

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS, AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
CURSO DE MESTRADO**

**ACTINOBACTÉRIAS E ADUBAÇÃO ORGÂNICA NO MANEJO DE  
*Scutellonema bradys*, NO CRESCIMENTO E NUTRIÇÃO DE  
PLANTAS DE INHAME**

**JULIANA FERNANDES DOS SANTOS**

**CRUZ DAS ALMAS – BAHIA  
FEVEREIRO – 2013**

**ACTINOBACTÉRIAS E ADUBAÇÃO ORGÂNICA NO MANEJO DE  
*Scutellonema bradys*, NO CRESCIMENTO E NUTRIÇÃO DE  
PLANTAS DE INHAME**

**JULIANA FERNANDES DOS SANTOS**

Engenheira Agrônoma

Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, 2011

Dissertação submetida ao Colegiado de  
Curso do Programa de Pós-Graduação  
em Ciências Agrárias da Universidade  
Federal do Recôncavo da Bahia, como  
requisito parcial para obtenção do Grau  
de Mestre em Ciências Agrárias, Área de  
Concentração: Fitotecnia.

**Orientador: Dr<sup>a</sup> CARLA DA SILVA SOUSA**

**Co-Orientador: Dr. DIMMY H. S. GOMES BARBOSA**

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA

MESTRADO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS

CRUZ DAS ALMAS - BAHIA - 2013

## FICHA CATALOGRÁFICA

S237

Santos, Juliana Fernandes dos.

Actinobactérias e adubação orgânica no manejo de *Scutellonema bradys* no crescimento e nutrição de plantas de inhame / Juliana Fernandes dos Santos. – Cruz das Almas, BA, 2013.

105f.; il.

Orientadora: Carla da Silva Sousa.

Coorientador: Dimmy H. S. Gomes Barbosa.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas.

1.Cultura do inhame – Cultivo. 2.Controle biológico – Adubação orgânica. I.Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas. II.Título.

CDD: 635.23

COMISSÃO EXAMINADORA

Carla da Silva Sousa

Prof. Dr<sup>a</sup>. Carla da Silva Sousa

Programa de Pós Graduação em Ciências Agrárias - UFRB  
(Orientadora)

Francisco de Sousa Lima

Prof. Dr. Francisco de Sousa Lima

Professor Colaborador - UFRB



Prof. Dr. Harlen Sandro Alves Silva  
Embrapa Mandioca e Fruticultura.

Dissertação homologada pelo Colegiado do Curso de Mestrado em Ciências Agrárias em .....

Conferindo o grau de Mestre em Ciências Agrárias em .....

Vocês deixaram seus sonhos para que eu sonhasse.

Derramaram lágrimas para que eu fosse feliz.

Perderam noites de sono para que eu dormisse tranqüila.

Acreditaram em mim, apesar dos meus erros.

Jamais esqueçam que eu levarei para sempre, um pedaço do seu ser dentro do  
meu próprio ser.

Aos meus pais

Jurandir Manoel dos Santos

e

Ivone Fernandes dos Santos

Com todo amor e gratidão, dedico.

## **Agradecimentos**

À Deus. Agradeço pela vida, pelas alegrias, pelas tristezas, que tanto me fizeram crescer, e por ter possibilitado que boas pessoas cruzassem meu caminho.

Aos meus pais, pelo apoio, amor, educação e exemplo. Eles são os pilares de minha vida.

À minhas irmãs Larissa e Girlene, por todo carinho, amizade e apoio.

Ao meu querido namorado Marcos, pelo carinho, apoio, atenção e compreensão nas ausências.

Tudo o que eu disser, será ainda muito pouco para demonstrar a importância que vocês têm para mim. Sem vocês, tudo seria mais difícil.

Aos familiares, principalmente, aos tios Julio Calixto e Regina Fernandes e vovó Maricota, pela constante ajuda e carinho.

À minha orientadora, Dr<sup>a</sup> Carla da Silva Sousa, pela amizade, pela orientação e pela confiança na realização desse trabalho.

Ao Dr. Dimmy H. S. Gomes Barbosa, pela co-orientação e disponibilização do Laboratório de Nematologia e Microbiologia do solo da Embrapa para realização das análises com nematoides e auxílio nas análises de caracterização química dos adubos orgânicos.

A professora Dr<sup>a</sup> Ana Cristina Fermino Soares, meus agradecimentos pela disponibilização do Laboratório Microbiologia e Fitopatologia da UFRB, para realização de grande parte deste trabalho.

Ao professor Dr. André Azevedo Neto, pela amizade, ensinamentos, colaborações neste trabalho e disponibilização do Laboratório de Bioquímica da UFRB para análise nutricional das plantas de inhame.

Ao professor Dr. Francisco de Sousa Lima, meus agradecimentos pelo fornecimento dos adubos orgânicos e pelas sugestões apresentadas para desenvolvimento deste trabalho.

À Dr<sup>a</sup> Cecília Ritzinger Prata e Dr. Rogério Ritzinger, sou grata pela amizade, carinho, paciência, ensinamentos e puxões de orelha.

Ao Sr. João Vieira, técnico do Laboratório de nematologia da Embrapa, e aos técnicos do Laboratório de Microbiologia e Fitopatologia, em especial, Zozilene e Carolina Yamamoto, pela amizade e constante ajuda.

Agradeço aos colegas do Laboratório de Microbiologia e Fitopatologia e do laboratório de Bioquímica, pelo convívio, amizade e ajuda. Especialmente, a amiga Josilda Cavalcante, pela amizade, orientação e ajuda no desenvolvimento deste trabalho. Serei eternamente grata.

A Liliane Luquine, Rosiane Vieira, Pâmela Conceição, Adriane Vieira, Jamille Ferreira, Jucimara de Jesus e Kátia Núbia, pela amizade e companheirismo, pela força em momentos de fraqueza e descontração em momentos de felicidade.

Aos colegas dos cursos de graduação em Engenharia agrônoma e de pós-graduação em Ciências Agrárias e Microbiologia Agrícola da UFRB, pela amizade.

Aos professores de graduação e de pós-graduação, pelos ensinamentos.

Aos funcionários da UFRB pelo apoio, em especial, Sr. Josué, Alberico, Deise e Márcia.

A universidade Federal do Recôncavo da Bahia, pelos desafios e realizações proporcionados.

A CAPES, pelo apoio financeiro com a concessão da bolsa de estudos.

Á todos aqueles que contribuíram direta e indiretamente para que eu realizasse esse sonho.

A todos, meu sincero agradecimento!

Nunca desista de seus sonhos.  
Sem sonhos, as perdas se tornam insuportáveis,  
as pedras do caminho se tornam montanhas,  
os fracassos se transformam em golpes fatais.  
Mas, se você tiver grandes sonhos...  
Seus erros produzirão crescimento,  
seus desafios produzirão oportunidades,  
seus medos produzirão coragem.

Augusto Cury



## SUMÁRIO

Página

RESUMO	
ABSTRACT	
INTRODUÇÃO.....	1

### Capítulo 1

ACTINOBACTÉRIAS, EXTRATOS VEGETAIS E RESÍDUOS ORGÂNICOS NO MANEJO DE <i>Scutellonema bradys</i> EM PLANTAS DE INHAME.....	27
---	----

### Capítulo 2

ADUBAÇÃO ORGÂNICA E ACTINOBACTÉRIAS NO CRESCIMENTO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS DE INHAME.....	62
---	----

CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	92
---------------------------	----

# ACTINOBACTÉRIAS E ADUBAÇÃO ORGÂNICA NO MANEJO DE *Scutellonema bradys*, NO CRESCIMENTO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS DE INHAME

**Autor:** Juliana Fernandes dos Santos

**Orientador:** Carla da Silva Sousa

**Co-orientador:** Dimmy H. S. Gomes Barbosa

**RESUMO:** Este trabalho foi desenvolvido objetivando estudar aspectos relacionados à utilização de actinobactérias e adubos orgânicos, isolados e combinados, no manejo de *S. bradys* e na promoção de crescimento de plantas de inhame. Avaliou-se: 1) A capacidade dos isolados de actinobactérias em produzir enzimas extracelulares e a capacidade de solubilização de fosfato de cálcio pelos isolados de actinobactérias; 2) O efeito *in vitro* de metabólitos secundários produzidos por isolados de actinobactérias e extratos vegetais aquosos na mortalidade de *S. bradys*; 3) O efeito da inoculação e incubação do solo com isolados de actinobactérias e adubos orgânicos, na população de nematoides *S. bradys* nos rizóforos, na biomassa e nos teores de nitrogênio, fósforo e potássio da parte aérea das plantas de inhame. O isolado AC 92, destacou-se, promovendo redução de 42% na população dos nematoides nos rizóforos, quando utilizado em combinação com crotalária. Quando aplicados isoladamente, os isolados de actinobactérias promoveram incrementos de até 170,7% (AC 26) e os adubos orgânicos de até 49,9% (guandu) na produção de biomassa na parte aérea das plantas de inhame. A interação entre os isolados de actinobactérias e adubos orgânicos promoveu incrementos significativos de até 103,5% (AC 92 x gliricídia) no teor de P na parte aérea das plantas de inhame. Independentemente da forma de aplicação, os isolados de actinobactérias e adubos orgânicos não influenciaram no teor de K nas plantas. Os isolados de actinobactérias e os adubos orgânicos, quando aplicados isoladamente, proporcionaram incremento de até 34,7% (AC 92) e 33,9% (gliricídia) no teor de N na parte aérea das plantas. A utilização dos isolados de actinobactérias e aplicação dos adubos orgânicos apresenta-se como uma alternativa viável para manejo sustentável de *S. bradys*, crescimento e nutrição na cultura do inhame.

**Palavras-chave:** Controle biológico, *Dioscorea* spp., *Streptomyces* spp., adubação orgânica.

# ACTINOBACTERIA AND ORGANIC FERTILIZATION IN THE *Scutellonema bradys* MANAGEMENT, GROWTH AND NUTRITION OF YAM PLANTS

**Author:** Juliana Fernandes dos Santos

**Advisor:** Carla da Silva Sousa

**Coadvisor:** Dimmy H. S. Gomes Barbosa

**ABSTRACT:** This work was carried out to study aspects related to the use of organic fertilizers and actinobacteria, isolated or combined, the *S. bradys* management and yam plant growth promoting. Was evaluated: 1) The strains ability to produce extracellular enzymes and to solubilize calcium phosphate; 2) The *in vitro* effect of secondary metabolites produced by actinobacteria strains and plant aqueous extracts in the *S. bradys* mortality; 3) The effect of soil inoculation and incubation with strains of actinobacteria and organic fertilizers, in the *S. bradys* population in yam rhizophores, biomass and nitrogen, phosphorus and potassium levels in the yam part aerea. The AC 92 strain, stood out, providing a 42% reduction in the nematodes population in rhizophores when used in combination with *Crotalaria juncea*. When applied alone, the actinobacteria strains promoted increments of up to 170.7% (AC 26) and organic fertilizers up to 49.9% (*Cajanus cajan*) in biomass production in the yam aerial part. The interaction between actinobacteria strains and organic fertilizers significant increments of up to 103.5% (AC 92 x *Gliricidia sepium*) in P content in yam aerial part. Regardless of the application form, the actinobacteria strains and organic fertilizers had no effect on K content in plants. The actinobacteria strains and organic fertilizers, when applied alone, resulted in an increase to 34.7% (AC 92) and 33.9% (*Gliricidia sepium*) in N content in the aerial part. The actinobacteria strains use and organic fertilizers application presents as a viable alternative for sustainable management of *S. bradys*, growth and nutrition in the yam crop.

**Keywords:** Biological control, *Dioscorea* spp., *Streptomyces* spp., organic fertilization.

## INTRODUÇÃO

### A cultura do inhame

O inhame (*Dioscorea* spp.) é uma planta monocotiledônea, pertencente à família Dioscoreaceae e ao gênero *Dioscorea*, apresentando cerca de 600 espécies, originadas das zonas tropicais da Ásia e do Oeste da África (SANTOS, 1996).

Segundo Mesquita (2002), o inhame é cultivado principalmente na África, Caribe, México e Sudeste da Ásia e na América do Sul. Os países africanos são responsáveis por aproximadamente 97% da produção mundial, com destaque para Costa do Marfim, Gana e Nigéria (ALMEIDA, 2009).

Diversos autores relatam que, no nordeste brasileiro, a cultura do inhame apresenta grande importância sócio-econômica, respondendo por cerca de 90% da produção nacional, sobretudo nos estados da Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Bahia e Maranhão, constituindo uma atividade agrícola muito promissora, dada a excelente qualidade nutritiva e energética de seus rizóforos (MESQUITA, 2002; SANTOS, 2002). Segundo Santos (2002), na Bahia, a produção de inhame está concentrada principalmente na microrregião do Recôncavo, nos Municípios de Cruz das Almas, São Felipe, Maragogipe e São Félix.

Estima-se que ocorram no Brasil entre 150 a 200 espécies de *Dioscorea*, contudo, a maioria é ainda pouco estudada (PEDRALLI, 2002). Duas espécies de inhame têm destaque no mercado brasileiro: o inhame da Costa, único utilizado nas exportações, e o São Tomé, menos cultivado na região Nordeste (MOURA, 2005; CARMO, 2009). Grande parte da produção brasileira se destina ao mercado interno, sendo comercializado principalmente nas centrais de

abastecimento das cidades, e a outra parte para exportação, geralmente para países da Europa (SANTOS & MACEDO, 2002; CARMO, 2009).

O inhame da Costa é uma planta de constituição herbácea, trepadeira e produtora de rizóforos alimentícios de alto valor energético e nutritivo (ALVES & GROSSMANN, 2002). É excelente fonte de minerais, carboidratos, amido e vitaminas do complexo B (riboflavina, tiamina, niacina e piridoxina), além de conter teores de vitaminas A e C, apresenta baixo teor de gorduras, sendo ainda bom estimulante do apetite e excelente depurador do sangue (OLIVEIRA, 2012). Segundo Baimey (2006), algumas espécies vêm sendo utilizadas como fonte de diosgenina, que é usada na produção de contraceptivos oral e hormônios sexuais. Também são encontrados algumas sapogeninas, alcalóides, derivados esteróidais e compostos fenólicos (GARRIDO, 2005).

Segundo Nunes et al. (2010), a exploração da cultura do inhame constitui uma alternativa viável para a agricultura nordestina, uma vez que as regiões produtoras apresentam condições ambientais favoráveis para seu desenvolvimento e produção, em caráter altamente econômico. No entanto, diversos autores relatam que a área de cultivo, a produtividade e a qualidade de rizóforos comerciais vem reduzindo anualmente, em virtude do baixo nível tecnológico empregado no manejo da cultura, que inclui baixa fertilidade do solo, utilização de rizóforos-semente de qualidade inferior e de problemas com pragas e doenças, como os causados por fitonematoides (DEGRAS, 1993; SANTOS, 1996). O desenvolvimento e aplicação de tecnologias rentáveis, em complementação às atuais, contribuirão para a melhoria da produtividade da cultura e qualidade dos rizóforos, possibilitando, assim, a oferta de um produto que atenda às exigências dos mercados consumidores e, conseqüentemente, maior retorno financeiro para os produtores rurais.

### **O impacto de fitonematoses na cultura do inhame**

Na cultura do inhame, doenças causadas por nematoides constituem um dos maiores problemas fitossanitários, ocasionando perdas, que em alguns casos, atingem até a 90% da produção, resultando em prejuízos econômicos para o produtor e elevação dos preços para o consumidor (KWOSEH et al., 2002; SANTANA et al., 2003; GARRIDO et al., 2004). O inhame é hospedeiro de pelo

menos seis espécies de fitonematoides, destacando-se *Scutellonema bradys*, *Meloidogyne incognita*, *M. arenaria*, *Pratylenchus coffeae*, *P. brachyurus* e *Rotylenchus reniformis* (BAIMEY, 2006; ALMEIDA, 2009).

O nematoide *S. bradys* é amplamente disseminado em países produtores de inhame, como o Brasil, causando a doença conhecida como casca preta ou podridão seca do inhame (Dry Rot of Yams), que limita o crescimento das plantas, causa grandes perdas na produção e reduz o valor comercial do produto. De formato vermiforme, *S. bradys* apresenta ciclo biológico típico com quatro estádios juvenis entre o ovo e a forma adulta (MOURA, 2005), completando seu ciclo de vida em 21 dias e, encontrando condições favoráveis, pode aumentar a sua população de forma acentuada (KWOSEH et al., 2002). Segundo Carmo (2009), *S. bradys* reproduz-se sexuadamente, tendo ampla gama de plantas hospedeiras, mas na maioria delas, a taxa reprodutiva é bem inferior à verificada no inhame.

*S. bradys* penetra pela epiderme do rizóforo, formando galerias durante o seu processo de alimentação e multiplicação, causando a necrose superficial de coloração negra, que se aprofunda nos rizóforos, manifestando primeiro na forma de lesões ou manchas levemente amareladas ou pardacentas. Os sintomas mais severos e característicos são bem visíveis e frequentes nos rizóforos maduros mantidos sob condições de armazenamento (MOURA et al., 2001).

No campo, a infecção pode iniciar a partir de inóculo presente no solo ou de populações conduzidas juntamente com material de propagação contaminado. A distribuição de sementes infectadas constitui-se na principal via de disseminação desse parasita. Entre pequenas distâncias, a disseminação pode ocorrer por meio de solos aderentes a implementos agrícolas, escoamento superficial da água, entre outros (AGRIOS, 1997).

Plantas jovens, oriundas de rizóforos-sementes infectados, têm sistema radicular deficiente. Conseqüentemente, a absorção de água e nutrientes do solo é drasticamente afetada. Os maiores prejuízos causados por este patógeno, resultam em menor desenvolvimento dos rizóforos, perdas de qualidade, diminuição das partes comestíveis e no valor comercial, além da restrição à exportação (FERRAZ, 1995).

## Controle do nematoide *Scutellonema bradys*

As medidas básicas utilizadas para o manejo do nematoide *S. bradys* são realizadas por meio de técnicas de exclusão, como a utilização de rizóforos-sementes sadios e cultivo em solos livres de nematoides (JATALA & BRIDGE, 1990). Contudo, de acordo com Moura (2005), evitar a introdução do nematoide em áreas de cultivo está se tornando cada vez mais difícil devido à dificuldade de se obter material vegetativo sadio. Além disso, Almeida (2009) relatou que o plantio consecutivo de outras plantas hospedeiras, como a cultura da mandioca (*Manihot esculenta*) na entre safra, é uma prática comum entre os produtores de inhame no Recôncavo da Bahia.

O controle químico de fitonematoides ainda é um método muito utilizado, contudo, aplicações de nematicidas sistêmicos no solo, mostraram-se pouco eficazes em evitar a reinfestação dos nematoides, quando são utilizados rizóforos-semente infectados (MOURA et al, 2001). Estes autores relataram também que não existe defensivo agrícola registrado para a cultura do inhame no Ministério da Agricultura.

Além disso, a utilização de defensivos químicos tem sido cada vez mais discutida, devido a diversos problemas de ordens econômicas e ambiental, como a contaminação dos alimentos, do solo, da água e dos animais; intoxicação de agricultores; resistência de patógenos a certos princípios ativos de defensivos químicos; surgimento de doenças iatrogênicas (as que ocorrem devido ao uso de agrotóxicos); desequilíbrio biológico, alterando a ciclagem de nutrientes e de matéria orgânica; eliminação de organismos benéficos; redução da biodiversidade, entre outros (DONG & HANG, 2006; BETTIOL & MORANDI, 2009). Segundo Moura (2005), atualmente, o emprego de nematicidas fumigantes e dos sistêmicos não é recomendado para a cultura do inhame no Brasil por razões toxicológicas e econômicas.

O controle físico com o tratamento hidrotérmico, em que os rizóforos-sementes são expostos à água quente antes do plantio, vem apresentando restrições quanto à praticidade, principalmente devidos às dificuldades dos pequenos produtores em adotar o método (MOURA et al., 1978).

No contexto da agricultura sustentável, estratégias de controle de fitonematoides, baseiam-se na melhoria nutricional da planta, produção e



utilização de material propagativo sadio, na incorporação de matéria orgânica no solo, na rotação de culturas com espécies não hospedeiras, na utilização de plantas armadilhas e antagônicas, dentre outras (GARRIDO, 2005). Assim como, introduzir e promover um ambiente favorável a micro-organismos antagonistas, linhagens não patogênicas ou outros organismos benéficos (SOARES, 2006; BETTIOL, 2008). Observa-se que na prática, faz-se necessária a combinação de vários métodos para o manejo de doenças causadas por fitonematoides (AGRIOS, 2004).

### **Micro-organismos no biocontrole de fitonematoides e na promoção de crescimento de plantas**

Dentre as várias definições para controle biológico a mais aceita pela maioria dos pesquisadores é a descrita por Baker & Cook (1974), como a redução da densidade do inóculo ou das atividades determinantes de doença por um patógeno ou parasita, promovida por um ou mais organismos que não o homem, favorecidos naturalmente ou pela manipulação do seu habitat ou ambiente, hospedeiros ou antagonistas ou pela manipulação em massa de um ou mais antagonistas.

Os micro-organismos que atuam como agentes de biocontrole apresentam relações antagônicas aos patógenos por meio de mecanismos diretos e indiretos (LIMA et al., 1998), interferindo nos processos vitais dos fitopatógenos. Dentre os principais mecanismos podem-se citar a competição por recursos, a antibiose, o parasitismo e a predação, além da indução de resistência do hospedeiro (RAMAMOORTHY et al., 2001; SILVEIRA, 2001; RAMETTI et al., 2003; COMPANT et al., 2005).

Competição é a interação entre dois ou mais organismos, em que disputam pelo mesmo recurso. Existe competição por espaço, oxigênio e nutrientes (MELO, 1998). O sucesso na competição por nutrientes poderá ser garantido por características como maior velocidade de crescimento e maior capacidade e eficiência de utilização dos substratos disponíveis, o que significa uma maior adaptação às condições predominantes (GAVA, 1998). Contudo, vários fatores bióticos e abióticos influenciam a capacidade de colonização e sobrevivência de

um micro-organismo na superfície ou no interior das plantas (OLIVEIRA et al., 2003).

De acordo com Silveira (2001), antibiose é a interação na qual um ou mais metabólitos produzidos por um organismo inibe ou retarda processos vitais de outro organismo. São conhecidos como produtores de ampla variedade de antibióticos as espécies de *Bacillus*, *Pseudomonas* fluorescentes, *Streptomyces*, *Trichoderma* e *Gliocladium*, entre outros (MELO, 1998).

Enzimas líticas, tais como quitinases, proteases, lipases e  $\beta$ -1,3-glucanases, atuam na lise de células microbianas e na degradação da quitina e da glucana presentes nas paredes das células e de toxinas produzidas pelos patógenos (OLIVEIRA et al., 2003). Alguns antibióticos foram identificados com propriedades de biocontrole de fitopatógenos, tais como fenazinas, pioluteorinas, pirrolnitrina, piocianina, 2,4-diacetilfloroglucinol e cianeto de hidrogênio (RAMAMOORTHY et al., 2001; RAMETTI et al., 2003).

Alguns micro-organismos produzem sideróforos, que são compostos de baixo peso molecular, quelantes do ferro, produzidos em locais de baixa concentração desse elemento. Embora normalmente o ferro seja abundante em solos aerados, apresenta baixa solubilidade, tornando-se pouco disponível para plantas e micro-organismos. Na medida em que o pH do solo diminui, a disponibilidade de ferro aumenta e os sideróforos tornam-se menos efetivos. Pela produção de sideróforos, os micro-organismos antagonistas imobilizam  $Fe^{3+}$ , tornando-o menos disponível a outros que não produzem. A competição por ferro, mediada pela produção de sideróforos, é considerada como um mecanismo importante no biocontrole de patógenos em solos em que o Fe disponível encontra-se em baixas concentrações (LEONG, 1986).

Micro-organismos benéficos também são capazes de controlar patógenos radiculares por mecanismos de indução de resistência sistêmica (ISR). A ISR pode ser definida como um processo de defesa ativa da planta, em que esta utiliza múltiplos mecanismos induzidos sistemicamente por fatores bióticos ou abióticos e que se apresenta eficiente contra uma variedade de patógenos de plantas (ROMEIRO, 1999). Segundo Oostendorp & Sikora (1990), rizobactérias promotoras de crescimento de plantas induzem resistência sistêmica, alterando os exsudatos radiculares ou induzindo a produção de substâncias repelentes que afetam a atração dos nematoides ou o reconhecimento da planta hospedeira.

Embora o foco do controle biológico seja o patógeno, o objetivo do controle biológico de patógenos é a supressão da doença (COOK & BAKER, 1983). Assim, alguns micro-organismos, além de controlar doenças de plantas, têm a capacidade de atuar como agentes promotores de crescimento de plantas.

As ações diretas envolvidas na promoção de crescimento vegetal incluem a produção de reguladores de crescimento vegetal (FALLIK et al., 1989), aumento da fixação biológica de nitrogênio e disponibilidade de nitrato, solubilização de fósforo, oxidação de enxofre e aumento da permeabilidade das raízes estimulando a absorção de nutrientes (STURZ et al., 2000; MARIANO et al., 2004). Enquanto que, as ações indiretas, envolvem o mecanismo de controle de fitopatógenos (STURZ et al., 2000; RAMAMOORTHY et al., 2001).

O modo de atuação desses micro-organismos como promotores de crescimento vegetal e biocontroladores de fitopatógenos ocorrem por diferentes mecanismos que operam em ação conjunta ou isoladamente (CORRÊA & BETTIOL, 2009). Esses mecanismos são complexos e podem ser influenciados por diversos fatores abióticos (temperatura, pH, radiação, umidade, íons e elementos minerais e orgânicos do solo) e bióticos (características do hospedeiro, presença de patógenos e outros micro-organismos associados à planta) (SILVEIRA, 2001; BLOEMBERG & LUGTENBERG, 2001; ARAÚJO et al., 2002).

A produção de substâncias reguladoras de crescimento como fitohormônios, faz parte do metabolismo de diversas espécies de micro-organismos associadas aos vegetais, podendo alterar o crescimento e desenvolvimento da planta (BASHAN & HOLGUIM, 1997).

