

FERNANDO MARCELO CHIAMOLERA

**CULTURAS DE INVERNO NO MANEJO DE FITONEMATOIDES
E NO DESEMPENHO AGRONÔMICO DA CULTURA DO MILHO
NO NOROESTE DO PARANÁ**

**MARINGÁ - PARANÁ - BRASIL
FEVEREIRO - 2012**

FERNANDO MARCELO CHIAMOLERA

CULTURAS DE INVERNO NO MANEJO DE FITONEMATOIDES
E NO DESEMPENHO AGRONÔMICO DA CULTURA DO MILHO
NO NOROESTE DO PARANÁ

Dissertação apresentada à Universidade Estadual de Maringá, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Proteção de Plantas), para obtenção do título de Mestre.

MARINGÁ - PARANÁ - BRASIL

FEVEREIRO - 2012

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
(Biblioteca Central - UEM, Maringá – PR., Brasil)

C532c Chiamolera, Fernando Marcelo, 1984-
Culturas de inverno no manejo de fitonematoides e
no desempenho agronômico da cultura do milho no
Noroeste do Paraná / Fernando Marcelo Chiamolera. --
Maringá, 2012.
88 f. : il., fig., tabs.

Orientador : Prof. Dr. Eliezer Rodrigues de
Souto.

Dissertação (mestrado em Agronomia) -
Universidade Estadual de Maringá, Departamento de
Agronomia, Programa de Pós-Graduação em Agronomia,
área de concentração: Proteção de Plantas, 2012.

1. Culturas de inverno - Adubos verdes. 2.
Milho(Zea Mays) - Manejo. 3. Milho(Zea Mays) -
Pratylenchus brachyurus. 4. Milho(Zea Mays) -
Helicotylenchus. 5. Milho(Zea Mays) - Meloidogyne.
I. Souto, Eliezer Rodrigues de, orient. II.
Universidade Estadual de Maringá. Departamento de
Agronomia. Programa de Pós-Graduação em Agronomia.
Área de concentração: Proteção de Plantas. III.
Título.

CDD 21.ed. 632.96

ZSS-00571

FERNANDO MARCELO CHIAMOLERA

CULTURAS DE INVERNO NO MANEJO DE FITONEMATOIDES
E NO DESEMPENHO AGRONÔMICO DA CULTURA DO MILHO
NO NOROESTE DO PARANÁ

Dissertação apresentada à Universidade Estadual de Maringá, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Proteção de Plantas), para obtenção do título de Mestre.

Aprovado em 17 de fevereiro de 2012.

Prof. Dr. Eliezer Rodrigues de Souto
Orientador

Profa. Dra. Cláudia R. Dias Arieira
Co-orientadora

Prof. Dr. Tiago R. Benetoli da Silva

Dra. Andressa C. Zamboni Machado

À minha mãe Anna Augusta Chiamolera (*in memoriam*) e ao meu pai Doillio Chiamolera, que nunca cessaram de me apoiar e serem o exemplo de simplicidade, caráter, coragem e determinação. Aos meus irmãos Gilmar, Jane, Solange, Vilmar e Adriano pela convivência e ensinamentos para trilhar os caminhos e sonhos. À minha namorada Tatiana Pagan Loeiro da Cunha, pela compreensão, paciência, carinho e incentivo.

Dedico...

AGRADECIMENTOS

A Deus, razão de tudo que somos e fazemos. Por me acalentar, fortalecer e conceder discernimento na escolha do caminho a seguir e decisões a tomar.

A minha família, pelos ensinamentos, apoio incondicional, carinho e compreensão na trajetória de mais esta conquista.

A minha namorada, Tatiana e sua família, pelo companheirismo, solidariedade, compreensão, paciência, carinho e motivação nos momentos mais difíceis.

A Universidade Estadual de Maringá e ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, pela oportunidade de realização deste curso, em especial o Câmpus Regional de Umuarama, que cedeu suas instalações para o desenvolvimento do trabalho.

A Professora Cláudia Regina Dias Arieira, pela orientação, dedicação, ensinamentos, oportunidade, confiança, sugestões, incentivo e contribuição para a realização deste trabalho e busca de novos conhecimentos.

Ao Professor Eliezer Rodrigues de Souto, pela orientação, oportunidade e confiança em meu potencial.

Ao Professor José Carlos Barbosa pelo auxílio nas análises estatísticas e aos Professores Juliana Parisotto Poletine e Tiago Roque Benetoli da Silva pela colaboração na interpretação dos resultados.

Ao Engenheiro Agrônomo José Junior Severino e colegas do laboratório de fitopatologia da Universidade Estadual de Maringá, Câmpus Regional de Umuarama, em especial aos amigos Fábio, Simone e Heriksen pela amizade e auxílio na coleta de dados pertinentes ao experimento, tornando possível a realização desse projeto.

Ao amigo Mário Gabriel e sua família por me receber de braços abertos em sua casa no início do curso e ajuda no decorrer do mesmo.

Aos amigos André e Mariana, pela amizade de longa data, apoio, ótimas conversas e risadas.

Ao amigo Fábio Biela, seus pais, Helena e Simão, e seus irmãos por todas as vezes que me acolheram com muito carinho durante a realização do trabalho.

Aos amigos Rodrigo (Digão) e Alan (Pereira) por todas as vezes que me ajudaram na instalação e avaliação dos experimentos, pelo apoio, pela amizade, boas conversas e risadas.

Ao amigo Gregory, pela convivência durante a graduação e o curso de mestrado. Pelas inúmeras horas de estudo para experimentação agrônômica e aventuras de pegar carona na rodovia entre Maringá e Umuarama.

Ao meu conterrâneo, amigo e vizinho, Rodrigo Pagno, e sua namorada, Mara, pelas caronas até Capanema.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa.

Por fim, agradeço a todos que de alguma forma contribuíram ou participaram desse trabalho, que se finda com a elaboração da presente dissertação.

Sem mais delongas, meu muito obrigado!

BIOGRAFIA

FERNANDO MARCELO CHIAMOLERA, filho de Doillio Chiamolera e Anna Augusta Chiamolera (*in memoriam*), natural de Capanema, Estado do Paraná, nasceu aos oito dias do mês de janeiro de 1984.

Concluiu o Ensino Fundamental na Escola Estadual Santa Cruz (1998), e o Ensino Médio no Colégio Estadual Rocha Pombo (2001), ambos em Capanema.

Graduou-se em Agronomia pela Universidade Estadual de Maringá, Câmpus Regional de Umuarama (2009). Durante a graduação (2005-2009) foi bolsista pela Fundação Araucária do projeto intitulado “*Eficácia de diferentes substratos no desenvolvimento de mudas de Eucalyptus grandis*” (PIBIC), sob orientação do Professor Doutor Erci Marcos Del Quiqui. Desenvolveu o Projeto de Iniciação Científica (PIC) intitulado “*Reação de cultivares de alface a Meloidogyne javanica*”, além de outros trabalhos relacionados à área de Nematologia, sob orientação da Professora Doutora Cláudia Regina Dias Arieira. Também participou de projetos de economia solidária, voltados à agricultura familiar, coordenados pelo Professor Doutor Eder Pereira Gomes.

Ingressou no Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Mestrado em Proteção de Plantas em março de 2010, pela Universidade Estadual de Maringá, sendo bolsista da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), finalizando-o com o desenvolvimento deste trabalho, parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Agronomia.

ÍNDICE

LISTA DE TABELAS	vii
RESUMO	x
ABSTRACT	xii
1 INTRODUÇÃO	1
2 REVISÃO DE LITERATURA	4
2.1 A CULTURA DO MILHO	4
2.2 FITONEMATOIDES NA CULTURA DO MILHO.....	7
2.3 ADUBOS VERDES NO MANEJO DE FITONEMATOIDES	11
3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	16
CAPÍTULO I	27
SUSCETIBILIDADE DE CULTURAS DE INVERNO A <i>PRATYLENCHUS BRACHYURUS</i> E ATIVIDADE SOBRE A POPULAÇÃO DE NEMATOIDES NA CULTURA DO MILHO	27
RESUMO	27
ABSTRACT	28
1 INTRODUÇÃO	29
2 MATERIAL E MÉTODOS	31
3 RESULTADOS	35
4 DISCUSSÃO	44
5 CONCLUSÕES	49
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	50
CAPÍTULO II	57
CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS DA CULTURA DO MILHO EM SUCESSÃO ÀS CULTURAS DE INVERNO, SOB DUAS FONTES DE ADUBAÇÃO	57
RESUMO	57
ABSTRACT	58
1 INTRODUÇÃO	59
2 MATERIAL E MÉTODOS	61
3 RESULTADOS	65
4 DISCUSSÃO	73
5 CONCLUSÕES	80
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	81
CONCLUSÕES	88

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO I	27
TABELA 1. Caracterização química da camada de 0-20 cm do solo da área experimental, Umuarama, Estado do Paraná, 2010	32
TABELA 2. População inicial (Pi) de <i>Pratylenchus brachyurus</i> no solo da área experimental; população do fitonematoide no florescimento das culturas de inverno (Ci), milho verão (Mv) e safrinha (Ms) no município de Umuarama, Estado do Paraná, no ano agrícola 2010/2011	35
TABELA 3. Desdobramento da interação significativa culturas de inverno x fontes de adubação referente à população de <i>Pratylenchus brachyurus</i> no solo da área experimental no florescimento pleno das espécies de inverno no ano agrícola 2010/2011. Umuarama, Estado do Paraná, 2011	36
TABELA 4. População inicial (Pi) de <i>Pratylenchus brachyurus</i> nas raízes das plantas da área experimental; população do fitonematoide no florescimento das culturas de inverno (Ci), milho verão (Mv) e safrinha (Ms) no município de Umuarama, Estado do Paraná, no ano agrícola 2010/2011	38
TABELA 5. População inicial (Pi) de <i>Pratylenchus brachyurus</i> em milho cultivado por 60 dias; população após 60 dias de cultivo das espécies de inverno (Pf) e fator de reprodução (FR) do nematoide, em solo arenoso, naturalmente infestado. Umuarama, Estado do Paraná, 2011	38
TABELA 6. População inicial (Pi) de <i>Helicotylenchus</i> spp. no solo da área experimental, no florescimento das culturas de inverno (Ci), milho verão (Mv) e safrinha (Ms) no município de Umuarama, Estado do Paraná, no ano agrícola 2010/2011	39
TABELA 7. População inicial (Pi) de <i>Helicotylenchus</i> spp. nas raízes de plantas daninhas de ocorrência na área experimental; população do fitonematoide nas raízes das culturas de inverno (Ci), milho verão (Mv) e safrinha (Ms) em seus respectivos florescimentos no município de Umuarama, Estado do Paraná, no ano agrícola 2010/2011	40

TABELA 8.	Desdobramento da interação significativa culturas de inverno x fontes de adubação referente à população de <i>Helicotylenchus</i> spp. nas raízes das culturas de inverno durante o florescimento em 2010. Umuarama, Estado do Paraná, 2011....	41
TABELA 9.	População inicial (Pi) de <i>Meloidogyne</i> spp. no solo da área experimental; população do fitonematoide no florescimento das culturas de inverno (Ci) e milho verão (Mv) no município de Umuarama, Estado do Paraná, no ano agrícola 2010/2011 ..	42
TABELA 10.	População inicial (Pi) de <i>Meloidogyne</i> spp. nas raízes das plantas da área experimental; população do fitonematoide no florescimento das culturas de inverno (Ci) e milho verão (Mv) no município de Umuarama, Estado do Paraná, no ano agrícola 2010/2011	43
CAPÍTULO II	57
TABELA 1.	Caracterização química da camada de 0-20 cm do solo da área experimental, Umuarama Estado do Paraná, 2010	62
TABELA 2.	Altura de plantas (AP), inserção (IE), comprimento (CE) e diâmetro de espigas (DE) de milho, safra verão, em função das culturas de inverno e fontes de adubação. Umuarama, Estado do Paraná, 2011	65
TABELA 3.	Desdobramento da interação significativa referente ao diâmetro de espigas de milho, safra verão. Umuarama, Estado do Paraná, 2011	66
TABELA 4.	Número de fileiras por espiga (NFE), grãos por fileira (NGF) e grãos por espiga de milho (NGE), safra verão, em função das culturas de inverno e fontes de adubação. Umuarama, Estado do Paraná, 2011	67
TABELA 5.	População de plantas, massa de 100 grãos e produtividade de milho, safra verão, em função das culturas de inverno e fontes de adubação. Umuarama, Estado do Paraná, 2011	68
TABELA 6.	Desdobramento de interação significativa referente à produtividade de milho, safra verão. Umuarama, Estado do Paraná, 2011	69

TABELA 7. Altura de plantas (AP), inserção (IE), comprimento (CE) e diâmetro de espigas (DE) de milho safrinha, em função das culturas de inverno e fontes de adubação. Umuarama, Estado do Paraná, 2011	70
TABELA 8. Número de fileiras por espiga (NFE), grãos por fileira (NGF) e grãos por espiga (NGE) de milho safrinha, em função das culturas de inverno e fontes de adubação. Umuarama, Estado do Paraná, 2011	71
TABELA 9. População de plantas, massa de 100 grãos e produtividade de milho safrinha, em função das culturas de inverno e fontes de adubação. Umuarama, Estado do Paraná, 2011	72

RESUMO

CHIAMOLERA, FERNANDO MARCELO. Universidade Estadual de Maringá, Fevereiro de 2012. **Culturas de inverno no manejo de fitonematoides e no desempenho agrônômico da cultura do milho no Noroeste do Paraná.** Professor orientador: Dr. Eliezer Rodrigues de Souto. Professora co-orientadora: Dra. Cláudia Regina Dias-Arieira.

Nos diferentes sistemas agrícolas, a rotação ou sucessão de culturas deve ser vista como uma das principais alternativas para o manejo de fitonematoides, uma vez que, além de promover a redução nas populações destes patógenos, as culturas implantadas podem ser utilizadas como adubos verdes na fixação de nitrogênio ou como cobertura morta, melhorando as condições química, física e biológica do solo. Porém, são escassos os trabalhos que visam o estudo da suscetibilidade de culturas de clima temperado nas condições climáticas do Arenito Caiuá. Assim, o presente trabalho teve como objetivos avaliar o efeito de culturas de inverno, sob duas fontes de adubação, sobre as populações de *Pratylenchus brachyurus*, *Helicotylenchus* spp. e *Meloidogyne* spp. em solo de textura arenosa naturalmente infestado, e sobre os componentes de produção relacionados à produtividade da cultura do milho, em área com histórico de cinco anos de sucessão soja/aveia-preta sob sistema de semeadura direta na Região Noroeste do Estado do Paraná. Para o experimento em campo, observou-se que a aveia-preta, o nabo forrageiro e o consórcio aveia + nabo forrageiro promoveram o melhor controle de *P. brachyurus*. Ainda, as menores populações dos fitonematoides estudados foram observadas com a adubação orgânica, por meio da aplicação de cama de aves. Após o cultivo de milho safra verão e safrinha houve supressão de *Meloidogyne* spp. e elevação das populações de *P. brachyurus* e *Helicotylenchus* spp., no entanto, em níveis menores aos diagnosticados na população inicial. Em condições controladas, a maior reprodução de *P. brachyurus* foi observada para pousio, feijoeiro e chícharo, enquanto as menores foram obtidas para aveia preta e nabo forrageiro, confirmando os resultados observados no campo. Na avaliação dos componentes de produção da cultura do milho, na safra verão, a sucessão ervilhaca/milho, e na safrinha, a

sucessão ervilhaca/milho e feijoeiro/milho, adubadas com cama de aves, mostraram-se viáveis agronomicamente para a produção de grãos de milho na região, aliado ao adequado manejo nutricional e fitossanitário da cultura, como emprego de suplementação hídrica.

Palavras-chave: Adubos verdes de inverno, manejo, *Pratylenchus brachyurus*, *Helicotylenchus*, *Meloidogyne*, *Zea mays*.

ABSTRACT

CHIAMOLERA, FERNANDO MARCELO. Universidade Estadual de Maringa, February, 2012. **Winter crops in management of phytonematodes and agronomic development of mayze crop in Parana State Northwest region.** Adviser: Prof. Eliezer Rodrigues de Souto. Committee Member: Profa. Cláudia Regina Dias-Arieira.

In the different agricultural systems, rotation or succession crops should be considered as one of the main alternatives for managing phytonematodes, since, besides promoting populations reduction of these pathogens, deployed crops may be used as green fertilizers on nitrogen fixation or as mulch, improving chemistry, physics and biological conditions of soil. However, literatures are scarce aiming to study the susceptibility of temperate climate crops in Arenito Caiua conditions. Thus, the present work objectified to evaluate the effect of winter crops, under two sources of fertilizer over *Pratylenchus brachyurus*, *Helicotylenchus* spp. and *Meloidogyne* spp. populations, in sandy texture soil, naturally infested and over production components related to maize crop yield, in area with a history of five years in succession soybean / black oat under direct seeding system in the North western region of Parana State. For the experiment in Field conditions, it was observed that black oat, fodder radish, and their consortium promoted better control of *P. brachyurus*. Besides it, inferior populations of studied phytonematodes were observed with organic fertilization through the application of poultry manure. After maize cultivation in summer season and off-season there was suppression of *Meloidogyne* spp. and elevation in populations of *P. brachyurus* and *Helicotylenchus* spp., however, on smaller levels in relation to the initial population diagnosed. Under controlled conditions, the largest reproduction of *P. brachyurus* was observed to lodging, bean and grass pea, while the smallest ones were obtained for black oat and fodder radish, confirming the observed results in Field conditions. On the evaluation of production components of maize crop, in summer season, the succession vetch/maize, and in off-season vetch/maize and bean/maize successions fertilized with poultry manure, showed to be agricultural useful for maize grain

production, joint to nutritional and phytosanitary management adequate of the crop, employing hydric supplement.

Key-words: Winter green fertilizers, management, *Pratylenchus brachyurus*, *Helicotylenchus*, *Meloidogyne*, *Zea mays*.

1 INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays* L.) é cultivado em diversas regiões do mundo. Na safra 2010/2011, a produção mundial do cereal foi estimada em 819,60 milhões de toneladas (FAO, 2011), sendo os principais produtores: EUA (40%), China (20%), Brasil (7%), México (3%), Argentina (3%) e Índia (2%). No Brasil, a cultura do milho ocupou na safra agrícola 2009/10 uma área de 12,96 milhões de hectares, alcançando produção de 55,97 milhões de toneladas de grãos. Dentre os estados brasileiros produtores de milho, destaca-se o Paraná, principal produtor nacional, com área cultivada de 2,30 milhões de hectares, volume estimado em 12,21 milhões de toneladas e produtividade média de 7,34 t ha⁻¹ no cultivo de verão e 4,37 t ha⁻¹ na segunda safra (CONAB, 2011).

O milho sempre foi considerado uma planta rústica, capaz de suportar vários tipos de estresses ambientais. No entanto, com a expansão das fronteiras agrícolas, com a prática da monocultura e com a ampliação das épocas de cultivo, esta realidade mudou. Surgiram novos problemas para a cultura, principalmente com relação às doenças, capazes de afetar seriamente o desempenho econômico das lavouras (PEREIRA, 1997).

Nos últimos anos, devido à necessidade de se controlar o nematoide do cisto (*Heterodera glycines* Ichinohe, 1952) na cultura da soja [*Glycine max* (L.) Merril.], o milho tem sido uma alternativa para a rotação de cultura, pois não é parasitado por essa espécie (CASELA et al., 2006). Por outro lado, essas duas culturas podem ser parasitadas por nematoides dos gêneros *Meloidogyne* e *Pratylenchus*, notadamente *M. incognita* (Kofoid & White, 1919) Chitwood, 1949, *M. javanica* (Treub, 1885) Chitwood, 1949 (YORINORI et al., 1993; CASELA et al., 2006) e *P. brachyurus* (Godfrey, 1929) Filipjev & Sch. Stekhoven, 1941 (RIBEIRO, 2008; INOMOTO, 2010).

O gênero *Pratylenchus*, conhecido como nematoides das lesões radiculares, é relatado como um dos maiores problemas em culturas de grande importância econômica. No Brasil, há relatos de reduções de 30 a 50% na produção de soja em áreas infestadas por *P. brachyurus* (GOULART, 2008). Segundo o mesmo autor, entre as prováveis causas para o aumento da importância econômica, no caso de *P. brachyurus*, citam-se: ausência de

rotação de culturas; rotação/sucessão com culturas que são boas hospedeiras do nematoide (maioria dos genótipos de soja, milho, algodão, feijão, girassol, sorgo e milheto), sistema de plantio direto, textura do solo, uso de irrigação, desbalanço nutricional e a ocorrência simultânea de outros fitonematoides e patógenos.

As plantas atacadas apresentam tamanho reduzido, folhas cloróticas e murcha, devido a extensas áreas necrosadas nas raízes, em função da extração de nutrientes e injeção de toxinas pelo fitonematoide (DINARDO-MIRANDA, 2005). Segundo o mesmo autor, em consequência, as raízes se tornam pouco desenvolvidas, pobres em radículas, deficientes e impossibilitadas de desempenhar normalmente suas funções.

A cultura do milho é severamente atacada por *P. brachyurus* e *P. zea* Graham, 1951, ocorrendo perdas significativas (LORDELLO et al., 1992), estimadas em 28,5% na Nigéria (EGUNJOBI, 1974). Há relatos de aumento da produção de grãos de 10 a 54% nos Estados Unidos (BERGESON, 1978; NORTON et al., 1978) e 100% no Brasil (LORDELLO et al., 1983), com a aplicação de nematicidas na cultura.

No entanto, o emprego de nematicidas tem sido cada vez mais limitado em função da alta toxicidade, risco de contaminação ambiental, elevado custo, baixa disponibilidade em países em desenvolvimento ou baixa eficácia de controle depois de repetidas aplicações (DONG & ZHANG, 2006).

Dessa forma, a rotação de culturas com plantas não-hospedeiras ou antagonistas deve ser vista como uma das principais alternativas para manejo de nematoides, uma vez que, além de promoverem a redução nas populações destes organismos, possa também ser utilizada como adubos verdes, cobertura morta, na fixação de nitrogênio, e na reciclagem de nutrientes (SILVEIRA & RAVA, 2004). Algumas espécies são comprovadamente eficientes em controlar a população de fitonematoides, como as crotalárias e mucunas (RODRÍGUEZ-KÁBANA et al., 1992; FREITAS, 2006), feijão de porco (*Canavalia ensiformis* DC.) (FERRAZ et al., 2010; OBICI et al., 2011a) e guandu (*Cajanus cajan* (L.) Millsp.) (FERRAZ et al., 2010; SANTANA et al., 2010). Contudo, no que tange o emprego de adubos verdes de inverno no manejo desses parasitas, há uma lacuna muito grande de trabalhos, especialmente em condições de campo.

Assim, o presente trabalho teve como objetivos avaliar o efeito de culturas de inverno, sob duas fontes de adubação: sobre a população de *P. brachyurus* em solo de textura arenosa naturalmente infestado, e os componentes de produção relacionados à produtividade da cultura do milho, em área com histórico de cinco anos de sucessão soja/aveia-preta sob sistema de semeadura direta no Arenito Caiuá, região Noroeste do Estado do Paraná.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A CULTURA DO MILHO

O milho (*Zea mays* L.) é uma espécie pertencente à família Poaceae, originário da região Centro-americana (México e Guatemala). Os relatos mais antigos sobre este cereal datam por volta de 7.000-7.500 a.C., na região do Vale do Tehucan, atual México, e na América do Sul, aparecendo mais tarde, em torno de 4.500 a.C., na costa do Peru. O teosinte ou “alimento dos deuses”, como era chamado pelos Maias, deu origem ao milho moderno por meio de um processo de seleção artificial, resultado da domesticação de diversos genomas de teosinte (GOLOUBINOFF et al., 1993; CIB, 2010).

Atualmente, a referida espécie vem sendo cultivada em regiões compreendidas entre os paralelos 58º de latitude Norte (Canadá e Rússia), até 40º de latitude Sul (Argentina e Chile) (GALINAT, 1988). Nesta diversidade de ambientes, sua exploração é encontrada desde abaixo do nível do mar, nas planícies do Mar Cáspio, ou ainda, em elevadas altitudes (≥ 3.800 m), na Cordilheira dos Andes (FORNASIERI FILHO, 2007).

Em função de seu potencial produtivo, composição química e valor nutricional, aliado à sua multiplicidade de uso e aplicações, tanto na alimentação humana, quanto na alimentação animal, o milho assume relevante papel sócio-econômico, bem como se constitui em indispensável matéria-prima impulsionadora de diversificados complexos agroindustriais (FANCELLI & DOURADO NETO, 2004).

O milho destaca-se frente à produção agropecuária nacional e, além disso, é a principal espécie comercial empregada em sistemas de rotação e/ou sucessão de culturas (INOMOTO, 2010), tendo em vista que a adoção desses sistemas visa diminuir os níveis de infestação de plantas daninhas nas lavouras, melhorar o uso do solo e sua qualidade, otimizar o emprego das máquinas e da mão-de-obra, diversificar a renda, romper ciclos de doenças e pragas e aumentar a rentabilidade da área (VERNETTI JUNIOR et al., 2003).

Mascarenhas et al. (1993) estudaram sistemas de rotação de culturas de soja [*Glycine max* (L.) Merril.], milho e algodão (*Gossypium hirsutum* L.), nos

períodos de 1981/82 a 1988/89 em Ribeirão Preto e de 1981/82 a 1990/91 em Mococa, Estado de São Paulo e observaram, no experimento conduzido em Mococa, que a soja no sistema milho/soja/soja produziu 5% a mais do que soja em plantio contínuo. Em milho obtiveram o melhor rendimento relativo com o tratamento soja/soja/milho, com aumento na produtividade de 19% quando comparado com os monocultivos. Já no experimento conduzido em Ribeirão Preto, examinando a produção relativa do sistema de rotação no conjunto de anos em comparação com milho contínuo, este em rotação soja/algodão/milho, produziu 23% a mais e, nas três seguintes rotações (soja/milho/milho; milho/soja/milho; soja/soja/milho), produziu em média 13% a mais que no monocultivo, comprovando os benefícios que os sistemas de rotação ou de sucessão podem trazer à cultura subsequente.

Yagi et al. (2005) avaliando os efeitos da adubação nitrogenada na cultura do milho em sucessão a milho ou soja, sobre a quantidade e qualidade de matéria orgânica do solo (MOS), verificaram que a produção de matéria seca do cultivo de milho no sistema de sucessão soja/milho foi 278 kg ha^{-1} maior que a obtida na sucessão milho/milho, em relação à safra anterior. No entanto, os mesmos autores, com base nos dados observados, não atribuíram o maior teor de MOS, verificada na sucessão soja/milho, com a entrada de resíduos orgânicos no solo, como fator principal, mas, com a composição química dos resíduos, em virtude das quantidades de palhada adicionados pelos cultivos de soja (7.950 kg ha^{-1} de matéria seca) e milho ($15.470 \text{ kg ha}^{-1}$ de matéria seca), além do curto período do experimento.

