



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AGROALIMENTAR
UNIDADE ACADÊMICA DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE AGRONOMIA

DOSES DE NITROGÊNIO ASSOCIADOS À EXTRATOS DE NIM
(*Azadirachta indica*) SOBRE O CRESCIMENTO E NUTRIÇÃO
NITROGENADA DA BERINJELA

KAROLANIA FORTUNATO DE PAIVA

DIGITALIZAÇÃO
SISTEMOTECA - UFCG

POMBAL – PB
2016

KARIOLANIA FORTUNATO DE PAIVA

EXTRATOS DE NIM (*Azadirachta indica*) ASSOCIADOS À DOSES DE
NITROGÊNIO SOBRE O CRESCIMENTO E NUTRIÇÃO
NITROGENADA DA BERINJELA

Monografia apresentada à
Universidade Federal de Campina
Grande, Campus de Pombal/PB
para a obtenção do Grau de
Bacharel em Agronomia.

Orientador: Prof. Dr. Josinaldo Lopes Araújo Rocha

POMBAL – PB
2016

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL DA UFCG

P149e Paiva, Kariolania Fortunato de.
Extratos de Nim (*Azadirachta indica*) associados à doses de nitrogênio sobre o crescimento e nutrição nitrogenada da berinjela / Kariolania Fortunato de Paiva. – Pombal, 2016.
40 f. : il.

Monografia (Bacharel em Agronomia) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar.

"Orientação: Prof. Dr. Josinaldo Lopes Araújo Rocha".
Referências.

1. Berinjela. 2. Extratos de Nim (*Azadirachta indica*). 3. Nutrição Nitrogenada. I. Rocha, Josinaldo Lopes Araújo. II. Título.

CDU 635.646(043)

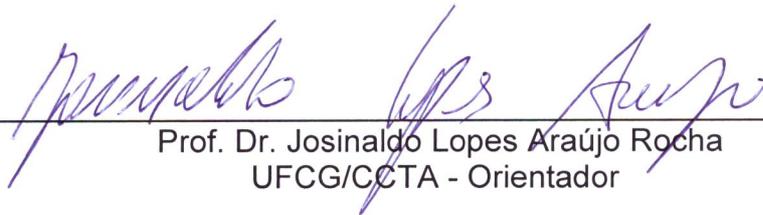
TERMO DE APROVAÇÃO

KARIOLANIA FORTUNATO DE APAIVA

DOSES DE NITROGÊNIO ASSOCIADOS À EXTRATOS DE NIM
(*Azadirachta indica*) SOBRE O CRESCIMENTO E NUTRIÇÃO
NITROGENADA DA BERINJELA

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação em Agronomia da Universidade Federal de Campina Grande, defendido perante a banca abaixo subscrita.

Pombal, 26 de Janeiro de 2016.



Prof. Dr. Josinaldo Lopes Araújo Rocha
UFCG/CCTA - Orientador



Prof. Dr. Ancélio Ricardo de Oliveira Gondim
UFCG/CCTA – Avaliador



Prof. Dr. Francisco Hevilásio Freire Pereira
UFCG/CCTA – Avaliador

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a toda a minha família, em especial ao meu marido Gustavo e meu filho Luiz Gustavo, aos meus pais João Batista de Paiva e Maria Fortunato de Paiva, ao meu irmão Kennedy Paiva e a todos os meus amigos e colegas do curso de Agronomia que, de uma forma ou outra, contribuíram de maneira efetiva na realização deste trabalho. Dedico também, ao meu professor e orientador Josinaldo Lopes Araújo Rocha, ao qual tenho um enorme respeito e admiração, pela pessoa que é e pela imensa dedicação ao transmitir seu conhecimento.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por estar sempre guiando meus passos, dando proteção e forças para vencer os obstáculos da vida.

Agradecer a Universidade Federal de Campina Grande e ao Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, pela oportunidade a mim concedida e pela infraestrutura.

Ao professor Josinaldo Lopes de Araújo Rocha, pela paciência, coerência, clareza e dedicação em seus ensinamentos sempre disposto a atender minhas necessidades e dúvidas. Uma pessoa a quem sempre terei um enorme respeito em consideração por tudo aquilo que fez por mim na vida acadêmica. De fato, neste período pude entender o significado da palavra orientador.

A todos os professores da Unidade Acadêmica de Ciências Agrárias, pelo conhecimento transmitido ao longo do curso.

Aos laboratoristas Francisco Alves da Silva, Joyce Emanuele de Medeiros, Roberta Chaiene Almeida Barbosa.

A minha mãe Maria Fortunato de Paiva ao meu Pai João Batista de Paiva e aos meus avôs Custodia F. de Oliveira e Dão Estácio pela educação que me foi dada, pelo amor incondicional, pelo carinho, pelos conselhos e ensinamentos, pela compreensão, pelos inúmeros momentos felizes, que me fizeram ser uma pessoa honesta e capaz de tomar decisões sérias. Ainda, agradeço pelo esforço sobre-humano que realizou durante o desenrolar do curso, onde as dificuldades foram inúmeras, mas com pulso firme foram contornadas e possibilitaram a realização de mais um sonho.

A meu esposo Gustavo Franklin de Araújo pelo amor, carinho, companheirismo, apoio, estímulo e compreensão nos momentos em que mais precisei, e por não medir esforços em me ajudar na realização deste sonho.

Ao meu irmão Kennedy por está sempre ao meu lado, apoiando em minha caminhada e pelo amor e carinho a mim dedicado.

Aos amigos que levarei para sempre comigo, Diego Neves, Yaroslávia Pa' Jescika Alves, Iara Roque, Laíza Gomes, Anderson Bruno, Fernanda Nunes, Ra' Veriato e demais outros, pela amizade e companheirismo neste período, tanto em momentos bons como em momentos ruins, e que ainda possibilitaram a realização deste sonho.

Aos colegas de trabalho Maria Luiza Guimarães, Rafael Guimarães Veriato e Renato Farias, por terem me acompanhado durante a pesquisa.

Enfim, muito obrigada a todos!

“Aprendi que a coragem não é a ausência do medo, mas o triunfo sobre ele. O homem corajoso não é aquele que não sente medo, mas o que conquista esse medo”.

(Nelson Mandela)

LISTA DE FIGURAS

		Pág
FIGURA 1	Esquema de obtenção dos extratos alcoólicos e preparo do fertilizante com inibidor da nitrificação.....	10
FIGURA 2	Teores de amônio (A e B), nitrato (C e D) N-mineral (E e F) e relação amônio/nitrato (G e H) no solo em função dos períodos de incubação.....	13
FIGURA 3	Médias dos teores de amônio (A) e de nitrato (B) no solo na média dos quatros épocas de avaliação (7, 14, 21 e 28 dias após a incubação).....	14
FIGURA 4	Altura de planta (A), número de folhas por planta (B), massa seca de folhas (MSF) (C), massa seca de caule (MSC) (D), massa seca de raízes (MSR) (E) e massa seca total (MST) (F).....	15
FIGURA 5	Características de crescimento da berinjela cultivada sob diferentes tratamentos de inibição da nitrificação.....	17
FIGURA 6	Teores foliares de N-total (A), acúmulo de N-total (B), teor de amônio (N-NH ₄ ⁺) (C), acúmulo de amônio (D), acúmulo de amônio (D) e eficiência de utilização de N (EUN) (E) na berinjela, em função dos tratamentos de inibição da nitrificação.....	19
FIGURA 7	Teores (A) e acúmulo (B) de nitrato em folhas de berinjela em função de doses de nitrogênio e produtos à base de nim. EF = extrato de folhas; ES = extrato de sementes; F= Folha secas; U= ureia apenas. * e **: significativo aos níveis de 5 e 1%, respectivamente	20

LISTA DE ANEXOS

	Pág	
Tabela 1A	Resumo da análise de variância para valores de N-total, acúmulo de nitrogênio nas folhas, eficiência na utilização de nitrogênio (EUM), teor de amônia e o acúmulo de amônia pelas folhas em plantas de berinjela em função de doses de N e tratamentos de inibição da nitrificação.....	27
Tabela 2A	Resumo da análise de variância para valores de teor de nitrato e acúmulo de nitrato para plantas de berinjela em função de doses de N e tratamentos de inibição da nitrificação.....	27
Tabela 3A	Resumo da análise de variância para valores da massa seca das folhas (MSF), do caule (MSC), de raízes (MSR) e total (MST) de plantas de berinjela em função de doses de N e tratamentos de inibição da nitrificação.....	28
Tabela 4A	Resumo da análise de variância para valores para relação parte aérea/raiz (RPAR), Altura de planta e número de folhas de plantas de berinjela em função de doses de N e tratamentos de inibição da nitrificação.....	28

SUMÁRIO

	Pág
RESUMO.....	viii
ABSTRACT.....	ix
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO BIBLIOGRAFICA.....	3
2.1 Dinâmica e perdas de nitrogênio no solo.....	3
2.2 Nitrogênio nas plantas.....	4
2.3 Inibidores da nitrificação.....	6
2.4 Cultura da berinjela.....	7
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	9
3.1 Localização e instalação dos experimentos.....	9
3.2 Experimento 1: Efeito dos produtos à base de nim sobre a nitrificação.....	9
3.3 Experimento 2: Efeito de doses de nitrogênio e de produtos à base de nim sobre o crescimento e nutrição nitrogenada da berinjela.....	11
3.4 Análise estatística.....	12
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	12
4.1 Experimento 1.....	12
4.2 Experimento 2.....	15
5. CONCLUSÕES	22
6. REFERÊNCIAS	23
APÊNDICE.....	27

RESUMO

O nitrogênio (N) é o nutriente mais aplicado na agricultura na forma de fertilizantes minerais e, o que apresenta menor eficiência, devido suas perdas por diversos processos. Dois experimentos foram instalados com o objetivo de avaliar o efeito de extratos de nim e doses de N sobre a nitrificação e sobre o crescimento e a nutrição nitrogenada da berinjela. No primeiro experimento, foram testados quatro produtos referentes a inibição da nitrificação com produtos à base de nim (ureia apenas; ureia + mais extrato de semente de nim; ureia + extrato de folhas de nim); folhas secas de nim aplicadas no solo) e duas doses de nitrogênio (0 e 320 mgdm⁻³). No segundo experimento, para avaliar o crescimento e a nutrição nitrogenada da berinjela, foram testados, em esquema fatorial, quatro produtos de inibição da nitrificação (ureia apenas; ureia + mais extrato de semente de nim; ureia + extrato de folhas de nim); folhas secas de nim aplicadas no solo) e quatro doses de N (20, 120, 220 e 320 mg dm⁻³ de N). Os produtos à base de nim não inibiram claramente o processo de mineralização ou nitrificação do N aos 28 dias de incubação. O nitrogênio fornecido na forma de ureia associada à extratos de sementes ou folhas de nim, pouco afetam o crescimento da berinjela mas proporcionaram maior acúmulo de nitrato foliar. A berinjela respondeu positivamente às doses nitrogênio, as quais proporcionou incremento no seu crescimento e no acúmulo de nitrogênio nas folhas.