Moreira & Siqueira (2002), relatam a existência de grupos de micro-organismos do solo que são capazes de solubilizar nutrientes essenciais ao desenvolvimento das plantas, tornando-os disponíveis para o crescimento vegetal. Dentre os principais mecanismos envolvidos na solubilização de fosfatos por micro-organismos estão a produção de  $\text{CO}_2$  e ácidos orgânicos, redução de compostos de  $\text{Fe}^{+3}$  para compostos de  $\text{Fe}^{+2}$  e produção de  $\text{H}_2\text{S}$  sob baixas concentrações de  $\text{O}_2$ .

## **Actinobactérias**

Dentre os micro-organismos benéficos, as actinobactérias pertencentes ao gênero *Streptomyces*, desempenham um papel importante na rizosfera de plantas, por influenciarem o crescimento das plantas e atuarem no controle de fitopatógenos, devido à produção de antibióticos e outros metabólitos secundários (COMPANT et al., 2005; DAMASCENO, 2011). Além de produzirem enzimas capazes de degradar moléculas complexas e recalcitrantes, especialmente celulose, lignocelulose, xilanose e lignina (CRAWFORD, 1988). Entre os compostos com potencial antimicrobiano produzidos pelas actinobactérias encontram-se a tiamina, a riboflavina, a vitamina B12 (cianocobalamina), as flavoproteínas e várias porfirinas, que contêm compostos com ferro e coenzimas que podem promover ou inibir o crescimento de outros micro-organismos (KENNEDY, 1999).

As actinobactérias compõem um importante grupo de bactérias Gram positivas, pertencentes à classe Actinobactéria e família Streptomycetaceae, cujas colônias são pequenas pulverulentas ou velutinas, com micélio aéreo de diferentes tonalidades e produtores de pigmentos solúveis (ARAUJO, 1998). O ciclo vida desses micro-organismos inicia-se com a germinação do esporo, dando origem a um micélio formado por hifas ramificadas que penetram no substrato, metabolizando fontes orgânicas de nutrientes como polissacarídeos (amido, pectina, quitina, celulose), proteínas (queratina, elastina), lipídeos e compostos aromáticos, pela ação de enzimas extracelulares. A partir deste micélio vegetativo (hifas primárias), desenvolve-se o micélio aéreo (hifas aéreas) no centro da colônia. As hifas podem apresentar-se multinucleadas ou em compartimentos mononucleados, que darão origem a cadeias de esporos. Nesta fase, ativam-se os metabolismos secundários, em que são produzidos, principalmente antibióticos, enzimas extracelulares e pigmentos (ARAUJO, 1998; PADILHA, 1998).

De acordo com Padilha (1998), a produção de antibióticos está diretamente relacionada com o ciclo celular, que sofre influência de fatores, como variações nutricionais e fatores de regulação. Além dos antibióticos de uso clínico, veterinário e agroquímico, outros metabólitos secundários, enzimas,

imunomoduladores, inibidores de enzimas, são produzidos também por *Streptomyces* (ARAÚJO, 1998; MELO, 1998).

A utilização de actinobactérias como organismos de controle microbiano é reforçada pelo fato destes serem habitantes dos mais variados habitats, principalmente o solo (GAVA, 1998), sendo capazes de colonizar a rizosfera e formar estruturas de resistência, apresentando assim características desejáveis para o controle biológico de doenças de plantas (MOURA, 1996). Devido aos múltiplos metabólitos produzidos pelas actinobactérias e variados mecanismos de controle, esses microrganismos podem inibir ou causar a morte de patógenos resistentes a defensivos químicos, e ainda limitar a habilidade dos patógenos desenvolverem resistência (ROBERTS & CRAWFORD, 2000).

As actinobactérias são também conhecidas pela sua importância nos processos de decomposição da matéria orgânica presentes no solo, devido à capacidade de produção de enzimas capazes de degradar moléculas complexas e recalcitrantes, especialmente celulose, lignocelulose, xilanose e lignina (GROTH et al., 1999), assim, promovendo o crescimento de plantas. São também importantes degradadores de moléculas de pesticidas tais como: organoclorados, triazinas simétricas, triazinonas, carbamatos e acetanilidas, podendo ocorrer a utilização destes compostos como única fonte de carbono e energia para o metabolismo (MOREIRA & SIQUEIRA, 2002; GETHA et al., 2005).

Conforme Ouhdouch et al. (2001), a reciclagem de nutrientes no ambiente do solo requer a ação da comunidade microbiana na qual as actinobactérias são importantes degradadores primários. No entanto, apesar do potencial das actinobactérias e de sua importância nos sistemas de produção agrícola, estudos sobre os mecanismos de ação e o efeito de práticas agrícolas sobre estes microrganismos, ainda são incipientes.

### **Adubação orgânica no controle de fitonematoides e na promoção de crescimento de plantas**

A adubação orgânica é um importante meio de fornecer nutrientes para as plantas, principalmente nitrogênio, fósforo, potássio, enxofre e micronutrientes (KIEHL, 1985; OLIVEIRA FILHO et al., 1987), apresentando-se como uma alternativa viável de suplementação ao uso de fertilizantes químicos (SANTOS,

1996). A adição de matéria orgânica no solo também exerce melhoria na textura, favorecendo a formação e estabilização de agregados do solo, aumenta a capacidade de troca cátionica, favorece a aeração, a disponibilidade e a retenção de nutrientes, o aumento da capacidade de infiltração e retenção de água e diminui a amplitude de variação térmica (GONZÁLES & CANTO-SÁENZ, 1993).

De acordo com Halbrendt & LaMondia (2004), a decomposição da matéria orgânica no solo resulta muitas vezes na disponibilização de compostos orgânicos que podem apresentar efeito inibitório sobre agentes fitopatogênicos e também, induz as plantas à resistência contra esses micro-organismos. Além dos compostos tóxicos produzidos pelo material orgânico em decomposição, o incremento de matéria orgânica no solo funciona como fonte de C, energia e nutrientes, estimulando o aumento de certas populações microbianas antagonistas, tais como fungos, bactérias, actinobactérias, algas e nematoides de vida livre (RODRIGUEZ-KÁBANA et al., 1994). Estudos têm demonstrado que após a decomposição de adubos orgânicos, principalmente adubos verdes provenientes de leguminosas incorporados ao solo, ocorre a liberação de substâncias bioativas com efeito inibitório aos fitonematoides (COSTA et al., 2001). Segundo Rodríguez-Kábana et al. (1994), algumas plantas contêm na parte aérea, compostos nematicidas pré-formados, como alcalóides, ácidos graxos, isotiocianatos, glicosídeos acianogênicos, terpenóides e compostos fenólicos, que podem contribuir para o controle de nematoides após a incorporação no solo.

Vários trabalhos demonstraram redução da população de nematoides no solo com a utilização de extratos vegetais (AMARAL et al., 2002; MELLO et al., 2006; COIMBRA et al., 2006; COSTA et al., 2001), óleos essenciais (GONÇALVES et al., 2000) e a própria ação antagônica de algumas espécies vegetais.

Diversos autores relatam que a decomposição de resíduos da atividade agrícola e urbana libera compostos que podem atuar no controle de fitonematoides, a exemplo de esterco de curral (NAZARENO et al., 2010), cama de frango (NAZARENO et al., 2010), casca de café (RIBEIRO et al., 1998), resíduo líquido de sisal (SANTOS et al., 2009), manipueira (CARMO, 2009; COMERLATO, 2009; PONTE & FRANCO, 1981) e urina de vaca (LUQUINE et al., 2009).

A eficácia de alteração do solo para controlar os fitonematoides depende das propriedades físicas e químicas da matéria orgânica, a quantidade e qualidade do material incorporado e da microbiota do solo (CHAVARRÍA-CARVAJAL & RODRIGUEZ-KABANA, 1998; RITZINGER & MCSORLEY, 1998). Existem vários estudos sobre a avaliação da eficácia do adubo verde, resíduos vegetais e resíduos agroindustriais, para controlar os fitonematoides.

Segundo Alcântara et al. (2000), as leguminosas são as plantas mais utilizadas na adubação verde, devido ao aumento do teor de nitrogênio no solo por fixação biológica e pela contribuição na reciclar nutrientes. Diversos autores têm relatado que espécies vegetais pertencentes ao gênero *crotalaria*, possuem grande potencialidade para a adubação verde, devido à produção de biomassa verde, a capacidade de fixação de nitrogênio atmosférico e para o controle de nematoides (WANG et al., 2002; FERRAZ & FREITAS, 2004; WANG, 2000; AMARAL et al., 2002). A monocrotalina, um alcalóide pirolizidínico, está presente em grandes concentrações na parte aérea, sementes e exudações radiculares de *crotalaria*, possuindo efeito nematicida (WANG et al., 2001). Segundo Wang et al. (2002), o manejo de nematoides com *crotalaria* é geralmente feito em sistemas de rotação de culturas ou em plantio de cobertura, com posterior incorporação do material vegetal ao solo.

Os trabalhos com guandu (*Cajanus cajan*) no controle de fitonematoides têm mostrado resultados variados com relação às propriedades antagonistas. Diversos autores relatam o controle de nematoides utilizando extratos desse vegetal (COSTA & FERRAZ, 1990). Thakar & Yadav (1986), trabalhando com variedades de guandu suscetíveis e resistentes à *Rotylenchulus reniformis*, concluíram que a resistência estava relacionada ao conteúdo de fenóis no tecido do vegetal.

Sharma-Nirmal et al. (1998) relataram que extratos de gliricídia (*Gliricidia sepium*) são conhecidos por sua ação inseticida. Coimbra et al. (2006) observaram 100% de mobilidade e 33% de mortalidade de juvenis e adultos de *S. bradys*, depois de 24 horas da exposição ao extrato vegetal obtido de cascas de gliricídia. Contudo, os compostos que estão envolvidos no biocontrole de insetos e nematoides não foram identificados por esses autores.

Resck et al. (1982) estudando o efeito de quinze espécies de adubos verdes, entre eles, guandu e espécies de *crotalaria*, no controle de espécies de

nematoides na cultura do inhame, concluíram que todos os adubos verdes foram eficientes na diminuição ativa dos nematoides. Relataram que o controle, provavelmente, foi associado à produção de toxinas pelos adubos verdes.

Garrido et al. (2004) afirmaram que pouco se sabe sobre o efeito de adubos verdes no controle de *S. bradys* no inhame, o principal agente causal da casca preta do inhame na região do Recôncavo da Bahia.

A manipueira é um resíduo líquido obtido da prensagem de raízes de mandioca (*Manihot esculenta*) para a produção de fécula ou farinha (PONTE, 2001), com características químicas e orgânicas que possibilitam sua utilização na agricultura para diferentes fins (VIEITES & BRINHOLI, 1994). Em sua composição, que depende da variedade e das condições edafoclimáticas onde foi cultivada a mandioca, são encontrados macro e micronutrientes, constituindo-se em um resíduo promissor para uso na fertirrigação de solos agrícolas em substituição parcial ou total à adubação mineral (VIEITES & BRINHOLI, 1994). Além disso, são encontrados glicosídeos cianogênicos, principalmente a linamarina, que quando hidrolisada libera o gás cianeto (CN<sup>-</sup>) e o ácido cianídrico (HCN), tóxico às mais variadas formas de vida, incluindo os nematoides (FIORETTO, 2001; PONTE, 2001). Testes com aplicação de manipueira no controle de nematoides pertencentes ao gênero *Meloidogyne* e à espécie *S. bradys* têm sido realizados com sucesso no Brasil (PONTE et al., 1996; LUQUINE et al, 2009; CARMO, 2009; ALMEIDA et al., 2007; NASU et al., 2007).

Os problemas ambientais causados pela disposição inadequada de manipueira estão relacionados a sua composição química e ao grande volume de resíduos gerado. Contudo, em 2007, Grabowski afirmou que fatores como dosagens a serem aplicadas e seus efeitos nos diferentes patossistemas, bem como a estimativa da concentração mínima letal de cianeto a nematoides e micro-organismos não tinham sido determinados.

No Brasil, o sisal (*Agave sisalana*) apresenta grande interesse econômico, sendo cultivada em larga escala no Nordeste brasileiro (BANDEIRA & SILVA, 2006). Devido à sua perfeita adaptação ao clima semi-árido e resistência à seca, acabou se transformando na principal cultura de várias áreas do Nordeste.

Da folha do sisal aproveitam-se apenas as fibras (4% do seu peso), que são usadas na fabricação de cordas, tapetes, etc., e os resíduos sólidos e aquosos, os 96% restantes (SUINAGA et al., 2006). Segundo Barreto (2003), o



resíduo líquido do sisal, tem como principais constituintes do metabolismo secundário alcalóides, saponinas, flavonóides e taninos. Estas substâncias estão relacionadas principalmente ao mecanismo de defesa de plantas, e podem apresentar efeito inibitório contra fitonematoides.

Os efeitos antiparasiticos de saponinas e flavonóides extraídos de plantas têm sido descrito por vários autores (LAKSHMI et al., 2010; DOLIGALSKA et al., 2011). As atividades biológicas das saponinas estão relacionadas com sua capacidade de formar complexos com esteróides; proteínas e fosfolipídeos das membranas, o que pode ocasionar a desestabilização das membranas e consequente aumento da permeabilidade celular (SCHENKEL et al, 2010). A ação dos flavonóides sobre parasitos tem sido associada às alterações na atividade de várias enzimas e/ou nos processos metabólicos (KERBOEUF et al., 2008).

O aproveitamento do resíduo de sisal como adubos orgânicos poderá contribuir para melhoria da fertilidade do solo e controle de fitopatógenos associados às culturas de interesse agrônômico, bem como proporcionar uso racional desse resíduo.

Segundo Oliveira (2002), é constante a prática da adubação orgânica pelos produtores de inhame da Região Nordeste. O efeito sobre a produção ou rendimento da cultura está diretamente relacionado com a melhoria da textura do solo, aumento da capacidade de troca das bases e com o suprimento de nutriente, isso porque, a lenta decomposição da matéria orgânica promove um fornecimento contínuo de elementos essenciais, em especial o nitrogênio, evitando assim a perda por lixiviação ocasionada pela alta intensidade de chuvas e baixa CTC do solo, características normais das áreas onde normalmente é cultivado.

Neste contexto, existe a necessidade de se estudar a ação das actinobactérias no solo e da utilização de adubos orgânicos em sistemas de produção de culturas de interesse econômico.

Este trabalho é apresentado em dois capítulos. O primeiro com avaliações feitas sobre o cultivo de inhame considerando a influência da adubação orgânica e incubação do solo com isolados de actinobactérias no controle de *Scutellonema bradys*. E o segundo trata do crescimento das plantas de inhame e produção de rizóforo, nas mesmas condições de cultivo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGRIOS, G. N. Plant Pathology. 4th ed. San Diego: **Academic Press**: 1997. 635 p.

AGRIOS, G. N. How pathogens attack plants. In: AGRIOS, G.N. (Ed.). **Plant Pathology**. 5th ed. Elsevier Academic Press, 2004, p.177-203.

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

ALMEIDA, N. S. **Dinâmica populacional de nematoides patogênicos ao inhame e à mandioca no recôncavo da Bahia**. 2009, 68f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Mestrado em Ciências Agrárias, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas.

ALMEIDA, N. S.; CARMO, D. O.; SOUZA, J. T.; SOARES, A. C. F. Efeito da manipueira no controle de *Scutellonema bradys* e na germinação de túberas de inhame. **Fitopatologia Brasileira**, v. 32, p. 234, 2007. Suplementado.

ALVES, R. M. L.; GROSSMANN, M. V. E. Parâmetros de extrusão para produção de “snacks” de farinha de cara (*Dioscorea alata*). **Ciência e Tecnologia de Alimentos** 22:32-38. 2002.

AMARAL, D. R.; OLIVEIRA, D. F.; CAMPOS, V. P.; CARVALHO, D. A. Efeito de alguns extratos vegetais na eclosão, mobilidade, mortalidade e patogenicidade de *Meloidogyne exigua* do cafeeiro. **Nematologia Brasileira**, v. 26, n. 1, p. 43-48, 2002.

ARAÚJO, J. M. Estratégias para isolamento seletivo de actinomicetos. In: MELO, I. S. & AZEVEDO, J. L. (Eds.). **Ecologia microbiana**. Jaguariúna: EMBRAPA CNPMA, p. 351-367, 1998.

ARAÚJO, W. L.; MARCON, J.; MACCHERONI JUNIOR, W.; ELSAS, J. D. van; VUURDE, J. W. L. van; AZEVEDO, J. L. Diversity of endophytic bacterial populations and their interaction with *Xylella fastidiosa* in citrus plants. **Applied and Environmental Microbiology**, v.68, p.4906-4914, 2002.

BAKER, K. F.; COOK, J. Biological control of plant pathogens. San Francisco. **American Phytopathological Society**. 1974.

BAIMEY, H. K. **Scutellonema bradys as a pathogen of yam in Benin**. 2006, 158f. Doctor of Philosophy, University of Pretoria, Pretoria.

BANDEIRA, D. A.; SILVA, O. R. R. F. Aproveitamento de resíduos. In: ANDRADE, W. (Ed.). **O sisal do Brasil**. Salvador: Sindifibras; Brasília: APEX, 2006. p.58-61.

BARRETO, A. F. **Efeitos do emprego de sucos de agave no tratamento de sementes, controle do ácaro rajado [*Tetranychus urticae* (Koch, 1836)] e fitotóxicidade em algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L. r. *latifolium* Hutch)**. 2003. 71f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Centro de Ciências Agrárias. Universidade Federal da Paraíba. Areia - PB.

BASHAN, Y.; HOLGUIN, G. Azospirillum-plant relationships: Environmental and physiological advances. **Canadian Journal of Microbiology**, v. 43, p. 103-121, 1997.

BETTIOL, W. Conversão de sistemas de produção, In: Poltronieri, L.S. & Ishida, A.K.N. (Eds). **Métodos alternativos de controle de insetos-praga, doenças e plantas daninhas: Panorama atual e perspectivas**. Belém. Embrapa Amazônia Oriental, 2008. p. 289-308.

BETTIOL, W.; MORANDI, M. A. B. **Biocontrole de doenças de plantas: uso e perspectivas**. Jaguariúna: Embrapa- CNPMA, 2009. 341p.

BLOEMBERG, G. V.; LUGTENBERG, B. J. J. Molecular basis of plant growth promotion and biocontrol by rhizobacteria. **Current Opinion in Plant Biology** 4:343-350. 2001.

CARMO, D. O. **Gama de plantas hospedeiras e controle do nematóide do inhame, *Scutellonema bradys***, com manipueira. 2009, 66f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Mestrado em Ciências Agrárias, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas.

CHAVARRÍA-CARVAJAL, J. A.; RODRÍGUEZKÁBANA, R. Changes in soil enzymatic activity and control of *Meloidogyne incognita* using four organic amendments. **Nematropica**, 28: 7-18. 1998.

COIMBRA J. L.; SOARES, A. C. F.; GARRIDO, M. S.; SOUSA, C. S.; RIBEIRO, F. L. B. Toxicidade de extratos vegetais a *Scutellonema bradys*. **Pesquisa agropecuária Brasileira**, v.41, p.1209-1211, 2006.

COMERLATO, A. P. **Efeito de manipueira no controle do nematóide do cisto da soja *Heterodera glycines* Ichinohe** 2009, 47 f. Dissertação - Mestrado em Agronomia, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon.

COOK, R. J.; BAKER, K. F. The nature and practice of biological control of plant pathogens. **The American Phytopathological Society**. St.Paul, 1993, 539p.

COMPANT, S.; DUFFY, B.; NOWAK, J.; CLEMENT, C.; BARKA, E.A. Use of plant growth-promotion bacteria for biocontrol of plant diseases: principles, mechanisms of action, and future perspectives. **Applied and Environmental Microbiology**, v.71, p.4951-4959, 2005.

CORRÊA, E. B.; BETTIOL, W. Controle da podridão de raiz e promoção de crescimento em hidroponia com bactérias. In: Bettiol, W. Morandi, M. A. B. **Biocontrole de doenças de plantas: usos e perspectivas**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, p. 224-237, 2009.

COSTA, M. J. N.; CAMPOS, V. P.; OLIVEIRA, D. F.; PFENNING, L. H. Toxicidade de extratos vegetais e de esterco a *Meloidogyne incognita*. **Fitopatologia brasileira**, v. 27, p. 245-250, 2001.

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

CRAWFORD, D. L. Biodegradation of agricultural and urban wastes. In: GOODFELLOW, M.; WILLIAMS, S. T.; MORDARSKI, M. (Eds): **Actinomycetes in biotechnology**, s.1:s.n., 1988. p. 433-459.

DAMASCENO, J. C. A. **Actinobactérias na promoção de crescimento e controle de *Meloidogyne javanica* em mudas de tomateiro**. 2011, 97 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Mestrado em Ciências Agrárias, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas.

DEGRAS L. The Yam: a Tropical Root Crop. **The Macmillan Press Ltda**, London, UK, 408p. 1993.

DOLIGALSKA, M. et al. Triterpenoid saponins affect the function of P-glycoprotein and reduce the survival of the free living stages of *Heligmosomoides bakeri*. **Veterinary Parasitology**, v.179, n.1-3, p.144-151, 2011.

DONG, L. Q.; HANG, K. Q. Microbial control of plant-parasitic nematodes: a five-party interaction. **Plant Soil**, v.288, p.31-45, 2006.

FALLIK, E.; OKON, Y.; GOLDMAN, A.; FISCHER, M. Identification and quantification of IAA and IBA in *Azospirillum brasiliense*-inoculated maize roots. **Soil Biol. Biochem.**, Oxford, v.21, p.147-153, 1989.

FERRAZ, L. C. C. B.; MONTEIRO, A. R. Nematoides. IN: BERGAMIN FILHO, A., KIMATI, H., AMORIM, L. **Manual de fitopatologia**, volume 1: princípios e conceitos. 3 ed. São Paulo: Ceres, p.168-201, 1995.

FERRAZ, S.; L. G. FREITAS. Use of antagonistic plants and natural products. In: CHEN, Z.; CHEN, S.; DICKINSON, D.W. (ed). **Nematology – Advances and Perspectives**. Volume II: Nematode Management and Utilization. Tsinghua University Press & CABI Publishing, Beijing & Wallingford, p. 931-978. 2004.

FIORETTO, R. A. Uso direto da manipueira em fertirrigação. In: CEREDA, M. P. (Coord.) **Manejo, uso e tratamento de subprodutos da industrialização da mandioca**. São Paulo: Fundação Cargill, 2001. 320p. (Série Culturas de Tuberosas Amiláceas Latino Americanas, v.4)

GARRIDO, M. S. **Manejo agroecológico da cultura do inhame: produtividade, qualidade, controle de nematoides e manchas foliares**. 2005, 87 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Mestrado em Ciências Agrárias, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas.

GARRIDO, M. S.; COIMBRA, J. L.; SOARES, A. C. F.; ALMEIDA, N. S.; PEREZ, J. O. Levantamento de fitonematoides na cultura do inhame (*Dioscorea cayennensis*) nas regiões agrícolas do Recôncavo. **Nematologia Brasileira**, Brasília, v.28, n. 2, p.219-221, 2004.

GAVA, C. A. T. **Seleção de estreptomicetos para controle biológico de *Ralstonia solanacearum* e *Erwinia carotovora***. 1998. 114p. Dissertação de (Mestrado em Ciência do Solo) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Seropédica.

GETHA, K.; VIKINESWARY, S.; WONG, W. H.; SEKI, T.; WARD, A.; GOODFELLOW, M. Evaluation of *Streptomyces* sp. Stras in g10 for suppression of *Fusarium* wilt and rhizosphere colonization in pot-grown banana plantlets. **Journal of Indian Microbiology and Biotechnology**, v.32, p.24-32, 2005.

GONZALEZ, A.; CANTO-SAENZ, M. Comparison of five organic amendments for the control of *Globodera pallida* in microplots in Peru. **Nematropica**, v. 23 n. 2 p. 133-139. 1993.

GONÇALVES, F. J. T.; FREIRE, F. C. O.; NETO, M. A. 2000. Atividade antagonística do óleo essencial dos frutos de *Capparis Flexuosa* (Capparaceae) em ovos e juvenis de *Meloidogyne incognita*. In: **Congresso brasileiro de defensivos agrícolas naturais**, I, Fortaleza. Resumos, p. 35.

GRABOWSKI, M. M. S.; DAVI, J. J. S.; NASU, E. C. G.; LAYTER, N. A.; SEIFER, K.; FURLANETTO, C. Efeito da manipueira produzida na região Oeste do Paraná, com controle do nematoide *Tubixaba tuxaua*. In: XL **Congresso Brasileiro de Fitopatologia**, 2007, Maringá – PR. Fitopatologia Brasileira. V. 32, p. 178, 2007.

GROTH, I.; VETTERMANN, R.; SCHUETZE, B.; SCHUMANN, P.; SAIZ-JIMENEZ, C. Actinomycetes in Karstic caves of northern Spain (Altamira and Tito Bustillo). **Journal of Microbiological Methods**, v.36, p.115-122. 1999.

HALBRENDT, J. M.; LaMONDIA, J. A. Crop rotations and other cultural practices. In: CHEN, Z.; CHEN, S.; DICKINSON, D. W. (ed). **Nematology – Advances and Perspectives**. Volume II: Nematode Management and Utilization. Tsinghua University Press & CABI Publishing, Beijing & Wallingford, p. 909-930. 2004.

JATALA, P.; BRIDGE, J. Nematode parasites of root and tuber crops. In: LUC, M., SIKORA, R. A.; BRIDGE, J. (Ed.) **Plant parasitic nematodes in subtropical and tropical agriculture**. Wallingford: C A B International, p.137-180, 1990.

KERBOEUF, D.; RIOU, M.; GUÉGNARD, F. Flavonoids and related compounds in parasitic disease control. **Mini-Reviews in Medicinal Chemistry**, v.8, n.2, p.116-128, 2008.

KENNEDY, A. C. Bacterial diversity in agroecosystems. **Agriculture, Ecosystems an Environment**, Amisterdam, v 74, p. 65-76, 1999.

KIEHL, E. J. **Fertilizantes orgânicos**. Piracicaba: Editora Agronômica Ceres, 1985. 492p.

KWOSEH, C.; PLOWRIGHT, R. A.; BRIDGE, J. The yam nematode: *Scutellonema bradys*. In: Sarr, J. L.; Cook, R.; Bridge, J. (Ed.). **Resistance to parasitic nematode**. Wallingford: CAB International, 2002.

