

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP  
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**PRODUTIVIDADE E TEOR DE NITRATO DE ALFACE E  
RÚCULA EM CULTIVO CONSORCIADO E MONOCULTIVO  
EM FUNÇÃO DA ADUBAÇÃO COM N-UREIA E ESTERCO  
BOVINO**

**Celso Aparecido Mancin  
Engenheiro Agrônomo**

**2012**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP  
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**PRODUTIVIDADE E TEOR DE NITRATO DE ALFACE E  
RÚCULA EM CULTIVO CONSORCIADO E MONOCULTIVO  
EM FUNÇÃO DA ADUBAÇÃO COM N-UREIA E ESTERCO  
BOVINO**

**Celso Aparecido Mancin**

**Orientador: Prof. Dr. Manoel Evaristo Ferreira**

**Tese apresentada à Faculdade de  
Ciências Agrárias e Veterinárias –  
Unesp, Câmpus de Jaboticabal,  
como parte das exigências para a  
obtenção do título de Doutor em  
Agronomia (Ciência do Solo).**

**2012**

M263p Mancin, Celso Aparecido  
Produtividade e teor de nitrato de alface e rúcula em cultivo consorciado e monocultivo em função da adubação com N-ureia e esterco bovino. / Celso Aparecido Mancin. - - Jaboticabal, 2012

xix, 98 f.: il; 28 cm

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2012

Orientador: Prof. Dr. Manoel Evaristo Ferreira

Banca examinadora: Dr. Manoel Evaristo Ferreira, Dr. José Carlos Barbosa, Dra. Teresa Cristina Tarle Pissarra, Dr. José Ricardo Mantovani, Dr. Hamilton César de Oliveira Charlo

#### Bibliografia

1. Adubação nitrogenada. 2. Adubo orgânico. 3. *Eruca sativa*. 4. *Lactuca sativa*. I. Título. II. Jaboticabal-Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias.

CDU 631.81 : 635.5



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

CAMPUS DE JABOTICABAL

FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS DE JABOTICABAL

### CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

**TÍTULO:** PRODUTIVIDADE E TEOR DE NITRATO DE ALFACE E RÚCULA EM CULTIVO CONSORCIADO E MONOCULTIVO EM FUNÇÃO DA ADUBAÇÃO COM N-UREIA E ESTERCO BOVINO

**AUTOR:** CELSO APARECIDO MANCIN

**ORIENTADOR:** Prof. Dr. MANOEL EVARISTO FERREIRA

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de DOUTOR EM AGRONOMIA (CIÊNCIA DO SOLO), pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. MANOEL EVARISTO FERREIRA

Departamento de Solos e Adubos / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal

Prof. Dr. JOSE CARLOS BARBOSA

Departamento de Ciências Exatas / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal

Profa. Dra. TERESA CRISTINA TARLE PISSARRA

Departamento de Engenharia Rural / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal

Prof. Dr. JOSE RICARDO MANTOVANI

Instituto de Ciências Agrárias / UNIFENAS / Alfenas/MG

Prof. Dr. HAMILTON CÉSAR DE OLIVEIRA CHARLO

Instituto Federal do Triângulo Mineiro / Uberaba/MG

## **DADOS CURRICULARES DO AUTOR**

**CELSO APARECIDO MANCIN** – Filho de Orivaldo Mancin (I.M.) e Maria Antonia Baldin Mancin (I.M.), nascido na cidade de Pirassununga-SP, em 08 de março de 1959; cursou o ensino fundamental na Escola Dr. Manoel Jacinto Vieira de Moraes, em Pirassununga-SP, de 1966 a 1969; o 1º e o 2º graus na Escola Estadual Pirassununga, em Pirassununga-SP, de 1970 a 1976; a graduação em Engenharia Agrônômica na Universidade Federal de Lavras, em Lavras-MG, de 1978 a 1982; em maio de 1983, ingressou como professor na Escola Agrotécnica Federal de Cáceres, em Cáceres – MT, onde ministrou aulas de olericultura, culturas anuais e fruticultura, entre outras disciplinas técnicas; cursou o Mestrado em Educação Agrícola, na Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, em Seropédica-RJ, de 2003 a 2005, e o doutorado em Agronomia (Ciência do solo), na Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, em Jaboticabal-SP, de 2009 a 2012; atualmente, trabalha como professor do Ensino Básico Técnico e Tecnológico no Instituto Federal do Triângulo Mineiro – Câmpus Uberaba, onde ministra as disciplinas de Construções e Instalações Rurais e Desenho Técnico.

## RECEITA DE VIDA

Qual ...?

O dia mais belo?

Hoje.

A coisa mais fácil?

Equivocar-se.

O obstáculo maior?

O medo.

O erro maior?

Abandonar-se.

A raiz de todos os males?

O egoísmo.

A distração mais bela?

O trabalho.

A pior derrota?

O desalento.

Os melhores professores?

As crianças.

A primeira necessidade?

Comunicar-se.

Que mais o faz feliz?

Ser útil aos demais.

O mistério maior?

A morte.

O pior defeito?

O mau humor.

A pessoa mais perigosa?

A mentirosa.

O sentimento pior?

O rancor.

O presente mais belo?

O perdão.

O mais imprescindível?

O lar.

A receita mais rápida?

O caminho correto.

A sensação mais grata?

A paz interior.

O resguardo mais eficaz?

O sorriso.

O melhor remédio?

O otimismo.

A maior satisfação?

O dever cumprido.

A força mais potente do mundo?

A fé.

As pessoas mais necessárias?

Os pais.

A coisa mais bela?

**O AMOR.**

**Madre Teresa de Calcutá**

A **Deus**, pelo dom da vida, pela sabedoria e luz nas horas mais difíceis.

Aos meus pais, **Orivaldo Mancin (I.M.) e Maria Antonia B. Mancin (I.M.)**, pelo exemplo de vida, de bondade, honestidade, trabalho e amizade com que me criaram e pelo incentivo e apoio aos meus estudos.

À minha esposa **Derly das Graças de A. Mancin**, pelo companheirismo e incentivo nos momentos mais difíceis.

À minha filha **Celly Cristina Mancin**, pela minha ausência em muitos momentos de sua vida, pelo exemplo de persistência e determinação e, principalmente, por me dar a oportunidade de me realizar como pai.

Aos meus irmãos **Odair Antonio Mancin, Diniz Fernando Mancin e Rosimeire Aparecida Mancin da Silva**, pela amizade e companheirismo de sempre, em especial a **Diniz Fernando Mancin**, pelo incentivo e apoio oferecidos durante o período da minha graduação, ponto de partida desta trajetória que hora se completa.

**DEDICO**

## AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador **Dr. Manoel Evaristo Ferreira**, pela paciência, apoio e sabedoria com que conduziu todo o processo de orientação.

Aos professores da UNESP-Jaboticabal, **Dra. Mara Cristina P. da Cruz, Dr. José Carlos Barbosa e Dr. Arthur Bernardes Cecílio Filho**, pelas inúmeras sugestões e ajudas prestadas na parte técnica e de estatística do trabalho.

Aos professores do IFTM-Uberaba: **Dr. Othon Carlos da Cruz e Dr. Antônio Carlos Barreto**, pelo auxílio nas atividades de montagem dos experimentos.

Ao **Dr. Hamilton César de Oliveira Charlo e Dr. Márcio José Santana**, pelas inúmeras sugestões e revisões na parte escrita do trabalho.

À **Dra. Elisa Norberto Ferreira**, pelos ensinamentos e orientações de estatística experimental.

À **Dra. Maria Amélia da Silva Campos Souza e Dra Sandra Gardellari**, pela revisão ortográfica e gramatical dos trabalhos.

À **Dra. Sueli Ciabotti**, pelo incondicional apoio prestado à frente da Coordenação do DINTER.

Às colegas de trabalho e de estudo **Dione Chaves de Macedo e Danielle Freire Paoloni**, pelo auxílio nos trabalhos de laboratório e de campo.

Ao técnico de laboratório e colega de trabalho **Lucas Arantes Pereira**, pela grande ajuda nas inúmeras análises realizadas no laboratório de Alimentos do IFTM-Uberaba.

Ao servidor do IFTM-Uberaba **Paulo Aveiro**, pelo grande apoio dado aos trabalhos de campo.

Aos alunos: **José de Assis F. Neto, João Lucas O. Villares, Josianne P. Honório, Aline Borges Torino** (bolsistas do IFTM-Uberaba) e **Thiago de Barros Sylvestre** (pós-graduando da UNESP-Jaboticabal), pelo valioso auxílio nos trabalhos de campo e de laboratório.

À **Fundação CAPES**, à **Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”- Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - Câmpus de Jaboticabal**, e ao **Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia – Câmpus de Uberaba**, que em parceria possibilitaram a realização deste curso.

Aos membros da Comissão Examinadora do Exame Geral de Qualificação, **Dr. Manoel Evaristo Ferreira, Dra. Mara Cristina Pessoa da Cruz, DR. José Carlos Barbosa, Dr. Arthur Bernardes Cecílio Filho e Dr. João Antonio Galbiatti**, pela valiosa ajuda na melhoria do artigo científico e projeto de qualificação.

Aos membros da banca examinadora, **Dr. Manoel Evaristo Ferreira, Dr. José Carlos Barbosa, Dra. Teresa Cristina Tarle Pissarra, Dr. José Ricardo Mantovani e Dr. Hamilton César de Oliveira Charlo**, pela disponibilidade, observações e sugestões bastante oportunas que contribuíram para a melhoria deste trabalho.

“No passado, era uma possibilidade; hoje, é uma realidade; realidade essa que somente foi possível graças a Deus e à ajuda de cada um de vocês, aos quais agradeço de coração. **Muito obrigado !**”

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE TABELAS</b> .....	iii
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	iv
<b>RESUMO</b> .....	vi
<b>ABSTRACT</b> .....	vii
<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	1
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	3
2.1 O nitrogênio no solo .....	3
2.2 O nitrogênio na planta .....	4
2.3 Ureia .....	6
2.4 Esterco bovino .....	6
2.5 Consórcio de hortaliças .....	8
2.6 Nitrato nas hortaliças e na saúde humana .....	11
2.7 Teor de clorofila e estado nutricional .....	13
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	14
3.1 Localização e caracterização da área experimental .....	14
3.2 Instalação e condução dos experimentos .....	17
3.3 Características avaliadas .....	22
3.3.1 Cultura da alface .....	22
3.3.2 Cultura da rúcula .....	24
3.3.3 Produtividade .....	25
3.3.4 Análise econômica das culturas consorciadas .....	26
3.4 Análise estatística .....	27
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	28
4.1 Experimento I (verão) .....	28
4.1.1 Alface .....	28
4.1.2 Rúcula .....	33
4.1.3 Avaliação econômica do consórcio – plantio de verão .....	40
4.2 Experimento II (inverno) .....	43
4.2.1 Alface .....	43

4.2.2	Rúcula .....	53
4.2.3	Avaliação econômica do consórcio – plantio de inverno .....	62
5	<b>CONCLUSÕES</b> .....	67
6	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	68
	<b>APÊNDICE A-</b> .....	77
	<b>APÊNDICE B-</b> .....	78
	<b>APÊNDICE C-</b> .....	79

**LISTA DE TABELAS**

## Tabela

1	Variáveis avaliadas nas plantas de alface, no cultivo de verão, em função de adubação com N-ureia e esterco bovino.	28
2	Variáveis avaliadas nas plantas de rúcula, no cultivo de verão, em função de adubação com N-ureia e esterco bovino.	34
3	Variáveis avaliadas no consórcio e na monocultura de alface, cv.“Vera”, e rúcula, cv. “Folha-Larga”, plantio de verão, em função de N-ureia e esterco bovino.	41
4	Variáveis avaliadas nas plantas de alface, no cultivo de inverno, em função de adubação com N-ureia e esterco bovino.	44
5	Variáveis avaliadas nas plantas de rúcula, no cultivo de inverno, em função de adubação com N-ureia e esterco bovino.	54
6	Variáveis avaliadas no consórcio e na monocultura de alface, cv.“Vera”, e rúcula, cv. “Folha-Larga”, plantio de inverno, em função de N-ureia e esterco bovino.	63

## LISTA DE FIGURAS

Figura		
1	Vista aérea do IFTM, Câmpus - Uberaba-MG, 2010.	14
2	Desenho da área experimental, consórcio de alface e rúcula, IFTM, Uberaba-MG, 2010.	15
3	Desenho da unidade experimental, monocultura de alface, IFTM, Uberaba-MG, 2010.	16
4	Desenho da unidade experimental, monocultura de rúcula, IFTM, Uberaba-MG, 2010.	16
5A	Desenho da unidade experimental, consórcio de alface e rúcula, área útil da rúcula, IFTM, Uberaba-MG, 2010.	17
5B	Desenho da unidade experimental, consórcio de alface e rúcula, área útil da alface, IFTM, Uberaba-MG, 2010.	17
6	Temperaturas máximas (diurnas), mínimas (noturnas) e médias diárias na área do Experimento I (verão), IFTM, Uberaba- MG, 2010.	20
7	Temperaturas máximas (diurnas), mínimas (noturnas) e médias diárias na área experimental do Experimento II (inverno), IFTM, Uberaba-MG, 2010.	20
8	Precipitação (Prec), Evapotranspiração da cultura (Etc) e Lâmina líquida aplicada (LL), Experimento I (verão), IFTM, Uberaba, MG – 2010.	21
9	Efeito do N-ureia na massa fresca da parte aérea da alface, cv. Vera, em consórcio, plantio de verão.	29
10	Efeito do N-ureia no teor de nitrato da alface, cultivar Vera, em consórcio, plantio de verão.	30
11	Efeito do esterco bovino na massa fresca da parte aérea da alface, cultivar Vera, em consórcio, plantio de verão.	31
12	Efeito do N-ureia na produtividade da alface, cultivar Vera, em consórcio, plantio de verão.	32
13	Efeito do N-ureia na altura da rúcula, cultivar Folha-Larga, em consórcio, plantio de verão.	35
14	Efeito do N-ureia no número de folhas por planta de rúcula, cultivar Folha-Larga, em consórcio, plantio de verão.	36
15	Efeito do N-ureia na massa fresca da parte aérea da rúcula, cultivar Folha-Larga, em consórcio, plantio de verão.	37
16	Efeito do N-ureia na massa seca da parte aérea da rúcula, cultivar Folha-Larga, em consórcio, plantio de verão.	38
17	Efeito do N-ureia no teor de clorofila total da rúcula, cultivar Folha-Larga, em consórcio, plantio de verão.	39
18	Efeito do N-ureia na produtividade da rúcula, cultivar Folha-Larga, em consórcio, plantio de verão.	40
19	Efeito do N-ureia na EUA da alface, cv. Vera, em consorcio com a Rúcula, cv. Folha-Larga, plantio de verão.	42
20	Efeito do N-ureia na Renda líquida da alface, cv. Vera, em consórcio com a rúcula, cv. Folha-Larga, plantio de verão.	43

21	Efeito da interação N-ureia e esterco bovino (N dentro de EB) no diâmetro da alface, cultivar Vera, em consórcio, plantio de inverno.	45
22	Efeito da interação esterco bovino e N-ureia (EB dentro de N) no diâmetro da alface, cultivar Vera, em consórcio, plantio de inverno.	46
23	Efeito do N-ureia na massa fresca da parte aérea da alface, cultivar Vera, em consórcio, plantio de inverno.	47
24	Efeito do esterco bovino na massa fresca da parte aérea da alface, cultivar Vera, em consórcio, plantio de inverno.	48
25	Efeito do N-ureia na massa seca da parte aérea da alface, cultivar Vera, em consórcio, plantio de inverno.	49
26	Efeito do esterco bovino na massa seca da parte aérea da Alface, cultivar Vera, em consórcio, plantio de inverno.	50
27	Efeito do N-ureia no teor de nitrato da alface, cultivar Vera, em consórcio, plantio de inverno.	51
28	Efeito do N-ureia na produtividade da alface, cultivar Vera, em consórcio, plantio de inverno.	52
29	Efeito do esterco bovino na produtividade da alface, cultivar Vera, em consórcio, plantio de inverno.	53
30	Efeito do N-ureia na altura da rúcula, cultivar Folha-Larga, em consórcio, plantio de inverno.	55
31	Efeito do N-ureia no número de folhas por planta de rúcula, cultivar Folha-Larga, em consórcio, plantio de inverno.	56
32	Efeito do esterco bovino no número de folhas por planta de rúcula, cultivar Folha-Larga, em consórcio, plantio de inverno.	57
33	Efeito do N-ureia na massa fresca da parte aérea da rúcula, cultivar Folha-Larga, em consórcio, plantio de inverno.	58
34	Efeito do N-ureia na massa seca da parte aérea da rúcula, cultivar Folha-Larga, em consórcio, plantio de inverno.	59
35	Efeito do N-ureia no teor de nitrato da rúcula, cultivar Folha-Larga, em consórcio, plantio de inverno.	60
36	Efeito do N-ureia no teor de clorofila total da rúcula, cultivar Folha-Larga, em consórcio, plantio de inverno.	61
37	Efeito do N-ureia na produtividade da rúcula, cultivar Folha-Larga, em consórcio, plantio de inverno.	62
38	Efeito do N-ureia na EUA da alface cv. Vera em consórcio com rúcula, cv. Folha-Larga, plantio de inverno.	64
39	Efeito do N-ureia na renda líquida da alface, cv. Vera, em consórcio com rúcula, cv. Folha-Larga, plantio de inverno.	64
40	Efeito do esterco bovino na EUA da área da alface, cv. Vera, e Rúcula, cv. Folha-Larga, em consórcio, plantio de inverno.	65
41	Efeito do esterco bovino na Renda líquida da alface, cv. Vera, em consórcio com rúcula, cv. Folha-Larga, plantio de inverno.	65

## PRODUTIVIDADE E TEOR DE NITRATO DE ALFACE E RÚCULA EM CULTIVO CONSORCIADO E MONOCULTIVO EM FUNÇÃO DA ADUBAÇÃO COM N-UREIA E ESTERCO BOVINO

**RESUMO** – Dois experimentos foram conduzidos em campo, nos períodos de 4 de janeiro a 12 de março de 2010 (plantio de verão) e 27 de maio a 9 de agosto de 2010 (plantio de inverno), no setor de olericultura do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro-Câmpus Uberaba, com o objetivo de avaliar o efeito da adubação com N-ureia combinada com esterco bovino, na produtividade de alface e rúcula, em consórcio. O delineamento experimental foi o de blocos casualizados, com quatro repetições, sendo os tratamentos arranjados em esquema fatorial 4x4+2. Os tratamentos resultaram da combinação de quatro doses de nitrogênio (0; 75; 150 e 225 kg ha<sup>-1</sup> de N), tendo como fonte a ureia, com quatro doses de esterco bovino (0; 10; 20 e 30 t ha<sup>-1</sup>) aplicados no consórcio de alface e rúcula, mais dois tratamentos representados por plantios em monocultura de alface e de rúcula, que receberam 150 kg ha<sup>-1</sup> de N-ureia e 20 t ha<sup>-1</sup> de esterco bovino. As cultivares utilizadas foram Vera (alface) e Folha-Larga (rúcula). Tanto no verão quanto no inverno é economicamente viável plantar alface e rúcula em consórcio. Os maiores índices de eficiência de uso da área (1,26) no verão e (1,51) no inverno podem ser alcançados usando como doses 168 kg ha<sup>-1</sup> de N-ureia mais 30 t ha<sup>-1</sup> de esterco bovino no verão e 206 kg ha<sup>-1</sup> de N-ureia mais 28 t ha<sup>-1</sup> de esterco bovino no inverno.

**Palavras-chave:** adubação nitrogenada, adubo orgânico, *Eruca sativa*, *Lactuca sativa*.

## PRODUCTIVITY AND CONTENT OF LETTUCE AND ROCKET NITRATE IN INTERCROPPING AND MONOCULTURE WITH N-UREA FERTILIZER AND COW MANURE

**ABSTRACT** - Two experiments were carried out in the field, from January 4 to March 12, 2010 (summer planting), and from May 27 to August 9, 2010 (winter planting), in horticulture sector of the Federal Institute of Education, Science and Technology at Triângulo Mineiro-Campus Uberaba, to evaluate the effect of N-fertilization with urea combined with manure on productivity of lettuce and rocket in consortium. The experimental design was randomized with four replicates, being the treatment arranged in factorial scheme 4x4+2. The treatments have resulted from the combination of four nitrogen doses (0; 75; 150 and 225 kg ha<sup>-1</sup> N) having ureia as source with four doses of cow manure (0; 10; 20 and 30 t ha<sup>-1</sup>) applied in the lettuce and rocket consortium, with two more treatments represented by monoculture plantings in lettuce and rocket, which received 150 kg ha<sup>-1</sup> of N-ureia and 20 t ha<sup>-1</sup> of cow manure. The cultivars used were Vera (lettuce) and Broadleaved (rocket). Both in summer and winter it is economically viable to plant lettuce and rocket in consortium. The highest rates of area use efficiency (1.26) in summer and (1.51) in winter can be achieved using doses of 168 kg ha<sup>-1</sup> of N-urea plus 30 t ha<sup>-1</sup> of cow manure in summer and 206 kg ha<sup>-1</sup> of N-urea plus 28 t ha<sup>-1</sup> of manure in winter.

**Keywords:** nitrogen fertilizer, organic fertilizer, *Eruca sativa*, *Lactuca sativa*

## 1 INTRODUÇÃO

A alface (*Latuca sativa* L.) é uma das hortaliças mais cultivadas no mundo. É consumida *in natura*, sendo boa fonte de vitaminas e sais minerais, e devido ao baixo teor de calorias tem sido recomendada para dietas alimentares ricas em fibras (ARAÚJO et al., 2011). A rúcula (*Eruca sativa* L.) destaca-se entre as hortaliças folhosas por sua composição em potássio, enxofre, ferro, vitamina A e C e pelo sabor picante e odor agradável (RODRIGUES et al., 2008).

