

Thomaz Figueiredo Lobo
Faculdade de Ensino Superior e
Formação Integral - FAEF
thomazfigueiredolobo@gmail.com

Helio Grassi Filho
Universidade Paulista "Julio de
Mesquita Filho" – UNESP, Campus
Botucatu, Faculdade de Ciências
Agrárias

Francisco Rocha Junior
Universidade Paulista "Julio de
Mesquita Filho" – UNESP, Campus
Botucatu, Faculdade de Ciências
Agrárias

EFEITO DE FONTES DE NITROGÊNIO MINERAL E ORGÂNICO EM CULTIVOS DE ALFACE

RESUMO

O aumento do custo de fertilizantes minerais e a crescente poluição ambiental fazem do uso de resíduos orgânicos na agricultura uma opção atrativa do ponto de vista econômico, em razão da ciclagem de C e nutrientes. Em vista disto o objetivo deste trabalho foi verificar o melhor manejo do nitrogênio químico e ou orgânico na produtividade e nutrição mineral da alface em seis cultivos sucessivos. O experimento foi realizado na casa de vegetação do Departamento de Ciência do Solo da Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu em casa de vegetação. O delineamento experimental foi feito da seguinte maneira: T0 – sem N; T1 – 100% da recomendação de N químico (ureia) por planta; T2 – 50% de N (Composto orgânico) e 50% de N químico (ureia); T3 – 100% de N (composto orgânico) por planta; T4 – 150% de N (composto orgânico) por planta; T5 – 200% de N (composto orgânico) por planta. A adubação com composto orgânico na substituição do N proveniente da ureia obteve maiores produtividades de alface. A adubação com composto orgânico obteve maior quantidade de nutrientes da alface (N, P, K, Ca, Mg, S) do que a adubação com N proveniente da ureia.

Palavras chave: produtividade, nutrição mineral de plantas, compostagem, esterco de galinha, casca de eucalipto.

Conflito de interesse: Os autores declaram não haver conflito de interesse

Recebido: 08/12/2023 **Aprovado:** 29/02/2024

INTRODUÇÃO

A alface (*Lactuca sativa* L.) devido a sua importância alimentar como fonte de vitaminas e sais minerais, destaca-se entre as hortaliças folhosas mais consumidas em todo mundo. No Brasil encontra-se entre as principais, tanto no ponto de vista de volume como de valor comercializado (Porto et al., 1999).

De acordo com (Katayama, 1993), apresenta baixo teor de calorias, tornando-se uma das formas de salada in natura mais consumidas por todas as classes sociais brasileiras. Entretanto, o seu cultivo apresenta limitação, principalmente em virtude da sua sensibilidade as condições adversas de temperatura, umidade e precipitações pluviométricas (Gomes et al., 2005). Quanto às desvantagens do seu ciclo, destaca-se a dificuldade de conservação e transporte pós colheita, fato que limita a sua produção aos cinturões verdes das grandes cidades, obrigando os produtores a obter o máximo de aproveitamento (Santos, 2001).

A alface é a hortaliça folhosa mais consumida no país e apresenta grande resposta a adubação nitrogenada (N) (Smith e Hadley, 1989), possuindo grande potencial de produção com adubos orgânicos. Paralelamente, a adubação orgânica presta-se a reciclagem de resíduos rurais o que possibilita maior autonomia dos produtores em face do comércio de insumos, e apresenta grande efeito residual (Vidigal et al., 1995).

O aumento do custo de fertilizantes minerais e a crescente poluição ambiental fazem do uso de resíduos orgânicos na agricultura uma opção atrativa do ponto de vista econômico, em razão da ciclagem de carbono (C) e nutrientes (Silva et al., 2010). Isto gera aumento na demanda por pesquisa para avaliar a viabilidade técnica e econômica dessa utilização (Melo et al., 2008).

Segundo (Oliveira et al., 2010) as hortaliças folhosas respondem muito bem a adubação orgânica e a utilização de adubos minerais promove uma redução na atividade biológica do solo. Podendo afetar o desempenho produtivo das culturas.

Segundo (Silva et al., 2010) a adubação orgânica incrementa a produtividade, e também produz plantas com características qualitativas melhores que as cultivadas exclusivamente com adubos minerais podendo, portanto, exercer influência sobre a qualidade nutricional da alface. Sua utilização tem proporcionado aumento de produção e no teor de nutrientes em plantas de alface (Rodrigues; Cassali, 1998).

O nitrogênio (N) é o nutriente encontrado em maior quantidade nas folhas de alface (Tavares; Junqueira, 1999). Sua deficiência retarda o crescimento da planta e pode comprometer a formação da cabeça, as folhas mais velhas tornam-se amareladas e desprendem com facilidade.

Segundo (Maynard, 1976), o N promove um bom desenvolvimento vegetativo em alface. Esse nutriente aumenta o nível de crescimento das folhas o índice de área foliar e consequentemente os níveis de fotossíntese líquida resultando em maior acúmulo de matéria seca (Marschner, 1986).

O objetivo deste trabalho foi verificar o melhor alternativa de fornecimento de nitrogênio químico e ou orgânico na produtividade e nutrição mineral da alface durante seis cultivos sucessivos.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na casa de vegetação do Departamento de Ciência do Solo da Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu, tendo como coordenadas geográficas (22°50'S, 48°22'W, altitude 815 m).

O experimento foi realizado em vasos com capacidade de 5 litros em casa de vegetação.

As características de fertilidade do solo nos vasos experimentais apresenta as características químicas contidas nas Tabelas 1 e 2. A metodologia realizada (Raij et al., 2001).

