

Alternativa de manejo do nitrogênio em dois ciclos da cultura do alface**Nitrogen management alternative in two cycles of lettuce crops****Eliana Pigozzi BIUDES¹; Thomaz Figueiredo LOBO²; Maria Celeste Mendonça AUKAR³**

¹ “Autor para correspondência” Mestre em Ciência e Tecnologia Ambiental – Área de Concentração Ciência e Tecnologia Ambiental pela Universidade Sagrado Coração (USC) Bauru/SP, Escola Técnica Estadual (ETEC) – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza (CEETEPS), Rod. SP 266, Km 02 – Bairro Água do Jacú – Cândido Mota/SP – CEP 19.886-899/CP25, Fone: (18) 3341-4448, e-mail: eliana120463@gmail.com

² Dr. Em Agronomia pela UNESP, Faculdade de Ciências Agronômicas, Departamento Ciência de Solo UNESP – Botucatu/SP, e-mail: thomazfigueiredolobo@gmail.com

³ Mestre em Agronomia pela Universidade do Oeste Paulista: Produção Vegetal, Escola Técnica Estadual (ETEC) – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza (CEETEPS) – Cândido Mota, e-mail: celesteaukar@hotmail.com

Recebido em: 19-03-2024; Aceito em: 27-10-2025

Resumo

A alface é a hortaliça que apresenta grande potencial de produção com adubos orgânicos. O objetivo deste trabalho foi verificar alternativas de nitrogênio orgânico e mineral para os parâmetros produtivos e nutricionais na cultura da alface em dois ciclos de cultivo. Este trabalho foi desenvolvido na ETEC Prof. Luiz Pires Barbosa na cidade de Cândido Mota. O transplante para os canteiros definitivos ocorreu quando as mudas se apresentaram com 4 folhas, em um espaçamento de 0,25 x 0,25 m, totalizando 16 plantas por canteiro, o transplante foi feito manualmente. O delineamento experimental adotado foi inteiramente casualizado, constituído por seis tratamentos e quatro repetições, totalizando 24 parcelas. Os tratamentos foram os seguintes: T1 - Adubação química nitrogenada com Ureia 100% da necessidade da cultura dividido em três aplicações aos 7, 14, 21 dias do transplante, T2 – 50% do N proveniente do composto orgânico e 50% do N proveniente da ureia dividido aos 7, 14 e 21 dias do transplantio, T3 – 100% da necessidade da cultura proveniente do composto orgânico, T4 - 50% do N proveniente de esterco bovino e 50% proveniente de N mineral parcelado aos 7, 14, e 21 dias do transplante, T5 – 100% do N orgânico proveniente de esterco bovino e T6 – 50% do N proveniente do esterco de gado e 50% do N proveniente do composto orgânico. O melhor manejo de fornecer N para a cultura da alface foi às plantas adubadas com esterco de gado, obtendo uma maior produtividade entre os outros tratamentos.

Palavras-chave adicionais: *Lactuca sativa*; mineralização do nitrogênio; nutrição mineral de plantas; resíduos orgânicos; sustentabilidade.

Abstract

Lettuce is a vegetable which presents great production potential with organic fertilizers. This research was carried out to provide alternatives of organic and mineral nitrogen for productive and nutritional parameters in lettuce cropping in two cultivation cycles. It was carried out at ETEC Prof. Luiz Pires Barbosa in Cândido Mota. Transplantation to final beds took place when seedlings had 4 leaves, at a 0.25 x 0.25 m spacing, totaling 16 plants per bed, being such transplantation carried out manually. The adopted experimental delineation was completely randomized, comprising six treatments and four replications, totaling 24 plots. Treatments were as follows: T1 – Nitrogen chemical fertilization with Urea 100% of the crop needs divided into three applications at 7, 14, 21 days after transplantation; T2 – 50% of nitrogen coming from organic compost and 50% coming from Urea divided into 7, 14, 21 days after transplantation; T3 – 100% of the crop needs coming from organic compost; T4 – 50% of N coming from cattle manure and 50% from mineral N divided into 7, 14, 21 days after transplantation; T5 - 100% of organic N coming from cattle manure and T6 – 50% of N coming from cattle manure and 50% of N coming from organic compost. The best management to supply N to the lettuce crop was the one in which plants fertilized with cattle manure achieved a gain in productivity among other treatments.

Additional keywords: *Lactuca sativa*; nitrogen mineralization; plant mineral nutrition; organic waste; sustainability.

Introdução

A alface é a hortaliça folhosa mais importante no Brasil com grande importância econômica e social na agricultura (Freitas et al. 2013), ocupando o posto de terceira maior em volume de produção dentre as olerícolas produzidas no país, com produção de 1.624 milhões de tonelada ano (Abcsem, 2016).

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).

O N é o macronutriente 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. No entanto o excesso de N principalmente no último terço do ciclo, as cultivares que formam cabeça não são suficientemente rígidas para o transporte (Garcia, 1982). Quando é aplicado o N em excesso no último terço do ciclo as cultivares que formam cabeça apresentam menor firmeza o que poderá ser prejudicial a comercialização (Garcia et

al., 1982). Bueno (1998) observou um incremento significativo da circunferência da cabeça comercial em função do aumento da dose de N.

Na cultura da alface a utilização de fertilizantes orgânicos de lenta solubilização e contendo alta concentração de N é mais eficiente para o crescimento e desenvolvimento (Katayama, 1993).

A alface apresenta grande resposta ao N (Smith & Hadley, 1989) e altos teores de água no solo e possui 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).

Considerando-se que grande parte das hortaliças é consumida in natura é importante conhecer a qualidade sanitária dos estercos animais, neste sentido a decomposição da matéria orgânica presente em estercos e a compostagem com outros resíduos orgânicos são de extrema importância, antes que sejam aplicados no solo o que reduz a chance de contaminação por microrganismos patogênicos, além de melhorar a qualidade do esterco e a disponibilidade de nutrientes para a cultura (Sediyama et al. 2000).

Segundo Oliveira et al. (2010) as hortaliças folhosas respondem muito bem a adubação orgânica e a utilização de adubos minerais promovem 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 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).

A adubação orgânica com estercos animais e compostos orgânicos tem sido amplamente utilizado na produção de alface, com o objetivo de reduzir as quantidades de fertilizantes químicos e melhorar a qualidade física, química e biológicas do solo (Silva et al., 2001).

O objetivo deste trabalho foi verificar alternativas de manejo do nitrogênio orgânico e mineral para os parâmetros produtivos e nutricionais na cultura da alface em dois ciclos de cultivo.

Material e métodos

Este trabalho foi desenvolvido na ETEC Prof. Luiz Pires Barbosa na cidade de Cândido Mota, Estado de São Paulo, (coordenadas geográficas 22°44'47" latitude Sul e 50°23'13" longitude Oeste, sendo a

altitude média de 479 metros (m)), onde o solo é caracterizado como Latossolo Vermelho Eutroférreico (Embrapa, 2013), apresentando clima correspondente a Am (Miranda et al. 2010).

O solo onde o experimento foi instalado estava em pousio, ou seja, um bom tempo sem realizar qualquer tipo de cultura. Antes de iniciar o experimento foi retirada amostragem do solo para fins de avaliar a fertilidade do solo na profundidade de 0 – 20 centímetros (cm). A amostra de solo foi encaminhada para o Departamento de Solos e Recursos Ambientais da Faculdade de Ciências Agronômicas (FCA) da Unesp de Botucatu. Os resultados da análise encaminhado estão descritas nas Tabelas 1 e 2, análise básica e de micronutrientes, respectivamente. A metodologia utilizada para a realização dos resultados da análise encontra-se em Raij et al. (2001).

Tabela 1 – Resultado da análise química básica do solo antes do experimento de 0 à 20 cm de profundidade

Table 1 – Result of the basic chemical analysis of the soil before the experiment from 0 to 20 cm depth

pH	M.O.	P _{resina}	H+AI	K	Ca	Mg	SB	CTC	V%
CaCl ₂	g dm ⁻³	mg dm ⁻³				mmol _c dm ⁻³			
4,8	18	34	38	1,2	15	10	26	64	40

Tabela 2 - Resultado do teor de micronutrientes do solo antes do experimento de 0 à 20 cm de profundidade

Table 2 – Result of soil micronutrient content before from 0 to 20 cm depth

B	Cu	Fe	Mn	Zn
mg dm ⁻³				
0,58	7,6	19	10,5	2,6

Os resíduos utilizados para a realização da compostagem foram a terra diatomácea, carvão ativo e residual de açúcar, proveniente da filtração do xarope simples para a fabricação de refrigerante, denominado (resíduo 1). Este resíduo foi coletado após a filtração do xarope simples, quando este era descartado, sendo aberto o fundo do filtro. Seu armazenamento foi em balde plástico de 20 litros, para a

posterior pesagem da quantidade necessária para a preparação do composto. O resíduo de terra diatomácea, carvão ativo e fibra obtido da filtração da cerveja, denominado (resíduo 2), foi coletado quando ocorreu o descarte do filtro, em tambor plástico de 200 litros. No dia da preparação da compostagem foi descartada a água sobrenadante de ambos os resíduos e pesado a quantidade necessária para a compostagem.

O resíduo de bagaço de cana foi doação da usina Água Bonita próxima ao município de Cândido Mota, assim como o esterco de gado semi curtido. O bagaço de cana e o esterco de gado juntamente com o resíduo 1 e o resíduo 2, foram misturados nas devidas proporções, conforme cálculo para obter uma relação C/N de 30/1. As análises dos resíduos orgânicos foram realizadas pelo Departamento de Solos e Recursos Ambientais da Faculdade de Ciências Agronômicas (FCA) da Unesp de Botucatu, sendo analisados teores de Carbono (C), Nitrogênio (N), Umidade, Matéria Orgânica (M.O.), pH e calculado a relação C/N, seguindo a metodologia da Embrapa (2009) apresentado na Tabela 3.

Tabela 3 - Composição química dos resíduos utilizados na compostagem

Table 3 – Chemical composition of waste used in composting.

Tipo de Resíduo	N	Umidade	M.O	C	C/N	pH
	%					
Resíduo 1	0,20	60,37	52,00	29,00	145/1	2,9
Resíduo 2	0,30	68,00	10,00	6,00	20/1	3,1
Bagaço Cana	0,40	24,00	72,00	40,00	100/1	3,1
Esterco de Gado	1,08	44,13	58,00	28,00	26/1	9,0

A pilha de compostagem foi montada com os resíduos orgânicos utilizando o método de compostagem em pilhas estáticas (aeróbicas) no formato de cone, com dimensões 3,0 x 1,0 m (2,4 m³). O volume da pilha de compostagem foi definido em função da disponibilidade da matéria-prima, calculando para se obter uma relação C/N aproximadamente de 30/1.

Os resíduos utilizados na compostagem foram os seguintes: bagaço de cana, esterco de gado, terra diatomácea obtida da filtração do xarope simples para elaboração de refrigerante, denominado (resíduo 1) e terra diatomácea proveniente de cervejaria, utilizada na filtração de cerveja, denominado (resíduo 2).

Utilizou-se de bagaço de cana como fonte de C (20%), intercalados com resíduo úmido orgânico da filtração de cerveja e refrigerante (13,33%) e esterco bovino semi curtido, material rico em N (66,67%) estas porcentagens foram calculadas em função da massa. Os cálculos de porcentagem dos materiais utilizados na compostagem em relação a quantidade de C e N, estão descritos na Tabela 4.

Tabela 4 - Cálculo de porcentagem dos materiais utilizados na compostagem

Table 4 - Calculation of percentagem of materials used in composting.

Tipo de Resíduo	Material	C	N	C/N	Relação
	Usado %	%	%		Final C/N
Resíduo 1	2,00	1450,00	10,00	145/1	
Resíduo 2	11,33	53,00	2,65	20/1	
Bagaço Cana	20,00	200,00	2,00	100/1	33/1
Esterco de Gado	66,67	41,60	1,62	26/1	

A pilha do composto foi montada com 7 camadas, onde a primeira camada foi composta por 120 kg de bagaço de cana, a segunda por 500 kg de esterco de gado, a terceira com 15 kg de terra diatomácea proveniente do resíduo 1, obtido da filtração do xarope simples para fabricação de refrigerante, com mais 85 kg de terra diatomácea do resíduo 2, da filtração da cerveja, a quarta com 120 kg de bagaço, quinta camada composta por 500 kg de esterco, sexta camada 100 kg de terra diatomácea (15 kg do resíduo 1 e 85 kg do resíduo 2) e a última camada com 60 kg de bagaço de cana, totalizando uma quantidade de 1.500 kg de resíduos. A terra diatomácea utilizada na compostagem entrou como suplementação nutricional, obtendo uma relação final C/N de 33/1. Entre as camadas foi complementado com 100 L de água.

