

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE ENERGIA NUCLEAR
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIAS
ENERGÉTICAS E NUCLEARES**

**ADUBAÇÃO ORGÂNICA DA BATATA (*Solanum tuberosum* L.) COM
ESTERCO E/OU *Crotalaria juncea* L. EM UM NEOSSOLO REGOLÍTICO**

TÁCIO OLIVEIRA DA SILVA

**RECIFE – PERNAMBUCO – BRASIL
FEVEREIRO/ 2004**

TÁCIO OLIVEIRA DA SILVA

**ADUBAÇÃO ORGÂNICA DA BATATA (*Solanum tuberosum* L.) COM
ESTERCO E/OU *Crotalaria juncea* L. EM UM NEOSSOLO REGOLÍTICO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Energéticas e Nucleares – PROTEN. Departamento de Energia Nuclear da Universidade Federal de Pernambuco, para obtenção do título de Mestre em Tecnologias Energéticas e Nucleares. Área de concentração: Aplicação de Radioisótopos – Fertilidade de Solos.

ORIENTADOR: PROF. DR. RÔMULO SIMÕES CEZAR MENEZES

**RECIFE – PERNAMBUCO – BRASIL
FEVEREIRO/ 2004**

Silva, Tácio Oliveira da
Adubação Orgânica da batata (*Solanum tuberosum* L.) com esterco e/ou *Crotalaria juncea* L. em um neossolo regolítico / Tácio Oliveira da Silva.
– Recife: O Autor, 2004.
xvi, 47 folhas : il., gráf., quadros.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Tecnologias Energéticas e Nucleares, 2004.

Inclui bibliografia.

1. Radioagronomia – Fertilidade do solo. 2. Adubação orgânica da batata (*Solanum tuberosum* L.) – Produtividade. 3. Adubação verde (*Crotalaria juncea* L.). I. Título.

631.894	CDU (2.ed.)	UFPE
631.86	CDD (20.ed.)	BC2004-417

ADUBAÇÃO ORGÂNICA DA BATATA (*Solanum tuberosum* L.)
COM ESTERCO E/OU *Crotalaria juncea* L. EM UM
NEOSSOLO REGOLÍTICO

Tácio Oliveira da Silva

APROVADO EM: 17.02.2004

ORIENTADOR : Prof. Dr. Rômulo Simões-Cezar Mendes

COMISSÃO EXAMINADORA:

Prof. Dr. Ignácio Hernán Salcedo - DEN/UFPE

Prof. Dr. Eversono Valdivares de Sá Burreto Sampaio - DEN/UFPE

Prof. Dr. Fernando José Freire - DA/UFPE

Visto e permitida a impressão

Coordenador do PROTEND/UFPE

A DEUS, pela vida e sabedoria.

Agradeço,

**À minha mãe Clarice Oliveira da Silva
Ao meu pai José Carlos Mascarenhas da Silva**

Ofereço

Aos meus irmãos Taciano e Joseane Oliveira

Dedico.

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Rômulo Menezes, pela receptividade, orientação, confiança e amizade, em todo o momento, minha eterna gratidão.

Aos Professores Ignácio Salcedo e Everardo Sampaio, pelo apoio e ensinamentos necessários para a realização deste trabalho.

Ao Departamento de Energia Nuclear (DEN/PROTEN) e ao PROTEN, pela oportunidade para a realização deste trabalho.

A CAPES e ao CNPq, pela concessão da bolsa de estudo.

Ao Inter American Institute for Global Change Research (IAI) e ao CNPq pelo apoio financeiro.

À Profª Vânia da Silva Fraga, pelas contribuições e sugestões necessárias durante a construção desta pesquisa.

Aos Professores Anacleto R. dos Santos, Maria de Fátima Peixoto, Jorge Antônio Gonzaga e Áureo Oliveira, pelas primeiras orientações científicas e ajuda constante.

Aos amigos-irmãos da República, Eduardo, Romualdo, Oriundo, Aldrin, Antônio Clementino e Antônio Marques, pela hospitalidade, amizade verdadeira e pelo convívio familiar.

Ao meu irmão e sempre amigo Taciano Oliveira por compartilhar a vida e por está sempre presente, o meu muito obrigado.

A minha irmã Joseane Oliveira, por sempre acreditar e torcer pelo meu sucesso.

A minha mãe Clarice Oliveira da Silva, pelo exemplo de mãe e pela formação do meu caráter e cobrança pela busca do saber.

A Ivna Borges, pela ajuda, amizade, carinho e estímulo constante durante este trabalho.

Ao Luís Mendes e Família pela amizade sincera e por proporcionar momentos agradáveis sempre.

Aos amigos do Laboratório de Radioagronomia /Fertilidade do solo e do DEN: Eduardo, Claudenice, Aldrin, Gilberto, Pedrinho, Clarindo, Sandra, Regina, Kássia e Acácia.

A toda minha família e amigos, pois alguns serviram de exemplo, outros de auxílio, mas todos me ofereceram o maior patrimônio, que é a amizade.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE FIGURAS	viii
LISTA DE QUADROS	ix
RESUMO	xi
ABSTRACT	xiii
INTRODUÇÃO	1
CAPÍTULO 1	
Adubação orgânica da batata com esterco e/ou <i>Crotalaria juncea</i>: I - Produtividade vegetal e estoque de nutrientes no solo em longo prazo.....	3
INTRODUÇÃO.....	4
MATERIAL E MÉTODOS.....	6
Descrição da área do estudo.....	6
Delineamento experimental e tratamentos.....	6
Cultivo da crotalária, preparo do solo e adubação orgânica.....	8
Cultivo da batata.....	8
Amostragem e análises do material vegetal e solo.....	9
Análise estatística.....	10
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	10
Produtividade de tubérculos.....	10
Efeito da adição de esterco e/ou crotalária sobre o solo.....	12
Acúmulo de biomassa aérea e nutrientes pela crotalária e pelas ervas espontâneas.....	15
CONCLUSÕES.....	19
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	21

CAPÍTULO 2

Adubação orgânica da batata com esterco e/ou <i>Crotalaria juncea</i>: II –	
Disponibilidade de nutrientes no solo ao longo do ciclo de cultivo.....	26
INTRODUÇÃO.....	27
MATERIAL E MÉTODOS.....	29
Descrição da área do estudo de campo.....	29
Perdas de massa e nutrientes pelo material incorporado ao solo nas parcelas de campo.....	32
Dinâmica da disponibilidade de nutrientes do solo nas parcelas de campo.....	33
Experimento em casa de vegetação.....	33
Análise estatística.....	34
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	36
Perdas de massa e nutrientes pelo material vegetal incorporado ao solo nas parcelas de campo.....	36
Dinâmica da disponibilidade de nutrientes do solo nas parcelas de campo.....	36
Produção de matéria seca e absorção de nutrientes pelo capim buffel em casa de vegetação.....	39
CONCLUSÕES.....	45
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	45

LISTA DE FIGURAS

No.	Título	Página
2.1	Precipitação pluviométrica mensal no local das parcelas experimentais de campo em Esperança, PB, durante o ano de 2003.....	31
2.2	Teor de N mineral ($N-NO_3^- + N-NH_4^+$) e P e K extraíveis, após aplicação e incorporação de esterco e/ou crotalária em um Neossolo Regolítico durante o ciclo da cultura da batata (<i>Solanum tuberosum</i> L.).....	38
2.3	Produção de matéria seca e acúmulo de N, P e K em três cortes sucessivos da parte aérea do capim buffel (<i>Cenchrus ciliaries</i>), cultivado em vasos em um Neossolo Regolítico, após aplicação de esterco e/ou crotalária.....	40

LISTA DE QUADROS

No.	Título	Página
1.1	Precipitação pluviométrica mensal no Centro Agroecológico São Miguel, no município de Esperança, PB, no período de 1996 a 2002.....	7
1.2	Produtividade da batata (<i>Solanum tuberosum</i> L.) em parcelas submetidas anualmente à adubação verde e/ou adubação com esterco no período de 1996 a 2002, em um Neossolo Regolítico em Esperança, PB.....	11
1.3	Concentração de nutrientes e pH do solo na profundidade de 0-20 cm em parcelas submetidas anualmente à adubação verde e/ou com esterco durante o período de 1996 a 2002 em um Neossolo Regolítico.....	13
1.4	Balanço de nutrientes em um Neossolo Regolítico, cultivado com batata (<i>Solanum tuberosum</i> L.), após 5 anos de incorporação de esterco e/ou crotalária.....	16
1.5	Produção de massa seca, concentração e acumulação de nutrientes na parte aérea da <i>Crotalaria juncea</i> L., utilizada como cultivo de cobertura, de 1996 a 2002, em um Neossolo Regolítico.....	17
1.6	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 (<i>Solanum tuberosum</i> L.) durante os anos de cultivos de 2001 e 2002 em um Neossolo Regolítico.....	20
2.1	Concentração média (n=4) de nutrientes e pH do solo do leirão, em parcelas submetidas à adubação com crotalária e/ou esterco durante o período de 1996 a 2002, em um Neossolo Regolítico, na profundidade de 0-20 cm.....	30
2.2	Concentração média (n=4) de nutrientes (N, P e K) do material vegetal e do esterco incorporados no solo em vasos do ensaio de casa de vegetação.....	35

No.	Título	Página
2.3	Percentagem de matéria seca e nutrientes (N, P e K) remanescentes, de adubos orgânicos contidos em bolsas de decomposição incorporadas em um Neossolo Regolítico submetido a adubação com esterco e/ou crotalária durante o ciclo da cultura da batata (<i>Solanum tuberosum</i> L.....	37
2.4	Produção de massa seca e acumulação de nutrientes nas raízes do capim buffel, após 105 dias de incorporação de esterco e/ou crotalária em um Neossolo Regolítico.....	42
2.5	Balanço de nutrientes em um Neossolo Regolítico em vasos, cultivado com capim buffel, durante 105 dias.....	43

ADUBAÇÃO ORGÂNICA DA BATATA COM ESTERCO E/OU *Crotalaria juncea* L. EM UM NEOSSOLO REGOLÍTICO

RESUMO

A mesoregião do Agreste é caracterizada como a maior produtora de batata (*Solanum tuberosum* L.) no estado da Paraíba. A variabilidade e a escassez de chuvas e a baixa fertilidade do solo, são fatores que limitam a atividade agropecuária nessa região, sendo que, o esterco a única fonte de nutrientes que é incorporada ao solo. Nas propriedades, geralmente não se consegue produzir uma quantidade de esterco suficiente para suprir a demanda das culturas agrícolas. Para minimizar essa limitação da disponibilidade do esterco foi proposta a introdução da adubação verde, com o cultivo e incorporação ao solo da *Crotalaria juncea* L., seguido ou não da incorporação de esterco. É possível que a aplicação de esterco combinada com o cultivo de cobertura com crotalária possa aumentar a produtividade de batata e contribuir para uma redução dos custos com a compra de esterco, sem comprometer a fertilidade do solo em longo prazo. Sendo assim, a primeira parte do presente trabalho, objetivou quantificar a produtividade da batata e o estoque de nutrientes no solo, ao longo de cinco anos de incorporação de esterco e/ou crotalária em um Neossolo Regolítico no Agreste paraibano. O trabalho foi conduzido anualmente em parcelas de campo de 1996 a 2002 (exceto em 1998 e 1999, devido à insuficiência de chuvas). Os tratamentos aplicados consistiram em: plantio e incorporação da crotalária na época de floração (C), adição de 15 t ha⁻¹ de esterco (E), plantio e incorporação de crotalária + 7,5 t ha⁻¹ de esterco (CE), testemunha sem esterco ou crotalária (T). As concentrações de nutrientes (N, P e K) e o pH do solo tiveram aumentos significativos nos tratamentos E e CE, em relação aos tratamentos C e T, ao longo dos anos de cultivo. Apesar do tratamento E ter proporcionado o maior aumento na concentração de nutrientes do solo, o tratamento CE foi o que levou a uma maior produtividade de tubérculos. Provavelmente, isso ocorreu porque o tratamento CE promoveu uma mineralização mais sincronizada com a demanda de nutrientes da batata durante o ciclo de cultivo. Para testar essa hipótese, na segunda parte do trabalho, em 2003, foram realizados experimentos em campo e casa de vegetação, objetivando avaliar a dinâmica da disponibilidade de nutrientes no solo durante o ciclo de cultivo da batata. No experimento em campo avaliou-se a dinâmica da decomposição e liberação de nutrientes pelo material vegetal e