Tabela 1. Características químicas (basicas) do solo onde foi instalado o experimento.

pH	M.O.	P(res.)	H+Al	Al ³⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	SB	T	V
CaCl ₂	g dm ⁻³	mg dm ⁻³	-----			mmol _c dm ⁻³	-----			%
4,1	23	2	57	11	0,4	2	1	3	60	6

Tabela 2. Características químicas (B, Cu, Fe, Mn e Zn) do solo onde foi instalado o experimento (micronutriente).

B	Cu	Fe	Mn	Zn
mg dm ⁻³				
0,30	0,7	77	0,4	0,1

Foi efetuada a calagem para a elevação V% para 80 (Raij et al., 2022), utilizando o calcário dolomítico de PRNT 90%, com isto cada vaso de 5 litros foi aplicado 12,25 gramas. Este foi bem misturado com o solo e em seguida foi irrigado o solo até atingir a capacidade de campo para o calcário reagir no solo e este solo foi incubado por 60 dias.

Após este período de incubação foi realizada a adubação de fósforo (P₂O₅) e potássio (K₂O) misturando bem o solo com uma betoneira. Na adubação de P foi calculado para acrescentar 150 ppm de P que corresponde 9,8 gramas de superfosfato simples (18 g kg⁻¹ de P₂O₅) por vaso. Na adubação de K foi calculado para acrescentar 50 ppm de K que corresponde 0,5 gramas de Cloreto de Potássio (60 g kg⁻¹ K₂O) por vaso. Esta correção de P e K foi efetuado somente no primeiro ano de cultivo.

As adubações com composto orgânico foram efetuadas nos primeiros 4 cultivos de alface em função dos tratamentos os 2 últimos cultivos não foram adubados com composto orgânico.

A alface plantada neste experimento foi a variedade Lucy Brown, somente no 4º ciclo que foi a Raider Plus adquirida as mudas em uma revenda local que já estavam com 30 dias de plantio. As mudas foram transplantadas no centro do vaso realizando uma cova de 2,5 cm de profundidade e colocado às mudas em contato com o solo.

O composto orgânico utilizado neste experimento foi realizado de uma mistura de esterco de galinha com casca de eucalipto na proporção adequada para iniciar o processo de compostagem com relação C/N de 30/1 está compostagem durou 120 dias revirando e molhando quando necessário. O cálculo da quantidade do composto foi efetuado baseado na quantidade necessária de N, considerando uma mineralização de 20% de N (Brasil, 2006).

O delineamento experimental foi composto por: T0 – sem N; T1 – 0,54 gramas de N (ureia) por vaso dividida em três vezes (7, 14 e 28 dias de transplante), segundo a recomendação de (Reis et al., 2012); T2 – 0,27 gramas de N (Composto orgânico) e 0,27 gramas de N (ureia) dividido em três vezes por planta (7, 14 e 28 dias de transplante); T3 – 0,54 gramas de N (composto orgânico) por planta; T4 – 0,81 gramas de N (composto orgânico) por planta; T5 – 1,08 gramas de N (composto orgânico) por planta. A adubação do composto orgânico foi realizada antes de cada plantio. Este experimento foi composto por 5 repetições de cada tratamento.

A análise do composto está descrita nas Tabelas 3 e 4 a metodologia adotada (Embrapa, 2009). No quinto e sexto ciclo não foi aplicado o composto foi verificado somente o efeito residual das aplicações anteriores.

Tabela 3. Teores de macronutrientes do composto orgânico utilizado nos quatro ciclos de cultivo

Ciclo	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca	Mg	S	C	C/N	pH
	g kg ⁻¹ ao natural								
1º e 2º	1,6	3,2	1,1	6,4	0,5	1,8	27	17	6,9
3º e 4º	1,5	3,3	1,7	9,8	0,4	0,9	24	16	6,9

Tabela 4. Teores de micronutrientes e Na do composto orgânico utilizado no primeiro e segundo ciclo

Ciclo	Na	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	mg kg ⁻¹ ao natural					
1º e 2º	1.656	13	80	15.262	566	292
3º e 4º	2.369	13	76	1.144	529	202

A irrigação foi efetuada em função do cálculo da evaporação do Tanque classe A instalado no local do experimento.

Os parâmetros avaliados neste experimento foi massa fresca, massa seca da parte aérea e exportação de macro nutrientes.

A massa fresca total foi determinada através da pesagem das plantas de alface logo após o corte rente do solo.

Para determinar a massa seca foram coletadas 5 folhas de alface de cada parcela esta foi pesada, em seguida lavadas com água comum, com detergente e deionizada. As folhas foram

condicionadas em sacos de papeis identificados e posteriormente foi encaminhado em uma estufa de ventilação forçadas a 65°C, até obter peso constante (72 horas). Após este período pesou novamente tendo o peso seco. Com o peso úmido e o peso seco calculou-se a % de matéria seca de cada planta que representa a parcela. Tendo a % de matéria seca e a produção de massa verde foi calculado a produção de matéria seca por planta.

As mesmas plantas colhidas para a matéria seca foram moídas com um moinho apropriado e após ter moído a amostra de cada parcela este monho foi limpo e acondicionado em sacos de papel. Estas amostras foram encaminhadas para os seguintes nutrientes N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn foi utilizado a metodologia descrita por (Malavolta et al., 1997).

A exportação de nutrientes foi calculada multiplicando os teores com a produção de matéria seca.

Os resultados foram submetidos à análise de variância e a comparação de médias com 5% de significância pelo teste de Scott Knott.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na produção do primeiro ciclo da alface o T5 que utilizou a maior dose de composto foi superior a todos os tratamentos em produção de massa verde. O T4 foi superior em produção de massa verde que os tratamentos T3, T2, T1 e T0. Os tratamentos T3 e T2 foram superiores em produção de massa verde que os tratamentos que não receberam compostos orgânicos T1 e T0. O tratamento que recebeu adubação nitrogenada química (T1) foi superior em produção de massa verde que o tratamento (T0) que não recebeu N (Tabela 5).