A produção de hortaliças proporciona considerável impacto ambiental pelo intensivo emprego de insumos e recursos naturais. Quase sempre, a produtividade das culturas depende da aplicação de fertilizante nitrogenado em que a relação dose e produtividade é regida pela lei dos rendimentos decrescentes. Assim, a aplicação de doses elevadas de adubos nitrogenados poderá significar perda de dinheiro e aumento da possibilidade de poluição ambiental pelo nitrato, ao ser levado pela água da chuva através do perfil do solo e atingir as águas subterrâneas, os rios e lagos. A perda de qualidade dos produtos também pode ocorrer em função do acúmulo de nitrato nas plantas, que embora não seja prejudicial a elas, pode ser para humanos, em especial para crianças.

Em relação à adubação das culturas, o que se verifica na bibliografia disponível é que, por longo período, os trabalhos de pesquisa sobre manejo da adubação nitrogenada têm enfatizado mais os efeitos do que como, quando e quanto aplicar de nitrogênio, buscando-se maximizar a produtividade e, às vezes, a lucratividade da cultura, sem considerar a contribuição do solo e de outras fontes, como os adubos orgânicos, a perda de qualidade dos produtos e a possível contaminação ambiental causada por excesso de nitrogênio.

Nas últimas décadas, o nível de conscientização das relações da agricultura com o ambiente, os recursos naturais e a qualidade dos alimentos aumentaram, e têm sido demandadas mudanças para produção de alimentos de modo mais sustentável (OLIVEIRA et al., 2005). Dentre as práticas alternativas de produção, destaca-se o consórcio de culturas, no qual se faz o plantio de duas ou mais espécies simultaneamente em uma mesma área, o que pode conferir uma série de vantagens em relação à monocultura, tais como: melhor aproveitamento de recursos

e insumos utilizados nos cultivos, maior eficiência no uso da terra, maior proteção do solo contra erosão, maior diversidade biológica, tendo com isso menor ataque de pragas e doenças e, por último, maior produção de alimentos por unidade de área.

Das práticas culturais usadas no consórcio, a adubação das culturas envolvidas é a menos estudada. As recomendações de adubação para as culturas em consórcio referem-se à monocultura da hortaliça mais exigente. Quanto às adubações de cobertura, ou é realizada somente para a hortaliça considerada a principal no consórcio, ou é realizada separadamente para cada hortaliça do consórcio (BARROS JÚNIOR et al., 2009).

Atualmente, são polêmicas as discussões sobre as vantagens e as desvantagens da utilização de adubos orgânicos associados aos adubos industrializados para a produção de culturas, em particular para as holerícolas. Por um lado, os adubos orgânicos não têm concentração suficiente de nutrientes para atender às necessidades da cultura, mas agem melhorando o solo em relação às propriedades físicas, químicas e biológicas. Por outro lado, os adubos industrializados têm menor efeito físico no solo, mas têm maior rapidez em disponibilizar os nutrientes em concentrações suficientes para atender às necessidades das plantas.

O uso conjunto de adubo orgânico com adubo industrial ou sintético, normalmente, é mais eficiente que a aplicação exclusiva de qualquer dos dois adubos, e sua utilização na produção de hortaliças, tanto comercial como para subsistência, possui um papel importante para a atividade agrícola, contribuindo para o seu fortalecimento e garantindo sua sustentabilidade, através da redução dos custos de produção. Nesse sentido, objetivou-se avaliar o efeito de doses de N-ureia combinadas com doses de esterco bovino, na produtividade e no teor de nitrato de alface e rúcula em cultivo consorciado e monocultivo, nos períodos do verão e do inverno.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 O nitrogênio no solo

No solo, o nitrogênio pode ser encontrado nas formas orgânica e inorgânica, sendo que o mesmo predomina na forma orgânica, fazendo parte de compostos orgânicos e da matéria orgânica, nos horizontes superficiais, como aminoácidos, proteínas, aminoaçúcares e outros complexos, representando 95 a 99% do N total. A disponibilidade de N para as plantas depende do conteúdo e da taxa de mineralização da matéria orgânica (entrada) e das perdas que ocorrem no solo (saída) (FONTES; ARAÚJO, 2007).

A quantidade de N no solo é controlada especialmente pelos fatores que influenciam na taxa de mineralização da matéria orgânica, como o tipo de matéria orgânica, umidade, temperatura e condições ambientais que condicionam a atividade dos micro-organismos (DAHNIKE; JOHNSON, 1990). O N mineralizado ( $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_2^-$  e  $\text{NO}_3^-$ ), na maioria dos casos, não supera 2% do N total do solo, podendo aumentar em condições ótimas de decomposição (TISDALE; NELSON; BEATON, 1985).

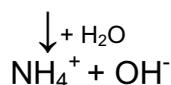
O N inorgânico, principalmente amônio ( $\text{N-NH}_4^+$ ) e nitrato ( $\text{N-NO}_3^-$ ), que são as formas absorvidas pelas plantas, é proveniente principalmente da mineralização da matéria orgânica do solo (aminização, amonificação e nitrificação) e da aplicação de fertilizantes orgânicos e minerais, das águas da chuva e da irrigação (TISDALE; NELSON; BEATON, 1985) e da liberação de  $\text{NH}_4^+$  em solos ricos em minerais de argila 2:1 (NEETESON, 1995). A mineralização de N pode ser dividida em dois processos: aminização e amonificação, que ocorrem conforme segue:

#### **Aminização:**

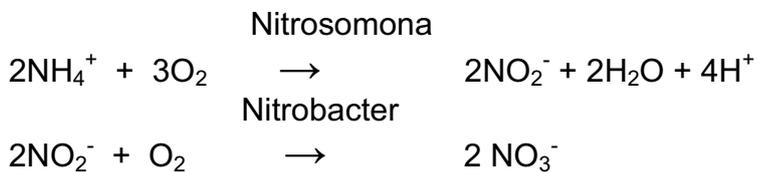
proteínas  $\rightarrow$  R -  $\text{NH}_2$  +  $\text{CO}_2$  + energia + outros produtos

#### **Amonificação:**

R -  $\text{NH}_2$  +  $\text{H}_2\text{O}$   $\rightarrow$   $\text{NH}_3$  + R - OH + energia



O N amoniacal pode ser absorvido pelas plantas; porém, em solos bem drenados, é transformado em nitrato por ação microbiana. Este processo é chamado de nitrificação, ocorrendo em duas etapas:



A primeira transformação é feita por *Nitrosomona sp*, e a segunda, por *Nitrobacter sp*, que são bactérias aeróbicas; sendo assim, este processo ocorre em locais de boa drenagem. A nitrificação é um processo que acidifica o solo (TISDALE; NELSON; BEATON,1985).

O N inorgânico adicionado tem os seguintes destinos: solução do solo, adsorvido aos coloides ( $\text{NH}_4^+$ ); absorvida pelas plantas; utilizada por micro-organismos para a síntese de estruturas (imobilização) e respiração anaeróbica; perdida por lixiviação na forma de  $\text{N-NO}_3^-$ ; reduzida para compostos voláteis e perdida na forma de gases, como  $\text{N}_2$ ,  $\text{NO}$ ,  $\text{N}_2\text{O}$  e  $\text{NH}_3$ , em decorrência de reações químicas e biológicas, e queima de restos de plantas (TISDALE; NELSON; BEATON,1985).

## 2.2 O nitrogênio na planta

O nitrogênio é o nutriente exigido em maiores quantidades pelas culturas. Esse fato é refletido no consumo mundial do elemento em fertilizantes, há muito superando as quantidades de fósforo e potássio. Na planta, após sua absorção, o nitrogênio é inicialmente reduzido à forma amoniacal e combinado nas cadeias orgânicas, formando ácido glutâmico; este, por sua vez, é incluído com mais de uma centena de diferentes aminoácidos. Desses, cerca de 20 são usados na formação de proteínas, as quais participam, como enzimas, nos processos metabólicos das plantas. Além disso, o nitrogênio participa da composição da molécula de clorofila (RAIJ, 2011).

Na planta, o N tem a função estrutural, sendo componente de aminoácidos, amidas, proteínas, ácidos nucleicos, nucleotídeos, coenzimas, hexoaminas, clorofila e metabólitos secundários, como alcaloides, glicosídeos cianogênicos,

glucosinolatos e aminoácidos não proteicos que atuam na defesa da planta (TAIZ; ZEIGUER, 2004), sendo um dos nutrientes que mais influenciam na produtividade.

Plantas deficientes em nitrogênio apresentam-se amareladas e com crescimento reduzido, devido à baixa formação de proteínas e outros compostos nitrogenados que controlam o crescimento. A clorose desenvolve-se primeiro nas folhas mais velhas, com as mais novas permanecendo verdes. Em casos de deficiências severas, as folhas adquirem coloração marrom e morrem (RAIJ, 2011).

Se por um lado a deficiência de N prejudica o desenvolvimento das plantas, por outro o seu excesso também pode ser prejudicial à planta. O excessivo suprimento de N causa crescimento demasiado da parte aérea em relação ao sistema radicular, deixando a planta mais suscetível ao déficit hídrico e à deficiência de outros nutrientes, como o fósforo e o potássio (ENGELS; MARSCHNER, 1995). O excesso de N pode ainda tornar as plantas menos resistentes a infecções fúngicas, pela redução na síntese de compostos fenólicos, como a lignina. Algumas doenças podem ser favorecidas pela forma de nitrogênio aplicada (DUFFY; DÉFAGO, 1999). Em certas condições, as plantas podem não ter quantidades suficientes de carboidratos disponíveis para converter o excesso de amônia, que se torna tóxica, diminuindo a resistência das plantas à infecção. O excesso de nitrato também pode favorecer a germinação e o desenvolvimento de certos conídios (MARSCHNER, 1995).

Segundo Stevenson (1982), do total de N aplicado no solo, muito pouco é recuperado pelas plantas, evidenciando grande perda por processos de desnitrificação, erosão, lixiviação e volatilização. A desnitrificação é um dos processos de perda de N e consiste na produção de formas gasosas de N a partir de  $\text{NO}_3^-$ . Esse processo ocorre em condições de solo encharcado, ou seja, anaerobiose.

Nas culturas da alface e da rúcula, plantas folhosas, o nitrogênio é o que promove maior incremento nas produtividades e nas massas das plantas. Essa constatação foi feita por Resende et al. (2009) que, avaliando a produtividade e os teores de macronutrientes em alface tipo americana, em função de doses de nitrogênio e molibdênio, em cultivo de verão, obtiveram a produtividade máxima comercial de  $450 \text{ g planta}^{-1}$ , com  $149,1 \text{ kg ha}^{-1}$  de N.

Purquerio et al. (2007) avaliaram o efeito da adubação nitrogenada de cobertura e do espaçamento sobre a produção de rúcula e concluíram que, no outono-inverno, a dose que possibilitou a maior produtividade ( $1,3 \text{ kg m}^2$ ), no campo, foi  $240 \text{ kg ha}^{-1}$  de N.

Avaliando doses de nitrogênio ( $0$  a  $60 \text{ kg ha}^{-1}$ ) na rúcula, Rana, Sousa e Castro (2001) verificaram aumento na altura das plantas, no número de folhas por planta e na quantidade de sementes produzidas por planta com o aumento das doses de nitrogênio.

### **2.3 Ureia**

A ureia é obtida por reação de amônia e gás carbônico sob alta pressão, em presença de catalisador. Embora ela esteja incluída entre os chamados adubos minerais, trata-se na realidade de um composto orgânico. Mais de 90% da produção de ureia é destinada para uso como fertilizante. Isso se deve ao baixo custo por unidade de N, à alta solubilidade e ao alto teor de N (45%) no fertilizante, o que diminui o custo com transporte, a estocagem e a aplicação no campo. O produto pode ser utilizado na forma de pérolas, grânulos ou como fertilizantes líquidos (RAIJ, 2011; FRANCO; SARAIVA NETO, 2007).

As restrições ao uso do produto dizem respeito a propriedades físicas indesejáveis, decorrentes de sua higroscopicidade, de possíveis perdas de nitrogênio por volatilização quando usado na superfície de solos e da toxicidade do biureto para as plantas, substância que ocorre como impureza na ureia. Avanços tecnológicos na granulação da ureia permitem a produção de adubo com propriedades físicas muito favoráveis, ficando a questão da volatilização de amônia proveniente da ureia para ser resolvida pelo uso adequado do adubo e por inibidores de urease, enzima responsável pela hidrólise da ureia em amônia (RAIJ, 2011).

A utilização da ureia pela planta necessita da ação da enzima uréase, que é uma enzima extracelular produzida por bactérias, actinomicetos e fungos do solo ou, ainda, originada de restos vegetais (REYNOLDS; ANDRADE; ARAÚJO, 1987).

### **2.4 Esterco bovino**

Um fator importante a ser considerado na adubação das hortaliças refere-se ao fato de ser bastante comum a utilização de adubos industriais associados a

adubos orgânicos. Os adubos orgânicos aplicados ao solo, em quantidades, épocas e maneiras adequadas, proporcionam melhorias nas propriedades químicas, físicas e biológicas dos solos (KIEHL, 1985). Segundo a Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais (1999), a adubação orgânica compreende o uso de resíduos orgânicos de origem animal, vegetal, agroindustrial e outros, com a finalidade de aumentar a produção das culturas.

Os adubos orgânicos de origem animal (estercos) sempre foram muito utilizados, mas com o advento dos adubos industriais, o que se observou é que o interesse pelos adubos orgânicos diminuiu. Mais recentemente, a preocupação com a degradação ambiental renovou o interesse pelo uso dos estercos, ou seja, pela agricultura sustentável, em que o uso de adubos orgânicos contribui para preservar os recursos naturais. Os estercos de animais são os mais importantes adubos orgânicos, por sua composição, disponibilidade relativa e benefícios da aplicação (MARQUES, 2006).

Dentre os estercos animais, merece destaque o esterco bovino, que é utilizado com bastante frequência pelos produtores de hortaliças. As principais vantagens do uso de esterco bovino são: melhoria da estrutura do solo; diminuição dos processos de compactação do solo; melhoria da aeração e da drenagem do solo; aumento da capacidade de armazenamento de água no solo; diminuição dos efeitos da erosão; fonte de macronutrientes e micronutrientes; aumento da CTC do solo; melhores condições para crescimento de raízes; aumento do número de micro-organismos úteis no solo, importante no combate de pragas; fornece nutrientes lentamente prolongando os efeitos da adubação (MOREIRA; SIQUEIRA, 2004; PAULETTI; MOTTA, 2004; ROSA, 2005).

Segundo Pauletti e Motta (2004), o esterco bovino contém 15% de matéria seca; a composição média em macronutrientes, em porcentagem, é: 1,5 de N; 1,4 de P; 1,5 de K, e 15 de matéria seca. Quanto a micronutrientes, em  $\text{mg kg}^{-1}$ , o esterco contém, em média: 7,6 de Zn; 21 de Cu; 105 de Fe, e 2,3 de Mn. A composição do esterco varia muito, e isso ocorre conforme o estado de decomposição do mesmo, ao manuseio, à estocagem, à espécie e idade do animal, do manejo e da alimentação que esses animais recebem.

Vários pesquisadores comprovaram os benefícios proporcionados pelo uso dos adubos orgânicos, principalmente do esterco bovino, no cultivo de hortaliças: Oliveira et al. (2001) verificaram que o esterco bovino proporcionou a formação de cabeças de repolho mais uniformes, compactas e de boa aceitação comercial em Areia-PB; Alves et al. (2005), trabalhando com coentro, constataram que o aumento das doses de esterco bovino aumentou linearmente o rendimento das sementes dessa cultura; Rodrigues et al. (2008), avaliando quantidades de esterco bovino no desempenho agrônomo da rúcula cultivar “Cultivada”, em Mossoró-RN, obtiveram melhor resultado com  $60 \text{ t ha}^{-1}$ . Oliveira et al. (2010) realizaram dois experimentos em Lavras-MG, nos meses de abril a setembro de 2006, para avaliar a produtividade de alface e rúcula, em sistema consorciado, com adubação orgânica e industrial, e concluíram que todas as associações de alface e rúcula, assim como seus cultivos solteiros tiveram melhor desempenho produtivo com a adubação orgânica.

## **2.5 Consórcio de hortaliças**

O consórcio de culturas pode ser definido como o crescimento de duas ou mais culturas simultaneamente, na mesma área, sem que seja necessário conviverem por todos os seus ciclos de produção (WILLEY, 1979). Sendo assim, as culturas podem ser plantadas na mesma época ou em épocas diferentes (culturas sequenciais); as colheitas também podem ser simultâneas ou escalonadas (LIEBMAN, 2002).

Os consórcios de culturas podem envolver combinações de espécies anuais com outras anuais, anuais com perenes, ou perenes com perenes. Podem apresentar diversos arranjos espaciais, desde uma simples combinação de duas espécies em fileiras alternadas, até consórcios complexos de mais de uma dúzia de espécies misturadas (CECÍLIO FILHO, 2005).

O cultivo consorciado é caracterizado pela competição interespecífica, sendo que, na monocultura, ocorre apenas a competição intraespecífica (HART, 1975). Esse relacionamento das culturas pode resultar em inibição mútua, quando a produção de cada espécie em consórcio é menor do que a produção esperada; em cooperação mútua, quando a produção de cada espécie em consórcio é maior do que a esperada; em compensação, quando uma cultura que produz menos é

compensada por outra que produz mais do que a expectativa inicial (WILLEY, 1979a).

Fraca competição ocorre quando as duas ou mais culturas utilizam diferentes componentes do sistema ou, diferentemente, o mesmo recurso, ou de algum modo exploram nichos ecológicos distintos (VANDERMEER, 1989a). Nesse caso, o consórcio irá produzir mais do que suas respectivas monoculturas.

Quando o período de maior demanda de recursos do ambiente pelas culturas consorciadas não é coincidente, a competição entre elas pode ser minimizada, sendo essa situação denominada complementaridade temporal; enquanto, quando há diferenças na arquitetura das plantas, favorecendo a melhor utilização da luz, água e nutrientes, ocorre a denominada complementaridade espacial (WILLEY, 1979b). Daí, a fim de coexistirem, os recursos necessários não podem ser idênticos (HART, 1986), ou elas devem exibir diferenciação ao menos quanto a algum padrão de comportamento ou à utilização de recursos (CHAPMAN; REISS, 1992).

O consórcio apresenta inúmeras vantagens em relação à monocultura, tais como: maior produção de alimentos por unidade de área, maior diversidade biológica, maior proteção do solo, maior eficiência de uso da terra e melhor aproveitamento de recursos e insumos utilizados nos cultivos (REZENDE et al., 2005).

Geralmente, a produtividade das culturas consorciadas é maior do que a da cultura solteira, mesmo quando a produção de cada componente, individualmente é diminuída. Esta vantagem de produtividade é expressa pela razão do Uso Eficiente da Terra (UET) ou Índice de Eficiência de Uso da Área (EUA), que indica a área de terra necessária, em monocultura, para produzir a mesma quantidade de um hectare de consórcio, usando a mesma população de plantas e com o mesmo manejo. Se o valor UET ou EUA obtido for maior do que um (1), o consórcio é mais eficiente do que o monocultivo das culturas exploradas (VANDERMEER, 1981).

Os sistemas consorciados devem ser julgados não só por meio de indicadores agronômicos, como a UET, mas também por indicadores econômicos, como renda bruta, renda líquida, índice de lucratividade, taxa de retorno, entre outros (BELTRÃO et al., 1984).

Vários pesquisadores trabalhando com consórcio de hortaliças demonstraram a eficiência desse sistema. Costa et al. (2007) avaliaram a produtividade de grupos de alface e de rúcula, em consórcio, em relação aos seus cultivos solteiros, em condições de campo, e verificaram que os cultivos consorciados se apresentaram superiores aos cultivos solteiros entre 5 e 93%, segundo o índice de uso eficiente da terra. Bezerra Neto et al. (2003) avaliaram o desempenho agrônomo do consórcio cenoura x alface-lisa em dois sistemas de cultivo em faixa e concluíram que a produtividade média da alface nos sistemas consorciados, embora inferior à do sistema solteiro, representou uma fonte adicional de renda. A cenoura 'Brasília' x alface cv. 'Verdinha', em faixas com quatro fileiras, foi a que apresentou maior viabilidade agrônoma, com índice de eficiência de uso da área em torno de 19% e taxa de retorno ao redor de 3,0.

Rezende et al. (2009) avaliaram o custo de produção e rentabilidade das culturas de alface, rabanete, rúcula e repolho em cultivo solteiro e consorciadas com pimentão e constataram que as culturas de alface e rabanete consorciadas com pimentão apresentaram aumento na renda líquida de 49,6% e 13,9%, respectivamente, quando comparadas com seus cultivos solteiros. A maior rentabilidade (49,6%) foi obtida em consórcio de pimentão e alface, e as taxas de retorno e índice de lucratividade dos consórcios pimentão com repolho (13,36 e 92,51%), rúcula (12,27 e 91,85%), alface (13,27 e 92,47%) e rabanete (6,89 e 85,49%) foram maiores do que as de seus respectivos cultivos solteiros, sendo as de repolho, rúcula, alface e rabanete, respectivamente, 10,05 e 90,05%, 9,67 e 89,65%, 7,46 e 86,60% e 5,10 e 80,38%.

Barros Júnior et al. (2011), estudando os efeitos da adubação nitrogenada em consórcio de alface e rúcula, concluíram que o aumento da dose de nitrogênio para ambas as culturas, em consórcio, proporcionou incrementos na massa fresca e na produtividade da alface e da rúcula, maximizando o índice de eficiência de uso da área (1,84), na dose de 127 kg ha<sup>-1</sup> de N para a alface e 195 kg ha<sup>-1</sup> de N para a rúcula.