esterco incorporado ao solo. Utilizaram-se sacolas plásticas contendo o esterco e os materiais vegetais coletados nas respectivas parcelas experimentais antes da incorporação, as quais foram incorporados ao solo na profundidade de 20 cm. As sacolas foram coletadas quinzenalmente, e determinadas às percentagens de massa e nutrientes remanescentes do material incubado no período de 82 dias de incubação. As perdas de massa e nutrientes foram maiores nos primeiros 30 dias da incubação, para todos os tratamentos aplicados. Ao final do ensaio, as proporções de matéria seca e nutrientes remanescentes foram maiores nos tratamentos E e CE. No experimento em campo também avaliou-se a dinâmica da concentração de nutrientes disponíveis no solo ao longo do período de cultivo da batata. Sendo realizadas coletas quinzenais de solo (0-20 cm) ao longo do ciclo de cultivo da batata. Os teores de P e K extraíveis foi significativamente maiores nos tratamentos E e CE. O teor de N mineral ($\text{N-NO}_3^- + \text{N-NH}_4^+$) no tratamento E não diferiu do tratamento T, os quais foram significativamente menores que nos tratamentos C e CE nas primeiras semanas após a incorporação, indicando que a incorporação de esterco leva a uma imobilização de N do solo durante o período inicial do ciclo de cultivo da batata. O experimento em casa de vegetação objetivou avaliar a absorção de nutrientes pelo capim buffel de amostras de solo das parcelas de campo. Aos 35 dias, após o transplântio do capim buffel, o tratamento CE levou a maior produção de massa seca e acúmulo de nutrientes na planta. Aos 70 e 105 dias, a produção de matéria seca e acúmulo de nutrientes foi significativamente maior no tratamento E, seguido pelos tratamentos CE, C e T. Os resultados obtidos indicam que o cultivo e a incorporação de crotalária combinada com a incorporação de $7,5 \text{ t ha}^{-1}$ esterco promoveu uma disponibilidade de nutrientes no solo mais equilibrada ao longo do ciclo de cultivo da batata, pois manteve os níveis de nutrientes relativamente altos ao longo de todo o período em relação aos demais tratamentos aplicados. A combinação do esterco com a crotalária é uma prática que pode ser mais recomendável para culturas anuais. Com base nos resultados a aplicação de 15 t ha^{-1} de esterco demonstrou ser mais recomendável para culturas de ciclo mais longo ou perenes, pois a disponibilização de nitrogênio deu-se de forma mais lenta, porém contínua, ao longo do ciclo de cultivo da batata, além de disponibilizar mais P e K que os demais tratamentos estudados. O cultivo e incorporação somente da crotalária não é recomendável, pois apesar de promover um aumento na disponibilidade de N mineral do solo, no período inicial do cultivo da batata, não repõe o P e o K extraídos do solo com a colheita de tubérculos, podendo levar a diminuição dos teores desses elementos no solo.

APPLICATION OF MANURE AND/OR *Crotalaria juncea* L. TO AN ENTISOL CULTIVATED WITH POTATO

ABSTRACT

Potato (*Solanum tuberosum* L) is the main cash crop in the Agreste region of the state of Paraíba in Northeastern Brazil. The main limiting factors of agricultural production in this region are the low amount and variable pattern of rainfall precipitation and the low fertility of the soils, particularly regarding N and P availability. Animal manure is practically the only nutrient source applied to soils during potato cultivation. However, the amount of manure available is usually not enough to fertilize the agricultural fields, due to the small size of most farms. Farmers often have to buy manure from other areas, which increases production costs. For this reason, the cultivation of *Crotalaria juncea* L. as a cover crop for incorporation into the soil was proposed as an alternative to replace or reduce the amounts of animal manure necessary for crop production and soil fertility maintenance. The objective of the first part of this study was to quantify potato productivity and evaluate the status of soil nutrient stocks throughout 5 years of manure and/or *C. juncea* incorporation to an Entisol in the Agreste region of Paraíba. The study was conducted on field plots (6 x 10 m) from 1996 to 2002 (between 1997 and 1998, experiments were not conducted due to insufficient rainfall precipitation). Experimental treatments were: planting and incorporation of *C. juncea* during flowering (C); application of 15 t ha⁻¹ of animal manure (E), planting and incorporation of *C. juncea* during flowering + application of 7.5 t ha⁻¹ of animal manure (CE), control plots without *C. juncea* or animal manure (T). Soil nutrient levels and pH increased significantly in the treatments that received manure (E and CE) throughout the 5 years of the study, mostly for the treatment E. Even though the greatest increases in soil nutrients were observed in the treatment E, potato yields were greatest for the CE treatment. It was hypothesized that this occurred because the mineralization of nutrients was more synchronized with the demand of potato in the CE treatment. In order to test this hypothesis, field and glass-house experiments were conducted in 2003 and the dynamics of soil nutrient availability during the growing season of potato was evaluated. In the field experiment, the dynamics of residue weight and nutrient loss were evaluated. Samples of manure and plant biomass were placed into nylon screen bags and buried at 20 cm of depth. Every two weeks, one bag in each plot was

removed, oven-dried, weighed, and the nutrient content was analyzed. Weight and nutrient losses were greater during the first month after incorporation for all treatments. At the end of the growing season, the proportion of the biomass and nutrients, which were incorporated and still remained in the bags, was greater for the treatments E and CE. This indicates that the decomposition of manure is relatively slower, compared to the plant biomass incorporated. The dynamics of soil nutrient availability was also evaluated in the field plots through bi-weekly soil sampling (0-20 cm) during the potato growing season. Extractable P and K were greater for treatments E and CE throughout the whole season. However, inorganic N ($\text{N-NO}_3^- + \text{N-NH}_4^+$) was lower in the treatments E and T, in comparison to treatments C and CE, during the initial period after incorporation, indicating that manure leads to N immobilization and may limit potato growth during the beginning of the growing season. In the green house experiment, the availability of nutrients in the soil from the field plots was evaluated by cultivating buffel grass in pots for three consecutive 35-day periods and measuring biomass production and nutrient uptake at each period. Buffel grass biomass production and nutrient uptake were greater for the treatment CE 35 days after planting. However, at 70 and 105 days after planting, biomass production and nutrient uptake was greater for treatment E, followed by CE, C and finally T. The results indicate that the combination of manure and *C. juncea* led to a more synchronized mineralization with the demand of potato, since it was able to supply enough P and K without causing deficiency of soil N through immobilization during early season. This is of particular importance for annual crops, which demand nutrients during its relatively short life growing cycle. The incorporation of manure may be more adequate for perennials crops, since the manure supplies enough P and K and releases N at slow rates, which may be enough for certain perennial plants. The cultivation and incorporation of *C. juncea* as green manure, without the addition of manure, may lead to soil nutrient depletion, particularly P and K, since the amount of these nutrients that are removed by harvest are exported from the system. The N fixation by *C. juncea* could even promote a priming effect and lead to depletion of native soil organic matter.

INTRODUÇÃO

O Agreste paraibano caracteriza-se pelo predomínio do sistema de agricultura familiar. Nessa região, o milho, feijão e mandioca são as culturas de subsistência mais predominantes e a batata (*Solanum tuberosum* L.), é a principal cultura comercial. A baixa e variável precipitação pluviométrica, a baixa fertilidade dos solos, principalmente quanto aos teores de matéria orgânica e fósforo, são fatores que limitam a atividade agrícola nessa região. Os adubos químicos normalmente não são utilizados para corrigir a deficiência de nutrientes do solo devido ao seu alto custo e ao baixo poder aquisitivo dos agricultores. A única forma de adubação do solo praticada pelos agricultores é a incorporação de esterco, principalmente na época do plantio da batata ou de outras culturas comerciais.

Entretanto, o uso do esterco como adubo orgânico apresenta algumas limitações. Em primeiro lugar, a disponibilidade de esterco nas propriedades rurais é limitada, pois a grande maioria das propriedades tem uma área muito reduzida (< 5 ha) e, conseqüentemente, tem um pequeno número de animais. Por esse motivo, a maior parte do esterco usado como adubo tem que ser comprado de regiões circunvizinhas, o que eleva os custos de produção.

Vários estudos em diversas regiões do mundo têm demonstrado que a adubação verde, principalmente com leguminosas, é uma prática que pode contornar o problemas da limitada disponibilidade de esterco, uma vez que os adubos verdes podem ser produzidos nas propriedades e utilizados para adubar os campos agrícolas. Entretanto, são escassas as informações sobre a prática da adubação verde na região do Agreste paraibano.

Por esse motivo, a ONG AS-PTA, localizada no Centro Agroecológico de São Miguel, no município de Esperança, PB, implantou um experimento de campo em 1996, cujo objetivo foi quantificar a produtividade da batata após a incorporação de esterco e/ou adubo verde em um Neossolo Regolítico. A leguminosa estudada como adubo verde nesse experimento foi a *Crotalaria juncea*, escolhida devido ao seu rápido crescimento, rusticidade e capacidade de fixar N₂ atmosférico através da associação com bactérias do gênero *Rhizobium*. Esse experimento foi repetido em 1997, 2000, 2001 e 2002 nas mesmas parcelas experimentais. Os dados de produtividade da batata durante esse período foram coletados e armazenados, e não foram divulgados em nenhuma publicação científica.

Em 2003, como parte do trabalho da presente dissertação, foram analisados todos os dados dos 5 anos em que esse experimento foi conduzido. Esse conjunto de dados formou o primeiro capítulo da dissertação.

Após a análise dos dados, constatou-se que o tratamento que consistia na incorporação de 15 t ha⁻¹ de esterco, apesar de ter proporcionado o maior aumento na fertilidade do solo, não respondeu com a maior produtividade de tubérculos de batata, a qual foi alcançada, quando se aplicou o tratamento correspondente ao plantio e incorporação da crotalária combinada com 7,5 t ha⁻¹ de esterco.

A partir destes resultados foi formulada a hipótese de que a produtividade de tubérculos de batata foi maior quando se combinou a incorporação de crotalária e esterco, em relação à incorporação somente de esterco, porque a biomassa lábil da crotalária promove uma mineralização de nutrientes mais sincronizada com a demanda de nutrientes pela batata durante o ciclo de cultivo. Para testar essa hipótese, foram formulados em 2003, três experimentos voltados à avaliação da dinâmica de nutrientes do solo, após a incorporação de esterco e/ou crotalária durante o ciclo de cultivo da batata. Esses experimentos formaram o Capítulo 2 da presente dissertação.

CAPÍTULO I

**ADUBAÇÃO ORGÂNICA DA BATATA COM ESTERCO E/OU *Crotalaria juncea*:
I - PRODUTIVIDADE VEGETAL E ESTOQUE DE NUTRIENTES NO SOLO EM
LONGO PRAZO**

ADUBAÇÃO ORGÂNICA DA BATATA COM ESTERCO E/OU *Crotalaria juncea*: I - PRODUTIVIDADE VEGETAL E ESTOQUE DE NUTRIENTES NO SOLO EM LONGO PRAZO

INTRODUÇÃO

O Agreste Paraibano é uma região que tem como característica a maior predominância da agricultura familiar em relação aos outros sistemas agrários. As principais culturas agrícolas utilizadas nesses sistemas são o milho, o feijão e a mandioca, quase sempre associados a uma pequena atividade pecuária. Além disso, em algumas áreas do Agreste da Paraíba, a batata (*Solanum tuberosum* L.) é uma das principais culturas voltadas ao mercado. 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 rendimento de tubérculos de 3.126.411 toneladas, resultando numa produtividade de 19,4 t ha⁻¹ (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 (Meira, 1993).