Tabela 5. Produção de massa fresca de alface nos seis ciclos de cultivo em função dos diferentes tratamentos

Tratamento	1°	2°	3°	4°	5°	6°	Total
	g planta ⁻¹						
T0	22 e	17 b	14 c	20 c	14 e	10 d	97 c
T1	130 d	56 b	21 c	16 c	24 e	17 d	265 c
T2	314 c	169 a	329 a	339 b	330 d	228 b	1710 b
T3	269 c	200 a	318 a	387 b	433 c	190 c	1796 b
T4	371 b	176 a	306 a	437 a	474 b	250 b	2014 a
T5	450 a	228 a	201 b	349 b	533 a	388 a	2149 a
F	56	25	67	58	284	187	250
Média	259	141	198	258	302	189	1342
CV	18	27	20	22	10	13	10

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade.

No segundo ciclo da alface todos os tratamentos que receberam a adubação orgânica obtiveram uma produção de massa verde superior que os tratamentos que não foram adubados com o composto (Tabela 5). Este fato pode ter ocorrido em função das propriedades dos composto orgânicos utilizados além de fornecer nitrogênio tem a capacidade de melhoria dos efeitos físicos do solo como porosidade promovendo um melhor estrutura dos agregados e aproveitamento de água pelas plantas. E melhorias da parte microbiológica do solo favorecendo também um melhor aproveitamento dos nutrientes do solo e do composto orgânico.

No terceiro ciclo os tratamentos T2, T3 e T4 obtiveram uma produção de massa verde superior que os demais tratamentos. O tratamento que recebeu a maior dose de composto (T5) obtiveram uma produtividade de massa verde superior que os tratamentos que não receberam adubação orgânica (T0 e T1) (Tabela 5).

No quarto ciclo o tratamento (T4) foi superior em massa verde que os demais tratamentos. Os tratamentos que não foram aplicados compostos orgânicos (T0 e T1) foram inferiores aos demais tratamentos em relação a produção de massa verde (Tabela 5). Acredita-se que no quarto ciclo o T5 foi inferior em produção que o T4 em função do excesso do composto orgânico que também pode ser prejudicial ao alface. Segundo (Peixoto Filho et al., 2013) a adubação com esterco de frango, bovino e ovino obtiveram uma maior produção de massa fresca de alface comparado com fertilizante mineral no terceiro e quarto ciclo de cultivo, mostrando que a cultura da alface responde muito bem a adubação orgânica na sua produção.

No quinto ciclo que foi o efeito residual dos ciclos anteriores o tratamento T5 foi superior a todos os tratamentos em produção de massa verde. O tratamento T4 obteve maior produção de matéria verde que os tratamentos T3, T2, T1 e T0. O tratamento T3 foi superior estatisticamente em produção de matéria verde que os tratamentos T2, T1 e T0. O tratamento T2 foi superior em produção de massa verde que os tratamentos T0 e T1. Os tratamentos T0 e T1 não diferiram na produção de massa verde (Tabela 5).

No sexto ciclo o tratamento T5 foi superior a todos os tratamentos na produção de massa verde de alface e os tratamentos T2 e T4 foram superiores na produção de massa verde que os tratamentos T0, T1 e T3. Os tratamentos que não receberam a adubação com o composto orgânico T0 e T1 obtiveram uma menor produção de massa verde que os demais tratamentos (Tabela 5). Na somatória de todos os ciclos os dois tratamentos que receberam as maiores doses do composto orgânico (T4 e T5) obtiveram as maiores produtividades de massa verde e os tratamentos que não receberam a adubação com o composto orgânico (T0 e T1) que apresentaram uma menor produtividade que os tratamentos que receberam a adubação orgânica (Tabela 5).

No primeiro ciclo os tratamentos que receberam compostos orgânicos foram superiores em produção de massa seca que os tratamentos que não receberam adubações orgânicas. (Tabela 6).

Tabela 6. Produção de massa seca de alface nos quatro ciclos de cultivo em função dos diferentes tratamentos

Tratamento	1°	2°	3°	4°	5°	6°	Total
g planta ⁻¹							
T0	1,8 d	0,7 c	1,1 b	0,4 b	0,3 c	0,3 c	4,7 c
T1	6,3 c	3,1 c	1,3 b	0,4 b	1,0 c	1,0 c	12,3 c
T2	14,1 b	7,7 b	13,8 a	11,8 a	14,6 b	12,1 b	74,6 b
T3	12,2 b	9,5 b	13,4 a	13,4 a	16,9 b	10,1 b	75,6 b
T4	15,4 b	9,4 b	15,4 a	15,0 a	20,6 a	15,1 a	90,9 b
T5	19,4 a	13,1 a	11,4 a	12,7 a	23,6 a	17,6 a	114,7 a
F	34,4	24,4	35,6	50,9	97,6	49,3	32,9
Média	11,5	7,3	9,4	9,0	12,8	9,4	62,1
CV	21,2	28,4	25,8	23,5	17,5	24,5	27,7

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade.

No segundo ciclo não houve diferença estatística do tratamento com N químico e sem o N. Os tratamentos que foram adubados com composto orgânico obtiveram uma produção de massa seca superior que os tratamentos que não utilizou o composto orgânico. O tratamento que recebeu a maior dose do composto orgânico foi superior a todos em matéria seca (Tabela 6).

