AGRARIAN
OPEN ACCESS
e-ISSN: 1984-2538

Produção de alface americana orgânica sob doses de pó de rocha basáltica, composto orgânico e microrganismos eficientes

Organic lettuce production under doses of rock dust, organic compost and efficient microrganisms

Júlio Augusto
Universidade Estadual de Maringá - UEM
E-mail: julio.augusto17@gmail.com
OrcID: https://orcid.org/0000-0002-1657-0302X

José Ozinaldo Alves de Sena
Universidade Estadual de Maringá – UEM
E-mail: ozisena@gmail.com
OrcID: https://orcid.org/0000-0002-3855-088X

Fernando Teruhiko Hata
Universidade Estadual de Maringá - UEM
E-mail: hata.ft@hotmail.com
OrcID: http://orcid.org/0000-0003-0590-743X

Flávio Antônio Degásperi da Cunha
Instituto de Desenvolvimento Rural do Paraná - IDR
E-mail: flaviodacunha@idr.pr.gov.br
OrcID: https://orcid.org/0000-0003-4649-618X

Thiago Augusto Campos
Universidade Estadual de Londrina - UEL
E-mail: thiagoacamp@gmail.com

Data de recebimento: 14/09/2021
Data de aprovação: 14/08/2022
DOI: https://doi.org/10.30612/agrarian.v15i55.15153

Resumo: Objetivou-se avaliar o efeito da fertilização orgânica sobre variáveis produtivas de alface americana. O desenho experimental foi em parcelas sub-subdivididas com 4 repetições. Os tratamentos foram aleatorizados, na parcela três doses de pó de rocha: sem pó, 500 e 1000 g m². Na subparcela três doses de composto orgânico: sem composto, 34,66 e 69,32 t ha^{-1} e nas sub-subparcelas com e sem EM. Os dados foram submetidos à análise de variância com desdobramentos das interações significativas. As médias submetidas ao teste LSD (Diferença Mínima Significante) a 5 % de probabilidade. Por fim, utilizou-se o gráfico de mapa de calor de correlação de Pearson a 5 % de probabilidade. Destaca-se que o uso de composto orgânico promoveu incremento massa fresca total e de raiz, massa seca de raiz, diâmetro total de cabeça e estimativa de área foliar. A adição de pó de rocha promoveu aumento na massa fresca da raiz, comprimento do caule e número de folhas totais e por fim o uso de EM, promoveu acréscimo no diâmetro total da cabeça.

Palavras-chave: *Lactuca sativa* L. Agroecologia. Remineralizadores.

Esta obra está licenciada com uma Licença Creative Commons Atribuição-NãoComercial-CompartilhaIgual 3.0 Brasil.

AGRARIAN
OPEN ACCESS
e-ISSN: 1984-2538

Abstract: The a aim was to evaluate the effect of soil organic fertilization on production variables of iceberg lettuce. The experimental design was in split-split-plot with 4 replications. The treatments were randomized, and the first split-plot had three doses rock dust: no dust, 500, and 1000 g m^2. In the second split-plot, three doses of organic compost were tested: none, 34.66, and 69.32 t ha^{-1}. The use or non-use of EM was assessed in the split-split-plot. Data were subjected to analysis of variance, with significant interactions revealed. The means were calculated using the LSD test (Least Significant Difference) with a 5% probability. In the end, Pearson's correlation heatmap was used with a 5% probability. It's stands out that utilization of the organic compost promoted higher influencing the variables total fresh and root fresh mass, root dry mass, total head diameter and leaf area estimative. The addition of rock dust influenced the root fresh weight, stem length and total leaf number, and EM promoted an increase total head diameter.

Keywords: *Lactuca sativa* L. Agroecology. Remineralizer.

1 Introdução

A alface (*Lactuca sativa* L.) é um dos vegetais mais importantes do mercado, pois, dentre as folhosas apresenta grande volume de comercialização, sendo muito consumida como salada. Além disso, possui baixo custo de produção e comercialização, o que a torna acessível a toda população. Em 2019, a alface e o almeirão (*Cichorium intybus* L.) – outra importante espécie de hortaliça folhosa – tiveram 29 milhões de toneladas produzidas em 1,31 milhões de hectares conforme a Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAOSTAT) (2021). De acordo com dados do censo agropecuário do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) (2017), o Brasil possui um total de 108.382 estabelecimentos que produzem alface.

Outrossim, cabe evidenciar que a agricultura passa por mudanças bruscas no sistema de manejo. Isso se deve às pesquisas científicas que resultam em descobertas diversas, dentre elas, o uso de fertilizantes alternativos, como os compostos orgânicos, os pós de rochas e os produtos biológicos que proporcionam maior sustentabilidade dos sistemas produtivos.

Nesse sentido, o esterco bovino é um dos fertilizantes mais utilizados na agricultura orgânica e na agroecologia devido ao seu baixo custo e à sua relativamente fácil aquisição, podendo promover aumento da CTC, na soma de bases e incremento na matéria fresca de alface (Cardoso, Ferreira, Vieira Júnior, Alcarde, 2011; Zandvakili, Etemadi, Hashemi, Barker, 2019).

Por conseguinte, é substancial ressaltar que trabalhar no manejo agroecológico é considerar o equilíbrio do solo e das plantas. Desse modo, o uso de microrganismos eficientes (EMs) se torna um fator de elevado interesse como fonte de reabilitação da microfauna do solo. Como exemplo desse uso eficaz, cabe resgatar que os EMs foram inicialmente utilizados por Higa, no Japão, e são compostos por um mix de microrganismos como as bactérias lácteas, fotossintéticas, actinomicetos e leveduras, combinadas com outras espécies (Higa & Parr, 1994).

