

# SEÇÃO IV - FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS

## ADUBAÇÃO ORGÂNICA DA BATATA COM ESTERCO E, OU, *Crotalaria juncea*. I - PRODUTIVIDADE VEGETAL E ESTOQUE DE NUTRIENTES NO SOLO EM LONGO PRAZO<sup>(1)</sup>

Tácio Oliveira da Silva<sup>(2)</sup>, Rômulo Simões Cezar Menezes<sup>(3)</sup>, Holm  
Tiessen<sup>(4)</sup>, Everardo Valadares de Sá Barreto Sampaio<sup>(5)</sup>, Ignácio  
Hernan Salcedo<sup>(5)</sup> & Luciano Marcal da Silveira<sup>(6)</sup>

### RESUMO

No Agreste paraibano, a batata (*Solanum tuberosum* L.) é importante cultura comercial, embora seja limitada pela variabilidade e escassez de chuvas e pela baixa fertilidade do solo. O esterco é a principal fonte de nutrientes utilizada para fertilização do solo, porém geralmente não é disponível em quantidade suficiente nas propriedades rurais para suprir a demanda das culturas agrícolas. Como alternativa tem sido recomendada a adubação verde com *Crotalaria juncea* L. Realizou-se um experimento, de 1996 a 2002, em um Neossolo Regolítico, com o objetivo de quantificar a produtividade da batata e o estoque de nutrientes no solo, após incorporações anuais de esterco e, ou, crotalária. Os tratamentos consistiram de: incorporação da crotalária (C), adição de 15 t ha<sup>-1</sup> de esterco caprino (E), incorporação de crotalária + 7,5 t ha<sup>-1</sup> de esterco (CE) e testemunha (T). No final do experimento, o tratamento E promoveu aumentos de 73, 45, 221 e 43 % nos teores de N total, P total, P e K extraíveis (Mehlich-1) do solo, respectivamente, em relação à testemunha. Os tratamentos C e CE aumentaram o N total do solo em 76 e 63 %, mas não aumentaram o teor dos outros nutrientes. Os acúmulos médios de

---

<sup>(1)</sup> Parte da Tese de Mestrado do primeiro autor, apresentada à Universidade Federal de Pernambuco – UFPE. Trabalho financiado pelo CNPq, CAPES e pelo Interamerican Institute for Global Change Research-IAI (CRN 001). Recebido para publicação em março de 2005 e aprovado em janeiro de 2007.

<sup>(2)</sup> Doutorando do Programa de Solos e Nutrição de Plantas, Departamento de Ciência do Solo, Universidade Federal de Lavras – UFLA. Caixa Postal 3037, CEP 37200-000 Lavras (MG). E-mail: taccios@bol.com.br

<sup>(3)</sup> Professor Adjunto do Departamento de Energia Nuclear, Universidade Federal de Pernambuco – UFPE. Av. Prof. Luís Freire 1000, CEP 50740-540 Recife (PE). Bolsista do CNPq. E-mail: rmenezes@ufpe.br

<sup>(4)</sup> Professor, Diretor do Instituto de Agricultura Tropical, Universität Göttingen, Germany. E-mail: tiessen@skyway.usask.ca

<sup>(5)</sup> Professor Titular do Departamento de Energia Nuclear, UFPE. Bolsista do CNPq. E-mails: esampaio@ufpe.br; salcedo@ufpe.br

<sup>(6)</sup> Coordenador do Projeto Paraíba, Assessoria e Serviços a Projetos em Agricultura Alternativa – AS-PTA. Centro Agroecológico São Miguel. Esperança (PB). E-mail: luciano@aspta.org.br

massa seca, N, P e K na parte aérea da crotalária nos tratamentos, ao longo dos cinco anos, foram de 3.550, 69, 6 e 55 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente. As produtividades médias de tubérculos, ao longo dos cinco anos de colheita, foram de 15.204, 12.053, 11.085 e 7.926 kg ha<sup>-1</sup> nos tratamentos CE, C, E e T, respectivamente. Apesar de a adição de 15 t ha<sup>-1</sup> de esterco ter proporcionado os maiores aumentos nos nutrientes do solo, as maiores produtividades de tubérculos ao longo do período do estudo foram obtidas quando se combinou o plantio e a incorporação de crotalária com a adição de 7,5 t ha<sup>-1</sup> de esterco.

**Termos de indexação:** Neossolo Regolítico, região semi-árida, *Solanum tuberosum*, nitrogênio, fósforo, potássio.

**SUMMARY:** *ORGANIC FERTILIZATION OF POTATO WITH MANURE AND, OR, Crotalaria juncea. I - LONG TERM PLANT PRODUCTIVITY AND SOIL NUTRIENT STOCKS*

*Potato (Solanum tuberosum L.) is an important cash crop in the semi-arid region of Paraíba, Brazil. However, potato productivity is limited by low soil fertility and the limited and highly variable precipitation pattern of this region. Animal manure is the main nutrient source for soil fertility amelioration, but farm manure available is usually not enough to fertilize crops. A cover crop could decrease the demand for animal manure. The characteristics of Crotalaria (Crotalaria juncea L.) recommend it as green manure. A field experiment was conducted from 1996 to 2002 to quantify the effects of annual organic fertilization with animal manure and/or crotalaria on potato productivity and soil nutrient stocks. Treatments consisted of: crotalaria incorporation (C), goat manure, 15 t ha<sup>-1</sup> (E), crotalaria incorporation + goat manure, 7.5 t ha<sup>-1</sup> (CE), and control plots (T). At the end of the study period, treatment E increased soil total N, total P and available P and K by 73, 45, 221 and 43 %, compared to the control plots. Treatments C and CE increased soil total N by 76 and 63%, but had no effect on other soil nutrients. Overall 5-year averages of crotalaria aboveground accumulation of dry matter, N, P and K were 3550, 69, 6 and 55 kg ha<sup>-1</sup>, respectively. Average potato productivities for the 5-year period were 15204, 12053, 11085, and 7926 kg ha<sup>-1</sup>, for treatments CE, C, E and T, respectively. Despite the significant increases in soil nutrient stocks as a result of the annual manure addition of 15 t ha<sup>-1</sup>, potato productivity was consistently higher in the combination of crotalaria plus 7.5 t ha<sup>-1</sup> manure treatment.*

*Index terms:* Entisol, semi-arid region, *Solanum tuberosum*, nitrogen, phosphorus, potassium.

