

**ANA PAULA OLIVEIRA DE BARROS**

**INFLUÊNCIA DA UTILIZAÇÃO DE HERBICIDAS SOBRE  
*RHIZOCTONIA* SPP. E NAS POPULAÇÕES E ATIVIDADE  
MICROBIANA EM SOLOS DO AGRESTE  
DE PERNAMBUCO**

**RECIFE-PE  
JULHO – 2012**

**ANA PAULA OLIVEIRA DE BARROS**

**INFLUÊNCIA DA UTILIZAÇÃO DE HERBICIDAS SOBRE  
*RHIZOCTONIA* SPP. E NAS POPULAÇÕES E ATIVIDADE  
MICROBIANA EM SOLOS DO AGRESTE  
DE PERNAMBUCO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Fitopatologia da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Fitopatologia.

**COMITÊ DE ORIENTAÇÃO:**

**Prof. Dr. Sami Jorge Michereff (UFRPE) – Orientador**

**Profa. Dra. Érika Valente de Medeiros (UFRPE-UAG) – Co-orientadora**

**Prof. Dr. Cristiano Souza Lima (UFRPE-UAG) – Co-orientador**

**RECIFE-PE  
JULHO – 2012**

Ficha catalográfica

B277i Barros, Ana Paula Oliveira de  
Influência da utilização de herbicidas sobre *Rhizoctonia*  
spp. e nas populações e atividade microbiana em solos do  
Agreste de Pernambuco / Ana Paula Oliveira de Barros. –  
Recife, 2012.  
60 f. : il.

Orientador: Sami Jorge Michereff.  
Dissertação (Mestrado em Fitopatologia) – Universidade  
Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Agronomia,  
Recife, 2012.  
Referências.

1. *Vigna unguiculata* 2. Patógeno radicular 3. *Phaseolus*  
*vulgaris* 4. Ecologia do solo 5. *Rhizoctonia* I. Michereff, Sami  
Jorge, orientador II. Título

CDD 632

**INFLUÊNCIA DA UTILIZAÇÃO DE HERBICIDAS SOBRE  
*RHIZOCTONIA* SPP. E NAS POPULAÇÕES E ATIVIDADE  
MICROBIANA EM SOLOS DO AGRESTE  
DE PERNAMBUCO**

**ANA PAULA OLIVEIRA DE BARROS**

Dissertação defendida e aprovada pela Banca Examinadora em: 20/07/2012

**ORIENTADOR:**

---

Prof. Dr. Sami Jorge Michereff (UFRPE)

**EXAMINADORES:**

---

Prof. Dr. Delson Laranjeira (UFRPE)

---

Profa. Dra. Elineide Barbosa de Souza (UFRPE)

---

Dr. Domingos Eduardo Guimarães Tavares de Andrade (IPA)

**RECIFE-PE  
JULHO – 2012**

Ao grande Deus e Pai por ter me dado força, sabedoria pra chegar até aqui.

**AGRADEÇO**

Aos meus pais, Maria e José

E aos meus irmãos, Andrea e André.

**DEDICO**

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, por seu amor eterno e incondicional, e por possibilitar todas as minhas conquistas, aos meus pais José Ramos e Maria Aparecida por todo amor;

Ao professor Dr. Sami Michereff pela orientação, confiança e amizade;

Ao Departamento de Agronomia da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), pelo apoio institucional e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de estudo;

A todos os professores do Programa de Pós-Graduação em Fitopatologia da UFRPE pelos ensinamentos transmitidos, em especial aos professores Rosa Mariano, Marcos Câmara, Sônia Oliveira, Delson Laranjeira, Elvira Pedrosa, Elineide Souza, Gilvan Pio Ribeiro e Gaus Lima;

Sinceros agradecimentos a Mayumi, Marcondes, Susan, Kamila, João Victor, Catarina, Litervaldo, Breno, membros e ex-membros do Laboratório de Epidemiologia de Doenças de Plantas da UFRPE, pela disposição durante a realização deste trabalho;

A todos os amigos de turma pelos momentos compartilhados, em especial para Edilaine Alves, Luiz Gustavo, Mayumi Inokuti, Mariote Netto e Rômulo Diniz;

Aos amigos Mirian, Marta, Bruna, Gorete, Adeilda, Carmen, Valéria, Jorge, Luiz, Marquinhos, André, José Carlos, Monaliza, Leonardo, Rodrigo e Rafael, pela atenção em momentos especiais;

Aos colaboradores e amigos da casa de vegetação, Sr. Luis Tavares e o Sr. Luiz, o velhinho.

Aos funcionários Darci Martins e Romildo Angeiras pela colaboração;

Por fim, a todos que de alguma forma fizeram parte desta conquista.

## SUMÁRIO

	Página
AGRADECIMENTOS .....	vi
RESUMO GERAL .....	viii
GENERAL ABSTRACT .....	ix
CAPÍTULO I – Introdução Geral .....	10
Referências Bibliográficas .....	26
CAPÍTULO II – Influência da utilização de herbicidas sobre <i>Rhizoctonia</i> spp. e nas populações e atividade microbiana no solo .....	36
Resumo .....	37
Abstract .....	38
Introdução .....	39
Materiais e métodos .....	40
Resultados .....	44
Discussão .....	47
Conclusão .....	52
Referências .....	53
CONCLUSÕES GERAIS .....	59

## RESUMO GERAL

A mesorregião do Agreste Meridional do estado de Pernambuco é uma importante produtora de feijão-caupi e feijão-comum no Brasil. Nos últimos anos tem sido registrado um aumento substancial na utilização de herbicidas e na incidência da rizoctoniose nessas culturas. Os objetivos desse estudo foram avaliar a influência da utilização de herbicidas nas atividades saprofítica e patogênica de *Rhizoctonia* spp. em solos do Agreste Meridional, e determinar o impacto da utilização de herbicidas nas populações e na atividade microbiana nos solos. Foram efetuadas coletas de amostras de solo em áreas destinadas ao cultivo das leguminosas, sendo 15 áreas sem e 15 áreas com histórico de utilização de herbicidas. Nas amostras foram estimadas as atividades saprofítica e a patogênica de *Rhizoctonia*, as densidades populacionais de microrganismos e a respiração basal da comunidade microbiana. As áreas submetidas à utilização de herbicidas apresentaram níveis de atividade saprofítica e atividade patogênica significativamente ( $P \leq 0,05$ ) superiores aos das áreas sem a aplicação de herbicidas. Apenas 26,7% das áreas sem aplicação de herbicidas apresentaram atividade saprofítica superior a 80%, enquanto nas áreas com aplicação de herbicidas a atividade saprofítica variou de 96,9% a 100%. Na maioria (66,7%) das áreas sem herbicidas a atividade patogênica foi  $\leq 10\%$ , enquanto nas áreas com herbicidas a maioria (53,5%) apresentou atividade patogênica superior a 30%. Não foram detectadas populações de *Trichoderma* nas áreas com herbicidas, enquanto nas sem herbicidas atingiu a densidade média de  $1,4 \times 10^4$  UFC  $g^{-1}$  solo. As densidades populacionais de fungos cultiváveis totais e actinomicetos também foram inferiores em solos com herbicidas, enquanto as populações de bactérias cultiváveis totais, *Pseudomonas* do grupo fluorescente, bactérias formadoras de endósporo, bactérias oligotróficas e bactérias copiotróficas não foram afetadas negativamente pela utilização de herbicidas. Não houve diferença significativa ( $P > 0,05$ ) entre as áreas sem e com a aplicação de herbicidas quanto à respiração basal da comunidade microbiana.

**Palavras-chaves:** *Vigna unguiculata*, *Phaseolus vulgaris*, *Rhizoctonia*, patógeno radicular, ecologia no solo.

## GENERAL ABSTRACT

The Agreste Meridional region of the State of Pernambuco is an important producer of cowpea and common bean in Brazil. In recent years has been recorded a substantial increase in the use of herbicides and incidence of *Rhizoctonia* canker in these crops. The objectives of this study were to evaluate the influence of herbicides use on saprophytic and pathogenic activities of *Rhizoctonia* spp. in soils of Agreste Meridional region, and determine the impact of herbicides use on populations and microbial activity in soils. Soil samples were collected in areas destined to the cultivation of these legumes, 15 areas with and 15 areas without history of herbicides use. In the samples were estimated saprophytic and pathogenic activity of *Rhizoctonia*, population densities of microorganisms and microbial community respiration. The areas subjected to herbicide application presented levels of the activity saprophytic and pathogenic activities significantly ( $P \leq 0.05$ ) higher than areas without herbicides. Only 26.7% of the area without herbicide application presented saprophytic activity greater than 80%, while in the areas with herbicides the saprophytic activity ranged from 96.9% to 100%. In most (66.7%) areas without herbicides the pathogenic activity was  $\leq 10\%$ , while in most areas with herbicides (53.5%) showed pathogenic activity exceeding 30%. Trichoderma populations were not detected in the areas with herbicides, while in areas without herbicide reached the mean density of  $1.4 \times 10^4$  CFU  $g^{-1}$  soil. The densities of total culturable fungi and actinomycetes were also lower in soils treated with herbicides, while the populations of total culturable bacteria, fluorescent *Pseudomonas*, endospore-forming bacteria, oligotrophic bacteria and copiotrophic bacteria were not adversely affected by the use of herbicides. There was no significant difference ( $P > 0.05$ ) between areas with and without the application of herbicides on the respiration of the microbial community.

**Keywords:** *Vigna unguiculata*, *Phaseolus vulgaris*, *Rhizoctonia*, root pathogen, soil ecology.

# Capítulo I

---

---

## Introdução Geral

# INFLUÊNCIA DA UTILIZAÇÃO DE HERBICIDAS SOBRE *RHIZOCTONIA* SPP. E NAS POPULAÇÕES E ATIVIDADE MICROBIANA EM SOLOS DO AGRESTE DE PERNAMBUCO

## INTRODUÇÃO GERAL

### Importância do feijão-caupi e do feijão-comum

O feijão-caupi [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.], também conhecido como caupi, feijão-de-corda ou feijão-macassar, é uma das leguminosas mais adaptadas e nutritivas entre as espécies cultivadas (SINGH et al., 2002). É um cultivo antigo, originário da África Central e depois se espalhou por toda a África, Ásia, Europa e Américas (PERRINO et al., 1993; TOSTI; NEGRI, 2002). A Nigéria se destaca como principal produtor mundial de feijão-caupi, com 2,9 milhões de toneladas, seguida de Níger, com 1,5 milhões de toneladas e Brasil, com 1,3 milhões de toneladas de grãos produzidos (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION, 2012). No Brasil, historicamente, a produção de feijão-caupi se concentra nas regiões Nordeste, com 1,2 milhões de hectares cultivados, e Norte, com 55,8 mil hectares cultivados. No entanto, a cultura está conquistando espaço na região Centro-Oeste, em razão do desenvolvimento de cultivares com características que favorecem o cultivo mecanizado. O feijão-caupi contribui com 35,6% da área plantada e 15% da produção de feijão total (feijão-caupi + feijão-comum) no país. A ausência de separação das estatísticas de produção do feijão-caupi e feijão-comum, ainda é um empecilho às exportações brasileiras de feijão-caupi, pois o mundo desconhece que esse país produz esta cultura, já que os órgãos oficiais não expõem os dados (SILVA, 2011).

O Brasil é o segundo produtor mundial de feijão-comum (*Phaseolus vulgaris* L.), com 3,2 milhões de toneladas de grãos produzidos, sendo superado apenas pela Índia, com 4,9 milhões de toneladas produzidas, em 2010 (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION, 2012). O feijão-comum é cultivado em praticamente em todo território nacional, atingindo 3,5 milhões de hectares plantados em 2010 (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2012). Na região Nordeste, o feijão-comum é cultivado em maior escala nos estados da Bahia, Sergipe, Alagoas e Pernambuco (COSTA, 2007).

A mesorregião do Agreste Meridional do estado de Pernambuco se destaca como importante produtora de feijão-caupi e feijão-comum em nível nacional. Nessa região, são cultivados cerca de 12.000 ha de feijão-caupi e 15.000 ha de feijão-comum, sendo a maioria da produção oriunda de unidades de agricultura familiar. O feijão-caupi é cultivado predominantemente na estação seca (setembro-dezembro), em sucessão ao cultivo de feijão-

comum, cultivado na estação úmida (abril-julho) (MACHADO, 2012). No Agreste Meridional de Pernambuco, a produtividade média do feijão-caupi é de 320 kg/ha, enquanto do feijão-comum de 460 kg/ha. Apesar do potencial produtivo da região, as produtividades dessas leguminosas são muito baixas quando comparadas às obtidas em outras regiões brasileiras, como na Centro-Oeste, em que a produtividade média do feijão-caupi é de 1.233 kg/ha (SILVA, 2011).

Vários fatores bióticos e abióticos limitam o desenvolvimento do feijão-caupi e do feijão-comum no Nordeste brasileiro (CARVALHO et al., 2005; COSTA, 2007; PEREIRA et al., 2001). Dentre estes, as doenças constituem importantes fatores de redução da produtividade dessas leguminosas, causando perdas na quantidade e qualidade dos grãos. Entre as doenças de maior severidade na cultura do feijão-caupi no Nordeste brasileiro destacam-se a rizoctoniose (*Rhizoctonia solani* Kühn), murcha-de-esclerócio (*Sclerotium rolfsii* Sacc.), murcha-de-fusário [*Fusarium oxysporum* f. sp. *tracheiphilum* (E.F. Smith) Snyder & Hansen], podridão-cinzenta do caule [*Macrophomina phaseolina* (Tass.) Goid.], cercosporioses [(*Pseudocercospora cruenta* (Sacc.) Deighton e *Cercospora canescens* Ellis & Martin), ferrugem [*Uromyces appendiculatus* (Pers.) Unger], antracnose [*Colletotrichum lindemuthianum* (Sacc. & Magnus) Biosi & Cavara], mancha-café [*Colletotrichum truncatum* (Schewin.) Andrus & Moore], crestamento bacteriano [*Xanthomonas axonopodis* pv. *vignicola* (Burkholder) Vauterim et al.], mosaico severo (*Cowpea severe mosaic comovirus*), mosaico comum (*Cowpea mosaic comovirus*), mosaico dourado (*Cowpea golden mosaic bigeminivirus*), mosaicos de potyvirus (*Cowpea aphid-borne mosaic potyvirus* e *Blackeye cowpea mosaic potyvirus*) e meloidoginoses [*Meloidogyne incognita* (Kofoid & White) Chitwood, *M. javanica* (Treub) Chitwood, *M. arenaria* (Neal) Chitwood, *M. arenaria* (Neal) Chitwood e *M. hapla* Chitwood] (ATHAYDE SOBRINHO; VIANA; SANTOS, 2005; COELHO, 2001; PIO-RIBEIRO; ASSIS FILHO; ANDRADE, 2005).

No caso do feijão-comum, as principais doenças no Nordeste brasileiro são a rizoctoniose, murcha-de-esclerócio, murcha-de-fusário (*Fusarium oxysporum* f. sp. *phaseoli* Kendrick & Snyder), podridão-cinzenta do caule, mofo branco (*Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary), antracnose, mancha angular [*Phaeoisariopsis griseola* (Sacc.) Ferraris)], ferrugem, crestamento bacteriano [*Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli* (Smith) Vauterim et al.], mosaico comum (*Bean common mosaic potyvirus*), mosaico dourado (*Bean golden mosaic begomovirus*) e meloidoginoses (COSTA, 2007; TENÓRIO, 2011).

## **Rizoctoniose**

A rizoctoniose é uma das doenças mais frequentes e de maior intensidade em nível mundial nos cultivos de feijão-caupi (ATHAYDE SOBRINHO; VIANA; SANTOS, 2005; EMECHEBE; LAGOKE, 2002; RIOS, 1990; SINGH; ALLEN, 1979) e feijão-comum (CARDOSO, 1990; CARDOSO, 1994; SCHWARTZ et al., 2005). Essa doença é extremamente importante nos cultivos de feijão-caupi e feijão-comum do Agreste Meridional de Pernambuco, tendo em vista o plantio sucessivo dessas culturas, sendo ambas altamente suscetíveis a *R. solani* (MACHADO, 2012; TENÓRIO, 2011). Além disso, como outras doenças radiculares, a rizoctoniose é responsável pela decadência de culturas tradicionais em certos locais, provocando o abandono de terras e gerando um grande impacto sócio-econômico (MICHEREFF; PERUCH; ANDRADE, 2005).

Os danos causados por *R. solani* em feijão-caupi e feijão-comum ocorrem, principalmente, até três semanas após o plantio, e os sintomas característicos da doença são podridões de sementes e raízes, cancrios no hipocótilo e tombamento de plântulas em pré e pós-emergência (ATHAYDE SOBRINHO; VIANA; SANTOS, 2005; CARDOSO, 1990; SCHWARTZ et al., 2005). Embora as informações sobre os efeitos da rizoctoniose no rendimento dos cultivos sejam limitadas, as perdas podem ser consideráveis e variam entre campos de uma mesma região, bem como de uma safra para outra (ABAWI; PASTOR-CORRALES, 1990). Perdas quase totais em cultivos de feijão-comum foram observadas na Colômbia, no Peru e em Nova Iorque (EUA) (PASTOR-CORRALES; ABAWI, 1988). No Brasil, perdas de até 60% da produção devido à ocorrência de rizoctoniose foram registradas em feijão-comum (CARDOSO, 1990) e feijão-caupi (CARDOSO et al., 1991).

O controle da rizoctoniose é muito difícil, pois o patógeno possui elevada agressividade, combinado com grande habilidade de competição saprofítica, capacidade de sobrevivência no solo na ausência da planta hospedeira, transmissibilidade pelas sementes e ampla gama de hospedeiros (AGARWAL, 2010; CUBETA; VILGALYS, 2000; LEACH; GARBER, 1970; OGOSHI, 1987). Não existem cultivares comerciais de feijão-caupi e feijão-comum com níveis aceitáveis de resistência à rizoctoniose, a rotação de culturas é pouco eficiente para o controle dessa doença e o controle químico é ineficiente, inviável economicamente e de elevado impacto ambiental (ATHAYDE SOBRINHO; VIANA; SANTOS, 2005; SCHWARTZ et al., 2005).

### **O gênero *Rhizoctonia***

O gênero *Rhizoctonia* foi criado por De Candolle, em 1815, para acomodar um patógeno radicular não esporulante, *R. crocorum* (Pers.) DC., caracterizado pela produção de

esclerócios de textura uniforme, micélio saindo a partir destes e associação do micélio com raízes de plantas superiores. A ambigüidade da caracterização levou à inclusão de mais de 100 espécies não relacionadas no gênero *Rhizoctonia* (PARMETER JR.; WHITNEY, 1970; MOORE, 1987). O representante mais significativo da espécie, *R. solani*, foi descrita por Kühn, em 1858 (SNEH; BURPEE; OGOSHI, 1991).