Vernetti Junior et al. (2009) avaliaram a sustentabilidade de sistemas de rotação e sucessão de culturas envolvendo forrageiras de inverno, soja, milho e arroz (*Oryza sativa* L.) em solo de várzea, nos sistemas de plantio direto (SPD) e convencional (SPC), obtendo valores que conferem aos sistemas de rotação e sucessão de culturas que incluem o cultivo de milho, os maiores índices de sustentabilidade, com destaque para o sistema S₈, que apresentou a melhor distribuição e o melhor equilíbrio entre os diversos índices de sustentabilidade considerados, com média igual a 0,87.

Estudando os efeitos de plantas de cobertura de solo no inverno, implantadas de forma isolada e consorciadas, sobre o rendimento de grãos de milho cultivados em sucessão, com e sem aplicação de nitrogênio (N) em

cobertura, Silva et al. (2007) observaram que sob baixa disponibilidade de N no solo para cultura do milho, as consorciações de gramíneas com leguminosas ou brássicas no inverno, em geral, aumentam o rendimento de grãos de milho em relação à sucessão com gramíneas em cultivo isolado, sem reduzir a quantidade de resíduos culturais no sistema semeadura direta, evidenciando a importância dessa estratégia de manejo. Estes dados corroboram os obtidos por Bortolini et al. (2000), no qual o uso de ervilhaca comum (*Vicia sativa* L.) em consórcio com aveia preta (*Avena strigosa* Schieb.) não reduziu o rendimento de matéria seca da cobertura de solo em relação ao cultivo isolado de aveia preta, além de que a introdução de ervilhaca em consórcio com aveia preta diminuiu a necessidade de adubação nitrogenada para o cultivo do milho em sucessão.

Garcia et al. (2006) avaliaram o desempenho agrônomico do feijoeiro de inverno (*Phaseolus vulgaris* L.), em sucessão à cultura do milho, que foi antecedida por culturas produtoras de fitomassa, na presença e ausência de nitrogênio em cobertura, e verificaram que os resíduos da adubação nitrogenada, quando realizada nas doses entre 120 a 150 kg ha⁻¹ de N na cultura antecedente de milho, possibilitaram incrementos na produtividade do feijoeiro.

No estudo do desempenho agrônomico de soja em função da sucessão de culturas em sistema de plantio direto, Brandt et al. (2006) observaram que o sistema formado pela sucessão soja/trigo (*Triticum aestivum* L.) /soja/milho/milheto (*Pennisetum glaucum* L.) /soja, proporcionou maior produtividade de grãos (2.792 kg ha⁻¹) e massa de 100 grãos (14,78 g) à cultura da soja. Em outro trabalho, o pré-cultivo do milho consorciado com leguminosas influenciou a produtividade e a taxa de emissão de folhas pela couve (*Brassica oleracea* L. var. *acephala* DC.), demonstrando efeito residual advindo do cultivo anterior de milho, assim como o desenvolvimento vegetativo do milho e à quantidade de espigas comercializáveis *in natura*, em cultivo subsequente de couve com aplicação de cama de aves (SILVA et al., 2011).

Com relação à produção de massa seca, o consórcio entre milho e mucuna-preta (*Mucuna pruriens* (L.) DC., sinônimo *Stizolobium aterrimum* Piper & Tracy), proporcionou incremento de aproximadamente 7.100 kg ha⁻¹, sendo este valor cerca de 2.330 kg ha⁻¹ de massa seca superior ao observado

para o monocultivo do milho, garantindo também a melhor cobertura do solo (SILVA et al., 2008).

Estudando o efeito da sucessão algodão/milho sobre a população de *Rotylenchulus reniformis* Lindford & Oliveira, 1940, e a produtividade da cultura do algodão no Mississippi (EUA), Stetina et al. (2007) obtiveram o incremento de 194 kg ha⁻¹ na produção de algodão em pluma após duas safras consecutivas de milho em relação ao cultivo contínuo de algodão, além de alcançar a supressão do fitonematoide. Resultados semelhantes foram obtidos por Chen & Tsay (2006), em lavouras de morango (*Fragaria x ananassa* Duch.) na região da Dahu (Taiwan), onde, após três anos da sucessão milho/morango, observaram a redução de 50% no índice de galhas de *Meloidogyne incognita* (Kofoid & White, 1919) Chitwood, 1949, nas raízes de morangueiro e supressão da população de *M. hapla* Chitwood, 1949, resultando no incremento de aproximadamente 160 g de frutos por planta.

2.2 FITONEMATOIDES NA CULTURA DO MILHO

Muitas espécies de fitonematoides têm sido citadas como parasitas de raízes de milho em todo o mundo, dentre os gêneros mais importantes estão: *Pratylenchus*, *Helicotylenchus*, *Criconemella*, *Meloidogyne* e *Xiphinema* (NEVES et al., 2010), podendo causar prejuízos da ordem de 30% (GOULART, 2008).

Considerando os impactos econômicos mundiais para culturas agrícolas, o gênero *Pratylenchus* ocupa o segundo lugar entre todos os fitonematoides, estando o primeiro ocupado pelos nematoides das galhas (FERRAZ, 1999). Dentro do gênero, as espécies de maior importância para a cultura do milho no Brasil, em função de sua patogenicidade, distribuição geográfica e o elevado número de plantas hospedeiras, são *P. brachyurus* (Godfrey, 1929) Filipjev & Sch. Stekhoven, 1941 e *P. zae* Graham, 1951 (SAWAZAKI et al., 1987). Uma população de 200 espécimes por 200 cm³ de solo, no momento da semeadura, já é suficiente para reduzir a produção de milho (INOMOTO, 2008a).

Tais nematoides causam severos danos em raízes de uma ampla gama de culturas, devido à alimentação, movimentação ativa e liberação de

enzimas tóxicas no córtex radicular (GOULART, 2008). A penetração nos tecidos pode ocorrer entre as células epidermais, afastando umas das outras (penetração intercelular) ou através das células (penetração intracelular) (LORDELLO, 1984). Tanto a penetração na planta hospedeira, como a migração no interior das raízes, embora pareçam ser de natureza unicamente mecânica (uso do estilete e movimentação de todo o corpo), podem advir também da ação tóxica (degradação enzimática das paredes celulares vegetais) (LORDELLO, 1984; GOULART, 2008).

Como endoparasitas migradores, depois de penetrarem nas raízes, os nematoides das lesões radiculares destroem os tecidos, causando rompimento celular superficial e interno, predispondo-os a infecções secundárias de fungos e bactérias (GOULART, 2008). Os sintomas são inespecíficos, podendo ser erroneamente interpretados como sintomas causados por outros patógenos, deficiências nutricionais ou estresse hídrico, em função da redução no sistema radicular e no desenvolvimento da parte aérea das plantas (LORDELLO, 1984; GOULART, 2008). Os efeitos sobre o crescimento e, conseqüentemente, sobre a produção vegetal, são resultantes de desordem e mau funcionamento dos processos de crescimento de raízes e exploração do solo para obtenção de água e nutrientes (LOOF, 1991).

O ciclo de vida de *Pratylenchus* spp. é simples e relativamente rápido, normalmente ocorrendo várias gerações em uma única safra da cultura hospedeira. Altas populações podem ser detectadas nas raízes infectadas logo no início do ciclo da cultura, porém essas populações podem se tornar extremamente baixas, especialmente na ausência da cultura hospedeira (LOOF, 1991). As fêmeas depositam os ovos, em média 80 a 150, no interior das raízes ou no solo próximo à superfície das raízes (postura isolada, sem formação de massa de ovos). Em média, o tempo necessário para completar o ciclo de vida é de três a quatro semanas, porém é variável, dependendo principalmente da temperatura, da umidade, da espécie da planta hospedeira e da espécie de *Pratylenchus* (FERRAZ & MONTEIRO, 1995; TIHOHOD, 1997; CASTILLO & VOVLAS, 2007; COYNE et al., 2007).

A primeira ecdise acontece ainda dentro do ovo e juvenis de segundo estágio (J2) eclodem e iniciam a alimentação. Não há formação de células nutritoras, pois retiram o conteúdo citoplasmático das células da raiz após

processo de digestão pré-oral. À medida que o nematoide se alimenta, aumenta de tamanho e passa por outras trocas de cutícula, passando a juvenis de terceiro (J3) e quarto (J4) estádios, e, por fim, ao estágio adulto, representado pela fêmea, pois os machos são muito raros. O nematoide, geralmente, completa todo seu ciclo dentro da raiz, mas quando esta não oferece mais condições favoráveis, por excessiva ocupação, por exemplo, ele migra da raiz e movimenta-se no solo à procura de raízes em melhores condições (INOMOTO et al., 2007).

Nos últimos anos, tem crescido a importância de *P. brachyurus* na cultura da soja, especialmente na região Centro-Oeste do Brasil. No Estado de Mato Grosso sua frequência chegou a 96%, valor superior a de outros fitonematoides importantes para a cultura, como *Heterodera glycines* Ichinohe, 1952 (35%), *Meloidogyne* spp. (23%) e *R. reniformis* (4%) (RIBEIRO, 2008). Isto ocorreu porque muitas espécies utilizadas na rotação de culturas com a soja visando o controle de nematoides das galhas são suscetíveis a *Pratylenchus* spp., como milho, braquiária [*Brachiaria* (Trin.) Griseb.] e sorgo (*Sorghum bicolor* L.). Segundo Inomoto (2008b), o próprio sistema de plantio direto pode ter contribuído para o aumento na população de *P. brachyurus*, isto porque a lenta degradação das raízes infectadas e a ausência de exposição direta ao sol permitem a sobrevivência do fitonematoide por mais tempo.

Inomoto (2010) ressalta que todos os genótipos de milho estudados até o momento são suscetíveis ao nematoide das lesões radiculares. Este fato é evidenciado por Inomoto et al. (2011) em estudo realizado na Bahia com milho-pipoca cv. Zélia, onde o FR de *Pratylenchus* spp. foi de 8,9. Estes resultados corroboram os obtidos por Timper & Hanna (2005) para *P. brachyurus* em dois experimentos com milho, onde o FR foi de 1,5 e 1,8, respectivamente. Resultados semelhantes foram relatados em estudos sobre a dinâmica populacional de fitonematoides do gênero *Pratylenchus* por Ingram & Rodríguez-Kábana (1980), Gallaher et al. (1991) e McSorley & Gallaher (1993).

Além do milho, as cultivares de soja disponíveis no mercado também são suscetíveis à *P. brachyurus*, conforme observado por Koenning & Schmitt (1987), McSorley & Dickson (1989), Ferraz (1995; 1996), Costa &

Ferraz (1998), Johnson et al. (1998), Alves (2008), Inomoto & Asmus (2010) e Inomoto et al. (2011), o que dificulta o manejo deste parasito.

A suscetibilidade destas culturas também já foi evidenciada para outras espécies de *Pratylenchus*. Bélair et al. (2002) compararam a reprodução de *P. penetrans* (Cobb, 1917) Filipjev & Sch. Stekhoven, 1941 em 12 espécies utilizadas para rotação de culturas, em casa de vegetação, no Estado de Québec (Canadá), e observaram que a soja e o milho apresentaram FR de 9,6 e 4,5, respectivamente, comportando-se como hospedeiras favoráveis. Resultados semelhantes foram obtidos por Morgan et al. (2002), quanto à dinâmica populacional e distribuição espacial de *P. penetrans* durante três anos, no sistema de rotação de culturas que incluía batata (*Solanum tuberosum* L.), milho, soja e hortaliças em Coloma (EUA), sendo o milho a cultura que mais elevou a densidade populacional. Outros trabalhos também relatam a patogenicidade de *P. penetrans* em soja (MELAKEBERHAN, 1998) e milho (EVERTS et al., 2006).

Contudo, Inomoto (2010) chama a atenção para os benefícios da inclusão do milho em sistemas de rotação de culturas no manejo de *Meloidogyne* spp. Em estudo desenvolvido na Carolina do Sul (EUA), Fortnum et al. (2001), avaliaram o efeito do cultivo de tabaco (*Nicotiana tabacum* L.) em sucessão ao milho paralelamente ao cultivo contínuo de tabaco durante quatro anos frente à *M. incognita*, *M. javanica* (Treub, 1885) Chitwood, 1949 e *M. arenaria* (Neal, 1889) Chitwood, 1949, obtendo incrementos na produção de tabaco da ordem de 1.489 kg ha⁻¹, corroborando o trabalho de Fortnum & Currin (1993).

Resultados promissores também foram obtidos por Johnson et al. (1999a,b), em Tifton (Geórgia), durante dois anos de rotação milho/abóbora (*Cucurbita pepo* L. var. *melopepo*), com redução de 65,5% de J2 de *M. incognita* no solo e incremento de cerca de 7,5 t ha na produção de abóbora e aumento no rendimento de amendoim (*Arachys hipogea* L.) de até 33%, após dois anos de cultivo milho em relação ao monocultivo, em áreas infestadas por *M. arenaria*.

Em outro experimento de rotação, conduzido entre 2002 e 2007 em campos de produção de algodão infestados com *M. incognita* no Condado de Lenoir (Carolina do Norte, EUA), observou-se que a introdução de milho (2003

e 2005), elevou o rendimento de fibra de algodão na safra de 2007 em aproximadamente 300 kg ha⁻¹ e, quando incluída uma cultivar de soja resistente à *M. incognita* (2003 e 2006) e milho (2004), o incremento foi cerca de 440 kg ha⁻¹ superior ao cultivo contínuo de algodão (KOENNING & EDMISTEN, 2008).

2.3 ADUBOS VERDES NO MANEJO DE FITONEMATOIDES

Com uma agricultura voltada ao manejo sustentável do solo, tem-se intensificado o emprego de práticas conservacionistas (GROSS et al., 2006). Entre essas, destaca-se a adubação verde, reconhecida como uma ferramenta importante na melhoria das condições químicas, físicas e biológicas do solo (FARIA et al., 2007). Seus múltiplos efeitos têm sido constatados na proteção do solo, pela redução das perdas por erosão (ALVARENGA et al., 1995), o que proporciona incremento nos teores de matéria orgânica, aumento da capacidade de troca catiônica (FARIA et al., 2004), ciclagem e mobilização de nutrientes das camadas mais profundas para a superfície (ALCÂNTARA et al., 2000). Outros atributos são relacionados ao controle de plantas daninhas (SEVERINO & CHRISTOFFOLETI, 2001), redução dos problemas de compactação em função do aumento da macroporosidade, porosidade total, bem como a redução da densidade do solo, pela cobertura do solo (ARGENTON et al., 2005) e pela alelopatia (TEIXEIRA et al., 2004).

Entre as espécies empregadas na adubação verde, as da família Fabaceae, também conhecidas como leguminosas, se destacam por formarem associações simbióticas com bactérias fixadoras de N₂, resultando no aporte de quantidades expressivas deste nutriente ao sistema solo-planta (PERIN et al., 2003), contribuindo com a nutrição das culturas subsequentes (ANDREOLA et al., 2000). Entretanto, outra vantagem é atribuída ao uso de adubos verdes: o manejo de fitonematoides, por atuarem como não hospedeiras ou apresentarem efeito antagônico, como as crotalárias, mucunas (FREITAS, 2006; CUNHA et al., 2010), feijão de porco (*C. ensiformis* DC.) (FERRAZ et al., 2010; OBICI et al., 2011a) e guandu (*Cajanus cajan* (L.) Millsp.) (FERRAZ et al., 2010; SANTANA et al., 2010).

Segundo Wutke et al. (2007), as principais espécies de adubos verdes de primavera/verão, particularmente para as regiões Sul, Sudeste e Centro-oeste do Brasil são: crotalárias (*Crotalaria juncea* L. e *C. spectabilis* Roth), guandu, mucuna-preta, feijão de porco, milheto e sorgo. Para a estação outono/inverno, citam-se: aveia preta, azevém (*Lolium multiflorum* Lam.), ervilhaca e nabo forrageiro (*Raphanus sativus* L. var. *oleiferus* Metzg.).

Porém, no Brasil, os adubos verdes, por serem cultivados principalmente na primavera e no verão, dificultam o cultivo subsequente de culturas anuais de interesse comercial no mesmo ano. Por essa razão, e pelo aumento da oferta de adubos nitrogenados sintéticos, seu uso tem decrescido nas últimas décadas (INOMOTO et al., 2006a).

No entanto, os adubos verdes, em especial os que apresentam efeito antagônico, destacam-se entre as práticas alternativas para o manejo de fitonematoides, podendo ser empregadas em esquemas de rotação de culturas, cultivo consórcio ou como cobertura vegetal (INOMOTO et al., 2006a; INOMOTO et al., 2008).

No estudo da reação de seis adubos verdes frente a *M. javanica* e *P. brachyurus*, Inomoto et al. (2006a) observaram que guandu anão cv. Iapar 43, *C. breviflora* DC., *C. spectabilis* e mucuna-preta reduziram ambas as populações, exceto mucuna-preta para a população de *P. brachyurus*. O efeito de guandu sobre a população de fitonematoides também foi observada por outros pesquisadores para *M. javanica* (ASMUS & FERRAZ, 1988; COSTA & FERRAZ, 1990), *M. incognita* (REDDI, 1983; HAROON & ABADIR, 1989), *P. penetrans* (HAROON & ABADIR, 1989) e *H. glycines* (VALLE et al., 1996).

Resultados semelhantes foram obtidos por Santana (2011), trabalhando com solos naturalmente infestados na região Noroeste do Estado do Paraná (dois de textura arenosa e um argiloso), com redução significativa da população de *P. zae* após 60 ou 110 dias de cultivo com guandu cv. Caqui, independentemente da textura do solo, com FR máximo de 0,16, enquanto a testemunha apresentou valor superior a 5,50.

A resistência de guandu à *P. zae* também foi reportada por Jones & Hillocks (1995) em trabalho realizado no Malawi, na África Oriental. Porém, é importante salientar que outras espécies de nematoides de lesões radiculares, como *P. brachyurus*, podem se reproduzir em cultivares de guandu, como

observado por Inomoto et al. (2006a) para a cultivar Fava Larga, a qual se mostrou suscetível ao fitonematoide, com FR igual a 1,57. Em experimentos conduzidos por Thakar & Yadav (1986), com cultivares de guandu suscetíveis e resistentes a *R. reniformis*, os autores observaram que a resistência das cultivares estava relacionada ao maior conteúdo de fenóis presentes em seus tecidos.

Outra espécie leguminosa com larga distribuição no Brasil e demais países tropicais é o feijão de porco, planta rústica, com eficiente desenvolvimento vegetativo e adaptada às condições de baixa fertilidade e elevadas temperaturas (PEREIRA et al., 1992). Avaliando o efeito da suplementação do solo com sementes trituradas de feijão de porco sobre *M. incognita* raça 1 em tomateiro (*Solanum lycopersicon* L.), Silva et al. (2002) relataram que o índice de galhas e de massa de ovos foram reduzidos em 48% e 64%, respectivamente, com a aplicação de 10 g de sementes trituradas por kg de solo. Carneiro et al. (1998) estudando o efeito de 23 espécies vegetais, adaptadas à região sul do Brasil, quanto ao grau de resistência/suscetibilidade frente a três espécies de fitonematoides em pomares de pessegueiro, destacaram o feijão de porco como hospedeiro pouco favorável (FR<1).

Obici et al. (2011b), trabalhando com solos de áreas canavieiras verificaram que feijão de porco foi eficiente no controle da população de *P. zaeae*, com atividade pronunciada não apenas na redução do FR, mas também pelo efeito na cultura subsequente, corroborando os resultados anteriormente obtidos para a cultura do milho (ARIM et al., 2006), no qual, além de reduzir a população de *P. zaeae*, o feijão de porco aumentou significativamente a produção de grãos tanto em casa de vegetação, como no campo. Vale ressaltar que em outros trabalhos o feijão de porco também controlou os nematoides das galhas (MORRIS & WALKER, 2002; SANTOS et al., 2009) e comportou-se como não hospedeiro de *Pratylenchus neglectus* (Rensch, 1924) Filipjev & Sch. Stekhoven, 1941 (AL-REHIAYANI & HAFEZ, 1998).

Espécies de crotalária também são importantes antagonistas de fitonematoides. Silveira & Rava (2004) obtiveram resultados satisfatórios no controle de fitonematoides, especialmente do gênero *Pratylenchus*, por meio da adição de 13 t ha⁻¹ de palhada de *C. spectabilis*, sessenta dias antes da

semeadura do feijoeiro comum. Este benefício já havia sido observado por Rodríguez-Kábana et al. (1992) que, trabalhando com solo naturalmente infestado, constataram que *C. spectabilis* suprimiu populações de *M. arenaria*. Villar & Zavaleta-Mejia (1990) relataram, em dois experimentos em casa de vegetação, que a incorporação de resíduos de *Crotalaria longirostrata* Hook. & Arn. ao solo foi suficiente para reduzir as galhas em raízes de tomate causadas por *M. incognita* e *M. arenaria*.

Estudos recentes também apontaram resultados contundentes em relação ao cultivo de *C. spectabilis* sobre a população de *Pratylenchus* spp., como relatado por Santana (2011) sobre *P. zaeae*, tendo FR variado de 0,01 a 0,15, após 60 ou 110 dias de cultivo e, por Inomoto et al. (2006a), frente a *P. brachyurus*, com FR igual a 0,16. De acordo com Lordello (1984), já em 1940, Barrons demonstrou que juvenis de *Meloidogyne* penetram nas raízes de *C. spectabilis*, mas não sobreviviam.

Durante o estudo do potencial de 15 espécies de gramíneas forrageiras em controlar populações isoladas e mistas de nematoides, compostas por *H. glycines*, *M. incognita* e *M. javanica*, Dias-Arieira et al. (2003a,b), observaram que *Brachiaria brizantha* (Hochst) Stapf, *Brachiaria decumbens* Stapf, *Andropogon gayanus* Kunth cv. Planaltina e as cultivares de *Panicum maximum* Jacq. foram as que apresentaram resultados mais promissores. No entanto, sabe-se que gramíneas forrageiras podem promover a reprodução de alguns fitonematoides, dentre eles *Pratylenchus* spp., como verificado na reação de gramíneas forrageiras a *P. brachyurs*, onde o milho apresentou hospedabilidade superior à observada para as demais gramíneas forrageiras, com média de 8.317 nematoides por sistema radicular e FR igual a 5,9 (DIAS-ARIEIRA et al., 2009).

No entanto, as pesquisas visando o manejo de fitonematoides por meio do emprego de adubos verdes concentram-se principalmente no cultivo de espécies de primavera/verão e, os poucos trabalhos sobre adubos verdes de inverno, se restringem a gramíneas, como aveias frente à *Meloidogyne* spp. (VIAENE & ABAWI, 1998; WANG et al., 2004; BORGES et al., 2009; DUPONT et al., 2009; LIMA et al., 2009).

Estudando a reprodução das raças 1, 2 e 4 de *M. incognita* em 52 espécies de plantas utilizadas como adubo verde, Silva & Carneiro (1992)

observaram que, sessenta dias após a inoculação, chícharo (*Lathyrus sativus* L.) multiplicou todas as raças em estudo, corroborando os resultados relatados por Rumbaugh & Griffin (1992) para *M. hapla*.

Quanto à reação de nabo forrageiro a espécies de *Meloidogyne*, alguns trabalhos reportam esta brássica como inume/resistente a *M. incognita* e *M. javanica* (SILVA & CARNEIRO, 1992; CARNEIRO et al., 1998) e, resistente a *M. arenaria* (PATTISON et al., 2006) e *Meloidogyne ethiopica* Whitehead, 1968 (LIMA et al., 2009).

Em relação ao emprego de ervilhaca comum para o manejo de fitonematoides, os resultados encontrados na literatura são semelhantes aos relatados para nabo forrageiro, atuando como espécie resistente a *M. incognita* raças 1 e 4 (SILVA & CARNEIRO, 1992), inume para *M. arenaria* e *H. glycines* (MOSJIDIS et al., 1994), porém suscetível a *R. reniformis* (GUERTAL et al., 1998).

Apesar do efeito antagônico comprovado de diversas espécies utilizadas em cobertura, poucos trabalhos têm sido realizados objetivando avaliar a atividade de plantas cultivadas como cobertura durante o inverno para o manejo de fitonematoides, em particular, do gênero *Pratylenchus*, principalmente em solos arenosos, os quais são mais favoráveis ao nematoide, como na região do Arenito Caiuá, Noroeste do Estado do Paraná.

3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALCÂNTARA, F. A.; FURTINI NETO, A. E.; PAULA, M. B.; MESQUITA, A.; MUNIZ, J. A. Adubação verde na recuperação da fertilidade de um Latossolo Vermelho-Escuro degradado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 2, p. 277-288, 2000.

AL-REHIAYANI, S.; HAFEZ, S. Host status and green manure effect of selected crops on *Meloidogyne chitwoodi* race 2 and *Pratylenchus neglectus*. **Nematropica**, Auburn, v. 28, n. 2, p. 213-230, 1998.

ALVARENGA, R. C.; COSTA, L. M.; MOURA FILHO, W.; REGAZZI, A. J. Características de alguns adubos verdes de interesse para a conservação e recuperação de solos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 30, n. 2, p. 175-185, 1995.

ALVES, T. C. U. **Reação de cultivares de soja ao nematoide das lesões radiculares *Pratylenchus brachyurus***. 2008. 41 f. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical) - Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2008.

ANDREOLA, F.; COSTA, L. M.; OLSZEWSKI, N.; JUCKSCH, I. A cobertura vegetal de inverno e a adubação orgânica e, ou, mineral influenciando a sucessão feijão/milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 24, n. 4, p. 867-874, 2000.

ARGENTON, J.; ALBUQUERQUE, J. A.; BAYER, C.; WILDNER, L. P. Comportamento de atributos relacionados com a forma da estrutura de Latossolo Vermelho sob sistemas de preparo e plantas de cobertura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 29, n. 3, p. 425-435, 2005.

ARIM, O. J.; WACEKE, J. W.; WAUDO, S. W.; KIMENJU, J. W. Effects of *Canavalia ensiformis* and *Mucuna pruriens* intercrops on *Pratylenchus zaei* damage and yield of maize in subsistence agriculture. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 284, n. 1, p. 243-251, 2006. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1007/s11104-006-0053-9>>.

ASMUS, R. M. F.; FERRAZ, S. Antagonismo de algumas espécies vegetais, principalmente leguminosas, à *Meloidogyne javanica*. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 13, n. 1, p. 20-24, 1988.

BÉLAIR, G.; FOURNIER, Y.; DAUPHINAIS, N.; DANGI, O. P. Reproduction of *Pratylenchus penetrans* on various rotation crops in Québec. **Phytoprotection**, Quebec, v. 83, n. 2, p. 111-114, 2002. Disponível em: <<http://id.erudit.org/iderudit/706233ar>>.

BERGESON, G. N. Control of the lesion nematode (*Pratylenchus* spp.) in corn with carbofuran. **Plant Disease Reporter**, St. Paul, v. 62, n. 4, p. 295-297, 1978.

