

EFICIÊNCIA DE ADUBAÇÃO DE BATATINHA COM ESTERCO E N MINERAL (^{15}N) E EFEITO RESIDUAL NO CULTIVO DO MILHETO⁽¹⁾

Fabio Freire de Oliveira⁽²⁾, Ignacio Hernan Salcedo⁽³⁾ & Vânia da Silva Fraga⁽⁴⁾

RESUMO

Os solos arenosos utilizados para o cultivo da batatinha (*Solanum tuberosum*) no agreste da Paraíba têm baixo teor de N. Adubações anuais com esterco e N mineral, realizadas empiricamente, têm resultado na acumulação e, ou, perda de nutrientes do solo. Por esse motivo, objetivou-se determinar a eficiência do sulfato de amônio (^{15}N) mais esterco na adubação da batatinha e do efeito residual dessa adubação na produção e absorção de N pelo milheto (*Pennisetum glaucum*) cultivado em sequência. Em experimento de campo em Neossolo regolítico, foi comparada a combinação de 16 t ha⁻¹ de esterco + 80 kg ha⁻¹ de N, utilizada mais frequentemente na região, com doses de 11 t ha⁻¹ de esterco combinadas com 0, 40 e 80 kg ha⁻¹ de N em aplicação única ou parcelada. O sulfato de amônio utilizado foi enriquecido em ^{15}N (2,5 % de abundância). Em todos os tratamentos, avaliou-se a produtividade de matéria seca de tubérculos e parte aérea do milheto, assim como a composição isotópica do N nesses materiais. Demonstrou-se que a adubação tradicional é excessiva nesse solo, uma vez que a redução para 11 t ha⁻¹ de esterco e 40 kg ha⁻¹ de N mineral não resultou em queda de produtividade das culturas; no entanto, houve queda com a aplicação isolada de esterco. O milheto recuperou grande parte do N mineral adicionado à batatinha e mostrou ser uma alternativa como forrageira em condições de semiárido.

Termos de indexação: agricultura familiar, *Solanum tuberosum*, adubação orgânica.

⁽¹⁾ Extraído da tese do primeiro autor. Recebido pra publicação em novembro de 2009 e aprovado em janeiro de 2011.

⁽²⁾ Professor de ensino técnico e tecnológico, IFSertão-PE. BR 235, km 22, PSNC, CEP 56300-000 Petrolina (PE). E-mail: oliveiraff@yahoo.com.br

⁽³⁾ Professor Titular, Departamento de Energia Nuclear, Universidade Federal de Pernambuco – UFPE. Av Prof. Luiz Freire 1000, CEP 50740-540 Recife (PE). E-mail: salcedo@ufpe.br

⁽⁴⁾ Professora Associada, Departamento de Solo e Engenharia Rural, CCA, UFPB. Areia (PB). E-mail: vfraga@cca.ufpb.br

SUMMARY: FERTILIZATION EFFICIENCY OF POTATO WITH FARM MANURE PLUS FERTILIZER-N (¹⁵N) AND RESIDUAL EFFECT ON MILLET

*The N content of the sandy soils in the semi-arid region of Paraíba State cultivated with potato (*Solanum tuberosum*) is low. Annual applications of farm manure (FM) and mineral N, determined on an empirical basis, have led to accumulation and/or loss of soil nutrients. Thus, the objective of this study was to determine the efficiency of ammonium sulphate (¹⁵N) combined with FM applied to potato as well as the residual effects on subsequent millet. A field experiment on an Alfisol compared the combination of a rate of 16 t ha⁻¹ FM + 80 kg ha⁻¹ of mineral N, as most frequently used in the region, with a rate of 11 t ha⁻¹ of FM combined with 0, 40 and 80 kg ha⁻¹ of N in single or split applications. The ammonium sulphate was enriched in ¹⁵N (2.5 % ¹⁵N abundance). The dry weight of potato and millet aboveground mass was determined in all treatments, as well as the N isotopic composition of both materials. Fertilization at the traditional rate proved to be excessive for this soil, since crop yields were not reduced when the rates were reduced to 11 t ha⁻¹ manure + 40 kg ha⁻¹ mineral N. However, yields were lower with applications of manure alone. Millet recovered much of the mineral N added to potato and was a good alternative for forage production in the area.*