Segundo Cecílio Filho (2005a), várias combinações de plantas já foram testadas em consórcio, entre elas o consórcio de alface e rúcula, que demonstrou elevado potencial de uso pelos produtores; haja vista a grande eficiência de uso da

área, redução no custo operacional total e viabilidade econômica. Porém, muito ainda tem de ser estudado e analisado em relação às interferências negativas que, segundo Vandermeer (1989), ocorrem entre as espécies vegetais em função de efeitos alelopáticos ou da competição por água, nutrientes, gás carbônico e luz ou, ainda, em função da população de insetos-praga ou das modificações no clima.

## **2.6 Nitrato em hortaliças e na saúde humana.**

Dentre os alimentos, os vegetais são a principal fonte de ingestão de nitrato, contribuindo com cerca de 50% do total ingerido pelo homem (SCHRÖDER; BERO, 2001). Esse nitrato sofre ação microbiana na saliva e é reduzido a nitrito, o qual, por sua vez, reage com aminas e forma compostos N-nitrosos, como as nitrosaminas, que são carcinogênicos. Em crianças, o nitrito pode provocar a metemoglobinemia, processo que leva ao impedimento do transporte de oxigênio dos alvéolos pulmonares para os tecidos, o que pode acarretar a morte (SWANN, 1975; GREENWOOD; HUNT, 1986).

Os teores de nitrato em alface, considerados aceitáveis para o consumo humano, variam com a época do ano e não são estipulados nas leis brasileiras, sendo adotados índices europeus no Brasil (LUZ et al., 2008). A Comunidade Europeia estabeleceu como limites máximos permitidos para alface produzida em ambiente protegido teores de nitrato de 3.500 mg kg<sup>-1</sup> de massa fresca (MF) no período de verão e 4.500 mg kg<sup>-1</sup> de MF no período de inverno; para alface produzida em campo aberto, o limite máximo permitido é de 2.500 mg kg<sup>-1</sup> de MF (McCALL; WILLUMSEN, 1998).

A Organização Mundial para Agricultura e Alimentação (FAO) e a Organização Mundial de Saúde (OMS) estabeleceram como admissíveis as doses diárias de 3,65 mg do íon nitrato e 0,133 mg do íon nitrito por quilograma de massa corpórea (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 1973). O comitê Conjunto FAO/WHO de Peritos em Aditivos Alimentares (JECFA) estabeleceu para o nitrato uma Ingestão Diária Aceitável (IDA) de 0 a 5,0 mg kg<sup>-1</sup> de massa corpórea e uma IDA temporária de 0 a 0,2 mg kg<sup>-1</sup> de massa corpórea para o nitrito, recomendando não adicionar nitrito nos alimentos destinados a crianças com menos de seis meses de idade (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 1976).

O conteúdo de nitrato na planta depende das quantidades e formas de fertilizantes fornecidas no meio de cultivo. O suprimento de nitrogênio é o fator nutricional mais importante na determinação do acúmulo de nitrato, pois influencia de maneira positiva na produção de hortaliças, principalmente as folhosas. Em razão disso, seu uso é, na maioria das vezes, excessivo, possibilitando o consumo de luxo com efeitos negativos na qualidade química das hortaliças (MAYNARD et al., 1976; FAQUIN et al., 1994). Além da adubação nitrogenada, a intensidade de luz, o caráter genético, o sistema de cultivo, a disponibilidade de molibdênio, a temperatura e a umidade do solo também podem afetar o acúmulo de nitrato nas plantas (MAYNARD et al., 1976; MONDIN, 1996).

Diversos pesquisadores trabalharam com adubação nitrogenada em hortaliças e mostraram resultados de acúmulo de nitrato em função do uso desse nutriente. Barros Júnior et al. (2009), avaliando o consórcio alface e rúcula em experimento de campo com diferentes adubações nitrogenadas, verificaram teores máximos de nitrato nas folhas de alface e rúcula de  $2,82 \text{ g kg}^{-1}$  e  $13,29 \text{ g kg}^{-1}$  de massa seca, respectivamente, com a aplicação de  $195 \text{ kg ha}^{-1}$  de N na adubação de alface e  $41 \text{ kg ha}^{-1}$  de N na adubação da rúcula e, em outra combinação de doses,  $195 \text{ kg ha}^{-1}$  de N para a rúcula e  $65 \text{ kg ha}^{-1}$  de N para a alface, respectivamente.

Purquerio et al. (2007), avaliando o crescimento, a produção e a qualidade de rúcula em função do nitrogênio (0 a  $240 \text{ kg ha}^{-1}$  de N) e da densidade de plantio, verificaram que, nas duas épocas experimentais (outono/inverno e verão), houve aumento do teor de nitrato na folha com o aumento das doses de nitrogênio. Mondin (1996), estudando o efeito de sistemas de cultivo na produtividade e no acúmulo de nitrato em cultivares de alface, em Jaboticabal-SP, observou teor de  $581,6 \text{ mg}$  de  $\text{NO}_3^- \text{ kg}^{-1}$  de matéria fresca (MF), em alface cultivada em hidroponia, e de  $1.129,9 \text{ mg}$  de  $\text{NO}_3^- \text{ kg}^{-1}$  de MF nos cultivos de campo, destacando-se o maior teor de nitrato no cultivo em campo que no cultivo hidropônico.

Dentre os fatores ambientais, a intensidade luminosa parece ser o mais marcante no acúmulo de nitrato em plantas. A explicação para esse acúmulo, que ocorre na ausência de luz ou baixa intensidade luminosa, é que nessas condições não haveria nos cloroplastos um fluxo de elétrons via ferredoxina suficiente para a redutase do nitrato no citoplasma, acumulando, assim, o  $\text{NO}_3^-$  absorvido. Dessa

maneira, em plantas cultivadas em campo, em vasos, ou em hidroponia, ocorre um acúmulo de  $\text{NO}_3^-$  durante a noite e redução de seu teor durante o dia (FAQUIN; ANDRADE, 2004). Krohn et al. (2003), ao fazerem colheitas de alface em quatro horários diferentes, verificaram que as plantas colhidas à 0h e às 6h apresentaram teor de nitrato, em média, 40% maior do que as colhidas às 12h e às 18h.

Algumas medidas têm sido estudadas no sentido de reduzir o teor de nitrato em hortaliças, como, por exemplo, adequar a adubação nitrogenada, colher as plantas em horários de menor acúmulo, atentar para as condições de armazenamento, selecionar cultivares com menor potencial de acúmulo e controlar os efeitos ambientais, buscando ativar o processo assimilatório, e reduzindo o acúmulo de nitrato (BYRNE et al., 2002).

## **2.7 Teor de clorofila**

Diversos estudos têm apontado que o monitoramento do teor de clorofila pode ser utilizado para avaliação indireta do estado nutricional de nitrogênio em plantas, e, ainda, que esses teores apresentam forte correlação positiva com produtividade das mesmas (ARGENTA; SILVA; BORTOLINI, 2001; FONTES; PEREIRA; CONDE, 1997 citados por VIANA et al., 2008). Grande parte do nitrogênio contido nas folhas é integrante das enzimas que estão associadas aos cloroplastos e participam da síntese das moléculas de clorofila, que é um pigmento que reflete a cor verde nas plantas e está diretamente associado com o potencial da atividade fotossintética (ZOTARELLI et al., 2003).

Pôrto (2006) observou uma correlação positiva entre o teor de nitrogênio foliar e o teor de clorofila em folhas de alface. Carvalho et al. (2003) verificaram um aumento no teor de clorofila nas folhas do feijoeiro, bem como maior produtividade de grãos, com o aumento das doses de N.

A determinação da clorofila pode ser feita de forma tradicional, pela extração dos solutos foliares e posterior determinação espectrofotométrica, utilizando comprimentos de onda na região do vermelho do espectro de luz visível (ZOTARELLI et al., 2003) ou, ainda, por leitura direta, utilizando-se do clorofilômetro e determinando-se o índice SPAD (Soil Plant Analysis Development).

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Localização e caracterização da área experimental

O trabalho de pesquisa foi conduzido a campo, no Setor de Olericultura do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro (Figura 1), localizado a 19°45'26" de latitude sul e 47°55'27" de longitude oeste, município de Uberaba-MG, em solo classificado como Latossolo Vermelho distrófico, textura franco-argiloarenosa (EMBRAPA, 2006).

Foram realizados dois experimentos, em áreas adjacentes com as mesmas características e tratamentos, diferindo apenas na época de plantio: Experimento I, no período de 4 de janeiro a 12 de março de 2010 (plantio de verão), e Experimento II, no período de 27 de maio a 9 de agosto de 2010 (plantio de inverno).



Figura 1. Vista aérea do IFTM, Câmpus - Uberaba-MG, 2010.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com 18 tratamentos e quatro repetições, sendo os tratamentos arranjados em esquema fatorial 4x4+2 (Figura 2).

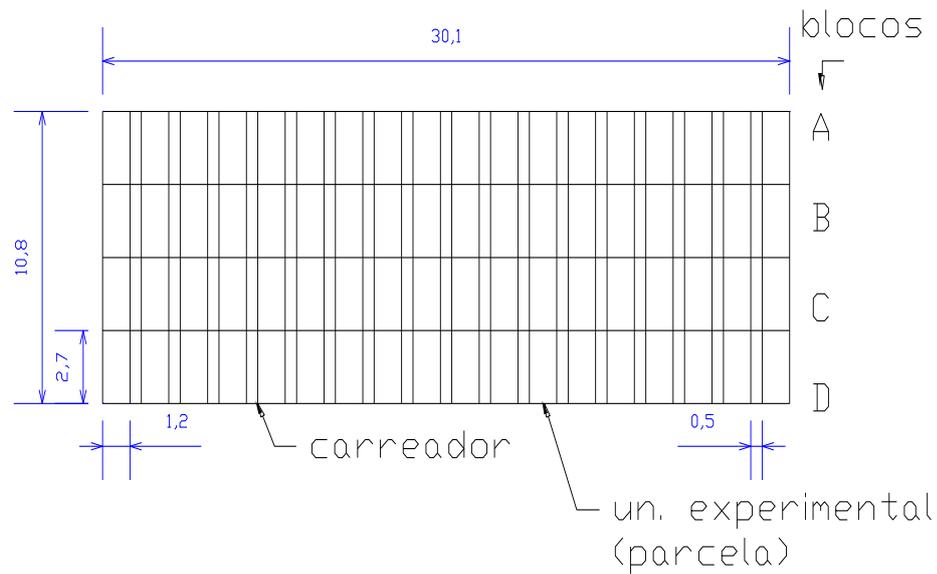


Figura 2. Desenho da área experimental, consórcio de alface e rúcula, IFTM, Uberaba-MG, 2010.

Os tratamentos resultaram da combinação de quatro doses de N-ureia (0; 75; 150 e 225 kg ha<sup>-1</sup>), com quatro doses de esterco bovino (0; 10; 20 e 30 t ha<sup>-1</sup>), aplicados no consórcio de alface e rúcula, mais dois tratamentos adicionais, representados pelas monoculturas que receberam 150 kg ha<sup>-1</sup> de N-ureia e 20 t ha<sup>-1</sup> de esterco bovino. As doses estudadas foram baseadas na recomendação da Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais (CFSEMG, 1999), que é de 150 kg ha<sup>-1</sup> de N para alface e 20 a 40 t ha<sup>-1</sup> de esterco bovino.

A unidade experimental foi montada com 3,24 m<sup>2</sup> (2,70 x 1,20 m) e foi constituída na monocultura de alface por 4 linhas e 36 plantas, cultivadas no espaçamento de 0,30 x 0,30 m (Figura 3). A monocultura de rúcula foi constituída por 3 linhas e 216 plantas cultivadas no espaçamento de 0,30 x 0,05 m (Figura 4).

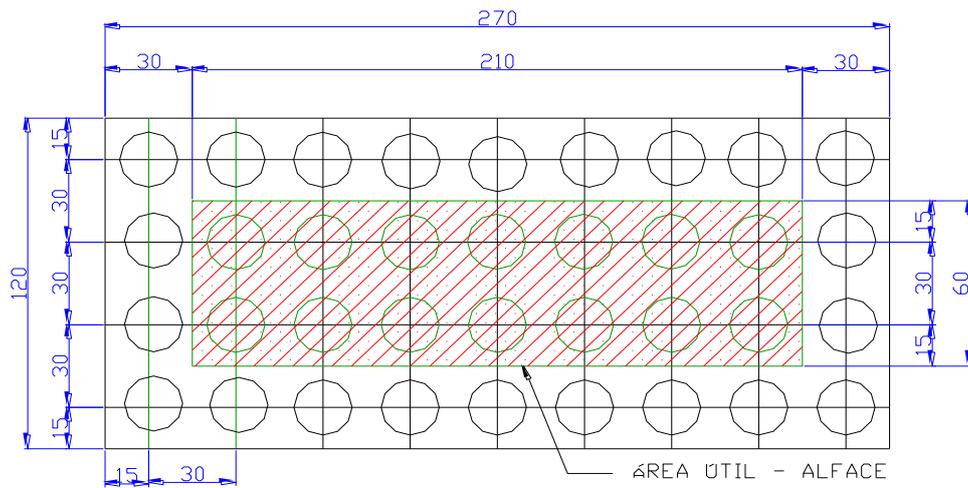


Figura 3. Desenho da unidade experimental, monocultura de alface, IFTM, Uberaba-MG, 2010.



Figura 4. Desenho da unidade experimental, monocultura de rúcula, IFTM, Uberaba-MG, 2010.

No consórcio, a rúcula foi semeada em sulcos localizados no meio das entrelinhas da alface e teve a associação de 3 linhas de rúcula e 4 linhas de alface (Figuras 5A e 5B).

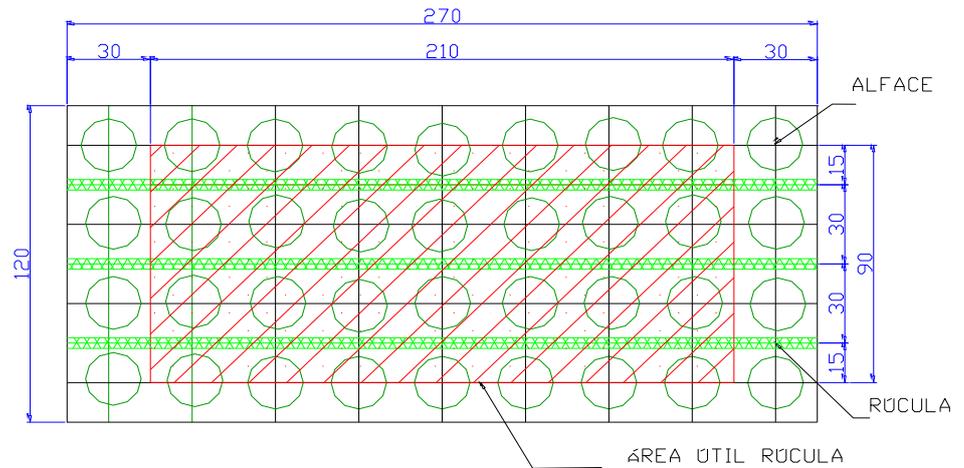


Figura 5A. Desenho da unidade experimental, consórcio de alface e rúcula, área útil da rúcula, IFTM, Uberaba-MG, 2010

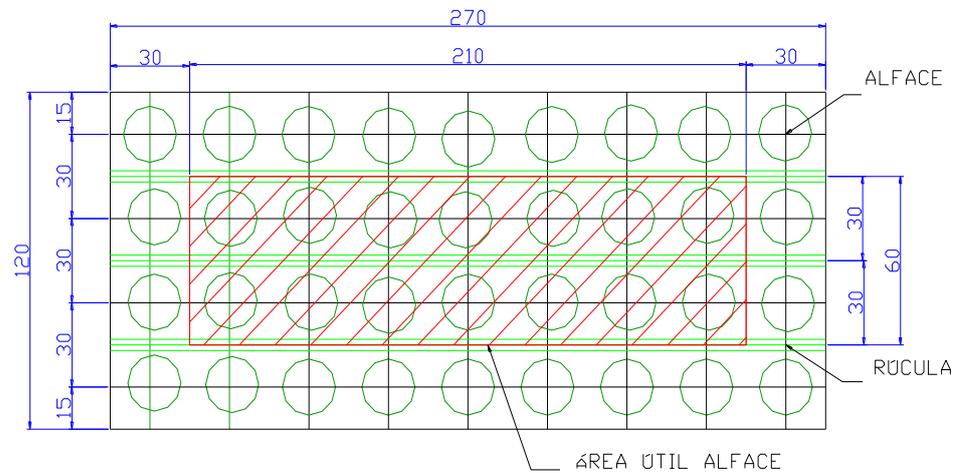


Figura 5B. Desenho da unidade experimental, consórcio de alface e rúcula, área útil da alface, IFTM, Uberaba-MG, 2010.

### 3.2 Instalação e condução dos experimentos

O experimento foi montado em uma área do setor de olericultura do IFTM-Câmpus Uberaba, com 6 anos, sem ação antrópica e que possuía como cobertura vegetal *brachiaria sp* nativa.

Realizou-se a amostragem do solo, coletando-se com trado 20 amostras simples, na camada de 0 a 20 cm de profundidade, para obter a amostra composta. A amostra composta foi enviada ao Laboratório de Fertilidade do Solo, na UNESP, Câmpus de Jaboticabal, para análise química, com fins de avaliação da fertilidade, seguindo métodos descritos por Raij et al. (2001).

O solo do Experimento I apresentou P (resina) = 6 mg dm<sup>-3</sup>; MO = 26 g dm<sup>-3</sup>; pH (CaCl<sub>2</sub>) = 5,0; em mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> K<sup>+</sup> = 2,0; Ca<sup>2+</sup> = 12 ; Mg<sup>2+</sup> = 4; H+Al = 34 ; SB = 18; CTC = 52 e V = 35%.

O solo do Experimento II apresentou P (resina) = 9 mg dm<sup>-3</sup>; MO = 28 g dm<sup>-3</sup>; pH (CaCl<sub>2</sub>) = 5,2; em mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> K<sup>+</sup> = 1,9; Ca<sup>2+</sup> = 19; Mg<sup>2+</sup> = 6; H+Al = 28; SB = 27; CTC = 55 e V = 49%.

Uma amostra com aproximadamente 500 g do esterco bovino, usado nos dois experimentos, foi enviada ao Laboratório de Análise de Solos da ESALQ, Piracicaba-SP, para a determinação da umidade e composição química. O esterco bovino analisado apresentou as seguintes características: pH em CaCl<sub>2</sub> = 8,0 e Umidade total = 55,5 g kg<sup>-1</sup> em base seca a 110°C e em g kg<sup>-1</sup>, N = 17,3; P = 11,6; K = 15,8; Ca = 12,3; Mg = 3,0; S = 1,8 e relação C/N = 11/1.

Para a instalação do experimento, foi realizado o preparo do solo, usando-se roçadeira hidráulica seguida de catador de raízes para a retirada do material orgânico (gramíneas), uma aração e duas gradagens.

Com base na análise química do solo, realizou-se a calagem para elevar a saturação por bases do solo para 80% (TRANI; RAIJ, 1997), utilizando-se do calcário calcinado Filer Cal 2000<sup>®</sup>, contendo 53,14% de CaO e 18,56% de MgO, com PRNT = 120%, aplicado na área total, 45 dias antes do transplântio da alface, e incorporado com rotoencanteirador.

No consórcio, a adubação de plantio foi feita 10 dias antes do transplântio da alface, com base na análise de solo e nas recomendações de Trani e Raij (1997), aplicando-se em todas as parcelas 400 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 100 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O e 1 kg ha<sup>-1</sup> de B, usando como fontes o superfosfato simples, o cloreto de potássio e o ácido bórico. A adubação orgânica também foi feita 10 dias antes do transplântio da alface, segundo os tratamentos, nas doses de 0; 10; 20 e 30 t ha<sup>-1</sup> de esterco bovino

curtido, apresentando 28,7% de umidade, aplicado a lanço e incorporado com enxada e rastelo, na camada de 0 a 20 cm de profundidade.

A adubação nitrogenada foi feita segundo os tratamentos, com as doses de 0; 75; 150 e 225 kg ha<sup>-1</sup> de N. A fonte de nitrogênio foi ureia (N-ureia), as doses foram divididas em quatro partes iguais e aplicadas no transplântio, aos 7; 14 e 21 dias após o transplântio da alface. O adubo foi distribuído ao longo das linhas, distantes 3-5 cm das plantas, a mais ou menos 1 cm de profundidade, e coberto com solo.

Na monocultura, foram usadas as mesmas quantidades e formas de aplicação de P, K e B adotadas para o consórcio. A ureia e o esterco bovino foram aplicados da mesma forma que no consórcio, diferindo apenas quanto às quantidades, que foram em doses de 150 kg ha<sup>-1</sup> de N e 20 t ha<sup>-1</sup> de esterco bovino.

As cultivares empregadas no experimento foram Vera (alface) e Folha-Larga (rúcula). No Experimento I, a alface foi semeada no dia 04 de janeiro, e as mudas, transplântadas no dia 10 de fevereiro de 2010, quando apresentavam 4 a 5 folhas definitivas. No Experimento II, a alface foi semeada no dia 27 de maio de 2010, e as mudas, transplântadas no dia 9 de julho, também quando apresentavam 4 a 5 folhas definitivas. Em ambos os experimentos, a alface foi semeada em bandejas de poliestireno expandido de 200 células, contendo o substrato comercial Solo-Bono<sup>®</sup>, composto por vermiculita, casca de pínus, bagaço de cana, argila e adubo 10-30-16; a rúcula foi semeada um dia após o transplântio da alface, diretamente nos canteiros, e 10 dias após a semeadura realizou-se o desbaste para adequação do espaçamento entre as plantas nas linhas (0,05 m).