Palavras-chave: Nitrificação, Aproveitamento do nitrogênio, Nitrato

ABSTRACT

Nitrogen (N) is the main nutrient applied in agriculture as mineral fertilizers, which has lower efficiency, because their losses by various processes. Two experiments were conducted in order to evaluate the effect of neem extracts and N rates on nitrification and on the growth and nitrogen nutrition eggplant. In the first experiment, four treatments were tested regarding nitrification inhibition with neem-based products (urea only, urea + more neem seed extract, urea + extract of neem leaves; dried neem leaves applied to the soil) and two nitrogen levels (0 and 320 mg dm⁻³). To assess the growth and nitrogen nutrition eggplant, a factorial scheme with four treatments nitrification inhibition (only urea, urea + more neem seed extract, urea + extract of neem leaves; dried neem leaves applied to the soil) and four N rates (10, 120, 220 and 320 mg dm⁻³ of N) were tested. To evaluate the nitrification and the recovery of N applied, they were tested four treatments related to the inhibition of nitrification from first experiment neem and two levels of nitrogen (0 and 320 mg dm⁻³). The neem products not clearly inhibit the both mineralization and nitrification process after 28 days of incubation. Nitrogen supplied in the form of urea associated with seed extracts or neem leaves, little affect the growth of eggplant but provided higher accumulation of leaf nitrate. Eggplant responded positively to nitrogen levels, which provided increase in their growth and nitrogen accumulation in the leaves.

Keywords: Nitrification, Nitrogen utilization, Nitrate

1. INTRODUÇÃO

O nitrogênio (N) é o elemento mais utilizado na agricultura na forma de fertilizantes minerais, pois trata-se do nutriente mais exigido pelas plantas. Assim, é difícil produção suficiente de alimentos sem o uso deste insumo na agricultura. Entretanto, a utilização de forma inadequada de N na agricultura proporciona impactos negativos sobre o ambiente de forma direta ou indireta. A produção industrial de fertilizantes nitrogenados, conhecida como fixação industrial, é baseada na utilização de combustíveis fósseis não renováveis, o que os torna entre os insumos mais caros do sistema de produção.

Ao ser aplicado ao solo na forma de fertilizantes minerais e, ou orgânicos, o N está sujeito a diversos processos como mineralização, nitrificação, lixiviação, imobilização e desnitrificação. O processo de nitrificação é responsável pela geração de nitrato (NO_3^-) no solo, por intermédio de bactérias nitrificadoras, que é a forma de N-mineral predominante em solos aerados. Em solos ácidos ou sob anaerobiose, a forma de N mineral predominante é o amônio (NH_4^+). Em condição de solos jovens, as perdas de N na forma de NO_3^- tende a ser maior que em solos mais intemperizados, tendo em vista que os primeiros apresentam maior densidade de cargas negativas, desfavorecendo a adsorção deste ânion no solo, o que contribui para aumentar a concentração de nitrato na solução do solo e assim aumentar as perdas por lixiviação. Nitrato lixiviado significa perdas de N do solo e ao mesmo tempo poluição de águas do lençol freático.

Uma das formas de se evitar ou diminuir as perdas de N por lixiviação é retardar ou diminuir a geração de NO_3^- inibindo-se o processo de nitrificação. Há no mercado muitos produtos sintéticos que agem de forma eficaz como inibidores da nitrificação, como a nitrapirina e a dicianodiamida (DCD). Contudo, estes produtos apresentam custo elevado, o que inviabiliza em muitos casos sua utilização. Na busca de produtos alternativos com potencial de inibição da nitrificação, algumas pesquisas foram realizadas com extratos de plantas misturadas ao fertilizante mineral (ureia principalmente). Dentre as espécies testadas o nim (*Azadirachta indica*) foi a mais promissora, pois na maioria dos trabalhos realizados, observou-se inibição significativa da nitrificação com o uso de extratos de folhas secas ou de

sementes trituradas, embora em alguns casos, o inibidor sintético DCD, tenha sido mais eficiente.

A berinjela (*Solanum melongena* L.) é uma hortaliça de fruto pertencente à família solanácea considerada exigente em nitrogênio para uma produção adequada. Assim, a cultura é muito responsiva às adubações nitrogenadas. Entretanto, a aplicação de doses elevadas desse nutriente no solo pode trazer implicações negativas ao ambiente, devido às perdas que o N pode sofrer no solo.

No presente trabalho objetivou-se avaliar o efeito de extratos de nim e doses de N sobre a nitrificação e sobre o crescimento e a nutrição nitrogenada da berinjela.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Dinâmica de nitrogênio no solo

No Brasil a quantidade de fertilizantes nitrogenados aplicados ao solo perde apenas para os fertilizantes fosfatados (NOVAIS et al., 2007). Os fertilizantes nitrogenados são produzidos principalmente a partir de combustíveis fósseis não renováveis, fato que torna o N geralmente o elemento mais caro no sistema de produção da cultura (MARCELINO, 2009), pois embora a atmosfera seja rica (78%) neste elemento, apenas algumas espécies vegetais conseguem aproveitar diretamente esta fonte através da fixação biológica.

No solo o nitrogênio pode ser encontrado na forma de nitrato (NO_3^-), nitrito (NO_2^-), amônio (NH_4^+) e formas orgânicas, que podem corresponder até 98% do nitrogênio total no solo (FURTINI NETO, 2001; CANTARELLA, 2007). O nitrato é a forma mineral de nitrogênio predominante nos solos sem restrição de oxigênio sendo gerado pelo processo de nitrificação. A nitrificação corresponde a oxidação biológica do amônio gerado pela mineralização da matéria orgânica, do solo, ou proveniente de fertilizantes amídicos ou amoniacais. O processo ocorre em duas fases, sendo que na primeira ocorre a formação de nitrito por ação das bactérias do gênero *Nitrosomonae* na segunda ocorre a formação de nitrato por ação das bactérias do gênero *Nitrobacter*. Nos dois casos, as bactérias são conhecidas como nitrobactérias e são quimioautotróficas obrigatoriamente aeróbicas (MOREIRA, SIQUEIRA, 2006).

Em solos jovens como é a maioria dos solos do semiárido, devido ao predomínio de cargas negativas na camada arável, a sua adsorção eletrostática é insignificante. Desta forma, o nitrato permanece na solução do solo, o que favorece sua lixiviação no perfil para profundidades inexploradas pelas raízes (CERETTA; FRIES, 1997). Sob condições de solo saturado, o nitrato pode sofrer desnitrificação então voltar para a atmosfera na forma de N_2O e NO .

A lixiviação de nitrato é uma das principais formas de perdas do N disponível às plantas (ERREBHI et al., 1998). Ela é influenciada diretamente pelos fatores que determinam o fluxo de água no solo e pela concentração de NO_3^- na solução (WHITE, 1987). Fatores como sistema de preparo do solo, tipo de solo e forma de

aplicação e doses dos fertilizantes nitrogenados, podem influenciar a concentração de nitrato na solução do solo e assim nas perdas de nitrogênio.

O excesso de nitrato na solução do solo tem trazido preocupações sob dois aspectos: primeiro pela contaminação de águas subterrâneas e dos mananciais e, segundo, porque pode elevar as emissões de formas de N (NO, N₂O) nocivas ao meio ambiente através da desnitrificação, em ambientes com baixa disponibilidade de oxigênio. É importante destacar que, a volatilização do N-ureia na forma de NH₃ constitui-se também numa importante forma de perdas de N do solo, especialmente sob condições de pH elevado ou sob condições de elevadas temperaturas (MCGEOUGH et al., 2012).

2.2 Nitrogênio nas plantas

O nitrogênio (N) é o nutriente de grande demanda metabólica e o que mais frequentemente limita o crescimento vegetal (MALAVOLTA, 2006; EPSTEIN; BLOOM, 2006). Os tecidos vegetais apresentam, de maneira geral, teores de N que variam de 20 a 50 gkg⁻¹ da matéria seca (FAQUIN, 2005), podendo variar dependendo da espécie, do estágio de desenvolvimento e do órgão analisado (MARSCHNER, 2012). Cerca de 90% do N da planta encontra-se em formas orgânicas e é assim que desempenham suas funções, como componente estrutural de macromoléculas e constituinte de enzimas, aminoácidos, proteínas, ácidos nucleicos, clorofilas e muitos outros importantes constituintes celulares em plantas superiores (TAIZ; ZEIGER, 2006; FAQUIN, 2005). Segundo Barker e Bryson (2004) a maior porção do nitrogênio nas plantas está na forma de proteínas, que correspondem a 85% do N total nas plantas, outras formas como ácidos nucleicos (DNA e RNA) correspondem a 5%, e de 5 a 10% do N total como outras formas de baixo peso molecular como, o restante compõe as formas inorgânicas como amônio e nitrato.

As plantas podem absorver o N na forma de amônio e, ou nitrato dependendo das condições do solo. Em solos aerados com pH favorável a nitrificação, o N-NO₃⁻ geralmente é a principal forma de N absorvida. Segundo Fernandes e Souza (2006) o sistema de transporte de íons NH₄⁺ para o interior da membrana é do tipo passivo uniporte, ou seja, a favor de um gradiente de potencial eletroquímico sem troca por outro íon de mesma carga, enquanto o sistema de transporte para íons NO₃⁻ é do

tipo ativo simporte, contra um gradiente de potencial eletroquímico, neste caso, dois íons H^+ entra simultaneamente, o que fornece a energia necessária para o influxo de NO_3^- .

Quando absorvido como nitrato, o N deve ser reduzido para amônio para assim ser incorporado em compostos orgânicos. Nesta etapa o processo é mediado pela enzima redutase do nitrato, que utiliza NADH ou NADH(P) como poder redutor e converte nitrato em nitrito. O nitrito é tóxico para as plantas, sendo transportado para os cloroplastos nas folhas ou para os plastídios nas raízes para ser convertido à amônio pela enzima redutase do nitrito (EPSTEIN; BLOOM, 2006). O amônio gerado é rapidamente convertido em aminoácidos, devido sua capacidade de despolarização da membrana plasmática. Esta conversão inicia-se com a ações das enzima Glutamina Sintetase e da Glutamato Sintase, combinando glutamato com amônio, formando uma amida, a glutamina. Após a conversão do amônio em glutamina ocorre reações de transaminação, incorporando o N em outros aminoácidos (TAIZ; ZEIGER, 2006).