Após 24 horas da montagem das pilhas de compostagem, foi feito o revolvimento e retirada amostra para as análises de C/N, umidade e pH. Nos primeiros 30 dias do processo o revolvimento da compostagem foi feito duas vezes por semana ou quando a temperatura atingiu um valor superior a 70°C com a finalidade de evitar perdas de NH₃. Após 30 dias a leira foi revolvida semanalmente e com 60 dias o revolvimento ocorreu a cada 15 dias. A temperatura da leira foi controlada utilizando um termômetro digital tipo espeto, sendo a temperatura verificada duas vezes por semana no primeiro mês. A partir do segundo mês de compostagem a temperatura foi verificada semanalmente e a partir do terceiro mês, quinzenalmente até obter os 100 dias de compostagem.

Outro parâmetro controlado foi à umidade, caso o valor da análise fosse acima de 60% era efetuado o revolvimento e se o valor se apresenta um teor abaixo de 40% era adicionado água a leira. A determinação de umidade foi efetuada através da diferença do peso úmido com o peso seco após ser colocado na estufa em 24 horas com uma temperatura constante de 65°C.

O prazo para o término final da compostagem foi de 100 dias, onde a relação final C/N atingiu o valor de 12/1.

O monitoramento da temperatura foi realizado semanalmente nas leiras em cinco pontos diferentes no período da manhã, onde dividiu-se a leira em quatro quadrantes, inserindo o termômetro na parte superior e em quatro pontos nas laterais nas profundidades de 20, 40, 60, 80 e 100 cm.

Após o primeiro reviramento do composto orgânico foi coletado material para a determinação de umidade uma vez por semana, retirando-se nos quatro quadrantes da leira e na parte superior aproximadamente 200 g de amostra por ponto, totalizando 1 kg de amostra homogênea. O teor de umidade foi determinado por diferença de massa antes e depois do material ser seco em estufa com temperatura de $65\pm5^{\circ}\text{C}$, deixado por 24 horas até massa constante, (Pereira Neto, 1987). A adição de água foi feita sempre que houve necessidade, para manter uma umidade próxima a 50%.

A primeira coleta ocorreu 24 horas após a montagem da pilha. A cada 30 dias foram coletadas amostras, que foram enviadas a AGROLAB – Laboratório de Análises Agropecuárias Ltda ME – Assis – SP, para a determinação de C, N, pH e calculado a relação C/N, seguindo a metodologia da Embrapa (2009).

As avaliações da redução do volume e peso foram realizadas, ao final do processo de compostagem, após 100 dias, com a medição auxiliada por uma trena e por meio de uma balança eletrônica. Foi coletado o composto em um volume conhecido em seguida pesado. A partir destes resultados foi calculado dividindo o valor do peso da massa com o volume.

Para o cálculo do rendimento de composto utilizou-se o volume e a massa inicial e o volume e massa final. Com isso calculou-se para o rendimento de massa a seguinte fórmula: $((\text{Massa final} * 100) / \text{Massa final})$. No cálculo de rendimento de volume é feito da seguinte forma: $(\text{Volume inicial} * 100) / \text{Volume final}$.

Quando a temperatura do composto igualou-se a temperatura ambiente, aproximadamente aos 100 dias após a maturação do composto, ou seja, o período de estabilização ocorreu a retirada de amostra, sendo acondicionada em saco plástico e identificada como composto orgânico e enviada a AGROLAB – Laboratório de Análises Agropecuárias Ltda ME – Assis – SP, para a realização das análises de macro e

micronutrientes essenciais ao desenvolvimento do vegetal, conforme a metodologia Embrapa (2009), (Tabela 5).

Dependendo da quantidade de N existente no composto, considerando sua taxa de mineralização de 20% ao ano e seguindo a recomendação do Brasil, (2006) fez-se o cálculo da quantidade de composto a ser utilizado em cada tratamento.

Tabela 5 - Análises final de macro e micronutrientes do composto

Table 5 – Final Analysis of macro and micronutrients of the compost

	Umidade (60-65) °C	Umidade (100-110) °C	C.O	M.O.C	C.O.T	M.O.T	R.M.T	R.M.I
	%	%	g kg ⁻¹					
BU	48,61	49,38	10,78	18,58	11,72	20,20	31,45	21,79
BS	48,61	49,38	20,98	36,15	22,81	39,31	61,20	42,40
							pH	pH
N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca	Mg	S	Fe	Mn	Zn
								Cu
							B	em
							CaCl ₂	água
	g kg ⁻¹						mg kg ⁻¹	
BU	0,91	0,82	0,73	0,53	0,33	0,32	1,27	213,78
								195,28
BS	1,77	1,60	1,42	1,04	0,65	0,63	2,47	416,00
								380,00
								98,00
								16,5
								7,06
								7,25

BU: Resultados expressos na matéria tal como recebida (úmida).

BS: Resultados expressos na matéria seca total.

C.O: Carbono Orgânico; M.O.C: Matéria Orgânica Compostável; C.O.T: Carbono Orgânico Total; M.O.T: Material Orgâncico Total; R.M.T: Resíduo Mineral Total; R.M.I: Resíduo Mineral Insolúvel.

Após ter efetuado a compostagem foi implantado o experimento com a cultura da alface cultivar Lucy Brown com a aplicação do composto em dois ciclos sucessivos.

As mudas de alface foram adquiridas na Empresa Hidroceres, localizada na cidade de Santa Cruz do Rio Pardo – SP, Km 319, Rod. SP. 225, em bandejas já preparadas para o plantio e o tipo de cultivar utilizado foi a Lucy Brown Americana. O transplante para os canteiros definitivos ocorreu quando as mudas se apresentaram com 4 folhas, em um espaçamento de 0,25 x 0,25 m, totalizando 16 plantas por canteiro, o transplante foi feito manualmente.

O delineamento experimental adotado foi inteiramente casualizado, constituído por seis tratamentos e quatro repetições, totalizando 24 parcelas. Os tratamentos foram os seguintes: T1 - Adubação química nitrogenada com Ureia 100% da necessidade da cultura, T2 – 50% do N proveniente do composto orgânico e 50% do N proveniente da ureia, T3 – 100% da necessidade da cultura proveniente do composto orgânico, T4 - 50% do N proveniente de esterco bovino e 50% proveniente de N mineral, T5 – 100% do N orgânico proveniente de esterco bovino e T6 – 50% do N proveniente do esterco de gado e 50% do N proveniente do composto orgânico. Os tratamentos que receberam adubação com ureia foram dividido em 7,14 e 21 dias após o transplantio.

A recomendação de N para a cultura da alface segundo Trani et al. (2022) é de 100 kg ha⁻¹ de N, sendo está a dose utilizada neste experimento. Os tratamentos que foram utilizados adubos orgânicos foram todos antes do plantio.

O preparo do solo foi realizado manualmente, com enxada, procedendo-se a elevação dos canteiros, as parcelas foram medidas com trena métrica e delimitadas com estacas de madeiras nas dimensões pré-estabelecidas de 1,0 m de comprimento x 1,0 m de largura e 0,20 m de altura com 0,25 m de espaçamento entre um canteiro e outro a fim de se obter um intervalo de espaço entre os tratamentos, totalizando 30 m². Foi realizado o nivelamento dos canteiros e feita a correção do pH do solo. A aplicação do calcário realizou com 80 dias de antecedência do plantio e o calcário utilizado foi o calcário finamente moído (“filler”) com PRNT de 90% CaO (35,73%) e MgO (14,43%). A dosagem utilizada foi calculada para a elevação da V% para 80 (Trani et al., 2022). Após a aplicação foi efetuado a incorporação de 0,20 m de profundidade com enxada.

No primeiro ciclo o plantio foi realizado em agosto com as correções de P e K nos canteiros, conforme recomendação de (Trani et al., 2022). Foram utilizados 170 g m⁻² de Yarin (170 g kg⁻¹ P₂O₅) e 25 g m⁻² de Cloreto de Potássio (600 g kg⁻¹ K₂O) em cada canteiro de 1 m², após a sua incorporação no solo, adicionou-se a quantidade correspondente de composto orgânico para cada tratamento.

Para efeito de cálculo da quantidade mineralizada de N, no período de cultivo, foi considerado que os compostos orgânicos apresentariam taxa de mineralização de N de 20% (Brasil, 2006).

O cultivo foi desenvolvido no campo protegido com sombrite 50%. As adubações com o composto orgânico foram aplicadas aos canteiros de uma única vez, conforme delineamento experimental, antes do plantio das mudas de acordo com as recomendações de cada tratamento.

No segundo ciclo de cultivo os tratamentos que foram efetuados as adubações orgânicas foi realizado sete dias antes do transplante das mudas, sendo aplicada a mesma dose realizadas no ciclo anterior.

Os canteiros foram demarcados com espaçamento de 0,25 m entre as plantas e as mudas foram transplantadas em covas de aproximadamente 2 cm de profundidade.

A área experimental no primeiro ciclo, foi conduzida recebendo irrigação diária por regador, com 3 L de água por parcela em dois períodos de segunda a segunda e em dias chuvosos não houve irrigação devido o experimento ser em campo. Para o segundo ciclo a irrigação diária se deu por gotejamento, recebendo um total de água por dia de 2,2 L por canteiro, as bordaduras dos canteiros receberam 1,5 L de água todos os dias, exceto em dias chuvosos. O controle de plantas daninhas foi feito através de capina manual para evitar competição por nutrientes, água e luz em ambos os ciclos.

O controle de pragas e doenças para o 1º e 2º ciclo foi realizado conforme a necessidade e procurando sempre utilizar métodos aceitos na Agricultura Orgânica. No primeiro ciclo foram realizadas três aplicações do Extrato Vegetais Ativo (Nim-I-Go) (*Azadiractina* 0,12% p p⁻¹) (2,5 mL L⁻¹) para o controle de lagartas (*Pseudoplusia includens*) e pulgões (*Capitophorus braggi*) e para o segundo ciclo foram realizadas oito aplicações do Extrato Vegetais Ativo (Nim-I-Go) e três aplicações de *imidacloprido* (700g Kg⁻¹) (Evidence), sendo a primeira aplicação na concentração de 0,42 g L⁻¹ e as outras duas, na concentração de 0,21 g L⁻¹, juntamente com (2,5 mL L⁻¹) do Extrato Vegetais Ativo (Nim-I-Go), também para este ciclo foi adicionado fora dos canteiros, preventivo para lesma *metaldeído* 5% (p p⁻¹) (Metarex SP).

O período da colheita da cultura da alface foi realizado aos 46 e 42 dias do transplantio no primeiro e no segundo ciclo, respectivamente. Na colheita foi realizado um corte rente ao solo em duas plantas centrais de cada parcela. As alfaces coletadas foram mergulhadas em um balde com água a fim retirar resíduos orgânicos do canteiro, chacoalhadas para retirar o excesso de água, em seguida acondicionadas em sacos plásticos devidamente identificadas de acordo com os tratamentos, e pesadas em balança para obtenção da média de produção de massa de matéria fresca total.

Para a obtenção de massa de matéria fresca, a amostra foi composta a partir da retirada de folhas intercalando da segunda camada até o final da cabeça de uma das plantas colhidas, descartando as folhas externas danificadas e selecionando-as de forma unificada, para posteriormente serem pesadas e levadas a estufa a 65°C até atingirem peso constante.

O diâmetro interno da cabeça da alface e o diâmetro externo da cabeça da alface foram medidos em duas plantas centrais de cada parcela, mensurado com uma fita métrica, na parte intermediária e o diâmetro total das plantas onde as folhas sadias e não senescentes estando acomodadas.

Em laboratório da ETEC Profº Luiz Pires Barbosa, na data da colheita, foi determinado a massa fresca total da parte aérea (após se retirar as folhas externas com coloração amarela e/ou com sintomas de queimadura em suas bordas), de acordo com a metodologia utilizada por Vilas Boas et al. (2007). Foram colhidas duas plantas centrais por parcela, cortando-se o caule rente ao solo. A massa fresca foi determinada com auxílio de uma balança semi analítica com sensibilidade de 0,01 g. Posteriormente, foi realizado o cálculo médio da massa fresca total da parte aérea, expresso em gramas.