Nos períodos de condução dos experimentos, foram anotadas, diariamente, as temperaturas e as umidades relativas do ar, usando-se um termo-higrômetro digital instalado em um suporte a 50 cm do solo, no centro da área experimental. No Experimento I, a temperatura do ar oscilou entre 26,01 e 33,78°C durante o dia e 13,05 e 21,08°C durante a noite, com média de 23,36°C (Figura 6). No Experimento II, a temperatura do ar oscilou entre 26,40 e 33,20°C durante o dia e entre 3,00 e 14,70°C durante a noite, com média de 19,16°C, havendo 23 dias com temperatura inferior a 10,00°C (Figura 7).

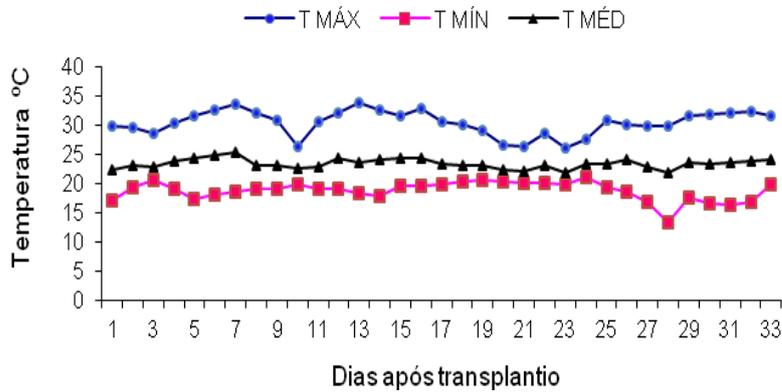


Figura 6. Temperaturas máximas (diurnas), mínimas (noturnas) e médias diárias na área do Experimento I (verão), IFTM, Uberaba-MG, 2010.

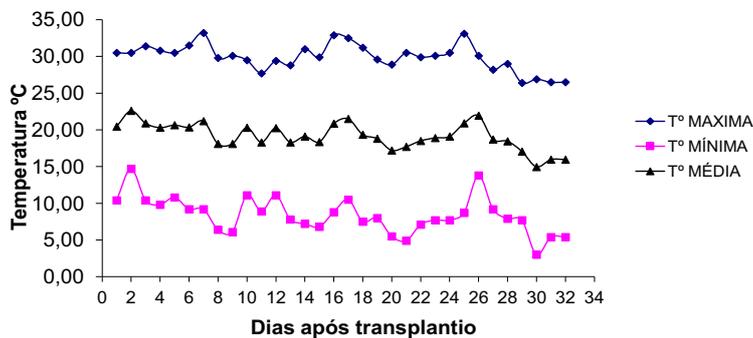


Figura 7. Temperaturas máximas (diurnas), mínimas (noturnas) e médias diárias na área experimental do Experimento II (inverno), IFTM, Uberaba-MG, 2010.

Durante a realização do Experimento I, ocorreram vários dias de chuva com precipitações que variaram de 0,5 a 77,5 mm, acumulando 400,89 mm em 33 dias (Figura 8).

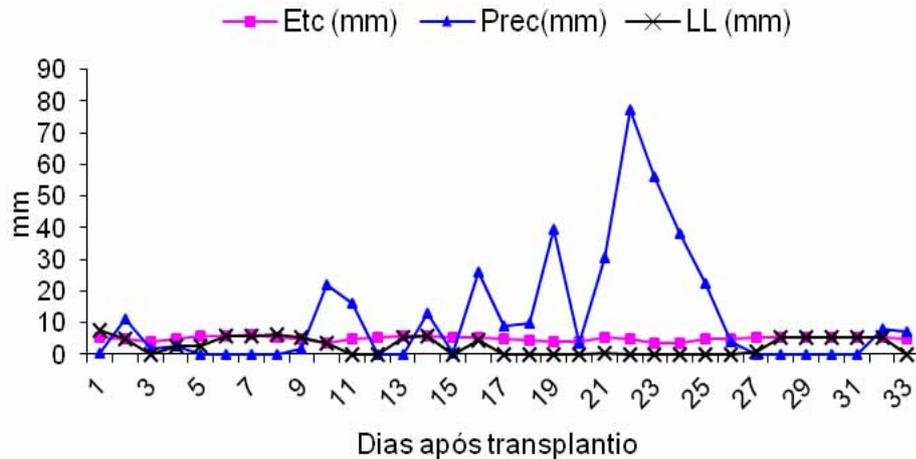


Figura 8. Precipitação (Prec), Evapotranspiração da cultura (Etc) e Lâmina líquida aplicada (LL), Experimento I (verão), IFTM, Uberaba, MG – 2010.

Durante a realização do Experimento II, não ocorreu precipitação pluvial. Tanto no Experimento I quanto no Experimento II, as irrigações foram realizadas quando necessárias, de forma a suprir a evapotranspiração da cultura, conforme as equações 1 e 2. Para isso, dados de precipitação foram coletados diariamente em um pluviômetro de 220 mm de diâmetro, instalado na área experimental.

A manutenção da umidade do solo foi feita por irrigação com microaspersores Naan Haddar 7110, espaçados de 3 x 3 m. As lâminas de irrigação foram obtidas por meio da equação 1. Os valores de evapotranspiração da cultura (ETc) foram obtidos por meio da equação 2.

$$LI = \frac{ETc}{Ea} \quad (1)$$

sendo:

LI - lâmina de irrigação ( $\text{mm dia}^{-1}$ );

ETc - evapotranspiração da cultura ( $\text{mm dia}^{-1}$ );

Ea - eficiência de aplicação do sistema de irrigação (0,9 para este trabalho).

$$ETc = ETo \times Kc \quad (2)$$

sendo :

Kc - coeficiente de cultura (adimensional), segundo Silva et al. (2000);

ETo - evapotranspiração de referência ( $\text{mm dia}^{-1}$ ).

A evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>) foi obtida com a utilização do método de Hargreaves & Samani (PEREIRA; VILLA NOVA; SEDIYAMA,1997), conforme equação 3.

$$ET_o = 0,023.Ra.(T_{max} - T_{min})^{0,5}.(T_{méd}.17,8) \quad (3)$$

em que:

Ra - radiação solar no topo da atmosfera, expressa em equivalente de evaporação (mm dia<sup>-1</sup>), que varia com o mês e a latitude do local (BERNARDO, 1996).

T<sub>máx</sub>, T<sub>mín</sub> e T<sub>méd</sub> - temperaturas máxima, mínima e média do ar, respectivamente (°C), registradas no dia anterior.

Durante a condução dos experimentos, foram feitos os controles de pragas e doenças com produtos químicos específicos, e a eliminação de plantas daninhas, por capina manual, sempre que se fizeram necessários.

A colheita da alface no Experimento I ocorreu no dia 11 de março de 2010, aos 30 após o transplântio (DAT), e da rúcula, no dia 12 de março de 2010, aos 30 DAS. No Experimento II, a alface foi colhida no dia 9 de agosto de 2010, aos 35 DAT, e a rúcula, no dia 10 de agosto de 2010, aos 30 DAS ( SAKATA, 2010).

### **3.3 Características avaliadas**

#### **3.3.1 Cultura da alface**

a) Diâmetro das plantas (cm): a medição foi realizada no dia anterior ao da colheita, usando-se um paquímetro e anotando-se o diâmetro longitudinal de 50% das plantas da área útil que apresentavam desenvolvimento normal.

b) Massa fresca da parte aérea (g planta<sup>-1</sup>): no dia da colheita, entre 6 e 8 horas da manhã, foram colhidas, cortando-se rente à superfície do solo, todas as plantas da área útil de cada parcela, embaladas, identificadas e pesadas em balança eletrônica, com precisão de duas casas decimais.

c) Massa seca da parte aérea (g planta<sup>-1</sup>): foram separadas 3 plantas de cada parcela colhidas no item anterior, que após pesadas em balança de precisão tiveram suas partes separadas e preparadas conforme Carmo et al. (2000). Na sequência, foram colocadas em fôrmas de pizza, deixadas para desidratar em casa de vegetação por 2-3 horas. Posteriormente, foram colocadas em sacos de papel (25 x 35 cm), com picotes feitos com furador de papel, identificados e colocados para

secar em estufa com circulação forçada de ar, com temperatura em torno de 65°C, até peso constante, quando foram novamente pesadas em balança de precisão para a determinação da massa seca.

d) Teor de nitrato ( $\text{mg kg}^{-1}$  da massa fresca): no dia da colheita, entre 5 e 6 h da manhã, foram coletadas e pesadas 2 folhas recém-desenvolvidas por planta, de 5 plantas, ao acaso, da área útil de cada parcela. Das folhas coletadas, foi retirada uma subamostra de aproximadamente 10 g de massa fresca, referente ao terço médio das folhas. As subamostras foram colocadas em sacos de plástico e mantidas em geladeira a 4°C, até serem lavadas, conforme recomendação de Carmo et al. (2000).

Em seguida, as plantas foram secas em estufa com circulação forçada de ar, com temperatura em torno de 65°C, até atingirem peso constante, para então serem moídas em moinho do tipo Willey. Após homogeneização, a massa seca foi triturada em almofariz e passada em peneira de 0,355 mm de abertura de malha. O material finamente moído foi empregado na determinação do nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ).

A extração do íon  $\text{NO}_3^-$  foi feita com água deionizada, seguida de destilação dos extratos em microdestilador Kjeldahl e titulação do destilado, conforme procedimento descrito por Mantovani et al. (2005). Para a extração do nitrato, 0,2 g da matéria seca foi transferido para frascos de plástico.

Em seguida, foram adicionados 20 ml de água deionizada, e as suspensões foram submetidas a aquecimento em banho-maria a 60°C, por uma hora. Nesse tempo, as amostras foram submetidas a períodos de agitação de 5 minutos, seguidos de 15 minutos de repouso.

As suspensões foram filtradas através de papel de filtro qualitativo, e alíquotas de 5 mL dos filtrados foram transferidas para tubos de destilação. Após o acoplamento do tubo de destilação ao microdestilador Kjeldahl, adicionou-se 0,2 g de MgO p.a. por meio de medida calibrada para conversão de  $\text{N-NH}_4^+$  a  $\text{N-NH}_3$  e, na saída do condensador do aparelho de destilação, foi colocado um erlenmeyer com capacidade para 125 mL, contendo 10 mL de solução de  $\text{H}_3\text{BO}_3$  20 g  $\text{L}^{-1}$  com mistura de indicadores (verde de bromocresol e vermelho de metila).

Na destilação, foram coletados 50 mL do destilado em aproximadamente 5 minutos. Encerrada a destilação, retirou-se o erlenmeyer com o destilado e, em seu

lugar, colocou-se outro erlenmeyer com capacidade para 125 mL, contendo 10 mL de solução de  $\text{H}_3\text{BO}_3$  20 g  $\text{L}^{-1}$  com mistura de indicadores.

Em seguida, foi adicionado ao conteúdo do tubo de destilação 0,4 g de liga de Devarda, com auxílio de medida calibrada, para a redução do  $\text{N-NO}_3^-$  a  $\text{N-NH}_3$ . Para a determinação do  $\text{N-NO}_3^-$ , considerou-se a quantidade de  $\text{N-NO}_2^-$  da amostra, insignificante.

Na nova destilação, foram coletados 50 mL de destilado em aproximadamente 5 minutos. Uma prova em branco, a cada sete amostras, e uma solução-padrão contendo 50 mg  $\text{L}^{-1}$  de  $\text{N-NH}_4^+$  e 50 mg  $\text{L}^{-1}$  de  $\text{N-NO}_3^-$  foram destiladas para avaliar a contaminação e a eficiência da destilação. A quantificação de  $\text{N-NH}_4^+$  não foi feita, e a quantificação de  $\text{N-NO}_3^-$ , feita por titulação com solução de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  0,02 mol  $\text{L}^{-1}$ . O  $\text{N-NO}_3^-$  na matéria seca das plantas foi convertido em teor de  $\text{NO}_3^-$  na matéria fresca.

e) Teor de clorofila total (mg  $\text{g}^{-1}$ ): foi determinado 20 dias após o transplântio da alface, seguindo o método descrito por Whithan, Blaydes e Devlin (1971). Foram coletadas, aleatoriamente, 5 folhas desenvolvidas de plantas da área útil de cada parcela, formando uma amostra composta. As folhas foram pesadas; em seguida, retirou-se 1 g do tecido foliar fresco, que foi macerado e colocado em um béquer contendo 10 ml de acetona a 80% (v/v) para a extração da clorofila. Na sequência, o material foi filtrado a vácuo, e o volume final, completado até 50 ml com acetona. No extrato, foram feitas as leituras em espectrofotômetro, no comprimento de onda de 652 nm, e os cálculos do teor de clorofila total foram feitos por meio da equação 4.

$$\text{Clorofila total (mg g}^{-1}\text{)} = (A_{652} \times 1000 \times V/1000 W)/34,5 \quad (4)$$

sendo:

A - absorvância no comprimento de onda de 652 nm;

V - volume final do extrato clorofila-acetona;

W - matéria fresca em gramas do material vegetal utilizado.

### 3.3.2 Cultura da rúcula

a) Altura das plantas (cm): a medição foi feita no dia anterior ao da colheita, em dez plantas escolhidas aleatoriamente na área útil de cada parcela, utilizando-se de uma régua graduada e medindo-se do solo até a extremidade da folha mais alta.

b) Folhas por planta (unidade): a contagem foi feita no dia anterior ao da colheita, contando-se o número de folhas maiores que cinco centímetros de comprimento, em dez plantas escolhidas aleatoriamente, na área útil de cada parcela.

c) Massa fresca da parte aérea ( $\text{g planta}^{-1}$ ): no dia da colheita, entre 6 e 8 horas da manhã, foram colhidas, cortando-se rente à superfície do solo, todas as plantas da área útil de cada parcela, embaladas, identificadas e pesadas em balança eletrônica com precisão de duas casas decimais.

d) Massa seca da parte aérea ( $\text{g planta}^{-1}$ ): foram separadas 5 plantas de cada parcela colhidas no item anterior, que, após pesadas em balança com duas casas de precisão, foram encaminhadas ao laboratório de análise de alimentos do IFTM para a determinação da massa seca, seguindo a mesma metodologia descrita para a alface.

e) Teor de nitrato ( $\text{mg kg}^{-1}$  da massa fresca): no dia da colheita, entre 5 e 6 h da manhã, foram coletadas 2 folhas recém-desenvolvidas por planta, de 5 plantas, ao acaso, da área útil de cada parcela que, após pesadas em balança eletrônica de precisão com duas casas decimais, foram preparadas e encaminhadas ao laboratório de análise de alimentos do IFTM para a determinação do nitrato, seguindo os mesmos procedimentos descritos para a alface.

f) Teor de clorofila total ( $\text{mg g}^{-1}$ ): foram coletadas, aleatoriamente, 5 folhas desenvolvidas de plantas da área útil de cada parcela, formando uma amostra composta, que foram pesadas em balança eletrônica de precisão com duas casas decimais, preparadas e encaminhadas ao laboratório de análise de alimentos do IFTM para determinação da clorofila, seguindo os procedimentos descritos para a determinação do teor de clorofila total na alface.

### **3.3.3 Produtividade**

Para a estimativa da produtividade de ambas as culturas, considerou-se a massa fresca colhida na área útil de cada parcela, somaram-se a ela os pesos das amostras de folhas colhidas para a determinação de nitrato e clorofila total e, por fim, converteu-se para  $\text{kg ha}^{-1}$ .

a) Produtividade da alface: a produtividade da alface em monocultura ou em consórcio correspondeu ao somatório das massas frescas das plantas de alface da área útil da parcela, 1,26 m<sup>2</sup> (2,10 x 0,60 m), representada pelas duas linhas centrais, excluindo-se a primeira e a última planta de cada linha (Figuras 3 e 5).

b) Produtividade da rúcula: a produtividade da rúcula em monocultura correspondeu ao somatório das massas frescas das plantas da área útil da parcela, 1,26 m<sup>2</sup> (2,10 x 0,60 m), colhidas nas duas linhas centrais, excluindo-se 0,30 m do início e final de cada linha (Figura 4). A produtividade da rúcula em consórcio correspondeu ao somatório da massa fresca das plantas de rúcula da área útil da parcela, 1,89 m<sup>2</sup> (2,10 x 0,90 m), colhidas nas três linhas, excluindo-se 0,30 m do início e final de cada linha (Figura 5).

### 3.3.4 Análise econômica das culturas consorciadas

Os índices econômicos usados para avaliar a eficiência dos cultivos consorciados foram: índice de eficiência de uso da área (EUA), renda bruta (RB), custo operacional total (COT) e renda líquida (RL).

Para o cálculo do índice EUA, foi utilizada a equação 5, proposta por Willey (1979) e citada por Cecílio Filho et al. (2008):

$$EUA = (Y_{ab}/Y_{aa}) + (Y_{ba}/Y_{bb}) \quad (5)$$

em que:

Y<sub>ab</sub> – produtividade da cultura “a” em consórcio com a cultura “b”;

Y<sub>ba</sub> - produtividade da cultura “b” em consórcio com a cultura “a”;

Y<sub>aa</sub> - produtividade da cultura “a” em monocultura;

Y<sub>bb</sub> - produtividade da cultura “b” em monocultura.

Uma vez que existe diferença de estande em função do sistema de cultivo e que para o cálculo do índice EUA é necessário trabalhar com a mesma unidade de área, considerou-se a produção obtida em uma área de 3,57 m<sup>2</sup> (2,10 x 1,70 m) para a alface e a rúcula, em consórcio ou monocultura e, posteriormente, converteu-se para hectare. No consórcio, a colheita de rúcula foi feita nas três linhas, e a de alface, nas duas linhas centrais. Na monocultura de alface e rúcula, as colheitas foram feitas somente nas duas linhas centrais. Para o cálculo do índice EUA, a fim de trabalhar com a mesma unidade de área e para expressar a população de

plantas nos respectivos sistemas de cultivo, as produções de rúcula em monocultura e a de alface em monocultura e consórcio foram duplicadas.

O valor do  $EUA = 1$  indica indiferença no processo competitivo;  $EUA > 1$  indica efeito de cooperação ou de compensação entre as culturas consorciadas, com vantagens para o consórcio, e  $EUA < 1$  indica casos de inibição mútua ou compensação com desvantagens para o consórcio em relação à monocultura.

A renda bruta (RB) foi obtida multiplicando-se os rendimentos das culturas em cada sistema de cultivo pelo preço médio do kg de cada cultura pago pelo CEASA-MG, aos produtores, no mês de março de 2010: R\$ 3,48 por kg de alface e R\$ 3,47 por kg de rúcula; no mês de agosto de 2010: R\$ 1,77 por kg de alface e R\$ 2,61 por kg de rúcula.

Adotou-se para a análise econômica o custo operacional total (COT) para alface e para rúcula, em consórcio e em monocultura, obtidos por Barros Júnior et al. (2008), em experimento semelhante a este, e corrigidos pelo IGP-M para os meses de março e agosto de 2010 (Tabelas 1A, 1B e 1C). A renda líquida (RL) foi obtida subtraindo-se o COT da RB.

### **3.4 Análise estatística**

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância, pelo teste F, segundo o delineamento proposto, utilizando-se do programa estatístico AgroEstat – Versão 1.0, 2010 (BARBOSA; MALDONADO JR., 2010). Na análise da produtividade de cada espécie, considerou-se o esquema fatorial  $4 \times 4 + 1$ , conforme já descrito. Quando significativos ( $p < 0,05$ ), os estudos dos efeitos das doses foram feitos por regressão.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados e discussão seguintes serão apresentados por época de plantio e por cultura.

### 4.1 Experimento I (verão)

#### 4.1.1 Alface

Não houve efeito significativo da interação nitrogênio ureia (N-ureia) e esterco bovino (EB) nas características avaliadas. Porém, houve efeito isolado do N-ureia ( $p < 0,01$ ) na massa fresca da parte aérea (MFA), no teor de nitrato (NIT) e na produtividade (Prod.). O esterco bovino produziu efeito ( $p < 0,01$ ) na MFA da alface, cultivada no verão (Tabela 1).

Tabela 1. Variáveis avaliadas nas plantas de alface, no cultivo de verão, em função de adubação com N-ureia e esterco bovino.

Causas da variação	D (cm)	MFA (g planta <sup>-1</sup> )	MSA (g planta <sup>-1</sup> )	NIT (mg kg <sup>-1</sup> MF)	CLO (mg g <sup>-1</sup> )	Prod. (kg ha <sup>-1</sup> )
Doses de N (kg ha <sup>-1</sup> )						
0	25,01	51,37	2,70	153,04	0,27	6435,18
75	26,81	69,33	3,05	110,29	0,25	8812,93
150	26,93	73,39	3,16	201,38	0,29	8510,86
225	26,15	73,77	3,11	432,35	0,25	8037,20
Teste F	2,49 <sup>NS</sup>	9,76 <sup>**</sup>	2,02 <sup>NS</sup>	14,67 <sup>**</sup>	0,72 <sup>NS</sup>	2,73 <sup>*</sup>
Doses de EB (t ha <sup>-1</sup> )						
0	26,20	61,34	2,96	242,38	0,26	7787,45
10	25,68	61,39	2,83	220,88	0,27	8060,64
20	25,90	68,44	2,99	282,82	0,26	7207,04
30	27,13	76,69	3,23	150,98	0,27	8741,04
Teste F	1,29 <sup>NS</sup>	4,63 <sup>**</sup>	1,29 <sup>NS</sup>	2,17 <sup>NS</sup>	0,06 <sup>NS</sup>	0,99 <sup>NS</sup>
Interação (N x EB)	0,55 <sup>NS</sup>	1,12 <sup>NS</sup>	1,08 <sup>NS</sup>	0,75 <sup>NS</sup>	1,53 <sup>NS</sup>	0,60 <sup>NS</sup>
Adicional x Fatorial	6,65 <sup>*</sup>	1,57 <sup>NS</sup>	0,43 <sup>NS</sup>	1,70 <sup>NS</sup>	0,31 <sup>NS</sup>	21,60 <sup>**</sup>
MTA	29,19	75,73	3,21	123,48	0,24	14082,16
MF	26,23	66,96	3,00	224,26	0,26	7949,04
CV (%)	8,46	20,09	19,65	68,69	34,77	30,82

\*\* significativo a 1% de probabilidade, \* significativo a 5% de probabilidade e <sup>NS</sup> = não significativo pelo teste F. D = diâmetro, MFA = massa fresca da parte aérea, MSA = massa seca da parte aérea, NIT = teor de nitrato, CLO = teor de clorofila total, Prod. = produtividade, CV = coeficiente de variação, MTA = média do tratamento adicional, MF = média do fatorial.

