

Resposta da alface à aplicação de doses, de biofertilizante e lâminas de irrigação

Lettuce response to dosage application, biofertilizer and irrigation blades

Respuesta de la lechuga a la aplicación de dosis, biofertilizante y riego

Recebido: 23/05/2022 | Revisado: 10/06/2022 | Aceito: 15/06/2022 | Publicado: 17/06/2022

Kelly Nascimento Leite

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1919-9745>
Universidade Federal do Acre, Brasil
E-mail: kelly.leite@ufac.br

Querolaine Sampaio Oliveira

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9532-5390>
Universidade Federal do Acre, Brasil
E-mail: querolainesampaio@gmail.com

Kecy Dhones Monteiro Marques

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4828-4455>
Universidade Federal do Acre, Brasil
E-mail: kercy40@gmail.com

Porfirio Ponciano de Oliveira Júnior

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5434-3218>
Universidade Federal do Acre, Brasil
E-mail: porfirio.junior@ufac.br

Geocleber Gomes de Sousa

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1466-6458>
Universidade Internacional da Lusofonia Afro Brasileira, Brasil
E-mail: sousa.geo@unilab.br

Jefferson Vieira José

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1384-0888>
Universidade Federal do Acre, Brasil
E-mail: jefferson.jose@ufac.br

Resumo

A alface é uma cultura cultivada amplamente em todo país, são sensíveis ao estresse hídrico, todavia são beneficiadas pelo emprego de adubos orgânicos. O objetivo desse trabalho foi avaliar o crescimento, desenvolvimento e produtividade da alface sob efeito de quatro doses de biofertilizante de origem bovina e diferentes lâminas de irrigação. Testaram-se quatro doses de biofertilizante 10, 20, 40 e 60 m³ha⁻¹, e quatro lâminas de irrigação, 100, 90, 80 e 70% das necessidades hídricas da planta. As variáveis analisadas foram, número de folhas, diâmetro da copa, crescimento radicular, massa fresca da parte aérea, massa seca da parte aérea e massa seca da raiz. As melhores variáveis foram alcançadas com as maiores doses de biofertilizante acima de 20 m³ha⁻¹. As lâminas de irrigação também tiveram influência positiva no desenvolvimento da cultura, a que melhor influenciou no desenvolvimento da alface foi a lâmina de 126 mm, correspondente a 90% das necessidades hídricas calculadas, assim a lâmina de 100% pode causar decréscimo no crescimento, por excesso de água. Portanto o uso do biofertilizante é uma alternativa viável, podendo aumentar a produtividade e afetar de maneira positiva as variáveis qualitativas da alface.

Palavras-chave: Manejo de Irrigação; Biofertilizante bovino; Produtividade da alface.

Abstract

Lettuce is a crop widely cultivated throughout the country, they are sensitive to water stress, however they benefit from the use of organic fertilizers. The objective of this work was to evaluate the growth, development and productivity of lettuce under the effect of four doses of biofertilizer of bovine origin and different irrigation depths. Four doses of biofertilizer 10, 20, 40 and 60 m³ha⁻¹ were tested, and four irrigation depths, 100, 90, 80 and 70% of the water requirements of the plant. The variables analyzed were, number of leaves, crown diameter, root growth, fresh mass of the aerial part, dry mass of the aerial part and dry mass of the root. The best variables were achieved with the highest doses of biofertilizer above 20 m³ha⁻¹. The irrigation depths also had a positive influence on the development of the crop, the one that best influenced the development of the lettuce was the 126 mm blade, corresponding to 90% of the calculated water needs, so the 100% blade can cause a decrease in growth, for excess water. Therefore, the use of biofertilizer is a viable alternative, which can increase productivity and positively affect the qualitative variables of lettuce.

Keywords: Irrigation management; Bovine biofertilizer; Lettuce productivity.

Resumen

La lechuga es un cultivo que se cultiva en todos los países, son resistentes al estrés hídrico, pero tienen usos orgánicos beneficiosos. El objetivo de este trabajo fue evaluar el crecimiento, desarrollo y productividad de lechuga bajo el efecto de cuatro dosis de biofertilizante bovino y diferentes profundidades de riego. Se probaron cuatro dosis de biofertilizante 10, 20, 40 y 60 m³ha⁻¹, y cuatro profundidades de riego, 100, 90, 80 y 70% de los requerimientos hídricos de la planta. Como variables fueron número de hojas, diámetro de copa, crecimiento de raíces, masa fresca de brotes, masa seca de brotes y masa seca de raíces. Las mejores variables se lograron con las dosis más altas de biofertilizante por encima de 20 m³ha⁻¹. Las profundidades de riego también influyeron positivamente en el desarrollo del cultivo, la que influyó en lechuga fue la profundidad de desarrollo del cultivo de 126 mm, que corresponde al 90% de agua en el desarrollo de las necesidades, así como el 10% de profundidad de crecimiento puede provocar una disminución en exceso de Agua. Por lo tanto, el uso de biofertilizantes es una alternativa viable, pudiendo incrementar la productividad y de manera positiva como variables cualitativas de la lechuga.

Palabras clave: Manejo del Riego; Biofertilizante bovino; Rendimiento de lechuga.

1. Introdução

A alface (*Lactuca sativa L.*), é bastante conhecida e amplamente produzida devido seu sistema produtivo consolidado, entretanto, devido o Brasil ter um território muito extenso e com isso uma grande variação de condições de solos e temperaturas os desafios com relação ao seu cultivo ainda é um fator muito importante. Grande parte do território brasileiro possui o clima predominantemente tropical, e esse é o principal problema enfrentado no cultivo dessa cultura, pois a mesma é pouco tolerante à elevadas temperatura do ar, como também à alta incidência de radiação solar (Sala & Costa, 2012).

