



Scientific Electronic Archives

Issue ID: Vol.19 (4), Jul/Aug 2026, p. 1-14

DOI: <http://dx.doi.org/10.36560/19420262213>

+ Corresponding author: bandeira.dalbiano@unesp.br

Utilização de microrganismos eficazes (EMs) no cultivo de alface hidropônica

Use of effective microorganisms (EMs) in hydroponic lettuce cultivation

Alessandro Bandeira Dalbianco ¹, Adalberto Santi ², Diego Fernando Daniel ³, Matheus Hermann dos Santos ⁴, Erine Natalie Bortot ⁴⁺, Santino Seabra Júnior ¹, Regiane Cristina de Oliveira ¹

¹ Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho"

² Universidade do Estado de Mato Grosso

³ Universidade do Oeste de Santa Catarina

⁴ Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Resumo. A alface (*Lactuca sativa* L.) é uma das principais hortaliças cultivadas em sistemas hidropônicos, fonte rica de minerais, fibras e compostos bioativos. Nesse sentido, objetivou-se avaliar o desempenho produtivo de cultivares de alface hidropônica sobre diferentes sistemas de aplicação de microrganismos eficazes (EMs). O delineamento estatístico experimental utilizado foi em blocos casualizados, em arranjo fatorial composto por quatro métodos de aplicação de EMs e três cultivares de alface, com quatro repetições, totalizando 48 unidades experimentais. Os tratamentos foram: I) Sem aplicação de EM; II) EM aplicado somente em solução nutritiva; III) EM aplicado somente na área foliar (via foliar) e IV) EM aplicado na solução nutritiva e na área foliar (via foliar). Conclui-se que a aplicação do EM no cultivo de alface hidropônica tem potencial tanto do ponto de vista econômico quanto biológico. A cultivar "Delícia" exibiu resultados superiores em termos de desempenho produtivo quando o EM foi utilizado tanto na solução nutritiva quanto na aplicação foliar. O aumento no diâmetro das plantas e no comprimento das raízes foi superior no cultivo em que o EM foi utilizado exclusivamente na solução nutritiva e na combinação de solução nutritiva e aplicação foliar, respectivamente, em todas as cultivares. Assim, a tecnologia EM surge como uma estratégia sustentável e viável para o cultivo de alface em sistemas hidropônicos.

Palavras-chaves: Aplicação foliar, Hidroponia, Microrganismos probióticos, Solução nutritiva, *Lactuca sativa* L.

Abstract. The lettuce (*Lactuca sativa* L.) is one of the main vegetables grown in hydroponic systems, an excellent source of minerals, fibers, and bioactive compounds. Therefore, the objective of this study was to evaluate the productive performance of hydroponic lettuce cultivars under different efficient microorganisms (EMs) application systems. The experimental statistical design used was in randomized blocks, in a factorial arrangement composed of four methods of application of EMs and three lettuce cultivars, with four replications, totaling 48 experimental units. The treatments were: I) Without application of EM; II) EM applied only in nutrient solution; III) EM applied only in the foliar area (leaf area) and IV) EM applied in the nutrient solution and in the foliar area (leaf area). It was concluded that the application of EMs in hydroponic lettuce cultivation has potential both from an economic and biological perspective. The "Delícia" cultivar showed superior results of productive performance when the EM was used both in the nutrient solution and for foliar application. The increase in plant diameter and root length was higher in the cultivation where the EM was exclusively used in the nutrient solution and in the combination of nutrient solution and foliar application, respectively, across all cultivars. Thus, EM technology emerges as a sustainable and viable strategy for growing lettuce in hydroponic systems.

Keywords: Foliar application, Hydroponics, Probiotic microorganisms, Nutrient solution, *Lactuca sativa* L.

Introdução

A alface (*Lactuca sativa* L.) é uma hortaliça folhosa rica em minerais, fibras e compostos

bioativos, como o folato (vitamina B9), β -caroteno, luteína e fenólicos que são benéficos à saúde humana (Dalastra *et al.*, 2020). A produção mundial

de alface em 2020 foi de aproximadamente 27,66 milhões de toneladas em uma área de 1,23 milhões de hectares (FAOSTAT, 2022). Em 2020, o Brasil produziu cerca de 1,5 milhões de toneladas de alface e teve um consumo per capita de 8,6 kg/habitante/ano (Furlanetto *et al.*, 2020).

O Brasil não está entre os maiores produtores de alface do mundo. Entretanto, é fundamental concentrar esforços em aprimorar a produção desse vegetal no país devido a seu grande potencial. Portanto, investir em melhorias na produção de alface no Brasil é estratégico por diversos motivos, isso permitiria atender à demanda interna de forma consistente e garantir o abastecimento de um alimento amplamente consumido pela população brasileira (Yokoro; Pereira, 2020).

No Brasil, entre as principais hortaliças, a alface é a terceira mais consumida, e é a hortaliça folhosa mais cultivada, em razão da ampla adaptação a diferentes condições climáticas, possibilidade de colheita sucessiva ao longo de todo ano, e o atendimento as preferências e demandas dos consumidores (Santos *et al.*, 2021).

A hidroponia, definida como a técnica de cultivo de plantas sem solo, usando apenas água e nutrientes dissolvidos, é um sistema de fácil adaptação, com alto desempenho, controle eficaz dos nutrientes fornecidos às plantas e redução no ciclo em relação ao cultivo em solo, benefícios que favorecem a gestão, maximizam a utilização de entradas, permitem controle parcial de condições ambientais adversas, e possibilitam segurança para os consumidores, devido a proporcionar limpeza no produto final (Kappel *et al.*, 2021; Ruiz *et al.*, 2019; Singh *et al.*, 2021).

Esforços têm sido realizados para substituir os fertilizantes minerais por outras fontes de nutrientes que garantam alta produtividade, e mantenham a eficiência e sustentabilidade do sistema de produção. Nesse sentido, uma opção viável para a adubação em manejo orgânico de produção é o uso de Microrganismos Eficazes (EMs), que se mostra como uma técnica alternativa, sustentável, segura e de baixo custo para aumentar a produtividade de alimentos orgânicos (Tommonaro *et al.*, 2021). Os Microrganismos Eficazes (EMs) são compostos por bactérias ácido-láticas, leveduras e bactérias fotossintéticas, produto original desenvolvido pelo Dr. Teruo Higa da Ryukyus Agricultural University em Okinawa, Japão (Andrade, 2020; Higa; Parr, 1994; Nikitin *et al.*, 2018; Tommonaro *et al.*, 2021). O EM é composto por quatro grupos de microrganismos: leveduras, que promovem o crescimento das plantas; actinomicetos, que controlam fungos e bactérias prejudiciais, tornando as plantas mais resistentes; bactérias produtoras de ácido lático, que eliminam microrganismos que causam doenças nas plantas; e bactérias fotossintéticas, que produzem substâncias benéficas para o crescimento das plantas e promovem outros microrganismos eficazes, como bactérias fixadoras

de nitrogênio, actinomicetos e fungos micorrízicos (González *et al.*, 2019; Nikitin *et al.*, 2018; Tommonaro *et al.*, 2021).

Há aumento na produtividade da alface com a adição de EMs (Silva *et al.*, 2022), inclusive em alface americana com aplicação de EMs, há aumento da área foliar das plantas (Tommonaro *et al.*, 2021). Apesar da vasta utilização de EMs em alface, são raros os estudos que utilizaram esta alternativa em sistema hidropônico, tanto aplicado na solução nutritiva como na aplicação foliar de plantas.

A alface, assim como outras hortaliças produzidas sob técnicas hidropônicas, pode ser tão produtiva ou até mais que o cultivo em solo, além de ter um preço diferenciado na hora da venda, agregando valor (Santos *et al.*, 2022). Portanto, é de extrema importância aprofundar as pesquisas sobre a aplicação de técnicas de hidroponia na produção de alface, visando a produção de alimentos em sistema sustentável, que podem beneficiar o produtor, o consumidor e o ambiente (Carvalho *et al.*, 2020; Sharma *et al.*, 2018). Neste contexto, objetivou-se avaliar o desempenho produtivo de cultivares de alface hidropônica em diferentes sistemas de aplicação de microrganismos eficazes.

Material e Métodos

O experimento foi realizado no município de Tangará da Serra, Mato Grosso, Brasil, à latitude de 14°39'00" S, longitude 57°25'54" W, com altitude de 440,01 metros, na área experimental do departamento de horticultura da Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT). O clima da região, segundo o Sistema de Classificação Climática de Köppen é megatérmico ou tropical com seca no inverno (Aw) (Alvares *et al.*, 2013), com temperatura média do ar de 24,4 °C, precipitação anual média de 1.830 mm, caracterizado por apresentar invernos secos e verões chuvosos (Dallacort *et al.*, 2011).

