



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA

**PRODUÇÃO ORGÂNICA DE ALFACE
AMERICANA FERTIRRIGADA COM
BIOFERTILIZANTES EM CULTIVO PROTEGIDO**

ITALO LÜDKE

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM AGRONOMIA

BRASÍLIA/DF
MARÇO/2009

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA

**PRODUÇÃO ORGÂNICA DE ALFACE AMERICANA FERTIRRIGADA COM
BIOFERTILIZANTES EM CULTIVO PROTEGIDO**

ITALO LÜDKE

ORIENTADOR: OSMAR ALVES CARRIJO
CO-ORIENTADORA: RONESSA BARTOLOMEU DE SOUZA

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM AGRONOMIA

PUBLICAÇÃO: 001/2009

BRASÍLIA/DF
MARÇO/2009

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA**

**PRODUÇÃO ORGÂNICA DE ALFACE AMERICANA FERTIRRIGADA COM
BIOFERTILIZANTES EM CULTIVO PROTEGIDO**

ITALO LÜDKE

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO SUBMETIDA À FACULDADE DE
AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA DA UNIVERSIDADE DE
BRASÍLIA, COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS À OBTENÇÃO
DO GRAU DE MESTRE EM AGRONOMIA.**

**RONESSA BARTOLOMEU DE SOUZA, Dr^a. (Embrapa Hortaliças)
(CO-ORIENTADORA) CPF: 605.553.946-20
E-mail: ronessa@cnph.embrapa.br**

APROVADA POR:

**OSMAR ALVES CARRIJO, Ph. D. (UnB-FAV)
(ORIENTADOR) CPF: 092.353.611-68
E-mail: carrijo@cnph.embrapa.br**

**ANA MARIA RESENDE JUNQUEIRA, Ph. D. (UnB-FAV)
(EXAMINADORA INTERNA) CPF: 340.665.511-49
E-mail: anamaria@unb.br**

**FRANCISCO VILELA RESENDE, Dr. (Embrapa Hortaliças)
(EXAMINADOR EXTERNO) CPF: 825.969.136-15
E-mail: fresende@cnph.embrapa.br**

BRASÍLIA/DF, 23 DE MARÇO DE 2009.

FICHA CATALOGRÁFICA

Ludke, Italo

Produção orgânica de alface americana fertirrigada com biofertilizantes em cultivo protegido. / Italo Lüdke; orientação de Osmar Alves Carrijo. – Brasília, 2009.

79 p.: il.

Dissertação de Mestrado (M) – Universidade de Brasília/Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, 2009.

1. *Lactuca sativa* L. 2. Agricultura orgânica 3. Fertirrigação 4. Gotejamento 5. Estado nutricional 6. Atributos pós-colheita 7. Nitrato. I Carrijo, O. A.. II Ph. D.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

LUDKE, I. **Produção orgânica de alface americana fertirrigada com biofertilizantes em cultivo protegido**. Brasília: Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, 2009. 79 p. Dissertação de Mestrado.

CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Italo Lüdke

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO: Produção orgânica de alface americana fertirrigada com biofertilizantes em cultivo protegido.

GRAU: Mestre

ANO: 2009

É concedida à Universidade de Brasília e à Embrapa Hortaliças permissão para reproduzir cópias desta dissertação de mestrado e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva-se a outros direitos de publicação e nenhuma parte desta dissertação de mestrado pode ser reproduzida sem autorização por escrito do autor.

Italo Lüdke

CPF: 976.914.100 - 34

SQN 406, bloco J, apto 107 - Asa Norte

CEP: 70847 - 100 – Brasília-DF

Telefone: 61 3340 3646

E-mail: italoludke@gmail.com

Dedico este trabalho aos meus pais Vitalino e Terezinha, por não terem medido esforços para permitir que eu pudesse chegar até aqui.

As minhas irmãs Leoni e Loeni, pelo carinho, apoio e incentivo.

A minha sobrinha Júlia, pelos momentos de distração e carinho.

Aos meus cunhados João e Ricardo pelo apoio e amizade.

A minha noiva Daniele, pelo amor, compreensão, apoio e incentivo.

A família da minha noiva, por acreditar e pelas palavras de encorajamento durante a realização deste trabalho.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por todas as vitórias que Ele tem me proporcionado.

À minha família por sempre estar junto comigo, independente das circunstâncias.

Ao Doutor Osmar Alves Carrijo, pela orientação.

À Pesquisadora Ronessa Bartolomeu de Souza, pela co-orientação, ensinamentos, paciência e amizade.

Ao Pesquisador Francisco Vilela Resende, pelo apoio, ensinamentos e sugestões durante a realização deste trabalho.

À Professora Ana Maria Resende Junqueira, pela orientação e disponibilidade na disciplina de docência orientada.

Aos demais professores do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, pelos ensinamentos e amizade.

À equipe de pesquisa em agricultura orgânica da Embrapa Hortaliças e a todos os estagiários que contribuíram para a realização deste trabalho.

À equipe de pós-colheita da Embrapa Hortaliças, em nome da Pesquisadora Neide Botrel Gonçalves.

Ao Delvico, Sarita e a Dona Marlene do Laboratório de Nutrição de Plantas, e ao Damião do Laboratório de Solos da Embrapa Hortaliças, pelas análises realizadas.

À Embrapa Hortaliças e a todos os demais funcionários, que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho.

À equipe da secretaria de Pós-graduação da FAV.

À CAPES pela bolsa de estudo concedida.

À FAPDF pelos recursos concedidos.

Muito Obrigado a todos!

ÍNDICE

1 INTRODUÇÃO	1
1.1 OBJETIVO GERAL	2
1.1.1 <i>Objetivos Específicos</i>	2
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	3
2.1 CULTURA DA ALFACE.....	3
2.1.1 <i>Principais nutrientes requeridos pela alface</i>	4
2.1.2 <i>Curvas de absorção de nutrientes</i>	7
2.2 FERTIRRIGAÇÃO	9
2.2.1 <i>Monitoramento nutricional</i>	10
2.3 CULTIVO PROTEGIDO	11
2.4 ASPECTOS SOBRE PRODUÇÃO E ADUBAÇÃO ORGÂNICA	12
2.4.1 <i>Composto orgânico</i>	13
2.4.2 <i>Extrato de composto</i>	14
2.4.3 <i>Biofertilizante</i>	15
2.5 PÓS-COLHEITA.....	19
2.5.1 <i>Fatores pré-colheita</i>	19
2.5.2 <i>Sanitização</i>	20
2.5.3 <i>Armazenamento e conservação</i>	21
2.5.4 <i>Atributos e índices de qualidade</i>	22
2.5.4.1 <i>Acidez titulável</i>	22
2.5.4.2 <i>Sólidos solúveis</i>	22
2.5.4.3 <i>Perda de massa</i>	23
2.5.4.4 <i>Aspectos visuais</i>	23
2.6 NITRATO.....	24
2.6.1 <i>Acúmulo de nitrato em plantas</i>	24
2.6.2 <i>Limites máximos permitidos de nitrato em alface</i>	25
3 MATERIAL E MÉTODOS	26
3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL	26
3.2 DELINEAMENTO ESTATÍSTICO	26
3.3 PRODUÇÃO DE MUDAS E MANEJO DO EXPERIMENTO	27
3.5 ELABORAÇÃO DOS BIOFERTILIZANTES	30
3.5.1 <i>Biofertilizante Agrobio</i>	30
3.5.2 <i>Biofertilizante Bioembrapa</i>	31

3.5.3 Extrato de Composto	31
3.6 CARACTERIZAÇÃO FÍSICA, QUÍMICA, FÍSICO-QUÍMICA E BIOLÓGICA DOS BIOFERTILIZANTES	32
3.7 CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS AVALIADAS	32
3.7.1 Massa média de cabeça inteira e comercial	32
3.7.2 Circunferência de cabeça, comprimento de caule, número de folhas e massa seca.....	33
3.8 AVALIAÇÕES PÓS-COLHEITA	33
3.8.1 Teor de sólidos solúveis totais.....	33
3.8.2 Acidez titulável	34
3.8.3 Perda de massa fresca.....	34
3.8.4 Aspecto visual da aparência das alfaces.....	34
3.9 TEOR DE NITRATO FOLIAR	35
3.10 ANÁLISE ESTATÍSTICA	35
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	36
4.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁGUA DE IRRIGAÇÃO.....	36
4.2 CARACTERIZAÇÃO DOS BIOFERTILIZANTES	37
4.3 CARACTERÍSTICAS DO SOLO	39
4.4 CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS AVALIADAS	42
4.4.1 Massa média de cabeça inteira e comercial	42
4.4.2 Circunferência de cabeça, comprimento de caule, número de folhas e massa seca.....	43
4.5 AVALIAÇÃO DO ESTADO NUTRICIONAL	46
4.5.1 Teores de macronutrientes da parte aérea.....	46
4.5.2 Teores de micronutrientes da parte aérea.....	51
4.6 AVALIAÇÕES PÓS-COLHEITA	54
4.6.1 Perda de massa fresca.....	54
4.6.2 Teor de sólidos solúveis totais.....	56
4.6.3 Acidez titulável	58
4.6.4 Aspecto visual da aparência das alfaces.....	60
4.7 TEORES DE NITRATO NA PARTE AÉREA.....	61
5 CONCLUSÕES.....	63
6 SUGESTÕES PARA PESQUISAS FUTURAS	65
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	66
8 ANEXO.....	77

ÍNDICE DE TABELAS

TABELA 1- PARCELAMENTO DIÁRIO PARA NITROGÊNIO, FÓSFORO E POTÁSSIO PARA A CULTURA DA ALFACE (ADAPTADO - CARRIJO ET AL., 2004).....	8
TABELA 2- ACÚMULO DE MATÉRIA SECA E DE NUTRIENTES PELA CULTIVAR DE ALFACE CLAUSE'S AURÉLIA AO LONGO DO CICLO (ADAPTADO – GARCIA ET AL., 1988)	8
TABELA 3- TEORES TOTAIS DE MACRO E MICRONUTRIENTES NO COMPOSTO ORGÂNICO UTILIZADO NA ADUBAÇÃO SÓLIDA E NO PREPARO DO EXTRATO DE COMPOSTO. BRASÍLIA, EMBRAPA HORTALIÇAS, 2008	29
TABELA 4 - PARÂMETROS ANALISADOS NA ÁGUA UTILIZADA NA IRRIGAÇÃO DO EXPERIMENTO E AS FAIXAS DE VALORES MÁXIMOS OU NÍVEIS CRÍTICOS PARA HORTALIÇAS. BRASÍLIA, EMBRAPA HORTALIÇAS, 2008	36
TABELA 5- TEORES TOTAIS DE MACRO E MICRONUTRIENTES DOS BIOFERTILIZANTES AGROBIO, BIOEMBRAPA E EXTRATO DE COMPOSTO. BRASÍLIA, EMBRAPA HORTALIÇAS, 2008.....	37
TABELA 6- CARACTERÍSTICAS FÍSICAS, QUÍMICAS, FÍSICO-QUÍMICAS E CONTAMINANTES QUÍMICOS DOS BIOFERTILIZANTES AGROBIO, BIOEMBRAPA E EXTRATO DE COMPOSTO. BRASÍLIA, EMBRAPA HORTALIÇAS, 2008.....	38
TABELA 7- ANÁLISE DE AGENTES E CONTAMINANTES BIOLÓGICOS NOS BIOFERTILIZANTES AGROBIO, BIOEMBRAPA E EXTRATO DE COMPOSTO. BRASÍLIA, EMBRAPA HORTALIÇAS, 2008.....	39
TABELA 8- CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DO SOLO ANTES DO PLANTIO E APÓS A COLHEITA DA ALFACE FERTIRRIGADA COM BIOFERTILIZANTES. BRASÍLIA, EMBRAPA HORTALIÇAS, 2008.....	40
TABELA 9- QUANTIDADES DE NUTRIENTES ADICIONADOS AO SOLO PELOS BIOFERTILIZANTES, TESTEMUNHA E PELA ADUBAÇÃO DE BASE. EMBRAPA HORTALIÇAS, BRASÍLIA, 2008.....	41
TABELA 10- MASSA MÉDIA DE CABEÇA INTEIRA E COMERCIAL DE CULTIVARES DE ALFACE FERTIRRIGADAS COM BIOFERTILIZANTES. BRASÍLIA, EMBRAPA HORTALIÇAS, 2008	43
TABELA 11- CIRCUNFERÊNCIA E MASSA SECA DE CABEÇAS COMERCIAIS DE CULTIVARES DE ALFACE FERTIRRIGADAS COM BIOFERTILIZANTES. BRASÍLIA, EMBRAPA HORTALIÇAS, 2008.....	44
TABELA 12- NÚMERO DE FOLHAS POR PLANTA COMERCIAL E ALTURA DO CAULE DE CULTIVARES DE ALFACE FERTIRRIGADAS COM BIOFERTILIZANTES. BRASÍLIA, EMBRAPA HORTALIÇAS, 2008	46
TABELA 13- TEORES DE MACRONUTRIENTES EM FOLHAS DE CULTIVARES DE ALFACE FERTIRRIGADAS COM BIOFERTILIZANTES. BRASÍLIA, EMBRAPA HORTALIÇAS, 2008	47
TABELA 14- TEORES FOLIARES DE MICRONUTRIENTES EM FOLHAS DE CULTIVARES DE ALFACE FERTIRRIGADAS COM BIOFERTILIZANTES. BRASÍLIA, EMBRAPA HORTALIÇAS, 2008	52
TABELA 15- PERDA DE MASSA FRESCA DE CULTIVARES DE ALFACE FERTIRRIGADAS COM BIOFERTILIZANTES, APÓS OITO DIAS DE ARMAZENAMENTO EM CÂMARA FRIA A 15°C. EMBRAPA HORTALIÇAS, BRASÍLIA, 2008	55

TABELA 16- SÓLIDOS SOLÚVEIS TOTAIS EM CULTIVARES DE ALFACE FERTIRRIGADAS COM BIOFERTILIZANTES, NA COLHEITA E APÓS OITO DIAS DE ARMAZENAMENTO EM CÂMARA FRIA A 15°C. EMBRAPA HORTALIÇAS, BRASÍLIA, 2008	56
TABELA 17- COMPARAÇÃO DOS TEORES DE SÓLIDOS SOLÚVEIS TOTAIS OBTIDOS NA COLHEITA E APÓS OITO DIAS DE ARMAZENAMENTO EM CÂMARA FRIA A 15°C, DE CULTIVARES DE ALFACE FERTIRRIGADAS COM BIOFERTILIZANTES,. EMBRAPA HORTALIÇAS, BRASÍLIA, 2008.....	57
TABELA 18- ACIDEZ TITULÁVEL EM CULTIVARES DE ALFACE FERTIRRIGADAS COM BIOFERTILIZANTES, NA COLHEITA E APÓS OITO DIAS DE ARMAZENAMENTO EM CÂMARA FRIA A 15°C. BRASÍLIA, EMBRAPA HORTALIÇAS, 2008	59
TABELA 19- COMPARAÇÃO DA ACIDEZ TITULÁVEL OBSERVADA NA COLHEITA E APÓS OITO DIAS DE ARMAZENAMENTO EM CÂMARA FRIA A 15°C DE CULTIVARES DE ALFACE FERTIRRIGADAS COM BIOFERTILIZANTES. BRASÍLIA, EMBRAPA HORTALIÇAS, 2008	60
TABELA 20- NOTAS ATRIBUÍDAS AO ASPECTO VISUAL DE QUALIDADE DAS CABEÇAS DE CULTIVARES DE ALFACE FERTIRRIGADAS COM BIOFERTILIZANTES, APÓS OITO DIAS DE ARMAZENAMENTO EM CÂMARA FRIA A 15°C. BRASÍLIA, EMBRAPA HORTALIÇAS, 2008	61
TABELA 21- TEOR DE NITRATO EM CULTIVARES DE ALFACE FERTIRRIGADAS COM BIOFERTILIZANTES. BRASÍLIA, EMBRAPA HORTALIÇAS, 2008	61

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1- FASES DE CRESCIMENTO MICROBIANO CELULAR (ADAPTADO DE SZTERN & PRAVIA, 1999).....	16
FIGURA 2- ALFACES AOS TREZE DIAS APÓS TRANSPLANTE, COM SISTEMA DE IRRIGAÇÃO POR GOTEJAMENTO.	77
FIGURA 3- LOGO APÓS O TRANSPLANTE DAS ALFACES, FIO DE ALGODÃO DIVIDINDO AS SUBPARCELAS E BLOCOS.....	77
FIGURA 4- ATAQUE DE <i>CERCOSPORA LONGISSIMA</i> NAS FOLHAS MAIS VELHAS NO FINAL DO CICLO.....	78
FIGURA 5- ALFACES NA CASA DE VEGETAÇÃO NO DIA ANTERIOR A COLHEITA.	78
FIGURA 6- ASPECTO VISUAL DA APARÊNCIA DAS CABEÇAS DE ALFACE AMERICANA FERTIRRIGADAS COM BIOFERTILIZANTES, APÓS OITO DIAS DE ARMAZENAMENTO EM CÂMARA FRIA A 15°C A) CABEÇAS EXTREMAMENTE DETERIORADAS; B) CABEÇAS MODERADAMENTE DETERIORADAS; C) CABEÇAS LEVEMENTE DETERIORADAS; D) CABEÇAS SEM DETERIORAÇÃO.....	79
FIGURA 7- NECROSE NAS BORDAS DAS FOLHAS MAIS VELHAS DAS ALFACES FERTIRRIGADAS COM ÁGROBIO.	79

PRODUÇÃO ORGÂNICA DE ALFACE AMERICANA FERTIRRIGADA COM BIOFERTILIZANTES EM CULTIVO PROTEGIDO

RESUMO

Os biofertilizantes apresentam efeitos positivos tanto na nutrição e nos atributos de pós-colheita quanto na proteção das plantas, porém pouco se conhece sobre suas características e a real eficiência nas culturas. Além disso, a aplicação comumente feita em taxas fixas do início ao fim do ciclo não atende às necessidades da cultura de forma satisfatória. Diante disso, o objetivo desse trabalho foi avaliar o efeito de biofertilizantes aplicados via fertirrigação na nutrição, características de produção e de alguns atributos de pós-colheita de alface americana em sistema orgânico protegido. O delineamento estatístico utilizado foi em blocos ao acaso em esquema fatorial 4 x 4 com parcelas dispostas em faixas, com cinco repetições. Foram alocados na parcela os quatro biofertilizantes: Agrobio, Bioembrapa, Extrato de Composto Orgânico e Testemunha (somente água via irrigação e duas adubações com 250 g m⁻² de composto orgânico em cobertura) e na subparcela as quatro cultivares de alface do tipo americana, OGR 326, Gloriosa, Tainá e Laurel. Foram avaliadas as características dos biofertilizantes e do solo, estado nutricional das plantas, massa média de cabeça inteira e comercial, circunferência de cabeça, comprimento de caule, número de folhas e massa seca. Na pós-colheita foram avaliados os teores de sólidos solúveis totais, acidez titulável, perda de massa, aspecto visual da aparência das alfaces e o teor de nitrato foliar. Verificaram-se maiores teores de nitrogênio e fósforo no biofertilizante Bioembrapa e potássio no Extrato de Composto. Quanto aos contaminantes biológicos verificaram-se valores acima dos limites permitidos apenas no Extrato de Composto. Em geral, houve melhoria na fertilidade do solo com a aplicação dos biofertilizantes. O estado nutricional das plantas mostrou-se adequado, apesar do alto teor de potássio e boro nas plantas fertirrigadas com Agrobio, provocando queima das bordas das folhas. O biofertilizante Bioembrapa foi o que proporcionou os maiores rendimentos da alface. Observaram-se baixos teores de sólidos solúveis totais na colheita e após armazenamento e houve pequena perda de peso durante o armazenamento. Independente da cultivar, o aspecto visual das alfaces apresentaram-se levemente a moderadamente deterioradas após o armazenamento. Os teores de nitrato nas folhas da alface foram em geral baixos. O biofertilizante com melhor desempenho das características de produção foi o

Bioembrapa enquanto o com pior foi o Extrato de Composto, não sendo recomendado seu uso em substituição aos biofertilizantes para o cultivo da alface.

Palavras-chave: *Lactuca sativa* L; Agricultura orgânica; Fertirrigação; Gotejamento; Estado nutricional; Atributos pós-colheita; Nitrato.

ORGANIC YIELD OF ICEBERG LETTUCE FERTIGATED WITH BIOFERTILIZERS, IN ORGANIC PROTECTED CULTIVATION

ABSTRACT

Biofertilizers have positive effects on nutrition, postharvest attributes and crop protection, but little is known about its characteristics and real efficiency. Furthermore, application rates commonly used throughout the crop cycle does not attend the growing culture needs satisfactorily. Thus, this study aimed to evaluate the effect of biofertilizers applied via fertigation in nutrition, production patterns and some postharvest attributes of iceberg lettuce produced in protected organic system. The experiment followed a randomized blocks design with a 4 x 4 factorial split block scheme, with five replicates. The main plots were applied four biofertilizers treatments: Agrobio, Bioembrapa, Organic Compost Extract and Control (only water via irrigation and two organic compost cover applications of 250 g m⁻²) and the subplots were consisted by four four iceberg lettuce cultivars, OGR 326, Gloriosa, Tainá and Laurel. Biofertilizers and soil characteristics, plant nutritional status, commercial and total media mass head, head circumference, stem length, number of leaves and dry mass were evaluated. Postharvest evaluations were: soluble solid levels, acidity, weight loss, visual aspect of lettuce appearance and leaf nitrate content. Bioembrapa biofertilizer presented higher levels of N and P, while Organic Compost Extract showed K higher levels. Biological contaminant levels overed allowed limits only in the Organic Compost Extract. In general, soil fertility was improved with the application of biofertilizers, and the plant nutritional status was appropriate, despite the high content of potassium and boron in plants fertigated with Agrobio, which caused burning of leaves edges. The biofertilizer Bioembrapa promoted the highest yield of lettuce. There were low levels of soluble solids at harvest and after storage and little weight loss during storage. Regardless the cultivar, visual aspect of lettuce was slightly to moderately damaged after storage and nitrate content in leaves was generally low. Bioembrapa was the best biofertilizer and Organic Compost Extract was the worst one, whose utilization is not recommended to replace biofertilizer in lettuce crop.

Keywords: *Lactuca sativa* L; Organic Agriculture; Drip-Fertigation; Nutritional Status; Postharvest attributes; Nitrate.

1 INTRODUÇÃO

Nos dias atuais os consumidores estão cada vez mais preocupados em consumir alimentos saudáveis e de melhor qualidade, pressionando os produtores, através das redes varejistas dos supermercados, na melhoria dos sistemas de produção de forma que estejam mais comprometidos com a qualidade dos produtos. Outro fator são as visíveis mudanças ambientais que estão fazendo a população de uma forma gradual se conscientizar da necessidade de hábitos e de novas tecnologias e produtos que causem menores impactos ambientais, como os orgânicos. Além disso, muitos produtores optam pelo sistema orgânico por visualizarem-no como uma alternativa à dependência de pacotes tecnológicos da agricultura moderna, com redução do custo de produção e não exposição aos agroquímicos.

Nesse contexto a agricultura orgânica vem se expandindo e buscando aumentar sua eficiência desenvolvendo tecnologias com o respaldo da pesquisa científica. Uma delas é o uso de biofertilizantes visando melhorias na nutrição e qualidade dos produtos, além de oferecer proteção às culturas contra o ataque de pragas e doenças (TRATCH & BETTIOL, 1997; MEDEIROS, 2002). Esses adubos líquidos apresentam efeitos positivos na produção de várias espécies, sendo usados por meio de pulverização foliar ou juntamente com a água de irrigação, em fertirrigação. Apesar do uso rotineiro de biofertilizantes na agricultura orgânica, pouco se conhece sobre suas características químicas, físicas, físico-químicas, biológicas e sua real eficiência nas culturas.

Na maioria das vezes a aplicação dos biofertilizantes é feita em taxas fixas do início ao fim do ciclo da cultura estando em dissonância com as necessidades da cultura, que são variáveis ao longo do ciclo, podendo ocasionar deficiências nos períodos de maior demanda de nutrientes ou excesso em outros estádios de menor demanda.

Em hortaliças de ciclo curto como a alface, apesar da absorção total de nutrientes ser relativamente pequena, são muito exigentes no pequeno espaço de tempo que tem para extrair os nutrientes do solo. Nesse sentido, fertilizantes orgânicos líquidos como os biofertilizantes, devem ser mais eficientes do que os sólidos, em virtude da maior disponibilidade dos nutrientes e do suprimento no momento adequado de acordo com a exigência da cultura.

Com relação aos biofertilizantes, pouco se conhece em relação aos seus efeitos nas culturas em geral. Na realidade, seu uso por pulverização e gotejamento vem

aumentando de forma expressiva, porém sem base científica, já que se baseia em grande parte apenas na experiência. Acredita-se que a substituição das adubações de cobertura, comumente realizadas com adubos orgânicos sólidos, por aplicações de biofertilizantes resulte em maior eficiência na absorção de nutrientes e melhor qualidade dos produtos, além de oferecer maior resistência/tolerância ao ataque de pragas e doenças. Somando-se a isso, aplicação de pequenas quantidades de nutrientes junto com a água de irrigação durante todo o ciclo da cultura pode trazer benefícios ambientais, diminuindo perdas por lixiviação, volatilização e percolação com maior aproveitamento dos nutrientes e conseqüente aumento na eficiência produtiva da cultura.

1.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar o efeito de biofertilizantes aplicados via fertirrigação na nutrição, características de produção e de alguns atributos de pós-colheita da alface americana em sistema orgânico protegido.

1.1.1 Objetivos Específicos

Realizar a caracterização física, química, fisico-química e biológica dos biofertilizantes e verificar se atendem aos limites estabelecidos para fertilizantes orgânicos pela legislação brasileira de fertilizantes orgânicos.