A especificidade do conceito de gênero para *Rhizoctonia* foi proporcionada por Ogoshi (1975), que elevou as diversas características de *R. solani* ao nível de gênero. Baseado neste conceito revisado, o gênero *Rhizoctonia* tem como características: ramificação em ângulo reto observada próxima ao septo distal em hifas jovens; presença de um septo na ramificação da hifa próximo do seu ponto de origem; presença de septos do tipo doliporo; ramificações de hifas que são concêntricas em sua extremidade basal; ausência de grampos de conexão; ausência de conídios; tecido esclerocial não diferenciado em membrana, córtex e medula; ausência de rizomorfias (CARLING; SUMNER, 1992; MORDUE, 1974; OGOSHI, 1987; PARMETER JR.; SHERWOOD; PLATT, 1969; PARMETER JR.; WHITNEY, 1970; SNEH; BURPEE; OGOSHI, 1991).

Além de ser um grupo diversificado e complexo, com aproximadamente 120 espécies registradas desde a constatação do gênero, a taxonomia convencional de *Rhizoctonia*, que utiliza características como o tamanho, forma, coloração e septação das estruturas de reprodução assexual e sexual, tem limitações para ser aplicada em todas as situações (OGOSHI, 1996). As espécies de *Rhizoctonia* podem ser diferenciadas pelo número de núcleos por célula, grupo de anastomose, morfologia do teleomorfo, características bioquímicas e moleculares (GONZÁLEZ-GARCÍA; ONCO; SUSAN, 2006; SNEH; BURPEE; OGOSHI, 1991; YANG; LI, 2012).

A determinação do número de núcleos nas células das hifas é um importante processo na identificação de *Rhizoctonia*, tendo em vista a divisão de espécies com hifas binucleadas e multinucleadas (AGARWAL, 2010; GONZÁLEZ-GARCÍA; ONCO; SUSAN, 2006; PARMETER JR.; WHITNEY, 1970; SNEH; BURPEE; OGOSHI, 1991). As espécies binucleadas incluem *R. callae* E. Castell, *R. cerealis* Van Der Hoeven, *R. endophytica* Saksena & Vaartaja, *R. fragariae* S. Husain & W.E. McKeen, *R. fumigata* S. Gunnell & R.K. Webster, *R. ramicola* W.A. Weber & D.A. Roberts, *R. oryzae-sativae* (Sawada) Mordue, *R. repens* Bernard e *R. anaticula* Currah, enquanto as espécies multinucleadas são *R. zae* Voorhees, *R. oryzae* Ryker e Gooch e *R. solani*, sendo a última considerada a espécie mais importante como fitopatógeno (SNEH; BURPEE; OGOSHI, 1991).

Os teleomorfos de *Rhizoctonia* pertencem à subdivisão Basidiomycota, classe Hymenomycetes. Os principais teleomorfos de *Rhizoctonia* são *Thanatephorus* Donk.,

*Ceratobasidium* Rogers, *Waitea* Warcup & Talbot e *Tulasnella* Schröter. *Thanatephorus cucumeris* (Frank) Donk. é o teleomorfo de *R. solani*, enquanto *Waitea circinata* Warcup & Talbot é o teleomorfo de *R. zea* e *R. oryzae*. Entre as espécies binucleadas, *R. repens* e *R. oryzae-sativae*, associam-se a várias espécies de *Ceratobasidium* como: *C. cornigerum* (Bourdot) D.P. Rogers, *C. gramineum* (Ikata & T. Matsuura) Oniki et al. e *C. oryzae-sativae* P.S. Gunnell & R.K. Webster, ou ainda, a *Tulasnella* (CARLING; SUMNER, 1992; GONZÁLEZ-GARCÍA; ONCO; SUSAN, 2006; OGOSHI, 1987; SNEH; BURPEE; OGOSHI, 1991).

O gênero *Rhizoctonia* é formado por grupos de indivíduos relacionados, mas geneticamente isolados, os quais são agrupados com base nas suas características morfológicas, patológicas, fisiológicas, moleculares e em uma reação de compatibilidade vegetativa, baseada na anastomose de hifas ou incompatibilidade somática entre os indivíduos de grupos distintos (AGARWAL, 2010; GONZÁLEZ-GARCÍA; ONCO; SUSAN, 2006; OGOSHI, 1987; OGOSHI, 1996).

Hifas de isolados pertencentes ao mesmo grupo de anastomose (AG) são atraídas e conectadas, ou fundidas, umas às outras, enquanto que isolados de diferentes AG não exibem esse comportamento (OGOSHI, 1987). A afinidade para a anastomose das hifas tem sido utilizada para caracterizar isolados de *R. solani*, *R. zea*, *R. oryzae*, *R. repens* e espécies binucleadas com *Ceratobasidium* como teleomorfo (AGARWAL, 2010; CARLING, 1996; SNEH; BURPEE; OGOSHI, 1991; YANG; LI, 2012).

São reconhecidos 14 grupos de anastomose em *R. solani*, denominados AG-1 a AG-13, e AG-BI que realiza anastomose com dois ou mais grupos (AGARWAL, 2010; GONZÁLEZ-GARCÍA; ONCO; SUSAN, 2006; LÜBECK, 2004; SHARON et al., 2006, 2008; YANG; LI, 2012). Alguns autores consideram o AG-BI como parte do AG-2 (CARLING, 1996; CARLING; KUNINAGA; BRAINARD, 2002).

Além de AG, o conceito de grupos intraespecíficos (ISG) baseado em evidências de reação de anastomose, propriedades morfológicas, de virulência, gamas de hospedeiros, requerimentos nutricionais, características sorológicas e moleculares, permitiu a diferenciação de ISGs dentro dos AGs de *R. solani* (CARLING, 2000; OGOSHI, 1987; SNEH; BURPEE; OGOSHI, 1991; OGOSHI, 1996).

Atualmente, para *R. solani* são relatados seis ISGs dentro do AG-1 (IA, IB, IC, ID, IE e EF), oito dentro do AG-2 (1 1-2t, 2 IIIB, 2 IV, 2 LP, 2 WB, 3, 4 e BI), dois dentro de AG-3 (PT e TB), três dentro do AG-4 (HG-I, HG-II e HG-III) e cinco dentro de AG-6 (HG-I, Gv1, Gv2, Gv3 e Gv4) (GODOY-LUTZ et al., 2008; SHARON et al., 2006, 2008; YANG; LI, 2012).

Em algumas situações é impossível determinar a qual AG o isolado pertence, pois certos isolados não apresentam afinidade para anastomose com representantes de qualquer AG conhecido, enquanto outros perdem a capacidade de auto-anastomose (HYAKUMACHI; UI, 1987). Em outros casos, isolados de certos AG apresentam afinidade para anastomose com isolados de mais que um AG (por exemplo, AGs 2, 3, 6, e 8) (CARLING, 1996; SNEH; BURPEE; OGOSHI, 1991). Além disso, a determinação dos AGs pela anastomose de hifas requer experiência minuciosa como microscopia e esse procedimento demanda tempo (SHARON et al., 2006).

Várias técnicas moleculares têm sido utilizadas para simplificar e/ou classificar mais precisamente os AGs do complexo *Rhizoctonia*, mas a análise de sequências gênicas da região ITS (Internal Transcribed Spacer) do rDNA ribossômico (rDNA-ITS) é considerada a mais apropriada (AGARWAL, 2010; CUBETA; VILGALYS, 1997; LÜBECK, 2004; SHARON et al., 2006; VILGALYS; CUBETA, 1994). Baseado na análise filogenética com a utilização de sequências rDNA-ITS de 14 isolados, foi constatado que a rizoctoniose em feijão-caupi e feijão-comum no Agreste Meridional de Pernambuco é causada principalmente por isolados de *R. solani* pertencentes ao grupo de anastomose AG-4 HG-I, tendo em vista que somente um isolado foi classificado no grupo AG-2 2 IIIB (TENÓRIO, 2011).

O fungo *R. solani* se encontra distribuído na maioria dos solos agrícolas do mundo e tem sido isolado de solos virgens (MORDUE, 1974), possuindo gama de hospedeiros superior a 500 espécies de plantas (OGOSHI, 1996; YANG; LI, 2012). Os propágulos de *Rhizoctonia* sobrevivem no solo como hifas com paredes espessas melanizadas e esclerócios associados com restos culturais e outros detritos orgânicos, principalmente na camada superficial do solo. Os propágulos não são uniformemente distribuídos no solo e são recuperados em números relativamente baixos, variando de 0,1 a 63 propágulos/g de solo (SNEH; BURPEE; OGOSHI, 1991). Essa estratégia de sobrevivência é denominada de colonização saprofítica (GARRET, 1970; OTTEN; GILLIGAN, 1998; YULIANTI; SIVASITHAMPARAM; TURNER, 2007).

A habilidade saprofítica do fungo não depende apenas da taxa de crescimento, mas também da produção de antibióticos, toxinas ou enzimas, e outros micro determinantes do ecossistema do solo, como fatores bióticos e abióticos (GARRET, 1970; PAPAVIDAS et al., 1975; YULIANTI; SIVASITHAMPARAM; TURNER, 2007). Desta forma, podemos considerar a habilidade saprofítica como um somatório de características fisiológicas que contribuem para o sucesso da colonização. A disponibilidade de nutrientes e os níveis de matéria orgânica disponíveis no solo afetam a colonização saprofítica e conseqüentemente o potencial de inóculo do patógeno (YULIANTI; SIVASITHAMPARAM; TURNER, 2007).

A temperatura ótima de crescimento saprofítico de *R. solani* situa-se entre 24 e 28°C, enquanto o intervalo de temperatura em que causa mais danos às plantas se situa entre 16 e 25°C. Tratamentos de 50 a 52,5°C durante 5 minutos são letais para o fungo. O pH ótimo de crescimento situa-se entre 5 e 7, embora possa também crescer a pH 3 ou superior a pH 8. A luz atrasa o crescimento das colônias do fungo, que pode ser devido mais à dessecação gerada pela fonte luminosa que ao estímulo luminoso. As estirpes fitopatogênicas de *R. solani* são mais sensíveis a altas concentrações de CO<sub>2</sub> (10 a 30% v/v) que as saprófitas (DOMSCH; GAMS; ANDERSON, 1980). Em geral, *R. solani* é favorecido por alta umidade relativa do ar e do solo, solos mal drenados, irrigações excessivas, semeaduras densas, adubação nitrogenada em excesso, alto teor de matéria orgânica, cultivos sucessivos no mesmo local e pH ácido. Porém, são muito desfavoráveis para o patógeno os solos muito secos ou muito encharcados (BAKER, 1970; BAKER; MARTINSON, 1970).

### **Herbicidas e doenças de plantas**

Uma grande variedade de herbicidas é incorporada anualmente no solo visando o controle de plantas invasoras. Além disso, a aplicação de herbicidas que antes era uma tecnologia quase que exclusiva dos grandes e médios produtores, está se tornando prática comum entre os pequenos produtores (RODRIGUES; ALMEIDA, 2005).

Os herbicidas são aplicados diretamente ao solo de três maneiras: (a) como tratamentos pré-plantio, (b) como tratamentos de pré-emergência das plantas invasoras, ou (c) como tratamentos de pós-emergência das plantas invasoras. Quando utilizados apropriadamente, os herbicidas são ferramentas que aumentam a eficiência da produção agrícola, pois interferem nos processos bioquímicos das plantas invasoras que nascem junto à cultura explorada (ZIMDAHL, 2007).

Nos últimos anos vem ocorrendo um aumento substancial na utilização de herbicidas para o controle de plantas invasoras nas áreas de produção de feijão-caupi e feijão-comum do Agreste Meridional de Pernambuco, devido à baixa disponibilidade e elevado custo da mão-de-obra humana. Vários ingredientes ativos são utilizados, incluindo produtos de ação pré-emergente (trifluralina), pós-emergente (dicamba, fluazifope-p-butílico, fomesafen, glifosato e trisulfuron,) e com os dois tipos de ação (diuron). Dentre estes, os mais utilizados são trifluralina e glifosato.

A trifluralina pertence ao grupo das dinitroanilinas e tem como mecanismo de ação a inibição da mitose na prometáfase, pela interferência na polimerização da tubulina e na formação de microtúbulos. No nível citológico, trifluralina altera o padrão normal da mitose.

Anormalidades mitóticas, como metáfases desorganizadas, células poliplóides e micronúcleos são observados após o tratamento com o herbicida em plantas cultivadas. O efeito da trifluralina não envolve, necessariamente, a inibição da germinação de sementes, mas causa a inibição do crescimento radicular, caracterizado pelo entumescimento das pontas de raízes sensíveis, o qual está associado à redução ou paralisação da divisão celular, embora a expansão radial das células se mantenha (OLIVEIRA JR., 2011).

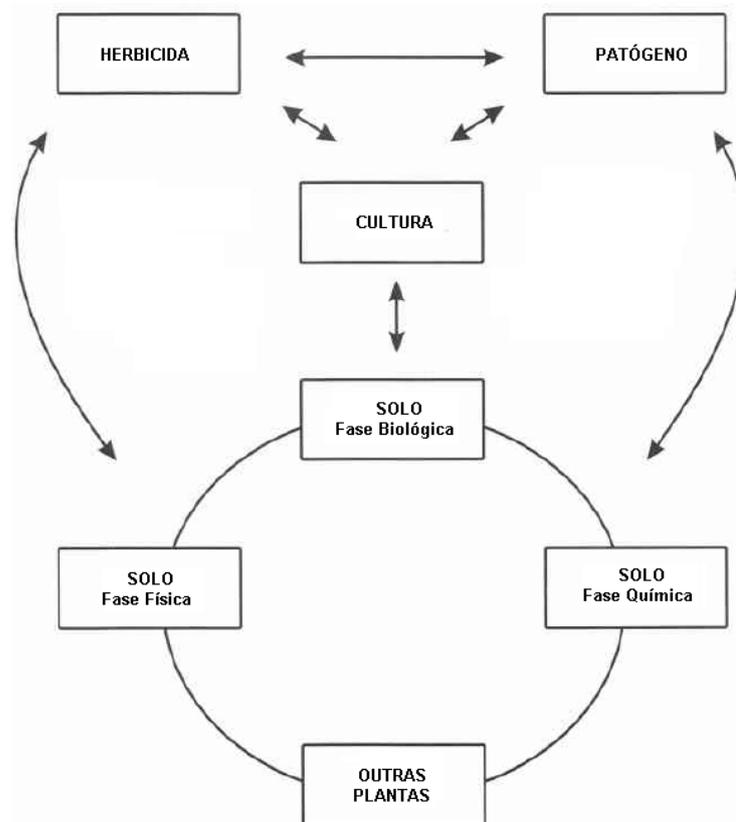
O glifosato é o herbicida mais utilizado no mundo devido à sua capacidade de controlar um amplo espectro de plantas invasoras de folhas largas anuais e perenes e espécies de gramíneas (BARNETT et al., 2012; DUKE; POWLES, 2008). O glifosato tem como mecanismos de ação a inibição da enzima EPSPs (5-enolpiruvilchiquimato-3-fosfato sintase), que é responsável pela conversão do chiquimato em corismato. A inibição de EPSPs bloqueia a via do ácido chiquímico, que produz precursores necessários para a biossíntese de compostos aromáticos, incluindo fenilalanina, tirosina e triptofano, importantes substâncias para o desenvolvimento das plantas. A via do ácido chiquímico também dá origem ao ácido salicílico e às fitoalexinas, ambos importantes nos processos de defesa das plantas. Em espécies sensíveis ocorre a paralisação do crescimento, necrose lenta e gradual de diversos tecidos, culminando com a morte das plantas (ADEGAS; GAZZIERO; VOLL, 2010; OLIVEIRA JR., 2011).

A natureza residual dos herbicidas é um aspecto importante a ser considerado. Os fatores que afetam a persistência de um herbicida no solo são classificados como processos de degradação e processos de transferência, e envolvem o herbicida, as características físicas e químicas do solo, a biota do solo e o ambiente. Os processos de degradação que alteram a composição química do herbicida são: (a) decomposição biológica e (b) decomposição abiótica, que inclui a decomposição química e a fotodecomposição. Processos de transferência importantes na determinação do que acontece com os herbicidas no solo são: (a) adsorção por colóides do solo, (b) lixiviação ou movimento através do solo, (c) volatilidade, (d) escoamento superficial, (e) remoção por plantas superiores, e (f) absorção e exsudação pelas plantas e animais (MONACO; WELLER; ASHTON, 2002).

O efeito dos herbicidas pode se estender além das espécies-alvo e influenciar organismos não-alvo, principalmente habitantes do solo. Esse fenômeno foi primeiramente investigado por Smith et al. (1945) e, desde então, vários estudos têm sido realizados sobre a interação entre herbicidas, microorganismos habitantes do solo e doenças de plantas, com uma vasta gama de conclusões, incluindo efeitos no aumento, na redução ou nenhum impacto sobre as doenças, dependendo do herbicida, espécies de plantas cultivadas e organismos patogênicos (ALTMAN, 1985; ALTMAN; CAMPBELL, 1977a; ALTMAN; ROVIRA, 1989;

BOLLEN, 1961; FLETCHER, 1960, 1961; KATAN; ESHEL, 1973; KORTEKAMP, 2011; LÉVESQUE; RAHE, 1992; SANYAL; SHRESTHA, 2008).

Os herbicidas podem interferir nas doenças de plantas de forma direta, quando afetam especificamente o patógeno, ou de forma indireta, quando atuam sobre as características da cultura, em alguma das suas fases (química, física ou biológica), provocando com isso alterações nas doenças das plantas cultivadas (ALTMAN; CAMPBELL, 1977a), como pode ser observado no esquema mostrado na Figura 1.



**Figura 1.** Esquema de possíveis interações entre a aplicação de herbicidas e os patógenos radiculares de plantas (ADEGAS; GAZZIERO; VOLL, 2010).

Quatro fatores podem alterar a intensidade das doenças radiculares como resultado direto da influência de herbicidas: (a) crescimento do patógeno, (b) virulência do patógeno, (c) suscetibilidade do hospedeiro e/ou (d) mudanças na relação entre patógenos e outros organismos no solo (KATAN; ESHEL, 1973; KORTEKAMP, 2011). Alguns herbicidas além de estimularem o crescimento da população de patógenos, podem provocar o aumento da virulência desses microrganismos, que está relacionado com a alteração metabólica do patógeno, através do incremento da atividade enzimática ou aumento na produção de toxinas, podendo provocar o aumento do potencial infectivo (WEINHOLD; DODMAN; BOWMAN,

1972). Os herbicidas também podem interferir nos mecanismos de defesa das plantas, como na produção de fitoalexinas, no balanço nutricional e protéico, na formação das membranas através do acúmulo de lignina e pela ativação de genes de resistência na planta (ADEGAS; GAZZIERO; VOLL, 2010; LOTAN-POMPAN et al., 2007; NEUMANN et al., 2006).