O estudo foi realizado em ambiente protegido de estrutura metálica do tipo teto em arco, coberta com película de polietileno transparente de baixa densidade aditivada anti UV de 150 µm de espessura (150 micras), com altura de 5,0 m e dimensão de 21,0 m de comprimento por 7,0 m de largura, com laterais fechadas por tela de sombreamento 50% preta. O cultivo ocorreu no período de 25 de julho a 01 de setembro de 2019, em que as plantas de alface ficaram 15 dias no berçário hidropônico para aclimação e 24 dias no sistema hidropônico definitivo.

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, em arranjo fatorial composto por 4 métodos de aplicação de Microrganismos Eficazes (EMs) e 3 cultivares de alface, com 4 repetições, totalizando 48 unidades experimentais. Os tratamentos foram os seguintes: Sem EM = Sem aplicação de EM; SN = EM aplicado somente em solução nutritiva; PAF = EM aplicado somente na parte área foliar; e SN + PAF =

EM aplicado na solução nutritiva e na parte área foliar.

As cultivares de alface selecionadas foram a “Rubinela” e a “Crocantela”, que são do segmento crespa, e a “Delícia” que é do segmento americana

(Figura 1 e Tabela S1), uma vez que são os grupos de alface que predominam no mercado brasileiro (Luiz *et al.*, 2020).



Figura 1. Cultivares de alface utilizadas neste experimento na fase da colheita. (a) Delícia, (b) Rubinela e (c) Crocantela.

As cultivares de alface foram semeadas separadamente em espuma fenólica de 2,0 x 2,0 x 2,0 cm, utilizando-se duas sementes por quadrante, cobertas com vermiculita, totalizando 128 plantas para cada cultivar. As placas com a espuma fenólica foram levadas no berçário hidropônico para a germinação das sementes, onde receberam a solução nutritiva diluída a 25% (vazão da solução 1 L min⁻¹), que foi trocada para uma solução com 50% da força iônica após uma semana (Furlani, 1999). Quinze dias após a semeadura (DAS), as mudas foram transplantadas para a tubulação de PVC definitivo (vazão de 1,5 a 2,0 L min⁻¹), onde ocorreu o desenvolvimento das plantas até o final do ciclo em solução nutritiva com 100% da força iônica.

A estrutura utilizada foi composta por duas bancadas de cultivo, com 9,60 m de comprimento cada uma e seis perfis hidropônicos de cano PVC (75 mm) por bancada (Figura 2). Os tubos de crescimento do sistema hidropônico NFT (Técnica do Filme de Nutriente) foi espaçado de 0,30 m, instalado a 0,80 m do solo, com inclinação de 6% e espaçamento entre plantas de 0,25 m (Martinez, 2006). Foi utilizado sistema de bombeamento e de retorno da solução nutritiva por gravidade aos reservatórios, em que ocorria a formação de uma lâmina fina de solução nutritiva que irrigava as raízes.

Na bancada 1 utilizou-se dois perfis sorteados aleatoriamente para cada cultivar, contendo 32 plantas cada perfil, os quais foram contabilizadas 16 plantas para cada repetição, sendo oito plantas para a avaliação e oito plantas para efeito bordadura (quatro plantas cada ponta do perfil/repetição), totalizando 4 repetições por tratamento. A mesma configuração foi utilizada para a bancada 2.

A declividade utilizada foi de 6% para favorecer o fluxo da solução nutritiva por gravidade, a oxigenação do sistema e a redução do aquecimento. A vazão média mantida foi de 1,5 L min⁻¹, conforme Martinez e Silva Filho (2004). O funcionamento do sistema foi através de um temporizador, que acionava o conjunto motobomba e fornecia a solução em intervalos constantes, programado para manter o fluxo intermitente, com ativação a cada 15 minutos durante o dia (5:00h às 18:00h) e de 15 minutos a cada hora durante a noite, em razão da evapotranspiração a noite ser baixa (Furlani, 1999). Práticas culturais para controle de pragas e doenças não foram necessárias durante o experimento.

Para cada bancada, foi utilizado um reservatório de água de 1000 litros, em que a bancada número 1 tinha somente a solução nutritiva, para os tratamentos que foram aplicados o EM apenas na área foliar e sem EM, e no reservatório número 2 conteve a solução nutritiva mais a solução de EM, para os tratamentos utilizando a solução de EM na solução nutritiva junto com a aplicação de EM na área foliar e somente EM na solução nutritiva. Nos períodos das pulverizações dos tratamentos com EM na área foliar, os tratamentos foram isolados utilizando papel duplex, para que não houvesse interferência nos outros tratamentos.

O preparo da solução nutritiva para os tratamentos I e III (bancada 1) foi realizado com base na recomendação para a cultura de alface, conforme Furlani (1999): utilizou-se a concentração de macronutrientes de 184 mg de N-NO₃; 16,5 mg de N-NH₄; 90 mg de P; 233 mg de K; 86 mg de Ca; 40,5 mg de Mg; 56 mg de S; 0,41mg de B; 0,409 mg de Cu; 0,409 mg de Mn; 0,0916 mg de Mo;

0,0814 mg de Ni; 0,16 mg de Zi e 1,8 mg de Fe por litro de água. Nos tratamentos II e IV (bancada 2) foi utilizado a mesma concentração de nutrientes

descritos acima e também adicionado EM•1® na solução nutritiva.

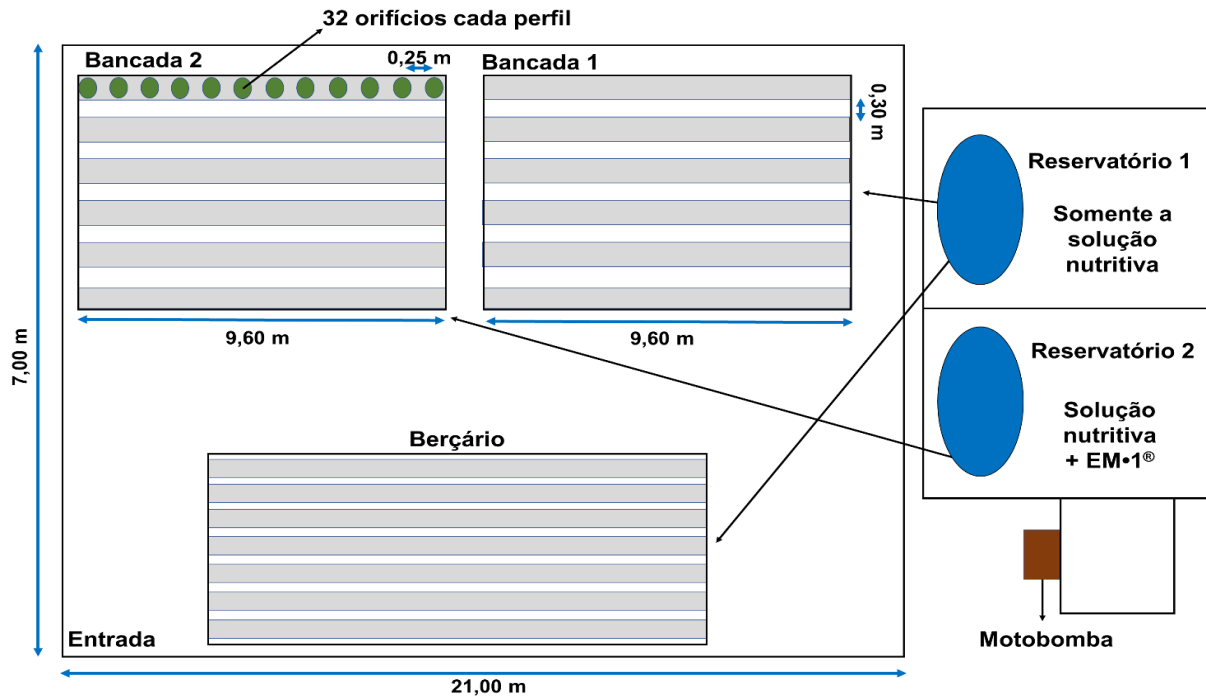


Figura 2. Representação esquemática da estrutura hidropônica.

No desenvolvimento deste estudo foi utilizado o produto comercial de microrganismos eficazes com Tecnologia EM™ (EM•1® - Microorganismos Eficazes), sendo os microrganismos comercializados em estado de dormência (*Lactocaseibacillus rhamnosus*, *Lactobacillus acidophilus* e *Saccharomyces cerevisiae*) e que necessitavam ativação (EM America Latina, 2019). Nesse sentido, o produto EM•1® que é comercializado na forma concentrada foi ativado através de uma diluição. Em um recipiente de plástico limpo de cor azul, foi agrupado uma parte (5%) de melaço de cana ou açúcar e uma parte (5%) de EM, que foram em seguida misturados em 18 partes (90%) de água limpa sem cloro, que foi homogeneizado para estabelecer uma solução uniforme (Leite et al., 2016, Tommonaro et al., 2021).