Avaliar as alterações na fertilidade do solo decorrentes da aplicação dos biofertilizantes.

Avaliar o desempenho agrônômico de cultivares de alface americana em sistema orgânico protegido.

Avaliar o estado nutricional das cultivares de alface fertirrigadas com biofertilizantes.

Avaliar alguns atributos no momento da colheita e após armazenamento em temperatura baixa.

Determinar os teores de nitrato foliar na alface.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 CULTURA DA ALFACE

A alface (*Lactuca sativa* L.) pertence à família das Asteráceas e originou-se de espécies silvestres das regiões do sul da Europa e da Ásia Ocidental. É uma planta herbácea, muito delicada, com caule reduzido onde as folhas crescem em forma de roseta. Suas folhas são grandes e tenras, podendo ser lisas ou crespas, formando ou não uma cabeça. O sistema radicular é formado por grande ramificação explorando os primeiros 25 cm do solo (FILGUEIRA, 2000).

A grande utilização da alface na alimentação humana desde sua domesticação tem tornando a espécie, a hortaliça folhosa mais consumida no mundo. Associado a sua grande relevância econômica e social, por ser produzida na sua maioria por pequenos produtores e, aliada às respostas positivas à adubação orgânica, conferem importante papel no enfoque holístico da agricultura orgânica (VILLAS BÔAS et al., 2004).

Sua importância na alimentação é grande, tanto pelo aspecto nutricional, sendo fonte de vitaminas e sais minerais, quanto pela facilidade de aquisição pelo consumidor ao longo do ano, com preços relativamente baixos (FURTADO, 2008). Fazendo da alface a folhosa de maior frequência na dieta da população brasileira, impulsionando de forma crescente o agronegócio da hortaliça no país (RESENDE et al., 2005a; BEZERRA NETO et al., 2005). É consumida principalmente em saladas cruas e sanduíches. A alface, por ser altamente perecível, é cultivada próximo aos grandes centros consumidores, fazendo das regiões sul e sudeste as maiores produtoras e consumidoras da folhosa (LOPES et al., 2005).

As condições de clima que mais favorecem a fase vegetativa da alface são dias curtos e temperaturas amenas, podendo resistir a temperaturas baixas e a geadas leves (FILGUEIRA, 2000). Segundo Jackson et al. (1999) as condições de temperatura que mais beneficiam a alface americana são temperaturas de 23°C durante o dia e 7°C durante a noite. Temperaturas mais elevadas levam a formação de cabeças pouco compactas e também contribuem para a ocorrência de deficiência de cálcio, levando a queima das bordas das folhas mais novas. Além disso, temperaturas acima de 20°C e dias longos estimulam o pendoamento (VIGGIANO, 1990), o qual é indesejável, pois leva a emissão do pendão floral e a produção de látex pela planta, resultando em sabor

amargo. Temperaturas acima de 40°C retardam gradativamente a absorção de nutrientes, sendo a faixa de 25 a 30°C onde ocorre a maior absorção. Embora essas sejam características climáticas adequadas, foi possível através do melhoramento desenvolver cultivares com resistência ao calor, permitindo o cultivo dessa hortaliça o ano todo.

Yuri et al. (2005) ressaltam que a altitude deve ser levada em consideração, principalmente para os cultivos de verão, pois a altitude tem efeito direto na temperatura. Relatam ainda que nas regiões serranas do Rio de Janeiro e no cinturão verde de São Paulo, em altitudes superiores a 800 m é possível cultivar ao longo do ano. Já em locais com altitude inferior a 400 m, de clima quente, deve-se selecionar cultivares bem adaptadas a essas condições para que seja possível o cultivo na maioria dos meses.

Outro ponto importante nos cultivos de primavera-verão é o uso de casas de vegetação para proteção da cultura das chuvas, possibilitando a regularização da produção nessas épocas do ano de difícil produção a campo (FILGUEIRA, 2000). Além disso, tem se observado redução do ciclo da cultura com a utilização de casas de vegetação, entre outros ganhos, como a menor lixiviação de nutrientes, menor consumo de água e maior controle de pragas e doenças.

2.1.1 Principais nutrientes requeridos pela alface

O conhecimento da exigência nutricional das plantas é de fundamental importância para se obter as produtividades desejadas. Para isso, precisamos saber a quantidade e o momento para se fazer a reposição de água e nutrientes (ARAÚJO, 2005).

Segundo Yuri (2004) a alface é extremamente exigente em nutrientes. Apesar de absorver quantidades relativamente pequenas, seu ciclo curto a torna exigente principalmente em nitrogênio, potássio, cálcio e fósforo. Nesta revisão só enfatizaremos esses nutrientes, por serem os mais requeridos pela cultura da alface.

O fornecimento de nitrogênio de forma adequada em hortaliças favorece o crescimento vegetativo, expande a área fotossinteticamente ativa e eleva o potencial de produção da cultura. No caso específico das hortaliças herbáceas como a alface, apresentam efeito direto na produtividade, pois o produto comercializável são justamente as folhas e hastes, que mais se beneficiam pela aplicação de nitrogênio (FILGUEIRA, 2000).

As plantas absorvem o nitrogênio de várias formas, nitrogênio atmosférico (leguminosas e outras espécies), aminoácidos, uréia, amônio e, predominantemente, o nitrato em condições naturais e aeróbicas (MALAVOLTA et al., 1997). Muitos desses compostos são fornecidos pelos biofertilizantes, proporcionando às plantas bom equilíbrio entre as formas mais absorvidas de nitrogênio (amônio e nitrato).

Após o nitrogênio ser absorvido são sintetizados aminoácidos, proteínas, bases nitrogenadas, vitaminas, coenzimas e pigmentos. Porém, na falta de carbono para a redução e incorporação do nitrogênio em compostos orgânicos, ou pela absorção além da necessária pela planta, nitratos e aminoácidos podem se acumular no tecido vegetal (o acúmulo de nitrato em alface será discutido mais adiante). Esse acúmulo é proporcionado por altos níveis de nitrogênio na solução do solo, facilmente ocasionados por fertilizantes de alta solubilidade. Isso pode levar a aumentos nas relações N aminoácidos livres/N protéico ou N solúvel/N protéico, deixando as plantas mais propensas ao ataque de pragas e doenças (MALAVOLTA et al., 1997; SOUZA & RESENDE, 2006).

O nitrogênio participa da absorção iônica, fotossíntese, respiração, multiplicação e diferenciação celular, além de estimular a formação e desenvolvimento de gemas floríferas e frutíferas, assim como o desenvolvimento vegetativo (MALAVOLTA et al. 1997).

Os sintomas de deficiência de nitrogênio iniciam-se por clorose das folhas mais velhas, ocasionada pela redistribuição do nitrogênio para outras partes da planta, tais como folhas mais novas. A absorção em excesso pode levar à queima das folhas, aumentar a suscetibilidade da planta a certas doenças fúngicas e bacterianas, ao crescimento vegetativo exagerado, atraso na frutificação, redução no período de armazenamento pós-colheita de algumas culturas e dificultar absorção de outros nutrientes (FAQUIM, 1994; FILGUEIRA, 2000; YURI, 2004).

Os teores foliares de nitrogênio adequados para o pleno crescimento e desenvolvimento da alface variam de 30 a 50 mg kg⁻¹ de massa seca, sendo variável em função da cultivar e estágio de desenvolvimento (TRANI & RAIJ, 1997; MALAVOLTA et al., 1997; MARTINEZ et al., 1999)

O nitrogênio e o potássio são os nutrientes mais absorvidos pela alface, portanto, devem ser aplicados de forma parcelada para minimizar as perdas por lixiviação e aumentar a eficiência de utilização. Também se deve manter o teor de umidade do solo em condições favoráveis, pois a absorção dos elementos sofre influência direta da

disponibilidade de água, uma vez que são absorvidos predominantemente por fluxo de massa e difusão (MALAVOLTA, 1997; FILGUEIRA, 2000; ARAÚJO, 2005).

O potássio favorece a formação e a translocação de carboidratos, o uso eficiente da água, a abertura e fechamento dos estômatos, a permeabilidade das membranas, a síntese de proteínas e tem como principal função bioquímica, a ativação enzimática (FAQUIM, 1994; MALAVOLTA et al., 1997; FILGUEIRA, 2000). É absorvido pelas plantas na forma iônica K^+ , por processo ativo, sendo favorecido na presença de cálcio, quando atinge o máximo de absorção.

O teor de potássio adequado para o desenvolvimento da alface varia de 50 a 80 $mg\ kg^{-1}$ da massa seca na parte aérea. Plantas que receberam adubações adequadas e conseqüentemente equilíbrio desse nutriente apresentam maior resistência a algumas doenças fúngicas e bacterianas, tecidos mais fibrosos e resistência a danos mecânicos e melhoria na qualidade pós-colheita do produto. Já o excesso de potássio no meio desequilibra a nutrição da planta, prejudicando a absorção de cálcio e magnésio e, de água pela planta (FAQUIM, 1994; FILGUEIRA, 2000).

A deficiência de potássio é caracterizada por clorose, seguida de necrose das margens e pontas das folhas mais velhas. Induz a deficiência de ferro, prejudicando a diferenciação dos tecidos condutores, perda da atividade cambial, levando o aumento de nitrogênio alfa amínico e amídico e, de ácidos orgânicos. Também reduz o teor de açúcar e amido em órgãos de reserva e a atividade de diversas enzimas (MALAVOLTA et al., 1997; YURI, 2004).

O fósforo é exigido principalmente na fase final do ciclo da alface, sendo que deficiências nessa fase levam a má formação de cabeça, além de reduzir o crescimento da planta e provocar coloração verde opaca nas folhas velhas e tonalidades vermelho-bronze ou púrpura na folhas jovens (KATAYAMA, 1993).

O fornecimento de fósforo de maneira adequada favorece o desenvolvimento do sistema radicular, o vigor das plantas, a produção de matéria seca, aumenta a precocidade da colheita e melhora as características pós-colheita (FILGUEIRA, 2000).

A disponibilidade natural de fósforo para as plantas nos solos brasileiros é baixa em função da fixação do fósforo por minerais como os óxidos e hidróxidos de ferro e alumínio. A matéria orgânica tem papel fundamental na solubilização do fósforo, principalmente no âmbito de agricultura orgânica, pela ação dos ácidos orgânicos liberados durante sua decomposição ou durante a fermentação de resíduos orgânicos,

muito utilizados na agricultura orgânica (ANGHINONI & BISSANI, 2004; SOUZA & RESENDE, 2006).

A alface é a folhosa que apresenta os teores mais elevados de cálcio. Ele apresenta várias funções na planta, atuando na fotossíntese, divisão celular, movimentos citoplasmáticos e aumento do volume celular. Também é responsável por manter a integridade estrutural das membranas e das paredes celulares. Sua deficiência faz com que as membranas extravasem ocasionando o rompimento dos compartimentos celulares, afetando as ligações do cálcio com a pectina da parede celular, ocasionando desordens fisiológicas nas plantas, como o *tipburn* na alface (MALAVOLTA et al., 1997; ALVARENGA et al., 2003).

Em solos pobres em cálcio, além da calagem, recomenda-se adubação de plantio e em cobertura através da fertirrigação ou pulverizações em plantas mais exigentes como a alface (FILGUEIRA, 2000). Segundo Souza & Rezende (2006) umas das formas mais utilizadas para suplementação de nutrientes em sistema orgânico é o emprego de biofertilizantes orgânicos líquidos, aplicados via solo, sistemas de irrigação ou em pulverizações. Podendo o agricultor no momento da produção do biofertilizante enriquecê-lo em materiais que contenham cálcio, como a farinha de ossos, cinzas, entre outros.

2.1.2 Curvas de absorção de nutrientes

Segundo Marschner (1995) as curvas de absorção de uma cultura permitem conhecer a relação existente entre a quantidade de nutrientes, o acúmulo de matéria seca e a idade da planta, possibilitando identificar a quantidade de nutrientes necessária para a produção; a época de maior exigência de cada nutriente; e em qual órgão cada nutriente se encontra em maior quantidade; o quanto é exportado pela colheita e o quanto será necessário repor ao solo para não exauri-lo.

O uso de curvas de absorção para o manejo da adubação é importante, porque as taxas de assimilação de nutrientes diárias são variáveis ao longo do ciclo da cultura. Essas curvas são específicas para cada cultura e dependem das condições climáticas (luminosidade, temperatura, dentre outros), mas são independentes das características do solo e das técnicas de irrigação. Ocorrem diferenças na taxa de assimilação e consumo máximo entre culturas e variedades da mesma espécie (BAR-YOSEF, 1999).

A não utilização das curvas de absorção de nutrientes pode ocasionar a fertilização em excesso, provocando ou intensificando a salinidade do solo e contaminando o meio ambiente. Já a fertilização abaixo dos níveis exigidos pela cultura ocasiona diminuição dos nutrientes do solo e taxas inadequadas de absorção (BAR-YOSEF, 1999).

Para a cultura da alface Bar-Yosef (1999) adaptado por Carrijo et al. (2004) ajustaram teores diários de aplicação de nitrogênio, fósforo e potássio conforme Tabela 1.

Tabela 1- Parcelamento diário para nitrogênio, fósforo e potássio para a cultura da alface (adaptado - Carrijo et al., 2004)

Semanas após plantio	Quantidade (% por dia)		
	N	P	K
1 ^a	0,14	0,05	0,08
2 ^a	0,41	0,45	0,20
3 ^a - 5 ^a	2,85	2,41	2,40
6 ^a - 8 ^a	1,73	2,19	2,27

Garcia et al. (1988) determinaram as marchas de absorção para a cultivar de alface Clause's Aurélia e observaram que o acúmulo de nutrientes nas plantas acompanhou a produção de matéria seca, sendo lenta no início e acelerando a partir dos 30 dias da emergência (Tabela 2).

Tabela 2- Acúmulo de matéria seca e de nutrientes pela cultivar de alface Clause's Aurélia ao longo do ciclo (adaptado – Garcia et al., 1988)

Período (dias)	Matéria seca (%)	Nutriente (%)					
		N	P	K	Ca	Mg	S
0-20	0,9	1,3	0,8	1,0	0,5	0,8	1,0
0-30	2,3	3,1	1,9	2,6	2,1	2,0	3,0
0-41	14,2	19,7	13,8	16,5	14,7	14,5	15,2
0-51	40,9	51,5	35,2	40,9	40,0	44,1	57,4
0-62	73,1	82,0	72,0	59,2	67,4	74,9	71,1
0-72	100	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Devido ao fato de ser uma folhosa, a alface responde mais ao fornecimento de nitrogênio, nutriente que requer manejo especial quanto à adubação, por ser muito lixiviável e ser absorvido em grande parte (80%) nas últimas quatro semanas do ciclo (KATAYAMA, 1993).

2.2 FERTIRRIGAÇÃO

Fertirrigação é o processo de aplicação de fertilizantes juntamente com a água de irrigação visando fornecer as quantidades de nutrientes requeridas pela cultura no momento adequado para obtenção de altos rendimentos e produtos de qualidade (CARRIJO et al., 2004).

A forma que está se destacando é a irrigação por gotejamento, por apresentar diversas vantagens, tais como, amenizar as condições ao desenvolvimento de alguns fungos e bactérias, permitir melhor automação, irrigações com turnos de regas menores, redução no consumo de energia elétrica e de água, e uso da fertirrigação, fornecendo nutrientes à planta na fase que necessita (SANTOS et al., 2005). Também evita o molhamento das folhas, o que proporciona retardamento do desenvolvimento de patógenos e reduz os problemas de queima das folhas (BAR-YOSEF, 1999).

Segundo Gross et al. (2007) em Israel há um intenso crescimento dos cultivos orgânicos os quais utilizam adubos orgânicos tanto aplicados em pré-plantio quanto em cobertura, sendo feito via sistema de irrigação (fertirrigação), particularmente via gotejamento.

Na fertirrigação há muitos fatores que podem afetar a disponibilidade dos nutrientes para as plantas, tais como tipo de fertilizante, a temperatura, o pH da solução de fertirrigação, entre outros. A faixa de pH que favorece a absorção de nutrientes para a maioria das culturas, dentre as quais a alface, está entre 5,5 a 6,5. Valores altos de pH, maiores que 7,5 na água de irrigação são indesejáveis, um vez que podem provocar a formação de carbonatos de cálcio e magnésio e precipitações de ortofosfatos, entupindo tubos e gotejadores. Além disso, pH elevado pode reduzir a disponibilidade de zinco, ferro e fósforo às plantas (PAPADOPOULOS, 1999). Já valores de pH abaixo de 4,0, são prejudiciais às membranas das raízes das plantas e podem aumentar a concentração de alumínio e manganês na solução do solo a níveis tóxicos devido a dissolução dos argilominerais e óxidos metálicos no solo (BAR-YOSEF, 1999).

Os biofertilizantes de forma em geral apresentam valores de pH entre 5,0 e 6,0 (FERNANDES et al., 2005), estando numa faixa adequada para aplicação. O que deve-se ter cuidado é com a condutividade elétrica, principalmente para biofertilizantes como o Agrobio que recebem adição de adubos minerais e os valores tendem a serem elevados.

Segundo Gomes et al. (1999) antes de se iniciar uma fertirrigação deve-se verificar se o valor da condutividade elétrica do solo não está acima de $1,3 \text{ dS m}^{-1}$ para alface. Se estiver acima deve-se fazer apenas irrigação com água pura.

Segundo Fernandes & Testezlaf (2002) os biofertilizantes vêm ganhando destaque na agricultura irrigada, considerando uma medida extremamente estratégica do ponto de vista ambiental e econômico, pelo reaproveitamento de resíduos orgânicos disponíveis em grande parte das propriedades rurais e de baixo custo.

O uso de biofertilizantes na fertirrigação exige um criterioso cuidado com a filtragem da solução, pois a alta concentração de sólidos suspensos e a formação de biofilme podem levar a entupimentos no sistema de irrigação (GROSS et al., 2007). Para reduzir os problemas de entupimentos deve-se deixar a calda do biofertilizante coada por um período anterior à aplicação que seja suficiente para decantar parte das partículas que persistem após a filtragem; fazer uso de válvulas de final de linha nas linhas laterais e continuar a irrigação após a injeção do biofertilizante por um determinado tempo que seja suficiente para remover o excesso de partículas acumuladas no sistema.

2.2.1 Monitoramento nutricional

O monitoramento nutricional deve ser feito tanto nas plantas quanto no solo. Nas plantas pode ser feito através da determinação do teor de nutrientes na massa seca dos tecidos vegetais e comparação com os padrões pré-determinados e requeridos pela cultura, assim pode-se verificar se a cultura está se desenvolvendo e absorvendo os nutrientes de forma adequada. Essas análises devem ser feitas amostrando a folha indicadora e no estágio de desenvolvimento e época recomendados para a espécie. Além disso, a amostragem deve ser realizada nas primeiras horas do dia (pela manhã), pois a concentração de nutrientes nas plantas sofre flutuações diárias em função das condições fisiológicas e ambientais em que a planta se desenvolve (BAR-YOSEF, 1999).

Além da determinação dos teores de nutrientes na massa seca dos tecidos foliares através de análises químicas, existem outros métodos de monitoramento nutricional nas plantas. Os testes bioquímicos baseiam-se na influência que um nutriente tem em um passo metabólico. Podendo ser usados tanto os metabólitos como a atividade de enzimas relacionadas com o nutriente. Apresentam alta sensibilidade, mas a dificuldade em sua utilização é que a variação no conteúdo de determinado metabólito

ou na atividade de determinada enzima é afetada por outros fatores que não o nutriente em estudo (MARTINEZ et al., 1999). Outra forma é através da medição indireta da clorofila com medidor de clorofila, sendo usado para avaliar o teor de nitrogênio da folha, visto que clorofila e nitrogênio se correlacionam positivamente. Esse método, assim como o anterior sofre influência de vários fatores, pois o teor de clorofila é influenciado por quase todas as deficiências e alguns excessos nutricionais, além do tipo de cultivar, idade e parte da folha, e outros tantos fatores que podem influenciar a leitura (MALAVOLTA et al., 1997).

Já as concentrações de nutrientes na solução do solo, também devem ser periodicamente monitoradas através de análises físicas, químicas e físico-químicas para evitar excesso ou falta de nutrientes na solução do solo, que podem ocasionar deficiências ou toxidez as plantas, e até salinização do solo (BAR-YOSEF, 1999).

2.3 CULTIVO PROTEGIDO

O cultivo protegido nada mais é do que a colocação de uma barreira entre o topo da cobertura vegetal e a atmosfera, levando a modificação do fluxo de energia entre o solo, a cultura e a atmosfera. É geralmente feita com filme de polietileno em função de seu baixo custo em comparação com outros materiais. Hoje um grande número de espécies de hortaliças é produzido sob alguma forma de proteção ambiental. As razões para isso são: maior regularidade de produção, maior qualidade dos produtos colhidos e maior facilidade no controle de algumas doenças e pragas. A cobertura permite um alto grau de controle da maior parte das variáveis que determinam o rendimento e a qualidade das hortaliças (ANDRIOLO, 2002).

O cultivo protegido conduzido no solo é forma mais simples de cultivar hortaliças, em que o solo é o meio natural onde as raízes encontram suporte, crescem e se desenvolvem. As hortaliças possuem ciclo curto e exigem intenso preparo do solo, o que requer grande cuidado para minimizar a sua degradação física. Também deve-se ter cuidado com a degradação química, pois a salinização decorrente do uso excessivo de adubos orgânicos e minerais pode provocar desequilíbrios e tornar o solo improdutivo. A conscientização dos riscos potenciais e o desenvolvimento de tecnologias adequadas para o manejo da adubação são indispensáveis para a preservação da aptidão agrícola dos solos nesse sistema de cultivo (ANDRIOLO, 2002).

2.4 ASPECTOS SOBRE PRODUÇÃO E ADUBAÇÃO ORGÂNICA

Na literatura há vários conceitos na tentativa de definir a agricultura orgânica. Conforme a Lei Nacional nº 10.831 de dezembro de 2003, sistema orgânico de produção agropecuária é todo aquele em que se adotam técnicas específicas, mediante a otimização do uso dos recursos naturais e socioeconômicos disponíveis e o respeito à integridade cultural das comunidades rurais, tendo por objetivo a sustentabilidade econômica e ecológica, a maximização dos benefícios sociais, a minimização da dependência de energia não-renovável, empregando, sempre que possível, métodos culturais, biológicos e mecânicos, em contraposição ao uso de materiais sintéticos, a eliminação do uso de organismos geneticamente modificados e radiações ionizantes, em qualquer fase do processo de produção, processamento, armazenamento, distribuição e comercialização, e a proteção do meio ambiente (BRASIL, 2003).

Segundo Carvalho (2002), a agricultura orgânica compreende um conjunto variado de tecnologias e práticas agrícolas voltadas a enaltecer as condições particulares de cada ecossistema, dando atenção especial à manutenção e melhoria das características físicas, químicas e biológicas do solo, à produção livre de resíduos químicos e rica em micronutrientes, à maximização do impacto da ação do homem sobre o ambiente e às condições de vida dos trabalhadores.

Na agricultura orgânica, mais especificamente na olericultura orgânica, as adubações não estão direcionadas somente aos aspectos químicos da fertilidade dos solos, mas também aos aspectos físicos, físico-químicos, biológicos e aos efeitos da matéria orgânica. Tendo como foco central a utilização de dejetos animais, resíduos vegetais, agroindustriais, rotação de culturas e sistema reduzido de revolvimento do solo (SOUZA & RESENDE, 2006).

A adubação orgânica exerce papel fundamental na olericultura orgânica, onde as culturas apresentam elevada produtividade em curtos períodos de tempo, com grande exportação de nutrientes com as colheitas. A saída de biomassa e nutrientes dos agroecossistemas torna os processos de ciclagem de nutrientes menos eficientes do que nos ecossistemas naturais. Por isso, há necessidade de aporte externo, mesmo que de origem local, para manutenção do sistema. Existem diversos tipos de adubos orgânicos, de origem animal, vegetal e agroindustrial, recomendados para utilização no cultivo orgânico de hortaliças, devendo-se ter cuidado com a origem e a qualidade dos mesmos (SOUZA & RESENDE, 2006).

2.4.1 Composto orgânico

O composto orgânico origina-se do processo controlado de decomposição microbiana através da oxidação e oxigenação da matéria orgânica denominado de compostagem. Pode ser dividido em três fases: a primeira, rápida e fitotóxica, chamada de inicial ou composto cru ou imaturo; a segunda, de semicura ou bioestabilização; e a terceira, a cura, maturação ou tecnicamente, humificação, ocorrendo a mineralização de determinados compostos da matéria orgânica (KIEHL, 2002).

Para Souza & Alcântara (2007) composto orgânico é o produto final da decomposição aeróbica de resíduos vegetais e animais, permitindo a reciclagem de resíduos e sua desinfecção contra pragas, doenças, plantas espontâneas e compostos indesejáveis. Atuando como condicionador e melhorador das propriedades físicas, químicas, físico-químicas e biológicas do solo.

A legislação brasileira sobre fertilizantes, Decreto 4.954 de 14 de janeiro de 2004, define composto orgânico como o produto obtido por processo físico, químico, físico-químico ou bioquímico, natural ou controlado, a partir de matéria-prima de origem industrial, urbana ou rural, animal ou vegetal, isoladas ou misturadas, podendo ser enriquecido de nutrientes minerais, princípio ativo ou agente capaz de melhorar suas características físicas, químicas ou biológicas (BRASIL, 2004).

O processo de produção quando realizado em condições controladas de umedecimento e aeração se completa em 60 a 90 dias, apresentando matéria orgânica homogênea, bem estruturada, livre de mau cheiro e relação carbono/nitrogênio menor que 18, sendo considerada ideal entre 10 a 12 (COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS, 1999; KIEHL, 2002).

