

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA (UNESP)
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E TECNOLÓGICAS
CAMPUS DE DRACENA**

Beatriz Bruno Ré

Graduanda em Engenharia Agrônômica

**Novas tecnologias no cultivo de Buna-Shimeji
(*Hypsizigus marmoreus*) e utilização do composto exaurido
combinado com rizobactérias na produção de mudas de
alface (*Lactuca sativa* L.).**

Dracena

2023

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA (UNESP)
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E TECNOLÓGICAS
CAMPUS DE DRACENA

Beatriz Bruno Ré

Graduanda em Engenharia Agrônômica

Novas tecnologias no cultivo de Buna-Shimeji
(Hypsizigus marmoreus) **e utilização do composto exaurido**
combinado com rizobactérias na produção de mudas de
alface (*Lactuca sativa* L.).

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas
– Unesp, Câmpus de Dracena como parte das
exigências para conclusão do curso.

Orientador: Prof. Dr. Diego Cunha Zied

Co-orientadora: Ma. Cinthia Elen Cardoso Caitano

Dracena

2023

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E TECNOLÓGICAS
UNESP – CÂMPUS DE DRACENA

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

Título: "Novas tecnologias no cultivo de Buna – Shimeji (*Hypsizigus marmoreus*) e utilização do composto exaurido combinado com rizobactérias na produção de mudas de alface (*Lactuca sativa* L.)"

Modalidade: Trabalho de atividade de pesquisa

Autor: Beatriz Bruno Ré

Orientador: Prof. Dr. Diego Cunha Zied

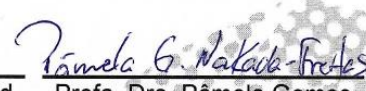
Co-orientadora: Ma. Cinthia Elen Cardoso

Número de Créditos: 12

Data da aprovação e correção de acordo com as sugestões da Banca: 13/06/2023



Prof. Dr. Diego Cunha Zied



Profa. Dra. Pâmela Gomes
Nakada Freitas



Me. Lucas da Silva Alves

DEDICATÓRIA

Ao meu pai Sérgio Antônio Ré e minha mãe Clarice H. Bruno Ré, por todo amor, carinho e apoio em toda a minha trajetória; exemplos de trabalho e coragem. A minha irmã Júlia, minha companheira de toda a vida. Ao meu namorado, Hugo, por estar ao meu lado e não me deixar desistir.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Deus pelo dom da vida, por guiar meus passos e prover tudo aquilo que me foi necessário em todos esses anos.

Agradeço à minha família por estar ao meu lado durante toda a minha trajetória, oferecendo todo o suporte necessário para que eu pudesse me dedicar integralmente aos meus estudos.

Agradeço aos meus amigos Rafael Postinguêl, Vitória Mingoranci e Munick Aragão pela amizade, apoio e ajuda que tornaram esses cinco anos de graduação mais felizes e a execução deste projeto mais leve. Eles me fizeram enxergar como ter amigos nos molda todos os dias. Espero leva-los por toda a vida.

Agradeço ao meu orientador Prof. Dr. Diego Cunha Zied e minha co-orientadora Cinthia Elen Cardoso Caitano pelo auxílio, paciência e confiança para a realização do projeto e também aos demais integrantes do CECOG (Centro de Estudos em Cogumelos) que fizeram parte deste trabalho.

Agradeço a todos os professores que passaram por minha vida. Este trabalho foi construído e elaborado por cada um de vocês, que dedicaram seu tempo e suas vidas ao mais belo ato de ensinar.

Agradeço às minhas amigas, Sara Balista e Laura Manzano por todos os conselhos e palavras de sabedoria que me ofertaram e por sempre estarem ao meu lado, mesmo que distantes.

Agradeço à Bárbara Barbosa e Gabrieli Lima pelo apoio que me deram durante a graduação, pelas caronas que me ofereceram quando eu mais precisei e por fazer de dias de angústia, dias de muito riso. A minha amiga Marcela Faveri agradeço pelo companheirismo, pelas conversas e desabafos e por ter vivido e dividido um pouco de tudo comigo.

Agradeço ao Eduardo Magalhães pela amizade e por embarcar comigo na difícil tarefa de coordenar a Empresa Júnior. Sempre ao meu lado, como um bom amigo e ajudante para todas as horas.

Agradeço a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pelo financiamento do projeto através do processo nº 2021/02664-0.

Agradeço a RSA Indústria de Insumos Agrícolas Ltda., pelo fornecimento do produto BacSol® para ser utilizado no projeto.

“Tu que habitas sob a proteção do Altíssimo, que moras à sombra do Onipotente, nenhum mal te atingirá, nenhum flagelo chegará à tua tenda, porque aos seus anjos ele mandou, que te guardem em teus caminhos.”
Salmo 90.

Resumo

Hypsizygus marmoreus, também conhecido como Buna-Shimeji, é um dos cogumelos mais consumidos no Japão. O destaque se deve às suas propriedades medicinais e valor nutritivo. A produção é normalmente feita em garrafas, utilizando resíduos agroindustriais como serragem, palha de arroz ou trigo. Após a produção o substrato residual (SMS) é descartado sem nenhuma utilização específica. O objetivo foi avaliar substratos para a produção do cogumelo *H. marmoreus* (Buna - Shimeji) e a utilização do composto exaurido (SMS) juntamente com o fertilizante orgânico BacSol®, como substrato para o cultivo de mudas de alface e seu desenvolvimento em canteiros. Foram testados seis diferentes substratos para a produção de Buna-Shimeji, onde cada um deles apresentou diferentes porcentagens de serragem, farelo de arroz, farelo de trigo e farelo de soja, consequentemente, valores de relação C/N diferentes (66/1; 58/1; 40/1; 29/1; 29/1; 29/1). O inóculo e substrato foram produzidos e o processo de produção seguiu por 73 dias até o final da colheita. Todos os dados da colheita foram anotados e seguiram a análise de variância e teste Tukey a 5% de probabilidade. O substrato com maior relação C/N apresentou maior valor em relação à produtividade (20,24%). O composto residual do melhor resultado de produtividade da produção dos cogumelos foi utilizado na produção de mudas de alface sendo adicionado ao substrato comercial de mudas, Carolina Soil®, e o fertilizantes orgânico BacSol®, que possui rizobactérias promotoras de crescimento. Foram testadas 16 combinações de substratos. As mudas foram analisadas aos 30 dias após a semeadura, e através do Índice de Qualidade de Dickson (IQD) foi determinado que os tratamentos 1, 2 ,3, 4 e 8 seriam levados a campo para completarem seu ciclo. Todos os tratos agrônômicos para o desenvolvimento da cultura foram realizados e a alface foi colhida aos 72 dias após a semeadura. De acordo com as análises, em grade parte dos parâmetros não houve diferença significativa entre os tratamentos, sendo possível verificar um maior número de folhas no tratamento contendo 61% Carolina Soil®, 33 %SMS e 6% BacSol® após o transplante para os canteiros. Todas as análises de variância seguiram o teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Palavras chaves: Fungicultura. Substrato. Spent Mushroom Substrate. Economia Circular. Índice de Qualidade de Dickson. Horticultura.

ABSTRACT

Hypsizigus marmoreus, also nom as Buna -Shimeji, is one of de most consumed mushroom in Japan. It stands out for its medicine properties and nutrition value. The production is normally made in bottles, using agroindustrial residues such as: sawdust, rice or wheat straw. After, the residual substrate production is discarded without any specific use. The objective was to evaluate substrates for the production of the mushroom *H. marmoreus* (Buna-Shimeji) and the use of spent mushroom substrate (SMS) added to the organic fertilizer Bacsol®, as a substrate for the cultivation of lettuce seedlings and their development in the soil. This way, the preset work intended to analyses reuse wise of this substrate for production of seedlings. Six different substrates for the Buna-Shimeji production were assessed, where which on of does showed different percentages of sawdust, rice straw, wheat straw and soy straw, consequently, different values of C/N relation (66/1; 58/1; 40/1; 29/1; 29/1; 29/1). The spawn and substrate were produced and the production process follow for 73 days until the end of the harvest. All the harvest dates were noted and followed variance analyses and Tukey test of 0,1% of probability. The substrate if the biggest C/N relation showed more value in relation to productivity (20,24%). The spent substrate of the best mushroom production productive result was used in the production of lettuce seedlings (*Lactuca sativa* L.) being added to the commercial substrate of seedling, Carolina Soil®, and commercial product BacSol®, which has growth promoters rhizobacteria. Sixteen combinations of substrates were tested. The seedlings were analyzed 30 days after the planting and thrown the Dickson Quality Index (IQD) was determined that the treatments 1,2,3,4 and 8 would be taken to the field to fulfill their cycle. All the agronomic treatments for the development of the culture were performed and the lettuce was harvest 72 days after the planting. According to the analyses, in the most part of the parameters there weren't significative difference among the treatments, being possible to verify a bigger number of leafs of the treatment containing 61% Carolina Soil®, 33% SMS AND 6% BacSol® after the transplant to the soil. All the variance analyses flowed the Scott-Knott test to 5% of probability.

Key words: Fungiculture. Substrate. Spent Mushroom Substrate. Circular Economy. Dickson Quality Index. Horticulture.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Ativação da linhagem.....	21
Figura 2 - Preparação dos grãos de sorgo para matriz terciária	21
Figura 3 - Matriz Terciária	22
Figura 4 – Inóculo de Buna-Shimeji	23
Figura 5 - Saco com fita de micropore para produção dos cogumelos	24
Figura 6 - Preparo do substrato, da esquerda para a direita, homogeneização das matérias primas, prensagem e averiguação da massa final	25
Figura 7 - Blocos antes de serem inoculados em câmara de fluxo laminar e após a inoculação	25
Figura 8 - Blocos em câmara de alvenaria	26
Figura 9 - Blocos abertos e raspados na câmara de filme plástico	26
Figura 10 - Cogumelo em ponto de colheita.....	27
Figura 11 - Semeadura da alface	28
Figura 12 - Bandejas semeadas.....	29
Figura 13 - Coleta das mudas de alface para avaliação.	30
Figura 14 - Preparo dos canteiros para o transplante da alface	31
Figura 15 - Preparo da adubação de plantio	32
Figura 16 - Adubação dos canteiros para o transplante	32
Figura 17 – Transplante das mudas	33
Figura 18 - Transplante das mudas de alface	33
Figura 19 - Canteiros aos 48 dias após a semeadura da alface	34
Figura 20 - Adubação de cobertura nos canteiros aos 50 dias após a semeadura da alface.....	34
Figura 21 – Canteiros após primeira adubação de cobertura.....	34
Figura 22 – Canteiros aos 62 dias após a semeadura.	35
Figura 23 – Canteiros no dia da colheita aos 78 dias após a semeadura da alface..	35
Figura 24 - Avaliação dos níveis de clorofila (SPAD).	36
Figura 25 - Colheita e limpeza das raízes da alface.....	36
Figura 26 – Plantas de alface no dia de colheita.	37
Figura 27 – Avaliação da altura das plantas (AP) e do comprimento das raízes (CR).	37
Figura 28 – Avaliação das plantas	38

Figura 29 – Plantas de alface para secagem em estufa para realização da matéria seca.....	38
Figura 30 - Blocos em incubação	39
Figura 31 - Bloco com primórdios de cogumelo.	40
Figura 32 – Bandejas com 05 dias após a semeadura	43
Figura 33 – Bandejas com 08 dias após a semeadura	43
Figura 34 - Mudas após 15 dias após a semeadura	43
Figura 35 - Comparativo visual entre os 16 tratamentos das mudas de alface	45
Figura 36 - Canteiros do Bloco 2 aos 48 dias após a semeadura.	49
Figura 37 - Canteiros do Bloco 4 aos 48 dias após a semeadura.	49
Figura 38 - Canteiros do Bloco 2 aos 62 dias após a semeadura.	50
Figura 39 – Canteiros do Bloco 4 aos 62 dias após a semeadura.	50

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Formulação do substrato em cada tratamento para a produção de Buna-Shimeji	23
Tabela 2. Valores da umidade atingida pelos tratamentos no momento da preparação.	24
Tabela 3. Formulação dos substratos para muda	28
Tabela 4. Resultado da Análise de Solo antes do cultivo da alface.	31
Tabela 5. Finalização da corrida micelial por tratamento.	39
Tabela 6. Análise de variância para número total de cogumelos (TC), número total de pencas (TP), massa total de cogumelos (MT), produtividade (Pr), massa média por cogumelos (M.M.C) e massa média por pencas (M.M.P) nos seis diferentes substratos no cultivo de Buna-Shimeji segundo um delineamento inteiramente casualizado. ...	41
Tabela 7. Teste de comparação de média para número total de cogumelos (TC), número total de pencas (TP), massa total de cogumelos (MT), produtividade (Pr), massa média por cogumelos (M.M.C) e massa média por pencas (M.M.P). Estão apresentadas as médias dos tratamentos.....	42
Tabela 8. Análise de variância para altura das plantas (AP), diâmetro do colo (DC), número de folhas (NF) e comprimentos da raiz (CR) nos 16 diferentes substratos para o cultivo de mudas de alface segundo um delineamento inteiramente casualizado. 46	
Tabela 9. Teste de comparação de média para altura das plantas (AP), diâmetro do colo (DC), número de folhas (NF) e comprimentos da raiz (CR).....	46
Tabela 10. Análise de variância para as características avaliadas nos 16 diferentes substratos para o cultivo de mudas de alface segundo um delineamento inteiramente casualizado.	47
Tabela 11. Teste de comparação de média para massa fresca foliar (MFF), massa fresca radicular (MFR), massa seca foliar (MSF), massa seca radicular (MSR) e Índice de Qualidade de Dickson (IQD). Estão apresentadas as médias dos tratamentos. ...	48
Tabela 12. Análise de variância para as características avaliadas nos cinco tipos diferentes substratos para o cultivo de alface.	51
Tabela 13. Teste de comparação de média para o índice de clorofila (CL), número de folhas (NF), altura das plantas (AP), comprimento radicular (CR), massa fresca foliar (MFF), massa fresca radicular (MFR), massa seca foliar (MSF), massa seca radicular (MSR). Estão apresentadas as médias dos tratamentos.	51