As hortaliças em geral são exigentes em água tanto em quantidade como em qualidade, sendo sua produtividade afetada de maneira significativa em sua ausência (Dantas, 1997). O déficit hídrico provoca o aumento na temperatura das folhas e fechamento dos estômatos, diminuindo assim a fotossíntese, como consequência, a cultura ajusta a superfície foliar à disponibilidade hídrica, o que provoca diminuição no seu rendimento (Taiz & Oliveira, 2017).

Lédo et al., (2000), ressaltam que sob condições de clima equatorial, úmido e chuvoso, há comprometimento na boa produtividade da alface, em cultivo convencional varia de 110 a 198 g por planta, no período de chuva, e de 192 a 373 g por planta, em período de estiagem; já Ferreira et al., (2014), destacam que no período de estiagem e em sistema orgânico, a produtividade varia de 171,7 a 272,1 g por planta. A alface no agronegócio brasileiro se destaca como a terceira hortaliça em maior volume de produção (Hortibrasil, 2013).

Contudo as hortaliças são beneficiadas pelo emprego de adubos orgânicos (Filgueira, 2000), a utilização de biofertilizantes, produzidos em biodigestores anaeróbios, ou aeróbios apresentam-se como uma alternativa interessante ao se reaproveitar dejetos orgânicos. Os biofertilizantes são fáceis de serem obtidos, tendo disponibilidade na propriedade agrícola, pois, geralmente são compostos de excrementos de animais, gerando economia com insumos importados e, ainda, promovendo melhorias no saneamento ambiental (Chiconato et al., 2013).

Quando enriquecido o solo com matéria orgânica, o solo tende a sofrer modificações nas propriedades físicas e químicas, como, densidade do solo, estado de agregação das partículas capacidade de retenção de água, condutividade hidráulica, aeração e condutividade elétrica (Freire et al., 2018). Nos últimos anos pesquisadores vêm utilizando biofertilizantes como atenuadores do estresse salino no crescimento e desenvolvimento das plantas (Sousa et al., 2017; Galbiatti et al., 2010). De forma indireta, as propriedades físicas do solo podem ser melhoradas através de um efeito flocculante próprio da matéria orgânica, que melhora o movimento do ar, da água e dos nutrientes, o que permite incrementar o crescimento e a penetração de raízes no solo.

Os biofertilizantes são compostos de resíduo final da fermentação de esterco bovino fresco contendo microrganismos (bactérias, leveduras, algas e fungos filamentosos), apresentando alto teor de sais dissolvidos, o que poderia provocar uma diminuição do potencial osmótico, com a diminuição do gradiente de potencial e em condições de baixa umidade de água no

solo o uso desse fertilizante poderia acentuar o déficit hídrico fisiológico da planta (Sousa et al., 2018). Contudo a utilização de biofertilizantes sem uso adequado de irrigação continuada, pode aumentar a condutividade elétrica no extrato de saturação, devido a sua alta concentração de sais (Taiz & Oliveira, 2017).

Evidenciando ainda mais a importância da utilização da irrigação não só para o controle do suprimento hídrico em todas as fases do cultivo, mas para a garantia das trocas gasosas da planta.

Diante o exposto esse trabalho teve como objetivo, avaliar o crescimento, desenvolvimento e produtividade da Alface sob efeito de quatro doses de biofertilizante de origem bovina (efluente de biodigestor) a diferentes lâminas de irrigação.

2. Metodologia

O experimento foi realizado no período de outubro de 2018 a janeiro de 2019 em uma área experimental do Campus Floresta-UFAC, localizado no município de Cruzeiro do Sul - Acre, latitude 07° 37' 52" S, longitude 72° 40' 12" W. A pesquisa foi realizada em ambiente protegido tipo "guarda-chuva" para controlar excessos de chuva que impossibilitassem o controle de lâmina da irrigação, ou hipóxia radicular da cultura.

O clima, conforme a classificação de Thornthwaite é do tipo B_{1r}A'a', clima úmido com pequeno déficit hídrico, sem deficiência térmica e verão concentrado, com temperatura média anual em torno de 24,5°C, umidade relativa do ar de 84% e precipitação de 1.700 a 2.400 mm (Araújo, *et. al.*, 2020).

As sementes de alface foram semeadas em bandejas com substrato comercial Vivatto Plus e transplantadas aos 15 dias após a semeadura. Para o plantio foram utilizadas mudas certificadas cultivar Elba do grupo Crespa, o plantio foi realizado em vasos de 18 litros, uma planta por vaso espaçados a 0,5 m.

O solo utilizado para preenchimento dos vasos foi classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo de textura franco-arenosa. Antes do preenchimento dos vasos o solo foi homogeneizado e coletaram-se amostras compostas aleatórias no montante. Em seguida, as amostras foram homogeneizadas e submetidas a análises laboratoriais para estimativa das características físico-químicas (Tabela 1) e conforme recomendações da EMBRAPA (1997).

Tabela 1 – Análise físico – química do solo utilizado no experimento.

Características Físicas									
Composição granulométrica					Densidade do solo (kg.m ³)	pH	CE (dSm ⁻¹)	CC (%)	PMP (%)
Areia grossa (g kg ⁻¹)	Areia Fina (g kg ⁻¹)	Silte (g kg ⁻¹)	Argila (g kg ⁻¹)	Classe textural					
405	386	96	113	Franco arenosa		5	0,15	7,52	4,52
Características químicas									
cmolc kg ⁻¹					g kg ⁻¹		Mg kg ⁻¹		
Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	H ⁺⁺ Al ³⁺	Al ³⁺	N	C	MO	P
1,7	1,2	0,06	0,11	1,65	0,1	0,52	5,94	10,24	6

Fonte: Laboratório de solos UFC (2018).

Durante o período de crescimento foram realizadas limpezas de plantas espontâneas diariamente. As irrigações e adubações foram conduzidas na periodicidade exigida pelos tratamentos experimentais.