O composto orgânico tem papel importante na integração de recursos internos da propriedade, principalmente com produtores de hortaliças que trabalham com alto grau de diversificação, produzindo resíduos variados, e muitos deles trabalham com criações de animais associadas ao processo de produção. Isso favorece a utilização desses resíduos e a redução de custos e melhorias no rendimento de todo o sistema (SOUZA & RESENDE, 2006).

Segundo Villas Bôas et al. (2004) em função de condições fisiológicas inerentes à alface, tais como a eficiência de utilização de nitrogênio sempre menor que 50% e a absorção de aproximadamente 80% de nitrogênio total extraído nas últimas quatro semanas do ciclo, explicam a importância do uso de fertilizantes de solubilidade lenta

como o composto orgânico. O uso de adubos orgânicos tem efeito imediato e ainda residual por meio de um processo mais lento de decomposição e liberação de nutrientes, além de melhorar as características químicas, físicas e biológicas do solo (VIDIGAL et al., 1995).

A mineralização de nutrientes dos adubos orgânicos ocorre de forma lenta. Estima-se que de forma geral em condições ideais para o processo de mineralização, 50% do nitrogênio é mineralizado no primeiro ano, 20% no segundo e 30% após o segundo ano. Já para o fósforo (P_2O_5) 60% no primeiro ano, 20% no segundo e 20% a partir do segundo ano. Para o potássio (K_2O), estima-se que 100% esteja disponível às plantas logo no primeiro ano (COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS, 1999).

Vários pesquisadores têm observado respostas positivas do uso de compostos orgânicos na produtividade e qualidade de alface (NAKAGAWA et al., 1992, 1993; SANTOS et al., 2001; VILLAS BÔAS et al., 2004; MARCHI, 2006).

2.4.2 Extrato de composto

O extrato de composto é oriundo da adição de água em composto orgânico, geralmente na diluição de uma parte de composto para duas a cinco partes de água, tendo como base o volume de cada material (SOUZA & RESENDE, 2006). Para facilitar o uso pode-se diminuir a quantidade de água adicionada, proporcionando um aumento nas concentrações de nutrientes na solução do extrato, facilitando o manuseio como no caso de fertirrigação pela redução do volume de extrato a ser aplicado. A riqueza de nutrientes depende da qualidade do composto empregado, sendo de forma geral utilizado para complementação de nutrientes durante o ciclo de desenvolvimento das plantas.

O uso do extrato de composto pode ser feito através de irrigações manuais com uso de regador nas entrelinhas das hortaliças, distribuindo-se em filete contínuo, próximos a região de exploração das raízes, ou através de sistema de irrigação. Nesse último, deve-se proceder a filtragem do material, pois o extrato bruto apresenta grande quantidade de sólidos suspensos. Após a filtragem recomenda-se deixar um tempo em repouso para decantação das partículas que ainda persistiram no extrato de composto (SOUZA & RESENDE, 2006).

2.4.3 Biofertilizante

Para Alves et al. (2001) os biofertilizantes são compostos bioativos, resultado da fermentação de compostos orgânicos, contendo células vivas ou latentes de microrganismos, tais como, bactérias, leveduras, algas e fungos filamentosos e por seus metabólitos, além de quelatos organominerais. Já para Santos et al. (2001), biofertilizante é o efluente líquido obtido da fermentação metanogênica da matéria orgânica e água, gerando gás metano (CH_4) e gás carbônico (CO_2) durante o processo fermentativo. São produzidos em biodigestores por meio de fermentação aeróbia e/ou anaeróbia da matéria orgânica, sendo ricos em enzimas, antibióticos, vitaminas, toxinas, fenóis, ésteres e ácidos orgânicos de ação fito-hormonal (MEDEIROS et al., 2003).

Existem várias receitas para produção de biofertilizantes, mas a maioria tem por constituição básica esterco fresco de animais ruminantes, preferencialmente animais em lactação, por terem uma alimentação mais rica e balanceada e suas fezes apresentarem uma grande diversidade de microrganismos (MEDEIROS, 2002).

Para Sztern & Pravia (1999) o processo de compostagem dos biofertilizantes pode ser definido como uma biotécnica onde é possível exercer controle sobre os processos de biodegradação favorecendo determinados tipos de metabolismos e grupos fisiológicos. Para aplicações agrônômicas é mais interessante que prevaleçam os metabolismos respiratórios do tipo aeróbico, minimizando os processos fermentativos anaeróbicos que conduzem a produção de amônia e perdas de nutrientes por volatilização, favorecendo a atividade de nitrificação dos compostos orgânicos (GROSS et al., 2007).

No processo de compostagem dos biofertilizantes a população microbiana unicelular passa por várias fases de crescimento exponencial ou logaritmo (Figura 1). A primeira é a fase de latência, onde há um atraso no crescimento microbiano em função de condições desfavoráveis, como umidade, temperatura, falta de nutrientes, substâncias inibidoras do crescimento ou inóculo procedente de um cultivo anterior (borra de biofertilizante anterior). Em seguida se inicia a fase de crescimento exponencial, quando a velocidade de crescimento alcança seu valor máximo e o número de células aumenta. A concentração e a natureza dos nutrientes, a temperatura e o pH, são alguns dos fatores que afetam a velocidade de crescimento. Em função do esgotamento de nutrientes e pela concentração de metabólitos tóxicos a velocidade de crescimento começa a decrescer paulatinamente. Dando início a fase estacionária máxima, até que a velocidade de

crescimento zero. Passando para a fase de morte, onde a população viável diminui de forma exponencial (SZTERN & PRAVIA, 1999).

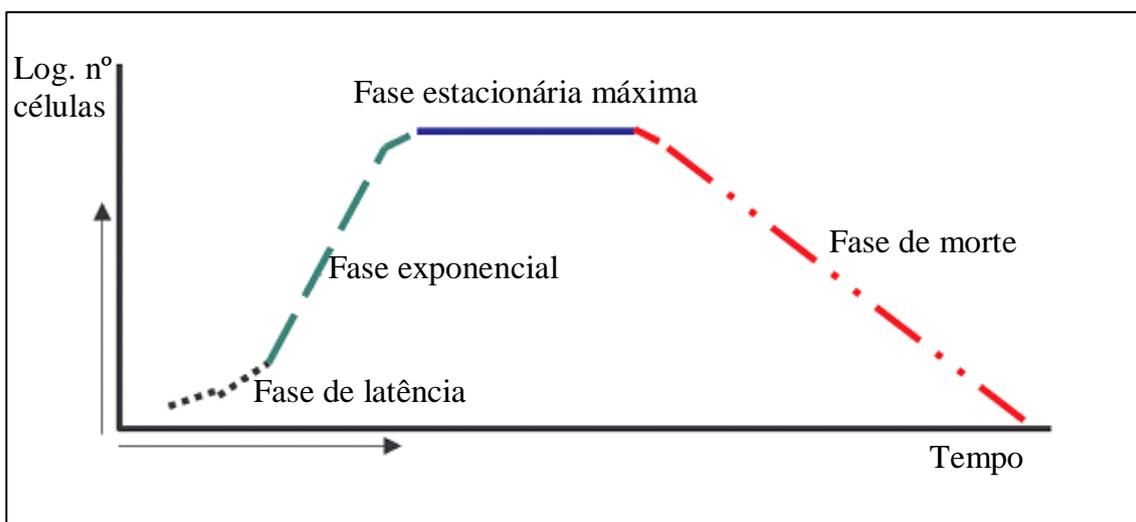


Figura 1- Fases de crescimento microbiano celular (Adaptado de Sztern & Pravia, 1999).

Conforme relata Medeiros (2002), quando a decomposição da matéria orgânica ocorre em condições anaeróbicas passa por três fases: hidrólise, ácida e metanogênica. Na hidrólise as bactérias *Clostridium ticklandii*, *Peptostreptococcus anaerobicus*, *Clostridium aminophilum*, *Acetivibrio cellulolyticus*, *Bacteroides succinogenes*, *Butyrivibrio fibrisolvens*, *Eubacterium cellulosolvens*, *Bacillus* sp., *Selenomonas* sp., *Megasphaera* sp., *Lachnospira multiparus*, *Peptococcus anaerobicus*, *Bifidobacterium* sp. e *Staphylococcus* sp. liberam no meio enzimas extracelulares, fazendo a hidrólise das partículas de elevado peso molecular, transformando-as em moléculas menores e solúveis no meio. Essa fase depende de muitos fatores, dentre eles a relação carbono/nitrogênio, o pH, a concentração de oxigênio, a temperatura e da carga bacteriana que contém o meio de cultivo. Na fase ácida as bactérias *Streptococcus bovis*, *Lactobacillus* sp. e *Selenomonas ruminantium* produtoras de ácidos, transformam proteínas, gorduras e carboidratos em ácidos orgânicos (ácido láctico, ácido butílico), etanol, amônia, hidrogênio, dióxido de carbono e outros. E na terceira fase, as bactérias metanogênicas *Methanobacterium* sp., *Methanobrevibacter* sp., *Methanospirillum* sp., atuam sobre o hidrogênio e o dióxido de carbono transformando-os em gás metano. Segundo Medeiros (2002) esta fase limita a velocidade das reações, devido à formação

de microbolhas de metano e dióxido de carbono em torno das bactérias, isolando-as do contato direto com a mistura em digestão. Por isso, é necessária a agitação da calda no digestor, facilitando a expulsão desses gases.

Segundo Deleito (2008) a população microbiana existente no biofertilizante Agrobio pronto para uso, é tanto aeróbica quanto anaeróbica, pois a adição de oxigênio ocorre na medida que for feito o revolvimento da calda ou pela adição em tempos programados com uso de compressores e timer. Segundo o autor fazem parte da população microbiana as bactérias *Lactobacillus* sp. e *Bacillus subtilis*, ambas produtoras de metabólitos indutores de resistência sistêmica em plantas; o actinomiceto *Streptomyces* sp., produtor de antibióticos e quitinases; as leveduras *Candida utilis* e *Cryptococcus laurentii*, ambas produtoras de metabólitos com ação antagonista a fitopatógenos. Até hoje não há relatos na literatura de problemas microbiológicos relacionados a coliformes fecais, bactérias patogênicas ou toxinas que possam representar riscos a saúde humana (FERNANDES et al, 2005).

Existem vários fatores que podem interferir no processo de compostagem dos biofertilizantes. A adição de minerais é um deles, em função da salinização do meio, devendo ser feita de forma lenta. A utilização de esterco com presença de antibióticos também pode inibir o desenvolvimento dos microrganismos. A temperatura é um dos fatores que mais interferem na velocidade da fermentação, sendo considerada ótima para biofertilizantes que levam esterco de gado 38°C, similar à temperatura do rúmen dos animais (MEIRELLES et al., 1997).

Gross et al. (2007) relatam que em Israel a adubação aplicada antes do plantio na forma sólida não tem sido suficiente para suprir as necessidades de nutrientes dos cultivos orgânicos, principalmente com relação ao nitrogênio, sendo feita complementação com biofertilizantes por meio do sistema de irrigação. A principal fonte de esterco usada na produção dos biofertilizantes naquele país é o guano. Ele apresenta de 15 a 20% de nitrogênio na massa seca. No trabalho desses autores, no qual avalia diferentes métodos de produção de biofertilizante, usando guano, cama de frango e esterco de frango, observou-se que as maiores perdas de nitrogênio por volatilização da amônia ocorreu com os biofertilizantes oriundos do guano e do esterco de frango, em função dos maiores teores de nitrogênio nesses materiais e baixa quantidade de carbono, provocadas pelo desequilíbrio na relação carbono/nitrogênio.

Os biofertilizantes são ricos em substâncias húmicas, as quais participam em processos agrônômicos, ambientais e geoquímicos, servindo de reservatório para

micronutrientes no solo, os quais serão disponibilizados mais tarde para as plantas. Contribuem para o aumento da capacidade tampão do solo, estruturação através da ligação de partículas minerais e também na manutenção do regime hídrico dos solos. Além disso, auxiliam na dissolução de minerais e na redução de íons metálicos em reações redox microbianas ou abióticas (DUENHAS, 2004). Os biofertilizantes auxiliam as plantas por melhorarem significativamente as propriedades químicas, físicas e biológicas do solo.

Moreira et al. (2006) trabalhando com três substratos para produção de mudas de alface (vermicomposto, convencional e orgânico), com e sem o uso de biofertilizante Agrobio a 8% em aplicações semanais, observaram diferenças positivas em relação aos tratamentos em que não foi usado o biofertilizante. Rocha et al. (2006) usando o mesmo biofertilizante a 5% na cultura do pimentão, observaram maior diâmetro longitudinal, aumento de volume dos frutos e maior eficiência de aproveitamento do fósforo pelo híbrido Magali R.

Roel et al. (2007) avaliando a eficiência de pulverizações de Supermagro na concentração de 1 e 3%, microrganismos eficazes (EM5 – produto comercial) a 0,1% , Microgeo a 3%, extrato pirolenhoso a 0,2% e uma testemunha (pulverização com água) nas cultivares de alface Verônica e Regina, não observaram diferença dos demais tratamentos em relação à testemunha.

Deleito et al. (2005) observaram tanto *in vitro* quanto *in vivo* que o biofertilizante Agrobio, quando aplicado em concentrações acima de 5% inibiu o crescimento da bactéria *Xanthomonas euvesicatoria* em laboratório, e da mancha bacteriana a campo em pimentão.

Collard et al. (2000), também analisando o efeito do biofertilizante Agrobio na concentração de 2% via pulverização foliar mensal, na cultura do maracujazeiro amarelo, verificaram que as pulverizações com biofertilizante proporcionaram maior altura da planta, diâmetro do caule, número de ramos, número de flores, número de frutos e, conseqüentemente, maior produção, em comparação com as plantas que receberam adubação de cobertura conforme praticado no sistema convencional.

O Agrobio é obtido da atividade de microrganismos, em sistema aberto (aerobicamente). Quando pronto apresenta as seguintes características: cor escura e odor característico de produto fermentado, pH na faixa de 5 a 6; 0,8% de carbono; e a cada litro de biofertilizante: 34,69 g de matéria orgânica; 631 mg de nitrogênio; 170 mg de

fósforo; 1,2 g de potássio; 1,59 g de cálcio; 480 mg de magnésio, além de traços de micronutrientes essenciais às plantas (FERNANDES et al., 2005).

2.5 PÓS-COLHEITA

Segundo Chitarra & Chitarra (1990) a pós-colheita se inicia no momento da separação do produto comestível de seu meio (colheita) por ato deliberado, com a intenção de utilizá-lo como alimento e termina quando esse produto é submetido ao processo de preparação para o consumo final.

2.5.1 Fatores pré-colheita

A qualidade do produto na pós-colheita sofre influência de fatores do campo, que agem até a colheita, denominados de pré-colheita. A cultura é um dos principais, sendo influenciada pela nutrição, manejo do solo, irrigações, cultivar, entre outros. Além da cultura, existem os fatores ambientais, como a temperatura, luz, vento, altitude, umidade relativa, precipitação e textura do solo, que influenciam de forma significativa (CHITARRA & CHITARRA, 1990). Serão aqui considerados apenas os fatores de maior relevância para esse trabalho, a influência dos biofertilizantes e da irrigação.

A nutrição equilibrada das plantas interfere na qualidade dos produtos. Dentre os nutrientes que mais interferem se destacam o nitrogênio, o fósforo, o potássio, o cálcio e o magnésio; e alguns micronutrientes como o boro e o zinco. Outros micronutrientes também podem se tornar importantes quando em excesso como o ferro e cloro levando a manchas necróticas e queima de bordo das folhas (CHITARRA & CHITARRA, 1990; MALAVOLTA et al., 1997). A deficiência de nutrientes pode afetar a qualidade e levar a distúrbios fisiológicos, como o *tipburn* na alface.

Altos níveis de nitrogênio fornecidos as plantas podem levar a frutos com casca mais espessa, menor teor de suco, frutos mais fibrosos e aumento na cor verde. Em alface tem se observado redução nos teores de açúcares solúveis com o fornecimento de altas doses de nitrogênio solúvel (YANO & HAYAMI, 1978; NILSSON, 1988; HARA, 1989; AMARANTE, 1991 apud SANTOS et al., 2001). O mesmo foi observado por Santos et al. (1994) com o aumento das doses de Composto orgânico, provavelmente proporcionado pelo aumento nos teores de nitrogênio solúvel. Para o fósforo o aumento

nos níveis aplicados pode levar ao aumento no teor de suco, induz a maturação precoce, aumenta a cor verde e diminui o teor de ácido ascórbico, a acidez total e o teor de sólidos solúveis no suco de frutas cítricas. Já o aumento de potássio, em geral ocasiona espessamento da casca aumento no tamanho dos frutos, reduz o enrugamento, aumenta o teor de fibra e a cor verde do fruto, retarda a maturação e reduz o teor de suco (CHITARRA & CHITARRA, 1990).

Além do efeito do equilíbrio nutricional, há relatos de que o tipo de fertilizante interfere na qualidade pós-colheita. Segundo Shuphan (1974) plantas fertilizadas organicamente apresentam colênquima mais espesso, aumentando a resistência à difusão de vapor d'água, reduzindo as perdas de massa pós-colheita.

A falta de umidade do solo pode afetar a planta como um todo, refletindo nas características de pós-colheita. Em alface, Bezzera Neto et al. (2005) observaram maiores concentrações dos teores de açúcares solúveis com o aumento da densidade de plantio de alface consorciada com cenoura em função da maior competição por água. Já Medeiros et al. (2000) observaram em melão, que o excesso de água aplicado na fase de crescimento dos frutos promoveu redução no teor de sólidos solúveis.

2.5.2 Sanitização

A segurança e a qualidade de produtos frescos como a alface dependem dentre outros fatores de sua flora microbológica inicial. Cuidados no manuseio, pré-higienização, processamento e acondicionamento devem ser observados para evitar que a contaminação ou aumento de suas populações venham a acontecer. As principais bactérias patogênicas de risco a saúde humana em produtos frescos são *Shigella*, *Salmonella* e *Listeria monocytogenes* (MAISTRO, 2001).

A sanitização do produto assim como das ferramentas e equipamentos utilizados, tem por objetivo impedir ou minimizar a transferência de microrganismos presentes na água para o produto, bem como, quando presente no produto, prevenir a transferência destes para as superfícies não contaminadas, através da destruição das membranas dos contaminantes (DAREZZO, 2004).

Existem várias formas de se realizar a sanitização, as mais comuns são a sanitização clorada ou com ácido acético (vinagre). Para a clorada tem sido sugerido uma disponibilidade de 50 a 200 ppm de cloro livre para a destruição de bactérias vegetativas e fungos, no entanto vários fabricantes de produtos alimentícios alegam que

essa dosagem provoca a descoloração e o desenvolvimento de odores desagradáveis no produto (HURST & SCHULLER, 1992). Há também controvérsia quanto a real ação desses produtos na redução da população microbiana a níveis seguros. Leitão et al. (1981) verificaram que a simples pré-lavagem da folhas com água corrente promoveu redução de 74% da microflora bacteriana. Observaram ainda que na comparação de vários produtos a base de cloro, iodo e vinagre, no tempo e concentração estudados, o vinagre na concentração de 2% foi o mais eficiente.

2.5.3 Armazenamento e conservação

O período de armazenamento e conservação de produtos frescos perecíveis, como a alface, sofre influência de vários fatores, sendo a temperatura considerada o principal. A temperatura ideal de armazenamento para a alface é de 0°C a 5°C e umidade relativa de 98 a 100% (CHITARRA & CHITARRA, 1990; FRANCIS et al., 1999). Já Wills et al. (1989) consideram temperatura ideal de 0 a 2°C e umidade relativa entre 95 a 98%. Condições que são bem diferentes das encontradas nas gôndolas de supermercados e que segundo Vangarde & Woodburn apud Darezzo (2004) em pelo menos 21% das gôndolas a temperatura é superior a 10°C.

O segundo fator que mais interfere é o controle da atmosfera, que pode ser feita pelo uso de filmes plásticos. A atmosfera controlada consiste na modificação dos gases no meio de armazenamento, com o objetivo de prolongar a vida pós-colheita dos produtos pela redução da concentração de O₂. O uso de filmes plásticos permite que a concentração de CO₂ proveniente do próprio produto aumente, e a concentração de O₂ diminua, à medida que o mesmo é gasto pela respiração. Nesse sistema as concentrações de CO₂ e O₂ não são controladas, variando com o tempo, a temperatura, tipo de filme usado e a taxa respiratória do produto (CHITARRA & CHITARRA, 1990).

A redução nas concentrações de O₂ busca a desaceleração da atividade respiratória, e por conseqüência a redução de todo o metabolismo. Já o aumento da concentração de CO₂ visa a limitação do escurecimento enzimático devido o efeito inibitório competitivo do gás sobre a polifenol oxidase, e a redução da síntese e da atividade do etileno e, em especial, o controle do crescimento microbiano (KADER (1992), SOLOMOS (1996) apud DAREZZO, 2004). Esses processos interferem diretamente na qualidade e na aparência visual dos produtos.

2.5.4 Atributos e índices de qualidade

Existe uma gama de atributos e índices para expressar a qualidade de um produto em relação à textura, valor nutritivo, segurança, aparência e grau de maturação (CHITARRA & CHITARRA, 1990). Dentre os mais utilizados estão a acidez titulável, sólidos solúveis, perda de massa e o aspecto visual do produto.

2.5.4.1 Acidez titulável

A acidez de um produto é expressa pelo teor de seu principal ácido orgânico, no caso de folhosas como a alface geralmente é expressa em percentagem de ácido cítrico. A acidez é determinada por titulação do suco com hidróxido de sódio (CHITARRA & CHITARRA, 1990).

Os ácidos orgânicos servem de substrato para a respiração, encontram-se dissolvidos nos vacúolos das células tanto na forma livre, como combinada com sais, ésteres, glicosídeos. Contribuem não só para a acidez, bem como para o aroma característico do produto, pois alguns componentes são voláteis. O teor de ácidos orgânicos tende a diminuir com o tempo, devido à sua oxidação no ciclo de Krebs, em decorrência do processo de respiração ou de sua conversão em açúcares, em função da maior demanda energética pelo aumento do metabolismo (CHITARRA & CHITARRA, 1990; LEMOS, 2006).

2.5.4.2 Sólidos solúveis

Expressam a quantidade de sólidos dissolvidos no suco das plantas, sendo comumente designados como °Brix, sendo determinados por refratômetro. Em sua composição 65 a 85% são açúcares, podendo ser usado como uma medida indireta desses (CHITARRA & CHITARRA, 1990). Durante o amadurecimento e armazenamento, os açúcares juntamente com os ácidos orgânicos compõem o sabor de frutos e hortaliças (LEMOS, 2006).

Durante o processo de amadurecimento de frutos e hortaliças, os teores de sólidos solúveis tendem a aumentar pela biossíntese, degradação de polissacarídeos das paredes celulares ou pela excessiva perda de água, levando a um maior acúmulo de açúcares (CHITARRA & CHITARRA, 1990; MATTO et al., 1995; LEMOS, 2006).

2.5.4.3 Perda de massa

O principal fator na perda de massa é a transpiração que está associada à respiração. A transpiração leva a perda de água devido à diferença de pressão de vapor d'água entre a atmosfera circundante e a superfície das folhas. Já a respiração leva a perda de massa pelo consumo de compostos orgânicos liberando CO₂ para atmosfera externa, através da permeabilidade dos filmes plásticos. Perdas de massa de 3 a 6% já provocam declínio na qualidade do produto (CHITARRA & CHITARRA, 1990; BHOWMIK & PAN (1992) apud LEMOS, 2006).

Uma das formas mais eficientes de se reduzir a perda de massa é a utilização de refrigeração associada à alta umidade relativa de estocagem, estabelecendo uma alta pressão de vapor no ambiente, visando à redução do déficit de pressão de vapor e, conseqüentemente, a perda de água do produto armazenado. A evaporação da água de superfície ocorre quando a temperatura do ambiente de estocagem é menor que a do produto, o qual apresenta maior pressão de vapor que o ambiente, gerando um elevado déficit de pressão de vapor e a necessidade do rápido resfriamento do produto antes do armazenamento, a fim de minimizar esse déficit e, por conseguinte, a perda de água do mesmo. A evaporação refere-se a um processo físico que requer energia, energia esta, proveniente do calor respiratório, portanto, quanto menor a temperatura de estocagem, menor a taxa respiratória do produto, por conseguinte, menor será a liberação do calor respiratório e a perda de água da superfície do produto para o ambiente (WILLS et al., 1989; LEMOS, 2006).

2.5.4.4 Aspectos visuais

A aparência do produto, abrangendo as características de tamanho, cor, forma e ausência de defeitos e/ou deteriorações, são os principais atributos de qualidade considerados pelo consumidor no momento da compra. Esses atributos determinam na maioria das vezes o valor de comercialização do produto (CHITARRA & CHITARRA, 1990; CHITARRA, 1998).

Os fatores pré-colheita, como adubação, irrigação, ataque de pragas e doenças interferem diretamente na aparência dos produtos, por isso a grande importância do adequado manejo das hortaliças no campo para se obter um produto de qualidade, não só no quesito de aparência, mas do seu valor nutricional, segurança, flavor e textura.

2.6 NITRATO

O nitrato está presente na maioria dos alimentos de forma natural ou adicionado como um conservante. Em plantas, além da ocorrência natural pode se acumular em quantidades mais expressivas pelo uso de fertilizantes (MAFF, 1999).