Após a determinação da massa fresca, estas foram lavadas com água, seguida de água com detergente, novamente com água, para tirar o detergente, e finalizado com três enxagues com água destilada. Após a secagem natural as plantas foram levadas para a estufa de ventilação a temperatura de 65°C até atingir peso constante. Após este período pesou-se novamente e foi calculado a matéria seca por planta.

As mesmas amostras foram aproveitadas para a determinação da matéria seca e estas foram moídas e acondicionado em pote de plástico, logo após foram encaminhadas para análises para a AGROLAB – Laboratório de Análises Agropecuárias Ltda ME – Assis – SP, seguindo a metodologia descrita por Malavolta et al. (1997). A exportação de nutrientes foi calculada multiplicando os teores de nutrientes com a produção de matéria seca.

Utilizou-se a análise de variância conjunta nos dados dos dois experimentos para obter os resultados da produção, teor e exportação de nutrientes nas plantas através do Teste estatístico Scott Knott, com o auxílio do programa AGROESTAT (Barbosa e Maldonado Junior, 2015).

Resultados e Discussão

No processo da compostagem a temperatura subiu rapidamente conforme mostra a Figura 1, indicando que a combinação dos resíduos foram bem sucedida registrando a temperatura média inicial de 71°C e a temperatura média final de 23,2°C.

A Figura 1 mostra que a temperatura no interior da pilha se manteve acima da temperatura ambiente praticamente durante todo o processo de compostagem, o que é um indicativo de elevada atividade microbiana.

Em todo o composto orgânico a primeira semana de compostagem foi caracterizada por um rápido aquecimento seguido por uma lenta e gradual diminuição de temperatura, atingindo a temperatura ambiente aos 96 dias de compostagem, indicando estabilização do composto. Para Oliveira (2010), testando composto à base de bagaço de cana-de-açúcar mais esterco bovino, obteve temperatura próxima de 60°C nos primeiros 9 (nove) dias. A partir desse aquecimento inicial, foi detectado um resfriamento gradual do composto até atingir a temperatura ambiente. Indicando que a técnica utilizada foi satisfatória, pois o período que a temperatura atingiu 60°C pode-se garantir a higienização e a mineralização de nutrientes.

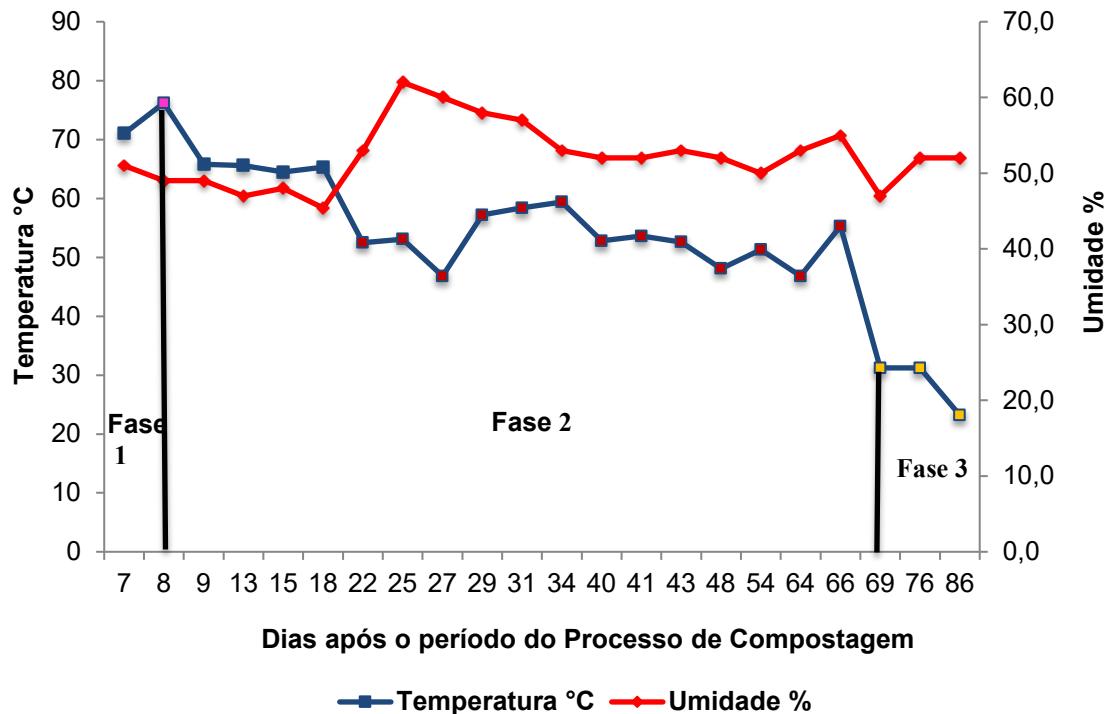
Segundo Orrico Junior et al. (2010) a eliminação dos patógenos é muito importante, visto que o produto final na forma de fertilizante orgânico terá como destino o retorno ao solo. Contudo, é nesta fase que se observa as maiores perdas de N. Segundo Kiehl (1985), a elevação de temperatura a níveis acima ou próximos a 70°C, podem agravar ainda mais as perdas de N (NH_3). Por isto a importância de manter uma temperatura abaixo de 65°C, fazendo o revolvimento da leira e mantendo a umidade entorno de 50% a 60%.

Através da variação da temperatura ocorrida durante o processo da compostagem, a Figura 1 mostra três (3) fases distintas, onde no primeiro momento a temperatura atingiu valores elevados, indicando maior atividade microbiana, confirmando os resultados relatados por Bombilio (2005), Queiroz (2007) e Sunada (2011).

Durante este período também foi controlada a umidade do composto orgânico, sendo realizada a análise de umidade semanalmente, (Figura 1).

Figura 1 Determinação de temperatura e umidade do composto orgânico.

Figure 1 – Determination of temperature and humidity of the organic compound.



A relação C/N é um dos principais parâmetros a ser analisado na técnica da compostagem. A relação C/N de 25 a 30 é a mais adequada para o início do processo e valor inferior a 18 é adequado para a boa qualidade do composto final (Kiehl, 2004). Observa-se na Tabela 6 que a relação C/N diminuiu gradativamente até chegar ao estágio de maturação do composto, quando atingiu o valor da relação C/N de 12/1. Comprovando que o composto obtido neste trabalho é de boa qualidade pronto para ser utilizado como fertilizante.

Tabela 6 – Análises da relação C/N do processo de compostagem

Table 6 – Analysis of the C/N ratio of the composting process

Amostra Período	C%	N%	C/N
Inicial	15,80	0,80	19,8
30 dias	11,68	0,75	15,6
60 dias	9,69	0,74	13,1
90 dias	10,78	0,91	11,8

A porcentagem de redução em peso do material compostado obtido após 100 dias da instalação do experimento foi 73,5% do rendimento final, significando que o material obtido, notou-se uma cor escura com aspecto de “terra vegetal”, leve, solto e sem odores desagradáveis, constatando-se uma redução do volume em relação aos valores de inicio do processo de compostagem (Gomes, 1984). Segundo Kiehl (1985), a redução de massa ocorre devido à quantidade de carbono perdido durante a respiração dos microrganismos na forma de CO₂, e é variável de acordo com o tamanho da leira, umidade, aeração, temperatura e relação C/N.

Os dados climatológicos no período dos dois ciclos dos experimentos foram medidos através do pluviômetro instalado perto do experimento e do termômetro de máxima e mínima instalado dentro do experimento.

Os gráficos demonstram as temperaturas máximas, mínima, ambiente e a precipitação do primeiro e segundo ciclo dos experimentos no período de cultivo da alface (Figuras 2 e 3).

Figura 2 - Temperaturas máxima, mínima, ambiente e precipitação de chuvas durante o cultivo da alface do primeiro ciclo

Figure 2 – Maximum, minimum, ambient temperatures and rainfall during lettuce cultivation in the first cycle

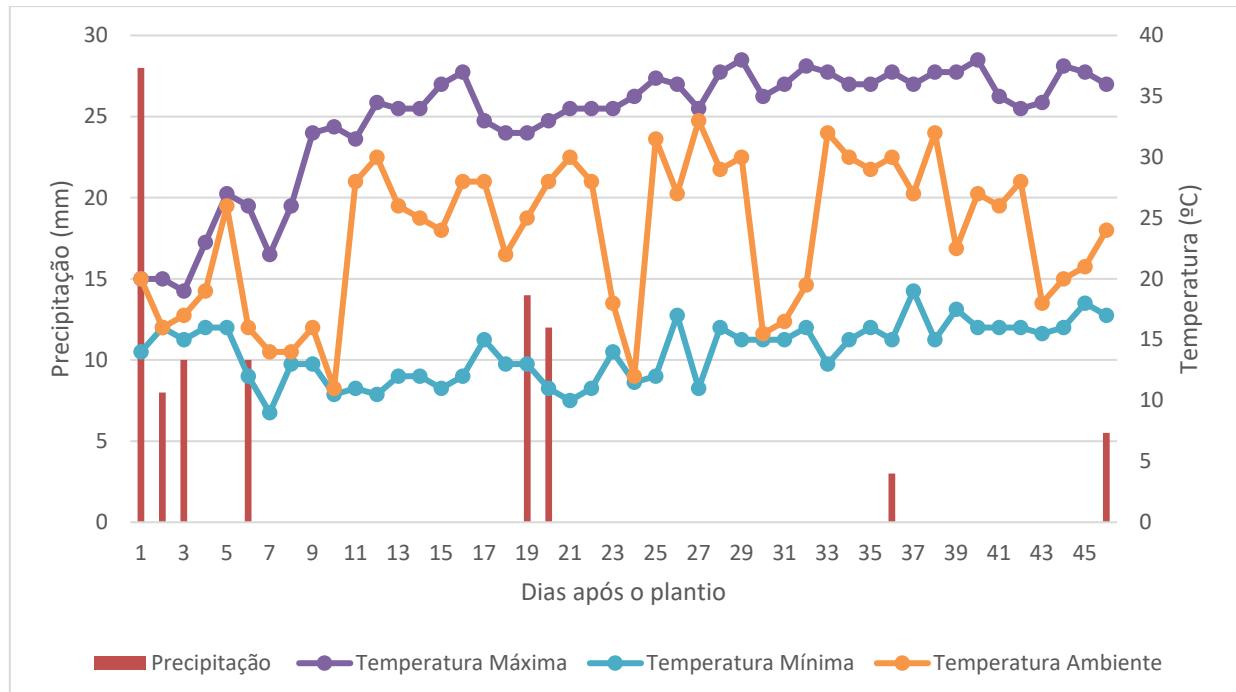
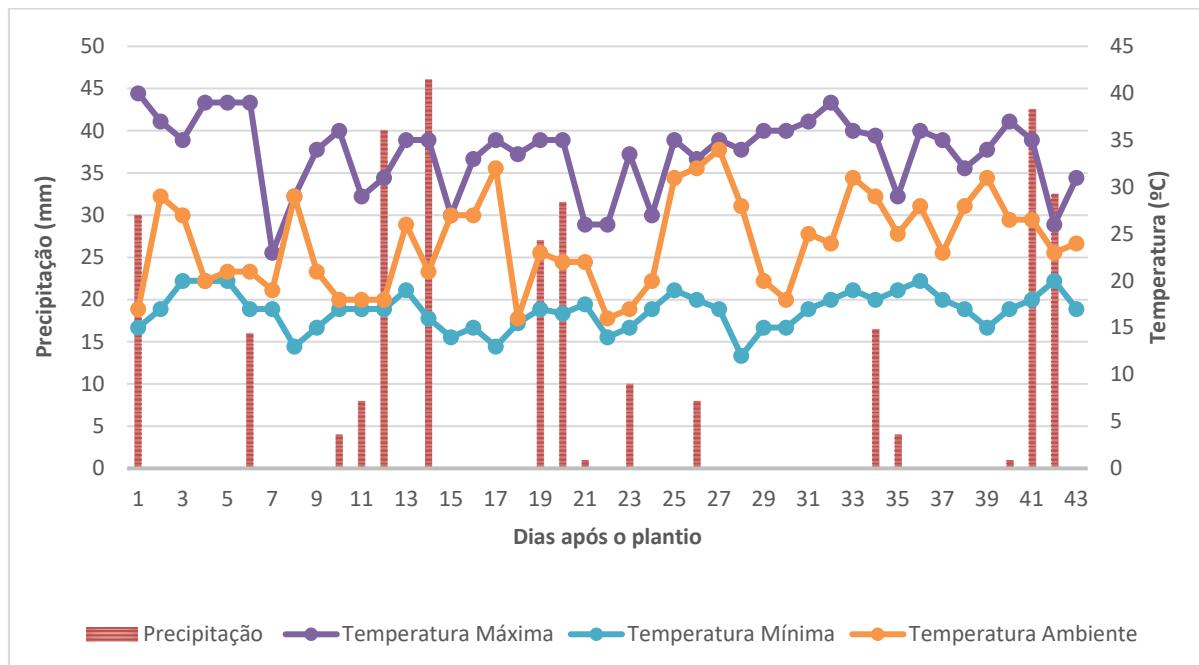


Figura 3 - Temperaturas máxima, mínima, ambiente e precipitação de chuvas durante o cultivo da alface do segundo ciclo.