BORGES, D. C.; ANTEDOMÊNICO, S. R.; SANTOS, V. P.; INOMOTO, M. M. Reação de genótipos de *Avena* spp. a *Meloidogyne incognita* raça 4. **Tropical Plant Pathology**, Brasília, v. 34, n. 1, p. 24-28, 2009. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S1982-56762009000100004>>.

BORGES, D. C.; MACHADO, A. C. Z.; INOMOTO, M. M. Reação de aveias a *Pratylenchus brachyurus*. **Tropical Plant Pathology**, Brasília v. 35, n. 3, p. 178-181, 2010. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S1982-56762010000300007>>.

BORTOLINI, C. G.; SILVA, P. R. F.; ARGENTA, G. Sistemas consorciados de aveia preta e ervilhaca comum como cobertura de solo e seus efeitos na cultura do milho em sucessão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 24, n. 4, p. 897-903, 2000.

BRANDT, E. A.; SOUZA, L. C. F.; VITORINO, A. C. T.; MARCHETTI, M. E. Desempenho agrônômico de soja em função da sucessão de culturas em sistema de plantio direto. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 30, n. 5, p. 869-874, 2006. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542006000500007>>.

CARNEIRO, R. M. D. G.; CARVALHO, F. L. C.; KULCZYNSKI, S. M. Seleção de plantas para o controle de *Mesocriconema xenoplax* e *Meloidogyne* spp. através da Rotação de Culturas. **Nematologia Brasileira**, Brasília, v. 22, n. 2, p. 41-48, 1998.

CASELA, C. R.; FERREIRA, A. S.; PINTO, N. F. J. A. **Doenças na cultura do milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2006. 14 p. (Circular Técnica, 83).

CASTILLO, P.; VOVLAS, N. ***Pratylenchus* (Nematoda: Pratylenchidae): diagnosis, biology, pathogenicity and management**. Leiden: Brill, 2007. 529 p.

CHEN, P.; TSAY, T. T. Effect of crop rotation on *Meloidogyne* spp. and *Pratylenchus* spp. populations in strawberry fields in Taiwan. **Journal of Nematology**, Marceline, v. 38, n. 3, p. 339-344, 2006.

CIB. CONSELHO DE INFORMAÇÃO SOBRE BIOTECNOLOGIA. **Guia do milho: tecnologia do campo à mesa**. 2010. 16 p.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento de safra brasileira: grãos, primeiro levantamento, outubro/2011**. Brasília: Conab, 2011. 38 p.

COSTA, D. C.; FERRAZ, S. Avaliação da resistência de cultivares e linhagens de soja a *Pratylenchus brachyurus*. **Anais das Escolas de Agronomia e Veterinária**, Goiânia, v. 28, n. 2, p. 67-76, 1998.

COSTA, D. C.; FERRAZ, S. Avaliação do efeito antagônico de algumas plantas, principalmente de inverno, à *Meloidogyne javanica*. **Nematologia Brasileira**, Brasília, v. 14, p. 61-70, 1990.

COYNE, D. L.; NICOL, J. M.; CLAUDIUS-COLE, B. **Nematologia prática**: um guia de campo e de laboratório. SP-IPM Secretariat, International Institute of Tropical Agriculture (IITA), Cotonou, Benin, 2007. 83 p.

CUNHA, T. P. L.; SANTANA, S. M.; DIAS-ARIEIRA, C. R.; BIELA, F.; CHIAMOLERA, F. M.; PUERARI, H. H.; OBICI, L. V. Mucuna, crotalária e feijão-guandu no controle de nematoides em cana-de-açúcar em diferentes tipos de solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FITOPATOLOGIA, 43., 2010, Cuiabá. **Tropical Plant Pathology**, Brasília: Brazilian Phytopathological Society, v. 35 (Suplemento), p. S24-S24, 2010.

DIAS-ARIEIRA, C. R.; FERRAZ, S.; FREITAS, L. G.; MIZOBUTSI, E. H. Avaliação de gramíneas forrageiras para o controle de *Meloidogyne incognita* e *M. javanica* (Nematoda). **Acta Scientiarum-Agronomy**, Maringá, v. 25, n. 2, p. 473-477, 2003a.

DIAS-ARIEIRA, C. R.; FERRAZ, S.; MIZOBUTSI, E. H.; FREITAS, L. G. Eficiência de gramíneas forrageiras no controle de *Heterodera glycines* e de populações compostas por *H. glycines* e *Meloidogyne* spp. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 29, n. 1, p. 7-15, 2003b.

DIAS-ARIEIRA, C. R.; FERRAZ, S.; RIBEIRO, R. C. F. Reação de gramíneas forrageiras a *Pratylenchus brachyurus*. **Nematologia Brasileira**, Piracicaba, v. 33, n. 1, p. 90-93, 2009.

DINARDO-MIRANDA, L. L. Nematoides e pragas de solo em cana-de-açúcar. **Encarte Técnico Potafós**, Piracicaba, v. 110, p. 25-32, 2005.

DONG, L. Q.; ZHANG, K. Q. Microbial control of plant-parasitic nematodes: a five-party interaction. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 288, n. 1, p. 31-45, 2006. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1007/s11104-006-9009-3>>.

DUPONT, S. T.; FERRIS, H.; VAN HORN, M. Effects of cover crop quality and quantity on nematode-based soil food webs and nutrient cycling. **Applied Soil Ecology**, Amsterdam, v. 41, n. 2, p. 157-167, 2009. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.apsoil.2008.10.004>>.

EGUNJOBI, O. A. Nematodes and maize growth in Nigeria. 1. Population dynamics of *Pratylenchus brachyurus* in and about the roots of maize and its effects on maize production at Ibadan. **Nematologica**, Leiden, v. 20, n. 2, p. 181-186, 1974. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1163/187529274X00159>>.

EVERTS, K. L.; SARDANELLI, S.; KRATOCHVIL, R. J.; ARMENTROUT, D. K.; GALLAGHER, L. E. Root-knot and root-lesion nematode suppression by cover crops, poultry litter, and poultry litter compost. **Plant Disease**, St. Paul, v. 90, n. 4, p. 487-492, 2006. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1094/PD-90-0487>>.

FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. **Produção de milho**. 2 ed. Guaíba: Agropecuária, 2004. 360 p.

FAO. FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **Production: Crops**. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/>>. Acesso em: 20 out. 2011.

FARIA, C. M. B.; COSTA, N. D.; FARIA, A. F. Atributos químicos de um Argissolo e rendimento de melão mediante o uso de adubos verdes, calagem e adubação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, n. 2, p. 299-307, 2007.

FARIA, C. M. B.; SOARES, J. M.; LEÃO, P. C. S. Adubação verde com leguminosas em videira no Submédio São Francisco. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 28, n. 4, p. 641-648, 2004.

FERRAZ, L. C. C. B. Gênero *Pratylenchus*: os nematoides das lesões radiculares. **Revisão Anual de Patologia de Plantas**, Passo Fundo, v. 7, p. 157-195, 1999.

FERRAZ, L. C. C. B. Patogenicidade de *Pratylenchus brachyurus* a três cultivares de soja. **Nematologia Brasileira**, Brasília, v. 19, n. 1, p. 1-8, 1995.

FERRAZ, L. C. C. B. Reação de cultivares de soja a *Pratylenchus brachyurus*. **Nematologia Brasileira**, Brasília, v. 20, n. 1, p. 22-31, 1996.

FERRAZ, L. C. C. B.; MONTEIRO, A. R. Nematoides. In: BERGAMIN FILHO, A.; KIMATI, H.; AMORIM, L. **Manual de Fitopatologia: princípios e conceitos**. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, v. 1, 1995. p. 168-201.

FERRAZ, S.; FREITAS, L. G.; LOPES, E. A.; DIAS-ARIEIRA, C. R. **Manejo sustentável de fitonematoides**. Viçosa: UFV, 2010. 306 p.

FORNASIERI FILHO, D. **Manual da cultura do milho**. Jaboticabal: Funep, 2007. 576 p.

FORTNUM, B. A.; CURRIN, R. E. Crop rotation and nematicide effects on the frequency of *Meloidogyne* spp. in a mixed population. **Phytopathology**, St. Paul, v. 83, n. 3, p. 350-355, 1993.

FORTNUM, B. A.; LEWIS, S. A.; JOHNSON, A. W. Crop rotation and nematicides for management of mixed populations of *Meloidogyne* spp. on tobacco. **Journal of Nematology**, Marceline, v. 33, n. 4S, p. 318-324, 2001.

FREITAS, L. G. Manejo sustentável de Fitonematoides. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 31 (Suplemento), p. 29-30, 2006.

GALINAT, W. C. The origin of corn. In: SPRAGUE, G. F.; DUDLEY, J. W. (ed.). **Corn and corn improvement**, 3. ed. Madison: American Society of Agronomy, 1988. p. 1-31.

GALLAHER, R. N.; MCSORLEY, R.; DICKSON, D. W. Nematode densities associated with corn and sorghum cropping systems in Florida. **Journal of Nematology**, Marceline, v. 23, n. 4S, p. 668-672, 1991.

GARCIA, R. N.; FORNASIERI FILHO, D.; BOLDIERI, F. M.; CAZETTA, D. A.; ROSSATO JÚNIOR, J. A. S.; MARCHIORI, R. V. Influência das culturas de cobertura morta e de nitrogênio sobre componentes produtivos do feijoeiro de inverno em sucessão ao milho. **Científica**, Jaboticabal, v. 34, n. 1, p. 115-122, 2006.

GOLOUBINOFF, P.; PÄÄBO, S.; WILSON, A. C. Evolution of maize inferred from sequence diversity of an Adh2 gene segment from archaeological specimens. **Proceedings of the National Academy Sciences**, Washington, DC, v. 90, p. 1997-2001, 1993.

GOULART, A. M. C. **Aspectos gerais sobre nematoides das lesões radiculares (gênero *Pratylenchus*)**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2008. 30 p. (Documentos 219).

GROSS, M. R.; VON PINHO, R. G.; BRITO, A. H. Adubação nitrogenada, densidade de semeadura e espaçamento entre fileiras na cultura do milho em sistema plantio direto. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 30, n. 3, p. 387-393, 2006. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542006000300001>>.

GUERTAL, E. A.; SIKORA, E. J.; HAGAN, A. K.; RODRÍGUEZ-KÁBANA, R. Effect of winter cover crops on populations of southern root-knot and reniform nematodes. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v. 70, n. 1, p. 1-6, 1998. Disponível em: <[http://dx.doi.org/10.1016/S0167-8809\(97\)00105-9](http://dx.doi.org/10.1016/S0167-8809(97)00105-9)>.

HAROON, S. A.; ABADIR, S. H. The effect of four summer legume cover crops on the population level of *Meloidogyne incognita*, *Pratylenchus penetrans* and *Trichodorus christiei*. **Assiut Journal of Agricultural Sciences**, Assiut, v. 20, n. 2, p. 25-35, 1989.

INGRAM, E. G.; RODRÍGUEZ-KÁBANA, R. Nematodes parasitic on peanuts in Alabama and evaluation of methods for detection and study of population dynamics. **Nematropica**, Auburn, v. 10, n. 1, p. 21-30, 1980.

INOMOTO, M. M. Importância e manejo de *Pratylenchus brachyurus*. **Revista Plantio Direto**, Passo Fundo, n. 108, p. 4-9, 2008b.

INOMOTO, M. M. Nematoides da soja. **Boletim Passarela da Soja**. Luís Eduardo Magalhães, ano 2, n. 2, p. 11, 2010.

INOMOTO, M. M. Nematoides na sucessão milho: cultivo deve ser planejado com cuidado. **Batata Show**, Itapetininga, ano 8, n. 21, p. 36-39, 2008a.

INOMOTO, M. M.; ANTEDOMÊNICO, S. R.; SANTOS, V. P.; SILVA, R. A.; ALMEIDA, G.C. Avaliação em casa de vegetação do uso de sorgo, milheto e crotalária no manejo de *Meloidogyne javanica*. **Tropical Plant Pathology**, Brasília, v. 33, n. 2, p. 125-129, 2008. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S1982-56762008000200006>>.

INOMOTO, M. M.; ASMUS, G. L. Host status of graminaceous cover crops for *Pratylenchus brachyurus*. **Plant Disease**, St. Paul, v. 94, n. 8, p. 1022-1025, 2010. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1094/PDIS-94-8-1022>>.

INOMOTO, M. M.; ASMUS, G. L.; SILVA, R. A.; MACHADO, A. C. Z. **Nematoide**: o inimigo invisível. Syngenta, 2007. 16 p.

INOMOTO, M. M.; MOTTA, L. C. C.; BELUTI, D. B.; MACHADO, A. C. Z. Reação de seis adubos verdes a *Meloidogyne javanica* e *Pratylenchus brachyurus*. **Nematologia Brasileira**, Brasília, v. 30, n. 1, p. 39-44, 2006a.

INOMOTO, M. M.; MOTTA, L. C. C.; MACHADO, A. C. Z.; SAZAKI, C. S. S. Reação de dez coberturas vegetais a *Pratylenchus brachyurus*. **Nematologia Brasileira**, Brasília, v. 30, n. 2, p. 151-157, 2006b.

INOMOTO, M. M.; SIQUEIRA, K. M. S.; MACHADO, A. C. Z. Sucessão de cultura sob pivô central para controle de fitonematoides: variação populacional, patogenicidade e estimativa de perdas. **Tropical Plant Pathology**, Brasília, v. 36, n. 3, p. 178-185, 2011. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S1982-56762011000300006>>.

JOHNSON, A. W.; DOWLER, C. C.; BAKER, S. H.; HANDOO, Z. A. Crop yields and nematode population densities in triticale-cotton and triticale-soybean rotations. **Journal of Nematology**, Marceline, v. 30, n. 3, p. 353-361, 1998.

JOHNSON, A. W.; MINTON, N. A.; BRENNEMAN, T. B.; BURTON, G. W.; CULBREATH, A. K.; GASCHO, G. J.; BAKER, S. H. Bahiagrass, corn, cotton rotations, and pesticides for managing nematodes, diseases, and insects on peanut. **Journal of Nematology**, Marceline, v. 31, n. 2, p. 191-200, 1999b.

JOHNSON, A. W.; SUMNER, D. R.; WINDHAM, G. L. WILLIAMS, W. P. Effects of a resistant corn hybrid and fenamiphos on *Meloidogyne incognita* in a corn-squash rotation. **Journal of Nematology**, Marceline, v. 31, n. 2, p.184-190, 1999a.

JONES, M. L.; HILLOCKS, R. J. Host status for *Pratylenchus zae* of food crops and associated weed species in Malawi. **Afro-Asian Journal of Nematology**, Luton, v. 5, n. 2, p. 120-126, 1995.

KOENNING, S. R.; EDMISTEN, K. L. Rotation with corn and soybean for management of *Meloidogyne incognita* in cotton. **Journal of Nematology**, Marceline, v. 40, n. 4, p. 258-265, 2008.

KOENNING, S. R.; SCHMITT, D. P. Control of *Pratylenchus brachyurus* with selected nonfumigant nematicides on a tolerant and a sensitive soybean cultivar. **Annals of Applied Nematology**, Marceline, v. 1, p. 26-28, 1987.

LIMA, E. A.; MATTOS, J. K.; MOITA, A. W.; CARNEIRO, R. G.; CARNEIRO, M. D. G. R. Host status of different crops for *Meloidogyne ethiopica* control. **Tropical Plant Pathology**, Brasília, v. 34, n. 3, p. 152-157, 2009. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S1982-56762009000300003>>.

- LOOF, P. A. A. The family Pratielchidae Thorne, 1949. In: NICKLE, W. R. **Manual of agricultural nematology**. New York: Marcel Dekker, 1991. p. 363-421.
- LORDELLO, L. G. E. **Nematoides das plantas cultivadas**. 8. ed. São Paulo: Nobel, 1984. 314 p.
- LORDELLO, R. R. A.; LORDELLO, A. I. L.; SAWAZAKI, E. Flutuação e controle de *Pratylenchus* spp. em milho. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 18, n. 2, p. 146-152, 1992.
- LORDELLO, R. R. A.; SAWAZAKI, E.; LORDELLO, A. I. L.; ALOISI SOBRINHO, J. Controle de *Pratylenchus* spp em milho com nematicidas sistêmicos e com torta de mamona. In: REUNIÃO DE NEMATOLOGIA, 7., Brasília. **Nematologia Brasileira**. Piracicaba: Sociedade Brasileira de Nematologia, 1983. p. 241-250.
- MASCARENHAS, H. A. A.; NAGAI, V.; GALLO, P. B.; PEREIRA, J. C. V. N. A.; TANAKA, R. T. Sistemas de rotação de culturas de milho, algodão e soja e seu efeito sobre a produtividade. **Bragantia**, Campinas, v. 52, n. 1, p. 53-61, 1993. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0006-87051993000100007>>.
- MCSORLEY, R.; DICKSON, D. W. Effects and dynamics of a nematode community on soybean. **Journal of Nematology**, Marceline, v. 21, n. 4, p. 490-499, 1989.
- MCSORLEY, R.; GALLAHER, R. N. Population dynamics of plant-parasitic nematodes on cover crops of corn and sorghum. **Journal of Nematology**, Marceline, v. 25, n. 3, p. 446-453, 1993.
- MELAKEBERHAN, H. Pathogenicity of *Pratylenchus penetrans*, *Heterodera glycines*, and *Meloidogyne incognita* on soybean genotypes. **Journal of Nematology**, Marceline, v. 30, n. 1, p. 93-99, 1998.
- MORGAN, G. D.; MACGUIDWIN, A. E.; ZHU, J.; BINNING, L. K. Population dynamics and distribution of root lesion nematode (*Pratylenchus penetrans*) over a three-year potato crop rotation. **Agronomy Journal**, Madison, v. 94, n. 5, p. 1146-1155, 2002. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.2134/agronj2002.1146>>.
- MORRIS, J. B.; WALKER, J. T. Non-traditional legumes as potential soil amendments for nematode control. **Journal of Nematology**, Marceline, v. 34, n. 4, p. 358-361, 2002.
- MOSJIDIS, J. A.; RODRÍGUEZ-KÁBANA, R.; WEAVER, C. F.; KING, P. S. Reaction of nine *Vicia* species to *Meloidogyne arenaria* race 2 and *Heterodera glycines* race 4. **Nematropica**, Auburn, v. 24, n. 1, p. 1-5, 1994.
- NEVES, W. S.; PARRELLA, N. N. L. D.; PARREIRA, D. F. **Nematoides que atacam a cultura do milho**. Viçosa: Virtual Gráfica, 2010. 6 p.

NORTON, D. C.; TOLLEFSON, J.; HINZ, P.; THOMAS, S. H. Corn yield increases relative to non-fumigant chemical control of nematodes. **Journal of Nematology**, Marceline, v. 10, n. 2, p. 160-166, 1978.

OBICI, L. V.; DIAS-ARIEIRA, C. R.; KLOSOWSKI, E. S.; FONTANA, L. F.; ROLDI, M.; SANTANA, S. M. *Canavalia ensiformis*, *Arachis pintoi* e *Stylosanthes* Campo Grande no controle de *Pratylenchus zeae* em solo arenoso de cultivo de cana-de-açúcar. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FITOPATOLOGIA, 44., 2011, Bento Gonçalves. **Tropical Plant Pathology**, Brazilian Phytopathological Society, v. 36 (Suplemento), p. 500-500, 2011a.

OBICI, L. V.; DIAS-ARIEIRA, C. R.; KLOSOWSKI, E. S.; FONTANA, L. F.; CUNHA, T. P. L.; SANTANA, S. M.; BIELA, F. Efeito de plantas leguminosas sobre *Pratylenchus zeae* e *Helicotylenchus dihystera* em solos naturalmente infestados. **Nematropica**, Auburn, v. 41, n. 2, p. 215-222, 2011b.

PATTISON, A. B.; VERSTEEG, C.; AKIEW, S.; KIRKEGAARD, J. Resistance of Brassicaceae plants to root-knot nematode (*Meloidogyne* spp.) in northern Australia. **International Journal of Pest Management**, Colchester, v. 52, n. 1, p. 53-62, 2006. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1080/09670870500424375>>.

PEREIRA, J.; BURLE, M. L.; RESCK, D. V. S. Adubos verdes e sua utilização no cerrado. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO NO CERRADO, Goiânia. **Anais...** Campinas: Fundação Cargil, 1992. p. 140-154.

PEREIRA, O. A. P. Doenças do milho (*Zea mays* L.). In: KIMATI, H.; AMORIM, L.; BERGAMIN FILHO, A.; CAMARGO, L. E. A.; REZENDE, J. A. M. **Manual de Fitopatologia: Doenças das Plantas Cultivadas**. Volume 2. 3. ed. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 1997. p. 500-516.

PERIN, A.; GUERRA, J. G. M.; TEIXEIRA, M. G. Cobertura do solo e acumulação de nutrientes pelo amendoim forrageiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 7, p. 791-796, 2003. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2003000700002>>.

REDDI, C. K. Nitrogen fixation and nematode resistance of 13 tropical legumes. **Dissertation Abstracts International**, Ann Arbor, v. 44, p. 380, 1983.

RIBEIRO, N. R. Nematoides e sua implicação na agricultura. In: **II Ciclo de Palestras da Aprosmat**: Sorriso, Campo Novo do Parecis, Rondonópolis e Canarana. 2008.

RODRÍGUEZ-KÁBANA, R.; PINOCHET, J.; ROBERTSON, D. G.; WELLS, L. Crop rotation studies with velvetbean (*Mucuna deeringiana*) for the management of *Meloidogyne* spp. **Journal of Nematology**, Marceline, v. 24, n. 4S, p. 662-668, 1992.

RUMBAUGH, M. D.; GRIFFIN, G. D. Resistance of *Lathyrus* species and accessions to the northern root-knot nematode, *Meloidogyne hapla*. **Journal of Nematology**, Marceline, v. 24, n. 4S, p. 729-734, 1992.

SANTANA, S. M. **Manejo de nematoides por plantas antagonistas, em solos do noroeste do Paraná, cultivados com cana-de-açúcar e olerícolas.** 2011. 72 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2011.

SANTANA, S. M.; CUNHA, T. P. L.; DIAS-ARIEIRA, C. R.; BIELA, F.; RODRIGUES, D. B.; OBICI, L. V.; FONTANA, L. F.; ROLDI, M. Plantas antagonistas no controle de nematoides em área de cultivo de hortaliças. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FITOPATOLOGIA, 43., 2010, Cuiabá. **Tropical Plant Pathology**, Brazilian Phytopathological Society, v. 35 (Suplemento), p. S5-S5, 2010.

SANTOS, E. S.; LACERDA, J. T.; CARVALHO, R. A.; CASSIMIRO, M. C. Produtividade e controle de nematoides do inhame com plantas antagonistas e resíduos orgânicos. **Tecnologia & Ciência Agropecuária**, João Pessoa, v. 3, n. 1, p. 7-13, 2009.

SAWAZAKI, E.; LORDELLO, A. I. L.; LORDELLO, R. R. A. Herança da resistência de milho a *Pratylenchus* spp. **Bragantia**, Campinas, v. 46, n. 1, p. 27-33, 1987. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0006-87051987000100004>>.

SEVERINO, F. J.; CHRISTOFFOLETI, P. J. Banco de sementes de plantas daninhas em solo cultivado com adubos verdes. **Bragantia**, Campinas, v. 60, n. 3, p. 201-204, 2001. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0006-87052001000300007>>.

SILVA, A. A.; SILVA, P. R. F.; SUHRE, E.; ARGENTA, G.; STRIEDER, M. L.; RAMBO, L. Sistemas de coberturas de solo no inverno e seus efeitos sobre o rendimento de grãos do milho em sucessão. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 37, n. 4, p. 928-935, 2007. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/10183/22258>>.

SILVA, E. E.; POLLI, H.; GUERRA, J. G. M.; AGUIAR-MENEZES, E. L.; RESENDE, A. L. S.; OLIVEIRA, F. L.; RIBEIRO, R. L. D. Sucessão entre cultivos orgânicos de milho e couve consorciados com leguminosas em plantio direto. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 1, p. 57-62, 2011. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0102-05362011000100010>>.

SILVA, G. S.; SOUZA, I. M. R.; CUTRIM, F. A. Efeito da incorporação de sementes trituradas de feijão de porco ao solo sobre o parasitismo de *Meloidogyne incognita* em tomateiro. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 27, n. 4, p. 412-413, 2002. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-41582002000400014>>.

SILVA, J. F. V.; CARNEIRO, R. G. Reação de adubos verdes de verão e de inverno às raças 1, 2 e 4 de *Meloidogyne incognita*. **Nematologia Brasileira**, Brasília, v. 16, n. 1-2, p. 11-18, 1992.

SILVA, M. G.; ARF, O.; ALVES, M. C.; BUZETTI, S. Sucessão de culturas e sua influência nas propriedades físicas do solo e na produtividade do feijoeiro

de inverno irrigado em diferentes sistemas de manejo do solo. **Bragantia**, Campinas, v. 67, n. 2, p. 335-347, 2008. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0006-87052008000200009>>.

SILVEIRA, P. M.; RAVA, C. A. **Utilização de crotalária no controle de nematoides da raiz do feijoeiro**. Santo Antonio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão. 2004. 2 p. (Comunicado Técnico, 74).

STETINA, S. R.; YOUNG, L. D.; PETTIGREW, W. T.; BRUNS, H. A. Effect of corn-cotton rotations on Reniform Nematode populations and crop yield. **Nematropica**, Auburn, v. 37, n. 4, p. 237-248. 2007.

TEIXEIRA, C. M.; ARAÚJO, J. B. S.; CARVALHO, G. J. Potencial alelopático de plantas de cobertura no controle de picão-preto (*Bidens pilosa* L.). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 28, n. 3, p. 691-695, 2004. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542004000300028>>.

THAKAR, N. A.; YADAV, B. S. Role of total phenols in pigeonpea resistance to reniform nematode. **Indian Journal of Nematology**, New Delhi, v. 16, n. 2, p. 261-263, 1986.

TIHOHOD, D. **Guia prático de identificação de fitonematoides**. Jaboticabal: FCAV: FAPESP, 1997. 246 p.

TIMPER, P.; HANNA, W. W. Reproduction of *Belonolaimus longicaudatus*, *Meloidogyne javanica*, *Paratrichodorus minor*, and *Pratylenchus brachyurus* on Pearl Millet (*Pennisetum glaucum*). **Journal of Nematology**, Marceline, v. 37, n. 2, p. 214-219, 2005.

VALLE, L. A. C.; DIAS, W. P.; FERRAZ, S. Reação de algumas espécies vegetais, principalmente leguminosas, ao nematoide de cistos da soja, *Heterodera glycines* Ichinohe. **Nematologia Brasileira**, Brasília, v. 20, n. 2, p. 30-40, 1996.

VERNETTI JUNIOR, F. J.; GOMES, A. S.; FERREIRA, L. H. G. Arroz irrigado em sucessão a milho e soja. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 3; REUNIÃO DA CULTURA DE ARROZ IRRIGADO, 25, 2003, Itajaí. **Anais...** Itajaí: Epagri, v. 1, p. 246-247, 2003.