Após envasado, o recipiente de plástico, permaneceu tampado a fim de manter as condições herméticas, ficando em fermentação por 4 a 7 dias. A partir disso, foi inserido 1 L da solução de EM•1® no reservatório de 1000 L de água (Leite; Meira, 2016), onde já tinha sido inserido a solução contendo os nutrientes, em que se bombeou essa solução para a bancada hidropônica 2, contendo EM•1®. Foi realizada a reposição da solução sempre que necessário.

O mesmo procedimento de diluição foi realizado para os tratamentos aplicados via foliar, ou seja, 1 L de solução de EM•1® para 1000 L de

água, o qual foi aplicado através de uma bomba de compressão prévia durante todo o ciclo da cultura uma vez por semana, iniciado no dia 25/07/2019 e finalizado em 01/09/2019, totalizando sete pulverizações. A aplicação foi realizada nas horas mais frescas do dia, com volume aproximado de 100 ml por planta (Leite; Meira, 2016).

Visando deixar o meio de cultivo propício ao desenvolvimento das plantas no sistema hidropônico, foi realizado o controle diário da condutividade elétrica e do pH das soluções. A reposição de fertilizantes e água foram semanais, usando como recomendação a condutividade elétrica entre 1,5 a 2,0 mS cm⁻¹, que corresponde a 1000 a 1500 ppm de concentração total de íons na solução e pH entre 5,5 a 6,5, que foi averiguada com o auxílio de um condutivímetro e um pHmetro, respectivamente, e ajustada com solução 1 N de HCl ou de NaOH, conforme a necessidade (Martinez; Silva Filho, 2004).

A colheita foi realizada 39 dias após o transplântio (DAT) e mensuradas as seguintes características agrônômicas: Massa Fresca Comercial (g); Massa Fresca Total (g); Número de Folhas Comerciais (n°); Número de Folhas Não Comerciais (n°); Diâmetro do Caule (mm); Comprimento do Caule (cm); Diâmetro da Planta (cm); Comprimento da Raiz (cm); Massa Fresca da Raiz (g); Clorofila A; Clorofila B e Clorofila Total. Para todas as avaliações, foram utilizadas cinco plantas por parcela. Para a determinação de

diâmetro e comprimento do caule, do diâmetro da planta e do comprimento da raiz utilizou-se um paquímetro digital (FORTGPRO-FG8331). Para avaliação de massa fresca comercial, massa fresca total e massa fresca da raiz foi utilizado uma balança digital de 10 kg (CK1253 - Fernet - CLK 001) (Fontana *et al.*, 2018).

Para avaliar o teor de clorofila, foi utilizado uma folha por planta, considerada a folha mais longa e em pleno desenvolvimento. O medidor de clorofila Falker (ClorofilOG – CFL1030) foi usado para a avaliação, onde obteve a leitura da clorofila A, clorofila B e clorofila total para cada tratamento (Oliveira *et al.*, 2016). Este aparelho possui diodos que emitem luz que se movem entre a folha e que chega a um receptor fotodiodo de silício, que transforma a luz transmitida em sinais elétricos analógicos, fornecendo os resultados em unidades adimensionais, com valores de Índice de Clorofila Falker (ICF) (Falker, 2008). Para o comprimento da raiz, foi considerado a base (inserção da haste e raiz) até a ponta do broto (cm planta⁻¹). Para o número de folhas, todas as folhas igual ou superior a 3 cm foram contadas. O comprimento do caule foi medido da base do caule até o meristema apical (cm planta⁻¹) (Fontana *et al.*, 2018).

Análise Estatística

As variáveis estudadas foram submetidas a análise de normalidade de resíduos através do teste de Lilliefors e homogeneidade das variâncias por meio do teste de Bartlett. Os dados que apresentaram disparidade foram transformados por raiz quadrada (\sqrt{x}) e posteriormente, submetidos a análise de variância (ANOVA), e se constatadas diferenças significativas realizado teste de comparações múltiplas de médias de Tukey a 5% de significância ($p \leq 0,05$). As análises foram realizadas utilizando o software estatístico GENES (Cruz, 2013).

Além disso, foi realizada uma análise de correlação de Pearson ao nível de 5% de significância, para relacionar o grau de dependência entre as características agrônomicas avaliadas nas cultivares de alface. Realizou-se ainda uma análise multivariada pelo método de agrupamento hierárquico com base na distância euclidiana média

padronizada (D) e no método de variância mínima de Ward para classificar as características das cultivares da alface em relação aos métodos de aplicação de microrganismos eficazes. Além disso, para obter uma avaliação integrada das cultivares de alface estudadas em relação aos métodos de aplicação de microrganismos eficazes, os dados foram submetidos a uma análise de componentes principais (PCA), selecionando dois os primeiros componentes principais de maior porcentagem de explicação, por meio da análise gráfica Biplot. A correlação de Pearson e as análises multivariadas foram realizadas no software OriginPro® 2021 (Originlab Corporation, 2022).

Resultados e discussão

Houve diferença significativa ($p < 0,05$) para as características estudadas da cultura da alface hidropônica (massa fresca comercial (MFC), massa fresca total (MFT), número de folhas comerciais (NFC), número de folhas não comerciais (NFNC), diâmetro do caule (DC), comprimento do caule (CC), diâmetro da planta (DP) e comprimento da raiz (CR)) demonstrando que os tratamentos estudados diferiram significativamente entre si, com interação significativa entre os métodos de aplicação de microrganismos eficazes e as cultivares de alface (Tabelas 1 e 2).

Para a massa fresca da raiz (MFR), teores de clorofila A (CA), clorofila B (CB) e clorofila total (CT), não houve significância de interação entre os métodos de aplicação de microrganismos eficazes e as cultivares de alface. Para MFR, houve diferença para os dois efeitos de forma isolada, enquanto que para os teores de clorofila (CA, CB e CT), apenas o fator cultivares de alface foi significativo (Tabela 2). Esses resultados indicam a influência dos microrganismos eficazes e dos métodos de aplicação sobre os principais aspectos agrônomicos da alface hidropônica (número de folhas, diâmetro da planta e peso fresco da planta). Isso permitiu avaliar o melhor método de aplicação de EM e da cultivar com maior capacidade produtiva (características produtivas), bem como as relações existentes entre esses fatores por meio de análises multivariadas.

Tabela 1. Resumo da análise de variância para as características agrônomicas avaliadas em três cultivares de alface (Rubinela, Crocanta e Delícia), produzidas em quatro métodos de aplicação de microrganismos eficazes (sem aplicação de EM, EM aplicado somente em solução nutritiva, EM aplicado somente na área foliar (via foliar) e EM aplicado na solução nutritiva e na área foliar (via foliar)). Tangará da Serra, Mato Grosso, Brasil, 2019

Causas de variação	GL	Quadrados médios					
		MFC	MFT	NFC	NFNC	DC	CC
Blocos	3	238,49 ^{ns}	589,57 ^{ns}	2,14 ^{ns}	0,38 ^{ns}	0,78 ^{ns}	0,96 ^{ns}
Cultivares	2	143216,88*	279243,02*	115,47*	66,40*	470,31*	40,14*
Métodos	3	5135,10*	8975,21*	2,30 ^{ns}	1,85*	9,54*	46,48*
Cultivares × Métodos	6	4028,97*	8157,65*	4,27*	3,07*	9,52*	10,48*
Erro	33	447,48	687,31	1,38	0,47	1,77	1,03
Total	47	-	-	-	-	-	-
Média geral	-	147,48	198,13	17,29	5,82	17,24	9,75
CV (%)	-	14,34	13,23	6,79	11,77	7,71	10,38

* significativo em nível de 5% de probabilidade de erro. ^{ns} não significativo em nível de 5% de probabilidade de erro. CV = Coeficiente de variação; Graus de liberdade (GL); Massa fresca comercial (MFC em g); Massa fresca total (MFT em g); Número de folhas comerciais (NFC); Número de folhas não comerciais (NFNC); Diâmetro do caule (DC em mm) e Comprimento do caule (CC em cm).

Tabela 2. Resumo da análise de variância para as características agrônômicas avaliadas em três cultivares de alface (Rubinela, Crocantela e Delícia), produzidas em quatro métodos de aplicação de microrganismos eficazes (sem aplicação de EM, EM aplicado somente em solução nutritiva, EM aplicado somente na área foliar (via foliar) e EM aplicado na solução nutritiva e na área foliar (via foliar)). Tangará da Serra, Mato Grosso, Brasil, 2019

Causas de variação	GL	Quadrados médios					
		DP	CR	MFR	CA	CB	CT
Blocos	3	1,60 ^{ns}	2,68 ^{ns}	0,61*	6,11 ^{ns}	0,05 ^{ns}	11,63 ^{ns}
Cultivares	2	1068,46*	228,93*	44,54*	217,74*	1,46*	407,00*
Métodos	3	59,20*	178,63*	0,97*	4,62 ^{ns}	0,05 ^{ns}	4,23 ^{ns}
Cultivares × Métodos	6	15,41*	17,40*	0,11 ^{ns}	5,91 ^{ns}	0,07 ^{ns}	12,99 ^{ns}
Erro	33	4,53	4,97	0,14	3,46	0,04	7,07
Total	47	-	-	-	-	-	-
Média geral	-	29,60	35,55	21,91	21,77	4,62	26,39
CV (%)	-	7,19	6,27	8,35	8,54	9,54	10,08

* significativo em nível de 5% de probabilidade de erro. ^{ns} não significativo em nível de 5% de probabilidade de erro. CV = Coeficiente de variação; Graus de liberdade (GL); Diâmetro da planta (DP em cm); Comprimento da raiz (CR em cm); Massa fresca da raiz (MFR em g); Clorofila A (CA); Clorofila B (CB) e Clorofila total (CT).