Figure 3 – Maximum, minimum, ambient temperatures and rainfall during lettuce cultivation in the second cycle



A Tabela 7 demonstra a produção de massa fresca, massa seca, diâmetro interno e externo dos seis tratamentos, de acordo com o tratamento e o ciclo cultivado os resultados mostram que os valores obtidos de F em relação a produção de massa fresca para 1º e 2º ciclo apresentaram efeito significativo entre os tratamentos. A produção do 1º e 2º ciclo da alface Lucy Brown, cultivadas no sistema orgânico, apresentou uma produção de massa fresca superior que as plantas que não utilizaram este tipo de sistema.

Na produção do primeiro ciclo da alface os tratamentos T4 (50% EG + 50% Q) e T5 (100% EG) foram superiores em produção de massa fresca. O tratamento T1 que recebeu somente adubação química apresentou uma produção de massa fresca inferior aos demais tratamentos. Segundo Souza (2005), a utilização de adubos químicos promove redução na atividade biológica do solo podendo afetar o desempenho produtivo das culturas.

No segundo ciclo da alface o tratamento que foi feito a adubação nitrogenada 100% ureia obteve uma produção de massa fresca inferior que os tratamentos que foram adubados com resíduos orgânicos (Tabela 7). Como citado anteriormente as hortaliças folhosas respondem muito bem à adubação orgânica (Lobo et al., 2016). Monchelado & Fernandes (2022) verificaram-se que as alfaces que obtiveram maior

produção de matéria fresca total foram as plantas que receberam uma adubação de 21 litros de esterco por m² com uma produção de 805 g por pé, já as plantas que não foram efetuados a adubação com esterco bovino produziu 496 g por pé, com isso mostra a importância da adubação orgânica na cultura da alface. Verifica-se que a média de produção de massa fresca foi maior no 1º ciclo. Segundo Finatto et al. (2013), por meio da adubação orgânica, pode-se aumentar a fertilidade, a biodiversidade do solo e a produtividade das hortaliças nele cultivadas.

Yuri et al. (2004), ao testar a alface americana, cultivar Raider, em função de doses de composto orgânico obtido da casca de grão de café, esterco de curral e palha triturada de *Crotalaria sp*, obteve resultados de massa fresca total, com a máxima produtividade de (914,2 g planta⁻¹), com a dose de 59,4 t ha⁻¹ do composto orgânico, resultado superior ao presente trabalho (581,24 g planta⁻¹). Goulart et al. (2018) obtiveram uma produção de massa fresca por planta de alface adubadas com esterco de bovino com produção de 200 g por planta, enquanto as plantas que não foram feitas a adubação com esterco bovino produziram 70 gr por planta. O aumento dos teores de matéria orgânica do solo geralmente relaciona-se com o aumento na eficiência de utilização dos nutrientes, levando a um aumento na produtividade das culturas (Costa et al., 2013).

Os cálculos estatísticos demonstram que o 1º e o 2º ciclo da produção de massa da matéria seca não apresentaram diferença entre os tratamentos, sendo que a média do 1º ciclo foi maior em relação ao 2º ciclo (Tabela 7). A determinação da massa de matéria seca é muito importante, pois irá determinar os nutrientes presentes em baixas concentrações, ou seja, o quanto de teor de nutrientes minerais há em sua folha e o quanto a cultura exportou em sua produção.

Segundo Motta (2016), quanto maior o teor de água nas folhas dos cultivares de alface americana, maior a capacidade das plantas se manterem tenras, suculentas e crocantes. Comprovando os dados obtidos nos dois experimentos em relação à massa seca e massa fresca, onde o teor de água nas folhas da alface ficou em 99%, segundo Filgueira (2013).

Tabela 7 – Médias na produção da alface do 1º e 2º ciclo em ambiente protegido por sombrite de acordo com os tratamentos: Massa Fresca (MF), Massa Seca (MS), Diâmetro Interno (DI), Diâmetro Externo (DE).

Table 7 – Average in Lettuce production in the first and second cycle in an environment protected by shade according to the treatment: Fresh mass(MF), dry mas (MS), internal diameter (ID), External diameter (DE)

Tratamentos	Massa Fresca		Massa Seca		Diâmetro Interno		Diâmetro Externo	
	(g planta ⁻¹)		(g planta ⁻¹)		(cm planta ⁻¹)		(cm planta ⁻¹)	
	1º Ciclo	2º Ciclo	1º Ciclo	2º Ciclo	1º Ciclo	2º Ciclo	1º Ciclo	2º Ciclo
T1	309,23c	187,80b	3,20	2,68	10,75	10,88b	27,13	24,13
T2	454,41b	328,93a	4,37	3,40	14,25	15,00a	28,88	27,63
T3	415,47b	269,43a	4,03	2,58	13,63	14,63a	29,25	26,63
T4	541,11a	327,29a	5,18	3,53	13,75	15,75a	31,88	30,13
T5	581,24a	333,05a	4,66	3,64	13,25	14,88a	29,50	27,75
T6	432,13b	326,75a	4,33	2,83	13,63	14,50a	29,88	26,25
F	9,91**	7,27**	2,44 ^{NS}	1,73 ^{NS}	2,12 ^{NS}	5,35**	1,72 ^{NS}	2,14 ^{NS}
Média	455,60	295,54	4,30	3,11	13,21	14,27	29,42	27,08
CV (%)	13,47	14,54	19,17	22,82	12,98	10,42	7,97	10,00

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade. NS: não significativo pelo Teste F a 5% de probabilidade; *significativo para ($p<0,05$) e **($p<0,01$), significativo a 1% pelo Teste F.

Nota: Q: Químico; CO: Composto Orgânico; EG: Esterco de Gado.

Nota: T1 (100% Q Testemunha); T2 (50% Q + 50% CO); T3 (100% CO); T4 (50% EG + 50% Q); T5 (100% EG); T6 (50% EG + 50% CO).

O teor de água na alface deve ser mantido acima de 90%. Oliveira et al. (2009) e Santana et al. (2012), observaram aumentos da biomassa seca da parte aérea em alface americana adubada com compostos orgânicos.

Quando ocorre uma maior quantidade de composto orgânico incorporado, o padrão comercial de alfaces é influenciado positivamente pela adubação, a parte aérea da planta é maior e mais pesada, onde a produtividade, a massa seca, o diâmetro da parte aérea das plantas respondem positivamente a adubação, enquanto o teor de massa seca decresce, o que indica aumento da qualidade de água em função da dosagem de composto orgânico (Pimentel et al., 2009).

Saldanha & Ribeiro (2021) montaram um experimento em vaso utilizando cama de frango na cultura da alface nas seguintes porcentagens de cama de frango no solo 0%, 10%, 20%, 30%, 40% e 50% verificaram que a maior produção de matéria seca foi com 20% de cama de frango (23,19 gr) e a menor produção foi 0 e 50% com produção de 1,18 e 2,41 g, respectivamente.

O maior diâmetro externo da cabeça comercial obtida foi de 31,88 cm, do 1º ciclo, sendo que o primeiro experimento apresentou uma média de 29,42 cm superior ao segundo experimento, que foi de 27,08 cm (Tabela 7).

Vale salientar que a circunferência da cabeça comercial é uma importante característica para a cultura da alface tipo americana, principalmente quando se refere à preferência do consumidor para a aquisição do produto (Bueno, 1998). Trentini & Hojo (2019) obtiveram em alface um maior diâmetro de cabeça (38,5 cm) nas plantas que foram adubadas com organominerais comparando com as plantas que somente usaram adubos minerais (36,6 cm).

O 2º ciclo também apresentou diferença entre o diâmetro interno, isto pode ser resultado da ação de veranico com temperaturas marcadamente baixas no 1º ciclo e altas no 2º ciclo e, consequentemente da colheita antecipada no segundo experimento (42 dias), quando comparado ao primeiro ciclo (46 dias), uma vez que a colheita antecipada pode ter influenciado no menor acúmulo de massa seca. Conforme Caetano et al. (1999), verificaram em alface, que a fase de acúmulo de massa seca inicia-se somente após 30 dias.

Outra possível explicação estaria relacionada ao efeito da época de cultivo. Conforme Almeida et al. (1988), as melhores produtividades com alface são obtidas em menores temperaturas. Isto ocorreu no primeiro experimento com uma menor precipitação pluviométrica. O segundo ciclo apresentou uma maior precipitação pluviométrica, interferindo no experimento. Onde o índice de pragas foi intensificado, como: lagarta e pulgão, precisando ser controlado com defensivos agrícola.

Para este experimento espaçamento de 0,25 m entre plantas e entre linha de alface terá 160.000 plantas em 1 ha. Substituindo os valores obtidos neste experimento tem se então os seguintes resultados em produtividade, o tratamento T5 com (100% EG) ($92,8 \text{ t ha}^{-1}$) para o 1º ciclo e ($52,8 \text{ t ha}^{-1}$) para o 2º ciclo. Estes resultados são superiores aos observados por Barros Junior et al. (2004), que, em condições do município de Mossoró, RN, testando duas diferentes coberturas agrotêxteis e o tratamento sem cobertura, encontraram para a cv. Tainá uma produtividade de $24,0 \text{ t ha}^{-1}$, independentemente do uso ou não da cobertura. Em segundo lugar de produtividade para o 1º ciclo foi o T4 (50% EG + 50% Q) com ($86,4 \text{ t ha}^{-1}$), seguido do T2 (50% Q + 50% CO) com ($72,0 \text{ t ha}^{-1}$), para o 2º ciclo a produtividade das plantas receberam

adubos orgânicos a média de produtividade entre estes tratamentos foi de 50,8 t ha⁻¹, enquanto o tratamento que não foi utilizado adubos orgânicos obteve a produtividade de 30,4 t ha⁻¹ conforme mostra a Tabela 8.

Tabela 8 – Média de produtividade de massa fresca no primeiro e segundo ciclo da alface.

Table 8 – Average fresh mass productivity in the first and second Lettuce cycle.

Tratamentos	Produtividade de massa fresca (t ha⁻¹)	
	1º Ciclo	2º Ciclo
T1	49,6 c	30,4 b
T2	72,0 b	52,8 a
T3	65,6 b	43,2 a
T4	86,4 a	52,8 a
T5	92,8 a	52,8 a
T6	68,8 b	52,8 a
F	9,91**	7,27**
Média	72,53	47,47
CV	13,47	14,54

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade. NS: não significativo pelo Teste F a 5% de probabilidade; *significativo para ($p<0,05$) e **($p<0,01$), significativo a 1% pelo Teste F.

Nota: Q: Químico; CO: Composto Orgânico; EG: Esterco de Gado.

Nota: T1 (100% Q Testemunha); T2 (50% Q + 50% CO); T3 (100% CO); T4 (50% EG + 50% Q); T5 (100% EG); T6 (50% EG + 50% CO).

Na Tabela 9 estão apresentadas as médias dos teores de macronutrientes das seis parcelas do cultivo de alfaces em g kg⁻¹, com os resultados de cada nutriente.

Com os teores obtidos dos nutrientes presentes na cultivar alface Lucy Brown, foram realizados os calculados referente a exportação de macronutrientes pela parte aérea da planta, dados importantes para identificarmos o ponto de equilíbrio da planta, o quanto precisa para obter maior produtividade.