VERNETTI JUNIOR, F. J.; GOMES, A. S.; SCHUCH, L. O. B. Sustentabilidade de sistemas de rotação e sucessão de culturas em solos de várzea no Sul do Brasil. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 6, p. 1708-1714, 2009. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782009005000112>>.

VIAENE, N. M.; ABAWI, G. S. Fungi parasitic on juveniles and egg masses of *Meloidogyne hapla* in organic soils from New York. **Journal of Nematology**, Marceline, v. 30, n. 4S, p. 632-638, 1998.

VILLAR, E. M. J.; ZAVALETA-MEJÍA, E. Effect of *Crotolaria longirostrata* Hook y Arnott on root galling nematodes (*Meloidogyne* spp.). **Revista Mexicana de Fitopatologia**, Cd. Obregon, v. 8, n. 2, p. 166-172, 1990.

WANG, K. H.; MCSORLEY, R. M.; GALLAHER, R. N. Effect of winter cover crops on nematode population levels in North Florida. **Journal of Nematology**, Marceline, v. 36, n. 4, p. 517-523, 2004.

WUTKE, E. B.; AMBROSANO, E. J.; RAZERA, L. F.; MEDINA, P. F.; CARVALHO, L. H.; KIKUTI, H. **Bancos comunitários de sementes de adubos verdes**: informações técnicas. Brasília: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. 2007. 52 p.

YAGI, R.; FERREIRA, M. E.; CRUZ, M. C. P.; BARBOSA, J. C.; ARAUJO, L. A. N. Soil organic matter as a function of nitrogen fertilization in crop successions. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 62, n. 4, p. 374-380, 2005. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0103-90162005000400011>>.

YORINORI, J. T.; CHARCHAR, M. J. D.; NASSER, L. C. B.; HENNING, A. A. Doenças da soja e seu controle. In: ARANTES, N. E.; SOUZA, P. I. M. **Cultura da soja nos Cerrados**. 1. ed. Piracicaba: POTAFOS, 1993. p. 333-390.

CAPÍTULO I

SUSCETIBILIDADE DE CULTURAS DE INVERNO A *PRATYLENCHUS BRACHYURUS* E ATIVIDADE SOBRE A POPULAÇÃO DE NEMATOIDES NA CULTURA DO MILHO

RESUMO. O trabalho teve como objetivo avaliar a suscetibilidade de culturas de inverno a *Pratylenchus brachyurus* e a atividade sobre a população de fitonematoides na cultura do milho em solo arenoso naturalmente infestado, em área com histórico de cinco anos de sucessão soja/aveia-preta sob sistema de semeadura direta no Noroeste do Paraná. O experimento foi conduzido em faixas, constituído de seis blocos, composto por 16 tratamentos, sendo oito culturas de inverno subdividas por duas fontes de adubação, sendo as médias comparadas pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. Foram coletadas plantas daninhas e 100 cm³ de solo de cada tratamento e suas respectivas repetições, pré-estabelecidas, para determinar a população inicial dos nematoides presentes na área. Em seguida foram semeadas as culturas de inverno. Decorridos 100 dias da semeadura, foram coletadas ao acaso quatro amostras de solo e raiz de cada unidade experimental, cada qual composta por quatro subamostras. Subsequente ao cultivo das espécies invernais foram realizados dois cultivos de milho. Por ocasião do florescimento pleno, nos dois ciclos, foram coletadas quatro amostras de solo e raiz, compostas por quatro subamostras, ao acaso, para extração e posterior contagem dos nematoides. Em condições controladas, a maior reprodução de *P. brachyurus* foi observada para pousio, feijoeiro e chícharo, respectivamente. Em campo observou-se que aveia-preta, nabo forrageiro e o consórcio aveia + nabo forrageiro promoveram o melhor controle de *P. brachyurus*. Menores populações de fitonematoides também foram observadas com aplicação de cama de aves. Após o cultivo de milho safra verão e safrinha houve supressão de *Meloidogyne* spp.

Palavras-chave: aveia-preta, chícharo, ervilhaca, feijoeiro, nabo forrageiro, trigo, manejo, *Pratylenchus brachyurus*, *Helicotylenchus*, *Meloidogyne*.

CROP WINTER SUSCETIBILITY TO *PRATYLENCHUS BRACHYURUS* AND ACTIVITY OVER NEMATODES POPULATION IN MAIZE CROP

ABSTRACT. The work aimed to evaluate the suscetibility of winter crops to *Pratylenchus brachyurus* and the activity over phytonematodes population in maize crop in sandy soil naturally infested, in area characterized by five years with soybean / black oat sucession under direct seeding system in the North western region of Parana State. The experiemnt was conducted in strips, constituted by six blocks, being eight crops winter subdivided into two fertilizers sources, with means compared by Tujej test in 5% probability level. Weeds and 100 cm³ of soil were colected from each treatment and its respectives replications, predetermined, in order to determining inicial population of nematodes presented in the area. In the sequence, winter crops were sown. After 100 days of sowing, four samples of soil and root of each experimental plot were randomly collected, each one composed by four subsamples. Subsequent to the cultivation of winter species, two cultivation with maize were accomplished. On the stage ofcomplete flowering, in both cycles, four samples of soil and root were collected, composed by four subsamples, at random, to extraction, and later nematodes count. Under controlled conditions, the highest reproduction of *P. brachyurus* was observed to lodging, bean and grass pea, respectively. In field conditions it was observed that black oat, fodder radish and consortium oat + fodder radish promoted the Best control for *P. brachyurus*. Inferior populations of phytonematodes were also observed with poultry manure. After maize crop cultivation at summer and off season there was *Meloidogyne* spp. supression.

Key-words: Black oat, grass pea, vetch, common bean, fodder radish, wheat crop, management, *Pratylenchus brachyurus*, *Helicotylenchus*, *Meloidogyne*.

1 INTRODUÇÃO

No Brasil, a cultura do milho (*Zea mays* L.) ocupou na safra 2009/10 uma área de 12,96 milhões de hectares, alcançando produção de 55,97 milhões de toneladas de grãos (CONAB, 2011). Segundo Lordello & Lordello (2011), a expansão e a tecnificação da cultura do milho tem revelado que os nematoides são responsáveis por prejuízos antes atribuídos a outras causas, quando recebiam pouca atenção por parte dos produtores. Atualmente, o conhecimento de problemas fitossanitários ou nutricionais na cultura do milho permite a correta identificação dos fatores limitantes ocorridos no local, dentre eles os nematológicos.

O milho é a principal cultura utilizada em programas de rotação de culturas, especialmente com a soja [*Glycine max* (L.) Merril.], com o objetivo de reduzir o nível populacional dos nematoides das galhas (*Meloidogyne*) (ASMUS et al., 2000), e do nematoide do cisto da soja (*Heterodera glycines* Ichinohe, 1952) (CASELA et al., 2006).

Entretanto, diversos trabalhos têm demonstrado que esta estratégia de manejo possibilitou o aumento de *Pratylenchus brachyurus* (Godfrey, 1929) Filipjev & Sch. Stekhoven, 1941 em diversas áreas (DICKSON & MCSORLEY, 1990; GALLAHER et al., 1991; MCSORLEY & GALLAHER, 1992; INOMOTO, 2010; INOMOTO et al., 2011), figurando entre os nematoides de maior importância econômica na agricultura.

As perdas de produção causadas por nematoides do gênero *Pratylenchus* no milho foram estimadas entre 12 a 38% nos Estados Unidos (TARTÉ & MARTINEZ, 1971; BARKER, 1978), 28,5% na Nigéria (EGUNJOBI, 1974) e 50% no Quênia (KIMENJU et al., 1998).

O controle desses fitonematoides é complexo e requer a adoção de práticas integradas. O uso de cultivares resistentes é visto como uma das melhores estratégias para o manejo de nematoides, no entanto, ainda há carência no mercado de materiais com esta característica genética (DIAS-ARIEIRA & CHIAMOLERA, 2011). Outra importante estratégia para o manejo integrado de nematoides é o tratamento de sementes, porém, os trabalhos com este enfoque ainda são preliminares em relação à cultura do milho. Assim, a rotação de culturas com plantas não-hospedeiras ou antagonistas deve ser

vista como uma das principais alternativas para este fim (FERRAZ et al., 2010), uma vez que, além de promover a redução nas populações destes organismos, contribui para a melhoria das características gerais do solo (ANSELMINI, 2009).

De acordo com Silveira & Rava (2004), algumas leguminosas tropicais, como *Crotalaria spectabilis* Roth, além de controlarem os nematoides, podem também ser utilizadas como adubo verde, pela eficiência na fixação de nitrogênio e reciclagem de nutrientes, melhorando as características químicas, físicas e biológicas do solo (ESPÍNDOLA et al., 2004). Além das crotalárias (WANG et al., 2002), outras espécies são comprovadamente eficazes em controlar a população de fitonematoides, como mucunas (RODRÍGUEZ-KÁBANA et al., 1992; FREITAS, 2006), feijão de porco (*Canavalia ensiformis* DC.) (FERRAZ et al., 2010; OBICI et al., 2011) e guandu (*Cajanus cajan* (L.) Millsp.) (FERRAZ et al., 2010; SANTANA et al., 2010).

Porém, no Brasil, os adubos verdes, por serem cultivados principalmente na primavera e no verão, dificultam o cultivo subsequente de culturas anuais de interesse comercial no mesmo ano (INOMOTO et al., 2006a).

Como alternativa, pode-se empregar culturas de inverno no manejo de fitonematoides, contudo, há uma lacuna de pesquisas avaliando o potencial dessas plantas, especialmente em condições de campo. Assim, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o efeito de culturas de inverno sobre a população de *P. brachyurus* em solo arenoso naturalmente infestado, e os componentes de produção relacionados à produtividade da cultura do milho, em área com histórico de cinco anos de sucessão soja/aveia-preta sob sistema de semeadura direta no Arenito Caiuá, região Noroeste do Estado do Paraná.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido a campo, no período de abril de 2010 a julho de 2011, na Fazenda Experimental da Universidade Estadual de Maringá, em Umuarama, Noroeste do Estado do Paraná, a qual apresenta as seguintes coordenadas geográficas: 23°47' de latitude Sul, 53°18' de longitude Oeste, e altitude média de 430 m. O clima do município de Umuarama, segundo a classificação de Köppen (1948), pertence ao tipo Cfa, subtropical úmido. As condições térmicas locais predominantes são temperaturas médias anuais de 22,1 °C (máxima de 27,7 °C e mínima de 17,8 °C), e precipitação média anual de 1.623 mm (IAPAR, 2011).

De acordo com as normas do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2006), o local do experimento é constituído de ARGISSOLO VERMELHO Distrófico típico, com textura arenosa.

Em virtude da infestação natural do solo por fitonematoides em área com histórico de cinco anos de cultivo da sucessão soja/aveia-preta, o experimento foi instalado em área total de 1.404 m² (65,00 x 21,60 m), conduzido em faixas (Split-Block), constituído de seis blocos, espaçados 1 m. Cada bloco foi composto por 16 tratamentos, sendo oito culturas de inverno subdividas por duas fontes de adubação, formando 96 unidades experimentais de 13,50 m² cada.

Inicialmente, no final do mês de abril de 2010, foi determinada a população inicial (Pi) de fitonematoides, por meio da coleta de solo da área na camada 5-30 cm de profundidade. Cada amostra foi composta por quatro subamostras, provenientes de cada unidade experimental. As amostras foram encaminhadas ao Laboratório de Fitopatologia da Universidade Estadual de Maringá, Câmpus Regional de Umuarama, onde os fitonematoides foram extraídos de 100 cm³ de solo, bem como do sistema radicular de plantas daninhas ocorrentes na área (*Euphorbia heterophylla* L., *Brachiaria decumbens* Stapf, *Cenchrus echinatus* L., *Digitaria horizontalis* Willd., *Rhynchelytrum repens* (Willd.) C.E. Hubb., *Setaria geniculata* P. Beauv., *Bidens pilosa* L. e *Phyllanthus tenellus* Roxb.), seguindo as metodologias de Jenkins (1964) e Hussey & Barker (1973), adaptada por Boneti & Ferraz (1981), respectivamente. Após as extrações, o material obtido foi avaliado sob

microscópio óptico, em lâmina de Peters, determinando-se o gênero e o número médio de espécimes presentes em cada amostra.

Em meados de maio de 2010, procedeu-se o manejo das plantas daninhas presentes na área experimental por meio de capina manual. Posteriormente, foi realizada a semeadura das culturas de inverno que antecederam a cultura do milho no sistema de sucessão. As espécies utilizadas foram: aveia-preta cv. IAPAR 61 Ibiporã (*Avena strigosa* Schieb.), chícharo (*Lathyrus sativus* L.), ervilhaca (*Vicia sativa* L.), feijoeiro comum cv. IPR 139 (*Phaseolus vulgaris* L.), nabo forrageiro cv. IPR 116 (*Raphanus sativus* L. var. *oleiferus* Metzg.) e trigo cv. CD 117 (*Triticum aestivum* L.). Completaram os oito tratamentos o consórcio entre aveia-preta + nabo forrageiro e o tratamento pousio.

Na semeadura realizou-se a adubação com cama de aves e formulado comercial (N-P₂O₅-K₂O), conforme indicação para cada cultura, com base na interpretação da análise química da fertilidade do solo (Tabela 1).

TABELA 1. Caracterização química da camada de 0-20 cm do solo da área experimental, Umuarama, Estado do Paraná, 2010

pH (H ₂ O)	Ca	Mg	Al	P	K	S	H+Al	T	V	M.O.	
1:2,5	---	cmol _c dm ⁻³	---	--	mg dm ⁻³	--	-----	cmol _c dm ⁻³	-----	%	g kg ⁻¹
5,0	1,0	0,4	0,2	3,5	78	1,63	3,17	4,80	34	15	

Ca, Mg, Al = (KCl 1 mol L⁻¹); P, K = (HCl 0,05 mol L⁻¹ + H₂SO₄ 0,025 mol L⁻¹); S = soma de bases; H+Al = acidez potencial (Acetato de cálcio); T = CTC pH 7,0; V = saturação por bases; M.O.= matéria orgânica (Walkley-Black).

Durante o período de permanência das espécies no campo, foram efetuadas duas capinas mecânicas manuais, para o controle de plantas daninhas, exceto no tratamento correspondente ao pousio. Após 100 dias da semeadura, realizou-se a segunda avaliação da população de nematoides, por meio da coleta de quatro amostras de solo e raiz retiradas ao acaso dentro de cada unidade experimental, cada qual composta por quatro subamostras. Vale salientar que, para a extração dos nematoides do sistema radicular, procedeu-se a pesagem de 10 g de raiz de cada amostra composta. Para a extração e contagem dos fitonematoides, seguiu-se as metodologias descritas anteriormente.

Subsequente ao cultivo das espécies invernais foram realizados dois cultivos de milho. A semeadura da primeira e segunda safra ocorreu no início

de outubro de 2010 e fevereiro de 2011, respectivamente, uma semana após a limpeza da área, realizada por meio de roçada tratorizada. O híbrido de milho utilizado foi o DKB 390PRO, espaçado 0,90 m entre fileiras e densidade esperada de 65 mil plantas ha⁻¹.

A adubação de base para as duas safras foi realizada seguindo os mesmos critérios adotados no cultivo das espécies de inverno, baseadas na análise química da fertilidade do solo (Tabela 1), com a aplicação individual de 4.000 kg ha⁻¹ de cama de aves e 650 kg ha⁻¹ do formulado comercial 04-28-16 (N-P₂O₅-K₂O), em seus respectivos tratamentos. As subparcelas em que foi aplicado o formulado comercial receberam a aplicação de nitrogênio (110 kg ha⁻¹) na forma de uréia, em cobertura com três parcelamentos, quando as plantas encontravam-se com três, sete e onze folhas totalmente expandidas, aos 15, 34 e 50 dias após a emergência, respectivamente, ou seja, nos estádios fenológicos V₃, V₇ e V₁₁, de acordo com a escala proposta por Ritchie & Hanway (1993). Após cada aplicação de uréia, a área experimental foi irrigada, a fim de minimizar as perdas de nitrogênio por volatilização. Esta adubação foi calculada com a expectativa de rendimento de 8 t ha⁻¹ de grãos (COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO - RS/SC, 2004).

O manejo de plantas daninhas foi efetuado com duas capinas mecânicas manuais, aos 18 e 39 dias após a emergência, até o momento em que o dossel foliar das plantas de milho interceptou quase que totalmente a radiação solar do local. Não se realizou o controle de insetos-praga e doenças durante os dois ciclos de cultivo do milho. Durante o período de execução do experimento, as plantas foram irrigadas por sistema de aspersão nos períodos de déficit hídrico.

Por ocasião do florescimento pleno, nos dois ciclos, foram coletadas quatro amostras de solo e raiz, compostas por quatro subamostras, ao acaso, para extração dos nematoides, seguindo as metodologias já citadas.

Em agosto de 2011, foi instalado em casa de vegetação um experimento para avaliar a reação das culturas que foram utilizadas no campo frente a *P. brachyurus*, em solo naturalmente infestado. Inicialmente procedeu-se a semeadura do milho, que, após sua emergência, foi mantido por 60 dias em vasos com capacidade de 1 L, possibilitando a multiplicação dos nematoides. Posteriormente, determinou-se a população inicial e realizou-se a

semeadura das culturas de inverno e do milho, utilizado como testemunha, permanecendo por 60 dias após a emergência. Em seguida, a parte aérea foi descartada e retirou-se, de cada vaso, 100 cm³ de solo, bem como um sistema radicular, os quais foram submetidos às metodologias já mencionadas, para determinar a população dos fitonematoides.

Os valores correspondentes à população inicial (Pi) e final (Pf), obtidos antes e após o cultivo das espécies de inverno, foram plotados na fórmula $FR = (Pf/Pi)$, onde FR corresponde ao fator de reprodução dos fitonematoides numa determinada planta (OOSTENBRINK, 1966).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste F e as médias dos tratamentos comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, por meio do programa estatístico Agroestat (BARBOSA & MALDONADO JUNIOR, 2011).

3 RESULTADOS

A avaliação da população inicial de *P. brachyurus* no solo mostrou-se homogênea, quando analisada entre as culturas de inverno, porém, apresentou-se estatisticamente diferente quanto às fontes de adubação e interação culturas de inverno x fontes de adubação, como apresentado na Tabela 2. No entanto, não se procedeu ao desdobramento dessa interação, pelo fato deste ser o levantamento inicial da população do nematoide, não havendo efeito das culturas de inverno ou das fontes de adubação, já que estes fatores não estavam presentes, sendo incluídos junto às culturas de inverno.

TABELA 2. População inicial (Pi) de *Pratylenchus brachyurus* no solo da área experimental; população do fitonematoide no florescimento das culturas de inverno (Ci), milho verão (Mv) e safrinha (Ms) no município de Umuarama, Estado do Paraná, no ano agrícola 2010/2011

Culturas de inverno (CI)	Pi (‡)	Ci (‡)	Mv (‡)	Ms (‡)
Aveia + nabo forrageiro	715 a	32 a	12 a	246 bc
Aveia-preta	617 a	9 a	12 a	177 bc
Chícharo	473 a	58 a	17 a	296 bc
Ervilhaca	255 a	39 a	18 a	262 bc
Feijoeiro	513 a	48 a	20 a	292 abc
Nabo forrageiro	370 a	36 a	28 a	108 c
Pousio	713 a	9 a	24 a	532 ab
Trigo	765 a	52 a	21 a	931 a
Teste F	0,64 ^{ns}	1,21 ^{ns}	1,66 ^{ns}	6,42 ^{**}
C. V. (%)	39,24	55,86	25,69	14,17
Fontes de adubação (FA)				
Orgânica	525 b	33,8 b	22,4 a	364,3 a
Química	581 a	37,1 a	15,2 a	346,9 a
Teste F	706,52 ^{**}	39,02 ^{**}	1,72 ^{ns}	0,34 ^{ns}
C. V. (%)	0,30	1,25	42,89	16,85
Teste F (CI x FA)	132,64 ^{**}	9,45 ^{**}	0,56 ^{ns}	0,84 ^{ns}
C. V. (%)	0,28	1,28	32,17	11,69

(‡) Dados originais; para análise, os dados foram transformados para $\log(x+5)$. Médias seguidas de mesma letra na coluna para cada fator, não diferem entre si, pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. C. V.: coeficiente de variação (%); ** e n.s. = significativo a 1% e não significativo a 5% de probabilidade, respectivamente.

Na avaliação realizada no florescimento das culturas de inverno (Tabela 2), notou-se que a população do referido patógeno, apresentou o mesmo comportamento observado junto à população inicial, enquanto que, no

milho safra verão, não foi observado efeito significativo em nenhum dos fatores analisados.

Os resultados obtidos durante o cultivo do milho safrinha pronunciaram o efeito das culturas de inverno sobre a população de *P. brachyurus*, com destaque para o tratamento antecedido por nabo forrageiro, que apresentou a menor população do referido nematoide, com 108 juvenis, enquanto que as sucessões com pousio ou trigo apresentaram as populações mais elevadas, com 532 e 931 juvenis, respectivamente.

Ainda para a população de *P. brachyurus* no solo, após o cultivo das espécies de inverno, verificou-se que houve diferença significativa (Tabela 3) apenas para as fontes de adubação dentro das culturas de inverno, exceto para aveia-preta e pousio, quando realizado o desdobramento da interação culturas de inverno x fontes de adubação. Já os tratamentos que diferiram em si, apenas em aveia + nabo forrageiro a adubação química apresentou menor população, sendo que, nos demais tratamentos, a adubação orgânica mostrou-se mais eficiente.

TABELA 3. Desdobramento da interação significativa culturas de inverno x fontes de adubação referente à população de *Pratylenchus brachyurus* no solo da área experimental no florescimento pleno das espécies de inverno no ano agrícola 2010/2011. Umuarama, Estado do Paraná, 2011

Culturas de inverno (CI)	Fontes		Teste F
	Orgânica ^(#)	Química ^(#)	
Aveia + nabo forrageiro	34 a A	31 a B	10,31**
Aveia-preta	8 a A	9 a A	2,73 ^{ns}
Chícharo	56 a B	60 a A	4,83*
Ervilhaca	38 a B	40 a A	4,23*
Feijoeiro	46 a B	50 a A	5,45*
Nabo forrageiro	34 a B	39 a A	7,16*
Pousio	8 a A	10 a A	1,95 ^{ns}
Trigo	52 a B	58 a A	67,30**
Teste F	1,16 ^{ns}	1,27 ^{ns}	

^(#) Dados originais; para análise, os dados foram transformados para $\log(x+5)$. Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si, pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. **, * e n.s. = significativo 1%, 5% e não significativo a 5% de probabilidade, respectivamente.

Como observado na população de nematoides no solo, a análise da população inicial de *P. brachyurus* no sistema radicular de plantas daninhas presentes na área experimental (Tabela 4), inferiu que as parcelas que

receberam as culturas de inverno apresentaram homogeneidade quanto à população do patógeno. Ainda que o teste F tenha apontado diferença significativa para as fontes de adubação, em relação às culturas de inverno, tendo a adubação orgânica apresentado menor população do fitonematoide quando comparada com a adubação química, como na população inicial de *P. brachyurus* no solo, não se procedeu ao desdobramento da interação culturas de inverno x fontes de adubação, pois os tratamentos não haviam sido aplicados em suas respectivas parcelas, portanto, não havendo efeito dos mesmos.

Durante o cultivo das culturas de inverno e do milho safra verão não foi observado diferença significativa entre os tratamentos, exceto para o milho safra verão cultivado em sucessão às culturas de inverno, onde o tratamento antecedido por chicharo apresentou, aproximadamente, 1.500 espécimes de *P. brachyurus* a menos que a sucessão com ervilhaca.

Durante o ciclo do milho safrinha foi observado efeito significativo somente para as fontes de adubação frente à população do nematoide, tendo a fonte orgânica apresentado população cerca de 40% menor que a observada nos tratamentos que receberam adubação proveniente de fonte química.

No experimento conduzido em casa de vegetação, todas as culturas avaliadas mostraram-se suscetíveis à *P. brachyurus*, porém, os tratamentos aveia + nabo forrageiro, nabo forrageiro e aveia preta, apresentaram os menores fatores de reprodução, 1,04; 1,07 e 1,11, respectivamente, enquanto que para o milho (testemunha) o fator de reprodução foi igual a 6,33 (Tabela 5). Dos tratamentos utilizados no inverno, os mais suscetíveis foram pousio, feijoeiro e chicharo, com fator de reprodução igual a 5,29; 4,18 e 3,95, respectivamente.

TABELA 4. População inicial (Pi) de *Pratylenchus brachyurus* nas raízes das plantas da área experimental; população do fitonematoide no florescimento das culturas de inverno (Ci), milho verão (Mv) e safrinha (Ms) no município de Umuarama, Estado do Paraná, no ano agrícola 2010/2011

Culturas de inverno (CI)	Pi (‡)	Ci (‡)	Mv (‡)	Ms (‡)
Aveia + nabo forrageiro	9.173 a	498 a	2.070 ab	5.059 a
Aveia-preta	11.546 a	717 a	1.100 ab	5.077 a
Chícharo	19.079 a	6.600 a	688 b	7.651 a
Ervilhaca	23.520 a	3.960 a	2.219 a	6.410 a
Feijoeiro	16.000 a	3.024 a	1.356 ab	6.760 a
Nabo forrageiro	5.412 a	427 a	1.765 ab	5.017 a
Pousio	40.445 a	7.525 a	1.631 ab	9.282 a
Trigo	16.875 a	1.391 a	2.200 ab	6.697 a
Teste F	1,09 ^{ns}	1,49 ^{ns}	2,44 ^{**}	0,83 ^{ns}
C. V. (%)	15,92	64,63	16,37	9,82
Fontes de adubação (FA)				
Orgânica	16.568 b	2.955 a	1.712 a	4.578 b
Química	18.945 a	2.960 a	1.546 a	8.111 a
Teste F	77x10 ^{6**}	3,22 ^{ns}	0,00 ^{ns}	8,68*
C. V. (%)	0,001	1,66	14,02	10,44
Teste F (CI x FA)	29x10 ^{5**}	0,75 ^{ns}	0,84 ^{ns}	0,28 ^{ns}
C. V. (%)	0,001	1,97	11,87	5,86

(‡) Dados originais; para análise, os dados foram transformados para $\log(x+5)$; Médias seguidas de mesma letra na coluna para cada fator, não diferem entre si, pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. C. V.: coeficiente de variação (%); **, * e n.s. = significativo a 1%, 5% e não significativo a 5% de probabilidade, respectivamente.