*Index terms: subsistence agriculture, *Solanum tuberosum*, organic amendments.*

INTRODUÇÃO

A mesorregião do Brejo Paraibano tem peculiaridades climáticas bem distintas da maior parte do Nordeste, ou seja, temperaturas amenas e alto índice pluviométrico durante alguns meses do ano, sendo essas particularidades responsáveis pela entrada da bataticultura na região (Dias, 1993). O município de Esperança é o principal centro de produção, tendo a batatinha e a erva-doce como as culturas que oferecem maior viabilidade econômica (Sabourin et al., 2000). Os solos utilizados para produção de batatinha na região são muito arenosos (em média, 80 % de areia) e com baixa fertilidade natural, deficientes principalmente em N e P (Galvão et al., 2008), exigindo aplicação de fertilizantes. O manejo empírico da adubação tem resultado em produtividade média de 8 t ha⁻¹. O esterco representa a principal entrada de nutrientes nessas áreas de agricultura familiar, com aplicações anuais em torno de 16 t ha⁻¹. Junto com o esterco, os produtores adicionam também N-fertilizante comercial (sulfato de amônio ou ureia) em dose equivalente a 80 kg ha⁻¹ ou menor, em razão da limitação de recursos financeiros.

A textura desses solos favorece as perdas de N e outros nutrientes, que são favorecidas pelo baixo teor de matéria orgânica, baixa capacidade de adsorção de cátions e pelo não parcelamento na aplicação do N-fertilizante. A pluviosidade média anual é de 800 mm, distribuídos entre os meses de abril a agosto, porém com irregularidade tanto na quantidade como na sua distribuição. O manejo otimizado do esterco e fertilizantes nitrogenados é fundamental para a melhoria das condições de produção de batatinha nessas áreas.

O uso de adubos marcados com ¹⁵N constitui-se em ferramenta importante para quantificar a eficiência da adubação mineral nitrogenada (Maximo et al., 2005), bem como as perdas e a recuperação em camadas mais profundas (Lange et al., 2008), possibilitando o desenvolvimento de técnicas mais eficientes de adubação nitrogenada. Além disso, é possível determinar quanto do fertilizante é recuperado por cultivos subsequentes, determinando-se o efeito residual da adubação.

No brejo paraibano, com curto período de chuva, o milho é uma cultura interessante para o produtor que visa a uma maior integração lavoura-pecuária, pela sua produção de forragem. Por ser uma cultura de ciclo curto, tolerante ao estresse hídrico e com sistema radicular que atinge camadas de até 120 cm, o milho pode recuperar nutrientes lixiviados em camadas mais profundas nesses solos arenosos (Menezes et al., 1997).

Por esses motivos, este trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar a eficiência de adubação da batatinha com combinações de esterco e fertilizante nitrogenado (¹⁵N), bem como o seu efeito residual no milho, em área de produção familiar com solo característico do agreste paraibano.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em área de produtor rural, que trabalha em sistema de agricultura familiar no município de Esperança, PB (06° 59' 07" S e 35° 52' 14" W), de abril a setembro de 2006, num Neossolo Regolítico com as seguintes características:

82 % de areia e 5 % de argila; C total: 11 g kg⁻¹; N total= 1,1 g kg⁻¹; pH (H₂O) = 7,1; P (Mehlich-1) = 47 mg kg⁻¹; K (Mehlich-1) = 230 mg kg⁻¹; Al³⁺ = 0,0 cmol_c kg⁻¹; e Ca²⁺ e Mg²⁺ = 2,1 e 1,0 cmol_c kg⁻¹, respectivamente, determinados utilizando-se o método da Embrapa (1999). O esterco usado no ensaio apresentou as seguintes características: C total, 242 g kg⁻¹; N total, 6,5 g kg⁻¹; P total, 2,4 g kg⁻¹; e K total, 8,7 g kg⁻¹, analisados segundo Embrapa (1999); cinza, 470 g kg⁻¹; e lignina, 180 g kg⁻¹ (van Soest, 1963). A precipitação pluvial durante o experimento foi de 79, 56, 107, 46, 66 e 10 mm para os meses de abril, maio, junho, julho, agosto e setembro, respectivamente. A batatinha, cultivar Monalisa, foi plantada em 25 de abril e colhida em 12 de julho (78 dias). O milho foi plantado no dia 2 de agosto e manejado no dia 13 de setembro (42 dias).

As parcelas experimentais constituíram-se de seis fileiras, com 5 m de comprimento, sendo a área útil os 12 m² centrais. A batata, cultivar Monalisa, foi plantada em leirão com 0,8 x 0,33 m entre linhas e plantas, respectivamente. A batata-semente utilizada foi aquela que na safra anterior não se enquadrava no critério de seleção para comércio quanto ao tamanho (ø < 8 cm). A batata-semente ficou armazenada em câmara fria, sendo retirada 30 dias antes do plantio. Antes do plantio, 15 dias, o esterco foi incorporado, com arado a tração animal, nas quantidades indicadas para cada tratamento (Quadro 1). A campina e amontoa foram feitas manualmente, com auxílio de enxada.

A adubação nitrogenada foi feita de acordo com os tratamentos descritos no quadro 1, tendo como fonte o sulfato de amônio (21 % N). A adubação em aplicação única foi efetuada de forma localizada, planta por planta, assim que ocorreu a emergência das plântulas. Nos tratamentos com parcelamento, aplicou-se metade na emergência e a outra metade no momento da amontoa, 30 dias depois do plantio. O tratamento testemunha (16 t ha⁻¹ de esterco + 80 kg ha⁻¹ de N em dose única) foi baseado na dose média utilizada pelos produtores. A dose de esterco de 11 t ha⁻¹ foi baseada na extração de K, que é o nutriente exigido

em maior quantidade pela batatinha, com base numa produtividade de 15 t ha⁻¹. Na dose de 11 t ha⁻¹ foram adicionados 60,7, 22,4 e 81,3 kg ha⁻¹ de N, P e K, respectivamente. Os tubérculos foram separados em grandes e pequenos, tendo o diâmetro de 8 cm como divisor das classes.

Nas parcelas adubadas com N, colocou-se uma subparcela com adubo marcado com ¹⁵N, para quantificar o aproveitamento do N aplicado. O sulfato de amônio com abundância de 2,5 % átomos de ¹⁵N foi aplicado em três plantas de cada subparcela, com as doses e forma de aplicação dos seus respectivos tratamentos. O tratamento com 80 kg ha⁻¹ de N parcelado (40 kg na emergência + 40 kg na amontoa) foi repetido três vezes, para viabilizar a marcação com ¹⁵N na primeira ou segunda aplicação e também nos dois momentos, a fim de quantificar o aproveitamento do adubo de cada parcelamento e da dose completa. A produtividade de matéria seca dos tubérculos foi determinada coletando-se toda a área útil 79 dias após o plantio. Seguidamente, efetuou-se a semeadura do milho, cultivar IPA BULK 1 BF, melhorada para condições de estresse hídrico e baixa fertilidade (Tabosa et al., 1999). Entre linhas, usou-se o mesmo espaçamento da batata (0,8 m). Entre plantas, foi feito um desbaste após a emergência, deixando 15 plantas por metro. O milho foi manejado 42 dias após plantio, sendo cortado rente ao chão, numa área útil de 4 m²; coletaram-se amostras para determinar matéria seca. As amostras foram secas em estufa de circulação de ar forçada a 60 °C, para quantificação da produção de matéria seca.