No terceiro e quarto ciclo de alface os tratamentos que foram adubados com composto orgânico obtiveram uma produção de matéria seca superior que os tratamentos que não foram feitos adubação orgânica (Tabela 6). Isto comprova o efeito positivo da alface na adubação com o composto orgânico no aumento de produtividade de matéria seca por planta em função da melhoria da fertilidade do solo e aspectos físicos e biológicos do solo.

No quinto e sexto ciclo que foi o efeito residual verifica-se que os dois tratamentos de maior dose (T4 e T5) obtiveram melhor produção de matéria seca que os demais tratamentos e os tratamentos que não foram feitas as adubações orgânicas (T0 e T1) foram os tratamentos de menores produtividades de matéria seca (Tabela 6).

Na somatória de todos os ciclos o tratamento de maior dose do composto orgânico (T5) foi que apresentou a maior produção de matéria seca por planta e os tratamentos que não foram adubados com o composto orgânico (T0 e T1) foram inferiores em matéria seca que os demais tratamentos (Tabela 6).

No primeiro ciclo da alface o tratamento de maior dose do composto acumulou mais N que os demais tratamentos. Os tratamentos T2 e T4 acumularam uma maior quantidade de N que os tratamentos T0, T1 e T3 (Tabela 7). Silva et al., (2010) testaram compostos orgânicos em diferentes dosagens e concluíram que os compostos supriram satisfatoriamente as necessidades de N da alface cv “Veronica”, dispensando o uso de fertilizante mineral.

Tabela 7. Exportação de N de alface nos quatro ciclos de cultivo em função dos diferentes tratamentos

Tratamento	1°	2°	3°	4°	5°	6°	Total
	g planta ⁻¹						
T0	0,23 c	0,17 c	0,20 b	0,14 c	0,09 d	0,08 d	0,90 c
T1	2,18 c	0,87 c	0,43 b	0,12 c	0,33 d	0,34 d	4,28 c
T2	4,02 b	2,79 b	4,37 a	3,49 b	4,57 c	3,51 b	20,79 b
T3	2,94 c	3,04 b	4,18 a	3,68 b	4,57 c	2,23 c	20,57 b
T4	4,59 b	3,17 b	5,04 a	4,79 a	5,75 b	3,44 b	26,77 b
T5	6,31 a	4,58 a	4,03 a	4,51 a	6,86 a	5,00 a	36,74 a
F	35,87	28,21	40,03	30,73	95,57	22,66	29,29
Média	3,38	2,44	3,04	2,79	3,70	2,43	18,67
CV	23,18	28,09	24,88	30,61	17,43	37,32	30,26

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade

No segundo ciclo a maior dose do composto orgânico (T5) obteve maior acúmulo de N e os tratamentos que não recebeu a adubação N e o que foi adubado com 100% N químico obtiveram menores acúmulo de N (Tabela 7).

No terceiro ciclo os tratamentos que foram adubados com composto orgânico (T2, T3, T4 e T5) obtiveram maior acúmulo de N que os tratamentos que não foram adubados com o composto orgânico (T0 e T1) (Tabela 7).

No quarto ciclo a alface que recebeu a maior dose do composto orgânico (T4 e T5) acumularam mais N que os demais tratamentos e as plantas que não receberam adubação com o composto (T0 e T1) acumularam menos N (Tabela 7).

No quinto ciclo o tratamento de maior dose do composto (T5) obteve um maior acúmulo de N que os demais tratamentos. O tratamento T4 acumulou mais N que os tratamentos T0, T1, T2 e T3. Os tratamentos que não foram feitos adubação orgânica acumularam menos N que os demais tratamentos (Tabela 7).

No sexto ciclo o T2 e T4 acumularam mais N que os tratamentos T0, T1 e T3. Os tratamentos que não receberam adubação com N T0 e T1 foram os tratamentos que acumularam uma menor quantidade de N. O tratamento T5 acumulou uma maior quantidade de N que os outros tratamentos (Tabela 7).

Na somatória de todos os ciclos a maior dose do composto (T5) acumulou uma maior quantidade de N na alface e os tratamentos que não receberam a adubação com o composto (T0 e T1) foram os que menos acumularam N (Tabela 7).

Observa-se na Tabela 7 o que fez a diferença da quantidade de N na planta de alface não foi o N proveniente da uréia e sim o N proveniente do composto orgânico o que pode ser explicado que na

adubação química por não utilizar uma ureia protegida pode ter ocorrido perdas maiores por volatilização do que quando foi utilizado o composto orgânico que foi gradativamente liberando o N para a planta absorver.

Segundo (Maynard, 1976), o N é um nutriente que promove um bom desenvolvimento vegetativo em alface. Esse nutriente aumenta o nível de crescimento das folhas o índice de área foliar e consequentemente os níveis de fotossíntese líquida resultando em maior acúmulo de matéria seca (Marschner, 1986). Fontes et al., (1997), obtiveram efeito positivo para a matéria seca do alface cultivar Regina 440 e Brasil 202, em resposta a adição de N.

Alguns autores associam aumento de massa de matéria seca dos tecidos das folhas ao N (Vidigal et al., 1997). A deficiência desse nutriente causa redução na fotossíntese, menor crescimento e mais elevado teor de matéria seca na parte aérea (Primavesi, 1985).

No primeiro e no segundo ciclo da alface o tratamento T5 acumulou mais P que os demais tratamentos e plantas que não receberam adubação orgânica (T0 e T1) foram que acumularam menor quantidade de P (Tabela 8). O composto utilizado neste experimento por ser rico em P (3,2% de P₂O₅), com isto foi a grande diferença no seu acúmulo. Santos et al., 2001, comparando adubações orgânica e mineral sobre a alface, observaram o uso do adubo orgânico aumentou os teores de base, fósforo e a capacidade de troca de cátions do solo e que a continua liberação de N pela mineralização do material orgânico ajustou-se melhor às necessidades da alface do que o fornecimento de formulações solúveis prontamente disponíveis.