O nitrato se torna importante para saúde humana pela possibilidade de conversão a nitrito, através da ação de bactérias anaeróbicas facultativas na cavidade oral (McKNIGHT et al., 1999). Estima-se que 5% do nitrato ingerido é transformado em nitrito. O nitrato e o nitrito são absorvidos no trato gastrointestinal, sendo o nitrato rapidamente eliminado pela urina, enquanto o nitrito induz a formação da metaemoglobina, pela oxidação do Fe^{2+} da hemoglobina a Fe^{3+} , a qual não se liga reversivelmente ao oxigênio, como acontece com a hemoglobina. Conseqüentemente, ocorre redução no transporte de oxigênio dos alvéolos pulmonares para os tecidos (WALKER, 1996; JAFFÉ (1981) apud GUADAGNIN, 2004). Outro risco que o nitrito representa é sua habilidade de interagir endogenamente com aminas e amidas, formando derivados N-nitrosos, conhecidos como N-nitrosaminas, potentes carcinogênicos, além de apresentarem efeitos teratogênicos e mutagênicos (BARTSCH & MONTESANO (1984), REYES & SCANLAN (1984) apud TURAZI, 2005).

2.6.1 Acúmulo de nitrato em plantas

O acúmulo de nitrato nos tecidos vegetais ocorre quando existe um desequilíbrio entre a absorção e a assimilação desse íon. As quantidades excedentes são então estocadas nos vacúolos, para serem assimiladas posteriormente (ANDRIOLO, 1999). Teores excessivos de nitrato podem se acumular em alface em função principalmente, da alta disponibilidade desse nutriente para as plantas – adubação nitrogenada excessiva; de fatores ambientais, tais como radiação luminosa, temperatura e umidade relativa do ar; e da atividade da enzima nitrato redutase que é influenciada pela disponibilidade de molibdênio. Ainda, o sistema de cultivo, fatores genéticos, horário de colheita, estágio de maturação e parte da planta podem contribuir para aumento dos teores de nitrato (ANDRIOLO, 1999; GUADAGNIN, 2004; TURAZI, 2005; LUZ et al., 2008).

O acúmulo nos tecidos vegetais geralmente ocorre por algum tipo de estresse ambiental, afetando a atividade fotossintética da planta, principalmente pela baixa

intensidade de radiação luminosa associada à alta disponibilidade desse nutriente as plantas, levando a absorção em altas quantidades, chamado de consumo de luxo. A baixa radiação solar reduz a atividade da enzima nitrito redutase pela falta de energia para formação da NADH^+ . Rapidamente ocorre acúmulo de nitrito que ocasiona a inibição da atividade da enzima nitrato redutase, levando ao acúmulo de nitrato nos vacúolos das células (FAQUIM & ANDRADE, 2004; HUFTON et al., 1996).

O uso de fertilizantes de liberação lenta de nutrientes, como compostos orgânicos bem estabilizados favorece a redução do teor de nitrato foliar em alface. Ricci et al. (1995) relatam que a utilização de Composto orgânico diminui significativamente o teor de nitrato nas plantas em comparação com a adubação química. Rodrigues (1990) observou menor acúmulo de nitrato nas plantas de alface utilizando Composto orgânico na adubação, visto que a liberação do nitrogênio foi mais gradual. Já a adição de fontes de nitrogênio prontamente disponível, facilita a absorção e acúmulo desse nutriente nas plantas (TURAZI, 2005).

2.6.2 Limites máximos permitidos de nitrato em alface

No Brasil ainda não existe legislação que regulamenta as concentrações máximas de nitrato permitidas nos tecidos vegetais, sendo adotados os padrões europeus. Os limites máximos estabelecidos pela Comunidade Européia para alface fresca produzida em casa de vegetação no verão são de 3500 mg kg^{-1} e 4500 mg kg^{-1} no inverno. Para alface produzida a campo é de 2500 mg kg^{-1} (MAFF, 1999).

Com base em estudos recentes quanto à toxicologia da ingestão de nitrato e nitritos, o Comitê composto pela Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação (FAO) e pela Organização Mundial da Saúde (OMS), de Peritos em Aditivos Alimentares (JECFA), estabeleceu limites de ingestão diária aceitável (IDA) para o nitrito de $0-0,07 \text{ mg kg}^{-1}$ de peso corpóreo, expresso como íon nitrito. Já para o nitrato foi de $0-3,7 \text{ mg kg}^{-1}$ de peso corpóreo, expresso como íon nitrato. Esses estudos consideraram uma taxa conversão de nitrato para nitrito de 5% no corpo humano (WHO, 2003).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL

O experimento foi conduzido de fevereiro a maio de 2008 na área de pesquisa e produção orgânica de hortaliças da Embrapa Hortaliças, Brasília/DF. O local tem como coordenadas latitude Sul de 15°56'32", longitude Oeste 48°08'25" e altitude média de 1000 metros. O clima da região segundo a classificação de Köppen é o tropical de savana (Aw) (SEBRAE-DF, 2004). O solo da área é classificado como Latossolo Vermelho amarelo eutrófico de textura média (32% de argila) (EMBRAPA, 1999). O sistema orgânico estabelecido na área de pesquisa de produção orgânica da Embrapa Hortaliças segue o regulamento técnico para os sistemas orgânicos de produção vegetal regido pela Instrução Normativa nº 64 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (BRASIL, 2008).

O experimento foi conduzido em casa de vegetação tipo arco com dimensões de 50 m de comprimento e 7 m de largura, 3,0 m de pé direito e 4,2 m de altura total, com pilares de madeira e estrutura metálica. A casa apresentava-se revestida lateralmente com tela de sombreamento de 30% e cobertura de filme plástico de polietileno de 150 µm na orientação leste-oeste. Foram cultivadas na casa de vegetação antes da instalação do experimento plantas para adubação verde (crotalária e sorgo).

Foram construídos quatro canteiros de 1,1 x 42 m, deixando-se uma borda de 0,7 m da lateral da casa de vegetação. Após foi instalado o sistema de irrigação com fita gotejadora com vazão de 1 L h⁻¹, sendo três fitas por canteiro (Figura 2, em anexo). Nas bordas internas da casa de vegetação foi cultivado coentro, para confundimento de pragas, atrativos de inimigos naturais (florescimento) e diversificação do sistema de produção. Nas bordas externas foram plantadas duas fileiras de milho como barreira física.

3.2 DELINEAMENTO ESTATÍSTICO

O delineamento estatístico utilizado foi em blocos ao acaso em esquema fatorial 4 x 4 com parcelas dispostas em faixas, com cinco repetições. Foram avaliados quatro

cultivares e quatro biofertilizantes. As cultivares utilizadas foram do tipo americana (OGR 326, Gloriosa, Tainá e Laurel). Os biofertilizantes avaliados foram: Agrobio, Biofertilizante Embrapa Hortaliças (Bioembrapa), Extrato de Composto Orgânico e Testemunha (somente água via irrigação e duas adubações com 250 g m^{-2} de composto orgânico em cobertura). As cultivares foram alocadas de forma aleatória nas subparcelas e os biofertilizantes nas parcelas. Assim, foram compostos 16 tratamentos através da combinação dos fatores.

O experimento foi conduzido em canteiros e os blocos foram distribuídos de forma transversal a estes (Figura 3, em anexo). Cada bloco foi composto por quatro parcelas de $1,1 \times 8,0 \text{ m}$, e cada parcela foi subdividida em quatro subparcelas de $1,1 \times 2,0 \text{ m}$, contendo três linhas de alface espaçadas de $0,33 \times 0,33 \text{ m}$, totalizando 18 plantas por subparcela. Como parcela útil foram utilizadas oito plantas centrais, evitando plantas das bordas entre uma subparcela e outra.

Para as avaliações pós-colheita, durante o armazenamento, mantiveram-se os mesmos tratamentos de campo, porém foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial, realizando três medições por repetição (triplicata).

3.3 PRODUÇÃO DE MUDAS E MANEJO DO EXPERIMENTO

As mudas foram produzidas em casa de vegetação em bandejas de poliestireno expandido de 72 células, sobre bancadas construídas com madeira e arame liso. O transplântio foi feito quando as mudas atingiram de 4 a 5 folhas, aos 21 dias após a semeadura. Para o enchimento das bandejas foi utilizado um substrato com a seguinte composição: 1 L de substrato comercial (Plantmax HT[®]), 0,5 L de vermiculita fina, 0,5 L de húmus de minhoca peneirado e 0,5 L de composto orgânico triturado. O composto orgânico utilizado foi elaborado com a mistura de 15 carrinhos de mão de capim braquiária roçado, 30 carrinhos de capim napier, 20 carrinhos de cama de matriz de aviário e 14 kg de termofosfato, estabilizado em 90 dias de compostagem. O fornecimento de água às mudas foi feito via irrigação por microaspersão sempre que necessário. Além disso, após a emergência das plântulas, foram realizadas duas adubações em cobertura com húmus de minhoca, a primeira aos 11 dias da semeadura e a segunda aos 18 dias.

O preparo do solo foi realizado vinte dias antes do transplântio com enxada rotativa e em seguida construídos os canteiros com auxílio de um roto encanteirador. No mesmo dia foram coletadas amostras de solo para realização de análises químicas. Para a coleta os canteiros foram divididos em três partes, sendo coletada uma amostra composta em cada parte. Na semana anterior ao transplântio foi realizada adubação de base com $0,5 \text{ kg m}^{-2}$ de Composto orgânico em toda área, com base nos resultados da análise de solo.

As irrigações foram diárias, iniciando-se com uma lâmina de 3,48 mm a um máximo de 7,34 mm no período de maior demanda pela cultura, feita de forma variável em função das condições climáticas e necessidade das plantas. A água utilizada na irrigação foi avaliada no laboratório de análises de água da Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal (CAESB). Foram feitas duas amostras, uma no córrego de origem da água e outra no reservatório de irrigação.

A partir do quarto dia do transplântio deram-se início as fertirrigações, sendo realizadas três vezes por semana (segunda, quarta e sexta-feira), até três dias antes da colheita. A injeção do biofertilizante na água de irrigação foi feita com auxílio de uma moto-bomba, pouco antes de um filtro de anel para evitar entupimento dos gotejadores. Antes de iniciar a injeção o sistema era pressurizado com a moto-bomba principal por aproximadamente cinco minutos. Ao final mantinha-se por mesmo tempo a moto-bomba principal ligada para limpeza do sistema, apenas com água. Na operacionalização do sistema de fertirrigação foram observados vários pontos críticos que devem ser melhorados, como o freqüente entupimento dos filtros e fitas gotejadoras. O processo de filtragem dos biofertilizantes anterior a injeção no sistema de irrigação foi bastante trabalhoso.

O cálculo da quantidade de biofertilizante a ser aplicado foi baseado na necessidade de nitrogênio para a cultura da alface conforme Carrijo et al. (2004), que recomendam 150 kg ha^{-1} , tomando como base o teor de nitrogênio do biofertilizante Agrobio (631 mg L^{-1}) relatado por Fernandes et al. (2005). O parcelamento da fertirrigação foi feito conforme a marcha de absorção do nitrogênio estabelecido por Bar-Yosef (1999) adaptado por Carrijo et al. (2004) para a cultura da alface. Sendo fracionada a quantidade total de nitrogênio exigida pela cultura, da seguinte forma: 1ª semana 0,14% ao dia, 2ª semana 0,41% ao dia, 3ª a 5ª semana 2,85% ao dia, 6ª a 8ª semana 1,73% ao dia.

Na testemunha, aos 19 e 32 dias após o transplântio foi realizada adubação de cobertura com 250 g m⁻² de composto orgânico em cada aplicação, com base na análise de solo, totalizando 1 kg m⁻² (adubação de base + cobertura). A composição química do composto orgânico utilizado encontra-se na Tabela 3.

Tabela 3- Teores totais de macro e micronutrientes no composto orgânico utilizado na adubação sólida e no preparo do extrato de composto. Brasília, Embrapa Hortaliças, 2008

N	K	P	Ca	Mg	S	Cu	Zn	Fe	Mn	B
-----g kg ⁻¹ -----					-----mg kg ⁻¹ -----					
14,9	16,6	17,5	63,2	10,2	6,9	240,0	295,0	28.032,0	700,2	59,8

Fonte: Base de dados Embrapa Hortaliças – média de vários anos de análise.

Durante a condução do experimento, não se verificou a ocorrência de pragas e doenças, exceto no final do ciclo em que surgiu pequeno ataque de *Cercospora longissima* nas folhas mais velhas (Figura 4, em anexo). A capina foi realizada no leito dos canteiros, seguindo os princípios do manejo ecológico, evitando a retirada das plantas espontâneas do espaço entre os canteiros. Observou-se que as vaquinhas foram muito atraídas para o mato que permaneceu entre os canteiros, diminuindo a pressão na cultura.

Aos 32 dias após o transplântio, quando as alfaces apresentavam-se em formação de cabeça, foi coletada uma folha recém-madura por planta para avaliação do estado nutricional. Em seguida, as folhas foram lavadas com água de torneira e com água destilada. Após escorrer o excesso de água, as folhas foram acondicionadas em sacos de papel identificados e levados à estufa a 60°C até atingirem massa constante, aproximadamente 72 horas. Após a secagem, as folhas foram moídas em moinho de aço inoxidável, passando por peneira de 1 mm e acondicionadas em frascos de acrílico.

Para quantificação de nitrogênio foi feita extração em digestão ácida a quente com ácido sulfúrico e peróxido de oxigênio. A determinação foi feita em destilador semi-micro-Kjeldahl seguido de titulação em ácido sulfúrico e conversão dos valores obtidos para nitrogênio total, conforme Malavolta et al. (1997). Para o cloro foi feita extração com ácido nítrico e agitação por 15 minutos conforme boletim técnico número 31 da Universidade Federal de Lavras (SILVA et al., 2008) e determinação em cloridrômetro digital da marca Labconco de acordo com Embrapa (1979). Para os demais macro e micronutrientes (P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn, Zn) foi feita extração

por digestão nítrico-perclórica, conforme Malavolta et al. (1997) e determinação em espectrômetro de emissão atômica com plasma de argônio da marca Thermo Jarrell Ash.

A colheita foi realizada quando as plantas apresentavam cabeças bem formadas e compactas (Figura 5, em anexo). Foram avaliados massa média da cabeça inteira e comercial, circunferência de cabeça, comprimento de caule, número de folhas, massa seca, teor de sólidos solúveis totais, acidez titulável, perda de massa e aspecto visual das cabeças.

3.5 ELABORAÇÃO DOS BIOFERTILIZANTES

As receitas de formulação dos biofertilizantes iniciaram de forma empírica e mais tarde foram sendo modificadas e dadas novas denominações, como o Agrobio, que teve como base a formulação do Supermagro, sendo alterada e criada a formulação do Agrobio pela PESAGRO/RJ. O biofertilizante Bioembrapa teve como base o composto sólido Bioembrapa ou composto de farelos.

A elaboração dos biofertilizantes iniciou-se com o preparo do Agrobio, ficando pronto após 56 dias de fermentação aeróbica. Em seguida foi preparado o biofertilizante Bioembrapa, estando pronto após 10 dias de fermentação aeróbica. O Extrato de Composto foi preparado sempre no dia anterior às fertirrigações.

3.5.1 Biofertilizante Agrobio

Foi utilizada uma caixa de fibrocimento com capacidade de 1000 L. Para fazer essa quantidade de biofertilizante foram necessários 400 L de água, 200 L de esterco fresco de bovinos, 40 L de leite de vaca e 6 kg de açúcar mascavo. Esses ingredientes foram misturados e fermentados aerobicamente por uma semana. Nas sete semanas seguintes foram acrescentados os seguintes produtos, previamente dissolvidos em água: 860 g de bórax, 1140 g de cinza de lenha, 1700 g de cloreto de cálcio, 86 g de sulfato ferroso, 120 g de farinha de osso, 120 g de farinha de carne, 286 g de termofosfato silicatado, 3 kg de açúcar mascavo, 60 g de molibdato de sódio, 60 g de sulfato de cobalto, 86 g de sulfato de cobre, 172 g de sulfato de manganês, 286 g de sulfato de magnésio, 114 g de sulfato de zinco, 135 g de torta de mamona e 60 gotas de solução de

iodo a 1%. Nas quatro semanas finais foram acrescentados 1 L de urina de vaca a cada semana. Ao final da oitava semana foi completado o volume para 1000 L com água não clorada.

Durante o processo de produção e utilização do biofertilizante foi injetado ar por meio de mangueiras com pequenas perfurações conectadas a um compressor acionado por um timer programado para injeção de 15 minutos a intervalos de 45 minutos.

3.5.2 Biofertilizante Bioembrapa

Também foi utilizada uma caixa de fibrocimento com capacidade de 1000 L. Para fazer essa quantidade foram utilizados 10 L de inoculante Shigeo Doi, 11,1 kg de farinha de sangue, 44,4 kg de farelo de arroz, 11,1 kg de farelo de mamona, 22,2 kg de farinha de osso, 11,1 kg de resíduo de sementes diversas trituradas, 11,1 kg de cinza de madeira de goiabeira orgânica, 5,55 kg açúcar mascavo, 5,55 kg de fécula de mandioca e 888,5 L de água não clorada. Esses materiais foram misturados com auxílio de uma espátula de madeira na medida em que se adicionava a água. Durante a produção e utilização desse biofertilizante foi fornecido ar da mesma maneira que para o Agrobio.

O inoculante Shigeo Doi foi produzido com 8 kg de rapadura, 4 L de vinhoto, 5 kg de açúcar cristal, 0,5 kg de amido de mandioca, 20 L de serrapilheira triturada e misturada com camada superficial do solo de mata e, completado-se com água não clorada para 200 L em recipiente plástico, acondicionado em ambiente de baixa luminosidade. Assim como nos biofertilizantes foi injetado ar no interior da solução. Após 10 dias de fermentação o inoculante estava pronto.

3.5.3 Extrato de Composto

Foi utilizado um recipiente de plástico de 200 L, sendo adicionado composto orgânico e água, proporção de 1:1, tendo como base o volume de cada material. A preparação sempre foi feita no final do dia anterior as fertirrigações, e filtragem na manhã seguinte. O Extrato de Composto apresenta grande facilidade de elaboração a partir do composto orgânico, permitindo a sua obtenção de forma prática durante todo o ciclo das culturas.

3.6 CARACTERIZAÇÃO FÍSICA, QUÍMICA, FÍSICO-QUÍMICA E BIOLÓGICA DOS BIOFERTILIZANTES

Assim que os biofertilizantes ficaram prontos, foram coletadas amostras que foram enviadas para o Laboratório de Análises de Solo e Planta do Instituto Agrônomo em Campinas – SP, para realização de análise de macro e micronutrientes. Da mesma forma, foram enviadas amostras para o Laboratório de Nutrição Vegetal da Embrapa Hortaliças para determinação da condutividade elétrica, pH e densidade. Também foram coletadas amostras para análises biológicas dos biofertilizantes enviadas ao laboratório da Empresa Sabinbiotec Biotecnologia Ltda., localizado em Taguatinga – DF e para o Laboratório de Microbiologia do Solo do Instituto Agrônomo de Campinas.

As análises de macro e micronutrientes foram realizadas segundo o método EPA 3015 (método de digestão em forno de microondas e determinação por espectrometria de emissão óptica em plasma de argônio (ICP-OES)). A condutividade e o pH foram determinados através de um condutivímetro analógico da marca Takemura, modelo CM-53, com escala de leitura 0 a 20 mS cm⁻¹ e um medidor de pH digital da marca TOA, modelo HM 14P, com precisão de 0,1. Para determinação da densidade usou-se uma pipeta volumétrica de 10 ml e uma placa de Petri, pesando-se o volume de 10 ml em uma balança da marca Mettler Toledo, modelo PG503-S, com precisão de 0,001 g. Todas as medidas foram repetidas quatro vezes, calculando-se a média ao final.

3.7 CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS AVALIADAS

3.7.1 Massa média de cabeça inteira e comercial

Para determinação dessas características as plantas foram cortadas rente ao solo e pesadas em balança com sensibilidade de 10 g. Após foram retiradas as folhas externas e pesadas novamente para se obter a massa média de cabeça comercial.

3.7.2 Circunferência de cabeça, comprimento de caule, número de folhas e massa seca

Para avaliação dessas características após a retirada das folhas velhas externas, mediu-se a circunferência da cabeça com uma fita métrica. Após destacar as folhas, realizou-se a contagem das mesmas e mediu-se o comprimento do caule. As folhas e caules destacados foram acondicionados em bandejas teladas, forradas com papel e mantidas em câmara de pré-secagem com temperatura entorno de 32°C. Após três dias de permanência na câmara de pré-secagem o material foi transferido para estufa de secagem a uma temperatura de 60°C até atingir massa constante.

3.8 AVALIAÇÕES PÓS-COLHEITA

Para essas avaliações foram colhidas três plantas em cada subparcela, descartando as que apresentavam podridão e retirando as folhas externas. Posteriormente foram lavadas em água corrente tratada e sanitizadas em recipientes contendo solução de dicloro isocianurato de sódio dihidratado com 3% de cloro ativo (Sumaveg[®]) a 50 mg L⁻¹ por cinco minutos. Após escorrer o excesso de água foram embaladas em bandejas de isopor de 25 x 25 x 5 cm e embaladas com filme plástico de policloreto de vinila de 10 µm. Em seguida foram armazenadas em câmara fria, com temperatura de 15 ± 1°C, similar às temperaturas de gôndolas e umidade relativa ao redor de 80%. Para determinação do período máximo de armazenamento fez-se monitoramento diário do aspecto visual de qualidade e da evolução das injúrias até atingir um nível mínimo de qualidade aceitável para comercialização. O período máximo atingido foi de oito dias.

3.8.1 Teor de sólidos solúveis totais

O teor de sólidos solúveis totais foi determinado conforme metodologia descrita por Moretti (2006), utilizando-se um refratômetro da marca Atago, modelo PR-100, sendo as leituras expressas em °Brix. Para a leitura foram utilizadas três fatias centrais de 5 cm de largura, uma de cada cabeça, sendo picadas e homogeneizadas. Com auxílio de um espremedor de alho foi extraído o suco e colocado no prisma do refratômetro

para leitura direta. Foram feitas duas determinações, uma na colheita e outra após o período de armazenamento na câmara fria.

3.8.2 Acidez titulável

A acidez foi determinada conforme Moretti (2006), com adaptações. Retirou-se 10 g de tecido da porção central das cabeças de alface e, foram acrescentados 50 mL de água destilada. Na seqüência, o material foi homogeneizado em um triturador industrial, da marca Polytron, e feita a titulação em titulador automático da marca Metrohm, modelo 655 Dosimat, com precisão de 0,01 mL, usando uma solução de hidróxido de sódio (NaOH) 0,1 N até a solução atingir pH 8,2 medido com um medidor de pH portátil da marca Gehaka, modelo PG1400, calibrado em solução tampão de pH 4,0 e 7,0 antes do início das leituras.

3.8.3 Perda de massa fresca

A perda de massa fresca foi determinada, em gramas, com uma balança da marca Marte, modelo A5000, com precisão de 0,05 g. Utilizou-se a média de três bandejas (1 cabeça/bandeja) para cada tratamento. Os resultados foram expressos em porcentagem (gramas/100 gramas de alface) calculada de acordo com a equação abaixo (MARIN, 2006; LEMOS, 2006):

$$PM(\%) = \left(\frac{mi - mf}{mi} \right) \times 100$$

Onde:

$PM(\%)$ = perda de massa (g/100g);

mi = massa da alface no início do armazenamento (g);

mf = massa da alface no final do armazenamento (g).

3.8.4 Aspecto visual da aparência das alfaces

O aspecto visual da aparência das alfaces foi avaliado por meio de uma escala de notas de 1 a 4, em que as cabeças extremamente deterioradas receberam nota 1; cabeças moderadamente deterioradas 2; cabeças levemente deterioradas 3 e cabeças sem

deterioração 4. Essa avaliação foi feita ao término do período de armazenamento (Figura 6, em anexo).

3.9 TEOR DE NITRATO FOLIAR

Para determinação dos teores de nitrato foliar na colheita foi coletado uma folha por planta seguindo os mesmos passos de preparo das amostras para análise de macro e micronutrientes. O nitrato foliar foi quantificado segundo o procedimento descrito por Brenner & Keeney (1965) com adaptação para tecido vegetal feita por Mantovani et al. (2005).

Para extração foi utilizado 0,2 g de matéria seca de cada amostra e 20 mL de água deionizada, acondicionadas em frasco de vidro de capacidade de 50 mL em banho-maria, sendo submetidas por 1 hora a temperatura de 60°C e circulação forçada da água. As amostras foram agitadas no início, aos 30 minutos e, ao final do banho-maria. Após a extração, tomou-se 5 mL de extrato e 0,4 g de liga de Devarda em microtubo de vidro de 50 mL para que todo o nitrato fosse liberado e convertido a amônio em uma única destilação, sendo realizada em destilador semi-micro-Kjedhal. Em seguida, foi feita a titulação com solução padronizada de ácido sulfúrico 0,00263 mol L⁻¹ para quantificação do nitrogênio na forma de amônio presente no destilado. Os resultados obtidos foram convertidos para nitrato com auxílio de uma curva de calibração preparada a partir de alíquotas de soluções-padrão de nitrato de sódio, nas concentrações de 0, 10, 25, 50, 100, 200, 300 e 1000 mg L⁻¹ de nitrato. Considerou-se desprezível a concentração de nitrito nas amostras, por isso os teores de nitrito e nitrato foram expressos como nitrato.

3.10 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias quando significativas foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Para análise foi usado o software Sisvar, versão 5.0, desenvolvido na Universidade Federal de Lavras, conforme Ferreira (2000).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁGUA DE IRRIGAÇÃO

As características da água utilizada na irrigação encontram-se dentro das faixas consideradas adequadas ou abaixo dos níveis críticos para hortaliças (Tabela 4) conforme Trani & Carrijo (2004), com exceção do ferro que se encontrou acima do limite adequado no córrego. No reservatório provavelmente ocorreu precipitação do ferro. A grande quantidade de matéria orgânica em suspensão na água de irrigação ocasionou entupimentos freqüentes nos filtros do cabeçal de controle do sistema de fertirrigação, causados por sujidades orgânicas.