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AP	Altura da Planta
BS.	BacSol®
CR	Comprimento da Raiz
C.S.	Carolina Soil®
C/N	Relação Carbono Nitrogênio
DAI	Dia Após a Inoculação
DBC	Delineamento em Blocos Casualizados
DC	Diâmetro do Coleto
DIC	Delineamento Inteiramente Casualizado
FAO	Food and Agriculture Organization
H	High
IQD	Índice de Qualidade de Dickson
MFF	Massa Fresca Foliar
MFR	Massa Fresca Radicular
MMC	Massa Média dos Cogumelos
MMP	Massa Média de Pencas
MSF	Massa Seca Foliar
MSR	Massa Seca Radicular
MST	Massa Seca Total
MT	Média Total
NF	Número de Folhas
PMSPA	Peso da Massa Seca da Parte Aérea
PMSRA	Peso da Massa Seca da Raiz
Pr	Produtividade
SMS	Spent Mushroom Substrate
TC	Total de Cogumelos
TP	Total de Pencas

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	15
2.	OBJETIVO.....	16
2.1.	Objetivo Geral	16
3.	REVISÃO DE LITERATURA.....	16
3.1.	<i>Hypsizigus marmoreus</i> (Buna-Shimeji)	16
3.2.	Composto exaurido de cogumelos.....	17
3.3.	Produção de mudas de Alface	18
3.4.	Rizobactérias promotoras do crescimento de plantas.....	19
4.	MATERIAL E MÉTODOS	20
4.1.	Produção de <i>Hypsizigus marmoreus</i>	20
4.1.1.	Ativação da linhagem	20
4.1.2.	Produção da Matriz Terciária	21
4.1.3.	Produção do inóculo.....	22
4.1.4.	Delineamento	23
4.1.5.	Preparação do substrato	23
4.1.6.	Inoculação	25
4.1.7.	Incubação.....	26
4.1.8.	Frutificação.....	26
4.1.9.	Colheita	27
4.2.	Produção de mudas de alface.....	27
4.2.1.	Delineamento	27
4.2.2.	Avaliação das mudas de alface	29
4.3.	Produção da Alface	30
4.3.1.	Transplântio das mudas	30
4.3.2.	Condução das plantas de alface	33

4.3.3.	Avaliações biométricas.....	35
5.	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	39
5.1.	Produção de <i>H. marmoreus</i>	39
5.2.	Análise das mudas de alface.	42
5.3.	Análises das plantas de alface.....	48
6.	CONCLUSÃO.....	52

1. INTRODUÇÃO

A busca pela sustentabilidade tem sido intensa nos últimos anos. O seu conceito está ligado a criação ou desenvolvimento de novos meios de produção que supram as necessidades básicas do homem e não afetem o meio ambiente de forma a prejudicar as gerações futuras. Essas ações estão ligadas não somente ao âmbito econômico, mas também ao social e ambiental. Sendo assim é de suma importância a busca por meios de produção que priorizem a sustentabilidade.

Dessa forma, um importante agente de ações sustentáveis dentro da cadeia produtiva do agronegócio é a agricultura familiar. Dentro de uma pequena propriedade existem diversas produções que são geridas pela família e todas elas têm como finalidade o sustento e a manutenção da propriedade. Porém para que isso aconteça é necessário que haja investimentos e novas tecnologias que priorizem o desenvolvimento da propriedade.

O cultivo de cogumelos é uma importante alternativa de produção para ser desenvolvida em pequenas propriedades. De acordo com a Food and Agriculture Organization of the United Nations – FAO (2023), no período de 2010 a 2020, houve aumento na produção de cogumelos mundialmente com mais de 71%. Muito desse aumento se dá graças a busca por alimentos saudáveis que não afetem de modo negativo o meio ambiente, utilizando cada vez menos recursos escassos do ambiente.

Na fungicultura, como em demais produções tanto agrícolas como industriais, há sempre a geração de resíduos. Esse resíduo oriundo da produção de cogumelos é chamado de composto exaurido de cogumelos ou, em inglês, Spent Mushroom Substrate (SMS). Muitas vezes este resíduo não possui uma finalidade e acaba por ser descartado. Estudos mostram que esse composto pode ser utilizado como um biofertilizante para produções orgânicas, além de ser, um bom condicionador de solo, aumentando sua porosidade e capacidade de retenção de água (NAKATSUKA *et al.* 2016; OWAID *et al.* 2017; ALVES *et al.* 2022).

A produção de hortaliças é uma atividade comumente exercida em pequenas propriedades. A alface (*Lactuca sativa L.*) é uma das principais hortaliças consumidas no Brasil sendo que em 2017, a produção chegou a 671.509 mil toneladas, sendo a região sudeste responsável por cerca de 429.905 mil toneladas (IBGE, 2017). Para atender o mercado e garantir produtos de qualidade, a utilização de mudas de alface com um bom desenvolvimento se faz necessária, sendo um importante fator o substrato no qual ela será cultivada.

Através de um modelo de economia circular, é possível que dentro da propriedade sejam realizadas diferentes produções, como a fungicultura e a horticultura tendo como base a reutilização de resíduos provenientes de atividades agroindustriais. Esse sistema sustentável geraria não somente um benefício ao produtor pela geração de renda e diminuição de custos, mas também ao meio ambiente.

2. OBJETIVO

2.1. Objetivo Geral

Avaliar substratos para a produção do cogumelo *H. marmoreus* (Buna - Shimeji) e a utilização do composto exaurido (SMS) juntamente com o fertilizante orgânico Bacsol®, como substrato para o cultivo de mudas de alface e seu desenvolvimento em canteiros.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1. *Hypsizygus marmoreus* (Buna-Shimeji)

Um dos principais cogumelos comestíveis consumido no Japão é o “Buna-Shimeji”, pertencente à família *Lyophyllaceae* e ao gênero *Hypsizygus*, que possui mais três outras espécies sendo estas: *H. elongatipes*, *H. ulmarius*, e *H. tessulatus* (KIRK *et al.* 2008). Os basidiomas são apreciados por sua textura crocante, pelo seu sabor de noz adocicada, valor nutricional e principalmente por seu uso medicinal (MLECZEK *et al.* 2018).

Em suas características nutricionais pode-se citar um baixo teor de gordura e consideráveis níveis de proteína, além de uma completa gama de aminoácidos essenciais que supre a necessidade de um ser humano adulto (BACH *et al.* 2017; GONZALES *et al.* 2020). Suas propriedades antitumorais, anti-hipertensivas, anti-inflamatórias, antimicrobianas, antivirais, antioxidantes fazem deles um importante alimento e também fonte de estudos para seu uso medicinal (RATHORE *et al.* 2017; LIU *et al.* 2018).

Além de todas essas propriedades intrínsecas, o seu modo de cultivo também se destaca no cenário atual onde se busca uma reutilização dos recursos do meio. O desenvolvimento dos cogumelos normalmente é feito em garrafas de polipropileno com substratos resultantes de processos agroindustriais, ricos em lignina, celulose e hemicelulose, visto que os fungos são excelentes decompositores desse tipo de

materia prima (NEUPANE *et al.* 2018; GRIMM *et al.* 2021). Essa produção inclui também um sistema semi-automatizado para facilitar as operações (LEE *et al.* 2009).

A importância de uma composição química ideal no substrato, levando em consideração a relação carbono e nitrogênio, é um fator importante que já vem sendo discutido por vários autores, além disso outros fatores como composição mineral, teor de água e pH e suas interações podem influenciar no crescimento micelial e na qualidade dos cogumelos (BELLETTINI *et al.* 2019).

Neste sentido são necessários estudos de novas tecnologias e formas de se produzir mais baratas, garantindo a produtividade e a qualidade dos cogumelos colhidos, além de visar uma viabilidade econômica ao produtor, uma vez que este cogumelo possui um valor comercial significativo no oriente (MOTOI *et al.* 2003), podendo também ser aplicado no Brasil com a introdução dessa linhagem nas produções.

Estabelecendo parâmetros para a produção do Buna-Shimeji de forma a se ter uma boa produtividade, pesquisas na área da medicina e de fármacos sobre suas propriedades podem se intensificar para melhorar a qualidade de vida da população bem como valorizar e estimular o crescimento da produção dentre os agricultores.

3.2. Composto exaurido de cogumelos

As cadeias de produção agroindustriais geraram alta quantidade de resíduo. A destinação correta dos resíduos provenientes destas produções acarretam em preocupação global devido a sua poluição ambiental. O resíduo oriundo da produção de cogumelos é chamado de composto exaurido de cogumelos ou, em inglês, Spent Mushroom Substrate (SMS).

A produção deste resíduo varia de 5 a 6 kg para cada quilograma de cogumelo produzido (ZISOPOULOS *et al.* 2016; MOHD HANAFI *et al.* 2018). Na maioria das propriedades produtivas esse SMS não possui um destino, geralmente sendo incinerado a céu aberto, descartado em aterros, espalhado pelo solo ou até mesmo compostado com esterco sem obter nenhuma finalidade (LEONG *et al.* 2022).

Novas pesquisas têm sido empregadas com o intuito de encontrar meios de se utilizar o SMS de forma a valorizarem as suas qualidades. Dentre elas estão o uso como fertilizantes, corretivos do solo, adjuvante na ração animal, vermicompostagem, produção de energia e no tratamento de água residual (MOHD HANAFI *et al.* 2018; PÉREZ-CHÁVEZ *et al.* 2019).

Trabalhos recentes comprovaram que esse composto pode ser utilizado como um biofertilizante para produções orgânicas, além de ser, um bom condicionador de solo, aumentando sua porosidade e capacidade de retenção de água (NAKATSUKA *et al.* 2016; OWALD *et al.* 2017; ALVEZ *et al.* 2022).

Paredes *et al.* (2016) obtiveram sucesso na utilização de SMS de *Agaricus bisporus* como fertilizante de solo na produção de alface assim como Vieira *et al.* (2022) para a produção de mudas de tomate cereja. Meng *et al.* (2018) utilizaram SMS como substituto de turfa na produção de mudas de tomate e pimenta. Xu *et al.*, (2022) produziram mudas de alface com a utilização de SMS de *Pleurotus ostreatus*.

A busca por uma produção que garanta a qualidade dos produtos ainda é umas das preocupações entre consumidores e produtores. Dessa forma, pesquisas buscando maneiras de produção mais sustentáveis, que possam permitir um reaproveitamento e diminuição de resíduos, se tornam extremamente importantes principalmente no contexto atual.

3.3. Produção de mudas de Alface

A alface (*Lactuca sativa* L.) é uma das principais hortaliças consumidas no Brasil. Em 2017, a produção chegou a 671.509 mil toneladas, sendo a região sudeste responsável por cerca de 429.905 mil toneladas (IBGE, 2017). Normalmente seu cultivo está mais próximo dos centros consumidores, sendo necessária uma produção constante para atender a demanda do mercado.

Para atender o mercado e garantir produtos de qualidade, a utilização de mudas de alface com um bom desenvolvimento se faz necessária. É comum a germinação de sementes de alto rendimento em substratos de boa qualidade contido em bandejas de poliestireno expandido, visando a otimização do processo e a produção de mudas com alto índice de sobrevivência (RODRIGUES *et al.* 2010).

Esses substratos comerciais são normalmente com diferentes composições, porém contém em sua maioria materiais orgânicos, como turfas, resíduos de madeira, casca de pinus e arroz, vermiculita ou materiais inorgânicos como areia, rochas e entre outros (CARRIJO; SETTI DE LIZ; MAKISHIMA, 2002). Todavia tem se buscado alternativas mais baratas ou que possam garantir um melhor desempenho na produção além de diminuir a dependência dos produtores com relação a produtos vindos de fora do país.

O SMS se apresenta como uma alternativa para a produção de mudas ou até mesmo como biofertilizante. Marques *et al.* (2014) obtiveram resultados interessantes na utilização de SMS oriundo da produção de *A. subrufescens* como substrato na produção de mudas de alface, recomendando a substituição de 45% do substrato comercial. Na produção de mudas de pepino e tomate o composto também possui propriedades adequadas para o desenvolvimento de mudas (ZHANG *et al.* 2012). Autores como Ribas *et al.* (2009); Paredes *et al.* (2016) e Zied *et al.* (2021) também obtiveram sucesso na utilização do composto como substrato na cultura da alface.