Aliados a esses fatores, outro fertilizante alternativo, de elevada importância para os ecossistemas, é o pó de rocha. Descoberto por Hensel em 1894, o pó de rocha é um agente remineralizador de solo, que tem potencial de redirecionar um novo paradigma em relação à fertilização. Isto é, o uso de pó de rocha proporciona aumento de pH, Ca, Mg e K, disponibilizando-os lentamente ao longo do tempo e consequentemente aumento da produção (Theodoro, Leonardos, Rocha, Rego, 2006). Um estudo realizado na China certificou que o pó de rocha é capaz de melhorar características de composto animal, fornecendo múltiplos elementos nutricionais, como Ca, K, Zn e Mg (Li, Mavrodi, Dong, 2021).

Ao longo de sete anos, Hu & Qi (2012), avaliaram o efeito do EM combinado com composto orgânico sobre a cultura do trigo e concluíram que houve um aumento da pro-

Esta obra está licenciada com uma Licença Creative Commons Atribuição-NãoComercial-CompartilhaIgual 3.0 Brasil.

dução de biomassa e do rendimento de grãos. Ainda, segundo os autores, a adubação orgânica proporcionou o aumento da matéria orgânica do solo, fertilidade e melhoria da fauna microbiana. Além disso, em um estudo realizado com salsinha (*Petroselinum crispum* [Mill.] Fuss. var. Crispum), foram verificados aumento na matéria seca e no índice de clorofila com o uso de Bokashi e pós de rochas em conjunto (Maass, Cárdenas, Céspedes, 2020).

Portanto, o presente trabalho foi realizado com objetivo de avaliar o efeito da fertilização do solo com composto orgânico, EM e pó de rocha sobre as variáveis produtivas de alface americana sob sistema orgânico.

2 Materiais e Métodos

O experimento foi conduzido na Fazenda Experimental de Iguatemi (FEI), Universidade Estadual e Maringá. A FEI está localizada no distrito de Iguatemi no município de Maringá – PR (23°21'13" S, 52°04'18" O, altitude de 540 m). O solo é classificado como Latossolo vermelho distrófico (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA, 2018). O clima é tipo Cfa, característico clima subtropical de verões quentes e chuvosos, geadas poucos frequentes e sem estação seca definida, segundo a carta climática de Koppen (Aparecido, Johann, Souza, Richetti, Rolim, 2016). A precipitação média é de 1500 mm por ano e a temperatura média é de 19°C (Sistema de Tecnologia e Monitoramento Ambiental do Paraná – SIMEPAR, 2015).

A área utilizada é conduzida sob manejo orgânico há 15 anos. Para o preparo, o solo foi revolvido e destorroado com uso de grade leve. Após três gradagens, realizou-se o levantamento dos canteiros com roto-encanteiradeira mecanizada, fixando quatro canteiros a 90 cm de largura e 7 m de comprimento e, em seguida, efetuou-se a análise química do solo, com as seguintes características: pH $CaCl_2$ = 5,1; pH H_20 = 5,8; Ca^{+2} = 3,72 $cmol_c\ dm^{-3}$; Mg^{+2} = 1,13 $cmol_c\ dm^{-3}$; $H^+ + Al^{+3}$ = 3,69 $cmol_c\ dm^{-3}$; Al^{+3} = 0 $cmol_c\ dm^3$; K = 0,54 $cmol_c\ dm^{-3}$; M.O = 25,84 g dm^{-3}; Na^+: 11,76 mg dm^3; P_{resina} = 102,13 mg dm^{-3}; Cu = 4,58 mg dm^{-3}; Zn = 22,75 mg dm^{-3}; Mn = 79,55 mg dm^{-3}; Fe = 181,5 mg dm^{-3}; B = 0,21 mg dm^{-3}; S = 2,78 mg dm^{-3}.

O pó de rocha basáltico obtido na pedreira Extracon Minerações e Obras da cidade de Maringá, apresentou a seguinte composição: SiO_3 = 51,13%; A_2O_3 = 13,99%; TiO_2 = 1,21%; Fe_2O_3 = 13,48%; CaO = 10,79%; MgO = 6,7; K_2O = 0,51%; Na_2O = 2,1%; MnO = 0,19%; P_2O = 0,12%; S = 206%; Zr = 103 ppm; Nb = 9 ppm; Y = 15 ppm; Rb = 13 ppm; Ba = 48 ppm; Cu = 181 ppm; Cr = 180 ppm; La = 22 ppm; Ni = 89 ppm.

O composto orgânico obtido por meio de compostagem de resíduos orgânicos oriundos do restaurante Universitário da UEM (Universidade Estadual de Maringá) apresentou a seguinte composição: N = 10,31 g kg^{-1}; P = 3,09 g kg^{-1}; K^+ = 4,55 g kg^{-1}; Ca^{2+} = 7,94 g kg^{-1}; Mg^{2+} = 1,9 g kg^{-1}; Cu^{2+} = 31,59 mg kg^{-1}; Fe^{2+} = 11395,2 mg kg^{-1}; Mn^{2+} = 184,3 mg kg^{-1}; Zn^{2+} = 118,48 mg kg^{-1}. Utilizou-se como nutriente essencial para correção o nitrogênio (N = 130 kg ha^{-1}) totalmente adicionado à base.

O EM (Microrganismos Eficientes) foi adquirido da EXTRACON, a mesma empresa do pó de rocha, e as doses, tanto via solo como via foliar, foram aplicadas de acordo com as recomendações técnicas do fabricante, 1:100 via solo e 1:1000 via foliar. Sua composição compreende: N = 0,13 % P_2O_5 = 0,12 %; K_2O = 0,31 %; Ca = 0,05 %; Mg = 0,02 %; S = 0,01 %; B = 10,5 mg kg^{-1}; Cu = 17316 mg kg^{-1}; Fe = 535,4 mg kg^{-1}; Mn = 32,23 mg kg^{-1}; Na = 95,99 mg kg^{-1}; Ni = 8,2 mg kg^{-1}; Zn = 24,81 mg kg^{-1}; Cr = 1,82 mg kg^{-1}; Co = 0,77 mg kg^{-1}; pH $CaCl_2$ = 4,28).