Tabela 4 - Parâmetros analisados na água utilizada na irrigação do experimento e as faixas de valores máximos ou níveis críticos para hortaliças. Brasília, Embrapa Hortaliças, 2008

Parâmetros	Reservatório	Córrego	Valores máximos ¹
pH	7,5	6,7	7,0 – 7,5
C.E. (dS m ⁻¹)	0,0621	0,0428	0,5 – 1,2
RAS ²	0,12	0,08	3-6
Ca (mg L ⁻¹)	7,8	7,5	80 – 110
Mg (mg L ⁻¹)	6,1	5,1	50 – 110
Fe total (mg L ⁻¹)	0,598	2,240	0,2 - 1,5
P total (mg L ⁻¹)	0,048	0,032	30
N total (mg L ⁻¹)	0,551	0,977	5 - 20
Sulfato (mg L ⁻¹)	3,2	4,0	100 - 250
Sulfeto (mg L ⁻¹)	<0,5	<0,5	0,2 - 2,0
Mn (mg L ⁻¹)	0,036	0,114	0,2 - 2,0
K (mg L ⁻¹)	1,78	1,15	5 - 100
Na (mg L ⁻¹)	1,86	1,16	50 - 70
Zn (mg L ⁻¹)	0,016	0,013	1,0 - 5,0
Coliformes fecais ³	Ausência	209,8	1.000
Coliformes totais ³	> 24196	> 24196	5.000

¹Fonte: citados por Trani & Carrijo (2004). ²Razão de Adsorção de Sódio. ³Coliformes em NMP (Número Mais Provável) em 100 mL de água. Análises realizadas pelo laboratório de análises de água da Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal.

4.2 CARACTERIZAÇÃO DOS BIOFERTILIZANTES

Os teores de nutrientes encontrados no biofertilizante Agrobio neste trabalho (Tabela 5), de forma geral, são próximos aos encontrados na literatura. Fernandes et al. (2005) relatam para o Agrobio 0,631 g L⁻¹; 170; 1200; 1590 e 480 mg L⁻¹, respectivamente, para o nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio, enquanto que nesse trabalho foram encontrados 0,404 g L⁻¹; 78; 1405,1; 2174 e 561,5 mg L⁻¹ para os mesmos nutrientes. Essas variações provavelmente ocorreram em função das diferenças nos materiais utilizados na produção do biofertilizante.

Comparando os três biofertilizantes utilizados, observou-se que o Bioembrapa apresentou maiores teores de nitrogênio, fósforo e potássio que o Agrobio, porém para os demais nutrientes todos os valores foram menores (Tabela 5). O Extrato de Composto apresentou o menor teor de nitrogênio (0,199 g L⁻¹) entre os três biofertilizantes analisados. Também teve os menores teores de cálcio e magnésio, 72,5 e 57,6 mg L⁻¹, respectivamente, e de forma geral apresentou as menores concentrações de micronutrientes. Porém, apresentou o maior teor de potássio (3065,8 mg L⁻¹). Isso provavelmente se deve às quantidades relativamente altas de potássio presentes na cama de matriz de aviário e da liberação de potássio dos capins usados na produção do Composto orgânico.

Os teores de micronutrientes foram maiores no Agrobio que nos biofertilizantes Bioembrapa e Extrato de Composto, destacando-se o boro com 702 mg L⁻¹ e o manganês com 227 mg L⁻¹.

Tabela 5- Teores totais de macro e micronutrientes dos biofertilizantes Agrobio, Bioembrapa e Extrato de Composto. Brasília, Embrapa Hortaliças, 2008

Biofert.	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	g L ⁻¹	-----mg L ⁻¹ -----									
Agrobio	0,404	78	1405,1	2174	561,5	419,5	702	47,7	57,3	227	91
Bioembrapa	1,482	170,5	1861,4	984,5	495,6	82,3	89,2	0,6	12,5	9	1,4
Ext. C.¹	0,199	108,1	3065,8	72,5	57,6	164,6	8,9	1,6	6	1,1	1,8

¹Extrato de Composto. Análises realizadas pelo Instituto Agronômico de Campinas.

O teor de carbono (Tabela 6) encontrado no Agrobio (0,8%) foi o mesmo observado por Fernandes et al. (2005). No biofertilizante Bioembrapa foi encontrado valor próximo ao Agrobio 0,9%. Para o Extrato foi menor (0,2%). A condutividade

elétrica foi maior no Agrobio e Bioembrapa, 9,5 e 5,9 mS cm⁻¹, respectivamente. O alto valor de condutividade elétrica encontrado no Agrobio deve-se a adição de adubos minerais durante o processo de produção. Para o pH o maior valor foi observado no Extrato de Composto 7,9, valor considerado alto para biofertilizantes, que geralmente apresentam valores de pH entre 5,0 e 6,0. Isso se deve provavelmente ao efeito alcalinizante do termofosfato magnésiano (Yoorin[®]) adicionado no Composto orgânico.

Os teores de cádmio, chumbo, cromo, mercúrio e níquel ficaram bem abaixo dos limites fixados pela Portaria nº 49 de 2005 (BRASIL, 2005) para fertilizantes orgânicos, que estabelecem como limite para esses metais 3, 150, 200, 1 e 70 mg kg⁻¹ de matéria seca, respectivamente.

Tabela 6- Características físicas, químicas, físico-químicas e contaminantes químicos dos biofertilizantes Agrobio, Bioembrapa e Extrato de Composto. Brasília, Embrapa Hortaliças, 2008

Biofert.	CO^{1*}	C/N²	D³	CE⁴	pH	Cd[*]	Pb[*]	Cr[*]	Hg[*]	Ni[*]
	%		g L ⁻¹	mS cm ⁻¹		-----mg L ⁻¹ -----				
Agrobio	0,8	20	1011	9,5	5,8	0,01	0,1	0,4	0,1	0,8
Bioembra.⁵	0,9	6	988	5,9	5,2	<0,01	<0,01	0,3	<0,01	0,2
Ext. C.⁶	0,2	10	997	1,9	7,9	<0,01	0,04	<0,01	<0,01	0,1

¹Carbono Orgânico. ²Relação Carbono/Nitrogênio. ³Densidade. ⁴Condutividade Elétrica em mS.cm⁻¹. ⁵Bioembrapa. ⁶Extrato de Composto. * Análises realizadas pelo Instituto Agrônomo de Campinas.

Com relação aos contaminantes biológicos (Tabela 7), os limites máximos permitidos pela Portaria nº 49 de 2005 (BRASIL, 2005) para fertilizantes são de 1000 (número mais provável por grama de sólidos totais) para coliformes fecais (*Escherichia coli*), 3 (número mais provável por grama de sólidos totais) para *Salmonella* sp. e 0,25 (número por grama de sólidos totais) para ovos viáveis de helmintos.

Os valores encontrados (Tabela 7) estão abaixo dos limites máximos estabelecidos, com exceção para o Extrato de Composto, com relação à *Escherichia coli* que apresentou 3,6 x 10³ UFC mL⁻¹, valor aproximadamente 3,6 vezes acima do limite máximo. Essas bactérias devem ser provenientes da cama de aviário, entretanto a compostagem realizada adequadamente reduz a população a níveis aceitáveis. Essa alta população sugere composto não estabilizado (incompleto) ou recontaminação. Em

relação aos bolores, leveduras e microrganismos mesófilos aeróbios estritos e facultativos viáveis observou-se menor número no Agrobio, provavelmente devido à alta condutividade elétrica que inibiu a atividade biológica. No Bioembrapa verificou-se maior número de bolores e leveduras e grande número de microrganismos mesófilos aeróbios estritos e facultativos viáveis, provavelmente provenientes da terra de mata utilizada no preparo do inoculante Shigeo Doi adicionado no biofertilizante.

Tabela 7- Análise de agentes e contaminantes biológicos nos biofertilizantes Agrobio, Bioembrapa e Extrato de Composto. Brasília, Embrapa Hortaliças, 2008

Agentes e Contaminantes Biológicos	Biofertilizantes		
	Bioembrapa	Agrobio	Ext. C. ³
Bolores e leveduras ¹	3,7 x 10 ^{5**}	< 1,0 x 10 ⁰	1,4 x 10 ⁴
Microrganismos mesófilos aeróbios estritos e facultativos viáveis ¹	4,0 x 10 ⁴	5,9 x 10 ²	2,2 x 10 ⁶
<i>Escherichia coli</i> ¹	< 1,0 x 10 ⁰	< 1,0 x 10 ⁰	3,6 x 10 ³
<i>Salmonella</i> sp. ¹	Ausente*	Ausente	Ausente
Ovos viáveis de helmintos (nº g de ST ⁻¹) ²	0	0	0,0075

*Ausente em 25 mL. **UFC mL⁻¹. ¹Análises realizadas no laboratório da Empresa Sabinbiotec Biotecnologia Ltda. ²Análise realizadas pelo laboratório de Microbiologia do Solo do Instituto Agrônômico de Campinas (número por grama de sólidos totais). ³Extrato de Composto.

4.3 CARACTERÍSTICAS DO SOLO

Em geral, os teores de nutrientes do solo aumentaram com a aplicação dos biofertilizantes, exceto para o potássio e enxofre que diminuíram (Tabela 8). Já para matéria orgânica não houve diferenças significativas durante o período. Com relação ao potássio apenas houve diferença significativa para o solo que recebeu o Agrobio, havendo redução no teor. Isso provavelmente ocorreu porque o Agrobio foi o biofertilizante que menos adicionou potássio ao solo, 256,0 kg ha⁻¹ enquanto o Bioembrapa adicionou 331,4 kg ha⁻¹ e o Extrato de Composto 550,8 kg ha⁻¹ (Tabela 9). Além disso, os teores de potássio no solo antes da adubação de base e da aplicação dos biofertilizantes já se encontravam elevados, conforme podemos perceber pelos valores da análise (Tabela 8). Assim, é possível que a água de irrigação tenha favorecido a lixiviação de parte do potássio para a camada subsuperficial do solo.

Tabela 8- Características químicas do solo antes do plantio e após a colheita da alface fertirrigada com biofertilizantes. Brasília, Embrapa Hortaliças, 2008

Variáveis	Tempo ¹	Testemunha	Bioembra. ²	Agrobio	Ext. C. ³
MO (g dm ⁻³) ⁴	Antes	35,4 A a	38,8 A a	37,9 A a	39,6 A a
	Após	36,2 A a	36,3 A a	38,0 A a	33,7 A a
P (mg dm ⁻³)	Antes	39,6 A a	50,7 A b	39,7 A b	43,3 A a
	Após	56,5 A a	94,8 A a	79,9 A a	62,6 A a
K (mg dm ⁻³)	Antes	460,0 A a	500,0 A a	553,3 A a	460,0 A a
	Após	413,3 AB a	393,3 AB a	326,6 B b	480,0 A a
Ca (cmol _c dm ⁻³)	Antes	10,1 A b	9,4 A a	9,8 A a	10,3 A a
	Após	11,2 A a	10,1 AB a	9,8 B a	10,1 AB a
S (mg dm ⁻³)	Antes	23,7 A a	14,9 A a	15,5 A a	15,5 A a
	Após	3,5 A b	1,5 A b	1,5 A b	2,5 A b
Mg (cmol _c dm ⁻³)	Antes	2,3 A b	2,4 A a	2,3 A b	2,3 A b
	Após	3,4 AB a	2,9 B a	4,3 A a	4,0 AB a
Na (mg dm ⁻³)	Antes	14,0 A b	14,3 A b	14,3 A b	14,0 A b
	Após	17,3 A a	17,3 A a	17,0 A a	17,3 A a
Al (cmol _c dm ⁻³)	Antes	0,0 A a	0,0 A a	0,0 A a	0,0 A a
	Após	0,0 A a	0,0 A a	0,0 A a	0,0 A a
H + Al (cmol _c dm ⁻³)	Antes	2,1 B b	3,1 A a	2,6 AB b	2,2 B a
	Após	2,8 AB a	3,1 A a	3,2 A a	2,5 B a
CTC _t (cmol _c dm ⁻³)	Antes	13,7 A b	13,2 A a	13,6 A b	13,9 A b
	Após	15,8 A a	14,1 A a	15,1 A a	15,4 A a
CTC _T (cmol _c dm ⁻³)	Antes	15,9 A b	16,4 A a	16,3 A b	16,1 A b
	Após	18,6 A a	17,2 A a	18,3 A a	17,9 A a
V%	Antes	86,4 A a	80,6 B a	83,6 AB a	86,0 A a
	Após	84,7 AB a	82,0 B a	82,5 AB a	85,9 A a
B (mg dm ⁻³)	Antes	0,9 A a	0,7 A b	0,8 A b	1,0 A a
	Após	0,6 C a	1,5 B a	2,3 A a	1,5 B a
pH (em água 1:2,5)	Antes	6,3 A b	6,0 B b	6,2 AB b	6,3 A b
	Após	6,8 A a	6,5 B a	6,5 AB a	6,7 A a
CE (dS m ⁻¹) ⁵	Após	0,13 AB	0,18 A	0,17 AB	0,12 B

¹Antes: valores obtidos antes do plantio das alfaces; Após: valores obtidos após a colheita. ²Bioembra. ³Extrato de Composto. ⁴Matéria Orgânica. ⁵Condutividade Elétrica (em água 1:2,5). Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

O mesmo, provavelmente ocorreu com o enxofre, sendo levado para camadas subsuperficiais do solo devido ao aumento do pH e dos teores de fósforo (Tabela 8), levando a liberação de sulfatos adsorvidos e dando lugar aos fosfatos que são preferencialmente adsorvidos. Assim, o sulfato livre (em solução) provavelmente foi carregado com a água para camadas subsuperficiais. Em solos cultivados, há uma tendência de o sulfato ficar retido nas camadas mais profundas do solo, devido à presença de cargas positivas e menores teores de ânions como o fosfato, que ocupam

preferencialmente as posições de troca (RAIJ, 1991; RAIJ et al., 1997). Richart et al. (2006) também observaram rápida remoção do íon sulfato nos primeiros 10 cm do perfil do solo na presença de fosfato natural reativo, superfosfato triplo e enxofre elementar.

Tabela 9- Quantidades de nutrientes adicionados ao solo pelos biofertilizantes, Testemunha e pela adubação de base. Embrapa Hortaliças, Brasília, 2008

Fonte	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
-----kg ha ⁻¹ -----											
Agrobio	72,8	14,2	256,0	396,1	102,3	76,4	127,9	8,6	10,4	41,4	16,5
Bioembrapa	267,0	30,3	331,4	175,2	88,2	14,6	15,8	0,1	2,2	1,6	0,2
Ext. C.²	35,9	19,4	550,8	13,0	10,3	29,5	1,5	0,2	1,0	0,2	0,3
Test.¹	74,5	87,9	83,0	316,0	51,2	34,5	0,3	1,2	280,3	3,5	1,4
Ad. B.³	74,5	87,9	83,0	316,0	51,2	34,5	0,3	1,2	280,3	3,5	1,4

¹Testemunha. ²Extrato de Composto. ³Adubação de Base. Quantidades calculadas a partir da análise química dos biofertilizantes e do Composto orgânico.

Antes do plantio já existia diferença entre os canteiros quanto ao pH do solo. Essa mesma diferença se manteve após a aplicação dos tratamentos, isto é, após o plantio (Tabela 8). O pH do solo medido após a colheita mostrou-se superior ao medido antes da colheita para todos os tratamentos. Esse aumento pode ter ocorrido devido à aplicação do Composto orgânico que possui termofosfato magnésiano em sua composição. Além disso, tem-se observado que solos manejados organicamente apresentam melhorias na fertilidade do solo ao longo do tempo (SOUZA & RESENDE, 2006), sendo o aumento de pH uma delas. Mesmo havendo diferenças, todos os valores de pH foram classificados agronomicamente como bons ou altos (variando de 6,0 a 6,8) segundo Alvarez V. et al. (1999). Isso é importante de ser observado, pois mudanças no pH interferem na disponibilidade dos nutrientes para as plantas, sendo considerada a faixa adequada de pH de 6,0 a 6,5 (MALAVOLTA et al., 1997).

Tanto a capacidade de troca de cátions efetiva (CTC_E) quanto a capacidade de troca de cátions a pH 7 (CTC_T) aumentaram com a aplicação dos biofertilizantes, devido às adições de matéria orgânica do composto usado na adubação de base e do biofertilizante (Tabela 6).

A porcentagem de saturação de sódio trocável, a condutividade elétrica e o pH do solo após a colheita para todos os tratamentos variaram, respectivamente de 0,40 a 0,43%, 0,12 a 0,18 dS m⁻¹ e 6,5 a 6,8. Quanto à CE, ressalta-se que o método aqui empregado foi a leitura no extrato solo:água 1:2,5, cujo valor multiplicado por 2,5 pode

ser considerado uma estimativa grosseira do extrato de saturação (método padrão). Segundo Bernardo et al. (2006), solos com porcentagem de sódio trocável menor que 15, condutividade elétrica do extrato saturado menor que 4,0 e pH entre 4 a 8,5 são considerados adequados ao bom desenvolvimento das plantas em geral, sem problemas de salinidade ou alcalinidade. Segundo Villas Bôas et al. (1999) para alface o limite máximo da salinidade do solo sem haver perdas de produtividade é de $1,3 \text{ dS m}^{-1}$, valor bem superior ao do solo em estudo ($\sim 0,3$ a $0,45 \text{ dS m}^{-1}$).

4.4 CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS AVALIADAS

4.4.1 Massa média de cabeça inteira e comercial

Para massa média de cabeça inteira e comercial verificou-se interação significativa entre cultivares e biofertilizantes. Fixando o biofertilizante, observa-se que só houve diferença entre cultivares nas plantas fertirrigadas com Agrobio, sendo Tainá e Laurel aquelas com melhor desempenho (Tabela 10). As produções total e comercial mostraram a seguinte ordem decrescente: plantas adubadas com Bioembrapa, Testemunha, Agrobio e Extrato de Composto. A maior produtividade verificada com o Bioembrapa pode ser explicada pelo maior aporte de nitrogênio aplicado por esse biofertilizante ao solo. Durante todo ciclo foram aplicados $267,04 \text{ kg ha}^{-1}$ de nitrogênio, enquanto que a Testemunha, o biofertilizante Agrobio e o Extrato de Composto adicionaram ao solo somente $74,50$, $72,88$ e $35,93 \text{ kg ha}^{-1}$, respectivamente. Como o nitrogênio é o principal responsável pela expansão celular e crescimento vegetativo, quantidades maiores desse elemento disponível as plantas levam a produção de plantas maiores e mais pesadas (TURAZI et al., 2006). De forma similar, a menor produção obtida com o Extrato de Composto deveu-se à baixa quantidade de N adicionada.

Resende et al. (2005b) observaram em experimento com a cultivar Raider em sistema convencional, que o máximo rendimento ($763,2 \text{ g planta}^{-1}$) foi na dose de $86,9 \text{ kg ha}^{-1}$ de nitrogênio em cobertura e $146,9 \text{ kg ha}^{-1}$ de nitrogênio total (adubação de base + cobertura). Já Thompson & Doerge (1996) para alface lisa tiveram a máxima produção com 165 kg ha^{-1} de nitrogênio. No presente experimento a quantidade de nitrogênio total aplicada ao solo pelo biofertilizante Bioembrapa foi de $341,54 \text{ kg ha}^{-1}$ de nitrogênio, bem superior à de Resende et al. (2005b), enquanto os tratamentos

Testemunha e Agrobio adicionaram quantidades similares (149,0 e 143,3 kg ha⁻¹ de N). Mesmo considerando que parte do nitrogênio do Bioembrapa pode estar ainda não prontamente disponível para as plantas vê-se que houve excesso. Segundo a Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais (1999) somente 50% do nitrogênio presente nos adubos orgânicos são mineralizados no primeiro ano de cultivo.

Tabela 10- Massa média de cabeça inteira e comercial de cultivares de alface fertirrigadas com biofertilizantes. Brasília, Embrapa Hortaliças, 2008

Cultivar	Testemunha	Bioembrapa	Agrobio	Ext. C. ³	Média
	Massa média de cabeça inteira (g cabeça ⁻¹)				
OGR 326	468,3 B a	601,0 A a	399,0 B b	280,7 C a	437,3
Gloriosa	484,0 B a	626,0 A a	427,3 B ab	292,0 C a	457,3
Tainá	506,3 A a	540,3 A a	499,3 A a	304,3 B a	462,6
Laurel	484,7 B a	594,7 A a	513,7 AB a	273,7 C a	466,7
Média	485,8	590,49	459,8	287,7	
Massa média de cabeça comercial (g cabeça ⁻¹)					
OGR 326	399,7 B a	522,0 A a	352,7 B b	234,0 C a	377,1
Gloriosa	426,9 B a	540,1 A a	369,3 B b	233,3 C a	392,4
Tainá	430,0 A a	465,3 A a	424,9 A ab	250,0 B a	392,6
Laurel	409,3 B a	521,7 A a	450,0 AB a	231,3 C a	403,1
Média	416,5	512,3	399,2	237,2	

Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

A produção comercial da alface que recebeu o biofertilizante Bioembrapa, 465,3 a 540,1 g cabeça⁻¹, foi superior à obtida por Pôrto (2008), 449,48 g planta⁻¹, para a cultivar Elba sob diferentes doses de esterco bovino.

4.4.2 Circunferência de cabeça, comprimento de caule, número de folhas e massa seca

A circunferência de cabeça comercial não foi influenciada significativamente pelos tratamentos e nem houve interação entre os fatores em estudo. Os valores obtidos variaram de 56,4 a 62,0 cm de circunferência (Tabela 11), tendo como média de todos os tratamentos 58,46 cm. Yuri (2004) trabalhando em sistema convencional com a cultivar Raider, testando diferentes doses de nitrogênio e potássio onde obteve a maior circunferência com 36,7 cm, valor bem inferior ao obtido no presente experimento. Furtado (2001) e Resende (2004) com a mesma cultivar encontraram valores

semelhantes, de 39,2 e 37,5 cm de circunferência, respectivamente. Já Yuri et al. (2005) testando seis cultivares de alface americana no período de fevereiro a maio, o mesmo deste trabalho, em Santo Antônio do Amparo (MG) obtiveram a maior circunferência para cultivar Lucy Brown com 53,4 cm de circunferência, valor próximo ao observado nesse trabalho.

As circunferências de cabeça obtidas em todos os tratamentos foram satisfatórias, sendo este um resultado importante, pois o consumidor leva em consideração no momento da compra o tamanho das cabeças, sendo preferidas as de cabeças maiores, tendo em vista que o preço é sempre estabelecido por unidade. Nas indústrias de processamento plantas com maiores circunferências também obtêm maiores rendimentos (BUENO, 1998; YURI, 2004).

Tabela 11- Circunferência e massa seca de cabeças comerciais de cultivares de alface fertirrigadas com biofertilizantes. Brasília, Embrapa Hortaliças, 2008

Cultivar	Testemunha	Bioembrapa	Agrobio	Ext. C. ³	Média
	Circunferência de cabeça comercial (cm)				
OGR 326	57,2	59,8	57,2	58,4	58,2 a
Gloriosa	62,0	57,6	61,4	56,8	59,5 a
Tainá	58,0	61,4	58,8	56,4	58,7 a
Laurel	58,4	58,0	57,2	57,0	57,7 a
Média	58,9 A	60,2 A	57,7 A	57,2 A	
Massa Seca (g cabeça ⁻¹)					
OGR 326	17,0 B b	24,4 A a	17,4 B ab	15,6 B a	18,6
Gloriosa	21,8 A ab	22,4 A a	14,2 B b	16,8 B a	18,8
Tainá	19,8 A ab	23,6 A a	20,8 A a	14,6 B a	19,7
Laurel	23,2 A a	23,6 A a	20,0 AB a	16,0 B a	20,7
Média	20,5	23,5	18,1	15,8	

*Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Para massa seca da parte comercial verificou-se interação significativa entre os fatores (biofertilizante x cultivar). Observou-se que as plantas que receberam o biofertilizante Bioembrapa apresentaram os maiores valores de massa seca (23,6 a 24,4 g cabeça⁻¹) sem, no entanto, diferir entre as cultivares. Nas plantas que receberam o biofertilizante Agrobio verificou-se os maiores valores para as plantas da cultivar Laurel, Tainá e OGR 326. Para as plantas da Testemunha o maior valor foi observado na cultivar Laurel, sem diferir da Tainá e da Gloriosa. Já as plantas que receberam o Extrato de Composto tenderam a apresentar os menores valores, sem diferir entre as cultivares, provavelmente pelo menor teor de nitrogênio disponibilizado as plantas.

Segundo Camargo & Sá (2004) a deficiência de nitrogênio afeta todos os processos vitais das plantas, reduzindo a capacidade fotossintética, retardando o crescimento e prejudicando a reprodução. Para Filgueira (2003) todas as hortaliças são beneficiadas com o nitrogênio, e, em especial, as hortaliças folhosas como a alface, em que o nitrogênio tem efeito direto na produtividade.

Quanto ao número de folhas observou-se interação significativa somente a 6% de probabilidade pelo teste F, verificando-se pela análise de desdobramento entre os fatores diferenças entre as médias pelo teste de Tukey (Tabela 12). Entre os biofertilizantes, o Bioembrapa e o Agrobio proporcionaram o maior número de folhas (28,2 e 26,9 folhas planta⁻¹). Entre as cultivares, a Laurel tendeu a apresentar maior número de folhas.

Oliveira (2007) usando seis concentrações (0 a 1,25%) de urina de vaca, em aplicação foliar e no solo, observou que o número de folhas variou de 30,33 a 37,16 folhas planta⁻¹, estando incluídas as folhas externas. Mesmo com baixa quantidade de nitrogênio aplicada pela urina de vaca (1,2 kg ha⁻¹ na maior concentração) o autor constatou efeito no número de folhas.