3.4. Rizobactérias promotoras do crescimento de plantas

A busca por produtos com maior qualidade e com uma menor utilização de fertilizantes e defensivos não acontece somente no mercado consumidor, mas também entre os próprios produtores. É de conhecimento geral que a utilização destes tem um impacto no meio ambiente, contribuindo para a deterioração da qualidade do solo, redução da biodiversidade, toxicidade da cadeia alimentar e aumento do efeito estufa (TANG *et al.* 2010; EDENHOFER *et al.* 2015; TRIPATHI *et al.* 2020).

Por consequência há uma busca por métodos que possam ao mesmo tempo melhorar a qualidade do solo e serem benéficos as culturas. Uma alternativa sustentável que vem ganhando espaço no mercado é a inoculação de microrganismos benéficos. As rizobactérias promotoras de crescimento de plantas provaram ter benefícios como o biocontrole de patógenos, liberação de hormônios vegetais, resistência a estresses abióticos e aumento na disponibilidade de nutrientes (DASHTI *et al.* 1998; MIRSHAD *et al.* 2017; VURUKONDA *et al.* 2016; ALOO, *et al.* 2019).

As rizobactérias possuem mecanismos de ação diretos e indiretos para promover o crescimento das plantas. Os diretos estão ligados a produção de compostos como fitormônios, auxinas e citocininas, fixação biológica de nitrogênio, solubilização de fosfato (HAYAT *et al.* 2010; GLICK, 2012; AHMED; KIBRET, 2014; MEHTA *et al.* 2015). Já os mecanismos indiretos estão relacionados a efeitos como a diminuição de microrganismos fitopatogênicos, podendo até mesmo aumentar a resistências da planta a esse tipo de estresse, atuando como controle biológico (GLICK, 1999).

Os gêneros mais estudados são *Bradyrhizobium*, *Azospirillum*, *Bacillus* e *Serratia* (SILVA *et al.* 2022). Ribeiro; Sei e Leite (2012) apontam que o gênero *Bacillus* auxilia no adiantamento do estágio adulto das plantas já que promove uma rápida

germinação das sementes, proporcionando ao sistema radicular uma sensibilidade as condições externas aumentando a percepção à água e nutrientes.

Autores como Oliveira Júnior (2020) e Angelina *et al.* (2020) obtiveram sucesso com a inoculação de *Bacillus subtilis* na produção de alface tendo um incremento na massa foliar, além de maior proteção contra patógenos. Corrêa *et al.* (2010) conseguiram resultados significativos com a inoculação em solução nutritiva para alface em sistema hidropônico contra a podridão radicular.

Essas bactérias podem ser adicionadas ao solo através de produtos comerciais como é o caso do BacSol®. Fertilizante Orgânico que contém bactérias dos gêneros *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Nitrosomonas* e *Nitrobacter* que são classificados como rizosféricos, decompositores para uso de controle biológico (RSA, 2023).

4. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi composto por duas fases ambas foram conduzidas na Faculdade Ciências Agrárias e Tecnológicas (FCAT – Câmpus de Dracena), Universidade Estadual Paulista (UNESP), localizada no município de Dracena (21° 29' 0" S, 51° 32' 1" W), nas dependências do Centro de Estudos em Cogumelos – CECOG.

4.1. Produção de *Hypsizigus marmoreus*

4.1.1. Ativação da linhagem

Foi utilizando a linhagem HYU 20/01 da micoteca do Centro de Estudos em Cogumelos – CECOG, e confeccionadas matrizes secundárias para que fosse observado o vigor e assim possibilitasse a replicação do material para a produção de matriz terciária e também do inóculo (Figura 1).

Figura 1 - Ativação da linhagem



A) Linhagem armazenada; B) Replicação da linhagem em câmara de fluxo laminar; C) Placas de Petri contendo a linhagem de *H. marmoreus*. 20/01 colonizadas. Fontes: Elaborado pelo autor.

4.1.2. Produção da Matriz Terciária

Após a corrida do micélio e o completo fechamento da placa de Petri, foi feita a matriz terciária. Foram utilizados grãos de sorgo (*Sorghum bicolor*). Seguindo a metodologia de Zied; Pardo-González e Pardo-Giménez (2013). Os grãos foram cozidos em água por aproximadamente 30 minutos até que não possuísem mais resistência mecânica do pericarpo. Em seguida, estes foram drenados e tendo como base o peso úmido e receberam 2% de carbonato de cálcio, para o fornecimento de cálcio e elevação do pH (Figura 2).

Figura 2 - Preparação dos grãos de sorgo para matriz terciária

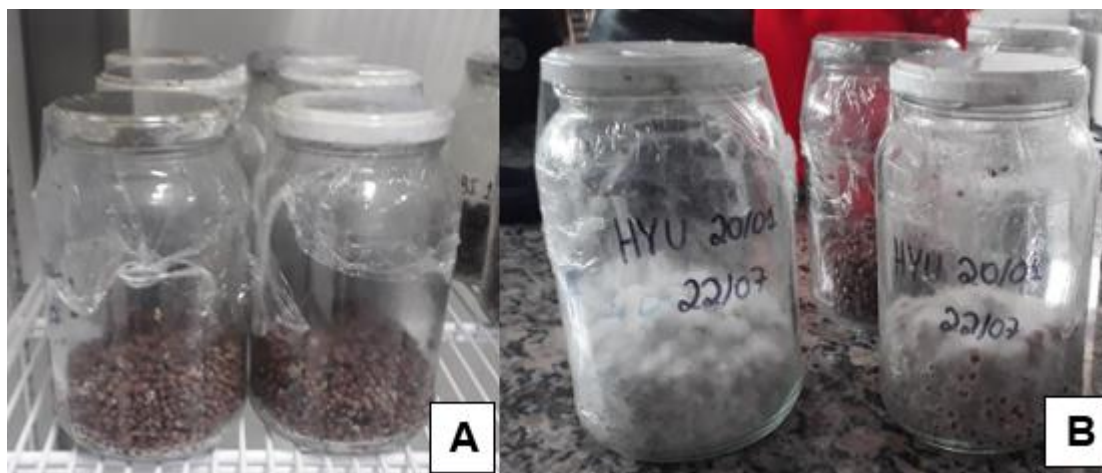


Fonte: Elaborado pelo autor.

Logo após a homogeneização, os grãos foram pesados e acondicionados em quatro frascos de vidro a cada 150g para serem autoclavados durante quatro horas à 121°C. Após resfriados foram inoculados a partir das placas de Petri em câmara de fluxo laminar e logo após foram levados à câmaras DBO (Demanda Bioquímica de

Oxigênio), mantidos à 25°C sem presença de luz (KOPYTOWSKI FILHO, 2006) para que ocorresse a colonização do fungo nos grãos de forma homogênea (Figura 3).

Figura 3 - Matriz Terciária



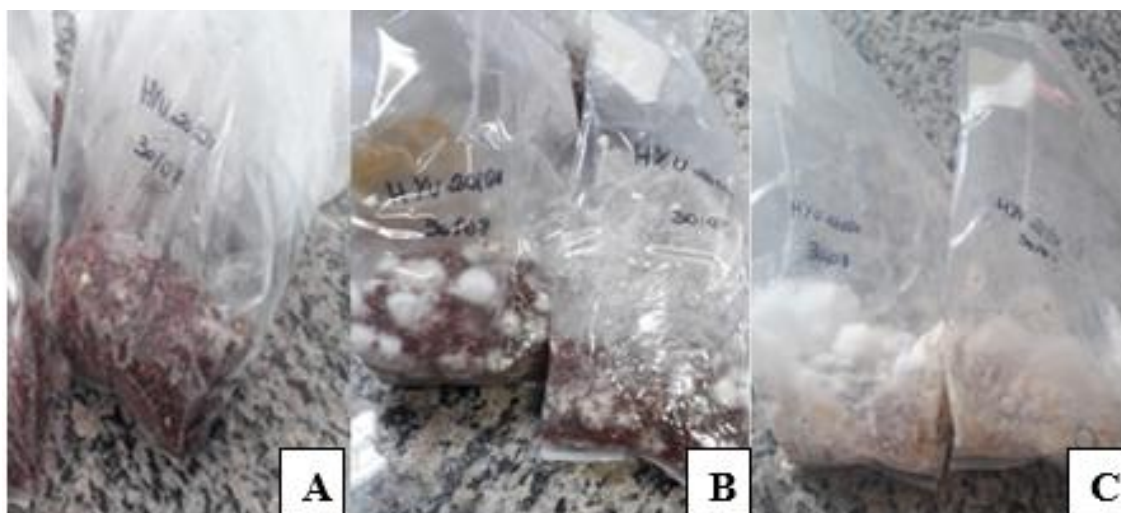
A) Matriz terciária logo após a inoculação; B) Matriz terciária após 6 dias da inoculação. Fonte: Elaborado pelo autor.

4.1.3. Produção do inóculo

Para a produção do inóculo foram utilizados grãos de sorgo e o mesmo método de produção da matriz terciária (ZIED; PARDO-GONZÁLEZ; PARDO-GIMÉNEZ, 2013).

Os grãos foram acondicionados em sacos plásticos com fita de micropore a cada 250g da mistura em sacos plásticos com fitas de micropore que foram autoclavados durante quatro horas à 121°C. Após a redução da temperatura, os grãos foram inoculados com os grãos da matriz terciária (Figura 3) em condições estéreis, utilizando câmara de fluxo laminar. Estes sacos foram levados a câmeras DBO, e mantidos à 25°C sem presença de luz (Figura 4) (KOPYTOWSKI FILHO, 2006).

Figura 4 – Inóculo de Buna-Shimeji



A) Grãos de sorgo após a esterilização; B) Sacos 5 dias após a inoculação; C) Sacos 10 dias após a inoculação. Fonte: Elaborado pelo autor.

4.1.4. Delineamento

Foi em delineamento inteiramente casualizado (DIC), com seis tratamentos e 12 repetições, totalizando dessa forma 72 unidades experimentais.

4.1.5. Preparação do substrato

Foram testadas diferentes composições de substratos para a produção dos cogumelos. Esses tratamentos foram compostos por serragem, farelo de arroz, farelo de trigo, farelo de soja e carbonato de cálcio em diferentes porcentagens, conforme descrito na Tabela 1.

Tabela 1. Formulação do substrato em cada tratamento para a produção de Buna-Shimeji

Trat.	Composição do Substrato					C : N
	Serragem	Farelo de Arroz	Farelo de Trigo	Farelo de Soja	Carbonato de Cálcio	
T1	85,50%	5,00%	5,00%	2,50%	2,00%	66,1
T2	80,00%	7,00%	7,00%	4,00%	2,00%	57,9
T3	74,50%	9,00%	9,00%	5,50%	2,00%	39,9
T4	69,00%	11,00%	11,00%	7,00%	2,00%	29,4
T5	63,50%	13,00%	13,00%	8,50%	2,00%	29,0
T6	58,00%	15,00%	15,00%	10,00%	2,00%	29,2

Fonte: Elaborado pelo autor.

Antes da confecção do substrato, foram preparados os sacos que seriam usados no experimento, realizados dois cortes no canto superior, com aproximadamente seis cm de comprimento para que pudesse ocorrer as trocas gasosas com o meio. Em seguida foi colado uma fita de micropore, formando uma espécie de filtro (Figura 5).

Figura 5 - Saco com fita de micropore para produção dos cogumelos



Fonte: Elaborado pelo autor.

Os materiais descritos na Tabela 1 foram homogeneizados e acrescidos de água atingindo valor médio de umidade de 70% (Tabela 2) monitorado através de um Medidor de Umidade de Serragem e outros matérias do tipo agulha. Logo após, os substratos foram pesados em sacos de 700g, prensados, selados e levados à autoclave para esterilização durante quatro horas a 121°C (Figura 6).

Tabela 2. Valores da umidade atingida pelos tratamentos no momento da preparação.

Tratamentos	Umidade (%)
T1	70,9
T2	71,4
T3	72,6
T4	69,4
T5	70,3
T6	67,6

Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 6 - Preparo do substrato, da esquerda para a direita, homogeneização das matérias primas, prensagem e averiguação da massa final



Fonte: Elaborado pelo autor.

4.1.6. Inoculação

Após serem retirados da autoclave, os blocos foram inoculados com 2% de inóculo, em relação ao peso úmido dos sacos. Este processo foi feito em câmara de fluxo laminar e próximo ao bico de Bunsen, para que evitasse qualquer tipo de contaminação (Figuras 7).

Figura 7 - Blocos antes de serem inoculados em câmara de fluxo laminar e após a inoculação



Fonte: Elaborado pelo autor.

4.1.7. Incubação

Para que ocorresse a corrida do micélio, os blocos foram mantidos em câmaras de alvenaria a uma temperatura de 25°C e umidade 65 – 75% (Figura 8).

Figura 8 - Blocos em câmara de alvenaria



Fonte: Elaborado pelo autor.

4.1.8. Frutificação

Para a indução à frutificação, os blocos foram abertos e raspados na superfície superior do substrato/micélio. Posteriormente foram mantidos em câmara com filme plástico com monitoramento de temperatura e microaspersão funcionando o dia todo mantendo a umidade relativa acima de 90% (Figura 9).

Figura 9 - Blocos abertos e raspados na câmara de filme plástico



Fonte: Elaborado pelo autor.

