

ROSÂNGELA SOUZA DE SANTANA

**PRODUÇÃO E EFICIÊNCIA DE BIOFERTILIZANTE E DE BIOPROTETOR
COM QUITOSANA NO PIMENTÃO**

ROSÂNGELA SOUZA DE SANTANA

**PRODUÇÃO E EFICIÊNCIA DE BIOFERTILIZANTE E DE BIOPROTETOR
COM QUITOSANA NO PIMENTÃO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Ciências do Solo da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como parte dos requisitos para obtenção do grau de Mestre em Ciências do solo.

RECIFE – PE

Fevereiro - 2012

Ficha catalográfica

S232p Santana, Rosângela Souza de
Produção e eficiência de biofertilizante e de
bioprotetor com
quitosana no pimentão/ Rosângela Souza de Santana. –
Recife, 2012.
78 f. : il.

Orientador: Newton Pereira Stamford.
Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) –
Universidade Federal Rural de Pernambuco,

Departamento

de Agronomia, Recife, 2012.
Inclui referências, apêndice e anexo.

1. *Cunninghamella elegans* 2. *Capsicum annuum*

L.

3. Apatita 4. Biotita natural 5. Biofertilizante de rochas
I. Stamford, Newton Pereira, orientador II. Título

CDD 631.4

**PRODUÇÃO E EFICIÊNCIA DE BIOFERTILIZANTE E DE BIOPROTETOR
COM QUITOSANA NO PIMENTÃO**

ROSÂNGELA SOUZA DE SANTANA

Orientador: Prof. Newton Pereira Stamford

RECIFE
Fevereiro – 2012

**PRODUÇÃO E EFICIÊNCIA DE BIOFERTILIZANTE E DE BIOPROTETOR
COM QUITOSANA NO PIMENTÃO**

ROSÂNGELA SOUZA DE SANTANA

Dissertação defendida e aprovada em 16/02/2012 pela Banca Examinadora:

ORIENTADOR:

Prof. Dr. Newton Pereira Stamford UFRPE

EXAMINADORES:

Dr. Luiz Bezerra de Oliveira

Dra. Márcia do Vale Barreto Figueiredo – IPA/DIPAP

Dra. Carolina Etienne de Rosália e Silva Santos - UFRPE

Suplente: Ana Dolores Santiago de Freitas

R E C I F E
Fevereiro - 2012

“A vida é um aprendizado e a cada dia aprendemos uma lição. Lição esta que nos trará o conhecimento para darmos continuidade a nossa existência.”

Rosemary Santana

Aos meus pais, Eduardo Cavalcante de Santana e Maria Luiza Souza de Santana por todo amor, carinho, confiança e sacrifício dedicados em toda minha existência. Aos meus dois amores: Emily Beatriz e Sebastião Júnior pelo amor, companheirismo, paciência e apoio ao longo dessa jornada. A minha irmã que sempre esteve ao meu lado corroborando nas minhas decisões, meu irmão que não está mais conosco, mas sempre me incentivou, e aos meus sobrinhos. A todos os amigos e familiares pelos momentos difíceis partilhados, assim como a torcida por mais essa conquista.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

À Deus pelo dom da vida, por estar sempre ao meu lado guiando – me e dando – me forças para enfrentar os obstáculos da vida e por colocar no meu caminho pessoas maravilhosas;

Aos meus pais Eduardo e Maria Luiza, minha irmã Rosemary pela boa vontade, paciência e dedicação nos momentos mais difíceis;

Ao meu estimado amor Sebastião pela ajuda e apoio na realização desse projeto;

Ao Prof. Newton Pereira Stamford, pela orientação, amizade, compreensão e paciência na realização do nosso trabalho;

Aos integrantes do Núcleo de Fixação Biológica do N₂ nos Trópicos (NFBNT – UFRPE);

Ao Programa de Pós-graduação em Agronomia – Ciência do Solo da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), pela oportunidade de realização do curso de mestrado;

Aos professores do Programa de Pós-graduação em Agronomia – Ciência do Solo por contribuírem por minha formação acadêmica;

Ao Engenheiro Agrônomo Evandro e aos funcionários da Estação Experimental Luiz Jorge da Gama Wanderley- IPA, de Vitória do Santo Antão – PE pelo espaço, estrutura e mão de obra disponibilizada para realização desse trabalho;

A Dr^a Marta e os funcionários do setor de pós colheita do IPA de Recife pelas sugestões e espaço cedido para realizar parte do projeto;

Ao CNPq pelo apoio financeiro;

Aos funcionários da UFRPE, em especial Maria do Socorro e seu Josué pela atenção e ajuda indispensável.

Aos amigos do Curso de Pós Graduação em Ciência do Solo, em especial Vanessa, Emmanuella, Monaliza e Danúbia, pela amizade, confidências e os estudos durante o período das disciplinas, esse convívio tornou essa etapa um momento muito mais alegre na minha vida.

Enfim, a todos que direta ou indiretamente, tenham contribuído para realização deste trabalho.

**PRODUÇÃO E EFICIÊNCIA DE BIOFERTILIZANTE E DE BIOPROTETOR
COM QUITOSANA NO PIMENTÃO**

SUMÁRIO

	Pág
Lista de figuras	X
Lista de tabelas	XI
Lista de apêndice	XII
Anexo	XIII
Resumo geral	XIV
Overall Abstract	XV
1. Introdução geral	17
1.1. Referências	23
2. Capítulo I	27
2.1. Título: Biofertilizante bioprotetor com diazotróficas de vida livre e quitosana fúngica no pimentão em um latossolo	28
2.2. Resumo	28
2.3. Abstract	29
2.4. Introdução	30
2.5. Material e métodos	31
2.6. Resultados e discussão	34
2.7. Agradecimentos	38
2.8. Referências	38
3. Capítulo II	44
3.1. Título: Bioprotetor com bactéria de vida livre e quitosana fúngica influenciando o pimentão e propriedades do solo	45
3.2. Resumo	45

**PRODUÇÃO E EFICIÊNCIA DE BIOFERTILIZANTE E DE BIOPROTETOR
COM QUITOSANA NO PIMENTÃO**

3.3. Abstract.....	46
3.4. Introdução.....	47
3.5. Material e métodos.....	48
3.6. Resultados e discussão	50
3.7. Agradecimentos	56
3.8. Referências	57
4. Conclusões gerais.....	65

LISTA DE FIGURAS**Capítulo II: Bioprotetor com bactéria de vida livre e quitosana fúngica influenciando o pimentão e propriedades do solo**

- Figura 1.** pH de Latossolo Vermelho Amarelo submetido a diferentes tratamentos de fertilização, após colheita do pimentão 62
- Figura 2.** N total, P e K disponível, sulfato solúvel, ca e mg trocável no solo (latossolo vermelho amarelo), submetido a diferentes tratamentos de fertilização, após a colheita do pimentão 63

LISTA DE TABELAS**Capítulo I: Biofertilizante bioprotetor com diazotróficas de vida livre e quitosana fúngica no pimentão em um latossolo**

Tabela 1. Teor de N, P e K total nos frutos de pimentão submetido a diferentes tratamentos de fertilização	41
Tabela 2. Número de frutos do pimentão – cv. All big, submetido a diferentes tratamentos de fertilização	42
Tabela 3. Comprimento dos frutos (CF), diâmetro do fruto (DF), espessura da polpa do fruto (EPF) e número de locos do fruto (NLF) submetido a diferentes tratamentos de fertilização	43

Capítulo II: Bioprotetor com bactéria de vida livre e quitosana fúngica influenciando o pimentão e propriedades do solo

Tabela 1. Produtividade do pimentão (cv. All big), submetido a diferentes tratamentos de fertilização	60
Tabela 2. N, P e K total em folhas do pimentão submetido a diferentes tratamentos de fertilização	61

LISTA DE APÊNDICE

Figura 1. Produção das mudas de pimentão em bandejas de isopor.	67
Figura 2. Preparação da área para condução do experimento.....	67
Figura 3. Adubação de plantio.	68
Figura 4. Transplante das mudas de pimentão para o campo.	68
Figura 5. Aplicação da quitosana de camarão.	69
Figura 6. Desbrota das plantas de pimentão.	69
Figura 7. Adubação de cobertura.	69
Figura 8. Colheita dos frutos.....	70

ANEXO

INSTRUÇÕES AOS AUTORES DA REVISTA HORTICULTURA BRASILEIRA...72

PRODUÇÃO E EFICIÊNCIA DE BIOFERTILIZANTE E DE BIOPROTETOR COM QUITOSANA NO PIMENTÃO

RESUMO GERAL

O pimentão é uma das dez hortaliças de maior importância econômica no mercado brasileiro, é uma planta bastante exigente quanto à fertilidade do solo e, como os solos brasileiros apresentam, em geral, baixa fertilidade faz-se uso de adubações orgânicas e minerais, para torná-los compatíveis com as exigências da cultura. A produção de biofertilizantes de rochas fosfatada (apatita) e potássica (biotita) é um processo microbiológico que visa aumentar a disponibilidade de nutrientes para as plantas, com economia de energia e praticidade. O trabalho teve como objetivo produzir biofertilizante BNPK a partir de rochas (fosfatadas e potássicas) mais húmus de minhoca enriquecido com bactéria diazotrófica de vida livre e o bioprotetor que foi produzido a partir da inoculação do fungo produtor de quitina e quitosana no biofertilizante visando a nutrição e produtividade da planta e a resistência do pimentão a fungos patogênicos. Fontes alternativas aos fertilizantes minerais (FNPk) foram avaliadas na produtividade de pimentão (*Capsicum annuum* cv. All Big) e em algumas propriedades de um Argissolo da região da Zona da Mata do estado de Pernambuco, Brasil. Foi conduzido um experimento em campo, no período chuvoso (Dezembro 2010 – Março 2011), na Estação Experimental de Horticultura do Instituto Agrônomo de Pernambuco – IPA, no município de Vitória de Santo Antão, Pernambuco, Brasil. O experimento foi conduzido em fatorial 8x2, no delineamento experimental em parcelas subdivididas, com 8 tratamentos de fertilização e 2 sub tratamentos (com e sem aplicação foliar de quitosana de camarão), com quatro repetições. Os tratamentos foram: (1) adubação convencional FNPk aplicada na dose recomendada (DR) para pimentão irrigado; (2) Biofertilizante - BNPK 50 % DR; (3) BNPK 100 % DR; (4) BNPK 150 % DR; (5) PNPk – Biofertilizante Bioprotetor com quitosana fúngica (*Cunninghamella elegans*) 50 % DR; PNPk 100 % DR; PNPk 150 % DR; Tratamento Controle (estrupe de curral 2.4 L planta⁻¹). A melhor produtividade de frutos foi obtida com aplicação das doses mais elevadas de PNPk e BNPK. Houve diferença significativa entre os tratamentos de fertilização ao que se refere a absorção de nutrientes. BNPK e PNPk

diminuíram o pH do solo e aumentaram o N total P e K disponível do solo, o que provavelmente vai promover o efeito residual. No experimento não foi observada a incidência de doenças radiculares, não sendo possível comparar os tratamentos. Os resultados mostram grande potencial do BNPK e do PNPk como alternativa à adubação NPK.

Palavras chave: *Cunninghamella elegans*, *Capsicum annuum* L., Apatita, Biotita Natural, Biofertilizante de rochas.

OVERALL ABSTRACT

Green pepper is one of the most economic importance in the Brazilian market, and also is a horticultural crop very exigent in soil fertility, and it is known that in Brazil the soil in a general have low nutrient content, which increase the need for use of organic and mineral fertilizers. The production of fertilizers from natural phosphate (apatite) and potash rocks (biotites) represent a microbiological process that led to increase elements availability to provide nutrients for plant growth, and it is a practical and economic process. The aim of this study was to evaluate the PK rock biofertilizer mixed with earthworm compound inoculated with free living diazotrophic bacteria (BNPK) and of the bioprotect by introduction of fungi chitosan adding *Cunninghamella elegans* for use in organic agriculture. In a field experiment were evaluated the effects of the biofertilizer and the bioprotect (BNPK + *C. elegans*) on yield and nutrient uptake by green pepper (*Capsicum annuum*). The changes in some soil properties of a Red Yellow Latosol of the rainforest region of Pernambuco State, Brazil, were also observed. The experiment was carried out at the Horticultural Experimental Station of the Agronomic Institute of Pernambuco – IPA during the rain season period (March-August, 2011). The study was in a factorial (8x2), in split plot design, with eight fertilizer treatments and two sub treatments (with and without crustaceous chitosan applied on leaves), with four replicates. The fertilizer treatments were: (1) FNPk conventional mineral fertilizers applied in recommended rate (RR); (2) Biofertilizer - BNPK 50% RR; (3) BNPK 100% RR; (4) BNPK 150% RR; (5) PNPk (Bioprotect with fungi chitosan from *C. elegans*)

50% RR; (6) PNPk 100% RR; (7) PNPk 150% RR; (8) Control treatment (cow manure – 2.4 L plant⁻¹). The best fruit yield was obtained with PNPk and BNPk, both applied in highest rate. There was significant difference among the fertilization treatments on the nutrients uptake. BNPk and PNPk reduced soil pH and increased total N available P and available K in soil, which probable will promote residual power. In the experiment was not observed incidence of soft rot diseases and it was not possible to compare the treatments. The results focus the great potential of PK rock biofertilizer with free living diazotrophic bacteria (BNPk) and bioprotect with fungi chitosan (BNPk + *C. elegans*) as alternative to NPK fertilization.

Palavras chave: *Cunninghamella elegans*, *Capsicum annuum*, biotite, natural phosphate, no-symbiotic nitrogen fixation, rock biofertilizers

PRODUÇÃO E EFICIÊNCIA DE BIOFERTILIZANTE E DE BIOPROTETOR COM QUITOSANA NO PIMENTÃO

INTRODUÇÃO GERAL

Entre as olerícolas, o pimentão (*Capsicum annuum* L.) é uma das culturas mais vantajosa no retorno econômico, especialmente quando aplicado manejo adequado em condições favoráveis ao seu crescimento, com utilização de sistema de produção auto sustentável para o local, sendo cultivada por pequenos e médios agricultores (Filgueira, 2003).

O pimentão pertence a família Solanaceae que inclui 27 espécies do gênero *Capsicum* L., sendo que cinco destas espécies são domesticadas e cultivadas em diferentes partes do mundo, são elas: *C. pubescens*, *C. baccatum*, *C. chinense*, *C. frutescens*, e *C. annuum*. Apenas a primeira não é cultivada no Brasil, e as outras são selvagens, e se distribuem ao redor do seu centro de origem. A espécie *C. annuum* L. possui sistema radicular que pode atingir em média 120 cm de profundidade e altura entre 50 a 80 cm na fase adulta, considerada como um arbusto e cultivada como planta anual (Embrapa, 2007).

O pimentão é nativo do continente americano, possuindo ampla variedade de cores, formas e tamanhos, sendo o México e a América Central as regiões que fazem parte dos grandes centros de diversidade da cultura (De Witt & Bosland, 1993). O pimentão está em expansão em regiões temperadas da Europa e América do Norte para produção comercial de forma progressiva e expansiva, com a utilização de novas técnicas visando o aumento da produtividade e redução dos custos (Pickersgill, 1997).

No Brasil o pimentão é bastante popular sendo uma cultura de grande expressão econômica, podendo ser considerada entre as dez hortaliças de maior destaque no comércio e a terceira mais cultivada entre as solanáceas, superada apenas pelo tomate e batatinha (Filgueira, 2003). De acordo com o IBGE, 2006 o pimentão no Brasil, no ano de 2006 apresentou produção média estimada em 248.767 toneladas, obtendo a maior participação da região sudeste que representa 48,5% da produção Nacional.

