

REVISÃO

Controle de doenças de plantas pela rotação de culturas

Erlei Melo Reis¹, Ricardo Trezzi Casa² e Vânia Bianchin³

¹Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Passo Fundo, Laboratório de Fitopatologia, Universidade de Passo Fundo, Bairro São José, BR 285, Km 171. CEP 99052900, Caixa Postal 611, Passo Fundo, RS; ²Centro Agro-veterinário, Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, SC; ³Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, RS
Autor para correspondência: Erlei Melo Reis (erleireis@tpo.com.br)
Data de chegada: 09/02/2011. Aceito para publicação em: 03/06/2011.

1731

RESUMO

Reis, E.M.; Casa, R.T.; Bianchin, V. Controle de doenças de plantas pela rotação de culturas. *Summa Phytopathologica*, v.37, n.3, p.85-91, 2011.

Esta revisão aborda a importância da escolha e da adoção de práticas culturais e seus reflexos na intensidade de doenças de plantas. São apresentados conceitos básicos referente ao tema e os de rotação e monocultura. Discutem-se os princípios ou fundamentos e

potencialidade do uso da rotação e do manejo integrado de doenças, as consequências da nutrição de fitopatógenos, dos eventos biológicos ocorrentes nos restos culturais, as características dos fitopatógenos potencialmente controláveis e dos não controláveis pela rotação.

Palavras-chave adicionais: Práticas culturais, manejo integrado de doenças, nutrição fitopatógenos, sobrevivência.

ABSTRACT

Reis, E.M.; Casa, R.T.; Bianchin, V. Control of plant disease by crop rotation. *Summa Phytopathologica*, v.37, n.3, p.85-91, 2011.

This review deals with the importance of the selection and use of cultural practices and their reflex in plant disease intensity. Basic concepts related to the subject and crop rotation and monoculture are presented. Principles fundamentals are discussed in addition to, the

potential use of crop rotation integrated disease management. The consequences of plant pathogens nutrition, biological events in crop residues, characteristics of phytopathogens potentially controlled and not controlled by rotation are also dealt.

Keywords: cultural practices, integrated disease management, plant pathogens nutrition, survival.

Conscientemente ou não, por meio da escolha e uso de cultivares suscetíveis ou resistentes e, das práticas culturais adotadas em lavouras, hortas e viveiros se pode aumentar ou reduzir a intensidade de doenças de plantas.

O manejo dos restos culturais está diretamente relacionado com o sistema plantio direto no qual toda a palhada é deixada sobre o solo. Este sistema pode criar condições favoráveis à multiplicação e a sobrevivência de fitopatógenos necrotróficos em restos culturais, pois muitos dependem dessas condições para sobreviver. Reis et al. (21) demonstraram que as doenças das culturas de lavouras, como as manchas foliares do trigo, são mais severas em plantio direto e monocultura.

A rotação de culturas está relacionada com o manejo dos restos culturais e com o período necessário a sua mineralização. Isso por que os restos culturais fornecem abrigo e nutrição aos fitopatógenos durante a fase saprofítica (3, 17, 21). Todos os fitopatógenos que sobrevivem saprofiticamente nos restos culturais dos hospedeiros [Ex. Grupo Va, McNew (11)] tem suas populações afetadas pelo plantio direto e rotação de culturas.

Conceitos básicos.

(i) **Controle.** É o emprego de medidas que visam impedir ou diminuir a incidência de doenças de plantas de modo a evitar ou reduzir

os prejuízos causados. O controle envolve o conjunto de estratégias para minimizar os danos causados pelas doenças (9). Quando se decide controlar uma doença, deve-se ter em mente qual a eficácia de controle esperado

(ii) **Controle integrado (CI).** Segundo a FAO (7) (Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação), CI “é um sistema de manejo de organismos nocivos que utiliza todas as técnicas e métodos apropriados da maneira mais compatível possível para manter as populações de organismos nocivos em níveis abaixo daqueles que causem injúria econômica”.

(iii) **Manejo integrado de doenças (MID).** Um ano mais tarde, a NAS (National Academy of Science) dos Estados Unidos (15) apresentou o conceito oficial de MID como sendo a “utilização de todas as técnicas disponíveis dentro de um programa unificado de tal modo a manter a população de organismos nocivos abaixo do Limiar de Dano Econômico (LDE) e a minimizar os efeitos colaterais deletérios ao ambiente”. O MID satisfaz as exigências técnicas e ecológicas de sustentabilidade da agricultura.

(iv) **Substrato.** É o suporte e fonte nutricional onde seres vivos se abrigam e se nutrem. As fontes nutricionais dos fitopatógenos são os quaisquer órgãos da planta viva (parasitismo), sementes e frutos armazenados e restos culturais (saprofitismo).

Princípios de controle de doenças pela rotação de culturas.