Quanto à MFA, verificou-se que o fator N-ureia aumentou de forma quadrática a mesma, com a produtividade máxima estimada de 75,33 g planta<sup>-1</sup> com a dose de 169 kg ha<sup>-1</sup> de N-ureia (Figura 9). As plantas que não receberam N-ureia produziram 51,87 g planta<sup>-1</sup>, enquanto as plantas que receberam a dose máxima (225 kg ha<sup>-1</sup>)

produziram  $72,30 \text{ g planta}^{-1}$  ou  $39,38 \%$  a mais em relação à testemunha. Em pesquisa semelhante, Barros Júnior et al. (2011), trabalhando com adubação nitrogenada em consórcio de alface e rúcula, concluíram que o aumento da dose de nitrogênio para ambas as culturas, em consórcio, proporcionou incrementos na massa fresca e produtividade da alface e da rúcula, maximizando o índice de eficiência de uso da área (1,84) na dose  $127 \text{ kg ha}^{-1}$  de N-ureia, para a alface, e  $195 \text{ kg ha}^{-1}$  de N-ureia, para a rúcula. Esses resultados são coerentes, uma vez que na planta, o N tem a função central na produtividade (TAIZ; ZEIGUER, 2004).

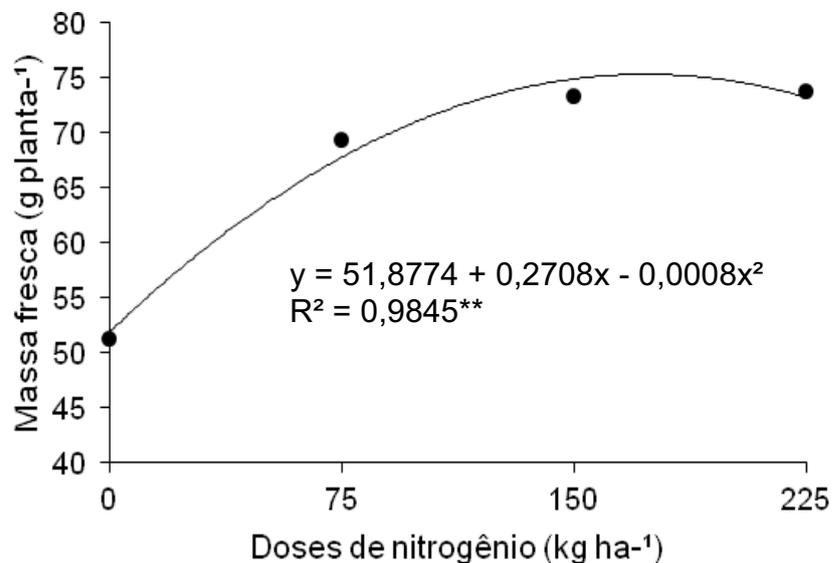


Figura 9. Efeito do N-ureia na massa fresca da parte aérea da alface, cv. Vera, em consórcio, plantio de verão.

Em relação ao teor de nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) na planta de alface, houve efeito ( $p < 0,01$ ) do N-ureia (Tabela 1) com aumento linear do teor de nitrato, à medida que aumentaram as doses de N-ureia (Figura 10). O teor de nitrato variou de  $84,91$  a  $363,61 \text{ mg kg}^{-1}$  de MFA com a aplicação de  $0$  e  $225 \text{ kg ha}^{-1}$  de N-ureia, respectivamente, teores bastante abaixo do limite máximo estabelecido pela Comunidade Europeia ( $2.500 \text{ mg kg}^{-1}$  de MFA), para alface produzida em campo aberto (McCALL; WILLUMSEN, 1998). Com base na equação da Figura 10, pode-se admitir que, a cada  $1 \text{ kg}$  de N-ureia aplicado, ocorre aumento médio de  $1,24 \text{ mg kg}^{-1}$

de nitrato acumulado na MFA das plantas. Ao avaliar o efeito da adubação nitrogenada na produção e no acúmulo de nitrato, na massa seca da parte aérea de cinco cultivares de alface em casa de vegetação, Mantovani (2004) constatou também que houve aumento linear nos teores de nitrato em função da adubação nitrogenada. Para a cultivar Vera, também usada no presente trabalho, o mesmo autor, usando doses de N-ureia variando de 566 a 1.132 mg vaso<sup>-1</sup>, nos meses de maio a agosto, encontrou teores de nitrato variando de 1,40 a 34,82 g kg<sup>-1</sup> de MS que, convertidos em massa fresca (MF), darão, respectivamente, 56 e 1.393 mg kg<sup>-1</sup> de MF.

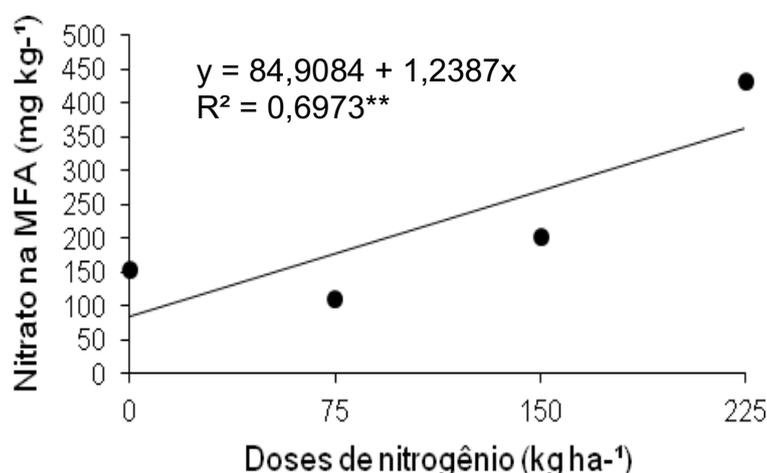


Figura 10. Efeito do N-ureia no teor de nitrato da alface, cultivar Vera, em consórcio, plantio de verão.

Comparando-se o teor médio de nitrato da alface no consórcio ( 224,26 mg kg<sup>-1</sup> da MF ) com o teor médio de nitrato da alface na monocultura (123,48 mg kg<sup>-1</sup> da MF), observa-se que, na monocultura, o teor de nitrato da alface teve redução de 44,9% (Tabela 1). Esse resultado diverge do encontrado por Barros Júnior et al. (2009) que, ao estudarem adubação nitrogenada no consórcio de alface e rúcula, a campo, no período de setembro a dezembro de 2006, em Jaboticabal-SP, verificaram comportamento oposto, com redução de 41,6% do nitrato no consórcio

em relação à monocultura. O menor teor de nitrato encontrado no consórcio pode ter ocorrido devido à análise estatística ter sido feita comparando a média da monocultura (tratamento adicional) que recebeu  $120 \text{ kg ha}^{-1}$  de N-ureia e  $20 \text{ t ha}^{-1}$  de EB com a média do consórcio (fatorial), que possui valores baixos oriundos de combinações de  $0 \text{ kg ha}^{-1}$  de N-ureia e  $0 \text{ t ha}^{-1}$  de esterco bovino, o que leva a média para baixo.

O esterco bovino também apresentou efeito significativo ( $p < 0,01$ ) na MFA. Em função da adubação com esterco bovino, a massa fresca aumentou de forma linear, atingindo a produtividade máxima estimada de  $74,93 \text{ g planta}^{-1}$  com a dose de  $30 \text{ t ha}^{-1}$ , sendo que, para cada  $1 \text{ t ha}^{-1}$  de esterco bovino aplicado, há expectativa de aumento de  $0,53 \text{ g planta}^{-1}$  de MFA da alface (Figura 11). O não fornecimento de esterco bovino fez com que a MFA estimada nesse tratamento ( $58,99 \text{ g planta}^{-1}$ ) fosse 21% menor que a máxima estimada ( $74,93 \text{ g planta}^{-1}$ ) (Tabela 1).

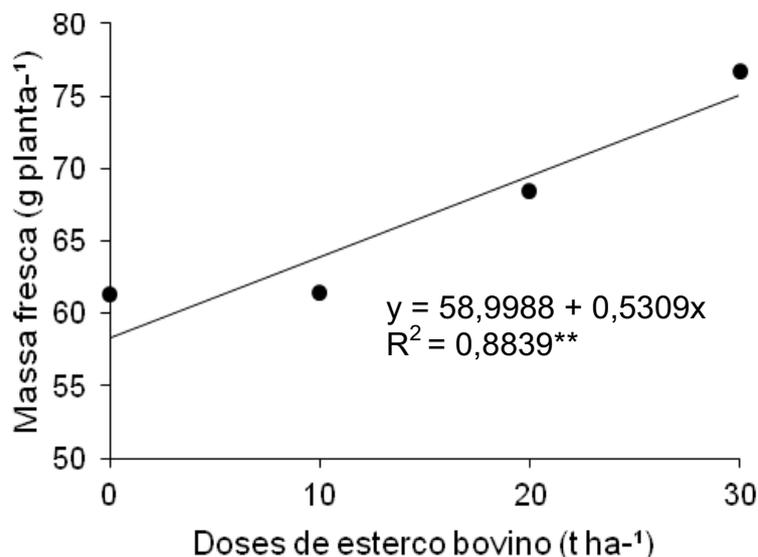


Figura 11. Efeito do esterco bovino na massa fresca da parte aérea da alface, cultivar Vera, em consórcio, plantio de verão.

Comparando-se os resultados relativos ao diâmetro das plantas da monocultura (adicional) com os do consórcio (fatorial), verificou-se diferença significativa ( $p < 0,05$ ) para o mesmo (Tabela 1). Na monocultura, as plantas

apresentaram diâmetro médio de 29,19 cm, enquanto no consórcio foi de 26,23 cm, ou seja, 10% menor. Segundo (MOTA; VIEIRA; ARAÚJO, 2011) em espaçamentos maiores, a planta tende a se tornar mais prostrada, o que é próprio da cultivar, e, quanto mais adensado for o cultivo, mais a planta cresce em altura e diminui o prostramento, conseqüentemente fica com diâmetro menor. Neste projeto, o maior adensamento provocado pela presença da rúcula no consórcio, além da competição interespecífica, pode ter propiciado o menor diâmetro da alface no consórcio.

A produtividade da alface cultivada no verão (Tabela 1) foi afetada apenas pelo N-ureia ( $p < 0,05$ ). A maior produtividade estimada foi de  $8.911 \text{ kg ha}^{-1}$  com a dose de  $136 \text{ kg ha}^{-1}$  de N-ureia (Figura 12). Barros Júnior et al. (2011), ao trabalharem com adubação nitrogenada em consórcio de alface e rúcula, no período de setembro a dezembro de 2006, em Jaboticabal (SP), concluíram que o aumento da dose de nitrogênio aumentou a massa fresca e a produtividade da alface, maximizando o índice de eficiência de uso da área (1,84) na dose de  $127 \text{ kg ha}^{-1}$  de N.

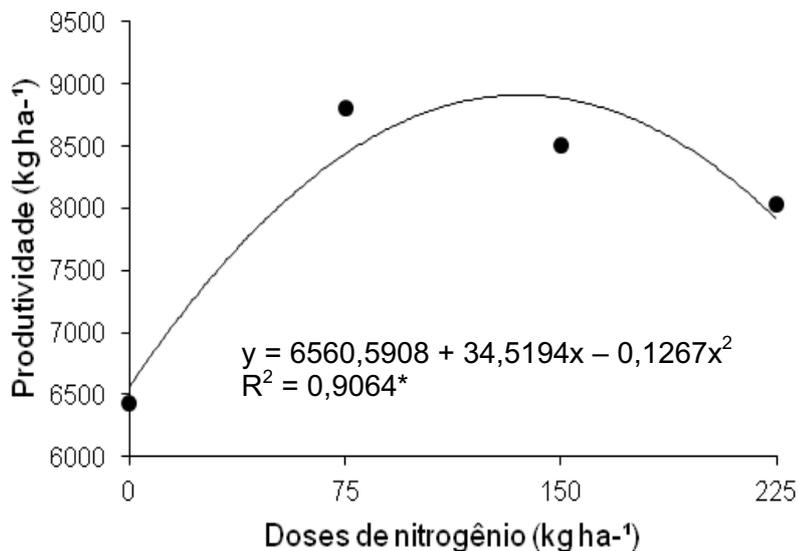


Figura 12. Efeito do N-ureia na produtividade da alface, cultivar Vera, em consórcio, plantio de verão.

Ao comparar a produtividade da alface em monocultura (adicional) com a do consórcio (fatorial), verificou-se diferença significativa ( $p < 0,01$ ). Na monocultura, a

produtividade da alface foi de 14.082 kg ha<sup>-1</sup>, enquanto no consórcio foi de 8.510 kg ha<sup>-1</sup>, o que revela uma diferença a mais para a monocultura de 5.572 kg ha<sup>-1</sup> ou 65% maior que a do consórcio (Tabela 1). Segundo Hart (1975), o cultivo consorciado é caracterizado pela competição interespecífica, sendo que, na monocultura, ocorre apenas a competição intraespecífica. Esse relacionamento das culturas pode resultar em inibição mútua, quando a produção de cada espécie em consórcio for menor do que a produção esperada (WILLEY, 1979a). Isso explica o fato de a alface ter produzido menos em consórcio, podendo-se inferir que houve competição interespecífica no consórcio com efeito prejudicial da rúcula sobre a alface no que se refere à produtividade. Um resultado semelhante a esse foi obtido por Barros Júnior et al. (2009) que, ao estudarem adubação nitrogenada em consórcio de alface e rúcula, cultivadas em campo, constataram que a produtividade da alface em monocultura (16.010 kg ha<sup>-1</sup>) foi 41,9% maior do que a do consórcio (11.283 kg ha<sup>-1</sup>).

#### **4.1.2 Rúcula**

Para a rúcula cultivada no verão, não houve efeito significativo da interação nitrogênio (N-ureia) e esterco bovino (EB) nas características avaliadas. Porém, houve efeito isolado do N-ureia ( $p < 0,01$ ) na altura de plantas, número de folhas por planta, massa fresca e massa seca da parte aérea e na produtividade, e no teor de clorofila total ( $p < 0,05$ ). O esterco bovino não produziu efeito em nenhuma das características avaliadas da rúcula, cultivada no verão (Tabela 2).

Tabela 2. Variáveis avaliadas nas plantas de rúcula, no cultivo de verão, em função de adubação com N-ureia e esterco bovino.

Causas variação	H (cm)	NF (un.)	MFA (g planta <sup>-1</sup> )	MSA (g planta <sup>-1</sup> )	NIT (mg kg <sup>-1</sup> ) de MF	CLO (mg g <sup>-1</sup> )	Prod. (kg ha <sup>-1</sup> )
<b>N (kg ha<sup>-1</sup>)</b>							
0	14,21	3,91	4,53	0,41	565,02	0,54	2.662
75	20,01	5,77	10,46	0,88	791,31	0,58	7.757
150	20,78	6,18	12,72	1,05	464,58	0,56	8.948
225	20,94	6,31	16,06	1,22	679,99	0,65	9.955
Teste F	118,39**	76,68**	45,35**	41,11**	1,66 <sup>NS</sup>	3,33*	70,43**
<b>EB (t ha<sup>-1</sup>)</b>							
0	18,37	5,35	9,92	0,84	831,52	0,59	6.838
10	19,03	5,66	11,54	0,92	450,18	0,58	7.351
20	19,37	5,62	10,66	0,86	614,81	0,56	7.771
30	19,17	5,54	11,65	0,93	604,39	0,60	7.362
Teste F	2,14 <sup>NS</sup>	1,18 <sup>NS</sup>	1,27 <sup>NS</sup>	0,68 <sup>NS</sup>	2,04 <sup>NS</sup>	0,34 <sup>NS</sup>	0,98 <sup>NS</sup>
Interação (NxEB)	0,94 <sup>NS</sup>	0,96 <sup>NS</sup>	0,37 <sup>NS</sup>	0,36 <sup>NS</sup>	0,58 <sup>NS</sup>	0,46 <sup>NS</sup>	0,29 <sup>NS</sup>
AdicionaxFatorial	6,21*	9,47**	12,40**	10,54**	3,27 <sup>NS</sup>	0,83 <sup>NS</sup>	26,90**
MTA	20,50	6,35	16,17	1,25	215,84	0,64	11.457
MF	18,98	5,54	10,94	0,89	625,22	0,58	7.330
CV (%)	6,19	9,11	25,64	23,73	73,02	18,92	20,39

\*\* significativo a 1% de probabilidade, \* significativo a 5% de probabilidade e <sup>NS</sup> = não significativo pelo teste F. D = diâmetro, MFA = massa fresca da parte aérea, MSA = massa seca da parte aérea, NIT = teor de nitrato, CLO = teor de clorofila total, Prod. = produtividade, CV = coeficiente de variação, MTA = média do tratamento adicional, MF = média do fatorial.

Quanto à altura das plantas, o N-ureia proporcionou aumento de forma quadrática na mesma, com a altura máxima estimada de 21,53 cm na dose de 168,9 kg ha<sup>-1</sup> de N-ureia (Figura 13). As plantas que não receberam N-ureia atingiram altura estimada de 14,43 cm, enquanto as plantas que receberam a dose máxima (225 kg ha<sup>-1</sup>) atingiram altura estimada de 18,25 cm ou 27 % maior (Figura 13). Os efeitos do N são ligados ao aumento da área foliar, sendo utilizado em grandes quantidades, em adubações de folhosas, como a alface e a rúcula, em que a parte comercial é a parte vegetativa (MAYNARD et al., 1976; TAIZ; ZIEGER, 2004). Isso explica o menor crescimento das plantas que não receberam o N-ureia.

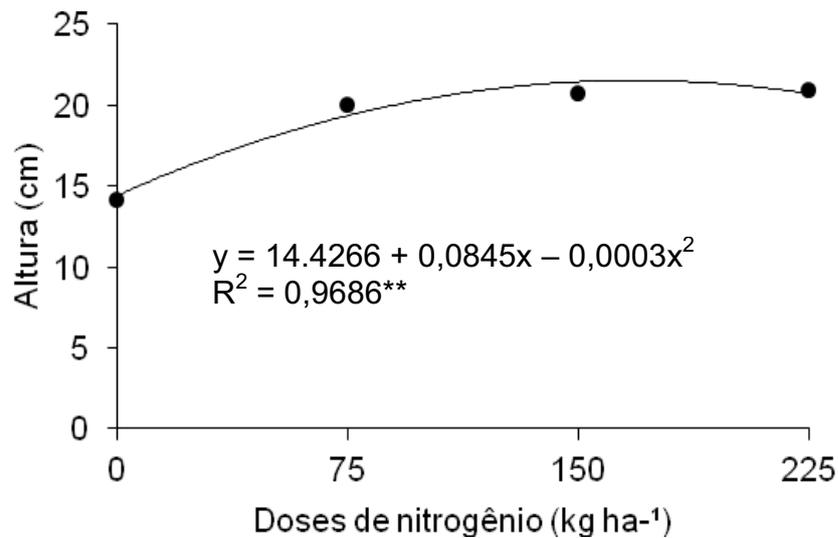


Figura 13. Efeito do N-ureia na altura da rúcula, cultivar Folha-Larga, em consórcio, plantio de verão.

Comparando-se a altura das plantas de rúcula em monocultura (20,50 cm) com as de consórcio (20,78 cm), observa-se que, na monocultura, as plantas cresceram em média 0,28 cm ou 1,4% a mais que no consórcio (Tabela 2). Isso pode estar relacionado ao fato de haver maior concorrência por luz, água e nutrientes entre as plantas do consórcio, com consequente redução no crescimento das mesmas, conforme Vandermeer (1989).

Quanto ao número de folhas por planta, o N-ureia apresentou efeito quadrático, atingindo o maior número estimado de folhas (6,36 un) com a dose de 150 kg ha<sup>-1</sup> de N-ureia (Figura 14). As plantas que não receberam N-ureia tiveram número estimado de folhas igual a 3,96 unidades, enquanto as que receberam a dose máxima (225 kg ha<sup>-1</sup>) tiveram número estimado de folhas de 6,1 unidades, ou seja, um aumento de 54% no número de folhas (Figura 14). Da mesma forma que ocorreu com a altura das plantas, o nitrogênio afetou de forma positiva o número de folhas produzidas (MAYNARD et al., 1976; TAIZ; ZIEGER, 2004).

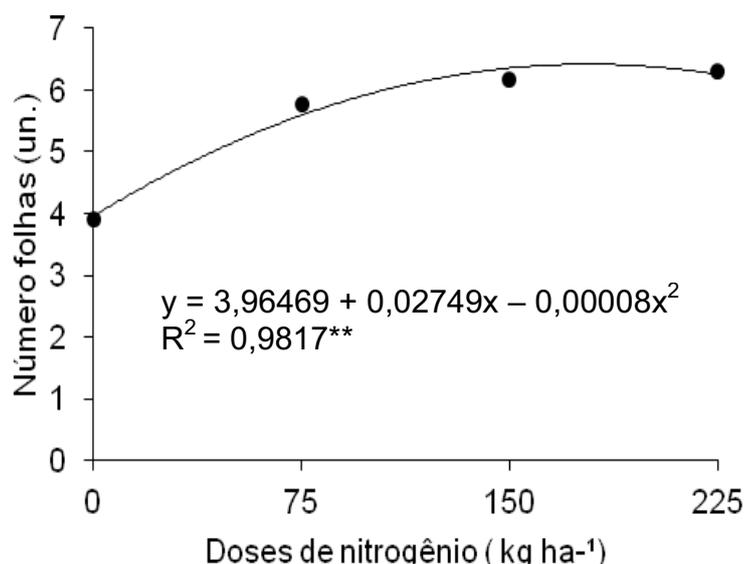


Figura 14. Efeito do N-ureia no número de folhas por planta de rúcula, cultivar Folha-Larga, em consórcio, plantio de verão.