A estimativa da área de produção no Brasil para o pimentão é de 13.000 ha com 280.000 toneladas de frutos para consumo "in natura" que apresenta maior relevância, pois conserva suas propriedades nutritivas, com alto teor de vitamina C, além de 10 % de proteína (El Saied, 1995). Na fabricação de conservas, pigmentos, molhos, dentre outras formas de preparo, tornando-se responsável por um mercado de 3 milhões de dólares ao ano (Halfeld – Vieira *et al.*, 2005).

A adubação é sem dúvida, um dos fatores de maior destaque quanto à limitação e influência na produtividade, podendo melhorar tanto o desenvolvimento da planta como a qualidade dos frutos. Sabe-se que os solos Brasileiros, de uma forma geral, apresentam deficiência de nutrientes essenciais, havendo necessidade de adoção de estratégias para aplicação de fertilizantes químicos (solúveis) ou orgânicos, visando melhorar o desenvolvimento, a produção e a qualidade dos frutos do pimentão (Oliveira *et al.*, 2004).

O nitrogênio (N) exerce efeitos vitais na síntese protéica, na divisão celular e tem participação nas funções metabólicas essenciais para o desenvolvimento da planta, pois em virtude da mobilidade deste elemento e da fácil redistribuição entre folhas e outros órgãos produzem efeitos diretos na qualidade e na produtividade dos frutos (Marcussi *et al.*, 2004).

O fósforo (P) é um elemento que participa diretamente das cadeias energéticas, processos metabólicos e compostos fundamentais no crescimento e desenvolvimento da cultura, pois, a redução de P na cultura pode promover acentuada redução do tamanho da planta (Leonardo, 2003).

Conforme descrito por Silva *et al.* (2001), os níveis de potássio (K) no solo devem ser fornecido em quantidade balanceadas e equilibradas evitando o desbalanço de cálcio (Ca) e magnésio (Mg), seja pela fluxo de entrada do íons de K no sistema solo-planta ou pelo íons de Cl⁻ que afeta diretamente na salinidade, fato notório pela aplicação de fontes de alguns fertilizantes potássicos. Assim, o fornecimento de doses menores que 5,5 g m⁻² contribuem significativamente para a absorção de nutrientes, sem afetar o crescimento da parte aérea e da biomassa da planta e conseqüentemente a qualidade dos frutos.

A aplicação de nutrientes em quantidades satisfatórias, em cada estágio específico, desempenha um papel importante na adubação alternativa, e de acordo com

a realidade oportuna e ideal para o pleno desenvolvimento do pimentão. Várias pesquisas têm mostrado a importância da aplicação de doses elevadas de adubos orgânicos e minerais para atender à demanda de nutrientes na cultura do pimentão (Oliveira *et al.*, 2004).

A utilização de rochas moídas é economicamente viável, entretanto, devido à baixa solubilidade, sua aplicação é restrita a cultivos perenes em mistura com fertilizantes solúveis. Uma alternativa viável, que deve ser considerada, é a produção de biofertilizantes de rochas moídas inoculadas com microrganismos, em especial a bactéria oxidante do enxofre *Acidithiobacillus*, que produz metabolicamente ácido sulfúrico. A produção de biofertilizante de rochas é um processo prático que reduz o consumo de energia, com aumento da disponibilidade de nutrientes para as plantas, minimizando os impactos ambientais, pois a liberação é realizada de forma mais lenta, com utilização contínua pelas plantas (Stamford *et al.*, 2006).

Por outro lado, o N se sobressai entre os principais nutrientes ligados ao aumento da produtividade do pimentão, em razão de desempenhar papel fundamental no crescimento e no rendimento da cultura. A deficiência desse nutriente, segundo (Marcussi *et al.*, 2004), provoca redução na produtividade e qualidade dos frutos. Entretanto, o N não ocorre nas rochas, e, devido a sua elevada solubilidade, é facilmente percolado no solo promovendo poluição ambiental. Também, em função das inúmeras transformações, normalmente encontra-se no solo em níveis abaixo do necessário para o desenvolvimento adequado das plantas. Os fertilizantes nitrogenados solúveis apresentam baixa eficiência devido às elevadas perdas por lixiviação, pela volatilização da amônia e desnitrificação do N aplicado na forma nítrica (Franco & Balieiro, 1999).

A incorporação de resíduos orgânicos tem mostrado que além de promover melhoria nas condições físicas do solo, contribuem para o aumento da atividade biológica e o fornecimento de nutrientes para a planta (Chepote, 2003). Resíduos orgânicos, que não mostram possibilidades de provocar problemas ambientais, são denominados como matéria orgânica de nova geração, tais como: restos culturais, resíduos industriais (sorvetes) e da agroindústria (melaço, tortas), composto de minhoca, entre outros, e podem ser utilizados na agricultura orgânica.

A fixação biológica de N atmosférico é um dos processos mais importantes conhecidos na natureza, sendo realizado por bactérias conhecidas como diazotróficas,

que podem ser simbióticas, associativas e de vida livre (Reis *et al.*, 2006). Estas bactérias possuem um complexo enzimático denominado de nitrogenase que, sem aporte energia fóssil, são capazes de quebrar a tripla ligação existente na molécula de N_2 usando energia proveniente da fotossíntese (Moreira & Siqueira, 2006).

Nas últimas décadas, visando o aproveitamento de novas tecnologias para obtenção de fertilizantes biológicos, aqui denominados de biofertilizantes, intensificaram-se as pesquisas para utilização de minerais de rochas e materiais orgânicos inoculados. A produção e uso de biofertilizantes fosfatados e potássicos produzidos de rochas em mistura com matéria orgânica como húmus de minhoca, tem mostrado elevada eficiência em trabalhos realizados com diferentes solos e culturas (Lima *et al.*, 2010).

As bactérias diazotróficas associativas e simbióticas, normalmente realizam maior contribuição nos ecossistemas, fixando de 20 a 100 kg ha ano⁻¹ de N e 30 a 200 kg ha ano⁻¹ de N, respectivamente. Entretanto, as diazotróficas de vida livre são as que apresentam maior potencial para serem utilizadas como alternativa para o enriquecimento dos resíduos orgânicos em nitrogênio (Moreira & Siqueira, 2006). Estas bactérias abrangem microrganismos que podem ser encontrados no solo e em ambientes aquáticos, e não fazem parte de estruturas mutualísticas ou associativas (Cassini, 2005).

Nos sistemas agrícolas, o potencial de algumas bactérias aeróbicas ou microaerófilas de vida livre tem sido demonstrado, com uso de bactérias diazotróficas como as espécies dos gêneros *Azotobacter* e *Beijerinckia*, por meio da inoculação de resíduos ricos em carbono (alta relação C:N) e sua incorporação ao solo (Hill & Patriquin, 1996), resultando em razoáveis taxas de fixação de nitrogênio.

Com relação a atuação de microrganismos visando a proteção das plantas contra doenças tem grande importância a participação da quitina e quitosana. A quitina foi descrita pela primeira vez na França em 1811 pelo professor de Historia Natural Braconnot, que durante suas pesquisas com fungos isolou uma substância com conteúdo maior de N do que a madeira e denominou de “fungine”. Odier em 1823 isolou uma substância semelhante à encontrada em plantas de carapaças de insetos e chamou de quitina (Muzzarelli, 1977).

A quitosana, como quitina modificada, foi descrita pela primeira vez por Rouget em 1859, que relata que a quitina fica solúvel em ácidos orgânicos quando fervida em

hidróxido de potássio concentrado, fato que levou Odier e Childre anteriormente a um equívoco quando relataram ter isolado a quitina usando vários tratamentos com soluções de hidróxido de potássio concentrado (Stamford *et al.*, 2008).

O nome quitosana foi proposto por Hoppe-Seyler em 1894 quando estudava a quitina modificada, pois percebeu que ambas possuíam a mesma quantidade de nitrogênio (Stamford *et al.*, 2008). Em torno de 1979 começou a ser percebido o grande potencial da quitina e quitosana e suas aplicações, dando início a pesquisas com biopolímeros, e recebendo investimentos científicos e tecnológicos (Monteiro Júnior, 1999).

O Japão foi o primeiro país a produzir a quitosana, com início em 1971. Em 1986 já haviam quinze indústrias produzindo em escala comercial a quitina e quitosana. A quitosana é atualmente um dos materiais com maior potencial de aplicação, devido a sua ampla versatilidade de uso: agricultura, indústria de alimentos e meio ambiente, entre outras áreas (Monteiro Júnior, 1999).

A quitina é o polissacarídeo mais abundante e largamente distribuído na natureza, com exceção da celulose, é um insolúvel, polímero natural, linear que apresenta o mesmo tipo de unidade monomérica β -1,4 *N*-acetilglucosamina (Canella & Garcia, 2001).

A quitosana é obtida pela deacetilação da quitina utilizando NaOH 50% e temperatura em torno de 110° C (Synowiecki & Al-Khatteb, 2003) e pode ser encontrada na natureza, na parede celular de alguns fungos, principalmente da Classe Zygomycetes e em alguns moluscos. É composto por unidades β -1,4 *D*-glucosamina ligadas a resíduos de *N*-acetilglucosamina sendo um heteropolímero natural (Chatterjee *et al.*, 2005), e é obtida principalmente pela hidrólise química da quitina (Amorim *et al.*, 2006).

A fonte tradicional para obtenção de quitina e quitosana são os exoesqueletos de crustáceos. Nos crustáceos o rendimento de quitina fica entre 2 a 12 % da massa corpórea total e de 13 a 42 % na casca, variando seu conteúdo com a espécie. A sazonalidade, adaptação ao clima, locais de confinamento e o processamento em larga escala associado com a conversão química de quitina em quitosana são algumas limitações para o processo de obtenção da quitina e quitosana provenientes de crustáceos (Amorim *et al.*, 2005).

Como fonte alternativa, aos crustáceos, para obtenção de quitina e quitosana é a utilização de massa micelial de fungos, que tem demonstrado grandes vantagens como: independência dos fatores de sazonalidade, produção em larga escala, extração simultânea de quitina e quitosana (Stamford *et al.*, 2007). A espécie de fungo e as condições de cultivo podem influenciar na quantidade do polissacarídeo extraído da biomassa. A maior quantidade de quitina e quitosana na parede celular podem ser encontradas geralmente em fungos da Classe Zygomycetes (Amorim *et al.*, 2006). Pesquisas recentes demonstram a liberação de quitina e de quitosana por fungos da Ordem Mucorales como a espécie *Cunninghamella elegans*, em que são relatados rendimentos de quitosana entre 5 a 8 %, e quitina entre 13 a 24 %, e, em especial, tem mostrado ser um biopolímero de elevado potencial como bioprotetor, principalmente contra doenças de plantas promovidas por fungos patogênicos radiculares, e bem como na liberação de polifosfato inorgânico e de outros minerais como potássio (Franco, 2005).

O objetivo do trabalho foi o de produzir biofertilizante organo mineral (BNPK) a partir de rochas (fosfatadas e potássicas) inoculadas com *Acidithiobacillus*, em mistura com húmus de minhoca enriquecido com bactéria diazotrófica de vida livre e de bioprotetor (PNPK) com adição de fungo da Ordem Mucorales, produtor de quitina e quitosana. Avaliar a eficiência agrônômica do BNPK e do PNPk no incremento da nutrição e produtividade do pimentão, bem como a resistência a fungos patogênicos radiculares. E a avaliação dos insumos na disponibilidade de nutrientes para o solo.

REFERÊNCIAS

AMORIM RVS; CAMPOS-TAKAKI GM; LEDINGHAM WM. 2005. Screening of chitin deacetylase from Mucoralean strains (Zygomycetes) and its relationship to cell growth rate deacetylase from Mucoralean strains (Zygomycetes) and its relationship to cell growth rate. *Journal Industrial Microbiology and Biotechnology* v.31, p. 19-23.

AMORIM RVS; PEDROSA RP; FUKUSHIMA K; MARTÍNEZ CR; LEDINGHAM WM; CAMPOS-TAKAKI GM. 2006. Alternative Carbon Sources from Sugar Cane Process for Submerged Cultivation of *Cunninghamella bertholletiae* to Produce Chitosan. *Food Technology and Biotechnology* v.44, p. 519–523.

CANELLA KMNC; GARCIA RB. 2001. Caracterização de quitosana por cromatografia de permeação em gel – influência do método de preparação e do solvente. *Quimica Nova* v.24, p. 13-17.

CASSINI ST. 2005. Ciclo do nitrogênio. Disponível em: <http://www.inf.ufes.br/~neyval/Gestao_ambiental/Tecnologias_Ambientais2005/Ecologia/CicloNPS.doc> acesso em 18 agosto 2011.

CHATTERJEE S; ADHYA M; GUHA AK; CHATTERJEE BP. 2005. Chitosan from *Mucor rouxii*: production and physico-chemical characterization. *Process Biochemistry* v.40, p. 395-400.

CHEPOTE RE. 2003. Efeito do composto da casca do fruto de cacau no crescimento e produção do cacauzeiro. *Agrotrópica* v.1, p.1- 8.

DE WITT D; BOSLAND PW. 1993. A brief history of pepper growing. In: DE WITT D; BOSLAND PW (eds). *The pepper garden*. Berkeley: Ten Speed. p. 5-21.

EL SAIED HM. 1995. Chemical composition of sweet and hot pepper fruits grown under plastic house conditions. *Egyptian Journal of Horticulture*. v. 22, p. 11-18.

EMBRAPA. 2007. Hortaliças sistema de produção. Versão eletrônica 2: nov. Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Pimenta/Pimenta_capsicum_spp/index.html>. Acesso em 06 de out. de 2011.

FILGUEIRA FAR. 2003. *Solanáceas: agrotecnologia moderna na produção de tomate, batata, pimentão, pimenta, berinjela e jiló*. Viçosa, MG: UFV.

FRANCO AA; BALIEIRO FC. 1999. Fixação Biológica de Nitrogênio: alternativa os fertilizantes nitrogenados. In: SIQUEIRA JO; MOREIRA FMS; LOPES AS; GUILHERME LRG; FAQUIN V; FURTINI NETO AE; CARVALHO JG. ed. Interrelação fertilidade, biologia do solo e nutrição de plantas. Lavras, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. p. 577-595.

FRANCO LO; STAMFORD TCM; STAMFORD NP; CAMPOS - TAKAKI GM. 2005. *Cunninghamella elegans* (IFM 46109) como fonte de quitina e quitosana. *Analytica* v.4, p. 40-44.

HALFELD-VIEIRA BA. et al. 2005. Aspectos agronômicos de híbridos de pimentão em cultivo protegido de Roraima. Boa Vista: Embrapa Roraima. Boletim de pesquisa, 1. 15p.

HILL NM; PATRIQUIN DG. 1996. Maximizing N₂ fixation in sugarcane litter. In: International Symposium on Sustainable Agriculture for the Tropics - the Role of Biological Nitrogen Fixation, Programme and Abstracts. Seropédica, Embrapa-CNPAB, *Soil Biology and Biochemistry* v. 25, p. 59-60.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Banco de dados agregados. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/>>. Acesso em 18 agosto 2011.

LEONARDO M. 2003. Estresse salino induzido em plantas de pimentão (*Capsicum annuum* L.) fertirrigadas e seus efeitos sobre a produtividade e parâmetros bioquímicos. Faculdade de Ciências Agrônômicas Universidade Estadual Paulista, Botucatu, SP. 100p. (Dissertação de Mestrado)

LIMA FS; STAMFORD NP; SOUSA CS; LIRA JÚNIOR MA; MALHEIROS SMM; VAN STRAATEN P. 2010. Earthworm compound and rock biofertilizer enriched in Nitrogen by inoculation with free living diazotrophic bacteria. *World Journal of Microbiology & Biotechnology*, v. 27, p. 1-7.

MARCUSSI FFN; GODOY LJG; VILLAS BOAS RL. 2004. Fertirrigação nitrogenada e potássica na cultura do pimentão baseada no acúmulo de N e K pela planta. *Irriga*, v.9, p. 41-51.