TABELA 5. População inicial (Pi) de *Pratylenchus brachyurus* em milho cultivado por 60 dias; população após 60 dias de cultivo das espécies de inverno (Pf) e fator de reprodução (FR) do nematoide, em solo arenoso, naturalmente infestado. Umuarama, Estado do Paraná, 2011

Culturas de inverno (CI)	Pi	Pf (‡)	FR (‡)
Milho DKB 390PRO	12.890	81.594 a	6,33
Aveia + nabo forrageiro	12.890	13.406 g	1,11
Aveia-preta	12.890	14.308 g	1,04
Chícharo	12.890	50.915 d	3,95
Ervilhaca	12.890	37.123 e	2,88
Feijoeiro	12.890	53.880 c	4,18
Nabo forrageiro	12.890	13.792 g	1,07
Pousio	12.890	68.188 b	5,29
Trigo	12.890	29.131 f	2,26

(‡) Teste F = 1.990^{**}; DMS = 2.679; C. V. (%) = 2,79; Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. CV: coeficiente de variação (%); **: significativo a 1% de probabilidade. (‡) FR: População final das culturas de inverno/população inicial (FR = Pf/Pi) (OOSTENBRINK, 1966).

O nematoide *Helicotylenchus* spp. também foi encontrado na área experimental, contudo, durante o período em que o trabalho foi conduzido, não

se observou efeito significativo das culturas de inverno e das fontes de adubação sobre a população do mesmo no solo em nenhuma das avaliações realizadas (Tabela 6).

TABELA 6. População inicial (Pi) de *Helicotylenchus* spp. no solo da área experimental, no florescimento das culturas de inverno (Ci), milho verão (Mv) e safrinha (Ms) no município de Umuarama, Estado do Paraná, no ano agrícola 2010/2011

Culturas de inverno (CI)	Pi ^(#)	Ci ^(#)	Mv ^(#)	Ms ^(#)
Aveia + nabo forrageiro	384 a	311 a	180 a	466 a
Aveia-preta	650 a	304 a	310 a	718 a
Chícharo	386 a	1.146 a	413 a	821 a
Ervilhaca	175 a	512 a	234 a	569 a
Feijoeiro	436 a	257 a	198 a	587 a
Nabo forrageiro	405 a	411 a	339 a	753 a
Pousio	234 a	196 a	165 a	505 a
Trigo	344 a	217 a	184 a	594 a
Teste F	0,82 ^{ns}	1,40 ^{ns}	1,44 ^{ns}	0,82 ^{ns}
C. V. (%)	53,72	30,92	24,79	24,07
Fontes de adubação (FA)				
Orgânica	366 a	431 a	290 a	659 a
Química	387 a	407 a	215 a	594 a
Teste F	1,97 ^{ns}	1,93 ^{ns}	3,69 ^{ns}	0,00 ^{ns}
C. V. (%)	1,61	1,16	19,66	20,29
Teste F (CI x FA)	0,64 ^{ns}	1,09 ^{ns}	0,82 ^{ns}	0,61 ^{ns}
C. V. (%)	1,98	2,09	19,90	15,67

^(#) Dados originais; para análise, os dados foram transformados para $\log(x+5)$; Médias seguidas de mesma letra na coluna para cada fator, não diferem entre si, pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. C. V.: coeficiente de variação (%); n.s. = não significativo a 5% de probabilidade.

A população de *Helicotylenchus* spp. presente no sistema radicular indicou haver diferença para o fator fontes de adubação (Tabela 7). Porém, vale salientar que no levantamento da população inicial, somente havia sido realizada a demarcação da área, portanto, não havendo efeito dos fatores testados.

No período de cultivo das espécies de inverno, a população de *Helicotylenchus* spp. apresentou diferença significativa das culturas de inverno e das fontes de adubação, além da interação entre os dois fatores (Tabela 7). Para o fator culturas de inverno, o cultivo de trigo e nabo forrageiro proporcionou os melhores resultados quanto à redução da população do patógeno em relação ao cultivo de chícharo, com 40; 56 e 5.945 espécimes em 10 g de raiz das referidas espécies. Em relação à adubação, a aplicação da

fonte orgânica propiciou o menor número de nematoides, diferindo em aproximadamente 130 espécimes em comparação à fonte química.

TABELA 7. População inicial (Pi) de *Helicotylenchus* spp. nas raízes de plantas daninhas de ocorrência na área experimental; população do fitonematoide nas raízes das culturas de inverno (Ci), milho verão (Mv) e safrinha (Ms) em seus respectivos florescimentos no município de Umuarama, Estado do Paraná, no ano agrícola 2010/2011

Culturas de inverno (CI)	Pi (#)	Ci (#)	Mv (#)	Ms (#)
Aveia + nabo forrageiro	2.232 a	303 ab	538 a	1.655 a
Aveia-preta	6.926 a	1.097 ab	437 a	2.004 a
Chícharo	4.750 a	5.945 a	667 a	3.680 a
Ervilhaca	3.123 a	679 ab	412 a	1.415 a
Feijoeiro	2.094 a	869 ab	422 a	1.330 a
Nabo forrageiro	1.907 a	56 b	426 a	3.031 a
Pousio	2.644 a	1.242 ab	303 a	1.783 a
Trigo	977 a	40 b	416 a	1.768 a
Teste F	0,40 ^{ns}	3,03*	0,59 ^{ns}	1,12 ^{ns}
C. V. (%)	79,33	87,04	26,10	17,86
Fontes de adubação (FA)				
Orgânica	2.958 b	1.208 b	527 a	1.475 b
Química	3.205 a	1.339 a	378 b	2.692 a
Teste F	11,11*	10,00*	7,42*	10,01*
C. V. (%)	1,22	1,51	10,67	17,26
Teste F (CI x FA)	1,00 ^{ns}	3,50**	0,68 ^{ns}	0,96 ^{ns}
C. V. (%)	1,25	1,30	15,38	11,23

(#) Dados originais; para análise, os dados foram transformados para $\log(x+5)$; Médias seguidas de mesma letra na coluna para cada fator, não diferem entre si, pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. C. V.: coeficiente de variação (%); **, * e n.s. = significativo a 1%, 5% e não significativo a 5% de probabilidade, respectivamente.

No milho safra verão e safrinha somente as fontes de adubação tiveram efeito sobre a população de *Helicotylenchus* spp. Na safra verão, a adubação química apresentou melhor desempenho, com a população cerca de 30% menor do que a observada na adubação orgânica. No entanto, no milho safrinha, o melhor desempenho foi observado com a adubação orgânica, obtendo população aproximadamente 45% menor em relação à fonte química.

Em função da interação culturas de inverno x fontes de adubação ter sido significativa, segundo o teste F, procedeu-se o desdobramento da mesma (Tabela 8) e, analisando as fontes de adubação em cada cultura de inverno, os melhores resultados foram observados nos tratamentos trigo e nabo forrageiro, com 40 e 54 espécimes, respectivamente. Opostamente, verificaram-se as

maiores populações nas unidades experimentais compostas pelo cultivo de chicharo, com 5.540 espécimes na adubação orgânica e 6.349 espécimes na adubação química.

Quanto à análise dos dados das culturas de inverno com as respectivas fontes de adubação, constatou-se efeito significativo apenas em dois tratamentos: chicharo e pousio (Tabela 8). Em ambos, a adubação orgânica proporcionou menor população em relação à adubação química, sendo que no cultivo de chicharo a diferença foi de aproximadamente 13%, enquanto no pousio foi cerca de 20% inferior.

TABELA 8. Desdobramento da interação significativa culturas de inverno x fontes de adubação referente à população de *Helicotylenchus* spp. nas raízes das culturas de inverno durante o florescimento em 2010. Umuarama, Estado do Paraná, 2011

Culturas de inverno (CI)	Fontes		Teste F
	Orgânica ^(#)	Química ^(#)	
Aveia + nabo forrageiro	301 ab A	306 ab A	0,00 ^{ns}
Aveia-preta	1.114 ab A	1.079 ab A	0,28 ^{ns}
Chicharo	5.540 a B	6.349 a A	15,41 ^{**}
Ervilhaca	673 ab A	685 ab A	0,00 ^{ns}
Feijoeiro	860 ab A	879 ab A	0,79 ^{ns}
Nabo forrageiro	54 b A	58 b A	0,13 ^{ns}
Pousio	1.125 ab B	1.360 ab A	19,73 ^{**}
Trigo	40 b A	40 b A	0,00 ^{ns}
Teste F	2,96*	3,10*	

^(#) Dados originais; para análise, os dados foram transformados para $\log(x+5)$. Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si, pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. **, * e n.s. = significativo 1%, 5% e não significativo a 5% de probabilidade, respectivamente.

A população de *Meloidogyne* spp., também presente na área, foi observada em três épocas, na determinação da população inicial, no cultivo das espécies de inverno e no milho safra verão, sendo suprimida no milho safrinha (Tabela 9).

Já no levantamento para determinação da população inicial, houve diferença entre os tratamentos, tendo às áreas que receberiam aveia-preta e trigo apresentado as menores populações, enquanto que para o fator fontes de adubação, isto foi observado para a adubação orgânica.

Para as culturas de inverno não houve efeito significativo para nenhum dos fatores em estudo. No milho safra verão, três tratamentos se destacaram,

apresentando as menores populações de *Meloidogyne* spp., sendo eles: aveia-preta, consórcio aveia + nabo forrageiro e trigo, com valores entre quatro e cinco juvenis por 100 cm³ de solo.

TABELA 9. População inicial (Pi) de *Meloidogyne* spp. no solo da área experimental; população do fitonematoide no florescimento das culturas de inverno (Ci) e milho verão (Mv) no município de Umuarama, Estado do Paraná, no ano agrícola 2010/2011

Culturas de inverno (CI)	Pi (‡)	Ci (‡)	Mv (‡)
Aveia + nabo forrageiro	70 a	15 a	4 b
Aveia-preta	6 b	5 a	5 b
Chícharo	13 ab	62 a	27 a
Ervilhaca	29 ab	10 a	8 ab
Feijoeiro	43 ab	22 a	19 ab
Nabo forrageiro	12 ab	18 a	8 ab
Pousio	11 ab	23 a	12 ab
Trigo	4 b	8 a	5 b
Teste F	3,08*	0,87 ^{ns}	3,71**
C. V. (%)	63,99	58,51	28,57
Fontes de adubação (FA)			
Orgânica	21 b	19 a	9 a
Química	23 a	21 a	12 a
Teste F	15,30*	2,61 ^{ns}	0,01 ^{ns}
C. V. (%)	1,52	2,29	51,30
Teste F (CI x FA)	0,95 ^{ns}	0,27 ^{ns}	0,45 ^{ns}
C. V. (%)	1,91	3,26	39,23

(‡) Dados originais; para análise, os dados foram transformados para $\log(x+5)$; Médias seguidas de mesma letra na coluna para cada fator, não diferem entre si, pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. C. V.: coeficiente de variação (%); **, * e n.s. = significativo a 1%, 5% e não significativo a 5% de probabilidade, respectivamente.

Como ocorrido no solo, a população de *Meloidogyne* spp. no sistema radicular foi suprimida durante o ciclo do milho safrinha (Tabela 10), porém não houve efeito significativo dos fatores estudados dentro de cada época de avaliação.

TABELA 10. População inicial (Pi) de *Meloidogyne* spp. nas raízes das plantas da área experimental; população do fitonematoide no florescimento das culturas de inverno (Ci) e milho verão (Mv) no município de Umuarama, Estado do Paraná, no ano agrícola 2010/2011

Culturas de inverno (CI)	Pi (‡)	Ci (‡)	Mv (‡)
Aveia + nabo forrageiro	339 a	100 a	33 a
Aveia-preta	1.335 a	253 a	13 a
Chícharo	2.488 a	1.944 a	5 a
Ervilhaca	2.275 a	903 a	19 a
Feijoeiro	988 a	700 a	23 a
Nabo forrageiro	1.829 a	201 a	18 a
Pousio	4.085 a	211 a	5 a
Trigo	183 a	122 a	37 a
Teste F	2,24 ^{ns}	2,50 ^{ns}	1,54 ^{ns}
C. V. (%)	95,47	74,28	44,34
Fontes de adubação (FA)			
Orgânica	1.561 a	619 a	18 a
Química	1.662 a	620 a	20 a
Teste F	4,21 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,01 ^{ns}
C. V. (%)	1,71	2,29	53,84
Teste F (CI x FA)	1,39 ^{ns}	1,21 ^{ns}	0,70 ^{ns}
C. V. (%)	1,74	2,04	53,75

(‡) Dados originais; para análise, os dados foram transformados para $\log(x+5)$; Médias seguidas de mesma letra na coluna para cada fator, não diferem entre si, pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. C. V.: coeficiente de variação (%); n.s. = não significativo a 5% de probabilidade.

4 DISCUSSÃO

Não houve diferença estatística na população inicial de *P. brachyurus* no solo (Tabela 2) demonstrando que o nematoide encontrava-se homogeneamente distribuído na área, diferente do que geralmente é observado a campo, ou seja, a ocorrência de reboleiras (INOMOTO, 2010; SANTOS, 2011). Isto possivelmente ocorreu devido ao tamanho da área experimental e do número de amostras processadas em cada repetição.

Sintomas da presença de fitonematoides na área já haviam sido visualizados durante o último ciclo de cultivo de soja, antes da instalação do experimento, em função da alteração no desenvolvimento do sistema radicular, que causou amarelecimento foliar, semelhantes aos relatados na mesma cultura na Carolina do Norte (EUA) por Schmitt & Barker (1981).

Nas culturas de inverno, a população de *P. brachyurus* no solo (Tabela 2) e no sistema radicular (Tabela 4) apresentou comportamento estatístico semelhante ao observado na população inicial. Mesmo que os resultados obtidos no experimento conduzido em casa de vegetação (Tabela 5) tenham mostrado que as culturas estudadas foram suscetíveis ao parasito, concordando com os estudos de Inomoto et al. (2006b), Goulart (2008) e Borges et al. (2010), cabe ressaltar que o cultivo de aveia-preta, nabo forrageiro e o consórcio entre ambas espécies proporcionaram as menores populações de *P. brachyurus*. O trabalho realizado por Inomoto et al. (2006b) também mostrou que o nabo forrageiro e a aveia-preta apresentaram baixos fatores de reprodução quando comparado à testemunha. No outro extremo, chícharo e pousio apresentaram as maiores populações do nematoide, tendo este panorama seguido até o milho safrinha. Tal resultado é importante, pois mostra que, mesmo em condições desfavoráveis ao nematoide (baixas temperaturas), algumas espécies cultivadas propiciam a manutenção da população do nematoide, com efeito nas culturas subsequentes.

A aplicação do adubo orgânico (cama de frango) também contribuiu para a redução da população de *P. brachyurus*, principalmente no solo (Tabela 3), pois a aplicação de compostos orgânicos reduz o nível populacional do nematoide no solo (CORBETT, 1973; RIEGEL et al., 1996; CAMPOS & CAMPOS, 1996). Não obstante, a aplicação de matéria orgânica promove

benefício às plantas com relação à sua nutrição, bem como favorece a manutenção de umidade, diminuindo o estresse hídrico (RITZINGER & FANCELLI, 2006). Dessa forma, a cultura poderá tolerar a presença dos fitoparasitas sem, contudo, apresentar queda acentuada da sua produção (MCSORLEY & GALLAHER, 1995; RITZINGER et al., 1998; MCSORLEY, 1998, BRIDGE, 2000).

Além do efeito das culturas de inverno e da adubação orgânica, provavelmente a temperatura mais amena ocorrida entre os meses de maio e agosto (Figura 1), contribuiu para a redução da população do patógeno. Segundo Inomoto (2008), temperaturas entre 17 e 19 °C são pouco favoráveis aos fitonematoides, sendo que em temperaturas extremas, ou seja, próximas a 10 °C, ocorre decréscimo da população do patógeno. Em condições de baixa temperatura, o nematoide pode formar cristais de gelo e ter suas membranas ou organelas destruídas (RITZINGER et al., 2010). Além disso, diante de condições ambientais desfavoráveis, os fitonematoides podem prolongar sua sobrevivência por meio de mecanismos como dormência e diapausa, ou sobreviver em estado de quiescência temporária (RITZINGER et al., 2010).

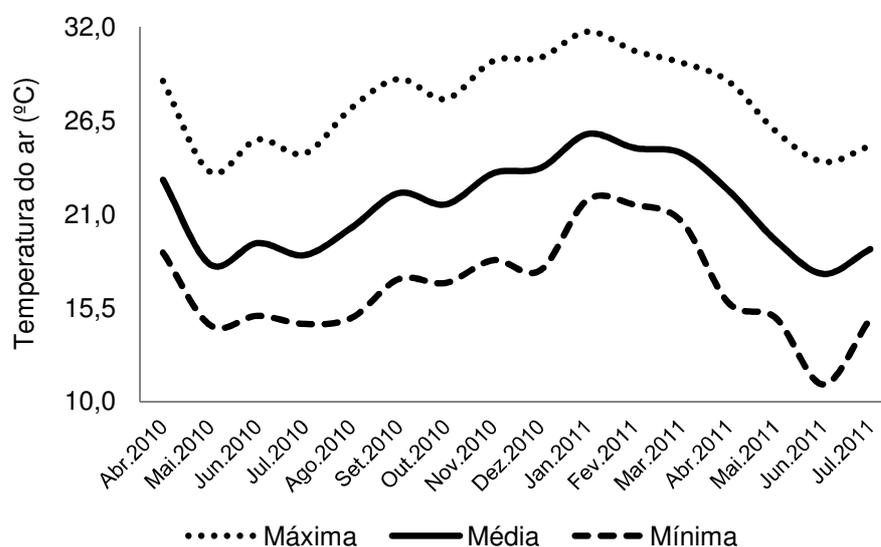


FIGURA 1. Média mensal das temperaturas máxima, média compensada e mínima para o município de Umuarama, entre abril de 2010 a julho de 2011 (Fonte: IAPAR, 2011).

Por outro lado, em função da elevação da temperatura, a partir de setembro, associada ao cultivo de milho, o qual se mostrou suscetível a *P. brachyurus* (Tabela 5), houve o aumento da população do nematoide. Vale

ressaltar que a espécie estudada é um patógeno característico de culturas de clima tropical (MCSORLEY, 1992; FIORINI et al., 2007).

Em relação ao nematoide espiralado (*Helicotylenchus* spp.), são poucos os trabalhos relatando sua associação à cultura do milho (ZAVALETA-MEJÍA & SOSA-MOSS, 1979; NORTON & OARD, 1981; VOVLAS & INSERRA, 1985; MATTOS et al., 2008). Porém, este patógeno também é associado a outras espécies de interesse comercial comuns na região, como a cana-de-açúcar (ONAPITAN & AMOSU, 1982; CHAVES et al., 2003; SEVERINO et al., 2010; ORSINI et al., 2010), bananeira (MCSORLEY & PARRADO, 1986; RITZINGER et al., 2007; WANG & HOOKS, 2009) e abacaxizeiro (ZEM & REINHARDT, 1978; CASSIMIRO et al., 2007).

Geralmente, não há sintomas visíveis na parte aérea das plantas em função do parasitismo por *Helicotylenchus* spp. Há relatos de plantas atrofiadas, folhagem escassa e amarelada; no entanto, em função da associação com outras espécies de nematoides, dados confiáveis sobre os danos que podem causar são difíceis de obter em condições de campo (O'BANNON & INSERRA, 1989).

São poucos os trabalhos envolvendo o manejo de *Helicotylenchus* spp. com adubos verdes e, geralmente, os estudos limitam-se às culturas de verão, como crotalária, mucuna-preta, feijão de porco e amendoim forrageiro (SILVA et al., 1989; WANG et al., 2002; MORAES et al., 2006; OBICI et al., 2011). No entanto, estes autores verificaram que estas culturas são hospedeiras do patógeno, com ressalva para o amendoim forrageiro, no qual o nematoide apresentou fator de reprodução igual a 0,1 após 90 dias de cultivo (OBICI et al., 2011).

Com relação às fontes de adubação, os melhores resultados apontaram para o emprego da fonte orgânica, a qual manteve a população de *Helicotylenchus* spp. em níveis inferiores à fonte química (Tabelas 7 e 8). Trabalhos desenvolvidos sob condições de casa de vegetação ou de campo, utilizando cama de aves, revelam, na maioria das vezes, redução da população de nematoides (PORAZINSKA & COLEMAN, 1995; MCSORLEY & MCGOVERN, 2000; ASMUS et al., 2002; NAZARENO et al., 2010).

O mecanismo de ação da matéria orgânica na supressão de fitonematoides tem sido atribuído, na maioria das vezes, à melhoria da

estrutura dos solos, que inclui mudanças no pH, umidade e em propriedades químicas e físicas do solo, resultando em maior aeração, capacidade de retenção de água, melhoria na nutrição da planta ou no desenvolvimento de microrganismos que competem com os nematoides fitoparasitas, por meio da liberação de nutrientes à planta, aumento da população de predadores ou de microrganismos parasitas existentes no solo, ou por meio da liberação de metabólitos tóxicos devido à sua decomposição, como compostos fenólicos (RITZINGER & FANCELLI, 2006).

Para o gênero *Meloidogyne*, as menores populações no solo (Tabela 9) foram observadas durante o cultivo do milho safra verão, nos tratamentos que, durante o inverno, foram cultivados com aveia-preta, trigo ou aveia + nabo forrageiro. Estes resultados são suportados pelos estudos de Silva & Carneiro (1992), Carneiro et al. (1998), Ritzinger & Fancelli (2006) e Lima et al. (2009), que relataram o efeito positivo do emprego dessas espécies no manejo de *Meloidogyne* spp.

Em geral, o emprego de espécies gramíneas é eficiente na redução da população do gênero *Meloidogyne*, como reportado por Dias-Arieira et al. (2003a,b) no qual observaram que *Brachiaria brizantha* (Hochst) Stapf, *B. decumbens* Stapf, *Andropogon gayanus* Kunth cv. Planaltina e as cultivares de *Panicum maximum* Jacq. possuem potencial para controlar populações isoladas e mistas de nematoides, compostas por *H. glycines*, *M. incognita* (Kofoid & White, 1919) Chitwood, 1949 e *M. javanica* (Treub, 1885) Chitwood, 1949.

Durante o cultivo do milho safrinha, notou-se a supressão de nematoides do gênero *Meloidogyne*. Um dos fatores que podem ter contribuído para isto é a competição que ocorre entre populações de nematoides. Alguns estudos têm evidenciado que, quando a população inicial de *Pratylenchus* spp. é maior do que a de *Meloidogyne* spp., pode ocorrer a inibição desta (HERMAN et al., 1988; FERRAZ, 1995; DIAS-ARIEIRA et al., 2010). No trabalho de Ferraz (1995), desenvolvido com soja cv. Cristalina, a população final de *M. javanica* foi de 14.950 juvenis quando se inocularam números iguais dessa espécie e de *P. brachyurus*, mas de apenas 6.880 juvenis quando o número de *P. brachyurus* inoculado foi maior do que o de *M. javanica*. Outro fator que pode ter afetado as populações é o híbrido utilizado no experimento,

que pode ser mal hospedeiro para o nematoide, visto que na literatura não há relatos sobre a reação do híbrido DKB 390PRO ao referido patógeno. Essa colocação é feita com base nos trabalhos conduzidos por Wilcken et al. (2006) e Almeida et al. (2011), os quais verificaram que os híbridos simples DKB 390 e DKB 390YG apresentaram fator de reprodução igual a 1,74 e 1,03, respectivamente, frente à *M. javanica*.

5 CONCLUSÕES

No experimento em campo observou-se que aveia-preta, nabo forrageiro e o consórcio aveia + nabo forrageiro promoveram o melhor controle de *P. brachyurus*.

Menores populações de nematoides também foram observadas na adubação orgânica, por meio da aplicação de cama de aves.

Em condições controladas, a maior reprodução de *P. brachyurus* foi observada para pousio, feijoeiro e chícharo, respectivamente.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, G. M.; ROSSI, C. E.; DUARTE, A. P. Reações de milho e sorgo a *Meloidogyne javanica*. In: CONGRESSO INTERINSTITUCIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 5., 2011. **Anais...** Campinas, 2011. (CD-ROM).
- ANSELMINI, R. Palha, rotação e adubos verdes integram manejo sustentável. **Jornal Cana**, Campinas, p. 33-42, 2009.
- ASMUS, G. L.; FERRAZ, L. C. C. B.; APPEZZATO-DA-GLÓRIA, B. Alterações anatômicas em raízes de milho (*Zea mays* L.) parasitadas por *Meloidogyne javanica*. **Nematropica**, Auburn, v. 30, n. 1, p. 33-39, 2000.
- ASMUS, G. L.; INOWE, T. S.; ANDRADE, P. J. M. Efeito da cama de frangos de corte sobre a reprodução de *Meloidogyne javanica* e o crescimento de plantas de tomateiro. **Nematologia Brasileira**, Brasília, v. 26, n. 1, p. 21-25, 2002.
- BARBOSA, J. C.; MALDONADO JUNIOR, W. **AgroEstat**: Sistema para Análises Estatísticas de Ensaios Agronômicos. Versão 1.1.0.694, 2011.
- BARKER, K. R. How we learned to find and fight corn nematodes in the South. In: MIDWEST CORN NEMATODES CONFERENCE, Springfield, 1978. **Proceedings**. Springfield, FMC Corporation, 1978. p. 67-69.
- BONETTI, J. I. S.; FERRAZ, S. Modificação do método de Hussey e Barker para extração de ovos de *Meloidogyne exigua* de raízes de cafeeiro. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 6, n. 3, p. 553, 1981.
- BORGES, D. C.; MACHADO, A. C. Z.; INOMOTO, M. M. Reação de aveias a *Pratylenchus brachyurus*. **Tropical Plant Pathology**, Brasília, v. 35, n. 3, p. 178-181, 2010. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S1982-56762010000300007>>.
- BRIDGE, J. Keynote: Nematodes of bananas and plantains in Africa: research trends and management strategies relating to the small scale farmer. **Acta Horticulturae**, Leuven, n. 540, p. 391-408, 2000.
- CAMPOS, H. D.; CAMPOS, V. P. Efeito do tipo de matéria orgânica e da época e forma de aplicação dos fungos *Arthrobotrys conoides*, *Arthrobotrys musiformis*, *Paecilomyces lilacinus* e *Verticillium chlamydosporium* no controle de *M. incognita* raça 2 no feijoeiro. **Summa Phytopatologica**, Botucatu, v. 22, n. 2, p. 168-171, 1996.
- CARNEIRO, R. M. D. G.; CARVALHO, F. L. C.; KULCZYNSKI, S. M. Seleção de Plantas para o Controle de *Mesocriconema xenoplax* e *Meloidogyne* spp. através da Rotação de Culturas. **Nematologia Brasileira**, Brasília, v. 22, n. 2, p. 41-48, 1998.
- CASELA, C. R.; FERREIRA, A. S.; PINTO, N. F. J. A. **Doenças na cultura do milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo. 2006. 14 p. (Circular Técnica, 83).

CASSIMIRO, C. M.; ARAÚJO, E.; OLIVEIRA, E. F.; SANTOS, E. S.; LACERDA, J. T. Plantas antagônicas e alqueive sobre a dinâmica populacional de nematoides no solo e na rizosfera do abacaxizeiro cv. Pérola. **Tecnologia & Ciência Agropecuária**, João Pessoa, v. 1, n. 1, p. 43-50, 2007.