O biofertilizante utilizado no experimento foi proveniente de resíduos da bovinocultura, em biodigestor, a biodigestão ocorre por meio de microrganismos, tendo como produto o gás metano e como efluente do biodigestor. O biofertilizante foi

submetido a análise química dos macros e micronutrientes, (Tabela 2).

Tabela 2. Análise química do biofertilizante de origem bovino utilizada no experimento.

Biofertilizante									
MgL ⁻¹									
N	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Mn	Cu	Zn
140,0	51,0	40,0	42,0	23,0	18,0	1,0	0,3	0,1	1,1

Fonte: Autores.

A quantidade de biofertilizante aplicada foi estimada em função da necessidade de nutrientes da cultura, e os tratamentos experimentais, 10, 20, 30 40 e 60 m³/há respectivamente. Aplicados a cada três dias manualmente com auxílio de uma proveta na quantidade e periodicidade previamente estabelecida.

As irrigações foram realizadas através de um sistema de irrigação localizada por gotejamento, trabalhando a uma pressão média de 2 kgf/cm² e vazão nominal de 1,5 Lh⁻¹, espaçados a 0,5 m, resultando em um emissor por planta.

A condução d'água às plantas das parcelas por bloco foi composta de linhas laterais espaçadas a 0,5m, uma linha lateral por fileira de planta, diâmetro nominal 16 mm, PN 250 kPa e 8 m de comprimento. Ao início de cada linha lateral estava instalado um registro de controle individual, para o diferencial das lâminas requeridas de acordo com os tratamentos experimentais e aplicadas diariamente.

As linhas laterais eram abastecidas por linhas secundárias de PVC soldável de 50 mm, PN 400 kPa.

O sistema de irrigação foi previamente avaliado no campo, sob condições normais de operação, utilizando a metodologia preconizada por Keller e Karmeli (1978), no cálculo da uniformidade de distribuição utilizou-se a Equação 1.

$$CUD = \left[\frac{q(25\%)}{q_{med}} \right] \times 100 \quad \text{Eq. 1}$$

Onde, q (25%) – é a média de ¼ das menores vazões coletadas; e q med, a média total das vazões coletadas.

O sistema de irrigação apresentou uma uniformidade de distribuição de 90%, caracterizado segundo os autores como excelente.

A quantidade de água aplicada foi determinada mediante a necessidade de reposição das perdas decorrentes da evapotranspiração da cultura (ET_c), levando-se em consideração a irrigação pontual. A evapotranspiração de referência (ET_o) foi determinada utilizando dados de uma série histórica climatológica de 1984 a 2017 INMET (2019) e estimada através da equação de Hargreaves e Samani (1989).

Portanto a lâmina do tratamento T1 (100% da reposição hídrica) foi calculada através da Equação 2, utilizando os coeficientes da cultura (K_c) 0,6; 1,0; 1,2 para as fases, inicial médio e final respectivamente (Allen et. al., 2015). Às demais lâminas de irrigação aplicadas nas parcelas foram 90, 80 e 70% das necessidades totais.

$$T_i = \left[\frac{ET_o \times K_c \times A_p}{q_{emissor}} \right] \quad \text{Eq. 2}$$

Onde: T_i: é o tempo de funcionamento do sistema de irrigação (h), K_c é o coeficiente da cultura para cada fase fenológica do cultivo, A_p, é a área da planta (m²) e q emissor é a vazão do emissor (L/h).

O delineamento experimental utilizado foi blocos ao acaso com parcelas subdivididas, com quatro níveis de irrigação

70%, 80%, 90%, 100%, da relação ET_a/ET_m (evapotranspiração real e evapotranspiração potencial) em linhas e quatro tratamentos de adubação 10, 20, 40 e 60 m³/ha de biofertilizante bovino, 3 blocos e 2 plantas por repetição, totalizando 96 amostras.

As análises de crescimento da parte aérea da alface foram realizadas de maneira indestrutível, aos 10°, 20° e 30° dias após plantio (DAP). As características avaliadas foram: número de folhas (NF) e diâmetro da parte aérea. (D).

A colheita foi realizada ao 30° DAP, as plantas foram colhidas postas em bandejas devidamente etiquetadas e transportadas ao laboratório de fitotecnia da Universidade Federal do Acre, Campus Floresta, onde foram lavadas, separadas sua parte aérea e raiz, pesadas e medidas respectivamente.

Por ser uma planta basicamente composta 95% de água, as alfaces foram condicionadas a perda de água sobre uma bancada em temperatura constante de 23°C por três dias, e posteriormente acomodadas em sacos de papel craft e levadas a estufa com temperatura constante de 65°C.

Para a obtenção da massa seca a planta e suas respectivas raízes foram submetidas a desidratação em estufa de aeração forçada a 65° C, dentro de sacos de papel com capacidade de 2kg, até obter a massa constante. Ao atingir a massa constante após três dias, as plantas foram retiradas da estufa, colocadas em um saco plástico para não adquirir umidade do ar e com isso não sofrer alterações em sua massa seca, posteriormente foi realizada a pesagem em balança analítica de precisão.

Os dados de cada variável de produção foram submetidos ao teste de homocedasticidade com vistas à verificação da normalidade dos dados. Atendendo aos pressupostos os dados foram submetidos à análise de variância, ao nível de 5% de probabilidade ($p < 0,05$) pelo teste F e comparação de médias, quando significativos, foi realizada a análise de regressão para ajuste das equações com significados biológicos, sendo selecionados os modelos que apresentarem os melhores níveis de significância e coeficiente de determinação (R^2).

3. Resultados e Discussão

Os dados climáticos médios de temperatura (°C) Precipitação (mm) evapotranspiração de referência (mm) durante o período do experimento estão apresentados na Tabela 3.

Tabela 3. Dados meteorológicos do período do experimento.