MONTEIRO JÚNIOR OA. 1999. Preparação, modificação química e calorimetria do biopolímero quitosana. Universidade Estadual de Campinas- Instituto de Química, Campinas 101p. (Tese doutorado).

MOREIRA FMS; SIQUEIRA JO. 2006. *Microbiologia do solo*. 2ed. Larva: editora UFLA, 729p.

MUZZARELLI RAA. 1977. Chitin, ed. Pergamon Press. Ancona, Italy. 305p.

OLIVEIRA AP; PAES RA; SOUZA AP; DORNELAS CSM; SILVA RA. 2004. Produção de pimentão em função da concentração de urina de vaca aplicada via foliar e da adubação com NPK. *Agropecuária Técnica* v.25, p. 37-43.

PICKERSGILL B. 1997. Genetic resources and breeding of *Capsicum* spp. *Euphytica* v. 96, p. 129-133.

REIS VM; OLIVEIRA ALM; BALDANI VLD; OLIVARES FL; BALDANI JI. 2006. Fixação biológica de nitrogênio simbiótica e associativa. In: FERNANDES, M.S., ed.

Nutrição mineral de plantas. Viçosa, Sociedade Brasileira de ciências do Solo. p.153-172.

SILVA MAG; BOARETTO AE; MURAOKA T; FERNANDES HG; GRANJA FA; SCIVITTARO WB. 2001. Efeito do nitrogênio e potássio na nutrição do pimentão cultivado em ambiente protegido. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* v.25, p. 913-922.

STAMFORD NP; LIMA RA; SANTOS CERS; DIAS SHL. 2006. Rock biofertilizers with *Acidithiobacillus* on sugarcane yield and nutrient uptake in a Brazilian soil. *Geomicrobiology Journal* v. 23, p. 261-265.

STAMFORD TCM; STAMFORD TL; FRANCO LO. 2008. Produção, propriedades e aplicações da quitosana na agricultura e no ambiente. In: *Microrganismos e agrobiodiversidade: o novo desafio para a agricultura*. Agrolivros. p. 487-506.

STAMFORD TCM; STAMFORD TLM; STAMFORD NP; NETO BB; CAMPOSTAKAKI GM. 2007. Growth of *Cunninghamella elegans* UCP 542 and production of chitin and chitosan using yam bean medium *Electronic Journal of Biotechnology* v.10, p. 10-15.

SYNOWIECKI J; AL-KHATTEB NAA. 2003. Production, properties, and some new applications of chitin and its derivatives. *Criteria Review of Food Science and Nutrition* v.43, p. 144-171.

CAPÍTULO I

Artigo submetido para publicação no periódico Revista Horticultura Brasileira

Biofertilizante Bioprotetor com diazotrófica de vida livre e quitosana fúngica no pimentão em um Latossolo

Biofertilizer Protect with free living diazotrophic and fungi chitosan on Green pepper grown in a Latosol

Rosângela S. Santana¹, Newton P. Stamford^{1*}, Sebastião S. Júnior¹, Clayton A. Sousa¹, Carolina E.R.S. Santos¹, Aline Juliana S. Omar¹

¹ Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Agronomia, Av. D. Manoel de Medeiros, s/nº, Dois Irmãos, 52171-900, Recife, Pernambuco, Brasil. newtonps@depa.ufrpe.br

RESUMO

O biofertilizante misto com nitrogênio, fósforo e potássio (BNPK) produzido com matéria orgânica e rochas fosfatadas e potássicas e o Bioprotetor com quitosana fúngica (PNPK) podem ser uma alternativa em substituição ao fertilizante convencional (FNPk). O trabalho teve como objetivo avaliar a influência da aplicação do BNPK e do PNPK em substituição a FNPk visando melhorar os aspectos nutricionais, número dos frutos e outras características do fruto do pimentão (comprimento, diâmetro, número de locos e espessura da polpa). O experimento foi conduzido em campo na Estação Experimental do Instituto Agrônomo de Pernambuco – IPA, no município de Vitória de Santo Antão, Pernambuco, Brasil. O delineamento experimental foi em parcelas subdivididas, no esquema fatorial 8x2, com 8 tratamentos de fertilização e 2 sub tratamentos (com e sem aplicação foliar de quitosana de camarão), com quatro repetições. Os tratamentos de fertilização foram: (1) FNPk aplicada na dose recomendada (DR) para pimentão irrigado; (2) BNPK 50 % DR; (3) BNPK 100 % DR; (4) BNPK 150 % DR; (5) PNPK 50 % DR; (6) PNPK 100 % DR; (7) PNPK 150 % DR; (8) Controle (estrupe de curral 2.4 L planta⁻¹). Os teores de N, P e K nos frutos do pimentão aumentaram com as doses de fertilização. Os melhores resultados para a variável número de frutos foi encontrado com BNPK na dose mais alta (68000 frutos ha⁻¹) e o controle apresentou o menor resultado (29250 frutos ha⁻¹). O comprimento, o diâmetro do fruto e a espessura da polpa do pimentão tiveram melhores resultados nos tratamentos de fertilização BNPK (150% DR) e PNPK (150 % DR). O número de locos

do fruto não variou com os tratamentos de fertilização. A aplicação de quitosana via foliar não foi avaliada tendo em vista que não ocorreu presença de fitopatógenos. Os resultados mostram que BNPK e PNPk são alternativas viáveis em substituição aos fertilizantes convencionais (FNPK).

Palavras chave: *Capsicum annuum*, *Cunninghamella elegans*, adubação orgânica, biofertilizante de rochas, nutrição mineral, produtividade agrônômica

ABSTRACT

The mixed biofertilizers (BNPK) produced from organic matter and powdered rocks with P and K and the protect with fungi chitosan (PNPK) should be alternative for conventional fertilizers (FNPK). The aim of the study evaluate the effects of BNPK and PNPk application as alternative in substitution of commercial fertilizer (FNPK) on the nutritional status, number of fruits and others attributes of Green pepper. A field experiment was carried out at the Experimental Station of Horticulture of the Institute of Agronomic Research of Pernambuco (IPA), located in the District of Vitória de Santo Antão, Pernambuco, Brazil. The study was conducted in a randomized split-plot design in a factorial 8x2, with 8 fertilization treatments and 2 sub treatments (with and without foliar application of chitosan from shrimps, with four replicates. The fertilization treatments were: (1) FNPK in recommended rate (RR) for irrigated green pepper in Pernambuco State; (2) Biofertilizer (BNPK) 50 % RR; (3) BNPK 100 % RR; (4) BNPK 150 % RR; (5) Protector (PNPK) 50 % RR; (6) PNPk 100 % RR; (7) PNPk 150 % RR; (8) Control (farmyard manure - 2.4 L plant⁻¹). The total level of N, P and K in the Green pepper fruits increased with the fertilizers treatments applied. The best results for number of fruits were found with BNPK in the highest rate (68000 fruits ha⁻¹) and the control present the lowest result (29250 fruits ha⁻¹). The length, diameter and thickness of the Green pepper fruits showed best results when applied BNPK (150% RR) and PNPk (150 % RR). The locus number of the fruits had not showed significant difference with the fertilization treatments. Foliar application of shrimps chitosan was not evaluated because in the experiment have not occurred the presence of phytopathogenic microorganisms. By the experimental results it was observed that the biofertilizer BNPK and the protector PNPk are alternatives for substitution of

commercial fertilizers (FNPK).

Keywords: *Capsicum annuum*, *Cunninghamella elegans*, mineral nutrition, organic fertilization, rock biofertilizers, yield of green pepper

INTRODUÇÃO

O pimentão (*Capsicum annuum*), pertencente a família das Solanaceae, se destaca pelo retorno rápido de investimento e pela variabilidade de espécie com grande aceitação comercial. A cultura apresenta grande impacto socioeconômico no mercado nacional e no mundo, ocupando uma posição de grande importância entre as dez hortaliças mais consumidas no Brasil (Filgueira, 2003).

O pimentão é uma cultura exigente nas propriedades químicas e físicas do solo e responde potencialmente a aplicação de nutrientes, especialmente N, P e K, para incremento da produtividade agrícola e qualidade dos frutos (Marcussi *et al.*, 2004). O emprego de um manejo nutricional equilibrado e balanceado é crucial para o adequado crescimento e desenvolvimento da planta.

De acordo com Epstein & Bloom (2006), o K representa um dos principais nutrientes para a cultura do pimentão em virtude da translocação e alocação de nutrientes e carboidratos, que promovem maior eficiência da adubação. O P também é um elemento de relevante importância, principalmente pela função de armazenamento e transferência de fonte energética, por ser constituinte da molécula de ATP (Malavolta, 1997). Os fertilizantes minerais solúveis com P e K são os mais usados na maioria das culturas, entretanto na agricultura orgânica não é permitida a utilização destes insumos, e como as rochas moídas apresentam baixa solubilidade, torna-se antieconômica a sua aplicação, principalmente em culturas de ciclo curto.

Assim, uma alternativa viável para a fertilização orgânica das plantas é o fornecimento de nutrientes através de biofertilizantes de rochas com P e K com a atuação da bactéria oxidante do enxofre *Acidithiobacillus*, que através de reação biológica com o enxofre elementar promove a formação de ácido sulfúrico, e possibilita a solubilização de elementos contidos nos minerais (Stamford *et al.*, 2007).

O N é, sem dúvida, um dos elementos que tem maior participação no aumento da produtividade, no crescimento e no desenvolvimento de frutos do pimentão, e está

diretamente relacionado com a eficiência da fotossíntese, habilitando o fornecimento de aminoácidos, proteínas e suprimento de substâncias orgânicas (Malavolta, 2006). Na produção de fertilizante orgânico o processo da fixação biológica do N_2 através da inoculação com bactérias diazotróficas de vida livre assume papel importante, tendo em vista que pode promover o enriquecimento do insumo, como demonstrado por Döbereiner (1961) e por Lima *et al.* (2010), com aporte de N, sem gasto de energia externa ao sistema.

Por outro lado, trabalhos têm mostrado a importância da quitosana, que apresenta proteção e resistência contra infecções patogênicas, podendo influenciar positivamente no rendimento comercial da cultura. Segundo Berger (2010) trabalhando com adição de quitosana fúngica da biomassa de *Cunninghamella elegans*, na cultura do caupi demonstrou a possibilidade de resistência a fitopatógenos e aumento da produtividade da cultura.

O principal objetivo do trabalho foi de avaliar a influência da aplicação de Biofertilizante misto (BNPK) produzido com matéria orgânica e rochas com P e K e do Bioprotetor (PNPK) com quitosana fúngica, como fonte alternativa para fornecimento de nutrientes para o pimentão, em substituição a fertilizantes químicos solúveis visando melhorar os aspectos nutricionais, número dos frutos e outras características do fruto do pimentão, como: comprimento, diâmetro, espessura da polpa e número de locos. Também, procurou-se estimar a possível resistência da planta a fungos patogênicos radiculares, de ocorrência natural.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Estação Experimental Luiz Jorge da Gama Wanderley- IPA, localizada na Mesorregião da Mata Pernambucana, em Vitória do Santo Antão - PE, situada na Latitude Sul ($8^{\circ} 8' 00''$) e Longitude Oeste ($35^{\circ} 22' 00''$), a uma Altitude de 146 m. Numa área de solo classificado como Latossolo vermelho Amarelo distrófico, cuja análise para fins de fertilidade apresentou os seguintes resultados: pH 6,1, nitrogênio total 0,055% fósforo disponível $2,7 \text{ mg dm}^{-3}$, potássio disponível $10,4 \text{ mg dm}^{-3}$, cálcio trocável $16 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$, magnésio trocável $4 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$, e alumínio trocável $1,6 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$, na camada arável.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados (parcelas subdivididas), no fatorial (8x2), com quatro repetições, sendo oito tratamentos de fertilização e dois tratamentos com e sem aplicação de quitosana de camarão adquirida da Industria Polymar, no Estado do Ceará, Brasil, com 90% de pureza e 95 % de grau de desacetilação, pulverizada nas folhas das plantas, sete dias após o transplante das mudas, para observar a possível ocorrência natural de doenças fúngicas de raízes.

Os tratamentos de fertilização foram os seguintes: (1) Fertilizante convencional (FNPK) na dose recomendada (DR) de acordo com o (IPA 2008) para pimentão irrigado no Estado de Pernambuco, Brasil; (2) Biofertilizante misto (BNPK) 50% (DR); (3) BNPK 100% (DR); (4) BNPK 150% (DR); (5) Bioprotetor (PNPK) 50% (DR); (6) PNPK 100% (DR); (7) PNPK 150% (DR); (8) tratamento controle sem fertilização com NPK (estrupe de curral, seguindo a recomendação do agricultor local).

A mistura FNPK foi composta por sulfato de amônio (20% N), superfosfato simples (20% P₂O₅) e sulfato de potássio (50% K₂O), seguindo a recomendação do (IPA 2008) para pimentão irrigado calculado de acordo com a análise do solo. Os tratamentos de fertilização foram realizados por ocasião do transplante das mudas, e em duas adubações de cobertura. Para FNPK em cobertura foi aplicado N e K.

Cada sub parcela com de 8,4 m² foi constituída de três linhas de 2,8 m de comprimento, sendo as mudas distribuídas no espaçamento de 1,0 x 0,4 m. Os sulcos foram abertos mantendo a declividade de 0,2% a 0,5% visando facilitar o escoamento da água. Como área útil foram consideradas as 10 plantas centrais de cada sub parcela.

O BNPK foi obtido a partir do biofertilizante de rochas (BPK) produzido com rocha fosfatada e com rocha potássica, seguindo a metodologia descrita por (Stamford *et al.*, 2008), em mistura com matéria orgânica (húmus de minhoca) enriquecida em N pela inoculação com bactéria diazotrófica de vida livre (NFB 10001), seguindo a metodologia descrita por Lima *et al.* (2010).

Após a multiplicação do isolado, foi feita a inoculação do húmus de minhoca (MO) em mistura com biofertilizante de rochas (BP+BK) na proporção (MO+BP+BK) equivalente a 4+0,5+0,5 e adicionado 200mL de meio LG contendo o isolado NFB 10001, por bandeja (6L). Em seguida, o material foi homogeneizado com o auxílio de uma espátula esterilizada, e realizada a incubação por 40 dias, a temperatura ambiente (28° C ± 2° C). Durante o período de incubação, as bandejas foram mantidas com

umidade em torno de 80% da retenção máxima, utilizando água destilada. Foram utilizadas 60 bandejas, cuja análise final foi: pH 5,9; N total 21 g kg⁻¹, P disponível 20 g kg⁻¹; e K disponível 19 g kg⁻¹.

O pH em água foi determinado utilizando pHmetro (modelo DM – 22); o N total foi analisado por digestão sulfúrica, em analisador automático Kjeltex (modelo 1030); O P e K disponível foram extraídos por Mehlich-1, sendo o P determinado por colorimetria (espectrofotômetro digital Spectronic Genesys 2), e o K por fotometria de chama (Analyser, Modelo 910 MS).

Para produção do Bioprotetor (PNPK) o fungo *Cunninghamella elegans* (UCP 542) foi cultivado em meio Batata-Dextrose (BD) em Erlenmeyers de 2000 mL sob agitação a 180 rpm, durante 5 dias (Franco *et al.*, 2005). Após a agitação, a massa micelial foi filtrada em membrana de nylon (120F), lavada com água destilada e realizada a secagem em estufa a 30° C. Em seguida a massa micelial foi macerada, para a produção da biomassa fúngica. A partir do BNPk, produzido nas bandejas, foi realizada a produção do PNPk com adição da biomassa fúngica numa concentração de 10%.

