



FERRUGEM DA FOLHA DO TRIGO: UM ESTUDO BIBLIOGRÁFICO SOBRE PATOSSISTEMA E ESTRATÉGIAS DE CONTROLE

Wheat sheet rust: a bibliographic study on patsystems and control strategies

KLEIN, Vanessa¹; SANTOS, Cassiano Vasconcelos dos²; ROSO, Rodrigo³; SOUZA, Darliana Mello⁴; KLEIN, Weslei Felipe⁵;

Resumo: No Brasil, a região Sul é a principal região produtora do país com 86% da produção nacional. Essa concentração da produção ocorre devido às condições favoráveis, como clima frio e cultivares adaptadas. A ferrugem da folha é uma das principais doenças da cultura. Os danos causados como redução na produção e qualidade de grãos, tem intensidade variada conforme a interação entre planta, patógeno e ambiente. O patógeno (*Puccinia triticina*) é um parasita biotrófico e sobrevive na entressafra do trigo parasitando plantas voluntárias de trigo e hospedeiros secundários. ~~A ferrugem da folha manifesta-se desde o surgimento das primeiras folhas até a maturação das plantas. Logo após o estabelecimento das relações do patossistema, surgem pequenas pústulas (urédias) arredondadas com uredósporos de coloração amarelo-alaranjado, localizadas preferencialmente na região adaxial das folhas. Diante disso, o presente trabalho objetiva-se pesquisar em vários meios científicos eletrônicos, tópicos que abrangessem o trigo, o ambiente e o patossistema da ferrugem do trigo, a fim de elucidar o que já tem-se na literatura sobre estes temas e analisar quais ações são necessárias para um maior rendimento. As perdas em rendimento dependem do estágio da planta em que a moléstia, da severidade, a qual é função da suscetibilidade da cultivar, da virulência da raça fisiológica e das condições de ambiente. O manejo das doenças do trigo preconiza a adoção simultânea de várias práticas como a utilização de cultivares resistentes, plantio em época adequada, práticas culturais e a aplicação de fungicidas.~~

Palavras-chave: Trigo. Ferrugem da folha. Patossistema. Estratégias de Controle.

Abstract: In Brazil, the South region is the main producing region of the country with 86% of the national production. This concentration of production occurs due to favorable conditions such as cold weather and adapted cultivars. Leaf rust is one of the major diseases of the crop. The damage caused as a reduction in the production and quality of grains, has varying intensity according to the interaction between plant, pathogen and environment. The pathogen (*Puccinia triticina*) is a biotrophic parasite and survives in the off season of wheat parasitizing volunteer wheat plants and secondary hosts. The rust of the leaf manifests from the appearance of the first leaves until the maturation of the plants. Soon after the establishment

¹Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde da Universidade Federal de Santa Maria. E-mail: vanessaklein7@gmail.com.

²Graduando do curso de Agronomia da Universidade Federal de Santa Maria. E-mail: cassianovs2@gmail.com.

³Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Federal de Santa Maria. E-mail: rodrigoro@yahoo.com.br.

⁴Doutoranda em Química, Universidade Federal de Santa Maria. E-mail: darliana.ms@gmail.com.

⁵Aluno do curso em Técnico Agrícola- Habilitação Agropecuária do Colégio Politécnico da Universidade Federal de Santa Maria. E-mail: weslei.gremio10@hotmail.com.



of the relationships of the patossistema, small pustules (uredias) appear rounded with uredósporos of yellow-orange coloration, located preferably in the adaxial region of the leaves. Therefore, the present work aims to research in several electronic scientific means, topics that cover the wheat, the environment and the wheat rust system, in order to elucidate what is already in the literature on these topics and to analyze which actions are necessary for a higher income. The losses in yield depend on the stage of the plant in which the disease, the severity, which is a function of the susceptibility of the cultivar, the virulence of the physiological race and the environmental conditions. The management of wheat diseases advocates the simultaneous adoption of several practices such as the use of resistant cultivars, planting in appropriate season, cultural practices and the application of fungicides.

Keywords: Wheat. Leaf Rust. Pathological System. Control Strategies.

INTRODUÇÃO

O trigo (*Triticum aestivum* L.) tem origem no Oriente Médio e por ser importante na alimentação humana disseminou-se para diferentes regiões do globo terrestre, atualmente é o segundo cereal mais produzido no mundo.