Mês	Dias	T med. (°C)	Prec. (mm)	ETo (mm)
Nov.	15	27	47	66
Dez.	22	26	52	80
TOTAL	37	26,5	100	146

Fonte: Autores.

O ótimo térmico para a alface está em 26°C, com mínimas de 20 e máximas de 30°C sua termo-tolerância é regulada pela interação genótipo e temperatura durante o desenvolvimento das sementes (Nascimento & Cantliffe, 2002), as precipitações no período foram menores que a evapotranspiração potencial para o período experimental, todavia como o cultivo estava sob ambiente de proteção a precipitação não interferiu no resultado experimental.

O resumo das análises das variâncias no número de folhas por planta (NF) avaliado aos 10, 20 e 30° dias após plantio (DAP), estão apresentados na Tabela 4. O número de folhas por planta respondeu de maneira significativa ($p < 0,05$), somente para as lâminas de irrigação.

Tabela 4. Resumo da Análise de Variância para Numero de Folhas aos 10, 20 e 30 dias após plantio (NF10) (NF 20) (NF30).

Fator de Variação	GL	Quadrado médio		
		NF 10	NF 20	NF 30
BLOCOS	3	1.2	2.8	245.0
Lâmina	3	2.9*	6.2*	79.6 ^{NS}
Biofertilizante	2	0.8 ^{NS}	2.1 ^{NS}	74.2 ^{NS}
BIO* LAM.	9	0.2 ^{NS}	0.9 ^{NS}	13.8 ^{NS}
Resíduo	30	0.4	2.1	43.7
MÉDIA		7.5	10.9	18.5
CV (%)		8.9	12.5	35.8

Fonte: Autores.

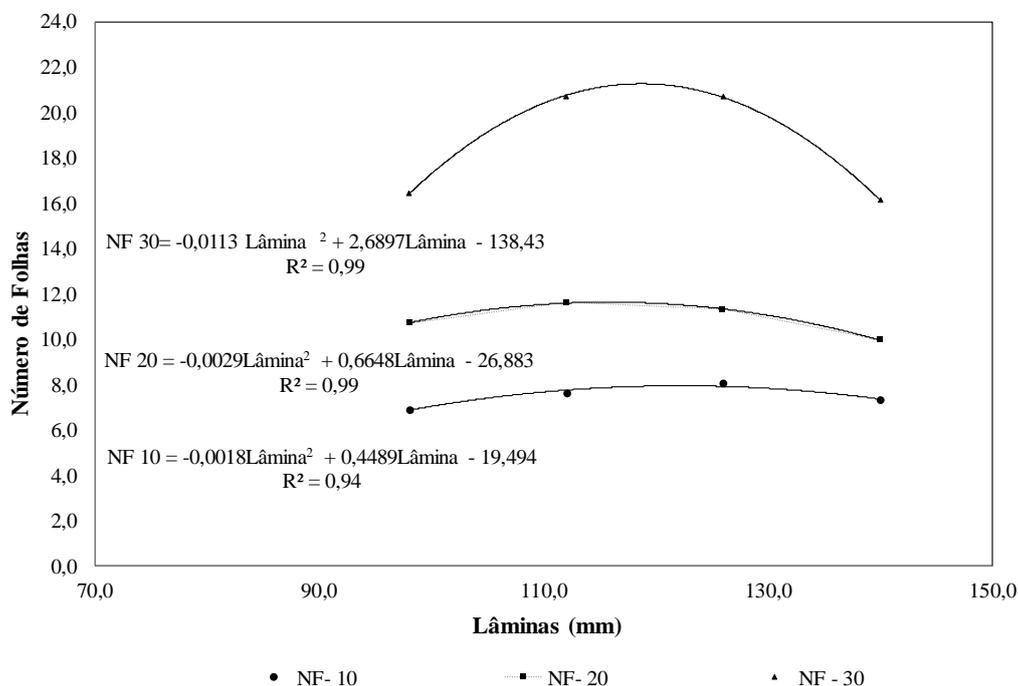
Conforme análise, a lâmina influenciou de maneira significativa ao 10º dia após plantio o tratamento L3 (128 mm) foi responsável pela maior média de 8,2 folhas por planta, seguidos do L2 e L4, 112 mm e 140 mm respectivamente, e sem diferenças estatísticas. Por outro lado, a menor lâmina de 98 mm proporcionou o menor número de folhas por planta. Aos 20º DAP, a L2 foi responsável pela maior média, enquanto que a menor média foi obtida com a lâmina de 140 mm. (Figura 1).

Ao 30º dia a diferença entre tratamentos não foi observada, obtendo em média 18,5 folhas por planta. Silva et al., (2016) encontraram valores entre 8 e 10 folhas por planta no período inicial da alface em diferentes cultivares (Rapids e Mônica), sem diferenças estatísticas entre si. A mesma percepção sem diferença estatística foi observada por Magalhães et al., (2015), sob análises com lâminas de irrigação e cultivares de alface.

Veiga et al., (2015), observando o comportamento da produtividade comercial da alface em função da lâmina aplicada, verificaram que, tanto lâminas excessivas, quanto deficitárias promoveram menores valores médios de produtividade comercial. A maior produtividade em matéria verde foi encontrada quando se irrigou com 100% da lâmina desejada para suprir adequadamente a deficiência hídrica.

Santana et al., (2001) corroboram com essa percepção em trabalhos semelhantes com alface americana. A alface é uma hortícola muito sensível ao estresse hídrico, a falta de água em seu período inicial pode afetar de maneira mais significativa que em períodos posteriores onde adquire certa resistência aos fatores adversos.

Figura 1. Análise de regressão para número de folhas (NF) por planta ao décimo, vigésimo e trigésimo dia após plantio para as diferentes lâminas de irrigação.



Fonte: Autores.