Tabela 8. Exportação de P de alface nos quatro ciclos de cultivo em função dos diferentes tratamentos.

Tratamento	1°	2°	3°	4°	5°	6°	Total
mg planta ⁻¹							
T0	50 c	17 c	14 c	6 c	8 e	6 d	97 c
T1	130 c	50 c	13 c	4 c	19 e	21 d	236 c
T2	370 b	181 b	292 b	251 b	272 d	221 c	1586 b
T3	390 b	260 b	334 b	305 b	406 c	230 c	1923 b
T4	414 b	229 b	402 a	413 a	498 b	358 b	2315 b
T5	544 a	372 a	382 a	392 a	626 a	459 a	3247 a
F	30,21	19,36	41,69	26,83	79,86	40,92	38,76
Média	315	185	239	229	305	216	1567
CV	24,34	36,66	25,91	34,50	20,82	29,10	27,96

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade

No terceiro e no quarto ciclo os tratamentos de maior dose do composto (T4 e T5) acumularam maior quantidade de P que os demais tratamentos e as alfices que não foram adubadas com o composto orgânico (T0 e T1) acumularam menos P que os demais (Tabela 8).

Observa-se na Tabela 8 que nos 6 ciclos de cultivo as plantas que não receberam adubação com o composto orgânico obtiveram menor quantidade de P isto pode ser explicado pela quantidade do composto orgânico de P e a matéria orgânica do composto diminuir a fixação de P no solo. No quinto ciclo o tratamento de maior dose do composto acumulou mais P que os demais tratamentos em seguida o tratamento T4 que acumulou mais que o T3, o T3 acumulou mais P que o T2 e o T2 acumulou mais P que os tratamentos (T0 e T1) (Tabela 8).

No sexto ciclo o tratamento (T5) acumulou mais P que o T4 que acumulou mais P que o T3 e T2 que acumulou mais P que o T0 e T1 (Tabela 8).

Na somatória de todos os ciclos o tratamento T5 acumulou mais P que todos os tratamentos e os tratamentos T2, T3 e T4 acumularam mais P que os tratamentos (T0 e T1).

No primeiro ciclo da alfice o tratamento (T5) obteve acúmulo de K superior que os demais tratamentos. O T4 acumulou mais K que os tratamentos (T0, T1, T2, T3). Os tratamentos que não receberam adubação orgânica (T0 e T1) acumulou menos K que os tratamentos que foram utilizados a adubação orgânica (Tabela 9). As plantas que foram adubadas com composto orgânico houve aumento de matéria orgânica em função deste aumentou ocorreu um incremento de cargas negativas nos solos adubados com o composto orgânico como aumentou cargas negativas no solo ocorreu uma menor perda de K por lixiviação e o próprio composto apresentava um teor de 1,1 % de K₂O que também proporcionou um maior aumento do K. Resende et al., (2009), afirmam que há efeito significativo e complementar na absorção de N e K, que o importante é a necessidade de um adequado nível de K para incrementar a produtividade, com adição de N.

No segundo ciclo o tratamento T5 que foi o tratamento de maior dose do composto orgânico acumulou mais K que os demais tratamentos e os tratamentos que não foram adubados com composto orgânico foram os tratamentos que menos acumularam K (Tabela 9).

No terceiro e quarto ciclo os tratamentos que não receberam adubação orgânica obtiveram um acúmulo de K inferior que os tratamentos que foi utilizado adubação orgânica (Tabela 9).

No quinto ciclo o tratamento de maior dose do composto orgânico (T5) acumulou maior quantidade de K. E os tratamentos que não receberam composto orgânico acumularam menor quantidade de K (Tabela 9).

No sexto ciclo e no total o tratamento de maior dose do composto orgânico acumularam uma quantidade maior de K que os demais tratamentos em seguida o tratamento T4 foi que acumulou maior quantidade de K e os tratamentos que não foram feito a adubação com composto orgânico foram os que menos acumularam K.

Tabela 9. Exportação de K de alface nos quatro ciclos de cultivo em função dos diferentes tratamentos.

Tratamento	1°	2°	3°	4°	5°	6°	Total
mg planta ⁻¹							
T0	70 d	67 c	49 b	22 b	26 c	18 d	252 d
T1	358 d	242 c	53 b	15 b	52 c	60 d	780 d
T2	1316 c	902 b	1495 a	1101 a	1098 b	749 c	6661 c
T3	1142 c	1157 b	1502 a	1376 a	1334 b	787 c	7298 c
T4	1668 b	1250 b	1693 a	1488 a	1644 b	1296 b	9482 b
T5	2495 a	1833 a	1266 a	1377 a	2572 a	1619 a	11166 a
F	69,63	31,15	27,82	35,91	23,46	47,15	248,11
Média	1175	908	1010	896	1121	755	5940
CV	20,13	29,17	31,70	28,80	40,20	27,73	37,02

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade

No primeiro ciclo os tratamentos que receberam adubações com o composto orgânico apresentaram maior acúmulo de Ca que os tratamentos que não receberam adubação orgânica. O tratamento que não recebeu N obteve menor acúmulo de Ca que os demais tratamentos (Tabela 10).

Tabela 10. Exportação de Ca de alface nos quatro ciclos de cultivo em função dos diferentes tratamentos.