LAKSHMI, V. et al. Antifilarial activity *in vitro* and *in vivo* of some flavonoids tested against *Brugia malayi*. **Acta Tropica**, v.116, n.2, p.127-133, 2010.

LEONG, J. Siderophores: their biochemistry and possible role the biocontrol of plant pathogens. **Annual Review of Phytopathology**, v.24, p.187-209, 1986.

LIMA, L. H. C.; MARCO, J. L.; FELIX, C. R. Enzimas hidrolíticas envolvidas no controle por micoparasitismo. In: MELO, I. S.; AZEVEDO, J. L. (Eds.). **Controle biológico**. Jaguariúna: EMBRAPA – CNPMA, v.2, p. 263-304. 1998.

LUQUINE, L. S.; SANTOS, J. F.; VIEIRA, R. S.; DAMASCENO, J. A.; RITZINGER, C. H. S. P.; LEDO, C. A. S. Uso de Resíduos Orgânicos no Manejo de Fitonematoides em Mudanças de Mamoeiro em Substrato Solarizado. **Revista Brasileira de Agroecologia**. Vol. 4 No. 2. 2009.

MARIANO, R. L. R.; SILVEIRA, E. B.; ASSIS, S. M. P.; GOMES, A. M. A.; NASCIMENTO, A. R. P.; DONARO, V. M. T. S. Importância de Bactérias Promotoras de Crescimento e de Biocontrole de Doenças de Plantas para uma Agricultura Sustentável. Recife: **Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agronômica**, Recife, v. 1, p. 89-111, 2004.

MELO, I. S. Agentes microbianos de controle de fungos fitopatogênicos. In: MELO, I. S.; AZEVEDO, J. L. **Controle Biológico**. Jaguariúna: Embrapa-CNPMA, v.1, p.17-67, 1998.



MELLO, A. F. S.; MACHADO, A. C. Z.; INOMOTO, M. M. Potencial de Controle da Erva-de-Santa-Maria sobre *Pratylenchus brachyurus*. **Fitopatologia Brasileira**, v.31, n.5, p.513-519, 2006.

MESQUITA, A. S. Inhame - *Dioscorea cayennensis* Lam. e taro *Colocasia esculenta* (L.) Schott.- Cenários dos mercados brasileiro e internacional. In: **Anais. II Simpósio Nacional sobre as Culturas do Inhame e do Taro. II SINCIT**, João Pessoa, Paraíba, p.215-238, 2002.

MOURA, A. B. **Actinomicetos como agentes potenciais de controle biológico da murcha bacteriana (*Pseudomonas solanacearum*) e como promotores de crescimento de tomateiro**. 1996, 64 f., Tese de Doutorado em Fitopatologia. Viçosa. Universidade Federal de Viçosa, 1996.

MOURA, R. M. Doenças do Inhame. In: Kimati, H., et al. (Ed.) **Manual de fitopatologia**. São Paulo: Agronômica Ceres. p.415-419, 2005.

MOURA, R. M.; COELHO, R. S. B.; PIO RIBEIRO, G. Estudo etiológico e efeito de 1,2-dibromo-3-cloropropano no controle da casca preta do inhame (*Dioscorea cayennensis* Lam.). **Fitopatologia Brasileira**, v. 03, n. 01, p. 47-53, 1978.

MOURA, R. M.; PEDROSA, E. M. R.; GUIMARÃES, L. M. Novos dados sobre a etiologia da casca preta do inhame no Nordeste do Brasil. **Nematologia Brasileira**, Brasília, v. 25, n. 2, p. 235-237, 2001.

MOREIRA, F.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e Bioquímica do Solo**. Editora UFLA, 2002. 623 p.

NASU, E. G. C.; PIRES, E.; SANTANA, H.; FORMENTINI, H.; FURLANETTO, C. Efeito da manipueira, produzida no Oeste do Paraná, no controle de *Meloidogyne incognita*. **Fitopatologia brasileira**, v. 32, p. 178, 2007.

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. **Biosci. J.**, Uberlândia, v. 26, n. 4, p. 579-590, July/Aug. 2010

NUNES, L. S.; DUARTE, M. E. M.; MATA, M. E. R. M. C.; ALMEIDA, R. D.; GOUVEIA, D. S. Comportamento reológico de pasta de amido de inhame variedade são tomé. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.12, n.2, p.141-154, 2010.

OLIVEIRA, A. P. **Nutrição e Época de Colheita do Inhame (*Dioscorea sp.*) e seus Reflexos na Produção e Qualidade de Rizóforos**. Disponível em: <<http://www.emepa.org.br/anais/volume1/av106.pdf>>. Acesso em: 14 de dezembro de 2012.

OLIVEIRA FILHO, J. M. et al. Matéria orgânica do solo. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.13, p.22-36, 1987.

OLIVEIRA A. P. 2002 Nutrição e época de colheita do inhame (*Dioscorea sp*) e seus reflexos na produção e qualidade de rizóforos. In: **Simpósio Nacional sobre as Culturas do Inhame e Taro**, 2. 2002. João Pessoa, PB. Anais... João Pessoa, PB: EMEPA-PB 1: 83-98.

OLIVEIRA, H. N.; PRATISSOLI, D.; ZANUNCIO, J. C.; SERRÃO, J. E. Influência da idade de ovos de *Oxydia vesulia* no parasitismo de *Trichogramma maxacalii*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.38, n.4, p.551-554, 2003.

OOSTENDORP, M.; SIKORA, R. A. 1990. *In vitro* interrelationship between rhizosphere bacteria and *Heterodera schachtii*. **Review Nematology**, 14-269, 274.

OUHDOUCH, Y.; BARAKETE, M.; FINANCE, C. Actinomycete of Moroccan habitats: isolation and screening for antifungal activities. **European Journal of Soil Biology**. Montrouge, v. 37, p. 69-74, 2001.

PADILHA, G. Biologia molecular de *Streptomyces* e aplicações industriais. In: MELO, I. S.; AZEVEDO, J. L. (Eds.). **Ecologia Microbiana**, Jaguariúna: EMBRAPA – CNPMA, p.327-343. 1998.

PEDRALLI, G. Distribuição geográfica e taxonomia das famílias Araceae e Dioscoreaceae no Brasil. In: CARMO, C. A. S. **Inhame e Taro: Sistemas de produção familiar**. Vitória, ES: INCAPER, 289p, 2002.

PONTE, J. J. Os principais grupos de fitomicoses tropicais. Fortaleza: **Academia Cearense de Ciência**, 1996. 13 p. (Publicação técnica).

PONTE, J. J. Uso da Manipueira Como Insumo Agrícola: Defensivo e fertilizante. In: CEREDA, M. P. **Manejo, uso e tratamento de subprodutos da industrialização da mandioca**. Fundação Cargil – São Paulo, 2001. Cap. 5, p. 80-95.

PONTE, J. J.; FRANCO, A. Manipueira, um nematicida não convencional de comprovada potencialidade. **Sociedade Brasileira de Nematologia**, Piracicaba, v. 5, p. 25-33, 1981.

RAMAMOORTHY, V.; VIWANATHAN, R.; RAGUCHANDER, T.; PRAKASAM, V.; SAMIYAPPAN, R. Induction of systems resistance by plant growth promotion rhizobacteria in crop plants against pests and diseases. **Crop Protection**, v.20, p.1-11, 2001.

RAMETTI, A.; MOENNE-LOCCOZ, Y.; DEFAGO, G. Prevalence of fluorescent *Pseudomonas* producing antifungal phloroglucinols and/or hydrogen cyanide in soils naturally suppressive or conducive to tobacco black root rot. **FEMS Microbiology Ecology**, v.44, p.35-43, 2003.

RESCK, D. U. S.; SHARMA, R. D.; PEREIRA, J. Efeito de quinze espécies de adubos verdes, na capacidade de retenção de água e no controle de nematoides, em latossolo vermelho-escuro sob cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 17, n. 3, p. 459-467, mar. 1982.

RITZINGER, C. H. S.; McSORLEY, R. Effect of castor and velvetbean organic amendments on *Meloidogyne arenaria* in greenhouse experiments. **Journal of Nematology**, 1998. 30 (4 Supplement): 624-631.

RIBEIRO, R. C. F.; MIZOBUTSI, E. H.; SILVA, D. G.; PEREIRA, J. C. R.; ZAMBOLIM, L. Controle de *Meloidogyne javanica* em alface por meio de compostos orgânicos. **Fitopatologia brasileira**, 1998. 23; 42-44.

ROBERTS, M. A.; CRAWFORD, D. L. Use of randomly amplified polymorphic DNA as a means of developing genus-and strains-specific *Streptomyces* DNA probes. **Applied and Environmental Microbiology**, Washington, p. 2555 – 64, 2000.

RODRÍGUEZ-KÁBANA, R.; KOKALIS-BURELLE, N.; ROBERTSON, D. G.; KING, P. S.; WELLS, L. W. Rotations with coastal bermudagrass, cotton and bahiagrass for management of *Meloidogyne arenaria* and southern blight in peanut. **Journal of Nematology**, v. 26, p. 665-668, 1994.

ROMEIRO, R. S. **Indução de resistência em plantas a patógenos**. Viçosa: UFV, 1999. 45 p. (Cadernos didáticos, 56).

SANTANA, D. A. A; MOURA, R. M.; PEDROSA, E. M. R. Efeito da rotação com cana-de-açúcar e *Crotalaria juncea* sobre populações de nematoides parasitos do inhame-da-costa. **Nematologia Brasileira**, Brasília, v.1, n.27, p. 13-16, 2003.

SANTOS, E. S. **Inhame (*Dioscorea* spp.): aspectos básicos da cultura**. João Pessoa: EMEPA-PB; SEBRAE, 1996.

SANTOS, E. S. Manejo sustentável da cultura do inhame (*Dioscorea* sp.) no Nordeste do Brasil. In: **Simpósio nacional sobre as culturas do inhame e do taro**, João Pessoa. Anais... João Pessoa: EMEPA, v. 1, p. 181- 195, 2002.

SANTOS, J. D. G. **Avaliação da atividade antimicrobiana de extratos e caracterização parcial de saponinas obtidas a partir do resíduo de *Agave sisalana* Perrine (sisal)**. 2009. 113f. Dissertação (Mestrado em Recursos Genéticos Vegetais), Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana.

SANTOS, E. S.; MACEDO, L. S. Tendências e perspectivas da cultura do inhame (*Dioscorea* sp.) no Nordeste do Brasil. In: **Simpósio nacional sobre as culturas de inhame e taro**, 2. Anais... João Pessoa: EMEPA-PB. p. 19-32. 2002.

SCHENKEL, E. P.; GOSMANN, G.; ATHAYDE, M. L. Saponinas. In: SIMÕES, C. M. O et al. **Farmacognosia da planta ao medicamento**. 6.ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS; Florianópolis: Editora da UFSC, 2010. Cap. 27, p.711-734.

SHARMA, N.; QADRY, J.S.; SUBRAMANIAM, B.; VERGHESE, T.; RAHMAN, S. J.; SHARMA, S.K.; JALEES, S. Larvicidal activity of *Gliricidia sepium* against mosquito larvae of *Anopheles stephansi*, *Aedes aegypti* and *Culex quinquefasciatus*. **Pharmaceutical Biology**, v.36, p.3-7, 1998.

SILVEIRA, E. B. Bactérias promotoras de crescimento de plantas e biocontrole de doenças. In: MICHEREFF, S.; BARROS, R. (Eds). **Proteção de plantas na agricultura sustentável**. Recife: UFRPE. p.71-100, 2001.

SOARES, P. L. M. **Estudo do controle biológico de fitonematoides com fungos nematófagos**. 2006. 217p. Tese de (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, SP, 2006.

STURZ, A. V.; NOWAK, J. Endophytic communities of rhizobacteria and the strategies required to create yield enhancing associations with crops. **Applied Soil Ecology**, v. 15, p. 183-190, 2000.

SUINAGA, J. D.; SILVA, O. R. R. F.; COUTINHO, W. M. A História. In: ANDRADE, W. (Ed.). **O sisal do Brasil**. Salvador: Sindifibras; Brasília: APEX, 2006. p. 18-21.

THAKAR, N. A.; YADAV, B. S. 1986. Role of total phenols in pigeonpea resistance to reniform nematode. **Indian Journal of Nematology** 16(2): 261-263.

VIEITES, R. L.; BRINHOLI, O. Utilização da manipueira como fonte alternativa á adubação mineral na cultura da mandioca. **Revista Brasileira de Mandioca**, Cruz das Almas, v. 13, n. 1, p. 61-66, 1994.

WANG, K. H. **Management of *Rotylenchulus reniformis* in Hawaiian pineapple with tropical cover crops**. 2000. Dissertation, University of Hawaii at Manoa, Honolulu, U.S.A.

WANG, K. H.; SIPES, B. S.; SCHMITT, D. P. Suppression of *Rotylenchulus reniformis* by *Crotalaria juncea*, *Brassica napus* and *Tagetes erecta*. **Nematropica**. v.31, n.2, p. 235-249, 2001.

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

## CAPÍTULO 1

### **ACTINOBACTÉRIAS, EXTRATOS VEGETAIS E RESÍDUOS ORGÂNICOS NO MANEJO DE *Scutellonema bradys* EM PLANTAS DE INHAME<sup>1</sup>**

---

<sup>1</sup> Artigo a ser ajustado e submetido ao comitê editorial do periódico científico Nematropica.

## **ACTINOBACTÉRIAS, EXTRATOS VEGETAIS E RESÍDUOS ORGÂNICOS NO MANEJO DE *Scutellonema bradys* EM PLANTAS DE INHAME**

**RESUMO:** A casca preta é uma das mais importantes doenças da cultura do inhame causada pelo nematoide *Scutellonema bradys*. A busca por alternativas de manejo de doenças de plantas, no contexto da agricultura sustentável, tem intensificado os estudos com a utilização de adubos orgânicos e de micro-organismos antagonistas. O presente trabalho teve como objetivos: detectar a produção das enzimas lipase e quitinase pelos isolados de actinobactérias; avaliar o efeito *in vitro* de metabólitos secundários produzidos por isolados de actinobactérias e extratos vegetais aquosos na mortalidade de *S. bradys* e avaliar a inoculação e incubação do solo com isolados de actinobactérias e adubos orgânicos, no controle de *S. bradys* em plantas de inhame. Dentre os isolados avaliados, 38% e 25% são produtores das enzimas quitinase e lipase, respectivamente. Metabólitos produzidos pelos isolados AC 52 e AC 92 promoveram a mortalidade de 67% de J2 de *S. bradys*. Extratos aquosos da parte aérea seca ou fresca de gliricídia, guandu e crotalária, bem como, resíduo líquido de sisal e manipueira, promoveram alta taxa de imobilidade e mortalidade dos J2 de *S. bradys*. Houve efeito significativo da aplicação dos adubos orgânicos e/ou inoculação com os isolados de actinobactérias sobre a redução na população de *S. bradys*. O isolado AC 92, destacou-se, promovendo redução de 42% na população dos nematoides nos rizóforos, quando utilizado em combinação com crotalária. A inoculação dos isolados de actinobactérias e aplicação dos adubos orgânicos apresenta-se como uma alternativa viável para manejo sustentável de *S. bradys* na cultura do inhame.

**Palavras-chave:** *Dioscorea rotundata*, nematose, manejo sustentável, biocontrole.



## ACTINOBACTER AND ORGANIC FERTILIZER IN THE NEMATODE *Scutellonema bradys* MANAGEMENT IN YAM PLANTS

**ABSTRAT:** Dry rot of yam caused by *Scutellonema bradys*, is one of the most important diseases of crop. The search for alternative disease plant management, in the context of sustainable agriculture, has intensified studies with the organic waste and micro-organisms antagonists use. This study aimed to: detect the production of enzymes lipase and chitinase by actinobacteria strains; evaluate the *in vitro* effect of secondary metabolites produced by actinomycetes strains and aqueous extracts of organic waste in mortality of *S. bradys* and evaluate the inoculation and incubation of soil with actinomycetes strains and organic waste, the control of *S. bradys* in yam seedlings. Among the isolates, 38% and 25% are producers of chitinase and lipase enzymes, respectively. Metabolites produced by AC 52 and AC 92 strains promoted the 67% *S. bradys* J2 mortality. Aqueous extracts of the dry or fresh aerial part of *Crotalaria juncea*, *Cajanus cajan* and *Gliricidia sepium*, as well as sisal liquid waste and manipueira, promoted high rate of *S. bradys* J2 mortality and immobility. Was observed significant effects of the application of organic wastes and/ or inoculation with actinomycetes strains on the reduction in the *S. bradys* population. The AC 92 strain, stood out, providing a 42% reduction in the nematodes population in yam, when used in combination with *Crotalaria juncea*. Inoculation of actinobacteria strains and application of organic waste presents itself as a viable alternative for sustainable management of *S. bradys* in yam crop.

**Key-words:** *Dioscorea rotundata*, nematose, sustainable management, biocontrol.

## INTRODUÇÃO

A cultura do inhame (*Dioscorea rotundata*) vem se destacando no Nordeste brasileiro como uma alternativa promissora para os pequenos e médios produtores, devido ao seu grande potencial de exportação e consumo interno (GARRIDO & MENDES, 1999). O Brasil produz cerca de 225 mil toneladas de inhame por ano em, aproximadamente, 25 mil hectares (ALMEIDA, 2009). No Nordeste os estados da Bahia, Paraíba, Pernambuco, Alagoas e Maranhão os destacam-se como principais produtores (MESQUITA, 2002; SANTOS, 2002). A importância da cultura se deve à excelente qualidade nutritiva e energética de seus rizóforos (SANTOS, 2002). Grande parte do que é produzido é destinado ao mercado interno, sendo comercializado, principalmente, nas centrais de abastecimento das grandes cidades (CARMO, 2009). As exportações são menos expressivas, devido às exigências em relação ao peso e volume adequado dos rizóforos e ausência de sintomas de doenças (MOURA, 1997).

No entanto, a área de cultivo, a qualidade e produtividade de rizóforos de inhame vêm sofrendo drásticas reduções. Segundo Santos (1996), os principais fatores responsáveis por essa baixa produtividade são o uso de rizóforos-semente de baixa qualidade, infestações de nematoides, desuniformidade no tamanho e na maturação dos rizóforos, o manejo inadequado da cultura, a baixa fertilidade do solo, o manejo inadequado do solo e da água e as irregularidades climáticas.

O inhame é uma cultura suscetível ao ataque de diversas espécies de nematoides (KWOSEH et al., 2002). Dentre estes, destacam-se as espécies *Scutellonema bradys*, *Pratylenchus coffeae*, *P. brachyurus*, *Meloidogyne incógnita* e *Rotylenchulus reniformis*, as quais são responsáveis por grandes danos (SANTANA et al., 2003; GARRIDO et al., 2004).

A alta incidência de fitonematoides afeta a produtividade, a qualidade e o valor comercial dos rizóforos de inhame (MOURA, 1997; GARRIDO et al., 2003), além de restringir as exportações (FERRAZ, 1995). O nematoide *S. bradys* penetra pela epiderme do rizóforo, formando galerias durante o seu processo de alimentação e multiplicação, causando no rizóforo uma necrose conhecida como casca preta do inhame (MOURA et al., 2001). Esses fitonematoides, além de terem uma disseminação permanente por rizóforos-sementes, são de difícil controle (JATALA, 1990). Rizóforos portadores do sintoma da casca preta perdem

água rapidamente e ficam predispostos ao ataque de micro-organismos secundários, além de serem excluídas nas seleções para exportação (ACOSTA, 1975).

A utilização de nematicidas fumigantes e sistêmicos não é recomendada para a cultura do inhame no Brasil por razões toxicológicas e econômicas, enquanto que o tratamento térmico exige um nível tecnológico que os pequenos produtores não possuem. Além disso, não existe nenhum tipo de defensivo agrícola registrado para a cultura do inhame no Ministério da Agricultura (MOURA, 1997).

Neste sentido, tornam-se necessários métodos alternativos e ecológicos de manejo destes fitopatógenos. O controle biológico visa manter, por meio de certas práticas agrícolas, um equilíbrio no agroecossistema, de modo que o hospedeiro, na presença do patógeno, não sofra danos significativos, em função da ação controladora dos organismos não patogênicos (SOARES, 2006; BETTIOL, 2008; BETTIOL & MORANDI, 2009). Este método de controle inclui práticas que promovem um ambiente favorável aos antagonistas e à resistência da planta hospedeira ou ambos; a introdução em massa de antagonistas, linhagens não patogênicas ou outros organismos benéficos (CARDOSO, 1978).

Dentre os micro-organismos com potencial para agentes de controle biológico, destacam-se as actinobactérias que são bactérias Gram-positivas, aeróbicas estritas, comumente encontradas no solo, embora também presentes em diferentes ambientes, como aquáticos, pântanos e folhagens em decomposição (OTINIANO et al., 2006). As actinobactérias pertencentes ao gênero *Streptomyces* são mundialmente conhecidos pela produção de metabólitos, incluindo antibióticos e enzimas líticas (PADILHA, 1998), que atuam no controle de diversas doenças de plantas, incluindo fitonematoides (EL-ABYD et al., 1993; SILVA, 1998; POLLAK & BERGER, 1996).

A decomposição da matéria orgânica no solo resulta muitas vezes em compostos altamente tóxicos aos micro-organismos, suprimindo os agentes patogênicos de plantas, propiciando condições para o crescimento de populações antagonicas aos nematoides, fungos e bactérias fitopatogênicas e também, induzindo as plantas à resistência contra esses micro-organismos (HALBRENDT & LaMONDIA, 2004).

Diversos autores relatam a utilização de guandu (*Cajanus cajan*), crotalária (*Crotalaria* spp.) e glirícidia (*Gliricidia sepium*) no controle de nematoides. No entanto, o modo pelo qual essas leguminosas diminuem a população de nematoides ainda não foram totalmente elucidados (WANG et al., 2002; FERRAZ & FREITAS, 2004; AMARAL et al., 2002; COIMBRA et al., 2006).

Dentre os diversos extratos vegetais testados para o controle alternativo de fitonematoides, incluem-se a manipueira e o resíduo líquido do sisal.

A manipueira é um líquido de aspecto leitoso, de coloração amarelo-claro, obtido após a prensagem da mandioca (*Manihot esculenta*), na fabricação de farinha (PONTE, 1992). Contém um glicosídeo tóxico cianogênico denominado de linamarina, do qual se origina o ácido cianídrico (HCN), que é bastante volátil. Segundo Ponte (1999) são esses cianetos que respondem pelas ações inseticidas, acaricidas e nematicidas.

Do processamento do sisal (*Agave sisalana*), largamente cultivado no Nordeste brasileiro (BANDEIRA & SILVA, 2006), aproveitam-se apenas as fibras (4% do seu peso), que são usadas na fabricação de cordas, tapetes, etc., e os resíduos sólidos e aquosos, os 96% restantes (SUINAGA et al., 2006). Segundo Barreto (2003), o resíduo líquido do sisal, tem como principais constituintes do metabolismo secundário alcalóides, saponinas, flavonóides e taninos. Estas substâncias estão relacionadas principalmente ao mecanismo de defesa de plantas, podendo atuar sobre os nematoides.

No entanto, estudos relacionados à utilização desses adubos orgânicos associados às actinobactérias no manejo de *S. bradys* ainda são incipientes. Dessa forma, este trabalho teve o objetivo de avaliar a potencialidade de actinobactérias e resíduos orgânicos, isolados e combinados, no manejo de *S. bradys*.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Obtenção dos metabólitos produzidos pelos isolados de actinobactérias

Foram avaliados oito isolados de actinobactérias, codificados como AC50, AC92, AC12, AC26, AC30, AC52, AC39 e AC147 provenientes da coleção do Laboratório de Microbiologia e Fitopatologia do Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

(UFRB), e previamente selecionados como potenciais agentes de promoção de crescimento em tomateiro (LIMA, 2003; SOUSA, 2006; PAIXÃO, 2008; DAMASCENO, 2011).

Os isolados de actinobactérias foram multiplicados em placas de Petri contendo meio de cultura sólido ágar amido caseína (ACA), as quais foram mantidas em câmara de crescimento tipo B.O.D., à temperatura de 28°C por dez dias. Após este período, 10 discos das culturas foram transferidos para meio de cultura líquido ACA e incubados durante 14 dias a  $28 \pm 2^\circ\text{C}$ , em agitador orbital, a 140 rpm. Ao final desse período, as culturas de actinobactérias foram centrifugadas a  $10.000 \times g$  por 10 minutos para obtenção de sobrenadante contendo apenas metabólitos produzidos pelos micro-organismos, portanto, isento de propágulos (micélio e esporos). Esse sobrenadante foi armazenado em tubos de centrífuga em polietileno, com capacidade para 15 mL, com tampa de rosca e mantidos em freezer  $-4^\circ\text{C}$  para realização dos testes posteriores.

#### **Determinação da produção das enzimas quitinase e lipase pelos isolados de actinobactérias**

A atividade quitinolítica foi determinada conforme metodologia descrita por Rewick et al. (1991). Os isolados de actinobactérias foram multiplicados em meio de cultura mínimo de sais minerais ágar (TUIITE, 1969), suplementado com quitina coloidal como única fonte de carbono. As culturas foram incubadas em câmara de crescimento tipo B.O.D., a 28°C por 10 dias. Após este período, detectou-se a atividade quitinolítica dos isolados pela visualização de um halo hialino em torno das colônias crescidas.

A produção da enzima lipase pelos isolados de actinobactérias foi determinada em meio de cultura sólido Sierra (1957), usando Tween 80 como fonte de carbono. Os isolados de actinobactérias foram incubados em câmara de crescimento tipo B.O.D., a  $28 \pm 2^\circ\text{C}$  por 10 dias. A produção da enzima foi detectada pela formação de um halo branco difuso, constituído de minúsculos precipitados de oleato de cálcio, ao redor das colônias crescidas dos micro-organismos.

### **Obtenção dos extratos aquosos de gliricidia, guandu, crotalária, manipueira e resíduo líquido de sisal**

Para a obtenção dos extratos aquosos da matéria seca de crotalária (*Crotalaria spectabilis*), guandu (*Cajanus cajan*) e gliricidia (*Gliricidia sepium*), utilizou-se o método de infusão em água. Inicialmente, foram pesados 20 g da parte aérea de cada uma das leguminosas, previamente seca em estufa de circulação forçada a 65°C, até a obtenção de peso constante. A matéria seca das leguminosas foi colocada em um becker contendo 40 mL de água destilada e a mistura foi fervida por três minutos e em seguida, filtrada em gaze (COIMBRA et al., 2006).