Nas subparcelas com adubo marcado com ¹⁵N, os tubérculos de batatinha e parte aérea de milho foram utilizados para quantificar os teores de ¹⁴N e ¹⁵N por espectrometria de massa (Rennie & Paul, 1971). Com esses dados, foram calculadas as percentagens de N derivado do fertilizante (%Nddf), a quantidade de N derivado do fertilizante (Qndf) e as percentagens de N recuperado (Nrec).

Para analisar os resultados, considerou-se delineamento de blocos inteiramente casualizados com oito tratamentos e quatro repetições, em que cada tratamento era uma combinação específica de fonte, dose e forma da aplicação (Quadro 1). Para comparar o efeito dos tratamentos ou grupos de tratamentos nas variáveis massa de tubérculo grande e total, matéria seca do milho, Nddf, Qndf e Nrec, utilizou-se a técnica dos contrastes ortogonais (Pearce, 1992; Alvarez & Alvarez, 2006).

Quadro 1. Tratamentos utilizados no ensaio de campo com batatinha em um Neossolo Regolítico

Tratamento	Esterco	N plantio	N cobertura
	t ha ⁻¹	kg ha ⁻¹	
1	16	80 *	0
2	11	40 *	0
3	11	40 *	40
4	11	40	40 *
5	11	40 *	40 *
6	11	20	20
7	11	0	0
8	11	80 *	0

*: Sulfato de amônio com 2,5 % de abundância de ¹⁵N.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As produtividades de tubérculo de batatinha (Quadro 2) foram superiores à média de 6.500 kg ha⁻¹, determinada em um levantamento junto a 14 produtores da região (Oliveira & Salcedo, 2008). A

diminuição na dose de esterco de 16 para 11 t ha⁻¹ não provocou redução na produtividade da batatinha nem do milho (Quadro 3), indicando que a dose de 16 t ha⁻¹, normalmente aplicada na região, é excessiva, pelo menos para os solos que vêm sendo habitualmente adubados com esterco, como é o caso do Neossolo Regolítico da área do experimento. O capital economizado com a redução na dose de esterco, considerando que a maioria dos produtores adquire esse insumo fora da propriedade, representa a possibilidade de investimento em outros insumos visando otimizar a produção, como a aquisição de batata semente certificada.

A aplicação do sulfato de amônio, independentemente da dose e forma de aplicação, resultou sempre em maior produtividade que a do tratamento que não o recebeu (Quadro 3), o que mostra a dependência da batatinha na adição de fonte solúvel de N.

A queda da produtividade da batatinha para 7 t ha⁻¹ quando adubada com esterco na ausência de sulfato de amônio (Quadro 2) indica que o esterco não é uma fonte imediata de N, devido à ampla relação C/N (48) e ao alto teor de lignina (180 g kg⁻¹). Palm et al. (2001)

consideraram que materiais com conteúdo de N < 25 g kg⁻¹ combinado com teor de lignina > 15 g kg⁻¹, como é o caso do esterco utilizado no presente estudo, são de baixa qualidade no fornecimento de N. A ampla relação C/N mantém um ambiente de imobilização temporária do N do solo. Em experimento de incubação em laboratório, Menezes & Salcedo (2007) observaram imobilização líquida do N do solo com adição de esterco durante 56 dias após sua adição. A falta de sincronia entre a liberação do N do esterco e a demanda da cultura leva à deficiência de N e, possivelmente, de outros nutrientes (Vanlauwe et al., 2005), sobretudo na fase inicial do ciclo da cultura, uma vez que, na ausência de fonte solúvel de N, é a mineralização do N orgânico do solo que supre a demanda da cultura. No entanto, as adições continuadas de esterco têm efeito acumulativo na melhoria da fertilidade do solo, pelo aumento gradual da matéria orgânica e de outros nutrientes (Galvão et al., 2008). Na área do experimento, o solo apresentava teor total de 1,0 g kg⁻¹ de N, enquanto solos da região, que não tinham sido adubados com esterco nos últimos 20 anos, apresentaram em média 0,33 g kg⁻¹ de N (Galvão et al., 2008).