No Brasil, foram cultivados 1,9 milhões de hectares na safra de 2017, nos quais produziram 4,2 milhões de toneladas do cereal. A principal região produtora do país é a região Sul com 86% da produção nacional. Os estados em destaque na produção são Paraná (2,2 milhões de toneladas) e Rio Grande do Sul (1,2 milhões de toneladas) (Conab, 2018). Essa concentração da produção são justificadas por Canziani e Guimarães (2009) devido às condições favoráveis, como clima frio e cultivares adaptadas.

Segundo dados da Embrapa Trigo (2016), há incremento na produtividade no país, com rendimento médio de 846 kg.ha⁻¹ na década 1970 e obteve média de 2.294 kg.ha⁻¹ entre os anos de 2004 a 2014. O incremento pode ser explicado pelo desenvolvimento científico e tecnológico associados à cultura, como desenvolvimento de programas de melhoramento genético (SCHEEREN et al., 2011) e o Zoneamento Agrícola de Risco Climático, que possibilita o posicionamento correto de cultivares de trigo conforme locais e períodos de semeadura, onde se terá as melhores condições de cultivo e redução de risco de eventos climáticos adversos a cultura (CUNHA et al., 2006),

A ferrugem da folha causada por *Puccinia triticina* é uma das principais doenças da cultura. A intensidade dos danos causados, como redução na produção e qualidade de grãos, varia conforme a interação entre planta, patógeno e ambiente (CHAVES et al., 2006; MORALES et al., 2012).



O melhoramento genético tem um papel fundamental com o desenvolvimento de cultivares resistentes ao patógeno. O recorrido uso de produtos químicos que controlam a doença quando esta é detectada na área de cultivo, pode selecionar linhagens resistentes do patógeno, acarretando na redução da eficiência desses fungicidas.

O presente trabalho foi realizado com o objetivo de desenvolver um estudo detalhado sobre o patossistema constituído por ferrugem do trigo (*P. triticina*), trigo (*Triticum aestivum* L.) e ambiente.

METODOLOGIA OU MATERIAIS E MÉTODO

O presente trabalho é caracterizado como um estudo bibliográfico de caráter qualitativo, constituindo-se uma pesquisa descritiva, pois de acordo com Cervo, Bervian e da Silva (2007, p.61), este tipo de pesquisa ocorre quando se registra, analisa e correlaciona fatos ou fenômenos, sem manipulá-los (CERVO; BERVIAN; DA SILVA, p. 79, 2007). Neste mesmo sentido, Barros e Lehfeld (2000, p.71) comentam que na pesquisa descritiva procuram-se descobrir com que frequência um fenômeno ocorre, sua natureza, suas características, as causas, as relações e conexões com outros fenômenos.

Diante do exposto, o referido trabalho buscou pesquisar em vários meios científicos eletrônicos, tópicos que abrangessem o trigo, o ambiente e o patossistema da ferrugem do trigo, a fim de elucidar o que já tem-se na literatura sobre estes temas e analisar quais ações são necessárias para um maior rendimento.

RESULTADOS E DISCUSSÕES



O fungo *P. triticina* pertence à subdivisão Basidiomycotina, classe Teliomycetes, ordem Uredinales, família Pucciniaceae e ao gênero *Puccinia*.

A *P. triticina* é considerado um patógeno altamente especializado. Para o desenvolvimento da ferrugem é necessário a interação da planta com o patógeno e o ambiente. As alterações ambientais podem interferir positivamente ou negativamente sobre a manifestação dos sintomas da doença, onde muitas vezes pode passar sem causar danos à cultura conforme condições desfavoráveis do ambiente.

O patógeno exige temperaturas entre 15 a 20 °C e elevada umidade relativa. Em temperaturas em torno de 20 °C apenas três horas de molhamento foliar são necessárias para que ocorra infecção. Em temperaturas inferiores o fungo necessita de um período maior de molhamento para infectar o hospedeiro.

Processo de Disseminação e Sobrevivência

O patógeno é um parasita biotrófico e sobrevive na entressafra do trigo parasitando plantas voluntárias de trigo e hospedeiros secundários. Sobre estas plantas, podem ser visualizados os sintomas da doença (urédia) e os sinais do patógeno (uredósporos) (REIS, 1991).