Em geral, os principais efeitos de herbicidas que levam ao aumento na intensidade de doenças de plantas cultivadas incluem: (a) redução das estruturas de defesa da planta hospedeira, (b) estímulo ao aumento da exsudação da planta hospedeira, (c) estímulo ao crescimento do patógeno, e (d) inibição da microbiota competidora com patógenos potenciais. Alteração da quantidade de compostos exsudados, que altera o microambiente da rizosfera, pode ter efeitos benéficos ou prejudiciais no crescimento sobre potenciais agentes patogênicos e/ou organismos saprófitas na planta invasora e na hospedeira do patógeno, baseado nos nutrientes ou substâncias tóxicas liberadas no ambiente da hospedeira. É também possível que, sob certas condições ambientais, herbicidas utilizados para o controle de plantas invasoras específicas possam alterar a susceptibilidade da planta cultivada. A cutícula da hospedeira pode ser modificada, o metabolismo da hospedeira pode ser alterado, o desenvolvimento da parede celular secundária pode ser restringido e/ou reduzido, e o aumento da exsudação celular pode ocorrer através de membranas de protoplastos que se tornam mais permeáveis. Qualquer um desses fatores isolados ou em combinação pode tornar a planta cultivada mais susceptível aos patógenos e, portanto, mais predisposta à doença (ALTMAN; CAMPBELL, 1977a).

Em algumas situações, os herbicidas podem propiciar reduções na severidade da doença. Os principais efeitos de herbicidas que conduzem à redução da incidência e/ou severidade da doença são: (a) aumento das defesas estruturais hospedeiro, (b) aumento das defesas bioquímicas do hospedeiro, e (c) diminuição do crescimento de patógenos potenciais (ALTMAN; CAMPBELL, 1977a).

### **Herbicidas e *Rhizoctonia***

A atividade de herbicidas sobre a rizoctoniose tem sido investigada em condições de casa de vegetação e de campo, com resultados bastante variáveis. Conforme o estudo realizado, a aplicação de herbicidas causou o aumento (ALTMAN; CAMPBELL, 1977a; ALTMAN; ROVIRA, 1989; LEE et al., 2012; MOUSTAFA-MAHMOUD et al., 1993; ROVIRA; MCDONALD, 1986; SMILEY; OGG.; COOK, 1992), a redução (BABIKER et al., 2011; EL-KHADEM; EL-KAZAZ; HASSAN, 1984; EL-KHADEM; PAPAIVIZAS, 1984) ou

nenhuma influência significativa na incidência e/ou severidade da rizoctoniose (BAUSKE; KIRBY, 1992; HARIKRISHNAN; YANG, 2002) (Tabela 1).

Esses resultados contrastantes sugerem que as interações entre incidência e/ou severidade da rizoctoniose e herbicidas podem ser específicas para cada combinação cultivo-herbicida. Vários outros fatores podem influenciar no efeito de herbicidas sobre os patógenos de plantas, incluindo: diferenças na umidade e temperatura do solo; concentrações dos herbicidas; composição genéticas dos isolados, densidade e distribuição do inoculo de *R. solani*; cultivares das hospedeiras; composição da microbiota na rizosfera; e taxa de inativação do herbicida (BABIKER et al., 2011; BLACK et al., 1996; HEYDARI; MISAGHI, 1998; SANYAL; SHRESTHA, 2008).

As causas do aumento na intensidade da rizoctoniose em plantas cultivadas com a utilização de herbicidas podem ser variáveis conforme o princípio ativo. Como exemplo, glifosato pode afetar a intensidade da rizoctoniose pela redução da colonização por micorrizas, alteração na suscetibilidade do hospedeiro, indução da formação de esclerócios em plantas colonizadas e alteração da população de microrganismos benéficos na rizosfera que competem ou suprimem *R. solani* (JOHAL; HUBER, 2009; LARSON et al., 2006). No caso de trifluralina, o aumento da infecção por *R. solani* ocorre pelas eventuais injúrias provocadas nas plantas (ALTMAN; ROVIRA, 1989), pois mesmo sendo seletivo para algumas culturas, sob determinadas condições como excesso de umidade, temperaturas baixas e características específicas de cada cultivar, o herbicida pode causar o engrossamento do hipocótilo e da raiz principal. Esses sintomas podem evoluir para a ocorrência de rachaduras nos tecidos da epiderme e formação de raízes secundárias nas plantas, o que facilita a penetração do patógeno (ADEGAS; GAZZIERO; VOLL, 2010).

Os estudos envolvendo a interação entre herbicidas e rizoctoniose nas culturas de feijão-caupi e feijão-comum são escassos, pois foram encontrados somente três artigos publicados sobre o assunto. No estudo com feijão-caupi, as plântulas foram mais suscetíveis à *R. solani* em solos tratados com os herbicidas alachlor e fluchloralin, que segundo Kataria e Dodan (1983) pode ter sido devido ao estresse exercido pelo herbicida sobre a planta hospedeira, levando a maior predisposição à infecção. Nesse contexto, alguns estudos têm constatado que a utilização de herbicidas provoca injúrias nas plantas cultivadas e causa a predisposição à infecção por *R. solani* (GREAVES; SARGENT, 1986; LEE et al., 2012). Nos estudos com feijão-comum os resultados foram variáveis, pois num caso houve aumento da severidade da rizoctoniose quando o solo foi tratado com trifluralina (WRONA; VANDERMOLEN; DEVAY, 1981), enquanto no outro caso esse herbicida não influenciou na severidade da doença (GILBERTSON; RUPPE; SCHWEIZER, 1987).

**Tabela 1.** Sumário das interações entre herbicidas e rizoctoniose em diversas culturas.

Herbicida (i.a.)	Cultura	Interação*	Referência
acifluorfen	soja	AD	BRADLEY et al., 2002
alachlor	feijão-caupi	AD	KATARIA; DODAN, 1983
chlorsulfuron	centeio	AD	ROVIRA; MCDONALD, 1986
		AD	ROVIRA; MCDONALD, 1986; SMILEY; WILKINS, 1992
trigo			
cycloate	beterraba açucareira	AD	ALTMAN; CAMPBELL, 1977b
dalapon	algodão	SD	EL-KHADEM; EL-KAZZAZ; HASSAN, 1984
desmedipham	beterraba açucareira	SD	RUPPEL; HECKER; SCHWEIZER, 1982
diclofop methyl	beterraba açucareira	SD	RUPPEL; HECKER; SCHWEIZER, 1982
dinitramina	algodão	AD	EL-KHADEM; ZAHRAN; EL-KAZZAZ, 1979
		SD	EL-KHADEM; EL-KAZZAZ; HASSAN, 1984
diuron	algodão	SD	EL-KHADEM; EL-KAZZAZ; HASSAN, 1984
EPTC	beterraba açucareira	SD	RUPPEL; HECKER; SCHWEIZER, 1982
ethalfluralin	soja	SD	BAUSKE; KIRBY, 1992
ethofumesate	beterraba açucareira	SD	RUPPEL; HECKER; SCHWEIZER, 1982
fluchloralin	feijão-caupi	AD	KATARIA; DODAN, 1983
fluometuron	algodão	AD	EL-KHADEM; ZAHRAN; EL-KAZZAZ, 1979; PANKEY et al., 2005
		SD	EL-KHADEM; EL-KAZZAZ; HASSAN, 1984
glifosato	beterraba açucareira	AD	LARSON et al., 2006
		SD	BARNETT et al., 2012
	trigo	AD	BALEY et al., 2009
	algodão	RD	PANKEY et al., 2005
	centeio	RD	BABIKER et al., 2011
	soja	SD	BRADLEY et al., 2002; BAUSKE; KIRBY, 1992; HARIKRISHNAN; YANG, 2002; PANKEY et al., 2005
imazamox	centeio	AD	LEE et al. (2012)
imazethapyr	soja	AD	BRADLEY et al., 2002
		SD	HARIKRISHNAN; YANG, 2002
lactofen	soja	SD	HARIKRISHNAN; YANG, 2002
linuron	algodão	RD	EL-KHADEM; PAPAVIDAS, 1984
metolachlor	algodão	SD	PANKEY et al., 2005
	beterraba açucareira	SD	RUPPEL; HECKER; SCHWEIZER, 1982
paraquat	soja	RD	BLACK et al., 1996
pendimethalin	algodão	AD	HEYDARI; MISAGHI, 1998; HEYDARI; MISAGHI, 2003
		SD	PANKEY et al., 2005
	milho	AD	SUMNER; DOWLER, 1983
	soja	AD	BRADLEY et al., 2002; HARIKRISHNAN; YANG, 2002
		SD	BAUSKE; KIRBY, 1992
phenmedipham	beterraba açucareira	SD	RUPPEL; HECKER; SCHWEIZER, 1982
prometryn	algodão	AD	HEYDARI; MISAGHI, 1998; HEYDARI; MISAGHI, 2003
		SD	EL-KHADEM; EL-KAZZAZ; HASSAN, 1984
propoxycarbazone-sodium	centeio	AD	LEE et al., 2012
pyrazon	beterraba açucareira	AD	ALTMAN; ROVIRA, 1989
pyrithiobac	algodão	SD	PANKEY et al., 2005
trifluralina	algodão	AD	CHANDLER; SANTELMANN, 1968; EL-KHADEM; ZAHRAN; EL-KAZZAZ, 1979; NEUBAUER; AVIZOHAR-HERSHENSON, 1973; PINCKARD; STANDIFER, 1966
		SD	EL-KHADEM; EL-KAZZAZ; HASSAN, 1984; HEYDARI; MISAGHI, 1998
	beterraba açucareira	SD	RUPPEL; HECKER; SCHWEIZER, 1982
	feijão-comum	AD	WRONA; VANDERMOLEN; DEVAY, 1981
	soja	SD	GILBERTSON; RUPPEL; SCHWEIZER, 1987
		SD	BAUSKE; KIRBY, 1992

\*AD = aumento da doença; RD = redução da doença; SD = sem efeito sobre a doença.

Diversas respostas têm sido observadas quanto ao efeito de herbicidas sobre o crescimento micelial e a produção de esclerócios de *R. solani* (Tabela 2). Na maioria das situações, os herbicidas causaram a redução ou não afetaram o crescimento micelial de *R. solani* (Tabela 2), mas situações contraditórias foram registradas. Como exemplo, o herbicida paraquat causou aumento no crescimento micelial em um estudo (ALTMAN, 1969) e a redução no crescimento micelial em outro (BLACK et al., 1996). Em relação à produção de esclerócios foi registrado aumento, redução ou nenhum efeito sobre a produção dessas estruturas de resistência (Tabela 2). O efeito de herbicidas sobre a atividade saprofítica de *R. solani* no solo foi avaliado em relação aos herbicidas dinitramina, fluometuron, glifosato e trifluralina. Foram registrados aumentos da atividade saprofítica com a aplicação de dinitramina e trifluralina, redução na atividade com fluometuron e nenhum efeito na atividade com glifosato (Tabela 2).

**Tabela 2.** Sumário das interações entre herbicidas e *Rhizoctonia solani*.

Herbicida (i.a.)	Interação*	Referência
acifluorfen	RC	BLACK et al., 1996
alachlor	RC	BLACK et al., 1996; KATARIA; DODAN, 1983; RODRIGUEZ-KABANA; CURL; FUNDERBURK JR., 1966
atrazina	RC	LEACH; MURDOCH; GORDON, 1991; RODRIGUEZ-KABANA; CURL; FUNDERBURK JR., 1966
dinitramina	SC AS	EL-KHADEM; ZAHRAN; EL-KAZZAZ, 1979 EL-KHADEM; ZAHRAN; EL-KAZZAZ, 1979
fluometuron	RC RS	EL-KHADEM; ZAHRAN; EL-KAZZAZ, 1979 EL-KHADEM; ZAHRAN; EL-KAZZAZ, 1979
glifosato	RC SC AE SE SS	BLACK et al., 1996; RODRIGUEZ-KABANA; CURL; FUNDERBURK JR., 1966 BARNETT et al., 2012; HARIKRISHNAN; YANG, 2001; LARSON et al., 2006 HARIKRISHNAN; YANG, 2001 LARSON et al., 2006 BABIKER et al., 2011
glufosinate	RC RE	BLACK et al., 1996 BLACK et al., 1996
paraquat	RC AC RE	BLACK et al., 1996 ALTMAN, 1969 BLACK et al., 1996
pendimethalin	RC SC	BLACK et al., 1996 HEYDARI; MISAGHI, 2003
prometryn	SC	HEYDARI; MISAGHI, 2003
trifluralina	RC  AS	EL-KHADEM; ZAHRAN; EL-KAZZAZ, 1979; LEACH; MURDOCH; GORDON, 1991; NEUBAUER; AVIZOHAR-HERSHENSON, 1973; RODRIGUEZ-KABANA; CURL; FUNDERBURK JR., 1966; EL-KHADEM; ZAHRAN; EL-KAZZAZ, 1979; NEUBAUER; AVIZOHAR-HERSHENSON, 1973

\*AC = aumento do crescimento micelial; RC = redução do crescimento micelial; SC = sem efeito sobre o crescimento micelial; AE = aumento na produção de esclerócios; RE = redução na produção de esclerócios; SE = sem efeito sobre a produção de esclerócios; AS = aumento na atividade saprofítica; RS = redução na atividade saprofítica; SS = sem efeito sobre a atividade saprofítica.

Com o aumento na utilização de herbicidas para o controle de plantas invasoras nas áreas de produção de feijão-caupi e feijão-comum do Agreste Meridional de Pernambuco,

também tem sido verificado o aumento na incidência de rizoctoniose, o que levanta a preocupação sobre a possibilidade dos herbicidas estarem favorecendo a atividade saprofítica e/ou patogênica de *R. solani*, bem como atuando sobre os outros fatores associados à interação herbicidas-doenças radiculares, como destacado anteriormente.

### **Herbicidas e microbiota do solo**

Como os microrganismos constituem a parte viva e mais ativa da matéria orgânica, existem indicações de que atributos microbiológicos podem detectar alterações provocadas por diferentes tipos de manejos do solo em um estágio anterior ao das mudanças nos atributos químicos e físicos. Sabendo-se que os microrganismos são parte integrante da qualidade do solo, é necessário um melhor entendimento da dinâmica e estrutura das comunidades microbianas. Nesse contexto, indicadores biológicos têm sido frequentemente usados para avaliar alterações na qualidade do solo pelo uso de diferentes práticas e sistemas de manejo, dentre as quais, a aplicação de herbicidas (BENEDETTI; DILLY, 2006).

O papel dos microrganismos nos processos funcionais de um ecossistema complexo como o solo pode ser facilitado através das análises da composição da comunidade microbiana (BORNEMAN et al., 2004). A atividade microbiana no solo resulta da somatória da atividade de células individuais que pode ser estimada através da quantificação de certos processos específicos como taxa de respiração, produção de ATP, biossíntese de macromoléculas como proteínas e ácidos nucleicos; taxa de transformação de N; consumo de substratos e acúmulo de produtos específicos; taxa de mineralização do P; taxa de decomposição da matéria orgânica; atividade enzimática global e específica; densidade populacional (SIQUEIRA; FRANCO, 1988). A contagem de populações de microrganismos cultiváveis em placas representa somente uma pequena proporção da comunidade microbiana total do solo (TORSVIK; SØRHEIM; GOKSØYR, 1996), motivo pelo qual as técnicas baseadas em isolamento e cultivo de microrganismos são consideradas inadequadas para refletirem a comunidade microbiana no solo (FLIEßBACH; WIDMER, 2006). A avaliação da quantidade de CO<sub>2</sub> liberada pela respiração dos microrganismos é um dos métodos mais utilizados para avaliar a atividade metabólica da população microbiana do solo (BENEDETTI; DILLY, 2006; TÓTOLA; CHAER, 2002).

Alguns microrganismos não-patogênicos habitantes do solo podem ser afetados pela aplicação de herbicidas. O efeito de herbicidas sobre os microrganismos é variável, pois alguns são altamente sensíveis, outros insensíveis e outros podem prosperar na presença de herbicidas (ARAÚJO; MONTEIRO; ABARKELI, 2003; BOLLEN, 1961; HANEY et al.,

2000; HEYDARI; MISAGHI, 1998; MEKWATANAKARN; SIVASITHAMPARAM, 1987; RODRIGUEZ-KABANA; CURL, 1980; WARDLE; PARKINSON, 1990). O efeito dos herbicidas pode resultar em aumento ou decréscimo da incidência de doenças de plantas, respectivamente pela supressão ou promoção da atividade de microrganismos benéficos no solo (ALTMAN; ROVIRA, 1989; HEYDARI; MISAGHI, 2003; MERILES et al., 2006; MERILES et al., 2008; LEVÉSQUE; RAHE, 1992).

Em um estudo realizado sobre a influência do herbicida glifosato na atividade microbiana, foi constatado que os solos expostos ao glifosato durante vários anos apresentaram resposta mais forte da atividade microbiana com aumento no número de actinomicetos e fungos, enquanto que no número de bactérias houve uma ligeira redução (ARAUJO; MONTEIRO; ABARKELI, 2003). Em outro estudo, glifosato estimulou significativamente a atividade microbiana no solo mensurada pela mineralização do C e do N, mas não afetou a biomassa microbiana do solo (HANEY et al., 2000). O glifosato pode influenciar o número de fungos diretamente e, indiretamente, por afetar a interação destes com outros microrganismos utilizando os herbicidas como fonte de nutriente e energia (CORK; KRUEGER, 1991; WARDLE; PARKINSON, 1990).

Portanto, estudos devem ser conduzidos para analisarem a influência dos herbicidas sobre os processos biológicos na microbiota do solo e a consequente influência sobre os agentes fitopatogênicos e as doenças radiculares (HANEY et al., 2000; HEYDARI; MISAGHI; MCCLOSKEY, 1997; KORTEKAMP, 2011; SANYAL; SHRESTHA, 2008; WARDLE; PARKINSON, 1990).

Até o momento, inexistem estudos realizados no Brasil sobre a influência da aplicação de herbicidas na atividade saprofítica e patogênica de *Rhizoctonia* no solo, bem como sobre as populações e a atividade microbiana no solo, indicando a necessidade dessas pesquisas.