## INTRODUÇÃO

O Agreste paraibano é uma região que tem como característica a predominância da agricultura familiar, em relação aos outros sistemas agrários. As principais culturas agrícolas usadas nesses sistemas são o milho, o feijão e a mandioca, quase sempre associados a uma pequena atividade pecuária. Além disso, em algumas áreas dessa região a batata (*Solanum tuberosum* L.) é uma das principais culturas comerciais. A variabilidade e a escassez das chuvas, além da baixa fertilidade do solo, são os principais fatores que limitam a produtividade agropecuária nessa região (Menezes et al., 2002).

No mundo, a batata é um dos produtos alimentares mais difundidos e ocupa o quarto lugar entre os alimentos mais consumidos, sendo superada apenas

pelo trigo, arroz e milho (Yorinori & Carmello, 2003). Em 2002, a área cultivada com batata no Brasil foi de 161.124 ha, com produção de tubérculos de 3.126.411 t, resultando numa produtividade de 19,4 t ha<sup>-1</sup> (IBGE, 2002). Na região Nordeste, a cultura da batata vem se expandindo nos Estados da Bahia e Paraíba, devido às condições microclimáticas favoráveis. O cultivo da batata na Paraíba encontra-se principalmente na mesorregião do Agreste, sendo o Município de Esperança o maior produtor.

A cultura da batata é bastante exigente quanto à disponibilidade de nutrientes no solo, principalmente N, P e K, sendo por esse motivo importantes os estudos sobre seus aspectos nutricionais (Boock et al., 1960; Malavolta, 1976). Nos solos do semi-árido nordestino, esses nutrientes, em particular N e P, encontram-se geralmente em baixa disponibilidade, o que limita a

produtividade vegetal (Sampaio et al., 1995). No cultivo da batata em sistemas intensivos, normalmente são utilizadas altas doses de fertilizantes químicos com N e P. Contudo, na região semi-árida do Nordeste do Brasil, o uso de fertilizantes químicos é bastante reduzido, devido ao seu alto custo, ao baixo poder aquisitivo da maioria dos agricultores e ao risco proporcionado pela variabilidade do regime de chuvas. Por esse motivo, nessa região, o manejo da fertilidade do solo depende principalmente do manejo da matéria orgânica (Tiessen et al., 1994).

A utilização de esterco caprino é uma alternativa amplamente adotada para o suprimento de N e P nos solos da região semi-árida. No entanto, devido à reduzida disponibilidade de esterco nas propriedades, geralmente os agricultores necessitam comprar esterco de regiões circunvizinhas, o que eleva o custo de produção da batata (Menezes et al., 2002). Uma alternativa para contornar esse problema é a prática da adubação verde. Além de suprir nutrientes, os adubos verdes podem aumentar o conteúdo de matéria orgânica e melhorar as condições físicas, químicas e biológicas dos solos (Monegat, 1991). As leguminosas têm comumente sido utilizadas como adubo verde, devido à sua rusticidade, elevada produção de matéria seca, sistema radicular profundo e simbiose com bactérias fixadoras do N<sub>2</sub> atmosférico (Araújo & Almeida, 1993). A crotalária (*Crotalaria juncea*) é usada na adubação verde e cobertura do solo por ser uma planta pouco exigente quanto à fertilidade do solo e com grande potencial de fixação biológica de N<sub>2</sub>, apresentar crescimento rápido e ter a capacidade de reduzir os níveis de algumas espécies de nematóides do solo (Sipes & Arakari, 1997; Mensorley, 1999; Robinson & Cook, 2001), o que é de suma importância para o cultivo da batata.

Entretanto, uma das limitações da adubação verde por meio do cultivo de cobertura com leguminosas e

sua posterior incorporação ao solo é que, com exceção do N proveniente da fixação biológica, a incorporação da biomassa não repõe os outros nutrientes retirados do solo pelas culturas agrícolas, exportados com a venda dos produtos colhidos (Sampaio & Maluf, 1999). Desse modo, em longo prazo, a prática de manejo da incorporação da adubação verde poderia contribuir para o aumento da deficiência de outros nutrientes do solo, como P e K, por exemplo.

Portanto, nas áreas cultivadas com batata no Agreste paraibano é provável que a aplicação de esterco combinada com o cultivo de crotalária possa aumentar a produtividade de batata e contribuir para redução dos custos de produção com a compra de esterco, sem comprometer a fertilidade do solo em longo prazo. O objetivo deste trabalho foi quantificar a dinâmica da produtividade da batata e dos nutrientes no solo, em parcelas submetidas à adubação orgânica com esterco e, ou, crotalária por cinco anos.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Descrição da área do estudo

O experimento foi realizado no Centro Agroecológico São Miguel, de propriedade da ONG Assessoria e Serviços a Projetos em Agricultura Alternativa (AS-PTA), no município de Esperança, PB, de 1996 a 2002. Devido à insuficiência de chuvas, o experimento não foi realizado em 1998 e 1999. A média de precipitação pluvial da região é de cerca de 800 mm por ano, com regime de chuvas unimodal, sendo a estação úmida geralmente de março a agosto e a estação seca de setembro a fevereiro (Sabourin et al., 2000) (Quadro 1). O solo na área experimental é um Neossolo Regolítico, de textura franco-arenosa e declividade em torno de 5 %.