As mudas da cultivar Lucy Brown americana, foram obtidas por intermédio de um viveiro comercial local, produzidas em bandejas de polietileno de 200 células, em substrato comercial. As instalações padronizadas compreenderamm estufas tipo arco, com pé direito de 5 m, controle de luminosidade por meio de tela de sombreamento com 30% de isolamento da luz, antecâmara de higienização, tela anti-afídeo e manejo de irrigação.

A irrigação foi do tipo gotejamento, distribuída em duas linhas. Os tubos gotejadores eram de 0,3 m x 0,3 m e 1,05 L/H de acordo com fabricante. O manejo foi baseado na

Esta obra está licenciada com uma Licença Creative Commons Atribuição-NãoComercial-CompartilhaIgual 3.0 Brasil.

reposição da lâmina d'água, segundo método de Morourelli *et al*. (1996), que consistiu no monitoramento da evapotranspiração diária e do cálculo da reposição, através da Equação 1.

$$V = ETo * [a + 0{,}5 * (1 - a)] * \left(\frac{As}{cu}\right) * Kc \quad (1)$$

Em que:
V - Volume aplicado por cada gotejador L/dia;
ETo - Evapotranspiração de cultivo de referência, mm/dia;
A - Fração da área molhada, em decimais;
As - Área sombreada, em m²;
Cu - Coeficiente de uniformidade de aplicação, em decimais;
Kc - Coeficiente de cultura, adimensional.

Os dados de evapotranspiração de referência foram obtidos por intermédio da estação meteorológica do Instituto de Desenvolvimento Rural do Paraná (IDR).

Para as doenças, o manejo se deu pela aplicação de calda bordalesa (1 %). Já para as pragas, duas caldas, a de fumo (1 %) e a calda supra (100 mL de detergente, 100 mL de vinagre, 100 mL de óleo vegetal, 100 mL de pimenta diluído em álcool e 50 mL de alho diluído em álcool) foram utilizadas. O controle de plantas espontâneas foi realizado via capina manual.

O experimento foi instalado no dia 1° de julho de 2020 em uma área de 72,3 m², com parcelas de 0,99 m² (0,9 m x 1,1 m), contendo 12 plantas e área útil de 0,28 m².

O delineamento utilizado foi em blocos casualizados com 18 tratamentos em parcelas sub-subdivididas e 4 repetições. Nas parcelas, aplicou-se o composto orgânico; nas subparcelas, o pó de rocha e na sub-subparcela, o EM.

As doses do composto orgânico foram mensuradas e calculadas seguindo as recomendações do Manual Técnico de Olericultura (Hamerschmidt *et al*., 2013). Para o composto foram aplicadas 3 doses: C0 = zero t ha^{-1}, C1 = 34,66 t ha^{-1} e C2 = 69,32 t ha^{-1}. Para o pó de rocha, 3 doses, dose 1 (P0) zero g m², dose 2 (P1) 500 g m² e dose 3 (P2) 1000 g m². Por fim, o EM foi testado em 2 níveis, com EM e sem EM, aplicados via solo e a cada 15 dias via foliar. O composto foi incorporado a 10 cm^{-1} de profundidade 15 dias antes do transplantio das mudas. Por conseguinte, seguiu-se a distribuição do pó de rocha revolvendo o solo e aplicando 300 mL de EM, na proporção de 1:100, utilizando uma bomba costal manual de 16 L e, então, iniciou-se o transplantio.

As mudas foram transplantadas utilizando "gabarito" em espaçamento de 0,3 m^{-1} x 0,3 m^{-1}, inserindo-as no sulco de 0,05 m^{-1} de profundidade e, para finalizar, foi espalhado 2 kg m^{-2} de palhada. Durante a condução, uma vez por semana, os tratamentos que continham EM receberam o tratamento via foliar, na proporção de 1:1000.

A colheita foi iniciada 65 dias após o transplantio, no dia 3 de setembro de 2020, efetuando o corte rente ao solo de duas plantas por parcela.

Foram avaliadas as seguintes variáveis: Massa fresca total (MFT); Massa fresca comercial (MFC); Massa seca comercial (MSC); Massa seca total (MST); Massa fresco de raiz (MFR); Massa seca de raiz (MSR); Número de folhas total (NFT); Número de folhas comercial (NFC); Número de folhas descartadas (NFD); Diâmetro total da cabeça (DTC); Diâmetro comercial da cabeça (DCC); Comprimento do caule (CC); Diâmetro do caule (DC) e Estimativa de Área foliar (EAF). Massa fresca total (g).

Os dados foram submetidos à análise de variância, com desdobramentos das interações significativas. As médias foram do teste LSD (Diferença Mínima Significante) a 5 % de probabilidade. Para análise, utilizou-se o programa computacional R. Também, foi utilizado o gráfico de mapa de calor de correlação de Pearson a 5 % de probabilidade entre os tratamentos. Para tal, foi aplicado o programa PAST (Hammer, Harper, Ryan, 2001).

Esta obra está licenciada com uma Licença Creative Commons Atribuição-NãoComercial-CompartilhaIgual 3.0 Brasil.

3 Resultados

A análise de variância demonstra que, pelo menos, uma variável analisada foi influenciada pelos fatores analisados (Tabelas 1 e 2). Não foram verificadas interações entre os fatores.