A presente dissertação teve como objetivos: a) avaliar a influência da aplicação de herbicidas nas atividades saprofítica e patogênica de *Rhizoctonia* em solos do Agreste Meridional de Pernambuco; b) determinar o impacto da aplicação de herbicidas nas populações e na atividade microbiana nos solos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABAWI, G. S.; PASTOR-CORRALES, M. A. **Root rots of beans in Latin America and Africa**: diagnosis, research methodologies, and management strategies. Cali: CIAT, 1990. 114 p.
- ADEGAS, F. S.; GAZZIERO, D. L. P.; VOLL, E. Herbicidas e a incidência de doenças radiculares e de hastes. In: ALMEIDA, A. M. R.; SEIXAS, C. D. S. (Org.). **Soja**: doenças radiculares e de hastes e inter-relações com o manejo do solo e da cultura. Londrina: Embrapa Soja, 2010. p. 345-374.
- AGARWAL, D. K. *Rhizoctonia* D.C.: taxonomy, ecology and management. In: MUKERJI, K. G.; MANOHARACHARY, C. (Eds.). **Taxonomy and ecology of Indian fungi**. New Delhi: I. K. International Publishing House, 2010. p. 19-50.
- ALTMAN, J. Impact of herbicides on plant diseases. In: PARKER, C. A.; ROVIRA, A. D.; MOORE, K. J.; WONG, P. T. W.; KOLLMORGEN, J. F. (Eds.). **Ecology and management of soilborne plant pathogens**. St. Paul: The American Phytopathology Society, 1985. p. 227-231.
- ALTMAN, J. Predisposition of sugarbeets to *Rhizoctonia solani* damping-off with herbicides. **Phytopathology**, Lancaster, v. 59, n. 10, p. 1015, 1969.
- ALTMAN, J.; CAMPBELL, C. L. Effect of herbicides on plant diseases. **Annual Review of Phytopathology**, Palo Alto, v. 15, p. 361-385, 1977a.
- ALTMAN, J.; CAMPBELL, C. L. Pesticide-plant disease interactions: effect of cycloate on sugar beet damping-off induced by *Rhizoctonia solani*. **Phytopathology**, Lancaster, v. 67, n. 9, p. 1163-1165, 1977b.
- ALTMAN, J.; ROVIRA, A. D. Herbicide-pathogen interactions in soil-born root diseases. **Canadian Journal of Plant Pathology**, Ottawa, v. 11, n. 2, p. 166-172, 1989.
- ARAÚJO, A. S. F.; MONTEIRO, R. T. R.; ABARKELI, R. B. Effect of glyphosate on the microbial activity of two Brazilian soils. **Chemosphere**, Amsterdam, v. 52, n. 7, p. 799-804, 2003.
- ATHAYDE SOBRINHO, C.; VIANA, F. M. P.; SANTOS, A. A. Doenças fúngicas e bacterianas. In: FREIRE FILHO, F. R.; LIMA, J. A. A.; RIBEIRO, V. Q. (Eds.). **Feijão-caupi**: avanços tecnológicos. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2005. p. 461-484.
- BABIKER, E. M.; HULBERT, S. H.; SCHROEDER, K. L.; PAULITZ, T. C. Optimum timing of preplant applications of glyphosate to manage *Rhizoctonia* root rot in barley. **Plant Disease**, St. Paul, v. 95, n. 3, p. 304-310, 2011.
- BAKER, K. F. Types of *Rhizoctonia* diseases and their occurrence. In: PARMETER JR., J. R. (Ed.). ***Rhizoctonia solani***: biology and pathology. Berkeley: The University of California Press, 1970. p. 125-148.

- BAKER, R.; MARTINSON, C. A. Epidemiology of diseases caused by *Rhizoctonia solani*. In: PARMETER JR., J. R. (Ed.). *Rhizoctonia solani*: biology and pathology. Berkeley: The University of California Press, 1970. p. 172-188.
- BALEY, G. J.; CAMPBELL, K. G.; YENISH, J.; KIDWELL, K. K.; PAULITZ, T. C. Influence of glyphosate, crop volunteer and root pathogens on glyphosateresistant wheat under controlled environmental conditions. **Pest Management Science**, v. 65, n. 2, p. 288-299, 2009.
- BARNETT, K. A.; SPRAGUE, C. L.; KIRK, W. W.; HANSON, L. E. Influence of glyphosate on *Rhizoctonia* crown and root rot (*Rhizoctonia solani*) in glyphosate-resistant sugarbeet. **Weed Science**, v. 60, n. 1, p. 113-120, 2012.
- BAUSKE, E. M.; KIRBY, H. W. Effect of dinitroaniline herbicides, carboxin-pentachloronitrobenzene seed treatment, and *Rhizoctonia* disease on soybean. **Plant Disease**, St. Paul, v. 76, n. 2, p. 236--239, 1992.
- BENEDETTI, A.; DILLY, O. Introduction. In: BLOEM, J.; HOPKINS, D. W.; BENEDETTI, A. (Eds.). **Microbiological methods for assessing soil quality**. Wallingford: CABI Publishing, 2006. p. 3-14.
- BLACK, B. D.; RUSSIN, J. S.; GRIFFIN, J. L.; SNOW, J. P. Herbicide effects on *Rhizoctonia solani* in vitro and *Rhizoctonia* foliar blight of soybean (*Glycine max*). **Weed Science**, Madison, v. 44, n. 7, p. 711-716, 1996.
- BOLLEN, W. B. Interactions between pesticides and soil microorganisms. **Annual Review of Microbiology**, Palo Alto, v. 15, p. 69-92, 1961.
- BORNEMAN, J.; OLATINWO, R.; YIN, B.; BECKER, O. J. An experimental approach for identifying microorganisms involved in specified functions: utilization for understanding a nematode suppressive soil. **Australasian Plant Pathology**, Collingwood, v. 33, n. 1, p. 151-155, 2004.
- BRADLEY, C. A.; HARTMAN, G. L.; WAX, L. M.; PEDERSEN, W. L. Influence of herbicides on *Rhizoctonia* root and hypocotyl rot of soybean. **Crop Protection**, Oxford, v. 21, n. 6, p. 679-687, 2002.
- CARDOSO, J. E. **Doenças do feijoeiro causadas por patógenos de solo**. Goiânia: EMBRAPA-CNPAP, 1990. 30 p.
- CARDOSO, J. E. Podridões radiculares. In: SARTORATO, A.; RAVA, C. A. (Eds.). **Principais doenças do feijoeiro comum e seu controle**. Brasília: EMBRAPA-SPI, 1994. p. 151-164.
- CARDOSO, J. E.; POZZER, L.; BEVITORI, R.; VIRGENS, D. A. Avaliação de perdas no feijão-de-corda (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) causadas pela podridão radicular de *Rhizoctonia* (*R. solani* Kühn). In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE CAUPI, 3., Fortaleza, CE, 1991. **Anais ...** Fortaleza: Imprensa Universitária - UFC, 1991. p. 51.
- CARLING, D. E. Anastomosis groups and subsets of anastomosis groups of *Rhizoctonia solani*. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON RHIZOCTONIA, 3. 2000, Taichung. **Abstracts ...** Taichung: International Symposium on *Rhizoctonia*, 2000. p. 14.

- CARLING, D. E. Grouping in *Rhizoctonia solani* by hyphal anastomosis reaction. In: SNEH, B.; JABAJI-HARE, S.; NEATE, S.; DIJST, G. (Eds.). **Rhizoctonia species: taxonomy, molecular biology, ecology, pathology and disease control**. Dordrecht: Kluwer, 1996. p. 37-47.
- CARLING, D. E.; KUNINAGA, S.; BRAINARD, K. A. Hyphal anastomosis reactions, rDNA-internal transcribed spacer sequences, and virulence levels among subsets of *Rhizoctonia solani* anastomosis group-2 (AG-2) and AG-BI. **Phytopathology**, St. Paul, v. 92, n. 1, p. 43-50, 2002.
- CARLING, D. E.; SUMNER, D. R. *Rhizoctonia*. In: SINGLETON, L. L.; MIHAIL, J. D.; RUSH, C. M. (Eds.). **Methods for research on soilborne phytopathogenic fungi**. St. Paul: APS Press, 1992. p. 157-165.
- CARVALHO, H. W. L.; WARWICK, D. R. N.; PELOSO, M. J.; FARIA, L. C.; MELO, L. C.; COSTA, J. G. Estabilidade de linhagens avançadas de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.), do grupo comercial carioca, no biênio 2001/2002, no Estado de Sergipe. In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO – CONAFE, 7., 2005, Goiânia. **Anais...** Goiânia: Embrapa Arroz e Feijão. 2005. p. 433-436
- CHANDLER, J. M.; SANTELMANN, P. W. Interactions of four herbicides with *Rhizoctonia solani* on seedling cotton. **Weed Science**, Madison, v. 16, n. 4, p. 453-456, 1968.
- COELHO, R. S. B. Doenças fúngicas do caupi. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DO CAUPI, 5., 2001. Teresina. **Anais ...** Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2001. p. 321-322. (Embrapa Meio-Norte. Documentos, 56).
- CORK, D. J.; KRUEGER, J. P. Microbial transformations of herbicides and pesticides. **Advances in Applied Microbiology**, New York, v. 36, n. 1, p.1-6, 1991.
- COSTA, F. A. Desafios no controle de doenças na cultura do feijoeiro, nas regiões Norte e Nordeste. In: SEMINÁRIO SOBRE PRAGAS, DOENÇAS E PLANTAS DANINHAS DO FEIJOEIRO, 6., 2007, Campinas. **Anais...** Campinas: Instituto Agrônômico, 2007. p. 11-14. (Documentos IAC, 79).
- CUBETA, M. A.; VILGALYS, R. Population biology of the *Rhizoctonia solani* complex. **Phytopathology**, St. Paul, v. 87, n. 4, p. 480-484, 1997.
- CUBETA, M. A.; VILGALYS, R. *Rhizoctonia*. In: LEDERBERG J. J. (Ed.). **Encyclopedia of microbiology**. San Diego: Academic Press, 2000. v. 4, p. 109-116.
- DOMSCH, K. W.; GAMS, W.; ANDERSON, T-H. **Compendium of soil fungi**. London: Academic Press, 1980. v. 1, 859 p.
- DUKE, S. O.; POWLES, S. B. Glyphosate: a once-in-a-century herbicide. **Pest Management Science**, v. 64, n. 3, p. 319-325, 2008.
- EL-KHADEM, M.; EL-KAZZAZ, M. K.; HASSAN, M. A. Influence of different pre-emergence herbicides on cotton diseases caused by *Rhizoctonia solani* and *Fusarium oxysporum* f.sp. *vasinfectum*. **Plant and Soil**, The Hague, v. 79, n. 1, p. 29-36, 1984.
- EL-KHADEM, M.; PAPAIVIZAS, G. C. Effect of the herbicides EPTC and linuron on cotton diseases caused by *Rhizoctonia solani* and *Fusarium oxysporum* f. sp. *vasinfectum*. **Plant Pathology**, London, v. 33, n. 4, p. 411-416, 1984.

- EL-KHADEM, M.; ZAHRAN, M.; EL-KAZZAZ, M. K. Effect of the herbicides trifluralin, dinitramine and fluometuron on *Rhizoctonia* disease in cotton. **Plant and Soil**, The Hague, v. 51, n. 4, p. 463-470, 1979.
- EMECHEBE, A. M.; LAGOKE, S. T. O. Recent advances in research on cowpea diseases. In: FATOKUN, C. A.; TARAWALI, S. A.; SINGH, B. B.; KORMAWA, P. M.; TAMÒ, M. (Eds.). **Challenges and opportunities for enhancing sustainable cowpea production**. Ibadan: IITA, 2002. 433 p.
- FLETCHER, W. W. Effect of organic herbicides on soil microorganisms. **Pest Technology**, London, v. 3, n. 4, p. 272-275, 1960.
- FLETCHER, W. W. The effect of herbicides on soil microorganisms. In: WOODFORD, E.K. (Ed.). **Herbicides and the soil**. Oxford: Blackwell Scientific, 1961. p. 60-62.
- FLIEßBACH, A.; WIDMER, F. Estimating soil microbial biomass. In: BLOEM, J.; HOPKINS, D. W.; BENEDETTI, A. (Eds.). **Microbiological methods for assessing soil quality**. Wallingford: CABI Publishing, 2006. p. 73-76.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. **FAOSTAT: Agricultural statistics database**. Rome: World Agricultural Information Centre, 2012. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>>. Acesso em: 11 jun. 2012.
- GARRET, S. D. **Pathogenic root- infecting fungi**. London: Cambridge University Press, 1970. 328 p.
- GILBERTSON, R. L.; RUPPE, E. G.; SCHWEIZER, E. E. Effects of herbicides on root rot of pinto bean, weeds, and two soilborne fungi. **Plant Disease**, St. Paul, v. 71, n. 6, p. 627-629, 1987.
- GODOY-LUTZ, G.; KUNINAGA, S.; STEADMAN, J. R.; POWERS, K. Phylogenetic analysis of *Rhizoctonia solani* subgroups associated with web blight symptoms on common bean based on ITS-5.8S rDNA. **Journal of General Plant Pathology**, Tokyo, v. 74, p. 32-40, 2008.
- GONZÁLEZ-GARCÍA, V. G.; ONCO, M. A. P.; SUSAN, V. B. Biology and systematics of the form genus *Rhizoctonia*. **Spanish Journal of Agricultural Research**, Madrid, v. 4, p. 55-79, 2006.
- GREAVES, M. P.; SARGENT, J. A. Herbicide-induced microbial invasion of plant roots. **Weed Science**, Madison, v. 34, n. 1, p. 50-53, 1986.
- HANEY, R. L.; SENSEMAN, S. A.; HONS, F. M.; ZUBERER, D. A. Effect of glyphosate on soil microbial activity and biomass. **Weed Science**, Madison, v. 48, n.1, p. 89-93, 2000.
- HARIKRISHNAN, R.; YANG, X. B. Effects of herbicides on root rot and damping-off caused by *Rhizoctonia solani* in glyphosate-tolerant soybean. **Plant Disease**, St. Paul, v. 86, n. 12, p. 1369-1373, 2002.
- HARIKRISHNAN, R.; YANG, X. B. Influence of herbicides on growth and sclerotia production in *Rhizoctonia solani*. **Weed Science**, Madison, v. 49, n. 2, p. 241-247, 2001.

- HEYDARI, A.; MISAGHI, I. J. The impact of herbicides on the incidence and development of *Rhizoctonia solani*-induced cotton seedling damping-off. **Plant Disease**, St. Paul, v. 82, n. 1, p. 110-113, 1998.
- HEYDARI, A.; MISAGHI, I. J. The role of rhizosphere bacteria in herbicide-mediated increase in *Rhizoctonia solani*-induced cotton seedling damping-off. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 257, n. 3, p. 391-396, 2003.
- HEYDARI, A.; MISAGHI, I. J.; MCCLOSKEY, W. B. Effects of three soil applied herbicides on populations of plant disease suppressing bacteria in the cotton rhizosphere. **Plant and Soil**, The Hague, v. 195, n. 1, p. 75-81, 1997.
- HYAKUMACHI, M.; UI, T. Non self anastomosing isolates of *Rhizoctonia solani* obtained from fields of sugar beet monoculture. **Transactions of the British Mycological Society**, London, v. 89, n. 1, p. 155-159, 1987.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **SIDRA**: sistema IBGE de recuperação automática. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2012. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br>>. Acesso em: 11 jun. 2012.
- JOHAL, G. S.; HUBER, D. M. Glyphosate effects on diseases of plants. **European Journal of Agronomy**, Amsterdam, v. 31, n. 1, p. 144-152, 2009.
- KATAN, J.; ESHEL, Y. Interactions between herbicides and plant pathogens. **Residue Reviews**, San Diego, v. 45, p. 145-177, 1973.
- KATARIA, H. R.; DODAN, D. S. Impact of two soil-applied herbicides on damping-off of cowpea caused by *Rhizoctonia solani*. **Plant and Soil**, he Hague, v. 73, n. 2, p. 275- 283, 1983.
- KORTEKAMP, A. Unexpected side effects of herbicides: modulation of plant-pathogen interactions In: KORTEKAMP, A. (Ed.). **Herbicides and environment**. Rijeka: InTech, 2011. p. 85-104.
- LARSON, R. L.; HILL, A. L.; FENWICK, A.; KNISS, A. R.; HANSON, L. E.; MILLER, S. D. Influence of glyphosate on *Rhizoctonia* and *Fusarium* root rot in sugar beet. **Pest Management Science**, London, v. 62, n. 11, p. 1182-1192, 2006.
- LEACH, L. D.; GARBER, R. H. Control of *Rhizoctonia*. In: PARMETER JR., J. R. (Ed.). ***Rhizoctonia solani*: biology and pathology**. Berkeley: The University of California Press, 1970. p. 189-199.
- LEACH, S. S.; MURDOCH, C. W.; GORDON, C. Response of selected soilborne fungi and bacteria to herbicides utilized in potato crop management systems in Maine. **American Potato Journal**, v. 68, n. 2, p. 269-278, 1991.
- LEE, H.; ULLRICH, S. E.; BURKE, I. C.; YENISHA, Y.; PAULITZ, T. C. Interactions between the root pathogen *Rhizoctonia solani* AG-8 and acetolactate synthase-inhibiting herbicides in barley. **Pest Management Science**, London, v. 68, n. 8, p. 845-852, 2012.
- LÉVESQUE, C. A.; RAHE, J. E. Herbicide interactions with fungal root pathogens, with special reference to glyphosate. **Annual Review of Phytopathology**, Palo Alto, v. 30, p. 579-602, 1992.

- LOTAN-POMPAN, M.; COHEN, R.; YARDEN, O.; PORTNOY, V.; BURGER, Y.; KATZIR, N. Trifluralin herbicide-induced resistance of melon to *Fusarium* wilt involves expression of stress- and defense-related genes. **Molecular Plant Pathology**, Oxford, v. 8, n. 1, p. 9-22, 2007.
- LÜBECK, M. Molecular characterization of *Rhizoctonia solani*. In: ARORA, D. K.; KHACHATOURIANS, G. G. (Eds.). **Applied mycology and biotechnology**. Amsterdam: Elsevier, 2004. p. 205-224.
- MACHADO, L. P. **Indução da supressividade à rizoctoniose do feijão-caupi pela rotação de culturas e adubação verde**. 2012. 111 f. Tese (Doutorado em Fitopatologia) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.
- MEKWATANAKARN, P.; SIVASITHAMPARAM, K. Effect of certain herbicides on soil microbial populations and their saprophytic growth in soil and pathogenicity of take-all fungus. **Biology and Fertility of Soils**, Berlin, v. 5, n. 2, p. 175-180, 1987.
- MERILES, J. M.; VARGAS GIL, S.; HARO, R. J.; MARCH, G. J.; GUZMÁN, C. A. Glyphosate and previous crop residue effect on deleterious and beneficial soil-borne fungi from a peanut–corn–soybean rotations. **Journal of Phytopathology**, Berlin, v. 154, n. 3, p. 309-316, 2006.
- MERILES; J. M.; VARGAS GIL, S.; HARO, R. J.; MARCH, G.J.; GUZMÁN, C. A. Selected soil-borne fungi under glyphosate application and crop residues from a long-term field experiment. **Biological Agriculture and Horticulture**, London, v. 26, n. 2, p. 193-205, 2008.
- MICHEREFF, S. J.; PERUCH, L. A.; ANDRADE, D. E. G. T. Importância dos patógenos e das doenças radiculares em solos tropicais. In: MICHEREFF, S. J.; ANDRADE, D. E. G. T.; MENEZES, M. (Eds.). **Ecologia e manejo de patógenos radiculares em solos tropicais**. Recife: Universidade Federal Rural de Pernambuco - Imprensa Universitária, 2005. p. 1-18.
- MONACO, T. J.; WELLER, S. C.; ASHTON, F. M. **Weed science: principles and practice**. 4. ed. New York: John Wiley & Sons, 2002. 671 p.
- MOORE, R.T. The genera of *Rhizoctonia*-like fungi: *Asorhizoctonia*, *Ceratorhiza* gen. nov., *Epulorhiza* gen. nov., *Moniliopsis* and *Rhizoctonia*. **Mycotaxon**, Bronx, v. 29, n. 1, p. 91-99, 1987.
- MORDUE, J. E. M. *Thanatephorus cucumeris*. Eghan: Commonwealth Mycological Institute, 1974. 2 p. (CMI Descriptions of Pathogenic Fungi and Bacteria, 406).
- MOUSTAFA-MAHMOUD, S. M.; SUMNER, D. R.; RAGAB, M. M.; RAGAB, M. M. Interactions of fungicides, herbicides and planting date with seedling diseases of cotton caused by *Rhizoctonia solani* AG-4. **Plant Disease**, St. Paul, v. 77, n. 1, p. 79-86, 1993.
- NEUBAUER, R.; AVIZOHAR-HERSHENSON, Z. Effect of the herbicide, trifluralin, on *Rhizoctonia* disease in cotton. **Phytopathology**, Beltsville, v. 63, n. 6, p. 651-652, 1973.