Quando absorvido na forma de $N-NO_3^-$ o N pode ser transportado como tal para a parte aérea, caso não tenha sido reduzido nas raízes para nitrito e assim para amônio. Quando absorvido na forma de amônio, o N pode ser assimilado já nas raízes na forma de aminoácidos e assim transportado para a parte aérea. Desta forma o $N-NO_3^-$ e os aminoácidos são as principais formas de transporte de N no xilema de plantas superiores (FAQUIN, 2005; EPSTEIN; BLOOM, 2006).

A deficiência de nitrogênio resulta em um crescimento lento com folhas cloróticas causadas pela baixa assimilação que ocasiona um florescimento prematuro e o encurtamento do ciclo da planta. Porém em excesso, o N promove o desenvolvimento da parte aérea com folhas verde escuras devido a alto teor de clorofila nos tecidos e pouco crescimento radicular, além de reduzir a resistência da planta à condições adversas como pragas e doenças (TAIZ; ZAIGER, 2006).

O N é facilmente distribuído nas plantas via floema, na forma de aminoácidos. Quando o suprimento de N pelo meio é insuficiente, o N das folhas velhas é mobilizado para os órgãos e folhas mais novas. Consequentemente, plantas deficientes em N mostram os sintomas primeiramente nas folhas velhas. Segundo Ghosh et al. (1995) no processo de remobilização, os compostos nitrogenados são degradados, e o N é liberado na forma de NH_4^+ , o qual é reassimilado e convertido

para glutamina e asparagina principalmente, que serão translocados para os órgãos em crescimento e desenvolvimento. A proteólise das proteínas nestas condições e a distribuição de aminoácidos resultam no colapso dos cloroplastos e assim ocorre um decréscimo no conteúdo de clorofila. Por esta razão, o amarelecimento das folhas velhas é o primeiro sintoma de uma inadequada nutrição da planta em nitrogênio (FAQUIN, 2002; MALAVOLTA, 2006).

2.3 Inibidores da nitrificação

Uma das formas de minimizar as perdas de N e os impactos ambientais e econômicos associados é o emprego de estratégias ou produtos que impeçam ou diminuam o processo de nitrificação do N aplicado na forma de fertilizantes. Neste sentido, há no mercado alguns produtos sintéticos conhecidos como inibidores da nitrificação. Estes produtos têm sido empregados para retardar a nitrificação e minimizar os possíveis impactos negativos decorrentes do excesso de nitrato no solo.

Os inibidores têm por objetivo retardar a formação de NO_3^- no solo mediante interferência na atividade das bactérias do gênero *Nitrosomonas*, responsáveis pela oxidação do NH_4^+ a nitrito (NO_2^-), que corresponde à primeira fase da nitrificação (TRENKEL, 1997).

Existem vários compostos patenteados como inibidores de nitrificação, porém poucos demonstraram eficiência agrônômica e econômica simultaneamente. Há uma série de inibidores sintéticos comercializados em todo o mundo (MAJUMDAR, 2008). No Brasil os principais inibidores comercializados são a nitrapirina ou N-serve [2-cloro-6-(tricolorometil) piridina], a dicianodiamida (DCD) e o mais recente 3,4-dimetilpirazole-fosfato (DMPP) desenvolvido na Alemanha, o qual também tem se mostrado eficiente (XU, et al., 2005; CANTARELLA, 2007; McGEOUGH et al., 2012).

Os inibidores de nitrificação afetam a ação da enzima amônia monoxigenase (AMO), que é uma proteína da membrana das *Nitrossomonas*. No processo de oxidação catalítica a NH_3 se liga ao sitio ativo da enzima e se oxida a hidroxalamina. Entretanto, os inibidores de nitrificação tem afinidade pelo mesmo sitio ativo da enzima, e por princípio de competição, se ligam a este, inibindo o processo por mais ou menos, dependendo da estabilidade do composto (MCCARTY, 1999). Uma característica comum a esses produtos é o alto custo.

Trabalhos anteriores avaliaram o potencial de extratos, pós de folhas ou de sementes de algumas espécies vegetais como inibidores do processo de mineralização do N-ureia e da nitrificação. (SANTHI et al., 1986; JOSEPH; PRASAD, 1993; MAJUMDAR et al., 2002; MAJUMDAR, 2008; MOHANTY et al., 2008; SIVASAKHY; GNANAVELRAHAH, 2010, 2012). Dentre as espécies estudadas, o nim (*Azadirachta indica*) foi a que apresentou o melhor desempenho.

Em condições de laboratório, Santhi et al. (1986) avaliaram o efeito da adição de extratos de folhas secas, folhas frescas e extrato de sementes moídas de nim misturadas a soluções de ureia, sobre a população de bactérias nitrificadoras e observaram que todos os produtos à base de nim testados foram eficientes em diminuir a população destes organismos, principalmente o extrato de folhas secas. A azadiractina (um limonóide, metabólito secundário) presente no nim é o composto bioativo que age inibindo o crescimento dos microrganismos por impedir sua alimentação (MOHANTY et al., 2008).

Joseph e Prasad (1993) avaliaram o efeito de dicianodiamida (DCD) e de torta de nim misturados a ureia em condições de campo na Índia no cultivo do trigo. Os autores observaram que ambos os produtos foram eficientes em diminuir a produção de NO_3^- no solo, mas a adição DCD na ureia, foi mais eficiente que a adição de torta de nim. No norte da Índia, Majumdar et al. (2008) avaliaram o efeito de inibidores da nitrificação sobre as emissões de óxido nitroso e concluíram que O DCD contribuiu significativamente para reduzir as emissões de N_2O , entretanto, a utilização de inibidor à base de nim não produziu o mesmo efeito. Mohanty et al. (2008) estudaram o efeito de pós de sementes de nim na atividade da urease e da nitrificação em diferentes solos sob diferentes umidades e temperaturas. Os autores observaram que o inibidor à base de nim não inibiu a atividade da urease, mas reduziu significativamente o processo de nitrificação. Mais recentemente, Sivasakhy e Gnanavelrahaah (2012) realizaram um trabalho semelhante em condições de campo e concluíram que pó de folhas de nim, quando misturados com ureia, ou quando aplicado com esterco, como fonte de N, apresenta potencial de reduzir a lixiviação de nitrato do solo.

Embora alguns trabalhos tenham mostrado a eficiência de produtos à base de nim como inibidores da nitrificação, raramente foi testado este efeito sobre o a nutrição nitrogenada e, ou crescimento de importantes culturas como a berinjela.

2.4 Cultura da berinjela

A berinjela (*Solanum melongena* L.) é uma solanácea originária de regiões quentes da Índia, Birmânia e China, sendo cultivada há séculos por chineses e árabes. No Brasil essa espécie foi introduzida pelos portugueses, no século XVI (FILGUEIRA, 2008). De acordo com o último censo agropecuário (IBGE, 2006), a produção total brasileira de berinjela, em 2006 foi de cerca de 78.217 toneladas. Os estados com maior produção foram São Paulo (33.195 toneladas) e Minas Gerais (15.319 toneladas).

Na Paraíba, a produção neste mesmo ano foi 150 toneladas. Embora no Brasil a produção total ainda seja baixa, a demanda tem sido aumentada devido às suas propriedades medicinais, como pela prevenção de doenças cardiovasculares e suas propriedades redutoras dos níveis de colesterol no sangue, além de representar uma boa fonte de fibras, sais minerais e vitaminas (GONÇALVES et al., 2006). Sendo a berinjela tipicamente tropical, é favorecida pelo calor e exigente em luminosidade (FILGUEIRA, 2008), assim a região semiárida do nordeste brasileiro, por apresentar condições de clima favoráveis é possível ampliar as áreas cultivadas com a hortalíça, aumentando a produção e a oferta do produto. Um dos nutrientes que a cultura mais extrai do solo é o nitrogênio, sendo muito responsiva às adubações com este elemento (OLONIRUHA, 2009; MORADITOCHEE et al, 2011).

Apesar do crescente interesse dos consumidores por produtos vegetais e fitoterápicos, ainda são poucos os produtores na região que investem na produção da berinjela, sendo que grande parte desse desinteresse se deve à carência de informações sobre manejo da cultura (OLIVEIRA et al., 2011). Assim, o aumento das áreas cultivadas depende do investimento em tecnologia e em pesquisa científica, visando diminuir os gastos com insumos, como defensivos e fertilizantes, buscando-se aumentar a eficiência de utilização destes na produção da cultura.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização e instalação dos experimentos

Dois experimentos foram conduzidos em casa de vegetação do Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar da Universidade Federal de Campina Grande (CCTA), Campus de Pombal-PB. Em ambos os experimentos, utilizou-se amostras de um Luvissole Crômico proveniente da Fazenda Experimental do CCTA, localizada no município de São Domingos (PB) coletado a uma profundidade de 0-40cm. As amostras foram encaminhadas ao Laboratório de Solos e Nutrição Mineral do CCTA/UFCG para sua caracterização física e química conforme procedimentos descritos em (Embrapa 1997). Os resultados obtidos foram pH (CaCl₂) 6,44; H+Al: 0,25 cmol_cdm⁻³; P: 46 mg kg⁻¹; K⁺: 2,23 cmol_cdm⁻³; Na⁺: 12,08 cmol_cdm⁻³; Ca²⁺: 2,7 cmol_cdm⁻³; Mg²⁺: 4,6 cmol_cdm⁻³; SB: 26,51 cmol_cdm⁻³; V% 99,08. Areia 574 g/kg; silte 257 g/kg e argila 169 g/kg.

3.2 Experimento 1: Efeito dos produtos à base de nim sobre a mineralização e nitrificação

O experimento foi instalado em delineamento inteiramente casualizado, com um arranjo fatorial 4x2, compreendendo quatro produtos referentes à inibição da nitrificação: [extrato de folhas (EF); extratos de sementes (ES); folhas secas (FS) e sem inibição (SI)] e duas doses de nitrogênio (0 e 320 dm⁻³), com cinco repetições, totalizando 40 unidades experimentais. Cada unidade experimental foi constituída por um vaso de 1,2 dm³ de solo. As coletas foram realizadas em quatro períodos, 7, 14, 21 e 28 dias após a incubação.

O preparo dos extratos (Figura 1) e sua aplicação no solo foi baseada em (Santhi et al., 1986), visando a obtenção de um fertilizante com 30 g de matéria seca de sementes ou folhas de nim para cada 100 g de nitrogênio. As folhas e sementes de Nim foram obtidas de árvores vigorosas do Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar da UFCG. Dessa forma, 28,25 g de folhas ou de sementes secas em estufa a 50°C foram adicionados em 1000 mL de álcool a 70%. O material permaneceu por 12 horas ininterruptas de agitação em agitador orbital a 180 rpm. Após este procedimento, os extratos obtidos foram filtrados e armazenados em geladeira para posteriormente ser empregado na preparação das soluções de ureia.