Tabela 1. Resumo da análise de variância para MFT = massa fresca total; MFC = massa fresca comercial; MST = massa seca total; MSC = massa seca comercial; MFR = massa fresca de raiz e MSR = massa seca de raiz em alface submetida ao tratamento com ou sem microrganismos eficazes (EM), doses de pó de rocha e doses de composto. Maringá - PR.
Table 1. *Summary of analysis of variance for MFT = total fresh mass; MFC = commercial fresh mass; MST = total dry mass; MSC = commercial dry mass; MFR = root fresh mass and MSR = root dry mass in lettuce subjected to treatment with or without effective microorganisms (EM), rock dust doses and compost doses. Maringá - PR.*

		Quadrados Médios					
Fontes de variação	**GL**	**MFT (g)**	**MFC (g)**	**MST(g)**	**MSC (g)**	**MFR (g)**	**MSR (g)**
Bloco	3	145644	87543	90,91	113,82	83,66	0,69
Fator A (EM)	1	91842	51708	82,35	125,34	128,91	0,01
Erro A	3	22766	18065	47,63	61,42	13,44	0,06
Fator B (Pó)	2	21425	8052	9,59	120,23*	150,09*	0,61
Fator AxB	2	33752	19332	67,46	71,57	66,06	0,64
Erro B	12	15489	9058	25,73	29,27	25,19	0,35
Fator C (Composto)	2	134067***	77716***	114,78**	72,94*	284,23***	4,81*
Fator CxA	2	10599	10604	35,63	44,02	11,73	0,23
Fator CxB	4	7424	6046	3,72	21,79	43,39	1,07
Fator CxBxA	4	6345	3525	11,21	14,90	28,95	1,39
Erro C	36	5803	4574	16,15	20,54	30,16	0,95
CV A (%)		27,40	30,30	34,60	27,40	18,10	6,60
CV B (%)		22,60	21,50	25,40	18,90	24,80	15,40
CV C (%)		13,80	15,30	20,10	15,80	27,20	25,60
Média		550,51	443,05	19,96	28,61	20,20	3,82

*significativo a 5 % de probabilidade; **significativo a 1 % de probabilidade e; *** significativo a 0,1 % de probabilidade. **Fonte:** Elaborada pelo autor (2022).
*Significant at the 5% probability level; ** Significant at the 1% probability level; ***Significant at the 0.1% probability level. ***Source:*** *Prepared by the authors (2022).*

Esta obra está licenciada com uma Licença Creative Commons Atribuição-NãoComercial-CompartilhaIgual 3.0 Brasil.

Tabela 2. Resumo da análise de variância para DTC = diâmetro total de cabeça; DCC = diâmetro comercial de cabeça; CC = comprimento do caule; DC = diâmetro do caule; NFT = número de folhas totais; NFC = número de folhas comercias e EAF = estimativa de área foliar em alface submetida ao tratamento com ou sem microrganismos eficazes (EM), doses de pó de rocha e doses de composto. Maringá – PR

Table 2. *Summary of analysis of variance for DTC = total head diameter; DCC = commercial head diameter; CC = stem length; DC = stem diameter; NFT = number of total sheets; NFC = number of commercial leaves and EAF = estimate of leaf area in lettuce submitted to treatment with or without effective microorganisms (EM), rock dust doses and compost doses. Maringá - PR*

		Quadrados Médios						
Fontes de variação	**GL**	**DTC (cm)**	**DCC (cm)**	**CC (cm)**	**DC (cm)**	**NTF**	**NFC**	**EAF (cm^2)**
Bloco	3	77,57	1,26	5,90	0,45	39,88	31,23	8634412
Fator A (EM)	1	49,58*	0,32	4,65	0,02	19,53	2,00	13178520
Erro A	3	3,59	4,57	1,56	0,15	14,87	23,01	6929464
Fator B (Pó)	2	8,77	17,36*	4,40**	0,02	69,59*	23,79	5875619
Fator AxB	2	7,88	5,64	0,71	0,27	34,16	17,04	1634043
Erro B	12	9,80	2,90	0,49	0,09	12,59	15,37	1859334
Fator C (Composto)	2	69,13***	18,91***	9,06***	0,40**	157,67***	78,39**	12061769***
Fator CxA	2	1,94	0,17	0,40	0,06	2,82	5,72	393707
Fator CxB	4	5,32	2,30	0,38	0,03	15,40	11,87	1102175
Fator CxBxA	4	3,75	0,34	0,15	0,03	2,35	6,79	1434510
Erro C	36	5,10	1,24	0,38	0,05	10,49	9,62	1462537
CV A (%)		6,40	16,70	22,30	15,40	9,10	14,00	32,20
CV B (%)		10,60	13,30	12,50	11,50	8,30	11,40	16,70
CV C (%)		7,60	8,70	11,00	8,60	7,60	9,00	14,80
Média		29,61	12,83	5,60	2,55	42,58	34,33	8174,91

*significativo a 5 % de probabilidade; **significativo a 1 % de probabilidade e; ***significativo a 0,1 % de probabilidade. **Fonte:** Elaborada pelo autor (2022).

*Significant at the 5% probability level; ** Significant at the 1% probability level; ***Significant at the 0.1% probability level. ***Source:*** *Prepared by the authors (2022).*

Para os desdobramentos de cada fator significativo, o fator EM influenciou somente a variável DTC (Tabela 3). O uso de EM promoveu aumento de 5,45% para o diâmetro total da cabeça de alface, quando comparado ao não uso do EM.

Esta obra está licenciada com uma Licença Creative Commons Atribuição-NãoComercial-CompartilhaIgual 3.0 Brasil.

Tabela 3. Valores médios de DTC = diâmetro total da cabeça de alface submetida ou não à fertilização com microrganismos eficazes (EM), Maringá – PR.
Table 3. *Mean values of DTC = total diameter of lettuce head submitted or not to fertilization with effective microorganisms (EM), Maringá – PR.*

Tratamentos	DTC (cm)
Sem EM	28,78 b
Com EM	30,44 a
CV	26,91
F	13,81

*Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si, de acordo com o teste LSD (Diferença Mínima Significante) a 5 % de probabilidade. **Fonte:** Elaborada pelo autor (2022).
Means followed by the same letter do not differ from each other by LSD's test (Minimum Significant difference) 5% probability. **Source: Prepared by the authors (2022).*

O fator pó de rocha influenciou as variáveis MSC, MFR, DCC, CC e NFT (Tabela 4). Quando comparado ao controle, a massa fresca da raiz, o comprimento do caule e o número total de folhas foram influenciados pelos tratamentos. As variáveis massa seca comercial da cabeça e o diâmetro comercial da cabeça não foram influenciadas pelo uso do pó de rocha, não diferindo do controle.