**Quadro 1. Precipitação pluvial mensal no Centro Agroecológico São Miguel, no Município de Esperança, PB, no período de 1996 a 2002**

Mês	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
	mm						
Janeiro	0,0	6,0	10,0	10,0	90,4	40,8	88,8
Fevereiro	48,5	93,0	8,4	85,2	153,6	6,0	27,0
Março	55,8	85,6	44,4	79,0	49,8	122,0	119,4
Abril	229,5	94,8	31,2	16,6	123,4	74,0	30,0
Mai	78,0	165,4	54,0	57,6	56,0	3,8	93,4
Junho	117,4	55,4	33,9	51,4	196,6	195,4	201,0
Julho	55,7	61,4	69,2	79,4	146,2	107,6	56,4
Agosto	61,5	53,1	91,2	43,2	166,2	90,2	53,6
Setembro	62,8	6,0	0,0	25,2	130,4	27,6	8,4
Outubro	19,8	0,0	15,6	11,2	5,8	20,4	21,2
Novembro	74,4	0,0	2,0	2,6	19,0	12,4	33,0
Dezembro	1,2	44,0	2,0	33,4	39,0	28,0	17,8
Total Anual	804,6	664,7	361,9	494,8	1176,4	728,2	750,0

## Delineamento experimental e tratamentos

Os tratamentos experimentais consistiram de: plantio e incorporação da crotalária na época de floração (C); adição de 15 t ha<sup>-1</sup> de esterco caprino (E), que é a dose normalmente utilizada pelos agricultores na região do Agreste paraibano; plantio e incorporação de crotalária + 7,5 t ha<sup>-1</sup> de esterco caprino (CE); e testemunha, sem esterco ou crotalária (T). As parcelas experimentais tinham 6 x 10 m e foram distribuídas em blocos casualizados, com quatro repetições. Os tratamentos foram repetidos anualmente nas parcelas ao longo de todo o período de estudo, de modo que viabilizasse a avaliação de seus efeitos acumulados.

## Cultivo da crotalária, preparo do solo e adubação orgânica

O plantio da crotalária foi feito no início do período das chuvas, geralmente em fevereiro ou março, em sulcos, no espaçamento de 0,50 x 0,10 m. Simultaneamente, nos tratamentos T e E, cresciam ervas espontâneas durante o período de crescimento da crotalária.

A incorporação da biomassa da crotalária ao solo foi feita após o corte com um rolo-faca, puxado por um animal de tração, quando aproximadamente 50 % das plantas das parcelas apresentavam floração, o que acontecia em torno de 50 a 55 dias após o plantio, podendo variar alguns dias a cada ano, de acordo com o volume de chuvas do período.

Em todos os anos de cultivo, a biomassa aérea da crotalária, bem como das plantas espontâneas nas parcelas dos tratamentos E e T, foi determinada imediatamente antes da sua incorporação ao solo. Para isso, toda a biomassa aérea dentro de três quadros de 0,5 m<sup>2</sup>, em cada parcela, foi cortada rente ao chão, levada à estufa de ventilação a 65 °C para secagem até peso constante, pesada e moída, para análise química dos teores de nutrientes.

O preparo do solo para formar os leirões consistiu no arraste da camada superficial de solo, de modo que preparasse uma pequena leira, com aproximadamente 0,20 m de altura, denominada “encama” do leirão (Sabourin et al., 2000). Em seguida, a biomassa da crotalária foi amontoada nas leiras durante o preparo da encama. Nos tratamentos sem crotalária, as plantas espontâneas foram capinadas com enxada e amontoadas sobre a encama. Nos tratamentos com esterco caprino, este foi também colocado em cima da encama. Em seguida, foi colocada mais terra, retirada da área entre as leiras, em cima da crotalária, ervas espontâneas e, ou, esterco, formando então os leirões com cerca de 0,40 m de altura, 0,50 m de largura na base e um espaçamento de 1 m entre os centros dos leirões.

## Cultivo da batata

A batata foi semeada na parte superior dos leirões, acima da encama, após a incorporação dos adubos,

com espaçamento de 0,35 m entre plantas. O controle de invasão das ervas espontâneas foi feito por meio de capinas manuais, realizadas em média em três períodos durante o ciclo da batata, em cada ano. Foram realizadas anualmente duas aplicações de calda bordalesa, para controle de doenças fúngicas.

A colheita da batata foi efetuada aproximadamente 90 dias após o plantio, variando alguns dias a cada ano, de acordo com o regime de chuvas durante o ciclo, nos dois leirões centrais de cada parcela, numa área útil correspondente a 20 m<sup>2</sup>. Após a colheita, uma subamostra dos tubérculos foi retirada, seca em estufa, pesada e moída, para determinação dos teores de nutrientes.

## Amostragem e análises do material vegetal e solo

As amostras de biomassa seca da crotalária e das ervas espontâneas, assim como do esterco caprino usado em cada plantio, foram digeridas com uma mistura de ácido sulfúrico e água oxigenada (Thomas et al., 1967); os teores de N e P nos extratos da digestão foram analisados por colorimetria (Thomas et al., 1967), e o de K, por fotometria de chama.

No primeiro ano do estudo (1996), antes do plantio da batata, foi realizada uma amostragem do solo, ao acaso, dentro de cada bloco experimental, na profundidade de 0–0,20 m, para caracterizar suas condições iniciais. Em 2000, 2001 e 2002, na ocasião da colheita da batata, foram coletadas amostras do solo (0–0,20 m), separadamente em cima dos leirões e na área entre os leirões, em cada parcela, com o objetivo de comparar o efeito da incorporação de esterco e crotalária sobre o solo nessas duas áreas.

As amostras de solo foram colocadas em sacos plásticos, levadas ao laboratório, secas ao ar e passadas em peneira de 2 mm. Foram analisados N total, por digestão Kjeldahl (Bremner & Mulvaney, 1982); P total, por digestão com ácido sulfúrico e água oxigenada; e P e K, extraídos com Mehlich-1 (Embrapa, 1997). O P foi determinado por colorimetria (Murphy & Riley, 1962) e o K, por fotometria de chama. O pH do solo foi medido em água (1:2,5), de acordo com método descrito pela Embrapa (1997).