Para a obtenção dos extratos da matéria fresca de crotalária, guandu e gliricidia, foram pesados 20 g da parte aérea das leguminosas, adicionou-se 40 mL de água destilada, e em seguida, a mistura foi triturada em liquidificador por um período de 2 minutos e, posteriormente, filtrada em gaze (COIMBRA et al., 2006).

A manipueira foi obtida após a prensagem de raízes de mandioca (*Manihot esculenta*), variedade cigana, oriunda de produtores de farinha de mandioca do município de Cruz das Almas.

O resíduo líquido foi obtido após o desfibramento das folhas de sisal por produtores da região sisaleira da Bahia. Depois de extraído, o resíduo foi filtrado em peneira plástica, para separação dos resíduos sólidos e líquidos, e acondicionado em garrafas de plástico do tipo Peti, e armazenados em caixa de isopor contendo gelo, para evitar fermentação durante o seu transporte até o laboratório. No laboratório, foram acondicionados em freezer a -4°C, até realização dos bioensaios.

### **Obtenção e desinfestação de juvenis do segundo estágio (J2) de *S. bradys***

Para obtenção dos J2 de *S. bradys*, rizóforos de inhame infectados foram lavados em água potável, e em seguida, coletadas 50 g da casca e polpa, trituradas em liquidificador por 30 segundos e centrifugadas em sacarose, segundo a técnica de Coolen & D'Herde (1972). A confirmação da espécie do nematoide foi realizada por meio de observações em microscópio ótico e da utilização da chave de identificação de nematoides de plantas (MAI & MULLIN, 1996).

Para a desinfestação dos J2 de *S. bradys*, a peneira de 400 mesh com os nematoides foi imersa numa solução de hipoclorito de sódio a 0,5% durante 1 minuto, seguido de quatro lavagens com água destilada esterilizada. Os nematoides foram inoculados em plantas de inhame sadias cultivadas em vasos contendo 3 kg de uma mistura de areia + solo esterilizados, na proporção 1:1 (v:v), através de orifícios próximo às raízes, com o auxílio de uma micropipeta de 1mL. Após a inoculação, as plantas de inhame foram mantidas em casa de vegetação sob irrigação diária.

### **Bioensaio 1. Avaliação dos metabólitos produzidos pelos isolados de actinobactérias na mortalidade J2 de *S. bradys***

Foi instalado um bioensaio em tubos do tipo Eppendorf, onde foram adicionados 50µL de uma suspensão aquosa contendo 25 juvenis de *S. bradys*, juntamente com 500 µL de meio de cultura líquido contendo os metabólitos produzidos pelos isolados de actinobactérias, com dez repetições. Os tubos foram mantidos a 28°C em câmara de crescimento tipo B.O.D. Após 24 e 48 horas de incubação foi realizada contagem dos nematoides móveis e imóveis, com auxílio do microscópio óptico. Nos tratamentos controle, os J2 foram incubados em água destilada esterilizada ou em meio líquido ACA puro (sem cultivo de actinobactérias). Após o segundo período de contagem (48 horas), os nematoides foram retirados da suspensão de metabólitos e transferidos para água esterilizada, onde permaneceram por mais 24 horas em câmara de crescimento tipo B.O.D., a temperatura de 28°C. Foram considerados mortos os nematoides que após desse período em água, não recuperaram a mobilidade. Empregou-se o delineamento experimental inteiramente casualizado, com cinco repetições. Os dados obtidos foram transformados em  $\arcsen(x/100)0,5$ , submetidos à análise de variância e a comparação das médias foi realizada pelo teste de Scott & Knott a 5% de probabilidade, utilizando o programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2000).

## **Bioensaio 2. Avaliação dos extratos aquosos de gliricidia, guandu, crotalária, manipueira e resíduo líquido de sisal na mortalidade de J2 de *S. bradys***

Foi instalado um bioensaio em tubos do tipo Eppendorf, onde foram adicionados 50 µL de uma suspensão aquosa contendo 25 juvenis de *S. bradys*, juntamente com 500 µL do extrato vegetal aquoso de gliricidia, guandu, crotalária, manipueira e resíduo líquido de sisal, que foram testados em diferentes concentrações (20% 40% 60%, 80% e 100%), com cinco repetições. Os tubos foram mantidos a 28°C em câmara de crescimento B.O.D. Após 24 e 48 horas de incubação foi realizada contagem dos nematoides móveis e imóveis, com auxílio do microscópio óptico. Após 48 horas, os nematoides foram retirados dos extratos aquosos, e transferidos para água esterilizada, onde permaneceram por mais 24 horas em câmara de crescimento tipo B.O.D., a temperatura de 28°C. Foram considerados mortos os nematoides que após este período em água, não recuperaram a mobilidade. Na testemunha, os J2 foram incubados em água destilada esterilizada (tratamento dose 0%). Empregou-se o delineamento experimental inteiramente casualizado, esquema fatorial 5 x 5, sendo extratos aquosos de cinco adubos orgânicos e 5 diferentes concentrações. Os dados obtidos foram transformados em  $\arcsen(x/100)0,5$ , submetidos à análise de variância e realizada análise de regressão, utilizando o programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2000).

## **Experimento: Avaliação da infestação e incubação do solo com actinobactérias e adubos orgânicos no controle de *S. bradys* em plantas de inhame**

Foram selecionados três isolados de actinobactérias (AC-26, AC-92 e AC-52) e três adubos orgânicos (guandú, crotalária e gliricídia) para serem avaliados no manejo do nematóide *S. bradys* em plantas de inhame, uma vez que apresentaram melhor eficiência no controle de nematóides em teste *in vitro*.

O experimento foi conduzido em delineamento experimental em blocos inteiramente casualizado, com dez repetições, em esquema fatorial 3 x 3 X 2, sendo três isolados de actinobactérias, três adubos orgânicos, inoculados ou não com *S. bradys*.



As plantas foram cultivadas em vasos contendo 3 kg de uma mistura de solo e areia na proporção 1:1 (v:v), esterilizados por autoclavagem, a 120°C, durante 1 hora, por três vezes, em dias consecutivos. Amostra do solo foi coletada para caracterização química e o resultado é apresentado na Tabela 1 (EMBRAPA, 1999).

Para obtenção da biomassa seca, as leguminosas crotalária e guandu foram cultivadas no campo experimental da UFRB. No momento em que começaram a florescer, foram obtidas as partes aéreas, através do corte. A biomassa fresca da parte aérea de gliricidia foi obtida através de cortes manuais. No processo de secagem, os materiais vegetais foram acondicionados em estufa de aeração forçada a 65°C, até obter massa constante. A biomassa seca foi triturada em moinho elétrico.

Tabela 1. Caracterização química do solo utilizado no experimento.

Característica	pH	SB	CTC	K	Ca	Mg	V	MO <sup>1</sup>	P
	(em água)	cmol/dm <sup>3</sup>				%	g/ kg	mg/dm <sup>3</sup>	
Valor	5,1	2,23	5,09	0,08	1,3	0,8	44	4,86	10

1-Matéria orgânica

Para produção do inóculo, os isolados de actinobactérias, preservados em glicerol 20% a temperatura de -18°C, foram cultivados em meio de cultura ACA e incubados por um período de 10 a 12 dias, em câmara de crescimento tipo B.O.D., a temperatura 28 ± 2°C. Após este período, 10 discos da cultura das actinobactérias foram transferidos para frascos de Erlenmeyer contendo 50g de arroz esterilizado, sendo estes incubados a 28 ± 2°C por 14 dias (SOARES et al., 2007). A quantificação do número de unidades formadoras de colônias (UFC) das actinobactérias no arroz colonizado, seguiu a metodologia de diluição seriada (PRAMER & SCHMIDT, 1964), seguido de plaqueamento em meio de cultura ACA, e incubação das placas a 28 ± 2°C por 3 dias. O substrato foi infestado com a suspensão de actinobactérias na proporção de 20 g de arroz colonizado para 16L de substrato, fazendo-se o ajuste das UFC/g arroz colonizado, adotando-se como padrão o isolado AC 92 que apresentou 3,22x10<sup>7</sup> UFC/g arroz colonizado.

O arroz colonizado foi transferido para sacos plásticos e adicionados 100 mL de água destilada esterilizada, que em seguida foi agitado para permitir o

desprendimento dos propágulos das actinobactérias do arroz. Sacos plásticos contendo o solo, foram irrigados com a suspensão, e em seguida, realizada homogeneização manual, para distribuição uniforme do inóculo. Os sacos contendo o solo infestado foram incubados por um período de 40 dias a temperatura ambiente, mantendo-se a umidade constante por meio da adição de água esterilizada.

Os adubos orgânicos foram incorporados ao solo na proporção de 20 kg de adubo por hectare, e em seguida foi realizada a incubação por 40 dias. O tratamento controle foi constituído por solo incubado pelo mesmo período, nas mesmas condições de umidade e temperatura, contudo, sem infestação com actinobactérias ou adição de adubos orgânicos.

Após os 40 dias de incubação, foi realizada semeadura do inhame, colocando-se um rizóforo-semente de  $\pm 150$  g, em sacos de polietileno com capacidade para 3 kg de solo. A germinação de 80% dos rizóforos semente ocorreu aos 60 dias após a semeadura, momento em que foi realizada a inoculação das plantas com cerca de 1.500 juvenis de segundo estágio (J2) de *S. bradys*, fazendo orifícios no substrato e colocando o inóculo em contato com as raízes, com o auxílio de uma micropipeta de 1 mL. Aos 60 dias após a inoculação com os nematóides, foi realizada a coleta das plantas, avaliando-se o número de *S. bradys* nos rizóforos de inhame, conforme método proposto por Coolen & D'Herde (1972).

### **Quantificação das actinobactérias no solo e no arroz colonizado**

Nos tratamentos em que foi realizada a infestação e incubação do solo com as actinobactérias, foi determinada a densidade populacional destes micro-organismos através da técnica da diluição seriada (PRAMER & SCHMIDT, 1964), após os 40 dias de incubação e na coleta do experimento.

Amostras de solo foram coletadas, e submetidas a um pré tratamento térmico, onde foram acondicionadas em estufa à temperatura de 60°C por 4 horas, com o objetivo de reduzir a população de bactérias. Após este procedimento, 10g do solo foram transferidas para frascos de Erlenmeyer contendo 90 mL de solução salina (NaCl a 0,85%) esterilizada e, em seguida a suspensão foi agitada por 20 minutos em agitador orbital. Foram realizadas diluições decimais em série (1:10), em tubos de ensaio contendo 9 mL de solução

salina esterilizada, obtendo-se diluições de  $10^{-1}$  a  $10^{-4}$  (PRAMER & SCHMIDT, 1964). Foi realizado o plaqueamento de 100 $\mu$ L das diluições  $10^{-2}$  a  $10^{-4}$  em meio ACA sólido, com três repetições para cada diluição, sendo o inóculo espalhado com auxílio da alça de Drigalski esterilizada por flambagem. Foram adicionados ao meio de cultura 10 mg/L de ciclohexamida na concentração de 100 $\mu$ g/mL para inibir o crescimento de fungos. Após semeadura, as placas foram incubadas por 5 a 7 dias a  $28 \pm 2^{\circ}\text{C}$  em câmara de crescimento tipo B.O.D. A densidade populacional de actinobactérias, foi estimada pela contagem das UFC, obtida com base na seguinte fórmula:  $\text{UFC.g}^{-1}$  solo úmido =  $N \times F \times Y$ , sendo: N = média do número de colônias das três repetições, F = 10 (fator de correção do plaqueamento de 100 $\mu$ L de suspensão por placa para 1 mL de suspensão), Y = fator de diluição da amostra.

Para a análise estatística, os dados foram transformados em  $\log(x + 1)$ , em que x corresponde ao número de UFC. Os dados foram analisados pelo programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2000), sendo realizada a análise de variância e, em seguida, a comparação das médias pelo teste de Scott & Knott a 5% de probabilidade.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### **Produção das enzimas quitinase e lipase pelos isolados de actinobactérias**

Dos oito isolados de actinobactérias avaliados, três são produtores apenas da enzima lipase (AC 50, AC30 e AC 52) e 3 são produtores de ambas as enzimas lipase e quitinase (AC 26, AC 39 e AC 147) (Tabela 2).

A quitina, um homopolímero linear de  $\beta$  1-4 N-acetilglicosamina, é o principal constituinte dos esqueletos de artrópodes, crustáceos e parede celular de fungos, além de ser constituinte também dos ovos e da cutícula do corpo dos nematoides, atuando nesses micro-organismos como componentes estruturais de suporte celular e de superfície do corpo (MERZENDORFER & ZIMOCH, 2003).

Segundo Gooday et al. (1992) e Park et al. (2002), a enzima hidrolítica quitinase é produzida por muitos organismos, entre eles as actinobactérias, e esta possui a capacidade de hidrolisar a quitina em oligômeros de N-acetilglicosamina, que assim podem ser absorvidos e metabolizados. A produção de quitinase é um dos mecanismos utilizados por alguns micro-organismos no

biocontrole de nematoides, pois resulta na destruição da cutícula do nematóide. Além disso, a decomposição da quitina no solo, libera substâncias tóxicas a fitonematoídes, a exemplo da amônia, que possui teor elevado de nitrogênio. A quitina também serve como substrato e fonte de energia para as actinobactérias, permitindo a esses organismos competir com mais eficiência com os nematoides no solo e na rizosfera.

As lipases, amplamente distribuídas na natureza, constituem um importante grupo de enzimas que estão associadas ao metabolismo de lipídeos, sendo encontradas em animais, vegetais e micro-organismos. Essas enzimas catalisam a hidrólise do triacilglicerol a diacilglicerol, monoacilglicerol, glicerol e ácidos graxos livres (CARVALHO et al., 2003).

Tabela 2. Produção das enzimas extracelulares quitinase e lipase pelos isolados de actinobactérias.

Isolados	Enzimas extracelulares	
	Quitinase	Lipase
AC 92	-	-
AC 50	-	+
AC 12	-	-
AC 30	-	+
AC 26	+	+
AC 39	+	+
AC 52	-	+
AC 147	+	+

Positivo (+); Negativo (-)

Da fase de ovo ao estágio infectivo, os nematoides apresentam 30% de seu peso corporal constituído de lipídios, como a principal fonte energética para os gastos no processo de sobrevivência, locomoção, penetração e parasitismo do hospedeiro (LEE & ATKINSON, 1977).

As lipases são importantes no controle de nematoides por degradarem suas reservas energéticas e por atuar nos lipídios de membrana (ARDUIM, 2006; ROCHA, 2007). A produção da enzima lipase por micro-organismos pode ser considerada um indicativo de habilidade de reduzir as reservas lipídicas dos ovos

e de juvenis de fitonematoides, agindo como um microrganismo de biocontrole de doenças de plantas.

Miller & Sands (1977), testando os efeitos *in vitro* das enzimas protease, lipase e quitinase sobre o nematoide *Tylenchorhynchus dubius*, observaram que após 24 horas houve modificações estruturais na cutícula, devido a uma provável degradação enzimática.

Estudando a potencialidade de seis isolados de actinobactérias no controle dos nematoides das galhas em tomateiro, Sousa et al. (2006), observaram que todos os isolados foram produtores das enzimas lipase e quitinase.

### **Avaliação dos metabólitos produzidos pelos isolados de actinobactérias na mortalidade J2 de *S. bradys***

Metabólitos produzidos pelos isolados de actinobactérias provocaram redução da mobilidade dos J2 de *S. bradys* ( $P \leq 0,05$ ), comparativamente aos tratamentos controle em água e em meio de cultura ACA. A taxa de redução da mobilidade variou entre 48 a 70%, quando comparados ao tratamento controle em água. Os isolados AC 52, AC 39 e AC 147 destacaram-se, sendo observado que 84,4, 89,9 e 93,8% dos J2 de *S. bradys* encontravam-se imóveis, respectivamente (Tabela 3). Foi observado significativo efeito nematicida dos metabólitos produzidos pelos isolados AC 147, AC 50, AC 12, AC 92, AC 39, AC 52 ( $P \leq 0,05$ ), resultando em uma taxa de mortalidade de J2 de *S. bradys* que variou de 10 a 58% em relação ao tratamento controle em água.

Os metabólitos produzidos pelos isolados AC 52 e AC 92 foram mais eficientes em relação aos dos demais isolados, sendo observado que nestes tratamentos, 66,6 e 67,8% dos nematoides estavam, respectivamente, mortos. Metabólitos produzidos pelos isolados AC 26 e AC 30, embora tenha reduzido a mobilidade dos nematoides nas primeiras 24 horas de exposição, quando estes foram transferidos para água após este período, retomaram os movimentos, cuja taxa de mortalidade não diferiu estatisticamente do tratamento controle em água. Indicando que a produção das enzimas quitinases e lipase não foram o suficiente para que o isolado AC 26 interferisse na mobilidade e mortalidade dos nematoides. O efeito dos metabólitos secundários na imobilidade e mortalidade dos juvenis de segundo estágio de *S. bradys* variou de acordo com os isolados de

actinobactérias, sugerindo que, substâncias diversas, com diferentes graus de toxicidade aos nematoides, foram produzidas pelos isolados avaliados.

Tabela 3. Efeito de metabólitos produzidos por isolados de actinobactérias na mobilidade e mortalidade de juvenis de segundo estágio (J2) de *S. bradys*.

<b>Isolado</b>	<b>Mobilidade (%)</b>	<b>RMOB (%)<sup>1</sup></b>	<b>Vivos (%)</b>	<b>RMOR (%)<sup>2</sup></b>
Controle em água	76,4 c	-	77,8 b	-
Controle em meio de cultura	63,6 c	16,7	75,0 b	3,59
AC 92	27,6 b	63,8	32,2 a	58,6
AC 12	27,8 b	63,6	40,8 a	47,5
AC 26	24,8 b	67,5	67b	13,8
AC 50	31,2 b	59,1	43,2 a	44,4
AC 30	17,0b	77,7	69,8 b	10,2
AC 52	15,6 a	79,5	33,4 a	57,0
AC 39	10,1 a	86,7	36,2 a	53,4
AC 147	6,2 a	91,8	53,8 a	30,8
CV(%)	12,78	-	8,35	-

Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Scott e Knott a 5% de probabilidade. <sup>1</sup> Redução da mobilidade dos indivíduos em relação ao controle em água. <sup>2</sup> Redução do número de indivíduos vivos em relação ao controle em água.

Moura et al. (1998) relataram que além da diferença intrínseca entre as espécies de estreptomicetos, outras características como a composição do meio de cultura e as condições de crescimento como pH, temperatura e disponibilidade de nutrientes, podem interferir tanto na quantidade quanto na composição dos metabólitos produzidos pelos micro-organismos. Segundo Sousa et al. (2006), outros fatores, como a concentração da suspensão de metabólitos e o período de exposição dos nematoides, também podem influenciar na taxa de mortalidade dos nematoides.

Kazuyoshiet al. (2002) encontraram supressão da motilidade de J2 de *M. incognita* causada por filtrado de culturas de isolados de *Streptomyces* sp.

Coimbra e Campos (2005), ao avaliarem o efeito de metabólitos de actinomicetos na motilidade e mortalidade de J2 de *Meloidogyne javanica*,

verificaram que seis isolados entre os 37 testados, tinham efeito nematicida, observando valores de mortalidade entre 19% e 100%.

Sousa (2006) constatou que *Streptomyces griseus* subsp. *griseus*, proporcionou 98,2% de mortalidade dos J2, quando comparado aos 27,3% observados na testemunha, destacando este como sendo o isolado mais eficiente no controle *in vitro* de *M. incognita*.

### **Avaliação de extratos de biomassas vegetais secos e frescos na mortalidade de J2 de *S. bradys***

Extratos frescos ou secos da parte aérea de gliricidia, guandu e crotalária e de resíduo líquido de sisal e manipueira, provocaram redução da mobilidade e mortalidade dos J2 de *S. bradys* ( $P \leq 0,05$ ), em observações comparativas ao tratamento controle em que os J2 foram incubados em água.

Os extratos secos ou frescos da parte aérea fresca de guandu e crotalária reduziram a mobilidade de 100% dos nematoides em diluições acima de 40% (Figura 1). O extrato da parte aérea fresca de gliricidia apresentou efeito nematostático, reduzindo a mobilidade de 100% dos nematoides em diluições acima de 60%. Os extratos da parte aérea fresca destas espécies vegetais demonstraram efeito nematostático, apenas quando testados em maiores concentrações. A percentagem de nematoides imóveis observada foi de 100% quando foram testados a crotalária, o guandu e a gliricida nas concentrações 40, 40 e 100%, respectivamente.

Quando avaliado o percentual de nematoides mortos (efeito nematicida), verifica-se que embora os extratos secos da parte aérea das leguminosas tenham apresentado resultados satisfatórios, que diferiram estatisticamente do tratamento controle (quando os J2 foram incubados em água), estes foram menos eficientes que os extratos obtidos da parte aérea fresca destas plantas.

De acordo com os resultados, estas leguminosas possuem substâncias com propriedades nematicidas em sua biomassa vegetal, que podem ser voláteis ou termosensíveis, perdendo sua eficiência em decorrência de alterações na sua composição química durante o processo de secagem.

A monocrotalina é um alcalóide pirolizidínico que possui efeito nematicida, e está presente em grande concentração na parte aérea da crotalária (Wang et al., 2002). Não foram encontradas na literatura consultada o nome das possíveis

substâncias que compõem a biomassa vegetal do guandu e gliricídia que possuem efeito nematicida.

Wang et al. (2001) estudando o efeito do extrato da matéria fresca da parte aérea de *Crotalaria juncea* no controle de *R. reniformis* em abacaxizeiro, verificou que esse extrato foi mais eficiente, quando adicionado 48 horas antes da infestação do solo com os nematóides.

A utilização do extrato da matéria fresca de *C. juncea* no manejo de *S. bradys* pode ser uma opção de baixo custo e de fácil utilização, para o produtor de inhame da Costa (GARRIDO et al., 2008). Uma vez que, estes autores não verificaram a presença de *S. bradys* em raízes de crotalária e do guandu. Possivelmente, por proporcionarem algum efeito tóxico aos nematóides. Adesiyani (1976), ao estudar diferentes plantas hospedeiras ao *S. bradys*, observou que o guandu é um hospedeiro moderado do nematóide. Carmo (2009) considerou guandu e crotalária como más hospedeiras de *S. bradys*, por apresentarem valores de FR (Fator de Reprodução) menores do que 1.

Os resultados obtidos sugerem que uma alternativa de manejo deste nematoide na cultura, seria o cultivo destas leguminosas (crotalária, guandu e gliricídia) em fileiras na área de plantio de inhame, para posterior incorporação no solo. A utilização destas plantas como adubo verde, além de promover benefícios para a fertilidade do solo pelo fornecimento de nutrientes, principalmente N para as plantas, atua no controle de *S. bradys*, pois durante sua decomposição pode atuar liberando substâncias com efeito nematicida e/ou favorecer os micro-organismos antagonistas presentes no solo.

A manipueira e o resíduo líquido de sisal apresentaram efeito nematostático e nematicida, ocasionando a mortalidade de 100% dos J2 de *S. bradys*, desde a diluição de 20 e 40%, respectivamente.

A análise de regressão indicou que o resíduo líquido de sisal e a manipueira aumentaram a mortalidade de *S. bradys* em 43 e 82%, respectivamente, na diluição de 20%, em observações comparativas às testemunhas em que os J2 foram incubados em água. Indicando que esses resíduos possuem substâncias químicas com efeitos altamente nematicidas, pois, mesmo em baixa concentração, ocasionaram grande mortalidade.



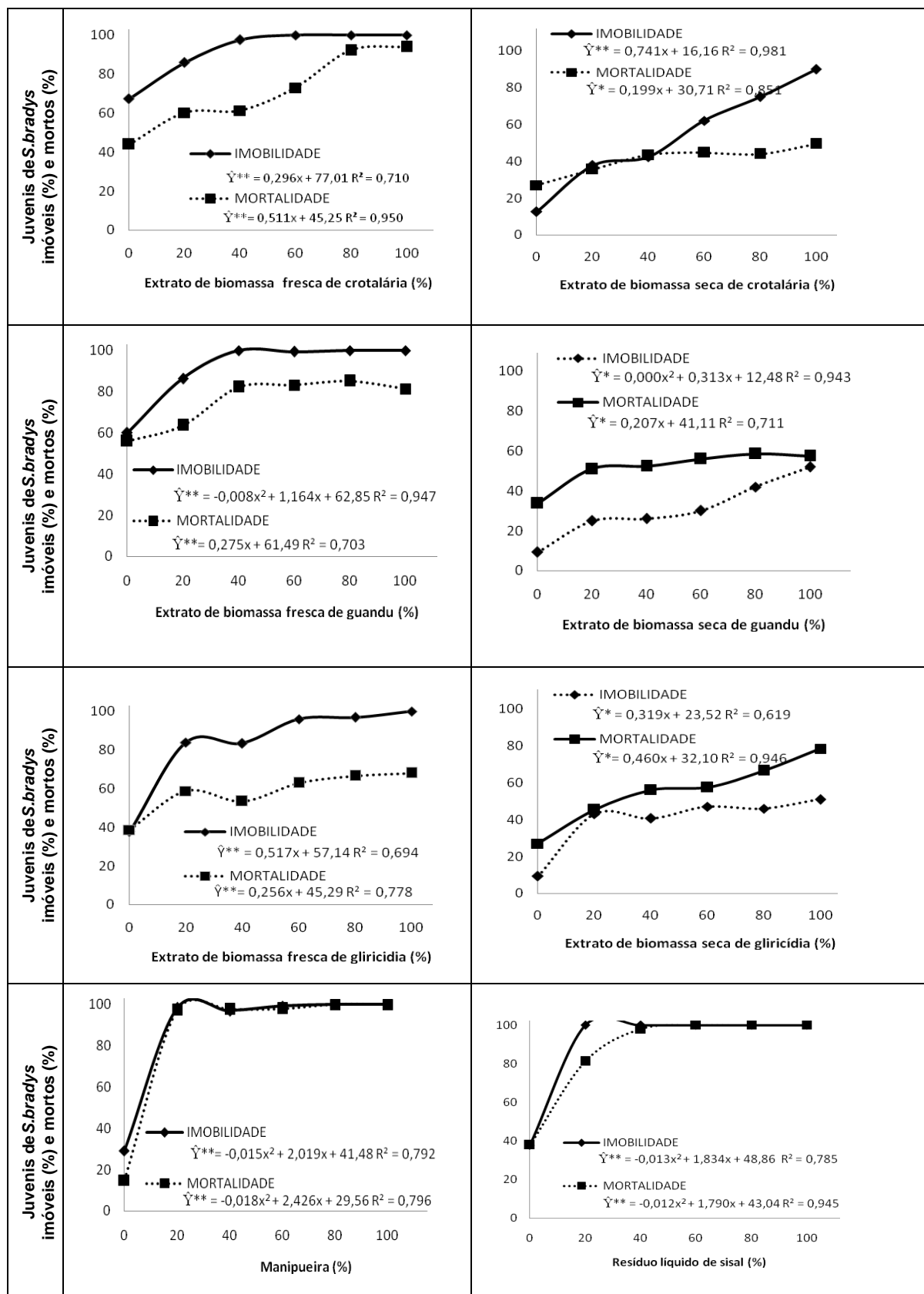


Figura 1. Análise de regressão de juvenis de segundo estágio de *S. bradys* imóveis e mortos, após exposição aos extratos vegetais secos e frescos, por 24 e 48 horas, respectivamente.