A rotação de culturas reduz a densidade de inóculo dos fitopatógenos através de dois mecanismos:

(i) Supressão do alimento. A rotação de culturas age sobre a fase saprofítica dos fitopatógenos (saprofitismo) nos restos culturais das plantas hospedeiras. Pela rotação de culturas a fonte nutricional dos fitopatógenos, os restos culturais, é eliminada e conseqüentemente os submete a competição microbiana e inanição. O substrato ou resto cultural pode ser eliminado por várias práticas. Uma opção foi, no passado, a destruição das restes pelo fogo. Também se usou a lavra profunda (30 cm) do solo com arado de aiveca. Entretanto, a exploração da atividade microbiana na decomposição ou mineralização do material vegetal surgiu para atingir o objetivo da eliminação do resíduo vegetal em tempos de plantio direto: o sítio de ação da rotação é o resto cultural. Sua presença indica a presença de parasitas necrotróficos do grupo Va de McNew (11) como demonstrado por Blum e Costamilan et al. (2, 5) (Figura 1).

A prática da rotação de culturas resulta na redução ou eliminação do inóculo abaixo do limiar numérico de infecção (LNI) devido à decomposição ou mineralização da matéria orgânica dos restos culturais e exaustão nutricional do substrato. A população ou densidade de inóculo do patógeno é função da disponibilidade da palhada, quantidade e tempo de decomposição. No plantio direto 100% dos restos permanecem na superfície e se decompõem mais lentamente propiciando mais tempo para produção de inóculo.

(ii) Desenvolvimento da supressividade do solo ou aumento da atividade de microrganismos antagonistas no solo. Outro mecanismo pelo qual a rotação de culturas controla doenças é a intensificação da atividade antagonista dos microrganismos do solo e a exposição do patógeno à competição microbiana decorrente da rotação. A rotação de culturas pode criar condições favoráveis para a seleção de um grupo desejado de antagonistas e aumento de sua população (4, 18). Supressivo é aquele solo inóspito a alguns fitopatógenos, inóspito "ambiente em que não se pode viver" (ambiente desfavorável). Esta

expressão foi proposta por Menzies (13, 14, 18).

Classificação dos fitopatógenos quanto a seus requerimentos nutricionais

Nem todos os fitopatógenos são igualmente influenciados pelo sistema plantio direto no que se refere a sua sobrevivência saprofítica e a quantidade de inóculo disponível na lavoura para que ocorra a infecção. A maioria é favorecida causando mais doença e poucas tem suas populações reduzidas como *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary. O plantio direto pode interferir drasticamente na oferta de substrato para os patógenos e conseqüentemente na sua dinâmica populacional (26).

Os fitopatógenos são classificados quanto às exigências nutricionais em biotróficos, hemibiotróficos e necrotróficos (10). Os danos causados as culturas pelos agentes necrotróficos são mais severos no sistema plantio direto sob monocultura (1, 6). Por outro lado, os danos causados por alguns parasitas biotróficos está incrementando devido ao aumento populacional de plantas voluntárias requeridas para sua sobrevivência. Cita-se como exemplo a perenização (presença de plantas durante o ano todo) das aveias no sul do Brasil.

Os fitopatógenos necrotróficos sobrevivem mais seguramente nos restos culturais das plantas hospedeiras, sob plantio direto do que sob preparo convencional, pois os resíduos deixados na superfície do solo decompõem-se mais lentamente. Além disso, na superfície do solo há menor competição microbiana do que quando os restos culturais são incorporados ao solo (21). São fitopatógenos necrotróficos os agentes causais de manchas foliares, de cancores, de podridões de colmo e da espiga e de podridões radiculares, integrantes do Grupo Va da classificação das doenças segundo McNew (11).

Os patógenos denominados biotróficos sobrevivem somente em tecidos vivos dos hospedeiros, como os agentes causais das ferrugens e dos oídios e por não apresentarem fase saprofítica, o sistema plantio direto não deveria ter efeito sobre eles. No entanto, como o seu principal mecanismo de sobrevivência é o parasitismo de plantas voluntárias

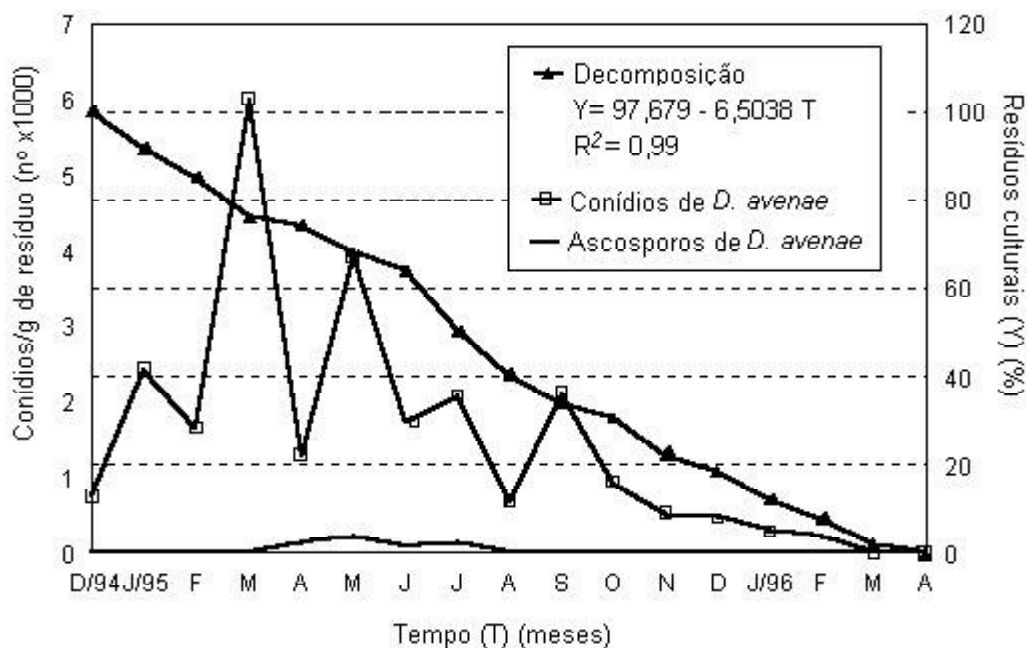


Figura 1. Curvas da flutuação da densidade de conídios e de ascosporos de *Drechlera avenae* (*Pyrenophora avenae*) associados à decomposição dos resíduos culturais da aveia (*Avena sativa* L.) (2).