## Análise estatística

Os dados foram analisados estatisticamente por meio da análise de variância e as médias comparadas pelo teste de comparação REGWQ, a 5 %, usando o programa SAS Statistical Package (1995).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Produtividade de tubérculos

O tratamento CE foi o que apresentou as maiores produtividades de tubérculos de batata, ao longo do

período do estudo. Em todos os anos, a produtividade foi significativamente maior no tratamento CE que na testemunha (T), exceto em 1997 (Quadro 2). As diferenças relativas entre os tratamentos CE e T foram crescentes nos primeiros anos do período do experimento, mas não no último (52, 71, 96, 163 e 130 %). Em termos absolutos, o aumento foi maior em 2000 (25,3 contra 13,0 t ha<sup>-1</sup>), ano de maior quantidade total e melhor distribuição de chuvas e de maior produtividade em todos os tratamentos. Silveira (1997), trabalhando com fertilização em batata na mesma região, também obteve a maior produtividade (17,8 t ha<sup>-1</sup>) quando aplicou esterco (5 t ha<sup>-1</sup>) em combinação com o cultivo e a incorporação da crotalária.

O tratamento C também apresentou, em relação ao T, produtividades de tubérculos significativamente maiores, mas somente em 1996 e 2000. As produtividades no tratamento E não foram significativamente superiores às do tratamento T nos três primeiros anos em que o experimento foi realizado, embora tenham sido maiores em valores absolutos. Apenas em 2001 o tratamento E aumentou significativamente a produção de tubérculos, mais que dobrando (113 %) a produção do tratamento T; contudo, em 2002 a diferença foi novamente não-significativa (Quadro 2).

As produtividades médias de tubérculos nos cinco anos de plantio foram de 12, 11, 15 e 8 t ha<sup>-1</sup> nos tratamentos C, E, CE e T, respectivamente. Silva et al. (1995) observaram, em um Neossolo Regolítico no Agreste pernambucano, que a maior produtividade de tubérculos (9,3 t ha<sup>-1</sup>) foi alcançada quando aplicadas 20 t ha<sup>-1</sup> de esterco bovino, sendo significativamente diferente do tratamento em que não foi aplicado esterco. Entretanto, a produtividade nesses dois estudos foi baixa em relação à outros estudos nas regiões Nordeste e Centro-Oeste, principalmente naqueles em que foi realizada a adubação organomineral. Nunes (2002), em experimentos de fertilização em Itabaiana, SE, aplicou 30 t ha<sup>-1</sup> de

esterco bovino combinado com 1,25 t ha<sup>-1</sup> da fórmula 6-24-12 e obteve produções variando de 28 a 34 t ha<sup>-1</sup>. Peixoto et al. (2002) trabalharam com seleção de clones de batata para o Planalto Central, em Anápolis, GO, e utilizaram como adubação 3 t ha<sup>-1</sup> da fórmula 4-16-8 no plantio e 300 kg ha<sup>-1</sup> de sulfato de amônio em cobertura. Esses autores verificaram que, entre os melhores clones selecionados, a produtividade variou de 16 a 33 t ha<sup>-1</sup>. Provavelmente, a menor produtividade de tubérculos observada no presente estudo, em relação à de outros estudos reportados, deve-se à combinação entre a escassez e irregularidade das chuvas e a baixa fertilidade natural dos Neossolos no Agreste paraibano.

### Efeito da adição de esterco e, ou, crotalária sobre o solo

A adição de esterco, combinada ou não com plantio e incorporação de crotalária, provocou aumentos significativos do teor de nutrientes no solo, em relação ao tratamento-testemunha, ao longo do período em que o estudo foi realizado (Quadro 3).

No ano de 2000, após três anos de incorporação de crotalária e, ou, esterco ao solo do leirão, o teor de P extraível e o pH do solo foram maiores nos tratamentos CE e E que nos tratamentos C e T. O teor de K extraível foi maior no tratamento E que em C e T, mas o tratamento CE não diferiu estatisticamente dos demais. No solo entre leirões, em 2000, não foram observadas diferenças significativas nos teores de nutrientes dos quatro tratamentos (Quadro 3).

A partir de 2001, começou a ser observado efeito acumulativo dos tratamentos sobre os teores de N e P totais, nos solos dos leirões (Quadro 3). O teor de P total do solo no tratamento E foi significativamente maior que nos demais. Em relação ao N total, o tratamento E não foi diferente do CE, porém estes dois apresentaram teores significativamente maiores, que os tratamentos C e T. Assim como no ano anterior,

**Quadro 2. Produtividade da batata em parcelas submetidas anualmente à adubação verde e, ou, adubação com esterco no período de 1996 a 2002<sup>(1)</sup>, em um Neossolo Regolítico**

Tratamento <sup>(2)</sup>	1996	1997	2000	2001	2002
	kg ha <sup>-1</sup>				
C	14.400 a <sup>(3)</sup>	10.613 a	21.435 a	6.656 bc	7.163 b
CE	14.975 a	12.188 a	25.388 a	10.033 a	13.438 a
E	11.238 b	9.400 a	18.806 ab	8.144 ab	7.839 b
T	9.850 b	7.113 a	12.975 b	3.819 c	5.875 b

<sup>(1)</sup> O experimento não foi realizado em 1998 e 1999 devido à insuficiência de chuva. <sup>(2)</sup> C = plantio e incorporação da *Crotalaria juncea* antes do plantio da batata; E = aplicação anual de 15 t ha<sup>-1</sup> de esterco de caprinos; CE = plantio e incorporação de *C. juncea* + aplicação anual de 7,5 t ha<sup>-1</sup> de esterco; T = testemunha sem adubação. <sup>(3)</sup> Médias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem estatisticamente pelo teste de comparação REGWQ (p < 0,05).