Para o comprimento de caule houve resposta significativa para a interação entre fatores e para os efeitos dos biofertilizantes e das cultivares. Entre os biofertilizantes, o Bioembrapa e a Testemunha proporcionaram os maiores comprimentos de caule (13,5 e 11,9 cm) e praticamente não diferiram do Agrobio, em que apenas a cultivar Laurel apresentou menor comprimento (Tabela 12). Independente do biofertilizante, a Laurel foi a que apresentou o maior comprimento de caule, provavelmente por ter tido ciclo mais precoce, tendendo a florescer mais rápido.

Esses valores provavelmente ocorreram em função das altas temperaturas do período de cultivo e a pouca adaptação das cultivares a esse fator, associadas à boa disponibilidade de nutrientes e água. Em trabalho com seis cultivares de alface americana cultivadas em duas épocas distintas Yuri et al. (2005) observaram que as plantas tiveram melhor desempenho na época de temperaturas mais amenas e consideraram como ótima a faixa de 15,5 a 18,3°C, podendo ocorrer alguns dias com temperaturas de 26,6 a 29,4°C, desde que as temperaturas noturnas sejam baixas.

De acordo com Resende (2004), comprimentos de caule até 6,0 cm são os mais adequados, sendo aceitáveis até 9,0 cm e acima deste valor inaceitáveis ou menos recomendados para processamento industrial.

Tabela 12- Número de folhas por planta comercial e comprimento de caule de cultivares de alface fertirrigadas com biofertilizantes. Brasília, Embrapa Hortaliças, 2008

Cultivar	Testemunha	Bioembrapa	Agrobio	Ext. C. ³	Média
	Número de Folhas (folhas planta ⁻¹)				
OGR 326	23,4 BC b*	27,6 A a	26,6 AB a	21,8 C a	24,9
Gloriosa	28,8 A a	27,8 A a	26,6 AB a	22,8 B a	26,5
Tainá	24,0 AB b	27,8 A a	28,0 A a	20,4 B a	25,1
Laurel	28,0 A a	29,6 A a	26,4 AB a	23,8 B a	27,0
Média	26,1	28,2	26,9	22,2	
Comprimento de caule (cm)					
OGR 326	11,2 A b	12,8 A b	12,2 A ab	7,8 B a	11,0
Gloriosa	10,4 A b	11,0 A b	9,8 A b	8,6 A a	10,0
Tainá	10,8 AB b	13,6 A b	12,0 A ab	8,0 B a	11,1
Laurel	15,0 AB a	16,6 A a	12,8 B a	9,0 C a	13,4
Média	11,9	13,5	11,7	8,4	

*Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

4.5 AVALIAÇÃO DO ESTADO NUTRICIONAL

4.5.1 Teores de macronutrientes da parte aérea

Os teores de macronutrientes na parte aérea estão apresentados na Tabela 13. Observou-se efeito significativo dos biofertilizantes sobre os teores de macronutrientes foliares. As cultivares só apresentaram efeito significativo sobre os teores de cálcio e enxofre.

As alfaces fertirrigadas com o biofertilizante Bioembrapa e as adubadas com Composto orgânico (Testemunha) apresentaram os maiores teores de nitrogênio, 40,71 e 39,98 g kg⁻¹, respectivamente. Os teores de nitrogênio observados nessas plantas de alface são próximos aos considerados adequados (40 g kg⁻¹) por Martinez et al. (1999). Os teores observados nas plantas que receberam o biofertilizante Agrobio e o Extrato de Composto, respectivamente 34,91 e 33,70 g kg⁻¹ de nitrogênio, estão um pouco abaixo dos valores recomendados. Entretanto, todos estão acima do nível crítico, 30 g kg⁻¹ de nitrogênio, reportado por Malavolta et al. (1997) e Trani & Raij (1997). Esses

resultados estão refletindo as quantidades de nitrogênio aplicado ao solo pelos tratamentos (Tabela 9).

Tabela 13- Teores de macronutrientes em folhas de cultivares de alface fertirrigadas com biofertilizantes. Brasília, Embrapa Hortaliças, 2008

Cultivar	Testemunha	Bioembra. ¹	Agrobio	Ext. C. ²	Média
Nitrogênio (g kg⁻¹ MS)					
OGR 326	38,62	40,91	33,64	34,49	36,91 a
Gloriosa	40,78	41,74	36,75	34,74	38,50 a
Tainá	38,53	41,00	34,56	33,27	36,84 a
Laurel	41,99	39,20	34,68	32,31	37,04 a
Média	39,98 A	40,71 A	34,91 B	33,70 B	
Fósforo (g kg⁻¹ MS)					
OGR 326	5,85	5,00	5,11	4,71	5,17 a
Gloriosa	5,32	5,00	4,29	4,63	4,81 a
Tainá	5,85	4,97	4,83	4,96	5,15 a
Laurel	5,23	4,72	4,18	4,63	4,69 a
Média	5,56 A	4,92 AB	4,60 B	4,73 B	
Potássio (g kg⁻¹ MS)					
OGR 326	102,56	99,03	119,59	108,36	107,39 a
Gloriosa	88,25	97,66	105,15	106,85	99,48 a
Tainá	107,11	87,09	98,58	108,08	100,22 a
Laurel	107,22	109,42	118,56	106,44	110,41 a
Média	101,28 A	98,30 A	110,47 A	107,43 A	
Cálcio (g kg⁻¹ MS)					
OGR 326	18,76 A a	15,54 B ab	17,84 AB a	16,50 AB a	17,16
Gloriosa	17,63 A ab	18,52 A a	18,03 A a	16,33 A a	17,63
Tainá	17,66 A ab	14,50 B b	17,33 AB ab	14,92 AB a	16,10
Laurel	15,22 A b	15,35 A b	14,83 A b	15,10 A a	15,13
Média	17,32 A	15,98 A	17,00 A	15,71 A	
Magnésio (g kg⁻¹ MS)					
OGR 326	4,66	4,47	4,85	4,50	4,62 a
Gloriosa	4,47	4,55	4,44	4,55	4,50 a
Tainá	4,68	4,31	4,20	4,29	4,37 a
Laurel	4,21	4,52	4,52	4,07	4,33 a
Média	4,51 A	4,46 A	4,50 A	4,35 A	
Enxofre (g kg⁻¹ MS)					
OGR 326	2,63 A b	2,47 A b	2,21 A a	2,19 A b	2,38
Gloriosa	3,18 A a	3,02 AB a	2,42 C a	2,68 BC a	2,83
Tainá	2,44 A b	2,22 A b	2,01 A a	2,14 A b	2,20
Laurel	2,56 AB b	2,59 A b	2,09 B a	2,20 AB b	2,36
Média	2,70	2,58	2,18	2,30	

Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. ¹Bioembrapa. ²Extrato de Composto. MS: Massa Seca.

Sandri et al. (2006) utilizando água residuária composta de esgoto doméstico, sanitário e água de lavagem de oficina mecânica, contendo 35 mg L⁻¹ de nitrogênio amoniacal e 1,2 mg L⁻¹ de nitrato, mais três coberturas com sulfato de amônio, observaram valores de 31,6 a 35,7 g kg⁻¹ de nitrogênio aos 46 dias após o transplante da alface. Villas Bôas et al. (2004) usando três diferentes compostos orgânicos oriundos de casca de eucalipto, serragem de madeira e palha de feijão, todos com adição de esterco de aves, obtiveram 144, 149 e 250 mg planta⁻¹ de nitrogênio, respectivamente. No presente trabalho, observou-se que os valores foram de 915,7, 819,2, 637,6 e 529,5 mg planta⁻¹ de nitrogênio, respectivamente, para as alfaces que receberam o biofertilizante Bioembrapa, o composto orgânico (Testemunha), o Agrobio e o Extrato de Composto.

Para os teores de fósforo foliar não observou-se interação entre os fatores estudados, verificando-se que a Testemunha (composto orgânico) e o Bioembrapa resultaram nos maiores teores de fósforo, 5,56 e 4,92 g kg⁻¹ (Tabela 13), o que provavelmente ocorreu em função das maiores quantidades de fósforo aplicadas pela Testemunha e pelo Bioembrapa, 87,9 e 30,3 kg ha⁻¹ de fósforo, respectivamente, enquanto que o Agrobio e o Extrato de Composto aplicaram 14,2 e 19,4 kg ha⁻¹ de fósforo, na mesma ordem.

Os níveis estabelecidos por Malavolta et al. (1997) e Trani & Raij (1997) como adequados para a cultura da alface são de 3,5 e 4,0 a 7,0 g kg⁻¹ de fósforo, respectivamente. Portanto, os valores obtidos neste trabalho estão adequados. Já Martinez et al. (1999) apresentam como valor de referência 8 g kg⁻¹ de fósforo, que é superior aos obtidos.

Abreu (2008) usando esterco de galinha (1,5 kg m⁻²), esterco de bovino (3,0 kg m⁻²), adubo químico (conforme análise de solo), composto orgânico (3,0 kg m⁻²), húmus de minhoca (2,0 kg m⁻²) e testemunha (sem adubação), observou maior teor de fósforo foliar para o esterco de galinha (3,78 g kg⁻¹), seguido pelo composto orgânico (3,14 g kg⁻¹). Já Villas Bôas et al. (2004) observaram 2,8, 2,9 e 3,0 g kg⁻¹ de fósforo, respectivamente para o composto de casca de eucalipto, serragem de madeira e palha de feijão, sendo que neste último a menor relação C/N, provavelmente levou a maior disponibilização do nutriente. Porém, Sandri et al. (2006) utilizando água residuária observaram teores de fósforo similares aos encontrados neste trabalho (4,1 a 4,8 g kg⁻¹ de fósforo na matéria seca foliar).

O potássio não diferiu de modo significativo apesar de doses distintas terem sido aplicadas pelos tratamentos. Isso provavelmente aconteceu em função dos altos teores

de potássio que já se encontravam no solo antes do plantio, 460,0; 500,0; 553,3 e 460,0 mg dm⁻³ de potássio, respectivamente no solo da Testemunha, Bioembrapa, Agrobio e Extrato de Composto. Os níveis foliares de potássio ficaram bem acima dos valores considerados adequados (50 g kg⁻¹ conforme Malavolta et al., 1997; 50 a 80 g kg⁻¹ para Trani & Raij, 1997; e 70 g kg⁻¹ para Martinez et al., 1999).

Segundo Filgueira (2000) o excesso de potássio no solo desequilibra a nutrição da planta inibindo a absorção de cálcio e magnésio. Neste trabalho não se observou sintomas de deficiência visual e nem teores deficientes de cálcio ou de magnésio nas folhas da alface (Tabela 13). Porém, na última semana antes da colheita foram observadas necroses nas bordas das folhas mais velhas (Figura 7, em anexo) das plantas que receberam o biofertilizante Agrobio. Tal fato, provavelmente foi provocado pelo excesso de potássio associado ao alto teor de boro presentes nas folhas da alface que receberam o Agrobio (Tabelas 13 e 14).

Os teores de cálcio nas folhas variaram de 14,50 a 18,76 g kg⁻¹ e encontram-se próximos ao nível crítico inferior, conforme estabeleceram Trani & Raij (1997) (15 a 25 g kg⁻¹); Martinez et al. (1999) (15,4 g kg⁻¹), provavelmente devido ao efeito antagônico à absorção desse nutriente ocasionado pelo excesso de potássio no meio.

A análise de variância mostrou não haver diferença significativa entre os biofertilizantes e nem interação entre biofertilizantes e cultivares para os teores de cálcio foliar. Entre as cultivares, a Gloriosa apresentou os maiores teores não diferindo da OGR 326. Já as plantas da cultivar Laurel apresentaram os menores teores sem, no entanto, diferir dos teores de cálcio das plantas da cultivar Tainá.

Percebe-se que mesmo para o Extrato de Composto que adicionou a menor quantidade de cálcio ao solo, 13,02 kg ha⁻¹, parece não ter havido deficiência de cálcio para as plantas. Provavelmente, os teores de cálcio que já estavam presentes no solo (9,96 cmol_c dm⁻³), considerado alto, mais a quantidade de cálcio adicionada pela adubação de base foram suficientes para suprir a necessidade das plantas. Sandri et al. (2006) usando água residuária teve a mesma constatação, com teor de 4,5 cmol_c dm⁻³ de cálcio presente no solo. Já Alvarenga et al. (2003) testando diferentes níveis de cálcio via foliar com a cultivar Ryder, também não verificaram diferenças nos teores de cálcio das folhas de alface. Os mesmos autores relatam que provavelmente a ausência de respostas ocorreu em função dos altos teores de cálcio encontrados no solo, acima de 6,0 cmol_c dm⁻³, os quais foram suficientes para suprir a demanda das plantas.

De maneira similar ao potássio, não foram observadas diferenças entre cultivares, biofertilizantes ou interação entre eles quanto aos teores de magnésio. Os teores observados nas folhas (4,07 a 4,85 g kg⁻¹ de Mg) estão dentro das faixas recomendadas por Trani & Raij (1997) (4 a 6 g kg⁻¹); Martinez et al. (1999) (4,0 g kg⁻¹) e Malavolta et al. (1997) (3,5 g kg⁻¹).

Apesar das quantidades de magnésio aplicadas ao solo pelo biofertilizante Agrobio terem sido 1,1, 1,9 e 9,8 vezes maior do que o aplicado pelo biofertilizante Bioembrapa, Testemunha e o Extrato de Composto, não foram observadas diferenças. Provavelmente devido aos altos teores de magnésio presentes no solo, 2,34 cmol_c dm⁻³, suprimindo as exigências das plantas.

Alvarenga et al. (2003) verificaram teores foliares de 3,7 g kg⁻¹ de magnésio aos 35 dias após o transplante, valores próximos aos deste trabalho. Porém, Sandri et al. (2006) obtiveram valores inferiores com o uso da água residuária, 2,5 g kg⁻¹ de magnésio nas plantas submetidas à água residuária aplicada por aspersão, e 3,5 g kg⁻¹ naquelas sob água aplicada por gotejamento subterrâneo.

Para o enxofre não houve interação significativa, porém realizando a análise de desdobramento dos fatores observaram-se diferenças entre as médias pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade. Entre as cultivares, a Gloriosa apresentou os maiores teores de enxofre, porém, quando fertirrigada com o Agrobio não diferiu significativamente das demais demonstrando maior capacidade de absorção desse íon por esta cultivar. Dentre os biofertilizantes, o Agrobio foi o que proporcionou menor concentração desse nutriente nas plantas, apesar do maior aporte de enxofre ao solo, 76,4 kg ha⁻¹ contra 34,5; 14,6 e 29,5 kg ha⁻¹ de enxofre adicionado pela Testemunha, Bioembrapa e Extrato de Composto, respectivamente. Os teores encontrados estão de acordo com a faixa estabelecida por Trani & Raij (1997) (1,5 a 2,5 g kg⁻¹).

Abreu (2006) com o uso de esterco de galinha, esterco bovino, adubo químico, composto orgânico, húmus de minhoca e uma testemunha sem adubação, utilizando a cultivar Vera a campo, encontrou os seguintes teores de enxofre, respectivamente, 3,32 g kg⁻¹, 3,76 g kg⁻¹, 3,62 g kg⁻¹, 3,24 g kg⁻¹, 3,24 g kg⁻¹ e 3,86 g kg⁻¹, valores superiores aos verificados no presente trabalho.

4.5.2 Teores de micronutrientes da parte aérea

Os teores de micronutrientes na parte aérea das alfaces estão apresentados na Tabela 14. Os maiores teores de boro foram observados nas folhas da alface que receberam o biofertilizante Agrobio, tal fato era esperado, pois na produção do Agrobio adiciona-se uma quantidade considerável de bórax, 6,02 kg para produzir 1000 L de biofertilizante. Nas plantas fertirrigadas com Agrobio, os teores de boro variaram de 55,27 mg kg⁻¹ para a cultivar Tainá à 66,56 mg kg⁻¹ para a OGR 326, diferindo estatisticamente entre si, porém não diferindo da Laurel (58,38 mg kg⁻¹) e da Gloriosa (60,60 mg kg⁻¹). Para as cultivares OGR 326, Gloriosa e Tainá não houve diferença entre plantas de alface fertirrigadas com Extrato de Composto, Bioembrapa e Testemunha. Por sua vez, a cultivar Laurel apresentou resposta distinta; as plantas que receberam Extrato de Composto mostraram maior teor de boro do que aquelas do tratamento Testemunha e Bioembrapa.

Todos os teores estão acima do valor mínimo recomendado por Trani & Raij (1997) (30-60 mg kg⁻¹), estando no limite superior as plantas que receberam o Agrobio, intermediário as que receberam o Extrato de Composto e próximas ao limite inferior as que receberam o composto orgânico (Testemunha) e o Bioembrapa. Segundo Malavolta et al. (1997) há um limite estreito entre a concentração suficiente e o nível tóxico de boro nas plantas, sendo que a tolerância depende da velocidade de transporte das raízes para a parte aérea. Os sintomas iniciam com clorose malhada e depois manchas necróticas que podem coalescer, ocorrendo nas regiões de maior transpiração pelo acúmulo do elemento em função da evaporação da água. As folhas completamente desenvolvidas, as mais maduras, são as que apresentam maior taxa transpiratória, exatamente em cujas margens surgiram as necroses nas plantas que receberam o biofertilizante Agrobio, provavelmente, ocasionadas pelo excesso de boro e potássio.

Os maiores teores de cobre foram observados nas plantas de alface fertirrigadas com o biofertilizante Bioembrapa e Testemunha (adubadas com composto orgânico). Os menores teores foram observados com aplicação do Extrato de Composto, com exceção para a cultivar Gloriosa, que não respondeu à aplicação do biofertilizantes. A faixa dos teores de cobre verificada na parte aérea das cultivares (8,43 a 11,54 mg kg⁻¹) está dentro dos limites estabelecidos por Adams et al. (1978), Davis & Beckett (1978) (5-10 mg kg⁻¹) e Trani & Raij (1997) (7-20 mg kg⁻¹).

Tabela 14- Teores foliares de micronutrientes em folhas de cultivares de alface fertirrigadas com biofertilizantes. Brasília, Embrapa Hortaliças, 2008

Cultivar	Testemunha	Bioembrapa	Agrobio	Ext. C. ¹	Média
Boro (mg kg⁻¹ MS)					
OGR 326	38,15 B a	36,70 B a	66,56 A a	41,68 B a	45,77
Gloriosa	35,68 B a	34,06 B a	60,60 A ab	42,73 B a	43,27
Tainá	35,21 B a	38,42 B a	55,27 A b	40,97 B a	42,47
Laurel	35,36 C a	35,90 C a	58,38 A ab	47,02 B a	44,17
Média	36,10	36,27	60,20	43,11	
Cobre (mg kg⁻¹ MS)					
OGR 326	11,54 A a	11,13 AB a	9,65 AB a	8,81 B a	10,29
Gloriosa	9,89 A a	10,84 A a	9,44 A a	9,48 A a	9,91
Tainá	10,56 AB a	11,29 A a	10,91 A a	8,43 B a	10,29
Laurel	10,05 AB a	11,21 A a	9,47 AB a	8,52 B a	9,75
Média	10,52	11,12	9,87	8,74	
Ferro (mg kg⁻¹ MS)					
OGR 326	272,46 A b	303,88 A a	149,83 A a	235,71 A a	240,47
Gloriosa	738,41 A a	223,46 B a	158,13 B a	198,23 B a	329,56
Tainá	624,48 A a	251,46 B a	245,46 B a	197,75 B a	329,79
Laurel	291,88 A b	232,13 A a	141,41 A a	221,98 A a	221,85
Média	481,81	252,73	173,71	213,42	
Manganês (mg kg⁻¹ MS)					
OGR 326	37,39 AB a	29,98 B a	40,68 A a	36,88 AB ab	36,23
Gloriosa	33,69 A a	34,96 A a	41,27 A a	35,75 A b	36,42
Tainá	34,99 A a	33,17 A a	39,36 A a	35,07 A b	35,65
Laurel	37,31 AB a	35,04 B a	37,44 AB a	46,00 A a	38,95
Média	35,85	33,29	39,69	38,43	
Zinco (mg kg⁻¹ MS)					
OGR 326	42,14 AB a	45,65 A a	45,52 A a	37,56 B a	42,72
Gloriosa	40,71 A a	38,00 A b	38,74 A b	39,09 A a	39,14
Tainá	40,39 A a	39,70 A ab	42,79 A ab	39,30 A a	40,54
Laurel	43,13 A a	43,75 A ab	41,35 A ab	41,78 A a	42,50
Média	41,59	41,76	42,10	39,44	
Cloro (mg kg⁻¹ MS)					
OGR 326	109,73 A c	131,98 A c	100,30 A ab	113,88 A a	113,97
Gloriosa	152,32 B ab	385,13 A a	130,82 B a	86,23 C a	188,62
Tainá	164,96 A a	79,79 B d	84,06 B b	77,49 B a	101,57
Laurel	115,95 B bc	183,26 A b	93,94 B ab	110,61 B a	125,94
Média	135,74	195,04	102,28	97,06	

Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. ¹Extrato de Composto. MS: Massa Seca.

Para a concentração de ferro na parte aérea das plantas, a análise de variância mostrou efeito significativo tanto dos biofertilizantes quanto das cultivares. Também verificou-se interação significativa entre os fatores. Os maiores teores de ferro foram observados nas plantas que receberam o composto orgânico em cobertura (Testemunha), constatação coerente, pois as maiores quantidades aplicadas ao solo foram por este tratamento (Tabela 9). Com exceção para a cultivar ORG 326 e Laurel, cujos teores de ferro nas plantas foram iguais em todos os biofertilizantes. Considerando ainda o tratamento Testemunha, observa-se que as cultivares Gloriosa e Tainá apresentaram os maiores teores.

Os teores de ferro citados na literatura como adequados para a alface abrangem uma ampla faixa, desde 50 até 200 mg kg⁻¹ (SANCHES et al., 1988. TRANI & RAIJ, 1997; MARTINEZ et al., 1999). Comparando com os teores observados neste trabalho verifica-se que a Testemunha e o biofertilizante Bioembrapa resultaram em teores acima dos recomendados, já o biofertilizante Agrobio e o Extrato de Composto ocasionaram teores próximos aos adequados.

Apesar de fraca interferência dos fatores biofertilizante e cultivar mostraram diferenças nos teores foliares de manganês. Fixando a cultivar, as plantas que receberam o composto orgânico (Testemunha) e os biofertilizantes Agrobio e Extrato de Composto não apresentaram diferenças. Entretanto, para o biofertilizante Bioembrapa, as cultivares OGR 326 e Laurel mostraram tendência de menor concentração de manganês em suas folhas.

Os teores de manganês verificados nas folhas das alfaces estão entre os limites estabelecidos por Vlamis & Williams (1973) (25-30 mg kg) e Trani & Rajj (1997) (30-150 mg kg⁻¹).

Com relação aos teores foliares de zinco, verificou-se para a cultivar OGR 326 que o Extrato de Composto resultou em menor teor. Já para cultivar Gloriosa, os menores teores de zinco foliar, foram observados quando fertirrigada com os biofertilizantes Bioembrapa e Agrobio (Tabela 14). Os teores de zinco encontrados nas folhas das alfaces (37,56 a 45,65 g kg⁻¹ de Zn) estão dentro da faixa considerada adequada por Trani & Rajj (1997), que é de 30 a 150 mg kg⁻¹ de zinco na massa de matéria seca. Há de se registrar também que os teores de zinco e de manganês embora adequados, estão próximos ao limite inferior da faixa.

Apesar das maiores quantidades de zinco terem sido adicionadas ao solo pelo biofertilizante Agrobio, pelo menos 15 vezes a mais em relação aos outros tratamentos, não se percebeu aumento considerável no teor foliar.

Os teores de cloro foram determinados para verificar a ocorrência de excessos, principalmente nas plantas que receberam o Agrobio, pois esse apresenta uma quantidade considerável de cloreto de cálcio em sua composição. Apesar da análise de variância mostrar diferenças significativas entre os fatores e para a interação, não se observou teores mais elevados para o Agrobio. Ao contrário do esperado, o Agrobio resultou nos menores teores foliares de cloro.

Na literatura inexistem trabalhos que estabeleçam níveis considerados adequados de cloro para a cultura da alface. Malavolta et al. (1997) relatam que as plantas, em geral, não necessitam mais do que 100 g kg^{-1} de cloro na matéria seca, sendo tolerado de forma variável entre as espécies e cultivares, quando em excesso, provavelmente por um mecanismo de exclusão.

Além do problema de queima das bordas foliares das alfaces que receberam o Agrobio, esse biofertilizante exige maior tempo de preparo e mais mão de obra para sua produção, 56 dias com acréscimos semanais (sete semanas) de materiais orgânicos e minerais, e, portanto, apresenta maior custo que o biofertilizante Bioembrapa.

4.6 AVALIAÇÕES PÓS-COLHEITA

4.6.1 Perda de massa fresca

Para perda de massa fresca foi encontrado efeito significativo para biofertilizantes e cultivares, bem como interação entre eles. As maiores perdas foram observadas nas plantas da Testemunha (Tabela 15), exceto para cultivar Gloriosa que ocorreu nas plantas que receberam o biofertilizante Bioembrapa. Para as plantas que receberam o Extrato de Composto observou-se tendência de menor perda de massa. Esse resultado parece refletir a adubação nitrogenada, pois os tratamentos Testemunha e Bioembrapa foram os que adicionaram mais nitrogênio, enquanto o Extrato de Composto menos (Tabela 9). Entre as cultivares verificou-se que Gloriosa e Tainá apresentaram as maiores perdas, 3,41 e 3,05%, respectivamente.

De forma geral, os valores de perda de massa foram baixos, variando de 2,10 a 4,52%, valores bem abaixo dos encontrados por Marin (2004) de 3,9% ao dia, atingindo em oito dias de armazenagem 31,2% em condições similares de embalagem com alface minimamente processada, armazenadas em temperatura de 4°C.