- NEUMANN, G.; KOHLS, S.; LANDSBERG, E.; SOUZA, S. O. K.; YAMADA, T. ; RÔMHELD, V. Relevance of glyphosate transfer to non-target plants via the rhizosphere. **Journal of Plant Diseases and Protection**, Stuttgart, v. 20, Special Issue, p. 963-969, 2006.
- OGOSHI, A. Ecology and pathogenicity of anastomosis and intraspecific groups of *Rhizoctonia solani* Kühn. **Annual Review of Phytopathology**, Palo Alto, v. 25, p, 125-143, 1987.
- OGOSHI, A. Grouping of *Rhizoctonia solani* Kühn and their perfect stages. **Review of Plant Protection Research**, Tokyo, v. 8, p. 93-103, 1975.
- OGOSHI, A. Introduction - the genus *Rhizoctonia*. In: SNEH, B.; JABAJI-HARE, S.; NEATE, S.; DIJST, G. (Eds.). ***Rhizoctonia* species: taxonomy, molecular biology, ecology, pathology and disease control**. Dordrecht: Kluwer, 1996. p. 1-9.
- OLIVEIRA JR., R. S. Mecanismos de ação de herbicidas. In: OLIVEIRA JR., R. S.; CONSTANTIN, J.; INOUE, M. H. (Eds.). **Biologia e manejo de plantas daninhas**. Curitiba: Omnipax, 2011. p. 141-191.
- OTTEN, W.; GILLIGAN, C. A. Effect of physical conditions on the spatial and temporal dynamics of the soil-borne fungal pathogen *Rhizoctonia solani*. **New Phytologist**, Cambridge, v. 138, n. 6, p. 629-637, 1998.
- PANKEY, J. H.; GRIFFIN, J. L.; COLYER, P. D.; SCHNEIDER, R. W.; MILLER, D. K. Preemergence herbicide and glyphosate effects on seedling diseases in glyphosate-resistant cotton. **Weed Technology**, Madison, v. 19, n. 2, p. 312-318, 2005.
- PAPAVIZAS, G. C.; ADAMS, P. B.; LUMSDEN, R. D.; LEWIS, J. A.; DOW, R. L.; AYERS, W. A.; KANTZES, J. G. Ecology and epidemiology of *Rhizoctonia solani* in field soil. **Phytopathology**, Lancaster, v. 65, n. 8, p. 871-877, 1975.
- PARMETER JR., J. R.; SHERWOOD, R. T.; PLATT, W. D. Anastomosis grouping among isolates of *Thanatephorus cucumeris*. **Phytopathology**, Lancaster, v. 59, n. 12, p. 1270-1278, 1969.
- PARMETER JR., J. R.; WHITNEY, H. S. Taxonomy and nomenclature of the imperfect state. In: PARMETER JR., J. R. (Ed.). ***Rhizoctonia solani*: biology and pathology**. Berkeley: University of California Press, 1970. p. 8-19.
- PASTOR-CORRALES, M. A.; ABAWI, G. S. Bean accessions with resistance to *Rhizoctonia solani* under field conditions in Colombia. **Turrialba**, San Jose, v. 38, n. 1, p. 83-86, 1988.
- PEREIRA, P. A. A.; DEL PELOSO, M. J.; COSTA, J. G. C.; FERREIRA, C. M.; YOKOYAMA, L. P. Produto feijão: perspectivas de produção, do consumo e do melhoramento genético. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISAS DO CAUPI, 5., 2001, Teresina. **Anais...** Teresina: Embrapa Meio Norte, 2001. p. 307-311. (Embrapa Meio-Norte. Documentos, 56).
- PERRINO, P.; G. LAGHETTI, P. L.; SPAGNOLETTI, Z.; MONTI, L. M. Diversification of cowpea in the Mediterranean and other centres of cultivation. **Genetic Resources and Crop Evolution**, Berlin, v. 40, n. 3, v. 121-132, 1993.
- PINKARD, J. A.; STANDIFER, L. C. An apparent interaction between cotton herbicidal injury and seedling blight. **Plant Disease Reporter**, Beltsville, v. 50, n. 2, p. 172-174, 1966.

- PIO-RIBEIRO, G.; ASSIS FILHO, F. M.; ANDRADE, G. P. Doenças do caupi (*Vigna unguiculata*). In: KIMATI, H.; AMORIM, L.; BERGAMIM FILHO, A.; CAMARGO, L.E.A.; REZENDE, J.A.M. (Org.). **Manual de Fitopatologia: doenças das plantas cultivadas**. 5. ed. São Paulo: Ceres, 2005. v. 2, p. 215-222.
- RIOS, G. P. **Principais doenças do caupi no Brasil**. Goiânia: EMBRAPA-CNPAP, 1990. 40 p.
- RODRIGUES, B. N.; ALMEIDA, F. S. **Guia de herbicidas**. 5. Ed. Londrina: Grafmarke, 2005. 591 p.
- RODRIGUEZ-KABANA, R.; CURL, E. A.; FUNDERBURK JR., H. H. Effect of four herbicides on growth of *Rhizoctonia solani*. **Phytopathology**, Lancaster, v. 56, n. 12, p. 1332-1333, 1966.
- RODRIGUEZ-KABANA, R.; CURL, E.A. Nontarget effects of pesticides on soilborne pathogens and disease. **Annual Review of Phytopathology**, Palo Alto, v. 18, p. 311-332, 1980.
- ROVIRA, A. D., MCDONALD, H. J. Effects of the herbicide chlorsulfuron on *Rhizoctonia* bare patch and take-all of barley and wheat. **Plant Disease**, St. Paul, v. 70, n. 8, p. 879-882, 1986.
- RUPPEL, E. G.; HECKER, R. J.; SCHWEIZER, E. E. *Rhizoctonia* root rot of sugarbeet unaffected by herbicides. **Journal of the American Society of Sugar Beet Technologist**, v. 21, n. 3, p. 203-209, 1982.
- SANYAL, D.; SHRESTHA, A. Direct effect of herbicides on plant pathogens and disease development in various cropping systems. **Weed Science**, Madison, v. 56, n. 1, p. 155-160, 2008.
- SCHWARTZ, H. F.; STEADMAN, J. R.; HALL, R.; FORSTER, R. L. (Eds.). **Compendium of bean diseases**. 2. ed. St. Paul: APS Press, 2005. 120 p.
- SHARON, M., KUNINAGA, S.; HYAKUMACHI, M.; NAITO, S.; SNEH, B. Classification of *Rhizoctonia* spp. using rDNA-ITS sequence analysis supports the genetic basis of the classical anastomosis grouping. **Mycoscience**, Tokyo, v. 49, n. 1, p. 93-114, 2008.
- SHARON, M.; KUNINAGA, S.; HYAKUMACHI, M.; SNEH, B. The advancing identification and classification of *Rhizoctonia* spp. using molecular and biotechnological methods compared with the classical anastomosis grouping. **Mycoscience**, Tokyo, v.47, n. 3, p. 299-316, 2006.
- SILVA, K. J. D. Estatística da produção de feijão-caupi. 2011, **Cultivar**. Disponível em: <<http://www.grupocultivar.com.br/site/content/artigos/artigos.php?id=880>>. Acesso em 07 julho 2012.
- SINGH, B. B.; EHLERS, J. D.; SHARMA, B.; FREIRE FILHO, F. R. Recent progress in cowpea breeding. In: FATOKUN, C. A.; TARAWALI, S.A.; SINGH, B.B.; KORMAWA, P.M.; TAMÔ, M. (Eds.). **Challenges and opportunities for enhancing sustainable cowpea production**. Ibadan: IITA, 2002. p. 22-40.
- SINGH, S. R.; ALLEN, D. J. **Parasitos y enfermedades del caupi**. Ibadan: IITA, 1979. 113 p.

SIQUEIRA, J. O.; FRANCO, A. A. **Biotecnologia do solo: fundamentos e perspectivas**. Lavras: ESAL-FAEPE, 1988. 236 p.

SMILEY, R. W.; OGG, A. G.; COOK, R. J. Influence of glyphosate on *Rhizoctonia* root rot, growth and yield of barley. **Plant Disease**, St. Paul, v. 76, n. 9, p. 937-942, 1992.

SMILEY, R. W.; WILKINS, D. E. Impact of sulfonylurea herbicides on *Rhizoctonia* root rot, growth, and yield of winter wheat. **Plant Disease**, St. Paul, v. 76, n. 3, p. 399-404, 1992.

SMITH, N. R.; DAWSON, V. T.; WENZEL, M. E. The effect of certain herbicides on soil microorganisms. **Soil Science Society of America Proceedings**, Madison, v. 10, n. 1, p. 197-201, 1945.

SNEH, B.; BURPEE, L.; OGOSHI, A. **Identification of *Rhizoctonia* species**. St. Paul: APS Press, 1991, 133 p.

SUMNER, D. R.; DOWLER, C.C. Herbicide, planting date, and root disease interactions in corn. **Plant Disease**, St. Paul, v. 67, n. 5, p. 513-517, 1983.

TENÓRIO, D. A. **Diversidade genética e patogênica de *Rhizoctonia solani* do feijoeiro no Agreste Meridional de Pernambuco**. 2011. 43 f. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.

TORSVIK, V.; SØRHEIM, R.; GOKSØYR, J. Total bacterial diversity in soil and sediment communities - a review. **Journal of Industrial Microbiology**, London, v. 17, n. 1, p. 170-178, 1996.

TOSTI, N.; NEGRI, V. Efficiency of three PCR-based markers in assessing genetic variation among cowpea (*Vigna unguiculata* subsp. *unguiculata*) landraces. **Genome**, Ottawa, v. 45, n. 2, p. 268-275, 2002.

TÓTOLA, M. R.; CHAER, G. M. Microrganismos e processos microbiológicos como indicadores da qualidade dos solos. **Tópicos em Ciência do Solo**, Viçosa, n. 2, p. 195-276, 2002.

VILGALYS, R.; CUBETA, M. A. Molecular systematics and population biology of *Rhizoctonia*. **Annual Review Phytopathology**, v.32, p.135-55, 1994.

WARDLE, D.A.; PARKINSON, D. Effects of three herbicides on soil microbial biomass and activity. **Plant and Soil**, The Hague, v. 122, n. 1, p. 21-28, 1990.

WEINHOLD, A. R.; DODMAN, R. L.; BOWMAN, T. Influence of exogenous nutrition on virulence of *Rhizoctonia solani*. **Phytopathology**, Lancaster, v. 62, n. 2, p. 278-281, 1972.

WRONA, A. F.; VANDERMOLEN, G. E.; DEVAY, J. E. Trifluralin induced changes in hypocotyls of *Phaseolus vulgaris* in relation to lesion development caused by *Rhizoctonia solani* Kuhn. **Physiological Plant Pathology**, London, v. 15, n. 1, p. 99-106, 1981.

YANG, G.; LI, C. General description of *Rhizoctonia* species complex. In: CUMAGUN, C. J. R. (Ed.). **Plan pathology**. Rijeka: Intech, 2012. p. 41-52.

YULIANTI, T.; SIVASITHAMPARAM, K.; TURNER D. W. Saprophytic and pathogenic behavior of *R. solani* AG2-1(ZG-5) in a soil amended with *Diplotaxis tenuifolia* or *Brassica nigra* manures and incubated at different temperatures and soil water content. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 294, n. 2, p.277-289, 2007.

ZIMDAHL, R. L. **Fundamentals of weed science**. 3. ed. San Diego: Academic Press, 2007. 357 p.

## Capítulo II

---

---

### **Influência da utilização de herbicidas sobre *Rhizoctonia* spp. e nas populações e atividade microbiana em solos do Agreste de Pernambuco**

Submissão: **Acta Scientiarum.Agronomy**

Maringá, PR, Brasil

Qualis CAPES = A2

## **Influência da utilização de herbicidas sobre *Rhizoctonia* spp. e nas populações e atividade microbiana em solos do Agreste de Pernambuco**

**Ana Paula Oliveira de Barros<sup>1</sup>, Eliane Mayumi Inokuti<sup>1</sup>, Litervaldo Pereira Machado<sup>1</sup>, Érika Valente de Medeiros<sup>2</sup>, e Sami Jorge Michereff<sup>1\*</sup>**

<sup>1</sup>*Departamento de Agronomia, Universidade Federal Rural de Pernambuco, 52171-900 Recife, Pernambuco, Brasil.* <sup>2</sup>*Unidade Acadêmica de Garanhuns, Universidade Federal Rural de Pernambuco, 55292-270 Garanhuns, Pernambuco, Brasil.* \*Autor para correspondência. E-mail: sami@depa.ufrpe.br

**RESUMO.** A mesorregião do Agreste Meridional do estado de Pernambuco é uma importante produtora de feijão-caupi e feijão-comum no Brasil. Nos últimos anos tem sido registrado um aumento substancial na utilização de herbicidas e na incidência da rizoctoniose nessas culturas. Os objetivos desse estudo foram avaliar a influência da utilização de herbicidas nas atividades saprofítica e patogênica de *Rhizoctonia* spp. em solos do Agreste Meridional, e determinar o impacto da utilização de herbicidas nas populações e na atividade microbiana nos solos. Foram efetuadas coletas de amostras de solo em áreas destinadas ao cultivo das leguminosas, sendo 15 áreas sem e 15 áreas com histórico de utilização de herbicidas. Nas amostras foram estimadas a atividade saprofítica e a atividade patogênica de *Rhizoctonia*, as densidades populacionais de microrganismos e a respiração basal da comunidade microbiana. As áreas submetidas à aplicação de herbicidas apresentaram níveis de atividade saprofítica e atividade patogênica significativamente ( $P \leq 0,05$ ) superiores aos das áreas sem a aplicação de herbicidas. Apenas 26,7% das áreas sem utilização de herbicidas apresentaram atividade saprofítica superior a 80%, enquanto nas áreas com aplicação de herbicidas a atividade saprofítica variou de 96,9% a 100%. Na maioria (66,7%) das áreas sem herbicidas a atividade patogênica foi  $\leq 10\%$ , enquanto nas áreas com herbicidas a maioria (53,5%) apresentou atividade patogênica superior a 30%. Não foram detectadas populações de *Trichoderma* nas áreas com herbicidas, enquanto nas sem herbicidas atingiu a densidade média de  $1,4 \times 10^4$  UFC  $g^{-1}$  solo. As densidades populacionais de fungos cultiváveis totais e actinomicetos também foram inferiores em solos com herbicidas, enquanto as populações de bactérias cultiváveis totais, *Pseudomonas* do grupo fluorescente, bactérias formadoras de endósporo, bactérias oligotróficas e bactérias copiotróficas não foram afetadas negativamente

pela utilização de herbicidas. Não houve diferença significativa ( $P>0,05$ ) entre as áreas sem e com a aplicação de herbicidas quanto à respiração basal da comunidade microbiana.

**Palavras-chave:** *Vigna unguiculata*, *Phaseolus vulgaris*, *Rhizoctonia*, patógeno radicular, ecologia no solo.

**ABSTRACT. Influence of herbicides use on *Rhizoctonia* spp. and on microbial populations and activity in soils of Agreste region of Pernambuco.** The Agreste Meridional region of the State of Pernambuco is an important producer of cowpea and common bean in Brazil. In recent years has been recorded a substantial increase in the use of herbicides and incidence of *Rhizoctonia* canker in these crops. The objectives of this study were to evaluate the influence of herbicides use on saprophytic and pathogenic activities of *Rhizoctonia* spp. in soils of Agreste Meridional region, and determine the impact of herbicides use on populations and microbial activity in soils. Soil samples were collected in areas destined to the cultivation of these legumes, 15 areas with and 15 areas without history of herbicides use. In the samples were estimated saprophytic and pathogenic activity of *Rhizoctonia*, population densities of microorganisms and microbial community respiration. The areas subjected to herbicide application presented levels of the activity saprophytic and pathogenic activities significantly ( $P\leq 0.05$ ) higher than areas without herbicides. Only 26.7% of the area without herbicide application presented saprophytic activity greater than 80%, while in the areas with herbicides the saprophytic activity ranged from 96.9% to 100%. In most (66.7%) areas without herbicides the pathogenic activity was  $\leq 10\%$ , while in most areas with herbicides (53.5%) showed pathogenic activity exceeding 30%. *Trichoderma* populations were not detected in the areas with herbicides, while in areas without herbicide reached the mean density of  $1.4 \times 10^4$  CFU  $g^{-1}$  soil. The densities of total culturable fungi and actinomycetes were also lower in soils treated with herbicides, while the populations of total culturable bacteria, fluorescent *Pseudomonas*, endospore-forming bacteria, oligotrophic bacteria and copiotrophic bacteria were not adversely affected by the use of herbicides. There was no significant difference ( $P>0.05$ ) between areas with and without the application of herbicides on the respiration of the microbial community.

**Keywords:** *Vigna unguiculata*, *Phaseolus vulgaris*, *Rhizoctonia*, root pathogen, soil ecology.

## Introdução

A mesorregião do Agreste Meridional do estado de Pernambuco se destaca como importante produtora de feijão-caupi [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.] e feijão-comum (*Phaseolus vulgaris* L.) no Brasil. Nessa região, são cultivados cerca de 12.000 ha de feijão-caupi e 15.000 ha de feijão-comum, sendo o primeiro cultivado predominantemente na estação seca (setembro-dezembro), em sucessão ao cultivo de feijão-comum, cultivado na estação úmida (abril-julho). Apesar do potencial produtivo da região, as produtividades dessas leguminosas são muito baixas em decorrência de diversos fatores, com destaque para a ocorrência de doenças (MACHADO, 2012). A rizoctoniose, causada pelo fungo *Rhizoctonia solani* Kühn, é uma das doenças mais frequentes e de maior intensidade em nível mundial nos cultivos de feijão-caupi (ATHAYDE SOBRINHO et al., 2005; SINGH; ALLEN, 1979) e feijão-comum (CARDOSO, 1994; SCHWARTZ et al., 2005). Essa doença é extremamente importante no Agreste Meridional de Pernambuco, tendo em vista o plantio sucessivo de feijão-caupi e feijão-comum, sendo ambas altamente suscetíveis a *R. solani* (MACHADO, 2012; TENÓRIO, 2011).