**Quadro 3. Teor de nutrientes e pH do solo, na profundidade de 0-0,20 m, em parcelas submetidas anualmente à adubação verde e, ou, adubação com esterco durante o período de 1996 a 2002<sup>(1)</sup>, em um Neossolo Regolítico**

Tratamento <sup>(2)</sup>	N total	P total	P extraível	K extraível	pH
mg kg <sup>-1</sup> de solo					
1996 <sup>(3)</sup>					
	538	-( <sup>4</sup> )	6,3	85,8	5,0
2000					
Solo do leirão					
C	609 a <sup>(5)</sup>	131 a	15,8 b	74,1 b	6,1 c
CE	726 a	149 a	31,3 a	113,1 ab	7,0 b
E	687 a	145 a	38,1 a	167,7 a	7,9 a
T	525 a	108 a	12,7 b	81,9 b	6,1 c
Solo entre os leirões					
C	492 a	113 a	6,9 a	54,6 a	6,0 a
CE	499 a	109 a	11,9 a	78,0 a	5,9 a
E	499 a	130 a	14,3 a	70,2 a	6,3 a
T	410 a	87 a	8,3 a	54,6 a	6,1 a
2001					
Solo do leirão					
C	732 b c	136 b	7,9 b	93,6 b	5,6 c
CE	802 ab	164 b	13,9 b	175,5 b	6,6 b
E	939 a	193 a	21,4 a	308,1 a	7,5 a
T	564 c	126 b	8,7 b	101,4 b	6,0 b
Solo entre os leirões					
C	465 b	111 a	4,0 a	42,9 c	5,9 a
CE	500 ab	118 a	4,7 a	66,3 b	5,8 a
E	568 a	129 a	6,6 a	89,7 a	6,3 a
T	443 b	103 a	3,1 a	46,8 bc	5,9 a
2002					
Solo do leirão					
C	708 ab	135 ab	9,2 b	85,8 a	6,0 b
CE	854 a	173 ab	22,0 ab	175,5 a	7,3 a
E	905 a	181 a	32,1 a	167,7 a	7,3 a
T	524 b	125 b	10,0 b	117,0 a	6,7 al
Solo entre os leirões					
C	561 a	115 a	4,6 a	54,6 b	6,3 a
CE	555 a	119 a	7,6 a	93,6 ab	6,6 a
E	621 a	148 a	7,0 a	124,8 a	7,0 a
T	444 a	107 a	3,5 a	50,7 b	6,4 a

<sup>(1)</sup> Não foram coletadas amostras de solo em 1997 e, devido à insuficiência de chuvas, o experimento não foi realizado em 1998 e 1999. <sup>(2)</sup> C = plantio e incorporação de *Crotalaria juncea* antes do plantio da batata; E = aplicação anual de 15 t ha<sup>-1</sup> de esterco de caprinos; CE = plantio e incorporação de *C. juncea* + aplicação anual de 7,5 t ha<sup>-1</sup> de esterco; T = testemunha sem adubação. <sup>(3)</sup> Média inicial das parcelas. <sup>(4)</sup> Dados não disponíveis. <sup>(5)</sup> Médias na mesma coluna, para cada ano e posição de amostragem, seguidas pela mesma letra não diferem pelo teste de comparação REGWQ (P < 0,05).

os teores de P e K extraíveis e o pH do solo foram maiores no solo do tratamento E que no solo dos demais. Aumentos lineares para P, K e pH do solo com aplicação de doses crescentes de esterco foram observados por Holanda et al. (1984) em um Latossolo Vermelho-Amarelo álico e em um Podzólico Vermelho-Amarelo, no Rio Grande do Norte.

No solo entre leirões, o tratamento E apresentou teores de N total significativamente maiores que os dos tratamentos C e T e teores de K extraível maiores aos de todos os demais tratamentos, enquanto o tratamento CE foi superior apenas quanto ao teor de K extraível, em relação ao C. Obviamente, o maior efeito no solo dos leirões deveu-se à colocação do esterco

sobre eles, ficando qualquer efeito no solo entre leirões por conta de algum espalhamento de solo e, ou, esterco ao longo dos anos de cultivo, assim como da difusão de N na solução do solo.

Em 2002, os tratamentos E e CE, em valores absolutos, apresentaram os maiores teores de nutrientes no solo, porém não foram observadas diferenças significativas entre eles. O tratamento E, após cinco anos com aplicações anuais de 15 t ha<sup>-1</sup> de esterco, conseguiu aumentar os teores de N e P totais e P extraível em 73, 45 e 221 %, respectivamente, em relação ao tratamento T. O tratamento CE aumentou os teores de N e P totais, em relação ao tratamento T, em 63 e 38 %, respectivamente.

O tratamento C não teve efeitos sobre os nutrientes e o pH do solo no final do período experimental. Esse resultado era esperado, uma vez que o plantio e incorporação da crotalária não é capaz de repor os nutrientes retirados do solo pela batata e exportados (Quadro 3).

Para avaliar em mais detalhes o efeito das cinco incorporações de esterco e, ou, crotalária sobre o estoque de nutrientes no solo, foi calculado o balanço de nutrientes (N, P e K) adicionados e retirados (Quadro 4). A quantidade adicionada de cada nutriente foi calculada com base na dose aplicada e no teor de nutrientes no esterco. As quantidades de P e K na biomassa da crotalária e das ervas espontâneas incorporadas ao solo não foram consideradas como entradas de nutrientes no sistema, visto que esses

nutrientes foram absorvidos do solo e reciclados com a incorporação da biomassa. No caso do N na biomassa da crotalária, entretanto, considerou-se que pelo menos 60 % foram fixados da atmosfera (Ramos et al., 2001; Resende et al., 2003), de forma que essa proporção foi considerada como entrada no sistema. Como a biomassa das ervas espontâneas era quase que exclusivamente composta por não-leguminosas, considerou-se que o N na biomassa dessas incorporado ao solo dos tratamentos T e E foi proveniente do solo e não de fixação biológica de N<sub>2</sub>. Da quantidade de cada nutriente adicionada ao solo foi subtraída a quantidade exportada por meio da colheita dos tubérculos, ao longo do período do estudo. Os teores de N, P e K nos tubérculos de batata foram, em média, de 9,5, 0,70 e 22,8 g kg<sup>-1</sup>, respectivamente, ao longo do período estudado, sem diferenças significativas entre tratamentos ou entre anos de colheita.