Tratamento	1°	2°	3°	4°	5°	6°	Total
mg planta ⁻¹							
T0	13 c	7 b	9 c	4 c	4 b	4 c	42 c
T1	97 b	35 b	22 c	5 c	12 b	16 c	190 c
T2	2,4 a	122 a	218 a	225 a	249 a	241 a	1270 a
T3	200 a	122 a	170 a	225 a	224 a	154 b	1098 b
T4	217 a	99 a	163 a	209 a	289 a	244 a	1224 a
T5	202 a	130 a	112 b	141 b	280 a	235 a	1099 a
F	26,09	14,63	17,42	44,02	38,20	34,32	117,15
Média	157	86	116	135	177	149	821
CV	23,28	35,48	39,13	26,33	27,10	28,83	13,89

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade

No segundo ciclo os tratamentos que foram adubados com o composto orgânico acumularam mais Ca que os outros tratamentos (Tabela 10).

No terceiro e no quarto ciclo os tratamentos T2, T3 e T4 apresentaram maior acúmulo de Ca e os tratamentos que não foram adubados com o composto orgânico acumulou menos Ca que os tratamentos que foram efetuados a adubação com o composto orgânico (Tabela 10).

No quinto ciclo os tratamentos que foram adubados com composto orgânico obtiveram maior acúmulo de Ca que os tratamentos que não receberam esta adubação.

No sexto ciclo e no total os tratamentos que acumularam maior quantidade de Ca foram o T5, T4 e T2. Os tratamentos que não foram feito a adubação orgânica acumularam uma menor quantidade de Ca que os outros tratamentos (Tabela 10).

No primeiro ciclo os tratamentos T2, T4 e T5 acumularam mais Mg que os demais tratamentos. As plantas que não foram adubadas com N acumularam menos Mg que os demais tratamentos (Tabela 11). (Koo & Reese,1977) afirmam que o N e o Mg na folha relacionam-se positivamente, havendo relação sinérgica entre eles.

Tabela 11. Exportação de Mg de alface nos quatro ciclos de cultivo em função dos diferentes tratamentos.

Tratamento	1°	2°	3°	4°	5°	6°	Total
	mg planta ⁻¹						
T0	5 c	2 b	5 b	2 b	1 c	1 c	17 d
T1	42 b	15 b	12 b	3 b	4 c	6 c	81 c
T2	67 a	41 a	86 a	68 a	68 b	86 a	416 a
T3	49 b	38 a	69 a	73 a	53 b	41 b	323 b
T4	67 a	36 a	69 a	83 a	83 a	67 a	405 a
T5	77 a	51 a	54 a	62 a	97 a	78 a	418 a
F	25,66	16,14	22,28	26,01	39,09	33,74	114,92
Média	51,17	30	49	48	51	46	277
CV	23,89	32,92	31,88	32,94	28,19	30,25	13,66

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade

No segundo ciclo os tratamentos que foram adubados com composto orgânico obteve um maior acúmulo de Mg que os demais tratamentos (Tabela 11).

No terceiro ciclo os tratamentos que foram utilizados o composto orgânico independente da dosagem acumularam mais Mg que a alface que não recebeu este tipo de adubação (Tabela 11).

No quarto ciclo a alface que foi adubada com composto orgânico acumulou mais Mg que as plantas que não foram feito este tipo de adubação (Tabela 11).

No quinto ciclo os dois tratamentos que foram adubados com a maior dose do composto orgânico acumularam uma maior quantidade de Mg e os tratamentos que não foram efetuados a adubação orgânica acumularam menor quantidade de Mg (Tabela 11).

No sexto ciclo os tratamentos que acumularam uma maior quantidade de Mg foi o T2, T4 e T5 e os tratamentos que não foram adubados com composto orgânico acumularam menor quantidade de Mg (Tabela 11).

Na somatória total de acúmulo de Mg os tratamentos T2, T4 e T5 foram superiores que os demais tratamentos. Em seguida o Tratamento T3 acumulou maior quantidade de Mg. O tratamento T1 que foi efetuado a adubação Nitrogenada com uréia obteve um maior acúmulo de Mg que os tratamentos que não foram efetuado a adubação com Nitrogenio (Tabela 11)

No primeiro ciclo de cultivo o Tratamento T5 acumulou mais S que os demais tratamentos. Os tratamentos que foram adubados com adubo orgânico acumularam mais S que os tratamentos que não receberam adubações orgânicas. O tratamento que recebeu N químico (T1) acumulou mais S que o tratamento que não recebeu adubação nitrogenada (Tabela 12). Maior absorção de S com a aplicação de N pode ser explicada em parte pelo efeito sinérgico existente, sendo relatado por (Plessis; Agenbag, 1994); (Sharma et al., 1994).

Tabela 12. Exportação de S de alface nos quatro ciclos de cultivo em função dos diferentes tratamentos.

Tratamento	1°	2°	3°	4°	5°	6°	Total
mg planta ⁻¹							
T0	3 d	1 c	2 b	1 c	1 c	1 c	7 c
T1	12 c	4 c	2 b	1 c	1 c	2 c	22 c
T2	24 b	13 b	27 a	19 b	26 b	22 b	130 b
T3	19 b	15 b	23 a	22 b	29 b	19 b	128 b
T4	23 b	14 b	26 a	27 a	37 a	27 a	155 a
T5	30 a	20 a	22 a	25 a	39 a	30 a	165 a
F	24,16	24,22	46,48	64,28	63,66	58,03	182,80
Média	18	11	17	16	22	17	101
CV	23,89	29,66	22,90	20,85	21,54	22,27	11,24

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade

No segundo ciclo as alfaces que foram adubadas com a maior dose do composto orgânico acumulou mais S que os outros tratamentos e as alfaces que não foram adubado com composto orgânico acumularam menos S que a adubação com composto orgânico (Tabela 12).