Tabela 4. Valores médios de MSC = massa seca comercial; MFR = massa fresca de raiz; DCC = diâmetro comercial da cabeça; CC = comprimento do caule e NFT = número de folhas totais de alface submetida a doses de pó de rocha, Maringá – PR.
Table 4. *Means of MSC = commercial dry mass; MFR = fresh root mass; DCC = commercial head diameter; CC = stem length and NFT = total number of lettuce leaves subjected to rock dust doses, Maringá – PR.*

Tratamentos	MSC (g)	MFR (g)	DCC (cm)	CC (cm)	NFT
Controle (P0)	28,27 ab	17,37 b	13,30 a	5,15 b	40,71 b
P1	31,00 a	21,13 a	13,33 a	5,65 a	42,98 a
P2	26,56 b	22,11 a	11,84 b	6,00 a	44,04 a
CV	18,90	24,80	13,33	12,50	8,30
F	4,11	5,96	5,98	8,96	5,52

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si, de acordo com o teste LSD (Diferença Mínima Significante) a 5 % de probabilidade. Doses de pó de rocha: P1 = 500 g m² e P2 = 1000 g m².
Fonte: Elaborada pelo autor (2022)
Means followed by the same letter do not differ from each other by LSD's test (Minimum Significant difference) 5% probability. Doses rock dust: P1 = 500 g m² and P2 = 1000 g m². **Source: Prepared by the authors (2022)*

O uso de composto orgânico promoveu o aumento das médias das variáveis quando comparadas ao controle (Tabelas 5 e 6). Para as variáveis MFT, MFR, MSR, DTC e EAF, o tratamento com maior concentração (69,32 t ha^{-1}) foi superior a menor concentração do composto (34,66 t ha^{-1}) e também ao controle. Para as variáveis MFC, MST, MSC, NFC, NTF, CC e DC não houve diferença entre as concentrações do composto, mas ambos foram superiores ao controle. Para o DCC, a maior concentração do composto foi superior somente quando comparado ao controle.

Esta obra está licenciada com uma Licença Creative Commons Atribuição-NãoComercial-CompartilhaIgual 3.0 Brasil.

Tabela 5. Valores médios de MFT = massa fresca total; MFC = massa fresca comercial; MST = massa seca total; MSC = massa seca comercial; MFR = massa fresca de raiz e MSR = massa seca de raiz de alface submetida a doses do composto orgânico, Maringá – PR.

Table 5. *Mean values of MFT = total fresh mass; MFC = commercial fresh mass; MST = total dry mass; MSC = commercial dry mass; MFR = fresh root mass and MSR = lettuce root dry mass subjected to doses of organic compost, Maringá – PR.*

Tratamentos	MFT (g)	MFC (g)	MST (g)	MSC (g)	MFR (g)	MSR (g)
Controle (C0)	468,62 c	380,77 b	17,50 b	26,60 b	16,97 b	3,43 b
C1	567,83 b	456,04 a	21,69 a	29,75 a	19,82 b	3,70 b
C2	615,06 a	492,33 a	20,69 a	29,48 a	23,82 a	4,33 a
CV	13,80	15,30	20,10	15,80	27,20	25,60
F	23,10	16,99	7,11	3,55	9,42	5,05

*Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si, de acordo com o teste LSD (Diferença Mínima Significante) a 5 % de probabilidade. Doses do composto:C1= 34,66 t ha^{-1} e C2 = 69,32 t ha^{-1}. **Fonte:** Elaborada pelo autor (2022).

Means followed by the same letter do not differ from each other by LSD's test (Minimum Significant difference) 5% probability. Doses organic compost: C1 = 34,66 t ha^{-1} and C2 = 69,32 t ha^{-1}. **Source: Prepared by the authors (2022).*

Tabela 6. Valores médios de NFT = número de folhas totais; NFC = número de folhas comerciais; DTC = diâmetro total da cabeça; DCC = diâmetro comercial da cabeça; CC = comprimento do caule; DC = diâmetro do caule e EAF = estimativa de área foliar de alface submetida a doses de composto orgânico, Maringá – PR.

Table 6. *Mean values of NFT = number of total leaves; NFC = number of commercial sheets; DTC = total head diameter; DCC = commercial head diameter; CC = stem length; DC = stem diameter and EAF = estimated leaf area of lettuce submitted to doses of organic compost, Maringá – PR.*

Tratamento	NTF	NFC	DTC (cm)	DCC (cm)	CC (cm)	DC (cm)	EAF (cm^2)
Controle	39,75 b	32,35 b	27,82 c	11,82 b	4,91 b	2,41 b	7370,36 c
C1	43,23 a	34,75 a	29,82 b	13,14 ab	5,81 a	2,58 a	8446,43 b
C2	44,75 a	35,90 a	31,20 a	13,51 a	6,08 a	2,66 a	8707,94 a
CV	7,60	9,00	7,60	8,70	11,00	8,60	14,80
F	15,04	8,15	13,56	15,26	23,69	7,87	8,25

*Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si, de acordo com o teste LSD (Diferença Mínima Significante) a 5 % de probabilidade. Doses do composto: C1= 34,66 t ha^{-1} e C2= 69,32 t ha^{-1}. **Fonte:** Elaborada pelo autor (2022)