Tabela 15- Perda de massa fresca de cultivares de alface fertirrigadas com biofertilizantes, após oito dias de armazenamento em câmara fria a 15°C. Embrapa Hortaliças, Brasília, 2008

Cultivar	Testemunha	Bioembrapa	Agrobio	Ext. C.¹	Média
g 100 g ⁻¹ MF (%)					
OGR 326	3,57 A ab	2,10 B c	2,83 AB ab	2,86 AB a	2,84
Gloriosa	3,30 B ab	4,52 A a	3,16 B a	2,65 B a	3,41
Tainá	3,84 A a	3,44 AB b	2,67 BC ab	2,24 C a	3,05
Laurel	2,66 A b	2,29 A c	2,14 A b	2,46 A a	2,39
Média	3,34	3,08	2,70	2,55	

Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. ¹Extrato de Composto. MF: Massa Fresca.

Santos et al. (2001) observaram redução da perda de matéria fresca da alface com o incremento das doses de composto orgânico. Segundo o autor isso se deve a maior produção de matéria fresca obtida com o incremento das doses de composto, levando a uma maior sobreposição foliar, facilitando a manutenção da umidade pela maior área de superfície úmida, diminuindo o déficit de pressão de vapor. Além disso, Schuphan (1974) verificou colênquima mais espesso em plantas cultivadas organicamente, o que aumenta a resistência estomática à difusão de vapor d'água. Santos et al. (2001) relatam ainda que o maior suprimento de potássio, nutriente que tem papel crucial no controle da resistência estomática à transpiração, a maior assimilação de nitrogênio orgânico e a presença de nitrato vacuolar podem ter conferido as plantas maior resistência às tensões hídricas. Nesse experimento, os níveis de nitrogênio das alfases encontravam-se em faixas adequadas, já os de potássio encontravam-se acima do recomendado, o que provavelmente contribuiu para a baixa perda de água.

4.6.2 Teor de sólidos solúveis totais

Na análise de variância observou-se efeito significativo somente para os fatores biofertilizante e tempo. Apesar dos fatores não terem apresentado interação a 5% de probabilidade pelo teste F, o teste de Tukey mostrou haver diferença entre as médias na análise de desdobramento. Na colheita (Tabela 16), para a cultivar OGR 326, verificou-se o maior teor de sólidos solúveis totais (2,38 °Brix) nas plantas de alface da Testemunha, e o menor nas plantas que foram fertirrigadas com o biofertilizante Bioembrapa (1,72 °Brix). Para as demais cultivares não houve diferenças significativas com a aplicação dos biofertilizantes, variando de 1,8 a 2,36 °Brix. Os valores encontrados estão de acordo com Chitarra & Chitarra (1990), que relatam para hortaliças valores de 2 a 5% de açúcares solúveis, considerando que os sólidos solúveis do suco da alface na sua maioria são constituídos por açúcares.

Após o período de armazenamento verificaram-se diferenças entre os teores de sólidos solúveis totais apenas para as plantas das cultivares Tainá e Laurel. Para as duas cultivares o maior teor ocorreu com a aplicação do Extrato de Composto, enquanto o menor teor ocorreu nas plantas fertirrigadas com Bioembrapa para Tainá e na Testemunha para Laurel.

Tabela 16- Sólidos solúveis totais em cultivares de alface fertirrigadas com biofertilizantes, na colheita e após oito dias de armazenamento em câmara fria a 15°C. Embrapa Hortaliças, Brasília, 2008

Cultivar	Testemunha	Bioembrapa	Agrobio	Ext. C.¹	Média
Na colheita (°Brix)					
OGR 326	2,38 A a	1,72 B a	1,90 AB a	2,00 AB a	2,00
Gloriosa	1,80 A a	2,02 A a	2,22 A a	2,32 A a	2,09
Tainá	2,14 A a	2,06 A a	2,16 A a	2,00 A a	2,09
Laurel	2,26 A a	2,06 A a	2,00 A a	2,18 A a	2,13
Média	2,15	1,97	2,07	2,13	
Após armazenamento (°Brix)					
OGR 326	1,68 A a	1,70 A a	1,80 A a	2,14 A a	1,83
Gloriosa	1,90 A a	1,84 A a	2,04 A a	1,98 A a	1,94
Tainá	2,02 AB a	1,42 B a	1,86 AB a	2,14 A a	1,86
Laurel	1,56 B a	1,88 AB a	2,12 AB a	2,44 A a	2,00
Média	1,79	1,71	1,95	2,18	

Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. ¹Extrato de Composto.

Na comparação entre o teor de sólidos solúveis totais na colheita e após o período de armazenamento (oito dias), (Tabela 17) só ocorreu redução dos teores de sólidos solúveis totais durante o armazenamento nas plantas das cultivares OGR 326 e Laurel adubadas com composto orgânico (Testemunha) e nas plantas da cultivar Tainá fertirrigadas com o biofertilizante Bioembrapa.

A perda de água durante a armazenamento acarreta a concentração dos sólidos solúveis totais. Além da baixa perda de massa observada neste trabalho, a discreta resposta nos sólidos solúveis totais sugere que a atividade dos microrganismos que utilizam os açúcares solúveis dos tecidos como fonte de energia foi baixa (MENEZES et al., 2005).

Tabela 17- Comparação dos teores de sólidos solúveis totais obtidos na colheita e após oito dias de armazenamento em câmara fria a 15°C, de cultivares de alface fertirrigadas com biofertilizantes,. Embrapa Hortaliças, Brasília, 2008

Cultivar	Tempo	Testemunha	Bioembrapa	Agrobio	Ext. C. ¹
OGR 326	Colheita	2,38 a	1,72 a	1,90 a	2,00 a
	Após	1,68 b	1,70 a	1,80 a	2,14 a
Gloriosa	Colheita	1,80 a	2,02 a	2,22 a	2,32 a
	Após	1,90 a	1,84 a	2,04 a	1,98 a
Tainá	Colheita	2,14 a	2,06 a	2,16 a	2,00 a
	Após	2,02 a	1,42 b	1,86 a	2,14 a
Laurel	Colheita	2,26 a	2,06 a	2,00 a	2,18 a
	Após	1,56 b	1,88 a	2,12 a	2,44 a

Médias seguidas pela mesma letra nas colunas, não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. ¹Extrato de Composto.

Roversi & Masson (2004) avaliando alface tipo crespa, cultivar Verônica, observaram teores de sólidos solúveis de 4,2° Brix no momento da colheita e 3,8 °Brix após 15 dias de armazenamento. Já Bezzera Neto et al. (2005) trabalhando em consórcio de alface e cenoura com diferentes densidades observaram teores de 3,59 a 3,15 °Brix, diminuindo com o aumento da densidade populacional da alface. Com o aumento na densidade populacional da cenoura, esse conteúdo inicialmente decresceu de 3,37 até 3,26 °Brix, na densidade de 73% da população recomendada para cenoura solteira, aumentando ligeiramente para 3,40 °Brix, a partir desta densidade. O mesmo autor relata que isso se deve a maior competição por água, tornando-a menos disponível por planta, conseqüentemente concentrando os açúcares nos tecidos foliares da planta,

promovendo assim um ligeiro aumento nos teores de sólidos solúveis. Segundo Santos (2001) altos teores de açúcar no momento da colheita favorecem a recuperação da turgidez dos tecidos foliares de folhosas e a melhor conservação pós-colheita. Os teores constatados por estes autores estão bem acima dos encontrados neste trabalho.

Um dos fatores que pode ter contribuído para esses baixos teores, foi a grande disponibilidade de água que as plantas tiveram durante o ciclo, pois em ambiente protegido a umidade relativa do ar tende a ser maior que a campo. Nesse experimento manteve-se o solo sempre próximo à capacidade de campo. Além disso, outros fatores podem ter contribuído como o tipo de cultivar, o clima, a diluição provocada pelo elevado crescimento das plantas em ambiente protegido e as condições nutricionais. Para as condições nutricionais, tem sido destacado por diversos autores correlação negativa entre os teores de açúcares solúveis e o incremento nas doses de nitrogênio aplicado ao solo para diferentes culturas (YANO & HAYAMI, 1978; NILSSON, 1988; HARA, 1989; AMARANTE, 1991 apud SANTOS et al., 2001). Santos et al. (1994) verificaram que tanto o aumento das doses de composto orgânico quanto às de adubo mineral levaram a decréscimos nos teores de açúcares solúveis. Porém, neste trabalho apesar das doses de nitrogênio aplicadas terem sido diferentes entre os biofertilizantes, não se observou grandes diferenças entre os teores de açúcares solúveis. Após o armazenamento, foi possível observar apenas uma tendência de menor teor de sólidos solúveis totais nas plantas fertirrigadas com Bioembrapa, biofertilizante mais rico em nitrogênio.

4.6.3 Acidez titulável

Para acidez titulável, não houve respostas para os fatores estudados, biofertilizante e cultivar no momento da colheita. Os teores variaram de 0,96 a 1,46 equivalente de ácido cítrico kg^{-1} de massa fresca (Tabela 18). Após o armazenamento, os menores teores de ácidos orgânicos ocorreram nas plantas fertirrigadas com Bioembrapa e Agrobio, e os maiores nas plantas da Testemunha, com exceção da cultivar Tainá que apresentou maior acidez quando recebeu o Extrato de Composto.

Na comparação entre os teores de ácidos orgânicos presentes nas cultivares fertirrigadas com os biofertilizantes na colheita e após o armazenamento (Tabela 19), observou-se tendência dos teores aumentarem nas plantas que receberam os tratamentos Testemunha e Extrato de Composto. Para as alfaces fertirrigadas com os biofertilizantes

Bioembrapa e Agrobio verificou-se tendência inversa, isto é, decréscimos nos teores de ácidos orgânicos com o período de armazenamento.

Mattos (2005) trabalhando com alface minimamente processada, tanto com folha inteira quanto com folhas picadas em tiras de 5 mm, observou redução nos teores de acidez com o armazenamento. Já Darezzo (2004) também trabalhando com alface minimamente processada observou tendência de elevação dos teores de acidez titulável com o decorrer do armazenamento, obtendo valor de 0,088 equivalente de ácido cítrico kg^{-1} de massa fresca de acidez titulável no dia da colheita e 0,116 com oito dias de armazenamento a temperatura de 5° C, em alface embalada em atmosfera ambiente. Esses valores são próximos ao obtidos neste trabalho, apesar da diferença de temperatura de armazenamento, que neste trabalho foi de 15°C, simulando-se uma das piores temperaturas de gôndola.

Tabela 18- Acidez titulável em cultivares de alface fertirrigadas com biofertilizantes, na colheita e após oito dias de armazenamento em câmara fria a 15°C. Brasília, Embrapa Hortaliças, 2008

Cultivar	Testemunha	Bioembrapa	Agrobio	Ext. C.¹	Média
Colheita (eq. g de ácido cítrico kg^{-1} MF) ²					
OGR 326	1,28	1,32	1,08	1,06	1,2 a
Gloriosa	1,22	1,40	1,20	1,46	1,3 a
Tainá	1,22	1,14	1,30	1,20	1,2 a
Laurel	0,96	1,18	1,14	1,28	1,1 a
Média	1,2 A	1,3 A	1,2 A	1,3 A	
Após armazenamento (eq. g de ácido cítrico kg^{-1} MF)					
OGR 326	1,28 A a	1,32 A a	0,86 A a	1,20 A b	1,2
Gloriosa	1,50 A a	0,88 B ab	0,86 B a	1,32 AB b	1,1
Tainá	1,34 B a	0,60 C b	1,26 B a	1,98 A a	1,3
Laurel	1,40 A a	0,90 B ab	1,12 AB a	1,30 AB b	1,2
Média	1,4	0,9	1,0	1,5	

Médias seguidas pela mesma letra, minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. ¹Extrato de Composto. ²equivalente grama de ácido cítrico kg^{-1} de massa fresca.

Tabela 19- Comparação da acidez titulável observada na colheita e após oito dias de armazenamento em câmara fria a 15°C de cultivares de alface fertirrigadas com biofertilizantes. Brasília, Embrapa Hortaliças, 2008

Cultivar	Tempo	Testemunha	Bioembrapa	Agrobio	Ext. C. ¹
OGR 326	Colheita	1,28 a	1,32 a	1,08 a	1,06 a
	Após	1,28 a	1,32 a	0,86 a	1,20 a
Gloriosa	Colheita	1,22 a	1,40 a	1,20 a	1,46 a
	Após	1,50 a	0,88 b	0,86 a	1,32 a
Tainá	Colheita	1,22 a	1,14 a	1,30 a	1,20 b
	Após	1,34 a	0,6 b	1,26 a	1,98 a
Laurel	Colheita	0,96 b	1,18 a	1,14 a	1,28 a
	Após	1,40 a	0,90 a	1,12 a	1,30 a

Médias seguidas pela mesma letra nas colunas, não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. ¹Extrato de Composto. ²Equivalente grama de ácido cítrico kg⁻¹ de massa fresca.

4.6.4 Aspecto visual da aparência das alfaces

Através da análise de variância verificou-se não haver influência dos biofertilizantes ou das cultivares nas características visuais (Tabela 20), durante o período de armazenamento (oito dias). Resultado parecido foi obtido por Yuri (2004) avaliando a cultivar Raider no verão sob a influência de diferentes doses de nitrogênio e potássio, onde só se observou diferenças significativas após 14 e 21 dias de armazenamento em câmara frigorífica com temperatura de 5°C.

Apesar dos valores não diferirem estatisticamente, percebe-se que as alfaces adubadas com Extrato de Composto foram mais uniformes, independente da cultivar, com média de 3,05, demonstrando que as cabeças se encontravam levemente deterioradas após a armazenagem. Já as alfaces que receberam os demais tratamentos (Testemunha, Bioembrapa e Agrobio) obtiveram média entre 2,69 e 2,71 demonstrando que as cabeças se encontravam de levemente deterioradas a moderadamente deterioradas.

Tabela 20- Notas atribuídas ao aspecto visual da aparência das cabeças de cultivares de alface fertirrigadas com biofertilizantes, após oito dias de armazenamento em câmara fria a 15°C. Brasília, Embrapa Hortaliças, 2008

Cultivar	Testemunha	Bioembrapa	Agrobio	Ext. C. ¹	Média
OGR 326	2,67	2,58	2,73	3,20	2,80 a
Gloriosa	2,83	2,33	2,46	3,20	2,71 a
Tainá	3,13	3,07	2,67	3,06	2,98 a
Laurel	2,13	2,83	3,00	2,73	2,68 a
Média	2,69 A	2,70 A	2,71 A	3,05 A	

¹Extrato de Composto. Notas de 1 a 4, onde nota 1 recebeu as cabeças extremamente deterioradas; 2 cabeças moderadamente deterioradas; 3 cabeças levemente deterioradas e 4 cabeças sem deterioração. Médias seguidas pela mesma letra, minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

4.7 TEORES DE NITRATO NA PARTE AÉREA

Com relação ao teor de nitrato, observou-se efeito significativo dos biofertilizantes, das cultivares e interação entre eles. Porém, esses efeitos foram irregulares entre as cultivares (Tabela 21). Entre os biofertilizantes constatou-se que os maiores teores de nitrato ocorreram nas plantas fertirrigadas com o Bioembrapa, biofertilizante com maior teor de nitrogênio, seguido das plantas que receberam a Testemunha, o Agrobio e por último o Extrato de Composto, ordem exatamente igual à da quantidade de nitrogênio aplicado (Tabelas 9 e 21).

Tabela 21- Teor de nitrato em cultivares de alface fertirrigadas com biofertilizantes. Brasília, Embrapa Hortaliças, 2008

Cultivar	Testemunha	Bioembrapa	Agrobio	Ext. C. ¹	Média
	(mg kg ⁻¹ MS)				
OGR 326	18,97 B b	27,91 A b	19,65 B ab	14,02 B a	20,14
Gloriosa	20,16 B ab	35,53 A a	18,08 B ab	14,95 B a	22,18
Tainá	24,77 A a	22,47 AB bc	16,71 BC b	12,39 C a	19,09
Laurel	17,00 B b	16,78 B c	23,66 A a	13,62 B a	17,77
Média	20,23	25,67	19,53	13,75	

¹Extrato de Composto. Médias seguidas pela mesma letra, maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. MS: Massa Seca.

Os resultados obtidos são bem inferiores aos encontrados na literatura, que relatam para hortaliças folhosas teores geralmente acima de 1000 mg kg^{-1} de matéria fresca (MAFF, 1987). Existem muitos trabalhos demonstrando que hortaliças adubadas com fertilizantes orgânicos apresentam menores teores devido a disponibilidade de nitrato para a planta ser mais equilibrada (GENTO, 1994; WOESE et al., 1997; YORDANOV et al., 2001; BOURN & PRESCOTT, 2002), chegando a patamares reduzidos ($75,62 \text{ mg kg}^{-1}$ de NO_3^-) como os observados por Pôrto et al. (2008) em plantas de alface adubadas com esterco bovino. Além disso, o teor de nitrato nos vegetais depende de fatores genéticos, e de fatores ambientais, como luminosidade, temperatura e umidade relativa do ar, do horário de colheita, do sistema de cultivo, do estágio de maturação e da parte da planta (GUADAGNIN, 2004).

Miyazawa et al. (2001) analisando o teor de nitrato em 101 amostras de alface em três sistemas de cultivo, convencional, orgânico e hidropônico, observaram que a metade das amostras de alface cultivado em sistema orgânico, apresentavam concentração de nitrato menor que 1000 mg kg^{-1} de massa seca e apenas 25% das amostras apresentaram teor superior a 3000 mg kg^{-1} . Para o sistema hidropônico, 70% das amostras tinham teores de nitrato entre 6000 a 12000 mg kg^{-1} e apenas 3% das amostras tinham teor inferior a 3000 mg kg^{-1} . Nas alfaces do sistema convencional os teores de nitrato foram intermediários entre os sistemas de cultivo, apresentando em 42% das amostras concentração de 3000 a 6000 mg kg^{-1} de nitrato. Esses resultados confirmam os baixíssimos teores de nitrato observados no presente trabalho.

O Brasil ainda não estabeleceu legislação para limites de nitrato em vegetais. Já vários países europeus estabeleceram como limites máximos para alface produzida em casa de vegetação de 3500 mg kg^{-1} na massa fresca no verão e 4500 mg kg^{-1} no inverno, (MAFF, 1999). Os teores observados neste trabalho estão bem abaixo desses limites máximos permitidos pela União Européia.

5 CONCLUSÕES

Foram observados maiores teores de nitrogênio e fósforo no biofertilizante Bioembrapa; potássio no Extrato de Composto; cálcio magnésio, enxofre e micronutrientes no Agrobio.

Os níveis de contaminantes químicos ficaram abaixo dos limites estabelecidos pela legislação brasileira para fertilizantes orgânicos em todos os biofertilizantes. Para contaminantes biológicos foram observados valores acima dos limites máximos permitidos no Extrato de Composto.

A fertirrigação com biofertilizantes promoveu aumento na maioria das características químicas e físico-químicas do solo, com exceção dos teores de potássio e enxofre que diminuíram.

Para a maioria das características produtivas foi observado que os maiores rendimentos ocorreram nos tratamentos que receberam o biofertilizante Bioembrapa. As características produtivas de modo geral apresentaram valores considerados bons para fins de comercialização. Entre as cultivares observou-se maior número de folhas e comprimento de caule nas plantas da cultivar Laurel.

Os teores foliares de nutrientes em todos os tratamentos ficaram dentro das faixas consideradas adequadas para a cultura da alface, destacando-se os teores de potássio que ficaram acima, e de boro, também acima, quando aplicado o biofertilizante Agrobio; o que provavelmente ocasionou a queima dos bordos das folhas no final do ciclo nas plantas que receberam esse biofertilizante. Associado a isso, os maiores tempo de preparo e custo de produção, em relação ao Bioembrapa, tornam o Agrobio menos interessante para o uso.

A despeito de sua facilidade e rapidez de produção, a presença de contaminantes biológicos aliada ao baixo desempenho em termos agronômicos no cultivo orgânico da alface contra indicam o uso do Extrato de Composto em substituição aos biofertilizantes.

Com relação aos atributos de pós-colheita verificou-se baixa perda de massa e baixos teores de sólidos solúveis totais. Os teores de acidez titulável apresentaram-se altos. Quanto ao aspecto visual das alfaces, as cabeças apresentaram-se de levemente a moderadamente deterioradas após o armazenamento.

Os teores de nitrato encontrados nos tecidos foliares no momento da colheita foram baixos de maneira geral, demonstrando que o uso de biofertilizantes através da fertirrigação por gotejamento e o parcelamento de acordo com a curva de absorção de nitrogênio não ocasionaram desequilíbrio nas plantas de alface americana cultivadas em sistema orgânico protegido.

Diante dos resultados obtidos, o uso de biofertilizantes via fertirrigação por gotejamento é agronomicamente eficiente para o cultivo orgânico da alface americana. Entre os biofertilizantes, verificou-se que o Bioembrapa foi o que apresentou os melhores resultados.

6 SUGESTÕES PARA PESQUISAS FUTURAS

Sugere-se para que estudos futuros sejam desenvolvidos novos métodos de filtragem dos biofertilizantes para facilitar a operacionalização dos sistemas de fertirrigação, quando da injeção dos biofertilizantes. Além disso, indica-se o desenvolvimento de sistemas mais eficientes para a aeração dos biofertilizantes.

Novos experimentos com outras cultivares de alface devem ser realizados e em épocas diferentes para comparação dos resultados. Recomenda-se, também, testar o uso de biofertilizantes via fertirrigação em outras culturas, realizando o parcelamento conforme as curvas de absorção de nutrientes específicas de cada cultura.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABREU, I. M. O. **Produtividade e qualidade microbiológica de alface sob diferentes fontes de adubos orgânicos**. Brasília: Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, 2008, 69 p. Dissertação de Mestrado.
- ADAMS, P.; GRAVES C. J.; WINSOR, G. W. Effects of copper deficiency and liming on the yield and copper status of tomatoes, lettuce, end cucumbers in peat. **Scientia Horticulturae**, v. 9, p. 199-205, 1978.
- ALVARENGA, M. A. R.; SILVA, E. C.; CARVALHO, J. G. Teores e acúmulos de macronutrientes em alface-americana, em função da aplicação de nitrogênio no solo e de cálcio via foliar. **Ciência Agrotécnica**, Lavras. Edição Especial, p. 1569-1575, 2003.
- ALVAREZ V., V. H.; NOVAES, R. F.; BARROS, N. F.; CANTARUTTI, R. B.; LOPES, A. S. Interpretação dos resultados das análises de solo. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V., V. H. (Eds). **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª Aproximação**. Viçosa: CFSEMG, UFV, 1999. p. 25-32.
- ALVES, S. B.; MEDEIROS, M. B.; TAMAI, M. A.; LOPES, R. B. Trofobiose e microrganismos na proteção de plantas: biofertilizantes e entomopatógenos na citricultura orgânica. **Biotecnologia Ciência & Desenvolvimento**, n. 21, p. 16-21, 2001.
- AMARANTE, C. V. T. do. **Relação entre horário de colheita e senescência em folhas de couve (*Brassica oleracea* L. var. *acephala*)**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1991. 65 p. Dissertação de Mestrado.
- ANDRIOLO, J. L. **Fisiologia das culturas protegidas**. Santa Maria: UFSM, 1999. 142 p.
- ANDRIOLO, J. L. **Olericultura Geral: Princípios e Técnicas**. Santa Maria: UFSM, 2002. 158 p.
- ANGHINONI, I.; BISSANI, C. Fosfatos e adubos fosfatados. In: BISSANI, C. A.; GIANELLO, C.; TEDESCO, M. J.; CAMARGO, F. A. O. (Eds). **Fertilidade dos solos e manejo e manejo da adubação de culturas**. Porto Alegre: Gênese, 2004. p 117-137.
- ARAÚJO, E. N. Rendimento do pimentão (*Capsicum annuum* L.) adubado com esterco bovino e biofertilizante. Areia: Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Federal da Paraíba, 2005. 82 p. Dissertação de Mestrado.
- BAR-YOSEF, B. Advances in fertigation. In: SPARKS, D.L. (Ed). **Advances in Agronomy** 65. New York: Academic Press, 1999. p. 1-77.
- BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de Irrigação**. 8. ed. Viçosa: UFV, 2006. 625 p.

BEZERRA NETO, F.; BARROS JÚNIOR, A. P.; SILVEIRA, L. M.; AROUCHA, L. M. M. Qualidade da alface em sistemas consorciados com cenoura sob diferentes densidades populacionais das culturas componentes. **Caatinga**, Mossoró, v. 18, n.3, p. 169-175, 2005.

BOURN, D.; PRESCOTT, J. A comparison of the nutritional value, sensory qualities, and food safety of organically and conventionally produced foods. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, n. 42, p. 1-34, 2002.

BRASIL. Lei nº 10.831 de dezembro de 2003. Dispõe sobre a agricultura orgânica e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, 23 dez. 2003. Seção 1, Página .

BRASIL. Decreto nº 4.954, de 14 de janeiro de 2004. Dispõe sobre a inspeção e fiscalização da produção e do comércio de fertilizantes, corretivos, inoculantes ou biofertilizantes destinados à agricultura, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, 15 jan. 2004. Seção 1, Página 2.

BRASIL. Portaria nº 49, de 25 de abril de 2005. Dispõe sobre os limites máximos de agentes fitotóxicos, patogênicos ao homem, animais e plantas, metais pesados tóxicos, pragas e ervas daninhas admitidos nos fertilizantes, corretivos, inoculantes e biofertilizantes. **Diário Oficial da União**, Brasília, 27 abr. 2005. Seção 1, Página 20.

BRASIL. Instrução Normativa nº 64, de 18 de dezembro de 2008. Regulamento técnico para os sistemas orgânicos de produção animal e vegetal. **Diário Oficial da União**, Brasília, 19 jan. 2008. Seção 1, Página 21.

BREMNER, J. M.; KEENEY, D. R. Exchangeable ammonium, nitrate and nitrite by steam-distillation methods. In: BLACK, C. A (Ed). **Methods of soil analysis: chemical and microbiological properties**. Madison: American Society of Agronomy; Soil Science Society of America, 1965. p. 1191-1206.