As mudas de pimentão (cultivar All Big) foram produzidas em bandejas de isopor de 128 células, em casa de vegetação, usando como substrato mistura com 50% de pó de coco, 300 g de pó de rocha e 50% húmus de minhoca. Após 15 dias da semeadura foi realizado o desbaste e feita adubação com torta de mamona, com aplicação semanal, até serem transplantadas para o campo. A rega foi realizada mantendo a umidade próxima da capacidade de campo. O transplante das mudas ocorreu aos 38 dias após a semeadura nas bandejas. A condução do experimento em campo ocorreu no período compreendido entre os meses de dezembro de 2010 a março de 2011.

As capinas foram realizadas sempre que necessárias, com um total de cinco capinas, com enxada. O sistema de irrigação utilizado foi o de microaspersão, procurando manter a umidade do solo próxima da capacidade de campo, durante todo o desenvolvimento das plantas, sem deixar ocorrer excesso de água no solo.

A colheita dos frutos foi iniciada aos 65 dias após o transplante das mudas, e sendo realizadas três colheitas, para avaliação do número total de frutos. Do número de frutos total foi retirada uma amostra (por subparcela) de 40 % para analisar as características de: comprimento, diâmetro, espessura e número de locos por fruto.

Para análise nutricional os frutos foram triturados (MultiProcessador Walita Master), sendo o procedimento realizado para acelerar a secagem e evitar contaminação do material. Os frutos foram colocados em béquer de 250 mL (bagaço + sumo), levados para secagem em estufa de ventilação forçada ($70 \pm 1^\circ\text{C}$), até peso constante, e em seguida macerados para análise de N, P e K (Malavolta *et al.*, 1989).

Os dados obtidos foram analisados pelo programa estatístico SAS versão 9.0 (SAS Institute, 1996), sendo realizada a ANOVA, comparação das médias pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os teores de N, P e K nos frutos do pimentão aumentaram com o aumento das doses de fertilização, no entanto não apresentaram diferença significativa ao teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade. O menor teor de N ($1,80 \text{ g kg}^{-1}$) foi estimado no tratamento BNPK na dose mais baixa e o maior teor ($2,03 \text{ g kg}^{-1}$) foram estimados com a aplicação do tratamento FNPk (Tabela 1). O tratamento de fertilização FNPk usou fonte de N (sulfato de amônio) mais solúvel ficando mais disponível para a planta o que pode ter levado a absorção maior acumulado nos frutos. Sabe-se que nas folhas valores abaixo de $40,0 \text{ g kg}^{-1}$ é considerado nível crítico, segundo Fontes (2006), contudo nos frutos não foi encontrado nenhum valor de referência.

O teor de P nos frutos não apresentou variação, sendo observados valores entre $0,34 - 0,39 \text{ g kg}^{-1}$. O menor valor ficou com o tratamento de fertilização PNPk na dose mais baixa e o maior valor com o tratamento de fertilização BNPK na dose mais alta. O tratamento de fertilização FNPk ficou com o segundo valor mais baixo $0,35 \text{ g kg}^{-1}$ e o segundo maior valor ficou com o tratamento de fertilização PNPk com $0,38 \text{ g kg}^{-1}$ o que mostra que esses tratamentos de fertilização, BNPK e PNPk (Tabela 1), são eficientes e se torna uma boa alternativa de adubação, pois mesmos sendo oriundos de rochas fosfatadas com baixas solubilidade usando S* inoculado com a bactéria *Acidithiobacillus* (Stamford *et al.*, 2008), foram melhores que o tratamento FNPk que usou como fonte de adubação (super fosfato simples) que é mais solúvel, assim, mais disponível para as plantas. O nível crítico foliar para a cultura do pimentão é $5,5 \text{ g kg}^{-1}$, (Fontes 2006), no entanto, Jones Jr. *et al.* (1991) apresenta uma faixa adequada para o pimentão de $2,0-7,0 \text{ g kg}^{-1}$. Valores para o fruto do pimentão não foram encontrados.

Os teores de K nos frutos variaram de 1,45 a 1,60 g kg⁻¹ (Tabela 1), sendo o maior teor estimado para o tratamento de fertilização PNPk na dose mais elevada e o menor teor estimado para o tratamento de fertilização FNPk. O tratamento de fertilização PNPk constitui-se de 1 kg do BNPk com adição de 1g da biomassa fúngica do *Cunninghamella elegans*, essa biomassa foi colocada para fornecer proteção a planta pela liberação da quitosana presente na parede micelial do fungo, no entanto, a quitosana não apresenta somente esses efeitos.

De acordo com Boonlertnirun *et al.* (2008), a quitosana serve como fonte de carbono para microrganismos do solo e ajuda a acelerar o processo de transformação da matéria orgânica para matéria inorgânica, que é facilmente absorvido pelas plantas, assim, o sistema radicular das plantas assimila mais nutrientes do solo, o que pode explicar porque com esse tratamento foram obtidos os melhores resultados. Na literatura não foram encontrados valores de referência para o K no fruto, contudo, o nível crítico na folha é 58,0 g kg⁻¹ de acordo com Fontes (2006) e a faixa adequada para pimentão é de 35,0-45,0 g kg⁻¹ (Jones Jr. *et al.*, 1991).

De acordo com Marcussi (2005) teores, em g kg⁻¹, de N, P e K nas folhas de pimentão coletada no início da floração podem variar de: 30-60; 2-8 e 25-60 respectivamente, sem ocorrer redução para produção comercial de frutos, mesmo ficando abaixo no nível crítico citado por Fonte (2006).

Os melhores resultados para a variável número de frutos foi encontrado no tratamento de fertilização BNPk na dose mais alta (68000 frutos ha⁻¹), seguido do tratamento de fertilização PNPk na dose recomendada (67500 frutos ha⁻¹). Entre os tratamentos de fertilização somente diferiram ao teste de Tukey ao nível de 5% para o tratamento de fertilização controle que ficou com o menor valor estimado 29250 frutos ha⁻¹, contudo o tratamento controle diferiu apenas dos dois tratamentos de fertilização (BNPk- 150% DR e PNPk – 100 DR) com os maiores valores estimados (Tabela 2). Rocha *et al.* (2006) trabalhando com características de frutos de pimentão pulverizados com produtos de ação bactericida encontraram para número de frutos por m² valores de 10,93; 7,54 e 5,20 para as cultivares Magali R, Cascadura Itaipu e Magda, respectivamente.

Os resultados dos tratamentos com biofertilizantes em comparação com a mistura de fertilizantes comerciais na avaliação das características agronômicas do pimentão

encontram-se na Tabela 3. As variáveis comprimento, diâmetro e espessura da polpa do fruto de pimentão tiveram melhores resultados com o aumento das doses de fertilização (BNPK- 150% DR e PNPk – 150 % DR). A variável número de locos do fruto não apresentou diferença significativa ao teste Tukey 5% de probabilidade (Tabela 3).

De uma forma geral, a análise estatística evidenciou que tanto para o biofertilizante misto, quanto para o Bioprotetor com quitosana fúngica no maior nível de aplicação promoveu maior potencial de resposta, diferenciando dos resultados quanto a aplicação do fertilizante mineral que obteve o menor resultado de resposta, dados obtidos pela comparação das médias pelo teste de Tukey para as variáveis comprimento e diâmetro dos frutos. Isto enfatiza a importância de avaliar do efeito da fertilização na diferenciação das características agrônomicas. O efeito favorável obtido com a aplicação dos tratamentos podem ter sido em função dos maiores teores de N, P e K disponível com adição de enxofre elementar inoculado com *Acidithiobacillus* nos dois tratamentos, solubilizando esses nutrientes em formas assimiláveis. Berger (2010) cultivando caupi com biofertilizante – bioprotetor obteve similaridade e efeito positivo quanto a nutrição e mecanismo de defesa para a planta, em solos da região de Zona da Mata de Pernambuco com fertilização do biofertilizante de rochas com quitosana fúngica e crustácea. Resultado semelhante foi relatado por Silva Júnior (2008) que, trabalhando em condições controladas, verificou com biofertilizante fosfáticos e potássicos inoculado com *Acidithiobacillus e Bradyrhizobium* na recuperação de solos salinos, evidenciou uma tendência marcante quanto aos incrementos de nutrientes essenciais ao crescimento da cultura.

Os tratamentos de fertilização BNPK e PNPk (150% DR) apresentaram melhores valores para comprimento do fruto de 93,7 mm e o valor mais baixo para essa característica foi observado para o tratamento de fertilização FNPk (100% DR) com 84,5 mm (Tabela 3). Entre os tratamentos de fertilização BNPK e PNPk somente diferiram estatisticamente dos demais o PNPk no nível mais baixo (50% DR) que ficou com 86,7 mm, porém, superior ao tratamento de fertilização FNPk. Ribeiro *et al.* (2000) trabalhando com adubação orgânica na produção de pimentão não achou diferença significativa para essa característica, entretanto, atribuiu o maior comprimento ou maior diâmetro ao ganho de peso total dos frutos. Rocha *et al.* (2006) comparando cultivares achou comprimento do fruto para a cultivar Magali R, seguida de Magda e

Cascadura Itaipu com 13,44; 11,07 e 10,53 mm, respectivamente. Pode – se evidenciar que para essa característica o tipo de cultivar influencia diretamente, não diferindo muito quando se trabalha com a mesma cultivar.

A variável diâmetro do fruto obteve melhor resultado com as maiores doses dos tratamentos de fertilização BNPK e PNPK (150% DR) com 76,9 mm, o valor mais baixo foi encontrado no tratamento de fertilização PNPK (50% DR) com 69,6 mm, entretanto, não diferiu ao teste Tukey ao nível de 5 % de probabilidade dos tratamentos de fertilização controle e FNPk (100% DR) com 70, 0 e 70,4 mm, respectivamente (Tabela 3). Os tratamentos de fertilização podem ter afetado diretamente essa característica, pois, em trabalho comparando cultivares Rocha *et al.* (2006) não observou diferença estatística entre as elas. Nesse estudo, como se trata de somente uma cultivar poderia essa característica não variar significativamente, caso recebesse o mesmo tipo de tratamento de fertilização.

A característica espessura da polpa diferiu estatisticamente, os melhores resultados foram encontrados nos tratamentos de fertilização BNPK e PNPK (150% DR) 5,9 e 6,0 mm, respectivamente, e menor resultado ficou com o tratamento de fertilização BNPK (50% DR) com 5,1 mm (Tabela 3). A espessura da polpa do fruto x tratamentos fertilizações constatou-se que os dados obtidos pela análise de variância, apresentaram efeito positivo pelo aumento das doses de biofertilizante e o bioprotetor, registrou uma tendência de incremento pelo comportamento estimulado pela nutrição com N, P e K em comparação com o tratamento controle e fertilizante comercial. Conforme verificado os tratamentos de fertilização comercial e controle relativo se mantiveram estáveis com similaridade, não apresentando diferença entre si. Essa característica tem uma tendência a não variar, em se tratando da mesma cultivar, e sim entre cultivares.

O resultado relativo a interação entre fertilização x número de locos do fruto não apresentaram influência evidente, pois, essa característica tende a não mostrar variação na cultivar e sim entre cultivares.

Com relação aos resultados com aplicação de quitosana de camarão via foliar não foram considerados, pois, durante o experimento não ocorreu incidência de fungos patogênicos radiculares, assim, os resultados não apresentaram diferença significativa, considerou-se cada subparcela que levou esse tratamento como se fosse uma repetição.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq pelo apoio financeiro, ao IPA Recife - PE e Vitória do Santo Antão - PE e a Equipe do Núcleo de Fixação Biológica do N₂ nos Trópicos - NFBNT

REFERÊNCIAS

BERGER LRR. 2010. Efeito da quitosana e do biofertilizante-bioprotetor na murchar-de-fusário em caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp). Universidade Federal Rural de Pernambuco - Recife. 74p. (Dissertação de Mestrado).

BOONLERTNIRUN S; BOONRAUNG C; SUVANASARA R. 2008. Application of chitosan in rice production. *Journal of Metals Materials and Minerals* 18: 47-52.

DÖBEREINER, J. 1961. Enriquecimento do composto do lixo com bactérias fixadoras de nitrogênio atmosférico. Rio de Janeiro. Instituto de Pesquisa Agropecuária, *Comunicado Técnico* n. 11. 10p.

EPSTEIN E; BLOOM AJ. 2006. *Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas*. Londrina: Editora Planta. 403p.

FILGUEIRA FAR. 2003. *Solanáceas: agrotecnologia moderna na produção de tomate, batata, pimentão, pimenta, berinjela e jiló*. Viçosa, MG: UFV.

FONTES PCR. 2006. *Diagnóstico do estado nutricional das plantas*. Viçosa: UFV, 122p.

FRANCO LO; STAMFORD TCM; STAMFORD NP; CAMPOS - TAKAKI GM. 2005. *Cunninghamella elegans* (IFM 46109) como fonte de quitina e quitosana. *Analytica* 4: 40-44.

IPA – Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária. 2008. *Recomendação de adubação para o estado de Pernambuco*. Recife – PE. 181p.

JONES JR. JB; WOLF B; MILLS HA. 1991. Plant analysis handbook: a practical sampling, preparation, analysis and interpretation guide. *Athens: Micro-Macro*, 213p.

LIMA FS; STAMFORD NP; SOUSA CS; LIRA JÚNIOR MA; MALHEIROS SMM; VAN STRAATEN P. 2010. Earthworm compound and rock biofertilizer enriched in Nitrogen by inoculation with free living diazotrophic bacteria. *World Journal of Microbiology & Biotechnology* 27: 1-7.

MALAVOLTA E; VITTI GC; OLIVEIRA AS. 1989. *Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações*. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato. 201p.

MALAVOLTA E. 1997. *Avaliação do estado nutricional das plantas: Princípios e aplicações*. 2.ed. Piracicaba: POTAFOS. 319p.

MALAVOLTA E. 2006. *Manual de nutrição de plantas*. São Paulo: Editora Agronômica Ceres. 638p.

MARCUSSI FFN; GODOY LJJ; BÔAS RLV. 2004. Fertirrigação nitrogenada e potássica na cultura do pimentão baseada no acúmulo de n e k pela planta. *Irriga* 9: 41-51.

MARCUSSI FFN. 2005. Uso da fertirrigação e teores de macronutrientes em planta de pimentão. *Engenharia Agrícola* 25: 642-650.

RIBEIRO LG; LOPES JC; MARTINS FILHO S; RAMALHO SS. 2000. Adubação orgânica na produção de pimentão. *Horticultura Brasileira* 18: 134-137.

ROCHA MC *et al.*, 2006. Características de frutos de pimentão pulverizados com

produtos de ação bactericida. *Horticultura Brasileira* 24: 185-189.

ROE NE; STOFFELLA PJ; GRAETZ D. 1997. Composts from various municipal solid waste feedstocks affect vegetable crops. II. Growth, yields, and fruit quality. *Journal of American Society and Horticultural Science* 122: 433-437.

SAS. Statistical Analysis System Institute. **SAS/STAT**. 1996. User's guide, version 9.0. Cary. 842p.

SEDIYAMA MAN; VIDIGAL SM; SANTOS MR; SALGADO LT. 2009. Rendimento de pimentão em função da adubação orgânica e mineral. *Horticultura Brasileira* 27: 294-299.

SILVA JÚNIOR S. 2008. *Bradyrhizobium* e biofertilizantes de rochas com *Acidithiobacillus* e gesso no feijão caupi em solos salinos-sódicos. Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife. (Dissertação de Mestrado).

STAMFORD NP; SANTOS PR; SANTOS CERS; FREITAS ADS; DIAS SHL; LIRA JUNIOR MA. 2007. Agronomic effectiveness of biofertilizers with phosphate rock, sulphur and *Acidithiobacillus* in a Brazilian tableland acidic soil grown with yam bean. *Bioresource Technology* 98: 1311–1318.