Tanto os esporos produzidos em plantas voluntárias como os mantidos viáveis na atmosfera a partir de trigo cultivado são, constantemente, transportados pelo vento em todas as direções durante todo o ano. Os esporos que permanecem viáveis no período entre safras garantirão a continuidade do ciclo de vida do patógeno (REIS, 1991).

Quando o trigo for semeado na época normal recomendada e coincidir a deposição dos uredósporos sobre os tecidos verdes do novo plantio, poderá ocorrer a infecção. Para tal, deverão ser satisfeitos os requerimentos luminosos, térmicos e a duração do molhamento das folhas para que os esporos germinem, penetrem e estabeleçam. Através destes eventos o patógeno será, novamente, introduzido na cultura, reencontrando seu substrato preferencial - tecidos vivos. Nos locais de penetração haverá a produção de uredósporos, com a formação de urédias. Ao surgirem os primeiros esporos, encerra-se o primeiro ciclo biológico do parasita sobre o trigo ou o ciclo primário da doença (ROELFS et al., 1992, REIS, 1991). Grandes quantidades de esporos são, posteriormente, produzidas e transportadas pelo vento. Vários



ciclos secundários se sucedem, fazendo com que o patógeno se dissemine rapidamente, infectando novas folhas, novas plantas e novas áreas.

No cenário brasileiro, o fungo desenvolve estruturas conhecidas como teliósporos, as quais atuam como estruturas de resistência garantindo a sobrevivência do patógeno sem mesmo ter a presença do hospedeiro.

Ciclo

O agente causal da ferrugem da folha é heteróico porque requer dois hospedeiros botanicamente distintos para completar o ciclo biológico (fases sexual e assexual). O trigo é o hospedeiro principal e os intermediários são aqueles nos quais se completa o ciclo sexual (REIS, 1991).

O fungo *P. triticina* é macrocíclico, isto é, apresenta ciclo sexual e assexual, nos quais são produzidos cinco tipos de esporos distintos morfológica e funcionalmente: uredósporos (únicos produzidos no ciclo assexual do patógeno e, no Brasil, únicos esporos infectivos ao trigo); teliósporos (estruturas de resistência, porém não funcionais no Brasil devido às condições ambientais e ausência de hospedeiros secundários); basidiósporos (formados no promicélio do teliósporo); picniósporos e aeciósporos (formados no hospedeiro secundário, entretanto, os aeciósporos só são infectivos ao trigo, completando o ciclo da ferrugem) (REIS, 1991).

Sintomatologia

A ferrugem da folha manifesta-se desde o surgimento das primeiras folhas até a maturação das plantas. Logo após o estabelecimento das relações do patossistema, surgem pequenas pústulas (urédias) arredondadas com uredósporos de coloração amarelo-alaranjado, localizadas preferencialmente na região adaxial das folhas. A estas pústulas, com cerca de 1,5 mm de diâmetro, sucedem as pústulas teliais, pretas e ovais. Estas frutificações ficam sempre recobertas pela epiderme até o final do ciclo da planta (ROELFS et al., 1985; REIS, 1991; CARMONA et al., 2000).

Estratégias de Controle



A ocorrência epidêmica da ferrugem da folha tem sido favorecida pelo uso de cultivares sensíveis, à presença de inóculo primário no início da safra e condições de temperatura e molhamento foliar da cultura, oriundos da presença de orvalho e água de gutação da planta de trigo.

O manejo das doenças do trigo preconiza a adoção simultânea de várias práticas como a utilização de cultivares resistentes e/ou precoces, o plantio em época adequada, especialmente para evitar danos causados pelas ferrugens, práticas culturais e a aplicação de fungicidas (REIS et.al., 1988). O controle químico é recomendável para culturas bem conduzidas e com alto potencial produtivo (GOULART et al., 1998) e pode ter um importante papel na garantia da produtividade da cultura, desde que empregado com critério, dentro de um contexto que considera o ciclo biológico do patógeno, o comportamento das cultivares e as condições ambientais.