BUENO, C. R. **Adubação nitrogenada em cobertura via fertirrigação por gotejamento para a alface americana em ambiente protegido**. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 1998. 54 p. Dissertação de Mestrado.

CAMARGO, F. A. O.; SÁ, E. L. S. Nitrogênio e adubos nitrogenados. In: BISSANI, C. A. GIANELLO, C. TEDESCO, M. J., CAMARGO, F. A. de O (Eds). **Fertilidade dos solos e manejo da adubação de culturas**. Porto Alegre: Gênese, 2004. p. 139 -151.

CARRIJO, O. A.; SOUZA, R. B.; MAROUELLI, W. A.; ANDRADE, R. J. **Fertirrigação de Hortaliças**. Brasília: EMBRAPA – CNPH, 2004. 13 p. Circular Técnica 32.

CARVALHO, Y. M. C. Agricultura orgânica e o comércio justo. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, Brasília, v. 19, n. 2, p. 205-234, 2002.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. Lavras: ESAL/FAEPE, 1990. 320 p.

CHITARRA, M. I. F. Fisiologia e qualidade de produtos vegetais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 27., 1998, Poços de Caldas. **Anais...** Lavras: UFLA/SBEA, 1998. p. 1-58.

COLLARD, F. H.; ALMEIDA, A.; COSTA, M. D. R.; ROCHA, M. C. Efeito do uso do biofertilizante Agrobio na cultura do maracujazeiro amarelo (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Deg). **Revista Biociências**, Porto Alegre, v. 7, n. 1, p. 15-21, 2000.

COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. Adubação orgânica. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V., V. H. (Eds). **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª Aproximação**. Viçosa: CFSEMG, UFV, 1999. p. 87-92.

DAREZZO, H. M. **Determinação de composição gasosa e sistemas de embalagens adequadas para conservação de alface americana ‘Lorca’ minimamente processada**. Campinas: Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, 2004. 171 p. Tese de Doutorado.

DAVIS, R. D.; BECKETT, P. H. T. Critical concentrations of copper in lettuce. **New Phytologist**, Sheffield, v. 80, p. 23-32, 1978.

DELEITO, C. S. R.; CARMO, M. G. F.; FENANDES, M. C.; ABBOUD, C. S. Ação bacteriostática do biofertilizante Agrobio *in vitro*. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 23, n. 2, p. 281-284, 2005.

DELEITO, C. S. R. **Inseticidas alternativos no controle de moscas sinantrópicas**. Seropédica. Curso de Pós-Graduação em Biologia Animal. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. 2008. 123 p. Tese de Doutorado.

DUENHAS, L. H. **Cultivo orgânico de melão: aplicação de esterco e de biofertilizantes e substâncias via fertirrigação**. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo. 2004. 73 p. Tese de Doutorado.

EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro: SNLCS, 1979. 228 p.

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília: Embrapa Produção de Informações (SPI), 1999. 412 p.

FAQUIM, V. **Nutrição Mineral de Plantas**. Lavras: FAEPE, 1994. 227 p.

FERNANDES, A. L. T.; TESTEZLAF, R. **Fertilizantes na cultura do melão em ambiente protegido, utilizando-se fertilizantes organominerais e químicos**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v. 6, n. 1, p. 45-50, 2002.

FERNANDES, M. C. A.; RIBEIRO, R. L. D.; AGUIAR-MENEZES, E. L. Manejo ecológico de fitoparasitas. In: AQUINO, A. M. de; ASSIS, R. L. de. (Eds). **Agroecologia: princípios e técnicas para uma agricultura orgânica sustentável**.

Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2005. p 272-322.

FERREIRA, D. F. **Análises estatísticas por meio do Sisvar para Windows versão 4.0.** In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45., 2000. São Carlos. *Anais...* São Carlos: UFSCar, 2000. p. 255-258.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças.** Viçosa: UFV, 2000. 402 p.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças.** 2. ed. Viçosa: UFV, 2003. 410 p.

FRANCIS, G. A.; THOMAS, C.; O'BEIRNE, D. The microbiological safety of minimally processed vegetables. **International Journal of Food Science and Technology**, Oxford, v. 34, p. 1-22, 1999.

FURTADO, L. F. **Vazões de aplicação de solução nutritiva, teor de nitrato em alface sob cultivo hidropônico e aceitabilidade sensorial.** Cascavel: Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, 2008. 71 p. Dissertação de Mestrado.

FURTADO, S. C. **Nitrogênio e fósforo na produção e nutrição mineral de alface americana cultivada em sucessão ao feijão após o pousio da área.** Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2001. 78 p. Dissertação de Mestrado.

GARCIA, L. L. C.; HAAG, H. P.; MINAMI, K.; DECHEN, A. R. Nutrição mineral de hortaliças: concentração e acúmulo de macronutrientes em alface (*Lactuca sativa* L.) Cv. Brasil 48 e Clause's Aurélia. In: HAAG, H. P.; MINAMI, K. **Nutrição mineral em hortaliças.** 2. ed. Campinas: Fundação Cargil, 1988. p. 123-151.

GENTO, P. D. Contenido de nitratos en vegetales cultivados de la provincia de Valencia. **Alimentaria**, Lisboa, 249, 49-51, 1994.

GOMES, L. A. A.; SILVA, E. C.; FAQUIM, V. Recomendações de adubação para cultivos em ambiente protegido. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V., V. H. (Eds). **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª Aproximação.** Viçosa: CFSEMG, UFV, 1999. p. 99-110.

GROSS, A. et al., Assessment of extraction methods with fowl manure for the production of liquid organic fertilizers, **Bioresource Technology**, 2007, doi:10.1016/j.biortech.2006.12.016.

GUADAGNIN, S. G. **Avaliação do teor de nitrato em hortaliças folhosas produzidas por diferentes sistemas de cultivo.** Campinas: Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia de Alimentos, 2004. 98 p. Dissertação de Mestrado.

HARA, T. Effects of nitrogen, phosphorus and potassium in culture solution on the head yield and free sugar composition of cabbage. **Japanese Society for Horticultural Science Journal**, Tokyo, v. 58, n. 3, p. 595-599, 1989.

HUFTON, C. A. et al. Effects of NO (+ NO₂⁻) pollution on growth, nitrate reductase activities and associated protein contents in glasshouse lettuce grown hydroponically in winter with CO₂ enrichment. **New Phytologist**, Sheffield, v. 133, p. 495-501, 1996.

HURST, W. C., SCHULLER, G. A. Fresh produce processing: an industry perspective. **Journal of Food Protection**, v. 55, n. 10, p. 824-827, 1992.

JACKSON, L.; MAYBERRY, K.; LAEMMLEN, F.; KOIKE, S.; SCHLUBACK, K. **Iceberg lettuce production in California**. 1999. Disponível em: <http://www.ucanr.org/freepubs/docs/7215.pdf>. Acesso em: 04 jan. 2009.

KATAYAMA, M. Nutrição e adubação de alface, chicória e almeirão. In: FERREIRA, M. E.; CASTELLANE, P. D.; CRUZ, M. C. P. (Eds). **Nutrição e adubação de hortaliças**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1993. p. 141-148.

KIEHL, E. J. **Manual de compostagem: maturação do composto**. 3. ed. Piracicaba, 2002. 171 p.

LEITÃO, M. F. et al. Eficiência de desinfetantes na redução da contaminação bacteriana da alface. **Boletim do ITAL**, Campinas, v. 18, n. 2, p.2 01-226, 1981.

LEMO, O. L. **Utilização de biofilmes comestíveis na conservação pós-colheita do pimentão 'Magali R'**. Vitória da Conquista: Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, 2006. 115 p. Dissertação de Mestrado.

LOPES, J. C. RIBEIRO, L. G.; ARAÚJO, M. G.; BERNARDO, M. R. B. S. Produção de alface com doses de lodo de esgoto. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 23 n. 1, p. 143-147, 2005.

LUZ, G. L.; MEDEIROS, S. L.; MANFRON, P. A.; AMARAL, A. D.; MÜLLER, L.; TORRES, M. G.; MENTGES, L. A questão do nitrato em alface hidropônica e a saúde humana. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 8, p. 2288-2394, 2008.

MAFF. Ministry of Agriculture, Fisheries and Food. **Food Surveillance Information Sheet 177: Nitrate in lettuce and spinach**. United Kingdom, 1999. Disponível em <<http://archive.food.gov.uk/maff/archive/food/infosheet/1999/no177/177nitra.htm>>. Acesso em: 26 jan. 2009.

MAFF. Ministry of Agriculture, Fisheries and Food. **Nitrate, nitrite and N-nitroso compounds in food**. Food Surveillance Paper. n. 20. London: H. M. Stationery Office, 1987. Disponível em: <<http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc005.htm>>. Acessado em: 26 dez. 2008.

- MAISTRO, L. C. Alface minimamente processada: uma revisão. **Revista de Nutrição**, Campinas, v. 14, n. 3, p. 219-224, 2001.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319 p.
- MANTOVANI, J. R.; CRUZ, M. C. P.; FERREIRA, M. E.; BARBOSA, J. C. Comparação de procedimentos de comparação de quantificação de nitrato em tecido vegetal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, n. 1, p. 53-59, 2005.
- MARCHI, E. C. S. **Influência da adubação orgânica e doses de material húmico sobre a produção de alface americana e teores de carbono no solo**. Lavras: UFLA, 2006, 46 p. Tese de Doutorado.
- MARIN, T. **Embalagem ativa para alface americana (*Latuca sativa* L.) minimamente processada**. Londrina: Curso de Pós-Graduação em Ciências dos Alimentos, Universidade Estadual de Londrina, 2006, 59 p. Dissertação de Mestrado.
- MARSCHNER H. **Mineral Nutrition of Higher Plants**. London: Academic Press, 1995. 889 p.
- MARTINEZ, H. E. P.; CARVALHO, J. G.; SOUZA, R. B. Diagnose foliar. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V., V. H. (Eds). **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª Aproximação**. Viçosa: CFSEMG, UFV, 1999. p. 143-168.
- MATTO, A. K; MURATA, T.; PANTASTICO, E. B.; CHACHIN, K.; OGATA, K.; PHAN, C. T. Chemical changes during ripening and senescence. In: PANTASTICO, E.B. (Ed). **Postharvest physiology, handling and utilization of tropical and subtropical fruits and vegetables**. Westport: The AVI Publishing, 1995. p.103-127.
- MATTOS, L. M. **Alface crespa minimamente processada: embalagem sob diferentes sistemas de atmosfera modificada e armazenamento refrigerado**. Lavras: Universidade Federal de Lavras, Programa de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos, 2005. 151 p. Tese de Doutorado.
- McKNIGHT, G. M; DUNCAN, C. W.; LEIFERT, C.; GOLDEN, M. H. Dietary nitrate in man: friend or foe? **British Journal of Nutrition**, Cambridge, v. 81, p. 349-358, 1999.
- MEDEIROS, J. F.; SIMÕES, A. N.; ALVES, L. P.; COSTA, M. C.; SCALOPPI, E. J.; MENEZES, J. B. Qualidade de melão amarelo cultivar ‘Gold Mine’ submetido a diferentes lâminas de irrigação e dois níveis de salinidade. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 18, Suplemento 1. Julho, p. 614-615. 2000. Trabalho apresentado no 40º Congresso Brasileiro de Olericultura, 2000.
- MEDEIROS, M. B. **Ação de biofertilizantes líquidos sobre a bioecologia do ácaro *Brevipalpus phoenicis***. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2002. 110 p. Tese de Doutorado.

MEDEIROS, M. B. et al. **Uso de Biofertilizantes líquidos no manejo ecológico de pragas agrícolas**. In: II Encontro de Meio Ambiente, 2003, João Pessoa. *Anais...* João Pessoa: UFPB, 2003.

MEIRELLES, L.; BRACAGIOLI NETO, A.; MEIRELLES, A. L.; GONÇALVES, A.; GUAZZELLI, M. J.; VOLPATO, C.; BELLÉ, N. **Biofertilizantes enriquecidos: caminho da nutrição e proteção de plantas**. Ipê: Centro de Agricultura Ecológica, 1997. 12 p.

MENEZES, E. M. S.; FERNANDES, E. C.; SABBA-SRUR, A. U. O. Folhas de alface lisa (*Lactuca sativa*) minimamente processadas armazenadas em atmosfera modificada: análises físicas, químicas e físico-químicas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 25, n. 1, p. 60-62, 2005.

MEURER, E. J.; INDA JR., A. V. Potássio e adubos potássicos. In: BISSANI, C. A. GIANELLO, C. TEDESCO, M. J., CAMARGO, F. A. de O. **Fertilidade dos solos e manejo da adubação de culturas**. Porto Alegre: Gênese, p. 139 -151. 2004.

MIYZAWA, M.; KHATOUNIAN, C. A.; ODENATH-PENHA, L. A. Teor de nitrato nas folhas de alface produzida em cultivo convencional, orgânico e hidropônico. **Agroecologia hoje**, Botucatu, n. 7, p. 23, 2001.

MOREIRA, F. V.; FERNADES, M. C. A.; SANTOS, V. L. S.; PEREIRA, A. J.; CASTILHO, A. M. C. Avaliação do uso de biofertilizante líquido no desenvolvimento de mudas de alface obtidas em diferentes substratos. **Revista Brasileira de Agroecologia**, Porto Alegre, v. 1, n. 1, p. 1369-1372, 2006.

MORETTI, C. L. **Protocolos de Avaliação da Qualidade Química e Física de Tomate**. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2006. 12 p. (Comunicado Técnico, 32).

NAKAGAWA, J; PROCHNOW, L. I.; BÜLL, L. T.; VILLAS BÔAS, R. L. Efeito de compostos orgânicos na cultura da alface (*Lactuca sativa* L.). **Científica**, São Paulo, Série I, v. 20, n. 1, p. 173-180, 1992.

NAKAGAWA, J.; KAMITSUJI, M. K.; PIERI, J. C.; VILLAS BOAS, R. L. Efeito do bagaço de cana, decomposto por adição de biofertilizantes, na cultura da alface (*Lactuca sativa* L.). **Científica**, São Paulo, v. 21, n. 1, p. 169-177, 1993.

NILSSON, T. Growth and carbohydrate composition of white cabbage for long-term storage. I. Effects of late N-fertilization and time of harvest. **Journal of Horticultural Science**, Ashford, v. 63, n. 3, p. 419-429, 1988.

OLIVEIRA, N. L. C. **Utilização de urina de vaca na produção orgânica de alface**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia. 2007. 88 p. Dissertação de Mestrado.

PAPADOPOULOS, I. Fertirrigação: situação atual e perspectivas para o futuro. In: FOLEGATTI, M. V. (Coord.). **Fertirrigação: citrus, flores, hortaliças**. Guaíba: Agropecuária, 1999. p. 11- 84.

PÔRTO, M. L.; ALVES, J. C.; SOUZA A. P.; ARAUJO, R. C.; ARRUDA, J. A. Nitrate production and accumulation in lettuce as affected by mineral Nitrogen supply and organic fertilization. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 26, n. 2, p. 227-230, 2008.

RAIJ, B. van. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba, Ceres/ POTAFOS, 1991. 343 p.

RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. **Recomendação de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas: Instituto Agrônômico, 1997. 285 p.

RESENDE, G. M. de. **Características produtivos, qualidade pós-colheita e teor de nutrientes em alface americana (*Lactuca sativa* L.) sob doses de nitrogênio e molibdênio, em cultivo de verão e de inverno**. Lavras: Universidade Federal de Lavras. 2004. 134 p. Tese de Doutorado.

RESENDE, G. M.; YURI, J. E.; MOTA, J. H.; RODRIGUES JÚNIOR, J. C.; SOUZA, R. J.; CARVALHO, J. G. Produção de alface americana em função de doses e épocas de aplicação de Supra Potássio®. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 23, n. 2, p. 174-178, 2005a.

RESENDE, G. M.; ALVARENGA, M. A. R.; YURI, J. E.; MOTA, J. H.; SOUZA, R. J.; RODRIGUES JÚNIOR, J. C. Produtividade e qualidade pós-colheita da alface americana em função de doses de nitrogênio e molibdênio. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 23, n. 4, p. 976-981, 2005b.

RICCI, M. S. F.; CASALI, V. W. D.; CARDOSO, A. A.; RUIZ, H. A. Teores de nutrientes em duas cultivares de alface adubadas com Composto orgânico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 30, n. 8, p. 1035-1039, 1995.

RICHART, A.; LANA, M. C.; SCHULZ, L. R.; BERTONI, J. C.; BRACCINI, A. L. Disponibilidade de fósforo e enxofre para a cultura da soja na presença de fosfato natural reativo, superfosfato triplo e enxofre elementar. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 30, p. 695-705, 2006.

ROCHA, M. C.; CARMO, M. G. F.; POLIDORO, J. C.; SILVA, D. A. G.; FERNANDES, M. C. A. Características de frutos de pimentão pulverizados com produtos de ação bactericida. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 24, n. 2, p. 185-189, 2006.

RODRIGUES, E. T. **Efeitos das adubações orgânica e mineral sobre o acúmulo de nutrientes e sobre o crescimento da alface (*Lactuca sativa* L.)**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1990. 60 p. Dissertação de Mestrado.

ROEL, A. R.; LEONEL, L. A. K.; FAVARO, S. P., ZATARIM, M.; MOMESSO, C. M. V.; SOARES, M. V. Avaliação de fertilizantes orgânicos na produção de alface em Campo Grande, MS. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 8, n. 3, p. 325-329, 2007.

ROVERSI, M. R.; MASSON, M. L. Qualidade da alface crespa minimamente processada acondicionada em atmosfera modificada. **Ciência Agrotécnica**, Lavras, v. 28, n. 4, p. 823-830, 2004.

SANCHES, C. A.; BURDINE, H. W.; GUZMAN, V. L.; HALL, C. B. Yield, quality, and leaf nutrient composition of crisphead lettuce as affected by N, P, and K on histosols. **Proceedings Florida State Horticultural Society**, v. 101, p. 346-350, 1988.

SANDRI, D.; MATSURA, E. E.; TESTEZLAF, R. Teores de nutrientes na alface irrigada com água residuária aplicada por sistemas de irrigação. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 26, n. 1, p. 45-57, 2006.

SANTOS, A. C. V. A ação múltipla dos biofertilizantes líquidos como fertiprotetor em lavouras comerciais. In: HEIN, M (Org). Resumo do 1º Encontro de Processos de Proteção de Plantas: controle ecológico de pragas e doenças. **Agroecologia**, Botucatu, p. 91-96, 2001.

SANTOS, R. H. S.; CASALI, V. W. D.; CONDÉ, A. R.; MIRANDA, L. C. G. de. Qualidade de alface cultivada com composto orgânico. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 12, n. 1, p. 29-32, 1994.

SANTOS, R. H. S.; SILVA, F.; CASALI, V. W. D.; CONDÉ, A. R. Conservação pós-colheita de alface cultivada com composto orgânico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 3, p. 521-525, 2001.

SANTOS, A. M. dos; MEDEIROS, A. R. M. de; WREGE, M. S. **Sistema de Produção do Morango**. Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Morango/SistemaProducaoMorango/cap10.htm>. Acesso em: 28 set. 2007.

SCHUPHAN, W. Nutritional value of crops as influenced by organic and inorganic fertilizers treatments. **Qualitas Plantarum**, Dordrecht, v. 13, n. 4, p. 333-358, 1974.

SEBRAE-DF. **A questão ambiental no Distrito Federal**: informação e orientação para as atividades empresariais e para o público em geral. Brasília, 2004. 136 p.

SILVA, E. B.; NOGUEIRA, F. D.; GUIMARÃES, P. T. G. Análise de cloreto em tecido vegetal. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2008. 20 p. (Boletim Técnico, 31). Disponível em: <<http://www.editora.ufla.br/BolTecnico.htm>>. Acessado em: 16 de nov. 2008.

SOUZA, J. L.; RESENDE, P. **Manual de horticultura orgânica**. 2. ed. Viçosa: Aprenda Fácil, 2006. 843 p.

SOUZA, R. B. de; ALCÂNTARA, F. A. Adubação orgânica. In: HENZ, G. P.; RESENDE, F. A. de (Eds). **Produção orgânica de hortaliças: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2007. p. 113-117.

SZTERN, D.; PRAVIA, M. A. **Manual para la elaboración de compost bases conceptuales y procedimientos**. Montevideo: Organización Panamericana de la Salud,

1999. 69 p. Disponível em: <http://www.bvsops.org.uy/pdf/compost.pdf>. Acesso em: 07 jan. 2009.

THOMPSON, T. L.; DOERGE, T. A. Nitrogen and water interactions in subsurface trickle-irrigated leaf lettuce: I. Plant response. **Soil Science Society of American Journal**, Madison, v. 60, n. 1, p. 163-168, 1996.

TRANI, P. E.; CARRIJO, O. A. **Fertirrigação em Hortaliças**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2004. 58 p. (Boletim Técnico, 196).

TRANI, P. E.; RAIJ, B. van. Hortaliças. In: RAIJ, B van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas: Instituto Agrônomo, 1997. p. 157-185. (Boletim Técnico 100).

TRATCH, R.; BETTIOL, W. Efeito de biofertilizante sobre o crescimento micelial e a germinação de esporos fitopatogênicos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 32, n. 11, p. 1131-1139, 1997.

TURAZI, C. M. V. **Acúmulo de nitrato em alface em função da adubação, horário de colheita e tempo de armazenamento**. Brasília: Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, 2005, 60 p. Dissertação de Mestrado.

TURAZI, C. M. V.; JUNQUEIRA, A. M. R.; OLIVEIRA, S. A.; BORGIO, L. A. Acúmulo de nitrato em alface em função da adubação, horário de colheita e tempo de armazenamento. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 24, p. 65-70, 2006.

VIDIGAL, S. M.; SEDIYAMA, M. A. N.; GARCIA, N. C. P. MATOS, A. T. Compostos orgânicos contendo dejetos de suíno como fonte de N: Efeito residual da adubação orgânica no estado nutricional de plantas de alface (*Lactuca sativa* L.). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 25., 1995, Viçosa. **Resumos Expandidos...** Viçosa: UFV, 1995, v. 2, p. 672-674.

VIGGIANO, J. Produtividade de sementes de alface. In: CATELLANE, P. D. **Produtividade de sementes de Hortaliças**. Jaboticabal: FCAV/FUNEP, 1990. p. 1-15.

VILLAS BÔAS, R. L.; BÜLL, L. T.; FERNANDES, D. M. Fertilizantes em fertirrigação. In: FOLEGATTI, M. V. (Org). **Fertirrigação: citrus, flores, hortaliças**. Guaíba: Agropecuária, 1999. P. 293-334.

VILLAS BÔAS, R. L.; PASSOS, J. C.; FERNANDES, M.; BÜLL, L. T.; CEZAR, V. R. S.; GOTO, R. Efeito de doses e tipos de compostos orgânicos na produção de alface em dois solos sob ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.2 2, n. 1, p. 28-34, 2004.

VLAMIS, J.; WILLIAMS, D. E. Manganese toxicity and marginal chlorosis of lettuce. **Plant and Soil**, n. 39, p. 245-251, 1973.

WALKER, R. The metabolism of dietary nitrites and nitrates. **Biochemical Society Transactions**, London, v. 24, p. 780-785, 1996.

WHO. Food Additives Series No 50. **Safety Evaluation of Certain Food Additives.** Fifty-ninth Report of the Joint FAO/WHO Committee on Food Additives, Geneva, 2003.

WILLS, R. B. H. et al. **Postharvest: An introduction to the physiology and handling of fruits and vegetables.** 3. ed. New York: Van Nostrand Reinhold, 1989. p. 29, 34, 35, 52-60.

WOESE, K.; LANGE, D.; BOESS, C.; BÖGL, K. W. A comparison of organically and conventionally grown foods – results of a review of the relevant literature. **Journal of Science of Food and Agriculture**, n. 74, p. 281-293, 1997.

YANO, M.; HAYAMI, A. **Studies on the improvement of storage ability in the head vegetables. I. The relationship between cultivars, maturity rates and fertilizer and storage ability of lettuce and cabbage.** Tsu : National Research Institute of Vegetable, Ornamental Plants and Tea, 1978. p.77-88. (Yasai Shikenjo Hokoku Station. Bulletin of Vegetables and Ornamental Crops Research. Series, A4).

YORDANOV, N. D.; NOVAKOVA, E.; LUBENOVA, S. Consecutive estimation of nitrate and nitrite ions in vegetables and fruits by electron paramagnetic resonance spectrometry. **Analytica Chimica Acta**, n. 437, p. 131-138, 2001.

YURI, J. E. **Produção, nutrição e conservação pós-colheita da alface tipo americana, cv. Raider, no verão e no inverno, em função da aplicação de nitrogênio e potássio em cobertura.** Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2004. 139 p. Tese de Doutorado.

YURI, J. E.; SOUZA, R. J.; RESENDE, G. M.; MOTA, J. H. Comportamento de cultivares de alface de americana em Santo Antônio do Amparo. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 23, n. 4, p. 870-874, 2005.

8 ANEXO



Figura 2- Alfaces aos treze dias após transplante, com sistema de irrigação por gotejamento.



Figura 3- Logo após o transplante das alfaces, fio de algodão dividindo as subparcelas e blocos.



Figura 4- Ataque de *Cercospora longissima* nas folhas mais velhas no final do ciclo.



Figura 5- Alfaces na casa de vegetação no dia anterior a colheita.



Figura 6- Aspecto visual da aparência das cabeças de alface americana fertirrigadas com biofertilizantes, após oito dias de armazenamento em câmara fria a 15°C a) cabeças extremamente deterioradas; b) cabeças moderadamente deterioradas; c) cabeças levemente deterioradas; d) cabeças sem deterioração.



Figura 7- Necrose nas bordas das folhas mais velhas das alfaces fertirrigadas com Agrobio.