A batata é uma cultura bastante exigente quanto à disponibilidade de nutrientes no solo, de onde retira significativas quantidades em todo o seu ciclo, sendo por este motivo, importantes os estudos sobre seus aspectos nutricionais (Boock et al., 1960; Malavolta, 1976). O nitrogênio e o fósforo são dois dos principais nutrientes essenciais às plantas. Nos solos do semi-árido nordestino estes nutrientes encontram-se geralmente em baixa disponibilidade, o que limita significativamente a produtividade vegetal (Sampaio et al., 1995). Além disso, o potássio é um elemento bastante exigido pela maioria das plantas cultivadas (Malavolta, 1976).

Em certas regiões do mundo onde se cultiva a batata em sistemas mais intensivos, geralmente são utilizadas altas doses de adubos nitrogenados e fosfatados para suprir a

carência de nitrogênio e fósforo. Porém, na região semi-árida do Nordeste do Brasil, o uso de fertilizantes químicos nitrogenados e fosfatados 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 é uma alternativa amplamente adotada para o suprimento de nitrogênio e fósforo 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 os custos de produção da batata (Menezes et al., 2002). Uma alternativa para contornar esse problema é a prática da adubação verde.

A adubação verde é uma prática agrícola programada que consiste na incorporação da massa verde das plantas de cobertura com a finalidade primordial de aumentar o conteúdo de matéria orgânica dos solos, melhorar as condições físicas, químicas e biológicas, e favorecer o crescimento e rendimento dos cultivos de importância econômica (Monegat, 1991). As leguminosas têm geralmente sido as mais utilizadas como adubo verde, devido à sua rusticidade, elevada produção de matéria seca, sistema radicular profundo e simbiose com bactérias fixadoras do N₂ atmosférico (Araújo & Almeida, 1993). A crotalária (*Crotalaria juncea*) é utilizada na adubação verde e cobertura do solo por ser uma planta pouco exigente quanto a fertilidade do solo e com grande potencial de fixação biológica de nitrogênio. Principalmente por apresentar crescimento rápido, esta leguminosa tem sido muito usada como adubo verde em rotação com diversas culturas. Além disso, a crotalária tem 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 através do cultivo de cobertura com leguminosas e sua posterior incorporação ao solo é que, com exceção do nitrogênio proveniente da fixação biológica, a incorporação da biomassa não repõe os nutrientes retirados do solo, na época da colheita pelas culturas agrícolas, e exportados com a venda dos produtos colhidos (Sampaio & Maluf, 1999). Deste 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 o P e o K, por exemplo, porque esses nutrientes são absorvidos e exportados pelas culturas na época da colheita.

Portanto, nas áreas cultivadas com batata no Agreste paraibano é provável que a aplicação de esterco, mesmo que em doses mais reduzidas que a tradicional, combinada com o cultivo de cobertura com crotalária poderá aumentar a produtividade de batata e contribuir para uma redução dos custos com a compra de esterco, sem comprometer a fertilidade do solo em longo prazo (Menezes et al., 2002).

Sendo assim, o objetivo desse trabalho foi quantificar a produtividade da batata e o estoque de nutrientes no solo, ao longo de cinco anos de incorporação de esterco e/ou crotalária em um Neossolo Regolítico no Agreste paraibano.

MATERIAL E MÉTODOS

Descrição da área do estudo

O experimento foi conduzido em parcelas experimentais 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 plantado em 1998 e 1999. A média de precipitação pluviométrica da região é de cerca de 1000 mm por ano, com um 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). Os dados de precipitação pluviométrica de 1996 a 2002 são apresentados no Quadro 1.1. O solo na área experimental é classificado como um Neossolo Regolítico (EMBRAPA, 1999), de textura franco-arenosa e declividade em torno de 5%.

Delineamento experimental e tratamentos

Os tratamentos experimentais consistiram em: plantio e incorporação da crotalária na época de floração (C), adição de 15 t ha⁻¹ de esterco (E), que é a dose utilizada pelos agricultores na região do Agreste paraibano; plantio e incorporação de crotalária + 7,5 t ha⁻¹ de esterco (CE); e testemunha sem esterco ou crotalária (T). As parcelas experimentais tinham 60 m² (6 m x 10 m) e foram distribuídas em blocos casualizados, com quatro repetições. Os tratamentos foram repetidos nas mesmas parcelas ao longo de todo o período, exceto em 1998 e 1999, de forma a viabilizar a avaliação do efeito acumulado dos distintos manejos ao longo do tempo.

Quadro 1.1. Precipitação pluviométrica 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	728,2	750,0

Cultivo da crotalária, preparo do solo e adubação orgânica

A crotalária foi plantada nas parcelas dos tratamentos (C) e (CE). O plantio foi realizado no início do período das chuvas, geralmente em fevereiro ou março, em sulcos, no espaçamento de 0,50 m x 0,10 m. Simultaneamente, nos tratamentos T e E, cresciam ervas espontâneas durante o mesmo 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, no momento de plena floração, quando aproximadamente 50 % das plantas das parcelas apresentavam floração, o que acontecia em torno de 50 dias após o plantio, podendo variar 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 m² 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 forma a preparar uma pequena leira, com aproximadamente 20 cm 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, a quantidade necessária de esterco em cada tratamento foi também colocada em cima dessa 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 40 cm de altura, 50 cm de largura na base e um espaçamento de 1m 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 através de capinas manuais, realizadas em aproximadamente três períodos durante o ciclo da batata, em todos os anos de cultivo.

Foram realizadas anualmente duas aplicações de calda bordalesa, para o controle de doenças fúngicas.

A colheita da batata foi efetuada, após aproximadamente 90 dias do 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 m². Após a colheita, uma sub-amostra dos tubérculos foi retirada, seca em estufa, pesada e moída para determinação do conteúdo de nutrientes.

Amostragem e análises do material vegetal e solo

As amostras de biomassa da batata, crotalária e ervas daninhas, 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 0–20 cm para caracterizar as condições iniciais do solo da área experimental. Em 2000, 2001 e 2002, na ocasião da colheita da batata, foram coletadas amostras do solo (0–20 cm) 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 nitrogênio total por digestão Kjeldahl (Bremner & Mulvaney, 1982), fósforo total por digestão com ácido sulfúrico e água oxigenada, e fósforo e potássio extraídos com ácido duplo (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 a metodologia descrita pela EMBRAPA (1997).

Análise estatística

Os dados foram analisados estatisticamente através da análise de variância e as médias comparadas pelo teste de comparação REGWQ, ao nível de probabilidade de 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 da batata foi significativamente maior no tratamento CE que no tratamento T, exceto em 1997 (Quadro 1.2). As diferenças relativas entre os tratamentos CE e T foram crescentes nos primeiros anos do período do experimento (52, 71, 96, 163 e 130%). Entretanto, em termos absolutos, o aumento foi maior em 2000 (25,3 contra 13,0 t ha⁻¹), ano de maior quantidade total e melhor distribuição de chuvas e de maiores produções em todos os tratamentos. Silveira (1997), trabalhando com fertilização em batata na mesma região, também obteve a maior produtividade (17,8 t ha⁻¹) quando aplicou esterco (5 t ha⁻¹) em combinação com o cultivo e incorporação da crotalária.

O tratamento C também apresentou, em relação ao tratamento T, produtividades de tubérculos significativamente maiores, mas somente em 1996 e 2000. Já as produtividades no tratamento E não foram significativamente superiores às do tratamento T nos três primeiros anos em que o experimento foi conduzido, 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, mas em 2002 a diferença foi novamente não significativa (Quadro 1.2).

As produtividades médias de tubérculos nos cinco anos de plantio foram 12, 11, 15 e 8 t ha⁻¹ nos tratamentos C, E, CE e T, respectivamente. De forma semelhante, Silva et al. (1995), observaram em um Neossolo Regolítico no Agreste pernambucano, que a maior produtividade de tubérculos (9,3 t ha⁻¹) foi alcançada, quando aplicado 20 t ha⁻¹ de esterco bovino, sendo significativamente diferente do tratamento onde não foi aplicado esterco. Entretanto, as produtividades desses dois estudos são baixas em relação a outros estudos na

Quadro 1.2. Produtividade da batata (*Solanum tuberosum* L.) em parcelas submetidas anualmente à adubação verde e/ou adubação com esterco no período de 1996 a 2002⁽¹⁾ em um Neossolo Regolítico em Esperança, PB.

Tratamentos ⁽²⁾	1996	1997	2000	2001	2002
	-----kg ha ⁻¹ -----				
C	14400 a ⁽³⁾	10613 a	21435 a	6656 bc	7163 b
CE	14975 a	12188 a	25388 a	10033 a	13438 a
E	11238 b	9400 a	18806 ab	8144 ab	7839 b
T	9850 b	7113 a	12975 b	3819 c	5875 b

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

região Nordeste e Centro-Oeste, principalmente em estudos onde foi realizada a adubação organo-mineral. Nunes (2002), em experimentos de fertilização em Itabaiana, SE, aplicou 30 t ha⁻¹ de esterco bovino combinado com 1,25 t ha⁻¹ da fórmula 6-24-12, e obteve produções variando de 28 a 34 t ha⁻¹. Peixoto et al. (2002) trabalhou com seleção de clones de batata para o Planalto Central, em Anápolis, GO e utilizou como adubação 3 t ha⁻¹ da fórmula 4-16-8 no plantio e 300 kg ha⁻¹ de sulfato de amônio em cobertura. Esses autores verificaram que, entre os melhores clones selecionados, a produtividade variou de 16 e 33 t ha⁻¹.

Provavelmente, as menores produtividades de tubérculos observadas no presente estudo, em relação a outros estudos reportados, deve-se à combinação entre a escassez e irregularidade das chuvas e a baixa fertilidade natural dos Neossolos no Agreste paraibano. Os tratamentos de adubação orgânica aplicados no presente estudo, mesmo a aplicação de altas doses de esterco no tratamento E, aparentemente não foram capazes de suprir os nutrientes demandados pela batata.

Efeito da adição de esterco e/ou crotalária sobre o solo

A adição de esterco, combinada ou não com o plantio e incorporação de crotalária, provocou aumentos significativos da concentração de nutrientes no solo, em relação ao tratamento testemunha, ao longo do período em que o estudo foi conduzido (Quadro 1.3).

No ano de 2000, após três anos de aplicação e 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 tratamentos. No solo entre leirões, em 2000, não foram observadas diferenças significativas nos teores de nutrientes dos quatro tratamentos.

A partir de 2001, começou a ser observado o efeito acumulativo dos tratamentos sobre os teores de nutrientes (N e P) totais, nos solos dos leirões (Quadro 1.3). O teor de P total do solo no tratamento E foi significativamente maior que nos demais tratamentos estudados. Em relação ao N total, o tratamento E não foi diferente do tratamento CE, porém estes dois tratamentos apresentaram teores significativamente maiores que os tratamentos C e T. Assim como no ano anterior, os teores de P e K extraíveis e o pH do solo foram maiores no solo do tratamento E que no solo dos demais tratamentos. Aumentos lineares para P e K e pH do solo com aplicação de doses crescentes de esterco

Quadro 1.3. Concentração de nutrientes e pH do solo na profundidade de 0-20 cm em parcelas submetidas anualmente à adubação verde e/ou adubação com esterco durante o período de 1996 a 2002⁽¹⁾ em um Neossolo Regolítico.

Tratamentos ⁽²⁾		N total	P total	P extraível	K extraível	pH	
		-----mg kg ⁻¹ solo-----					
Média	inicial	das	1996				5,0
			538	-(³)	6,3	85,8	
parcelas			2000				
			Solo do leirão				
	C	609 a ⁽⁴⁾	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 bc	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 ab	
			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	

⁽¹⁾ Não foram coletadas amostras de solo em 1997 e, devido à insuficiência de chuvas, o experimento não foi conduzido em 1998 e 1999; ⁽²⁾ C = plantio e incorporação da *Crotalaria juncea* antes do plantio da batata; E = aplicação anual de 15 t ha⁻¹ de esterco de caprinos; CE = plantio e incorporação de *C. juncea* + aplicação anual de 7,5 t ha⁻¹ de esterco; T = testemunha sem adubação; ⁽³⁾ Dados não disponíveis; ⁽⁴⁾ 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).

aplicado foram observados por Holanda et al. (1984), em um Latossolo Vermelho-Amarelo álico e um Podzólico Vermelho-Amarelo no Rio Grande do Norte.