No terceiro ciclo os tratamentos que foram adubados com composto orgânico obteve maior acúmulo de S que os tratamentos que não foram utilizados a adubação orgânica (Tabela 12).

No quarto, quinto, sexto ciclo e a somatória de todos os ciclos se comportaram da mesma forma os tratamentos (T4 e T5) que foram os que receberam a maior dose do composto orgânico acumularam mais S que os demais tratamentos. Os tratamentos que não foram feitas a adubação orgânica obtiveram menor acúmulo de S que as alfices que foram adubados com o composto orgânico (Tabela 12).

Verifica-se na Tabela 12 que a quantidade de S nas plantas adubadas com composto orgânico apresentaram superior que as plantas que não receberam esta adubação em todos os ciclos de cultivo este fato pode ser explicado que os dois compostos orgânicos utilizados neste experimento apresenta a relação C/S de 15/1 nos dois primeiros cultivos e nos dois últimos de 27/1, favorecendo o processo de mineralização do S no solo a relação C/S abaixo de 200/1 favorece este processo que consiste na conversão do S orgânico para o mineral (SO₄) que forma que a planta irá absorver este nutriente (Sakadevan et al. 1993).

CONCLUSÃO

A maior produção de massa fresca e matéria seca do alface nos seis ciclos avaliados foi o tratamento que recebeu a maior dose do composto orgânico.

A adubação com maiores doses de composto orgânico obteve maior exportação na quantidade de nutrientes da alface (N, P, K, Ca, Mg e S) em relação a adubação com N proveniente da uréia e sem adubação nitrogenada.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPQ pela bolsa de pós doutorado concedida para a realização deste experimento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente e Mudanças Climáticas (MMA). Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução n. 375/2006. Disponível em: <https://www.mma.gov.br/post/conama/legiano/>. Acesso em 29 set. 2006.

EMBRAPA. Empresa Brasileira De Pesquisa Agropecuária. Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. 2.ed. Brasília: Embrapa informação Tecnológica, 2009. 627p.

FONTES, P.C.R.; PEREIRA, P.R.G.; CONDE, R.M. Critical chironphill total nitrogen in leaves associated to maximum leittuce yield. Journal of Plant Nutrition. 1997. v. 20, n.9, p.1061-1068.

GOMES, T. M.; MODOLO, V. A.; BOTREL, T. A.; OLIVEIRA, R. F. de. Aplicação de doses de CO₂ via água de irrigação na cultura da alface. *Horticultura Brasileira*, [S.l.], v. 23, n. 2, p. 316-319, jun. 2005. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0102-05362005000200031>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/hb/a/KnZzMR6XW6F67vC8btnjWKB/>. Acesso em: 20 mar. 2024.

KATAYAMA, M. Nutrição e adubação de alface, chicória e almeirão. In: Nutrição e adubação de hortaliças. Piracicaba. Associação Brasileira para pesquisa da Potassa e do Fósforo. 1993. p.141-148.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. Piracicaba: Potafos, 1997. Disponível em: <https://repositorio.usp.br/item/001070906>. Acesso em: 20 mar. 2024.

MARSCHNER, H. Mineral nutrition of higher plants. San Diego: Academic Press, 1986. 674p.

MANJANA, S. U.; IQBAL, M. Nitrate accumulation in plants, factors affecting the process, and human health implications. A review. *Agronomy For Sustainable Development*, [S.l.], v. 27, n. 1, p. 45-57, mar. 2007. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1051/agro:2006021>. Disponível em: https://hal.science/hal-00886336/document#:~:text=In%20general%2C%20vegetables%20that%20are,et%20al.%2C%201999). Acesso em: 20 mar. 2024.

MELO, L. C. A.; SILVA, C. A.; DIAS, B. O. Caracterização da matriz orgânica de resíduos de origens diversificadas. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, [S.l.], v. 32, n. 1, p. 101-110, fev. 2008. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-06832008000100010>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbcs/a/9kzwjBMCpg3p45nKyDDNxg/>. Acesso em: 20 mar. 2024.

OLIVEIRA, E. Q.; SOUZA, R. J.; CRUZ, M. C. M.; MARQUES, V. B.; FRANÇA, A. C. Produtividade de alface e rúcula, em sistema consorciado, sob adubação orgânica e mineral. *Horticultura Brasileira*, [S.l.], v. 28, n. 1, p. 36-40, mar. 2010. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0102-05362010000100007>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/hb/a/Cn6DmfxK8VHPDGctFZv6CJQ/>. Acesso em: 20 mar. 2024.

PEIXOTO FILHO, José U.; FREIRE, Maria B. G. dos S.; FREIRE, Fernando J.; MIRANDA, Márcio F. A.; PESSOA, Luiz G. M.; KAMIMURA, Karina M. Produtividade de alface com doses de esterco de frango, bovino e ovino em cultivos sucessivos. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, [S.l.], v. 17, n. 4, p. 419-424, abr. 2013. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1415-43662013000400010>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/3vg9WnMTsCQZxNG9bhcbMFK/>. Acesso em: 20 mar. 2024.

PLESSIS, J. P.; AGENBAG, G. A. Reaction of two wheat cultivars to nitrogen and sulphur fertilizer in the Swartland: I. vegetative growth, nitrogen and sulphur uptake and concentration in the plant. *South African Journal of Plant and Soil*, [S.l.], v. 01, n. 04, p. 189-195, 1994. Pretoria. Disponível em: <https://www.cabdigitallibrary.org/doi/full/10.5555/19950700213>. Acesso em: 20 mar. 2024.