Na Tabela 3, é possível observar que, para a massa fresca comercial (MFC) e massa fresca total (MFT), a cultivar “Delícia” apresentou-se superior nos quatro tratamentos avaliados, não diferindo da cultivar Crocantela apenas no tratamento sem EM. Para a cultivar “Delícia”, os tratamentos com SN e SN+PAF foram superiores ao controle para ambas as características.

O tratamento com aplicação de Microrganismo Eficiente, proporciona maior massa fresca da parte aérea das plantas de alface, resultando em maior produtividade em toneladas/hectare (Sousa et al., 2020).

O aumento de produtividade com utilização de EM pode estar relacionado com o favorecimento da síntese de fotoassimilados necessários para o crescimento e produção vegetal (Silva et al., 2022), além disso, o complexo de microrganismos eficazes possui substâncias que atuam de forma semelhante aos fitohormônios, promovendo respostas fisiológicas nas plantas (Leite et al., 2016). Desse modo, é muito provável que o crescimento vegetativo apresentado pelo tratamento com EM esteja relacionado a esses fatores.

Tabela 3. Valores médios das características agrônômicas da cultura da alface (*Lactuca sativa* L.) hidropônica com interação entre três cultivares (Delícia, Rubinela e Crocantela) e quatro métodos de aplicação de microrganismos eficazes (EMs). Tangará da Serra, Mato Grosso, Brasil, 2019

Características agrônômicas	Cultivares	Métodos de aplicação do EM							
		Sem EM		SN		PAF		SN + PAF	
MFC (g)	Delícia	186,10	B a	274,38	A a	196,79	B a	291,44	A a
	Rubinela	42,46	A b	50,63	A c	38,26	A c	63,15	A c
	Crocantela	180,98	A a	147,68	AB b	139,64	B b	158,31	AB b
MFT (g)	Delícia	254,85	B a	367,49	A a	266,19	B a	407,71	A a
	Rubinela	53,38	A b	64,90	A c	49,32	A c	74,83	A c
	Crocantela	242,24	A a	199,44	AB b	190,36	B b	206,88	AB b
NFC (n°)	Delícia	19,56	A a	19,44	A a	18,56	A a	19,31	A a
	Rubinela	13,75	AB b	13,88	AB b	13,31	B b	15,94	A b
	Crocantela	19,88	A a	18,19	AB a	18,31	AB a	17,31	B ab
NFNC (n°)	Delícia	7,81	AB a	7,06	B a	6,56	B a	8,50	A a
	Rubinela	3,63	A b	3,50	A b	3,88	A b	3,19	A c
	Crocantela	7,50	A a	7,19	A a	5,75	B a	5,25	B b
DC (mm)	Delícia	22,96	A a	21,29	A a	21,30	A a	20,75	A a
	Rubinela	10,82	A b	11,41	A c	9,99	A b	12,43	A c
	Crocantela	21,69	A a	16,43	C b	19,83	AB a	18,02	BC b
CC (cm)	Delícia	9,84	B b	10,19	B a	13,94	A a	9,28	B a
	Rubinela	9,94	A b	7,40	BC b	8,25	AB b	6,13	C b
	Crocantela	13,38	A a	8,41	B b	13,00	A a	7,25	B b

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade ($p \leq 0,05$). Sem EM = Sem aplicação de EM; SN = EM aplicado somente em solução nutritiva; PAF = EM aplicado somente na parte área foliar; e SN + PAF = EM aplicado na solução nutritiva e na parte área foliar. Massa fresca comercial (MFC); Massa fresca total (MFT); Número de folhas comerciais (NFC); Número de folhas não comerciais (NFNC); Diâmetro do caule (DC) e Comprimento do caule (CC).

Ao avaliar o número de folhas comerciais e não comerciais (NFC e NFNC), as cultivares “Delícia” e Crocantela não diferiram entre si em três métodos de aplicação (Sem EM, SN e PAF). Mas no método de aplicação do EM na solução nutritiva e na parte aérea foliar (SN+PAF), a cultivar “Delícia”

se destacou das demais cultivares em relação ao NFNC, embora não tenha apresentado diferença estatisticamente significativa entre os métodos utilizados em relação ao NFNC (Tabela 3). Em estudo sobre diferentes organismos no cultivo da alface cv. Tainá, Sousa et al. (2020) observaram

que o tratamento com EM resultou em incrementos na matéria fresca da parte aérea (94,02g), com incremento de 30,5% em relação ao controle, enquanto que para o número de folhas comerciais, o aumento foi de 9%.

Com a utilização de EM há aumento no número de folhas, no comprimento de caule e na massa fresca da parte aérea das plantas de alface (Avila *et al.*, 2021). Dentre as características desejáveis para a cultura da alface, o comprimento de caule é uma das principais, em que cultivares com caule excessivamente comprido não apresenta boa compacidade e dificulta o beneficiamento, afetando a qualidade final do produto (Yuri *et al.*, 2001).

Ao observar os dados de diâmetro do caule (DC) na Tabela 3, o tratamento sem EM demonstrou resultados superiores ao demais, nas três cultivares utilizadas. A cultivar “Delícia” e Crocantela não diferiram entre si no método PAF, demonstrando resultados semelhantes também em relação ao Sem EM. Para o comprimento do caule (CC), o mesmo foi observado para o método PAF, porém a cultivar “Delícia” foi a única que diferiu positivamente do tratamento sem EM. Sousa *et al.* (2020) visualizaram resultados diferentes, onde os tratamentos que receberam inoculação de EM apresentaram tendência de incrementos médios de

11,77% em relação ao controle para diâmetro da cabeça (14,8 e 16,6 cm), resultados inferiores aos obtidos neste estudo.

O diâmetro de planta (DP) demonstrou melhores resultados quando o método utilizado foi o SN e o SN+PAF, com a cultivar “Delícia” diferindo estatisticamente das demais, com valores superiores. Para a variável comprimento da raiz (CR), o método SN+PAF demonstrou tamanhos maiores ao demais tratamentos, com a cultivar “Delícia” diferindo das demais. As médias da variável massa fresca das raízes não apresentaram diferença estatística, como também observado por Sousa *et al.* (2020). As cultivares “Delícia” e Crocantela não diferiram entre si nos tratamentos sem EM e SN, porém, no PAF e SN+PAF, a cultivar Delícia foi superior as demais (Tabela 4).

A população microbiana nativa da rizosfera, que estão adaptadas com as circunstâncias locais, tende a aumentar fundamentalmente devidos às condições propícias ao desenvolvimento existentes na zona de crescimento das raízes, na qual obtêm os nutrientes necessários ao desenvolvimento (Alvarez-Vera *et al.*, 2019). Mas, os EMs possuem ação progressiva, que requer tempo para que possibilitem estabilidade do sistema, garantindo maior uniformidade na produção e melhores resultados avaliativos (Andrade, 2020).

Tabela 4. Valores médios das características agrônômicas da cultura da alface (*Lactuca sativa* L.) hidropônica com interação entre três cultivares (Delícia, Rubinela e Crocantela) e quatro métodos de aplicação de microrganismos eficazes (EMs). Tangará da Serra, Mato Grosso, Brasil, 2019

Características agrônômicas	Cultivares	Métodos de aplicação do EM							
		Sem EM		SN		PAF		SN + PAF	
DP (cm)	Delícia	34,19	B a	39,13	A a	33,13	B a	41,59	A a
	Rubinela	20,06	AB b	20,38	AB c	19,25	B c	23,66	A c
	Crocantela	32,06	A a	31,94	A b	28,63	A b	31,25	A b
CR (cm)	Delícia	33,75	C a	40,56	B a	34,44	C a	44,88	A a
	Rubinela	34,13	B a	38,25	AB ab	34,95	B a	40,63	A b
	Crocantela	28,27	BC b	36,44	A b	27,84	C b	32,50	AB c
MFR (g)	Delícia	30,66	A a	36,47	A a	31,13	A a	36,10	A a
	Rubinela	6,22	AB b	9,34	A b	5,13	B c	6,55	AB c
	Crocantela	24,09	AB a	30,17	A a	23,76	AB b	23,28	B b
CA	Delícia	25,25	A a	27,58	A a	26,76	A a	24,27	A a
	Rubinela	18,93	A b	19,15	A b	19,24	A b	18,88	A b
	Crocantela	19,52	A b	18,81	A b	21,83	A b	20,97	A b
CB	Delícia	6,07	A a	7,41	A a	5,38	A a	5,90	A a
	Rubinela	3,52	A b	3,75	A b	3,53	A a	4,16	A b
	Crocantela	3,55	A b	3,50	A b	4,12	A ab	4,61	A ab
CT	Delícia	31,32	A a	34,99	A a	32,14	A a	30,16	A a
	Rubinela	22,45	A b	22,90	A b	22,77	A b	23,03	A b
	Crocantela	23,07	A b	22,32	A b	25,95	A b	25,57	A ab

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade ($p \leq 0,05$). Sem EM = Sem aplicação de EM; SN = EM aplicado somente em solução nutritiva; PAF = EM aplicado somente na parte área foliar; e SN + PAF = EM aplicado na solução nutritiva e na parte área foliar. Diâmetro da planta (DP em cm); Comprimento da raiz (CR em cm); Massa fresca da raiz (MFR em g); Clorofila A (CA); Clorofila B (CB) e Clorofila total (CT).