4.1.9. Colheita

A colheita foi realizada manualmente, sendo colhidos somente às pencas que os cogumelos estavam no ponto ideal de maturação (Figura 10), indicada pelo píleo ainda fechado. Ao fim, os cogumelos foram pesados e contados. A fase colheita dos cogumelos foi conduzida por 45 dias e foi monitorada a temperatura interna da câmara durante os dias de colheita com o auxílio de um termômetro digital.

Figura 10 - Cogumelo em ponto de colheita.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Os dados foram submetidos à análise estatística por ANOVA e teste de Tukey à 5% no software Sisvar.

4.2. Produção de mudas de alface

Através da avaliação da produção dos cogumelos, o composto com melhor desempenho da produção de Buna-Shimeji foi selecionado para seguir o projeto para a produção de mudas de alface.

4.2.1. Delineamento

O arranjo foi um esquema fatorial 4 x 4 onde foram avaliadas, quatro tipos de formulações de substratos com quatro dosagens de rizobactérias presentes do produto comercial BacSol®. Deve-se destacar que o referido produto é um fertilizante orgânico que foi selecionado por possuir bactérias promotoras de crescimento em sua constituição como *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Nitrosomonas* e *Nitrobacter* (RSA, 2023). Foram avaliados diferentes substratos para a produção de mudas, totalizando 16 tratamentos em delineamento inteiramente casualizado (DIC). Cada tratamento

constituiu de 100 células, sendo que cada célula representou uma unidade experimental (Tabela 3).

Tabela 3. Formulação dos substratos para muda

Tratamentos	Composição
S1	100% Carolina Soil® + 0% BacSol®
S2	99% Carolina Soil® + 1% BacSol®
S3	97% Carolina Soil® + 3% BacSol®
S4	94% Carolina Soil® + 6% BacSol®
S5	67% Carolina Soil® + 33% SMS + 0% BacSol®
S6	66% Carolina Soil® + 33% SMS + 1% BacSol®
S7	64% Carolina Soil® + 33% SMS + 3% BacSol®
S8	61% Carolina Soil® + 33% SMS + 6% BacSol®
S9	33% Carolina Soil® + 67% SMS + 0% BacSol®
S10	33% Carolina Soil® + 66% SMS + 1% BacSol®
S11	33% Carolina Soil® + 64% SMS + 3% BacSol®
S12	33% Carolina Soil® + 61% SMS + 6% BacSol®
S13	100% SMS + 0% BacSol®
S14	99% SMS + 1% BacSol®
S15	97% SMS + 3% BacSol®
S16	94% SMS + 6% BacSol®

Fonte: Elaborado pelo autor.

Foram utilizadas 8 bandejas de poliestireno contendo 280 células cada. Estas foram preenchidas por diferentes substratos, sendo eles formados pela presença de SMS da produção do Buna-Shimeji e comercial para mudas Carolina Soil®, os quais receberam ou não a inoculação do produto comercial BacSol® (Figura 11).

Figura 11 - Semeadura da alface



A) Sementes utilizadas; B) Mistura do substrato; C) Semeadura das Bandejas. Fonte: Elaborado pelo autor.

Os substratos foram homogeneizados e adicionado o BacSol®. Logo após, preencheu-se as bandejas e realizado a semeadura de uma semente por célula no dia primeiro de fevereiro de 2022. Para a produção foi escolhida a variedade de alface crespa, cultivar Moana, pela sua boa aceitação no mercado consumidor (Figura 12).

Figura 12 - Bandejas semeadas.



Fonte: Elaborado pelo autor.

As mudas foram irrigadas com auxílio de um regador duas vezes ao dia.

4.2.2. Avaliação das mudas de alface

Aos 30 dias após a semeadura, foram selecionadas 10 mudas ao acaso, de cada tratamento (Figura 13).

Lavado o material e medido: altura das plantas (AP), diâmetro do colo (DC), número de folhas (NF), comprimento da raiz (CR), massa fresca foliar (MFF), massa fresca radicular (MFR), massa seca foliar (MSF), massa seca radicular (MSR) e Índice de Qualidade de Dickson (IQD) segundo Freitas *et al.* (2013) com a fórmula:

$$IQD = \frac{MST (g)}{\frac{H (cm)}{DC (cm)} + \frac{PMSPA (g)}{PMSRA (g)}}$$

Este índice leva em conta a massa seca total (MST), altura da parte aérea (H), diâmetro do colo (DC), peso da massa seca da parte aérea (PMSPA), peso da massa seca radicular (PMSRA).

As massas secas foram obtidas após secagem em estufa de ar forçado à 60°C durante 24 horas.

Figura 13 - Coleta das mudas de alface para avaliação.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Os dados foram submetidos à análise estatística por ANOVA e teste de Scott-Knott à 5% no software Sisvar.

4.3. Produção da Alface

4.3.1. Transplântio das mudas

A partir do cálculo de Índice de Qualidade de Dickson (IQD), foram escolhidos os cinco melhores tratamentos para o transplântio. O cultivo foi em ambiente protegido, com cobertura plástica e lateral fechada com sombrite. A irrigação foi automática por microaspersão.

Antes do levantamento dos canteiros (Figura 14) foi realizada a análise de solo da camada de 0 a 0,2m para determinar os teores de macro e micronutrientes. Os resultados obtidos constam na Tabela 4.

Tabela 4. Resultado da Análise de Solo antes do cultivo da alface.

Amostra	pH (CaCl ₂)	M.O g dm ⁻³	P _(resina) mg dm ⁻³	S mg dm ⁻³	Al ³⁺ -----	H+Al -----	K mmol _c dm ⁻³	Ca -----	Mg -----	SB -----	CTC -----
1	6,6	11	54	3	0	11	2,0	47	10	59	70

Amostra	V %	m %	K -----	Ca % na CTC -----	Mg -----	Ca:K -----	Ca:Mg Relação no Solo -----	Mg:k -----
1	84	0	3	67	14	24	5	5

Amostra	Boro	Cobre -----	Ferro mg dm ⁻³ -----	Manganês -----	Zinco
1	0,12	1,7	12	9,9	3,1

Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 14 - Preparo dos canteiros para o transplante da alface



Fonte: Elaborado pelo autor.

A partir da análise de solo não houve necessidade da realização de calagem já que o V% necessário para a cultura da alface de 70%. Sendo assim, foi apenas realizada a adubação mineral de plantio 10 dias antes do transplante das mudas, seguindo as recomendações do Boletim 100 (RAIJ, et al. 1997).

Foram aplicados 0,205 kg de Ureia; 0,450 kg de Cloreto de Potássio e 3,0 kg de Superfosfato Simples. Esses três produtos foram pesados e homogeneizados, sendo separados em quatro porções referentes aos canteiros existentes na área (Figura 15 e 16).

Figura 15 - Preparo da adubação de plantio



A) Pesagem dos produtos para adubação de plantio. B) Adubações prontas, sendo as doses separadas por canteiros contendo Cloreto de Potássio, Ureia e Superfosfato Simples. Fonte: Elaborado pelo autor.

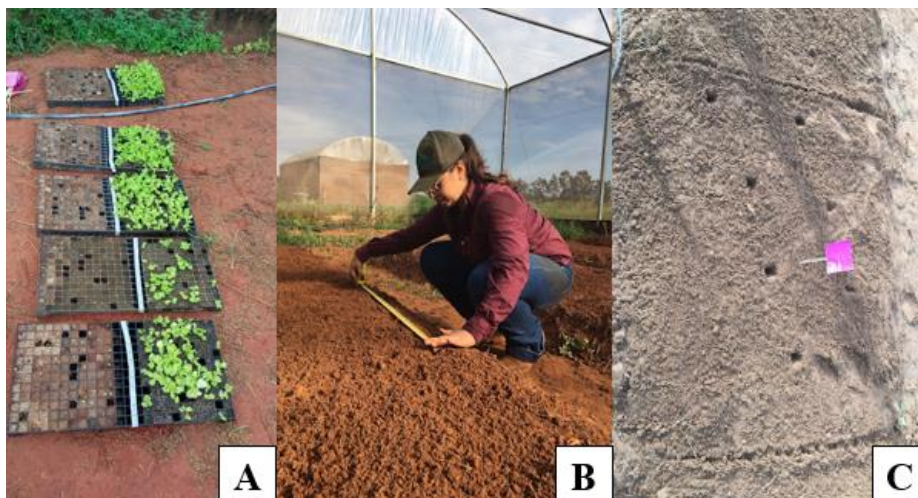
Figura 16 - Adubação dos canteiros para o transplântio



Fonte: Elaborado pelo autor.

O delineamento utilizado foi em blocos casualizados (DBC). Dessa forma, com quatro repetições, totalizando 20 parcelas de 1m² cada. As mudas foram transplantadas nos canteiros em espaçamento 30 x 30 cm em triângulo (Figura 17).

Figura 17 – Transplântio das mudas



A): Bandejas dos 5 melhores tratamentos; B) Medição do espaçamento entre as mudas; C) Covas para as mudas. Fonte: Elaborado pelo autor.

O transplântio foi feito aos 32 dias após a semeadura, manualmente (Figura 18).

Figura 18 - Transplante das mudas de alface



Fonte: Elaborado pelo autor.

4.3.2. Condução das plantas de alface

Durante esse período foram realizadas capinas manuais para o controle de plantas daninhas nos canteiros.

Figura 19 - Canteiros aos 48 dias após a semeadura da alface



Fonte: Elaborado pelo autor.

Foi realizado duas fertilizações em cobertura. A primeira foi realizada aos 50 DAS (Figuras 20 e 21), e a segunda aos 62 DAS (Figura 22). Foram aplicados em cada fertilização 0,045 kg de Ureia e 0,017 kg de Cloreto de Potássio por canteiro segundo a recomendação técnica do Boletim 100 (RAIJ, et al. 1997).

Figura 20 - Adubação de cobertura nos canteiros aos 50 dias após a semeadura da alface



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 21 – Canteiros após primeira adubação de cobertura



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 22 – Canteiros aos 62 dias após a semeadura.



Fonte: Elaborado pelo autor.

4.3.3. Avaliações biométricas

A colheita foi realizada aos 78 dias após a semeadura (Figura 23). Medido o índice de clorofila, através do clorofilômetro SPAD-502 selecionando uma folha de uma planta de alface, de forma aleatória, de cada tratamento em todos os canteiros. (Figura 24).

Figura 23 – Canteiros no dia da colheita aos 78 dias após a semeadura da alface



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 24 - Avaliação dos níveis de clorofila (SPAD).



Fonte: Elaborado pelo autor.

Ainda em campo, foi feita a limpeza das plantas de alface e lavagem das raízes (Figura 25).

Figura 25 - Colheita e limpeza das raízes da alface



Fonte: Elaborado pelo autor.

É possível observar na Figura 26 (a direita), a raiz de uma planta de alface com nematoides de raízes. Isso aconteceu com grande parte das mudas presentes neste canteiro, justificando a diferença no desenvolvimento das mudas.

Figura 26 – Plantas de alface no dia de colheita.



A) Planta de alface sadia. B) Raiz da planta com presença de nematoides. Fonte: Elaborado pelo autor.

No laboratório foram analisados altura das plantas (AP), comprimento das raízes (CR) e número de folhas (Figura 27).

Figura 27 – Avaliação da altura das plantas (AP) e do comprimento das raízes (CR).



Fonte: Elaborado pelo autor.

As alfaces foram pesadas em balança de precisão para determinação de massa fresca foliar (MFF) e massa fresca radicular (MFR), como pode ser visto na Figura 28.

Figura 28 – Avaliação das plantas



Fonte: Elaborado pelo autor.

Logo após, foram colocados em sacos de papel e mantidos em estufa por 48 horas para assim determinar massa seca foliar (MSF) e massa seca radicular (MSR) (Figura 29).

Figura 29 – Plantas de alface para secagem em estufa para realização da matéria seca



Fonte: Elaborado pelo autor.

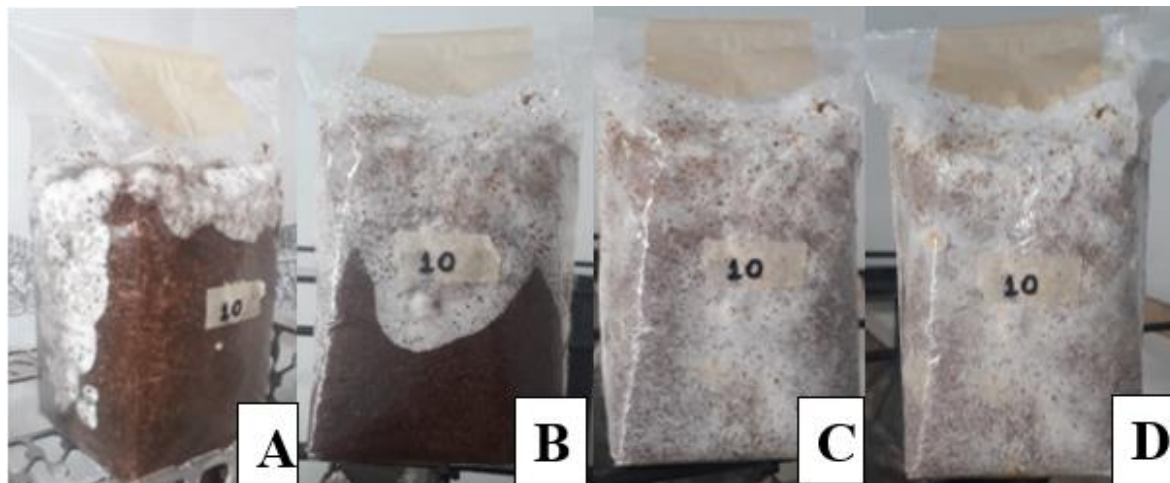
Os dados foram submetidos à análise estatística por ANOVA e teste de Scott-Knott à 5% no software Sisvar.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Produção de *H. marmoreus*

Os blocos mostraram um acelerado desenvolvimento micelial, como é possível ver na Figura 30.