Houve efeito significativo ($p < 0,05$) entre as lâminas de irrigação e as doses de biofertilizante aplicadas na alface, para as variáveis diâmetro médio (DM), crescimento radicular (CR) massa fresca da parte aérea (MFPA), massa seca da parte aérea (MSPA), exceto para massa seca da raiz. (Tabela 5).

Tabela 5. Resumo da análise de variância do diâmetro médio (DM) cm, crescimento radicular (CR) mm, massa fresca da parte aérea (MFPA) g, massa seca da parte aérea (MSPA) g, massa seca da raiz (MSR) g. da alface submetidas a doses de biofertilizante e lâminas de irrigação. Cruzeiro do Sul, UFAC, 2019.

Causas de Variação	GL	DM	CR	MFPA	MSPA	MSR
Blocos	3	9,404 NS	18,58 NS	14,01 NS	41,8 NS	0,24 NS
Lâmina	3	139,23*	28,5*	14,79*	18,87*	2,37 NS
Biofertilizante	9	101,49*	20,47*	4,34*	10,65*	1,41 NS
BIO* LAM.	2	0,76*	0,75*	1,64*	7,16*	0,18 NS
Erro	30					
Média Geral		31,39	123,6	178,59	23,8	1,59
CV		4,57	4,79	22,08	9,57	18,56

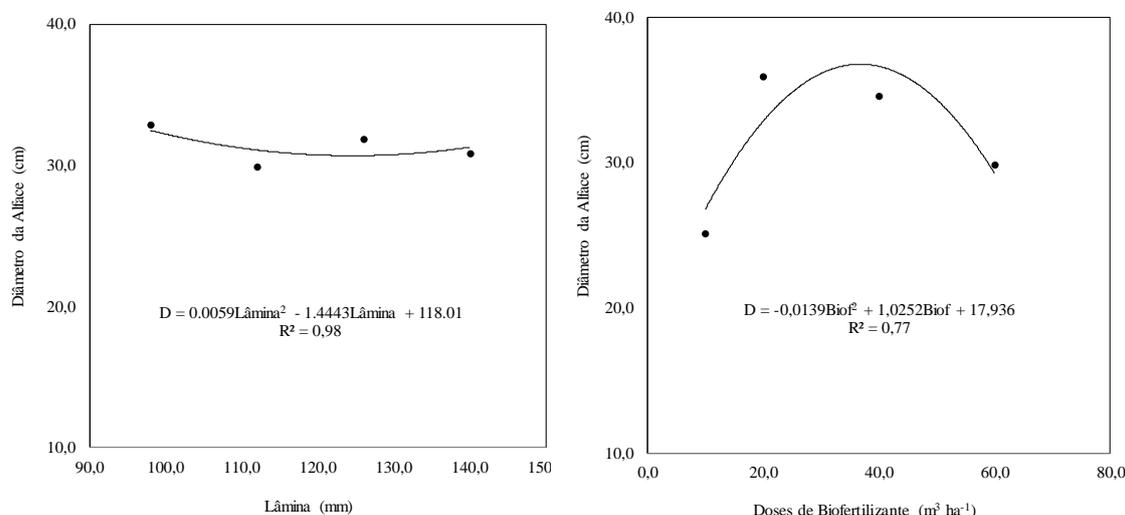
Fonte: Autores.

A variável diâmetro médio (DM) da alface obteve maior crescimento (32,9 cm) com a lâmina de 98 mm correspondente ao tratamento L1, seguida da lâmina de 126 mm, tratamento L3 semelhante estatisticamente com o tratamento L2 e L4, conforme teste de médias.

Lima Júnior et al. (2010), em experimento com produção de alface americana sob diferentes lâminas e tensões de água no solo, observaram que o diâmetro e a eficiência do uso de água foram afetados pela lâmina.

Na Figura 2, é possível observar o comportamento do diâmetro da alface, em função da lâmina de irrigação. O modelo polinomial quadrático com correlação negativa apresentou-se como o mais adequado, apresentando coeficiente de determinação (R^2) de 0,98. Com o modelo encontrado é possível determinar a lâmina ótima de 122 mm que proporciona o diâmetro de 30,14 cm. Resultados semelhantes foram observados por Lima Júnior et al., (2012), em situação experimental em Lavras –MG, obtiveram efeito quadrático em resposta a circunferência da alface a aplicação de água no solo à medida que se aumentaram as quantidades de água aplicadas, até as lâminas de 103 e 112,7 mm, que equivaleram a 62 e 67 % da lâmina de reposição, respectivamente. As aplicações das lâminas máximas resultaram em máximos de 58,35 cm de circunferência.

Figura 2. Diâmetro médio (DM) da Alface em função das lâminas de irrigação e doses de biofertilizante.



Fonte: Autores.

Ao observar a influência das doses de biofertilizante nota-se que a dose que mais influenciou no diâmetro da alface foi o tratamento D2 e D3, $20 m^3 ha^{-1}$ e $40 m^3 ha^{-1}$ respectivamente. O modelo de regressão polinomial quadrático, apresentou-se como o mais adequado, para explicar o comportamento do diâmetro da alface sob diferentes doses de biofertilizante (Figura 2). De acordo com a derivada da equação de regressão polinomial a dose de biofertilizante que apresenta o máximo diâmetro médio 38 cm é a dose de $36,9 m^3 ha^{-1}$.