hospedeiras tem garantido seu alto potencial de inóculo devido à alta densidade populacional daquelas plantas em plantio direto. Servem de exemplos os agentes causais das ferrugens do milho, da soja e o oídio da soja. Além disso, o cultivo de soja e milho safrinha contribui substancialmente para a sobrevivência, manutenção e aumento do inóculo dos parasitas biotróficos (23).

Eventos biológicos ocorrentes nos restos culturais

Como no plantio direto os restos culturais são deixados, em sua totalidade, na superfície do solo é importante detalhar-se os processos biológicos que ocorrem.

(i) Produção de inóculo na fase saprofítica – sobre o solo

A produção de inóculo nestes tecidos pode ser um processo diário cíclico, contínuo, catalisado pela temperatura e pela umidade do substrato. Nos resíduos culturais após a colheita, os patógenos que apresentam fase saprofítica, continuam a extração de nutrientes, iniciada na planta viva, resultando na produção contínua de inóculo. Sobre os restos culturais deixados na superfície do solo são visualizadas e quantificadas as frutificações de fungos: conidióforos e conídios, picnídios, acérvulos e peritécios e pseudotécios. A multiplicação dos patógenos em tais tecidos prossegue até a decomposição completa dos restos culturais. Há evidência de que a presença dos restos culturais assegura, também, a existência dos parasitas necrotróficos numa lavoura conforme demonstrado por Blum (2) (Figura 1). Por isso, o plantio direto assegura maior potencial de inóculo do que o convencional. A decomposição do resíduo vegetal é mais lenta quando a palha reside na superfície do que quando enterrada (19).

(ii) Liberação e remoção do inóculo- livre na superfície

A liberação dos esporos consiste na sua expulsão de corpos de frutificação como peritécios e picnídios. Os esporos são liberados pela hidratação do corpo de frutificação. A remoção consiste na retirada de esporos de conidióforos livres na superfície da planta, acérvulos e esporodóquios. Os esporos secos são removidos pelo vento quando a superfície do substrato estiver seca, se molhados encontram-se colados. Os molhados (acérvulos e esporodóquios) são removidos pelo impacto mecânico de gotas d'água (chuva ou irrigação por aspersão) (12). No plantio direto o resto cultural é posicionado estrategicamente na superfície próximo da folhagem da cultura emergente. Contrariamente ao plantio convencional, no sistema plantio direto a fonte de inóculo encontra-se na superfície do solo garantindo integralmente a liberação e remoção do inóculo produzido sobre os restos culturais. A probabilidade de atingir os sítios de infecção é maior.

(iii) Transporte e deposição – proximidade da fonte de inóculo dos sítios de infecção

O vento é o agente de transporte de conídios secos e de ascosporos. Por outro lado, o vento também transporta os conídios de *Septoria*, *Stagonospora*, *Phomopsis*, *Phoma*, *Colletotrichum*, *Fusarium* etc. veiculados às gotículas da água da chuva como respingos e gotículas atomizadas. A esporulação, a liberação, a remoção e o transporte do inóculo podem ser fenômenos diários e concomitantes. Na ausência do hospedeiro vivo, após a colheita, a produção, liberação e o transporte do inóculo no resto cultural, prosseguem continuamente até a exaustão nutricional do substrato (Figura 1). Quando coincidir o transporte e a deposição com a presença de plântulas do hospedeiro vivo, emergindo entre o resto cultural infectado, sob condições climáticas favoráveis, ocorrerá a infecção e o re-estabelecimento do parasitismo.

(iv) Inoculação – maior eficiência no plantio direto.

Inoculação é a trajetória do inóculo desde a superfície do resto cultural infectado até o tecido suscetível do hospedeiro emergindo entre os resíduos (fonte de inóculo). O sistema plantio direto facilita a inoculação, devido à localização da fonte de inóculo junto ao tecido

suscetível. Neste sistema, o posicionamento do inóculo em relação aos sítios de infecção é ideal para a inoculação, além de ser mais abundante. Portanto, ter maior eficiência na reinfecção dos tecidos do hospedeiro. Talvez por isso, a maioria das doenças causadas por parasitas necrotróficos é mais severa sob plantio direto, devido ao posicionamento do inóculo no solo em relação às plântulas emergentes do novo cultivo.

(v) Crescimento da doença – proporcional à Densidade de Inóculo ou inóculo disponível

O resto cultural infectado do cultivo anterior, distribuído na superfície do solo, representa fonte de inóculo de manchas foliares para as plântulas emergentes da nova semeadura. A dispersão do resto cultural na área resulta em focos de início da doença na lavoura. Os ciclos secundários que se sucedem determinam a ocorrência geral da doença na cultura em indivíduos e seus órgãos.