Quadro 2. Produtividade de tubérculo de batatinha e de matéria seca da parte aérea de milho e extração de N pelas culturas, sob doses de esterco bovino e de sulfato de amônio

Tratamento	Dose de esterco t ha ⁻¹	Dose de nitrogênio	Tubérculo ⁽¹⁾	kg ha ⁻¹		
				N extraído	Milho ⁽²⁾	N extraído
1	16	80u ⁽³⁾	11.630	43.6	5.923	157
2	11	40u	11.654	47.1	6.548	152
3	11	80p ⁽⁴⁾	12.128	46.3	5.640	163
4	11	80p	12.507	50.5	5.060	128
5	11	80p	11.749	43.6	5.804	152
6	11	40p	11.500	43.5	5.634	136
7	11	0	7.000	27.5	2.083	40
8	11	80u	11.630	45.1	4.911	118

⁽¹⁾ Matéria fresca (22 % de matéria seca). ⁽²⁾ Matéria seca na parte aérea. ⁽³⁾ u: sulfato de amônio em dose única. ⁽⁴⁾ p: sulfato de amônio parcelado.

Quadro 3. Contrastes médios e suas significâncias para produtividade de tubérculos grandes e tubérculos totais, em batatinha adubada com esterco e N mineral, e matéria seca da parte aérea do milho cultivado em sequência

Contraste	Tubérculos grandes	Tubérculos totais	MS milho
Esterco (11 x 16 t ha ⁻¹)	1.327 ^{ns}	663 ^{ns}	253 ^{ns}
Np x sem N	5.164 ^{**}	5.448 ^{**}	886 ^{**}
Np: 80 kg ha ⁻¹ x 40 kg ha ⁻¹	568 ^{ns}	1.579 ^{ns}	-9,6 ^{ns}
Nu x sem N	4.879 ^{**}	4.643 ^{**}	1.034 ^{**}
Nu: 80 kg ha ⁻¹ x 40 kg ha ⁻¹	284 ^{ns}	379 ^{ns}	-372 [*]
Np x Nu: 80 kg ha ⁻¹	284 ^{ns}	1.011 ^{ns}	34,9 ^{ns}
Np x Nu: 40 kg ha ⁻¹	0,0 ^{ns}	189 ^{ns}	-327 ^{ns}

Np: nitrogênio parcelado; Nu: nitrogênio em dose única; MS: matéria seca; ns: não significativo; ** significativo a 1 %; * significativo a 5 %.

A limitação da área disponível para o experimento impossibilitou estabelecer um arranjo fatorial completo das fontes de variação, faltando, dentre outros, uma testemunha absoluta, sem nenhuma adição, o que não permitiu, no tratamento 7, separar a contribuição do N do solo do N do esterco (Quadro 2). Entretanto, dados de Silva et al. (2007), para essa mesma condição de solo e clima, indicaram produtividade adicional de 2 t ha⁻¹ no tratamento com esterco em relação ao sem esterco, o que representou uma retirada ao redor de 4 kg de N da fonte esterco – menos de 7 % do N aportado pelo esterco. Descontando esse valor estimado do N retirado pela planta no tratamento 7, o solo teria contribuído com 23,5 kg ha⁻¹ de N, que é equivalente à mineralização de 1,6 % do N total na camada de 0–20 cm em um período de 75 dias. Essa mineralização seria perfeitamente viável, considerando-se que é bem menor que a determinada no campo por Menezes & Salcedo (2007), de 70 kg ha⁻¹ de N na camada de 0–15 cm, durante 120 dias, nas mesmas condições de solo e no mesmo período do ano.

A aplicação do N mineral parcelado não proporcionou ganhos de produtividade de tubérculos quando comparada com a aplicação em dose única (Quadro 3). O contraste entre doses de N (80 kg ha⁻¹ x 40 kg ha⁻¹) não foi significativo (p < 0,05) para produtividade de batatinha, porém o foi para a produtividade do milho cultivado em sequência. O milho cultivado nas parcelas que receberam 80 kg ha⁻¹ de N apresentou ganhos na produtividade, favorecido pela manutenção de maior quantidade de N no perfil. Também deve ter contribuído o sistema radicular, com características de crescimento que permitam a exploração de camadas mais profundas (Menezes et al., 1997), uma vez que, nesse solo arenoso, é provável que parte do N do fertilizante tenha se deslocado em profundidade (Salcedo & Sampaio, 1984), sobretudo na dose maior.