Comparando-se número de folhas produzidas na monocultura (6,35 unidades) com número de folhas produzidas no consórcio (6,18 unidades), observa-se uma diferença de 0,17 unidade ou produção 2,7% maior na monocultura (Tabela 2). Essa diferença também pode ser atribuída à concorrência por luz, água e nutrientes entre as plantas do consórcio, com conseqüente redução no número de folhas, conforme Vandermeer (1989).

Em relação à massa fresca da parte aérea (MFA), o N-ureia produziu efeito ( $p < 0,01$ ), levando a um aumento linear. De acordo com a equação de regressão, as plantas que não receberam N-ureia apresentaram produtividade estimada de 5,41 g planta<sup>-1</sup>, enquanto as plantas que receberam a dose máxima (225 kg ha<sup>-1</sup>) tiveram produtividade estimada de 16,46 g planta<sup>-1</sup> ou 204 % maior (Figura 15). Com base na equação da Figura 15, pode-se estimar que a cada 1 kg ha<sup>-1</sup> de N-ureia aplicado ocorre aumento médio de 0,05 g planta<sup>-1</sup> na MFA da rúcula, cultivada no verão.

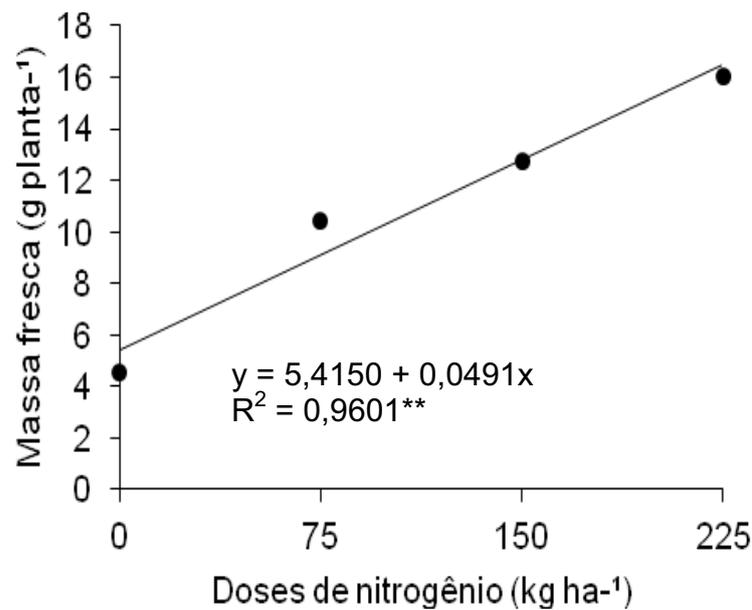


Figura 15. Efeito do N-ureia na massa fresca da parte aérea da rúcula, cultivar Folha-Larga, em consórcio, plantio de verão.

Ao se comparar a produção de massa fresca da parte aérea (MFA) da rúcula, em monocultura com a do consórcio, verificou-se que há diferença significativa ( $p < 0,01$ ). Na monocultura, a MFA foi de  $16,17 \text{ g planta}^{-1}$ , enquanto no consórcio foi de  $12,72 \text{ g planta}^{-1}$ , dando uma diferença a mais para a monocultura de  $3,45 \text{ g planta}^{-1}$  ou 27% maior no cultivo em monocultura (Tabela 2). Esses resultados mostram que, no consórcio, houve competição interespecífica com efeito prejudicial da alface sobre a rúcula em relação à MFA (HART, 1975; WILLEY, 1979a).

Em relação à massa seca da parte aérea (MSA), houve efeito ( $p < 0,01$ ) do N-ureia. Observou-se que o N-ureia promoveu aumento quadrático na produção da MSA da rúcula, com produtividade máxima estimada de  $1,20 \text{ g planta}^{-1}$ , com a dose estimada de  $241,56 \text{ kg ha}^{-1}$  de N-ureia (Figura 16). As plantas que não receberam N-ureia tiveram produtividade de MSA igual a  $0,43 \text{ g planta}^{-1}$ , enquanto as que receberam a dose máxima ( $225 \text{ kg ha}$ ) de N-ureia acumularam  $1,36 \text{ g planta}^{-1}$ , o que equivale a um aumento de 216% na MSA da rúcula (Figura 16).

Resultado semelhante foi obtido por Purquerio et al. (2007), quando avaliaram o efeito da adubação nitrogenada de cobertura e do espaçamento sobre a produção

de rúcula no campo e observaram respostas de forma quadrática das doses de N na MSA das plantas até a dose de 240 kg ha<sup>-1</sup>.

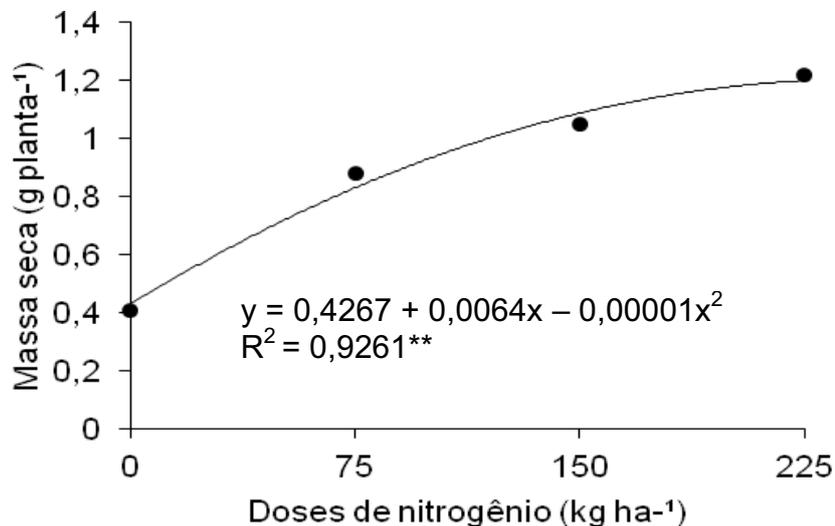


Figura 16. Efeito do N-ureia na massa seca da parte aérea da rúcula, cultivar Folha-Larga, em consórcio, plantio de verão.

Comparando a média da MSA da monocultura (1,25 g planta<sup>-1</sup>) com a do consórcio (0,89 g planta<sup>-1</sup>), observa-se que, na monocultura, houve acúmulo de 0,36 g planta<sup>-1</sup> de MSA a mais que no cultivo consorciado, o que equivale a 28,8% (Tabela 2). Segundo Trenbath (1976), a produção de matéria seca pela planta depende da eficiência na interceptação da radiação fotossinteticamente ativa. As maiores produtividades de sistemas de cultivo consorciado, comparado às de cultivo solteiro, podem ser atribuídas à melhor utilização de luz pelo dossel fotossintético das culturas em consórcio, por apresentarem diferentes distribuições da folhagem no espaço (OFORI ; STERN, 1987). Logo, pode-se inferir que, devido à competição interespecífica (HART, 1975) ocorrida no consórcio, principalmente por luz, levou a um menor desenvolvimento das folhas de rúcula com conseqüente diminuição da MSA.

Quanto ao teor de clorofila total (CLO), o N-ureia aumentou ( $p < 0,01$ ) de forma linear à concentração. O teor de clorofila total variou de 0,54 mg g<sup>-1</sup> a 0,65 mg g<sup>-1</sup> com a aplicação de 0 e 225 kg ha<sup>-1</sup> de N-ureia, respectivamente. Isto equivale a um

crescimento de 20% no teor de CLO (Figura 17). Com base na Figura 17, estima-se que, a cada 1kg ha<sup>-1</sup> de N-ureia aplicado, ocorre acúmulo de 0,0004 mg g<sup>-1</sup> de CLO na rúcula. Carvalho et al. (2003) obtiveram um incremento no teor de clorofila nas folhas da cultura do feijoeiro com o aumento das doses de N, bem como maior produtividade de grãos. Ao avaliarem as concentrações de clorofila no limbo foliar de tomateiros, Guimarães et al. (1999) verificaram que ocorreu um aumento significativo com as doses de N. Estes resultados indicam haver uma correlação positiva entre a quantidade de N fornecido e a concentração de clorofila total na planta.

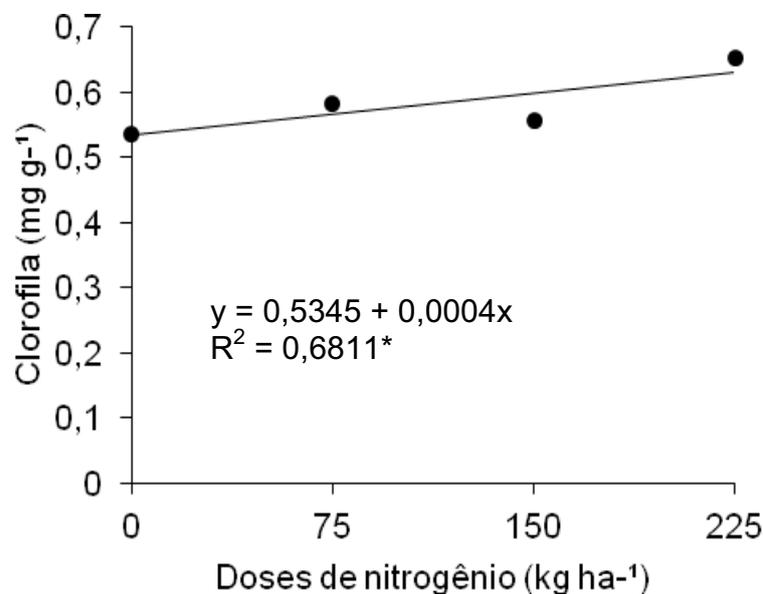


Figura 17. Efeito do N-ureia no teor de clorofila total da rúcula, cultivar Folha-Larga, em consórcio, plantio de verão.

A produtividade da rúcula cultivada no verão (Tabela 2) foi afetada apenas pelo N-ureia ( $p < 0,05$ ), e ela atingiu o valor máximo estimado de 9.909,70 kg ha<sup>-1</sup> com a dose de 197,15 kg ha<sup>-1</sup> de N-ureia (Figura 18). Verificou-se pela equação de regressão que, nos tratamentos que não receberam N-ureia, a produtividade média estimada de rúcula foi de 2.848 kg ha<sup>-1</sup>, enquanto as que receberam a dose máxima (225 kg ha<sup>-1</sup>) tiveram produtividade média estimada de 9.769 kg ha<sup>-1</sup>, ou seja, 243% maior (Figura 18). Barros Júnior et al. (2011) também obtiveram aumentos na

produtividade e maior índice de eficiência de uso da área (1,84) com a dose de 195 kg ha<sup>-1</sup> de N para a rúcula.

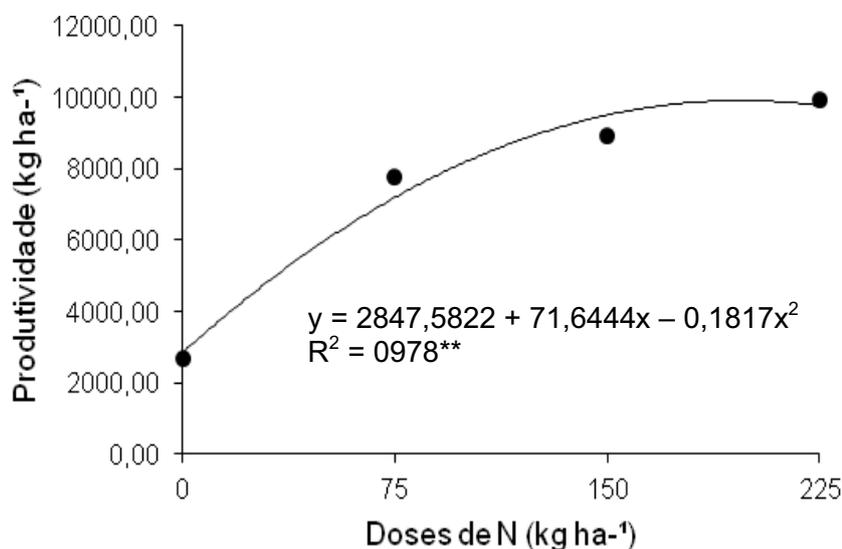


Figura 18. Efeito do N-ureia na produtividade da rúcula, cultivar Folha-Larga, em consórcio, plantio de verão.

Comparando-se a produtividade da rúcula em monocultura com a do consórcio, verificou-se diferença significativa ( $p < 0,01$ ). A produtividade na monocultura foi de 11.457 kg ha<sup>-1</sup>, enquanto no consórcio foi de 7.330 kg ha<sup>-1</sup>, com diferença de 4.127 kg ha<sup>-1</sup> ou produtividade 56% maior na monocultura de rúcula (Tabela 2). A menor produtividade verificada no consórcio pode ter sido provocada pela competição interespecífica ocorrida entre a alface e a rúcula. O cultivo consorciado é caracterizado pela competição interespecífica (HART, 1975), podendo ocorrer inibição mútua entre as culturas (WILLEY, 1979a).

#### 4.1.3 Avaliação econômica do consórcio – plantio de verão

Na Tabela 3, são apresentados o índice de eficiência de uso da área (EUA) e o cálculo da renda líquida (RL) por tratamento do consórcio e da monocultura. Não houve efeito significativo da interação entre nitrogênio-ureia (N-ureia) e esterco bovino (EB) nas duas variáveis. Contudo, houve efeito isolado do N-ureia ( $p < 0,01$ )

na EUA e na RL, não ocorrendo efeito do esterco bovino em nenhuma destas variáveis no consórcio de alface e rúcula, no plantio de verão.

Tabela 3. Variáveis avaliadas no consórcio e na monocultura de alface, cv. “Vera”, e rúcula, cv. “Folha-Larga”, plantio de verão, em função de N-ureia e esterco bovino.

Causas variação	EUA	RL R\$ ha <sup>-1</sup>
Doses N (kg ha <sup>-1</sup> )		
0	0,63	12.256,28
75	1,13	27.457,58
150	1,19	28.903,28
225	1,23	29.589,56
Teste F	23,50**	21,63**
Doses EB (t ha <sup>-1</sup> )		
0	1,00	23.250,07
10	1,05	24.863,31
20	1,02	23.538,51
30	1,10	26.554,82
Teste F	0,61 <sup>NS</sup>	0,72 <sup>NS</sup>
Interação (N x EB)	0,63 <sup>NS</sup>	0,63 <sup>NS</sup>
Adicional x Fatorial	-	0,25 <sup>NS</sup>
Entre adicionais	-	0,85 <sup>NS</sup>
MA	-	28.203,24
MR	-	23.570,55
MTA	-	25.886,89
MF	1,04	24.551,67
CV (%)	21,92	28,71

\*\* significativo a 1% de probabilidade e <sup>NS</sup> = não significativo pelo teste de F. MA = média da alface, MR = média da rúcula, MTA = média do tratamento adicional, MF = média do fatorial, CV = coeficiente de variação, EUA = eficiência de uso da área, RL = renda líquida.

O fator N-ureia produziu efeito quadrático no EUA, que atingiu o valor máximo estimado de 1,26 com a dose estimada de 172 kg ha<sup>-1</sup> de N-ureia (Figura 19), o que significa dizer que, para a dose estimada de 172 kg ha<sup>-1</sup> de N-ureia, a produtividade de 1 ha do consórcio foi 26% maior do que a soma das produtividades de 0,5 ha de alface e 0,5 ha de rúcula em monocultura. Isto significa, conforme citado por Willey (1979), que existe efeito de cooperação ou de compensação entre as culturas, com vantagens para o consórcio (Figura 19).

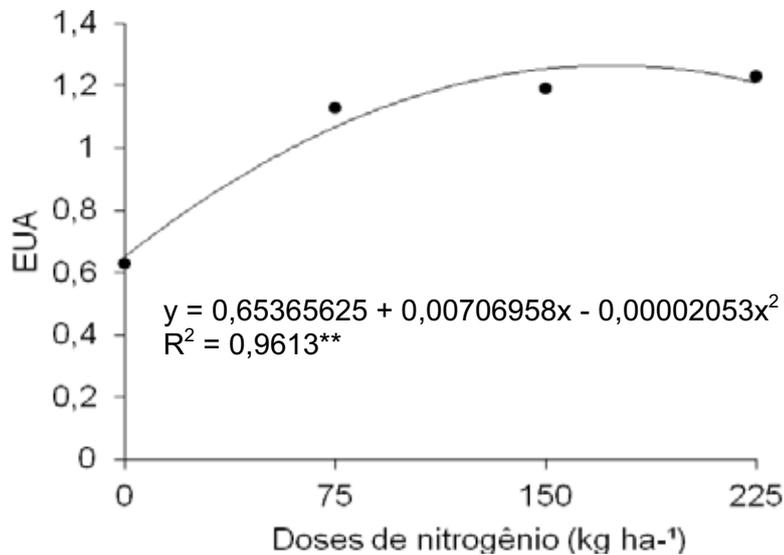


Figura 19. Efeito do N-ureia na EUA da alface, cv. Vera, em consórcio com a Rúcula, cv. Folha-Larga, plantio de verão.

Também para a renda líquida (RL), o fator N-ureia produziu efeito quadrático, sendo que o valor máximo estimado de R\$ 31.056,00 foi obtido com a dose estimada de 168 kg ha<sup>-1</sup> de N-ureia (Figura 20). Não houve diferença significativa entre o tratamento adicional (monocultura) e o fatorial (consórcio) significando que, economicamente, tanto faz plantar a alface e a rúcula em monocultura quanto em consórcio, no período do verão, embora o índice de EUA (1,26, estimado por meio da derivada da equação de regressão da Figura 19) indique vantagens para o plantio em consórcio. Em trabalho semelhante, Costa et al. (2003), em cultivo consorciado realizado com três grupos de alface (crespa, americana e lisa) e rúcula, em duas épocas de cultivo, verificaram que as maiores receitas líquidas foram obtidas em consórcios estabelecidos até 7 dias após o transplante (DAT) da alface. Segundo os autores, na primavera, o consórcio proporcionou aumento de 97% e 73% na receita líquida em relação à monocultura de alface e de rúcula, respectivamente. Isto reforça os comentários de Zanatta, Schiocchet e Nadal (1993), que embora o índice EUA seja adotado para comparar as produtividades em consórcio e a monocultura, na avaliação do cultivo consorciado, deve ser feita também a análise econômica que considera, além da produção física das culturas, o

preço dos produtos segundo sua classificação (aspecto qualitativo) e época do ano (sazonalidade).

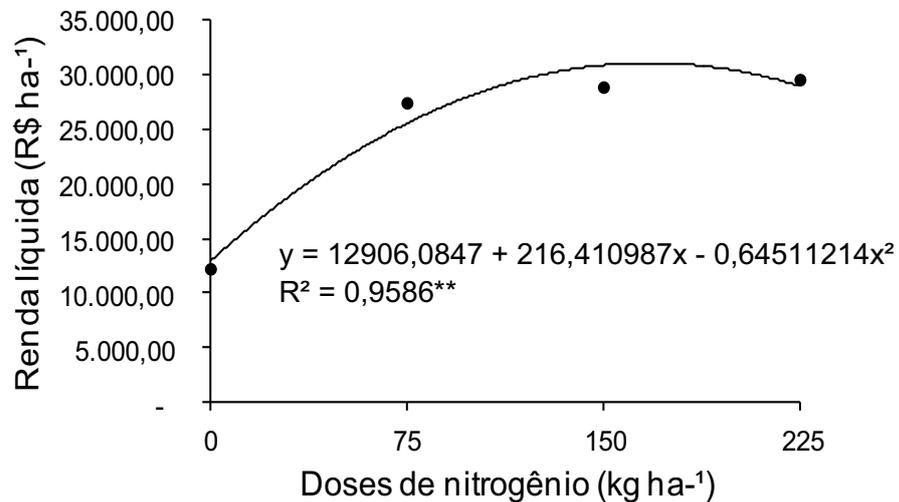


Figura 20. Efeito do N-ureia na Renda líquida da alface, cv. Vera, em consórcio com a rúcula, cv. Folha-Larga, plantio de verão.

## 4.2 Experimento II (inverno)

### 4.2.1 Alface

Houve efeito significativo ( $p < 0,05$ ) da interação N-ureia e esterco bovino (EB) apenas para o diâmetro da planta. Por outro lado, houve efeito isolado do N-ureia ( $p < 0,01$ ) na massa fresca da parte aérea (MFA), massa seca da parte aérea (MSA) e teor de nitrato (NIT), e efeito do EB ( $p < 0,01$ ) na MFA e MSA da alface, cultivada no inverno (Tabela 4).

Tabela 4. Variáveis avaliadas nas plantas de alface, no cultivo de inverno, em função de adubação com N-ureia e esterco bovino.