As epidemias de doenças foliares iniciadas antes da emergência da folha bandeira geralmente têm maior impacto sobre a produção e nas recomendações de controle, visando minimizar as perdas, é sugerido que sejam realizadas aplicações logo após o aparecimento dos primeiros sintomas (REIS et al.,1991; GERMÁN et al., 2007).

Os países do Cone Sul da América do Sul compartilham de algumas características que predisõem a pouca durabilidade da resistência genética e ao aumento da necessidade de controle químico: as condições de ambiente são extremamente favoráveis, há a presença de plantas de trigo voluntárias nas entressafras, áreas extensas são cultivadas com os mesmos genótipos, pratica-se o cultivo de genótipos suscetíveis, as raças predominantes têm grande semelhança genética e as épocas de cultivo são subseqüentes, formando uma “ponte verde”. Esses fatores contribuem para que o patógeno esteja presente na maior parte da região durante todos os meses do ano, favorecem o surgimento precoce da moléstia e o desenvolvimento de epidemias. Como resultado, durante todo o ano há uma grande quantidade de inóculo disponível, o que induz à seleção de novas combinações de virulência (BARCELLOS; CHAVES, 2003). O agente causal da ferrugem apresenta uma grande habilidade em superar genes de resistência específicos, estejam eles isolados ou em combinações de dois ou poucos genes, havendo atualmente virulência para a maioria dos genes Lr mundialmente conhecidos. Esta habilidade pode ser entendida como o resultado da coevolução entre ferrugens e plantas. Sendo parasitas obrigatórios, estes patógenos coevoluíram com seus hospedeiros como



componentes de um sistema muito influenciado pelas condições ecológicas, ou seja, qualquer mudança na população predominante do hospedeiro resulta em mudanças subsequentes na população do patógeno, para que o equilíbrio seja restabelecido (WAHL et al., 1984; BARBIERI; CARVALHO, 2001).

Na tecnologia de aplicação, alguns fatores como plantas alvo, fungicida e adjuvante utilizado, taxa de aplicação, tamanho de gotas pulverizadas, ângulo de pulverização, condições meteorológicas durante a pulverização, entre outros, influenciam concomitantemente no nível de controle das doenças. A taxa de aplicação (L.ha-1) utilizada é o principal fator inerente ao deslocamento das gotas pulverizadas até o alvo, influenciando, assim, nos percentuais de cobertura, penetração e deposição das gotas sobre o dossel da cultura e, por conseguinte, na ação protetora e/ou curativa dos fungicidas (BUTLER ELLIS; WEBB; WESTERN, 2004; MENEGHETTI, 2006; PANISSON et al., 2003; HALLEY et al., 2008; FRITZ et al., 2007).

Danos Causados

Ocorre em praticamente todas as regiões do mundo onde o cereal é cultivado. As perdas em rendimento dependem do estágio da planta em que a moléstia, da severidade, a qual é função da suscetibilidade da cultivar, da virulência da raça fisiológica e das condições de ambiente (ROELFS et al., 1992).

A ferrugem da folha é uma das principais doenças do trigo e ocorre em praticamente todas as regiões do mundo onde o cereal é cultivado. As perdas em rendimento dependem do estágio da planta em que a doença ocorre e, principalmente, da severidade, a qual é função de suscetibilidade da cultivar, da virulência da raça fisiológica e das condições de ambiente (CHAVES et al. 2006).

Os principais danos causados pela doença se refletem no rendimento, através da redução do número de grãos e do tamanho das espigas (BOLTON et al., 2008).

Segundo Oliveira et al. (2013) observou perdas de até 80 Kg na produtividade por dia devido ao atraso nas aplicações de defensivos agrícolas para o controle da ferrugem da folha do trigo. Este fato pode ser explicado devido ao retardamento das aplicações de fungicida aumentar a severidade do fungo, e conseqüentemente reduz drasticamente o nível de controle da doença. Ainda Battitus et al.(2013) observou um aumento no peso de mil grãos onde se



realizou o controle da doença com fungicidas e teve um incremento médio na produtividade de 35% em comparação a testemunha, a qual não recebeu nenhuma aplicação de fungicida

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Atualmente o cultivo de trigo no país enfrenta muitas dificuldades, tanto por condições climáticas desfavoráveis como por desvalorização do produto frente ao mercado. Ainda acarreta sobre a cultura a falta de incentivos e políticas públicas para desenvolver e estimular a produção e valorização do cereal no mercado nacional.