No preparo das soluções de ureia foram tomados 100 mL de cada extrato (correspondente à 2,825 g de massa seca) nos quais foram diluídos 20,9 g de ureia (9,4 g de N), dando uma proporção de 30% de massa seca (sementes ou folhas). Nos tratamentos de ureia sem inibidores e folhas secas de nim aplicadas ao solo, foi utilizada uma solução de ureia com a mesma concentração das demais (20,9 g/100mL). A partir destas soluções, mediante pipetagens, foram aplicadas as doses de N, em dose única por tratamento. No tratamento com a aplicação de folhas secas diretamente no solo, foi aplicada a dose de 1,0 g dm⁻³.

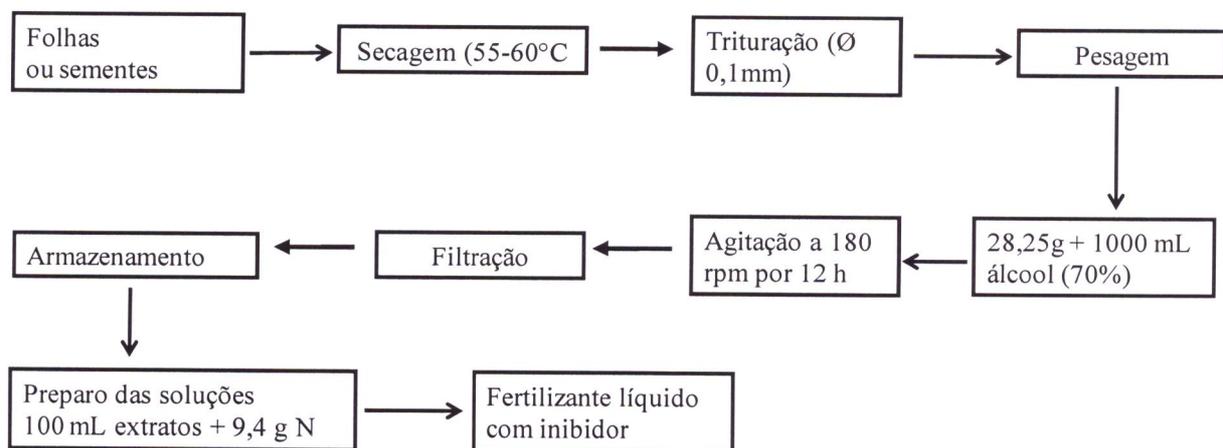


Figura 1- Esquema de obtenção dos extratos alcoólicos e preparo do fertilizante com inibidor da nitrificação.

Durante o experimento o solo foi mantido com umidade correspondente à 70% da capacidade de campo. O controle da umidade foi realizado a cada dois dias mediante pesagem, utilizando-se água destilada para repor a água perdida. Durante o experimento os vasos estavam cobertos com uma lona plástica para minimizar a evaporação. Aos 7, 14, 21 e 28 dias após a instalação do experimento foram coletados 20 g de solo de cada vaso e levados para a determinação de NH₄⁺ e NO₃⁻ extraídos em solução KCl 1,0 mol L⁻¹ conforme metodologia descrita em Tedesco et al.(1985). De posse das concentrações de amônio e nitrato, foram obtidos as concentrações de nitrogênio mineral e a relação amônio/nitrato em cada período de coleta. Com os dados obtidos estimaram-se as médias e o desvio-padrão para representar graficamente os resultados.

3.3 Experimento 2: Efeito de doses de nitrogênio e de produtos à base de nim sobre o crescimento e nutrição nitrogenada da berinjela

Os tratamentos foram constituídos por um arranjo fatorial 4 x 4, compreendendo quatro produtos de inibição da nitrificação [ureia apenas (U); ureia + mais extrato de sementes (ES); ureia + extrato de folhas (EF), folhas secas de nim aplicadas no solo (F)] e quatro doses de nitrogênio (20, 120, 220 e 320 mg dm⁻³). Foi empregado o delineamento experimental inteiramente casualizado com três repetições, totalizando 48 unidades experimentais. Cada unidade experimental consistiu de um vaso de quatro litros de solo com uma planta.

As mudas de berinjela foram produzidas em bandejas de poliestireno expandido (Isopor®) de 128 células, inserindo-se uma semente por célula, utilizando-se como substrato comercial à base de fibra de coco. Quando as plantas atingiam o tamanho adequado, foi realizado o transplante de uma planta por vaso. As doses de nitrogênio foram aplicadas na forma de ureia (45% de N), conforme os tratamentos, não foi utilizado a dose zero, mas sim uma dose mínima, tendo em vista a possibilidade das plantas não se desenvolverem e não produzirem material vegetal para análise. A adubação com macro (exceto nitrogênio) e micronutrientes foi realizada conforme recomendação de Malavolta (1980) com as seguintes doses em mg dm⁻³: P = 250; K = 300; Ca = 200; Mg = 50; S = 50; B = 0,5; Cu = 1,5; Fe = 5; Mn = 4; Mo = 0,15 e Zn = 5,0, utilizando-se fontes p.a. de alta solubilidade em água.

Na fase de florescimento da cultura, as plantas foram colhidas para determinação da produção de matéria seca (60-65°C) da parte aérea, matéria seca de raízes e matéria seca total. Na matéria seca das folhas foram determinados os teores de nitrogênio total (N-total) de acordo com Malavolta et al. (1997), nitrogênio amoniacal (N-NH₄⁺) como descrito em Tedesco et al. (1985) e nitrogênio nítrico conforme Cataldo et al. (1975). Relacionando os dados de matéria seca da parte aérea com os teores das frações de nitrogênio, foram calculados os totais acumulados destas formas de nitrogênio nestes tecidos e a eficiência de utilização de nitrogênio (EUN) conforme Siddiqi & Glass (1981) pela fórmula: $EUN = \frac{\text{matéria seca}^2}{\text{acúmulo de N}}$.

3.4 Análise estatística

No primeiro experimento foi feito as médias e o desvio padrão para os teores

de amônio e nitrato para os quatro períodos de avaliação (7,14,21 e 28 dias após a incubação).

No segundo experimento, o efeito das doses de nitrogênio sobre as variáveis dependentes foi avaliado pelo teste de regressão polinomial, e o efeito dos tratamentos com inibidores da nitrificação pelo teste de Tukey, sendo ambos os testes realizados ao nível de 5% de significância. Nas análises, foi empregado o *software* SISVAR (Ferreira, 2000).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Experimento 1

Observou-se que, quando não se aplicou nitrogênio ao solo, os teores de nitrogênio amoniacal (Figura 2A), nítrico (Figura 2C) e nitrogênio mineral (Figura 2E) no solo, foram muito inferiores àqueles observados quando aplicaram-se 320 mg N kg⁻¹ solo (Figuras 2B, 2D e 2F). Sem aplicação de nitrogênio, apenas para os teores de NO₃⁻, observou-se diferença entre os tratamentos à base de nim, em que as maiores concentrações deste ânion foram proporcionadas por extrato de sementes (ES) aos 21 dias de incubação e por folhas secas (FS) e extrato de folhas (EF) aos 28 dias de incubação (Figura 2C).

Nos tratamentos onde foram aplicados 320 mg N kg⁻¹ solo, a partir dos 14 dias de incubação, a geração de amônio caiu para níveis comparáveis aos observados sem a aplicação de N ao solo e manteve-se assim até os 28 dias após a incubação (Figura 2B). Em relação aos tratamentos à base de nim, observou-se que aos sete dias após a incubação, ES e EF proporcionaram uma menor geração de amônio no solo, indicando que tais tratamentos diminuíram a hidrólise da ureia. Este resultado contraria o observado por Mohanty et al. (2008), que ao aplicarem pó de semente de nim na dose de 20mg/100 mg de N-ureia ao solo, concluíram que o produto não foi eficiente em inibir a hidrólise da ureia, mas inibiu significativamente a geração de nitrato no solo.

Por outro lado, não observou-se um efeito significativo destes tratamentos sobre o processo de nitrificação, pois as concentrações de NO₃⁻ foram maiores aos 14 e aos 21 dias de incubação nos tratamentos ES e FS respectivamente (Figura

2D). Aos 28 dias de incubação, contudo, houve maior geração de NO_3^- quando o N foi aplicado sem qualquer produto (Figura 2D).