No solo entre leirões, o tratamento E apresentou teores de N total significativamente maior que os tratamentos C e T e teores de K extraível superiores a todos os demais tratamentos, enquanto o tratamento CE foi superior apenas quanto ao teor de K extraível em relação ao tratamento 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.

No ano de 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, ao final das cinco aplicações anuais de 15 t ha^{-1} 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 total e P total, em relação ao tratamento T, em 63 e 38%, respectivamente.

O tratamento C não teve efeitos sobre os nutrientes e o pH do solo ao final dos cinco anos de cultivo. Esse resultado era esperado, uma vez que o plantio e incorporação da crotalária não são capazes de repor os nutrientes retirados do solo pela batata e exportados com a venda de tubérculos, a não ser no caso do N, devido ao potencial da crotalária de promover a fixação biológica do N atmosférico em associação com rizóbios (Quadro 1.3).

Para avaliar em mais detalhes o efeito das cinco incorporações de esterco e/ou crotalária o estoque de nutrientes no solo, foi calculado o balanço de nutrientes (N, P e K) adicionados e retirados. A quantidade adicionada de cada nutriente foi calculada com base na quantidade e no teor de nutrientes contidos no esterco. As quantidades de P e K contidos na biomassa da crotalária e ervas espontâneas incorporadas ao solo não foram consideradas como entradas de nutrientes no sistema, uma vez que esses nutrientes foram absorvidos do solo e reciclados com a incorporação da biomassa. No caso do N contido 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 uma entrada ao sistema. Como a biomassa das ervas espontâneas era quase que exclusivamente composta por não-leguminosas, considerou-se que o N na

biomassa de ervas espontâneas incorporado ao solo dos tratamentos T e E foi proveniente do solo e não de fixação biológica de N. Da quantidade de cada nutriente adicionada ao solo foi subtraída a quantidade exportada através 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⁻¹, respectivamente, ao longo do período do estudo, sem diferenças significativas entre tratamentos ou entre anos de colheita.

Os resultados do balanço de nutrientes incorporados e exportados do solo das parcelas de campo nos diferentes tratamentos são apresentados no Quadro 1.4. 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 as concentrações de nutrientes do solo medida em 2002 (Quadro 1.3). O tratamento E foi o que levou aos maiores aumentos na concentração de nutrientes do solo, seguido pelo tratamento CE, enquanto o tratamento C praticamente não diferiu do tratamento T.

Acúmulo de biomassa aérea e nutrientes pela crotalária e pelas ervas espontâneas

Ao longo dos cinco anos de cultivo, a crotalária produziu, em média, 3.476 e 3.624 kg ha⁻¹ano⁻¹ de matéria seca, nos tratamentos C e CE, respectivamente (Quadro 1.5). Foi observada uma forte variação na produção de biomassa entre os anos do estudo, causado principalmente pela variação da precipitação pluviométrica. Em 1997 e 2000, anos nas quais a precipitação foi mais abundante e/ou mais bem distribuída durante o ciclo da crotalária (de fevereiro ou março até abril) foram observadas maiores produtividades de biomassa aérea da crotalária (Quadros 1.1 e 1.5). A média de produtividade da crotalária no presente estudo foi relativamente baixa em comparação a estudos em outras regiões do país. Dourado et al. (2001), em estudo de fertilização fosfatada, em Selvíria/MS, alcançaram produção de matéria seca, para a crotalária de 11,4 a 12,1 t ha⁻¹. Silva et al. (2002), em pomar cítrico em São Paulo, obtiveram produtividade média de 13,1 t ha⁻¹ de matéria seca. Paulo et al. (2001), em Alta Paulista, após três anos consecutivos de plantio e incorporação da *Crotalaria juncea* intercalada com o café, obtiveram, em média, produção

Quadro 1.4. Balanço de nutrientes em um Neossolo Regolítico, cultivado com batata (*Solanum tuberosum* L.), após 5 anos de incorporação de esterco e/ou crotalária.

Tratamento ⁽¹⁾	Nutrientes adicionados ⁽²⁾	Nutrientes exportados ⁽³⁾	Balanço de nutrientes ⁽⁴⁾
-----kg ha ⁻¹ -----			
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	1374	- 1374
CE	1312	1733	- 421
E	2625	1263	1362
T	0	903	- 903

⁽¹⁾C = plantio e incorporação da *Crotalaria juncea* antes do plantio da batata; E = aplicação anual de 15 t ha⁻¹ de esterco de caprinos; CE = plantio e incorporação de *C. juncea* + aplicação anual de 7,5 t ha⁻¹ de esterco; T = testemunha sem adubação; ⁽²⁾Nutrientes contidos no esterco incorporado 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; ⁽³⁾ Nutrientes (N, P e K) contidos nos tubérculos colhidos ao longo dos cinco anos do estudo; ⁽⁴⁾Balanço de nutrientes = Nutrientes adicionados – Nutrientes exportados.

Quadro 1.5. Produção de massa seca, concentração e acumulação de nutrientes na parte aérea da *Crotalaria juncea* L., utilizada como cultivo de cobertura, de 1996 a 2002⁽¹⁾, em um Neossolo Regolítico.

Tratamento ⁽²⁾	Produção de massa seca kg ha ⁻¹	Concentração de nutrientes			Acumulação de nutrientes		
		N	P	K	N	P	K
		-----g kg ⁻¹ -----			-----kg ha ⁻¹ -----		
		1996					
C	2500 a ⁽³⁾	17,8 a	1,2 a	13,1 a	44,5 a	2,9 a	32,8 a
CE	2280 a	18,2 a	1,4 a	11,9 a	41,5 a	3,2 a	27,1 a
		1997					
C	6370 a	- ⁽⁴⁾	-	-	-	-	-
CE	5960 a	-	-	-	-	-	-
		2000					
C	5770 a	23,1 a	2,0 a	19,2 a	135,0 a	11,1 a	107,9 a
CE	5960 a	24,0 a	2,1 a	18,0 a	140,8 a	12,1 a	104,8 a
		2001					
C	1520 b	25,1 a	1,9 a	19,2 a	38,7 a	3,0 b	29,8 a
CE	2160 a	23,8 a	2,3 a	19,5 a	51,4 a	5,0 a	42,5 a
		2002					
C	1220 b	32,7 a	2,1 b	28,1 a	39,7 b	2,6 b	33,9 b
CE	1760 a	32,3 a	2,9 a	32,6 a	57,0 a	5,2 a	57,4 a

⁽¹⁾Devido à insuficiência de chuvas, não houve plantio em 1998 e 1999; ⁽²⁾ C = plantio e incorporação da *Crotalaria juncea* antes do plantio da batata; CE = plantio e incorporação de *C. juncea* + aplicação anual de 7,5 t ha⁻¹ de esterco; ⁽³⁾ Médias seguidas de mesma letra, na mesma coluna, para cada ano não diferem entre si pelo Teste t a 5%; ⁽⁴⁾ Dados não disponíveis.

de matéria seca de crotalária de 23,3 t ha⁻¹ano⁻¹. Por outro lado, De-Polli e Chada (1989) reportaram produtividades de matéria seca da crotalária (1,6 t ha⁻¹) semelhantes às do presente estudo, quando avaliaram leguminosas para adubação verde de entressafra em Itaguaí/RJ. Uma produção um pouco superior de biomassa (8,1 t ha⁻¹) da *C. juncea* foi encontrada por Salviano et al. (1998), em um Podzólico Vermelho-Amarelo álico + solo litólico em São Paulo e 6,5 t ha⁻¹ foi encontrada por Alcântara et al. (2000), em um Latossolo Vermelho-Escuro degradado, em Minas Gerais.

No presente estudo, o ciclo da crotalária do plantio até a incorporação ao solo, momento de plena floração, ficou em torno de 50-55 dias de acordo com o regime de chuvas do ano agrícola. Alcântara et al. (2000), em Minas Gerais, observaram que o ciclo da *Crotalaria juncea* do plantio até a floração foi de 60 dias. Paulo et al. (2001) e Silva et al. (2002), em São Paulo, justamente os autores que reportaram altas produtividades de matéria seca pela crotalária, observaram que o ciclo foi de aproximadamente 100 dias. Isso indica que a maior produtividade da *C. juncea*, na região sudeste, deve-se, provavelmente, a uma combinação do maior fotoperíodo daquela 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 do presente estudo. Dessa forma, os resultados obtidos no presente estudo indicam que a crotalária, na região Agreste da Paraíba, não conseguiu atingir os mesmos níveis de produtividade de biomassa e acumulação de nutrientes, que em outras regiões, o que reduz o seu potencial como cultivo de cobertura para adubação verde no Agreste paraibano. Nos três primeiros anos em que o experimento foi conduzido, 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 1.5). 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. No ano de 2000, quando houve uma maior produtividade da biomassa da crotalária, devido à maior quantidade de chuvas, houve também um acúmulo de nutrientes duas ou três vezes maior na biomassa aérea da crotalária que nos outros anos de cultivo. 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⁻¹ de N, P e K.

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. As produtividades de biomassa pelas ervas

espontâneas ao longo dos dois anos nos tratamentos T e E foram, em média, 1.600 e 1.895 kg ha⁻¹, comparáveis à produtividade da crotalária nos tratamentos C e CE, nos mesmos anos (Quadro 1.5). Entretanto, os teores e a acumulação de nutrientes, particularmente N, foram maiores na crotalária que nas plantas espontâneas. Esses resultados foram semelhantes aos observados por Favero et al. (2000), que estudaram a produção de biomassa e 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 nitrogênio que as leguminosas, mas que, algumas espontâneas apresentaram maiores teores de potássio e fósforo.

Não foram observadas diferenças significativas na produtividade de biomassa de ervas espontâneas entre o tratamento E e o tratamento T, nos dois anos em que foi quantificada a produtividade (Quadro 1.6). A acumulação de nutrientes pelas ervas espontâneas foi, em geral, maior nas parcelas onde foi incorporado esterco, mas só foram observadas diferenças significativas para P, em 2001, e para N, em 2002.

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

CONCLUSÕES

A aplicação anual de 15 t ha⁻¹ esterco levou a um aumento significativo nas concentrações de N total e de P total e nas de P e K extraíveis no solo, ao longo dos cinco anos de cultivo da batata, em relação aos demais tratamentos estudados. As maiores produtividades de tubérculos de batata, entretanto, foram obtidas quando combinou-se o cultivo e incorporação da crotalária com a incorporação de 7,5 t ha⁻¹ de esterco antes do plantio da batata. Este resultado sugere uma mineralização de nutrientes mais sincronizada com a demanda de batata quando o esterco é incorporado junto com a crotalária, favorecendo uma disponibilidade gradativa de nutrientes durante o ciclo da cultura da batata.

Quadro 1.6. 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 (*Solanum tuberosum* L.) durante os anos de cultivos de 2001 e 2002 em um Neossolo Regolítico.