Resultados similares foram relatados por Alves et al. (2006), em trabalhos *in vitro* com manipueira diluída até 20% de concentração, onde obtiveram 100% de controle de *S. bradys*. Comerlato (2009) observou redução no número de fêmeas, cistos e ovos do nematoide *Heterodera glycine* sem raízes de soja, com o aumento das doses de manipueira. Para alguns pesquisadores, o gás cianeto (CN<sup>-</sup>) e o ácido cianídrico (HCN), resultantes da hidrólise da linamarina, um glicosídeo cianogênico encontrado na manipueira, são tóxicos aos nematoides (FIORETTO, 2001; PONTE, 2001).

Barreto (2003) relatou que o resíduo líquido do sisal, tem como principais constituintes do metabolismo secundário alcalóides, saponinas, flavonóides e taninos. Estas substâncias estão relacionadas principalmente ao mecanismo de defesa de plantas. Os efeitos antiparasiticos de saponinas e flavonóides extraídos de plantas têm sido descrito por vários autores (LAKSHMI et al., 2010).

### **Actinobactérias e adubos orgânicos no controle de *S. bradys* em plantas de inhame**

Em todos os tratamentos, foi observada redução do número de nematoides *S. bradys* nos rizóforos de inhame ( $P \leq 0,05$ ) (Tabela 4).

Observou-se que quando foi realizada somente a incorporação dos adubos orgânicos, sem a infestação das actinobactérias, o quando reduziu a infectividade dos nematoides nos rizóforos em 33,3%. Contudo, este não diferiu estatisticamente dos adubos gliricidia e crotalária, onde foram observadas reduções de 11,3 e 23,8%, respectivamente. Todos os adubos avaliados promoveram redução da infectividade do nematoide, sendo observada uma população de 11,8 a 15,7 nematoides/g de rizóforo em comparação ao tratamento controle (sem incorporação dos adubos orgânicos) com 17,7 nematoide/g de rizóforo.

Analisando os resultados referentes aos tratamentos em que houve somente a inoculação das actinobactérias sem a incorporação dos adubos orgânicos, é possível observar que o isolado AC 92, promoveu redução de 40,8% da população do nematoide, seguido dos isolados AC 26 e AC 52, em que foi registrada uma redução de 18,4 e 14,1%, respectivamente. A inoculação e incubação do solo por 40 dias com os isolados de actinobactérias, também

promoveu redução da infectividade do nematoide, sendo observada uma população de 10,4 a 15,2 nematoide/g de rizóforo em comparação ao tratamento controle, onde não houve a inoculação destes micro-organismos (17,7 nematoides/ g de rizóforo).

Nos tratamentos em que houve a incorporação dos adubos orgânicos em combinação com a inoculação dos isolados de actinobactérias, foi observada menor infectividade dos nematoides nos rizóforos de inhame, representando uma redução que variou de 36,6 a 42,9%, em comparação ao tratamento controle, sem adição dos adubos orgânicos e inoculação dos isolados de actinobactérias.

Tabela 4. Efeito da inoculação do solo com actinobactérias e/ou incorporação de adubos orgânicos sobre a população do nematoide de *Scutellonema bradys* por g rizóforos de inhame.

Isolados	Adubos orgânico							
	Sem adubo orgânico	RI <sup>1</sup> (%)	Gliricídia	RI (%)	Guandu	RI (%)	Crotalária	RI (%)
Sem actinobactérias	17,7 Cb	-	15,7 Ba	11,3	11,8 Aa	33,3	13,5 Ba	23,8
AC 92	10,4 Ab	40,8	10,7 Aa	39,5	10,3 Aa	41,7	10,2 Aa	42,3
AC 52	15,2 Ba	14,1	11,2 Aa	36,6	10,6 Aa	42,9	10,5 Aa	40,7
AC 26	14,4 Bb	18,5	10,2 Aa	41,9	10,2 Aa	42,1	10,2 Aa	42,2

Letras maiúsculas comparam na coluna o efeito de cada um dos adubos orgânicos em combinação com os diferentes isolados de actinobactérias. Letras minúsculas comparam na linha o efeito de cada isolado de actinobactérias entre os diferentes adubos orgânicos a 5% de probabilidade pelo teste de Scott & Knott. <sup>1</sup> Redução do número de indivíduos, em comparação à testemunha absoluta.

É possível que durante os 40 dias de incubação do solo, e até mesmo durante o cultivo das plantas, tenham sido liberados compostos orgânicos resultantes da decomposição dos adubos orgânicos e/ou metabólitos secundários e enzimas extracelulares produzidas pelas actinobactérias, que possuem efeito nematicida e/ou nematostático, provocando redução da mobilidade e mortalidade dos J2 de *S. bradys* e, portanto, reduzindo a infectividade nos rizoforos de inhame. De acordo com Sousa (2006), metabólitos secundários produzidos por actinobactérias no substrato e/ou na rizosfera da planta pode causar a imobilidade

e/ou mortalidade dos nematoides, antes da sua penetração nas raízes, reduzindo a infectividade das plantas.

De forma geral, esses resultados indicam que os isolados avaliados apresentam capacidade de utilizar os nutrientes do solo, de adubos orgânicos e/ou exsudatos radiculares para o seu crescimento, além de produzirem, na presença dos adubos orgânicos, substâncias com efeito tóxico, provocando a mortalidade do nematóide, não ocorrendo, assim, sua infestação nos rizóforos.

Tabela 5. Densidade populacional de actinobactérias no substrato aos 40 dias após incubação e após a coleta das plantas de inhame.

Isolados	Adubos orgânicos			
	Sem adubos orgânicos	Gliricidia	Guandu	Crotalária
<b>Aos 40 dias de incubação</b>				
Sem actinobactérias	-	4,0x10 <sup>6</sup> Ba	3,1x10 <sup>6</sup> Aa	3,4x10 <sup>6</sup> Aa
AC 92	3,1x10 <sup>6</sup> Aa	2,0x10 <sup>6</sup> Cb	7,8x10 <sup>5</sup> Bc	1,8x10 <sup>6</sup> Bb
AC 52	2,1x10 <sup>6</sup> Aa	6,0x10 <sup>5</sup> Db	4,1x10 <sup>5</sup> Bb	2,8x10 <sup>6</sup> Ba
AC 26	2,4x10 <sup>6</sup> Ac	6,1x10 <sup>6</sup> Aa	3,9x10 <sup>6</sup> Ab	3,2x10 <sup>6</sup> Bb
<b>Após a coleta das plantas de inhame</b>				
Sem actinobactérias	-	1,7x10 <sup>4</sup> Bb	1,1x10 <sup>4</sup> Ab	1,7x10 <sup>5</sup> Aa
AC 92	2,5x10 <sup>5</sup> Aa	1,1x10 <sup>4</sup> Bb	1,0x10 <sup>5</sup> Aa	1,2x10 <sup>5</sup> Aa
AC 52	1,3x10 <sup>5</sup> Bb	1,5x10 <sup>5</sup> Ab	7,8x10 <sup>4</sup> Ab	2,2x10 <sup>5</sup> Aa
AC 26	2,4x10 <sup>5</sup> Aa	1,2x10 <sup>5</sup> Ab	5,6x10 <sup>4</sup> Ac	1,9x10 <sup>5</sup> Aa

Médias seguidas de letras maiúsculas iguais na coluna e minúsculas iguais na linha, não diferem entre si pelo teste de Scott & Knott a 5% de probabilidade.

Além da produção de metabólitos secundários e enzimas, parasitismo, competição por nutrientes, outros fatores são decisivos para o efetivo biocontrole dos fitonematoides, como a capacidade competitiva dos estreptomicetos na presença da microflora nativa, permitindo o seu estabelecimento no ambiente onde são introduzidos (HABE & UESUGHI, 2000), bem como a colonização das raízes, que funcionam como barreira à penetração do patógeno e os exsudatos radiculares que servem de fonte de energia e nutriente para as actinobactérias (WELLER, 1998).

O potencial da utilização de adubos orgânicos e micro-organismos antagonistas, como as actinobactérias, principalmente do gênero *Streptomyces*, no controle de fitonematoides em culturas de interesse econômico, tem sido relatada por diversos autores (JONATHAN et al., 2000; KAZUYOSHI et al., 2002; COIMBRA et al., 2005; COIMBRA et al., 2006; ARDUIM, 2006; SOUSA et al., 2006; PAIXÃO, 2008; SOUSA et al., 2009; DAMASCENO, 2011; PEIXOTO, 2011).

No entanto, na bibliografia consultada não foram encontrados trabalhos relatando a utilização de adubos orgânicos e actinobactérias combinados no patossistema *S. bradys* – inhame, indicando que essa pesquisa é inédita para a cultura do inhame e poderá ser muito útil para pesquisas posteriores e para os produtores.

Segundo Melo (1998), os micro-organismos colonizam o sistema radicular e afetam a composição química dos exsudados liberados. A transformação dos exsudados radiculares em subprodutos pode fazer com que o nematóide não reconheça o estímulo quimiotrópico e continue movimentando-se no solo até esgotar suas reservas de energia, vindo a morrer sem penetrar na raiz (FREITAS, 2001). Segundo Stirling (1991), algumas rizobactérias produzem metabólitos tóxicos que causam inibição do movimento de nematoides *in vitro*, enquanto outras inibem a eclosão de juvenis e o processo pelo qual eles penetram as raízes. Outro possível mecanismo de biocontrole consiste no parasitismo dos nematoides por estreptomicetos, os quais utilizam de enzimas como quitinases e lipases, que atuam na destruição da cutícula dos nematoides (PARK et al., 2002).

Esnard et al (1998), observaram redução da população de *Radopholus similis* e de *Helicotylenchus multincinctus* em solo com trigo pré-incorporado com *Streptomyces costaricanus*. Coimbra & Campos (2005) verificaram que isolados de actinobactérias reduziram o número de galhas e massa de ovos em raízes de tomateiro. Yan et al. (2004), testando o controle de *M. incognita* em mudas de tomateiro, encontraram resultados semelhantes, onde isolados de estreptomicetos reduziram a formação de galhas (52,8 %) e massa de ovos (63,5%). Sousa et al. (2006), observaram que a redução do número de massa de ovos de *M. incognita* em raízes de tomateiro foi proporcionada pela infestação e incubação do substrato de cultivo com actinobactérias. Jonathan et al. (2000), relataram reduções no número de galhas e número de ovos de *M. javanica* em

raízes de tomateiro quando infestadas com isolados de actinobactérias. Damasceno (2011) observou que isolados de actinobactérias, produziram metabólitos secundários com efeito nematicida, que foram capazes de reduzir o número de galhas *M. javanica* e massa de ovos de nematoides nas mudas de tomateiro. Krechel et al., (2002), testando isolados de actinobactérias do gênero *Streptomyces*, oriundas da rizosfera de batateira, visando o controle de *M. incognita* em casa de vegetação, observaram redução no número de galhas entre 50% e 85% e redução no número de massas de ovos entre 40% e 100%, quando comparados com a testemunha. Dicklow et al. (1993) demonstraram que metabólitos produzidos por *Streptomyces* ssp, incorporados ao solo, inibiram a reprodução de *Caenorhabditis elegans* e reduziram o número de galhas de *M. incognita* em raízes de tomateiro. Jonathan et al. (2000) aplicaram isolados de actinobactérias no solo infestado por *M. incognita* e observaram que houve redução dos números de galhas e de ovos, bem como promoção do crescimento de plantas de tomate e banana, em comparações com a testemunha.

Avaliando o efeito da adubação verde na infectividade de *S. bradys* em mudas de tomateiro, Garrido (2006) observou que a incorporação da matéria fresca de crotalaria e guandu combinados, proporcionaram redução significativa da infectividade do nematoide em comparação a incorporação de guandu isoladamente e da testemunha (sem adição dos adubos verdes). Este autor observou que no sistema de plantio de inhame, em campo, com crotalaria isolada e combinada com guandu apresentaram as menores médias de infecção das raízes do inhame com *S. bradys* e *R. reniformis*. Os sistemas de plantio de inhame convencional e com guandu nas entrelinhas, apresentaram os maiores números de nematoides infectando as raízes finas do inhame. Concluiu que a crotalaria tem efeito nematicida e que essa cultura tem potencial de utilização para o manejo de fitonematoides na cultura do inhame.

Santana et al. (2003) consideram que o nematoide *S. bradys*, causador da doença casca preta, é um futuro problema para a cultura do inhame, podendo se tornar o principal nematóide parasita desta cultura. Esse nematoide completa seu ciclo reprodutivo em 21 dias e, encontrando condições favoráveis, pode aumentar a sua população de forma acentuada (KWOSEH et al., 2002), e por esta razão, faz-se necessário o manejo adequado desses fitopatógenos, de modo a não comprometer a produção.

Existe, atualmente, demanda crescente por métodos alternativos no controle de fitonematoides. Essa demanda visa substituir o controle químico, devido às implicações toxicológicas e ambientais negativas que acarretam, além do crescente interesse pelo cultivo do inhame, em sistema de produção sustentável, pelo mercado interno e externo.

A utilização de micro-organismos promotores de crescimento e/ou com ação de biocontrole vem sendo apontada como uma alternativa viável para sistemas de produção agrícola ecologicamente e economicamente sustentável.

A utilização de plantas na ciclagem dos nutrientes e manutenção da fertilidade do solo é uma opção para a obtenção de eficiência produtiva e conservação do solo e da água, proporcionando aumento da capacidade de troca de cátions e da disponibilidade de macro e micronutrientes; formação e estabilização de agregados; melhoria da infiltração de água e aeração; criação de um microclima favorável aos micro-organismos benéficos e controle de patógenos do solo. A utilização de isolados de actinobactérias, combinadas a adubos orgânicos, constitui numa alternativa sustentável para o manejo de *S. bradys*.

## CONCLUSÕES

1. Os isolados de actinobactérias avaliados têm potencialidade de serem utilizados no controle de fitopatógenos, pois são produtores das enzimas extracelulares quitinase e lipase sob condições *in vitro*;
2. Os isolados de actinobactérias AC 92, AC 12, AC 50, AC 52, AC 39 e AC 147 produziram metabólitos secundários com efeito nematicida e podem ser avaliados no manejo de *S. bradys* na cultura do inhame;
3. Os extratos frescos de glirícidia, guandu e crotalária podem ser mais promissores para o uso no manejo de *S. bradys* na cultura do inhame, uma vez que nos teste *in vitro*, apresentaram maior eficiência na mortalidade desse patógeno, quando comparados com os resultados dos extratos secos dessas plantas ;
4. O uso dos resíduos orgânicos glirícidia, crotalária e guandu, combinados com o uso de actinobactérias, pode ser indicado para o manejo de *S. bradys* na cultura do inhame, pois a utilização isolada desses tratamentos apresenta menor eficiência.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACOSTA, N.; AYALA, A. Pathogenicity of *Pratylenchus coffeae*, *Scutellonema bradys*, *Meloidogyne incognita* and *Rotylenchulus reniformis* on *Dioscorea rotundata*. **Journal of Nematology**, v.7, p. 1-6, 1975.

ADESIYAN, S. O. Host range studies of the yam nematode, *Scutellonema bradys* (Investigaciones sobre la gama de hospederos Del nematodo Del ñame, *Scutellonema bradys*. **Nematropica**. v.6, n.2, p.60-63, 1976.

ALMEIDA, N. S. **Dinâmica populacional de nematoides patogênicos ao inhame e à mandioca no recôncavo da Bahia**. 2009, 68f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Mestrado em Ciências Agrárias, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas.

ALVES, E. C.; SANTIAGO, A. D.; ELOY, A. P.; AMORIM, E. P. R. Efeito tóxico da manipueira sobre *Scutellonema bradys*, causador da “casca-preta” no inhame (*Dioscorea cayennensis*). **Fitopatologia Brasileira**, v. 31, suplemento, p.74. 2006.

AMARAL, D. R.; OLIVEIRA, D. F.; CAMPOS, V. P.; CARVALHO, D. A. Efeito de alguns extratos vegetais na eclosão, mobilidade, mortalidade e patogenicidade de *Meloidogyne exigua* do cafeeiro. **Nematologia Brasileira**, v. 26, n. 1, p. 43-48, 2002.

ARDUIM, G. S. **Utilização e caracterização biológica de rizobactérias como biocontroladoras de *Meloidogyne incognita* e promotoras de crescimento em figueira**. 2006, 65f. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia) – Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, PR, 2006.

BANDEIRA, D. A.; SILVA, O. R. R. F. Aproveitamento de resíduos. In: ANDRADE, W. (Ed.). **O sisal do Brasil**. Salvador: Sindifibras; Brasília: APEX, 2006. p.58-61.



BARRETO, A. F. **Efeitos do emprego de sucos de agave no tratamento de sementes, controle do ácaro rajado [*Tetranychus urticae* (Koch, 1836)] e fitotóxicidade em algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L. r. *latifolium* Hutch).** 2003. 71f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal da Paraíba. Areia-PB.

BETTIOL, W. Conversão de sistemas de produção, In: Poltronieri, L.S. & Ishida, A.K.N. (Eds). **Métodos alternativos de controle de insetos-praga, doenças e plantas daninhas: Panorama atual e perspectivas.** Belém. Embrapa Amazônia Oriental, 2008. p. 289-308.

BETTIOL, W.; MORANDI, M. A. B. **Biocontrole de doenças de plantas: uso e perspectivas.** Jaguariúna: Embrapa- CNPMA, 2009. 341p.

CARDOSO, E. J. B. N. Relações ecológicas entre micro-organismos. In: GALLI, F. (ed) **Manual de Fitopatologia.** São Paulo, SP, v.1. 1978. 373 p.

CARMO, D. O. **Gama de plantas hospedeiras e controle do nematóide do inhame, *Scutellonema bradys*, com manipueira.** 2009, 66f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, BA.

CARVALHO, P. O.; CAMPOS, P. R. B.; D'ADDIO NOFFS, M.; OLIVEIRA, J. G.; SHIMIZU, M. T.; SILVA, D. M. Aplicação de lipases na obtenção de concentrados de ácidos graxos poliinsaturados. **Química Nova**, v.26, n. 1, p.75- 80, 2003.

COIMBRA, J. L.; CAMPOS, V. P. Efeito de exsudatos de colônias e de filtrados de culturas de actinobactérias na eclosão, motilidade e mortalidade de juvenis do segundo estágio de *Meloidogyne javanica*. **Fitopatologia Brasileira**, v.30, p.232-238, 2005.

COIMBRA J. L.; SOARES, A. C. F.; GARRIDO, M. S.; SOUSA, C. S.; RIBEIRO, F. L. B. Toxicidade de extratos vegetais a *Scutellonema bradys*. **Pesquisa agropecuária Brasileira**, v.41, p.1209-1211, 2006.

COMERLATO, A. P. **Efeito de manipueira no controle do nematóide do cisto da soja *Heterodera glycines* Ichinohe**, 2009, 47 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia), Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon- PR

COOLEN, W. A.; D'HERDE, C. J. A method for the quantitative extraction of nematodes from plant tissue. **Ghent: State Agricultural Research Center**, 1972. 77 p.

DAMASCENO, J. C. A. **Actinobactérias na promoção de crescimento e controle de *Meloidogyne javanica* em mudas de tomateiro**. 2011, 97 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas - BA.

DICKLOW, M. B.; ACOSTA, N.; ZUCKERMAN, B. M. A novel *Streptomyces* species for controlling plant-parasitic nematodes. **Journal of Chemical Ecology**, v.19, p.159-173, 1993.

EL- ABYAD, M. S.; EL-SAYED, M. A.; EL-SHANSHOURY, A. R. Towards the biological control of fungal and bacteria disease of tomato using antagonistic *Streptomyces* spp. **Plant and Soil**, v.149, p. 185-195. 1993.

EMBRAPA - **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes/** Embrapa Solos, Embrapa Informática Agropecuária. In: SILVA, F. C. (Org.). Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 1999. 370 p.

ESNARD, J.; MARBAN-MENDONZA, N.; ZUCKERMAN, B. Effects of three microbial broth cultures and a organic amendment on growth and populations of free living and plant-parasitic nematodes on banana. **European Journal of Plant Pathology**, v.104, p.457-463, 1998.

FERRAZ, S.; FREITAS, L. G. Use of antagonistic plants and natural products. In: CHEN, Z., S. CHEN & D.W. DICKINSON (Ed). **Nematology – Advances and**

**Perspectives**. Volume II: Nematode Management and Utilization. Tsinghua University Press & CABI Publishing, Beijing & Wallingford, p. 931-978. 2004.

FERRAZ, L. C. C. B., MONTEIRO, A. R. Nematoides. In: BERGAMIN FILHO, A., KIMATI, H., AMORIM, L. (Eds). **Manual de fitopatologia**. Volume 1: princípios e conceitos. 3 ed. São Paulo: Ceres, p.168-201, 1995.

FERREIRA, D. F. Análises estatísticas por meio do Sisvar para Windows versão 4.0. In: **Reunião Anual da Região Brasileira da Sociedade Internacional de Biometria**, 45, 2000, São Carlos, Programa e resumos... São Carlos: UFSCar, p.255-258. 2000.

FIORETTO, R. A. Uso direto da manipueira em fertirrigação. In: CEREDA, M. P. (Coord.) **Manejo, uso e tratamento de subprodutos da industrialização da mandioca**. São Paulo: Fundação Cargill, 2001. 320p. (Série Culturas de Tuberosas Amiláceas Latino Americanas, v.4)

FREITAS, L. G. Rizobactérias versus nematoides, in: **Reunião de Controle Biológico de Fitopatógenos**, 7. Anais... Bento Gonçalves: EMBRAPA Uva e Vinho, pp. 25- 35. 2001.

GARRIDO, M. S. **Manejo agroecológico da cultura do inhame: produtividade, qualidade, controle de nematoides e manchas foliares**. 2006, 87 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) - Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas - BA

GARRIDO, M. S.; COIMBRA, J. L.; SOARES, A. C. F.; ALMEIDA, N. S.; PEREZ, J. O. Levantamento de fitonematoides na cultura do inhame (*Dioscorea cayennensis*) nas regiões agrícolas do Recôncavo. **Nematologia Brasileira**, v.28, n. 2, p.219-221, 2004.

GARRIDO, M. S.; MENDES L. N. Dicas sobre a cultura do inhame: uma linguagem simples para o pequeno e médio produtor rural. Cruz das Almas, 1999. 13p. (**Boletim informativo: Série Agricultor**).

GARRIDO, M. S.; SOARES, A. C. F.; MENDES, L. N.; PEREZ, J. O. Novas tecnologias para a produção do inhame (*Dioscorea cayennensis* Lam.) no Estado da Bahia. **Revista Bahia Agrícola**, v.6, n.1, p19-22, 2003.

GARRIDO, M. S.; SOARES, A. C. F.; COIMBRA, J. L.; SOUSA, C. S. Management of crotalaria and *pigeon pea* for control of yam nematode diseases. **Summa Phytopathologica**, v. 34, p. 222-227, 2008.

GOODAY, G. H., ZHU, W. Y., DONNELL, R. W. What are the roles of chitinases in the growing fungus. **FEMS: Microbiology**. Let, v.100, p. 387-392. 1992.

HABE, M. H.; UESUGHI, C. H. Método *in vitro* para avaliar a capacidade colonizadora de bactérias em raízes de tomateiro. **Fitopatologia Brasileira**, v. 25, n.4, p. 657-660, 2000.

HALBRENDT, J. M.; LaMONDIA, J. A. Crop rotations and other cultural practices. In: CHEN, Z., CHEN, S.; DICKINSON, D. W. (ed). **Nematology – Advances and Perspectives**. Volume II: Nematode Management and Utilization. Tsinghua University Press & CABI Publishing, Beijing & Wallingford, p. 909-930. 2004.

JATALA, P.; BRIDGE, J. Nematode parasites of root and tuber crops. In: LUC, M., SIKORA, R. A.; BRIDGE, J. (Ed.) Plant parasitic nematodes in subtropical and tropical agriculture. Wallingford: **C A B International**, p.137-180, 1990.

JONATHAN, E.L.; BARKER, K.R.; ABDELALIM, F.F.; VRAIN, T.C.; DICKSON, D.W. Biological control of *Meloidogyne incognita* on tomato and banana with rhizobacteria, actinomycetes and *Pasteuria penetrans*. **Nematropica**, v.30, n.2, p. 231-240, 2000.

KAZUYOSHIET, C.; FURUKAWA, M.; FUKUDA, S.; SHOJI, M.; YANAGISAWA, T.; HIDEO. I.; TERUO, S.; AKIRA, N. Suppressive effects of antinematodal *Streptomyces* spp. on root-knot nematodes of cucumbers caused by *Meloidogyne incognita*. **Biocontrol Science**, v.7, n.1, p.25-29, 2002.