Sobrevivência de fitopatógenos e plantio direto

Sobreviver é manter a viabilidade sob condições ambientais e nutricionais adversas. A maior ameaça à sobrevivência da maioria dos fitopatógenos, no Brasil, é a inanição. Sementes e restos culturais infectados, além de atuarem como fonte de inóculo garantem a sobrevivência dos patógenos entre uma safra e outra associados ao hospedeiro. A presença de restos culturais em uma lavoura indica a presença de patógenos, e sua ausência, conseqüentemente, significa a inexistência dos parasitas. Com base nessa afirmação se pode obter a indicação de quando uma cultura deve retornar a ser cultivada na mesma área, sob plantio direto, tendo-se como objetivo a redução da intensidade e dos danos causados pelas doenças.

Sob monocultura e plantio direto as fases do ciclo biológico, de sobrevivência e de multiplicação do patógeno são favorecidas. Assim, a intensidade da doença pode ser máxima devido ao maior potencial de inóculo, a proximidade da fonte aos sítios de infecção garante a eficiência da inoculação. Por outro lado foi demonstrada a relação direta entre a quantidade de resíduo cultural que permanece na superfície do solo após a colheita e a quantidade de inóculo dos fungos causadores de manchas foliares, cancrios e antracnose produzidos nesses resíduos (5). Por isso, a intensidade de uma doença é função da densidade de inóculo (DI), que por sua vez está diretamente relacionada com a quantidade de palha mantida na superfície do solo. Sendo a DI máxima sob plantio direto, deduz-se que a máxima intensidade da doença ocorre sob este sistema e sob monocultura.

Normalmente, no sistema plantio direto, pode-se encontrar de 5 a 10 t de massa seca de palhada/ha no quarto ou quinto ano de cultivo, dependendo da região geográfica do país. No sul do Brasil isto é possível, mas no centro-oeste do país, onde a temperatura e a insolação são mais intensas, a massa de palhada seca sobre o solo não chega a formar camada densa. Entretanto, seja qual for a quantidade de palhada formada na superfície do solo, os fitopatógenos (por exemplo, os necrotróficos) encontram substrato adequado para sobrevivência e multiplicação de inóculo. Portanto, para determinados patossistemas o sistema plantio direto torna-se um grande desafio. A sua viabilização deve passar obrigatoriamente pela eliminação dos restos culturais da espécie de planta suscetível por meio da rotação de culturas. Porém, o solo permanecerá coberto com a palhada de culturas não hospedeiras dos principais fitopatógenos da cultura alvo do controle.

Conceito de rotação de culturas.

Sob o ponto de vista fitopatológico, rotação de culturas consiste na alternância de cultivo de espécies vegetais não suscetíveis aos patógenos da cultura alvo, num mesmo local da lavoura, na mesma

estação de cultivo, tanto que os restos culturais do cultivo anterior foram completamente eliminados biologicamente e, conseqüentemente, a cultura alvo não é cultivada sobre seus restos culturais (23). Nessa situação, a palha foi eliminada pela ação decompositora dos microrganismos do solo, de tal maneira que o inóculo foi também eliminado ou mantido abaixo do limiar numérico de infecção. No entanto, o solo permanece sempre coberto por palha, requisito do plantio direto.

A rotação de culturas, com o emprego de espécies de plantas de famílias botânicas diferentes contribui para a eliminação ou redução do inóculo de patógenos na área cultivada.

Conceito de monocultura.

Monocultura consiste no cultivo da mesma espécie vegetal, no mesmo local da lavoura, onde estão presentes seus próprios restos culturais. De um modo geral, as doenças em plantas têm sua severidade agravada quando se pratica monocultura, o que parece ser regra normal na natureza.

Características dos patógenos controláveis pela rotação de culturas

(i) fungos e bactérias necrotróficos que sobrevivem pela colonização saprofítica dos restos culturais do hospedeiro e não apresentam habilidade de competição saprofítica. Nutricionalmente dependem do hospedeiro não trocando de substrato saprofítico, multiplicam-se continuamente nos restos culturais do hospedeiro durante a entressafra. Ex. os fitoparasitas do grupo Va de McNew (11).

(ii) não apresentam estruturas de repouso, as quais podem mantê-los viáveis por vários anos, livres no solo, sem acesso a fonte nutricional. Exemplos de estruturas de repouso são esclerócios, clamidosporos, oosporos e conídios dormentes.

(iii) apresentam esporos secos (12) relativamente grandes (> 50 µm) e pesados, transportados pelo vento a distâncias relativamente curtas. Exemplos de fungos com esporos grandes e pequenos podem ser visualizados na tabela 1

(iv) apresentam esporos relativamente pequenos e leves, porém transportados pelo vento, veiculados em gotículas d'água a distâncias relativamente curtas, por se tornar o conjunto relativamente pesado. Ex. fungos cujas frutificações são do tipo picnidio (*Ascochyta*, *Phoma*, *Phomopsis*, *Phylosticta*, *Stagonospora*, *Septoria*), esporodóquio (*Fusarium*, *Microdochium*) e acérvulos (*Colletotrichum*, *Cylindrosporium*, *Marssonina*, *Sphaceloma*). Respingos de chuva, gotículas atomizadas pelo vento forte com chuva. Nesta categoria se enquadram bactérias fitopatogênicas que causam doença em órgãos aéreos com propágulos do tipo molhado.