Tratamento ⁽¹⁾	Produção de massa seca kg ha ⁻¹	Concentração de nutrientes g kg ⁻¹			Acumulação de nutrientes kg ha ⁻¹		
		N	P	K	N	P	K
2001							
T	1180 a ⁽¹⁾	11,9 a	2,66 a	25,9 a	14,4 a	3,13 b	30,0 a
E ⁽²⁾	1460 a	11,0 a	3,00 a	26,2 a	16,0 a	4,42 a	38,6 a
2002							
T	2020 a	14,4 a	1,68 a	32,6 a	28,3 b	3,30 a	64,9 a
E	2330 a	16,0 a	2,05 a	36,7 a	37,3 a	4,78 a	86,2 a

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

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALCÂNTARA, F. A.; FURTINI NETO, A.; PAULA, M. B. de; MESQUITA, H. A. MUNIZ, J. A. Adubação verde na recuperação da fertilidade de um Latossolo Vermelho-Escuro degradado. **Pesq. Agropec. Bras.**, Brasília, 35: 277-288, 2000.
- ARAÚJO, A. P.; ALMEIDA, D. L. Adubação verde associada a fosfato de rocha na cultura do milho. **Pesq. Agropec. Bras.** Brasília, 28: 245 – 251, 1993.
- BOOCK, O. J.; FREIRE, E. S. Adubação da batatinha: experiências com doses crescentes de fósforo. **Bragantia**. Campinas, 1960, p. 369-391.
- 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**. Part. 2. Madison, ASA-SSSA, 1982. p. 595-624. (Agronomy Monograph, 9).
- DE-POLLI, H. & CHADA, S. de 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. **Scientia Agrícola**, 58: p.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.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA, Centro Nacional de Pesquisa de Solos(Rio de Janeiro). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Embrapa Produção de Informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos), 1999. 412p.

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**, Campinas, 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: 03 de março de 2004.

MALAVOLTA, E. **Manual de química agrícola**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1976. 528p.

MEIRA, E. M. **Manejo da fertilidade de um Regossolo com adubos verdes mucuna preta (*Stylobium aterrimum*) e feijão de porco (*Canavalia ensiforme*, D.C.)**. Areia – UFPB/CCA, 1993. 70p. (Dissertação de Mestrado).

MENEZES, R. S. C.; SAMPAIO, E. V. S. B.; SILVEIRA, L. M.; TIESSEN, 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.

MCSORLEY, R. Host suitability of potential cover crops for root-knot nematodes. **J. Nematology**, 31: 619-623, Suppl.. S DEC, 1999.

MONEGAT, C. **Plantas de cobertura do solo: características e manejo em pequenas propriedades**. Chapecó: Ed. 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.

NUNES, M. U. C. Produtividade e principais problemas fitossanitários de cultivares de batata em Sergipe. **Horticultura Brasileira**, 20:424-427, 2002.

PAULO, E. M.; BERTON, R. S.; CAVICHIOLI, J. C. BULISANI, E. A.; KASI, F. S. Produtividade do café apoaã em consórcio com leguminosas na região da Alta Paulista. **Bragantia**, Campinas, 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. **Horticultura Brasileira**, Brasília, 20: 438-441, 2002.

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 ¹⁵N-isotope techniques. **J. Biotechnology**, 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. **Industrial Crops and Products**, 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. 1ed. Lavras: Depto. De Agricultura. Nov. 1999. (Comunicado Técnico, 38).

SAS. SAS Statistical Package, Version 6.12, SAS Institute Inc., Cary, NC, 1995.

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. pernamb.**, Recife, v.8, n.especial, p. 49-56, 1991-1995.

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’. **Rev. Bras. Frutic.** Jaboticabal, SP, 24: 225-230, abril 2002.

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.** 1997. 30p. Relatório final do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica da UFPB/CNPq (Graduação em Agronomia) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba, Areia, Paraíba.

SIPES, B.S.& ARAKAKI, A.S. Root-knot nematode management in dry-land taro with tropical cover crops. **J. Nematology**, 29: 721-724, 1997.

TIESSEN, H.; CUEVAS, E. CHACON, P. The role of soil organic matter in sustaining soil fertility. **Nature**, 371: 783-785, 1994.

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

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, 2003, Ribeirão Preto – SP. **Resumos expandidos...** Ribeirão Preto – SP: UNESP, 2003. CD-ROM.

CAPÍTULO II

ADUBAÇÃO ORGÂNICA DA BATATA COM ESTERCO E/OU *Crotalaria juncea*:

**II - DISPONIBILIDADE DE NUTRIENTES NO SOLO AO LONGO DO CICLO
DE CULTIVO**

**ADUBAÇÃO ORGÂNICA DA BATATA COM ESTERCO E/OU *Crotalaria juncea*:
II - DISPONIBILIDADE DE NUTRIENTES NO SOLO AO LONGO DO
CICLO DE CULTIVO**

INTRODUÇÃO

Na região do Agreste da Paraíba, onde predomina a agricultura familiar, a baixa fertilidade dos solos é um dos principais fatores limitantes da produtividade agrícola (Menezes et al., 2002). As principais culturas de subsistência nesses sistemas são o feijão, o milho e a mandioca, quase sempre associados a uma pequena atividade pecuária. A batata (*Solanum tuberosum* L.) é uma das principais culturas voltadas ao mercado.

Nos solos do semi-árido nordestino, o nitrogênio e o fósforo encontram-se geralmente em baixa disponibilidade, o que limita significativamente a produtividade vegetal (Sampaio et al., 1995). Porém, o uso de fertilizantes químicos nitrogenados e fosfatados é bastante reduzido, devido ao seu custo e ao baixo poder aquisitivo da maioria dos agricultores, bem como 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 incorporação do esterco ao solo é uma alternativa amplamente adotada para o suprimento de nutrientes nos solos da região semi-árida. No entanto, a reduzida disponibilidade de esterco nas propriedades leva uma grande parte dos agricultores a importá-lo, de regiões circunvizinhas, o que eleva os custos de produção (Menezes et al., 2002). Outra limitação quanto ao uso do esterco de curral é que este, em anos de reduzida precipitação pluviométrica, pode prejudicar as culturas agrícolas devido à sua decomposição incompleta e imobilização de nutrientes do solo (Holanda, 1990).

Uma das alternativas para minimizar as limitações do uso do esterco é a sua utilização consorciada com a adubação verde. A adubação verde aumenta o conteúdo de matéria orgânica, melhora as condições físicas, químicas e biológicas dos solos e favorece o crescimento e rendimento dos cultivos de importância econômica (Monegat, 1991). As leguminosas têm geralmente sido mais utilizadas como adubo verde, devido à sua rusticidade, elevada produção de matéria seca, sistema radicular profundo e simbiose com bactérias fixadoras do N₂ atmosférico. Dentre as leguminosas utilizadas na adubação verde e cobertura do solo, destaca-se a *Crotalaria juncea* L., por ser uma planta pouco exigente

em nutrientes, com grande potencial de fixação biológica de nitrogênio e por apresentar crescimento rápido (Araújo e Almeida, 1993).

Uma das limitações da adubação verde, através do cultivo de cobertura com leguminosas e a sua incorporação ao solo, é que, com exceção do nitrogênio, a incorporação da biomassa da leguminosa não repõe os nutrientes retirados do solo pelas culturas comerciais (Sampaio e Maluf, 1999). No entanto, as leguminosas apresentam uma fitomassa bastante lábil, que favorece uma redução da relação C/N, aumentando a atividade microbiana, conseqüentemente a mineralização do material vegetal, e disponibilizando o nitrogênio, evitando a imobilização de N no solo pela microbiota.

Sendo assim, a incorporação de adubo verde associado ao esterco poderia minimizar a deficiência de nitrogênio e fósforo do solo e promover uma maior sincronização entre a mineralização e a demanda de nutrientes pelas culturas, aumentando a produtividade e contribuindo para a redução dos custos de produção (Menezes et al., 2002).

No Capítulo 1, em um experimento de campo para avaliar o efeito acumulado da incorporação de esterco e /ou crotalária, ao longo de cinco anos, sobre o estoque de nutrientes do solo e a produtividade de tubérculos de batata (*Solanum tuberosum* L), a incorporação de 15 t ha⁻¹ de esterco forneceu uma maior quantidade de nutrientes ao solo, mas as maiores produtividades de tubérculos foram obtidas com a incorporação de 7,5 t ha⁻¹ de esterco combinado com a incorporação de crotalária. Foi sugerido que, provavelmente, isso ocorreu devido a uma melhor sincronização entre a disponibilidade de nutrientes do solo e a demanda da cultura da batata.

Para testar essa hipótese, no presente estudo, foram realizados três experimentos voltados a avaliação da dinâmica de nutrientes do solo, após a incorporação de esterco e/ou crotalária durante o ciclo da batata: 1) Dinâmica das perdas de massa e nutrientes pelo esterco e/ou crotalária incorporado ao solo em parcelas de campo; 2) Dinâmica da concentração de nutrientes disponíveis no solo em parcelas de campo; e 3) Produção de massa seca e acúmulo de nutrientes pelo capim buffel (*Cenchrus ciliaris*), cultivado em casa de vegetação, com solo das parcelas de campo.

MATERIAL E MÉTODOS

Descrição da área do estudo de campo

O estudo de campo foi conduzido durante a estação úmida (fevereiro a agosto) de 2003, em parcelas experimentais localizadas no Centro Agroecológico São Miguel, de propriedade da ONG Assessoria e Serviços a Projetos em Agricultura alternativa (AS-PTA), no município de Esperança/PB. As parcelas experimentais de campo receberam adubação orgânica anualmente no período de 1996 a 2003, exceto em 1998 e 1999, devido à insuficiência de chuvas. A cada ano, após a adubação, as parcelas foram cultivadas com batata por um período de aproximadamente 100 dias. As médias das características químicas do solo nas parcelas experimentais em 2002, após a colheita dos tubérculos estão descritas no Quadro 2.1. Os dados da precipitação pluviométrica mensal de Esperança, PB, para o ano agrícola de 2003 estão descritos na Figura 2.1.

A média de precipitação pluviométrica da região é de cerca de 1000 mm por ano, com um 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). O solo da área experimental é classificado como um Neossolo Regolítico (EMBRAPA, 1999), de textura franco-arenosa e declividade em torno de 5%.

Os tratamentos experimentais nas parcelas de campo consistiram em: plantio e incorporação da crotalária na época da floração (C); adição de 15 t ha⁻¹ de esterco (E); plantio e incorporação de crotalária + 7,5 t ha⁻¹ de esterco (CE); e testemunha, sem esterco ou crotalária (T). As parcelas experimentais tinham 60 m² (6 m x 10 m) e foram distribuídas em blocos casualizados, com quatro repetições. Os tratamentos foram implementados anualmente nas mesmas parcelas ao longo de todo o período, de forma a viabilizar a avaliação de seu efeito acumulado.

A crotalária foi plantada logo após as primeiras chuvas, em fevereiro de 2003, nas parcelas dos tratamentos C e CE. O plantio foi realizado em sulco, no espaçamento de 0,50 m x 0,10 m. Simultaneamente ao crescimento da crotalária, nos tratamentos T e E, cresciam ervas espontâneas. No momento de plena floração, aproximadamente 50 dias após o plantio, a crotalária foi cortada com um rolo faca puxada por um animal de tração e as ervas espontâneas foram capinadas manualmente.

Quadro 2.1. Concentração média (n=4) de nutrientes e pH do solo do leirão, em parcelas submetidas à adubação com crotalária e/ou esterco durante o período de 1996 a 2002⁽¹⁾, em um Neossolo Regolítico, na profundidade de 0 – 20 cm.

Tratamento ⁽²⁾	N total	P total	N mineral ⁽³⁾	P extraível	K extraível	pH
	-----mg kg ⁻¹ solo-----					
C	708	135	32,1	9,2	85,80	6,0
E	905	181	33,2	32,1	167,70	7,3
CE	854	173	28,7	22,0	175,50	7,3
T	524	125	20,9	10,0	117,0	6,7

⁽¹⁾ Devido à insuficiência de chuvas, o experimento não foi adubado e plantado em 1998 e 1999; ⁽²⁾ C = plantio e incorporação da *Crotalaria juncea* antes do plantio da batata; E = aplicação anual de 15 t ha⁻¹ de esterco de caprinos; CE = plantio e incorporação de *C. juncea* + aplicação anual de 7,5 t ha⁻¹ de esterco; T = testemunha sem adubação; ⁽³⁾ N-NO₃⁻ + N-NH₄⁺.