KRECHEL, A.; FAUPEL, A.; HALLMANN, J.; ULRICH, A.; BERG, G. Potato associated bacteria and their antagonistic potential towards plant-pathogenic fungi and the plant-parasitic nematode *Meloidogyne incognita* (Kofoid & White) Chitwood. **Canadian Journal of Microbiology**, v.48, p.772-786, 2002.

KWOSEH, C.; PLOWRIGHT, R. A.; BRIDGE, J. The yam nematode: *Scutellonema bradys*. In: Sarr, J. L.; Cook, R.; Bridge, J. (ed). Resistance to parasitic nematode. Wallingford: **CABI**, 2002.

LAKSHMI, V. et al. Antifilarial activity *in vitro* and *in vivo* of some flavonoids tested against *Brugiamalay*. **ActaTropica**, v.116, n.2, p.127-133, 2010.

LEE, D. L.; ATKINSON, H. J. **Physiology of nematodes**. New York: Columbia University Press, 1977. 215 p.

LIMA, J. L. **Seleção de actinobactérias para o controle biológico de *Ralstonia solanacearum* e promoção de crescimento de mudas de tomateiro**. 2003. 82f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) – Universidade Federal da Bahia, Cruz das Almas, BA, 2003.

MAI, W. F.; MULLIN, P. G. **Plant-parasitic nematodes: a pictorial key to genera**. Cornell University Press, Ithaca – EUA, 1996, 277 p.

MELO, I. S. Agentes microbianos de controle de fungos fitopatogênicos. In: MELO, I. S.; AZEVEDO, J. L. **Controle Biológico**. Jaguariúna: Embrapa-CNPMA, v.1, p.17-67, 1998.

MERZENDORFER, H.; ZIMOCH, L. Insect chitin synthases: Review. **Journal Experimentation Biology**, v. 206, p. 4393-4412, 2003.

MESQUITA, A. S. Inhame - *Dioscorea cayennensis* Lam. e taro *Colocasia esculenta* (L.) Schott.- Cenários dos mercados brasileiro e internacional. In:

**Anais. II Simpósio Nacional sobre as Culturas do Inhame e do Taro. II SINCIT**, João Pessoa, Paraíba, p.215-238, 2002.

MILLER, P. M.; SANDS, D. C. Effects of hydrolytic enzymes on plant-parasitic nematodes. **Journal of Nematology**, v.9, n.3, p.192-197, 1977.

MOURA, A. B. et al. Bioensaio para avaliação massal de actinobactérias antagonistas a *Ralstonia solanacearum* em tomateiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v.33, n.12, p.2065-2072. 1998.

MOURA, R. M.; PEDROSA, E. M. R.; GUIMARÃES, L. M. Novos dados sobre a etiologia da casca preta do inhame no Nordeste do Brasil. **Nematologia Brasileira**, v. 25, n. 2, p. 235-237, 2001.

MOURA, R. M. Doenças do inhame. In: KIMATI, H.; AMORIM, L.; BERGAMIN FILHO, A.; CAMARGO, L. E. A.; REZENDE, J. A. M. **Manual de fitopatologia: doenças das plantas cultivadas**, 3 ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 1997, p. 463-471.

OTINIANO, A. J; FLORIAN, L. M.; SEVILLANO, R. B. La matéria orgánica, importancia y experiencia de su uso en la agricultura. **Idesia**, v.24, n.1, p.49-61, 2006.

PADILHA, G. Biologia molecular de *Streptomyces* e aplicações industriais. In: MELO, I. S.; AZEVEDO, J. L. (Ed.). **Ecologia Microbiana**. Jaguariúna: EMBRAPA – CNPMA, 1998. p.327-343.

PAIXÃO, L. B. V. S. **Actinomicetos promotores de crescimento e agentes de biocontrole do nematoide cavernícula da bananeira *Radopholus similis***. 2008. 68f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) - Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, BA, 2008.

PARK, J. O.; EL-TARABILY, K. A.; GHISALBERTI, E. L.; SIVASITHAMPARAM, K. Pathogenesis of *Streptoverticillium albireticulion Caenorhabditise legans* and its

antagonism to soil borne fungal pathogens. **Letters in Applied Microbiology**, v.35, p.361-365, 2002.

PEIXOTO, C. C. **Rizobactérias no biocontrole do nematoide cavernícola da bananeira**. 2011, 75f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Mestrado em Ciências Agrárias, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas.

POLLAK, F. C.; BERGER, R. G. Geosmin and related volatiles in bioreactor-cultured *Streptomyces citreus* CBS 109.60. **Applied and Environmental Microbiology**, v.62, n.4, 1996.

PONTE, J. J. Histórico das pesquisas sobre a utilização da manipueira (extrato líquido das raízes de mandioca) como defensivo agrícola. **Fitopatologia Venezuelana**, v. 5, n. 1, p. 2-5, 1992.

PONTE, J. J. Cartilha da manipueira. **Uso do composto como insumo agrícola**. Governo do Estado do Ceará. Secretaria da Ciência e Tecnologia (SECITECE). Fortaleza, CE, 1999.

PONTE, J. J. Uso da Manipueira Como Insumo Agrícola: Defensivo e fertilizante. In: CEREDA, M. P. **Manejo, uso e tratamento de subprodutos da industrialização da mandioca**. Fundação Cargil – São Paulo, 2001. Cap. 5, p. 80-95.

PRAMER, D.; SCHMIDT, E. L. **Experimental soil microbiology**. Minnesota: Burgess, 1964. 107 p.

RENWICK, A.; CAMPBELL, R.; COE, S. Assessment of in vivo screening systems for potential biocontrol agents of *Gaeumannomyces graminis*. **Plant Pathology**, v.40, p.524-532, 1991.

ROCHA, S. F. **Aspectos da coloração, ciclo de vida, parasitismo por *Pasteuria penetrans* e suas relações com a reserva energética de juvenis de**

**segundo estágio de *Meloidogyne spp.*** 2007, 148f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras - MG.

SANTANA, D. A. A; MOURA, R. M.; PEDROSA, E. M. R. Efeito da rotação com cana-de-açúcar e *Crotalaria juncea* sobre populações de nematoides parasitos do inhame-da-costa. **Nematologia Brasileira**, v.1, n.27, p. 13-16, 2003.

SANTOS, E. S. **Inhame (*Dioscorea spp.*): aspectos básicos da cultura.** 13. ed. João Pessoa: EMEPA-PB, Sebrae, 158 p., 1996.

SANTOS, E. S. Manejo sustentável da cultura do inhame (*Dioscorea sp.*) no Nordeste do Brasil. In: **Simpósio nacional sobre as culturas do inhame e do taro**, João Pessoa. Anais... João Pessoa: EMEPA, v. 1, p. 181- 195, 2002.

SIERRA, S. A. Simple method for detection of lipolytic activity of microorganisms and some observations on the influence of the contact between cells and fatty substrates. **Antonie van Leeuwenhoek**, v.23, n.1, p.15-22, 1957.

SILVA, H. S. A. **Seleção de actinomicetos antagonísticos para o controle biológico da galha bacteriana da roseira incitada por *Agrobacterium tumefaciens*.** 1998,44f. Dissertação de (Mestrado em Fitopatologia), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa - MG.

SOARES, A. C. F.; SOUSA, C. S.; GARRIDO, M. S.; PEREZ, J. O. Production of streptomycete inoculums in sterilized rice. **Scientia Agricola**, v.64, n.6, p.241-244, 2007.

SOARES, P. L. M. **Estudo do controle biológico de fitonematoides com fungos nematófagos.** 2006. 217p. Tese de (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal - SP.



SOUSA, C. S. **Estreptomicetos promotores de crescimento e agentes de biocontrole da meloidoginose no tomateiro**. 2006. 113f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) – Universidade Federal da Bahia, Cruz das Almas - BA.

SOUSA, C. S.; SOARES, A. C. F.; GARRIDO, M. S.; ALMEIDA, G. M. **Actinobactérias no controle da meloidoginose em mudas de tomateiro**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.41, n.12, p.1759-1766, 2006.

SOUSA, C. S.; SOARES, A. C. F.; GARRIDO, M. S.; LIMA, F. S. Estreptomicetos no controle de *Scutellonema bradys* em túberas de inhame. **Revista Ciência Agrônômica**, v.40, n.4, p.486-491, 2009.

STIRLING, G. R. Biological control of plant parasitic nematodes: Progress, problems and prospects. Wallingford: **CAB International**, 1991. 282p.

SUINAGA, J. D.; SILVA, O. R. R. F.; COUTINHO, W. M. A História. In: ANDRADE, W. (Ed.). **O sisal do Brasil**. Salvador: Sindifibras; Brasília: APEX, 2006. p. 18-21.

TUITE, J. **Plant pathological methods: fungi and bacteria**. Minneapolis: Burgess 1969. 239 p.

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

WANG, K. H.; SIPES, B. S.; SCHMITT, D. P. Suppression of *Rotylenchulus reniformis* by *Crotalaria juncea*, *Brassica napus* and *Tagetes erecta*. **Nematropica**. v.31, n.2, p.235-249, 2001.

WELLER, D. M. Biological control of soilborne plant pathogens in rhizosphere with bacteria. **Annual Review of Phytopathology**, v.26, p.379-407, 1998.

YAN, X.; LIN, M.; LIU, L. Screening of antagonistic streptomycete from soils against *Meloidogyne incognita*. **Chinese Journal of Biological Control**, v.20, p.202-205, 2004.

## **CAPÍTULO 2**

### **ADUBAÇÃO ORGÂNICA E ACTINOBACTÉRIAS NO CRESCIMENTO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS DE INHAME<sup>1</sup>**

---

<sup>1</sup> Artigo a ser ajustado e submetido ao comitê editorial do periódico científico Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira.

## ADUBAÇÃO ORGÂNICA E ACTINOBACTÉRIAS NO CRESCIMENTO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS DE INHAME

**RESUMO:** O inhame é uma cultura de grande importância econômica no Brasil, contudo, contudo redução na sua produção tem sido atribuída aos problemas fitossanitários e manejo inadequado da cultura. A busca por alternativas no contexto da agricultura sustentável, tem intensificado os estudos com a utilização de adubos orgânicos e de micro-organismos benéficos. O presente trabalho teve como objetivos: 1) detectar a produção de enzimas extracelulares e a capacidade de solubilização de fosfato de cálcio; 2) avaliar o efeito isolado e da interação da adubação orgânica e de isolados de actinobactérias no crescimento e nutrição de plantas de inhame. A produção de enzimas extracelulares e a capacidade de solubilizar fosfatos de cálcio variam de acordo com o isolado de actinobactérias, de modo que 37,5%, 87,5%, 87,5%, 62,5%, 100% e 62,5% são produtores das enzimas quitinase, celulase, xilanase, amilase, catalase e lipase, respectivamente. Apenas os isolados AC 92 e AC 50 demonstraram capacidade para solubilizar fosfato de cálcio. Não houve efeito significativo da incorporação dos adubos orgânicos sobre a densidade populacional de actinobactérias. Quando aplicados isoladamente, os isolados de actinobactérias promoveram incrementos de até 170,7% (AC 26) e os adubos orgânicos de até 49,9% (guandu) na produção de biomassa na parte aérea das plantas de inhame. A interação entre os isolados de actinobactérias e adubos orgânicos promoveu incrementos significativos de até 103,5% (AC 92 x gliricídia) no teor de P na parte aérea das plantas de inhame. Independentemente da forma de aplicação, os isolados de actinobactérias e adubos orgânicos não influenciaram no teor de K nas plantas. Os isolados de actinobactérias e os adubos orgânicos, quando aplicados isoladamente, proporcionaram incremento de até 34,7% (AC 92) e 33,9% (gliricídia) no teor de N na parte aérea das plantas.

**Palavras-chave:** *Dioscorea rotundata*, manejo sustentável, promoção de crescimento, *Streptomyces* spp.

## ORGANIC FERTILIZER AND ACTINOBACTÉR IN THE GROWTH AND NUTRITION OF YAM PLANTS

**ABSTRAT:** The yam is a crop of great economic importance in Brazil, however, reduced its production has been attributed to disease and culture management inadequate. The search for alternatives in the context of sustainable agriculture has intensified studies with the use of organic fertilizers and micro-organisms beneficial. This study aimed to: 1) detect the production of extracellular enzymes and the ability of calcium phosphate solubilization; 2) evaluate the isolate and interaction effect of organic fertilizer and actinobacter strains on yam seedlings growth and nutrition. The production of extracellular enzymes and the ability to solubilize calcium phosphates vary with the strain of actinobacter, so that 37.5%, 87.5%, 87.5%, 62.5%, 62.5% and 100 % are chitinase enzyme, cellulase, xylanase, amylase, lipase and catalase producers, respectively. Only AC 92 and AC 50 strains demonstrated the capacity to solubilize calcium phosphate. There was no significant effect of the incorporation of organic fertilizers on the actinobacter population density. When applied alone, actinobacter strains promoted increments of up to 170.7% (AC 26) and organic fertilizers up to 49.9% (*Cajanus cajan*) in biomass production in the yam seedlings. The interaction between actinobacteria strains and organic fertilizers significant increments of up to 103.5% (AC 92 x *Gliricidia sepium*) in P content in yam seedlings shoots. Regardless of the application form, the actinobacter and organic fertilizers no effect on seedlings K content. The actinobacter strains and organic fertilizers, when applied alone, resulted in 34.7% (AC 92) and 33.9% (*Gliricidia sepium*) increase in N content in the plants aerial part.

**Key-words:** *Dioscorea rotundata*, manejo sustentável, promoção de crescimento, *Streptomyces* spp.

## INTRODUÇÃO

Diversos autores relatam que no nordeste, a cultura do inhame apresenta grande importância sócio-econômica, respondendo por cerca 90% da produção nacional, sobretudo nos estados da Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Bahia e Maranhão, constituindo uma atividade agrícola muito promissora, dada a excelente qualidade nutritiva e energética de seus rizóforos (SANTOS, 2002; MESQUITA, 2002).

No Estado da Bahia, a produção de inhame está concentrada principalmente, na microrregião do Recôncavo, nos Municípios de Cruz das Almas, São Felipe, Maragogipe e São Félix (SANTOS, 2002). Segundo Nunes et al. (2010), a exploração da cultura do inhame constitui uma alternativa viável para a agricultura nordestina, uma vez que as regiões produtoras apresentam condições ambientais favoráveis para seu desenvolvimento e produção, em caráter altamente econômico.

No entanto, diversos autores relatam que a área de cultivo, a produtividade e a qualidade de rizóforos comerciais vem reduzindo anualmente, em virtude do baixo nível tecnológico empregado no manejo da cultura, que inclui condições inadequadas de manejo, baixa fertilidade do solo, utilização de rizóforos-semente de qualidade inferior e problemas fitossanitários (DEGRAS, 1993; SANTOS, 1996).

Na agricultura, os crescentes problemas relacionados à utilização de insumos químicos sintéticos, tais como impactos negativos na saúde do homem e no ambiente, contaminação de alimentos, bem como, o desenvolvimento de patógenos resistentes aos defensivos agrícolas, têm incentivado a busca por alternativas sustentáveis nos sistemas de produção agrícola (ANTOUN & PREVOST, 2005).

O emprego da adubação orgânica vem crescendo gradualmente no Brasil nos últimos anos, principalmente nas pequenas e médias propriedades rurais. A utilização de adubos orgânicos promove melhorias nas características físicas, químicas e biológicas do solo, resultando em aumento do rendimento e da qualidade das culturas. Além disso, de acordo com Severino et al. (2006), a adubação orgânica com a utilização de adubos gerados na propriedade rural, ou nas proximidades, é uma prática que proporciona aproveitamento destes

materiais, evitando que sejam lançados indevidamente no ambiente, causando danos ambientais.

A utilização de fontes de matéria orgânica além de melhorar as características físico-químicas do solo e promover o crescimento e melhoria nutricional das plantas, pode estimular a comunidade microbiana, e seus processos biológicos, por favorecer micro-organismos benéficos. Entre estes, destacam-se as actinobactérias, principalmente as pertencentes ao gênero *Streptomyces*. As actinobactérias compõem um importante grupo de bactérias do solo, conhecidos pela capacidade de colonização do sistema radicular, adaptação a diferentes condições edafoclimáticas e apresentam ampla capacidade de produção de metabólitos secundários, como antibióticos e enzimas extracelulares, que promovem o crescimento vegetal (INBAR et al., 2005).

Durante o processo de decomposição da matéria orgânica, as actinobactérias atuam na degradação de moléculas complexas e recalcitrantes, especialmente celulose, lignocelulose, amido, xilana e lignina, presentes em abundância na biomassa vegetal (MOREIRA & SIQUEIRA, 2002; GETHA et al., 2005; PELÁEZ, 2006). Segundo Hoster et al. (2005), além da atuação na decomposição da matéria orgânica, estes micro-organismos apresentam grande potencial como agentes de controle de fitopatógenos, devido à capacidade de produção de antibióticos, sideróforos, enzimas com ação antimicrobiana e competição com fitopatógenos por substrato (CATTELAN & HARTEL, 2000), constituindo assim uma alternativa viável para uso em sistemas de produção agrícola e economicamente sustentável (COMPANT et al., 2005).

No entanto, trabalhos relacionados à utilização desses micro-organismos juntamente com adubos orgânicos em sistemas agrícolas, ainda são incipientes (CRAWFORD et al., 1993). Nesse sentido, o potencial de actinobactérias no aumento da produção na cultura do inhame necessita ser estudado. Adicionalmente, também será avaliado o uso conjunto de adubos orgânicos e actinobactérias, como alternativa à produção mais sustentável da cultura do inhame no Recôncavo da Bahia. Assim sendo, o objetivo do trabalho foi avaliar o efeito de isolados de actinobactérias e adubos orgânicos, isolados e combinados, na promoção de crescimento e nutrição de plantas de inhame, bem como caracterizar fisiologicamente os isolados de actinobactérias com relação à produção de enzimas extracelulares e solubilização de fosfato de cálcio.

## MATERIAL E MÉTODOS

### **Seleção dos isolados de actinobactérias**

Foram avaliados oito isolados de actinobactérias, codificados como AC 50, AC 92, AC 12, AC 26, AC 30, AC 52, AC 39 e AC 147, provenientes da coleção do Laboratório de Microbiologia e Fitopatologia do Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas da UFRB, e previamente selecionados como potenciais agentes promotores de crescimento em mudas de tomateiro (LIMA, 2003; SOUSA, 2006; PAIXÃO, 2008; DAMASCENO, 2011).

Os isolados de actinobactérias foram cultivados em placas de Petri contendo meio de cultura sólido ágar amido caseína (ACA), as quais foram mantidas em câmara de crescimento tipo B.O.D., à temperatura de 28°C por dez dias. Após este período, 10 discos foram transferidos para meio de cultura líquido ACA e incubados durante 14 dias a  $28 \pm 2^\circ\text{C}$ , sob agitação contínua a 140 rpm, em agitador orbital. Após esse período, as culturas de actinobactérias foram centrifugadas a 10.000 x g por 10 minutos para separar os propágulos e os metabólitos produzidos por estes micro-organismos. O sobrenadante, contendo metabólitos, foi armazenado em tubos de centrifuga em polietileno, com capacidade para 15 mL, com tampa de rosca e mantidos em freezer  $-4^\circ\text{C}$  para os testes futuros.

### **Bioensaio 1: Determinação da produção das enzimas xilanase e celulase pelos isolados de actinobactérias**

A produção das enzimas xilanase e celulase foram determinadas conforme metodologia descrita por Lewis (1988). Os isolados foram multiplicados em meio de cultura sólido mínimo de sais (TUIITE, 1969), suplementado com xilana ou celulose microcristalina como única fonte de carbono, e em seguida, as placas foram incubadas em câmara de crescimento tipo B.O.D. a 28°C durante 15 dias. Após este período, foram adicionados 10 mL da solução vermelho congo 0,5% em cada placa, seguido de incubação destas a temperatura ambiente por 15 minutos. Após este período, foi retirada a solução de vermelho congo, e adicionou-se 10 mL da solução NaCl a 1M em cada placa, sendo estas mantidas a temperatura ambiente por 30 minutos. Esta solução foi coletada das placas, e a

atividade celulolítica e xilanolítica foi detectada pela visualização de um halo alaranjado em torno das colônias crescidas, indicando que houve a hidrólise da xilana e celulose pelos micro-organismos.

### **Bioensaio 2: Determinação da solubilização de fosfato de cálcio pelos isolados de actinobactérias**

A capacidade de solubilização de fosfato de cálcio foi determinada de acordo com a metodologia proposta por Katznelson & Bose (1959). Os isolados de actinobactérias foram cultivados em meio de cultura sólido triptocaseína de soja agar (10%) acrescido de  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$  e em seguida, as placas foram incubadas em câmara de crescimento tipo B.O.D. por 7 dias. Após este período, a solubilização de fosfato foi detectada pela formação de uma zona de solubilização de aspecto opaco em torno das colônias crescidas dos isolados de actinobactérias.

### **Bioensaio 3: Determinação da produção da enzima amilase**

A produção de amilases foi determinada conforme descrito por Coon et al. (1957). Os isolados de actinobactérias foram multiplicados no meio de cultura sólido ágar amido, constituído de 0,2% de amido solúvel. As culturas foram incubadas em câmara de crescimento tipo B.O.D., a  $28 \pm 2^\circ\text{C}$  por dez dias. Após o crescimento das colônias, foram adicionados 10 mL da solução de lugol nas placas. A produção da enzima amilase foi detectada pela descoloração do meio em torno das colônias, indicando que ocorreu hidrólise do amido.

### **Experimento 1: Avaliação da infestação e incubação do solo com actinobactérias e adubos orgânicos na promoção de crescimento e nutrição de plantas de inhame**

Com base nos resultados obtidos nos bioensaios realizados *in vitro*, foram selecionados três isolados de actinobactérias (AC 26, AC 92 e AC 52) e três adubos orgânicos (guandú, crotalária e gliricídia) para serem avaliados isolados e em combinação quanto ao seu efeito no crescimento e nutrição de plantas de inhame.

O experimento foi instalado em delineamento experimental em blocos inteiramente casualizado, com dez repetições, em esquema fatorial 3 x 3, sendo



três isolados de actinobactérias e três adubos orgânicos. O tratamento controle foi constituído por solo sem infestação com actinobactérias ou adição de adubos orgânicos incubado pelo mesmo período, nas mesmas condições de umidade e temperatura dos demais tratamentos

As plantas foram cultivadas em vasos contendo 3 kg de uma mistura de solo e areia na proporção 1:1 (v:v), previamente esterilizados por autoclavagem, a 120°C, durante 1 hora, por três vezes, em dias consecutivos. Amostra do solo foi coletada para caracterização química e o resultado é apresentado na Tabela 1 (EMBRAPA, 1999).

Para obtenção da biomassa seca, as leguminosas crotalária e guandu foram cultivadas no campo experimental da UFRB. No momento em que começaram a florescer, foram obtidas as partes aéreas, através do corte. A biomassa fresca da parte aérea de gliricidia foi obtida através de cortes manuais. No processo de secagem, os materiais vegetais foram acondicionados em estufa de aeração forçada a 65°C, até obter massa constante. A biomassa seca foi triturada em moinho elétrico.

Tabela 1. Caracterização química do solo utilizado no experimento.

Característica	pH	SB	CTC	K	Ca	Mg	V	MO <sup>1</sup>	P
	(em água)	cmol/dm <sup>3</sup>				%	g/ kg	mg/dm <sup>3</sup>	
Valor	5,1	2,23	5,09	0,08	1,3	0,8	44	4,86	10

1-Matéria orgânica

Para produção de inóculo, os isolados de actinobactérias, que estavam sendo preservados em glicerol 20% a temperatura de -18°C, foram repicados para placas de Petri contendo meio de cultura ACA e incubados por um período de 10 a 12 dias, em câmara de crescimento tipo B.O.D., a temperatura 28 ± 2°C. Após este período, 10 discos da cultura das actinobactérias foram transferidos para frascos de Erlenmeyer contendo 50g de arroz esterilizado, que em seguida foram incubados a 28 ± 2°C por 14 dias (SOARES et al., 2007).

Foi determinado o número de unidades formadoras de colônias (UFC) das actinobactérias no arroz colonizado, conforme metodologia de diluição seriada, proposta por Pramer & Schmidt (1964), seguido de plaqueamento em meio de cultura ACA, e incubação das placas a 28 ± 2°C por 3 dias. O substrato foi

infestado com a suspensão de actinobactérias na proporção de 20g de arroz colonizado para 16L de substrato, fazendo-se o ajuste das UFC/ g arroz colonizado, adotando-se como padrão o isolado AC 92 que apresentou  $3,22 \times 10^7$  UFC/g arroz colonizado.

Foram separados 20 g de arroz colonizado em sacos plásticos, adicionados 100 mL de água destilada esterilizada, que em seguida foi agitado para permitir o desprendimento dos propágulos (esporos e micélio) das actinobactérias do arroz. Sacos plásticos contendo o 16L da mistura de solo e areia esterilizados (proporção 1:1), foram irrigados com a suspensão contendo propágulos das actinobactérias, e em seguida, realizada homogeneização manual, para distribuição uniforme do inoculo.

O solo infestado com os isolados de actinobactérias foi incubado por um período de 40 dias a temperatura ambiente, mantendo-se a umidade constante, com adição de água esterilizada. Em alguns tratamentos, foi realizada a incorporação dos adubos orgânicos ao solo na proporção de 20 toneladas de adubo por hectare, isolados ou em combinação com as actinobactérias, e em seguida foi realizada a incubação por 40 dias. Posteriormente, foi realizada a semeadura do inhame, colocando-se um rizóforo-semente de  $\pm 150$  g, em sacos de polietileno com capacidade para 3 kg de solo.

As plantas de inhame foram coletadas aos 120 dias após o plantio dos rizóforos-sementes, onde separou-se a parte aérea e as raízes das plantas, sendo estas lavadas em água corrente e em seguida, colocadas para secar em estufa com ventilação forçada a  $65^{\circ}\text{C}$ , até atingir massa constante. Após a secagem em estufa, determinou-se a biomassa seca da parte aérea e das raízes. Em seguida, a parte aérea das plantas foi moída e submetida a digestão com ácido sulfúrico e peróxido de hidrogênio (THOMAS et al., 1967), para quantificação dos teores de N, P e K nos extratos (EMBRAPA, 1999) Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e a comparação de médias foi realizada pelo teste de Scott & Knott a 5% de probabilidade, utilizando-se o programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2000).