(v) possuem poucos ou nenhum hospedeiro secundário. Uma vez comprovada a presença destas plantas, em determinadas condições, podem anular o efeito do controle conferido pela rotação de culturas. Exemplos: *Drechslera teres* (Sacc.), *Diplodia maydis* (Berk) Sacc. e *Diplodia macrospora* Earle, *Cercospora zea maydis* Tehon & Daniels, *Colletotrichum lindemuthianum* (Sacc. et Magn). Poucos fungos biotróficos são controlados pela rotação de culturas. Serve de exemplo *Sphacelotheca reiliana* (Kuhn) Clint., agente causal do carvão do pendão do milho que sobrevive como teliosporos livres no solo. Os teliosporos germinam emitindo tubo germinativo que infecta o sistema radicular do milho e sistemicamente atinge as inflorescências feminina e masculina (25).

Características dos patógenos não controláveis pela rotação

Tabela 1. Dimensões de esporos de alguns fungos fitopatogênicos

Fungos com esporos grandes com forma predominante alongada	
	µm
<i>Cercospora soja</i>	6-8 x 40-60
<i>Cercospora zea-maydis</i>	63 x 110
<i>Bipolaris sorokiniana</i>	15-20 x 60-120
<i>Exerohilum turcicum</i>	18-32 x 50-144
<i>Drechslera teres</i>	16-23 x 70 x 160
<i>Bipolaris maydis</i>	15-2- x 70-160
<i>Drechslera avenae</i>	11-22 x 30-170
<i>Drechslera tritici-repentis</i>	80 x 250
<i>Cercospora kikuchii</i>	1,3-61,1 x 38,8-445
<i>Corynespora cassicola</i>	7-22 x 39-520
Fungos com esporos pequenos: com forma predominante esférica ou ovóide	
<i>Ustilago tritici</i>	5 x 10
<i>Peronospora manshurica</i>	19 x 24
<i>Gibberella zea</i>	3-5 x 17-25
<i>Puccinia triticina</i>	15 x 30
<i>Phakopsora pachyrhizi</i>	15-24 x 18-34
<i>Blumeria graminis</i> f. sp. <i>tritici</i>	8-1- x 20-35
<i>Pyricularia grisea</i>	6-13 x 14-40

de culturas

Enquadram-se aqui os patógenos que não satisfazem um ou mais dos requerimentos anteriores:

(i) apresentar habilidade de competição saprofítica [fungos e bactérias dos Grupos II e III de McNew, (11)]. Um exemplo é o fungo *Rhizoctonia solani* kuhn, que é capaz de se manter viável indefinidamente no solo, pois apresenta a capacidade de trocar de substrato saprofítico. Em vista disso, capacita este parasita de ser um habitante da maioria dos solos. Por esta razão, este patógeno é dificilmente controlado pela rotação, pois, potencialmente, qualquer espécie vegetal alternativa, integrante do sistema de rotação, pode lhe servir de substrato. Todos os patógenos com habilidade de competição saprofítica são de difícil controle pela rotação de culturas. Algumas bactérias podem sobreviver livres no solo, protegidas por seus exopolissacarídeos. Em geral, o tempo de vida é curto (dias ou semanas) devido às interações com outros microrganismos. Entretanto, duas delas são consideradas habitantes naturais de muitos solo, *Ralstonia solanacearum* (Smith) Yabuuchi *et al.* e *Rhizobium radiobacter* (Beijerinck & van Delden) Young *et al.*. *R. solanacearum* causa murcha bacteriana em algumas espécies importantes economicamente como batata e tomate, esta bactéria possui uma ampla gama de hospedeiros inclusive entre as plantas daninhas, mais de 200 espécies (8), o que torna mais difícil o controle pela rotação de culturas. Alguns biótipos destes patógenos podem sobreviver quatro a cinco anos livres no solo. Assim, o controle da doença por meio de rotação de culturas só será efetivo através de rotação por período mínimo de cinco anos sem a implantação de espécies suscetíveis. O mais recomendado é a semeaduras de gramíneas durante este período.

(ii) apresentam estruturas de repouso. Entre essas estruturas encontradas em fitopatógenos pode-se citar: oosporos, presentes em *Pythium* e em *Phytophthora*; clamidosporos, presentes em *Fusarium*; esclerócios, encontrados em *Sclerotium*, *Sclerotinia*, *Macrophomina*

e *Verticillium*. Estas estruturas, ocorrendo livres no solo, podem manter-se viáveis após a decomposição completa dos restos culturais de seus hospedeiros por um longo período de tempo. Em vista disso, este grupo pode ser controlado por período longo (muitos anos) de rotação ou pelo desenvolvimento da supressividade do solo.