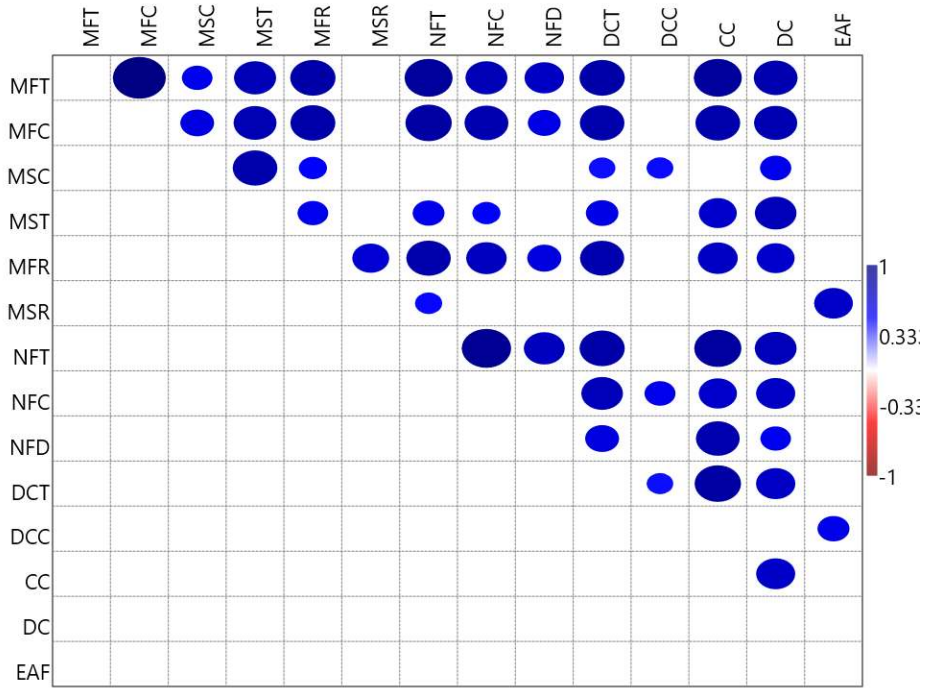
Means followed by the same letter do not differ from each other by LSD's test (Minimum Significant difference) 5% probability. Doses organic compost: C1 = 34,66 t ha^{-1} and C2 = 69,32 t ha^{-1}. **Source: Prepared by the authors (2022)*

Pela figura 1, é possível verificar como as variáveis agronômicas se relacionaram entre si. Os maiores índices de correlações, todas positivas, foram entre MFT e MFC (98,12 %), NFT e NFC (91,13 %), MFT e NFT (88,54 %), MFT e CC (88,44 %). Foi verificada correlação positiva entre NFT e MFT (88,54 %) e NFC e MFC (80,67 %), demonstrando a importância da emissão de folhas na composição de biomassa total e comercial da alface. O NFT e DCT tiveram alta correlação positiva (83,23 %), no entanto, entre NFC e DCC a correlação foi menor (55,88 %). Foram observados valores de correlação positivos entre a variável CC e as variáveis MFT, MFC, NFT, NFC, DCT e DCC, com valores de 88,44; 82,35; 86,87; 69,84; 85,45 e 22,55 %, respectivamente. Isso demonstra a im-

Esta obra está licenciada com uma Licença Creative Commons Atribuição-NãoComercial-CompartilhaIgual 3.0 Brasil.

portância do comprimento do caule para o desenvolvimento das variáveis produtivas de alface.

Figura 1. Mapa de calor demonstrando as correlações entre as variáveis segundo correlação de Pearson a 5 % de probabilidade. Somente as correlações significativas estão demonstradas, sendo de coloração azul positiva (+1) e vermelha negativa (-1). MFT = massa fresca total; MFC = massa fresca comercial; MST = massa seca total; MFR = massa fresca de raiz; MSR = massa seca de raiz; NFT = número de folhas totais; NFC = número de folhas comercias; NFD = número de folhas descartadas; DTC = diâmetro total de cabeça; DCC = diâmetro comercial de cabeça; CC = comprimento do caule; DC = diâmetro do caule; EAF = estimativa de área foliar.
Figure 1. *Heatmap showing the correlations between the variables according to Pearson's correlation at 5% probability. Only significant correlations are shown, being blue positive (+1) and red negative (-1). MFT = total fresh mass; MFC = commercial fresh mass; MST = total dry mass; MFR = fresh root mass; MSR = root dry mass; NFT = number of total leaves; NFC = number of commercial sheets; NFD = number of discarded leaves; DTC = total head diameter; DCC = commercial head diameter; CC = stem length; DC = stem diameter; EAF = estimated leaf area.*



Fonte: Elaborada pelo autor (2022).
Source: *Prepared by the author (2022).*

4 Discussão

Os resultados do presente estudo estão de acordo com Yuri, Resende, Júnior, Mota, Souza (2004), que pesquisaram a aplicação de doses de composto orgânico (casca do grão de café, esterco de curral e palha triturada de *Crotalaria* sp.) sobre a produção de alface americana, verificaram incremento na circunferência das plantas (41,4 cm), massa fresca comercial (634,3 g planta^{-1}) e no comprimento do caule (3,9 cm^{-1}), quando comparados à testemunha. Sediyama *et al*. (2016) investigaram o efeito do uso de fertilizantes orgânicos sobre o cultivo de alface americana e demonstraram que o uso do fertilizante promoveu aumento de 42 % na produtividade e no peso médio de 450 g planta^{-1}. Esses valores são próximos aos encontrados no presente trabalho, dos quais obteve-se aumento de 43,53 % no peso das plantas (733,12 g planta^{-1}). Nesse sentido para o processamento industrial, a alface americana com elevado peso e tamanho de cabeça comercial são desejáveis, isso aliadas ao comprimento do caule, no qual, abaixo de 7 cm

Esta obra está licenciada com uma Licença Creative Commons Atribuição-NãoComercial-CompartilhaIgual 3.0 Brasil.

pode proporcionar maior rendimento de matéria-prima, já, acima, menor rendimento (Yuri *et al*., 2004).