Nos tratamentos em que foi realizada a infestação e incubação do solo com as actinobactérias, foi determinada a densidade populacional destes micro-organismos por meio da técnica da diluição seriada, após os 40 dias de incubação do solo e após coleta das plantas de inhame. Amostras de solo foram coletadas, e

submetidas ao pré-tratamento térmico, onde foram acondicionadas em estufa à temperatura de 60°C por 4 horas, com o objetivo de reduzir a população de bactérias. Após este procedimento, 10 g do solo foram transferidos para frascos de Erlenmeyer contendo 90 mL de solução salina (NaCl a 0,85%) esterilizada e, em seguida a suspensão foi agitada por 20 minutos em agitador orbital. Foram realizadas diluições decimais em série (1:10), em tubos de ensaio contendo 9 mL de solução salina (NaCl a 0,85%) esterilizada, obtendo-se diluições de  $10^{-1}$  a  $10^{-4}$ . Foi realizado o plaqueamento de 100 µl das diluições  $10^{-2}$  a  $10^{-4}$  em meio de cultura ACA sólido, com três repetições para cada diluição, sendo o inóculo espalhado com auxílio de uma alça de Drigalski esterilizada por flambagem. Foi adicionado ao meio de cultura 10 mg/L de ciclohexamida na concentração de 100 µg/mL para inibir o crescimento de fungos. Após semeadura, as placas foram incubadas por 7 dias a  $28 \pm 2^\circ\text{C}$  em câmara de crescimento tipo B.O.D.

A densidade populacional de actinobactérias foi estimada com base na seguinte fórmula:  $\text{UFC} \cdot \text{g}^{-1} \text{ solo úmido} = N \times F \times Y$ , sendo: N= média do número de colônias das três repetições; F= 10 (fator de correção do plaqueamento de 100 µL de suspensão por placa para 1 mL de suspensão); Y= fator de diluição da amostra.

Para a análise estatística, os dados foram transformados em  $\log(x + 1)$ , em que x corresponde ao número de UFC. Os dados foram analisados pelo programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2000), sendo realizada a análise de variância e, em seguida, a comparação das médias pelo teste de Scott & Knott a 5% de probabilidade.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### **Produção de enzimas e capacidade de solubilização de fosfato de cálcio pelos isolados de actinobactérias**

Na Tabela 2, é apresentada a caracterização fisiológica dos isolados de actinobactérias. Dos oito isolados de actinobactérias avaliados, três são produtores da enzima quitinase (AC 26, AC 39 e AC 147). A enzima hidrolítica quitinase é produzida por muitos organismos, entre eles as actinobactérias, e esta possui a capacidade de hidrolisar a quitina em oligômeros de N-acetilglicosamina,

que assim podem ser absorvidos e metabolizados (PARK et al., 2002; MOREIRA & SIQUEIRA, 2002; DAMASCENO, 2011).

A produção de quitinase é um mecanismo utilizado por alguns micro-organismos no biocontrole de fitopatogenos. A quitina é o principal constituinte dos esqueletos de artrópodes, crustáceos e parede celular de fungos, além de ser constituinte também dos ovos e da cutícula do corpo dos nematoides, atuando nesses micro-organismos como componentes estruturais de suporte celular e de superfície do corpo (MERZENDORFER & ZIMOCH, 2003).

Com exceção dos isolados AC 30 e AC 50, os demais isolados testados são produtores das enzimas celulase (Figura 1A) e xilanase (Figura 1B). A xilana é o segundo maior polissacarídeo constituinte do complexo hemicelulósico das plantas. Sua estrutura básica consiste de uma cadeia principal linear constituída de moléculas de xilopiranosil unidas por ligações  $\beta$  -1,4 glicosídicas, das quais constituem cerca de 25% da biomassa total das plantas (GEORIS et al., 2000; HALTRICH, 1996). A produção da enzima xilanase pelos isolados de actinobactérias indica a atuação destes micro-organismos no processo de decomposição de compostos orgânicos, resultando na disponibilização de nutrientes que favorecem a melhoria do estado nutricional e o crescimento das plantas.

Murashima et al. (2002) descreve a celulose como sendo um dos componentes mais abundantes da biomassa vegetal, composto de moléculas de glicose unidas por ligações glicosídicas  $\beta$  -1,4 formando cadeias lineares, longas e rígidas, que pode ser degradada por uma série de micro-organismos através da ação da enzima celulase (LYND et al., 2002). Os micro-organismos celulolíticos ao atacarem a celulose, clivam sua molécula de alto peso molecular, desdobrando-a com celobiose (um dissacarídeo com glicose ligada à glicose) e glicose livre, pela ação da celulase ( $\beta$  1,4 glucosidase). Micro-organismos aeróbios oxidam a glicose via cadeia transportadora de elétrons CTA, enquanto os anaeróbios fermentadores produzem, a partir da glicose, acetato, propionato, butirato,  $H_2$  e  $CO_2$ , como principais produtos (MOREIRA & SIQUEIRA, 2002).

Os micro-organismos com capacidade de degradação da celulose podem ter um importante papel na decomposição da matéria orgânica do solo (SOUSA, 2006; DAMASCENO, 2011). Micro-organismos celulolíticos podem também atuar

como agentes de biocontrole de fitopatógenos que possuam celulose como constituinte de sua parede celular (BERG et al., 2000).

Tabela 2. Produção de enzimas extracelulares e capacidade de solubilização de fosfato de cálcio pelos isolados de actinobactérias.

Isolados	Enzimas extracelulares					Solubilização de fosfato de cálcio
	Quitinase	Celulase	Xilanase	Amilase	Lipase	
AC 92	-	+	+	+	-	+
AC 50	-	+	-	+	+	+
AC 12	-	+	+	+	-	-
AC 30	-	-	+	+	+	-
AC 26	+	+	+	+	+	-
AC 39	+	+	+	-	+	-
AC 52	-	+	+	-	+	-
AC 147	+	+	+	+	+	-

Positivo (+); negativa (-)

Somente os isolados AC 39 e AC 52 não demonstraram serem produtores da enzima amilase (Figura 1C). O amido é constituído de dois polímeros de glicose, a amilose e a amilopectina, sendo o mais importante composto orgânico de reserva das plantas. Entre os poucos micro-organismos com capacidade de degradar o amido, encontram-se as actinobactérias, produzindo ácidos orgânicos, CO<sub>2</sub> e dextrinas durante a decomposição (MOREIRA & SIQUEIRA, 2002).

Todos os isolados são produtores da enzima lipase, com exceção de AC 92 e AC 12. As lipases são amplamente distribuídas na natureza, e constituem um importante grupo de enzimas que estão associadas ao metabolismo de lipídeos e de liberação de fósforo no solo, sendo encontradas em animais, vegetais e micro-organismos. Essas enzimas catalisam a hidrólise do triacilglicerol a diacilglicerol, monoacilglicerol, glicerol e ácidos graxos livres (CARVALHO et al., 2003). A produção de lipase é um dos mecanismos utilizados por alguns micro-organismos no biocontrole de fitopatógenos, principalmente nematoides, uma vez que a cutícula que envolve o corpo destes organismos. Sousa et al. (2006), verificaram que isolados com alto potencial de biocontrole do nematoide das

galhas *Meloidogyne incognita*, em mudas de tomateiro, foram produtores das enzimas lipase e quitinase.

Apenas os isolados AC 92 e AC 50 apresentaram capacidade de solubilização de fosfato de cálcio (Figura 1D). A solubilização de fosfato pode ser um indicativo do potencial de micro-organismos atuarem como promotores de crescimento de plantas, uma vez que este processo possibilita maior eficiência na utilização de fosfatos naturais. É interessante ressaltar que as bactérias apresentaram resultados negativos nos testes *in vitro* com relação à solubilização de fosfatos de cálcio. De acordo com Arduim (2006), os micro-organismos são capazes de solubilizar diferentes formas de fosfato.

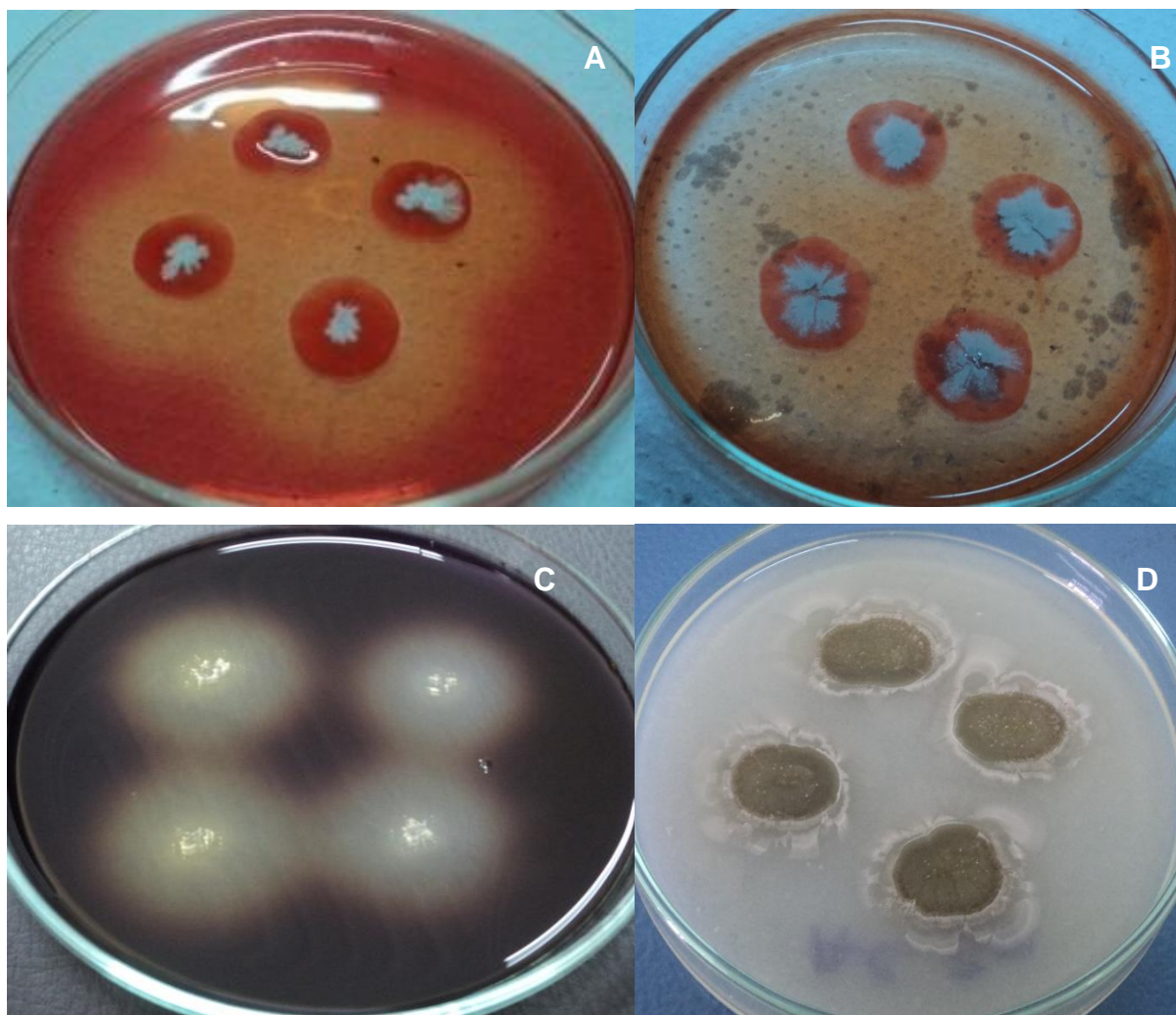


Figura 1. Produção de enzimas extracelulares pelos isolados de actinobactérias. celulase AC 26 (A); xilanase AC 39 (B); amilase AC 50 (C); solubilização de fosfato de cálcio AC 50 (D).

Jain & Jain (2007) relatam que dentre os micro-organismos solubilizadores de fosfato inorgânico e mineralizadores de fosfato orgânico, destacam-se as actinobactérias, uma vez que possuem a capacidade de produzir uma diversidade de compostos bioativos, dentre eles ácidos orgânicos que podem proporcionar efeitos benéficos ao crescimento de plantas.

A produção dessas enzimas *in vitro* por isolados de actinobactérias tem sido relatada por diversos autores (OLIVEIRA, 2003; SOARES et al., 2006; SOUSA, 2006; SOUSA et al., 2006; SOUSA et al., 2009a; SOUSA et al., 2009b; SOARES et al., 2010; VENKATACHALAM et al., 2010; DAMASCENO, 2011), sendo relacionadas à promoção de crescimento e ao controle de fitopatógenos.

### **Efeito da infestação e incubação do substrato com actinobactérias e adubos orgânicos no crescimento e nutrição de plantas de inhame**

A quantificação dos isolados de actinobactérias aos 40 dias após a infestação e incubação do solo, demonstrou que o isolado AC 92 apresentou maior capacidade de se multiplicar, e por esta razão, foi registrada maior densidade populacional deste isolado ( $3,1 \times 10^6$ ) em comparação aos isolados AC 52 e AC 26 ( $2,4 \times 10^6$  e  $2,1 \times 10^6$ , respectivamente) (Tabela 3). Os resultados demonstraram que não houve efeito significativo da incorporação dos resíduos orgânicos na multiplicação dos isolados AC 92 e AC 52, contudo, a adição de gliricídia promoveu aumento de 154,2% na densidade populacional do isolado AC 26, em comparação ao tratamento onde houve somente a infestação do solo com este isolado sem adição de adubos orgânicos.

Após coleta das plantas de inhame, foi registrada maior densidade populacional do isolado AC 52, no tratamento em que houve a incorporação de crotalária, sugerindo que estes micro-organismos possuem a capacidade de utilizar compostos orgânicos derivados da decomposição deste material como substrato na ausência de exsudados radiculares das plantas.

A caracterização química do solo após cultivo das plantas de inhame por 120 dias demonstrou que a incorporação dos adubos orgânicos e infestação com isolados de actinobactérias isolados ou em combinação, promoveu aumento no teor de nutrientes no solo (Tabela 4), o que se reflete em melhoria nutricional das plantas.

Tabela 3. Densidade populacional de actinobactérias aos 40 dias após infestação e incubação do solo e após a coleta das plantas de inhame.

Isolados	Adubos orgânicos			
	Sem adubos orgânicos	Gliricidia	Guandu	Crotalária
<b>Aos 40 dias de incubação</b>				
Sem actinobactérias	-	4,0X10 <sup>6</sup> Ba	3,1X10 <sup>6</sup> Aa	3,4X10 <sup>6</sup> Aa
AC 92	3,1X10 <sup>6</sup> Aa	2,0X10 <sup>6</sup> Cb	7,8X10 <sup>5</sup> Bc	1,8X10 <sup>6</sup> Bb
AC 52	2,1X10 <sup>6</sup> Aa	6,0X10 <sup>5</sup> Db	4,1X10 <sup>5</sup> Bb	2,8X10 <sup>6</sup> Ba
AC 26	2,4X10 <sup>6</sup> Ac	6,1X10 <sup>6</sup> Aa	3,9X10 <sup>6</sup> Ab	3,2X10 <sup>6</sup> Bb
<b>Após a coleta das plantas de inhame</b>				
Sem actinobactérias	-	1,7X10 <sup>4</sup> Bb	1,1X10 <sup>4</sup> Ab	1,7X10 <sup>5</sup> Aa
AC 92	2,5X10 <sup>5</sup> Aa	1,1X10 <sup>4</sup> Bb	1,0X10 <sup>5</sup> Aa	1,2X10 <sup>5</sup> Aa
AC 52	1,3X10 <sup>5</sup> Bb	1,5X10 <sup>5</sup> Ab	7,8X10 <sup>4</sup> Ab	2,2X10 <sup>5</sup> Aa
AC 26	2,4X10 <sup>5</sup> Aa	1,2X10 <sup>5</sup> Ab	5,6X10 <sup>4</sup> Ac	1,9X10 <sup>5</sup> Aa

Médias seguidas de letras maiúsculas iguais na coluna e minúsculas iguais na linha, não diferem entre si pelo teste de Scott & Knott a 5% de probabilidade.

A adubação orgânica constitui-se em uma alternativa viável para a melhoria dos sistemas de produção agrícola, em termos de produtividade das culturas e qualidade do solo, uma vez que estes materiais, em especial as leguminosas, são produtores de grande quantidade de biomassa e possuem sistema radicular profundo, possibilitando a exploração das diversas camadas do solo. Além disso, dentre os micro-organismos presentes no solo, as actinobactérias são os principais responsáveis pela mineralização da matéria orgânica (KIEHL, 2004), em virtude da produção de compostos bioativos e enzimas (MALHERBE & CLOETE, 2002) que atuam na decomposição de macromoléculas orgânicas recalcitrantes tais como celulose, hemicelulose e lignina (KNAUF & MONIRUZZAMAN, 2004; REDDY & YANG, 2005).

Não foram observadas interações significativas ( $P \leq 0,05$ ) entre os isolados de actinobactérias e adubos orgânicos para os parâmetros vegetativos avaliados. No entanto, esses tratamentos proporcionaram diferenças significativas quando testados isolados (Tabelas 5 e 6).



Tabela 4. Caracterização química do solo após cultivo de plantas de inhame por 120 dias.

Isolado	Adubo orgânico	pH	P	K	Ca	Mg	Na	H+Al	SB	CTC	V	MO
		em água	mg/dm <sup>3</sup>	cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>					%	g/kg		
SA <sup>1</sup>	SR <sup>2</sup>	6,8	11	0,05	0,90	0,5	0,22	0,55	1,74	2,29	62	4,29
AC 26	Gliricidia	6,5	25	0,31	1,50	1,0	0,15	0,33	2,93	3,26	90	5,62
AC 26	Crotalária	7,0	27	0,31	1,30	0,9	0,14	0,22	2,64	3,64	100	5,72
AC 26	Guandu	6,6	22	0,27	1,50	0,9	0,15	0,77	2,82	3,59	83	6,52
AC 26	SR	6,3	17	0,11	1,30	0,7	0,17	1,10	1,83	2,93	83	3,62
AC 52	Gliricidia	6,3	41	0,26	1,50	1,0	0,10	0,44	2,66	3,54	86	7,35
AC 52	Crotalária	6,5	37	0,38	1,60	1,0	0,15	0,44	3,23	3,67	88	9,0
AC 52	Guandu	6,9	38	0,25	1,70	1,0	0,11	0,66	2,92	3,58	82	8,59
AC 52	SR	6,8	29	0,11	1,30	0,6	0,21	0,88	1,76	3,20	75	3,62
AC 92	Gliricidia	6,8	30	0,27	1,70	0,8	0,16	0,55	2,83	2,98	84	5,93
AC 92	Crotalária	6,8	27	0,23	1,50	0,9	0,17	0,44	2,60	3,04	100	5,52
AC 92	Guandu	6,8	23	0,20	1,80	1,0	0,19	0,44	2,68	3,12	86	6,21
AC 92	SR	7,0	17	0,18	1,30	0,7	0,15	0,47	2,43	2,33	70	3,38
SA	Gliricidia	6,9	23	0,26	1,50	0,9	0,16	0,55	2,54	2,39	82	4,95
SA	Crotalária	7,2	19	0,16	1,20	0,9	0,17	0,45	2,35	2,35	86	4,98
SA	Guandu	6,8	28	0,15	1,30	0,8	0,20	0,66	2,20	2,86	79	6,11

<sup>1</sup> Sem inoculação de actinobactérias no solo. <sup>2</sup> Sem adição de adubos orgânicos no solo.

Foram obtidos incrementos na produção de biomassa seca das raízes e da parte aérea e biomassa fresca das raízes e dos rizóforos de inhame ( $P \leq 0,05$ ) produzidos no solo infestado e incubado com os isolados de actinobactérias. Plantas cultivadas em solo infestado e incubado com o isolado AC 92 apresentaram incremento de 66% na produção de biomassa seca das raízes. O isolado AC 52 proporcionou incremento de 162 % na produção de biomassa fresca dos rizóforos de inhame, enquanto o isolado AC 26 proporcionou incrementos de 170,7% e 120,2% na produção de biomassa seca na parte aérea e raízes das plantas, respectivamente, quando comparadas ao tratamento testemunha (sem actinobactérias) (Tabela 5).

Tabela 5. Médias de massa seca da parte aérea (MSPA) e de raízes (MSR) e massa fresca de raízes (MFR) e de rizóforos (MFI) de inhame cultivadas por 120 dias em solo inoculado e incubado com isolados de actinobactérias.

<b>Isolados</b>	<b>MSPA g</b>	<b>INC<sup>2</sup> (%)</b>	<b>MSR g</b>	<b>INC (%)</b>	<b>MFR g</b>	<b>INC (%)</b>	<b>MFI g</b>	<b>INC (%)</b>
Sem actinobactérias	4,82 b	-	5,36 c	-	5,04 c	-	9,05 c	-
AC 26	13,05 a	170,7	6,08 b	13,4	11,1 a	120,2	16,27 b	79,7
AC 52	11,15 a	131,3	7,73 b	44,2	9,23 a	83,1	23,79 a	162,8
AC 92	9,50 a	97,09	8,9 a	66,0	7,2 b	42,8	23,33 a	157,7
<b>CV (%)</b>	10,21	-	9,41	-	7,22	-	11,08	-

Médias seguidas de letras minúsculas iguais na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott & Knott a 5% de probabilidade. <sup>1</sup> Sem inoculação de actinobactérias no solo. <sup>2</sup> Incremento em relação às testemunhas.

Os resultados obtidos no estudo demonstram que, possivelmente, o período de incubação do solo, proporcionou tempo hábil para que as actinobactérias, que possuem elevada capacidade de degradação de moléculas complexas, através da produção de enzimas extracelulares como celulase, xilanase, amilase e lipase, pudessem atuar na decomposição das substâncias orgânicas, promovendo a mineralização da matéria orgânica presente no solo. Assim sendo, houve a liberação de nutrientes, que, após a germinação dos rizóforos sementes, estavam prontamente disponíveis para serem absorvidos pelas raízes, favorecendo o crescimento das plantas, como pode ser constatado pelo maior peso dos rizóforos cultivados no solo inoculado e incubado com isolados de actinobactérias, em comparação ao tratamento testemunha.

Estudos anteriores realizados avaliando o efeito da infestação e incubação do solo com isolados de actinobactérias na cultura do tomate (LIMA, 2003, SOUSA et al., 2009a; SOARES et al., 2010; DAMASCENO, 2011) e em outras culturas a exemplo do eucalipto (MAFIA et al., 2005), cacau (BARRETO, 2007), girassol e pinhão manso (BRITO, 2010) também demonstraram que estes micro-organismos proporcionaram incremento significativos no crescimento destas culturas.

A incorporação de resíduos de gliricidia, crotalária e guandu isoladamente no solo, proporcionaram incrementos ( $P \leq 0,05$ ) na produção de biomassa seca da parte aérea e biomassa fresca das raízes da plantas de inhame, em comparação ao tratamento controle. No entanto, os adubos não diferiram estatisticamente entre si ao nível de 5% de probabilidade (Tabela 6).

A matéria orgânica tem marcante influência em quase todas as características e propriedades do solo, atuando na sua fertilidade e na produtividade das culturas (KIEHL, 2008).

Tabela 6. Médias de massa seca da parte aérea (MSPA) e de massa fresca de raízes (MFR) de plantas de inhame cultivadas por 120 dias em solo com adição de adubos orgânicos.

<b>Adubos orgânicos</b>	<b>MSPA (g)</b>	<b>INC (%)<sup>1</sup></b>	<b>MFR (g)</b>	<b>INC (%)</b>
Sem adição de resíduos orgânicos	7,30 b	-	5,13 b	-
Gliricidia	10,88 a	49,0	9,11 a	77,5
Crotalária	9,26 a	26,8	8,69 a	69,3
Guandu	10,91 a	49,4	9,47 a	84,6
<b>CV (%)</b>	10,21	-	7,22	-

Médias seguidas de letras minúsculas iguais na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott & Knott a 5% de probabilidade.<sup>1</sup>Incremento em relação à testemunha.

Segundo Garrido (2005), no Nordeste Brasileiro, feijão guandu (*Cajanus cajan* L. Millsp) e crotalária (*Crotalaria juncea* e *Crotalaria spectabilis*), têm sido as leguminosas mais indicadas para a adubação orgânica na cultura do inhame por apresentarem alta produtividade de fitomassa, precocidade fenológica e não favorecerem a incidência de pragas e doenças. O mesmo autor, realizando trabalhos com adubação orgânica na cultura do inhame em campo, observou maior fornecimento de nutrientes à cultura, quando houve o plantio de crotalária, isolada ou combinada com guandu, entre linhas de plantio, obtendo incremento de 45,18% na produtividade dos rizóforos de inhame

Gama (2011) avaliando o efeito da adubação orgânica no cultivo de erva cidreira (*Lippia alba* (Mill) N.E.Br.), observou que as plantas que receberam adubação a base de crotalária, capim elefante e gliricídia apresentaram maior

crescimento em comparação às plantas do tratamento testemunha (sem adubação orgânica).

A aplicação em combinação ou isoladamente dos isolados de actinobactérias e adubos orgânicos, promoveu acúmulo significativo nos teores de P e K na parte aérea das plantas de inhame (Tabela 7). Nos tratamentos em que houve somente a incorporação dos adubos orgânicos, sem a infestação do solo com os isolados de actinobactérias, verifica-se que a aplicação de guandu e da crotalaria no solo, promoveu incrementos de 65% e 50,2% no acúmulo de P pelas plantas de inhame, enquanto que para o teor de K, diferenças significativas não foram observadas.

Quando analisados os tratamentos onde somente foi realizada a infestação e incubação do solo com os isolados de actinobactérias, sem o uso dos adubos orgânicos, é possível observar que plantas de inhame cultivadas em solo infestado com os isolados AC 26 e AC 92 apresentaram maior acúmulo de P (56,4% e 37,5%, respectivamente) em comparação às plantas do tratamento controle (sem actinobactérias), enquanto que para o teor de K, diferenças significativas não foram observadas.