(iii) ter ampla gama de hospedeiros. Alguns patógenos aqui incluídos podem colonizar saprofiticamente os restos culturais de hospedeiros secundários. *Gibberella zeae* (Schw.) e *Pyricularia grisea* (Cooke) que parasitam inúmeras gramíneas são exemplos desses patógenos. Esta característica pode anular o efeito da rotação de culturas, pois a capacidade de colonizar plantas invasoras ou plantas nativas, geralmente abundantes na lavoura, assegura a presença desses patógenos na área de cultivo. O fungo *S. sclerotiorum*, além de produzir estrutura de repouso, também coloniza inúmeros hospedeiros. Para *Macrophomina phaseolina* (Tassi) Goid. foram relatados 1.400 hospedeiros (27).

(iv) apresentam esporos pequenos, que podem ser transportados pelo vento a longas distâncias. Alguns patógenos, como *Gibberella zeae*, apresentam esporos (ascosporos) pequenos e leves e, portanto,

facilmente transportados pelo vento a longas distâncias. O mesmo ocorre com *Pyricularia grisea*. Isto faz com que o inóculo desses patógenos possa ser transportado a partir de áreas distantes e introduzido naquelas onde se procurou reduzir o inóculo pela rotação de culturas.

(v) ser biotrófico. Os parasitas biotróficos, por não apresentarem fase saprofítica e, principalmente, por produzirem esporos relativamente pequenos e leves, transportados a longa distância, não são controlados pela rotação de culturas.

Período de rotação. Quando uma cultura deve retornar a ser cultivada na mesma área da lavoura?

Com o objetivo de controlar doenças em plantio direto pela rotação de culturas uma espécie vegetal somente poderá retornar a mesma lavoura após a mineralização completa dos seus restos culturais. Em cereais de inverno este período, no sul de Brasil, é de aproximadamente 18 meses (Figura 2). Portanto, deixando-se um inverno sem o cultivo da cultura principal, semeando-se em seu lugar uma espécie vegetal resistente às doenças alvo do controle, será suficiente para satisfazer

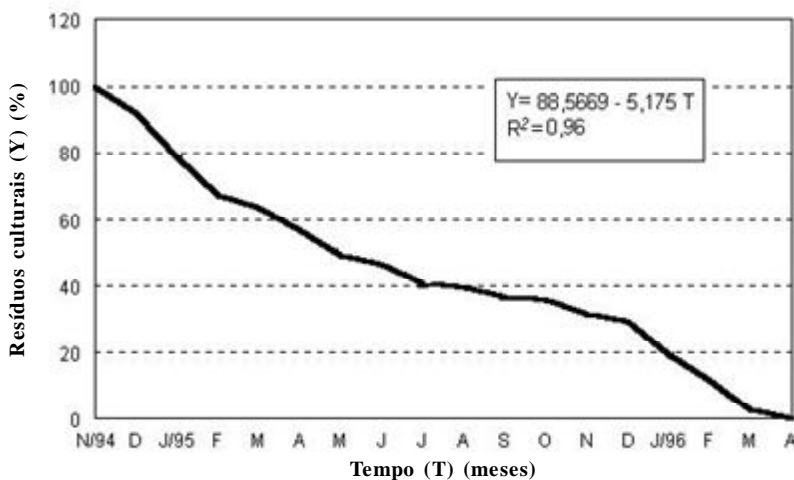


Figura 2 - Curva de decomposição dos restos culturais do trigo (20).

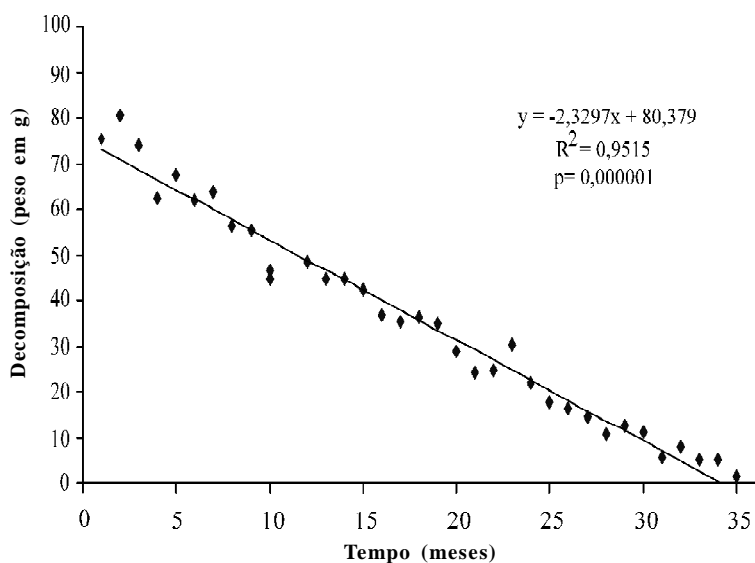


Figura 3 - Decomposição dos restos culturais da soja, sob plantio direto, em função do tempo após a colheita em condições de campo em Passo Fundo, RS (16).