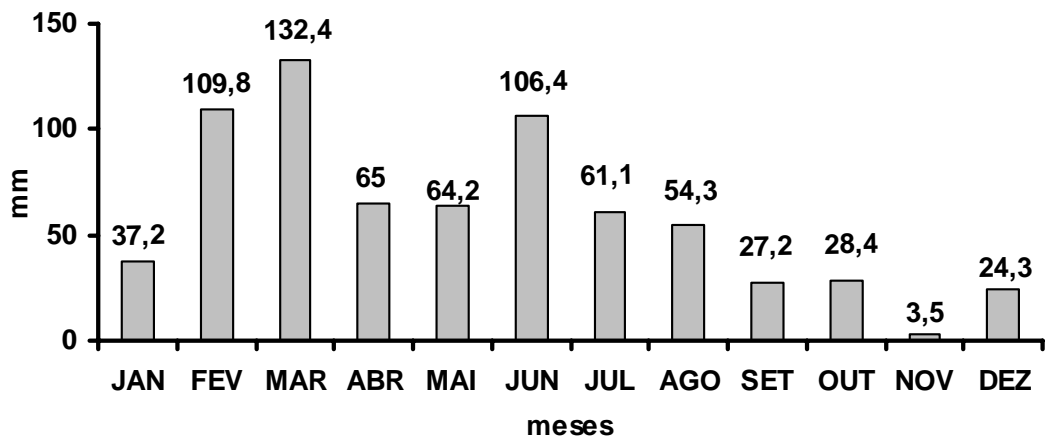


Figura 2.1. Precipitação pluviométrica mensal no local das parcelas experimentais de campo em Esperança, PB, durante o ano de 2003.

O preparo do solo para formar os leirões consistiu no arraste da camada superficial do solo de forma a preparar uma pequena leira com aproximadamente 20 cm de altura denominada “encama” do leirão (Sabourin et al., 2000). A crotalária e as ervas espontâneas cortadas foram amontoadas, com o auxílio de enxadas, sobre a encama. Nos tratamentos com incorporação de esterco, este também foi colocado sobre a encama. Depois disso, foi retirado solo da área entre as encamas e colocado em cima do material vegetal e/ou esterco, formando leirões com cerca de 40 cm de altura e 50 cm de largura na base. A batata foi semeada na parte superior do leirões, com um espaçamento de 0,30 m entre plantas.

Perdas de massa e nutrientes pelo material incorporado ao solo nas parcelas de campo.

Nas parcelas experimentais de campo foi conduzido um experimento para avaliar a dinâmica da decomposição e liberação de nutrientes do esterco e/ou crotalária incorporados ao solo. Para isso, sub-amostras de esterco e/ou crotalária foram acondicionadas em sacolas de telas plásticas com dimensões de 10 cm x 10 cm e abertura de 0,5 mm. As sacolas foram enterradas no solo dos leirões no momento do plantio da batata, a aproximadamente 20 cm de profundidade, simulando a mesma profundidade de incorporação dos adubos orgânicos durante o preparo do solo. A biomassa vegetal das parcelas experimentais C e CE foram compostas da biomassa de crotalária. No tratamento testemunha, foi utilizada sub-amostras da biomassa das plantas espontâneas, que foram coletadas nas parcelas experimentais de campo antes da incorporação ao solo. No tratamento com esterco, as sub-amostras foram compostas por esterco e ervas espontâneas, para simular o que acontece no campo no momento da incorporação do esterco ao solo. As quantidades da biomassa do material vegetal e esterco inserido em cada bolsa dos respectivos tratamentos foram: 26,5 g de esterco + 4,86 g de ervas espontâneas (E); 12,5 g de esterco + 5,02 g de crotalária (CE); 3,72 g de crotalária (C) e 3,86 g de ervas espontâneas (T). O delineamento experimental utilizado foi em blocos completos ao acaso, com 4 tratamentos e 4 repetições.

As quantidades de esterco e material vegetal colocado nas sacolas no início do ensaio foram calculadas de acordo com a produtividade média de biomassa vegetal das parcelas de campo para o ano de 2003 e foram proporcionais às produtividades de crotalária e ervas espontâneas nas parcelas experimentais de campo e também às doses de esterco utilizadas

no campo. Ao todo, foram preparadas 96 sacolas (4 tratamentos x 4 repetições x 6 datas de amostragem). A primeira amostragem foi realizada 7 dias após a incorporação das sacolas ao solo e as cinco amostragens restantes em intervalos quinzenais, após a primeira amostragem.

Após a coleta, o material vegetal dentro das sacolas foi seco em estufa até massa constante e pesado. Sub-amostras dos materiais incorporados foram moídas e digeridos para a determinação dos teores de N e P (Thomas et al., 1967). Em outras sub-amostras foi determinado o teor de cinza do material nas sacolas, para a correção do cálculo das perdas de massa e nutrientes do material incorporado.

Dinâmica da disponibilidade de nutrientes do solo nas parcelas de campo.

Durante o ciclo da batata foram coletadas amostras de solo, nos leirões, na profundidade de 0-20 cm, para analisar a dinâmica de nutrientes. As amostras foram coletadas no momento do plantio e incorporação dos adubos orgânicos e 7, 25, 62, 76 e 88 dias depois. Foram analisados $N-NH_4^+$, $N-NO_3^-$, mediante extração com KCl 1M e determinação em auto-analisador Technicon (EPA, 1971) e P e K extraíveis por Mehlich-1, determinados por colorimetria (Murphy e Riley, 1962) e por fotometria de chama, respectivamente. O pH do solo foi determinado em água por potenciometria, em suspensão 1:2,5 solo:água, de acordo com a metodologia descrita pela EMBRAPA (1997).

Experimento em casa de vegetação

Para avaliar o efeito dos tratamentos de adubação orgânica sobre a disponibilidade e absorção de nutrientes pelas plantas, foi conduzido um experimento em casa de vegetação, no Departamento de Energia Nuclear, da Universidade Federal de Pernambuco, em Recife, de maio a setembro de 2003. Vasos de PVC, de $0,5 \text{ dm}^3$, com 0,7 kg de solo, foram plantados com capim buffel (*Cenchrus ciliaris*). Foi utilizado o solo das parcelas do experimento de campo coletado após a colheita da batata em 2002, cujas propriedades químicas são descritas no Quadro 2.1. O capim buffel foi semeado em sulcos em areia lavada. Após 10 dias da emergência das plantas, foi realizado o transplântio, utilizando quatro plantas por vaso, levando em consideração seu vigor e uniformidade. A umidade do

solo foi ajustada a 50% do volume de poros, mediante umedecimento com água deionizada, através da pesagem diária dos vasos.

Antes do plantio do capim buffel, foram incorporados esterco e/ou crotalária no solo dos respectivos tratamentos, em doses, por vaso, equivalentes às aplicadas no campo. Os cálculos para determinar as doses de cada tratamento foram em função da massa de solo e as doses consistiram em: 7,19 g de esterco + 1,94 g de erva daninha (E); 3,59 g de esterco + 1,21 g de crotalária (CE); 0,89 g de crotalária (C) e 0,93 g de erva daninha (T). As composições químicas do esterco, da crotalária e das ervas espontâneas adicionados ao solo estão descritas no Quadro 2.2. O delineamento experimental utilizado para o ensaio foi inteiramente casualizado, com quatro tratamentos e 8 repetições.

O corte da biomassa aérea do capim buffel foi realizado aos 35, 70 e 105 dias após o transplantio, antes do florescimento das plantas, a uma altura de 2 cm do colo das raízes. Após o terceiro corte, foram coletadas as raízes, separando-as do solo. Amostras do solo dos vasos, após a colheita, foram coletadas para a determinação de N-NH_4^+ , N-NO_3^- , P extraível, K extraível e pH, como descrito anteriormente.

A secagem do material vegetal foi realizada em estufa a 60 °C, até alcançar massa constante. Amostras deste material foram moídas em moinho tipo Wiley, digeridas com uma mistura de ácido sulfúrico e água oxigenada e os teores de N e P nos extratos da digestão foram analisados por colorimetria (Thomas et al., 1967) e o K por fotometria de chama.

As variáveis avaliadas foram matéria seca da parte aérea, das raízes e concentração e acúmulo de nitrogênio, fósforo e potássio, nas componentes da planta e no solo, após a colheita.

Análise estatística

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

Quadro 2.2. Concentração média (n=4) de nutrientes (N, P e K) do material vegetal e do esterco incorporados no solo em vasos do ensaio de casa de vegetação.

Tratamento ⁽¹⁾	Material	N	P	K
		-----g kg ⁻¹ -----		
C	Crotalária ⁽²⁾	33,04	3,34	27,41
CE	Crotalária ⁽²⁾	28,90	3,98	29,53
E	Erva espontânea ⁽³⁾	25,71	4,08	36,31
T	Erva espontânea ⁽³⁾	19,57	3,25	32,38
E	Esterco caprino ⁽⁴⁾	32,35	5,48	48,03

⁽¹⁾ C = plantio e incorporação da *Crotalaria juncea* antes do plantio da batata; E = aplicação anual de 15 t ha⁻¹ de esterco de caprinos; CE = plantio e incorporação de *C. juncea* + aplicação anual de 7,5 t ha⁻¹ de esterco; T = testemunha sem adubação; ⁽²⁾ Crotalária cultivada no tratamento C e CE; ⁽³⁾ Ervas espontâneas encontradas nos tratamentos E e T; ⁽⁴⁾ Esterco utilizado nas parcelas dos tratamentos E e CE.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Perdas de massa e nutrientes pelo material vegetal incorporado ao solo nas parcelas de campo

As perdas de massa e de nutrientes das bolsas de decomposição incorporadas ao solo nas parcelas de campo variaram relativamente pouco entre tratamentos, ao longo dos 82 dias em que as bolsas permaneceram no campo (Quadro 2.3). Nos primeiros 30 dias da incubação, foram observadas perdas de aproximadamente 30 e 47% da massa seca e dos nutrientes, respectivamente. A partir deste período, as perdas foram menos intensas e mantiveram-se até a penúltima data de coleta. Na última data de coleta foram observadas perdas de massa e nutrientes significativamente menores nos dois tratamentos que continham esterco (E e CE) que nos dois tratamentos que continham somente material vegetal (C e T). As massas restantes nos tratamentos E e CE, após os 82 dias foram de 39 e 38%, respectivamente, enquanto nos tratamentos C e T ficaram em 27 e 26%, respectivamente.

As perdas de N, P e K das bolsas tiveram uma dinâmica semelhante às perdas de massa seca (Quadro 2.3). Nas primeiras datas de coleta, as perdas diferiram relativamente pouco entre os tratamentos, mas, ao final do experimento, as perdas de N, P e K foram significativamente menores nos tratamentos E e CE, que nos C e T, indicando que a decomposição do esterco acontece de forma mais lenta que a decomposição da biomassa de crotalária e das ervas espontâneas incorporadas ao solo.

Dinâmica da disponibilidade de nutrientes do solo nas parcelas de campo

A aplicação e incorporação de esterco e/ou crotalária no solo dos leirões teve influência significativa na dinâmica de disponibilidade de nutrientes no solo das parcelas de campo ao longo do ciclo de cultivo da batata (Figura 2.2). Em amostras coletadas imediatamente após a incorporação dos adubos orgânicos e o plantio da batata, e também aos 7 dias após o plantio (DAP), a concentração de $N-NO_3^- + N-NH_4^+$ (N mineral) no tratamento E foi significativamente menor do que nos tratamentos C e CE e não diferiu do tratamento T. Aos 7 DAP, a quantidade de N mineral no tratamento CE diminuiu em relação ao período anterior e tornou-se significativamente menor que no tratamento C.

Quadro 2.3. Percentagem de matéria seca e nutrientes (N, P e K) remanescentes, de adubos orgânicos contidos em bolsas de decomposição incorporadas em um Neossolo Regolítico submetido a adubação com esterco e/ou crotalária durante o ciclo da cultura da batata (*Solanum tuberosum* L.).