Nesse viés, ressalta-se que o composto utilizado continha aproximadamente 1 % de nitrogênio, sendo considerado relativamente rico nesse nutriente. Sob esse aspecto, cabe lembrar que o nitrogênio é o nutriente mais importante para várias espécies vegetais e participa como elemento de várias substâncias presentes na planta, sendo um componente de aminoácidos, bases nitrogenadas e corpos cetônicos, além disso, o nitrogênio está presente nas moléculas de clorofila (Taiz, Zeiger, Moller, Murphy, 2017). Ou seja, com um bom aporte de nitrogênio, a planta consegue expressar seu potencial produtivo, o que foi observado no presente estudo. Destarte, as variáveis analisadas tiveram suas médias incrementadas pelo uso do composto orgânico. Inclusive, a maior dose proporcionou maior MFT, DTC e EAF que a menor dose do composto, demonstrando que a planta de alface é responsiva com relação a essas variáveis produtivas.

Além disso, com o uso de pó de rocha, foram observados efeitos significativos em cinco (MSC, MFR, DCC, CC e NFT) das treze variáveis analisadas. Moura *et al*. (2018) analisaram diferentes tipos de adubação sobre a produtividade de *Brassica oleracea* L., e o uso de pó de rocha se demonstrou uma alternativa viável para fertilização, com valores de produtividade similares ao do uso de cama de frango. Além disso, estudo relata que o uso de 500 g de pó de rocha basáltico promoveu o aumento na média de leitura de clorofila foliar (SPAD) e o comprimento de raízes em três variedades de alface (Lajús *et al*., 2021). Diferentemente do presente estudo, houve interação entre o uso de EM e o pó de rochas para variáveis produtivas de alface em estudo um realizado no estado de Goiás (Sousa *et al*., 2021). Isso indica uma possível ação de disponibilização de nutrientes presentes no pó de rocha por intermédio dos microrganismos presentes no EM (Sousa *et al*., 2021).

O “EM”, microrganismos eficazes, é composto principalmente por bactérias fotossintéticas (*Rhodopseudomonas palustris* e *Rhodobacter sphaeroides*), lactobacilos (*Lactobacillus plantarum, Lactobacillus casei* e *Streptococcus lactis*), leveduras (*Saccharomyces lactis*), e Actinomicetos (*Streptomyces* spp.) (Javaid, 2010). Na maioria dos casos, o pó de rocha possui liberação lenta de seus elementos (Plata, Ramos, Oliveira, Oliveira, 2021; Ramos *et al*., 2021). Por isso, era esperado que houvesse interação entre o uso de EM ou composto orgânico, que serviriam como fonte de microrganismos e, por meio de sua atividade no solo, aumentariam a concentração de íons H^+, aumentando a disponibilidade de nutrientes do pó de rocha (Kämpf, Curi, Marques, 2009). No entanto, não foram observadas interações entre esses fatores para o presente estudo. É possível que a liberação de ácidos orgânicos provenientes da rizosfera das plantas de alface tenha aumentado a disponibilidade de nutrientes do pó de rocha (Kämpf *et al*., 2009), promovendo o incremento das variáveis observadas no presente estudo.

Sendo assim, para esta pesquisa, o uso do EM incrementou somente o diâmetro total da cabeça de alface. Um dos fatores que pode ter contribuído para a menor influência do EM sobre as variáveis agronômicas foi que o solo utilizado no experimento já continha teor alto de matéria orgânica (2,6 %), segundo manual de adubação e calagem para o estado do Paraná (Pauletti & Motta, 2017). A área experimental é conduzida sob manejo orgânico/agroecológico há 15 anos, o que pode ter proporcionado um equilíbrio dinâmico da microbiota do solo. Com isso, os grupos de microrganismos que já habitavam a área de cultivo, por serem já adaptados ao local, sobrepuseram-se aos novos microrganismos inoculados por meio do EM. O processo de simbiose entre microrganismos e plantas é complexo e envolve a secreção e a aquisição de nutrientes entre os organismos, entre outros fatores (Afzal, Shinwari, Sikandar, Shahzad, 2019). Como forma de garantir uma interação eficaz entre as raízes das plantas e os microrganismos do EM, uma alternativa seria a inoculação do EM no substrato, enquanto as mudas estavam em desenvolvimento, antes do transplantio para o solo.

Esta obra está licenciada com uma Licença Creative Commons Atribuição-NãoComercial-CompartilhaIgual 3.0 Brasil.

5 Conclusão

Não houve interação entre os fatores analisados. O uso de composto orgânico promoveu incremento de todas as variáveis agronômicas analisadas de alface americana. A adição de pó de rocha promoveu incremento na massa seca comercial, na massa fresca da raiz, no diâmetro comercial da cabeça, no comprimento do caule e no número de folhas totais de alface americana. Os Microrganismos eficientes promoveram incremento de diâmetro total da cabeça de alface americana.

6 Referências

Afzal, I., Shinwari, Z. K., Sikandar, S., & Shahzad, S. (2019). Plant beneficial endophytic bacteria: mechanisms, diversity, host range and genetic determinants. *Microbiological Research*, *221*, 36-49. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0944501318304592

Aparecido, L.E.O., Rolim, G.S., Richetti, J., de Souza, P.S., & Johann, J. A. (2016). Köppen, Thornthwaite and Camargo climate classifications for climatic zoning in the State of Paraná, Brazil. Ciência e Agrotecnologia. *40*(4) 405-417. https://www.scielo.br/j/cagro/a/nfcXCJMXKD35kv6DppjpPMy

Cardoso, I.I.A., Ferreira, P.K., Vieira Júnior, M.R., & Alcarde, C. (2011). Alterações em propriedades do solo adubado com composto orgânico e efeito na qualidade de sementes de alface. *Horticultura Brasileira, 29*(4) 594-599. https://www.scielo.br/j/hb/a/5bCZkJxj6gsSGwDfgJmJL3y/?lang=pt

FAOSTAT – Food and Agriculture Organization of the United Nations. *Production/Yield Quantities of Lettuce and chicory in World.* 2021. Available in: << http://www.fao.org/faostat/en/#data/qc/visualize >>. Acesso em 18 fev. 2021.