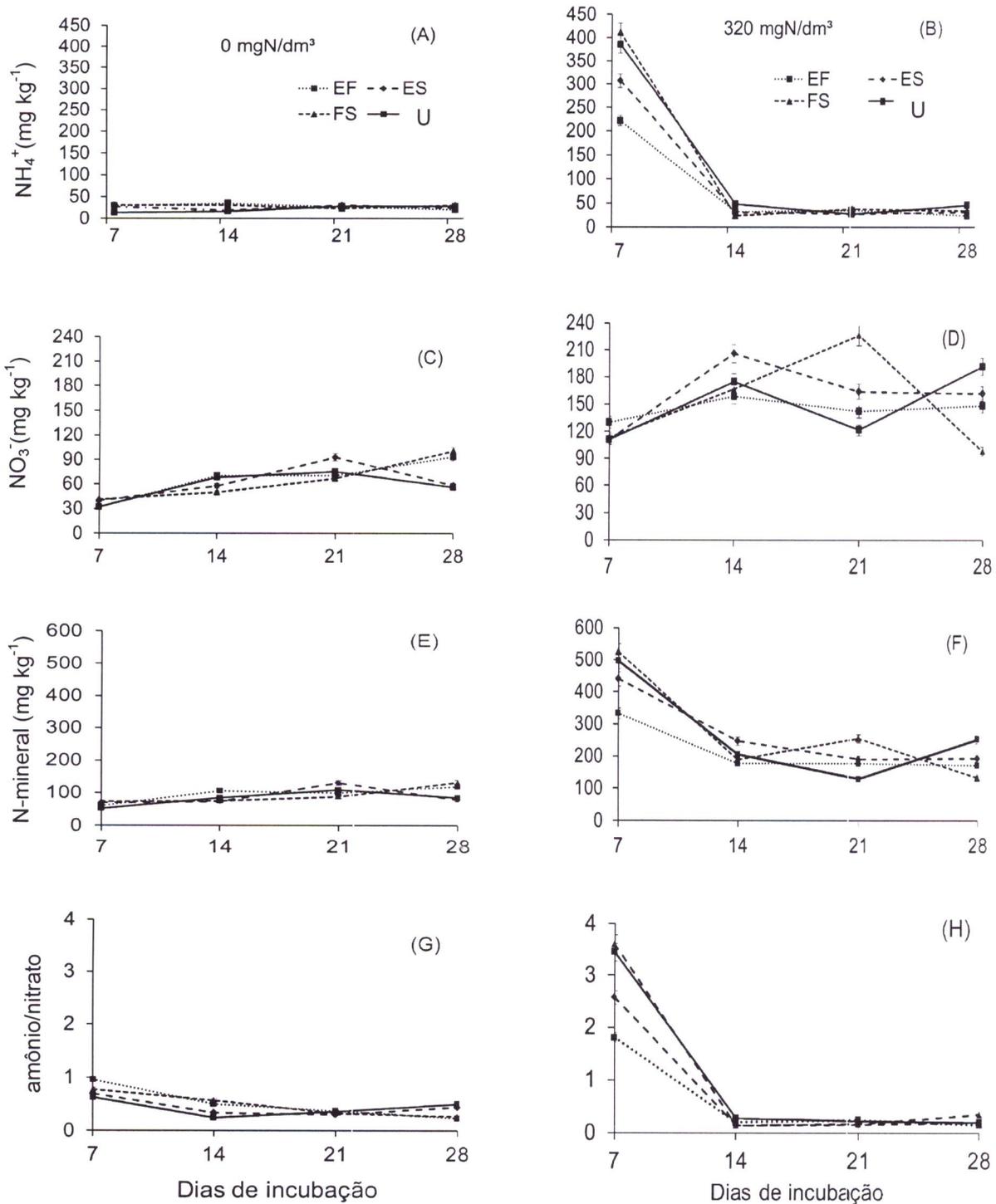


Figura 2- Teores de amônio (A e B), nitrato (C e D), N-mineral (E e F) e relação amônio/nitrato (G e H) no solo em função dos períodos de incubação. EF = extrato de folhas; ES = extrato de sementes; F= Folha secas; U= ureia apenas.

As concentrações de N-mineral, que corresponde à soma das concentrações de amônio + nitrato (Figura 2F) apresentaram um máximo aos sete dias de incubação. As perdas de N-mineral a partir dos sete dias de incubação podem estar relacionadas à processos de volatilização e, ou imobilização (CANTARELLA, 2007). Em relação aos tratamentos à base de nim, observou-se que, assim como ocorreu para as concentrações de amônio (Figura 2B), aos 21 dias de incubação, houve maior geração de N-mineral com o tratamento FS, enquanto aos 28 dias de incubação, esse efeito foi proporcionado pelo tratamento sem inibição. Quanto à relação amônio/nitrato (Figura 2H), o comportamento das curvas foram semelhantes às obtidas para as concentrações de amônio (Figura 2B), ou seja, foram menores com os tratamentos ES e EF.

Considerando a média dos períodos de avaliação (Figura 3), observou-se que os teores de amônio (Figura 3A) foi inferior quando o N esteve associado a extrato de folhas, seguido do tratamento extrato de sementes. Para os teores de nitrato (Figura 3B), entretanto, nenhum dos tratamentos se sobressaiu. Esse resultado indica que os extratos de nim podem ter inibido o processo de hidrólise da ureia, mas, como já mencionado, estes extratos não foram eficientes em inibir o processo de nitrificação.

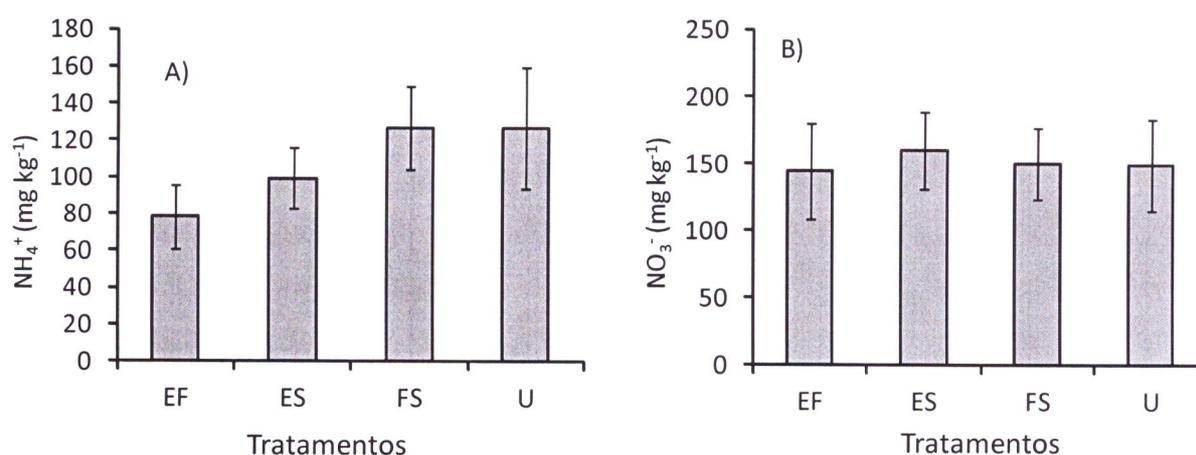


Figura 3: Médias dos teores de amônio (A) e de nitrato (B) no solo nos quatro períodos de avaliação (7, 14, 21 e 28 dias após a incubação). EF = extrato de folhas; ES = extrato de sementes; F= Folha secas; U= ureia apenas.

Estes resultados indicam que houve diminuição da mineralização da ureia nos tratamentos citados, por inibição da atividade da urease (SIVASAKTHY et al., 2012)

e, ou por imobilização do nitrogênio amoniacal gerado na decomposição das folhas secas. Já para o processo de nitrificação, os resultados não permitem afirmar com clareza que os produtos à base de nim diminuíram a geração de nitrato, já que este efeito foi observado apenas aos 28 dias de incubação.

4.2 Experimento 2

Pela análise de variância, não observou-se interação significativa entre os fatores doses de nitrogênio e inibidor da nitrificação para as variáveis de crescimento da berinjela, mas apenas efeitos isolados destes fatores.

Como ilustra a Figura 3, a berinjela respondeu positivamente a adubação nitrogenada. Observou-se comportamento quadrático para as variáveis de crescimento da berinjela (Figuras 4A, 4B, 4C, 4D) à exceção da matéria seca de raízes (Figura 4E), cujo efeito foi linear decrescente.

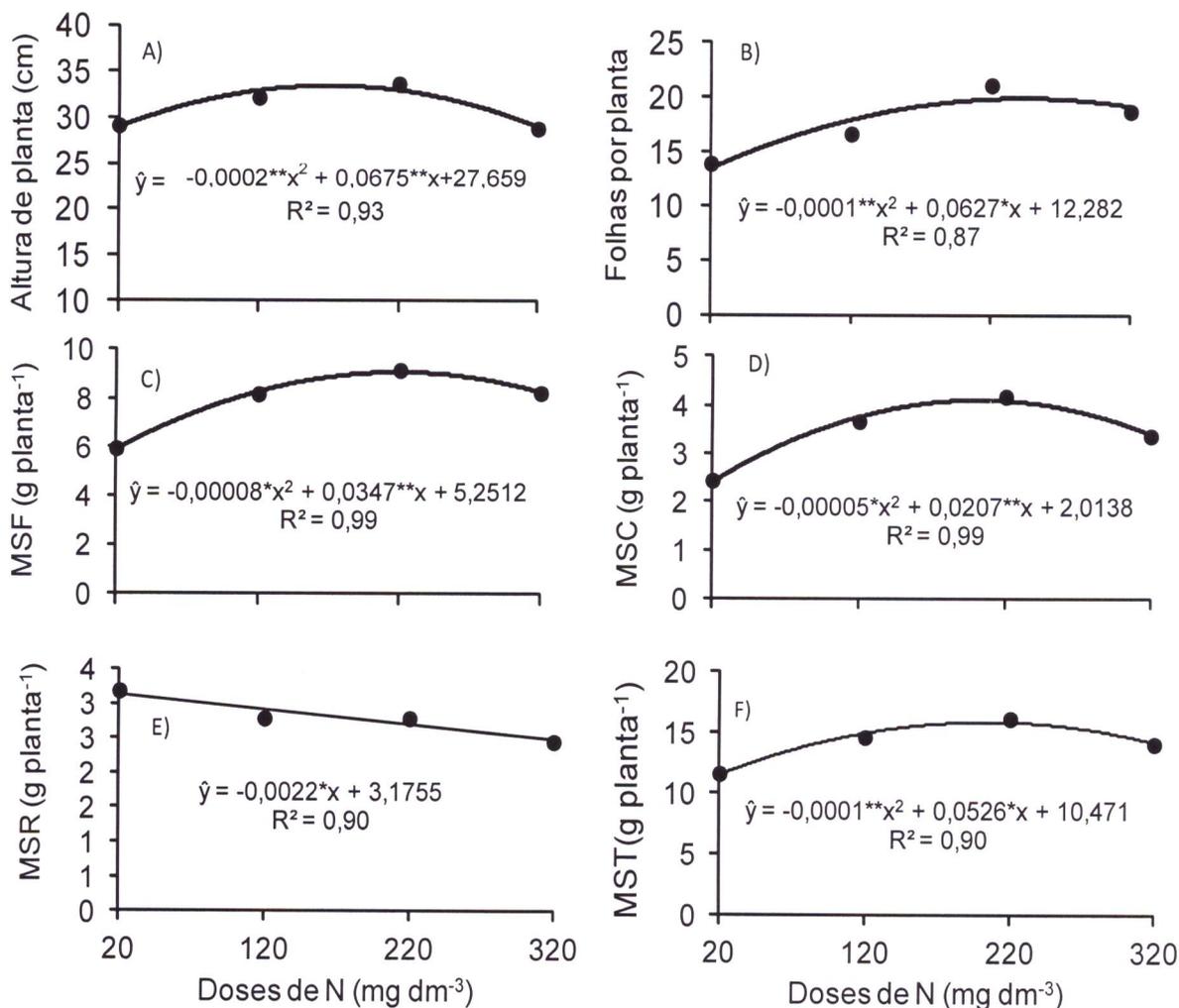


Figura 4: Altura de planta (A), número de folhas por planta (B), massa seca de folhas (MSF) (C), massa seca de caule (MSC) (D), massa seca de raízes (MSR) (E) e massa seca total (MST) (F). ** e *: Significativo ao nível de 1% e 5%, respectivamente, pelo teste de t.