Figura 30 - Blocos em incubação



A) Bloco com 2 dias após a inoculação (DAI); B) Bloco com 9 DAI; C) Bloco com 17 DAI; D) Bloco com 23 DAI. Fonte: Elaborado pelo autor.

Ao longo do período de incubação os blocos foram monitorados e foi possível verificar que a corrida micelial foi mais rápida em determinados tratamentos do que em outros. Sendo assim considerando 90% dos blocos completamente fechados, a Tabela 5 apresenta o tempo médio de incubação por tratamento.

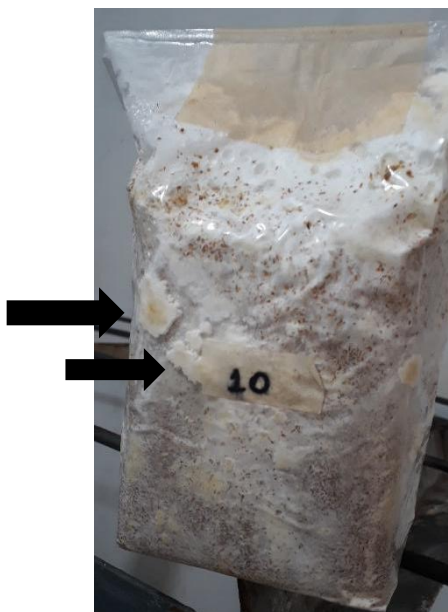
Aos 24 DAI foi feita uma avaliação geral dos blocos e foi notado que alguns blocos já possuíam primórdios, mesmo sem a abertura e indução a frutificação (Figura 31). Sendo assim, objetivando a formação destes cogumelos, optou-se por abrir todos os blocos aos 25 DAI. Os tratamentos 5 e 6 não haviam tido sua corrida micelial encerrada, porém sofreram a abertura dos blocos como os demais tratamentos.

Tabela 5. Finalização da corrida micelial por tratamento.

Tratamentos	Dias após a inoculação
T1	18
T2	20
T3	23
T4	24
T5	-
T6	-

Fonte: Elaborado pelo autor.

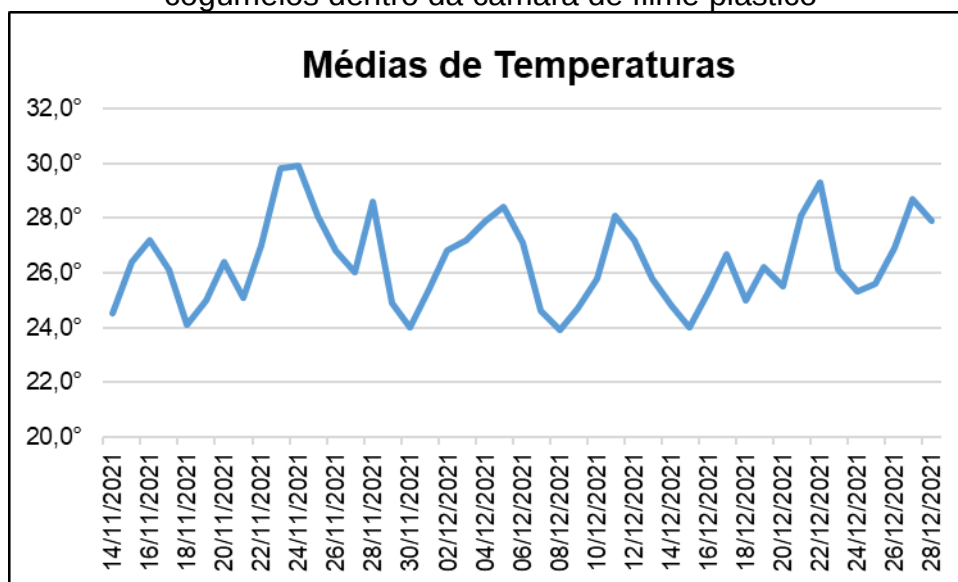
Figura 31 - Bloco com primórdios de cogumelo.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Pode-se observar uma variação de temperatura dentro da câmara. No Gráfico 1, apresentam-se as temperaturas médias diárias na cidade de Dracena. Isso demonstra que dentro das câmaras também houve uma variação de temperatura.

Gráfico 1: Média diária das temperaturas observadas durante a colheita dos cogumelos dentro da câmara de filme plástico



Fonte: Adaptado da Estação Meteorológica Automática da FCAT, Unesp, Campus de Dracena.

De acordo com os resultados obtidos (Tabela 6 e 7), com relação a produtividade, o tratamento 1 (relação C/N 66/1) resultou em melhor desempenho

quando comparado aos demais tratamentos, com média de 20,24%. Seguido pelo tratamento 2 (relação C/N 58/1) e depois pelos demais tratamentos que não tiveram diferenças entre si. Resultados semelhantes foram obtidos por Philippoissis *et al.*, (2001) e Oztürk & Atila (2021) que observaram maiores produtividades nos substratos com relação C/N maior.

Tabela 6. Análise de variância para número total de cogumelos (TC), número total de pencas (TP), massa total de cogumelos (MT), produtividade (Pr), massa média por cogumelos (M.M.C) e massa média por pencas (M.M.P) nos seis diferentes substratos no cultivo de Buna-Shimeji segundo um delineamento inteiramente casualizado.

FV	GL	QM					
		TC	TP	MT	Pr	M.M.C.	M.M.P.
Trat	5	2193,64***	80,12***	0.0248***	507,04***	$2,08 \cdot 10^{-6}$ ***	$1,34 \cdot 10^{-4}$
Resíduo	66	120,11	7,55	0.0007	14,76	$3,19 \cdot 10^{-7}$	$5,77 \cdot 10^{-5}$
		32,42	7,18	0,08	10,88	0,0023	0,0111
CV(%)		33,81	38,26	35,31	35,31	24,97	68,16

$p < 0,05$; ** - $p < 0,01$; *** - $p < 0,001$. CV– Coeficiente de variação. Fonte: Dados do autor.

Com relação ao número de cogumelos nota-se que os tratamentos 1 e 2 não possuíram diferença significativa, apresentando médias de 48,93 e 44,43 unidades. Os demais tratamentos não diferiram entre si e apresentaram médias entre 27,21 (tratamento 3) e 13,67 unidades (tratamento 6). Analisados o número de pencas produzida, o tratamento 2 apresentou a maior média (10,43 pencas), enquanto os tratamentos 1 e 3, não foram observadas diferenças significativas (Tabela 7).

Com relação a massa total, foi possível verificar que o tratamento 1, resultou em maior média em relação aos demais, em torno de 14 g, seguida pelo tratamento 2 com média de 10 g. Oztürk & Atila (2021) obtiveram uma média de 50,5 e 43,5 g de *Hypsizygus ulmarius* também em substratos compostos por serragem.

Tabela 7. Teste de comparação de média para número total de cogumelos (TC), número total de pencas (TP), massa total de cogumelos (MT), produtividade (Pr), massa média por cogumelos (M.M.C) e massa média por pencas (M.M.P). Estão apresentadas as médias dos tratamentos.

Tratamentos	TC	TP	MT	Pr ⁽¹⁾	M.M.C ⁽²⁾	M.M.P ⁽²⁾
T1	48,93 a	9,00 ab	0,14 a	20,24 a	0,0029 a	0,0159 a
T2	44,43 a	10,43 a	0,10 b	14,88 b	0,0024 ab	0,0103 c
T3	27,21 b	7,14 abc	0,05 c	7,85 c	0,0021 b	0,0087 d
T4	23,53 b	4,93 cd	0,05 c	6,73 c	0,0021 b	0,0128 b
T5	20,25 b	5,50 bcd	0,04 c	5,05 c	0,0020 b	0,0065 d
T6	13,67 b	3,00 d	0,02 c	3,36 c	0,0017 b	0,0091 d

⁽¹⁾ Dado em porcentagem (%); ⁽²⁾ Em kg. Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si segundo o teste de Tukey a 0,001% de probabilidade. Fonte: Dados do autor.

O tratamento 1 também foi destaque em massa média de cogumelos (2,9 g), sendo seguidos pelos demais tratamentos que não ocorre diferença significativa. Isso demonstra que para todos os parâmetros analisados, o tratamento 1 resultou em melhor desempenho no cultivo de *H. marmoreus*. Este composto possuía a maior relação C/N entre todos os substratos formulados.

Por outro lado, autores como Kim *et al.* (2021) obtiveram maior rendimento (144 g/saco), rápida formação micelial e menor período de frutificação com um substrato de relação C/N menor, no cultivo de *H. marmoreus*. Porém, é muito variável a relação ideal para o cultivo de cogumelos comestíveis, sendo que cada espécie cresce e se desenvolve melhor em tipos diferentes de substratos (ZIED *et al.* 2011).

Ainda são poucos os estudos que apresentam dados relativos ao cultivo de Buna – Shimeji e seus meios de crescimento e desenvolvimento. Grande parte das pesquisas estão voltadas a análises das propriedades antioxidantes e anti-inflamatórias dessa espécie (LIU, *et al.* 2018; CAI, *et al.* 2020; WANG, *et al.* 2021). Isto só demonstra a importância do presente trabalho, sendo um dos pioneiros no cultivo de *H. marmoreus* em busca de substratos adequados à sua produção.

5.2. Análise das mudas de alface.

A emergência das mudas de alface demorou em torno de três dias para os tratamentos de 1 a 7 e cerca de cinco dias para os demais tratamentos (Figura 32 e 33).

Figura 32 – Bandejas com 05 dias após a semeadura



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 33 – Bandejas com 08 dias após a semeadura



Fonte: Elaborado pelo autor.

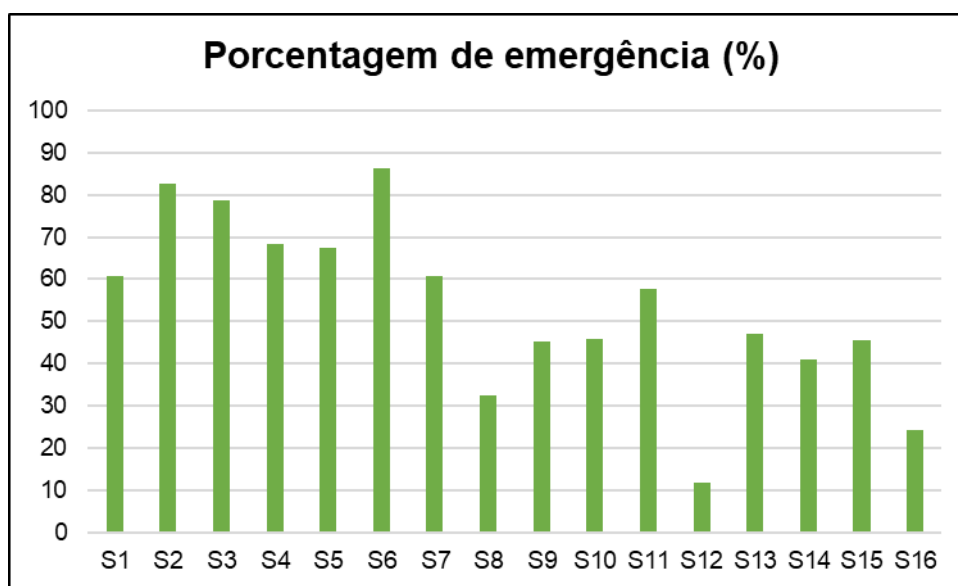
Aos 15 dias após a semeadura (Figura 34) foi realizada avaliação da germinação das mudas de alface, constando a porcentagem de cada tratamento (Gráfico 2).

Figura 34 - Mudas após 15 dias após a semeadura



Fonte: Elaborado pelo autor.

Gráfico 2: Porcentagem de germinação dos tratamentos de acordo coma avaliação realizada aos 15 dias após a semeadura.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Foi verificado que os tratamentos compostos por CarolinaSoil® e proporções menores de SMS (33%) resultaram em maior porcentagem de emergência quando comparados aos tratamentos com SMS em maior quantidade.

Ao final dos 30 dias após a semeadura, foram selecionadas 10 mudas ao acaso em cada tratamento para ser avaliada. Visualmente, já foi possível verificar elevada diferença entre os tratamentos (Figura 35). Em sua maioria não houve um desenvolvimento, ficando as mudas estagnadas nas primeiras fases após a emergência. Este comportamento foi observado principalmente com um aumento na porcentagem de SMS em relação ao substrato comercial presente nos tratamentos.

Figura 35 - Comparativo visual entre os 16 tratamentos das mudas de alface



Fonte: Elaborado pelo autor.