A quantidade de N nos tubérculos da batatinha derivados do sulfato de amônio (Quadro 4, tratamentos 5 versus 8) não foi alterada pelo parcelamento, quando contrastado com aplicação única (Quadro 5).

Era esperado que a percentagem de N derivado do fertilizante (%Nddf) aumentasse com o parcelamento. Isso provavelmente não ocorreu porque o ciclo da batatinha foi mais curto em relação ao esperado e a data do parcelamento (30 dias) foi embasada em dados de outras condições climáticas, já que não existem dados de curva de crescimento para a região.

No tratamento 4 (80 kg ha⁻¹ parcelado), que recebeu ¹⁵N somente no segundo parcelamento da adubação, a recuperação de N pela batatinha foi muito pequena, pouco mais de 6 % (Quadro 4), o que indica que após o segundo parcelamento a fase mais ativa de absorção de N pela batata tinha praticamente finalizado. O aproveitamento de N pelo milho, nesse tratamento, foi superior a 50 %, pois, com o baixo aproveitamento pela batatinha, uma grande quantidade do nutriente permaneceu no solo, sendo aproveitado pelo cultivo subsequente.

O milho atingiu níveis de produtividade de matéria seca acima de 5 t ha⁻¹, considerado alto (Tabosa et al., 1999), nos tratamentos em que foi feita adubação com fonte mineral de N (Quadro 2). Nas parcelas que não receberam N mineral a produção foi reduzida em 63 %, resultado do baixo estoque de N nesse solo em condições naturais, que também limitou a produção de batatinha.

A recuperação do N mineral pela batatinha, na dose 80 kg ha⁻¹ parcelada ou não, foi em torno de 20 % (Quadro 4), o que representa um baixo aproveitamento. A utilização do milho após cultivo da batatinha contribuiu para recuperar grande parte do N remanescente no solo (Quadro 5), que, somada à absorção pela batatinha, atingiu médias de recuperação de N do fertilizante superiores a 50 % em cinco dos seis tratamentos, chegando a 61 % na dose de 80 kg ha⁻¹ parcelada (Quadro 4). Esse último valor supera a eficiência média da adubação nitrogenada, próxima a 50 %, para as culturas comerciais em geral (Cantarella, 2007).

Vale salientar que foi feita só uma capina durante o ciclo do milho e nenhuma adição de adubo,

Quadro 4. Percentagem de N derivado do fertilizante (Nddf), quantidade de N derivado do fertilizante (Qndf) e N recuperado (Nrec) em batatinha adubada com esterco e N mineral e na matéria seca da parte aérea do milho cultivado em sequência, em um Neossolo Regolítico

Tratamento	N mineral + esterco	Batatinha			Milheto			Nrec total
		Nddf	Qndf	Nrec	Nddf	Qndf	Nrec	
		%	kg ha ⁻¹	%	kg ha ⁻¹	%		
1	80 Nu + 16	35,1	16,6	20,8	15,2	21,1	26,3	47,1
2	40 Nu + 11	31,7	12,8	32,0	6,0	8,3	20,7	52,7
3	80 Np + 11 ⁽¹⁾	25,0	11,0	27,4	8,6	9,5	23,8	51,2
4	80 Np + 11 ⁽²⁾	5,7	2,4	6,1	13,6	20,2	50,5	56,6
5	80 Np + 11 ⁽³⁾	32,7	13,6	17,0	26,2	35,3	44,1	61,1
8	80 Nu + 11	37,7	16,2	20,4	17,9	27,0	33,8	54,2

1: adubo marcado com ¹⁵N na primeira dose; 2: adubo marcado com ¹⁵N na segunda dose; 3: adubo marcado com ¹⁵N nas duas doses; Np: nitrogênio parcelado; Nu: nitrogênio em dose única. Tratamentos 6 e 7 não receberam adubo marcado com ¹⁵N.