Tratamento ⁽¹⁾	Intervalo de coleta (dias)					
	7	22	37	52	67	82
-----Massa seca (%)-----						
C	78,4 a ⁽²⁾	58,8 a	36,9 a	38,6 a	39,1 a	27,2 b
CE	72,2 ab	54,2 a	44,3 a	40,7 a	36,7 a	38,0 a
E	59,3 b	50,0 a	37,6 a	41,3 a	39,8 a	39,2 a
T	70,43 ab	48,1 a	49,0 a	42,7 a	39,2 a	26,6 b
-----N, (%)-----						
C	56,4 b	57,2 a	20,6 b	15,8 b	17,9 a	17,7 b
CE	87,9 a	57,5 a	49,5 a	34,6 a	35,6 a	42,9 a
E	53,4 b	36,8 a	28,6 b	31,4 ab	28,1 a	40,9 a
T	48,9 b	33,3 a	34,0 ab	22,6 ab	31,0 a	24,5 ab
-----P, (%)-----						
C	47,5 a	38,9 a	19,8 b	13,1 b	17,3 a	22,5 b
CE	52,6 a	33,1 a	31,9 a	32,9 a	38,8 a	41,1 a
E	48,8 a	36,9 a	30,8 a	32,5 a	41,7 a	43,7 a
T	38,8 a	33,8 a	29,8 a	20,1 b	28,8 a	19,0 b
-----K, (%)-----						
C	49,1 a	24,7 a	5,7 a	2,1 b	1,9 a	1,6 b
CE	65,7 a	33,0 a	12,7 a	9,5 a	7,5 a	7,4 a
E	41,7 a	24,8 a	10,0 a	8,3 a	8,8 a	8,9 a
T	54,3 a	22,5 a	14,3 a	5,9 ab	5,7 a	2,9 b

⁽¹⁾C = plantio e incorporação da *Crotalaria juncea* antes do plantio da batata; E = aplicação anual de 15 t ha⁻¹ de esterco de caprinos; CE = plantio e incorporação de *C. juncea* + aplicação anual de 7,5 t ha⁻¹ de esterco; T = testemunha sem adubação; ⁽²⁾ Médias na mesma coluna seguidas pela mesma letra não diferem pelo teste de comparação REGWQ (P<0,05).

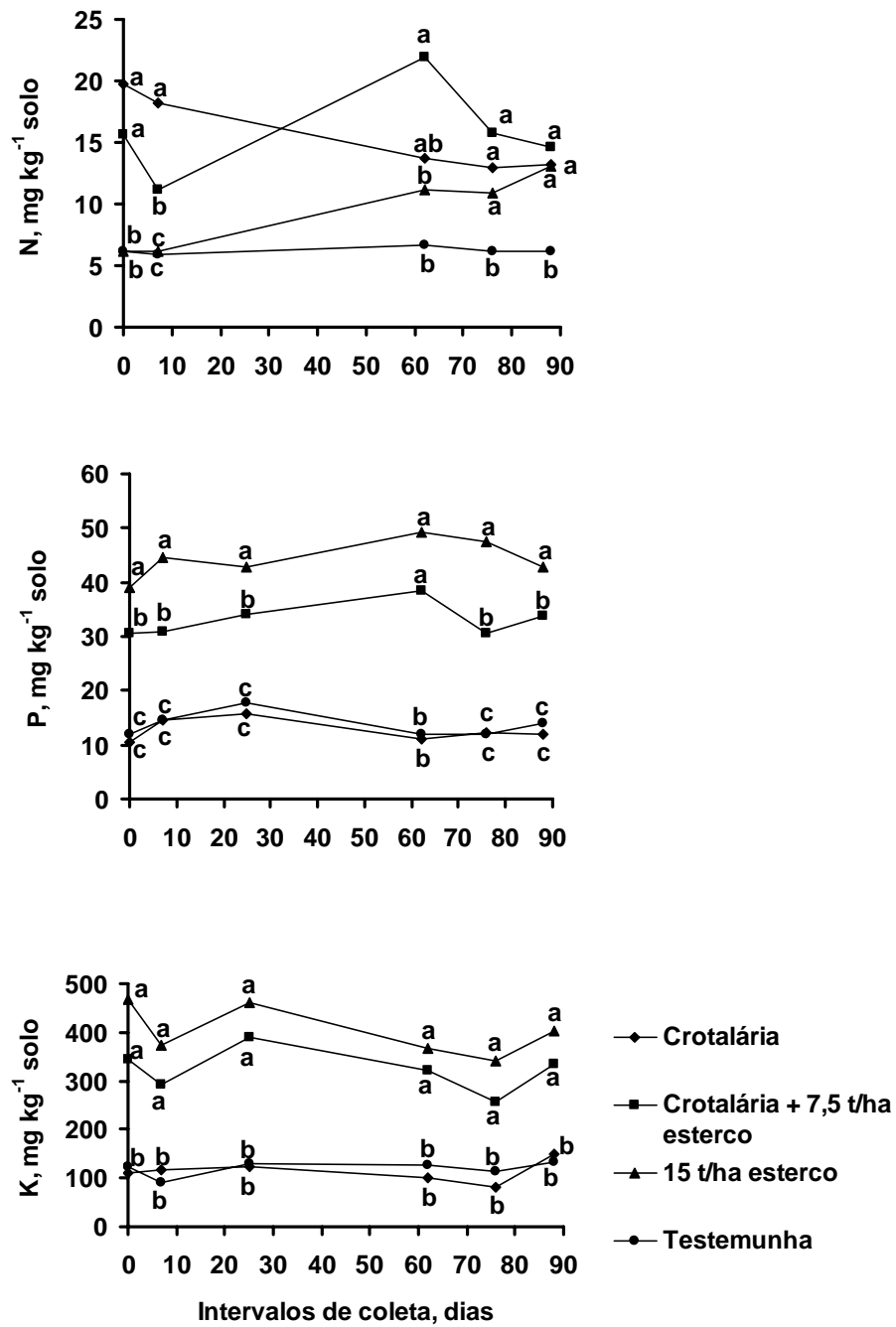


Figura 2.2. Teor de N mineral ($N\text{-NO}_3^-$ e $N\text{-NH}_4^+$) e P e K extraíveis, após aplicação e incorporação de esterco e/ou crotalária em um Neossolo Regolítico durante o ciclo da cultura da batata (*Solanum tuberosum* L.).

Provavelmente, o N mineral no tratamento C foi maior no período inicial, devido à rápida decomposição da biomassa da crotalária, mas o N mineral do solo nesse tratamento diminuiu gradativamente ao longo do período de cultivo uma vez que a biomassa incorporada foi consumida. Aos 62 DAP, o N mineral no tratamento C não diferiu do N mineral nos tratamentos E e CE (Figura 2.2). Na última data de coleta, aos 88 DAP, a disponibilidade de N mineral no solo não diferiu entre os tratamentos C, CE e E, os quais apresentaram significativamente mais N mineral que o tratamento T.

Quanto ao fósforo extraível no solo, a maior quantidade foi verificada no tratamento E, seguido pelo tratamento CE e, finalmente, pelos tratamentos C e T. O comportamento do K extraível foi semelhante ao do P, sendo significativamente maior, ao longo de todas as datas de coleta, nos tratamentos E e CE, que nos tratamentos C e T (Figura 2.2).

Dentre os elementos analisados, o N foi o único que se apresentou como limitante no tratamento E, em relação ao tratamento CE, no período inicial após a incorporação dos adubos orgânicos. Isso sugere que a incorporação de esterco levou a uma imobilização de N, nas primeiras semanas, e esse, provavelmente, foi o fator que limitou o crescimento e a produtividade da batata nas parcelas de campo, no Capítulo 1. Nas parcelas onde foram incorporadas $7,5 \text{ t ha}^{-1}$ de esterco combinado com a incorporação da crotalária, a disponibilidade de N proveniente da decomposição da biomassa da crotalária aparentemente foi suficiente para evitar a imobilização de N do solo e para suprir a demanda da batata. Em resumo, o tratamento CE foi aquele que proporcionou uma disponibilidade de nutrientes do solo mais balanceada, tanto pelo N lábil na biomassa da crotalária que preveniu a imobilização de N do solo, quanto pelo fornecimento de nutrientes adicionados com os $7,5 \text{ t ha}^{-1}$ de esterco, principalmente o P e o K, o que foi crucial para manter a fertilidade do solo nessas parcelas.

Produção de matéria seca e absorção de nutrientes pelo capim buffel em casa de vegetação

A incorporação de esterco, combinado ou não com crotalária, teve influência significativa na produção de matéria seca do capim buffel durante os 105 dias de cultivo (Figura 2.3). No primeiro corte, 35 dias após o transplante (DAT), o tratamento CE levou a uma produção de massa seca significativamente maior da parte aérea do buffel, seguido pelos tratamentos E e C, os quais produziram mais massa seca que o tratamento T. Um

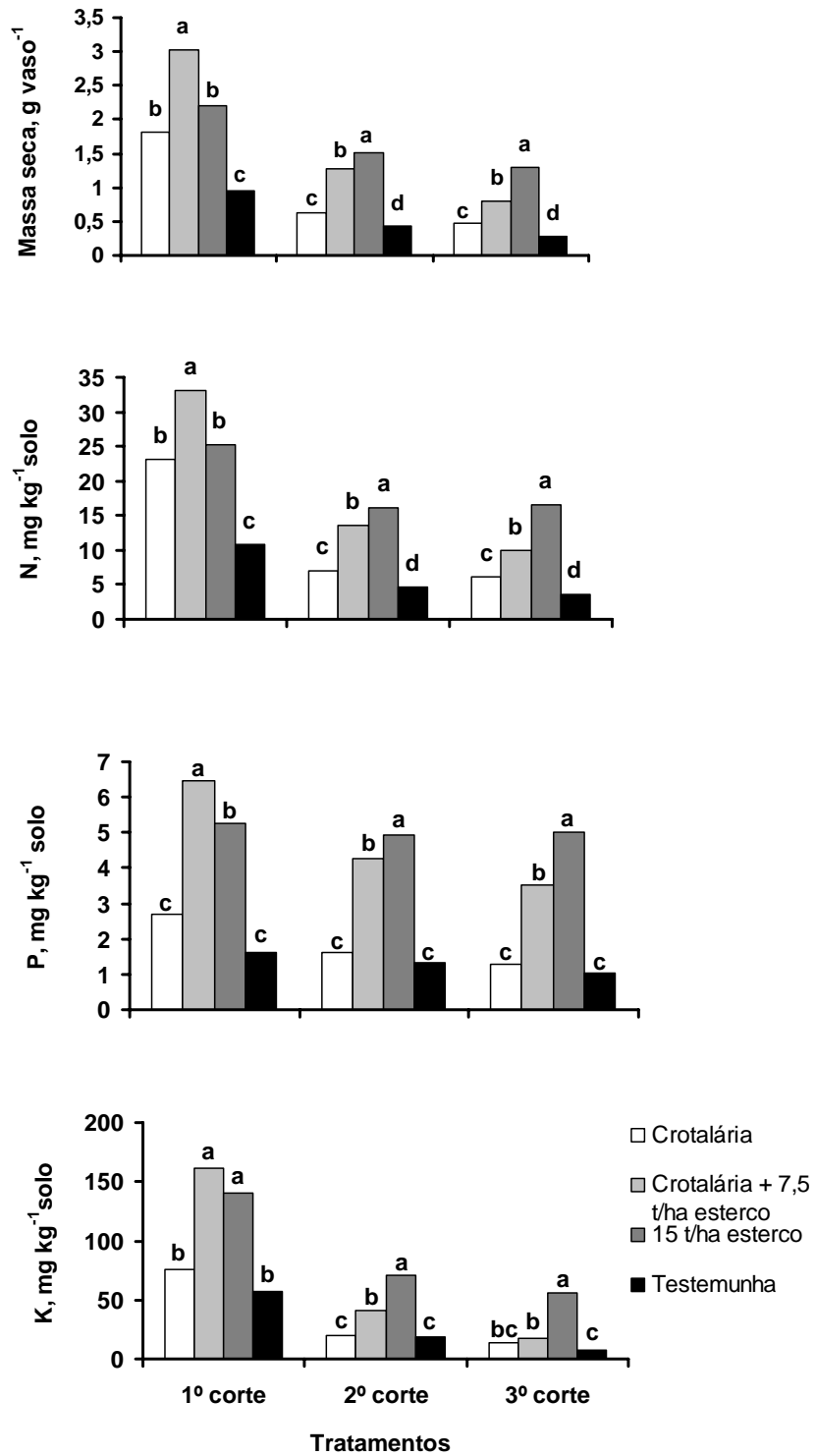


Figura 2.3. Produção de matéria seca e acúmulo de N, P e K em três cortes sucessivos da parte aérea do capim buffel (*Cenchrus ciliaris*), cultivado em vasos em um Neossolo Regolítico, após aplicação de esterco e/ou crotalária.

comportamento semelhante foi observado na acumulação de N, P e K na biomassa aérea (Figura 2.3).