Tabela 2 - Incidência (%) podridões radiculares da soja em diferentes sistemas de cultivo. UPF/Passo Fundo – RS- Safra 2004/05

Coberturas	Manejo de culturas		
	Soja ^{0*}	Soja ^{1**}	Soja ^{2***}
(%)			
Pousio	53,8 A a	50,4 A a	19,7 B a
Aveia	65,5 A a	49,4 A a	20,3 B a
Ervilhaca	48,9 A a	25,5 B ab	12,2 B a
Azevém	58,5 A a	39,5 A ab	14,5 B a
Nabo	42,1 A a	19,5 B b	12,4 B a
Trigo	65,2 A a	34,8 B ab	11,1 B a
C.V.(%)	33,6		

Médias seguidas da mesma letra, minúsculas na coluna e as maiúsculas na linha, não diferem entre si (Tukey a 5%). ^{0*} Cultivo de soja/soja todos os anos; ^{1**} Cultivo de soja dois anos e rotação de um ano com milho; ^{2***} Cultivo de soja dois anos e rotação de dois anos com milho. **Fungos isolados:** *Macrophomina phaseolina* 18,7 e *Phomopsis sojae* 28,6%. Fonte: (16).

o período de tempo necessário para a redução e/ou eliminação do inóculo.

Os dados da Figura 3 são confirmados na Tabela 2, onde a menor redução de incidência de podridões radiculares da soja (15,1%) foi obtida quando a soja foi cultivada após dois cultivos seguidos de milho o que possibilitou a decomposição completa de seus restos culturais com a consequente redução do inóculo dos agentes causais de podridão radicular ocorrentes na área experimental (19).

Sequência ou sucessão de culturas – espécies vegetais alternativas para um sistema de rotação visando o controle de doenças

As espécies vegetais escolhidas não devem ser hospedeiras comuns dos patógenos das culturas cultivadas na mesma área da lavoura. Com relação à sequência de culturas, foi observado aumento na intensidade de diversas doenças, devido ao cultivo sequencial de espécies de plantas de folhas-largas. O mofo branco causado por *S. sclerotiorum* é citado como uma doença que está aumentando em intensidade nas lavouras de soja no Brasil, devido ao cultivo sequencial de plantas de folhas-largas tais como a soja, o nabo forrageiro, o feijão, o girassol, a ervilhaca e a ervilha (24). Tais culturas devem ser evitadas em sequência, em lavouras onde ocorre o mofo branco. Um sistema de sequência de culturas com feijão, ervilha ou tomate no inverno, e soja no verão, que passou a ser adotado nos cerrados do Brasil Central, é vulnerável sob o ponto de vista fitopatológico ao mofo branco, muito embora seja ótimo sob o ponto de vista econômico. Tal sistema torna-se insustentável num período de três a quatro anos (24).

O cultivo do milho em plantio direto sobre resíduos culturais de trigo ou cevada, em anos com alta incidência de giberela, deve ser evitado, pois foi observada maior incidência do fungo causando podridão do colmo e da espiga em milho (22).

Nos casos de *Colletotrichum graminicola* (Ces.) (G.W. Wilson) e de *G. zaeae*, as principais fontes de inóculo são os restos culturais de gramíneas cultivadas no inverno como o trigo, cevada, aveia e azevém. Assim, as podridões da base do colmo do milho ocorrem com maior incidência quando o milho é cultivado, em plantio direto, e os restos culturais dessas gramíneas, contendo corpos de frutificação, permanecem sobre o solo. Por esta razão, essas espécies não deveriam anteceder ao cultivo do milho.

Em relação às espécies de verão, o sorgo e o arroz, não são espécies alternativas à cultura do milho, mas o são para leguminosas e crucíferas. As leguminosas e crucíferas satisfazem o requisito acima estabelecido por não serem hospedeiras dos patógenos do milho, mas não da soja.

Barreira física da palhada e a liberação e transporte do inóculo

A ausência/presença e a quantidade de palha podem facilitar/evitar a liberação e transporte do inóculo de alguns fungos. Os danos do mofo branco, causados por *S. sclerotiorum*, podem ser minimizados quando uma camada abundante de palha cobre a superfície do solo dificultando ou impedindo a inoculação (19, 24). Essa prática só é possível no plantio direto.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os trabalhos de pesquisa com rotação de culturas envolvem obrigatoriamente pesquisa de campo e experimentos de longa duração, por isso são pouco atrativos aos pesquisadores. Além disso, não são bons temas para teses de pós-graduação, pois os estudantes têm prazo determinado para a finalização do curso. Dentre os problemas que ocasionam a falta de estudos a respeito da rotação de culturas está também a carência de apoio financeiro por parte das agências financiadoras.

A falta de estudos a respeito do tema gera déficits de informações que serão decisivos na adoção do sistema de manejo pelos produtores. A melhor combinação das culturas para a rotação necessita ser determinada para cada região a fim de tornar mais eficiente o controle das doenças através da rotação. Contudo é necessário também investigar o papel das plantas daninhas como mantenedoras dos patógenos na lavoura, como fontes de inóculo, do contrário corre-se o risco de redução dos benefícios proporcionados pela rotação.