STAMFORD NP; LIMA RA; LIRA JUNIOR MA; SANTOS CERS. 2008. Effectiveness of phosphate and potash rocks with *Acidithiobacillus* on sugar cane yield and their effects in soil chemical attributes. *World Journal of Microbiology and Biotechnology* 24: 2061-2066.

Tabela 1. Teor de N, P e K total nos frutos de pimentão submetido a diferentes tratamentos de fertilização (Total N, P and K on green pepper fruits submitted to different fertilization treatments). Vitória de Santo Antão, Pernambuco, UFRPE, 2011.

Tratamentos de Fertilização	Teor nos frutos		
	N	P	K
	g kg ⁻¹		
BNPK ⁽²⁾ (50% DR ⁽³⁾)	1,80 a	0,35 a	1,51 a
BNPK (100% DR)	1,85 a	0,37 a	1,56 a
BNPK (150% DR)	1,93 a	0,39 a	1,59 a
PNPK (50% DR)	1,86 a	0,34 a	1,52 a
PNPK (100% DR)	1,87 a	0,37 a	1,57 a
PNPK (150% DR)	2,00 a	0,38 a	1,60 a
FNPK (100% DR)	2,03 a	0,35 a	1,45 a
Controle	1,92 a	0,37 a	1,54 a
CV (%)	11	11	15

⁽¹⁾ Na coluna, as médias seguidas de mesma letra, não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

⁽²⁾ BNPK = biofertilizante misto; PNPK = Bioprotetor com quitosana fúngica; FNPK = fertilizantes comerciais.

⁽³⁾ DR = Dose Recomendada

Tabela 2. Número de frutos do pimentão – cv. All big, submetido a diferentes tratamentos de fertilização (Fruit number of Green pepper – cv. All big submitted to different fertilization treatments). Vitória de Santo Antão, Pernambuco, UFRPE, 2011.

Tratamentos de Fertilização	Número de frutos frutos ha ⁻¹
BNPK ⁽²⁾ (50% DR ⁽³⁾)	53750 ab
BNPK (100% DR)	51750 ab
BNPK (150% DR)	68000 a
PNPK (50% DR)	51750 ab
PNPK (100% DR)	67500 a
PNPK (150% DR)	50000 ab
FNPK (100% DR)	51250 ab
Controle	29250 b
C.V. (%)	3

⁽¹⁾ Na coluna, as médias seguidas de mesma letra, não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

⁽²⁾ BNPK = biofertilizante misto; PNPk = Bioprotetor com quitosana fúngica; FNPK = fertilizantes comerciais.

⁽³⁾ DR = Dose Recomendada

Tabela 3. Comprimento dos frutos (CF), diâmetro do fruto (DF), espessura da polpa do fruto (EPF) e número de locos do fruto (NLF) submetido a diferentes tratamentos de fertilização (Length (LF), diameter (DF) and thickness (TF) of the Green pepper fruits as affected by different fertilization treatments). Vitória de Santo Antão, Pernambuco, UFRPE, 2011.

Tratamentos de Fertilização	Características agronômicas			
	CF	DF	EPF	NLF
	-----mm-----			
BNPK ⁽²⁾ (50% DR ⁽³⁾)	88,1 ab	71,2 b	5,1 b	3,0 a
BNPK (100% DR)	91,1 ab	74,7 ab	5,6 ab	3,0 a
BNPK (150% DR)	93,7 a	76,9 a	5,9 a	3,0 a
PNPK (50% DR)	86,7 b	69,6 c	5,4 ab	3,0 a
PNPK (100% DR)	92,0 ab	74,6 ab	5,7 ab	3,0 a
PNPK (150% DR)	93,7 a	76,9 a	6,0 a	3,0 a
FNPK (100% DR)	84,5 c	70,4 c	5,5 ab	3,0 a
Controle	85,6 bc	70,0 c	5,5 ab	3,0 a
CV (%)	3	3	7	14

⁽¹⁾ Na coluna, as médias seguidas de mesma letra, não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

⁽²⁾ BNPK = biofertilizante misto; PNPK = Bioprotetor com quitosana fúngica; FNPK = fertilizantes comerciais.

⁽³⁾ DR = Dose Recomendada

CAPÍTULO II

Artigo submetido para publicação no periódico da Revista Horticultura Brasileira

Bioprotetor com bactéria de vida livre e quitosana fúngica influenciando o pimentão e propriedades do solo

Bioprotect with Free Living Diazotrophic and Fungi Chitosan Affecting Green Pepper and Soil Properties

Rosângela S. Santana^I, Newton P. Stamford^I, Sebastião da Silva Júnior^I, Clayton A. Sousa^I, Thayza Christina M. Stamford^{II} Luiz Evandro de Lima^{III}

^I Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Agronomia, Av. D. Manoel de Medeiros, s/nº, Dois Irmãos, 52171-900, Recife, Pernambuco, Brasil, newtonps@depa.ufrpe.br. ^{II} Universidade Federal da Paraíba, Departamento de Patologia, Av. Cidade Universitária, s/nº, João Pessoa, Paraíba, Brasil. ^{III} Estação Experimental Luiz Jorge Wanderley, Vitória de Santo Antão, Pernambuco, Brasil. luiz.evandro@ipa.com.br

RESUMO

Fontes alternativas aos fertilizantes minerais (FNPK) foram avaliadas na produtividade de pimentão (*Capsicum annuum* cv. All Big) e em algumas propriedades de um Argissolo da região da Zona da Mata do estado de Pernambuco, Brasil. Foi conduzido um experimento em campo, no período chuvoso (Dezembro 2010 – Março 2011), na Estação Experimental de Horticultura do Instituto Agrônomo de Pernambuco – IPA, no município de Vitória de Santo Antão, Pernambuco, Brasil. O experimento foi conduzido em fatorial 8x2, no delineamento experimental em parcelas subdivididas, com 8 tratamentos de fertilização e 2 sub tratamentos (com e sem aplicação foliar de quitosana de camarão), com quatro repetições. Os tratamentos foram: (1) adubação convencional FNPK aplicada na dose recomendada (DR) para pimentão irrigado; (2) Biofertilizante - BNPK 50 % DR; (3) BNPK 100 % DR; (4) BNPK 150 % DR; (5) PNPk – Biofertilizante Bioprotetor com quitosana fúngica (*Cunninghamella elegans*) 50 % DR; PNPk 100 % DR; PNPk 150 % DR; Tratamento Controle (estrupe de curral 2.4 L planta⁻¹). A melhor produtividade de frutos foi obtida com aplicação das doses mais elevadas de PNPk e BNPK. Houve diferença significativa entre os tratamentos de fertilização com relação aos teores de nutrientes nos frutos quando aplicados os

tratamentos PNPk e BNPK nas doses mais elevadas. As propriedades dos solos mostraram melhores resultados quando aplicado PNPk e BNPK nas doses mais elevadas, mostrando possibilidades de apresentar efeito residual. No experimento não foi observada incidência de doenças radiculares, não sendo possível comparar os tratamentos.

Palavras - chave: *Capsicum annuum*, *Cunninghamella elegans*, adubação orgânica, agricultura orgânica, fertilização biológica, nutrição de plantas.

ABSTRACT

NPK fertilizers were evaluated on yield and nutrients on leaves of Green pepper (*Capsicum annuum* cv. All Big) and in some properties of a Red Yellow Latosol of the rainforest region of Pernambuco State, Brazil. A Field experiment was carried out at the Horticultural Experimental Station of the Agronomic Institute of Pernambuco – IPA during the rain season period (March-August, 2011). The experiment was a factorial (8x2), in split plot design, with eight fertilizer treatments and two sub treatments (with and without crustaceous chitosan applied on leaves), with four replicates. The fertilizer treatments were: (1) FNPk conventional mineral fertilizers applied in recommended rate (RR); (2) Biofertilizer - BNPK 50% RR; (3) BNPK 100% RR; (4) BNPK 150% RR; (5) PNPk – Biofertilizer Protect with fungi chitosan (*Cunninghamella elegans*) 50% RR; (6) PNPk 100% RR; (7) PNPk 150% RR; (8) Control treatment (cow manure – 2.4 L plant⁻¹). The best fruit yield was obtained with PNPk and BNPK, both applied in highest rate. There was significant difference among the fertilization treatments regarding the nutrients uptake on fruits. The analyzed soil properties showed best results when applied PNPk with fungi chitosan and BNPK in highest rates, and probable will promote residual power. In the experiment was not observed incidence of soft rot diseases and was not possible to compare the treatments.

Keywords: *Capsicum annuum*, *Cunninghamella elegans*, biological fertilization, organic agriculture, plant nutrition, rock biofertilizers.

INTRODUÇÃO

O crescimento acentuado da população mundial, a demanda do uso de fertilizantes e pesticidas e bem como os constantes aumentos no custo dos insumos têm promovido sensíveis mudanças nos sistemas de produção agrícola (Lima *et al.*, 2010).

A Fertilização com NPK é um dos fatores mais importantes que afetam a produção, a nutrição e disponibilidade de nutrientes no solo, e torna-se necessário intensificar o uso de novas técnicas visando incrementar a produtividade e melhorar ao máximo o sistema de produção agrícola (Stamford *et al.*, 2008).

Biofertilizantes produzidos com rochas fosfatadas e potássicas com adição de enxofre elementar inoculado com a bactéria oxidante do enxofre *Acidithiobacillus* a qual produz H_2SO_4 podem contribuir significativamente para aumento da disponibilidade de nutrientes. É bem conhecido que as rochas não contém N suficiente para suprir o crescimento normal das plantas, e para promover aumento no teor de N em biofertilizante de rochas com P e K, torna-se necessário a adição de material orgânico (MO) com pH elevado, como por exemplo húmus de minhoca, inoculado com bactéria diazotrófica de vida livre, como demonstrado (Lima *et al.*, 2010).

Estudos biológicos utilizando quitosana de crustáceos são frequentes para obter resistência das plantas a patógenos, e além do que, devido as suas propriedades de quelação superior a vários outros polímeros pela presença de grupos amínicos, a quitosana pode liberar nutrientes para o ambiente. Foi aplicada a biomassa do fungo Mucorales *Cunninghamella elegans* no biofertilizante BNPK, visando a produção de biofertilizante-bioprotetor (PNPK). A elevada acidez promovida pela bactéria *Acidithiobacillus*, devido a produção de ácido sulfúrico, pode incrementar a ocorrência de quitosana no insumo. O uso da quitosana de biomassa fúngica tem grandes vantagens comparada com a quitosana de crustáceos como, por exemplo, independência de fatores sazonais e liberação simultânea de quitina e quitosana (Franco *et al.*, 2004).

O presente trabalho foi conduzido para avaliar os efeitos do biofertilizante (BNPK) e do Bioprotetor com quitosana fúngica (PNPK) no crescimento, produtividade e nutrição do pimentão, e bem como em propriedades do solo. Também, procurou-se estimar a possível resistência da planta a fungos patogênicos radiculares, de ocorrência natural.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Estação Experimental Luiz Jorge da Gama Wanderley- IPA, localizada na Mesorregião da Mata Pernambucana, em Vitória do Santo Antão - PE, situada na Latitude Sul (8° 8' 00") e Longitude Oeste (35° 22' 00"), a uma Altitude de 146 m. O solo no local do experimento foi um Latossolo Vermelho Amarelo distrófico cuja análise para fins de fertilidade 0 – 20 cm de profundidade indicou: pH 6,1, N total 0,55 g kg⁻¹, P disponível 2,7 mg dm⁻³, K disponível 10,4 mg dm⁻³, cátions trocáveis (mmol dm⁻³) - Ca⁺² 16 e Mg⁺² 4.

O experimento em campo foi conduzido no delineamento experimental em blocos casualizados, em parcelas subdivididas, no fatorial (8x2), com quatro repetições, sendo 8 tratamentos de fertilização (com doses variando com a cultura e a análise do solo) e 2 tratamentos com aplicação de quitosana de camarão (com e sem) pulverizada nas folhas das plantas. Os tratamentos de fertilização foram os seguintes: (1) FNPk mistura de fertilizantes comerciais, na dose recomendada (DR), calculada em função da análise química do solo e da necessidade da cultura; (2) Biofertilizante misto BNPk (50% DR); (3) BNPk 100 % DR; (4) BNPk 150 % DR; (5) Bioprotetor com biomassa do fungo *Cunninghamella elegans* (PNPK) 50% DR; (6) PNPk 100 % DR; (7) PNPk 150% DR; (8) Controle - tratamento utilizado pelo agricultor da região (estrupe de curral – total de 2,4 L planta⁻¹) de acordo com a recomendação do (IPA 2008), aplicado no dia do transplante das mudas. A composição química do esterco utilizado foi a seguinte: pH = 8,2; N total = 8,0 g kg⁻¹; P disponível = 2,10 mg kg⁻¹; K disponível = 9,0 mg kg⁻¹; Ca trocável = 3,5 cmol_c dm⁻³; Mg trocável = 3,6 cmol_c dm⁻³.

Cada tratamento descrito foi usado com e sem aplicação de quitosana de camarão (produzida em laboratório), pulverizada nas folhas até escorrer para o solo, após sete dias do transplante, visando à observação de ocorrência de fungos patogênicos radiculares. No campo não foi feita inoculação com microrganismos fitopatogênicos, e sim avaliada a ocorrência natural, o que normalmente ocorre em áreas com plantio de pimentão.

Cada sub parcela com de 8,4 m² constitui-se de 3 linhas de 2,8 m de comprimento, onde as 21 mudas foram distribuídas, no espaçamento de 1,0 x 0,4 m, sendo consideradas na área útil as 10 plantas centrais de cada sub parcela. Os sulcos foram

abertos mantendo a declividade de 0,2% a 0,5% visando facilitar o escoamento da água.

O biofertilizante misto (BNPK) foi produzido em bandejas (capacidade 6 L) a partir do biofertilizante de rochas (BPK) usando rocha fosfatada (apatita de Irecê – Bahia, com 24 % de P_2O_5 total) e rocha potássica (biotita xisto de Santa Luzia – Paraíba com 10 % de K_2O total) em mistura com matéria orgânica (húmus de minhoca), na proporção de 4,0 (MO): 1,0 (BPK), com adição da bactéria diazotrófica de vida livre NFB 10001, da forma descrita por Lima *et al.* (2010). Durante o período de incubação a umidade foi mantida próxima a 80% da retenção máxima, com adição de água destilada. A análise final do biofertilizante misto (30 dias de incubação) forneceu os seguintes resultados: pH 5,9; N total 21 g kg^{-1} , P disponível 20 g kg^{-1} ; e K disponível 19 g kg^{-1} .

O pH em água (1:25) foi determinado por potenciometria (pHmetro de bancada modelo DM-22); N total por digestão sulfúrica (Malavolta *et al.*, 1989) em analisador automático Kjeltex (modelo 1030); P e K disponível (Mehlich-1), determinados por colorimetria e por fotometria de chama, respectivamente.

A partir do Biofertilizante misto (BNPK) foi realizada a produção do Bioprotetor (PNPK) com adição de biomassa micelial do fungo *Cunninghamella elegans* (UCP 542), cedido pela Universidade Católica de Pernambuco UNICAP. O fungo *C. elegans* foi crescido em meio Batata-Dextrose (BD) em Erlenmeyers de 2000 mL sob agitação a 180 rpm, durante 5 dias (Franco *et al.*, 2005). A massa micelial foi filtrada em membrana de nylon (120F), lavada com água destilada (retirado o excesso de água), depois feita a secagem em estufa com circulação de ar, a 30° C. Em seguida a massa micelial foi macerada, para a produção da biomassa fúngica e aplicada numa concentração de 10%.

Os tratamentos (biofertilizante misto, bioprotetor, o estrume de curral e a adubação mineral NPK) foram aplicados em cova, em três etapas: uma no transplante das mudas, e duas coberturas (30 e 45 dias após o transplante).