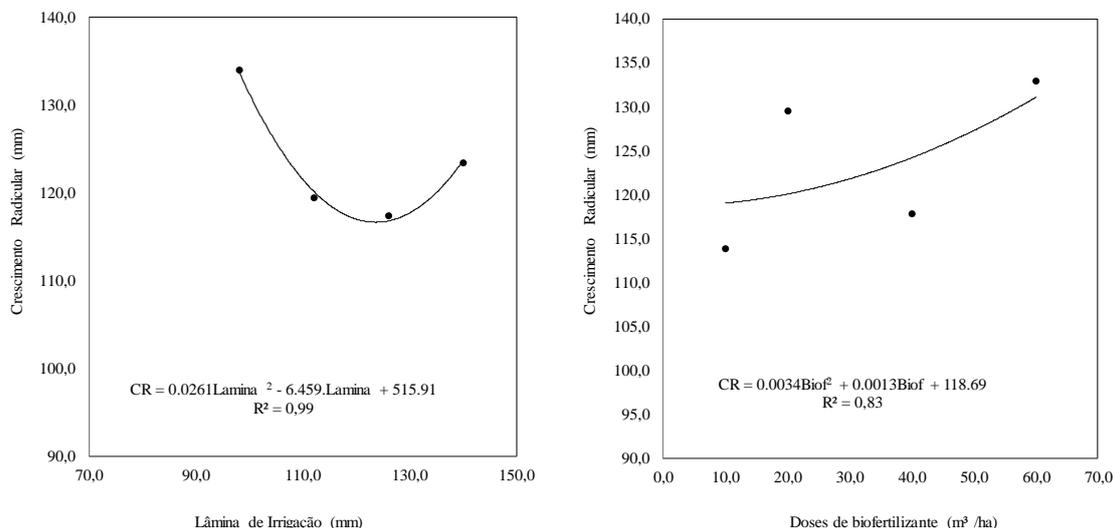
Chiconato et al. (2013) em experimento com doses de biofertilizante e irrigação em função do tempo de aplicação, observaram para a variável diâmetro das plantas da alface, semelhança entre tratamentos, exceto o tratamento com a menor dose de biofertilizante ($20 m^3 ha^{-1}$), apresentando resultado inferiores ao obtido neste trabalho (11,2 cm) enquanto o maior resultado, encontrado pelo tratamento com dose de $60 m^3 ha^{-1}$ foi de 20,7 cm. Embora os diâmetros sejam inferiores, a resposta da planta às doses de biofertilizante corroboram com os resultados aqui obtidos.

A análise de variância demonstra que o crescimento radicular da alface respondeu de maneira significativa a 1% ($p < 0,01$) às lâminas de irrigação, ao biofertilizante e sua interação, em média o crescimento radicular foi de 123 mm com coeficiente de variação de 43%.

Observa-se que a lâmina que mais influenciou no crescimento radicular foi o tratamento L1 (98 mm), seguidas dos demais tratamentos que não obtiveram diferenças entre si. Quanto as doses de biofertilizante aplicado, o tratamento D4 (60

m^3ha^{-1}), foi o que proporcionou maior crescimento radicular de 132,9 mm, seguida do tratamento D2 ($20 \text{ m}^3\text{ha}^{-1}$) semelhante estatisticamente. A regressão polinomial quadrática de correlação negativa e R^2 0,99 demonstram que pode ocorrer ganho nas variáveis proporcional ao aumento da reposição de água.

Figura 3. Crescimento radicular (CR) em função das lâminas de irrigação e doses de biofertilizante.



Fonte: Autores.

A massa fresca da parte aérea (MFPA) foi influenciada a um nível de 1% de significância, aos fatores lâminas de irrigação, biofertilizante e sua interação. A massa fresca da parte aérea pesou em média 178,6 gramas com coeficiente de variação de 22%.

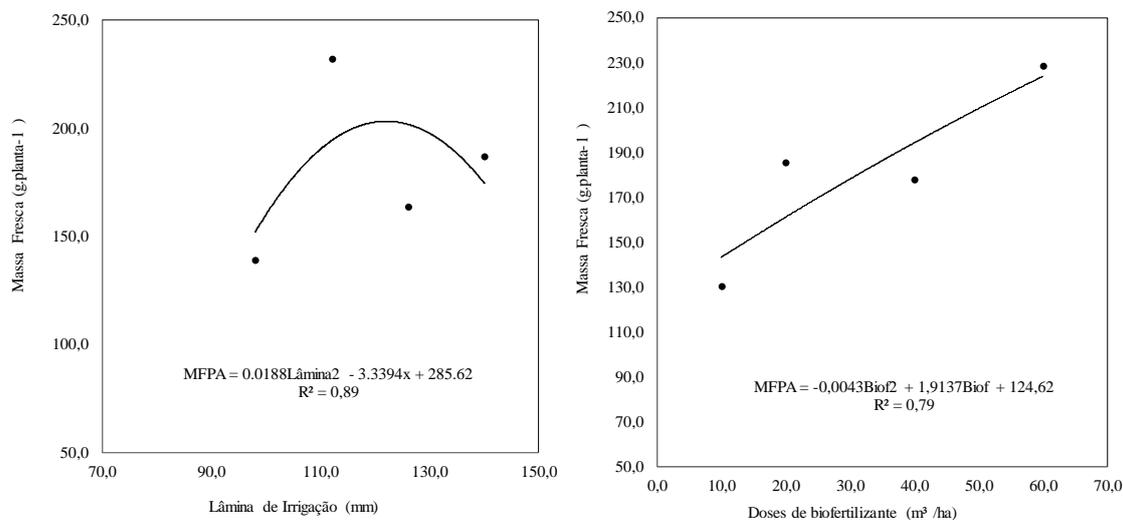
Para a massa fresca da parte aérea, a dose de biofertilizante que apresentou melhor resultado foi o tratamento D4 ($60 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$) seguida do tratamento D2. A menor dose ($10 \text{ m}^3\text{ha}^{-1}$) foi a que proporcionou menor peso da massa fresca. Segundo Sampaio et al., (2007) os nutrientes presentes no esterco bovino podem ficar imobilizados no solo após sua incorporação, porém, após cerca de um mês, a liberação aumenta progressivamente.