Causas da variação	D (cm)	MFA (g planta <sup>-1</sup> )	MSA (g planta <sup>-1</sup> )	NIT (mg kg <sup>-1</sup> MF)	CLO (mg g <sup>-1</sup> )	Prod. (kg ha <sup>-1</sup> )
Doses de N (kg ha <sup>-1</sup> )						
0	15,71	28,95	1,93	252,56	0,18	3384,48
75	18,95	49,10	2,79	317,83	0,22	6022,27
150	19,54	54,46	2,75	532,62	0,20	6394,31
225	18,88	52,92	2,69	1003,67	0,22	6228,79
Teste F	26,61 <sup>**</sup>	20,72 <sup>**</sup>	10,01 <sup>**</sup>	10,72 <sup>**</sup>	2,33 <sup>NS</sup>	27,34 <sup>**</sup>
Doses de EB (t ha <sup>-1</sup> )						
0	13,21	17,15	1,04	710,60	0,21	1591,34
10	18,60	45,46	2,53	421,60	0,20	5377,12
20	19,98	55,91	2,99	487,13	0,21	7205,09
30	21,27	67,81	3,59	487,35	0,20	7856,31
Teste F	111,19 <sup>**</sup>	68,58 <sup>**</sup>	70,61 <sup>**</sup>	1,49 <sup>NS</sup>	0,52 <sup>NS</sup>	106,84 <sup>**</sup>
Interação (N x EB)	2,13 <sup>*</sup>	1,55 <sup>NS</sup>	1,48 <sup>NS</sup>	1,59 <sup>NS</sup>	0,92 <sup>NS</sup>	2,06 <sup>NS</sup>
Adicional x Fatorial	38,22 <sup>**</sup>	44,24 <sup>**</sup>	110,72 <sup>**</sup>	0,60 <sup>NS</sup>	0,95 <sup>NS</sup>	76,05 <sup>**</sup>
MTA	22,55	82,42	5,36	361,02	0,23	10401,37
MF	18,27	46,58	2,54	526,67	0,20	5507,46
CV (%)	7,25	21,47	19,21	80,28	25,66	18,79

<sup>\*\*</sup> significativo a 1% de probabilidade, <sup>\*</sup> significativo a 5% de probabilidade e <sup>NS</sup> = não significativo pelo teste F. D = diâmetro, MFA = massa fresca da parte aérea, MSA = massa seca da parte aérea, NIT = teor de nitrato, CLO = teor de clorofila total, Prod. = produtividade, CV = coeficiente de variação, MTA = média do tratamento adicional, MF = média do fatorial.

Os efeitos nos diâmetros das plantas foram quadráticos com as doses 0; 10 e 30 t ha<sup>-1</sup> de EB, combinadas com as doses de N-ureia (Figura 21). Os maiores diâmetros estimados (14,73; 20,63 e 22,75 cm) foram obtidos com as doses combinadas de 0 t ha<sup>-1</sup> de EB + 130 kg ha<sup>-1</sup> de N-ureia; 10 t ha<sup>-1</sup> de EB + 141 kg ha<sup>-1</sup> de N-ureia, e 30 t ha<sup>-1</sup> de EB + 179 kg ha<sup>-1</sup> de N-ureia, respectivamente. O diâmetro teve crescimento linear com a dose de 20 t ha<sup>-1</sup> de EB, combinada com as doses de N-ureia, e variou de 17,85 a 22,12 cm com as doses combinadas de 20 t ha<sup>-1</sup> de EB + 0 kg ha<sup>-1</sup> de N-ureia, e 20 t ha<sup>-1</sup> de EB + 225 kg ha<sup>-1</sup> de N-ureia, respectivamente. Com base na Figura 21, pode-se estimar que com a dose de 20 t ha<sup>-1</sup> de EB para cada 1 kg de N-ureia aplicado, ocorre aumento de 0,02 cm no diâmetro da alface. O maior diâmetro médio estimado para a alface foi de 22,75 cm, obtido com a combinação das doses: 179 kg ha<sup>-1</sup> de N-ureia e 30 t ha<sup>-1</sup> de esterco bovino.

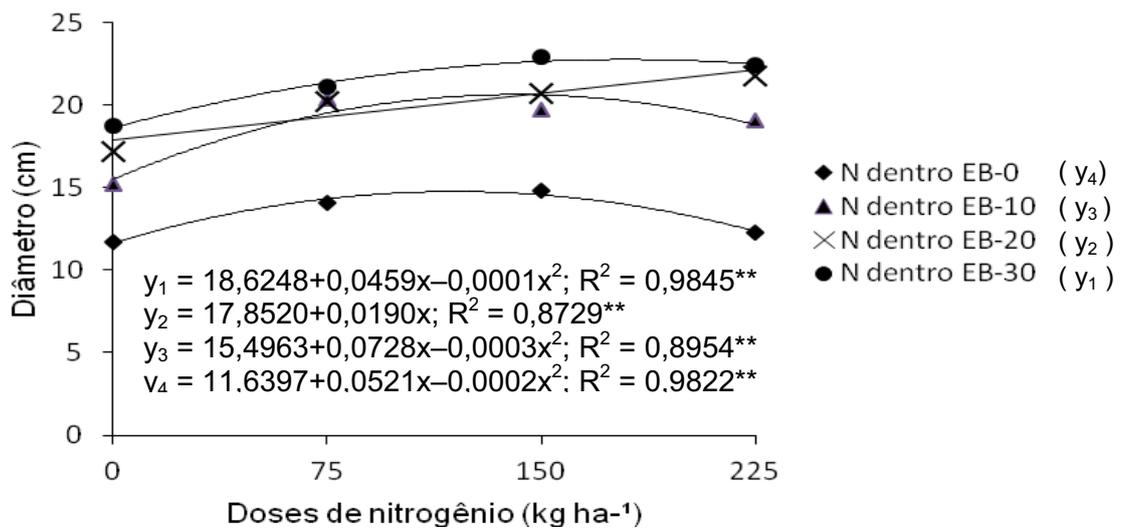


Figura 21. Efeito da interação N-ureia e esterco bovino (N dentro de EB) no diâmetro da alface, cultivar Vera, em consórcio, plantio de inverno.

Os diâmetros das plantas de alface tiveram crescimento de forma quadrática com as doses de 75; 150 e 225 kg ha<sup>-1</sup> de N-ureia, combinadas com as doses de EB (Figura 22). Os maiores diâmetros estimados (21,44; 22,72 e 22,58 cm) foram obtidos com as doses combinadas de 75 kg ha<sup>-1</sup> de N-ureia + 22,64 t ha<sup>-1</sup> de EB; 150 kg ha<sup>-1</sup> de N-ureia + 33,22 t ha<sup>-1</sup> de EB, e 225 kg ha<sup>-1</sup> de N-ureia + 25,67 t ha<sup>-1</sup> de EB, respectivamente. O diâmetro teve crescimento linear com a dose de 0 kg ha<sup>-1</sup> de N-ureia combinada com as doses de EB, e variou de 12,26 a 19,15 cm com as doses de 0 kg ha<sup>-1</sup> de N-ureia + 0 t ha<sup>-1</sup> de EB, e 0 kg ha<sup>-1</sup> de N-ureia + 30 t ha<sup>-1</sup> de EB, respectivamente. Com base na Figura 22, pode-se estimar que, com a dose de 0 kg ha<sup>-1</sup> de N-ureia para cada 1 t ha<sup>-1</sup> de EB aplicado, ocorre aumento de 0,23 cm no diâmetro da alface, cultivada no inverno. O maior diâmetro médio estimado para a alface foi de 22,72 cm, obtido com a combinação das doses: 150 kg ha<sup>-1</sup> de N-ureia e 33,22 t ha<sup>-1</sup> de esterco bovino.

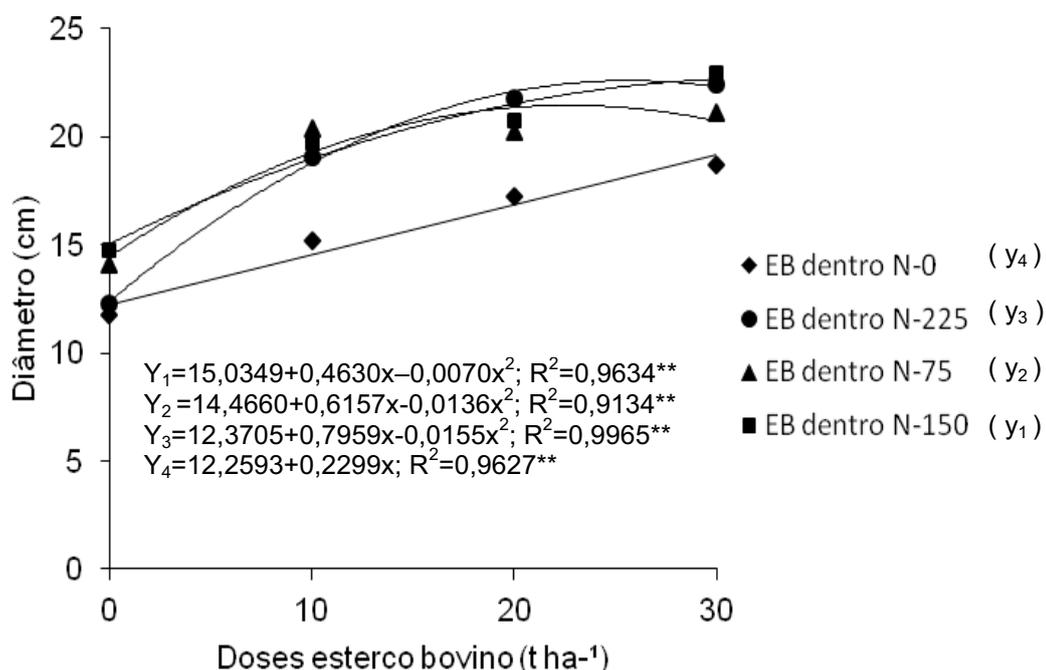


Figura 22. Efeito da interação esterco bovino e N-ureia (EB dentro de N) no diâmetro da alface, cultivar Vera, em consórcio, plantio de inverno.

Os dois maiores diâmetros da alface (22,75 cm e 22,72 cm) foram obtidos, respectivamente, com as combinações de 179 kg ha<sup>-1</sup> de N-ureia com 30 t ha<sup>-1</sup> de EB, e 150 kg ha<sup>-1</sup> de N-ureia com 33,22 t ha<sup>-1</sup> de EB. Em função dos preços destes insumos, pode-se inferir que a melhor combinação a ser usada é de 179 kg ha<sup>-1</sup> de N-ureia com 30 t ha<sup>-1</sup> de EB, uma vez que o diâmetro é praticamente o mesmo, e o custo para se adquirir 29 kg ha<sup>-1</sup> de N (179 – 150 kg ha<sup>-1</sup> de N) é bem menor do que para se adquirir 3,22 t ha<sup>-1</sup> de EB (33,22 – 30 t ha<sup>-1</sup> de EB).

Comparando-se o diâmetro das plantas de alface na monocultura com o das plantas em consórcio, verificou-se que houve diferença significativa ( $p < 0,01$ ). Na monocultura, as plantas apresentaram diâmetro médio de 22,55 cm, enquanto no consórcio ele foi de 18,27 cm, valores de 18,98% maiores na monocultura (Tabela 4). Da mesma forma como ocorreu no plantio de verão, no plantio de inverno, o espaçamento maior na monocultura favoreceu o prostramento das plantas da alface, o que é próprio da cultivar, conforme relatado por Mota et al. (2011).

Tanto o N-ureia quanto o esterco bovino produziram efeito ( $p < 0,01$ ) na produção de massa fresca da parte aérea (MFA) (Tabela 4). A resposta em

produção de MFA pela alface com N-ureia foi quadrática, com a maior massa estimada ( $56,22 \text{ g planta}^{-1}$ ) sendo obtida com a dose de  $164 \text{ kg ha}^{-1}$  de N-ureia (Figura 23). Com base na equação de regressão da Figura 23, pode-se estimar que as plantas que não receberam N-ureia produziram  $29,48 \text{ g planta}^{-1}$ , enquanto as que receberam a dose máxima de  $225 \text{ kg ha}^{-1}$  de N-ureia produziram  $52,59 \text{ g planta}^{-1}$  de MFA (78% maior). Barros Júnior et al. (2011) também obtiveram incrementos da massa fresca da alface consorciada com rúcula, com o valor máximo de massa fresca das plantas de alface ( $263,06 \text{ g planta}^{-1}$ ), com a dose de  $127 \text{ kg ha}^{-1}$  de N. Os resultados obtidos estão de acordo com o citado por Taiz e Zeiguer (2004) de que, na planta, o N tem função central na produtividade.

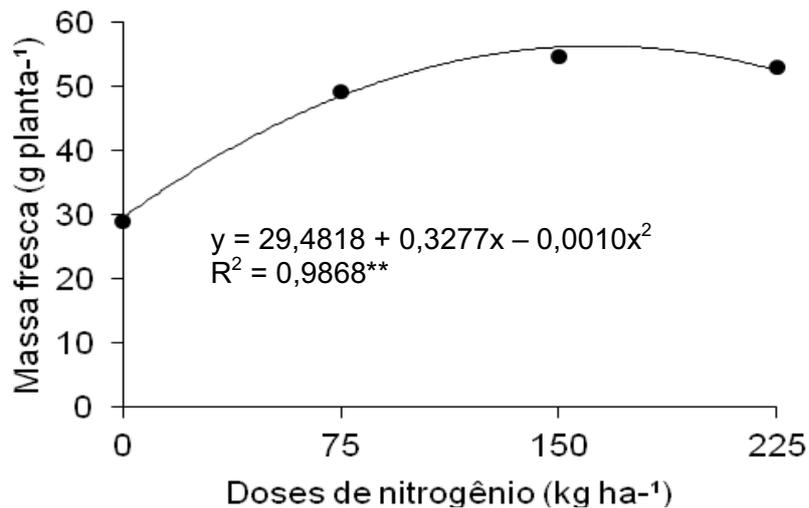


Figura 23. Efeito do N-ureia na massa fresca da parte aérea da alface, cultivar Vera, em consórcio, plantio de inverno.

A massa fresca da parte aérea da alface aumentou de forma quadrática com aplicação do esterco bovino, com a produtividade máxima estimada de  $68 \text{ g planta}^{-1}$  obtida com a dose de  $34,82 \text{ t ha}^{-1}$  de EB (Figura 24). As plantas que não receberam EB produziram  $18,11 \text{ g planta}^{-1}$ , enquanto as que receberam a maior dose ( $30 \text{ t ha}^{-1}$ ) de EB produziram  $66,84 \text{ g planta}^{-1}$ , ou seja, 269 % a mais (Figura 24).

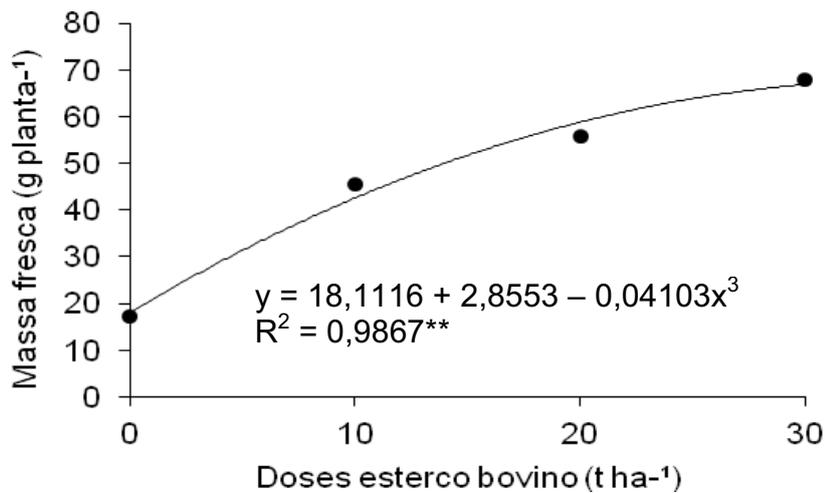


Figura 24. Efeito do esterco bovino na massa fresca da parte aérea da alface, cultivar Vera, em consórcio, plantio de inverno.

Comparando-se a produção de massa fresca da parte aérea (MFA) da alface em monocultura com a MFA da alface em consórcio, verificou-se diferença significativa ( $p < 0,01$ ). A produtividade em monocultura de MFA foi  $82,42 \text{ g planta}^{-1}$ , enquanto no consórcio foi de  $46,58 \text{ g planta}^{-1}$ , com diferença de  $35,84 \text{ g planta}^{-1}$ , ou seja, 43,48% maior na monocultura (Tabela 4). A menor produtividade de MFA da alface no consórcio pode ter sido motivada pela competição interespecífica ocorrida entre a alface e a rúcula, conforme citado por Hart (1975).

Houve efeito ( $p < 0,01$ ) do N-ureia e do esterco bovino na produção de massa seca da parte aérea (MSA) da alface. O efeito foi quadrático com aplicação de N-ureia, com a produtividade máxima estimada de  $2,85 \text{ g planta}^{-1}$  obtida com a dose de  $122 \text{ kg ha}^{-1}$  (Figura 25). Com base na equação de regressão, as plantas que não receberam N-ureia produziram  $1,97 \text{ g planta}^{-1}$ , enquanto as que receberam a maior dose ( $225 \text{ kg ha}^{-1}$ ) de N-ureia produziram  $2,69 \text{ g planta}^{-1}$ , ou seja, 36% maior (Figura 25).

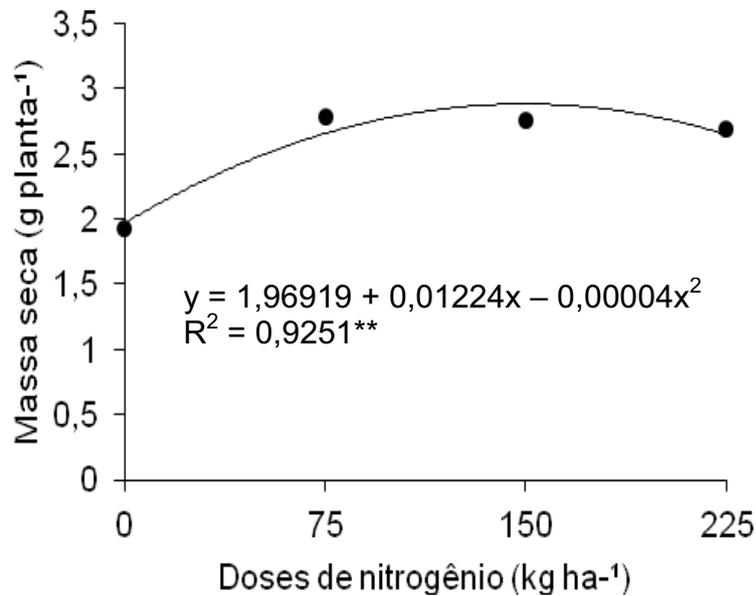


Figura 25. Efeito do N-ureia na massa seca da parte aérea da alface, cultivar Vera, em consórcio, plantio de inverno.

A MSA aumentou de forma quadrática com aplicação de EB, com a maior massa estimada de 3,56 g planta<sup>-1</sup>, sendo obtida com a dose de 32,98 t ha<sup>-1</sup> (Figura 26). Com base na equação de regressão, as plantas que não receberam EB produziram 1,09 g planta<sup>-1</sup>, enquanto as que receberam a maior dose (30 t ha<sup>-1</sup> de EB) produziram 3,57 g planta<sup>-1</sup> ou 227% a mais (Figura 26). Os resultados estão de acordo com os encontrados por outros pesquisadores. Souza et al. (2004) observaram que doses crescentes de esterco bovino produziram efeitos significativos sobre as matérias fresca e seca de plantas de alecrim-pimenta até a dose de 12% de esterco bovino, em função do volume de solo, ponto a partir do qual começou a ocorrer queda nos teores de massa fresca e seca das plantas.

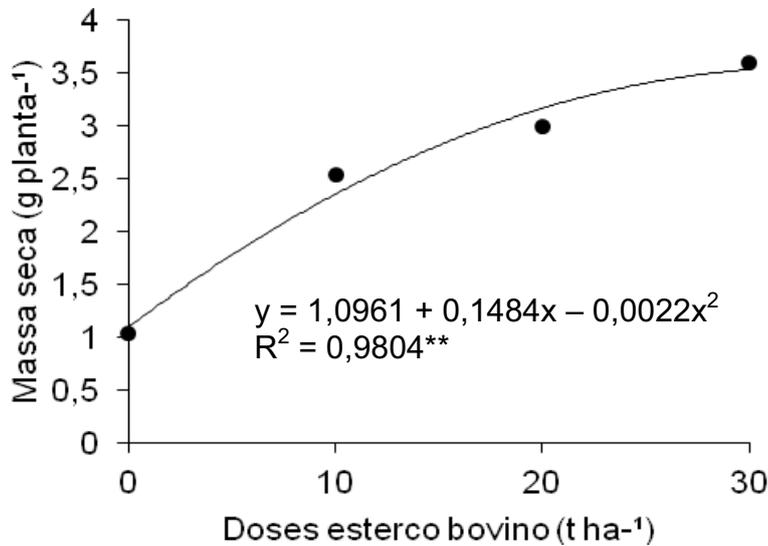


Figura 26. Efeito do esterco bovino na massa seca da parte aérea da Alface, cultivar Vera, em consórcio, plantio de inverno.

Comparando-se a massa seca da parte aérea (MSA) da alface na monocultura com a MSA da alface no consórcio, verificou-se que há diferença significativa ( $p < 0,01$ ). Na monocultura, a produtividade de MSA foi de  $5,36 \text{ g planta}^{-1}$ , enquanto no consórcio foi de  $2,54 \text{ g planta}^{-1}$ , o que dá uma diferença de  $2,82 \text{ g planta}^{-1}$ , isto é, 52,61% a mais de MSA na monocultura (Tabela 4). Com base nestes resultados e nos verificados com a massa fresca da parte aérea, que apresentou o mesmo comportamento quadrático, pode-se inferir que a menor produção de MSA ocorrida na monocultura deve-se à competição interespecífica, com efeito prejudicial da rúcula sobre a MSA da alface, conforme citado por Hart (1975).