O tratamento E resultou em balanços de N, P e K positivos, enquanto os tratamentos C e T apresentaram balanços negativos para os três nutrientes. O tratamento CE apresentou balanço negativo para o K e valores positivos para N e P, embora o superávit tenha sido consideravelmente menor que no tratamento E. Portanto, os resultados dos balanços de nutrientes nos distintos tratamentos são coerentes com os observados do solo determinados em 2002 (Quadro 3). O tratamento E foi o que levou aos maiores aumentos no teor de nutrientes do solo, seguido pelo CE, enquanto o tratamento C praticamente não diferiu do tratamento T.

**Quadro 4. Balanço de nutrientes em um Neossolo Regolítico, cultivado com batata após cinco anos de incorporação de esterco e, ou, crotalária**

Tratamento <sup>(1)</sup>	Nutriente adicionado <sup>(2)</sup>	Nutriente exportado <sup>(3)</sup>	Balanço de nutrientes
			adicionados e exportados
kg ha <sup>-1</sup>			
Nitrogênio			
C	223	572	-350
CE	764	722	42
E	1.050	526	523
T	0	376	- 376
Fósforo			
C	0	42	- 42
CE	150	53	97
E	300	39	261
T	0	28	- 28
Potássio			
C	0	1.374	- 1.374
CE	1.312	1.733	- 421
E	2.625	1.263	1.362
T	0	903	- 903

<sup>(1)</sup>C = plantio e incorporação de *Crotalaria juncea* antes do plantio da batata; E = aplicação anual de 15 t ha<sup>-1</sup> de esterco de caprinos; CE = plantio e incorporação de *C. juncea* + aplicação anual de 7,5 t ha<sup>-1</sup> de esterco; T = testemunha sem adubação.

<sup>(2)</sup> Nutrientes contidos no esterco ou na biomassa da crotalária incorporados ao solo ao longo dos cinco anos do estudo. Foi estimado que 60 % do N contido na biomassa da crotalária foi proveniente da fixação simbiótica com rizóbios. <sup>(3)</sup> Nutrientes contidos nos tubérculos colhidos ao longo dos cinco anos do estudo.



crotalária, na região Sudeste, deve-se, provavelmente, a uma combinação do maior fotoperíodo da região, associado ao maior volume de chuvas durante o ciclo da leguminosa, além da melhor fertilidade dos solos nessa região, comparado com a baixa fertilidade do Neossolo Regolítico deste estudo. Dessa forma, os resultados do presente estudo indicam que a crotalária, na região Agreste da Paraíba, não consegue atingir as mesmas produtividades de biomassa e acumulação de nutrientes que em outras regiões, o que reduz seu potencial como cultivo de cobertura para adubação verde no Agreste paraibano.

Nos três primeiros anos em que o experimento foi realizado, a adição de esterco no tratamento CE não influenciou significativamente a produção de biomassa e o acúmulo de nutrientes na parte aérea da crotalária, em relação ao tratamento C (Quadro 5). Entretanto, nos dois anos subsequentes, a crotalária no tratamento CE produziu mais biomassa e acumulou mais nutrientes, principalmente P e K, que a crotalária no tratamento C. Em 2000, ano de maior produtividade da biomassa da crotalária durante o período de estudo, devido a maior volume de chuvas, o acúmulo de N, P e K na biomassa aérea da crotalária foi de cerca de 140, 12 e 105 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Alcântara et al. (2000) verificaram que o fornecimento de nutrientes ao solo, por ocasião do corte da crotalária, foi de 136, 9 e 31 kg ha<sup>-1</sup> de N, P e K, respectivamente.

Em 2001 e 2002, foi medida a produtividade de biomassa das plantas espontâneas nos tratamentos T e E, já que, na ocasião do plantio da batata, essa biomassa é incorporada ao solo e funciona também como adubo verde. A produtividade de biomassa pelas ervas espontâneas ao longo dos dois anos nos tratamentos T e E foi, em média, de 1.600 e

1.895 kg ha<sup>-1</sup>, comparáveis à produtividade da crotalária nos tratamentos C e CE, nos mesmos anos (Quadro 5). Em Minas Gerais, em um Cambissolo, Perin et al. (2004) encontraram produtividades maiores para as ervas espontâneas – em torno de 4,49 t ha<sup>-1</sup>. Provavelmente, as condições edafoclimáticas influenciaram a produção de fitomassa das ervas espontâneas. Entretanto, os teores e a acumulação de nutrientes, particularmente N, foram maiores na crotalária que nas ervas espontâneas. Esses resultados foram semelhantes aos observados por Favero et al. (2000), que estudaram a produção de biomassa e o acúmulo de nutrientes por leguminosas e ervas espontâneas em Sete Lagoas, MG, em um Latossolo Vermelho-Escuro, e verificaram que as espontâneas apresentaram menores teores de N que as leguminosas, mas que algumas espontâneas mostraram maiores teores de K e P. Perin et al. (2004) observaram que a crotalária obteve maior acúmulo de N e P que as espontâneas, não havendo diferença para o K.

Não foram observadas diferenças significativas na produtividade de biomassa de ervas espontâneas entre os tratamentos E e T, nos dois anos em que foi quantificada a produtividade (Quadro 6). A acumulação de nutrientes pelas ervas espontâneas foi, em geral, maior nas parcelas em que foi incorporado esterco, porém só foram observadas diferenças significativas para P, em 2001, e para N, em 2002.

Apesar de a produtividade e o acúmulo de P e K pelas ervas espontâneas terem sido semelhantes aos da crotalária, é possível que a biomassa dessas ervas, por apresentar relação C/N mais ampla, não contribua para – ou até mesmo prejudique – a liberação do N do esterco incorporado, devido à sua imobilização durante o ciclo de crescimento da batata.