A matéria orgânica é capaz de desenvolver melhor a estrutura física do solo, aumentando a capacidade de retenção de água e aeração, permitindo uma melhor penetração e distribuição de raízes e age diretamente na fertilidade do solo, disponibilizando macro e micronutrientes e, indiretamente, elevando o pH e a capacidade de retenção de nutrientes (Pires et al., 2008). Diversos autores observaram maior eficiência do esterco bovino em aumentar o potássio do solo em comparação ao adubo mineral (Chiconato et al. 2019; Calero Hurtado et al. 2020)

As doses de biofertilizante e lâminas de irrigação proporcionaram efeito polinomial quadrático para a massa fresca da parte aérea da alface. Na figura 4 verifica-se, um decréscimo no crescimento da massa fresca com o aumento das lâminas de irrigação, isso pode ocorrer quando é depositada uma quantidade de água maior que o recomendado.

Leite et al. (2015) explica que o excesso de água após o ponto de suprimento máximo de exigência da cultura proporciona decréscimo do seu crescimento por fatores adversos, como doenças fúngicas, falta de oxigênio, morte das bactérias aeróbicas diminuição do nitrogênio e formação de elementos tóxicos a planta.

Figura 4. Massa fresca da parte aérea (MFPA) em função das lâminas de irrigação e doses de biofertilizante.



Fonte: Autores.

Foi observado significância a um nível de 1% aos fatores lâminas, biofertilizante e interação para a variável massa seca da parte aérea (MSPA), foi possível observar que a lâmina de irrigação que mais influenciou na determinação do valor da massa seca da parte aérea foi a correspondente o tratamento L3 (126 mm) e L2 (112 mm) ambas não se diferiram na estatística.

Quanto a dose de biofertilizante que mais influenciou nos resultados da massa seca da parte aérea a dose de 20 m³ha⁻¹ sobressaiu. Percebe-se ainda que o tratamento D2 e D3 não diferiram estatisticamente do tratamento que proporcionou a melhor massa fresca. Para essa variável o modelo polinomial quadrático apresentou-se o mais adequado, apresentando coeficiente de determinação R² 0,96, para a massa seca em função da lâmina de irrigação.

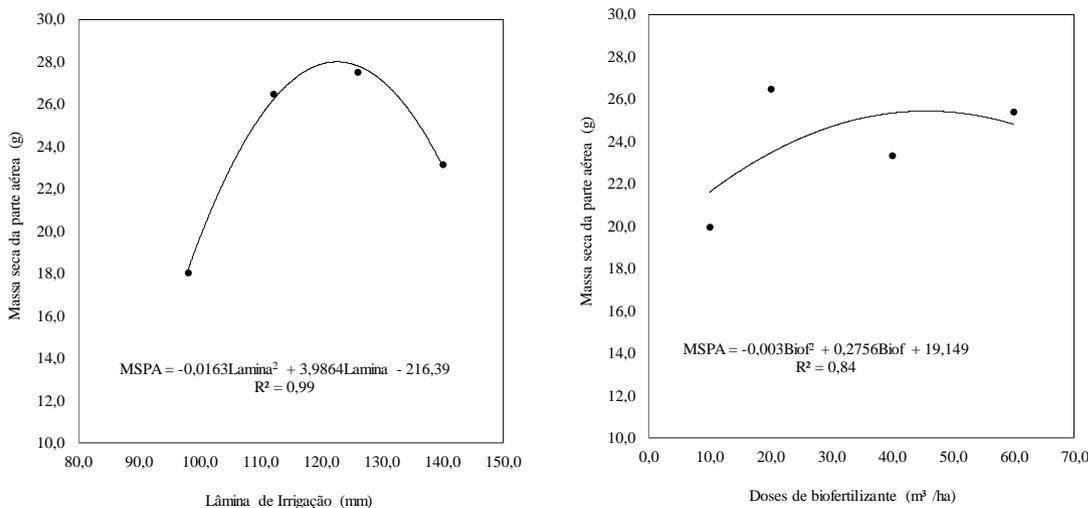
Trabalhos demonstram resultados similares a esse comparando lâmina de irrigação. Andrade Júnior et al. (1997), comparando diferentes níveis de irrigação também obteve curva polinomial quadrática com acréscimo na produtividade em resposta ao aumento das lâminas de irrigação. Teodoro et al. (2004) encontraram resultados distintos, resposta linear para a produtividade da cultura da melancia em função do nível de irrigação.

Em um estudo com a alface “Vera” Damatto Júnior. et al., (2006) para a massa seca os resultados foram positivos ao incremento biofertilizante mostrando um crescimento linear em função do aumento das doses de biofertilizante. Dias et al. (2003) em seu experimento com plantas de alface, obtiveram resultados em que os biofertilizantes melhoraram a produtividade das plantas de alface.

Em seu experimento com capim-limão, Blank et al (2007) observou que a maior dose de biofertilizante proporcionou as maiores médias em todas as variáveis analisadas, esses resultados demonstram que a incorporação de biofertilizantes no solo podem trazer muitos benefícios para as plantas, porem cada cultivar pode responder de forma distinta. Chiconato et al., (2013) corroboram os resultados aqui obtidos, em experimentos realizados com lâminas de irrigação e doses de biofertilizante apresentaram melhores resultados com a elevação das doses de biofertilizante, a maior dose (60 m³ha⁻¹).

Com o modelo polinomial quadrático, apresentando coeficiente de determinação (R²) de 0,99, foi possível determinar a lâmina ótima que proporciona a maior massa seca da parte aérea (MSPA) de 125 mm e 32,3 gramas por planta respectivamente. (Figura 5).

Figura 5. Massa seca da parte aérea (MSPA) em função das lâminas de irrigação e doses de biofertilizante.



Fonte: Autores.

O maior peso da massa seca da parte aérea da alface foi obtido com a lâmina similar às das outras variáveis medidas nesse trabalho, logo percebe-se que a lâmina em torno de 125 mm foi a mais adequada ao desenvolvimento da alface sob condições de adubação com biofertilizante. Chiconato et al., (2013), associa a diminuição da lâmina requerida pela cultura (100% das necessidades totais) ao fato do biofertilizante ser líquido, proporcionando uma maior quantidade de água para a planta, o que pode gerar economia na quantidade de água a ser repostada com a irrigação.