Os danos causados por *R. solani* nessas leguminosas ocorrem, principalmente, até três semanas após o plantio, e os sintomas característicos da doença são podridões de sementes e raízes, cancrs no hipocótilo e tombamento de plântulas em pré e pós-emergência (ATHAYDE SOBRINHO et al., 2005; SCHWARTZ et al., 2005). Perdas quase totais em cultivos de feijão-comum foram observadas na Colômbia, no Peru e em Nova Iorque (EUA) (PASTOR-CORRALES; ABAWI, 1988). No Brasil, perdas de até 60% da produção devido à ocorrência de rizoctoniose foram registradas em feijão-caupi (CARDOSO et al., 1991) e feijão-comum (CARDOSO, 1990).

Nos últimos anos vem ocorrendo um aumento substancial na utilização de herbicidas para o controle de plantas invasoras nas áreas de produção de feijão-caupi e feijão-comum do Agreste Meridional de Pernambuco, devido à baixa disponibilidade e elevado custo da mão-de-obra humana. No entanto, um aumento na incidência da rizoctoniose também vem sendo observado.

O efeito dos herbicidas pode se estender além das espécies-alvo e influenciar organismos não-alvo, principalmente habitantes do solo, alterando a intensidade de doenças radiculares (RODRIGUEZ-KABANA; CURL, 1980). Quatro fatores podem alterar a intensidade das doenças radiculares como resultado direto da influência de herbicidas: (a) crescimento do patógeno, (b) virulência do patógeno, (d) suscetibilidade do hospedeiro e/ou (d) mudanças na

relação entre patógenos e outros organismos no solo (KATAN; ESHEL, 1973). Vários estudos têm sido realizados sobre a interação entre herbicidas e rizoctoniose, com uma vasta gama de conclusões, incluindo efeitos no aumento, redução ou nenhuma influência significativa na incidência e/ou severidade da doença, dependendo do herbicida e da espécie de planta cultivada, dentre outros fatores (ALTMAN; CAMPBELL, 1977; ROVIRA; MCDONALD, 1986; SANYAL; SHRESTHA, 2008).

Os estudos envolvendo a interação entre herbicidas e rizoctoniose nas culturas de feijão-caupi e feijão-comum são escassos. Em estudo com feijão-caupi, as plântulas foram mais suscetíveis a *R. solani* em solos tratados com os herbicidas alachlor e fluchloralin, que segundo Kataria e Dodan (1983) pode ter sido devido ao estresse exercido pelo herbicida sobre a planta hospedeira, levando a maior predisposição à infecção. Nos estudos com feijão-comum os resultados foram variáveis, pois num caso houve aumento da severidade da rizoctoniose quando o solo foi tratado com trifluralina (WRONA et al., 1981), enquanto no outro caso esse herbicida não influenciou na severidade da doença (GILBERTSON et al., 1987).

Os microrganismos não-patogênicos habitantes do solo podem ser afetados pela aplicação de herbicidas, mas o efeito é variável, pois alguns são altamente sensíveis, outros insensíveis e outros podem prosperar na presença de herbicidas. O efeito dos herbicidas pode resultar em aumento ou decréscimo da incidência de doenças de plantas, respectivamente pela supressão ou promoção da atividade de microrganismos benéficos no solo (ALTMAN; ROVIRA, 1989; HEYDARI; MISAGHI, 2003; MERILES et al., 2006, 2008; LEVÉSQUE; RAHE, 1992).

Os objetivos desse estudo foram (a) avaliar a influência da utilização de herbicidas nas atividades saprofítica e patogênica de *Rhizoctonia* em solos do Agreste Meridional de Pernambuco, e (b) determinar o impacto da utilização de herbicidas nas populações e na atividade microbiana nos solos.

## **Materiais e métodos**

### **Amostras de solo**

Amostras de solo foram coletadas em 30 áreas destinados ao cultivo de feijão-comum e feijão-caupi no município de São João, Agreste Meridional de Pernambuco, sendo 15 áreas sem (SH) e 15 áreas com (CH) histórico de utilização de herbicidas. As coletas foram realizadas de setembro a novembro de 2011, com temperatura do ar de  $20,6 \pm 6,9$  °C, umidade

relativa de 74,7±13,6% e precipitação total de 146,8 mm no período. Na seleção das áreas para coleta de solo, foram escolhidas áreas submetidas à aplicação de herbicidas próximas às áreas sem histórico de aplicação de herbicidas, visando manter semelhanças em termos de características físicas e químicas do solo. Foram obtidas informações adicionais de cada área sobre os herbicidas utilizados e cultivos realizados, sendo que todas as áreas tinham histórico de cultivo com as leguminosas nos últimos cinco anos. Em cada área foi delimitada uma sub-área de aproximadamente 0,5 ha e utilizando o caminhamento em “W” foram coletadas 20 amostras (cinco amostras por linha) de 2 kg de solo a uma profundidade de 0-15 cm, totalizando 40 kg de solo por área. As amostras foram acondicionadas individualmente em sacos plásticos, armazenadas à 25 °C e processadas no máximo em duas semanas. As principais características dos solos são mostradas na Tabela 1.

**Tabela 1.** Características dos solos do estado de Pernambuco utilizados no estudo.

Código <sup>a</sup>	Herbicida <sup>b</sup> (i.a.)	Características do solo <sup>c</sup>						
		Areia (%)	Silte (%)	Argila (%)	pH	Matéria orgânica (g kg <sup>-1</sup> )	P (mg dm <sup>-3</sup> )	Ca+Mg (cmol <sup>c</sup> dm <sup>-3</sup> )
SH-01	sa	87	5	8	6,6	12,5	9,7	3,3
SH-02	sa	88	6	6	6,0	17,1	14,3	2,2
SH-03	sa	91	5	4	6,4	13,8	45,8	2,5
SH-04	sa	88	8	4	6,3	12,7	5,8	2,7
SH-05	sa	85	7	8	6,8	11,8	6,8	3,1
SH-06	sa	88	6	6	6,4	15,0	21,1	2,9
SH-07	sa	75	19	6	6,8	13,9	6,4	3,2
SH-08	sa	84	10	6	6,9	11,8	36,0	3,8
SH-09	sa	92	2	6	6,1	10,2	28,2	2,4
SH-10	sa	89	5	6	6,1	12,8	23,7	2,8
SH-11	sa	94	4	2	7,3	13,8	101,5	2,5
SH-12	sa	95	3	2	7,6	14,1	61,9	2,8
SH-13	sa	92	6	2	6,7	18,3	64,5	2,6
SH-14	sa	96	0	4	7,7	14,5	46,4	2,6
SH-15	sa	94	4	2	6,9	14,1	13,6	2,8
CH-01	Fb, Gl, Tr	86	12	2	5,7	19,3	32,54	4,2
CH-02	Fo, Gl, Tr	89	9	2	7,5	16,7	359,9	3,8
CH-03	Di, Ff, Gl	92	2	6	6,0	12,4	26,9	2,1
CH-04	Ff, Gl, Td	92	2	6	5,1	11,9	24,6	2,2
CH-05	Gl, Td, Tr	93	5	2	6,6	14,7	15,9	2,1
CH-06	Ff, Gl, Tr	89	9	2	5,2	15,6	29,2	3,2
CH-07	Ff, Gl, Td	90	4	6	5,7	24,2	13,0	3,2
CH-08	Fb, Fo, Tr	95	0	5	4,7	18,3	5,4	2,2
CH-09	Ff, Gl, Tr	92	4	4	7,2	18,0	233,1	3,9
CH-10	Gl, Td, Tr	95	1	4	6,6	19,4	52,5	2,9
CH-11	Td, Fo, Tr	93	3	4	7,5	13,8	175,5	3,6
CH-12	Ff, TR, Gl	94	4	2	7,4	9,5	221,5	3,3
CH-13	Fb, Fo, Gl	91	5	4	6,7	15,6	141,2	3,2
CH-14	Fo, Td, Tr	91	5	4	7,0	17,7	212,6	3,4
CH-15	Fo, Gl, Td	93	3	4	7,0	22,0	161,5	4,7

<sup>a</sup> SH = sem herbicida; CH = com herbicida.

<sup>b</sup> Ingredientes ativos utilizados nas áreas: sa= sem aplicação; Di = diuron; Fb = fluazifope-p-butílico; Fo = fomesafen; Ff = fluazifope-p-butílico + fomesafen; Gl = glifosato; Td = trisulfuron + dicamba; Tr = trifluralina.

<sup>c</sup> Analisadas conforme EMBRAPA (1997).

### **Atividade saprofítica de *Rhizoctonia***

A atividade saprofítica de *Rhizoctonia* nas amostras de solo foi estimada com a utilização de iscas constituídas de segmentos de palito de dente de madeira, conforme metodologia adaptada de Paulitz e Schroeder (2005). Segmentos de palito de dente com 1 cm de comprimento foram autoclavados (120 °C, 1 atm, 30 min) e depois imersos em uma suspensão de tetraciclina (250 ppm) por 2 min. Após secagem por 30 min em câmara asséptica, 16 segmentos foram semeados em cada recipiente plástico do tipo gerbox (13x13x4 cm) contendo 250 g de cada amostra de solo, previamente peneirado em uma malha de 5 mm e umedecido com 50 mL de água destilada esterilizada. Foram utilizadas 10 repetições (gerbox) por amostra de solo. Após 48 h de incubação a 27 °C no escuro, os segmentos de palito de dente foram recuperados pela passagem do solo em peneira com malha de 1,7 mm, lavados em água corrente, desinfestados em solução de NaClO a 1,5% por 1 min e lavados em água destilada esterilizada. Após secagem por 30 min em papel de filtro esterilizado, oito unidades de iscas foram transferidas para cada placa de Petri contendo o meio de Ko e Hora (KH) (KO; HORA, 1971), modificado pela retirada do fungicida fenaminosulf (Dexon) e inclusão de 1 ppm do fungicida benomil (Benlate). Decorridas 24 h de incubação a 27 °C no escuro, foi analisada a presença de colônias de *Rhizoctonia* crescendo no meio de cultura a partir das iscas, com auxílio de microscópio estereoscópico. No caso de dúvida, foram efetuadas preparações microscópicas em lâminas de vidro, coradas com Safranina-O e cobertos com lamínula de vidro, sendo visualizadas em microscópio ótico com aumento de 200x e 400x, para observação das características utilizadas na identificação de *Rhizoctonia* (SNEH et al., 1991). Os resultados foram expressos como porcentagem de iscas colonizadas por *Rhizoctonia*, indicadora da atividade saprofítica no solo.

### **Atividade patogênica de *Rhizoctonia***

As amostras dos solos foram analisadas quanto à atividade patogênica de *Rhizoctonia* pelo método do bioensaio com plantas indicadoras. Sementes de feijão-caupi (cv. IPA-206) foram desinfestadas em solução de NaClO a 1,5% por 2 min e lavadas em água destilada esterilizada. Após secagem por 30 min em câmara asséptica, as sementes foram plantadas em bandejas plásticas (30x25x4 cm) contendo 2 kg de cada amostra de solo. Em cada bandeja

foram plantadas 20 sementes, sendo utilizadas 10 repetições (bandejas) por amostra de solo. As bandejas foram mantidas em casa de vegetação com temperatura de  $29\pm 3,5$  °C e umidade relativa de  $78\pm 7,1\%$ . A severidade da rizoctoniose nas plantas de feijão-caupi foi avaliada aos 12 dias após o plantio, com o auxílio de escala de notas variando de 0 a 4 (NORONHA et al. 1995), onde: 0 = sem sintomas; 1 = hipocótilo com pequenas lesões; 2 = hipocótilo com grandes lesões, sem constrição; 3 = hipocótilo totalmente constricto, mostrando tombamento; e 4 = sementes não germinadas e/ou plântulas não emergidas. Com os dados da avaliação foi calculado o índice de severidade da rizoctoniose (SVR) em cada bandeja, pela expressão:  $SVR = [\Sigma(\text{grau da escala} \times \text{frequência}) / (\text{número total de unidades} \times \text{grau máximo da escala})] \times 100$  (MCKINNEY, 1923).

### **Populações microbianas**

As amostras dos solos foram analisadas quanto às densidades populacionais microbianas estimadas por diluição em série e plaqueamento em meios de cultura. De cada amostra, foram retiradas 10 sub-amostras de 100 g. Estas sub-amostras foram agrupadas constituindo uma alíquota de 1 kg de solo, que após peneiramento em malha de 4,8 mm, foram utilizadas nas análises. De cada amostra foi retirada uma alíquota de 10 g e adicionada a 90 mL de água destilada esterilizada. Após a homogeneização em mesa agitadora a 200 rpm por 30 min, foram efetuadas diluições em série e as suspensões de  $10^{-2}$  e  $10^{-3}$  distribuídas em diferentes meios de cultura: batata-dextrose-ágar (BDA) (TUIITE, 1969) com 250 ppm de tetraciclina para fungos cultiváveis totais; KH para *Rhizoctonia*; meio seletivo para *Trichoderma* (TSM) (ELAD; CHET, 1983); ágar nutritivo-dextrose-extrato de levedura (NYDA) (TUIITE, 1969) para bactérias cultiváveis totais; meio para bactérias oligotróficas (MBO) e copiotróficas (MBC) (SEMENOV et al., 1999); B de King (KMB) para *Pseudomonas* do grupo fluorescente (KING et al. 1954); meio de amido-caseína-ágar modificado (ACAM) para actinomicetos (VARGAS GIL et al., 2009); ágar nutritivo (AN) (TUIITE, 1969) para bactérias formadoras de endósporo, sendo que neste caso, antes do plaqueamento as diluições foram submetidas à banho-maria de 80 °C por 20 min (SNEATH, 1986). As placas foram incubadas a 25 °C no escuro. As populações bacterianas foram avaliadas após 48 h de incubação, enquanto as fúngicas após cinco dias de incubação. Para actinomicetos, as populações foram avaliadas aos 10 e 20 dias de incubação. Cada população resultou do número médio de

colônias em três placas, sendo expressas em unidades formadoras de colônias por grama de solo (UFC g<sup>-1</sup> solo).

### **Respiração basal da comunidade microbiana**

A respiração basal da comunidade microbiana nas amostras de solo foi determinada pela quantificação do dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) liberado no processo de respiração microbiana (evolução de CO<sub>2</sub>) pelo método de adsorção alcalina, adaptado de Curl; Rodriguez-Kabana (1972) e Stotzky (1965). A umidade do solo nas amostras foi ajustada para 60% da capacidade de campo. De cada amostra de solo foram retiradas alíquotas de 50 g e colocadas em recipientes hermeticamente fechados, onde o CO<sub>2</sub> produzido foi capturado por solução de NaOH 0,5 mol L<sup>-1</sup>. Após 48 h de incubação, o CO<sub>2</sub> foi quantificado por titulação com HCl 0,25 mol L<sup>-1</sup>, precedida pela adição de solução de cloreto de bário (BaCl<sub>2</sub> 0,05 mol L<sup>-1</sup>) à solução de NaOH, e fenoftaleína diluída em 100 mL de álcool etílico (95%, v/v) como indicador de pH. As determinações foram efetuadas em triplicata e a respiração basal foi expressa em mg de CO<sub>2</sub> evoluído por kg de solo (mg CO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup> solo).

### **Análises dos dados**

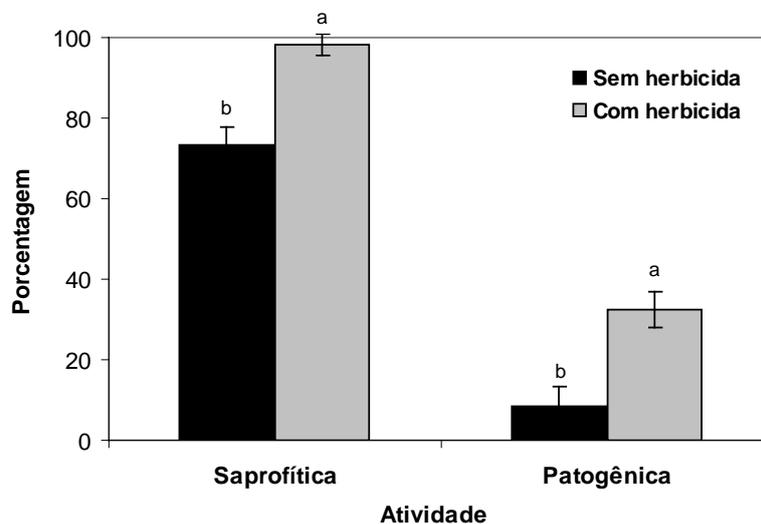
Todas as análises foram realizadas considerando dois grupos distintos de áreas: sem e com a aplicação de herbicidas. A média obtida em cada área foi utilizada como repetição dentro de cada grupo, ou seja, cada grupo foi constituído de 15 repetições. Foi confeccionado um histograma de frequência de áreas com diferentes intervalos de atividade saprofítica e atividade patogênica. Em seguida, foram efetuadas comparações entre áreas sem e com a utilização de herbicidas quanto aos níveis de atividade saprofítica e patogênica, densidades populacionais de microrganismos e respiração basal, pelo teste T para amostras independentes, ao nível de 5% de probabilidade. As análises estatísticas foram realizadas com o programa STATISTIX v. 9.0 (Analytical Software, Tallahassee, FL, USA).

### **Resultados**

Os ingredientes ativos dos herbicidas utilizados nas áreas destinadas ao cultivo de feijão-caupi e feijão-comum no Agreste Meridional de Pernambuco incluíam produtos com ação

pré-emergente (trifluralina), pós-emergente (fomesafen, fluazifope-p-butílico, fluazifope-p-butílico + fomesafen, trisulfuron + dicamba e glifosato) e com os dois tipos de ação (diuron). Os mais utilizados foram glifosato e trifluralina, em 80% e 60% das áreas respectivamente, enquanto diuron foi utilizado em apenas uma área (Tabela 1).

As áreas submetidas à aplicação de herbicidas apresentaram níveis de atividade saprofítica e patogênica significativamente ( $P \leq 0,05$ ) superiores aos registrados nas áreas sem a aplicação de herbicidas (Figura 1).