**Quadro 6. Produção de massa seca, concentração e acumulação de nutrientes na parte aérea das ervas espontâneas, em parcelas com ou sem a aplicação de esterco, antes do plantio da batata, durante os anos de cultivo de 2001 e 2002, em um Neossolo Regolítico**

Tratamento <sup>(2)</sup>	Produção de massa seca kg ha <sup>-1</sup>	Concentração de nutriente g kg <sup>-1</sup>			Acúmulo de nutriente kg ha <sup>-1</sup>		
		N	P	K	N	P	K
2001							
T	1.180 a <sup>(2)</sup>	11,9 a	2,66 a	25,9 a	14,4 a	3,13 b	30,0 a
E <sup>(2)</sup>	1.460 a	11,0 a	3,00 a	26,2 a	16,0 a	4,42 a	38,6 a
2002							
T	2.020 a	14,4 a	1,68 a	32,6 a	28,3 b	3,30 a	64,9 a
E	2.330 a	16,0 a	2,05 a	36,7 a	37,3 a	4,78 a	86,2 a

<sup>(1)</sup> E = aplicação anual de 15 t ha<sup>-1</sup> de esterco de caprinos; T = testemunha sem adubação. <sup>(2)</sup> Médias seguidas de mesma letra, na mesma coluna, para cada ano não diferem entre si pelo teste de Tukey (5 %). <sup>(3)</sup> Incorporação anual de 15 t ha<sup>-1</sup> de esterco de caprinos.

## CONCLUSÕES

1. A aplicação anual de 15 t ha<sup>-1</sup> de esterco aumentou os teores de N total, P total e de P e K extraíveis (Mehlich-1) no solo após cinco anos de cultivo da batata. Apesar disso, a aplicação de esterco teve pouco efeito sobre a produtividade de tubérculos de batata ao longo desse período.

2. O plantio e incorporação da crotalária, sem adição de esterco, teve pouco efeito sobre o teor de nutrientes do solo e sobre a produtividade de tubérculos ao longo do período de estudo, talvez porque esse tratamento, com exceção do N, não repõe os nutrientes retirados do solo pela batata.

3. As maiores produtividades de tubérculos foram obtidas quando se combinou o cultivo e incorporação da crotalária com a incorporação de 7,5 t ha<sup>-1</sup> de esterco antes do plantio da batata, apesar de esse tratamento não ter adicionado as maiores quantidades de nutrientes ao solo. Sugere-se que a aplicação de esterco pode imobilizar nutrientes do solo durante o ciclo de cultivo da batata e que a combinação da incorporação de esterco e crotalária é capaz de disponibilizar nutrientes de forma mais sincronizada com a demanda da batata.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o suporte técnico às atividades de campo e laboratório prestado por Clarindo C. Pontes, Claudenice E. Santos, Eduardo Medeiros, Gilberto E. do Nascimento, Ita Porto, Pedro A. da Silva Filho e Tadeu M. da Silva.

## LITERATURA CITADA

- ALCÂNTARA, F.A.; FURTINI NETO, A.E.; PAULA, M.B.; MESQUITA, H.A. & MUNIZ, J.A. Adubação verde na recuperação da fertilidade de um Latossolo Vermelho-Escuro degradado. *Pesq. Agropec. Bras.*, 35:277-288, 2000.
- ARAÚJO, A.P. & ALMEIDA, D.L. Adubação verde associada a fosfato de rocha na cultura do milho. *Pesq. Agropec. Bras.*, 28:245-251, 1993.
- BOOCK, O.J. & FREIRE, E.S. Adubação da batatinha: experiências com doses crescentes de fósforo. *Bragantia*, 19:369-391, 1960.
- BREMNER, J.M. & MULVANEY, C.S. Nitrogen-total. In: PAGE, A.L.; MILLER, R.H. & KEENEY, D.R., eds. *Methods of soil analysis. Chemical and microbiological properties.* Madison, ASA-SSSA, 1982. Part. 2.p. 595-624. (Agronomy Monograph, 9)
- DE-POLLI, H. & CHADA, S.S. Adubação verde incorporada ou em cobertura na produção de milho em solo de baixo potencial de produtividade. *R. Bras. Ci. Solo*, 13:287-293, 1989.
- DOURADO, M.C.; SILVA, T.R.B. & BOLONHEZI, A.C. Matéria seca e produção de grãos de *Crotalaria juncea* L. submetida à poda e adubação fosfatada. *Sci. Agric.*, 58:287-293, 2001.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. Manual de métodos de análise de solos. 2.ed. Rio de Janeiro, 1997. 212p.
- FAVERO, C.; JUCKSCH, I.; COSTA, L.M.; ALVARENGA, R.C. & NEVES, J.C.L. Crescimento e acúmulo de nutrientes por plantas espontâneas e por leguminosas utilizadas para adubação verde. *R. Bras. Ci. Solo*, 24:171-177, 2000.
- HOLANDA, J.S.; TORRES FILHO, J. & BEZERRA NETO, F. Alterações na fertilidade de dois solos adubados com esterco de curral e cultivadas com caupi. *R. Bras. Ci. Solo*, 8:301-304, 1984.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia Estatística. Brasília, DF, 2002. Disponível em: < <http://www.Sidra.ibge.gov.br/bda/agric/>>. Acesso em: 3 de março de 2004.
- MALAVOLTA, E. Manual de química agrícola. São Paulo, Agronômica Ceres, 1976. 528p.
- MCSORLEY, R. Host suitability of potential cover crops for root-knot nematodes. *J. Nematol.*, 31:619-623, 1999.
- MENEZES, R.S.C.; SAMPAIO, E.V.S.B.; SILVEIRA, L.M.; TIESSSEN, H. & SALCEDO, I.H. Produção de batatinha com incorporação de esterco e/ou crotalária no Agreste paraibano. In: SILVEIRA, L.; PETERSEN, P. & SABOURIN, E., orgs. *Agricultura familiar e agroecologia no semi-árido: avanços a partir do agreste da Paraíba*. Rio de Janeiro, AS-PTA, 2002. p.261-270.
- MONEGAT, C. Plantas de cobertura do solo: características e manejo em pequenas propriedades. Chapecó, Edição do Autor, 1991. 337p.
- MURPHY, J. & RILLEY, J.P. A modified simple solution method for the determination of phosphate in natural waters. *Anal. Chim. Acta*, 27:31-36, 1962.
- NASCIMENTO, J.T. & SILVA, I.F. Avaliação quantitativa da fitomassa de leguminosas para uso como cobertura do solo. *Ci. Rural*, 34:947-949, 2004.
- NUNES, M.U.C. Produtividade e principais problemas fitossanitários de cultivares de batata em Sergipe. *Hortic. Bras.*, 20:424-427, 2002.
- PAULO, E.M.; BERTON, R.S.; CAVICHIOLI, J.C. BULISANI, E.A. & KASI, F.S. Produtividade do café apotã em consórcio com leguminosas na região da Alta Paulista. *Bragantia*, 60:195-199, 2001.
- PEIXOTO, N.; FILGUEIRA, F.A.R.; MELO, P.E.; BUSO, J.A.; MONTEIRO, J.D.; BRAZ, L.T.; PURQUERIO, L.F.V. & HAMASAKI, R.I. Seleção de clones de batata para microclimas de altitude no Planalto Central. *Hortic. Bras.*, 20:438-441, 2002.
- PERIN, A.; SANTOS, R.H.S.; URQUIAGA, S.; GUERRA, J.G.M. & CECON, P.R. Produção de fitomassa, acúmulo de nutrientes e fixação biológica de nitrogênio por adubos verdes em cultivo isolado ou consorciado. *Pesq. Agropec. Bras.*, 39:35-40, 2004.