Entretanto, talvez o maior dos entraves na aceitação e prática da rotação de culturas pelos produtores seja a falta de culturas economicamente competitivas, ou a falta de um sistema de manejo, em geral, que seja lucrativo. Por exemplo, que cultura concorre ou compete com a soja para integrar um sistema de rotação de culturas no verão? milho, sorgo, feijão? A soja tem sido cultivada em monocultura por que ainda é sustentável economicamente. A maioria dos produtores ainda confia na aplicação de fungicidas como única solução para os problemas de doenças em cultivos sob monocultura.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bailey, K.L.; Gossen, B.D.; Lafond, G.P.; Watson, P.R.; Derksen, D.A. Effect of tillage and crop rotation on root and foliar diseases of wheat and pea in Saskatchewan from 1991 to 1998: Univariate and multivariate analyses. **Canadian Journal of Plant Science**, Ottawa, v.81, p. 789-803, 2001.
- Blum, M.M.C. **Pyrenophora avenae: ocorrência, inóculo, patogenicidade e sobrevivência**. 1997. Tese (Mestrado em Fito patologia) - Universidade Federal do Rio Grande Sul, Porto Alegre.
- Bridge, J. Nematode management in sustainable and subsistence agriculture. **Annual Review of Phytopathology**, Palo Alto-USA, v.34, p. 201-225, 1996.
- Cook, R.J.; Baker, K.F. **The nature and practice of biological control**. Minnesota: The American Phytopathological Society, 1983. 539 p.
- Costamilan, L.M.; Lhamby, J.C.B.; Bonato, E.R. Sobrevivência de fungos necrotróficos em restos de cultura da soja, em sistemas

- de plantio direto. *Fitopatologia Brasileira*, Brasília, v.24, p. 175-177, 1999.
6. Denti, E.A.; Reis, E.M. Efeito da rotação de culturas, da monocultura e da densidade de plantas na incidência das podridões da base do colmo e no rendimento de grãos do milho. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v.26, p. 635-639, 2001.
 7. FAO. Report of the first session of the F.A.O: Panel of experts on integrated pest control. **Annals...** Rome, 1967. (Meeting Report. n. PL/1967/M/7).
 8. Janse, J.D. **Phytobacteriology, principles and practice**. Wallingford: CABI, 2005. p. 360.
 9. Kimati, H. Princípios gerais de controle de plantas. In: Galli, F. (Org.). **Manual de fitopatologia**. São Paulo: Ceres, 1978. v.1, p. 289-296.
 10. Luttrell, E.S. Parasitism of fungi on vascular plants. *Mycologia*, New York, v. 66, n. 1, p. 1-15, 1974.
 11. McNew, G.L. The nature, origin, and evolution of parasitism. In: Horsfal, J.G.; Dimond, A.E.(Eds). **Plant pathology**. New York: Academic Press, 1960. v. 2, p. 20-66.
 12. Maude, R.B. **Seedborne diseases and the control principles and practice**. Oxon: CAB International, 1996. p. 70-88.
 13. Menzies, J. D. Occurrence and transfer of biological factor in soil that suppresses potato scab. **Phytopathology**, Saint Paul, v.49, p. 648-652, 1959.
 14. Menzies, J. D. Survival of microbial plant pathogens in soil. **Botanical Review**, New York, v.29, p. 79-112, 1963.
 15. Metcalf, R.L.; Luckmann, W.H. **Insect pest management and control**. Washington: National Academy of Sciences, 1969. 622 p.
 16. Nasser, L.C.B.; Sutton, J.C. Palhada de arroz pode controlar importante doença do feijoeiro irrigado. **Cerrados Pesquisa & Tecnologia**, v.3, n.6, 1993.
 17. Palti, J. **Cultural Practices and Infectious Crop Diseases**. Springer-Verlag, Berlin, 1981. 243 p.
 18. Peters, R.D.; Sturz, A.V.; Carter, M.R.; Sanderson, J.B. Developing disease-suppressive soils through crop rotation and tillage management practices. **Soil & Tillage Research**, Maryland Heights, v.72, p. 181-192, 2003.
 19. 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.
 20. REIS, E.M. & CASA, R.T. **Patologia de sementes de cereais de inverno**. Passo Fundo: Aldeia Norte, 1998. 85 p.
 21. Reis, E.M.; Casa, R.T. Sobrevida de fitopatógenos. In: Vale, F. X. R.; Cintra de Jesus, V.; Zambolim, L. (Org.). **Epidemiologia aplicada ao manejo de doenças de plantas**. Belo Horizonte: Perfil, 2004. v.1, p. 335-364.
 22. Reis, E.M.; Casa, R.T.; Bresolin, A.C.R. **Manual de diagnose e controle de doenças do milho**. Lages: Graphel, 2004. 141 p.
 23. Reis, E.M.; Santos, H.P.; Lhamby, J.C.B.; Blum, M.C. Effect of soil management and crop rotation on the control of leaf blotches of wheat in southern Brazil. In: Congresso Interamericano de Siembra Directa, 1., 1992, Villa Giardino. **Trabalhos presentados**. Villa Giardino: Asociación Argentina Productores en Siembra Directa/Sociedade de Conservación de Suelos/Clube Amigos da Terra/Fundação ABC/Asociación Uruguaya Pro Siembra Directa, 1992. p. 217-236.
 24. Reis, E.M.; Tomazini, S.L. Viabilidade de escleródios de *Sclerotinia sclerotiorum* em duas profundidades no solo. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v.31, p. 97-99, 2005.
 25. Shurtleff, M.C. **Compendium of corn diseases**. 2. ed. St. Paul: The American Phytopathological Society Press, 1992. 105 p.
 26. Sumner, D.R. Effects of reduced tillage and multiple cropping on plant diseases. **Annual Review of Phytopathology**, Palo Alto-USA, v.19, p. 167-187, 1981.
 27. United States Department of agriculture. Disponível em: <<http://nt.ars-grin.gov/funagaldatabaes/index/cfm>>. Acesso em: 18 julho. 2010.