No segundo e terceiro cortes, aos 70 e 105 DAT, a produção de matéria seca e acúmulo de N, P e K pelo buffel no tratamento E foi significativamente maior que nos demais tratamentos (Figura 2.3).

As maiores produções acumuladas de matéria seca do buffel aos 105 DAT foram para os tratamentos E e CE (6,68 e 6,75 g vaso⁻¹, respectivamente). Produções equivalentes de matéria seca do buffel foram encontradas por Fraga (2002), após 60 dias de cultivo do buffel, que variaram entre 4,02 a 7,28 g vaso⁻¹.

Comparando a eficiência dos estrumes curtido e biodigerido durante 38 dias, Sampaio et al. (1985), relataram que o estrume biodigerido foi superior ao curtido, quanto a produção de matéria seca e absorção de nutrientes pelo milheto. Comportamento semelhante foi verificado, após 35 DAT do capim buffel, no presente estudo, uma vez que o esterco incorporado ao solo já tinha sido parcialmente decomposto.

No presente estudo, a dinâmica da acumulação de matéria seca e nutrientes pelo buffel é compatível com a disponibilidade de nutrientes observada no campo, e dá suporte à hipótese de que, após um período inicial de imobilização, a decomposição do esterco passou a disponibilizar nutrientes em quantidades equivalentes, ou superiores, às do tratamento CE. Com base nas amostragens de solo nas parcelas de campo, provavelmente o N deve ter limitado o crescimento e absorção de nutrientes pelo buffel.

A produção de matéria seca da raiz do capim buffel aos 105 DAT foi maior para os tratamentos E e CE, os quais não foram significativamente diferentes entre si, mas foram superiores aos tratamentos C e T. O acúmulo de nutrientes (N, P e K) pelas raízes do capim buffel foi maior no tratamento E, que apresentou diferença significativa em relação aos demais tratamentos (Quadro 2.4).

Com o objetivo de avaliar o impacto potencial dos tratamentos estudados sobre a fertilidade do solo em longo prazo, foi calculado o balanço de nutrientes (N, P e K) no sistema solo-planta do experimento de casa de vegetação. A quantidade inicial de cada nutriente no sistema foi considerada igual à soma da quantidade da fração disponível do nutriente no solo (N mineral, P extraível e K extraível) no início do ensaio e da quantidade do nutriente contido no esterco e/ou material vegetal incorporado ao solo (Quadro 2.5). Dessa quantidade inicial, foi subtraída tanto a quantidade total de nutrientes absorvida pelo capim buffel nos três cortes quanto a quantidade de nutrientes disponíveis no solo ao final do ensaio.

Quadro 2.4. Produção de massa seca e acumulação de nutrientes nas raízes do capim buffel, após 105 dias de incorporação de esterco e/ou crotalária em um Neossolo Regolítico.

Tratamento ⁽¹⁾	Produção de massa seca	Acumulação de nutrientes		
		N	P	K
	-----g vaso ⁻¹ -----	-----mg kg ⁻¹ solo-----		
C	1,2 b ⁽²⁾	16,4 b	1,4 c	6,6 bc
CE	1,6 a	18,4 b	2,7 b	8,6 b
E	1,7 a	22,8 a	3,8 a	18,1 a
T	0,7 c	8,7 c	1,0 c	5,0 c

⁽¹⁾ C = plantio e incorporação da *Crotalaria juncea* antes do plantio da batata; E = aplicação anual de 15 t ha⁻¹ de esterco de caprinos; CE = plantio e incorporação de *C. juncea* + aplicação anual de 7,5 t ha⁻¹ de esterco; T = testemunha sem adubação; ⁽²⁾ Médias seguidas de mesma letra, na mesma coluna, para cada ano não diferem entre si pelo Teste t a 5%.

Quadro 2.5. Balanço de nutrientes em um Neossolo Regolítico em vasos, cultivado com capim buffel, durante 105 dias.

BALANÇO DE NUTRIENTES					
Nutrientes	Solo inicial	Resíduo orgânico incorporado	Acumulado na planta	Solo final	Balanço de Nutrientes ⁽¹⁾
-----mg kg ⁻¹ -----					
CROTALÁRIA ⁽²⁾					
N mineral	32,1	42,0	47,9	6,3	19,9
P extraível	9,2	4,2	6,5	7,5	- 0,6
K extraível	106,1	34,8	113,6	19,9	7,4
CROTALÁRIA + ESTERCO ⁽³⁾					
N mineral	28,7	216,0	69,4	5,5	169,8
P extraível	22,0	35,0	16,2	18,6	22,2
K extraível	211,8	297,4	226,4	23,4	259,4
ESTERCO ⁽⁴⁾					
N mineral	33,2	404,0	73,9	5,7	357,6
P extraível	32,1	67,6	17,9	38,3	43,5
K extraível	262,9	594,0	281,3	79,2	496,4
TESTEMUNHA ⁽⁵⁾					
N mineral	20,9	27,0	25,3	5,1	17,5
P extraível	10,0	4,5	4,7	7,5	2,3
K extraível	194,2	44,9	86,4	34,7	118,0

⁽¹⁾Balanço de Nutrientes = Solo inicial + Material Vegetal – Acumulado planta - Solo final; ⁽²⁾ plantio e incorporação da *Crotalaria juncea* antes do plantio da batata (C); ⁽³⁾ plantio e incorporação de *C. juncea* + aplicação anual de 7,5 t ha⁻¹ de esterco (CE); ⁽⁴⁾ = aplicação anual de 15 t ha⁻¹ de esterco de caprinos (E); ⁽⁵⁾ testemunha sem adubação (T).

Como era esperado, nos tratamentos onde foi aplicado esterco (E e CE), o balanço de nutrientes indicou que a retirada de nutrientes pelo buffel foi menor que a quantidade incorporada. Esses tratamentos, portanto, levariam a um aumento da concentração de nutrientes do solo em longo prazo, o que é compatível com os resultados apresentados no Capítulo 1, onde se observou que o estoque de nutrientes do solo aumentou após cinco incorporações anuais de esterco seguidas do cultivo de batata.

A incorporação do material vegetal no tratamento T reciclou uma quantidade relativamente pequena de nutrientes ao solo. Como consequência, o crescimento e a retirada de nutrientes pelo buffel também foram limitadas. No tratamento C, a fixação biológica de N pela crotalária proporcionou a incorporação de uma biomassa lábil, com baixa relação C/N, e isso provavelmente favoreceu a mineralização da matéria orgânica nativa do solo, proporcionando maior disponibilidade e absorção de nutrientes pelo buffel. Esse efeito, chamado de “priming”, levou a balanços negativos de P, indicando que esse tratamento poderia levar a uma redução do estoque de P do solo. O aumento da mineralização de nutrientes do solo na forma orgânica, causada pela adição de substratos orgânicos lábeis, já foi relatado por outros autores (Hart et al., 1985; Azam et al., 1993). O efeito “priming” depende do solo e do tipo de substrato orgânico adicionado (Alfaia, 1997).

Deste modo, pode-se afirmar que a aplicação do esterco no solo, na época do plantio, causa imobilização de nutrientes, principalmente nitrogênio, nas primeiras semanas após a incorporação, decorrente de um possível aumento da biomassa dos microrganismos para decompor estes materiais. Dessa forma, seria recomendável na época do plantio, a incorporação de esterco combinado com uma leguminosa, de forma a minimizar o processo de imobilização de nutrientes. Outra forma de minimizar este problema seria incorporar o esterco pelo menos 30 dias antes do plantio da cultura principal ou no momento do plantio da leguminosa, que será utilizada como cobertura vegetal, aproveitando o início das chuvas.

Para a região do Agreste paraibano, a incorporação de biomassa de leguminosas oriundas de outros locais, da propriedade poderia substituir o plantio antecipado da leguminosa, como foi realizado com a crotalária, no presente estudo. Essa prática permitirá que o produtor aproveite as primeiras chuvas já para a cultura principal.

CONCLUSÕES

A incorporação de 15 t ha⁻¹ de esterco levou à imobilização de nitrogênio no solo durante o período inicial do ciclo de cultivo da batata, apesar de ter aumentado os teores de P e K extraíveis do solo ao longo de todo esse período.

O cultivo e incorporação de crotalária combinado com 7,5 t ha⁻¹ de esterco elevou os níveis de P e K do solo e não provocou a forte imobilização de N observada após a incorporação do esterco. Sendo assim a combinação da crotalária com o esterco promoveu uma disponibilidade de nutrientes no solo mais equilibrada em relação aos demais tratamentos.

O plantio e incorporação anual de crotalária, sem aplicação de esterco, não compensou as retiradas de nutrientes pela batata, uma vez que apenas promove a reciclagem de P e K do solo e não é capaz de fixar quantidades de N maiores que as retiradas pela batata.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALFAIA, S. S. Mineralização do nitrogênio incorporado como material vegetal em três solos da Amazônia Central. **R. Bras. Ci. Solo**, Viçosa, 21: 387-392, 1997.

ARAÚJO, A. P.; ALMEIDA, D. L. Adubação verde associada a fosfato de rocha na cultura do milho. **Pesq. Agropec. Bras.** Brasília, 28: 245 – 251, 1993.

AZAM, F.; SIMMONS, F. W.; MULVANEY, R. L. Immobilization of ammonium and nitrate and their interaction with native N in three Illinois Mollisols. **Biol. Fertil. Soils**, Oxford, 15: 50-54, 1993.

EPA. Methods for chemical analysis of waters and wastes. Environmental Protection Agency. Cincinnati – Ohio. 1971. 312p.

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.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA, Centro Nacional de Pesquisa de Solos(Rio de Janeiro). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Embrapa Produção de Informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos), 1999. 412p.

FRAGA, V. S. **Mudanças na matéria orgânica (C, N e P) de solos sob agricultura de subsistência**. Recife, PE, Universidade Federal de Pernambuco, 2002. 72p. (Tese de Doutorado).

HART, P. B. S.; RAYNER, J. H. & JENKINSON, D. S. Influence of pool substitution on the interpretation of fertilizer experiments with ¹⁵N. **J. Soil Sci.**, London, 37:389-403, 1985.

HOLANDA, J. S. **Esterco de curral: composição, preservação e adubação**. Natal, EMPARN, 1990. 69p. (Documentos, 17).

MENEZES, R. S. C.; SAMPAIO, E. V. S. B.; SILVEIRA, L. M.; TIESSEN, 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.

MENEZES, R. S. C.; SILVA, T. O. Nutrientes do solo e produtividade da batata após incorporação de esterco e/ou crotalária. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 24., 2003, Ribeirão Preto. **Resumos...** Ribeirão Preto: SBSCS/UNESP, 2003. CD-ROM.

MONEGAT, C. **Plantas de cobertura do solo: características e manejo em pequenas propriedades**. Chapecó: Ed. 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.

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.

SAMPAIO, E. V. S. B.; SALCEDO, I. H.; ALVES, G. D.; COLAÇO, W. Comparação entre estrume curtido e estrume biodigerido como fonte de nutrientes para o milheto. **R. bras. Ci. Solo**, Campinas, 9: 27-31, 1985.

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. 1. ed. Lavras: Depto de Agricultura. Nov. 1999. (Comunicado Técnico, 38).

SAS. SAS Statistical Package, Version 6.12, SAS Institute Inc., Cary, NC, 1995.

THOMAS, R. L.; SHEARRD, R. W. & MOYER, J. R. Comparason 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.