Hamerschmidt, I., Leonarddecz, A., Gheller, A.J., Righetto, A.J., Bortolossi, L.J., Franco, J.M., Harger, N., & Carvalho, L.R.N. (2013). *Manual Técnico de Olericultura*. Curitiba: Instituto EMATER, p.268.

Hammer, Ø., Harper, D.A.T., & Ryan, P.D. (2001). Paleontological statistics software package for education and data analyses. *Palaeontologia Electronica*, *4*, 1–9. https://paleo.carleton.ca/2001_1/past/past.pdf

Higa, T., & Parr, F.J. (1994). *Beneficial and effective microorganisms for a sustainable agriculture and environment*. Atami: International Nature Farming Research Center, p.17.

Hu, C., & Qi, Y. (2013). Long-term effective microorganisms application promote growth and increase yield and nutrition of wheat in China**.** *European Journal of Agronomy*, *46*, 63-67. https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1161030112001566

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Censo Agropecuário 2017***.** Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/>. Acesso em: 8 jun. 2020.

Javaid, A. (2010). Beneficial microorganisms for sustainable agriculture. *Sustainable Agriculture Reviews***,** *4*, 347–369. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-90-481-8741-6_12

Kämpf, N., Curi, N., & Marques, J.J. Intemperismo e ocorrência de minerais no ambiente do solo. In: Melo, V.F., & Alleoni, L.R. (Ed.) *Química e mineralogia do solo*. Viçosa: SBCS, 2009.

Esta obra está licenciada com uma Licença Creative Commons Atribuição-NãoComercial-CompartilhaIgual 3.0 Brasil.

Lajús, C. R., Da Luz, G. L., Da Silva, C. G., Dalcanton, F., Barichello, R., Sauer, A. V., & Dal Piva, A. J. (2021). Aspectos qualitativos e quantitativos de variedades de alface submetidas a concentrações de pó de rocha em cultivo orgânico. *Brazilian Journal of Development*, *7*(5), 49489-49512. https://www.brazilianjournals.com/index.php/BRJD/article/view/29933

Li, J., Mavrodi, D. V., & Dong, Y. (2021). Effect of rock dust-amended compost on the soil properties, soil microbial activity, and fruit production in an apple orchard from the Jiangsu province of China. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 67(10), 1313-1326.

Maass, V., Céspedes, C., & Cárdenas, C. (2020). Effect of Bokashi improved with rock phosphate on parsley cultivation under organic greenhouse management. *Chilean Journal of Agricultural Research*, *80*, 444-451. https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S0718-58392020000300444&script=sci_arttext

Manual de Adubação e Calagem do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. (2004). 10 ed. Porto Alegre: *Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Núcleo Regional Sul, Comissão de Química e Fertilidade do Solo*, p.400.

Moura, S.C., Bisognin, P.R., Silva, M.D., Guerra, D., Bianchetto, R., & Souza, L.E. (2018). Produtividade de *Brassica oleracea* em sistema de transição orgânica no Sul do Brasil. *Revista Verde*, *13*(2), 138-145. https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7083383

Plata, L. G., Ramos, C. G., Oliveira, M. L. S., & Oliveira, L. F. S. (2021). Release kinetics of multi-nutrients from volcanic rock mining by-products: Evidences for their use as a soil remineralizer. *Journal of Cleaner Production*, (279), 123668. https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652620337136

Ramos, C. G., Hower, J. C., Blanco, E., Oliveira, M. L. S., & Theodoro, S. H. (2021). Possibility of uses of silicate rocks powder: A review. *Geoscience Frontiers,* p.101185. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1674987121000499

Sediyama, N.A.M., Magalhões, B.P.I., Vidigal, M.S., Pinto, O.L.C., Cardoso, P.C.S.D., Fonseca, M.C.M., & Carvalho, L.P.I. (2016) Uso de fertilizantes orgânicos no cultivo de alface americana (*Lactuca sativa* L.) 'KAISER'. *Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável, 6*(2) 66-74. https://www.locus.ufv.br/handle/123456789/17167

Simepar. Sistema Meteorológico Do Paraná. (2015). Dados meteorológicos de Maringá: 2006 a 2014.

Sousa, W. S., Campos, T. S., Souza, A. G. V., Cintra, P. H. N., Faria, L. O., & Santos, T. E. B. (2021). Performance of lettuce submitted to the rock dust remineralizer and doses of efficient microorganisms. *Revista de Agricultura Neotropical*, *8*(2) e5850. https://periodicosonline.uems.br/index.php/agrineo/article/view/5526

Taiz, L., Zeiger, E., Moller, I.M., & Murphy, A. (2017). *Fisiologia e desenvolvimento vegetal*, 6 ed. Porto Alegre, Artmed.

Theodoro, S.H., Leonardos, O., Rocha, E.L., & Rego, K.G. (2006).1 Experiências de uso de pó de rochas silicáticas como fontes de nutrientes. *Espaço & Geografia*, *9*(2) 263-292. https://repositorio.unb.br/handle/10482/20882

Yuri, E.J., Resende, M.G., Júnior, R., Mota, H.J., & Souza, J.R. (2004). Efeito de composto orgânico sobre a produção e características comerciais de alface americana. *Horticul-*

Esta obra está licenciada com uma Licença Creative Commons Atribuição-NãoComercial-CompartilhaIgual 3.0 Brasil.

tura Brasileira, *22*(1), 127-130. https://www.scielo.br/j/hb/a/7PGzPPDhkVp7KB4CWqSTxPC/?lang=pt&format=html

Zandvakili, O. R., Barker, A. V., Hashemi, M., & Etemadi, F. (2019). Biomass and nutrient concentration of lettuce grown with organic fertilizers. *Journal of Plant Nutrition*, 42(5), 444-457. https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/01904167.2019.1567778

Esta obra está licenciada com uma Licença Creative Commons Atribuição-NãoComercial-CompartilhaIgual 3.0 Brasil.