A exportação de nutrientes está diretamente relacionada ao acúmulo de matéria seca nas plantas de alface, onde o T4 (50% EG + 50% Q) apresentou maior quantidade de matéria seca, seguido do T5 (100% EG), e depois o tratamento T2 (50% Q + 50% CO), no 1º ciclo da alface e no 2º ciclo da alface o T5

(100% EG), apresentou maior produtividade de matéria seca, seguido do T4 (50% EG + 50% Q) e T2 (50% Q + 50% CO) (Tabela 7). Aquino et al. (2007), observaram que o ambiente e as variedades podem influenciar os teores e quantidades exportadas dos nutrientes em alface. Segundo Costa et al. (2013), a decomposição da matéria orgânica ocorre com maior mineralização de N, P e S.

Para Kiehl (1985), os adubos orgânicos podem variar em relação à taxa de mineralização, composição e teor de N disponível, fatores estes que sofrem influência das condições ambientais.

O N é o segundo nutriente químico mais extraído no cultivo da alface, sendo o primeiro o K (Beninni et al., 2005). Segundo Trani et al. (2022) o valor ideal de N para a alface é de 30 a 50 g Kg⁻¹, sendo que no experimento o menor valor foi de 24,11 g Kg⁻¹ e o maior valor de 28,84 g Kg⁻¹, estando um pouco abaixo do adequado.

Assim os tratamentos do primeiro ciclo T3 (100% CO) e T6 (50% EG + 50% CO) respectivamente, obtiveram um teor de N inferior aos demais tratamentos (Tabela 9). Isto pode ter ocorrido porque a disponibilidade de absorção e a utilização do N para a produção de biomassa quando adubado com adubos orgânicos tendem a aumentar no decorrer do tempo (Chaves et al.; 2002). Para o tratamento T1(100% Q) foi utilizada a ureia como fonte de N, sendo esta de rápida liberação e fornecida no decorrer do tempo, as plantas conseguiram assimilar o nutriente e incorporar em maior quantidade em relação aos demais tratamentos.

Segundo Turazi et al. (2006), plantas maiores e mais pesadas apresentam maiores teores de N, pois é o responsável pela expansão das células, comprovando que a exportação do N no 1º e 2º ciclo da alface, está relacionada diretamente com a produção de massa fresca, conforme a ordem decrescente de exportação do N do 1º ciclo, onde: T4>T5>T2>T6>T3>T1 e do 2º ciclo T5>T4>T2>T1>T6>T3, porem estatisticamente não ocorreu diferenças significativas (Tabela 10), isto comprova que a quantidade absorvida de N orgânico e mineral pela planta foram iguais, porem o N orgânico irá ser mineralizado no sistema podendo ser aproveitado para a próxima cultura enquanto o N mineral este pode ser perdido mais facilmente por lixiviação isto se a planta não absorver.

Em relação ao P as alfaces do primeiro ciclo com adubação orgânica apresentaram maior teor de P, sendo os tratamentos T3 (100% CO) e T6 (50% EG + 50% CO) o que apresentou teor de P superior em relação aos demais tratamentos e os tratamentos T1 (100% Q) e T2 (50% Q + 50% CO), foi o que apresentou menor teor de P (Tabela 9).

Tabela 9 - Teores de macronutrientes da alface 1º e 2º ciclo em g kg⁻¹**Table 9** – Macronutrient content of lettuce and 1st and 2nd cycle in g kg⁻¹

Tratamentos	N	P	K	Ca	Mg	S
1ºCiclo	g kg ⁻¹					
T1	28,84 ^a	3,03c	33,68	7,89a	2,88a	1,91
T2	27,43 ^a	3,01c	36,05	8,10a	2,60a	2,12
T3	25,10b	4,43a	27,73	8,13a	2,78a	2,10
T4	28,83 ^a	3,71b	32,33	8,19a	2,80a	2,17
T5	28,07 ^a	3,98b	36,70	7,64a	2,65a	2,09
T6	24,40b	4,28a	32,03	5,97b	2,28b	1,98
F	2,90*	12,22**	1,65 ^{NS}	3,11*	2,99*	0,61 ^{NS}
Média	27,11	3,74	33,08	7,65	2,66	2,06
CV	8,30	9,36	15,27	12,58	9,34	11,98

Tratamentos	N	P	K	Ca	Mg	S
2ºCiclo	g kg ⁻¹					
T1	28,33	3,07b	24,23c	10,41a	4,00a	1,39
T2	24,11	3,26b	35,13b	8,23b	2,88b	1,90
T3	25,74	4,25a	38,35b	7,27b	2,68b	1,60
T4	25,81	3,42b	42,30a	8,60b	3,10b	1,58
T5	26,00	4,52a	47,80a	7,51b	3,33b	1,55
T6	25,20	4,64a	43,08a	6,36b	2,88b	1,34
F	1,00 ^{NS}	15,18**	11,79**	6,65**	6,02**	1,05 ^{NS}
Média	25,87	3,86	38,48	8,06	3,14	1,56
CV	10,77	9,18	10,74	13,37	12,35	24,77

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade. NS: não significativo pelo Teste F a 5% de probabilidade; *significativo para ($p<0,05$) e **($p<0,01$), significativo a 1% pelo Teste F.

Nota: Q: Químico; CO: Composto Orgânico; EG: Esterco de Gado.

Nota: T1 (100% Q Testemunha); T2 (50% Q + 50% CO); T3 (100% CO); T4 (50% EG + 50% Q); T5 (100% EG); T6 (50% EG + 50% CO).

No segundo ciclo o teor maior de P foi o do tratamento T6 (50% EG + 50% CO), T3 (100% CO) e T5 (100% EG) em relação aos demais tratamentos, e o que obteve menor teor de P foi o T1(100% Q) que utilizou adubação química (Tabela 10). Segundo Hermínio (2005), a quantidade de P solúvel no solo depende do metabolismo de aminoácidos e proteínas; assim, o P solúvel ajuda, indiretamente, a atividade da biomassa microbiana. Pode-se supor que, com a maior dosagem de composto orgânico e composto orgânico misturado com esterco, houve maior atividade microbiana no solo, disponibilizando mais P para a planta.

Assim os tratamentos T3 (100% CO), T4 (50% EG + 50% Q); T5 (100% EG), T6 (50% EG + 50% CO) do 1º e 2º ciclo apresentaram teor de P dentro da faixa considerada adequada pelos valores sugeridos por Trani et al, (2022) (4 a 7 g Kg⁻¹), Malavolta et al. (1997) (3,5 g Kg⁻¹) e Nogueira Filho et al. (2003) (4,1 g Kg⁻¹), sendo que os tratamentos T1 (100% Q) e T2 (50% Q + 50% CO) de ambos os ciclos apresentaram-se abaixo desta faixa, comprovando que o esterco de gado e o composto orgânico são importantes fontes de obtenção de P para as plantas. Isto pode ser comprovado por Scheller (2000), ao explicar que aumentando o metabolismo proteico no solo por meio de uma adubação regular com composto de esterco de estábulo, aumenta-se também o P solúvel no solo, pois a proteína contida no esterco alimenta os microrganismos e, por meio disto a biomassa microbiana é aumentada, e em especial, a troca de P.

Desta forma, para as alfaces do primeiro ciclo não houve efeito significativo para ($p<0,05$) para o acúmulo de N, K, Mg e S. Houve efeito significativo para ($p<0,05$) com relação a adubação orgânica e adubação com esterco de gado, apresentando maior exportação de P nas folhas para os tratamentos T4 (50% EG + 50% Q), T5 (100% EG) e T6 (50% EG + 50% CO). No 2º ciclo da alface não houve efeito significativo para ($p<0,05$), para os resultados encontrados em exportação do N, Ca, Mg, sendo o T5 (100% EG) o que apresentou um maior acúmulo de P em relação aos demais tratamentos (Tabela 10).

Em relação ao teor foliar de K (Tabela 8), os tratamentos que receberam adubação com esterco apresentaram teor de K superior aos outros tratamentos. Nachtingall & Vall (1991) e Werle et al. (2008), afirmam que a disponibilidade do nutriente para a planta, e o seu suprimento pelo solo são dependentes da presença de minerais primários e secundários, da fertilização, da CTC e da ciclagem na agricultura.

Tabela 10 - Exportação de macronutrientes da alface 1º e 2º ciclo**Table 10 – Export of macronutrient from lettuce 1st and 2nd cycle**

Tratamentos	N	P	K	Ca	Mg	S
1ºCiclo						
g planta⁻¹						
T1	0,94	0,10b	1,08	0,26 b	0,10	0,06
T2	1,20	0,13b	1,59	0,36 a	0,12	0,09
T3	1,02	0,18a	1,12	0,34 a	0,11	0,09
T4	1,49	0,19a	1,66	0,42 a	0,14	0,11
T5	1,32	0,19a	1,75	0,35 a	0,12	0,10
T6	1,06	0,19a	1,38	0,26 b	0,10	0,09
F	2,39 ^{NS}	3,69*	2,26 ^{NS}	2,88*	1,92 ^{NS}	2,39 ^{NS}
Média	1,17	0,16	1,43	0,33	0,11	0,09
CV	22,90	24,47	26,16	22,75	21,40	25,08
Tratamentos	N	P	K	Ca	Mg	S
2ºCiclo						
g planta⁻¹						
T1	0,75	0,08	0,66b	0,28a	0,11	0,04b
T2	0,82	0,11	1,20b	0,28a	0,10	0,07a
T3	0,66	0,11	0,98b	0,19b	0,07	0,04b
T4	0,92	0,12	1,49a	0,30a	0,11	0,06a
T5	0,94	0,17	1,76a	0,27a	0,12	0,06a
T6	0,72	0,13	1,23b	0,18b	0,08	0,04b
F	1,26 ^{NS}	3,31*	4,30**	2,65 ^{NS}	2,32 ^{NS}	1,76*
Média	0,80	0,12	1,22	0,25	0,10	0,05
CV	25,07	24,88	20,34	26,45	26,84	35,55

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade. NS: não significativo pelo Teste F a 5% de probabilidade; *significativo para ($p<0,05$) e **($p<0,01$), significativo a 1% pelo Teste F.

Nota: Q: Químico; CO: Composto Orgânico; EG: Esterco de Gado.

Nota: T1 (100% Q Testemunha); T2 (50% Q + 50% CO); T3 (100% CO); T4 (50% EG + 50% Q); T5 (100% EG); T6 (50% EG + 50% CO).

Segundo Prado (2008) o K para a planta é altamente móvel, sendo redistribuído facilmente. Sua participação no metabolismo justifica-se pelo fato de o K agir na planta principalmente como ativador enzimático, regulador da abertura e fechamento dos estômatos, além de atuar como regulador do turgor celular, resistência dos vegetais às geadas, e responsável pela qualidade do produto comercial (Malavolta et al., 1997; Sanchez, 2007).

Para Trani et al. (2022), os teores adequados do K na folha deverão estar entre 50 a 80 g Kg⁻¹. Significando que para o 1º ciclo os valores encontrados estão abaixo dos valores adequados. Já para o 2º ciclo os tratamentos T4 (50% EG + 50% Q), T5 (100% EG) e T6 (50% EG + 50% CO) não houve diferença significativa, estando mais próximos do valor mínimo estipulado e apresentando um teor foliar superior aos tratamentos. A maior média da concentração de K na parte aérea foi verificada nas plantas adubadas com esterco bovino combinado com ureia, seguida pela média das adubadas com esterco bovino e composto orgânico. Vidigal et al. (1995) e Souza et al. (2005) verificaram efeito linear crescente para o teor foliar de K, aumentando o teor foliar de K em função das doses de composto orgânico.

A maior exportação de K ocorreu para o T5 (100% EG) no 1º e 2º ciclo da alface em relação aos demais tratamentos, o T1 (100% Q) exportou menos K em ambos os ciclos. Mesmo com as pequenas diferenças no 1º ciclo, os tratamentos não diferiram entre si ($p<0,05$), mas para o 2º ciclo os tratamentos diferiram entre si ($p<0,01$) (Tabela 10).

O teor de Ca no 1º ciclo apresentou diferença entre os demais tratamentos. O tratamento T6 (50% EG + 50% CO) e o T1 (100% AQ) obteve um menor teor comparado com os outros tratamentos. No 2º ciclo o tratamento T3 (100%CO) e T6 (50% EG+50% CO) foram os tratamentos que apresentaram menor teor de Ca, sendo influenciado significativamente pelas doses de N, assim como pela interação. Rodrigues e Casali (1991) e Vidigal et al. (1995) constataram decréscimo nos teores de Ca, com a elevação das doses de composto orgânico em alface.