Para as variáveis clorofila A (CA), clorofila B (CB) e clorofila total (CT), não houve diferenças significativas entre os métodos, somente entre as cultivares, em que a cultivar Delícia apresentou maior parte dos resultados superiores entre os métodos de aplicação (Tabela 4). Os índices de clorofila na folha de alface estão diretamente relacionados com a atividade fotossintética nas

plantas, e, portanto, relacionado ao estado nutricional da planta (Abreu *et al.*, 2010). É responsável pelos processos fotossintéticos, que fornecem fotoassimilados capazes de aumentar a produtividade da cultura (Abreu *et al.*, 2010).

A eficiência da aplicação de EMs no cultivo de alface americana, aumenta a biomassa da parte aérea, resultando em uma produtividade superior na

A massa das raízes é essencial para o crescimento das plantas, impactando a produtividade da alface. Ela afeta diretamente a MFT e MFC, pois raízes saudáveis absorvem nutrientes e água eficientemente, sustentando o crescimento vigoroso da parte aérea. A MFR está ligada ao NFC e ao NFNC na produção de alface. O diâmetro da planta, por sua vez, é crucial para a MFC e NFC da alface. Plantas com diâmetros adequados sustentam uma parte aérea saudável e robusta, resultando em mais folhas comerciais, essenciais para colheita e comercialização.

A utilização do composto orgânico com EM•1®, quando aplicado no pré-plantio, é capaz de propiciar resultados satisfatórios na produção de alface em relação ao crescimento e vigor, devido a composição físico-química do solo enriquecido com os produtos, podendo explicar as correlações fortes entre as variáveis (Yuri *et al.*, 2004).

E a adubação, utilizando compostos orgânicos, propicia efeito residual na produção de alface, cultivada até 110 dias após a aplicação do composto e o aumento da quantidade de adubo orgânico eleva a CTC do solo, além dos teores de bases e de fósforo (P) (Santos *et al.*, 2001). A escassez de nutrientes durante o desenvolvimento das plantas de alface, leva a planta a acumular massa seca e apresentar uma textura mais fibrosa e aspecto coriáceo quando os teores se aproximam de 8% (Andrade, 2020), e o que pode demonstrar que o uso do EM•1® favoreceu a nutrição das plantas e aumentou a massa fresca da cultura da alface.

O aumento no número de folhas, aliado ao comprimento da folha, é desejável, uma vez que pode expandir a área fotossintética e, assim, elevar o potencial produtivo da cultura (Tavares *et al.*, 2019). Outro fator relevante é o comprimento do caule da alface, pois, com a possível inserção de mais folhas, resulta em uma maior produção (Tavares *et al.*, 2019). A diferença existente entre os microrganismos promotores de crescimento quanto ao número de folhas pode estar no fato que o sucesso da promoção de crescimento por bioagentes dependa das propriedades e mecanismos de ação do organismo, que é complexa e realizada através de interações entre fatores bioquímicos, produção de diversas enzimas, e compostos benéficos (Machado *et al.*, 2012).

Correlações significativas fortes foram observadas para os seguintes pares de variáveis: DP-DC (0,88), DP-CA (0,74), DP-CB (0,76), DP-CT (0,76), MFT-NFC (0,88), MFT-DC (0,88), MFT-CA (0,78), MFT-CB (0,78), MFT-CT (0,79), MFC-NFC (0,88), MFC-NFNC (0,89), MFC-DC (0,88), MFC-CA (0,78), MFC-CB (0,79), MFC-CT (0,80), NFC-CA (0,63), NFC-CT (0,63), NFNC-DC (0,89), NFNC-CA (0,61), NFNC-CT (0,60), DC-CC (0,61), DC-CA (0,74), DC-CB (0,65), DC-CT (0,72), MFR-CA (0,76), MFR-CB (0,71) e MFR-CT (0,75).

De forma geral, observa-se que as cultivares de alfaces submetidas aos tratamentos com e sem uso de EM que apresentaram elevados

valores de clorofila A (CA), clorofila B (CB) e clorofila total (CT) também exibiram grandes diâmetros de planta (DP), massa fresca total (MFT), massa fresca comercial (MFC), número de folhas comerciais (NFC), número de folhas não comerciais (NFNC), diâmetro de caule (DC) e massa fresca da raiz (MFR). Ademais, em plantas de alface com elevada MFT e MFC foi possível observar elevados diâmetros de caule e número de folhas comerciais e não comerciais.

Uma alface com maior teor de clorofila é mais nutritiva, com potenciais benefícios à saúde, como atividade antioxidante, anti-inflamatória, antimutagênica e anticancerígena (Ferruzzi; Blakeslee, 2007). Além da relação com a fotossíntese, a clorofila reflete a coloração e intensidade do verde presente nas folhas das hortaliças, aspecto muito apreciado pelo consumidor final de hortaliças folhosas (Taiz *et al.*, 2017). Sendo assim, selecionar plantas de alface com maior teor de clorofila trará benefícios a saúde e aumentará a aceitação do produto pelos consumidores.

A interceptação de energia luminosa, que será convertida em energia química, e contribui para o teor de clorofila, é facilitada quando se há um aumento no número de folhas, que acelerarão o desenvolvimento, aumentarão o vigor e possibilitarão uma maior precocidade (Taiz *et al.*, 2017).

A análise de agrupamento hierárquico das cultivares de alface, em função dos diferentes métodos de aplicação de EMs, resultou na formação de quatro grupos principais com 3, 3, 2 e 4 combinações (cultivar de alface x método de aplicação de EM) em cada grupo, respectivamente, e uma distância euclidiana máxima de 69,72 entre os grupos (Figura 4).

O primeiro grupo foi composto por dois subgrupos, sendo o primeiro representado pela combinação cultivar Delícia (Sem EM) e Delícia (PAF) mais similares entre si, e mais distantes do subgrupo composto apenas pela cultivar Crocantela (Sem EM). O segundo grupo foi formado pela cultivar Crocantela (SN) que foi mais similar a Crocantela (SN + PAF), e mais distantes de Crocantela (PAF).

Esses dois grupos principais estiveram mais similares ao terceiro grupo (distância: 198,76), que foi formado pelas combinações Delícia (SN) e Delícia (SN + PAF). O quarto grupo esteve mais dissimilar em relação aos outros três grupos (distância: 256,03) e foi dividido em dois subgrupos. Nesse agrupamento, os subgrupos foram formados pelos tratamentos compostos apenas pela cultivar Rubinela. A maior similaridade entre as combinações dos métodos de aplicação de EMs nessa cultivar são em razão de resultados similares da maioria das variáveis avaliadas, principalmente para número de folhas comerciais (NFC), não comerciais (NFNC), diâmetro de planta (DP) e caule (DC) e as variáveis relacionadas a clorofila.