- PERIN, A.; SANTOS, R.H.S.; URQUIAGA, S.; GUERRA, J.G.M. & CECON, P.R. Efeito residual da adubação verde no rendimento de brócolo (*Brassica oleracea* L. var. Itálica) cultivado em sucessão ao milho (*Zea mays* L.). Ci. Rural, 34:1739-1745, 2004.
- RAMOS, M.G.; VILLATORO, M.A.A.; URQUIAGA, S.; ALVES, B.J.R. & BODDEY, R.M. Quantification of the contribution of biological nitrogen fixation to tropical green manure crops and the residual benefit to a subsequent maize crop using <sup>15</sup>N-isotope techniques. J. Biotechnol., 91:105-115, 2001.
- RESENDE, A.S.; XAVIER, R.P.; QUESADA, D.M.; URQUIAGA, S.; ALVES, B.J.R. & BODDEY, R.M. Use of green manures in increasing inputs of biologically fixed nitrogen to sugar cane. Biol. Fertil. Soils, 37:215-220, 2003.
- ROBINSON, A.F. & COOK, C.G. Root-knot and reniforme nematode reproduction on kenaf and sunn hemp compared with that on nematode resistant and susceptible cotton. Indust. Crops Prod., 13:249-264, 2001.
- 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-TERA / ASPTA, 2000. 59p.
- SALVIANO, A.A.C.; VIEIRA, S.R. & SPAROVEK, G. Variabilidade espacial de atributos de solo e de *Crotalaria juncea* L. em área severamente erodida. R. Bras. Ci. Solo, 22:115-122, 1998.
- SAMPAIO, E.V.S.B.; SALCEDO, I.H.; SILVA, V.M. & ALVES, G.D. Capacidade de suprimento de N e resposta à fertilização de 20 solos de Pernambuco. R. Bras. Ci. Solo, 20:269-279, 1995.
- SAMPAIO, M.T. & MALUF, W.R. Adubação verde: como contribuir para a saúde da horta, do homem e ainda obter lucro. Lavras, Departamento de Agricultura, 1999. (Comunicado Técnico, 38)
- SAS INSTITUTE. SAS Statistical Package, Version 6.12, SAS Inc., Cary, 1995.
- SILVA, J.A.A.; VITTI, G.C.; STUCHI, E. S. & SEMPIONATO, O.R. Reciclagem e incorporação de nutrientes ao solo pelo cultivo intercalar de adubos verdes em pomar de laranja – 'pêra'. R. Bras. Frutic., 24:225-230, 2002.
- SILVA, M.C.L.; LIMA, L.E.; MAFRA, R.C.; SILVA, A.B. & PEREIRA, J.T. Adubação organomineral na cultura da batata (*Solanum tuberosum* L.) em Regossolo do Agreste pernambucano. Pesq. Agropec. Pernambuco, 8:49-56, 1991-1995.
- SILVEIRA, R.R. Uso da *Crotalaria juncea* (*Crotalaria juncea* L.) como fonte de nutrientes na cultura da batata (*Solanum tuberosum* L.) na microrregião de Esperança, PB Areia, Universidade Federal da Paraíba, 1997. 30p. (Relatório final do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica da UFPB/CNPq -Graduação em Agronomia)
- SODRÉ FILHO, J.; CARDOSO, A.N.; CARMONA, R. & CARVALHO, A.M. Fitomassa e cobertura do solo de culturas de sucessão ao milho na Região do Cerrado. Pesq. Agropec. Bras., 39:327-334, 2004.
- THOMAS, R.L.; SHEARRD, R.W. & MOYER, J.R. Comparison of conventional and automated procedures for N, P and K analysis of plant material using a single digestion. Agron. J., 59:240-243, 1967.
- TIESSEN, H.; CUEVAS, E. & CHACON, P. The role of soil organic matter in sustaining soil fertility. Nature, 371:783-785, 1994.
- YORINORI, G.T. & CARMELLO, Q.A.C. Acúmulo e exportação de nitrogênio pela cultura da batata cv. 'Atlantic'. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 29., Ribeirão Preto, 2003. Resumos expandidos. Ribeirão Preto, UNESP, 2003. CD-ROM