Segundo Trani et al.(2022), o teor ideal de Ca é de 15 à 25 g Kg⁻¹. Neste experimento os valores encontram se abaixo da média. Essa diferença no teor de Ca não apresentou deficiências drásticas que fossem visíveis na planta.

Desta forma o tratamento T4 que recebeu (50% EG + 50% Q) foi o que exportou mais Ca em ambos os ciclos. A exportação de menor valor para o primeiro ciclo ficou com o T1 (100% Q) e o T6 (50% EG + 50% CO), apresentando o mesmo valor acumulado, diferindo ao nível de significância ($p<0,05$).

Em relação ao teor de Mg os tratamentos T1 (100% Q) foi o tratamento que obteve maior teor em ambos os ciclos. Segundo Koo e Reese (1977), afirmam que o N e o Mg na folha relacionam-se positivamente, havendo uma relação sinérgica entre eles. Lobo et al. (2015), comparou doses de composto orgânico e concluiu que a cada tonelada do composto orgânico adicionado, acrescentou 0,02 g Kg⁻¹ de Mg, porém o maior teor foi verificado com N químico, isto também ocorreu para este experimento, onde o maior valor do Mg foi observado no tratamento T1 com adubo químico. A análise comprovou que os resultados do Mg se encontram abaixo do valor estipulado por Trani et al. (2022), que é de 4 g Kg⁻¹ a 6 g Kg⁻¹ exceto o tratamento T1 em ambos os ciclos.

Uma maior exportação de nutrientes do Mg e S se deu no tratamento T4 (50% EG + 50% Q) do 1º ciclo, não ocorrendo diferença significativa entre os tratamentos de ambos os ciclos (Tabela 10).

Para o teor de S não ocorreu diferenças entre os tratamentos (Tabela 9). A planta apresentou teores acima do indicado como adequado, segundo Trani et al. (2022), os quais estabelecem como indicados 1,5 g Kg⁻¹ a 2,5 g Kg⁻¹. Sanches (2007), trabalhando com a cv. Verônica encontrou teor de S de 1,92 g Kg⁻¹, semelhante aos valores encontrados no presente trabalho.

A análise de variância demonstra que os coeficientes de variação encontrados ficaram abaixo de 20% (Tabela 9), com exceção do S no 2º ciclo, que foi de 24,77%. Isso demonstra confiança nos resultados obtidos, e esses valores estão condizentes com os encontrados na literatura em avaliações de produção com alface (Blat et al., 2011; Gualberto et al., 2009; Hotta, 2008; Queiroz et al., 2014; Viana et al., 2013).

Observa-se na Tabela 10 que os macronutrientes N, Ca e Mg o efeito foi significativo a 5% de probabilidade pelo Teste F na maioria dos tratamentos do 1º ciclo. Apenas o P apresentou significância de 1% de probabilidade.

Analizando os dados do 2º ciclo na Tabela 10, o efeito dos nutrientes P, K, Ca e Mg foram significativas a 1% de probabilidade pelo Teste F na maioria dos tratamentos, os quais compreenderam duas épocas de cultivo diferente entre o 1º e 2º ciclos.

Assim, a cultivar testada no primeiro e segundo ciclo obedeceu a seguinte ordem decrescente quanto ao seu teor de macronutrientes nas folhas: K>N>Ca>P>Mg>S.

Almeida et al.(2011) observaram que a ordem decrescente quanto a absorção de nutrientes da alface cv. Verônica em solução nutritiva completa, apresentou para as variáveis de crescimento da parte aérea, raiz e planta inteira, a seguinte sequência K>N>Ca>Mg>P>S, N>K>P>S>Ca>Mg, e

K>N>Ca>P>Mg>S, respectivamente, destacando-se o K e o N como as mais absorvidas pela cultura, semelhante ao encontrado neste trabalho.

As maiores quantidades exportadas de nutrientes estão relacionadas aos tratamentos T4 (50% EG + 50% Q) e T5 (100% EG) em ambos os ciclos da alface, estando relacionadas à maior produtividade de massa fresca e massa seca da alface. Onde a média da quantidade de macronutrientes exportados na parte aérea das plantas de alface no final do 1º e 2º ciclo, encontra-se em ordem decrescente em g planta⁻¹, 1º ciclo: 1,43>1,17>0,33>0,16>0,11>0,09 de K>N>Ca>P>Mg>S e no 2º ciclo: 1,22>0,80>0,25>0,12>0,10>0,05 de K>N>Ca>P>Mg>S respectivamente.

Costa (2017) verificou que a ordem decrescente de acúmulo de macronutrientes a cv. Vanda foi: K>N>Ca>P>Mg>S, resultado semelhante foi obtido neste trabalho na produção de massa fresca. Raij et al. (1997) e Kano et al. (2012) observaram a mesma ordem de extração de nutrientes nas folhas: K > N > Ca > P > Mg > S.

O K foi o nutriente acumulado em maior quantidade pela cultivar Lucy Brown (Tabela 11), semelhante ao observado em outros trabalhos (Beninni et al., 2005, Grangeiro et al., 2006).

O N foi o segundo nutriente mais acumulado na matéria seca das folhas de alface, resultado também obtido por Grangeiro et al. (2006), visto que a alface por ser composta basicamente por folhas, responde bem ao fornecimento de N, nutriente que requer um manejo adequado por ser de fácil lixiviação e pelo fato da cultura absorver maior quantidade de N na fase final do ciclo (Costa, 2013).

O P é nutriente exigido pelas culturas em menor quantidade em comparação com o K e o N, demonstrando assim o seu menor acúmulo nas folhas em relação ao K e ao N que foram mais absorvidos (Grangeiro et al., 2006). Segundo Katayama (1993), a deficiência de P em alface pode inibir o crescimento da planta e acarretar má formação de cabeça.

Lobo & Grassi Filho (2023) trabalhando com doses de composto orgânico de esterco de galinha e casca de eucalipto na cultura de alface verificaram que nos dois primeiros ciclos da cultura o tratamento de maior dose deste composto que foi calculado em função de 2 vezes a necessidade de N pela cultura obteve uma maior exportação de P pela cultura da alface.

O Ca foi o terceiro nutriente mais absorvido na matéria seca das folhas de alface resultado semelhante encontrado por Raij et al. (1997). Esse menor acúmulo pode ter sido provocado pelo efeito antagônico que grandes quantidades de K (Tabela 9) exercem na absorção de cátions bivalentes (Rodrigues e Casali, 1991).

Quanto aos teores dos micronutrientes da alface, a análise de variância não mostrou diferença entre os tratamentos para os teores de B e Fe (Tabela 11). Mas segundo Sampaio (2013), os valores de B encontrados no experimento estão abaixo do valor recomendado que é de (30 a 60 mg Kg $^{-1}$) e para o Fe (50 a 150 mg Kg $^{-1}$), estão dentro dos padrões nos dois ciclos. Pereira et al. (2005) citaram que a deficiência de B pode estar associada à ocorrência de queima dos bordos em alface cultivados em hidroponia. Observou-se no presente trabalho, que mesmo os valores do B estando abaixo do valor recomendado, não houve ocorrência de queima dos bordos da alface.

No primeiro ciclo da alface, o tratamento T1 que foi adubado como fonte de N químico apresentou o maior teor de Cu em relação aos demais tratamentos (Tabela 10), mas todos os valores do 1º ciclo encontram-se dentro dos padrões estipulados por Trani et al. (2022), que é de (7 a 20 mg Kg $^{-1}$). No 2º ciclo somente o tratamento T1(100% Q) encontra-se dentro do padrão estipulado do teor de Cu, apresentando maior teor de Cu e o T6 (50% EG + 50% CO) apresentou o menor teor de Cu em relação aos demais tratamentos. O 2º ciclo da alface não apresentou diferença estatística entre os tratamentos (Tabela 12).

Nos tratamentos T1 (100% Q), T2 (50% Q + 50% CO) e T4 (50% EG + 50% Q) do 1º ciclo obtiveram maiores teor de Mn que os demais tratamentos. No 2º ciclo da alface obteve um maior teor de Mn também para T1 (100% Q), e T2 (50% Q + 50% CO) em comparação com os demais tratamentos (Tabela 12). Para Sampaio (2013), o valor é de 30 a 150 mg Kg $^{-1}$, sendo que no 1º ciclo somente o T6 com (50% EG + 50% CO) ficou abaixo do valor estipulado e no 2º ciclo todos ficaram abaixo do valor estabelecido.

O tratamento T1 adubado com ureia no primeiro ciclo da alface apresentou um maior teor de Zn que os demais tratamentos. No segundo ciclo também o tratamento T1 apresentou maior teor, seguido do tratamento T2 com (50% Q + 50% CO) em relação aos demais tratamentos. Segundo Trani et al. (2022), os valores para o nutriente Zn na cultura da alface é 30 a 100 mg Kg $^{-1}$, observa-se na Tabela 11 que no 1º ciclo todos os valores dos tratamentos estão acima, mas no 2º ciclo os tratamentos T3 (100% CO), T4 (50% EG + 50% Q), T5 (100% EG) e T6 (50% EG + 50% CO) apresentam-se abaixo do valor padrão.

Ao realizar a análise de variância dos teores de micronutrientes da alface do 1º ciclo, houve efeito significativo para ($p<0,01$) para os elementos Cu e Zn e para o 2º ciclo o Mn apresentou um efeito significativo para ($p<0,05$) e ($p<0,01$) para o Zn.

A cultivar testada no primeiro ciclo obedeceu a seguinte ordem decrescente quanto ao seu teor de micronutrientes nas folhas: Fe>Zn>Mn>B>Cu e para o segundo ciclo obedeceu a seguinte ordem Fe>Zn>B>Mn>Cu.

Tabela 11 - Teores de micronutrientes da alface 1º e 2º ciclo em g kg⁻¹**Table 11 – Micronutrient content of lettuce 1st and 2nd cycle in g kg⁻¹**

Tratamentos 1ºCiclo		B	Cu	Fe	Mn	Zn
		mg kg⁻¹				
T1		17,27	12,75 ^a	150,75	40,25a	57,50a
T2		19,66	8,25b	133,75	40,50a	41,25b
T3		16,95	8,50b	136,50	30,50b	38,50b
T4		22,88	7,75b	150,00	37,00a	42,00b
T5		22,88	7,25b	138,50	32,50b	43,50b
T6		19,76	7,50b	131,50	26,75b	39,00b
F		1,74 ^{NS}	20,24 ^{**}	1,39 ^{NS}	2,59 ^{NS}	10,66 ^{**}
Média		19,90	8,67	140,17	34,58	43,63
CV		19,72	10,53	10,01	20,02	9,9

Tratamentos 2ºCiclo		B	Cu	Fe	Mn	Zn
		mg kg⁻¹				
T1		19,02	9,25	168,75	25,75a	49,00a
T2		24,28	6,75	104,25	23,50a	31,25b
T3		26,20	6,25	115,25	17,50b	25,25c
T4		29,86	5,00	100,50	20,50b	27,00c
T5		25,90	6,25	104,25	17,75b	26,50c
T6		26,14	3,75	89,75	15,75b	24,50c
F		2,22 ^{NS}	1,92 ^{NS}	1,98 ^{NS}	3,27*	53,26 ^{**}
Média		25,23	6,21	113,79	20,13	30,58
CV		18,92	42,91	35,17	21,25	8,35

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade. NS: não significativo pelo Teste F a 5% de probabilidade; *significativo para ($p<0,05$) e **($p<0,01$), significativo a 1% pelo Teste F.

Nota: Q: Químico; CO: Composto Orgânico; EG: Esterco de Gado.

Nota: T1 (100% Q Testemunha); T2 (50% Q + 50% CO); T3 (100% CO); T4 (50% EG + 50% Q); T5 (100% EG); T6 (50% EG + 50% CO).

Tabela 12 - Exportação de micronutrientes da alface 1º e 2º ciclo**Table 12** Export of Micronutrient from Lettuce 1st and 2nd cycle.