As mudas de pimentão (cv. All Big), foram produzidas em bandejas de isopor em casa de vegetação. O substrato possuía a composição de 50% de pó de coco, 300 g de pó de rocha e 50% de humos de minhoca. Após 15 dias da semeadura foi realizado o desbaste e adubação com torta de mamona, que receberam adubação semanal, até serem transplantadas para o campo, usando rega (microaspersão), com umidade constante.

A condução do experimento em campo ocorreu no período de dezembro de 2010 a

março de 2011, sendo o transplante das mudas realizado aos 38 dias após o semeio nas bandejas, e as capinas foram realizadas com enxada, sempre que necessárias. O sistema de irrigação utilizado foi o de microaspersão, mantendo o solo próximo à capacidade de campo, durante todo o desenvolvimento da planta, sem deixar ocorrer encharcamento.

Aos 60 dias após o transplante das mudas, foi realizada a coleta da folha mais desenvolvida do terço médio da planta, utilizando 10 plantas das duas fileiras centrais de cada subparcela, as quais após secagem em estufa de ventilação forçada a 65-70 °C, por 72 horas, foram moídas e utilizadas para a análise nutricional (N, P e K). Para a avaliação da produtividade do pimentão (quatro colheitas) foram consideradas as mesmas plantas utilizadas para a análise foliar.

A análise química das folhas foi procedida de acordo com Malavolta *et al.* (1989) usando digestão nitroperclórica para determinação de P e K total por colorimetria e fotometria de chamas, respectivamente. A análise de N total foi realizada por digestão sulfúrica (Kjeldhal semimicro) usando o autoanalisador Kjeltac 1030.

Para a análise do solo foram coletadas amostras de solo localizadas nas duas fileiras centrais (10 plantas) de cada subparcela. As amostras de solo foram coletadas a 20 cm de profundidade e 10 cm da base da planta, misturadas para formar amostras compostas para análise de: pH, N total, P e K disponível, Ca^{+2} e Mg^{+2} trocável, seguindo a metodologia da Embrapa (2009). Sulfato solúvel ($S-SO_4^{-2}$) foi determinado usando Kit específico da Merck e o espectrofotômetro modelo Merck TR 420.

A análise estatística foi realizada usando o Programa SAS versão 9.0 (SAS Institute, 1999) e as médias comparadas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Produtividade de frutos do pimentão

Os resultados do efeito da aplicação dos tratamentos com as diferentes fontes de fertilização na produtividade do pimentão no experimento de campo encontram-se na Tabela 1. O tratamento PNPk (150 % DR) mostrou a maior produtividade de frutos, apresentando 21,36 t ha⁻¹ seguido dos tratamentos PNPk (100 % DR) e BNPk (150 %

DR) que alcançaram 19,14 e 19,07 t ha⁻¹, respectivamente, e o FNPk produziu 28,4 kg ha⁻¹, 100% a menos do que o PNPk (100% DR). O tratamento de fertilização com esterco de curral com aplicação de 2,4 L planta⁻¹ (controle) teve a menor produtividade, 15,65 t ha⁻¹ (Tabela 1). Entretanto, é interessante observar que os tratamentos de fertilização utilizados apresentaram produtividade superior à média (15 t ha⁻¹) para pimentão irrigado de acordo com o IPA (2008), no estado de Pernambuco.

Em experimentos de campo foram obtidos resultados similares por Stamford *et al.* (2011) trabalhando com uva no vale do São Francisco e em experimento conduzido em casa de vegetação (Berger 2010) com caupi para avaliar a eficiência agrônômica de BNPk e PNPk em comparação com FNPk também encontraram resultados corroborando com os encontrados no pimentão.

Moura *et al.*, (2007) na avaliação comercial do meloeiro no Vale do São Francisco, Lima *et al.* (2007b) com alface no vale do Cariri cearense, e Stamford *et al.* (2006) com cana de açúcar na Zona da Mata de Pernambuco, mostraram o efeito da aplicação de biofertilizante de rocha fosfatada (BP) e de rocha potássica (BK), em comparação com fertilizantes convencionais.

Nutrientes na folha

Os resultados para nutrientes nas folhas estão apresentados na Tabela 2. A melhor resposta para o N total acumulado nas folhas foi verificado no tratamento com aplicação de PNPk na dose mais elevada (150% DR), seguido de BNPk (150% DR), e do FNPk (100% DR). Todavia, pode ser observado que BNPk (150% DR) não foi significativamente superior ao tratamento FNPk, e que esses tratamentos também não diferiram do PNPk (100% DR) e BNPk (100% DR). O tratamento controle, BNPk e PNPk na dose 50% DR mostraram os valores mais baixos de N total. Os resultados obtidos mostram o efeito da inoculação com a bactéria diazotrófica, que fornece ao produto orgânico potencial para ceder N, especialmente quando aplicados em níveis mais elevados.

Para P total também houve diferença significativa entre os tratamentos de fertilização, sendo obtidos os melhores resultados com aplicação de PNPk (150% DR) seguido do BNPk também na dose 150% DR (Tabela 2). Com relação ao K total verifica-se que PNPk nas doses 150 e 100% DR apresentaram diferença significativa

para os demais tratamentos, seguido do BNPK (150% DR). Os demais tratamentos, inclusive o controle não diferiram entre si.

Portanto, BNPK e PNPk nas doses mais elevadas mostraram maior eficiência agrônômica, e podem ser usados pela cultura do pimentão, com bons resultados na nutrição das plantas e resposta significativa na produtividade.

Características do solo

De uma maneira geral houve efeito significativo pela aplicação dos tratamentos de fertilização com relação aos dados de pH do solo (Figura 1). O PNPk, BNPK e o controle promoveram aumento na reação do solo, especialmente com aplicação do estrume de curral (2,4 L planta⁻¹). Por outro lado, FNPk modificou o pH do solo, possivelmente por conter sulfato de amônio em sua composição, e também pelo fato de que, como constatado por Nahas (2002), a aplicação de fertilizante contendo superfosfato promove incremento significativo de atividade enzimática (fosfatase ácida) com mudança do pH do solo.

O efeito do PNPk e do BNPK no aumento do pH do solo, pode ser explicado pela grande quantidade de matéria orgânica (húmus de minhoca) na composição dos dois produtos, tendo em vista que em sua produção usou-se 4 partes de matéria orgânica e 1 parte de biofertilizante de rochas com P e K, usados na mesma proporção.

Berger (2010) trabalhando com biofertilizante de rochas e húmus de minhoca em caupi, observaram efeito similar do biofertilizante de rocha no pH do solo. Também Silva *et al.* (2011) mostraram que com aplicação de biofertilizante de rocha fosfatada pode ocorrer diminuição do pH do solo, e aumento na disponibilidade de P para a planta. Stamford *et al.* (2005), também verificaram alteração do pH do solo, e relataram que o efeito ocorre em função do ácido sulfúrico produzido pela bactéria *Acidithiobacillus* atuando no S elementar utilizado na fabricação dos biofertilizantes de rochas.

Lima *et al.*, (2007b) avaliando a eficiência de biofertilizantes produzidos com rocha fosfatada e rocha potássica, mais enxofre inoculado com *Acidithiobacillus*, em mistura com húmus de minhoca no rendimento da alface em dois cultivos consecutivos, observaram que não houve mudança no pH em função dos tratamentos de fertilização,

devido ao fato de que no trabalho os biofertilizantes de rochas foram aplicados em mistura com húmus de minhoca com pH 7,9.

Pode ser observado que a variação de pH, nos tratamentos com aplicação de fertilização com base na recomendação da análise de solo, não influenciou na produtividade do pimentão (Figura 1).

Os resultados de N total no solo, após a colheita do pimentão encontram-se na Figura 2A. Pode ser constatado que o nível mais elevado de N total no solo foi obtido quando aplicado PNPk (150% DR), seguido de BNPK também na dose mais elevada (150% DR). Os resultados com menor nível de N total no solo, após a colheita do pimentão foi com aplicação de FNPK e com o BNPK (50% DR). É provável que o N fornecido pelo fertilizante convencional (sulfato de amônio) tenha sido absorvido e favorecido o desenvolvimento da planta, entretanto devido a sua elevada solubilidade deve ter sido percolado no solo, por efeito da alta precipitação ocorrida durante o período vegetativo.

Em relação ao N total no solo foi em parte prejudicada, tendo em vista que os trabalhos desenvolvidos com biofertilizantes de rochas inicialmente foram realizados com leguminosas e o N era fornecido pelo processo da fixação biológica, através da inoculação com rizóbios específicos. Em plantas não leguminosas o N foi aplicado através da mistura de biofertilizante de rocha com P e K e húmus de minhoca na proporção de 4:1, o N total também não foi analisado no solo, pois o interesse maior era verificar o efeito de P e K cedidos pelos biofertilizantes de rochas fosfatadas e potássicas.

Para o P disponível no solo, após a colheita do pimentão, os resultados mostram que os tratamentos com aplicação de BNPK, seguido de PNPk, apresentam os teores mais elevados de P no solo (Figura 2B). Houve incremento de acordo com a elevação da dose aplicada, sendo que na dose mais elevada houve diferença altamente significativa, fato importante, especialmente quando comparado com o FNPK.

Os resultados obtidos, também confirmam o efeito positivo das bactérias oxidantes do enxofre elementar (*Acidithiobacillus*) na solubilização de minerais contidos nas rochas, que foram utilizadas na produção do BNPK e do PNPk.

Silva *et al.*, (2011) utilizando diferentes fontes de P verificaram que o biofertilizante fosfatado e o tratamento com aplicação das rochas fosfatadas

apresentaram os teores mais elevados de P no solo. No trabalho os tratamentos com mistura de fertilizantes convencionais apresentaram os teores mais baixos de P disponível no solo, após o cultivo do melão. Stamford *et al.* (2009) também verificaram um efeito significativo do biofertilizante de rochas em comparação com o fertilizante mineral em melão no Vale do São Francisco. Lima *et al.* (2007a) avaliando a eficiência de biofertilizantes produzidos com rochas fosfatada e potássica em mistura com húmus de minhoca, observaram efeito residual do biofertilizante com P e K, e da mistura do fertilizante comercial com o biofertilizante potássico na cultura do alface na região do Cariri, e os dados da primeira colheita foram similares aos obtidos no presente trabalho com pimentão.

O efeito do melhor desempenho do PNPk e do BNPK em relação a mistura com os fertilizantes minerais solúveis, pode ser explicado tendo em vista que no solo também ocorrem bactérias oxidantes do enxofre, além de *Acidithiobacillus*, e fungos que produzem fosfatases, quitina e quitosana, como *Cunninghamella elegans* (Franco *et al.*, 2005), os quais podem atuar na solubilização de P dos biofertilizantes, e, portanto, podem participar efetivamente no aumento da disponibilidade de P para as plantas.

Houve incremento do K disponível no solo, principalmente de acordo com a aplicação de PNPk e BNPK (Figura 2C), com aumento mais significativo pelo PNPk (150% DR), seguido de BNPK (150% DR) e PNPk (100 %DR). Também ocorreu incremento de K disponível quando usados estes insumos na dose 50% DR, enquanto o tratamento com aplicação do FNPk apresentou os níveis mais baixos. Provavelmente, este fato deve ter ocorrido em função da rápida absorção do K altamente solúvel do sulfato de potássio e, devido a sua alta disponibilidade, o K absorvido foi transferido para a produção de frutos e, conseqüentemente, não promoveu aumento no K disponível do solo. De forma diferente, o K do PNPk e do BNPK continuou sendo liberado para o solo por atuação do *Acidithiobacillus* na rocha biotita que é constituinte destes insumos.

Em Argissolo do Vale do São Francisco cultivado com melão, Stamford *et al.* (2009) mostraram incremento de K disponível no solo quando aplicado biofertilizante produzido com rocha potássica (biotita de Santa Luzia), na dose mais elevada. Lima *et al.* (2007b) verificaram efeito positivo da fertilização no K disponível de solo cultivado com alface na região do Cariri, sendo os melhores resultados obtidos quando aplicado biofertilizante de rocha com K, mostrando o efeito da liberação de K presente na rocha.

Os resultados obtidos para SO_4^{-2} encontram-se na Figura 2D. Pode ser observado que os valores mais elevados foram obtidos com o FNPK seguido do BNPK na dose mais elevada (150% DR). O FNPK provavelmente mostrou maior nível de SO_4^{-2} solúvel no solo em função de que foram usados na mistura NPK o sulfato de amônio, o superfosfato simples e o sulfato de potássio, e todos possuem alto teor de SO_4^{-2} na sua constituição. Como o sulfato é uma base fraca, normalmente não é arrastado para as camadas inferiores, principalmente na presença de Ca e Mg, e também ocorre que o pimentão não é muito exigente em sulfato. Por outro lado deve ser observado que para os tratamentos com BNPK e PNPk o SO_4^{-2} no solo mostrou valores bastante elevados, como esperado, principalmente pela formação de ácido sulfúrico que libera SO_4^{-2} , sendo parte utilizada pelas plantas e o restante permanece no solo.

Os resultados do Ca trocável estão apresentados na Figura 2E. O Ca trocável apresentou efeito significativo com os tratamentos de fertilização, sendo os níveis mais elevados obtidos quando aplicado PNPk na dose mais elevada (150% DR), seguido da dose 100% DR, e pelo BNPK nas doses 150 e 100 % DR. Os menores níveis de Ca trocável foram obtidos com aplicação de FNPK, BNPK (50% DR) e PNPk (50% DR), mas todos apresentaram nível de Ca trocável acima de $2 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, e também pode ser observado que o teor de Ca trocável teve um aumento considerável em relação ao nível encontrado no solo nas amostras coletadas antes da implantação do experimento ($1,6 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$). Provavelmente este resultado foi devido a solubilização do Ca contido na rocha fosfatada, que está presente no fosfato natural que faz parte do PNPk e BNPK, sendo os resultados mais evidentes obtidos com aplicação das doses mais elevadas.

Resultados semelhantes foram obtidos com cana de açúcar cultivada em solo do Tabuleiro Costeiro da Zona da Mata de Pernambuco (Stamford *et al.*, 2006b), e em melão no Vale do São Francisco (Stamford *et al.*, 2009), onde elevados teores de Ca trocável foram obtidos no solo, após o cultivo, quando foi aplicado o biofertilizante de rocha fosfatada e potássica. Oliveira *et al.* (2010), também verificaram aumento do teor de Ca trocável no solo, quando adicionado adubo orgânico, que proporcionou maior disponibilidade de Ca quando aplicado na dose correspondente a 6 t ha^{-1} . Vale considerar que o BNPK e o PNPk foram aplicados em níveis bem mais baixos e foram obtidos níveis semelhantes.

Os resultados para Mg trocável no solo, após o cultivo do pimentão encontram-se na Figura 2F. O Mg trocável mostrou efeito significativo dos tratamentos com diferentes fertilizantes, sendo os melhores resultados obtidos com aplicação do BNPK (150% DR), PNPk nas doses 150 e 100% DR, e com FNPk, com níveis similares. O Mg trocável foi mais baixo no quando aplicadas as menores doses (50% DR) de BNPK e PNPk, entretanto todos os tratamentos mostraram aumento do Mg trocável (acima de $1,5 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) em relação ao teor encontrado no solo antes da realização do experimento ($0,4 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$).

O magnésio trocável provavelmente mostrou valores elevados no solo, devido a solubilização do Mg contido na biotita, usada na produção do biofertilizante, em função da acidez promovida pela bactéria oxidante do S elementar (*Acidithiobacillus*), como constatado por Moura (2006). Stamford *et al.* (2011) usando biofertilizante de rochas, observaram efeito significativo no teor de Mg trocável do solo quando foram aplicados biofertilizante de rocha fosfatada e potássica, sendo os melhores resultados obtidos com o biofertilizante potássico aplicado na maior dose. Oliveira *et al.* (2010) também obtiveram aumentos significativos na concentração de Mg trocável do solo, com adição do adubo orgânico na dose de 6 t ha^{-1} . Vale salientar que o BNPK e PNPk são aplicados em doses bem menores, com resultados similares.