Abrantes (2014) também observou efeito positivo da adubação nitrogenada sobre o crescimento e produção da berinjela. Já é bastante consolidado na literatura o efeito positivo da adubação nitrogenada sobre o crescimento das plantas, principalmente hortaliças. Este efeito deve-se ao a participação do nitrogênio em importantes biomoléculas como clorofilas, proteínas, aminoácidos, nucleotídeos (NAD, NADP, etc.) (TAIZ; ZEIGER, 2006; EPSTEIN; BLOO, 2006). Em vários trabalhos, observou-se resposta positiva do fornecimento de N à berinjela, tanto nas características de crescimento quanto nas de produção (OLONIRUHA; 2009; AMINIFARD et al., 2010). Por outro lado, o decréscimo nas doses extremas é provavelmente devido à toxidez pelo excesso do nutriente, o que ocorre principalmente quando fornecido na forma de ureia (EPSTEIN; BLOOM, 2006; FILGUEIRA, 2008; FERNANDES et al., 2010; ARAUJO et al., 2012).

Em relação a matéria seca de raízes (Figura 5E), observou-se decréscimos nesta variável em função das doses de N aplicadas. Este fato, provavelmente, ocorreu como uma resposta da planta à deficiência de N nas doses mais baixas deste nutriente no solo. Sob deficiência de N, geralmente as plantas aumentam o investimento de fotoassimilados para a produção de raízes, como forma de ampliar o volume de solo a ser explorado e assim aumentar a sua capacidade de absorção (TAIZ; ZEIGER, 2006). Outro fator que pode ter contribuído para este comportamento é possível a toxidez provocada pelo N nas maiores doses desse nutriente. Portanto estes dois fatores juntos, explicam, em parte o efeito decrescente das doses de N sobre o crescimento radicular.

Em relação ao efeito isolado dos tratamentos de inibição da nitrificação, observou-se que a altura de plantas (Figura 5A), número de folhas (Figura 5B), matéria seca de folhas (Figura 5C) e matéria seca de raízes (Figura 4E) não foram afetados pelos tratamentos de inibição da nitrificação. Por outro lado, a matéria seca de caule (Figura 5D) e matéria seca total (Figura 5F) foram superiores quando o nitrogênio foi aplicado com extrato de folhas ou quando aplicado juntamente com folhas secas de nim.

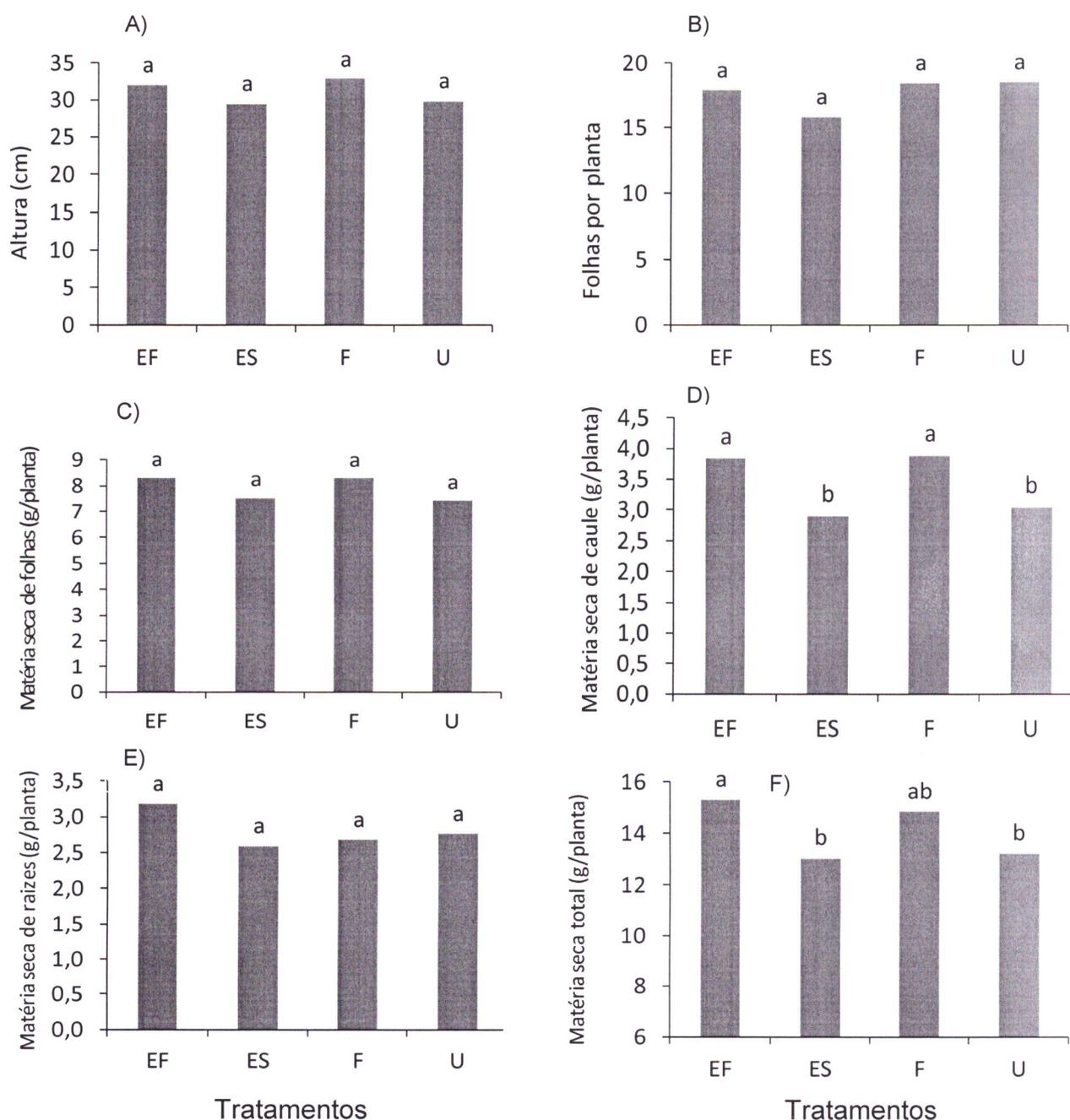


Figura 5- Características de crescimento da berinjela cultivada sob diferentes tratamentos de inibição da nitrificação. EF = extrato de folhas; ES = extrato de sementes; F= Folha secas; U= ureia apenas. Médias seguidas de letras iguais nas linhas, dentro de cada dose de nitrogênio, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

Embora em alguns trabalhos haja relatos de efeitos positivos de extratos à base de sementes e folhas de nim sobre a diminuição da nitrificação (SANTHI et al.; 1986; MOHANTY et al., 2008; SIVASAKHY; GNANAVELRAHAH, 2012), não há relatos sobre os efeitos desses produtos sobre o crescimento das plantas.

Assim como ocorreu para as variáveis de crescimento da berinjela, também não foi observada interação significativa entre os fatores doses de nitrogênio e inibidores da nitrificação (Tabela 1) para os teores de N-total, nitrogênio amoniacal (N-NH₄⁺), acúmulo de N e eficiência de utilização de nitrogênio (EUN). Os teores de N-total, amônio, acúmulo de N-total e EUN não foram influenciados pelos tratamentos à base de nim (Tabela 1). Contudo, observou-se um maior acúmulo de N-NH₄⁺ para os tratamentos que receberam folhas secas de nim juntamente com a adubação nitrogenada, seguido dos tratamentos extrato de folhas + ureia e ureia apenas, que estatisticamente não diferiram entre si. O menor acúmulo de amônio se deu no tratamento extrato de semente.

Tabela 1- Teores foliares de N-total, amônio (N-NH₄⁺), acúmulo de N e amônio e eficiência de utilização de N (EUN) na berinjela, em função dos tratamentos de inibição da nitrificação.

Tratamentos	N-total gkg ⁻¹	N-NH ₄ ⁺ mgkg ⁻¹	Acúmulo N -----mg planta ⁻¹ -----	Acúmulo NH ₄ ⁺	EUN g ² /mgN tot
U	41,7 a	317,33 a	313,8 a	2,27 ab	0,18 a
U + ES	40,8 a	280,00 a	312,9 a	2,17 b	0,19 a
U + EF	38,4 a	292,83 a	328,6 a	2,48 ab	0,23 a
F	39,5 a	354,67 a	331,2 a	2,96 a	0,21 a

U= ureia apenas; ES = extrato de sementes; EF = extrato de folhas; F= Folha secas. Médias seguidas de letras iguais nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

Em relação ao efeito das doses de N sobre as variáveis acima citadas, observou-se comportamento linear para os teores foliares de nitrogênio total (Figura 6A) e quadrático para os acúmulos de N-total (Figura 6B) e amoniacal (Figura 6D). O acúmulo de N-NH₄⁺ (Figura 6C) não foi afetado pelas doses de N. Esse efeito pode está relacionado ao fato de em geral, as plantas não acumularem amônio nos tecidos, o qual é rapidamente assimilado em compostos orgânicos já nas raízes (TAIZ & ZEIGER, 2006).

A eficiência de utilização de nitrogênio (EUN) (Figura 6E) que relaciona à matéria seca com o acúmulo total de N pela planta, assim como ocorreu para os teores foliares de amônio, não foi afetada pelas doses de N aplicadas ao solo. Diferentemente do observado no presente trabalho, Abrantes (2014) observaram

que o aumento das doses de N proporcionaram decréscimos na EUN na berinjela. Tal fato pode está associado com as doses utilizados pelo autor, as quais variaram de 25 a 500 mg N dm⁻³. De acordo com o mesmo autor, o decréscimo da EUN com o aumento as doses de N, decorre da elevada produção de matéria seca por unidade de N nas doses mais baixas desse nutriente, o que não ocorre nas doses mais elevadas.