Tratamentos	B	Cu	Fe	Mn	Zn
1ºCiclo		mg planta⁻¹			
T1	0,57	0,42	4,90	1,29	1,88
T2	0,87	0,36	5,86	1,77	1,77
T3	0,68	0,35	5,49	1,21	1,54
T4	1,19	0,40	7,80	1,88	2,17
T5	1,10	0,34	6,47	1,55	2,05
T6	0,87	0,33	5,70	1,17	1,70
F	2,73 ^{NS}	0,70 ^{NS}	2,06 ^{NS}	2,25 ^{NS}	1,35 ^{NS}
Média	0,88	0,37	6,04	1,48	1,85
CV	32,52	23,07	23,10	27,21	21,68
2ºCiclo		mg planta⁻¹			
T1	0,51	0,25	4,73	0,70a	1,32a
T2	0,83	0,24	3,54	0,79a	1,07a
T3	0,66	0,16	2,85	0,44b	0,65b
T4	1,09	0,18	3,57	0,73a	0,95a
T5	0,92	0,24	3,84	0,64a	0,94a
T6	0,74	0,11	2,46	0,45b	0,70b
F	2,40 ^{NS}	1,19 ^{NS}	1,31 ^{NS}	2,71 ^{NS}	4,51 ^{**}
Média	0,79	0,19	3,50	0,62	0,94
CV	32,86	55,29	39,69	28,91	24,76

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade. NS: não significativo pelo Teste F a 5% de probabilidade; *significativo para ($p<0,05$) e **($p<0,01$), significativo a 1% pelo Teste F.

Nota: Q: Químico; CO: Composto Orgânico; EG: Esterco de Gado.

Nota: T1 (100% Q Testemunha); T2 (50% Q + 50% CO); T3 (100% CO); T4 (50% EG + 50% Q); T5 (100% EG); T6 (50% EG + 50% CO).

De acordo com a análise de variância, conforme Tabela 12 para o 1º e 2º ciclo do experimento em relação ao acúmulo de nutrientes nas folhas, não houve efeito significativo ($p<0,05$) para o B, Cu, Fe, Mn e Zn, somente o nutriente Zn no acúmulo da matéria seca das plantas de alface do 2º ciclo houve efeito significativo ($p<0,01$).

No que diz respeito à exportação de micronutrientes da alface no 1º ciclo, tem-se a seguinte ordem decrescente: Fe>Zn>Mn>B>Cu e no 2º ciclo Fe>Zn>B>Mn>Cu. Como a exportação de Fe foi maior em relação aos demais micronutrientes, para Lobo et al. (2015) isto ocorre porque quando a planta absorve quantidade alta de Fe pode diminuir a absorção de Mn.

Assim neste trabalho a maioria dos teores de nutrientes apresentou-se abaixo do valor adequado, segundo as recomendações de Trani et al. (2022). Para a determinação dos teores adequados dos nutrientes utilizou-se a diagnose foliar no final do ciclo e segundo Trani et al. (2022) esta diagnose é feita no 2/3 do final do ciclo e as amostragens neste experimento foram realizadas na colheita da alface com o intuito de observar a sua exportação e em nenhum dos tratamentos foram observados sintomas de deficiência nutricional.

Desta forma o uso de compostos orgânicos pode contribuir no aumento da produção de massa fresca e na produtividade da alface; contudo, o maior ou menor grau de contribuição parece estar ligado ao teor nutricional do composto (Sediyama, 2016). Neste sentido, os fertilizantes orgânicos T5 (100% EG) e o T4 (50% EG + 50% Q) pode ter proporcionado maior exportação de nutrientes na planta e maior produtividade, devido à aplicação de maior quantidade de nutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S) e de micronutrientes (B, Cu, Fe, Mn e Zn) (Tabelas 10 e 11). Segundo Souza e Resende (2006), as características do solo podem sofrer alterações melhorando a sua qualidade, tais como aumento na biodiversidade, com o surgimento de microrganismos e fungos, que contribuem para o crescimento das plantas.

Os tratamentos T4 (50% EG + 50% Q) e T5 (100% EG) promoveram um incremento na biomassa fresca, seca e nas quantidades de macro e micronutrientes exportadas pelas plantas de alface (Tabelas 11 e 12). Esse fato deve-se provavelmente, à composição e a maior taxa de decomposição dos resíduos orgânicos no tratamento T4 (50% EG + 50% Q) e T5 (100% EG), que ocorre de forma dinâmica, especialmente quando um fertilizante orgânico é adicionado ao solo.

Os fertilizantes orgânicos de várias origens são empregados no cultivo de alface, destacando-se o composto orgânico, que, além de proporcionar melhoria das propriedades físicas e químicas do solo (Kiehl,

1985), reduz a necessidade de uso de fertilizantes minerais. O aumento dos teores de matéria orgânica do solo geralmente relaciona-se com o aumento na eficiência de utilização dos nutrientes, levando a um aumento na produtividade das culturas (Costa et al., 2013). Os compostos orgânicos, normalmente, apresentam alto teor de N, que é um dos nutrientes mais extraídos pela alface, sendo responsável pelo maior desenvolvimento vegetativo e, consequentemente, aumento na produtividade e massa fresca da planta (Sedyiyama, 2016).,

Conclusões

O melhor manejo de fornecer N para a cultura da alface, foi às plantas adubadas com esterco de gado, obtendo uma maior produtividade que as plantas que receberam adubação com ureia e composto orgânico.

Considerando a nutrição mineral das plantas, os resultados mostraram que as plantas adubadas com esterco de gado e ureia exportaram a maior quantidade de N, Ca, Mg, S, B, Fe e Mn que as adubadas com alternativas testadas neste experimento para o fornecimento de N na cultura da alface.

Referências

- ALMEIDA DL et al (1988) Manual de adubação para o Estado do Rio de Janeiro. Ed. Universidade Rural, Coleção Universidade Rural, série Ciências Agrárias, 179p.
- ALMEIDA TBF, Prado RM, Puga AP, Correia MAR, Barbosa JC (2011) Avaliação nutricional da alface cultivada em soluções nutritivas suprimidas de macronutrientes. Revista Biotemas, v.24, n 2, p.27-36. <https://doi.org/10.5007/2175-7925.2011v24n2p27>
- AQUINO LA, Puiatti M, Abaurre MEO, Cecon PR, Pereira, PRG, Pereira FHF, Castro MRS (2007) Produção de biomassa, acúmulo de nitrato, teores e exportação de macronutrientes da alface sob sombreamento. Horticultura Brasileira, v.25, n.3, p.381-386. <https://doi.org/10.1590/S0102-05362007000300012>
- Associação Brasileira do Comércio de Sementes e Mudas - ABCSEM (2016) 2º Levantamento de dados socioeconômicos da cadeia produtiva de hortaliças no Brasil.
- BARBOSA JC, Maldonado Júnior W (2015) Experimentação Agronômica & AgroEstat: Sistema para Análises Estatísticas de Ensaios Agronômicos. Jaboticabal. Gráfica Multipress Ltda. 396p.
- BARROS Júnior AP, Grangeiro LC, Bezerra Neto F, Negreiros MZ, Souza JO, Azevedo PE, Medeiros DC (2004) Cultivo da alface em túneis baixos de agrotêxtil. Horticultura Brasileira, Brasília, v.22, n.4, p. 801-803. <https://doi.org/10.1590/S0102-05362004000400028>
- BENINNI ERY, Takahashi HW, Neves CSVJ (2005) Concentração e acúmulo de macronutrientes em alface cultivada em sistemas hidropônico e convencional. Semina: Ciências Agrárias, Londrina, v. 26, n. 3, p. 273-282. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2005v26n3p273>
- BLAT SF, Sanchez SV, Araújo JAC, Bolonhezi D (2011) Desempenho de cultivares de alface crespa em dois ambientes de cultivo em sistema hidropônico. Horticultura Brasileira, v.29, p. 135-138. <https://doi.org/10.1590/S0102-05362011000100024>
- BOMBILIO DC (2005) Compostagem de esterco suíno em cinco teores de umidade e três sistemas de aeração. UESC (Dissertação de Mestrado). Lages, SC, 61p.

- BRASIL (2006) Resolução CONAMA nº. 375. Disponível em <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res06/res37506.pdf>>. Acesso em: 11/03/2018.
- BUENO CR (1998) Efeito da adubação nitrogenada em cobertura via fertirrigação por gotejamento para a cultura da alface tipo americana em ambiente protegido.. 54 p. Universidade federal de Lavras. (Dissertação Mestrado em fitotecnia).
- CAETANO LCS, FERREIRA JM, ARAÚJO ML (1999) Produtividade de cenoura e alface em sistema de consorciação. Horticultura Brasileira, v.17, n.02, p. 143-146. <https://doi.org/10.1590/S0102-05361999000200013>
- CHAVES FCM, Ming LC, Ehler PAD (2002) Influence of organic fertilization on leaves and essential oil production of *Ocimum gratissimum* L. Acta Horticultae, v.576, p.273-275. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2002.576.40>
- COSTA CG (2017) Uso de composto de resíduos da unidade de alimentação e nutrição do IFMG-Campus São João Evangelista na cultura da alface (*Lactuca sativa* L.). IFECTMG (TCC Bacharelado em Agronomia)-Campus São João Evangelista.
- COSTA EM, Silva HF, Ribeiro PR (2013) Matéria orgânica do solo e o seu papel na manutenção e produtividade dos sistemas agrícolas. Enciclopédia Biosfera; v.9, n.17, p. 1842-1860.
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária EMBRAPA (2013) Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Brasília - DF Centro Nacional de Pesquisa de Solos/Embrapa, 353p.
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária EMBRAPA (2009) Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. 2ª edição revista e ampliada. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 627p.
- FILGUEIRA FAR (2013) Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. 3ª ed. rev. Ampl. Viçosa: UFV, 421p.
- FINATTO J, Altmayer T, Martini MC, Rodrigues M, Basso V, Hoehne L (2013) A importância da utilização da adubação orgânica na agricultura. Revista Destaques Acadêmicos, v.5, n.4, p.85-93.
- FREITAS, GR.; Silva, RN.; Barros, HB.; Melo, AV.; Abrahao, AP(2013) Produção de mudas de alface em função de diferentes combinações de substratos. Revista Ciencia Agronomicas, v.4, n.1, p. 159-166. ISSN 1806-6690 <https://doi.org/10.1590/S1806-66902013000100020>
- GARCIA LLC (1982) Absorção de macro e micronutriente e sintomas de carência de macronutrientes em alfaces (*Lactula sativa* L.) cv. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (Dissertação mestrado), Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- GARCIA LLC, Haag HP, Neto VD. (1982). Nutrição mineral de hortaliceas. Deficiência de macronutriente em alface (*Lactuce sativa* L). Anais na Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Piracicaba, v.39, n.1, p.349-362. <https://doi.org/10.1590/S0071-12761982000100023>
- GOMES Pimentel (1984) Adubos e Adubações, São Paulo, Nobel,187p.
- GOULART RGT, Santos CA dos, Oliveira CM de, Costa ESP, Oliveira FA de, Andrade NF de, Carmo MGF do.(2018) Desempenho agronômico de cultivares de alface sob adubação orgânica em Seropedica-RJ. Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável. v. 8, n. 3, p. 66-72. <https://doi.org/10.21206/rbas.v8i3.3011>
- GRANGEIRO LC, Kamargo RC, Medeiros MA, Salviano AM, Negreiros MZ; Bezerra Neto F, Oliveira SL (2006) Acúmulo de nutrientes por três cultivares de alface cultivadas em condições do semi-árido. Horticultura Brasileira 24: 190-194. <https://doi.org/10.1590/S0102-05362006000200013>
- GUALBERTO R, Oliveira PSR, Guimarães AM (2009) Adaptabilidade e estabilidade fenotípica de cultivares de alface do grupo crespa em cultivo hidropônico. Horticultura Brasileira, vol. 27, p.007-011. <https://doi.org/10.1590/S0102-05362009000100002>
- HERMINIO DBC (2005) Produção, qualidade e conservação pós-colheita de mandioquinha salsa (*Arracacia Xanthorrhiza* Bancroft) sob adubação mineral, orgânica e biodinâmica. Unesp (Dissertação Mestrado em Agronomia).
- HOTTA LFK (2008) Interação de progénies de alface do grupo americano por épocas de cultivo. Unesp (Dissertação Mestrado),Botucatu, 87p..
- KANO C, Cardoso All, Vilas Boas RL (2012) Acúmulo de nutrientes e resposta da alface à adubação fosfatada. Revista Biotemas, v. 25, n. 3, p. 39-47. <https://doi.org/10.5007/2175-7925.2012v25n3p39>