PORTO, V.C. N.; NEGREIROS, M.Z. de; BEZERRA NETO, F.; NOGUEIRA, I.C.C. Fontes e doses de matéria orgânica na produção de alface. *Revista Caatinga*. 1999. v. 12, p.7-11.

PRIMAVESI, A. Manejo ecológico do solo e agricultura em regiões tropicais. 8. ed. São Paulo: Nobel, 1985.

RAIJ, B. V.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. 2.ed. Campinas: IAC, 1996.

RAIJ, B. V.; ANDRADE, J.C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. Análise química para avaliação da fertilidade do solo. Campinas: Instituto Agrônomo, 2001.

REIS, J.M.R.; RODRIGUES, J.F.; REIS, M. de A. Comportamento da alface crespa em função do parcelamento da adubação de cobertura. *Global Science and technology*. 2012. Rio Verde, v. 05, n. 2, p. 24-30.

RESENDE, G. M; ALVARENGA, M. A. R.; YURI, J.; SOUZA, R. J. Rendimento e teores de macronutrientes em alface americana em função de doses de nitrogênio e molibdênio. *Horticultura Brasileira*, [S.l.], v. 30, n. 3, p. 373-378, set. 2012. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0102-05362012000300003>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/hb/a/TngZSqnDvydGNpNF6TbPHqQ/>. Acesso em: 20 mar. 2024.

RODRIGUES, E.T.; CASALI, V.W. Resposta alface a adubação orgânica II Teores conteúdos e utilização de macronutrientes em cultivares. *Revista ceres*, [S.l.], v. 45, n. 261, p. 437-449, 1998.

SAKADEVAN, K.; HEDLEY, M. J.; MACKAY, A. D.. Sulphur cycling in New Zealand hill country pastures. I. Laboratory sulphur, nitrogen and carbon mineralization studies. *Journal Of Soil Science*, [S.l.], v. 44, n. 1, p. 73-83, mar. 1993. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2389.1993.tb00435.x>. Disponível em: <https://bsssjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1365-2389.1993.tb00435.x>. Acesso em: 20 mar. 2024.

SANTOS, R.H.S. Crescimento, produção e qualidade da alface (*Lactuca sativa*) cultivadas com composto orgânico. Orientador: Daniel Fonseca de Carvalho. 2001. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Universidade Federal Rural Do Rio De Janeiro, Viçosa, 2001.

SANTOS, R. H. S.; SILVA, F.; CASALI, V. W. D.; CONDE, A. R. Efeito residual da adubação com composto orgânico sobre o crescimento e produção de alface. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, [S.l.], v. 36, n. 11, p. 1395-1398, nov. 2001. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-204x2001001100010>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pab/a/CWSnwzxp68thmjvWhFzgVbS/>. Acesso em: 20 mar. 2024.

SHARMA, A. K.; SHARMA, A. M.; SHARMA, Y. M. 1994. Effect of irrigation, nitrogen and sulphur application on seed yield, quality and sulphur uptake by Indian mustard (*Brassica juncea*). *Agriculture Science Digest*. [S.l.], v. 14, n. 1, p. 63-67, 1994.

SILVA, F. A. M.; BOAS, R. L. V.; SILVA, R. B.. Resposta da alface à adubação nitrogenada com diferentes compostos orgânicos em dois ciclos sucessivos. *Acta Scientiarum. Agronomy*, [S.l.], v. 32, n. 1, p. 131-137, 1 jan. 2010. Universidade Estadual de Maringá. <http://dx.doi.org/10.4025/actasciagron.v32i1.1340>. Disponível em: [https://www.scielo.br/j/asagr/a/zW6jpSJHKFCjGxRSk9qKkPG/#:~:text=\(1997\)%2C%20avaliando%20a%20produ%C3%A7%C3%A3o,%C3%A0%20mineraliza%C3%A7%C3%A3o%20da%20mat%C3%A9ria%20org%C3%A2nica..](https://www.scielo.br/j/asagr/a/zW6jpSJHKFCjGxRSk9qKkPG/#:~:text=(1997)%2C%20avaliando%20a%20produ%C3%A7%C3%A3o,%C3%A0%20mineraliza%C3%A7%C3%A3o%20da%20mat%C3%A9ria%20org%C3%A2nica..) Acesso em: 20 mar. 2024.

SMITH, S. R.; HADLEY, P. A comparison of organic and inorganic nitrogen fertilizers: their nitrate-n and ammonium-n release characteristics and effects on the growth response of lettuce (*lactuca sativa* l. cv. fortune). *Plant And Soil*, [S.l.], v. 115, n. 1, p. 135-144, mar. 1989. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/bf02220704>.

TAVARES, H. L.; JUNQUEIRA, A. M. R. Produção hidropônica de alface cv. Verônica em diferentes substratos. *Horticultura Brasileira*, [S.l.], v. 17, n. 3, p. 240-243, nov. 1999. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0102-05361999000300014>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/hb/a/nKJJHCjvFHkqTqCyrDcNf3n/?lang=pt>. Acesso em: 20 mar. 2024.

VIDIGAL, S. M.; RIBEIRO, A.C.; CASALI, V.W.D.; FONTES, L.E.F. Resposta da alface (*Lachula sativa*) ao efeito residual da adubação orgânica. Ensaio de campo. *Revista Ceres*. [S.l.], v.42, n. 239, p. 80-88, 1995. Disponível em: <https://www.locus.ufv.br/handle/123456789/20791>. Acesso em: 20 mar. 2024.

VIDIGAL, S.M.; SEDIYAMA, M.A.N; GARCIA, N.C.P.; MATOS, A.T. Produção de alface cultivada com diferentes composto orgânicos e dejetos de suínos. *Horticultura Brasileira*. Brasília, [S.l.], v.15, n.1, p. 35-39, 1997.