Resultados satisfatórios também podem ser observados nas interações, onde pode-se verificar por exemplo, que plantas de inhame cultivadas em solo infestado e incubado com o isolado AC 92 e adubadas com glicíndia, apresentaram incremento de 103% no acúmulo de fósforo na parte aérea em comparação às plantas do tratamento controle (sem os isolados de actinobactérias e sem os adubos orgânicos). Percebe-se ainda nas plantas que o acúmulo de fósforo foi maior em comparação às plantas em que houve somente a infestação e incubação do solo com o isolado AC 92 (47,9%) e às plantas em que houve somente a incorporação da glicíndia (58,7%). Contudo, não foi observado efeito significativo da interação entre os isolados de actinobactérias e adubos orgânicos sobre o teor de K na parte aérea das plantas de inhame.

Foram verificados que as actinobactérias e os adubos orgânicos promoveram, isoladamente, incrementos significativos no teor de nitrogênio parte aérea das plantas de inhame ( $P \leq 0,05$ ) (Tabela 8 e 9). Plantas de inhame cultivadas em solo infestado e incubado com os isolados AC 26 e AC 92, apresentaram incremento de 33,4% e 34,7%, respectivamente, em comparação às plantas do tratamento testemunha (sem actinobactérias). Não houve diferença

significativa entre as plantas de inhame do tratamento AC 52 e do tratamento sem actinobactérias, em relação ao teor de N na parte aérea (Tabela 8).

Tabela 7. Teor de fósforo e de potássio na parte aérea de plantas de inhame cultivadas por 120 dias em solo inoculado e incubado com isolados de actinobactérias e/ou adição de adubos orgânicos.

<b>P (<math>\mu\text{mol/g ms}</math>)</b>								
<b>Adubos orgânicos</b>	<b>Isolados</b>							
	<b>SA<sup>1</sup></b>	<b>INC (%)<sup>3</sup></b>	<b>AC 26</b>	<b>INC (%)</b>	<b>AC 52</b>	<b>INC (%)</b>	<b>AC 92</b>	<b>INC (%)</b>
SR <sup>2</sup>	35,36 Bb	-	55,32 Ba	56,4	42,08Bb	19,0	48,64 Ba	37,5
Gliricidia	45,35 Bb	28,2	65,76 Aa	85,9	48,56 Bb	37,3	71,97 Aa	103,5
Guandu	58,35 Aa	65,0	63,75 Aa	80,2	63,43 Aa	51,1	65,73 Aa	85,8
Crotalaria	53,14 Ab	50,2	61,20 Aa	73,0	62,02 Aa	75,3	60,92 Aa	72,2
CV (%):	14,0							
<b>K (<math>\mu\text{mol/g ms}</math>)</b>								
SR	507,74 Aa	-	691,89 Aa	36,2	569,65 Ca	12,1	596,60 Aa	17,5
Gliricidia	771,38 Aa	57,4	827,05 Aa	62,8	910,39 Ba	79,3	799,58 Aa	51,9
Guandu	596,57 Ab	51,4	882,56 Aa	73,8	648,08 Cb	27,6	769,01 Aa	17,4
Crotalaria	635,86 Ac	28,5	896,29 Ab	76,5	1233,42 Aa	42,9	652,45 Ac	25,2
CV (%):	14,25							

Letras maiúsculas comparam na coluna o efeito de cada isolado de actinobactérias entre os diferentes adubos orgânicos. Letras minúsculas comparam na linha o efeito de cada um dos adubos orgânicos em combinação com os diferentes isolados de actinobactérias a 5% de probabilidade pelo teste de Scott & Knott. <sup>1</sup> Sem inoculação de actinobactérias no solo. <sup>2</sup> Sem adição de adubos orgânicos no solo. <sup>3</sup> Incremento em relação à testemunha absoluta (sem actinobactéria e sem adubo orgânico).

Verificou-se um aumento nos teores de N na parte aérea das plantas de inhame variando de 16,3% a 33,9% após cultivo em solo onde houve a incorporação dos adubos orgânicos crotalária, gliricidia e guandu, que não diferiram significativamente entre si (Tabela 9).

Tabela 8. Teor de nitrogênio na parte aérea de plantas de inhame cultivadas por 120 dias em solo inoculado e incubado com isolados de actinobactérias.

<b>Isolados</b>	<b>N (<math>\mu\text{mol/g ms}</math>)</b>	<b>INC (%)<sup>1</sup></b>
Sem actinobactérias	861,45 b	-
AC 26	1149,68 a	33,4
AC 52	897,99 b	4,2
AC 92	1161,16 a	34,7
<b>CV (%):</b>	<b>12,15</b>	

Médias seguidas de letras minúsculas iguais na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott & Knott a 5% de probabilidade. <sup>1</sup> Incremento em relação à testemunha absoluta.

Tabela 9. Teor de nitrogênio na parte aérea de plantas de inhame cultivadas por 120 dias em solo com incorporação de adubos orgânicos.

<b>Adubos orgânicos</b>	<b>N (<math>\mu\text{mol/g ms}</math>)</b>	<b>INC (%)<sup>1</sup></b>
Sem adubos orgânicos	876,66 b	-
Crotalária	1020,17 a	16,3
Guandu	1066,61 a	21,6
Gliricidia	1174,44 a	33,9
<b>CV (%):</b>	<b>12,15</b>	

Médias seguidas de letras minúsculas iguais na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott & Knott a 5% de probabilidade. <sup>1</sup> Incremento em relação à testemunha absoluta.

Possivelmente, o período de incubação do solo com os isolados de actinobactérias proporcionou tempo hábil para que estes micro-organismos, que possuem elevada capacidade de degradação de moléculas complexas, pudessem atuar na decomposição das substâncias orgânicas, promovendo a mineralização da matéria orgânica presente no solo e/ou da proveniente dos adubos orgânicos (nos tratamentos em que além da infestação com os isolados de actinobactérias houve a incorporação destes materiais no solo).

Os adubos orgânicos utilizados foram provenientes da biomassa vegetal de leguminosas, e, portanto, constitui-se em um material rico em nutrientes. Mesmo quando aplicados isoladamente promoveram a disponibilização de nutrientes para o solo para serem absorvidos pelas raízes, promovendo o crescimento e melhoria do estado nutricional das plantas de inhame. Esta hipótese é reforçada quando

são analisados os dados apresentados na Tabela 4, onde é possível observar que independentemente de terem sido aplicados isolados ou em combinação, os isolados de actinobactérias e adubos orgânicos amostras de solo apresentaram maior teor de nutrientes em comparação ao tratamento controle (sem actinobactérias e sem adubos orgânicos).

Damasceno (2011) observou aumentos de 93,3% no teor de N-total, 400% no teor de P e de 281% no teor de K na parte aérea das plantas de tomateiro crescidas nos substratos infestados e incubados com actinobactérias, quando comparados com o tratamento testemunha. Sousa et al. (2009 a) verificaram que mudas de tomateiro cultivadas em substrato incubado com isolados de actinobactérias obtiveram aumentos de 220%, 200% e 242% no acúmulo de N, P e K, respectivamente, comparados à testemunha.

Trabalhos futuros deverão estudar e elucidar os mecanismos de ação destes micro-organismos no solo e na planta, bem como, seu potencial de promoção de crescimento e melhoria nutricional de outras culturas de interesse agrônômico, avaliando, também, a capacidade competitiva, em relação à microbiota nativa, em substrato e solo não esterilizado.

Marchesini et al. (1988) relatam que os incrementos da produtividade proporcionados por adubos orgânicos, embora menos imediatos e marcantes do que os obtidos com adubos minerais, apresentam maior duração, provavelmente, pela liberação gradativa de nutrientes e pelo estímulo do crescimento radicular. Os mesmos autores concluíram, ainda, que o uso de adubos orgânicos não só supre as plantas com quantidades adequadas de nutrientes, mas contribui na manutenção da fertilidade natural, o que envolve os ciclos biológicos dos nutrientes nos solos cultivados.

O estudo de promoção de crescimento demonstrou que nas condições experimentais testadas, os isolados de actinobactérias e adubos orgânicos foram capazes de estimular o crescimento e promoveram melhoria do estado nutricional das plantas de inhame, bem como aumentar o pH do solo.

Apesar de atuarem em diversos processos no solo e apresentarem bom potencial para serem explorados na agricultura, principalmente, em sistemas de produção orgânica, estes micro-organismos ainda são pouco estudados (CRAWFORD et al., 1993). O potencial destes microrganismos na produção de decomposição de adubos orgânicos precisa ser estudado para ser explorado de

forma adequada nos sistemas de produção agroecológicos, que são menos impactantes ao ambiente.

## CONCLUSÕES

1. A produção de enzimas extracelulares e a capacidade de solubilização de fosfato de cálcio varia de acordo com o isolado de actinobactéria;
2. Os isolados de actinobactérias cresceram nos níveis de pH e salinidade testados em meio de cultura;
3. Os adubos orgânicos não exerceram efeito sobre a multiplicação dos isolados de actinobactérias;
4. A infestação com isolados de actinobactérias e incorporação dos adubos isolados ou combinados por 40 dias promoveu aumento no teor de nutrientes no solo;
5. A infestação com isolados de actinobactérias ou incorporação dos adubos isolados promoveu aumento na produção de biomassa pelas plantas de inhame;
6. Quando combinados os isolados de actinobactérias e adubos orgânicos foram mais eficientes em promover aumento no teor de P nas plantas de inhame;
7. Não houve efeito significativo da utilização isolada ou em combinação dos isolados de actinobactérias e adubos orgânicos sobre o teor de K nas plantas de inhame;
8. Os isolados de actinobactérias e adubos orgânicos quando aplicados isoladamente promoveram aumento no teor de N nas plantas de inhame.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANTOUN, H.; PRE ´VOST, D., Ecology of plant growth promoting rhizobacteria. In: Siddiqui, Z.A. (Ed.), PGPR: **Biocontrol and Biofertilization**. Springer, Dordrecht, p.1–38, 2005.

ARDUIM, G. S. **Utilização e caracterização biológica de rizobactérias como biocontroladoras de *Meloidogyne incognita* e promotoras de crescimento em figueira**. 2006, 65f. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia) – Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.



BARRETO, T. R. **Densidade populacional, diversidade genética e atividade de promoção de crescimento de actinomicetos associados à rizosfera de cacaueteiro**. 2007, 56 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Mestrado em Ciências Agrárias, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas.

BERG, G.; KURZE, S.; BUCHNER, A.; WELLINGTON, E. M.; SMALLA, K. Successful strategy for the selection of new strawberry associated rhizobacteria antagonist to *Verticillium wilt*. **Canadian Journal of Microbiology**, v. 46, p. 1-10, 2000.

BRITO, M. A. M. **Streptomicetos promotores de crescimento de plantas de girassol *Helianthus annuus* L. e pinhão manso *Jatropha curcas* L.** 2010, 86 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas.

CARVALHO, P. O.; CAMPOS, P. R. B.; D'ADDIO NOFFS, M.; OLIVEIRA, J. G.; SHIMIZU, M. T.; SILVA, D. M. Aplicação de lipases na obtenção de concentrados de ácidos graxos poliinsaturados. **Química Nova**, v.26, n. 1, p.75- 80, 2003.

CATTELAN, A. J.; HARTEL, P. G. Traits associated with plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR). In: SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO. Tópicos em Ciência do Solo. Viçosa: **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, 2000. p.213-234.

COMPANT, S.; DUFFY, B.; NOWAK, J.; CLEMENT, C.; BARKA, E. A. Use of plant growth-promotion bacteria for biocontrol of plant diseases: principles, mechanisms of action, and future perspectives. **Applied and Environmental Microbiology**, v.71, p.4951-4959, 2005.

COON, H. J.; JENNISON, M. W.; WEEK, O. B. Routine tests for the identification of bacteria. In: **Manual of Microbiological Methods** (ed. Society of American Bacteriologists). New York. McGraw-Hall. p. 239-262.1957.

CRAWFORD, D. L.; POMETTO III, A. L.; CRAWFORD, R. L. Lignin degradation by *Streptomyces viridosporus*: Isolation and characterization of a new polymeric lignin degradation Intermediate. **Applied Environmental Microbiology**, v. 45, n. 3, p. 898-904, Mar. 1993.

DAMASCENO, J. C. A. **Actinobactérias na promoção de crescimento e controle de *Meloidogyne javanica* em mudas de tomateiro**. 2011, 97 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas.

DEGRAS L. The Yam: a Tropical Root Crop. **The Macmillan Press Ltda**, London, UK, 408p. 1993.

EMBRAPA - **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes/** Embrapa Solos, Embrapa Informática Agropecuária. In: SILVA, F. C. (Org.). Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 1999. 370 p.

FERREIRA, D. F. Análises estatísticas por meio do Sisvar para Windows versão 4.0. In: **Reunião Anual da Região Brasileira da Sociedade Internacional de Biometria**, 45, 2000a, São Carlos, Programa e resumos... São Carlos: UFSCar, p.255-258. 2000.

GAMA, E. V. S. **Biomassa, óleo essencial e nutrição de *Lippia alba* (mill) n.e.br. em função da adubação com compostos orgânicos inoculados e sem inoculação de actinomicetos**. 2011, 93 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) - , Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas.

GARRIDO, M. S. **Manejo agroecológico da cultura do inhame: produtividade, qualidade, controle de nematoides e manchas foliares**. 2005, 87 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias), Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas.

GEORIS, J.; GIANNOTTA, F.; DE BUYL, E.; GRANIER, B.; FRÈRE, J. Purification and properties of three endo- $\beta$ -1,4- xylanases produced by *Streptomyces* sp. Strain S38 which differ in their ability to enhance the bleaching of kraft pulps. **Enzyme and Microbia Technology**, v. 26, p.178-186, 2000.

GETHA, K.; VIKINESWARY, S.; WONG, W. H.; SEKI, T.; WARD, A.; GOODFELLOW, M. Evaluation of *Streptomyces* sp. strasin g10 for suppression of Fusarium wilt and rhizosphere colonization in pot-grown banana plantlets. **Journal of Indian Microbiology and Biotechnology**, v.32, p.24-32, 2005.

HALTRICH, D.; NIDETZKY, B.; KULBE, K. D.; STEINER, W.; ZUPANCIC, S. Production of fungal xylanases. **Bioresource Technology**, v. 58, p. 137-161, 1996.

HOSTER, F.; SCHMITZ, J. E.; DANIEL, R. Enrichment of chitinolytic microorganisms: isolation and characterization of chitinase exhibiting antifungal activity against phytopathogenic fungi from a novel *Streptomyces* strain. **Applied Microbiology Biotechnology**, v. 66, n. 04, p. 434-442, 2005.

INBAR, E.; GREEN, S. J.; HADAR, Y.; MINZ, D. Competing factors of compost concentration and proximity to root affect the distribution of streptomicetes. **Microbial Ecology**, v. 50, n. 01, p. 73-81, 2005.

JAIN, P. K.; JAIN, P. C. Isolation, characterization and antifungal activity of *Streptomyces sampsonii* GS1322. **Indian Journal Experimentation Biology**, v.45, p.203-206, 2007.

KATZNELSON, H.; BOSE, B. Metabolic activity and phosphate-dissolving capability of bacterial isolates from wheat roots, rhizosphere, and non-rhizosphere soil. **Canadian Journal of Microbiology**, v.5, p.79-85, 1959.

KIEHL, E. J. **Manual de compostagem: maturação e qualidade do composto**. 4ª Ed. Piracicaba: Editora Degaspari, 2004. 173 p.

KIEHL, E. J. **Adução orgânica: 500 perguntas e 500 respostas**. Piracicaba: Editora Agronômica Ceres, 2008. 227 p.

KNAUF, M.; MONIRUZZAMAN, M. Lignocellulosic biomass processing: a perspective. **International Sugar Journal**, Glamorgan, v. 106, p. 147-150, 2004.

LEWIS, K. J. **Biological control mechanism of the mycoparasite *Phytium oligandum* Dreschler**. Sheffield: University of Sheffield, 1988. 125p. PhD Thesis.

LIMA, J. L. **Seleção de actinobactérias para o controle biológico de *Ralstonia solanacearum* e promoção de crescimento de mudas de tomateiro**. 2003. 82f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) – Universidade Federal da Bahia, Cruz das Almas.

LYND, L. R.; WEIMER, P. J.; VAN ZYL, W. H.; PRETORIUS, Y. I. S. Microbial cellulose utilization: fundamentals and biotechnology. **Microbiology Molecular Biologic Reviews**, v. 66, p. 506-577, 2002.

MAFIA, R. G.; ALFENAS, A. C; FERREIRA, E. M.; ZARPELON, T. G.; SIQUEIRA, L. Crescimento de mudas e produtividade de minijardins clonais de eucalipto tratados com rizobactérias selecionadas. **Revista Árvore**, v.29, n.6, p.843-851, 2005.

MALHERBE, S.; CLOETE, T. E. Lignocellulose biodegradation: Fundamentals and applications. **Rev. Envir. Science BioTech.**, 1: p.105-114, 2002.

MARCHESINI, A. Long-term effects of quality-compost treatment on soil. **Plant and Soil**, v.106, p.253-261, 1988.

MERZENDORFER, H.; ZIMOCH, L. Insect quitin synthases: Review. **Journal Experimentation Biology**, v. 206, p. 4393-4412, 2003.

MESQUITA, A. S. Inhame - *Dioscorea cayennensis* Lam. e taro *Colocasia esculenta* (L.) Schott.- Cenários dos mercados brasileiro e internacional. In:

**Anais. II Simpósio Nacional sobre as Culturas do Inhame e do Taro. II SINCIT**, João Pessoa, Paraíba, p.215-238, 2002.

MOREIRA, F.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e Bioquímica do Solo**. Editora UFLA, 2002. 623 p.

MURASHIMA, K. A.; KOSUGI, Y. R. H.; DOI, R. H. Synergistic effects on crystalline cellulose degradation between cellulosomal cellulases from *Clostridium cellulovorans*. **Journal of Bacteriology**, v.184, p.5088-5095, 2002.

NUNES, L. S.; DUARTE, M. E. M.; MATA, M. E. R. M. C.; ALMEIDA, R. D.; GOUVEIA, D. S. Comportamento reológico de pasta de amido de inhame variedade são tomé. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.12, n.2, p.141-154, 2010.

OLIVEIRA, A. L. M.; URQUIAGA, S.; BALDANI, J. I. **Processos e mecanismos envolvidos na influência de micro-organismos sobre o crescimento vegetal. Seropédica**: Embrapa Agrobiologia, 2003. 40 p. (Embrapa Agrobiologia. Documentos, 161).

PAIXÃO, L. B. V. S. **Actinomicetos promotores de crescimento e agentes de biocontrole do nematoide cavernícula da bananeira *Radopholus similis***. 2008. 68f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) - Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas.

PARK, J. O.; EL-TARABILY, K. A.; GHISALBERTI, E. L.; SIVASITHAMPARAM, K. Pathogenesis of *Streptovorticillium albireticulion Caenorhabditise legans* and its antagonism to soil borne fungal pathogens. **Letters in Applied Microbiology**, v.35, p.361-365, 2002.

PELÁEZ, F. The historical delivery of antibiotics from microbial natural products - Can history repeat? **Biochemical Pharmacology**, v.71, p.981–990, 2006.

PRAMER, D.; SCHMIDT, E. L. **Experimental soil microbiology**. Minnesota: Burgess, 1964. 107 p.

REDDY, N.; YANG, Y. Biofibers from agricultural by products for industrial applications. **Tends in Biotechobology**. v.23, p.22-27, 2005.

SANTOS, E. S. **Inhame (*Dioscorea ssp*): aspectos básicos da cultura**. 13. ed. João Pessoa: EMEPA-PB, Sebrae, 158 p., 1996.

SANTOS, E. S. Manejo sustentável da cultura do inhame (*Dioscorea sp.*) no Nordeste do Brasil. In: **Simpósio nacional sobre as culturas do inhame e do taro**, João Pessoa. Anais... João Pessoa: EMEPA, v. 1, p. 181- 195, 2002.

SEVERINO, L. S.; FERREIRA, G. B.; MORAES, C. R. A.; GONDIM, T. M. S.; CARDOSO, G. D.; VIRIATO, J. R.; BELTRÃO, N. E. M. Produtividade e crescimento da mamoneira em resposta à adubação orgânica e mineral. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, n.5. 2006. p.879-882.

SOARES, A. C. F.; SOUSA, C. S.; GARRIDO, M. S.; LIMA, F. S. Isolados de estreptomicetos no crescimento e nutrição de mudas de tomateiro. **Pesquisa. Agropecuária. Tropical**, v.40, n.4, p.447-453, 2010.

SOARES, A. C. F.; SOUSA, C. S.; GARRIDO, M. S.; PEREZ, J. O.; ALMEIDA, N. S. Soil Streptomyces with *in vitro* activity against the yam pathogens *Curvularia eragrostides* and *Colletotrichum gloeosporioides*. **Brazilian Journal of Microbiology**, v.37, n.04, p. 456-461, 2006.

SOARES, A. C. F.; SOUSA, C. S.; GARRIDO, M. S.; PEREZ, J. O. Production of Streptomycece inoculum in sterilized rice. **Sciencia Agrícola**, v.64, n.6, p.641-644, 2007.

SOUSA, C. S. **Estreptomicetos promotores de crescimento e agentes de biocontrole da meloidoginose no tomateiro**. 2006. 113f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) – Universidade Federal da Bahia, Cruz das Almas - BA.

SOUSA, C. S.; SOARES, A. C. F.; GARRIDO, M. da S.; ALMEIDA, G. M. Actinobactérias no controle da meloidoginose em mudas de tomateiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, n.12, p.1759-1766, 2006.

SOUSA, C. S.; SOARES, A. C. F.; GARRIDO, M. S. Produção de mudas de tomateiro em substrato orgânico inoculado e incubado com estreptomicetos. **Bragantia**, v.68, n.1, p. 195-203, 2009a.

SOUSA, C. S.; SOARES, A. C. F.; GARRIDO, M. S.; LIMA, F. S. Estreptomicetos no controle de *Scutellonema bradys* em túberas de inhame. **Revista Ciência Agronômica**, v.40, n.4, p.486-491, 2009b.

THOMAS, R. L.; SHEARRD, R. W.; MOYER, J. R. Comparasion of conventional and automated procedures for N, P and K analysis of plant material using a single digestion. **Agronomy Journal**, v.59: p.240-243, 1967.

TUITE, J. **Plant pathological methods: fungi and bacteria**. Minneapolis: Burgess 1969. 239 p.

VENKATACHALAM, P.; RONALD, J.; SAMBATH, K. Effect of soil streptomyces on seed germination. **International Journal of Pharma and Bio Sciences**, v.1, p. 141-155, 2010.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A cultura do inhame tem importante papel econômico e social no país. Contudo, doenças causadas por fitonematoídes, principalmente a casca preta do inhame, causada pelo nematoíde *Scutellonema bradys*, representa grande preocupação aos produtores de inhame, uma vez que resulta em perda do valor comercial dos rizóforos. e pelas dificuldades no controle.

Alternativas que promovam o desenvolvimento e a aplicação de tecnologias, em complementação às atuais, contribuirão para a melhoria da produtividade e qualidade da cultura.

As actinobactérias são conhecidas pela capacidade de produzir metabólitos secundários, como antibióticos e enzimas extracelulares, que atuam na degradação de moléculas complexas, desempenhando importante papel nos processos de compostagem, bem como, no crescimento, nutrição e no controle de fitopatógenos em culturas de interesse econômico.

A adubação orgânica é uma alternativa viável para melhoria da fertilidade dos solos, resultando em maior disponibilização de nutrientes para as plantas, principalmente, nitrogênio, fósforo e potássio, enxofre e micronutrientes, substituindo o uso inadequado e indiscriminado dos fertilizantes químicos. Neste sentido, este estudo foi realizado em laboratório e em casa de vegetação, com o objetivo de avaliar o efeito da adubação orgânica e isolados de actinobactérias no crescimento, nutrição e controle de *S. bradys* na cultura do inhame

A caracterização enzimática indicou que os isolados de actinobactérias avaliados apresentam características potenciais como agentes de promoção de crescimento e controle de fitopatógenos. A produção de enzimas extracelulares e solubilização de fosfato de cálcio pelos isolados de actinobactérias *in vitro* não é indicativo de que estas atividades fisiológicas ocorram *in vivo* (Capítulos 1 e 2).

Metabólitos produzidos pelos isolados de actinobactérias e extratos obtidos de adubos orgânicos demonstraram ter potencial para o controle de *S. bradys*. Estes resultados foram observados tanto nos testes *in vitro* quanto em plantas cultivadas solo infestado e incubado com isolados de actinobactérias ou incorporados com adubos orgânicos

É possível que os isolados tenham atuado através de diversos mecanismos no controle do nematoíde *S. bradys* nos teste *in vitro* e reduzindo a infectividade



em plantas de inhame, como produção metabólitos secundários ou de enzimas, a exemplo da lipase e quitinase que atuam degradando a cutícula do nematóide, favorecendo o parasitismo pelas actinobactérias, dentre outros. Substâncias com efeito nematicida também podem ter sido liberadas durante o processo de decomposição dos adubos orgânicos.

Trabalhos futuros deverão ser conduzidos para identificação das actinobactérias ao nível de espécie e das substâncias envolvidas no patossistema actinobactérias x *S. bradys*, bem como, a identificação de substâncias resultante da decomposição de adubos orgânicos com efeito nematicida.

Todos os isolados cresceram nos diferentes níveis de pH e de salinidade avaliados (Capítulo 2). A capacidade de crescimento em meio de cultura com níveis de pH e salinidade elevados possibilita a adaptação desses em solos ácidos e salinos, o que pode favorecer o estabelecimento de espécies vegetais em condições ambientais adversas.

Tanto os isolados de actinobactérias quanto os adubos orgânicos promoveram efeito significativo na produção de biomassa e nos teores de N, P e K nas plantas de inhame, em algumas situações quando aplicados isolados e em outras quando aplicados em combinação. Este efeito é resultado da maior disponibilização de nutrientes no solo, observada na caracterização química do solo após a coleta do experimento, que podem ser provenientes da atuação dos isolados de actinobactérias na mineralização da matéria orgânica através da produção de enzimas e/ou da decomposição dos adubos orgânicos que foram incorporados ao solo.

Trabalhos em campo deverão ser realizados, explorando ao máximo o potencial destes isolados de actinobactérias, combinados à adubação orgânica. Estudos futuros com a utilização de isolados mais promissores, permitirão obter informação de extrema relevância para um controle eficiente de *S. bradys* e o crescimento de plantas de inhame e de outras culturas.