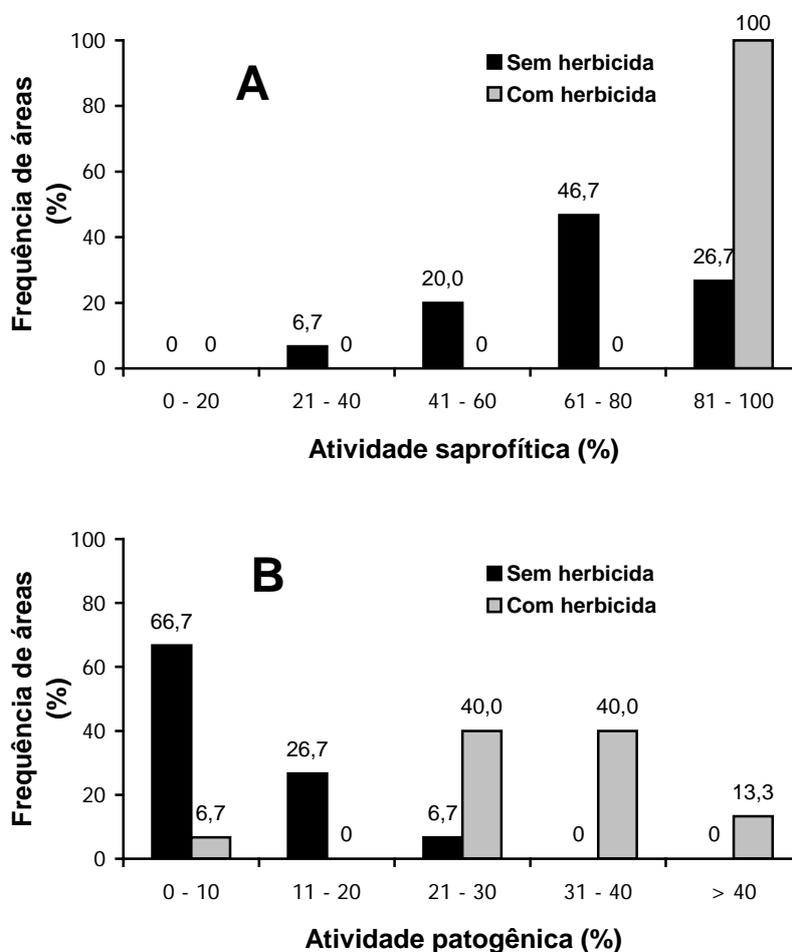


**Figura 1.** Atividade saprofítica e atividade patogênica de *Rhizoctonia* spp. em solos sem e com a aplicação de herbicidas. Cada coluna indica a média de 15 áreas e as barras os desvios padrões. Colunas com letras diferentes dentro de cada tipo de atividade diferem significativamente entre si pelo teste T ( $P \leq 0,05$ ).

Todas as áreas avaliadas estavam infestadas por *Rhizoctonia* spp., sendo observadas variações quantos aos níveis de infestação, representada pela atividade saprofítica. A atividade saprofítica constatada nas áreas sem a aplicação de herbicidas variou de 36,9% a 100%, com média de 73,3%. Em 20% dessas áreas a atividade saprofítica variou de 41-60% e em 46,7% das áreas de 61-80%. Apenas 26,7% das áreas sem aplicação de herbicidas apresentaram atividade saprofítica superior a 80%. Por outro lado, nas áreas submetidas à aplicação de herbicidas a atividade saprofítica variou de 96,9% a 100%, com média de 98,9% (Figura 2A).

Nas áreas sem a aplicação de herbicidas a atividade patogênica variou de 0,8 % a 23,4%, com média de 8,3%. Na maioria (66,7%) dessas áreas a atividade patogênica foi  $\leq 10\%$  e

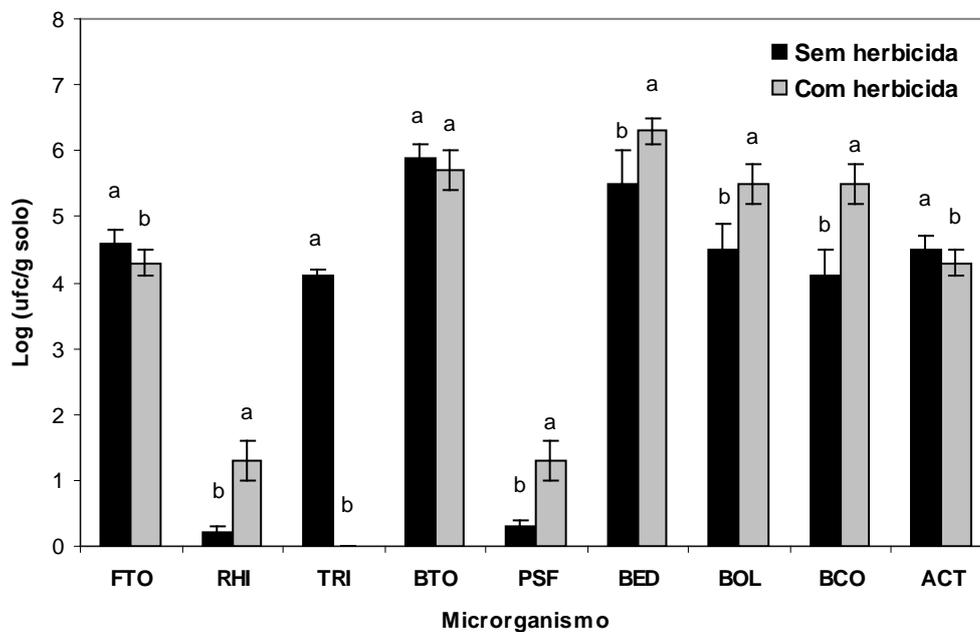
apenas 6,7% das áreas apresentaram níveis variando de 21-30%. Nas áreas submetidas à aplicação de herbicidas, a atividade patogênica variou de 8,4% a 54,2%, com média de 32,5%. A maioria das áreas (53,3%) apresentou atividade patogênica superior a 30%, enquanto apenas 6,7% das áreas apresentaram níveis  $\leq 10\%$  (Figura 2B).



**Figura 2.** Frequência de áreas com diferentes intervalos de atividade saprofítica (A) e atividade patogênica (B) de *Rhizoctonia* spp. em solos sem (n=15) e com (n=15) a aplicação de herbicidas.

Quando as populações microbianas foram estimadas nas amostras de solo, somente para bactérias cultiváveis totais não houve diferença significativa ( $P > 0,05$ ) entre as áreas sem e com aplicação de herbicidas (Figura 3). Nas áreas sem aplicação de herbicidas foram constatadas densidades populacionais significativamente ( $P \leq 0,05$ ) superiores em relação a fungos cultiváveis totais, *Trichoderma* e actinomicetos, enquanto nas áreas com aplicação de herbicidas foram registradas maiores densidades populacionais de *Rhizoctonia*, *Pseudomonas* do grupo fluorescente, bactérias formadoras de endósporo, bactérias oligotróficas e bactérias

copiotróficas. Nas áreas com a aplicação de herbicidas não foram constatadas populações de *Trichoderma*, enquanto nas áreas sem herbicidas esse fungo atingiu a densidade média de  $1,4 \times 10^4$  UFC  $g^{-1}$  solo (Figura 3).



**Figura 3.** Densidades populacionais de microrganismos (FTO = fungos cultiváveis totais, RHI = *Rhizoctonia*, TRI = *Trichoderma*, BTO = bactérias cultiváveis totais, PSF = *Pseudomonas* do grupo fluorescente, BED = bactérias formadoras de endósporo, BOL = bactérias oligotróficas, BCO = bactérias copiotróficas, ACT = actinomicetos) em solos sem e com a aplicação de herbicidas. Cada coluna indica a média de 15 áreas e as barras os desvios padrões. Colunas com letras diferentes dentro de cada microrganismo diferem significativamente entre si pelo teste T ( $P \leq 0,05$ ).

Não foram constatadas diferenças significativas ( $P > 0,05$ ) entre as áreas sem e com a aplicação de herbicidas quanto à respiração basal da comunidade microbiana, com valores de  $CO_2$  evoluído de 5,1 e 4,0  $mg CO_2 kg^{-1}$  solo, respectivamente.

## Discussão

Nesse estudo foi investigada a influência de herbicidas aplicados em campos de produção de feijão-caupi e feijão-comum na atividade saprofítica e patogênica de *Rhizoctonia* spp. e nas populações e atividade microbiana no solo. A maior atividade saprofítica de *Rhizoctonia* spp. nas áreas submetidas à aplicação de herbicidas pode ser decorrente da habilidade deste fungo

para persistir saprofiticamente sobre resíduos de plantas mortas pelos herbicidas, como constatado em sistemas de cultivo mínimo de cereais (PAULITZ, 2006). Além disso, não pode ser descartada a hipótese da redução dos competidores no solo devido ao possível efeito adverso dos herbicidas sobre a microbiota antagonista (HEYDARI; MISAGHI, 2003; MERILES et al., 2006).

Esse estudo não permitiu mensurar a influência individualizada dos diferentes herbicidas utilizados sobre a atividade saprofítica de *Rhizoctonia*, no entanto, essa atividade pode ser influenciada pelo tipo de herbicida e pela concentração utilizada. Em estudos envolvendo diferentes concentrações de herbicidas, a aplicação de trifluralina causou incremento significativo na atividade saprofítica de *R. solani* em todas as concentrações utilizadas (EL-KHADEM et al., 1979; NEUBAUER; AVIZOHAR-HERSHENSON, 1973), enquanto fluometuron teve um efeito inibitório nas menores concentrações e dinitramina teve efeito estimulante nas menores concentrações (EL-KHADEM et al., 1979).

A maior atividade patogênica de *Rhizoctonia* spp. nas áreas submetidas à aplicação de herbicidas também foi registrada em estudos envolvendo as culturas do algodoeiro (EL-KHADEM et al., 1979; HEYDARI; MISAGHI, 1998; HEYDARI; MISAGHI, 2003; PANKEY et al., 2005), beterraba-açucareira (LARSON et al., 2006), feijão-caupi (KATARIA; DODAN, 1983), feijão-comum (WRONA et al., 1981), soja (BRADLEY et al., 2002; HARIKRISHNAN; YANG, 2002), dentre outras.

Somente dois ingredientes ativos utilizados no Agreste Meridional de Pernambuco, glifosato e trifluralina, foram objetivos de estudos envolvendo a rizoctoniose. A utilização de glifosato provocou o aumento na severidade da rizoctoniose em beterraba-açucareira (LARSON et al., 2006) e trigo (BALEY et al., 2009), enquanto a utilização de trifluralina incrementou a severidade da doença em algodoeiro (ALTMAN; ROVIRA, 1989; EL-KHADEM et al., 1979; NEUBAUER; AVIZOHAR-HERSHENSON, 1973) e feijão-comum (WRONA et al., 1981). As causas do aumento na intensidade da rizoctoniose em plantas cultivadas com a utilização de herbicidas podem ser variáveis conforme o princípio ativo. Como exemplo, glifosato pode afetar a intensidade da rizoctoniose pela redução da colonização por micorrizas, alteração na suscetibilidade do hospedeiro, indução da formação de esclerócios em plantas colonizadas e alteração da população de microrganismos benéficos na rizosfera que competem ou suprimem *R. solani* (JOHAL; HUBER, 2009). No caso de trifluralina, o aumento da infecção por *R. solani* ocorre pelas eventuais injúrias provocadas nas plantas (ALTMAN; ROVIRA, 1989), pois mesmo sendo seletivo para algumas culturas, sob determinadas condições como o excesso de umidade, temperaturas baixas e características

específicas de cada cultivar, o herbicida pode causar o engrossamento do hipocótilo e da raiz principal. Esses sintomas podem evoluir para a ocorrência de rachaduras nos tecidos da epiderme e formação de raízes secundárias nas plantas, o que facilita a penetração do patógeno (ADEGAS et al., 2010).

Em trabalho envolvendo os herbicidas fomesafen, fluazifop-p-butyl e trifluralin, que também foram utilizados nas áreas amostradas deste estudo, foi constatado que fomesafen causou injúria nas plantas de feijão-caupi, resultando na redução da produção de grãos, enquanto que os demais apresentaram produção de grãos semelhantes às de áreas sem utilização de herbicidas (SILVA; ALBERTINO, 2009). Alguns estudos têm constatado que a utilização de herbicidas provoca injúrias nas plantas cultivadas e causa a predisposição à infecção por *R. solani* (GREAVES; SARGENT, 1986), o que pode ter ocorrido nas plantas de feijão-caupi cultivadas nos solos coletados de áreas submetidas à aplicação de herbicidas no Agreste Meridional de Pernambuco, justificando o aumento da severidade da doença.

Diferentemente do constatado nesse estudo, a aplicação de herbicidas também pode resultar na redução da atividade patogênica de *Rhizoctonia* spp. ou em nenhuma influência significativa sobre esta. Esses resultados contrastantes sugerem que as interações entre incidência e/ou severidade da rizoctoniose e herbicidas podem ser específicas para cada combinação cultivo-herbicida. Vários outros fatores podem influenciar no efeito de herbicidas sobre os patógenos de plantas, incluindo: diferenças na umidade e temperatura do solo; concentrações dos herbicidas; composição genéticas dos isolados, densidade e distribuição do inóculo de *R. solani*; cultivares das hospedeiras; composição da microbiota na rizosfera; e taxa de inativação do herbicida (BABIKER et al., 2011; BLACK et al., 1996; HEYDARI; MISAGHI, 1998; SANYAL; SHRESTHA, 2008).

Indicadores biológicos têm sido freqüentemente usados para avaliar alterações na qualidade do solo pelo uso de diferentes práticas e sistemas de manejo, dentre as quais, a aplicação de herbicidas (BENEDETTI; DILLY, 2006). Nesse estudo, as densidades populacionais de fungos cultiváveis totais, bactérias cultiváveis totais, bactérias copiotróficas e bactérias oligotróficas foram quantificadas no solo como indicadoras de alterações nas comunidades microbianas decorrentes do uso de herbicidas. Bactérias copiotróficas e oligotróficas representam dois grupos tróficos distintos com base nas exigências de nutrientes, sendo as primeiras com capacidade de crescimento sob elevada disponibilidade de nutrientes e as segundas em baixa disponibilidade de nutrientes (SEMENOV et al., 1999). As densidades populacionais de *Trichoderma*, *Pseudomonas* do grupo fluorescente, bactérias formadoras de endósporo e actinomicetos foram quantificadas porque são considerados

microrganismos benéficos, principalmente como potenciais agentes de biocontrole de doenças radiculares (CORREA; SORIA, 2010; PAPAVIDAS, 1985; WELLER et al., 2002). A análise dos efeitos dos herbicidas sobre as populações de potenciais antagonistas microbianos pode determinar a capacidade do solo para controlar doenças radiculares (HEYDARI; MISAGHI, 1998; MERILES et al., 2006). Além das populações, a atividade microbiana no solo é um importante aspecto a ser considerado na avaliação de possíveis impactos da utilização de herbicidas (ARAÚJO et al., 2003), pois resulta da somatória da atividade de células individuais que pode ser estimada através da quantificação de certos processos específicos como taxa de respiração. A avaliação da quantidade de CO<sub>2</sub> liberada pela respiração dos microrganismos é um dos métodos mais utilizados para avaliar a atividade metabólica da população microbiana do solo (BENEDETTI; DILLY, 2006; TÓTOLA; CHAER, 2002).

Somente as populações de bactérias cultiváveis totais não foram influenciadas pela utilização de herbicidas nas áreas destinadas ao cultivo de feijão-caupi e feijão-comum do Agreste Meridional de Pernambuco, assemelhando-se ao constatado quando solos foram tratados com herbicida glifosato (ARAÚJO et al., 2003), mas diferindo do observado em relação aos herbicidas pendimethalin e prometryn, que causaram reduções significativas nessas populações (HEYDARI; MISAGHI, 2003).

As menores densidades populacionais de *Trichoderma* e actinomicetos nas áreas com aplicação de herbicidas pode ser um indício de que as populações desses biocontroladores potenciais sofreram efeitos deletérios com a aplicação de herbicidas. Esse efeito foi mais marcante sobre *Trichoderma*, que não foi detectado em nenhuma das 15 áreas submetidas à aplicação de herbicidas. Esses resultados reforçam as observações de outros estudos, em que a utilização de paraquat (GHANNOUM et al., 1989), alaclor e pendimentalim (KHALKO et al., 2006) teve efeito deletério sobre *Trichoderma*. Por outro lado, divergem do observado em relação a glifosato (KHALKO et al., 2006; MERILES et al., 2006, 2008), trifluralina (CURL et al., 1968; GHANNOUM et al., 1989) e butaclor (KHALKO et al., 2006), que não afetaram *Trichoderma*.

A aplicação dos herbicidas pode ter causado um vácuo biológico de microrganismos benéficos no ecossistema do solo nas áreas do Agreste Meridional de Pernambuco, principalmente em relação à *Trichoderma*, tendo como consequência um desbalanço ecológico nos microrganismos da rizosfera, com o favorecimento de *Rhizoctonia*. Os efeitos dos herbicidas sobre as populações desses microrganismos benéficos podem ter sido diretos ou indiretos. Os efeitos diretos podem ser decorrentes da ação tóxica do herbicida sobre o crescimento e/ou reprodução dos microrganismos, enquanto os efeitos indiretos podem ser

devidos à influência do herbicida sobre as plantas. Os herbicidas causam mudanças na fisiologia da planta cultivada, principalmente na exsudação radicular (ALTMAN; CAMPBELL, 1977; ALTMAN; ROVIRA, 1989). Essas mudanças podem afetar a estrutura da comunidade microbiana no solo e na rizosfera, incluindo os microrganismos biocontroladores potenciais, tendo como consequência possíveis mudanças na expressão e/ou progresso de doenças radiculares (HEYDARI; MISAGHI, 1998, 2003; RODRIGUEZ-KABANA; CURL, 1980).

A constatação das maiores populações de *Rhizoctonia* nas áreas submetidas à aplicação de herbicidas foi coerente com a detecção dos maiores níveis de atividade saprofítica e patogênica desse fungo nessas áreas, podendo ser devido à habilidade deste fungo para persistir saprofiticamente no solo e/ou devido à redução dos competidores no solo, como discutido previamente.

As menores densidades populacionais de *Pseudomonas* do grupo fluorescente e bactérias formadoras de endósporo nos solos das áreas sem a aplicação de herbicidas diverge do constatado em outros estudos (HEYDARI et al., 1997; HEYDARI; MISAGHI, 2003), em que as aplicações dos herbicidas pendimethalin, prometryn e trifluralina causaram reduções significativas nas populações dessas potenciais agentes de biocontrole. No entanto, algumas espécies de bactérias formadoras de endósporo, particularmente de *Bacillus*, e espécies de *Pseudomonas* demonstraram elevada capacidade de degradar vários herbicidas (MONEKE et al., 2010; WANG et al., 2008).

As densidades populacionais mais elevadas de bactérias copiotróficas e oligotróficas em áreas submetidas à aplicação de herbicidas comparadas às áreas sem a utilização de herbicidas podem estar associadas à maior disponibilidade de nutrientes, uma vez que os herbicidas provocam a morte das plantas invasoras, aumentando os teores de matéria orgânica e a disponibilidade de nutrientes no solo com a degradação dos resíduos vegetais (MONACO et al., 2002).

A similaridade entre os níveis de respiração basal ( $\text{CO}_2$  evoluído) entre áreas sem e com a aplicação de herbicidas indica que o uso de herbicidas não afetou a atividade microbiana nos solos do Agreste Meridional de Pernambuco, embora tenha afetado grupos específicos de microrganismos. A respiração basal é uma estimativa da respiração microbiana e geralmente representa a decomposição da matéria orgânica que é avaliada pela produção de  $\text{CO}_2$ . Logo, a estabilidade da respiração microbiana pode ser reflexo da estabilidade da matéria orgânica do solo, da ciclagem de nutrientes e impactos de fatores do solo. Portanto ao interpretar resultados respiração basal deve-se levar em consideração a possível influencia das

propriedades do solo (TÓTOLA; CHAER, 2002). A disparidade entre os resultados obtidos com as análises das populações microbianas e da respiração basal também pode ser decorrente das limitações da metodologia utilizada, pois segundo Pankhurst et al. (2002), o efeito de algumas práticas culturais sobre a atividade microbiana no solo não são mensuráveis devido a mudanças imperceptíveis produzidas sobre os conteúdos da matéria orgânica durante curtos períodos de tempo.