Quadro 5. Contrastes médios e suas significâncias para N derivado do fertilizante (Nddf), quantidade de N derivado do fertilizante (Qndf) e N recuperado (Nrec), em batatinha adubada com esterco e N mineral, e matéria seca da parte aérea do milho cultivado em sequência, em um Neossolo Regolítico do brejo paraibano

Contraste	Batata			Milheto		
	Nddf	Qndf	Nrec	Nddf	Qndf	Nrec
	%	kg ha ⁻¹	%	%	kg ha ⁻¹	%
Esterco (11 x 16 t ha ⁻¹)	2,6 ns	-0,4 ns	-0,5 ns	11,7**	11,7*	14,6 ns
Np x Nu	-5,0 ns	-2,6 ns	-3,2 ns	0,4 ns	2,3 ns	2,8 ns
Nu: 80 kg ha ⁻¹ x 40 kg ha ⁻¹	5,9 ns	-1,8 ns	15,7**	-19,9**	-23,5**	-18,4 ns
N plantio x N cobertura	18,6**	8,8**	21,3**	-10,9**	-182**	-45,5**

Np: nitrogênio parcelado; Nu: nitrogênio em dose única; MF: matéria fresca; ns: não significativo; ** significativo a 1%; * significativo a 5%.

mostrando que o milho cultivado após a batatinha conseguiu recuperar grande quantidade do nitrogênio aplicado na cultura anterior e atingir alta produção, demandando baixos investimentos. Entretanto, o milho é uma cultura desconhecida dos produtores do agreste paraibano, sendo necessários, portanto, mais estudos e difusão desse sistema alternativo de rotação, que contribui para maior integração lavoura-pecuária e para melhorar a eficiência no uso de adubo nitrogenado aplicado na batatinha. Esse aumento da eficiência é mais um argumento junto ao produtor para recomendar a adição de fertilizante nitrogenado juntamente com o esterco, visto que este último não se mostrou uma fonte adequada desse nutriente. No caso da batatinha, o esterco é de aplicação anual rotineira, embora em doses excessivas, enquanto a adubação com fertilizante nitrogenado depende de vários fatores socioeconômicos.

CONCLUSÕES

1. Não houve decréscimo da produtividade da batatinha ao se diminuir a dose de 16 t ha⁻¹ de esterco combinada com 80 kg ha⁻¹ de N mineral para 11 t ha⁻¹ e 40 kg ha⁻¹ N

2. A complementação da adubação orgânica com fonte de N mineral em solo arenoso do agreste paraibano proporcionou aumentos significativos de produtividade na batatinha e no milho, em relação à adição isolada de esterco.

3. O milho atingiu alta produtividade na presença de fertilizante nitrogenado, recuperando, em média, mais de 50 % do N mineral aplicado.

AGRADECIMENTOS

Ao Dr. José Nildo Tabosa, pesquisador do Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA), pelo fornecimento da semente de milho e orientações sobre o manejo

da cultura. Ao produtor Sr. Gilberto, por ceder área para experimento de campo. Ao CNPq, pelo apoio financeiro (Edital Universal e bolsa de doutorado).