A pesquisa evidencia a possibilidade do uso do Bioprotetor (PNPK) e do biofertilizante misto (BNPK), para utilização como fonte alternativa em substituição a fertilizantes minerais solúveis, devido ao incremento na produtividade, e, especialmente no aumento dos teores de nutrientes no solo.

O efeito da aplicação de quitosana de camarão via foliar não foi avaliada tendo em vista que não houve ocorrência de fitopatógenos radiculares durante o período experimental, sendo cada subparcela considerada como mais uma repetição para fins de análise estatística, em função de não ter ocorrido diferença nos resultados dentro do mesmo tratamento de fertilização.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, Brasil) pelo apoio financeiro, ao Instituto Agrônomo de Pesquisa (IPA) e ao Núcleo de Fixação Biológica do N₂ nos Trópicos - NFBNT / UFRPE.

REFERÊNCIAS

BERGER LRR. 2010. Efeito da quitosana e do biofertilizante-bioprotetor na murchar-de-fusário em caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp). Universidade Federal Rural de Pernambuco - Recife. 74p. (Dissertação de Mestrado).

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (Embrapa). 2009. *Manual de Análises Químicas de Solo, Plantas e Fertilizantes*. 2ª ed. rev. ampl. – Brasília, DF: Embrapa Informações Tecnológicas, 627p.

FRANCO LO; MAIA RCC; PORTO ALF; MESSIAS AS; FUKUSHIMA K; TAKAKI GMC. 2004. Heavy metal biosorption by chitin and chitosan isolated from *Cunninghamella elegans* (IFM 46109). *Brazilian Journal of Microbiology* 35: 243-247.

FRANCO LO; STAMFORD TCM; STAMFORD NP; CAMPOS - TAKAKI GM. 2005. *Cunninghamella elegans* (IFM 46109) como fonte de quitina e quitosana. *Analytica* 4: 40-44.

IPA – Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária. 2008. *Recomendação de adubação para o estado de Pernambuco*. Recife – PE. 181p.

LIMA RCM; STAMFORD NP; SANTOS CERS; DIAS SHL. 2007a. Rendimento da alfaca e atributos químicos de um Latossolo em função da aplicação de biofertilizantes de rochas com fósforo e potássio. *Horticultura Brasileira* 25: 224-229.

LIMA RCM; STAMFORD NP; SANTOS CERS; LIRA JÚNIOR MA; DIAS SHL. 2007b. Eficiência e efeito residual de biofertilizantes de rochas com PK e enxofre com *Acidithiobacillus* em alfaca. *Horticultura Brasileira* 25: 402-407.

LIMA FS; STAMFORD NP; SOUSA CS; LIRA JÚNIOR MA; MALHEIROS SMM; VAN STRAATEN P. 2010. Earthworm compound and rock biofertilizer enriched in

Nitrogen by inoculation with free living diazotrophic bacteria. *World Journal of Microbiology & Biotechnology* 27: 1-7.

MALAVOLTA E; VITTI GC; OLIVEIRA AS. 1989. *Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações*. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato. 201p.

MOURA PM. 2006. Uso de biofertilizantes de rochas com enxofre e Inoculado com *Acidithiobacillus* em Argissolo Acinzentado do Vale do São Francisco cultivado com melão. Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife. 70p. (Dissertação de Mestrado).

MOURA PM; STAMFORD NP; DUENHAS LH; SANTOS CERS; NUNES GHS. 2007. Eficiência de biofertilizantes de rochas com *Acidithiobacillus* em melão, no Vale do São Francisco. *Revista Brasileira Ciências Agrárias* 2: 1-7.

NAHAS E. 2002. Microrganismos do solo produtores de fosfatases em diferentes sistemas agrícolas. *Bragantia* 61: 267-275.

OLIVEIRA AES; SÁ JR; MEDEIROS JF; NOGUEIRA NW; SILVA KJP. 2010. Interação da adubação organo-mineral no estado nutricional das plantas. *Revista Verde* 5: 53 – 58.

SAS. Statistical Analysis System Institute. SAS/STAT. 1996. User's guide, version 9.0. Cary. 842p.

SILVA MO; STAMFORD NP; AMORIM LB; ALMEIDA AB; SILVA MO. 2011. Diferentes fontes de P no desenvolvimento do meloeiro e disponibilidade de fósforo no solo. *Revista Ciência Agronômica* 42: 268-277.

STAMFORD NP; SANTOS CERS; SANTOS PR; SANTOS KSR; MONTENEGRO A. 2005. Effects of rock phosphate, sulphur with and without *Acidithiobacillus* and organic

byproducts on mimosa (*Mimosa caesalpinifolia*) grown in a Brazilian tableland soil. *Tropical Grasslands* 39: 54-61.

STAMFORD NP; LIMA RA; SANTOS CERS; DIAS SHL. 2006. Rock biofertilizers with *Acidithiobacillus* on sugarcane yield and nutrient uptake in a Brazilian soil. *Geomicrobiology Journal* 23: 261-265.

STAMFORD NP; LIMA RA; LIRA JUNIOR MA; SANTOS CERS. 2008. Effectiveness of phosphate and potash rocks with *Acidithiobacillus* on sugar cane yield and their effects in soil chemical attributes. *World Journal of Microbiology & Biotechnology* 24: 2061-2066.

STAMFORD NP; MOURA PM; LIRA JÚNIOR MA; SANTOS CERS; DUENHAS LH; GAVA CAT. 2009. Chemical attributes of an Argissol of the Vale do São Francisco after melon growth with phosphate and potash rocks biofertilizers. *Horticultura Brasileira* 27: 447- 452.

STAMFORD NP; ANDRADE IP; SANTOS CERS; LIRA JÚNIOR MA; SILVA JUNIOR S; FREITAS ADS, VAN STRAATEN P. 2011. Soil properties and grape yield affected by rock biofertilizers with earthworm compound. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition* 11: 79-88.

Tabela 1. Produtividade do pimentão (cv. All big), submetido a diferentes tratamentos de fertilização (Yield of Green pepper – cv. All big submitted to different fertilization treatments). Vitória de Santo Antão, Pernambuco, UFRPE, 2011.

Tratamentos de Fertilização	Produtividade
	t ha ⁻¹
BNPK ⁽²⁾ (50% DR ⁽³⁾)	16.42 cd
BNPK (100% DR)	17.98 c
BNPK (150% DR)	19.07 b
PNPK (50% DR)	16.32 c
PNPK (100% DR)	19.14 b
PNPK (150% DR)	21.36 a
FNPK (100% DR)	17.38 c
Controle	15.65 d
C.V. (%)	13

⁽¹⁾ Na coluna, as médias seguidas de mesma letra, não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

⁽²⁾ BNPK = biofertilizante misto; PNPK = Bioprotetor com quitosana fúngica; FNPK = fertilizantes comerciais.

⁽³⁾ DR = Dose Recomendada

Tabela 2. N, P e K total em folhas do pimentão submetido a diferentes tratamentos de fertilização (Total N, P and K on leaves of green pepper submitted to different fertilization treatments). Vitória de Santo Antão, Pernambuco, UFRPE, 2011.

Tratamentos de Fertilização	Nutriente na folha		
	N total	P total	K total
	kg ha ⁻¹		
BNPK ⁽²⁾ (50% DR ⁽³⁾)	23,7 c	2,27 b	8,62 b
BNPK (100% DR)	26,5 b	2,49 b	10,20 b
BNPK (150% DR)	28,0 b	2,65 ab	11,18 ab
PNPK (50% DR)	23,4 c	2,08 b	9,10 b
PNPK (100% DR)	28,2 ab	2,54 b	12,03 a
PNPK (150% DR)	31,5 a	3,06 a	13,53 a
FNPK (100% DR)	28,4 ab	2,38 b	10,08 b
Controle	24,4 c	2,18 b	9,04 b
CV (%)	9	13	18

⁽¹⁾ Na coluna, as médias seguidas de mesma letra, não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

⁽²⁾ BNPK = biofertilizante misto; PNPK = Bioprotetor com quitosana fúngica; FNPK = fertilizantes comerciais.

⁽³⁾ DR = Dose Recomendada

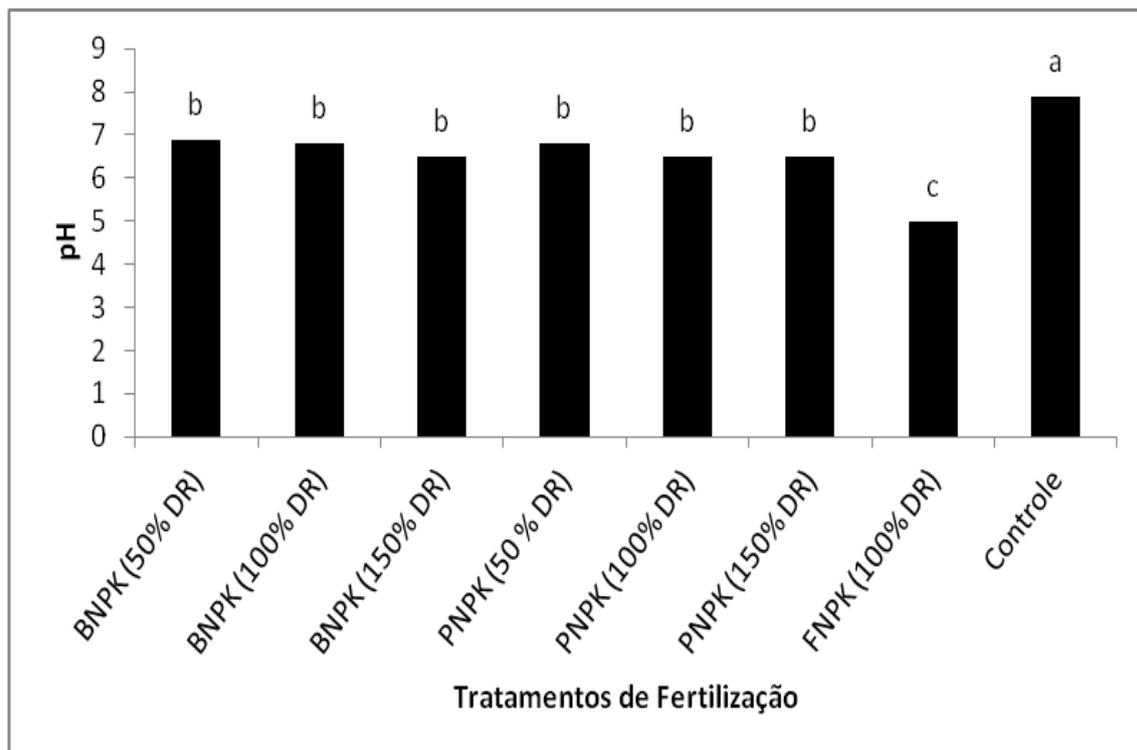


Figura 1. pH de Latossolo Vermelho Amarelo submetido a diferentes tratamentos de fertilização, após colheita do pimentão (Soil pH of a Red Yellow Latosol submitted to different fertilization treatments, after Green pepper harvest). Vitória de Santo Antão, Pernambuco, UFRPE, 2011.

⁽¹⁾ As médias seguidas de mesma letra, não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). C.V(%) = 5,0.

⁽²⁾ BNPK = biofertilizante misto; PNPK = Bioprotetor com quitosana fúngica; FNPK = fertilizantes comerciais.

⁽³⁾ DR = Dose Recomendada

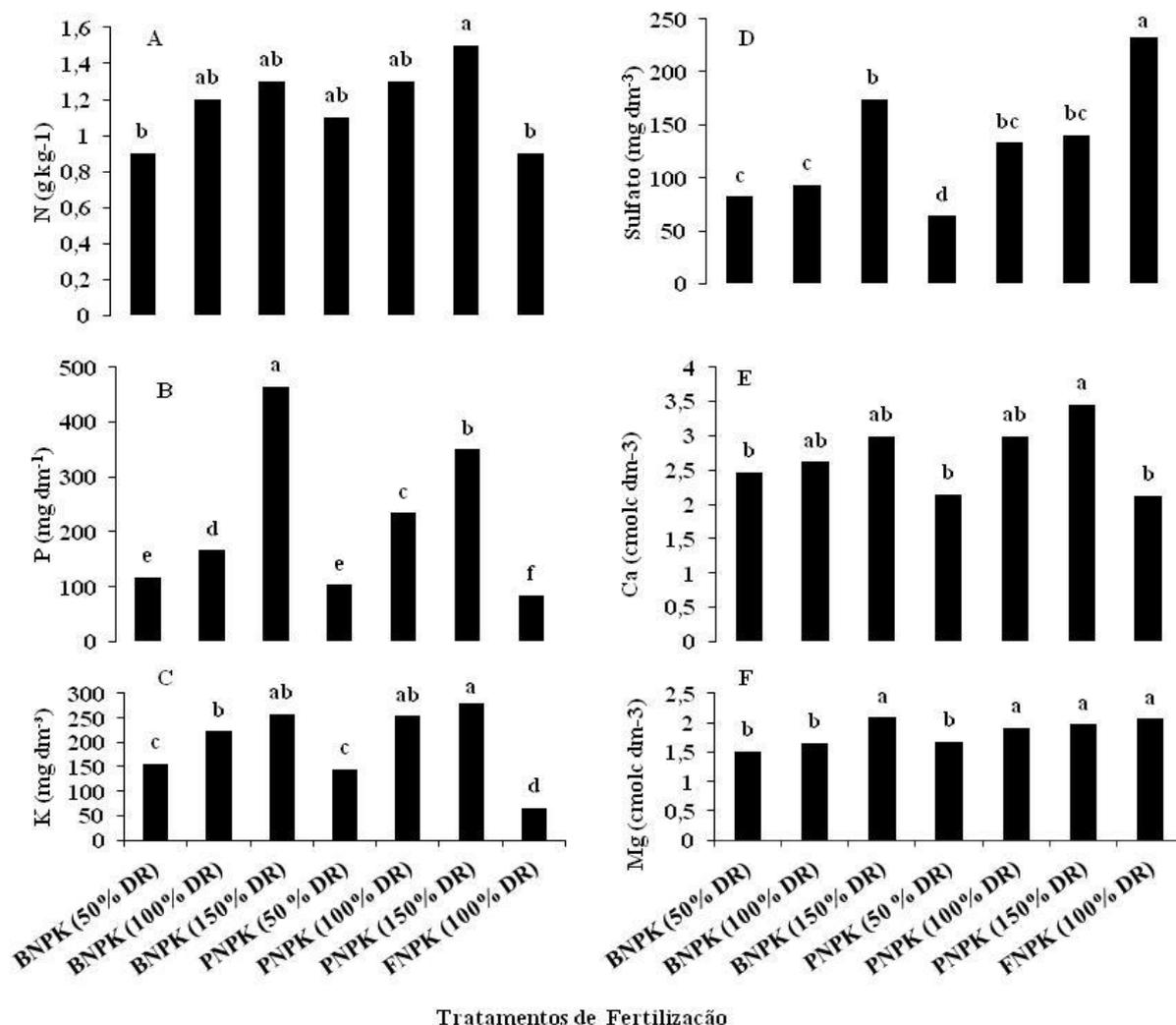


Figura 2. (A) N total, (B) P e (C) K disponível, (D) sulfato solúvel, (E) Ca e (F) Mg trocável no solo (Latosolo Vermelho Amarelo), submetido a diferentes tratamentos de fertilização, após a colheita do pimentão (Soil Total N, available P and K, soluble SO_4^{-2} , exchangeable Ca and Mg in the Red Yellow Latosol submitted to different fertilization treatments, after green pepper harvest). Vitória de Santo Antão, Pernambuco, UFRPE, 2011.