Ao analisar os dados presentes nas Tabela 8 e 9, foi observado que o tratamento 4 (94% C.S. + 6% Bacsol) resultou em maior média em relação ao diâmetro do coleto (1,39 cm), assim como para altura (6,16 cm), porém não diferiu do tratamento 3 (97% C.S. + 3% Bacsol). Em relação ao número de folhas, os tratamentos 1, 2, 3, 4 e 8 não diferiram entre si mantendo uma média de 3,80 a 4,50, assim como em relação ao comprimento da raiz, onde apenas o tratamento 8 (61% C.S. + 33% SMS + 6% Bacsol) apresentou média diferente e inferior aos demais. Correia *et al.* (2019) obtiveram médias semelhantes em todos estes parâmetros na produção de mudas de alface utilizando resíduos agroindustriais. Todavia, Xu *et al.* (2022), verificaram médias superiores para todos os parâmetros ao SMS compostado juntamente com vermiculita, fibra de coco e perlita (3:1:1:).

Tabela 8. Análise de variância para altura das plantas (AP), diâmetro do colo (DC), número de folhas (NF) e comprimentos da raiz (CR) nos 16 diferentes substratos para o cultivo de mudas de alface segundo um delineamento inteiramente casualizado.

FV	GL	QM			
		AP	DC	NF	CR
Tratamento	15	1,791465*	0,156972*	0,164745*	1,966046*
Resíduo	144	0,021680	0,007491	0,021592	0,073139
CV(%)		8,61	8,02	7,26	12,43

$p < 0,05^*$. CV– Coeficiente de variação. Fonte: Dados do autor, 2022.

Tabela 9. Teste de comparação de média para altura das plantas (AP), diâmetro do colo (DC), número de folhas (NF) e comprimentos da raiz (CR).

Tratamento	AP ⁽¹⁾	DC ⁽¹⁾	NF	CR ⁽¹⁾
1	4,41 b	1,09 b	3,90 a	6,54 a
2	4,30 b	0,98 b	3,80 a	7,59 a
3	5,87 a	1,14 b	4,40 a	6,42 a
4	6,16 a	1,39 a	4,50 a	7,63 a
5	2,00 d	0,49 c	3,20 b	4,15 c
6	2,11 d	0,51 c	3,60 a	5,28 b
7	2,09 d	0,64 c	4,10 a	5,39 b
8	2,91 c	0,64 c	4,10 a	4,64 b
9	1,69 e	0,47 c	3,50 b	3,92 c
10	1,57 e	0,44 c	3,20 b	2,81 d
11	1,70 e	0,46 c	3,90 a	4,52 b
12	1,68 e	0,49 c	4,00 a	3,17 d
13	1,50 e	0,53 c	3,00 b	3,52 c
14	1,26 f	0,59 c	3,00 b	2,86 d
15	1,33 f	0,53 c	3,00 b	1,78 e
16	1,30 f	0,58 c	2,90 b	1,61 e

⁽¹⁾ Dado em cm. Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si segundo o teste Scott-Knott à 5% de probabilidade. Fonte: Dados do autor.

Com relação aos parâmetros de massa fresca e seca (Tabela 10 e 11) tanto da parte aérea quanto da raiz, o tratamento 4 resultou maiores médias, seguido pelos demais tratamentos. O tratamento 8 só se diferiu na matéria fresca foliar do restante dos tratamentos.

Da Luz *et al.* (2013) e Dos Santos Mesquita *et al.* (2019) obtiveram resultados negativos na produção de mudas de quiabo e alface, respectivamente, com o aumento das proporções de serragem junto aos substratos testados. Lagatta (2022) produziu mudas de ipê-roxo com serragem em até 10% de mistura, não sendo aconselhado aumentar essa proporção.

De acordo com Sodré *et al.* (2007) quanto maior o percentual de serragem presente nos substratos maior os problemas relacionados a retenção excessiva de umidade.

Tabela 10. Análise de variância para as características avaliadas nos 16 diferentes substratos para o cultivo de mudas de alface segundo um delineamento inteiramente casualizado.

QM							
FV	GL	MFF	MFR	MSF	MSR	MST	IQD
Tratamento	15	0,12935*	0,02969*	0,00197*	0,00026*	0,42287*	0,01320*
Resíduo	144	0,003490	0,001330	0,000138	0,000027	0,000240	0,000096
CV(%)		7,48	4,9	1,63	0,73	1,83	1,34

$p < 0,05^*$. CV– Coeficiente de variação. Fonte: Dados do autor.

Em relação ao IQD, os tratamentos 2 (99% C.S. + 1% BacSol) e 4 (94% C.S. + 6% Bacsol) não apresentaram diferenças entre suas médias, seguidos pelos tratamentos 1, 3 e 8 que não diferiram entre si (Tabela 11). Médias semelhantes foram relatadas por Correa *et al.* (2019), sendo entre 0,08 e 0,13 para substratos alternativos ao comercial no cultivo de mudas de alface. Fonseca (2001) considera o uso do índice de qualidade como uma forma de ponderar parâmetros importantes já que se considera em seus cálculos a robustez e a distribuição da fitomassa.

O tratamento 8, composto por 61% C.S. + 33% SMS + 6% Bacsol possui índice de qualidade semelhante ao tratamento 1 com 100% de substrato comercial, o que

mostra que este substrato pode ser uma alternativa de substrato para produção de mudas de alface.

Sendo determinados os tratamentos 1, 2, 3, 4 e 8 como os cinco melhores de acordo com o Índice de Qualidade, foi feito o transplante das mudas para a produção da alface.

Tabela 11. Teste de comparação de média para massa fresca foliar (MFF), massa fresca radicular (MFR), massa seca foliar (MSF), massa seca radicular (MSR) e Índice de Qualidade de Dickson (IQD). Estão apresentadas as médias dos tratamentos.

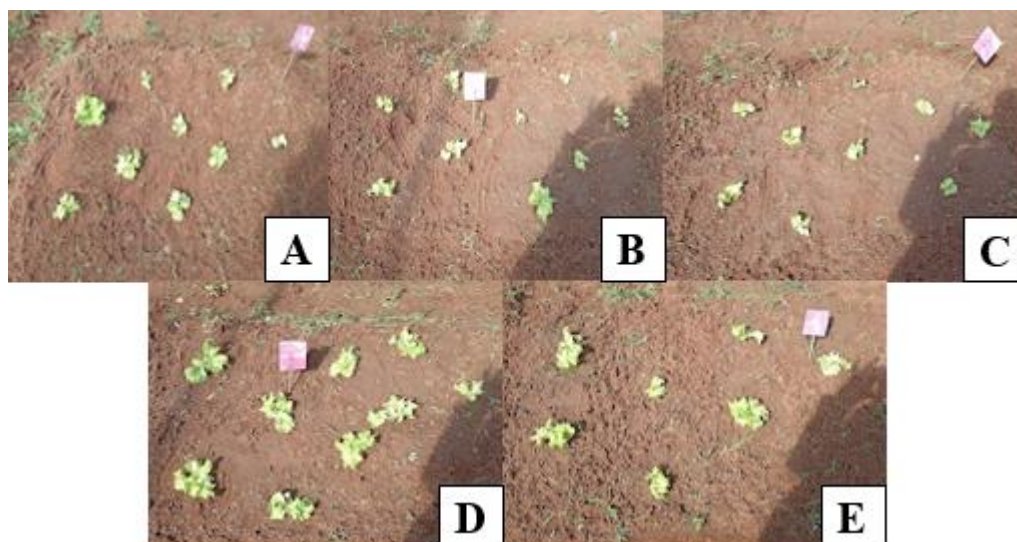
Tratamento	M.F.F. ⁽¹⁾	M.F.R. ⁽¹⁾	M.S.F. ⁽¹⁾	M.S.R. ⁽¹⁾	M.S.T. ⁽¹⁾	IQD
1	0,3200 c	0,1660 b	0,0450 c	0,0190 b	0,8020 c	0,1148 b
2	0,2590 c	0,1430 b	0,0340 c	0,0190 b	0,7835 c	0,1313 a
3	0,5200 b	0,1920 b	0,0560 b	0,0220 b	0,8233 b	0,1100 b
4	0,6770 a	0,2910 a	0,0700 a	0,0300 a	0,8547 a	0,1244 a
5	0,0180 e	0,0130 c	0,0080 d	0,0050 c	0,0130 e	0,0023 c
6	0,0380 e	0,0270 c	0,0090 d	0,0070 c	0,0160 e	0,0030 c
7	0,0620 e	0,0360 c	0,0060 d	0,0090 c	0,0150 e	0,0039 c
8	0,1530 d	0,0550 c	0,0200 d	0,0090 c	0,7500 d	0,1084 b
9	0,0210 e	0,0080 c	0,0010 d	0,0010 c	0,0020 e	0,0004 c
10	0,0260 e	0,0080 c	0,0010 d	0,0010 c	0,0020 e	0,0004 c
11	0,0310 e	0,0160 c	0,0010 d	0,0010 c	0,0020 e	0,0005 c
12	0,0420 e	0,0050 c	0,0010 d	0,0010 c	0,0020 e	0,0005 c
13	0,0210 e	0,0080 c	0,0010 d	0,0010 c	0,0020 e	0,0005 c
14	0,0230 e	0,0060 c	0,0010 d	0,0010 c	0,0020 e	0,0006 c
15	0,0180 e	0,0030 c	0,0010 d	0,0010 c	0,0020 e	0,0006 c
16	0,0160 e	0,0040 c	0,0010 d	0,0010 c	0,0020 e	0,0006 c

⁽¹⁾ Dado em gramas (g). Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si segundo o teste Scott-Knott à 5% de probabilidade. Fonte: Dados do autor.

5.3. Análises das plantas de alface

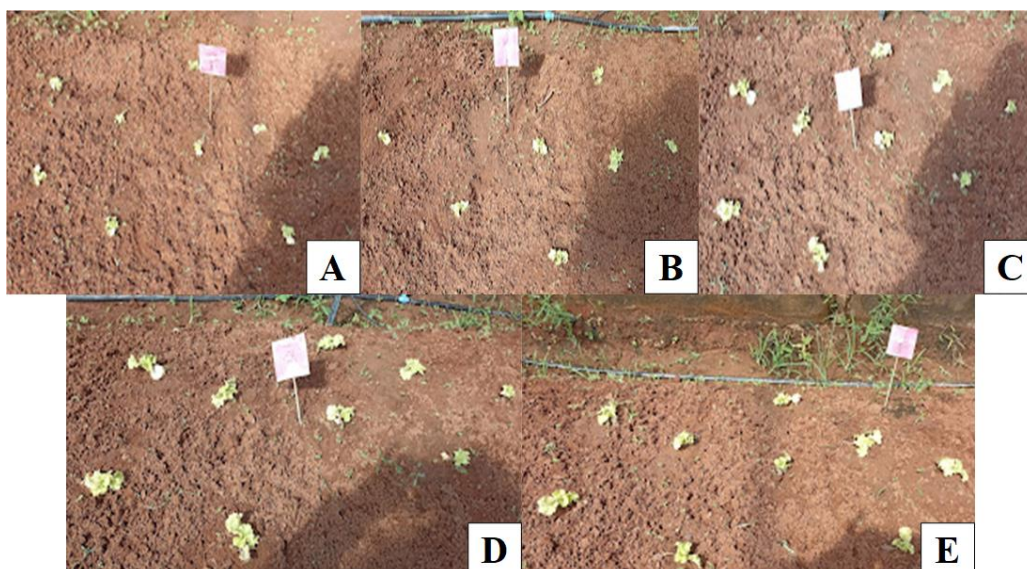
Nas primeiras duas semanas após o transplante, as mudas não se desenvolveram e se mantiveram muito semelhantes ao que estavam no dia em que foram a solo (Figura 36 e 37). Muito desse resultado se dá graças a fragilidade das mudas, além das altas temperaturas da região, que chegaram a médias máximas de 31,7°C (ESTAÇÃO METEOROLÓGICA AUTOMÁTICA DA FCAT, 2023).

Figura 36 - Canteiros do Bloco 2 aos 48 dias após a semeadura.



A) Tratamento 3; B) Tratamento 2; C) Tratamento 1; D) Tratamento 4; E) Tratamento 8. Fonte: Elaborado pelo autor.

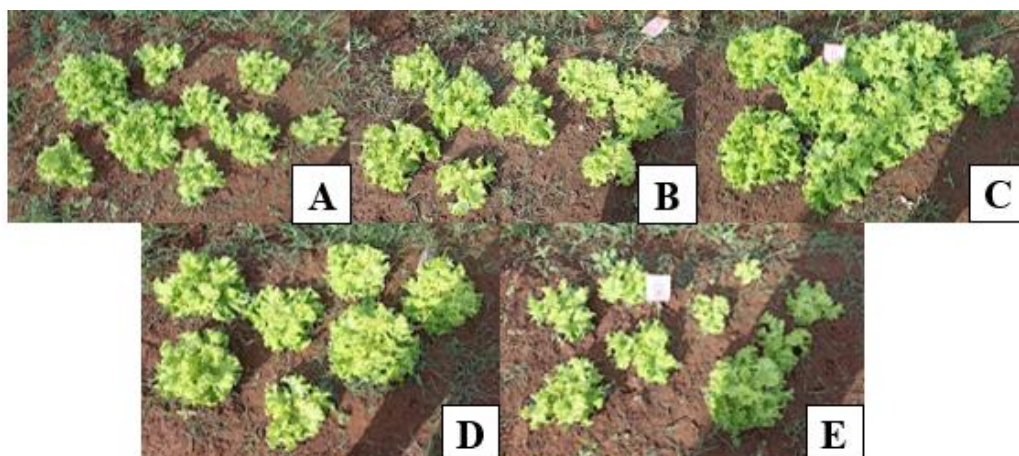
Figura 37 - Canteiros do Bloco 4 aos 48 dias após a semeadura.