CHAVES, A., PEDROSA, E. M. R.; MOURA, R. M. Efeito de terbufos em soqueira sobre fitonematoides ectoparasitos de cana-de-açúcar. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 28, n. 2, p. 195-198, 2003. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-41582003000200015>>.

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO - RS/SC. **Manual de adubação e calagem para os Estados do Rio grande do Sul e Santa Catarina**. 10. ed. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2004. 400 p.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento de safra brasileira: grãos, primeiro levantamento, outubro/2011**. Brasília: Conab, 2011. 38 p.

CORBETT, D. C. M. *Pratylenchus penetrans*. St. Albans: Commonwealth Institute Helminthology, 1973. 4 p. (C.I.H. Descriptions of plant-parasitic nematodes, 25).

DIAS-ARIEIRA, C. R.; CHIAMOLERA, F. M. Cresce a incidência de nematoides em milho e soja. **Revista Campo & Negócios**, Uberlândia, ano IX, n. 97, p. 18-21, 2011.

DIAS-ARIEIRA, C. R.; FERRAZ, S.; FREITAS, L. G.; MIZOBUTSI, E. H. Avaliação de gramíneas forrageiras para o controle de *Meloidogyne incognita* e *M. javanica* (Nematoda). **Acta Scientiarum-Agronomy**, Maringá, v. 25, n. 2, p. 473-477, 2003a.

DIAS-ARIEIRA, C. R.; FERRAZ, S.; MIZOBUTSI, E. H.; FREITAS, L. G. Eficiência de gramíneas forrageiras no controle de *Heterodera glycines* e de populações compostas por *H. glycines* e *Meloidogyne* spp. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 29, n. 1, p. 7-15, 2003b.

DIAS-ARIEIRA, C. R.; SANTANA, S. M.; ARIEIRA, J. O.; RIBEIRO, R. C. F.; VOLK, L. B. S. Efeito do carbofurano na população de nematoides e no rendimento da cana-de-açúcar em solos arenosos do Paraná. **Nematologia Brasileira**, Piracicaba, v. 34, n. 2, p. 118-122, 2010.

DICKSON, D. W.; MCSORLEY, R. Interaction of three plant-parasitic nematodes on corn and soybean. **Journal of Nematology**, Marceline, v. 22, n. 4S, p 783-791, 1990.

EGUNJOBI, O. A. Nematodes and maize growth in Nigeria. 1. Population dynamics of *Pratylenchus brachyurus* in and about the roots of maize and its effects on maize production at Ibadan. **Nematologica**, Leiden, v. 20, n. 2, p. 181-186, 1974. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1163/187529274X00159>>.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 308 p.

ESPÍNDOLA, J. A. A.; ALMEIDA, D. L.; GUERRA, J. G. M. **Estratégias para utilização de leguminosas para adubação verde em unidades de produção agroecológica**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2004. 24 p. (Documentos, 174).

FERRAZ, L. C. C. B. Interação entre *Pratylenchus brachyurus* e *Meloidogyne javanica* em soja. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 52, n. 2, p. 306-309, 1995. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0103-90161995000200017>>.

FERRAZ, S.; FREITAS, L. G.; LOPES, E. A.; DIAS-ARIEIRA, C. R. **Manejo sustentável de fitonematoides**. Viçosa: UFV, 2010. 306 p.

FIORINI, C. V. A.; GOMES, L. A. A.; LIBÂNIO, R. A.; MALUF, W. R.; CAMPOS, V. P.; LICURSI, V.; MORETTO, P.; SOUZA, L. A.; FIORINI, I. V. A. Identificação de famílias F_{2:3} de alface homocigotas resistentes aos nematoides das galhas. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 25, n. 4, p. 509-513, 2007. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0102-05362007000400004>>.

FREITAS, L. G. Manejo sustentável de Fitonematoides. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 31 (Suplemento), p. 29-30, 2006.

GALLAHER, R. N.; MCSORLEY, R.; DICKSON, D. W. Nematode densities associated with corn and sorghum cropping systems in Florida. **Journal of Nematology**, Marceline, v. 23, n. 4S, p. 668-672, 1991.

GOULART, A. M. C. **Aspectos gerais sobre nematoides das lesões radiculares (gênero *Pratylenchus*)**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2008. 30 p. (Documentos 219).

HERMAN, M.; HUSSEY, R. S.; BOERMA, H. R. Interactions between *Meloidogyne incognita* and *Pratylenchus brachyurus* on soybean. **Journal of Nematology**, Marceline, v. 20, n. 1, p. 79-85, 1988.

IAPAR. Instituto Agronômico do Paraná. **Médias históricas das estações do IAPAR**. 2011. Disponível em: <www.iapar.br>. Acesso em: 08 dez. 2011.

INOMOTO, M. M. Nematoides da soja. **Boletim Passarela da Soja**. Luís Eduardo Magalhães, ano 2, n. 2, p. 11, 2010.

INOMOTO, M. M. Nematoides na sucessão milho: cultivo deve ser planejado com cuidado. **Batata Show**, Itapetininga, ano 8, n. 21, p. 36-39, 2008.

INOMOTO, M. M.; MOTTA, L. C. C.; BELUTI, D. B.; MACHADO, A. C. Z. Reação de seis adubos verdes a *Meloidogyne javanica* e *Pratylenchus brachyurus*. **Nematologia Brasileira**, Brasília, v. 30, n. 1, p. 39-44, 2006a.

INOMOTO, M. M.; MOTTA, L. C. C.; MACHADO, A. C. Z.; SAZAKI, C. S. S. Reação de dez coberturas vegetais a *Pratylenchus brachyurus*. **Nematologia Brasileira**, Brasília, v. 30, n. 2, p. 151-157, 2006b.

INOMOTO, M. M.; SIQUEIRA, K. M. S.; MACHADO, A. C. Z. Sucessão de cultura sob pivô central para controle de fitonematoides: variação populacional, patogenicidade e estimativa de perdas. **Tropical Plant Pathology**, Brasília, v. 36, n. 3, p. 178-185, 2011. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S1982-56762011000300006>>.

JENKINS, W. R. A rapid centrifugal-flotation technique for separating nematodes from soil. **Plant Disease Reporter**, St. Paul, v. 48, n. 9, p. 692, 1964.

KIMENJU, J. W.; WAUDO, S. W.; MWANG-OMBE, A. W.; SIKORA, R. A.; SCHUSTER, R. P. Distribution of lesion nematodes associated with maize in Kenya and susceptibility of maize cultivars to *Pratylenchus zae*. **African Crop Science Journal**, Kampala, v. 6, n. 3, p. 367-375, 1998.

KÖPPEN, W. **Climatologia**: con un estudio de los climas de la tierra. México: Fondo de Cultura Economica, 1948. 478 p.

LIMA, E. A.; MATTOS, J. K.; MOITA, A. W.; CARNEIRO, R. G.; CARNEIRO, M. D. G. R. Host status of different crops for *Meloidogyne ethiopica* control. **Tropical Plant Pathology**, Brasília, v. 34, n. 3, p. 152-157, 2009. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S1982-56762009000300003>>.

LORDELLO, A. I. L.; LORDELLO, R. R. A. **Nematoides**. Disponível em: <<http://www.zeamays.com.br/nematoides/index.htm>>. Acesso em: 18 out. 2011.

MATTOS, J. K. A., ANDRADE, E. P.; TEIXEIRA, M. A.; CASTO, A. P. G.; HUANG, S. P. Gêneros-chaves de onze diferentes comunidades de nematoides do solo na região dos cerrados do Brasil central. **Nematologia Brasileira**, Piracicaba, v. 32, n. 2, p. 142-149, 2008.

MCSORLEY, R. Alternative practices for managing plant-parasitic nematodes. **American Journal of Alternative Agriculture**, Cambridge, v. 13, n. 3, p. 98-104, 1998. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1017/S0889189300007761>>.

MCSORLEY, R. Nematological problems in tropical and subtropical fruit tree crops. **Nematropica**, Auburn, v. 22, n. 1, p. 103-116, 1992.

MCSORLEY, R.; GALLAHEER, R. N. Comparison of nematode population densities on six summer crops at seven sites in North Florida. **Journal of Nematology**, Marceline, v. 24, n. 4S, p. 699-706, 1992.

MCSORLEY, R.; GALLAHER, R.N. Cultural practices improve crop tolerance to nematodes. **Nematropica**, Auburn, v. 25, n. 1, p. 53-60, 1995.

MCSORLEY, R.; MCGOVERN, R. J. Effects of solarization and ammonium amendments on plant-parasitic nematodes. **Journal of Nematology**, Marceline, v. 32, n. 4S, p. 537-541, 2000.

MCSORLEY, R.; PARRADO, J. L. *Helicotylenchus multicinctus* on bananas: an international problem. **Nematropica**, Auburn, v. 16, n. 1, p. 73-91, 1986.

MORAES, S. R. G.; CAMPOS, V. P.; POZZA, E. A.; FONTANETTI, A.; CARVALHO, G. J.; MAXIMINIANO, C. Influência de leguminosas no controle de fitonematoides em cultivo orgânico de alface americana e repolho. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 31, n. 2, p. 188-191, 2006. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-41582006000200011>>.

NAZARENO, G. G.; JUNQUEIRA, A. M. R.; PEIXOTO, J. R. Utilização de matéria orgânica para o controle de nematoides das galhas em alface sob cultivo protegido. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 26, n. 4, p. 579-590, 2010. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/10482/6814>>.

NORTON, D. C.; OARD, M. Plant-parasitic nematodes in loess toposequences planted with corn. **Journal of Nematology**, Marceline, v. 13, n. 3, p. 314-320, 1981.

O'BANNON, J. H.; INSERRA, R. N. *Helicotylenchus* species as crop damaging parasitic nematodes. **Nematology Circular**, Division of Plant Industry, Florida Department of Agriculture and Consumer Service, n. 165, 1989. 3 p.

OBICI, L. V.; DIAS-ARIEIRA, C. R.; KLOSOWSKI, E. S.; FONTANA, L. F.; CUNHA, T. P. L.; SANTANA, S. M.; BIELA, F. Efeito de plantas leguminosas sobre *Pratylenchus zae* e *Helicotylenchus dihystra* em solos naturalmente infestados. **Nematropica**, Auburn, v. 41, n. 2, p. 215-222, 2011.

ONAPITAN, J. A.; AMOSU, J. O. Pathogenicity of *Pratylenchus brachyurus* and *Helicotylenchus pseudorobustus* on sugarcane. **Nematropica**, Auburn, v. 12, n. 1, p. 51-60, 1982.

OOSTENBRINK, R. Major characteristics of the relation between nematodes and plants. **Mededeelingen Landbouwhoogeschool**. Wageningen, v. 66, n. 4, p. 1-46, 1966.

ORSINI, I. P.; HOMECHIN, M.; BUENO, J. T.; SUMIDA, C. H.; BAGIO, T. Z.; SANTIAGO, D. C. População de nematoides em solos cultivados com cana-de-açúcar sob diferentes manejos. **Nematologia Brasileira**, Piracicaba, v. 34, n. 3, p. 159-163, 2010.

PORAZINSKA, D. L.; COLEMAN, D. C. Ecology of nematodes under influence of *Cucurbita* spp. and different fertilizer types. **Journal of Nematology**, Marceline, v. 27, n. 4S, p. 617-625, 1995.

RIEGEL, C.; FERNANDEZ, F. A.; NOE, J. P. *Meloidogyne incognita* infested soil amended with chicken litter. **Journal of Nematology**, Marceline, v. 28, n. 3, p. 369-378, 1996.

RITCHIE, S. W.; HANWAY, J. J. **How a corn plant develops**. Ames: Iowa State University of Science and Technology, 1993. 26 p. (Special Report, 48).

RITZINGER, C. H. S. P.; BORGES, A. L.; LEDO, C. A. S.; CALDAS, R. C. Fitonematoides associados a bananais 'Pacovan' sob condição de cultivo irrigado: relação com a produção. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 29, n. 3, p. 677-680, 2007. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-29452007000300048>>.

RITZINGER, C. H. S. P.; FANCELLI, M. Manejo integrado de nematoides na cultura da bananeira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 28, n. 2, p. 331-338, 2006.

RITZINGER, C. H. S. P.; FANCELLI, M.; RITZINGER, R. Nematoides: bioindicadores de sustentabilidade e mudanças edafoclimáticas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 32, n. 4, p. 1289-1296, 2010. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-29452010000400045>>.

RITZINGER, C. H. S. P.; MCSORLEY, R.; GALLAHER, R. N. Effect of *Meloidogyne arenaria* and mulch type on okra in microplot experiments. **Journal of Nematology**, Marceline, v. 30, n. 4S, p. 616-623, 1998.

RODRÍGUEZ-KÁBANA, R.; PINOCHET, J.; ROBERTSON, D. G.; WELLS, L. Crop rotation studies with velvetbean (*Mucuna deeringiana*) for the management of *Meloidogyne* spp. **Journal of Nematology**, Marceline, v. 24, n. 4S, p. 662-668, 1992.

SANTANA, S. M.; CUNHA, T. P. L.; DIAS-ARIEIRA, C. R.; BIELA, F.; RODRIGUES, D. B.; OBICI, L. V.; FONTANA, L. F.; ROLDI, M. Plantas antagonistas no controle de nematoides em área de cultivo de hortaliças. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FITOPATOLOGIA, 43., 2010, Cuiabá. **Tropical Plant Pathology**, Brazilian Phytopathological Society, v. 35 (Suplemento), p. S5-S5, 2010.

SANTOS, J. M. O manejo de nematoides em soja na agricultura sustentável. **Boletim Passarela da Soja**. Luís Eduardo Magalhães, ano 3, n. 3, p. 8, 2011.

SCHMITT, D. P.; BARKER, K. R.. Damage and reproduction potentials of *Pratylenchus brachyurus* and *P. penetrans* on soybean. **Journal of Nematology**, Marceline, v. 13, n. 3, p. 327-332, 1981.

SEVERINO, J. J.; DIAS-ARIEIRA, C. R.; TESSMANN, D. J. Nematodes associated with sugarcane in sandy soils in Paraná, Brazil. **Nematropica**, Auburn, v. 40, n. 1, p. 111-119, 2010.

SILVA, G. S.; FERRAZ, S.; SANTOS, J. M. Resistência de espécies de *Crotalaria* a *Pratylenchus brachyurus* e *P. zaeae*. **Nematologia Brasileira**, Brasília, v. 13, p. 81-86, 1989.

SILVA, J. F. V.; CARNEIRO, R. G. Reação de adubos verdes de verão e de inverno às raças 1, 2 e 4 de *Meloidogyne incognita*. **Nematologia Brasileira**, Brasília, v. 16, n. 1-2, p. 11-18, 1992.

SILVEIRA, P. M.; RAVA, C. A. **Utilização de crotalária no controle de nematoides da raiz do feijoeiro**. Santo Antonio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão. 2004. 2 p. (Comunicado Técnico, 74).

TARTÉ, R.; MARTINEZ, R. **Determinación de pérdidas ocasionadas por el nemátodo *Pratylenchus zae* em los rendimientos del maiz**. Panamá, Facultad de Agronomía de la Universidad de Panamá, 1971. p. 35-44. (Boletim 1).

VOVLAS, N.; INSERRA, R. N. Single modified food cell induced by *Helicotylenchus pseudorobustus* in corn roots. **Journal of Nematology**, Marceline, v. 17, n. 3, p. 371-373, 1985.

WANG, K. H.; HOOKS, C. R. R. Plant-parasitic nematodes and their associated natural enemies within banana (*Musa* spp.) plantings in Hawaii. **Nematropica**, Auburn, v. 39, n. 1, p. 57-73, 2009.

WANG, K. H.; SIPES, B. S.; SCHMITT, D. P. Crotalaria as a cover crop for nematode management: a review. **Nematropica**, Auburn, v. 32, n. 1, p. 35-57, 2002.

WILCKEN, S. R. S.; FUKAZAWA, R. M.; ROSA, J. M. O.; JESUS, A. M.; BICUDO, S. J. Reprodução de *Meloidogyne incognita* Raça 2 e *M. javanica* em genótipos de milho em condições de casa de vegetação. **Nematologia Brasileira**, Brasília, v. 30, n. 1, p. 35-38, 2006.

ZVALETA-MEJÍA, E.; SOSA-MOSS, C. Efecto de *Helicotylenchus jojutlensis* sobre pasto honduras y mays. **Nematropica**, Auburn, v. 9, n. 2, p. 172-180, 1979.

ZEM, A. C.; REINHARDT, D. H. R. C. Nematoides associados à cultura do abacaxi no Estado da Bahia. In: REUNIÃO DE NEMATOLOGIA, 3., 1978, Mossoró. **Nematologia Brasileira**, Piracicaba: Sociedade Brasileira de Nematologia, 1978. p. 17-20.

CAPÍTULO II

CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS DA CULTURA DO MILHO EM SUCESSÃO À CULTURAS DE INVERNO, SOB DUAS FONTES DE ADUBAÇÃO

RESUMO. O trabalho teve como objetivo estudar o efeito de espécies vegetais de clima temperado e duas fontes de adubação sobre os componentes de produção relacionados à produtividade da cultura do milho, em área com histórico de cinco anos de sucessão soja/aveia-preta, sob sistema de semeadura direta na região do Arenito Caiuá, Noroeste do Paraná. O experimento foi conduzido em faixas, constituído de seis blocos, compostos por 16 tratamentos, totalizando 96 unidades experimentais de 13,50 m² cada. Decorridos 100 dias da semeadura das culturas de inverno, as plantas foram roçadas e, uma semana após esta operação, foi realizada a semeadura da primeira safra de milho, utilizando o híbrido DKB 390PRO. Após a colheita das espigas da primeira safra, foi semeado o milho safrinha. Os componentes de produção avaliados foram: altura de plantas e inserção da primeira espiga; comprimento e diâmetro de espigas; número de fileiras, grãos por espiga e número de grãos por fileira; massa de 100 grãos; produtividade de grãos e estande final. Na safra verão, a sucessão ervilhaca/milho, e na safrinha, a sucessão ervilhaca/milho e feijoeiro/milho, adubadas com cama de aves, mostraram-se viáveis agronomicamente para a produção de grãos de milho na região, aliado ao adequado manejo nutricional e fitossanitário da cultura, como emprego de suplementação hídrica.

Palavras-chave: adubos verdes de inverno, aveia-preta, chícharo, ervilhaca, feijoeiro, nabo forrageiro, trigo, cama de aves, componentes de produção, *Zea mays*.

AGRONOMIC CHARACTERISTICS OF MAIZE CROP IN SUCESSION TO WINTER CROPS, UNDER TWO FERTILIZERS SOURCES

ABSTRACT. The work aimed to study the effect of temperate climate plant species and two sources of fertilizer on the production components related to grain yield in mayze crop in area characterized by five years with soybean / black oat sucession under direct seeding system in the North western region of Parana State. The experiment was conducted in strips, constituted by six blocks, composed by 16 treatments, totalizing 96 experimental plots with 13,50 m² each. After 100 days of crop winter sowing, plants were cutting and, one week after this operation, it was accomplished the sowing of the first mayze season, by using DKB 390PRO hybrid. After the ears harvest of the first season, mayze off season was sown. Production components evaluate were: plant height and firs ear insertion; length and diameter of the ear; number of rows, number of grain per ear and grains per row; mass of 100 grains; grain yield and final stand. In summer season, vetch/mayze succession, and in off-season, common bean/mayze, fertilized with poultry manure, showed agronomically useful for mayze grains yield in the region, joint to nutritional and phytosanitary management adequated of the crop, employing hidric supplement.

Key-words: Winter green fertilizers, black oat, grass pea, vetch, common bean, fodder radish, wheat, poultry manure, production components, *Zea mays*.

1 INTRODUÇÃO

A cadeia produtiva do milho é um dos segmentos econômicos mais importantes do agronegócio brasileiro, devido às suas diversas formas de utilização, que vão desde a alimentação humana e animal até indústrias de alta tecnologia, além de fatores econômicos e sociais. Considerando apenas a produção primária, o milho responde por aproximadamente 37% da produção nacional de grãos (BRASIL, 2007).

No Brasil, a cultura do milho ocupou na safra agrícola 2009/10 uma área de 12,96 milhões de hectares, alcançando produção de 55,97 milhões de toneladas de grãos, onde o Estado do Paraná, principal produtor nacional, respondeu por 17,7% da área cultivada e aproximadamente 22,0% da produção nacional (CONAB, 2011).

No entanto, o rendimento médio de grãos obtido com a cultura do milho no Brasil, em torno de 4.000 kg ha⁻¹ (CONAB, 2011), é considerado baixo, quando comparado ao de outros países produtores, como China (5.000 kg ha⁻¹), Argentina (7.000 kg ha⁻¹) e EUA (9.000 kg ha⁻¹) (COSTA et al., 2010). Vários fatores contribuem para esse cenário, destacando-se: fertilidade do solo (RIZZARDI et al., 1994), baixa disponibilidade hídrica (KUNZ et al., 2007), incidência de doenças (PEREIRA et al., 2005), época e densidade de semeadura inadequada (SANGOI & SILVA, 2005).

Além das condições climáticas favoráveis e do sistema de produção adotado, a otimização do potencial produtivo do milho depende da adequada nutrição mineral. A adubação nitrogenada tem papel importante, por ser o nitrogênio (N) um dos elementos que apresentam os maiores efeitos no aumento da produção de grãos na cultura do milho, por ser o nutriente extraído e exportado em maior quantidade pela cultura. Tem grande importância como constituinte de moléculas de proteínas, enzimas, coenzimas, ácidos nucleicos e citocromos, além de sua importante função como integrante da molécula de clorofila (BULL, 1993).

Com uma agricultura voltada ao manejo sustentável do solo, tem-se notado aumento das práticas conservacionistas do solo (GROSS et al., 2006), tendo o sistema plantio direto como uma das melhores alternativas para a manutenção da sustentabilidade dos recursos naturais na utilização dos solos

(OLIVEIRA et al., 2002), juntamente com a rotação de culturas, com ênfase para os adubos verdes, que possuem relevante papel no incremento de matéria orgânica, contribuindo com a conservação do solo e da água, promovendo, principalmente, a melhoria da estrutura que favorece a aeração e a infiltração de água no solo, permitindo maior penetração das raízes (MIYASAKA et al., 1983; LAL, 1986; CALEGARI et al., 1993). Além disso, propicia melhor aproveitamento de adubos químicos e redução nos custos com adubação mineral, uma vez que promove aumento da atividade biológica do solo (HERNANI et al., 1995). Assim, o uso combinado de adubos minerais e de adubação verde constitui uma prática de manejo em que se procura preservar a qualidade ambiental sem prescindir da elevada produtividade das culturas (ARF et al., 1999).

Alguns resultados obtidos indicam que leguminosas, em decorrência da sua capacidade em fixar biologicamente o N₂ atmosférico e da elevada taxa de decomposição dos resíduos culturais, são capazes de fornecer quantidades significativas de N ao milho em sucessão (HEINRICHS et al., 2001; AITA et al., 2001), assim como o nabo forrageiro, que possui elevada capacidade de ciclagem desse nutriente (AMADO et al., 2002). Já a aveia acumula menor quantidade de N na fitomassa, liberando-o lentamente após o seu manejo (AITA et al., 2001).

Como na região Noroeste do Estado do Paraná, além do cultivo de adubos verdes tropicais no verão, as baixas temperaturas que ocorrem no inverno possibilitam o plantio das espécies de clima temperado, o objetivo deste trabalho foi estudar o efeito de algumas espécies vegetais cultivadas durante o inverno e duas fontes de adubação sobre os componentes de produção relacionados à produtividade da cultura do milho, em área com histórico de cinco anos de sucessão soja/aveia-preta sob sistema de semeadura direta no Arenito Caiuá.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido a campo, no período de abril de 2010 a julho de 2011, na Fazenda Experimental da Universidade Estadual de Maringá, em Umuarama, Noroeste do Estado do Paraná, que possui as seguintes coordenadas geográficas: 23°47' de latitude Sul, 53°18' de longitude Oeste, e altitude média de 430 m. O clima do município de Umuarama, segundo a classificação de Köppen (1948), pertence ao tipo Cfa, subtropical úmido. As condições térmicas locais predominantes são temperaturas médias anuais de 22,1 °C (máxima de 27,7 °C e mínima de 17,8 °C), e precipitação média anual de 1.623 mm (IAPAR, 2011).

De acordo com as normas do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2006), o local do experimento é constituído de um ARGISSOLO VERMELHO Distrófico típico, com textura arenosa.

O experimento foi instalado em uma área com histórico de cinco anos de cultivo da sucessão soja/aveia-preta, conduzido em faixas (Split-Block), constituído de seis blocos, espaçados 1 m. Cada bloco foi composto por 16 tratamentos, sendo oito culturas de inverno subdividas por duas fontes de adubação, formando 96 unidades experimentais de 13,50 m² cada, em área total de 1.404 m² (65,00 x 21,60 m).

Em meados de maio de 2010, procedeu-se o preparo da área experimental por meio de capina manual. Posteriormente, foi realizada a semeadura das culturas de inverno que antecederam a cultura do milho no sistema de sucessão. As espécies utilizadas foram: aveia-preta cv. IAPAR 61 Ibiporã (*Avena strigosa* Schieb.), chícharo (*Lathyrus sativus* L.), ervilhaca (*Vicia sativa* L.), feijoeiro comum cv. IPR 139 (*Phaseolus vulgaris* L.), nabo forrageiro cv. IPR 116 (*Raphanus sativus* L. var. *oleiferus* Metzg.) e trigo cv. CD 117 (*Triticum aestivum* L.). Completaram os oito tratamentos o consórcio entre aveia-preta + nabo forrageiro e o tratamento pousio.

Na semeadura realizou-se a adubação com cama de aves e formulado comercial (N-P₂O₅-K₂O), conforme indicação para cada cultura, com base na interpretação da análise química da fertilidade do solo (Tabela 1).

TABELA 1. Caracterização química da camada de 0-20 cm do solo da área experimental, Umuarama, Estado do Paraná, 2010

pH (H ₂ O)	Ca	Mg	Al	P	K	S	H+Al	T	V	M.O.
1:2,5	--- cmol _c dm ⁻³ ---		---	-- mg dm ⁻³ --	---	----- cmol _c dm ⁻³ -----	-----	-----	%	g kg ⁻¹
5,0	1,0	0,4	0,2	3,5	78	1,63	3,17	4,80	34	15

Ca, Mg, Al = (KCl 1 mol L⁻¹); P, K = (HCl 0,05 mol L⁻¹ + H₂SO₄ 0,025 mol L⁻¹); S = soma de bases; H+Al = acidez potencial (Acetato de cálcio); T = CTC pH 7,0; V = saturação por bases; M.O.= matéria orgânica (Walkley-Black).

Durante o período de permanência das espécies no campo, foram efetuadas duas capinas mecânicas manuais, para o controle de plantas daninhas, exceto no tratamento correspondente ao pousio. Após 100 dias da semeadura das culturas de inverno, as plantas foram roçadas e, uma semana após esta operação, no início de outubro de 2010, ocorreu a semeadura da primeira safra de milho.