Os resultados obtidos na análise da respiração basal assemelham-se ao constatado quando vários herbicidas foram utilizados, dentre os quais, trifluralina e diuron, e não evidenciaram efeito diferencial sobre a respiração da comunidade microbiana (LEWIS et al., 1978). No entanto, em outro estudo (ARAÚJO et al., 2003) foram observados maiores níveis de CO<sub>2</sub> nos solos submetidos à aplicação de glifosato comparados aos registrados em solos sem a aplicação deste herbicida, sugerindo que a microbiota do solo foi capaz de utilizar glifosato como fonte de carbono e havendo indícios que a produção de CO<sub>2</sub> está relacionada com a degradação de glifosato no solo.

Embora existam numerosos estudos do efeito de herbicidas sobre *Rhizoctonia* spp. e a comunidade microbiana no solo, este é o primeiro estudo em que foi investigada a influência de herbicidas aplicados em campos de produção de feijão-caupi e feijão-comum na atividade saprofítica e patogênica de *Rhizoctonia* spp. e nas populações e atividade microbiana no solo em condições tropicais.

## **Conclusão**

A utilização de herbicidas nas áreas destinadas ao cultivo de feijão-caupi e feijão-comum no Agreste Meridional de Pernambuco ocasionou o aumento da atividade saprofítica e da atividade patogênica de *Rhizoctonia* spp.

As populações de *Trichoderma* foram afetadas negativa e drasticamente pela utilização de herbicidas nas áreas, enquanto as populações de bactérias cultiváveis totais, bactérias copiotróficas, bactérias oligotróficas, bactérias formadoras de endósporo e *Pseudomonas* do grupo fluorescente, e a respiração basal da comunidade microbiana não foram afetadas negativamente pela utilização de herbicidas nas áreas.

## Referências

- ADEGAS, F. S.; GAZZIERO, D. L. P.; VOLL, E. Herbicidas e a incidência de doenças radiculares e de hastes. In: ALMEIDA, A. M. R.; SEIXAS, C. D. S. (Org.). **Soja: doenças radiculares e de hastes e inter-relações com o manejo do solo e da cultura**. Londrina: Embrapa Soja, 2010. p. 345-374.
- ALTMAN, J.; CAMPBELL, C. L. Effect of herbicides on plant diseases. **Annual Review of Phytopathology**, v. 15, p. 361-385, 1977.
- ALTMAN, J.; ROVIRA, A. D. Herbicide-pathogen interactions in soil-born root diseases. **Canadian Journal of Plant Pathology**, v. 11, n. 2, p. 166-172, 1989.
- ARAÚJO, A. S. F.; MONTEIRO, R. T. R.; ABARKELI, R. B. Effect of glyphosate on the microbial activity of two Brazilian soils. **Chemosphere**, v. 52, n. 7, p. 799-804, 2003.
- ATHAYDE SOBRINHO, C.; VIANA, F. M. P.; SANTOS, A. A.. Doenças fúngicas e bacterianas. In: FREIRE FILHO, F. R.; LIMA, J. A. A.; RIBEIRO, V. Q. (Eds.). **Feijão-caupi: avanços tecnológicos**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2005. p. 461-484.
- BABIKER, E. M.; HULBERT, S. H.; SCHROEDER, K. L.; PAULITZ, T. C. Optimum timing of preplant applications of glyphosate to manage *Rhizoctonia* root rot in barley. **Plant Disease**, v. 95, n. 3, p. 304-310, 2011.
- BALEY, G. J.; CAMPBELL, K.G.; YENISH, J.; KIDWELL, K. K.; PAULITZ, T.C. Influence of glyphosate, crop volunteer and root pathogens on glyphosateresistant wheat under controlled environmental conditions. **Pest Management Science**, v. 65, n. 2, p. 288-299, 2009.
- BENEDETTI, A.; DILLY, O. Introduction. In: BLOEM, J.; HOPKINS, D. W.; BENEDETTI, A. (Eds.). **Microbiological methods for assessing soil quality**. Wallingford: CABI Publishing, 2006. p. 3-14.
- BLACK, B. D.; RUSSIN, J. S.; GRIFFIN, J. L.; SNOW, J. P. Herbicide effects on *Rhizoctonia solani* in vitro and *Rhizoctonia* foliar blight of soybean (*Glycine max*). **Weed Science**, v. 44, n. 7, p. 711-716, 1996.
- BRADLEY, C. A.; HARTMAN, G. L.; WAX, L. M.; PEDERSEN, W. L. Influence of herbicides on *Rhizoctonia* root and hypocotyl rot of soybean. **Crop Protection**, v. 21, n. 6, p. 679-687, 2002.
- CARDOSO, J. E. **Doenças do feijoeiro causadas por patógenos de solo**. Goiânia: EMBRAPA-CNPAF, 1990.

- CARDOSO, J. E. Podridões radiculares. In: SARTORATO, A.; RAVA, C. A. (Eds.). **Principais doenças do feijoeiro comum e seu controle**. Brasília: EMBRAPA-SPI, 1994. p. 151-164.
- CARDOSO, J. E.; POZZER, L.; BEVITORI, R.; VIRGENS, D. A. Avaliação de perdas no feijão-de-corda (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) causadas pela podridão radicular de *Rhizoctonia* (*R. solani* Kühn). In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE CAUPI, 3., Fortaleza, CE, 1991. **Anais ...** Fortaleza: Imprensa Universitária - UFC, 1991. p. 51.
- CORREA, O.S.; SORIA, M. A. Potential of bacilli for biocontrol and its exploitation in sustainable agriculture. In: MAHESHWARI, D. K. (Ed.). **Plant growth and health promoting bacteria**. Berlin: Springer-Verlag, 2010. p. 197-209.
- CURL, E. A.; RODRIGUEZ-KABANA, R. Microbial interactions. In: WILKINSON, R. E. (Ed.). **Research methods in weed science**. Atlanta: Southern Weed Science Society, 1972. p.162-194
- CURL, E. A.; RODRIGUEZ-KABANA, R.; FUNDERBURK, H. H. Jr. Influence of antrazine and varied carbon and nitrogen amendments on growth of *Sclerotium rolfsii* and *Trichoderma viride* in soil. **Phytopathology**, v. 58, n. 3, p. 323-338, 1968.
- ELAD, Y.; CHET, I. Improved selective media for isolation of *Trichoderma* spp. or *Fusarium* spp. **Phytoparasitica**, v. 11, n. 1, p. 55-58, 1983.
- EL-KHADEM, M.; ZAHRAN, M.; EL-KAZAZ, M. K. Effect of the herbicides trifluralin, dinitramine and fluometuron on *Rhizoctonia* disease in cotton. **Plant and Soil**, v. 51, n. 4, p. 463-470, 1979.
- EMBRAPA. **Manual de métodos de análises de solo**. 2 ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPS, 1997.
- GHANNOUM, M. A.; AFZAL, M.; HASAN, R. A. H; DHAMI, M. S. I. Variation in growth and fatty acid contents of *Trichoderma viride* induced by herbicides. **Journal of Environmental Science Health**, v. 24, n. 9, p. 957-966, 1989.
- GILBERTSON, R. L.; RUPPE, E. G.; SCHWEIZER, E. E. Effects of herbicides on root rot of pinto bean, weeds, and two soilborne fungi. **Plant Disease**, v. 71, n. 6, p. 627-629, 1987.
- GREAVES, M. P.; SARGENT, J. A. Herbicide-induced microbial invasion of plant roots. **Weed Science**, v. 34, n. 1, p. 50-53, 1986.
- HARIKRISHNAN, R.; YANG, X. B. Effects of herbicides on root rot and damping-off caused by *Rhizoctonia solani* in glyphosate-tolerant soybean. **Plant Disease**, v. 86, n. 12, p. 1369-1373, 2002.

- HEYDARI, A.; MISAGHI, I. J. The impact of herbicides on the incidence and development of *Rhizoctonia solani*-induced cotton seedling damping-off. **Plant Disease**, v. 82, n. 1, p. 110-113, 1998.
- HEYDARI, A.; MISAGHI, I. J. The role of rhizosphere bacteria in herbicide-mediated increase in *Rhizoctonia solani*-induced cotton seedling damping-off. **Plant and Soil**, v. 257, n. 3, p. 391-396, 2003.
- HEYDARI, A.; MISAGHI, I. J.; MCCLOSKEY, W. B. Effects of three soil applied herbicides on populations of plant disease suppressing bacteria in the cotton rhizosphere. **Plant and Soil**, v. 195, n. 1, p. 75-81, 1997.
- JOHAL, G. S.; HUBER, D. M. Glyphosate effects on diseases of plants. **European Journal of Agronomy**, v. 31, n. 1, p. 144-152, 2009.
- KATAN, J.; ESHEL, Y. Interactions between herbicides and plant pathogens. **Residue Reviews**, v. 45, p. 145-177, 1973.
- KATARIA, H. R.; DODAN, D. S. Impact of two soil-applied herbicides on damping-off of cowpea caused by *Rhizoctonia solani*. **Plant and Soil**, v. 73, n. 2, p. 275- 283, 1983.
- KHALKO, S.; SUBHALAKSMI, T.; JASH, S.; BOSE, S.; PAN, S. Herbicidal tolerance of *Trichoderma* spp – a potential biocontrol agent of soil borne plant pathogens. **Indian Journal of Agricultural Science**, v. 76, n. 7, p. 443-446, 2006.
- KING, E. O.; WARD, M. K.; BANEY, D. E. Two simple media for the demonstration of pyocyanin and fluorescein. **Journal of Laboratory Clinical Medicine**, v. 44, n. 3, p. 301-307, 1954.
- KO, W.; HORA, F. A selective medium for the quantitative determination of *Rhizoctonia solani* in soil. **Phytopathology**, v. 61, n. 7, p. 707-710, 1971.
- LARSON, R. L.; HILL, A. L.; FENWICK, A.; KNISS, A. R.; HANSON, L. E.; MILLER, S. D. Influence of glyphosate on *Rhizoctonia* and *Fusarium* root rot in sugar beet. **Pest Management Science**, v. 62, n. 11, p. 1182-1192, 2006.
- LÉVESQUE, C. A.; RAHE, J. E. Herbicide interactions with fungal root pathogens, with special reference to glyphosate. **Annual Review of Phytopathology**, v. 30, p. 579-602, 1992.
- LEWIS, J. A.; PAPAIVIZAS, G. C.; HORA, T. S. Effect of some herbicides on microbial activity in soil. **Soil Biology & Biochemistry**, v. 10, n. 1, p. 137-141, 1978.
- MACHADO, L. P. **Indução da supressividade à rizoctoniose do feijão-caupi pela rotação de culturas e adubação verde**. 2012, 111 f. Tese (Doutorado em Fitopatologia) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.

- MCKINNEY, H. H. Influence of soil temperature and moisture on infection of wheat seedlings by *Helminthosporium sativum*. **Journal of Agricultural Research**, v. 26, n. 2, p. 195-218, 1923.
- MERILES, J. M.; VARGAS GIL, S.; HARO, R. J.; MARCH, G. J.; GUZMÁN, C. A. Glyphosate and previous crop residue effect on deleterious and beneficial soil-borne fungi from a peanut–corn–soybean rotations. **Journal of Phytopathology**, v. 154, n. 3, p. 309-316, 2006.
- MERILES; J. M.; VARGAS GIL, S.; HARO, R. J.; MARCH, G.J.; GUZMÁN, C. A. Selected soil-borne fungi under glyphosate application and crop residues from a long-term field experiment. **Biological Agriculture and Horticulture**, v. 26, n. 2, p. 193-205, 2008.
- MONACO, T. J.; WELLER, S. C.; ASHTON, F. M. **Weed science: principles and practice**. 4. ed. New York: John Wiley & Sons, 2002.
- MONEKE, A. N.; OKPALA, G. N.; ANYANWU, C. U. Biodegradation of glyphosate herbicide *in vitro* using bacterial isolates from four rice fields. **African Journal of Biotechnology**, v. 9, n. 12, p. 4067-4074, 2010.
- NEUBAUER, R.; AVIZOHAR-HERSHENSON, Z. Effect of the herbicide, trifluralin, on Rhizoctonia disease in cotton. **Phytopathology**, Beltsville, v. 63, n. 6, p. 651-652, 1973.
- NORONHA, M. A.; MICHEREFF, S. J.; MARIANO, R. L. R. Efeito do tratamento de sementes de caupi com *Bacillus subtilis* no controle de *Rhizoctonia solani*. **Fitopatologia Brasileira**, v. 20, n. 2, p. 174-178, 1995.
- PANKEY, J. H.; GRIFFIN, J. L.; COLYER, P. D.; SCHNEIDER, R. W.; MILLER, D. K. Preemergence herbicide and glyphosate effects on seedling diseases in glyphosate-resistant cotton. **Weed Technology**, v. 19, n. 2, p. 312-318, 2005.
- PANKHURST, C. E.; KIRBY, C. A.; HAWKE, B. G.; HARCH, B. D. Impact of a change in tillage and crop residue management practice on soil chemical and microbiological properties in a cereal-producing red duplex soil in NSX, Australia. **Biology and Fertility of Soils**, v. 35, n. 1, p. 189-196, 2002.
- PAPAVIZAS, G. C. *Trichoderma* and *Gliocladium*: biology, ecology and potential for biocontrol. **Annual Review of Phytopathology**, v. 23, p. 23-54, 1985.
- PASTOR-CORRALES, M. A.; ABAWI, G. S. Bean accessions with resistance to *Rhizoctonia solani* under field conditions in Colombia. **Turrialba**, v. 38, n. 1, p. 83-86, 1988.
- PAULITZ, T. C. Low input no-till cereal production in the Pacific Northwest of the U.S.: the challenges of root diseases. **European Journal of Plant Pathology**, v. 115, n. 2, p. 271-281, 2006.

- PAULITZ, T. C.; SCHROEDER, K. L. A new method for the quantification of *Rhizoctonia solani* and *R. oryzae* from soil. **Plant Disease**, v. 89, n. 7, p. 767-772, 2005.
- RODRIGUEZ-KABANA, R.; CURL, E.A. Nontarget effects of pesticides on soilborne pathogens and disease. **Annual Review of Phytopathology**, v. 18, p. 311-332, 1980.
- ROVIRA, A. D., MCDONALD, H. J. Effects of the herbicide chlorsulfuron on *Rhizoctonia* bare patch and take-all of barley and wheat. **Plant Disease**, v. 70, n. 8, p. 879-882, 1986.
- SANYAL, D.; SHRESTHA, A. Direct effect of herbicides on plant pathogens and disease development in various cropping systems. **Weed Science**, v. 56, n. 1, p. 155-160, 2008.
- SCHWARTZ, H. F.; STEADMAN, J. R.; HALL, R.; FORSTER, R. L. (Eds.). **Compendium of bean diseases**. 2. ed. St. Paul: APS Press, 2005.
- SEMENOV, A. M.; VAN BRUGGEN, A. H. C.; ZELENNEV, V. V. Moving waves of bacterial populations and total organic carbon along roots of wheat. **Microbial Ecology**, v. 37, n. 1, p. 116-128, 1999.
- SILVA, J. F.; ALBERTINO, S. M. F. Manejo de plantas daninhas. In: ZILLI, J. E.; VILARINHO, A. A.; ALVES, J. M. A. (Eds.). **A cultura do feijão-caupi na Amazônia brasileira**. Boa Vista: Embrapa Roraima, 2009. p. 223-243.
- SINGH, S. R.; ALLEN, D. J. **Parasitos y enfermedades del caupi**. Ibadan: IITA, 1979.
- SNEATH, P. H. Endospore-forming gram-positive rods and cocci. In: SNEATH, P. H.; MAIR, N. S.; SHARPE, M. E.; HOLT, J. G. (Eds.). **Bergey's manual of systematic bacteriology**. Baltimore: Williams & Wilkins., 1986. v. 2, p. 1104-1207.
- SNEH, B.; BURPEE, L.; OGOSHI, A. **Identification of *Rhizoctonia* species**. St. Paul: APS Press, 1991.
- STOTZKY, G. **Microbial respiration**. In: BLACK, C.A. (Ed.). **Methods of soil analysis**. Madison: American Society of Agronomy, 1965. p.1550-1572.
- TENÓRIO, D. A. **Diversidade genética e patogênica de *Rhizoctonia solani* do feijoeiro no Agreste Meridional de Pernambuco**. 2011, 43 f. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.
- TÓTOLA, M. R.; CHAER, G. M. Microrganismos e processos microbiológicos como indicadores da qualidade dos solos. **Tópicos em Ciência do Solo**, n. 2, p. 195-276, 2002.
- TUITE, J. **Plant pathotological methods: fungi and bacteria**. Minneapolis: Burgess, 1969.
- VARGAS GIL, A.; PASTOR, S.; MARCH, G. J. Quantitative isolation of biocontrol agents *Trichoderma* spp., *Gliocladium* spp. and actinomycetes from soil with culture media. **Microbiological Research**, v. 164, n. 2, p. 196-205, 2009.

WANG, Y. S.; LIU, J. C.; CHEN, W. C.; YEN, J. H. Characterization of acetanilide herbicides degrading bacteria isolated from tea garden soil. **Microbial Ecology**, v. 55, n. 4, p. 435-443, 2008.

WELLER, D. M.; RAAIJMAKERS, J. M.; GARDENER, B. B. M.; THOMASHOW, L. S. Microbial populations responsible for specific soil suppressiveness to plant pathogens. **Annual Review of Phytopathology**, v. 40, p. 309-348, 2002.

WRONA, A. F.; VANDERMOLEN, G. E.; DEVAY, J. E. Trifluralin induced changes in hypocotyls of *Phaseolus vulgaris* in relation to lesion development caused by *Rhizoctonia solani* Kuhn. **Physiological Plant Pathology**, v. 18, n. 1, p. 99-106, 1981.

## **Conclusões Gerais**

---

---

## CONCLUSÕES GERAIS

1. A utilização de herbicidas nas áreas destinadas ao cultivo de feijão-caupi e feijão-comum no Agreste Meridional de Pernambuco ocasionou o aumento da atividade saprofítica e da atividade patogênica de *Rhizoctonia* spp.;
2. As populações de *Trichoderma* foram afetadas negativa e drasticamente pela utilização de herbicidas nas áreas;
3. As populações de bactérias cultiváveis totais, bactérias copiotróficas, bactérias oligotróficas, bactérias formadoras de endósporo e *Pseudomonas* do grupo fluorescente não foram afetadas negativamente pela utilização de herbicidas nas áreas;
4. A respiração basal da comunidade microbiana não foi influenciada pela utilização de herbicidas nas áreas.