A) Tratamento 8; B) Tratamento 1; C) Tratamento 4; D) Tratamento 3; E) Tratamento 2. Fonte: Elaborado pelo autor.

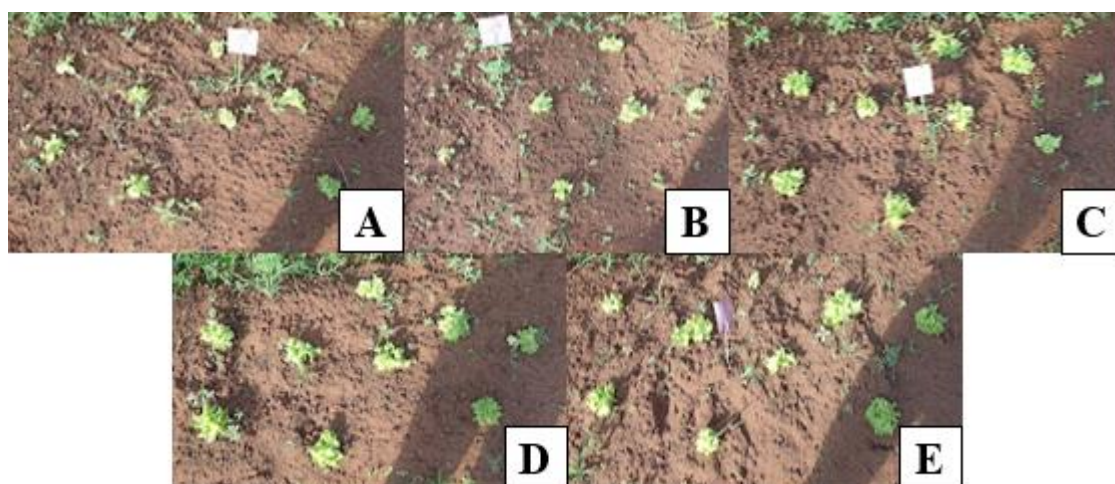
Após as adubações de cobertura foi possível verificar um melhor desenvolvimento das plantas de alface, porém possuindo uma diferença entre os dois blocos centrais e os blocos laterais (Figura 38 e 39).

Figura 38 - Canteiros do Bloco 2 aos 62 dias após a semeadura.



A) Tratamento 3; B) Tratamento 2; C) Tratamento 1; D) Tratamento 4; E) Tratamento 8. Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 39 – Canteiros do Bloco 4 aos 62 dias após a semeadura.



A) Tratamento 8; B) Tratamento 1; C) Tratamento 4; D) Tratamento 3; E) Tratamento 2. Fonte: Elaborado pelo autor.

De acordo com a análise estatística, não houve diferença significativa entre os tratamentos quanto ao teor de clorofila, comprimento da raiz e matéria fresca e seca radicular (Tabelas 12 e 13). De acordo com Carvalho *et al.* (2012) e Winder (2018), quanto maior os teores de clorofila analisados, melhor foi o aproveitamento de nitrogênio pela planta, já que este estaria presente nas folhas de alface. Zied *et al.* (2021) obteve médias maiores para o teor de clorofila, com o cultivo de alface em vasos, sob ambiente protegido utilizando SMS da produção de *Agaricus subrufescens* e *Pleutorus ostreatus*.

Tabela 12. Análise de variância para as características avaliadas nos cinco tipos diferentes substratos para o cultivo de alface.

FV	GL	QM							
		CL	NF	AP	CR	MFF	MFR	MSF	MSR
Tra.	4	0,137*	1,620*	0,695*	0,384*	21,83*	0,308*	1,084*	0,018*
Bloco	2	0,021*	3,576*	3,462*	0,625*	156,1*	0,035*	4,090*	0,006*
Resíduo	98	0,0670	0,1400	0,1188	0,1953	5,8897	0,1577	0,1841	0,0130
CV(%)		5,28	9,39	8,52	12,60	23,07	15,43	18,63	16,99

$p < 0,05^*$. CV– Coeficiente de variação. Fonte: Dados do autor.

Em relação ao número de folhas, o tratamento 8 (61% C.S. + 33% SMS + 6% Bacsol) obteve a melhor média, destacando seu desempenho quando comparado as análises anteriores na fase de muda, seguido dos tratamentos 2 (99% C.S. + 1% BacSol) e 4 (94% C.S. + 6% Bacsol), que não diferiram entre si. Em relação à altura não houve diferença significativa da testemunha, demonstrando seu bom desenvolvimento na fase de canteiros. Mohd Hanafi *et al.*, (2018) atribuíram o aumento da atividade biológica como uma importante característica do composto exaurido, o que promove um maior desenvolvimento da planta.

Tabela 13. Teste de comparação de média para o índice de clorofila (CL), número de folhas (NF), altura das plantas (AP), comprimento radicular (CR), massa fresca foliar (MFF), massa fresca radicular (MFR), massa seca foliar (MSF), massa seca radicular (MSR). Estão apresentadas as médias dos tratamentos.

Trat.	CL	NF	AP ⁽¹⁾	CR ⁽¹⁾	MFF ⁽²⁾	MFR ⁽²⁾	MSF ⁽²⁾	MSR ⁽²⁾
1	24,00 a	14,93 c	18,75 a	12,78 a	134,77 a	6,43 a	6,24 a	0,43 a
2	23,58 a	16,29 b	15,50 b	13,78 a	96,27 b	7,46 a	4,78 b	0,44 a
3	23,22 a	13,07 d	16,25 b	11,82 a	89,94 b	6,54 a	4,05 b	0,52 a
4	25,28 a	17,17 b	15,30 b	12,94 a	138,90 a	7,52 a	6,04 a	0,50 a
8	24,55 a	19,22 a	17,00 a	11,18 a	140,04 a	5,98 a	6,88 a	0,44 a

⁽¹⁾ Dado em centímetros (cm). ⁽²⁾ Dado em gramas (g). Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si segundo o teste Scott-Knott à 5% de probabilidade. Fonte: Dados do autor.

Sendo uma cultura onde sua área foliar é consumida, a massa fresca da parte área é uma característica fundamental. Assim, em relação a massa seca e fresca foliar foi observado que os tratamentos 1, 4 e 8 resultaram em massas médias semelhantes entre si. Schmitt (2021) realizou um trabalho com a mesma cultivar de alface Moana com diferentes tipos de biofertilizantes e verificou médias menores em relação a matéria fresca da parte área.

É possível verificar que os tratamentos com maior porcentagem de BacSol® resultaram em médias semelhantes à testemunha. Porém, quando comparados os valores e médias na análise das mudas, nota-se que o tratamento 8, mesmo sendo transplantado com desenvolvimento inferior aos demais, foi possível atingir médias semelhantes aos demais tratamentos, equiparando-se à testemunha.

6. CONCLUSÃO

A produção de *Hypsizigus marmoreus* é possível com a utilização de um substrato com relação C/N mais alta (66/1).

A utilização do resíduo (SMS) da produção de Buna-Shimeji, combinado ou não com BacSol®, se mostrou ineficaz para a produção de mudas de alface. A aplicação de BacSol® isolado aumentou a qualidade das mudas.

Contudo, as mudas oriundas de substrato com 61% de Carolina Soil® + 33% de SMS + 6% de BacSol® incrementou o número de folhas e não diferiu agronomicamente do substrato convencional, caracterizando um bom desempenho em canteiros.

Mais pesquisas são necessárias para otimizar o processo de cultivo e avaliar a viabilidade econômica em larga escala, como uma alternativa promissora para a indústria de cogumelos e de produção de mudas de alface.

Referências Bibliográficas

AHEMAD, M., KIBRET, M. Mechanisms and applications of plant growth promoting rhizobacteria: current perspective. **Journal of King saud University-science**, v. 26, n. 1, p. 1-20, 2014.

ALOO, B. N., MAKUMBA, B. A., MBEGA, E. R. The potential of *Bacilli rhizobacteria* for sustainable crop production and environmental sustainability. **Microbiological Research**, v. 219, p. 26-39, 2019.

ALVES, L. D. S., CAITANO, C. E. C., FERRARI, S., VIEIRA JÚNIOR, W. G., HEINRICHS, R., DE ALMEIDA MOREIRA, B. R., ZIED, D. C. Application of Spent

Sun Mushroom Substrate in Substitution of Synthetic Fertilizers at Maize Topdressing. **Agronomy**, v. 12, n. 11, p. 2884, 2022.

ANGELINA, E., PAPATHEODOROU, E. M., DEMIRTZOGLU, T., & MONOKROUSOS, N. Effects of *Bacillus subtilis* and *Pseudomonas fluorescens* Inoculation on Attributes of the Lettuce (*Lactuca sativa* L.) Soil Rhizosphere Microbial Community: The Role of the Management System. **Agronomy**, v. 10, n. 9, p. 1428, 2020.

BACH, F., HELM, C. V., BELLETTINI, M. B., MACIEL, G. M., & HAMINIUK, C. W. I. Edible mushrooms: A potential source of essential amino acids, glucans and minerals. **International Journal of Food Science & Technology**, v. 52, n. 11, p. 2382-2392, 2017.

BELLETTINI, M. B., FIORDA, F. A., MAIEVES, H. A., TEIXEIRA, G. L., ÁVILA, S., HORNUNG, P. S., RIBANI, R. H. Factors affecting mushroom *Pleurotus* spp. **Saudi Journal of Biological Sciences**, v. 26, n. 4, p. 633-646, 2019.

CABRAL, M. B. G., DE ARAÚJO SANTOS, G., SANCHEZ, S. B., DE LIMA, W. L., & RODRIGUES, W. N. Avaliação de substratos alternativos para produção de mudas de alface utilizados no sul do estado do Espírito Santo. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 6, n. 1, p. 16, 2011.

CAI, X., XIAO, M., ZOU, X., TANG, J., HUANG, B., & XUE, H. Separation of six antioxidants from *Hypsizygus marmoreus* by high-speed countercurrent chromatography utilizing an approach based upon the polarity parameter model. **Journal of Chromatography A**, v. 1633, p. 461650, 2020.

CARRIJO, D. A; SETTI de LIZ, R.; MAKISHIMA, N. Fibra da casca de coco verde como substrato agrícola. **Horticultura Brasileira**, v. 20, n. 4 p. 533-535, 2002.

CARVALHO, K., BONFIM-SILVA, E. M., SILVEIRA, M. H., CABRAL, C. E., & LEITE, N. Rúcula submetida à adubação nitrogenada via fertirrigação. **Enciclopédia Biosfera**, v. 8, n. 15, 2012.

CORREA, B. A., PARREIRA, M. C., MARTINS, J. D. S., RIBEIRO, R. C., & SILVA, E. D. Reaproveitamento de resíduos orgânicos regionais agroindustriais da Amazônia Tocantina como substratos alternativos na produção de mudas de alface. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v. 9, n. 1, p. 97-104, 2019.

CORRÊA, E. B., BETTIOL, W., SUTTON, J. C., Controle biológico da podridão radicular (*Pythium aphanidermatum*) e promoção de crescimento por *Pseudomonas chlororaphis* 63-28 e *Bacillus subtilis* GB03 em alface hidropônica. **Summa phytopathologica**, v. 36, n. 4, p. 275-281, 2010.

DASHTI, N., ZHANG, F., HYNES, R., & SMITH, D. L. Plant growth promoting rhizobacteria accelerate nodulation and increase nitrogen fixation activity by field grown soybean [*Glycine max* (L.) Merr.] under short season conditions. **Plant and Soil**, v. 200, n. 2, p. 205-213, 1998.

DOS SANTOS MESQUITA, I. B., ALBUQUERQUE, D. P., DA SILVA LUZ, A. L., DE OLIVEIRA, L. S., DE ARAÚJO NETO, J. P., DO REGO, F. C., TEIXEIRA, D. H. L. Produção de mudas de alface (*Lactuca sativa* L.) Com diferentes substratos em ambiente fechado/Production of lettuce muds (*Lactuca sativa* L.) With different substrates in closed environment. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, v. 2, n. 4, p. 1257-1263, 2019.

EDENHOFER, O. (Ed.). **Climate change 2014: mitigation of climate change**. Cambridge University Press, 2015.

FAO; **Food and Agriculture Organization of the United Nations**. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC/visualize>. Acesso em: 27 fev. 2023.

FREITAS, G. A. D., SILVA, R. R. D., BARROS, H. B., VAZ-DE-MELO, A., & ABRAHÃO, W. A. P. Produção de mudas de alface em função de diferentes combinações de substratos. **Revista Ciência Agronômica**, v. 44, p. 159-166, 2013.

FONSECA, T. G. Produção de mudas de hortaliças em substratos de diferentes composições com adição de CO² na água de irrigação. **Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz**. Piracicaba, 2001.

GLICK, B. R. **Plant growth-promoting bacteria: mechanisms and applications**. Hindawi Publishing Corporation, Scientifica, 2012. 15 p.