Após a colheita das espigas, na última semana de janeiro de 2011, as plantas de milho da primeira safra foram roçadas e a semeadura da segunda safra ocorreu no início de fevereiro de 2011, uma semana após o preparo da área. A colheita das espigas de milho da segunda safra ocorreu na última semana de julho de 2011.

O híbrido de milho utilizado foi o DKB 390PRO, espaçado 0,90 m entre fileiras e densidade esperada de 65 mil plantas ha⁻¹. A adubação de base para as duas safras foi realizada seguindo os mesmos critérios adotados no cultivo das espécies de inverno, baseadas na análise química da fertilidade do solo (Tabela 1), com a aplicação individual de 4.000 kg ha⁻¹ de cama de aves e 650 kg ha⁻¹ do formulado comercial 04-28-16 (N-P₂O₅-K₂O), em seus respectivos tratamentos. As subparcelas em que foi aplicado o formulado comercial receberam a aplicação de nitrogênio (110 kg ha⁻¹) na forma de uréia, em cobertura com três parcelamentos, quando as plantas encontravam-se com três, sete e onze folhas totalmente expandidas, aos 15, 34 e 50 dias após a emergência, respectivamente, ou seja, nos estádios fenológicos V₃, V₇ e V₁₁, de acordo com a escala proposta por Ritchie & Hanway (1993). Após cada aplicação de uréia, a área experimental foi irrigada, a fim de minimizar as perdas de nitrogênio por volatilização. Esta adubação foi calculada com a expectativa de rendimento de 8 t ha⁻¹ de grãos (COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO - RS/SC, 2004).

O manejo de plantas daninhas foi efetuado com duas capinas mecânicas manuais, aos 18 e 39 dias após a emergência. Posteriormente, o dossel foliar das plantas de milho interceptou quase que totalmente a radiação solar do local. Não se realizou o controle de insetos-praga e doenças durante os dois ciclos de cultivo do milho. Vale salientar que, durante todo o período de execução do experimento, as plantas foram irrigadas por sistema de aspersão durante os períodos de déficit hídrico.

No presente experimento foram realizadas as seguintes avaliações, para as duas safras agrícolas:

Altura de plantas e inserção da primeira espiga: por ocasião do florescimento pleno, ocorrido aos 60 e 66 dias após a emergência na primeira e segunda safra, respectivamente, foi aferida a distância entre a superfície do solo e a inserção da folha bandeira, utilizando-se fita métrica graduada em centímetros, fixada a uma estaca de madeira. A altura de inserção da primeira espiga foi determinada medindo-se a distância entre o solo e a inserção da espiga no colmo. Para tal avaliação foram utilizadas dez plantas por subparcela experimental.

Comprimento e diâmetro de espigas: por ocasião da colheita foram coletadas dez espigas ao acaso na área útil (2,70 m²) de cada subparcela, medindo-se com régua graduada o comprimento de cada espiga e com paquímetro digital no terço médio, o diâmetro de cada espiga.

Número de fileiras, grãos por espiga e número de grãos por fileira: nas mesmas dez espigas coletadas para a avaliação anterior, foram determinadas o número de fileiras, grãos por fileira e grãos por espiga.

Massa de 100 grãos: foi avaliada mediante duas amostras de 100 grãos de cada subparcela, acondicionados em sacos de papel previamente identificados e levados para secagem em estufa de ventilação forçada à temperatura de 65 °C, até atingirem peso constante, que ocorreu após 72 horas. Os dados obtidos foram transformados para a umidade padrão de 13%.

Produtividade de grãos: foram colhidas, manualmente, as espigas das plantas contidas na área útil, utilizadas para a contagem da população final, em cada subparcela experimental. Após a debulha, os grãos foram

pesados e, posteriormente, calculada a produtividade em kg ha^{-1} (à base de 13% de umidade).

Estande final: a contagem do estande final foi realizada pouco antes da colheita na área útil de cada subparcela experimental e os dados foram transformados para o número de plantas por hectare.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste F e as médias dos tratamentos comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, por meio do programa estatístico Agroestat (BARBOSA & MALDONADO JUNIOR, 2011).

3 RESULTADOS

A análise dos dados mostrou que não houve efeito significativo das culturas de inverno, das fontes de adubação e da interação culturas de inverno x fontes de adubação sobre os parâmetros altura de plantas, inserção, comprimento e diâmetro de espiga, pelo teste F, exceto para a interação culturas de inverno x fontes de adubação em diâmetro de espiga (Tabela 2).

TABELA 2. Altura de plantas (AP), inserção (IE), comprimento (CE) e diâmetro de espigas (DE) de milho, safra verão, em função das culturas de inverno e fontes de adubação. Umuarama, Estado do Paraná, 2011

Culturas de inverno (CI)	AP	IE	CE	DE
	----- cm -----	----- cm -----	----- cm -----	---- mm ----
Aveia + nabo forrageiro	170,4 a	98,6 a	19,7 a	53,72 a
Aveia-preta	178,4 a	103,0 a	20,0 a	54,27 a
Chícharo	183,3 a	103,8 a	20,5 a	55,72 a
Ervilhaca	171,3 a	97,9 a	20,3 a	54,65 a
Feijoeiro	178,5 a	104,0 a	19,7 a	54,59 a
Nabo forrageiro	173,8 a	98,2 a	19,9 a	54,53 a
Pousio	179,6 a	105,3 a	20,2 a	55,09 a
Trigo	164,3 a	98,8 a	19,3 a	52,88 a
Teste F	1,41 ^{ns}	0,91 ^{ns}	1,24 ^{ns}	1,82 ^{ns}
DMS (5%)	23,66	14,72	1,53	2,89
C. V. (%)	10,28	11,06	5,84	4,04
Fontes de adubação (FA)				
Orgânica	173,5 a	100,8 a	19,7 a	54,56 a
Química	173,4 a	101,6 a	20,2 a	54,29 a
Teste F	0,38 ^{ns}	0,15 ^{ns}	3,56 ^{ns}	0,67 ^{ns}
DMS (5%)	12,30	5,14	0,73	0,85
C. V. (%)	13,41	9,69	6,99	2,98
Teste F (CI x FA)	1,57 ^{ns}	1,51 ^{ns}	1,16 ^{ns}	2,83*
C. V. (%)	5,58	5,77	5,74	3,17

Médias seguidas de mesma letra na coluna para cada fator, não diferem entre si, pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. C. V.: coeficiente de variação (%); * e n.s. = significativo e não significativo a 5% de probabilidade, respectivamente.

Em função da interação culturas de inverno x fontes de adubação ter sido significativa para diâmetro de espiga, realizou-se o desdobramento desta variável (Tabela 3), e, analisando as culturas de inverno que antecederam o cultivo de milho dentro das fontes de adubação, notou-se que houve efeito significativo apenas para a fonte orgânica, na qual as espigas de milho das plantas cultivadas após o feijoeiro apresentaram diâmetro médio 3,73 mm superior às espigas provenientes do tratamento aveia + nabo forrageiro.

Porém, quando analisadas as fontes de adubação dentro de cada cultura de inverno, verificou-se efeito significativo no diâmetro de espigas oriundas do milho cultivado após aveia + nabo forrageiro e feijoeiro, sendo no primeiro, a adubação química, em média, 2,73 mm superior e, no segundo, a adubação orgânica, com 2,98 mm.

TABELA 3. Desdobramento da interação significativa referente ao diâmetro de espigas de milho, safra verão. Umuarama, Estado do Paraná, 2011

Culturas de inverno (CI)	Fontes		Teste F	DMS (5%)
	Orgânica	Química		
	----- mm -----			
Aveia + nabo forrageiro	52,35 b B	55,08 a A	7,62**	2,00
Aveia-preta	54,88 ab A	53,65 a A	1,55 ^{ns}	2,00
Chícharo	55,70 ab A	55,73 a A	0,00 ^{ns}	2,00
Ervilhaca	55,25 ab A	54,05 a A	1,47 ^{ns}	2,00
Feijoeiro	56,08 a A	53,10 a B	9,08**	2,00
Nabo forrageiro	54,35 ab A	54,70 a A	0,12 ^{ns}	2,00
Pousio	55,38 ab A	54,80 a A	0,35 ^{ns}	2,00
Trigo	52,52 ab A	53,23 a A	0,52 ^{ns}	2,00
Teste F	3,07**	1,35 ^{ns}		
DMS (5%)	3,57	3,57		

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si, pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. ** e n.s. = significativo 1% e não significativo a 5% de probabilidade, respectivamente.

Para os parâmetros número de fileiras por espiga, grãos por fileira, grãos por espiga, população de plantas, massa de 100 grãos e produtividade do milho (Tabelas 4 e 5), houve efeito significativo somente para a interação culturas de inverno x fontes de adubação frente à produtividade de milho na safra verão.

TABELA 4. Número de fileiras por espiga (NFE), grãos por fileira (NGF) e grãos por espiga de milho (NGE), safra verão, em função das culturas de inverno e fontes de adubação. Umuarama, Estado do Paraná, 2011

Culturas de inverno (CI)	NFE	NGF	NGE
	----- número -----		
Aveia + nabo forrageiro	16,9 a	35,1 a	593,8 a
Aveia-preta	16,6 a	36,0 a	597,1 a
Chícharo	17,0 a	36,2 a	612,7 a
Ervilhaca	16,7 a	36,3 a	601,8 a
Feijoeiro	16,8 a	35,4 a	593,2 a
Nabo forrageiro	16,8 a	35,9 a	601,1 a
Pousio	17,2 a	37,1 a	627,1 a
Trigo	16,3 a	35,7 a	578,9 a
Teste F	1,56 ^{ns}	1,03 ^{ns}	1,45 ^{ns}
DMS (5%)	1,02	2,85	54,15
C. V. (%)	4,60	6,03	6,85
Fontes de adubação (FA)			
Orgânica	16,7 a	35,5 a	591,2 a
Química	16,9 a	36,4 a	610,2 a
Teste F	0,96 ^{ns}	3,45 ^{ns}	4,57 ^{ns}
DMS (5%)	0,37	1,35	22,90
C. V. (%)	4,22	7,16	7,26
Teste F (CI x FA)	1,22 ^{ns}	1,07 ^{ns}	1,69 ^{ns}
C. V. (%)	4,73	5,87	6,32

Médias seguidas da mesma letra na coluna para cada fator, não diferem entre si, pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. C. V.: coeficiente de variação (%); n.s. = não significativo a 5% de probabilidade.

TABELA 5. População de plantas, massa de 100 grãos e produtividade de milho, safra verão, em função das culturas de inverno e fontes de adubação. Umuarama, Estado do Paraná, 2011

Culturas de inverno (CI)	População	Massa de 100 grãos	Produtividade
	-- plantas ha ⁻¹ --	----- g -----	--- kg ha ⁻¹ ---
Aveia + nabo forrageiro	47.840 a	33,28 a	8.345 a
Aveia-preta	51.221 a	34,42 a	9.071 a
Chícharo	50.000 a	36,80 a	10.032 a
Ervilhaca	50.000 a	34,92 a	9.229 a
Feijoeiro	47.840 a	34,35 a	9.007 a
Nabo forrageiro	49.383 a	34,46 a	8.641 a
Pousio	45.371 a	35,26 a	9.419 a
Trigo	49.691 a	33,02 a	8.459 a
Teste F	0,47 ^{ns}	1,14 ^{ns}	0,90 ^{ns}
DMS (5%)	7,552	5,03	2,650
C. V. (%)	10,68	11,06	22,33
Fontes de adubação (FA)			
Orgânica	48.688 a	34,97 a	8.868 a
Química	49.151 a	34,16 a	9.182 a
Teste F	1,26 ^{ns}	3,83 ^{ns}	0,71 ^{ns}
DMS (5%)	2,661	1,07	956
C. V. (%)	9,43	5,88	20,19
Teste F (CI x Fontes)	1,18 ^{ns}	0,40 ^{ns}	3,54**
C. V. (%)	13,27	9,72	18,33

Médias seguidas da mesma letra na coluna para cada fator, não diferem entre si, pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. C. V.: coeficiente de variação (%); ** e n.s. = significativo a 1% e não significativo a 5% de probabilidade, respectivamente.

A Tabela 6 demonstra o efeito significativo da interação culturas de inverno e adubação orgânica sobre a produtividade de milho, a qual foi superior a 3.500 kg ha⁻¹ no tratamento antecedido por ervilhaca, quando comparado com o tratamento aveia + nabo forrageiro. Quando se estudou as culturas de inverno e adubação química, notou-se que não houve diferença significativa entre os tratamentos. No entanto, quando analisadas as fontes de adubação com cada cultura de inverno, tem-se efeito significativo dentro de três tratamentos: aveia + nabo forrageiro, ervilhaca e feijoeiro. A adubação química foi mais responsiva à produtividade de milho no tratamento aveia + nabo forrageiro, superando em 3.058 kg ha⁻¹ na comparação com a adubação orgânica. Já nos tratamentos compreendidos por ervilhaca e feijoeiro, a adubação orgânica sobressai à adubação química em 2.298 e 2.209 kg ha⁻¹, respectivamente, na produtividade de milho.

TABELA 6. Desdobramento de interação significativa referente à produtividade de milho, safra verão. Umuarama, Estado do Paraná, 2011

Culturas de inverno (CI)	Fontes		Teste F	DMS (5%)
	Orgânica ----- kg ha ⁻¹ -----	Química		
Aveia + nabo forrageiro	6.816 b B	9.874 a A	9,98**	1.958
Aveia-preta	8.813 ab A	9.330 a A	0,28 ^{ns}	1.958
Chícharo	9.854 ab A	10.210 a A	0,14 ^{ns}	1.958
Ervilhaca	10.378 a A	8.080 a B	5,64*	1.958
Feijoeiro	10.111 ab A	7.902 a B	5,21*	1.958
Nabo forrageiro	7.925 ab A	9.357 a A	2,19 ^{ns}	1.958
Pousio	8.905 ab A	9.934 a A	1,13 ^{ns}	1.958
Trigo	8.145 ab A	8.773 a A	0,42 ^{ns}	1.958
Teste F	2,63*	1,30 ^{ns}		
DMS (5%)	3.330	3.330		

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si, pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. **, * e n.s. = significativo 1%, 5% e não significativo a 5% de probabilidade, respectivamente.

Como ocorrido na safra verão, não houve efeito significativo das culturas de inverno, das fontes de adubação e da interação culturas de inverno x fontes de adubação sobre os parâmetros altura de plantas, inserção, comprimento e diâmetro de espiga na safrinha 2011 (Tabela 7) pelo teste F, exceto das fontes de adubação sobre o diâmetro de espiga. Ainda sobre o diâmetro de espiga, na média geral, os tratamentos que receberam adubação orgânica foram significativamente superiores aos adubados com formulado comercial.

TABELA 7. Altura de plantas (AP), inserção (IE), comprimento (CE) e diâmetro de espigas (DE) de milho safrinha, em função das culturas de inverno e fontes de adubação. Umuarama, Estado do Paraná, 2011

Culturas de inverno (CI)	AP	IE	CE	DE
	cm			mm
Aveia + nabo forrageiro	143,6 a	83,5 a	15,4 a	50,93 a
Aveia-preta	150,4 a	87,0 a	15,9 a	51,45 a
Chícharo	154,3 a	87,8 a	16,3 a	52,18 a
Ervilhaca	148,2 a	85,4 a	15,9 a	50,60 a
Feijoeiro	148,8 a	86,9 a	15,4 a	50,93 a
Nabo forrageiro	147,1 a	83,6 a	16,0 a	51,38 a
Pousio	151,4 a	89,3 a	15,7 a	50,70 a
Trigo	138,5 a	83,7 a	15,3 a	49,26 a
Teste F	1,36 ^{ns}	0,71 ^{ns}	1,21 ^{ns}	1,77 ^{ns}
DMS (5%)	19,12	11,84	1,43	2,98
C. V. (%)	9,83	10,48	6,89	4,32
Fontes de adubação (FA)				
Orgânica	145,2 a	83,9 a	15,9 a	51,50 a
Química	150,4 a	87,9 a	15,6 a	50,35 b
Teste F	1,90 ^{ns}	3,17 ^{ns}	1,50 ^{ns}	8,73*
DMS (5%)	9,81	5,71	0,50	1,00
C. V. (%)	12,64	12,66	5,97	3,73
Teste F (CI x FA)	0,80 ^{ns}	0,79 ^{ns}	1,02 ^{ns}	0,78 ^{ns}
C. V. (%)	6,35	6,15	5,81	2,86

Médias seguidas da mesma letra na coluna para cada fator, não diferem entre si, pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. C. V.: coeficiente de variação (%); * e n.s. = significativo e não significativo a 5% de probabilidade, respectivamente.

Os parâmetros número de fileiras por espiga, grãos por fileira e grãos por espiga (Tabela 8) também apresentaram comportamento semelhante aos observados na safra verão, ou seja, não houve efeito significativo dos fatores estudados, com ressalva para as fontes de adubação em relação ao número de fileiras por espiga, onde foi possível verificar que a adubação orgânica proporcionou maior número médio de fileiras por espiga de milho em relação à adubação química.

TABELA 8. Número de fileiras por espiga (NFE), grãos por fileira (NGF) e grãos por espiga (NGE) de milho safrinha, em função das culturas de inverno e fontes de adubação. Umuarama, Estado do Paraná, 2011

Culturas de inverno (CI)	NFE	NGF	NGE
	----- número -----		
Aveia + nabo forrageiro	15,4 a	30,0 a	446,9 a
Aveia-preta	15,6 a	30,6 a	478,9 a
Chícharo	16,1 a	31,0 a	499,0 a
Ervilhaca	15,4 a	30,3 a	468,2 a
Feijoeiro	15,3 a	28,8 a	440,5 a
Nabo forrageiro	15,4 a	30,2 a	466,7 a
Pousio	16,0 a	29,6 a	472,3 a
Trigo	15,1 a	30,0 a	435,1 a
Teste F	1,66 ^{ns}	0,92 ^{ns}	1,54 ^{ns}
DMS (5%)	1,19	4,06	78,79
C. V. (%)	5,84	10,37	12,93
Fontes de adubação (FA)			
Orgânica	15,9 a	30,1 a	477,3 a
Química	15,2 b	29,5 a	449,5 a
Teste F	10,56*	0,96 ^{ns}	3,78 ^{ns}
DMS (5%)	0,51	1,67	36,76
C. V. (%)	6,31	10,65	15,11
Teste F (CI x Fontes)	0,65 ^{ns}	1,40 ^{ns}	1,17 ^{ns}
C. V. (%)	4,90	7,82	9,79

Médias seguidas da mesma letra na coluna para cada fator, não diferem entre si, pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. C. V.: coeficiente de variação (%); * e n.s. = significativo e não significativo a 5% de probabilidade, respectivamente.

Observou-se que na safrinha não houve efeito significativo dos fatores em estudo para população de plantas e massa de 100 grãos (Tabela 9). Em relação à produtividade, por meio do teste F foi possível inferir que houve efeito significativo para o fator fontes de adubação, onde a adubação orgânica proporcionou maior produtividade do milho safrinha em relação à adubação química, em média 874 kg ha⁻¹.

TABELA 9. População de plantas, massa de 100 grãos e produtividade de milho safrinha, em função das culturas de inverno e fontes de adubação. Umuarama, Estado do Paraná, 2011

Culturas de inverno (CI)	População	Massa de 100 grãos	Produtividade
	-- plantas ha ⁻¹ --	----- g -----	--- kg ha ⁻¹ ---
Aveia + nabo forrageiro	56.173 a	31,29 a	6.577 a
Aveia-preta	58.950 a	31,58 a	7.538 a
Chícharo	59.877 a	32,33 a	8.329 a
Ervilhaca	59.259 a	30,36 a	7.445 a
Feijoeiro	58.642 a	32,27 a	7.290 a
Nabo forrageiro	56.482 a	32,29 a	7.122 a
Pousio	60.185 a	31,13 a	7.327 a
Trigo	56.482 a	30,40 a	6.266 a
Teste F	1,33 ^{ns}	0,63 ^{ns}	1,41 ^{ns}
DMS (5%)	6.447	4,66	2.398
C. V. (%)	8,42	11,26	25,20
Fontes de adubação (FA)			
Orgânica	59.105 a	31,91 a	7.674 a
Química	57.176 a	31,00 a	6.800 b
Teste F	1,89 ^{ns}	1,61 ^{ns}	15,34*
DMS (5%)	2.512	1,84	574
C. V. (%)	7,47	11,15	15,11
Teste F (CI x Fontes)	1,78 ^{ns}	0,46 ^{ns}	0,73 ^{ns}
C. V. (%)	6,36	6,38	13,67

Médias seguidas da mesma letra na coluna para cada fator, não diferem entre si, pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. C. V.: coeficiente de variação (%); * e n.s. = significativo e não significativo a 5% de probabilidade, respectivamente.

4 DISCUSSÃO

Todos os valores dos parâmetros vegetativos ou de produtividade avaliados no presente estudo foram semelhantes aos reportados na literatura, demonstrando as condições favoráveis para a realização do experimento. A altura de plantas de milho na safra verão (Tabela 2) apresentou valor médio de 175 cm, sendo cerca de 40 cm menor do que observado por Shioga et al. (2010), na avaliação estadual de milho na safra 2009/2010, onde cultivaram o híbrido DKB 390YG, sob uma densidade populacional média de 64 mil plantas ha⁻¹, em diferentes condições edafoclimáticas das principais regiões produtoras de milho no Estado do Paraná.

A diferença na altura de plantas entre a observada no presente trabalho e a relatada por Shioga et al. (2010), pode ser atribuída, entre outros fatores, à resistência do solo à penetração, visto a presença de espécies de *Sida* spp. em praticamente todas as unidades experimentais. Dado o sistema radicular profundo e agressivo, observações de campo têm relacionado a presença frequente desta planta daninha em solos com elevado grau de compactação, em função de sua adaptação à redução do espaço poroso (PRIMAVESI, 2002; PEREIRA & VELINI, 2003).

Isso pode ter ocorrido em razão do tráfego de máquinas agrícolas na área em seu histórico de cultivo, ocasionando a redução da macroporosidade (ARGENTON et al., 2005), aumentando a resistência mecânica na superfície do solo, dessa forma, impedindo que as tensões exercidas pelas máquinas e equipamentos aplicados na superfície sejam distribuídas em maiores profundidades (ARAUJO JUNIOR et al., 2011). Freddi et al. (2009) relataram a redução de 8 a 15% na altura de plantas de milho em função desse fator.

Com relação à altura de inserção da espiga (Tabela 2), a média observada para o referido parâmetro neste trabalho, aproximadamente 100 cm, foi cerca de 30 cm inferior à média relatada por Shioga et al. (2010). Além de ser uma característica determinada geneticamente (GROTTA et al., 2006), para Argenta et al. (2001) e Sangoi et al. (2002a), a altura de inserção da espiga é influenciada pela população de plantas, pois esta característica será maior quanto maior a população, devido ao efeito combinado da competição intra-específica por luz, com consequente estímulo da dominância apical das

plantas. Essa relação foi observada por Argenta et al. (2001), Marchão et al. (2005), Alvarez et al. (2006) e Demétrio et al. (2008), que relataram maiores alturas de inserção da espiga com o aumento da densidade populacional, sugerindo uma tendência natural de aumento de altura de plantas em situações de alta densidade.

Pode-se, então, inferir que a população de plantas (Tabela 5), cuja semeadura foi realizada com o objetivo de se obter estande final de 65 mil plantas por hectare, foi um dos fatores que contribuíram para tal diferença na altura de inserção da espiga, pois o número total de plantas não atingiu 50 mil plantas por hectare, redução de aproximadamente 23% na população de plantas. Isso ocorreu em virtude da precipitação elevada ocorrida no dia seguinte à semeadura, que ocasionou selamento superficial, uma restrição mecânica imposta pela cobertura do solo, que exerce forte resistência à emergência das plântulas (VIANA et al., 2006; AMARAL et al., 2008).

O comprimento, diâmetro, número de espigas por unidade de área e a massa de grãos são características que determinam o potencial de rendimento do milho (OHLAND et al., 2005). O comprimento (Tabela 2) e diâmetro médio de espiga (Tabela 3) foram maiores aos observados por Marchão et al. (2005), Ohland et al. (2005) e Mata et al. (2010). Este fato também pode estar relacionado ao número de plantas presentes no estande final, pois Dourado Neto et al. (2003) verificaram que, nas populações compreendidas entre 30 mil e 60 mil plantas por hectare, os genótipos de milho apresentaram incremento do comprimento de espiga em função do arranjo espacial. Entretanto, verifica-se que o comprimento e diâmetro da espiga do milho visam ao aumento da massa de grãos, pois estes atuam indiretamente para o aumento da massa de grãos (FANCELLI & DOURADO-NETO, 1999).

O número de fileiras por espiga, grãos por fileira e grãos por espiga (Tabela 4) foram superiores aos relatados por Demétrio et al. (2008) e Mata et al. (2010). Esse resultado, possivelmente, está relacionado à concorrência inter-específica da cultura pelos recursos ambientais, que, em virtude da menor densidade populacional, possibilitou maior área de exploração pelas plantas do sistema por água, luz e nutrientes, contribuindo para o maior desenvolvimento desses componentes de produção (SANTANA et al., 2009).

Penariol et al. (2003) observaram que o espaçamento entre linhas não afetou o número de grãos por espigas, enquanto que, em densidades elevadas, esse componente pode ser reduzido em virtude do abortamento de óvulos, recentemente fertilizados no início do enchimento de grãos (SANGOI, 2000). Esse fato ocorre com maior frequência nos grãos localizados na ponta da espiga, os quais são os últimos a serem fertilizados tendo, portanto, menor preferência pela demanda de carboidratos e compostos nitrogenados (SANGOI et al., 2001). Segundo Lopes et al. (2007), não há correlação entre número de fileiras e massa de grão por espiga, ou seja, se aumentar o número de fileiras de grãos na espiga, a massa de 100 grãos apresenta decréscimo insignificante, a ponto de não afetar a massa de grãos por planta, enquanto que o aumento do número de grãos é insuficiente para afetar a massa de grãos.

Dentre estas características, muito provavelmente, o diâmetro de espiga tenha contribuído para a maior produtividade do milho em sucessão à ervilhaca (adubação orgânica) quando comparado ao consórcio aveia + nabo forrageiro (adubação orgânica) e à ervilhaca (adubação química), pois o diâmetro de espiga está estreitamente relacionado com enchimento de grãos e número de fileiras de grãos por espiga, que também é influenciado pelo genótipo (OHLAND et al., 2005).

No que concerne à massa de 100 grãos (Tabela 5), o valor médio geral observado foi de 34,56 g, sendo que os fatores em estudo não tiveram efeito significativo sobre a mesma. Farinelli & Lemos (2010) também não verificaram efeito de doses de N sobre o peso de 100 grãos, apesar de observarem variação entre 37,43 e 42,27 g. Por outro lado, Santos et al. (2010) relatam haver interação adubos verdes x nitrogênio, com incremento de 14,2 e 26,9% no peso de 100 grãos, em relação à adubação nitrogenada e ao cultivo de adubos verdes (*C. spectabilis*), respectivamente.