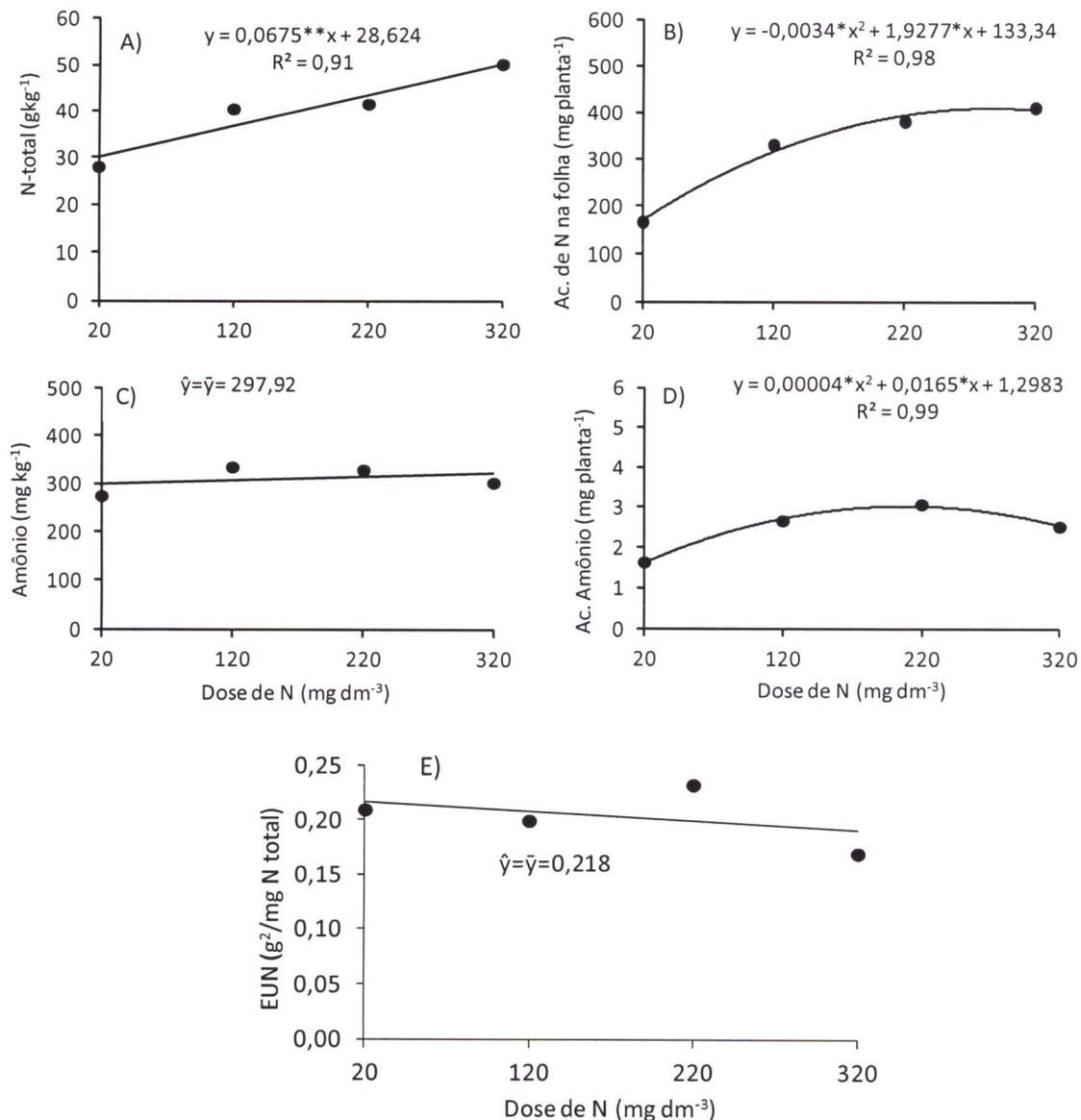


Figura 6- Teores foliares de N-total (A), acúmulo de N-total (B), teor de amônio (N-NH₄⁺) (C), acúmulo de amônio (D), e eficiência de utilização de N (EUN) (E) na berinjela, em função dos tratamentos de inibição da nitrificação. ** e *: Significativo ao nível de 1% e 5%, respectivamente, pelo teste de t.

Os teores e o acúmulo de nitrato nos tecidos foliares da berinjela (Figura 7) foram influenciados pelas doses de N, pelos produtos à base de Nim, bem como, pela interação entre estes fatores. Em todos os tratamentos referentes aos produtos à base de nim, os teores de nitrato (Figura 7A) elevaram-se linearmente com as doses de N aplicadas. Os menores teores de nitrato nas folhas foram obtidos quando o N foi aplicado na forma de ureia apenas, enquanto para os demais tratamentos, as respostas foram semelhantes (Figura 7A).

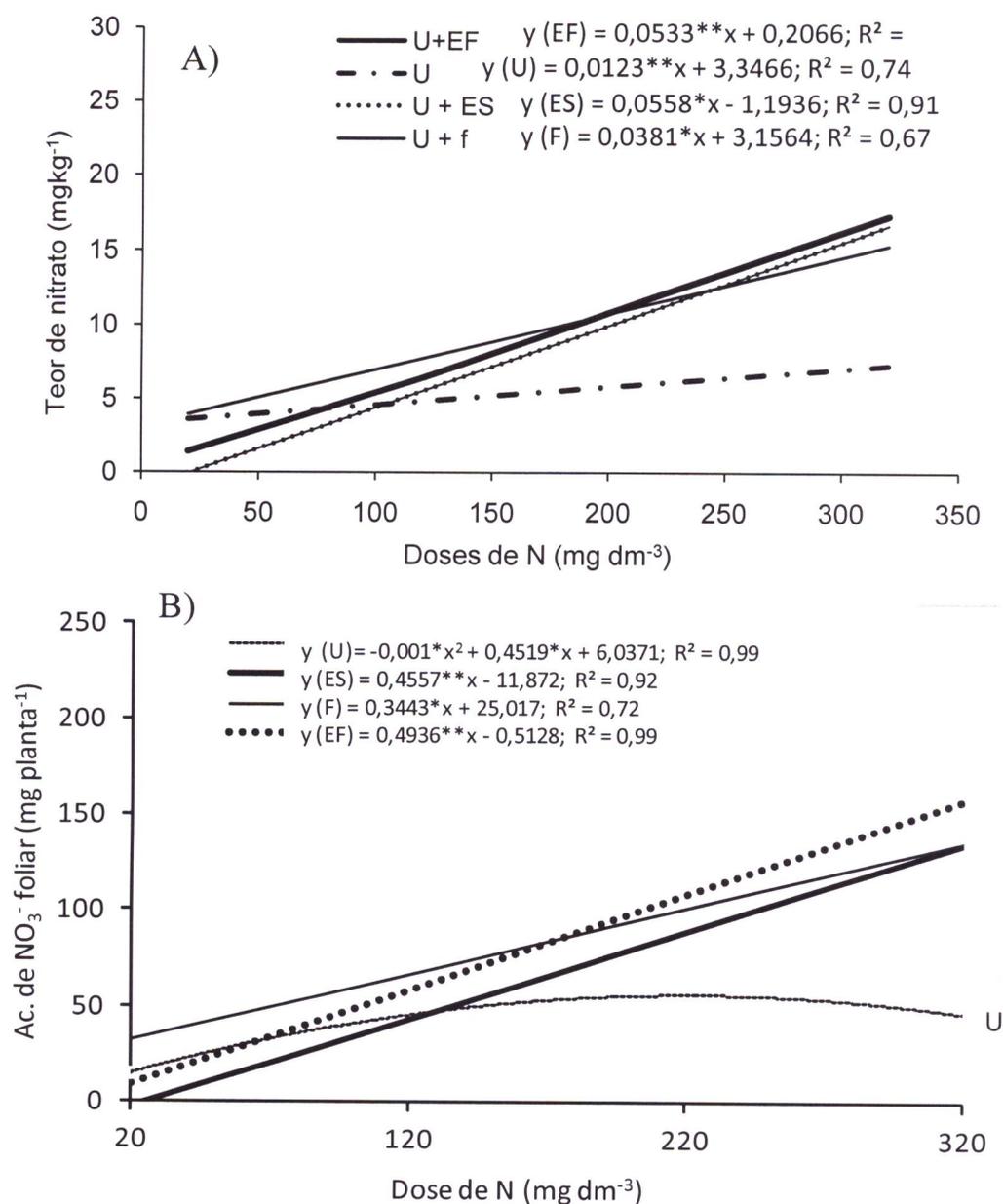


Figura 7. Teores (A) e acúmulo (B) de nitrato em folhas de berinjela em função de doses de nitrogênio e produtos à base de nim. EF = extrato de folhas; ES = extrato

de sementes; F= Folha secas; U= ureia apenas. * e **: significativo aos níveis de 5 e 1%, respectivamente.

Para o acúmulo de nitrato (Figura 7B) observou-se que, quando o N esteve associado extrato de sementes, extrato de folhas ou folhas secas, houve maior acúmulo de N pela planta, cujo efeito das doses de N foi linear. Por outro lado, quando o N foi fornecido na forma de ureias apenas, houve menor acúmulo de N nos tecidos foliares, com efeito quadrático para as doses de N aplicadas.

Em princípio, estes resultados contradizem as expectativas para os produtos à base de nim, cuja hipótese inicial era que, estes poderiam diminuir a geração de nitrato no solo e assim diminuir a absorção e acumulação deste ânion pela planta. Contudo, como foi observado no experimento 1, não ficou claro o papel dos produtos à base de nim sobre o processo de nitrificação, embora, aos 7DAT, o extrato de folhas e extrato de sementes (Figura 2B) tenham diminuído a hidrólise da ureia.

Entretanto, nem sempre existe correspondência entre os teores de amônio ou nitrato no solo com os respectivos teores nos tecidos foliares. Isso ocorre porque, no caso do amônio, sua assimilação ocorre quase que totalmente nas raízes, sendo pouco transportado para as folhas (TAIZ E ZEIGER, 2006). O nitrato, por sua vez, pode ser assimilado tanto nas raízes, quanto nas folhas, dependendo da espécie vegetal (ARAUJO et al., 2012). Dessa, forma, o menor acúmulo de nitrato quando o N foi fornecido na formam de ureia não indica, necessariamente menor taxa de nitrificação do N, mas pode ser um reflexo da maior perda de N por volatilização, já que alguns produtos diminuíram a hidrólise da ureia, ainda que pelo um curto período.

CONCLUSÕES

Os produtos à base de nim não inibiram significativamente o processo de mineralização ou nitrificação do N-ureia aplicado ao solo, aos 28 dias de incubação.

Extratos de sementes ou folhas de nim, pouco afetaram o crescimento da berinjela, mas proporcionaram maior acúmulo de nitrato foliar.

A berinjela respondeu positivamente às doses nitrogênio, as quais proporcionou incremento no seu crescimento e no acúmulo de nitrogênio nas folhas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRANTES, E.G. **Influência do silício na nutrição nitrogenada da berinjela.** 2014. 62f. Dissertação - (Mestrado em Horticultura Tropical), Universidade Federal de Campina Grande, Pombal (PB).

AMINIFARD, M. H. et al. Responses of eggplant (*Solanum melongena* L.) to different rates of nitrogen under field conditions. **Journal of Central European Agriculture.** 11:453-458. 2010.

ARAUJO, J.L. et al. Crescimento e produção do arroz sob diferentes proporções de nitrato e de amônio. **Revista Brasileira Ciência Solo**, v.36, p.921-930. 2012.

BARKER; A.V.; BRYSON, G.M. Nitrogen. In: BARKER, A.V.; PILBEAM, D.J. **Handbook of plant nutrition.** Boca Raton: CRC Press, 2004. p.21-50.