No decorrer dos anos, se teve incremento na produtividade do trigo. No entanto, a cultura tem problemas com algumas doenças, entre elas a ferrugem da folha. Elas têm grande potencial de causar perdas de produtividades e qualidades de grãos.

O melhoramento genético possui papel importante no controle dessa doença, mas se usado isoladamente terá pouca durabilidade a resistência genética. Da mesma forma, ocorrerá com o uso intensivo de fungicidas, as pesquisas vem demonstrando a perda da eficiência destas moléculas no controle da ferrugem.

Estes fatores acarretam no aumento de custos da lavoura do produtor, diminuindo sua rentabilidade. Pensando em um controle mais eficiente e sustentável se recomenda a associação de vários manejos, como o uso de cultivares resistentes ou tolerantes, adoção consciente de fungicidas com rotação de mecanismos de ação, uso de cultivares precoces, adequação de população e espaçamento, semeadura na data recomendada, eliminação de plantas que são hospedeiros da ferrugem e outras doenças no período entre safra visando reduzir a quantidade de inóculo inicial, entre outras ações.

Ao realizar o manejo integrado de doenças, o produtor produzirá de maneira mais sustentável, reduzirá seus custos de produção permitindo tornar mais viável a produção de trigo. Pois, a cultura possui papel importante no sistema de produção adotado na região, tanto na rotação de culturas, como na diversificação de renda.

REFERÊNCIAS

BARBIERI, R.L., CARVALHO, F.I.F. Coevolução de plantas e fungos patogênicos. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v.7, p. 79-161, 2001.



BARCELLOS, A. L., CHAVES, M.S. Epidemias de ferrugem da folha em cultivares brasileiras de trigo- Alterações na população do patógeno de 1993 a 2002. In: SEMINARIO INTERNACIONAL RESISTENCIA A ROYAS EN TRIGO, 2003, Colônia/URUGUAI. **Anais...** Colônia/URUGUAI: La Estanzuela: INIA, 2003, p.13.

BARROS, A. J. S.; LEHFELD, N. A. **Fundamentos de metodologia científica: um guia para a iniciação científica.** 2 ed. São Paulo: MAKRON, 2000.

BATTISTUS, A. G., KUHN, O.J., STANGARLIN, J. R., HOFFMANN, M. R. B., STÜLP, J. L., ISTCHUK, A. N. Comportamento da cultura do trigo tratado com enraizador e bioativador de plantas. **Scientia agraria paranaenses**, v. 12, n 1, pg. 17-29, 2013.

BOLTON, M. D.; KOLMER, J. A.; GARVIN, D.F. Wheat leaf rust caused by Puccinia triticina. **Molecular Plant Pathology**, Saint Paul, v.9, n.5, p. 563-575, 2008.

BUTLER ELLIS, M. C.; WEBB, A.; WESTERN, N. The effect of different spray liquids on the foliar retention of agricultural sprays by wheat plants in a canopy. **Pest Management Science**, Bognor Regis, v. 60, n. 8, p. 786-794, 2004.

CANZIANI, J. R.; GUIMARÃES, V. D. A. O trigo na Brasil e no mundo: cadeia de produção, transformação e comercialização. In: CUNHA, G. R. da (Org.). **Oficina sobre trigo no Brasil: bases para a construção de uma nova triticultura brasileira.** Passo Fundo: Embrapa trigo, 2009, p. 29-72.

CARMONA, M.; REIS, E.M.; CORTESE, P. **Royas Del trigo: Sintomas, Epidemiología y Estrategias de control.** Novembro de 2000, 21p.

CERVO, A. L.; BERVIAN, P. A.; SILVA, R. **Metodologia científica.** 6. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2007.

CHAVES, M. S.; BARCELLOS, A. L. Especialização fisiológica de Puccinia triticina no Brasil em 2002. **Fitopatologia Brasileira** Brasília, v. 31, n.1, p. 57-62, 2006.

CONAB – COMPANHIA NACIONAL DO ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da Safra Brasileira, safra 2015/2016**, levantamento, 2016. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>> Acesso em: 25 jun. 2018.