LITERATURA CITADA

- ALVAREZ V., V.H. & ALVAREZ, J.A.M. Comparação de medias ou teste de hipóteses? Contrastes! B. Inf. SBCS, 31:24-34, 2006.
- 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. orgs. Fertilidade do solo. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. v.1. p.769-850.
- DIAS, C.A.C. Cultura da batata. Campinas, Coordenadoria de Assistência Técnica Integral, 1993. 33p. (Documento Técnico, 65)
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA BRASILEIRA – EMBRAPA. Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. Brasília, 1999. 390p.
- GALVÃO, S.R.S.; SALCEDO, I.H. & OLIVEIRA, F.F. Acumulação de nutrientes em solos arenosos adubados com esterco bovino. Pesq. Agropec. Bras., 43:99-105, 2008.
- LANGE, A.; LARA CABEZAS, W.A.R. & TRIVELIN, P.C.O. Recuperação do nitrogênio das fontes sulfato e nitrato de amônio pelo milho em sistema de semeadura direta. Pesq. Agropec. Bras., 43:123-130, 2008.
- MAXIMO, E.; BENDASSOLLI, J.A.; TRIVELIN, P.C.; ROSSETE, A.L.R.; OLIVEIRA, C.R. & PRESTES, C.V. Produção de sulfato de amônio duplamente marcado com os isótopos estáveis ¹⁵N e ³⁴S. Química Nova, 28:211-216, 2005.
- MENEZES, R.S.C. & SALCEDO, I.H. Mineralização de N após incorporação de adubos orgânicos em um Neossolo Regolítico cultivado com milho. R. Bras. Eng. Agric. Amb., 11:361-367, 2007.

- MENEZES, R.S.C.; GASCHO, G.J.; HANNA, W.W.; CABRERA, M.L. & HOOK, J.E. Subsoil Nitrate uptake by grain Pearl Millet. *Agron. J.*, 89:189-194, 1997.
- OLIVEIRA, F.F. & SALCEDO, I.H. Diagnóstico da fertilidade do solo das áreas cultivadas com batatinha (*Solanum tuberosum*) no município de Esperança-PB. In: MENEZES, R.S.C.; SAMPAIO, E.V.S.B. & SALCEDO, I.H., orgs. Fertilidade do solo e produção de biomassa no semi-árido. Recife, Universidade Federal de Pernambuco, 2008. p.167-182.
- PALM, C.A.; GILLER, K.E.; MAFONGOYA, P.L. & SWIFT, M.J. Management of organic matter in the tropics: Translating theory into practice. *Nutr. Cycling Agroecosyst.*, 61:63-75, 2001.
- PEARCE, S.C. Data analysis in agricultural experimentation. I. Constrasts of interest. *Exper. Agric.*, 28:245-253, 1992.
- RENNIE, D.A. & PAUL, E.A. Isotope methodology and techniques in soil-plant nutrition and plantphysiology. Saskatchewan, Saskatoon Institute of Pedology, 1971. p.117-121. (Publication, 76)
- SABOURIN, E.; SILVEIRA, L.M.; TONNEAU, J.P. & SIDERSKY, P. Fertilidade e agricultura familiar no Agreste Paraibano: Um estudo sobre o manejo da biomassa. Esperança, Cirad-Terra/ASPTA, 2000. 59p.
- SALCEDO, I.H. & SAMPAIO, E.V.S.B. Dinâmica de nutrientes em cana de açúcar. II. Deslocamento vertical e horizontal de NO₃-N e NH₄-N o solo. *Pesq. Agropec. Bras.*, 9:1103-1108, 1984.
- SILVA, T.O.; MENEZES, R.S.C.; TIESSEN, H.; SAMPAIO, E.V.S.B.; SALCEDO, I.H. & SILVEIRA, L.M. Adubação orgânica da batata com esterco e, ou, *Crotalaria juncea*. I – produtividade vegetal e estoque de nutrientes em longo prazo. *R. Bras. Ci. Solo*, 31:39-49, 2007.
- TABOSA, J.N.; LIMA, G.S.; LIRA, M.A.; TAVARES FILHO, J.J.; BRITO, A. & RITA, M.B. Programa de melhoramento de sorgo e milho em Pernambuco. In: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Recursos genéticos e melhoramento de plantas para o Nordeste brasileiro. Brasília, 1999. v.1. p.29.
- van SOEST, P.J. Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. II. A rapid method for the determination of fiber and lignin. *J. Assoc. Official Agric. Chem.*, 46:829-835, 1963.
- VANLAUWE, B.; GACHENGO, C.; SHEPHERD, K.; BARRIOS, E.; CADISCH, G. & PALM, C.A. Laboratory validation of a resource quality-based conceptual framework for organic matter management. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 69:1135-1145, 2005.