- KATAYAMA M (1993) Nutrição e adubação de alface, chicória e almeirão. In: Nutrição e adubação de hortaliças. Piracicaba. Associação Brasileira para pesquisa da Potassa e do Fosfato, p.141-148.
- KIEHL EJ (1985) Fertilizantes Orgânicos. 1^a ed. São Paulo. Ed. Ceres, 492 p.
- KIEHL EJ (2004) Manual de compostagem: maturação e qualidade do composto. 4^oEd. Piracicaba, 173 p.
- KOO RCJ, Reese RL (1977) Influence of nitrogen, potassium, and irrigation on citrus fruit quality. In: INTERNATIONAL CITRUS CONGRESS Riverside. Proceedings. Riverside: International Society of Citriculture. p. 34-38.
- LOBO TF, Franzolin MAB, Grassi Filho H, Alves P (2015) Produção e nutrição da alface através do aproveitamento de resíduos orgânicos pelo processo de compostagem. I Congresso Paulista de Extensão Rural, Agudos, São Paulo.
- LOBO TF, Grassi Filho H (2023) Evaluation of organic and mineral nitrogen in four successive leittuce crop cycles. Ciencia Agricola. v. 21. <https://doi.org/10.28998/rca.21.11877>
- LOBO TF, Grassi Filho H, Motta ABF (2016) Eficiência do manejo do nitrogênio químico e orgânico irrigado com água residuária na alface. Environmental Research & Technology. v. 1, p. 43-55.
- MALAVOLTA E, Vitti GC, Oliveira AS (1997) Avaliação do estado nutricional das plantas: Princípios, métodos e técnicas de avaliação do estado nutricional. 2^a edição. Piracicaba - SP. Editora Potafós, 319p.
- MIRANDA MJ DE et al.(2010) Clima do Municípios Paulistas - Classificação Climática de Köeppen - Cândido Mota. Campinas: Cepagri.
- MONCHELATO V, Fernandes FM (2022) Adubação orgânica e mineral na produção de alface. Revista Agrofib, v. II, p. 79-89. <https://doi.org/10.59237/agrofib.v2i.574>
- MOTTA ABF (2016) Produção e nutrição mineral da alface sob adubação mineral, orgânica e biodinâmica. USC (Dissertação de mestrado) Bauru - SP, 96p.
- NACHTIGALL GR, Vahl LC (1991) Capacidade de suprimento de potássio dos solos da região do Rio Grande do Sul. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 15, p. 37-42.
- NOGUEIRA Filho H, Santos O, Borcioni E, Sinchak S, Puntel, R (2003) Aquaponia: Interação entre alface hidropônica e criação superintensiva de Tilápias. Horticultura Brasileira, Brasília, v. 21, n. 2.
- OLIVEIRA EM, Queiroz SB, Silva VF (2009) Influência da matéria orgânica sobre a cultura da alface. Engenharia Ambiental: Pesquisa e Tecnologia, v.6, p. 285-292.
- OLIVEIRA EQ, Souza RJ, Cruz MCM, Marques, VB, França AC (2010) Produtividade de alface e rúcula em sistema consorciado, sob adubação orgânica e mineral. Horticultura Brasileira, v. 28, p. 36-40. <https://doi.org/10.1590/S0102-05362010000100007>
- OLIVEIRA JN de (2010) Compostagem e vermicompostagem de bagaço de cana-de-açúcar da produção de cachaça de alambique. UESC (Dissertação de mestrado). Ilhéus, BA.
- ORRICO Junior MAP, Orrico ACA, Lucas Junior J de L (2010) Compostagem dos resíduos da produção avícola: cama de frangos e carcaças de aves. Engenharia Agrícola, v.30, n.3, p. 538-545.
<https://doi.org/10.1590/S0100-69162010000300017>
- PEREIRA C, Junqueira AMR, Oliveira AS (2005) Balanço nutricional e incidência de queima de bordos em alface produzida em sistema hidropônico - NFT. Horticultura Brasileira, Brasília, DF, v. 23, n. 3, p. 810-814. <https://doi.org/10.1590/S0102-05362005000300024>
- PEREIRA Neto JT (1987) On the treatment of municipal refuse and sewage sludge using aerated static pile composting; a low cost technology approach. University of leeds, Inglaterra. P. 839-845. <https://doi.org/10.2166/wst.1987.0262>
- PIMENTEL MS, Lana AMQ, De-Polli H (2009) Rendimentos agronômicos em consórcio de alface e cenoura adubadas com doses crescentes de composto orgânico. Revista Ciências Agronômica, v.40, n.1, p. 106-112.
- PORTO VC, Negreiros MZ, Neto FB, Nogueira ICC (1999) Fontes e doses de matéria orgânica na produção de alface. Revista Caatinga. Mossoro RN, v. 12, p.7-11.
- PRADO RM (2008) Nutrição de plantas. São Paulo: Editora UNESP, 408 p.
- QUEIROZ FF (2007) Avaliação do aproveitamento de resíduos vegetais por meio da compostagem

- em leiras revolvidas. Estudo de caso de Londrina. UEL (Dissertação de Mestrado), 66p.
- QUEIROZ JP da S, Costa AJM da, Neves LG, Seabra Junior S, Barelli MAA (2014) Estabilidade fenotípica de alfaces em diferentes épocas e ambientes de cultivo. Revista Ciência Agronômica, v. 45, n. 2, p. 276-283. <https://doi.org/10.1590/S1806-66902014000200007>
- RAIJ B van, Andrade J C, Cantarella H, Quaggio JA (2001) Análise Química para fertilidade de solos tropicais. 1ª Edição, INSTITUTO AGRONOMICO - FUNDAÇÃO IAC 285p.
- RODRIGUES ET, Casali VWA (1991) Efeito da adubação orgânica sobre o pH e a condutividade elétrica em solos cultivados com alface. Horticultura Brasileira, Brasília, v.9, n.1, p.162-164.
- RODRIGUES ET, Casali VW (1998) Resposta alface a adubação orgânica II Teores conteúdos e utilização de macronutrientes em cultivares. Revista ceres. UFV, Viçosa, v.45, n. 261, p. 437-449.
- SALDANHA CF, Ribeiro KD (2021) Eficiência de composto de cama de frango com adubo orgânico no cultivo de alface (*Lactuca sativa L.*) em ambiente protegido. Periódico da Universidade vale do Rio Verde. v. 5, n. 1, p. 49-62. ISSN: 2526-690X. <https://doi.org/10.5892/st.v5i1.6323>
- SAMPAIO BS (2013) Biofertilizante na produção de alface. UFES (Dissertação Mestrado em Agricultura Tropical) Centro Universitário Norte do Espírito Santo, São Mateus.
- SANCHEZ SV (2007) Avaliação de cultivares de alface crespa produzidas em hidroponia tipo NFT em dois ambientes protegidos em Ribeirão Preto (SP). Unesp (Dissertação Mestrado em Produção Vegetal), Jaboticabal, 63p.
- SANTANA CTC, Santi A, Dallacort R, Santos ML, Menezes CB de (2012) Desempenho de cultivares de alface americana em resposta nas diferentes doses de torta de filtro. Revista Ciência Agronômica. v.43, p. 22-29. <https://doi.org/10.1590/S1806-66902012000100003>
- SCHELLER E (2008) Fundamentos científicos da nutrição vegetal na agricultura ecológica. Botucatu: Associação Brasileira de Agricultura Biodinâmica,78p.
- SEDIYAMA MAN, Garcia NCP, Vidigal SM, Matos AT (2000) Nutrientes em compostos orgânicos de resíduos vegetais e dejetos de suínos. Scientia Agricola, v. 57, p. 185-189. <https://doi.org/10.1590/S0103-90162000000100030>
- SEDIYAMA MAN, Magalhães IPB, Vidigal SM, Pinto CL de O, Cardoso DSCP, Fonseca MCM, Carvalho IPL de (2016) Uso de Fertilizantes orgânicos no cultivo de alface Americana. (*Lactuca sativa L.*) 'Kaiser'. Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável. v.6, n.2, p. 66-74. <https://doi.org/10.21206/rbas.v6i2.308>
- SILVA FAM, Vilas-Boas RL, Silva RB (2010) Resposta da alface a adubação nitrogenada com diferentes compostos orgânicos em dois ciclos sucessivos. Acta Scientiarum Agronomy, v.32, p.131-137. <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v32i1.1340>
- SILVA FC, Boaretto AE, Berton RS, Zotelli HB, Pexe CA, Bernardes HM (2001) Efeito do lodo de esgoto na fertilidade de um argissolo Vermelho-amarelo cultivado com cana-de-açúcar. Pesquisa Agropecuaria Brasileira, Brasilia, v. 36, n.5, p.831-840. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2001000500014>
- SMITH SR, Hadley P(1989) A comparison of organic and inorganic nitrogen fertilizer: their nitrate-N and ammonium- N release characteristics and effect on the growth response of Lettuce (*Lactuca sativa L.* cv Fortune) Plant and Soil, v. 115, n. 1, p. 135-144. <https://doi.org/10.1007/BF02220704>
- SOUZA JÁ (2005) Generalidades sobre efeitos benéficos da matéria orgânica na agricultura. Informe Agropecuário, v.26, p.7-8.
- SOUZA PA, Negreiros MZ, Menezes JB, Bezerra Neto F, Souza GLFM, Carneiro CR, Queiroga RCF (2005) Características químicas de alface cultivada sob efeito residual da adubação com composto orgânico. Horticultura Brasileira, v. 23, p. 754-757. <https://doi.org/10.1590/S0102-05362005000300013>
- SUNADA N da S (2011) Efluente de abatedouro avícola: processos de biodigestão anaeróbia e compostagem. UFGD (Dissertação de Mestrado). Dourados, 87p.
- TAVARES HL, JUNQUEIRA AMR (1999) Produção hidropônica de alface cv. Veronica em diferentes substratos. Horticultura Brasileira, Brasília, v. 17, n. 3, p. 240-243. <https://doi.org/10.1590/S0102-05361999000300014>
- TRANI PE, Purquerio LFV, Figueiredo, GJB de, Tivelli SW, Blat SF (2022) Hortaliças. In: Cantarella H, Quaggio JA, Mattos Junior D, Boaretto RM, Raij B van (2022) Recomendações de adubação e

calagem para o Estado de São Paulo. 3 ed. rev. atual. Campinas: Instituto Agronômico/Fundação IAC, (Boletim Técnico, 100), cap. 3,11. p. 362-366.

TRENTINI H, Hojo ETD (2019) Uso da adubação orgânica e mineral na produtividade de alface americana cv. Amelia. Revista Saber. Ed. Especial, p.83-90. ISSN 2175-2214.

TURAZI CMV, Junqueira AMR, Oliveira AS, Borgo LA (2006) Acúmulo de nitrato em alface em função da adubação, horária de colheita e tempo de armazenamento. Horticultura Brasileira, 241p. 65-70. <https://doi.org/10.1590/S0102-05362006000100013>

VIANA EPT, Dantas RT, Silva RTS, Costa JHS, SOARES LA dos A (2013) Cultivo de alface sob diferentes condições ambientais. Agropecuária Científica no Semiárido, v.9, n.2. <https://doi.org/10.30969/acsa.v9i2.316>

VIDIGAL SM, Ribeiro AC, Casali VWD, Fontes LEF (1995) Resposta da alface (*Lachula sativa*) ao efeito residual da adubação orgânica. Ensaio de campo. Revista Ceres, Viçosa, v.42, n. 239, p. 80-88.

VILAS Boas RC, Carvalho J de A, Gomes LAA, Souza KJ de, Rodrigues RC, Souza AMG de (2007) Efeito da irrigação no desenvolvimento da alface crespa, em ambiente protegido, em Lavras, MG. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, V.11, nº4, p.393-397.<https://doi.org/10.1590/S1415-43662007000400008>

WERLE R, Garcia RA, Rosolem CA (2008) Lixiviação de potássio em função da textura e da disponibilidade do nutriente no solo. Revista Brasileira de Ciência do Solo, vol. 32, p. 2297-2305. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832008000600009>

YURI JE, Resende GM, Rodrigues Junior JC, Mota JH, Souza RJ (2004) Efeito de composto orgânico sobre a produção e características comerciais de alface americana. Horticultura Brasileira, Brasília, v. 22, n.1, p. 127-130. <https://doi.org/10.1590/S0102-05362004000100027>