GLICK, B. R., HOLGUIN, G., PATTEN, C. L., & PENROSE, D. M. **Biochemical and genetic mechanisms used by plant growth promoting bacteria**. World Scientific, 1999.

GONZÁLEZ, A., CRUZ, M., LOSOYA, C., NOBRE, C., LOREDO, A., RODRÍGUEZ, R., BELMARES, R. Edible mushrooms as a novel protein source for functional foods. **Food & function**, v. 11, n. 9, p. 7400-7414, 2020.

GRIMM, D., KUENZ, A., RAHMANN, G. Integration of mushroom production into circular food chains. **Organic Agriculture**, v. 11, n. 2, p. 309-317, 2021.

HAYAT, R.; ALI, S.; AMARA, U.; KHALID, R.; AHMED, I. Soil beneficial bacteria and their role in plant growth promotion: a review. **Annals of Microbiology**, Heidelberg, v. 60, n. 1, p. 579–598, 2010.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/21814-2017-censo-agropecuário.html?=&t=resultados>. Acesso em 09 fev. 2023.

KIM, M. K., SIM, S., KIM, A. Y., KWON, J. H., & CHANG, Y. H. Suitable substrate formulation for bag cultivation of the cultivar 'Haesal' in *Hypsizygus marmoreus*. **Journal of Mushroom**, v. 19, n. 3, p. 160-165, 2021.

KIRK, P. M., CANNON, P. F., MINTER, D. W., & STALPERS, J. A. Dictionary of the Fungi. (10th edn). **Wallingford, UK**, 2008.

KOPYTOWSKI FILHO, J. **Produtividade e eficiência biológica de *Agaricus blazei* (Murril) Heinemann, em diferentes condições de cultivo**. 153 f. Tese (Doutorado

em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Botucatu, 2006.

LAGATTA, A. M. Crescimento de mudas de Ipê-roxo (*Handroanthus impetiginosus* Mart. ex DC.) Mattos, com incorporação de serragem ao substrato. 2022.

LEE, C. Y., PARK, J. E., KIM, B. B., KIM, S. M., RO, H. S. Determination of mineral components in the cultivation substrates of edible mushrooms and their uptake into fruiting bodies. **Mycobiology**, v. 37, n. 2, p. 109-113, 2009.

LEONG, Y. K., MA, T. W., CHANG, J. S., YANG, F. C. Recent advances and future directions on the valorization of spent mushroom substrate (SMS): A review. **Bioresource technology**, v. 344, p. 126157, 2022.

LIU, M., YAO, W., ZHU, Y., LIU, H., ZHANG, J., JIA, L. Characterization, antioxidant and antiinflammation of mycelia selenium polysaccharides from *Hypsizygus marmoreus* SK-03. **Carbohydrate polymers**, v. 201, p. 566-574, 2018.

LIU, M., LI, S., WANG, X., ZHU, Y., ZHANG, J., LIU, H., JIA, L. Characterization, anti-oxidation and anti-inflammation of polysaccharides by *Hypsizygus marmoreus* against LPS-induced toxicity on lung. **International journal of biological macromolecules**, v. 111, p. 121-128, 2018.

LUZ, F., SANTOS, P., DOURADO, D., FERREIRA, C., CONCEIÇÃO, W. SS; MURAISHI, CT Uso de diferentes doses de serragem como fonte de substrato para a produção de mudas de quiabo. In: **XXXIV Congresso Brasileiro de Ciências do Solo. Anais. Florianópolis**. 2013.

MARQUES, E. L. S., MARTOS, E. T., SOUZA, R. J., SILVA, R., ZIED, D. C., DIAS, E. S. Spent mushroom compost as a substrate for the production of lettuce seedlings. **Journal of Agricultural Science**, v. 6, n. 7, p. 138-143, 2014.

MEHTA, P., WALIA, A., KULSHRESTHA, S., CHAUHAN, A., SHIRKOT, C. K. Efficiency of plant growth-promoting P-solubilizing *Bacillus circulans* CB7 for enhancement of tomato growth under net house conditions. **Journal of basic microbiology**, v. 55, n. 1, p. 33-44, 2015.

MENG, X., DAI, J., ZHANG, Y., WANG, X., ZHU, W., YUAN, X., CUI, Z. Composted biogas residue and spent mushroom substrate as a growth medium for tomato and pepper seedlings. **Journal of environmental management**, v. 216, p. 62-69, 2018.

MIRSHAD, P. P.; PUTHUR, Jos T. Drought tolerance of bioenergy grass *Saccharum spontaneum* L. enhanced by arbuscular mycorrhizae. **Rhizosphere**, v. 3, p. 1-8, 2017.

MLECZEK, M., RZYMSKI, P., BUDKA, A., SIWULSKI, M., JASIŃSKA, A., KALAČ, P., NIEDZIELSKI, P. Elemental characteristics of mushroom species cultivated in China and Poland. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 66, p. 168-178, 2018.

MOHD HANAFI, F. H., REZANIA, S., MAT TAIB, S., MD DIN, M. F., YAMAUCHI, M., SAKAMOTO, M., EBRAHIMI, S. S. Environmentally sustainable applications of agro-

based spent mushroom substrate (SMS): an overview. **Journal of Material Cycles and Waste Management**, v. 20, p. 1383-1396, 2018.

MOTOI, M., GOTO, S., OHNO, N. Structure and Antitumor Activity of 1, 3-b-Glucan from Cultivated Fruit Bodies of Culinary–Medicinal Mushroom *Hypsizygus marmoreus* (Peck) Bigel.(*Agaricomycetidae*). **International Journal of Medicinal Mushrooms**, v. 5, n. 3, 2003.

NAKATSUKA, H., ODA, M., HAYASHI, Y., TAMURA, K. Effects of fresh spent mushroom substrate of *Pleurotus ostreatus* on soil micromorphology in Brazil. **Geoderma**, v. 269, p. 54-60, 2016.

NEUPANE, S., THAKUR, V., BHATTA, B., PATHAK, P., GAUTAM, B. B., & ARYAL, L. Performance of different substrates on the production of oyster mushroom (*Pleurotus florida*) at Gokuleshwor, Darchula. **International Journal of Scientific and Research Publications**, v. 8, n. 6, p. 231-240, 2018.

OLIVEIRA JÚNIOR, P. P. de. **Bacillus subtilis na produção de alface**. 2020. 54 f. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. Ilha Solteira, 2020.

OWAID, M. N.; ABED, I. A., AL-SAEEDI, S. S. Sa. Applicable properties of the bio-fertilizer spent mushroom substrate in organic systems as a byproduct from the cultivation of *Pleurotus* spp. **Information Processing in Agriculture**, v. 4, n. 1, p. 78-82, 2017.

ÖZTÜRK, C., ATILA, F. Changes in lignocellulosic fractions of growing substrates during the cultivation of *Hypsizygus ulmarius* mushroom and its effects on mushroom productivity. **Scientia Horticulturae**, v. 288, p. 110403, 2021.

PAREDES, C., MEDINA, E., BUSTAMANTE, M. A., & MORAL, R. Effects of spent mushroom substrates and inorganic fertilizer on the characteristics of a calcareous clayey-loam soil and lettuce production. **Soil Use and Management**, v. 32, n. 4, p. 487-494, 2016.

PÉREZ-CHÁVEZ, A. M., MAYER, L., ALBERTÓ, E. Mushroom cultivation and biogas production: A sustainable reuse of organic resources. **Energy for Sustainable Development**, v. 50, p. 50-60, 2019.

PHILIPPOUSSIS, A.; ZERVAKIS, G.; DIAMANTOPOULOU, P. Bioconversion of agricultural lignocellulosic wastes through the cultivation of the edible mushrooms *Agrocybe aegerita*, *Volvariella volvacea* and *Pleurotus* spp. **World Journal of Microbiology and Biotechnology**, v. 17, p. 191-200, 2001.

RAIJ, B. V., CANTARELLA, H., QUAGGIO, J. A., & FURLANI, A. M. C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agrônomo/Fundação IAC, 1997.

RATHORE, H., PRASAD, S., SHARMA, S. Mushroom nutraceuticals for improved nutrition and better human health: A review. **PharmaNutrition**, v. 5, n. 2, p. 35-46, 2017.

RIBAS, L. C. C., DE MENDONÇA, M. M., CAMELINI, C. M., & SOARES, C. H. L. Use of spent mushroom substrates from *Agaricus subrufescens* (syn. *A. blazei*, *A. brasiliensis*) and *Lentinula edodes* productions in the enrichment of a soil-based potting media for lettuce (*Lactuca sativa*) cultivation: growth promotion and soil bioremediation. **Bioresource technology**, v. 100, n. 20, p. 4750-4757, 2009.

RIBEIRO, R. D.; SEI, F. B.; LEITE, M. S. *Bacillus subtilis*: agente de controle biológico e promotor de crescimento em plantas. **Jornal Dia de Campo [Internet]**, 2011.

RODRIGUES, E. T., LEAL, P. A., COSTA, E., DE PAULA, T. S., & GOMES, V. D. A. “Produção de mudas de tomateiro em diferentes substratos e recipientes em ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, v. 28, n. 4, p. 483-488, 2010.

RSA, Indústria de Insumos Agrícolas Ltda – Disponível em, <http://www.rsa.ind.br/produtos/bacsol.php>. Acesso em: 18 mar. 2023.

SILVA, M. A., NASCENTE, A. S., REZENDE, C. C., DE MELLO FRASCA, L. L., DE FILIPPI, M. C. C., LANNA, A. C., FERREIRA, E. A. S. Rizobactérias multifuncionais: utilização na agricultura. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 4, p. e3111426971-e3111426971, 2022.

SODRÉ, G. A., CORÁ, J. E., SOUZA JÚNIOR, J. O. Caracterização física de substratos à base de serragem e recipientes para crescimento de mudas de cacaueiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 29, p. 339-344, 2007.

TANG, W., SHAN, B., ZHANG, H. Phosphorus buildup and release risk associated with agricultural intensification in the estuarine sediments of Chaohu Lake Valley, Eastern China. **CLEAN–Soil, Air, Water**, v. 38, n. 4, p. 336-343, 2010.

TRIPATHI, S., SRIVASTAVA, P., DEVI, R. S., & BHADOURIA, R. Influence of synthetic fertilizers and pesticides on soil health and soil microbiology. In: **Agrochemicals detection, treatment and remediation**. Butterworth-Heinemann, 2020. p. 25-54.

VIEIRA, V. O., CONCEIÇÃO, A. A., CUNHA, J. R. B., MACHADO, A. E. V., DE ALMEIDA, E. G., DIAS, E. S., ... & DE SIQUEIRA, F. G. A new circular economy approach for integrated production of tomatoes and mushrooms. **Saudi Journal of Biological Sciences**, v. 29, n. 4, p. 2756-2765, 2022.

VURUKONDA, S. S. K. P., VARDHARAJULA, S., SHRIVASTAVA, M., & SKZ, A. Multifunctional *Pseudomonas putida* strain FBKV2 from arid rhizosphere soil and its growth promotional effects on maize under drought stress. **Rhizosphere**, v. 1, p. 4-13, 2016.

WANG, G., CHEN, L., TANG, W., WANG, Y., ZHANG, Q., WANG, H., ZHANG, J. Identifying a melanogenesis-related candidate gene by a high-quality genome assembly and population diversity analysis in *Hypsizygus marmoreus*. **Journal of Genetics and Genomics**, v. 48, n. 1, p. 75-87, 2021.

XU, S. Y., WEI, J. K., XUE, F. Y., LI, W. C., GUAN, T. K., HU, B. Y., ZHANG, G. Q. Microbial inoculation influences microbial communities and physicochemical

properties during lettuce seedling using composted spent mushroom substrate. **Applied Soil Ecology**, v. 174, p. 104418, 2022.

ZHANG, Run-Hua; ZENG-QIANG, D. U. A. N.; ZHI-GUO, L. I. Use of spent mushroom substrate as growing media for tomato and cucumber seedlings. **Pedosphere**, v. 22, n. 3, p. 333-342, 2012.

ZIED, D. C.; SAVOIE, J.; PARDO-GIMÉNEZ, A. Soybean the main nitrogen source in cultivation substrates of edible and medicinal mushrooms. **Soybean and nutrition**, v. 22, p. 433-452, 2011.

ZIED, D. C.; PARDO-GONZALEZ, J. E.; PARDO-GIMÉNEZ, A. Métodos y técnicas para producción de inóculo de hongos comestibles y medicinales. In: JORNADAS TÉCNICAS DEL CHAMPIÑÓN Y OTROS HONGOS CULTIVADOS EN CASTILLA-LA MANCHA, 6., 2013, Casasimarro. **Anales** [...] Cuenca: Diputación Provincial de Cuenca, p. 145-151, 2013.

ZIED, D. C., DE ABREU, C. G., ALVES, L. D. S., PRADO, E. P., PARDO-GIMENEZ, A., DE MELO, P. C., & DIAS, E. S. Influence of the production environment on the cultivation of lettuce and arugula with spent mushroom substrate. **Journal of Environmental Management**, v. 281, p. 111799, 2021.

ZISOPOULOS, F. K., RAMÍREZ, H. A. B., VAN DER GOOT, A. J., & BOOM, R. M. A resource efficiency assessment of the industrial mushroom production chain: The influence of data variability. **Jornal of Cleaner Production**, v.126, p. 394-408, 2016.