A massa de 100 grãos é uma característica influenciada pelo genótipo, pela disponibilidade de nutrientes e pelas condições climáticas durante os estádios de enchimento dos grãos (OHLAND et al., 2005), além dos fatores que controlam a oferta de assimilados para o seu completo enchimento, relacionados com a quantidade de radiação interceptada pela cobertura vegetal da cultura, eficiência metabólica das plantas, eficiência de translocação de

fotossintatos das folhas e colmos para os grãos em crescimento e capacidade de dreno (TOLLENAAR, 1977).

Com relação à produtividade (Tabela 6), os dados observados mostraram que o milho adubado com cama de aves teve menor rendimento de grãos, quando cultivado em sucessão à aveia + nabo forrageiro (6.816 kg ha^{-1}), do que em sucessão à ervilhaca ($10.378 \text{ kg ha}^{-1}$). Isso pode ser explicado pela maior relação C/N (carbono/nitrogênio) da fitomassa do consórcio aveia + nabo forrageiro em comparação à ervilhaca (AITA & GIACOMINI, 2003), visto que a ervilhaca, em decorrência da sua capacidade em fixar biologicamente o N_2 atmosférico e da elevada taxa de decomposição de seus resíduos culturais, é capaz de fornecer quantidades significativas de N ao milho em sucessão (HEINRICHS et al., 2001; AITA et al., 2001).

Já a aveia, por acumular menor quantidade de N na fitomassa e liberá-lo lentamente após o seu manejo, afeta o fornecimento de N e a produtividade de grãos de milho (AITA et al., 2001), assim como o nabo forrageiro, que embora apresente maior taxa de decomposição e liberação de nutrientes dos resíduos culturais após o seu manejo em relação à aveia (HEINZMANN, 1985), se assemelha à gramínea quanto à capacidade de absorção de N mineral do solo e produção de fitomassa (DERPSCH et al., 1985).

Ainda a respeito da produtividade do milho, quando comparadas as fontes de adubação junto ao sistema aveia + nabo forrageiro, constatou-se menor rendimento de grãos, quando adubado organicamente (6.816 kg ha^{-1}), em relação à adubação química (9.874 kg ha^{-1}). Essa diferença de rendimento deve-se, possivelmente, ao fato de que os adubos orgânicos possuem menor solubilidade em relação aos adubos químicos, pois dependem da mineralização da matéria orgânica, tornando os nutrientes disponíveis de maneira gradual (RAIJ et al., 1997; CASTOLDI et al., 2011).

Mesmo com as restrições impostas à agricultura intensiva em relação aos solos da região do Arenito Caiuá, que são constituídos de materiais arenosos, cuja mineralogia predominante é o quartzo (85-90%) e baixos teores de matéria orgânica, cerca de 1%, sendo, portanto, pobres em nutrientes e altamente susceptíveis a erosão (MARUN, 1996; SAMBATTI et al., 2003), os rendimentos de grãos de milho obtidos nesse trabalho indicam a viabilidade

agronômica da exploração do milho na região, assim como constatado por Gerage & Shioga (1999).

Isso demonstra que é possível obter elevados rendimentos de milho ($> 10.000 \text{ kg ha}^{-1}$) em sucessão à culturas de inverno, principalmente leguminosas, aliado à adequada fertilização e adoção de práticas conservacionistas de solo, como o sistema de plantio direto, na região do Arenito Caiuá. Esses resultados equivalem aos obtidos com a sucessão ervilhaca/milho por Calegari (2008) no Sudoeste do Estado do Paraná, cuja produtividade foi de 7.641 kg ha^{-1} , e aos obtidos por Amado et al. (2000) e Argenta et al. (2003), na região Central do Estado do Rio Grande do Sul, com 8.070 e 9.900 kg ha^{-1} , respectivamente. No sistema de sucessão feijoeiro/milho com aplicação de N, Souza et al. (2011) relataram rendimento de 7.568 kg ha^{-1} de milho no município de Selvíria, Estado do Mato Grosso do Sul, rendimento semelhante ao obtido neste trabalho, enquanto Andreola et al. (2000) verificaram resposta significativa da sucessão feijoeiro/milho + fertilização orgânica, superando em cerca de 1.000 kg ha^{-1} a adubação química.

A altura de plantas do milho safrinha (Tabela 7) não foi influenciada pelas variáveis estudadas, porém, tiveram redução no porte em relação às plantas cultivadas na safra verão. Além do fator compactação, utilizado para explicar a altura de planta inferior na safra verão em relação à observada por Farinelli & Lemos (2010), Santos et al. (2010) e Castoldi et al. (2011), duas outras hipóteses precisam ser consideradas. A primeira, em função da arquitetura foliar semi-ereta (tolerante ao aumento da densidade de plantas) e da densidade de semeadura pré-estabelecida, o dossel de cada planta recebeu maior quantidade de luz (ARGENTA et al., 2001), o que pode possibilitar maior oxidação de auxinas, reduzindo a alongação celular, resultando em entrenós do colmo mais curtos, altura de plantas e de inserção de espigas reduzidas (SANGOI et al., 2002b).

A segunda hipótese é de que o N fornecido (adubação orgânica e química) não tenha sido suficiente, principalmente nos estádio iniciais de desenvolvimento (V_2 a V_4), já que, nesse momento, a aplicação de elevadas doses de N, em cereais, aumenta a produção de fitormônios promotores do crescimento e de desenvolvimento, responsáveis pelos processos de divisão e expansão celular (giberilinas, auxinas e citocininas), aumentando o

alongamento do caule e, conseqüentemente, a altura das plantas (MARSCHNER, 1995). Assim, em detrimento ao aumento da competição por nutrientes, há redução no comprimento de espigas (ROCHA et al., 2011).

No desdobramento do efeito das fontes de adubação sobre o diâmetro de espigas (Tabela 8) e número de fileiras por espiga (Tabela 10), foi observado que, nas sucessões ervilhaca/milho e feijoeiro/milho, a adubação orgânica sobressaiu à adubação química, muito provavelmente, em decorrência do efeito residual da fertilização com cama de aves realizada na safra verão (RAIJ et al., 1997). Evidências desse efeito foram reportadas por Nyakatawa et al. (2001), onde, em estudo a respeito do efeito residual de cama de aves, observaram que a aplicação do composto orgânico na cultura do algodão, dois anos antes, foi capaz de suprir parte do N requerido pelo milho. Resultados semelhantes também foram relatados por Barbosa et al. (2007), após dois anos de cultivo de aveia e milho adubados com lodo de esgoto, nas safras inverno e verão, respectivamente, quando obtiveram produtividade de milho safrinha significativa, sem a adição de outro insumo.

Como a população de plantas não sofreu efeito das variáveis estudadas, pode-se inferir com maior precisão o efeito pronunciado das fontes de adubação sobre a produtividade do milho safrinha (Tabelas 11 e 12), sendo que a adubação orgânica novamente foi mais eficaz que a adubação química em dois sistemas de sucessão: ervilhaca/milho e feijoeiro/milho. Assim, a maior produtividade de milho safrinha, nos dois sistemas de sucessão mencionados, foi resultado do maior diâmetro e número de fileiras por espiga em função da adubação orgânica, elevando o teto produtivo em 20,42 e 16,24% para os sistemas de sucessão ervilhaca/milho e feijoeiro/milho, respectivamente, em comparação à adubação química.

Mesmo com a redução da produtividade, na média geral, cerca de 1.800 kg ha⁻¹, da safra verão para a safrinha, o rendimento do milho safrinha obtido nesse trabalho superou em 924 kg ha⁻¹ a média dos ensaios estaduais (6.313 kg ha⁻¹) realizados por Gerage et al. (2009), utilizando o mesmo híbrido.

Essa queda no rendimento era esperada para o milho safrinha, já que semeaduras tardias, como é o caso da safrinha, apresentam menor potencial, pois o florescimento ocorre quando a radiação solar e temperatura do ar são baixas, prejudicando o enchimento de grãos (MUNDSTOCK & SILVA, 2005).

Segundo os mesmos autores, a máxima eficiência no uso da radiação solar é um dos fatores básicos para se obter elevadas produtividades, principalmente durante o pré-florescimento e enchimento de grãos, já que a radiação solar é fundamental para a fixação de CO₂ no processo de fotossíntese e produção de massa seca, que é convertida em grãos.

5 CONCLUSÕES

Por meio dos dados obtidos, concluiu-se que todos os sistemas de sucessão mostraram-se viáveis agronomicamente para a produção de grãos de milho na região do Arenito Caiuá, aliado ao adequado manejo nutricional e fitossanitário da cultura, salientando-se o emprego de suplementação hídrica.

Na safra verão, destaca-se a sucessão ervilhaca/milho, fertilizado com cama de aves, como a estratégia de cultivo que proporcionou o melhor rendimento de grãos para o milho.

Em relação ao milho safrinha, os resultados apontaram a superioridade da sucessão ervilhaca/milho e feijoeiro/milho, supridas com adubação orgânica em relação à adubação química.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AITA, C.; BASSO, C. J.; CERETTA, C. A.; GONÇALVES, C. N.; DA ROS, C. O. Plantas de cobertura de solo como fonte de nitrogênio ao milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 25, n. 1, p. 157-165, 2001.

AITA, C.; GIACOMINI, S. J. Decomposição e liberação de nitrogênio de resíduos culturais de plantas de cobertura de solo solteiras e consorciadas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, n. 4, p. 601-612, 2003.

ALVAREZ, C. G. D.; PINHO, R. G.; BORGES, I. D. Avaliação de características agronômicas e de produção de forragens e grãos de milho em diferentes densidades de semeadura e espaçamentos entre linhas. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 30, n. 3, p. 402-408, 2006.

AMADO, T. J. C.; MIELNICZUK, J.; AITA, C. Recomendação de adubação nitrogenada para o milho no RS e SC adaptada ao uso de culturas de cobertura do solo, sob sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 26, n. 1, p. 241-248, 2002.

AMADO, T. J. C.; MIELNICZUK, J.; FERNANDES, S. B. V. Leguminosas e adubação mineral como fontes de nitrogênio para o milho em sistemas de preparo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 24, n. 1, p. 179-189, 2000.

AMARAL, A. J.; BERTOL, I.; COGO, N. P.; BARBOSA, F. T. Redução da erosão hídrica em três sistemas de manejo do solo em um Cambissolo Húmico da Região do Planalto Sul-catarinense. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, n. 5, p. 2145-2155, 2008.

ANDREOLA, F.; COSTA, L. M.; OLSZEWSKI, N.; JUCKSCH, I. A cobertura vegetal de inverno e a adubação orgânica e, ou, mineral influenciando a sucessão feijão/milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 24, n. 4, p. 867-874, 2000.

ARAUJO-JUNIOR, C. F.; DIAS JUNIOR, M. S.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALCÂNTARA, E. N. Capacidade de suporte de carga e umidade crítica de um Latossolo induzida por diferentes manejos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 35, n. 1, p. 115-131, 2011.

ARF, O.; SILVA, L. S.; BUZETTI, S.; ALVES, M. C.; SÁ, M. E.; RODRIGUES, R. A. F.; HERNANDEZ, F. B. T. Efeitos na cultura do trigo da rotação com milho e adubos verdes, na presença e na ausência de adubação nitrogenada. **Bragantia**, Campinas, v. 58, n. 2, p. 323-334, 1999.

ARGENTA, G.; SANGOI, L.; SILVA, P. R. F.; RAMPAZZO, C.; GRACIETTI, L. C.; STRIEDER, M. L.; FORSTHOFER, E. L.; SUHRE, E. Potencial de rendimento de grãos de milho em dois ambientes e cinco sistemas de produção. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 4, n. 1-2, p. 27-34, 2003.

ARGENTA, G.; SILVA, P. R. F.; SANGOI, L. Arranjo de plantas em milho: análise do estado-da-arte. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 31, n. 6, p. 1075-1084, 2001. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/10183/22384>>.

ARGENTON, J.; ALBUQUERQUE, J. A.; BAYER, C.; WILDNER, L. P. Comportamento de atributos relacionados com a forma da estrutura de Latossolo Vermelho sob sistemas de preparo e plantas de cobertura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 29, n. 3, p. 425-435, 2005.

BARBOSA, G. M. C.; TAVARES FILHO, J.; BRITO, O. R.; FONSECA, I. C. B. Efeito residual do lodo de esgoto na produtividade do milho safrinha. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, n. 3, p. 601-605, 2007.

BARBOSA, J. C.; MALDONADO JUNIOR, W. **AgroEstat**: Sistema para Análises Estatísticas de Ensaio Agronômicos. Versão 1.1.0.694, 2011.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Introdução. In: PINAZZA, L. A. **Cadeia produtiva do milho**. Brasília: IICA: MAPA/SPA, 2007. p. 11-12. (Série Agronegócios, v. 1).

BULL, L. T. Nutrição mineral do milho. In: BULL, L. T.; CANTARELLA, H. **Cultura do milho: fatores que afetam a produtividade**. 1. ed. Piracicaba: POTAFOS, 1993. p. 63-145.

CALEGARI, A. Plantas de cobertura e rotação de culturas no sistema plantio direto. In: ABDALLA, S. R. S.; PROCHOW, L. I.; FANCELLI, A. L. **Como utilizar insumos e recursos para otimizar a produtividade do milho**. Piracicaba: IPNI-BRASIL, 2008. p. 18-21. (Informações Agronômicas, 122).

CALEGARI, A.; MONDARDO, A.; BULISANI, E. A.; WILDNER, L. P.; COSTA, M. B. B.; ALCANTARA, P. B.; MIYASAKA, S.; AMADO, T. J. C. **Adubação verde no Sul do Brasil**. 2. ed. Rio de Janeiro: Assessoria e Serviços a Projetos em Agricultura Alternativa, 1993. 346 p.

CASTOLDI, G.; COSTA, M. S. S. M.; COSTA, L. A. M.; PIVETTA, L. A.; STEINER, F. Sistemas de cultivo e uso de diferentes adubos na produção de silagem e grãos de milho. **Acta Scientiarum-Agronomy**, Maringá, v. 33, n. 1, p. 139-146, 2011. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.4025/actasciagron.v33i1.766>>.

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO - RS/SC. **Manual de adubação e calagem para os Estados do Rio grande do Sul e Santa Catarina**. 10. ed. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2004. 400 p.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento de safra brasileira: grãos, primeiro levantamento, outubro/2011**. Brasília: Conab, 2011. 38 p.

COSTA, R. V.; SILVA, D. D.; COTA, L. V.; PARREIRA, D. F.; FERREIRA, A. S.; CASELA, C. R. Incidência de *Colletotrichum graminicola* em colmos de genótipos de milho. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 36, n. 2, p. 122-128, 2010. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-54052010000200003>>.

DEMÉTRIO, C. S.; FORNASIERI FILHO, D.; CAZETTA, J. O.; CAZETTA, D. A. Desempenho de híbridos de milho submetidos a diferentes espaçamentos e densidades populacionais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 43, n. 12, p. 1691-1697, 2008. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2008001200008>>.

DERPSCH, R.; SIDIRAS, N.; HEINZMANN F. X. Manejo do solo com coberturas verdes de inverno. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 20, n. 7, p. 761-773, 1985.

DOURADO NETO, D.; PALHARES, M.; VIEIRA, P. A.; MANFRON, P. A.; MEDEIROS, S. L. P.; ROMANO, M. R. Efeito da população de plantas e do espaçamento sobre a produtividade de milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 2, n. 3, p. 63-77, 2003.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 308 p.

FANCELLI, A. L.; DOURADO-NETO, D. **Tecnologia da produção de milho**. Piracicaba: FEALQ/ ESALQ/USP, 1999. 360 p.

FARINELLI, R.; LEMOS, L. B. Produtividade e eficiência agrônômica do milho em função da adubação nitrogenada e manejos do solo. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 9, n. 2, p. 135-146, 2010.

FREDDI, O. S.; CENTURION, J. F.; DUARTE, A. P.; LEONEL, C. L. Compactação do solo e produção de cultivares de milho em Latossolo Vermelho. I - Características de planta, solo e índice S. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 33, n. 4, p. 793-803, 2009.

GERAGE, A. C.; SHIOGA, P. S. **Avaliação estadual de cultivares de milho: safra 1998/1999**. Londrina: IAPAR, 1999. 106 p. (IAPAR. Informe da Pesquisa, 131).

GERAGE, A. C.; SHIOGA, P. S.; ARAÚJO, P. M.; SERA, G. H. **Avaliação estadual de cultivares de milho: safra 2009**. Londrina: IAPAR, 2009. 51 p. (IAPAR. Informe da Pesquisa, 158).

GROSS, M. R.; VON PINHO, R. G.; BRITO, A. H. Adubação nitrogenada, densidade de semeadura e espaçamento entre fileiras na cultura do milho em sistema plantio direto. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 30, n. 3, p. 387-393, 2006. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542006000300001>>.

GROTTA, D. C. C.; FURLANI, C. E. A.; SILVA, R. P.; CORTEZ, J. W. Cultura do milho em diferentes profundidades de deposição de adubo sobre duas culturas de cobertura. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, Campina Grande, v. 6, n. 2, p. 65-71, 2006.

HEINRICH, R.; AITA, C.; AMADO, T. J. C.; FANCELLI, A. L. Cultivo consorciado de aveia e ervilhaca: relação C/N da fitomassa e produtividade do milho em sucessão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 25, n. 2, p. 331-340, 2001.

HEINZMANN, F. X. Resíduos culturais de inverno e assimilação de nitrogênio por culturas de inverno. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 20, n. 9, p. 1021-1030, 1985.

HERNANI, L. C.; ENDRES, V. C.; PITOL, C.; SALTON, J. C. **Adubos verdes de outono/inverno no Mato Grosso do Sul**. Dourados: Embrapa-CPAO, 1995. 93 p.

IAPAR. Instituto Agrônomo do Paraná. **Médias históricas das estações do IAPAR**. 2011. Disponível em: <www.iapar.br>. Acesso em: 08 dez. 2011.

KÖPPEN, W. **Climatologia**: con un estudio de los climas de la tierra. México: Fondo de Cultura Económica, 1948. 478 p.

KUNZ, J. H.; BERGONCI, J. I.; BERGAMASCHI, H.; DALMAGO, G. A.; HECKLER, B. M. M.; COMIRAN, F. Uso da radiação solar pelo milho sob diferentes preparos do solo, espaçamento e disponibilidade hídrica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 11, p. 1511-1520, 2007. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2007001100001>>.

LAL, R. Soil surface management in the tropics for intensive land use and high and sustained production. **Advances in Soil Science**, New York, v. 5, 1986. p. 1-109.

LOPES, S. J.; LÚCIO, A. D.; STORCK, L.; DAMO, H. P.; BRUM, B.; SANTOS, V. J. Relações de causa e efeito em espigas de milho relacionadas aos tipos de híbridos. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 37, n. 6, p. 1536-1542, 2007. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782007000600005>>.

MARCHÃO, R. L.; BRASIL, E. M.; DUARTE, J. B.; GUIMARÃES, C. M.; GOMES, J. A. Densidade de plantas e características agrônômicas de híbridos de milho sob espaçamento reduzido entre linhas. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 35, n. 2, p. 93-101, 2005.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2. ed. San Diego, Academic Press, 1995. 889 p.

MARUN, F. Propriedades físicas e biológicas de um Latossolo Vermelho-Escuro do Arenito Caiuá sob pastagem e culturas anuais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 31, n. 8, p. 593-597, 1996.

MATA, J. F.; SILVA, J. C.; RIBEIRO, J. F.; AFFÉRI, F. S.; VIEIRA, L. M. Produção de milho híbrido sob doses de esterco bovino. **Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia**, Guarapuava, v. 3, n. 3, p. 125-134, 2010.

MIYASAKA, S.; CAMARGO, O. A.; CAVALERI, P. A. **Adubação orgânica, adubação verde e rotação de culturas no Estado de São Paulo**. Campinas: Fundação Cargill, 1983. 138 p.

MUNDSTOCK, C. M.; SILVA, P. R. F. **Manejo da cultura do milho para altos rendimentos de grãos**. Porto Alegre: Departamento de Plantas de Lavoura da Universidade Federal do Rio Grande do Sul: Evangraf, 2005. 51 p.

NYAKATAWA, E. Z.; REDDY, K. C.; BROWN, G. F. Residual effect of poultry litter applied to cotton in conservation tillage systems on succeeding rye and corn. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 71, n. 3, p. 159-171, 2001. Disponível em: <[http://dx.doi.org/10.1016/S0378-4290\(01\)00155-1](http://dx.doi.org/10.1016/S0378-4290(01)00155-1)>.

OHLAND, R. A. A.; SOUZA, L. C. F.; HERNANI, L. C.; MARCHETTI, M. E.; GONÇALVES, M. C. Culturas de cobertura do solo e adubação nitrogenada no milho em plantio direto. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 29, n. 3, p. 538-544, 2005.

OLIVEIRA, F. H. T.; NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V., V. H.; CANTARUTTI, R. B.; BARROS, N. F. Fertilidade do solo no sistema plantio direto. In: ALVAREZ V., V. H.; SCHAEFER, C. E. G. R.; BARROS, N. F.; MELLO, J. W. V.; COSTA, L.M. **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, v. 2, 2002. p. 393-486.

PENARIOL, F. G.; FORNASIERI FILHO, D.; COICEV, L.; BORDIN, L.; FARINELLI, R. Comportamento de cultivares de milho semeados em diferentes espaçamentos entre linhas e densidades populacionais, na safrinha. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 2, n. 2, p. 52-60, 2003.

PEREIRA, F. A. R.; VELINI, E. D. Sistemas de cultivo no cerrado e dinâmica de populações de plantas daninhas. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 21, n. 3, p. 355-363, 2003. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-83582003000300002>>.

PEREIRA, O. A. P.; CARVALHO, R. V.; CAMARGO, L. E. A. Doenças do milho. In: KIMATI, H.; AMORIM, L.; REZENDE, J. A. M.; BERGAMIN FILHO, A.; CAMARGO, L. E. A. **Manual de Fitopatologia: Doenças das Plantas Cultivadas**. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, v. 2, 4. ed., p. 477-488, 2005.

PRIMAVESI, A. **Manejo ecológico do solo: a agricultura em regiões tropicais**. São Paulo: NOBEL, 2002. 549 p.

RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas: Instituto Agronômico, 1997. 285 p. (Boletim Técnico, 100).

RITCHIE, S. W.; HANWAY, J. J. **How a corn plant develops**. Ames: Iowa State University of Science and Technology, 1993. 26 p. (Special Report, 48).

RIZZARDI, M. A.; BOLLER, W.; DALLOGLIO, R. Distribuição de plantas de milho, na linha de semeadura, e seus efeitos nos componentes de produção. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 8, p. 1231-1236, 1994.

ROCHA, D. R.; FORNASIERI FILHO, D.; BARBOSA, J. C. Efeitos da densidade de plantas no rendimento comercial de espigas verdes de cultivares de milho. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 3, p. 392-397, 2011. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0102-05362011000300023>>.

SAMBATTI, J. A.; SOUZA JUNIOR, I. G.; COSTA, A. C. S.; TORMENA, C. A. Estimativa da acidez potencial pelo método do pH SMP em solos da formação Caiuá: noroeste do Estado do Paraná. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, n. 2, p. 257-264, 2003.

SANGOI, L. Understanding plant density effects on maize growth and development: an important issue to maximize grain yield. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 31, n. 1, p. 159-168, 2000. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782001000100027>>.

SANGOI, L.; ALMEIDA, M. L.; LECH, V. A.; GRACIETTI, L. C.; RAMPAZZO, C. Desempenho de híbridos de milho com ciclos contrastantes em função da desfolha e da população de plantas. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 58, n. 2, p. 271-276, 2001.

SANGOI, L.; ALMEIDA, M. L.; SILVA, P. R. F.; ARGENTA, G. Bases morfofisiológicas para maior tolerância dos híbridos modernos de milho a altas densidades de plantas. **Bragantia**, Campinas, v. 61, n. 2, p. 101-110, 2002b. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0006-87052002000200003>>.

SANGOI, L.; GRACIETTI, M. A.; RAMPAZZO, C.; BIANCHET, P. Response of Brazilian maize hybrids from different eras to changes in plant density. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 79, n. 1, p. 39-51, 2002a. Disponível em: <[http://dx.doi.org/10.1016/S0378-4290\(02\)00124-7](http://dx.doi.org/10.1016/S0378-4290(02)00124-7)>.

SANGOI, L.; SILVA, P. R. F. Densidade e arranjo populacional em milho. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE MILHO SAFRINHA, 7., 2005, Assis. **Anais...** Campinas: Instituto Agrônômico, v. 8, 2005. p. 27-41.

SANTANA, E. O.; FERREIRA, L. E.; DANTAS, T. A. G. Arranjos espaciais na cultura do milho e feijão: influência no rendimento e seus componentes. In: BELTRÃO, N. E. M. Manejo de Culturas: revisões bibliográficas. Areia: Yello'S Arts, 2009. p. 5-19.

SANTOS, P. A.; SILVA, A. F.; CARVALHO, M. A. C.; CAIONE, G. Adubos verdes e adubação nitrogenada em cobertura no cultivo do milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 9, n. 2, p. 123-134. 2010.

SHIOGA, P. S.; GERAGE, A. C.; ARAÚJO, P. M.; SERA, G. H. **Avaliação estadual de cultivares de milho**: safra 2009/2010. Londrina: IAPAR, 2010. 112 p. (IAPAR. Boletim Técnico, 69).

SOUZA, J. A.; BUZETTI, S.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M.; ANDREOTTI, M.; SÁ, M. E.; ARF, O. Adubação nitrogenada na cultura do milho safrinha irrigado em plantio direto. **Bragantia**, Campinas, v. 70, n. 2, p. 447-454, 2011. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0006-87052011000200028>>.

TOLLENAAR, M. Sink-source relationships during reproductive development in maize, a review. **Maydica**, Bergamo, v. 22, n. 2, p. 49-75, 1977.

VIANA, J. H. M.; CRUZ, J. C.; ALVARENGA, R. C.; SANTANA, D. P. **Manejo do solo para a cultura do milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2006. 14 p. (Circular Técnica, 77).

CONCLUSÕES

Para o estudo da suscetibilidade de culturas de inverno a *Pratylenchus brachyurus* e atividade sobre a população de fitonematoides na cultura do milho, o cultivo de aveia-preta, nabo forrageiro ou o consórcio entre ambas as espécies apresentaram os melhores resultados para o controle do patógeno.

Constatou-se o efeito benéfico do cultivo de espécies leguminosas, em especial da ervilhaca, associada à adubação orgânica, com cama de aves, quanto à produtividade do milho, indicando a viabilidade agronômica da exploração da cultura no Arenito Caiuá.

Porém, a tomada de decisão quanto à estratégia a ser adotada no manejo de fitonematoides deve ser planejada com cautela, pois ao mesmo tempo em que determinada cultura reduz a população de uma espécie de nematoide, pode elevar rapidamente outra espécie ou gênero.