CUNHA, G. R. da; SCHEEREN, P. L.; PIRES, J. L. F.; MALUF, J. R. T.; PASINATO, A.; CAIERÃO, E.; SÓ E SILVA, M.; DOTTO, S. R.; CAMPOS, L. A. C.; FELÍCIO, J. C.; CASTRO, R. L de; MARCHIORO, V.; RIEDE, C. R.; ROSA FILHO, O.; TONON, V. D.; SVOBODA, L. H. **Regiões de adaptação para trigo no Brasil.** Passo Fundo: Embrapa



Trigo, 2006. 10 p. (Embrapa Trigo. Circular técnica online, 20). Disponível em: <
http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/ci/p_ci20.htm>. Acesso em: 27 jun 2018.

FARIAS, A.R.; MINGOTI, R.; HOLLER, W. A.; SPADOTTO, C. A.; LOVISI FILHO, E.;
MORI, C. ; CUNHA, G. R. ; DOSSA, A. A.; FERNANDES, J. M. C.; SÓ E SILVA, M.
**Potencial de produção de trigo no Brasil a partir de diferentes cenários de expansão da
área de cultivo.** Passo Fundo : Embrapa Trigo ; Campinas : Embrapa Gestão Territorial ,
2016.

FRITZ, B. K.; HOFFMAN, W. C.; MARTIN, D. E.; THOMSON, S. J. Aerial application
methods for increasing spray deposition on wheat heads. **Applied Engineering in
Agriculture**, St. Joseph, v. 23, n. 6, p. 709-715, 2007.

GERMÁN S.E. et al. The situation of common wheat rusts in the Southern Cone of America
and perspectives for control. **Australian Journal of Agricultural Research**, Victoria, v.58,
p.620–30, 2007.

HALLEY, S.; VAN, E. E.; HOFMAN, V.; PANIGRAHI, S.; GU, H. Fungicide deposition
measurements by spray volume, drop size, and prayer system in cereal grains. **Applied
Engineering in Agriculture**, St. Joseph, v. 24, n. 1, p. 15-21, 2008.

MENEGHETTI, R. C. **Tecnologias de aplicação na cultura do trigo.** 2006. 70 f.
Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria,
RS, 2006.

MORALES,R.G.F.; SANTOS,I.; TOMAZELI, V.N. Influência da nutrição mineral foliar
sobre doenças da parte aérea da cultura do trigo. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 59, n.1, p. 71-76,
2012.

OLIVEIRA, G. M., PEREIRA, D. D., CAMARGO, L. C. M., BALAN, M. G., CANTERI, M.
G., IGARASHI, S., ALI SAAB, O. J. G. Controle da ferrugem da folha do trigo (*Puccinia
triticina*) em diferentes momentos de aplicação de fungicida. **Arquivos do Instituto.
Biológico**, v. 80, n. 4, p. 436-441, 2013.

PANISSON, E.; BOLLER, W.; REIS, E. M.; HOFFMANN, L. Modificação de uma barra de
pulverização para a aplicação de fungicida em trigo visando o controle de giberela. **Ciência
Rural**, Santa Maria, v. 33, n. 1, p. 13-20, 2003.

REIS, E.M. **Doenças do trigo V: ferrugens.** São Paulo: Bayer do Brasil, 1991. 20p.



ROELFS, A.P.; BUSHNELL, W.R. (Ed.). **The Cereal Rusts: diseases, distribution, epidemiology, and control.** New York: Academic Press, 1985. v. 2, p. 1–546.

ROELFS, A.P.; SINGH, R.P.; SAARI, E. **Rust diseases of wheat: concepts and methods of disease management.** Mexico: CIMMYT, 1992. 81p.

SCHEEREN, P. L.; CAIERÃO, E.; SÓ E SILVA, M.; BONOW, S. Melhoramento de trigo no Brasil. In: PIRES, J. L. F.; VARGAS, L.; CUNHA, G. R. (Ed.). **Trigo no Brasil: bases para produção competitiva e sustentável.** Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2011. Cap. 17, p. 427-452.

WAHL, I.; ANIKSTER, Y.; MANISTERKI, J.; SEGAL, A. Evolution at the center of origin. In: BUSHNELL, W.R.; ROELFS, A.P. (Eds.) **The Cereal Rusts: origins, specificity, structure and physiology.** New York: Academic Press, 1984. p.39-72.