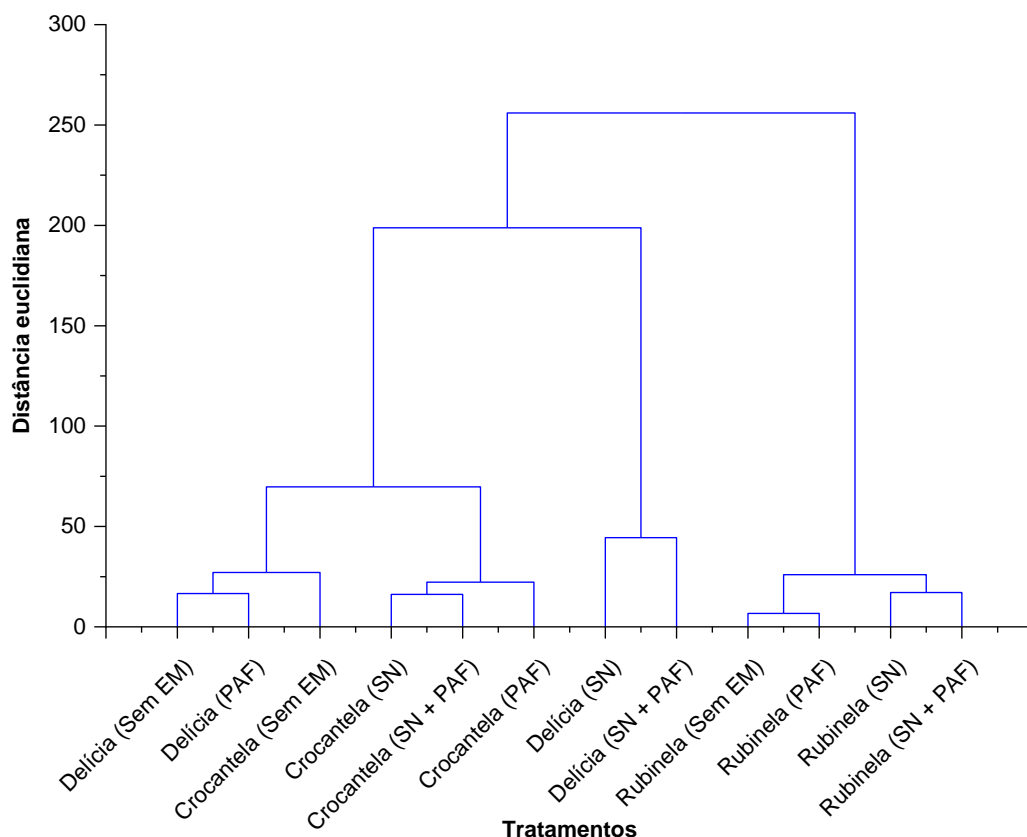


Figura 4. Dendrograma mostrando a hierarquia de grupos (tratamentos: três cultivares de alface em função dos métodos de aplicação de microrganismos eficazes), resultante da análise de agrupamento por método hierárquico. Sem EM = Sem aplicação de EM; SN = EM aplicado somente em solução nutritiva; PAF = EM aplicado somente na parte área foliar; SN + PAF = EM aplicado na solução nutritiva e na parte área foliar.

O subgrupo das combinações Rubinela (Sem EM) e Rubinela (PAF) foram os mais similares entre todas as combinações cultivar x métodos avaliados (distância: 6,68) e estiveram mais dissimilares ao subgrupo Rubinela (SN) e Rubinela (SN + PAF). As duas combinações mais dissimilares entre si foram Delícia (Sem EM) e Rubinela (SN + PAF), em razão das diferenças existentes dessas combinações quanto a massa fresca totais, comerciais e de raízes, diâmetro do caule das plantas e das clorofilas A e totais. Os resultados dessas variáveis citadas foram superiores na combinação Delícia (Sem EM), fato que elucidada que a eficiência do uso de EM também é dependente da genética de cada cultivar, visto que mesmo utilizando EM durante o cultivo as respostas agrônômicas e fisiológicas para a cultivar Rubinela foram inferiores a cultivar Delícia.

Na análise de componentes principais, os dois primeiros componentes explicaram 72,50 e 15,65% da variação dos dados, totalizando 88,15% de explicação nos dois componentes (Figura 5; Tabela S2; Tabela S3 e Tabela S4). Somatórias de porcentagem de variância explicada superiores a 80% consideram a distorção das coordenadas dos indivíduos aceitáveis e os resultados adequados para os estudos de dispersão (Regazzi; Cruz, 2020).

Diante dos dados obtidos, da cultivar Rubinela para os diferentes tratamentos, e dos

resultados similares de “Delícia” (Sem EM) e Rubinela (SN + PAF), pressupõe-se que o uso de EMs para a produção da alface pode ter resultados diferentes em cultivares distintas, de acordo com seus mecanismos de absorção e diferenças fisiológicas que possam existir. Sabemos que o uso dos EMs é capaz de elevar a disponibilidade de matéria orgânica no solo, elevar a soma de bases e o V%, bem como o pH do solo, tornando o solo mais fértil depois de sua aplicação, mostrando um efeito positivo da aplicação de EM (Andrade, 2020).

Os microrganismos utilizam como fonte de recurso a matéria orgânica, desprendendo nutrientes, hormônios, e outros compostos úteis para a própria comunidade microbiana, animais e plantas, através dos processos metabólicos de decomposição (Andrade, 2020). A utilização do EM promove maior eficiência na utilização da matéria orgânica disponível aos vegetais, pois aumenta a atividade dos microrganismos, melhora a qualidade e sanidade dos solos, como também as condições de desenvolvimento da planta, integrando o equilíbrio microbiológico do solo e da planta (Higa; Paar, 2013). 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 (Rezende *et al.*, 2021).

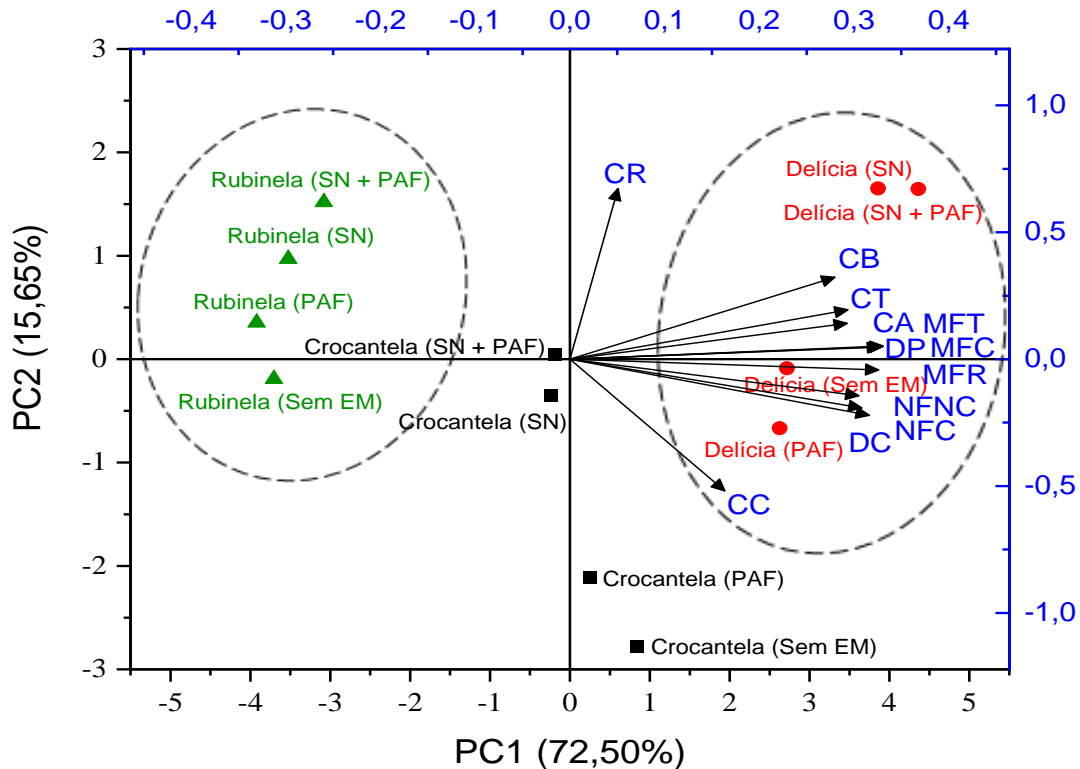


Figura 5. Projeção bidimensional dos componentes principais analisados (PC1 e PC2) para as variáveis analisadas (massa fresca comercial - MFC, massa fresca total - MFT, número de folhas comerciais - NFC, número de folhas não comerciais - NFNC, diâmetro do caule - DC, comprimento do caule - CC, diâmetro da planta - DP, comprimento da raiz - CR, massa fresca da raiz - MFR, clorofila A - CA, clorofila B - CB, e clorofila total - CT) das três cultivares de alface (Delícia, Rubinela e Crocantela) em função dos métodos de aplicação de microrganismos eficazes (EM) (Sem EM = Sem aplicação de EM; SN = EM aplicado somente em solução nutritiva; PAF = EM aplicado somente na parte área foliar; SN + PAF = EM aplicado na solução nutritiva e na parte área foliar).

Elevadas correlações no primeiro componente principal foram observadas, na Figura 5, para MFT (0,33), MFC (0,33), MFR (0,32), DP (0,32), DC (0,31), NFC (0,30) e NFNC (0,30) (Tabela S2). No segundo componente principal CR (0,67), CC (-0,51) e CB (0,32) foram as variáveis com as maiores correlações nesse componente.

As combinações Delícia (SN + PAF), Delícia (SN), Delícia (Sem EM) e Delícia (PAF) formaram um agrupamento com altos valores dos componentes de massa fresca (MFT, MFC e MFR) de diâmetro (DP e DC) e de número de folhas (NFC e NFNC). Nesse sentido, essa cultivar dentre as três avaliadas exibiu os melhores resultados agrônômicos quando submetida aos tratamentos com o uso de EMs, com destaque para os tratamentos de solução nutritiva + área foliar e solução nutritiva solteira.