⁽¹⁾ As médias seguidas de mesma letra, não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). C.V.(%) – N = 11; P = 7; K = 22; sulfato solúvel = 20; Ca = 15 e Mg = 37.

⁽²⁾ BNPK = biofertilizante misto; PNPk = Bioprotetor com quitosana fúngica; FNPk = fertilizantes comerciais.

⁽³⁾ DR = Dose Recomendada.

- ⁽⁴⁾ Os dados do tratamento controle (total 2,4 L planta⁻¹), com 3 aplicações de esterco não foi considerado, tendo em vista que o produto representou mais da metade da amostra (control treatment (total 2.4 L plant⁻¹) applied 3 times, were not considered because the farmyard represented more than 50% of soil sample).

CONCLUSÕES FINAIS

- ✓ O biofertilizante misto obtido de rocha fosfatada e de rocha potássica em mistura com matéria orgânica (BNPK) e bioprotetor com quitosana fúngica (PNPK) podem ser usados como alternativa para substituição a fertilizantes convencionais;
- ✓ BNPK e PNPK mostraram resultados mais elevados para nutrientes no solo (P e K disponível), o que indica a possibilidade de apresentar efeito residual;
- ✓ A pesquisa evidência o uso do PNPK e BNPK devido ao incremento na produtividade e na qualidade dos frutos de pimentão;
- ✓ O efeito dos tratamentos com aplicação de quitosana de crustáceo via foliar não foi avaliado, tendo em vista que não foi observada incidência de fitopatógenos durante o período experimental.

APÊNDICE



Figura 1. Produção das mudas de pimentão em bandejas de isopor.



Figura 2. Preparação da área para condução do experimento.



Figura 3. Adubação de plantio.



Figura 4. Transplante das mudas de pimentão para o campo.



Figura 5. Aplicação da quitosana de camarão.



Figura 6. Desbrota das plantas de pimentão.



Figura 7. Adubação de cobertura.



Figura 8. Colheita dos frutos.

ANEXO



INSTRUCTIONS TO AUTHORS

- [Scope and policy](#)
- [Form and preparation of manuscripts](#)
- [Sending of manuscripts](#)

ISSN 0102-0536 *printed
version*

ISSN 1806-9991 *online version*

Scope and policy

Horticultura Brasileira is the official journal of the Brazilian Association for Horticultural Science. **Horticultura Brasileira** publishes papers on vegetable crops, medicinal and condimental herbs, and ornamental plants. Papers must represent a significant contribution to the scientific and technological development of these crops. **Horticultura Brasileira** is published quarterly and accepts and publishes papers in English, Portuguese, and Spanish. Papers are eligible for publication if the first author is member of the Brazilian Association for Horticultural Science (ABH) or of a National Horticultural Association that has a Reciprocity Agreement with ABH, in both cases with the annual fee paid. In case first author does not fall into the previous categories, papers may be still submitted, regarding that the broad processing fee is paid as soon as the manuscript is considered accepted for reviewing.

Horticultura Brasileira publishes original papers, which have not been submitted to publication elsewhere. It is implicit that ethical aspects and fully compliance with the copyright laws were observed during the development of the work. From submission up to the end of the reviewing process, partial or total submission elsewhere is forbidden. With the acceptance for publication, publishers acquire full and exclusive copyright for all languages and countries. Unless the publishers grant special permission, no photographic reproductions, microform, and other reproduction of a similar nature may be made of the journal, of individual contributions contained therein or of extracts therefrom.

Horticultura Brasileira has the following sections:

- 1. Invited paper:** papers dealing with topics that arouse interest, invited by the Editorial Board;
- 2. Letter to the Editor:** deals with a subject of general interest. The Editorial Board makes a preliminary evaluation and can accept or reject it, as well as submit it to the reviewing process;
- 3. Research:** paper describing an original study, carried out under strict scientific methods. The reproducibility of studies should be clearly established;
- 4. Scientific Communication:** communication or scientific note, reporting field observations or results less complex, but still original studies, carried out under strict scientific methods. The reproducibility of studies should be clearly

demonstrated.

5. Grower's page: original communication or short note describing information readily usable by farmers, as for example, results from studies regarding the evaluation of pesticides or fertilizers, or cultivar comparative performance . Such studies must have been carried out under strict scientific methods and their reproducibility should be clearly demonstrated;

6. New Cultivar: communications or scientific notes reporting recent cultivar and germplasm release. It must include information on origin, description, seed availability, and comparative data.

Form and preparation of manuscripts

Prepare your text in Word[®] or compatible software, in 1.5 space, font Times New Roman 12 points, with pages and lines numbered. Add images, figures, tables, and charts in the end of your text and compile all files (text, figures, tables, and charts) in a single document. Format the document for A₄ page, 3-cm margins. Print and submit . Send along a CD-ROM containing the file. Low-resolution images, below 600 Kb, will not be accepted for publication. The file must not exceed 36,000 characters, excluding spaces. If further information is needed, please contact the Editorial Board or refer to recently released issues.

A paper will be eligible for the reviewing process if:

1. It is in full compliance to these guidelines;
2. It falls into the journal scope and presents a technical-scientific standard compatible with **Horticultura Brasileira**;
3. It is accompanied by a signed agreement-on-publishing from all authors. A signature on the first page of the original paper or on the cover letter is accepted. In case one or more authors can not sign it, the reason(s) must be stated in the cover letter. In this case, the corresponding author takes the responsibility. Electronic messages or their hardcopies with the agreement-on-publishing are accepted when sent from an electronic account unequivocally managed by the agreeing author;
4. It is accompanied by a written description of the relevance of the work (importance and distinctiveness in relation to the existing literature), not longer than ten lines, at the cover letter or message;
5. It is accompanied by the nomination of at least two persons (name, address, email and phone), from institutions other than those authors are affiliated to, who can act as impartial peer reviewers.

When accepted for reviewing, the corresponding author will receive an e-mail alert with instructions for paying the processing fee (US\$ 50.00; E\$ 40.00, plus US\$ 20.00 or E\$ 20.00 for covering the fees of international money transference, when first author is affiliated to ABH and sister-associations and has no debts with it) or

the broad processing fee (US\$ 185.00; E\$ 150.00, plus US\$ 20.00 or E\$ 20.00 for covering the fees of international money transference) when first author is not affiliated. Rejected papers will not be returned.

Paper format

1. **Title:** limited to 90 characters, excluding spaces. Use scientific names for the species only if the paper deals with plants that do not have common name in the idiom used in the paper;

2. **Name of authors:** Author(s) name(s) in full. Abbreviate only middle family names. Do not abbreviate Christian names. For example, Anne Marie Sullivan Radford should appear as Anne Marie S Radford. Use superscript numbers to relate authors to addresses. Please refer the most recent issues of **Horticultura Brasileira** for formatting;

3. **Addresses:** Name of the Institution and Department, if applicable, with full corresponding post address for all authors. Include author's e-mail addresses. Use superscript numbers to relate addresses to authors. Please refer the most recent issues of **Horticultura Brasileira** for formatting;

4. **Abstract and keywords:** abstract limited to 1,700 characters (excluding spaces). Select up to six keywords or indexing terms, starting with the scientific name(s) of the organism(s) the study deals with. Do not repeat words that appear in the title;

5. **Abstract, title and keywords in Portuguese or Spanish:** abstract, title and keywords in Portuguese or Spanish must be adequate versions of their similar in English. **Horticultura Brasileira** will provide Portuguese versions for non-Portuguese speaking authors;

6. **Introduction;**

7. **Material and Methods;**

8. Results and Discussion;

9. **Acknowledgements**, when applicable;

10. **References:** authors are asked to not exceed 30 bibliographic references. Make sure that at least half of the references were published recently (up to 10 years). Exceptional cases can be considered, regarding that authors state their reasons at the cover letter. Avoid citing conference abstracts;

11. **Figures and tables:** tables, figures, and charts are limited to three each, with a total limit of five. Exceptional cases will be considered, regarding that authors state their reasons at the cover letter. Please, make sure that tables, figures, and charts are not redundant. Titles and footnotes must be bilingual. Titles should always be finished by presenting, in this sequence, place, responsible institution, and year(s) of data gathering. For table formatting, please refer to recently released issues. Do not insert graphics as figures. Allow access to the

original content.

This structure will be used for manuscripts of the sections Research and Scientific Communication. For other sections, please refer to the most recent issues of **Horticultura Brasileira**, available also at www.scielo.br/hb and www.abhorticultura.com.br/Revista.

References (bibliography and software)

Bibliographic references within the text should be cited as (Resende & Costa, 2005). When there are more than two authors, abbreviate the Latin expression *et alii*, in italics, as follows: (Melo Filho *et al.*, 2005). References to studies done by the same authors in the same year should be distinguished in the text and in the Reference list by the letters a, b, etc., as for example: 1997a, 1997b. In citations involving more than one paper from the same author(s) published in different years, separate years with commas: (Inoue-Nagata *et al.*, 2003, 2004). When citing papers in tandem in the text, sort them chronologically.

To cite software, mention its name and version between brackets, as follows: (Genes, v. 3.0).

In the section References, order citations alphabetically, according to first author's family name, without numbering. When there is more than one paper from exactly the same authors, list them chronologically. References should appear accordingly to the international format, as follows:

a) Journal

GARCIA-GARRIDO JM; OCAMPO JA. 2002. Regulation of the plant defense response in arbuscular mycorrhizal symbiosis. *Journal of Experimental Botany* 53: 1377-1386.

b) Book

BREWSTER JL. 1994. *Onions and other vegetable alliums*. Wallingford: CAB International. 236p.

c) Book chapter

ATKINSON D. 2000. Root characteristics: why and what to measure? In: SMIT AL; BENGOUGH AG; ENGELS C; van NORDWIJK M; PELLERIN S; van de GEIJN SC (eds). *Root methods: a handbook*. Berlin: Springer-Verlag. p. 1-32.

d) Thesis

DORLAND E. 2004. *Ecological restoration of heaths and matgrass swards: bottlenecks and solutions*. Utrecht: Utrecht University. 86p (Ph.D. thesis).

e) Full papers presented in conferences (when not included in referred journals. Avoid citing conference abstracts)

Proceedings

van JOST M; CLARCK CK; BENSON W. 2007. Lettuce growth in high soil nitrate levels. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON NITROGEN USE IN HORTICULTURE, 4. *Annals* ♦ Utrecht: ISHS p. 122-123.

CD-ROM

L ♦ MANGE PA; DEBRET L. 2004. Rhizoctonia resistance in green asparagus lines. In: EUROPEAN SYMPOSIUM OF VEGETABLE BREEDING, 17. *Proceedings...* Lyon: Eucarpia (CD-ROM).

f) Papers published in electronic media

Journal

KELLY R. 1996. Electronic publishing at APS: its not just online journalism. *APS News Online*. Available in <http://www.hps.org/hpsnews/19065.html>. Accessed in November 25, 1998.

Full papers presented in conferences (Avoid citing conference abstracts)

DONOVAN WR; JOHNSON L. 2007. Limits to the progress of natural resources exploration. In: International congress of plant genetic resources, 12. *Annals* ♦ Adelaide: ASGR. Available in <http://www.asgr.an/annals/conference/aus012.htm>. Accessed in January 21, 2008.

Electronic Sites

USDA - United States Department of Agriculture. 2004, November 15. *World asparagus situation & outlook*. Available in <http://www.fas.usda.gov/>

For further orientation, please contact the Editorial Board or refer to the most recent issues of **Horticultura Brasileira**.

The reviewing process

Manuscripts are submitted to the Editorial Board for a preliminary evaluation (scope, adherence to the publication guidelines, **scientific relevance**, technical quality and command of language). The Editorial Board decision (eligible, not eligible) will be e-mailed to the correspondence author. If modifications are needed, the author may submit a new version. . **If modifications are needed, the author may submit a new version.** If ♦ the manuscript is adequate for reviewing, the Editorial Board forwards it to at least two *ad hoc* reviewers of the specific research area. As soon as they evaluate the manuscript, it is sent to a related Scientific Editor. The Scientific Editor analyzes the manuscript and forwards it back to the Editorial Board (1) recommending for publication, (2) ♦ asking for modifications, or (3) do not recommending for publication. In situations 1 and 3, the manuscript is reviewed by the Associate Editor, who holds the responsibility for the final decision. **In situations 1 and 3, the manuscript is reviewed by the Associate Editor, who holds the responsibility for the final decision.** In

situation 2, the manuscript is returned to the author(s), who produces a new version, which is forwarded to the Editorial Board. Following, the Scientific Editor checks the new version and recommend it or not for publication. In both cases, it is sent to the Associate Editor, for the final decision. The Editorial Board informs authors about the final decision.

No modifications are incorporated to the manuscript without the approval of the author(s). Once the paper is accepted, an electronic copy of the galley proof is sent to the correspondence author who should make any necessary corrections and send it back within 48 hours. Extensive text corrections, whose format and content have already been approved for publication, will not be accepted. Alterations, additions, deletions and editing imply that a new examination of the manuscript will be made by the Editorial Board. Authors are held responsible for any errors and omissions present in the text of the corrected galley proof that has been returned to the Editorial Board. No offprint is supplied.

Authorship

To define the manuscript authors, consider the following criteria, based on <http://www.biomedcentral.com/bmcgenomics/ifora/>:

- a. Authors are those who participated intensively in the work and therefore can take public responsibility for the manuscript contents;
- b. Authors are those who have made **substantial contributions** to the work conception, design of experiments or acquisition, analysis and interpretation of data, or;
- c. Authors are those who participated in drafting the manuscript or changed it decisively during the reviewing process.

The simple collection of data; transference of genotypes, seeds or other inputs; discussion about the experiments; as well as the general supervision or funding of the research group does not justify authorship and should be included in the **Acknowledgements**.

The publishing idiom

In any point of the reviewing process, authors can indicate their will on publishing the paper in a language other than the one originally used to write it, considering that the choice falls into one of the three idioms used in Horticultura Brasileira, namely English, Portuguese, and Spanish. For example: a paper may be submitted and reviewed in Portuguese and, even though, it may be published in English. In this case, authors can either produce a translated version of the approved paper, or authorize the Editorial Board to forward it to translating. If the translated version provided by authors is below the idiomatic standard required for publication, the Editorial Board will redirect the text for specialized reviewing. All costs related to translating and idiomatic reviewing are charged to authors.

Page charge

Horticultura Brasileira charges US\$ 30.00 or E\$ 22.00 per page, plus US\$ 20.00 or

E\$ 20.00 for covering the fees of international money transference.

Color Printing

Horticultura Brasileira charges US\$ 220.00 or E\$ 180.00 per page printed in colors, plus US\$ 20.00 or E\$ 20.00 for covering the fees of international money transference.

Sending of manuscripts

Manuscripts should be addressed to:

Horticultura Brasileira

Caixa Postal 190

70351-970 Brasília DF

Brazil

Tel.: 00 55 (61) 3385-9049

Fax: 00 55 (61) 3556-5744

E-mail: hortbras@cnph.embrapa.br; hortbras@gmail.com

Change in address, membership in to the Brazilian Association for Horticultural Science (ABH) and payment of fees related to the ABH should be addressed to:

Associação Brasileira de Horticultura

IAC - Centro de Horticultura

Caixa Postal 28

13012-970 Campinas-SP

Brazil

Tel.: +55 (19) 3202 1725

E-mail: abh@iac.sp.gov.br

[\[Home\]](#) [\[About this journal\]](#) [\[Editorial board\]](#) [\[Subscription\]](#)



All the content of the journal, except where otherwise noted, is licensed under a [Creative Commons License](#)

IAC-Centro de Horticultura
C. Postal 28
13012-970 Campinas SP Brasil



abh@iac.sp.gov.br