4. Conclusão

A lâmina que mais influenciou em uma resposta positiva da alface para as variáveis, número de folhas, diâmetro, massa fresca da parte aérea, massa seca da parte aérea, crescimento radicular foi a lâmina de 126 mm, decrescendo com lâminas superiores.

Os tratamentos com doses acima de 20 m³ha⁻¹ de biofertilizante, proporcionaram aumento das variáveis analisadas, a maior dose de biofertilizante (60 m³ha⁻¹) foi o que mais influenciou em termos absolutos nas variáveis analisadas. Portanto o uso do biofertilizante é uma alternativa viável, podendo aumentar a produtividade e oferecer muitos benefícios para as plantas.

Referências

- Araujo, E. A. S., Almeida, M. P., Leite, K. N., Silva, J. R.S Dos S., Araújo, E. A., & Sousa, G.G. (2020). Climatic Characterization and Temporal Analysis of Rainfall in the Municipality of Cruzeiro do Sul -AC, Brazil. *Revista Brasileira de Meteorologia*. 35(4). 577-584.
- Blank, A. F., Arrigoni-Blank, M. F., Amancio, V. F., Mendonça, M. C., & Santana Filho, L. G. M. (2017) Densidades de plantio e doses de biofertilizante na produção de capim-limão. *Horticultura Brasileira, Brasília*, 25(3), 343-349.
- Chiconato, D. A., Simoni, F. De., Galbiatti, J. A., Franco, C. F., & Caramelo, A. D. (2013) Response of the lettuce to the application of biofertilizer under two levels of irrigation *Biosci. J.*, 29(2), 392-399.
- Chiconato, D. A. (2019) Adaptation of sugarcane plants to saline soil. *Environmental and Experimental Botany*.
- Damatto Júnior, E. R., Bôas, R. L V., Bueno, O. C., & Simon, E. J. Doses de biofertilizante na produção de alface.
- Dantas, R.T. (1997) Parâmetros agrometeorológicos e análise de crescimento de alface (*Lactuca sativa* L.) em ambientes natural e protegido. 109f. Tese (Doutorado em Agronomia) - UNESP, Botucatu.
- Dias, P. F., Souto, S. M., Leal, M. A. A., & Schmidt, L. T. (2018) Efeito do biofertilizante líquido na produtividade e qualidade da alfafa (*Medicago sativa* L.), no município de Seropédica-RJ. *Agronomia*.

- Freire, M. H. Da C. et al. (2018) Emergence and biomass accumulation in seedlings of rice cultivars irrigated with saline water. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 22(7), 471–475.
- Ferreira, R. L. F., Alves, A. S. S. C., Araújo Neto, S. E., Kusdra, J. F., & Rezende, M. I. F. L. (2014) Produção orgânica de alface em diferentes épocas de cultivo e sistemas de preparo e cobertura de solo. *Bioscience Journal*, 30, 1017-1023
- Filgueira, F. A. R. (2000) *Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças*. (2a ed.), UFV, 412 p.
- Galbiatti, J. A. et al. (2010) Estudo quali-quantitativo do biogás produzido por substratos em biodigestores tipo batelada. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*.
- Hortibrasil, (2015). Alface em números. <http://hortibrasil.org.br/jnw/index.php?option=com_content&view=article&id=131:alface-em-numeros&catid=64:frutas-e-hortaliças-frescas&Itemid=82>.
- Lédo, F. J. Da S., Sousa, J. A. De, & Silva, M. R. da. (2000) Desempenho de cultivares de alface no Estado do Acre. *Horticultura Brasileira*, 18, 225-228,
- Leite, K. N., A. Martínez-Romero, J. M. Tarjuelo, & A. Domínguez. (2015). “Distribution of Limited Irrigation Water Based on Optimized Regulated Deficit Irrigation and Typical Meteorological Year Concepts.” *Agricultural Water Management. Agricultural Water Management*. 148(1), 164–176.
- Lima Jr, J.A. De, Pereira, G.M., Geisenhoff, L.O., Andrade, I. P., Silva, W.G. Da, & Silva, A. L. P. da. (2010). Produção da alface americana sob diferentes lâminas e tensões de água no solo. In: XIX CONGRESSO DE PÓS-GRADUAÇÃO DA UFLA, 2010, Lavras. Anais. Lavras, UFLA, 5p.
- Pires, A. A., Monnerat, P. H., Marciano, C. R., Pinho, L. G. R., Zampirolli, P. D., Rosa, R.C. C., & Muniz, R. A. (2008). Efeito da adubação alternativa do maracujazeiro-amarelo nas características químicas e físicas do solo. *Revista Brasileira Ciência do Solo*, 32(5), 1997-2005.
- Sala F. C., & Costa C. P. (2012). Retrospectiva e tendência da alfacultura brasileira. *Horticultura Brasileira*, 30(2), 187-194.
- Sampaio, E. V. S. B., Oliveira, N. M. B., & Nascimento, P. R. F. (2007). Eficiência da adubação orgânica com esterco bovino e com Egeria densa. *Revista Brasileira Ciência do Solo*, 31(5), 995-1002.
- Sousa, G. G. (2017). Água salina e biofertilizante de esterco bovino na cultura do gergelim. *Agropecuária Técnica*, 38(3), 117.
- Teodoro, R. E. F., Almeida, F. P., Luz, J. M. Q., & Melo, B. de. (2004). Diferentes lâminas de irrigação por gotejamento na cultura de melancia (*Citrullus lanatus*). *Bioscience Journal*, 20(1), 29-32.
- Taiz Lincoln, O. P. L de. (2017). *Fisiologia e desenvolvimento vegetal*. (6a ed.), ed. Artmed.