Em contrapartida Rubinela (PAF), Rubinela (Sem EM), Rubinela (SN) e Rubinela (SN + PAF) nessa ordem formaram um agrupamento de resultados inferiores desses componentes agrônômicos. Esses resultados exibem reduzidas respostas dessa cultivar para a aplicação de EMs, evidenciando que tanto para Rubinela, quanto para “Delícia”, a aplicação solteira de EMs via foliar foi menos eficiente no aumento de rendimento da alface.

O tipo de cultivar pode responder de maneiras diferentes aos sistemas de cultivo, uma

vez que a manifestação do potencial produtivo da alface depende da interação genótipo x ambiente (Gualberto *et al.*, 2009). Além desse fator, também temos a diversidade microbiológica existente no solo, onde os microrganismos eficazes são capazes de promover o crescimento vegetal e podem ainda controlar fitopatógenos (Gomes *et al.*, 2021).

Os microrganismos eficazes constituem em uma mistura de culturas de microrganismos de ocorrência natural que podem ser aplicados nas culturas como inoculantes, visando aumentar a diversidade microbiana dos solos (Sousa *et al.*, 2020). O inoculante contém, predominantemente, bactérias acidoláticas, leveduras, bactérias fotossintéticas, actinomicetos e outros tipos de microrganismos, todos mutuamente compatíveis, que podem coexistir no líquido de cultura (Gomes *et al.*, 2021).

Ao analisar o segundo componente principal, as combinações Delícia (SN) e Rubinela (SN + PAF) apresentaram elevados comprimentos de raiz, e exclusivamente para Delícia (SN) altos índices de clorofila B (CB). Nesse sentido, a aplicação de EM na cultivar “Delícia” pode ter aumentado a absorção de nutrientes e a capacidade fotossintética, resultando em valores superiores dos componentes agrônômicos de alface. Ademais, os tratamentos da Crocantela (Sem EM) e Crocantela (PAF) apresentaram altos valores de comprimento do caule. Nesse contexto,

as plantas dessa cultivar podem ter menor adaptação as condições da temperatura altas de cultivo (acima de 20 °C) e dias longos, que pode ter encurtado o ciclo vegetativo (Penteado, 2020). Esse fato, entretanto, pode ser benéfico em cultivos comerciais da cultura, pois a redução do tempo até a colheita aumenta o número de cultivos e consequentemente a produção e rentabilidade do agricultor.

Desse modo, a utilização de EMs traz a possibilidade de alcançar níveis econômicos máximos e alta qualidade, maior retorno líquido, sem a aplicação de fertilizantes químicos, pesticidas e métodos agrícolas convencionais, conservando os recursos naturais e criando uma agricultura e meio ambiente mais sustentáveis (Higa; Paar, 2013). Além de serem adequados ao ambiente também são à saúde humana, aproximando-se da agricultura natural, uma vez que sua utilização visa a busca pelo máximo aproveitamento da natureza (Andrade, 2020).

Conclusão

Conclui-se que a aplicação de microrganismos eficazes (EMs) no cultivo de alface hidropônica demonstra grande potencial, tanto do ponto de vista econômico quanto biológico. A cultivar “Delícia” apresentou resultados superiores em termos de desempenho produtivo quando os EMs foram integrados à solução nutritiva e à aplicação foliar. O aumento do diâmetro da planta e do comprimento da raiz foi notável nos cultivos em que os EMs foram utilizados apenas na solução nutritiva e na combinação desta com a aplicação foliar, em todas as cultivares. Portanto, a tecnologia EM¹ surge como uma estratégia sustentável e viável para o cultivo de alface em sistemas hidropônicos, por desempenhar um papel relevante no estímulo ao crescimento das plantas sem comprometer a integridade ambiental.

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001. A Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT) pelo apoio e suporte de infraestrutura no desenvolvimento do estudo.

Referências

ABREU, I. M. de O.; JUNQUEIRA, A. M. R.; PEIXOTO, J. R.; OLIVEIRA, S. A. Qualidade microbiológica e produtividade de alface sob adubação química e orgânica. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, Campinas, v. 30, n. 1, p. 108-118, 2010.

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, Stuttgart, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

ALVAREZ-VERA, M. S.; SOTO-VALENZUELA, J. O.; QUEVEDO-VÁZQUEZ, J. O.; GILER-ESCANDÓN, L. V. Obtenção de consórcios microbianos benéficos e sua incidência na población microbiana nativa da rizósfera de plantas de fresa (*Fragaria sp.*), *Polo del Conocimiento*, Manabí, v. 4, n. 11, p. 149-179, 2019.

ANDRADE, F. M. C. *Caderno dos Microrganismos Eficientes (E.M.): Instruções práticas sobre uso ecológico e social do EM*. 3. ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa/Departamento de Fitotecnia, 2020. 31 p.

AVILA, G. M. de A.; GABARDO, G.; CLOCK, D. C.; LIMA JUNIOR, O. S. Use of efficient microorganisms in agriculture. *Research, Society and Development*, São Paulo, v. 10, n. 8, p. e40610817515, 2021.

CARVALHO, G. A. D.; PALMA, P. L.; SILVA, E. D.; MELHADO, K. Y.; SOUZA, S. L.; RAICES, R. S. Cádmiio em hortaliças: comparando agricultura orgânica e convencional. *Alimentos: Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente*, Rio de Janeiro, v. 1, n. 1, p. 35-60, 2020.

CRUZ, C. D. Genes: a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. *Acta Scientiarum. Agronomy*, [s.l.], v. 35, n. 3, p. 271-276, 2013.

DALASTRA, C.; TEIXEIRA FILHO, M. C.; SILVA, M. R.; NOGUEIRA, T. A. R.; FERNANDES, G. C. Head lettuce production and nutrition in relation to nutrient solution flow. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v. 38, n. 1, p. 21-26, 2020.

DALLACORT, R.; MARTINS, J. A.; INOUE, M. H.; FREITAS, P. S.; COLETTI, A. J. Distribuição das chuvas no município de Tangará da Serra, médio norte do Estado de Mato Grosso, Brasil. *Acta Scientiarum. Acta Scientiarum Agronomy*, Maringá, v. 33, n. 2, p.193-200, 2011.

Dan Tatagiba, S., Paiva, J. F., Klabunde, G. E., & Ferreira, N. M. B. (2025). Crescimento de cultivares de alface em ambiente protegido. *Scientific Electronic Archives*, 18(5). <https://doi.org/10.36560/18520252103>

EM AMERICA LATINA. Portal Oficial da Tecnologia EM™ na América Latina. 2019. Disponível em: <https://www.em-la.com/>. Acesso em: 18 fev. 2023.

FALKER AUTOMAÇÃO AGRÍCOLA LTDA. Equipamento eletrônico portátil para medição do teor de clorofila em plantas. BUAES, A. G. et al. Patente Brasileira, Int. Cl. G01N 21/25, BR PI0705579-0 A2, 2008.

FAOSTAT. Lettuce (with chicory) production in 2020. Crops and livestock products. Countries/regions/production quantity from pick lists.

- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Statistics Division, 2022. Disponível em: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>. Acesso em: 30 out. 2022.
- FERRUZZI, M. G.; BLAKESLEE, J. Digestion, absorption, and cancer preventative activity of dietary chlorophyll derivatives. *Nutrition Research*, [s.l.], v. 27, n. 1, p. 1-12, 2007.
- FONTANA, L.; ROSSI, C. A.; HUBINGER, S. Z.; FERREIRA, M. D.; SPOTO, M. H.; SALA, F. C.; VERRUMA-BERNARDI, M. Physicochemical characterization and sensory evaluation of lettuce cultivated in three growing systems. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v. 36, n. 1, p. 20-26, 2018.
- FURLANETTO, R. H.; MORIWAKI, T.; FALCIONI, R.; PATTARO, M.; VOLLMANN, A.; STURION JUNIOR, A. C.; ANTUNES, W. C.; NANNI, M. R. Hyperspectral reflectance imaging to classify lettuce varieties by optimum selected wavelengths and linear discriminant analysis. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, [s.l.], v. 20, n. 1, p. 100400, 2020.
- FURLANI, P. R. Instrução para o cultivo de hortaliça de folha pela técnica de hidroponia - NFT. Campinas: Instituto Agrônomo, 1999. 30 p.
- GOMES, J. P. A.; SOUZA, M. N.; SANTOS JÚNIOR, A. C.; MOULIN, M. M. Uso de microrganismos eficientes como alternativa para agricultura sustentável: um referencial teórico. In: SOUSA, C. S.; LIMA, F. S.; SABIONI, S. *Agroecologia: métodos e técnicas para uma agricultura sustentável*. São Paulo: Editora Científica Digital, 2021. p. 340-355.
- GONZÁLEZ, R. L.; RAMOS, J. P.; HERNÁNDEZ, Y. P.; ESPINOSA, I. P.; JIMÉNEZ, S. L. R.; ALONSO, D. P. Improvement of the agricultural productivity of lettuce and radish by using efficient microorganisms. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, Medellín, v. 72, n. 3, p. 8937-8943, 2019.
- GUALBERTO, R.; OLIVEIRA, P. S. R.; GUIMARÃES, A. M. Adaptabilidade e estabilidade fenotípica de cultivares de alface do grupo crespa em cultivo hidropônico. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v. 27, n. 1, p. 7-11, 2009.
- HIGA, T.; PARR, J. F. Beneficial and effective microorganisms for a sustainable agriculture and environment. Atami: International Nature Farming Research Center, 1994. 16 p.
- HIGA, T.; PARR, J. F. *Microrganismos Benéficos y efectivos para una agricultura y medio ambiente sostenibles*. Maryland (USA): Centro Internacional de Investigación de Agricultura Natural, Departamento de Agricultura dos Estados Unidos, 2013. 14 p.
- KAPPEL N.; BOROS, I. F.; RAVELOMBOLA, F. S.; SIPOS, L. EC sensitivity of hydroponically grown lettuce (*Lactuca sativa* L.) types in terms of nitrate accumulation. *Agriculture*, [s.l.], v. 11, n. 315, p. 1-12, 2021.
- LEITE, C. D.; MEIRA, A. L. Preparo de microrganismos eficientes (EM). *Fichas Agroecológicas do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*, n. 31. Brasília: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2016.
- LEITE, C. D.; MEIRA, A. L.; MOREIRA, V. R. R. Uso de microrganismos eficientes em plantas, sementes e solo. *Fichas Agroecológicas do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*, n. 32. Brasília: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2016.
- LUIZ, L. da C.; SOUZA, C.; GONÇALVES, K.; SILVA, D. D.; BATISTA, R. T.; SILVA, R. M.; FREITAS, R. P. Espectroscopia de Energia Dispersiva (EDS) associada à Análise de Componentes Principais (PCA) para análise de composição elementar e comparação de alfaces do tipo crespa (*Lactuca sativa* L.) de cultivo orgânico e convencional. *Segurança Alimentar e Nutricional*, Campinas, v. 27, e020017, 2020.
- MACHADO, D. F. M.; PARZIANELLO, F. R.; SILVA, A. C.; ANTONIOLLI, Z. I. Trichoderma no Brasil: o fungo e o bioagente. *Revista de Ciências Agrárias*, Lisboa, v. 35, n. 1, p. 274-288, 2012.
- MARTINEZ, H. E. P. *Manual prático de hidroponia*. Viçosa: Editora UFV, 2006. 271 p.
- MARTINEZ, H. E. P.; SILVA FILHO, J. B. *Introdução ao cultivo hidropônico de plantas*. 2. ed. Viçosa: Editora UFV, 2004. 111 p.
- NIKITIN, A. N.; CHESHYK, I. A.; GUTSEVA, G. Z.; TANKEVICH, E. A.; SHINTANI, M.; OKUMOTO, S. Impact of effective microorganisms on the transfer of radioactive cesium into lettuce and barley biomass. *Journal of Environmental Radioactivity*, [s.l.], v. 192, p. 491-497, 2018.
- OLIVEIRA, V. C.; NASCIMENTO, M. H.; SANTOS, A. R.; SOUZA, L. da S. Efeito da matéria orgânica no crescimento de plantas de girassol (*Helianthus annuus* L.) cultivadas em Latossolo Amarelo. *Revista Biociências*, Taubaté, v. 22, n. 1, p. 01-09, 2016.
- ORIGINLAB CORPORATION. *OriginPro® 2021 (Free trial)*. OriginLab Corporation: Northampton, MA, USA, 2022. Disponível em: <https://www.originlab.com/>. Acesso em: 03 nov. 2022.
- Palavicini, A. L. dos S., Vieira, T. B., Mantovani, A., Hachmann, M. C. de A., Favaro, I., Ebertz, P. J., ... Zilio, M. (2020). Teores de nutrientes na alface com

- aplicação de doses crescentes de nitrogênio em quatro cultivares. *Scientific Electronic Archives*, 14(4).
<https://doi.org/10.36560/14420211263>
- PENTEADO, S. R. Cultivo ecológico de hortaliças: como cultivar hortaliças sem veneno. 4. ed. Campinas: Via Orgânica, 2020. 246 p.
- REGAZZI, A. J.; CRUZ, C. D. Análise multivariada aplicada. Viçosa: Editora UFV, 2020. 401p.
- REZENDE, C. C.; SILVA, M. A.; FRASCA, L. L. de M.; FARIA, D. R.; FILIPPI, M. C.; LANNA, A. C.; NASCENTE, A. S. Microrganismos multifuncionais: utilização na agricultura. *Research, Society and Development*, São Paulo, v. 10, n. 2, p. e50810212725, 2021.
- RUIZ, A. S.; SOUZA, S. V.; SABBAG, O. J. Sustentabilidade em cultivos tradicional e hidropônico de alface. *Revista em Agronegócio e Meio Ambiente*, Maringá, v. 12, n. 3, p. 815-835, 2019.
- SANTOS, C. P.; NOBOA, C. S.; MARTINEZ, M.; CARDOSO, J. C.; SALA, F. C. Morphological evaluation of lettuce genotypes grown under hydroponic system. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v. 39, n. 3, p. 312-318, 2021.
- SANTOS, P. C. O.; SOUZA, R. M.; OLIVEIRA, D. K.; FLORENTINO, L. A.; BIANCHINI, H. C. Utilização de microrganismos eficazes no processo de compostagem no cultivo de alface. São Paulo: Editora Científica Digital, 2022.
- SANTOS, R. H. S.; SILVA, F.; CASALI, V. W.; CONDE, A. R. Efeito residual da adubação com composto orgânico sobre o crescimento e produção de alface. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 36, n. 11, p. 1395-1398, 2001.
- SHARMA, N.; ACHARYA, S.; KUMAR, K.; SINGH, N.; CHAURASIA, O. Hydroponics as an advanced technique for vegetable production: An overview. *Journal of Soil and Water Conservation*, [s.l.], v. 17, n. 4, p. 364-371, 2018.
- SILVA, A. L.; CORDEIRO, R. S.; ROCHA, H. C. Aplicabilidade de Microrganismos Eficientes (ME) na agricultura: uma revisão bibliográfica. *Research, Society and Development*, São Paulo, v. 11, n. 1, p. e32311125054, 2022.
- SINGH, S. P.; MAHAPRATA, B. S.; PRAMANICK, B.; YADAV, V. R. Effect of irrigation levels, planting methods and mulching on nutrient uptake, yield, quality, water and fertilizer productivity of feld mustard (*Brassica rapa* L.) under sandy loam soil. *Agricultural Water Management*, [s.l.], v. 244, n. 1, p. 106539, 2021.
- SOUSA, W. S.; PONTES, J. R.; MELO, O. F. Efficient Microorganisms in lettuce cultivation. *Revista Agrogeoambiental*, Pouso Alegre, v. 12, n. 2, p. 9-17, 2020.
- TAIZ, L.; MØLLER, I. M.; MURPHY, A.; ZEIGER, E. Fisiologia e desenvolvimento vegetal. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 858 p.
- TAVARES, A. T.; VAZ, J. C.; HAESBAERT, F.; REYES, I.; ROSA, P.; FERREIRA, P.; NASCIMENTO, I. Adubação NPK como promotor de crescimento em alface. *Agri-Environmental Sciences*, Palmas, v. 5, p. e019003, 2019.
- TOMMONARO, G.; ABBAMONDI, G.; NICOLAUS, B.; POLI, A.; D'ANGELO, C.; IODICE, C.; PRISCO, R. Productivity and nutritional trait improvements of different tomatoes cultivated with Effective Microorganisms Technology. *Agriculture*, [s.l.], v. 11, n. 112, p. 1-10, 2021.
- Trevisan Forlani, R., & César Oliveira Riva Neto, D. (2022). Produção orgânica de alface americana em consórcio com almeirão, coentro, rúcula e salsa. *Scientific Electronic Archives*, 15(12).
<https://doi.org/10.36560/151220221639>
- YOKORO, G. K.; PEREIRA, J. A. Produção e comercialização da alface. *Revista Científica Agropampa*, Campo Grande, v. 3, n. 3, p. 64-79, 2020.
- YURI, J. E.; RESENDE, G. M.; RODRIGUES JÚNIOR, J.; MOTA, J. H.; SOUZA, R. J. Efeito de composto orgânico sobre a produção e características comerciais de alface americana. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v. 22, n. 1, p. 127-130, 2004.
- YURI, J. E.; SOUZA, R. J.; FREITAS, S.; RODRIGUES JÚNIOR, J.; MOTA, J. Comportamento de cultivares de alface tipo americana em Boa Esperança. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v. 20, n. 2, p. 229-232, 2001.