CANTARELLA, H. Nitrogênio. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. (eds). Fertilidade do solo. Viçosa, **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, p. 375-470, 2007.

CATALDO, D.A.; HAROON, M.; SCHRADER, L.E.; YOUNGS, V.L. Rapid colorimetric determination of nitrate in plant tissue by nitration of salicylic acid. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, v.6, p.71-80, 1975.

CERETTA, C.A; FRIES, M.R. Adubação nitrogenada no sistema de plantio direto. In: NUERNBERG, N.J. *Plantio direto: conceitos, fundamentos e práticas culturais.* **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, Núcleo Regional Sul, 1997. Cap.7, p.111-120.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Manual de métodos de análise de solo.** 2.ed. ver. Atual. Rio de Janeiro.1997, 212 p.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A. **Nutrição mineral de plantas: Princípios e Perspectivas.** Londrina: Editora Planta, 2006. 169 p.

ERREBHI, M. et al. Potato yield response and nitrate leaching as influenced by nitrogen management. **Agronomy Journal**, v.90, n.1, p.10-15, 1998.

FAQUIN, V. **Diagnose do estado nutricional das plantas**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2002. 77 p.

FAQUIN, V. **Nutrição mineral de plantas**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2005. 183 p

FERNANDES, M.S.; SOUZA, S.R. Absorção de nutrientes. In: FERNANDES, M.S. (Ed.). **Nutrição Mineral de Plantas**. Viçosa-MG. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p.115-152, 2006.

FERREIRA, D.F. **Sistema de análises de variância para dados balanceados**. Lavras: UFLA, 2000. (SISVAR 4. 1. pacote computacional).

FILGUEIRA, F.A.R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. Viçosa: UFV, 2008. 421 p.

FURTINI NETO, A.E.; VALE, F.R.; RESENDE, A.V.; GUILHERME, L.R.G.; GUEDES, G.A.A. **Fertilidade do solo**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2001. 261p.

GHOSH, S.; PALIYATH, P.; PEIRSON, D.; FLETCHER, R.A. Nitrogen mobilization during senescence. In: SRISVASTANA, H.S.; SINGH, R.P. (Eds.). **Nitrogen in higher plants**. New Delhi, Associated Publishing Company, 1995. P.337-365.

GONÇALVES, M.C.R. et al. Modesto efeito hipolipemiante do extrato seco de berinjela (*Solanum melongena* L.) em mulheres com dislipidemias, sob controle nutricional. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v.16, p.656-663. 2006.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo agropecuário**. Rio de Janeiro, 2006. 777p.

MAITHANI, A.; PARCHA, V.; PANT, G.; DHULIA, I.; KUMAR, D. *Azadirachta indica* (neem) leaf: A review. **Journal of Pharmacy Research**, v.4, p.1824-1827, 2011.

MAJUMDAR, D. Inexploited botanical, nitrification inhibitors prepared from karanja plant. **Natural Product Radiance**, v. 7, p.58-67, 2008.

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

MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: CERES, 1980. 251 p.

MARCELINO, R. **Inibidor de nitrificação em fertilizantes nitrogenados e rendimento de milho**. 2009. 81f. Dissertação- (Mestrado em Agricultura tropical e Subtropical), Instituto Agronômico de Campinas, Campinas (SP).

MARSCHNER. P. **Mineral nutrition of higher plants**. 3ed. Australia: Academic Press, 2012. 651p.

McGEOUGH, K.L.; LAUGHLIN, R.J.; WATSON, C.J.; MULLER, C.; ERNFORS, M.; CAHALAN, E.; RICHARDS, K.G. The effect of cattle slurry in combination with nitrate and the nitrification inhibitor dicyandiamide on in situ nitrous oxide and dinitrogen emissions. **Biogeosciences**, v.9, p.4909–4919, 2012.

MOHANTY, S.; PATRA, A.K., CHHONKAR, P.K. Neem (*Azadirachta indica*) seed kernel powder retards urease and nitrification activities in different soils at contrasting moisture and temperature regimes, **Bioresource Technol**, v.99, p.894–899, 2008.

MORADITOCHEAE, M. et al. Effects of vermicompost application and nitrogen fertilizer rates on fruit yield and several attributes of eggplant (*Solanum melongena* L.) in Iran. **World Applied Sciences Journal**, v.15, n.2, p.174-178. 2011.

MOREIRA, F.M.S.; SIQUEIRA, J.O. 2ed. **Microbiologia e Bioquímica do Solo**, UFLA, 2006. 729p.

NOVAIS et al. editores. **Fertilidade do solo**. Viçosa – MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. 1017p.

OLIVEIRA, F.A. et al. Desenvolvimento e concentração de nitrogênio, fósforo e potássio no tecido foliar da berinjela em função da salinidade. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.6, p.37-45. 2011.

OLONIRUHA, J.A. Effect of graded levels of nitrogen on growth and yield of eggplant in Kabba, Southern Guinea Savana ecological zone of Nigeria. **AfricanCrop Science Conference Proceedings**, v.9, p.241-242. 2009.

SANTHI, S.R.; PALANIAPPAN, S.P.; PURUSHOTHAMAN, D. Influence of neem leaf on nitrification in low land rice soil. **Plant Soil**, 93, p.133- 135., 1986.

SIDDIQI, M. Y.; GLASS, A. D. M. Utilization index: a modified approach to the estimations and comparison of nutrient utilization efficiency in plants. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v. 4, n. 3, p. 289-302, 1981.

SIVASAKTHY, K.; GNANAVELRAJAH, N. Organic Nitrogen Sources and Nitrification Inhibitors on Leaching and Phyto-Accumulation of Nitrate and Yield of *Amaranthus polygamous*. **World Journal of Agricultural Sciences**, v. 8 p. 208-211, 2012.

SIVASAKTHY, K.; N. GNANAVELRAJAH. Effect of neem (*Azadirachta indica*) leaf on nitrification and selected properties of soil amended with different sources of nitrogen. **Journal of Science and Management**, v. 2, p. 26-32, 2010.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3ed. Porto Alegre: ARTMED, 2006. 722p.

TEDESCO, M.J. et al. **Análises de solo, plantas e outros materiais**. Porto Alegre, UFRGS, Faculdade de Agronomia, Departamento de Solos, Boletim Técnico n. 5, 1985, 95 p.

TRENKEL, M.E. Improving fertilizer use efficiency: Controlled-release and stabilized fertilizers in agriculture. **Paris: International Fertilizer Industry Association**, 1997. 151p.

WHITE, R.E. Leaching. In: WILSON, J.R. **Advances in nitrogen cycling in agricultural ecosystems**. Wallingford: C.A.B. International, p.193-211, 1987.

XU, C., WU, L.H.; JU, X.T.; F.S. ZHANG. Role of nitrification inhibitor DMPP (3, 4-dimethylpyrazole phosphate) in NO_3^- -N accumulation in greengrocery (*Brassicacampestris* L. ssp. *chinensis*) and vegetable. **Journal Environmental**, v. 17, p. 81-83, 2005.

APÊNDICE

Tabela 1A. Resumo da análise de variância para valores de N-total, acúmulo de nitrogênio nas folhas, eficiência na utilização de nitrogênio (EUM), teor de amônia (NH_4^+) e o acúmulo de amônia pelas folhas em plantas de berinjela em função de doses de N e tratamentos de inibição da nitrificação.

Fonte de variação	Quadrados médios					
	GL	N-total	Ac de N	EUN	Teor NH_4^+	Ac NH_4^+
N	3	9,96**	1424,65**	0,96**	9292,31 ^{ns}	4,45**
TI	3	0,25 ^{ns}	11,11 ^{ns}	0,54 ^{ns}	12950,97 ^{ns}	1,46**
N x TI	9	0,43 ^{ns}	60,14 ^{ns}	0,23 ^{ns}	12718,68 ^{ns}	0,61 ^{ns}
Resíduo	32	0,28	37,49	0,26	6823,25	0,49
CV(%)		13,13	19,04	24,98	26,54	28,48

** e ^{ns}: significativo a 1% e não significativo pelo teste de F, respectivamente. N: doses de nitrogênio; TI: tratamento de inibição da nitrificação; CV: coeficiente de variação.

Tabela 2A. Resumo da análise de variância para valores de teor de nitrato (NO_3^-) e acúmulo de nitrato (NO_3^-) para plantas de berinjela em função de doses de N e tratamentos de inibição da nitrificação.

Fonte de variação	Quadrados médios		
	GL	Teor NO_3^-	Ac NO_3^-
N	3	338,84**	25679,57**
TI	3	43,32**	4836,51**
N x TI	9	30,97**	2453,26**
Resíduo	32	4,19	324,22
CV(%)		25,12	26,41

** e ^{ns}: significativo a 1% e não significativo pelo teste de F, respectivamente. N: doses de nitrogênio; TI: tratamento de inibição da nitrificação; CV: coeficiente de variação.

Tabela 3A. Resumo da análise de variância para valores da massa seca das folhas (MSF), do caule (MSC), de raízes (MSR) e total (MST) de plantas de berinjela em função de doses de N e tratamentos de inibição da nitrificação.

Fonte de variação	Quadrados médios				
	GL	MSF	MSC	MSR	MST
N	3	22,35**	6,43**	1,07 ^{ns}	43,28**
TI	3	2,59 ^{ns}	3,18**	0,82 ^{ns}	15,58 ^{ns}
N x TI	9	1,08 ^{ns}	0,82 ^{ns}	1,08 ^{ns}	5,29 ^{ns}
Resíduo	32	1,55	0,79	1,03	6,67
CV(%)		15,79	26,09	36,21	18,32

** e ^{ns}: significativo a 1% e não significativo pelo teste de F, respectivamente. N: doses de nitrogênio; TI: tratamento de inibição da nitrificação; CV: coeficiente de variação.

Tabela 4. Resumo da análise de variância para valores para relação parte aérea/raiz (RPAR), Altura de planta e número de folhas de plantas de berinjela em função de doses de N e tratamentos de inibição da nitrificação.

Fonte de variação	Quadrados médios			
	GL	RPAR	Altura	Folhas
N	3	0,08**	71,23 ^{ns}	113,33**
TI	3	0,008 ^{ns}	39,34 ^{ns}	19,66 ^{ns}
N x TI	9	0,007 ^{ns}	26,91 ^{ns}	21,09 ^{ns}
Resíduo	32	0,007	28,31	15,29
CV(%)		33,26	17,15	22,19

** e ^{ns}: significativo a 1% e não significativo pelo teste de F, respectivamente. N: doses de nitrogênio; TI: tratamento de inibição da nitrificação; CV: coeficiente de variação.