Houve efeito do N-ureia ( $p < 0,01$ ) no teor de nitrato (NIT) na planta, com aumento linear. O teor de nitrato variou de  $156,45$  a  $896,88 \text{ mg kg}^{-1}$  de MF com aplicação de  $0$  e  $225 \text{ kg ha}^{-1}$  de N-ureia, respectivamente (Figura 27). Esses teores ficaram abaixo do limite máximo estabelecido pela comunidade Europeia ( $2.500 \text{ mg kg}^{-1}$  da MF) para alface produzida a campo, conforme Mccall e Willumsen (1998). Com base na Figura 27, pode-se admitir que, a cada  $1 \text{ kg}$  de N-ureia aplicado, ocorre aumento médio de  $3,29 \text{ mg kg}^{-1}$  de nitrato acumulado na MFA das plantas. O teor máximo de nitrato aqui verificado ( $1.003,67 \text{ mg kg}^{-1}$  da MF) foi maior do que o encontrado na cultura de verão ( $432,35 \text{ mg kg}^{-1}$ ), confirmando, assim, os

comentários de Maynard et al. (1976), de que, em condições de baixa intensidade luminosa, a atividade da nitrato redutase diminui, ocorrendo acúmulo de nitrato, e de Mengel e Kirkby (1987), de que, com baixa intensidade luminosa, a fotossíntese diminui, afetando a produção de ferredoxina que atua como agente redutor na assimilação do nitrato, e com isso há acúmulo do íon nitrato nos vacúolos.

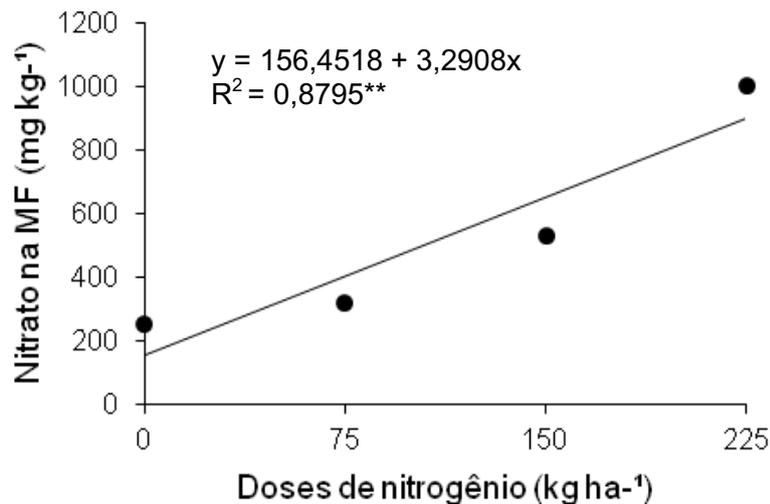


Figura 27. Efeito do N-ureia no teor de nitrato da alface, cultivar Vera, em consórcio, plantio de inverno.

Comparando-se o teor de nitrato na alface em consórcio com rúcula (526,67 mg kg<sup>-1</sup> da MF) com o teor de nitrato na alface em monocultura (361,01 mg kg<sup>-1</sup> da MF), observa-se a redução de 31,45% no teor de nitrato na monocultura de alface (Tabela 4). O maior teor de nitrato verificado na alface em consórcio pode estar relacionado à menor intensidade luminosa que atingiu as plantas de alface, devido ao menor espaçamento entre as plantas e ao maior sobreamento da alface pela rúcula que ocorreu nessa época. Conforme Faquin e Andrade (2004), a explicação para o acúmulo de nitrato que ocorre na ausência de luz ou baixa intensidade luminosa, é que, nessas condições, não haveria nos cloroplastos um fluxo de elétrons via ferredoxina suficiente para a redutase do nitrato (RNO<sub>3</sub>) no citoplasma, acumulando, assim, o NO<sub>3</sub><sup>-</sup> absorvido.

Houve efeito isolado ( $p < 0,01$ ) do N-ureia e do esterco bovino (EB) na produtividade da alface, cultivada no inverno. Não houve efeito significativo da interação N-ureia x EB (Tabela 4). O fator N-ureia aumentou de forma quadrática a produtividade da alface que atingiu o valor máximo estimado de  $6.666 \text{ kg ha}^{-1}$  com a dose de  $160 \text{ kg ha}^{-1}$  de N-ureia (Figura 28). As plantas que não receberam N-ureia tiveram produtividade média estimada de  $3.470 \text{ kg ha}^{-1}$ , enquanto as que receberam a dose máxima ( $225 \text{ kg ha}^{-1}$ ) de N-ureia tiveram produtividade de  $6.142 \text{ kg ha}^{-1}$ , isto é, 77% a mais (Figura 28). Estes resultados são procedentes, pois, conforme Taiz e Zeiguer (2004), o nitrogênio tem função central na produtividade das plantas.

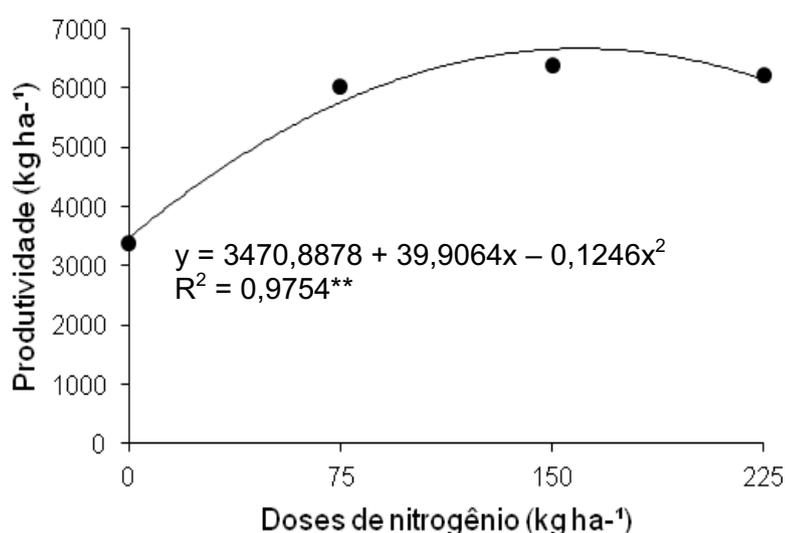


Figura 28. Efeito do N-ureia na produtividade da alface, cultivar Vera, em consórcio, plantio de inverno.

O esterco bovino também aumentou de forma quadrática a produtividade da alface, sendo a máxima produtividade estimada ( $7.844 \text{ kg ha}^{-1}$ ) obtida com a dose de  $28 \text{ t ha}^{-1}$  de EB (Figura 29). Oliveira et al. (2001), trabalhando com alface e rúcula consorciadas, em Lavras-MG, nos meses de abril a setembro de 2006, observaram melhor desempenho produtivo com adubação orgânica, quando obtiveram rendimentos de até 63% na eficiência de uso da área (EUA). Comparada à

produtividade obtida com a adubação de N-ureia ( $6.666 \text{ kg ha}^{-1}$ ), o esterco bovino proporcionou melhor resultado, com ganho de  $1.178 \text{ kg ha}^{-1}$ , ou seja, 17% a mais de produtividade em relação à aplicação de N-ureia.

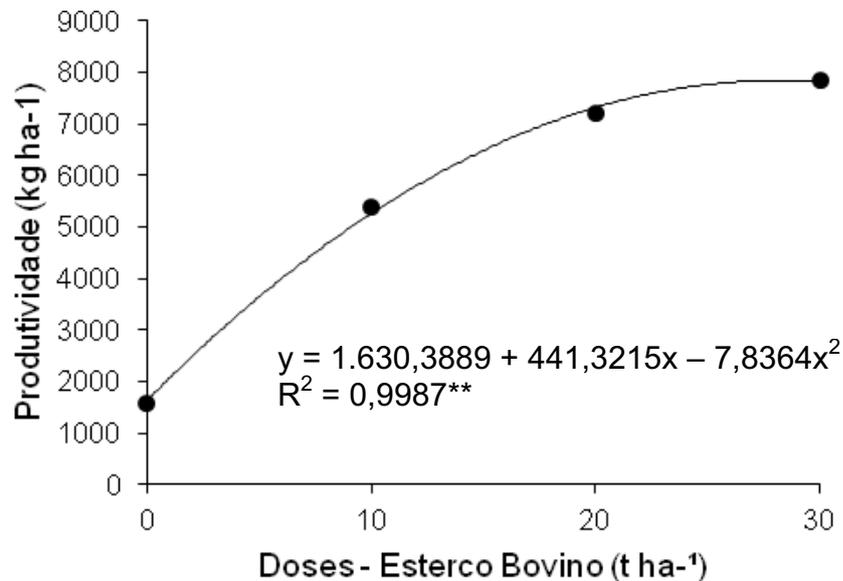


Figura 29. Efeito do esterco bovino na produtividade da alface, cultivar Vera, em consórcio, plantio de inverno.

Ao comparar a produtividade da alface em monocultura com a produtividade da alface em consórcio com a rúcula, verificou-se que houve diferença significativa ( $p < 0,01$ ). Na monocultura, a produtividade da alface foi de  $10.401 \text{ kg ha}^{-1}$ , enquanto no consórcio foi de  $5.507 \text{ kg ha}^{-1}$ , o que fornece uma diferença a mais para monocultura de  $4.894 \text{ kg ha}^{-1}$ , isto é, 47,1% maior que a do consórcio (Tabela 4). A menor produtividade verificada no consórcio pode ter sido motivada pela competição interespecífica, conforme citado por Hart (1975).

#### 4.2.2 Rúcula

Não houve efeito significativo da interação nitrogênio (N-ureia) e esterco bovino (EB) nas características avaliadas, na cultura da rúcula, plantio de inverno. Houve efeito do N-ureia ( $p < 0,01$ ) na altura de plantas, no número de folhas, na massa fresca e na massa seca da parte aérea, no teor de nitrato e na produtividade,

e ( $p < 0,05$ ) no teor de clorofila total. O esterco bovino promoveu efeito ( $p < 0,05$ ) no número de folhas por planta de rúcula, cultivada no inverno (Tabela 5).

Tabela 5. Variáveis avaliadas nas plantas de rúcula, no cultivo de inverno, em função de adubação com N-ureia e esterco bovino.

Causas variação	H (cm)	NF (un.)	MFA (g planta <sup>-1</sup> )	MSA (g planta <sup>-1</sup> )	NIT (mg kg <sup>-1</sup> ) de MF	CLO (mg g <sup>-1</sup> )	Prod. (kg ha <sup>-1</sup> )
<b>Doses N (kg ha<sup>-1</sup>)</b>							
0	12,85	6,56	12,84	1,32	286	0,42	5.155
75	21,03	9,90	26,23	2,59	1.129	0,51	13.944
150	23,23	10,81	32,79	3,05	1.908	0,49	16.556
225	24,75	11,91	38,94	3,38	3.160	0,53	19.455
Teste F	60,77 <sup>**</sup>	80,13 <sup>**</sup>	41,42 <sup>**</sup>	39,43 <sup>**</sup>	84,06 <sup>**</sup>	2,98 <sup>*</sup>	32,05 <sup>**</sup>
<b>Doses EB (t ha<sup>-1</sup>)</b>							
0	18,84	9,2	25,64	2,38	1.699	0,51	13.007
10	20,60	10,03	28,45	2,66	1.540	0,46	13.986
20	21,11	10,28	28,64	2,66	1.773	0,51	15.656
30	21,31	9,68	28,06	2,63	1.470	0,47	12.461
Teste F	2,74 <sup>NS</sup>	3,29 <sup>*</sup>	0,64 <sup>NS</sup>	0,87 <sup>NS</sup>	1,10 <sup>NS</sup>	1,00 <sup>NS</sup>	1,65 <sup>NS</sup>
Interação (N x EB)	1,06 <sup>NS</sup>	1,03 <sup>NS</sup>	0,93 <sup>NS</sup>	0,90 <sup>NS</sup>	1,03 <sup>NS</sup>	1,54 <sup>NS</sup>	0,97 <sup>NS</sup>
Adicional x Fatorial	1,53 <sup>NS</sup>	4,31 <sup>*</sup>	0,01 <sup>NS</sup>	0,16 <sup>NS</sup>	1,05 <sup>NS</sup>	0,22 <sup>NS</sup>	1,42 <sup>NS</sup>
MTA	22,20	10,90	27,40	2,70	1.903	0,51	16.457
MF	20,47	9,80	27,70	2,59	1.621	0,49	13.777
CV (%)	13,23	10,47	25,11	22,21	32,55	22,19	31,30

<sup>\*\*</sup> significativo a 1% de probabilidade, <sup>\*</sup> significativo a 5% de probabilidade e <sup>NS</sup> = não significativo pelo teste F. D = diâmetro, MFA = massa fresca da parte aérea, MSA = massa seca da parte aérea, NIT = teor de nitrato, CLO = teor de clorofila total, Prod. = produtividade, CV = coeficiente de variação, MTA = média do tratamento adicional, MF = média do fatorial.

O N-ureia proporcionou aumento quadrático na altura de plantas, com a altura máxima estimada de 24,70 cm obtida com a dose de 198 kg ha<sup>-1</sup> de N-ureia (Figura 30). As plantas que não receberam N-ureia atingiram altura média estimada de 13,12 cm, enquanto as que receberam a dose máxima (225 kg ha<sup>-1</sup>) atingiram altura média estimada de 24,30 cm, 85% a mais (Figura 30). Purquerio et al. (2007), avaliando o crescimento, a produção e a qualidade de rúcula em função do nitrogênio (0 a 240 kg ha<sup>-1</sup>) verificaram que, nas duas épocas de plantio (outono/inverno e verão), houve aumento da área foliar com o aumento das doses de nitrogênio, obtendo a maior produtividade (61.152,4 cm<sup>2</sup> m<sup>-2</sup>) com a dose de 240 kg ha<sup>-1</sup> de N.

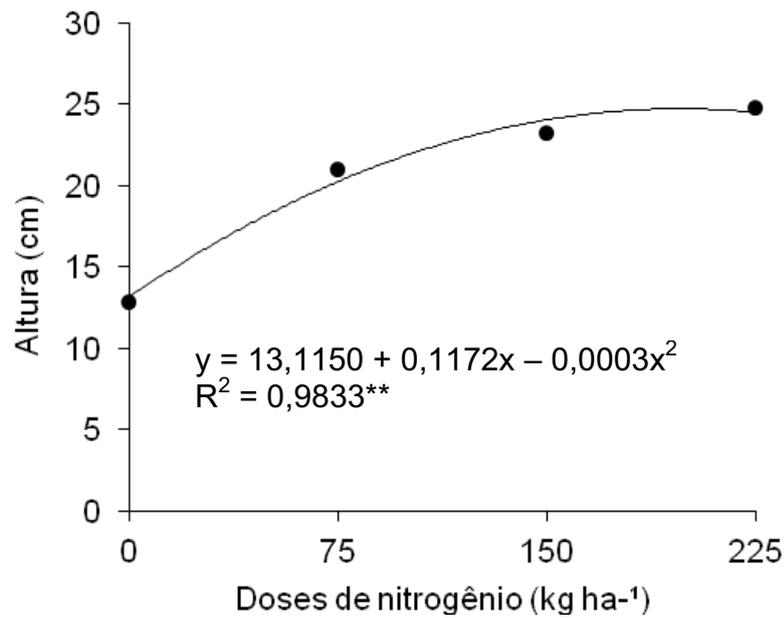


Figura 30. Efeito do N-ureia na altura da rúcula, cultivar Folha-Larga, em consórcio, plantio de inverno.

O efeito da aplicação de N-ureia no número de folhas por planta de rúcula foi quadrático, sendo o maior número de folhas estimado (11,8 unidades), obtido com a dose de 225 kg ha<sup>-1</sup> de N-ureia (Figura 31). As plantas que não receberam N-ureia tiveram número médio estimado de folhas igual a 6,69 unidades, enquanto as que receberam a dose máxima (225 kg ha<sup>-1</sup>) apresentaram número médio estimado de 11,77 unidades, isto é, com aumento de 76% (Figura 31). Barros Júnior (2008), em Jaboticabal-SP, estudando adubação nitrogenada no consórcio de alface e rúcula, obteve o número máximo de 10,14 folhas por planta, usando a dose de 195 kg ha<sup>-1</sup> de N, valores bastante próximos ao do presente trabalho.

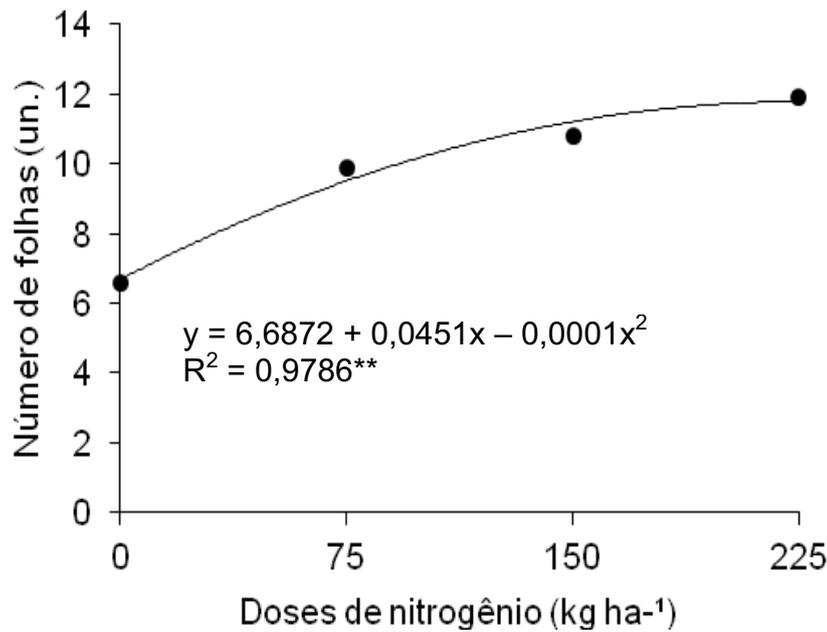


Figura 31. Efeito do N-ureia no número de folhas por planta de rúcula, cultivar Folha-Larga, em consórcio, plantio de inverno.

O número de folhas por planta de rúcula aumentou com aplicação de esterco bovino e houve efeito quadrático ( $p < 0,05$ ), sendo o maior número estimado (10,26 unidades) obtido com a dose de  $17,35 \text{ t ha}^{-1}$  de esterco bovino (Figura 32). As plantas que não receberam esterco bovino apresentaram produção média estimada de 9,2 unidades, enquanto as que receberam a dose máxima ( $30 \text{ t ha}^{-1}$ ) tiveram produção média estimada de 9,67 unidades, ou seja, um aumento de 5% no número de folhas (Figura 32). O aumento do número de folhas pode ter sido favorecido pelo N presente no esterco bovino ( $17,3 \text{ g kg}^{-1}$  neste caso) adicionado ao solo. O esterco bovino além de fornecer N, fornece também outros nutrientes, o que favorece o desenvolvimento vegetativo, expande a área fotossinteticamente ativa e eleva o potencial produtivo da cultura (FILGUEIRA, 2003).

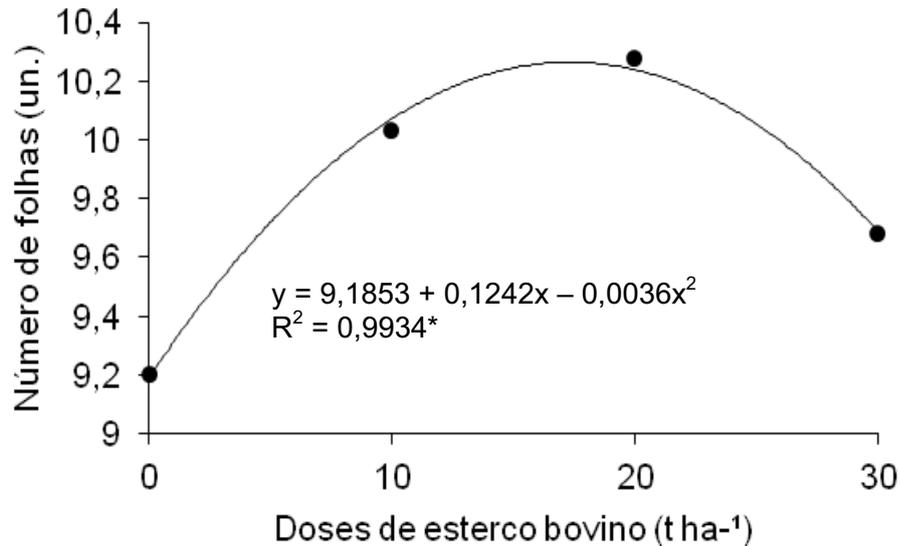


Figura 32. Efeito do esterco bovino no número de folhas por planta de rúcula, cultivar Folha-Larga, em consórcio, plantio de inverno.

O número de folhas produzidas na rúcula, em monocultura, foi maior ( $p < 0,05$ ) do que o número de folhas produzidas na rúcula, consorciada com a alface. Na monocultura, as plantas de rúcula apresentaram média de 10,9 unidades, enquanto no consórcio apresentaram 9,8 unidades, ou seja, uma redução de 10% no número de folhas por planta, quando cultivada em consórcio (Tabela 5). Essa diferença pode ser atribuída à concorrência por luz, água e nutrientes entre as plantas do consórcio com conseqüente redução do número de folhas, conforme citado por Vandermeer (1989).

A massa fresca da parte aérea (MFA) aumentou com o N-ureia ( $p < 0,01$ ) de forma quadrática, alcançando a produtividade máxima estimada de  $39,91 \text{ g planta}^{-1}$  com a dose de  $288,38 \text{ kg ha}^{-1}$  de N-ureia (Figura 33). As plantas que não receberam N-ureia apresentaram produtividade estimada de  $13,16 \text{ g planta}^{-1}$ , enquanto as que receberam a maior dose ( $225 \text{ kg ha}^{-1}$ ) apresentaram produtividade estimada de  $39,71 \text{ g planta}^{-1}$ , isto é, produtividade 202% maior (Tabela 5). Purqueiro et al. (2007), avaliando o crescimento, a produção e a qualidade de rúcula com a adição de 0 a  $240 \text{ kg ha}^{-1}$  de N, verificaram que, nas duas épocas de plantio (outono/inverno e verão), houve aumento de forma quadrática da massa fresca e massa seca das plantas com o aumento das doses de nitrogênio, sendo que, no outono/inverno, a

dose de N-ureia que possibilitou a maior produtividade de massa fresca ( 1,3 kg m<sup>2</sup> ) foi de 240 kg ha<sup>-1</sup>.

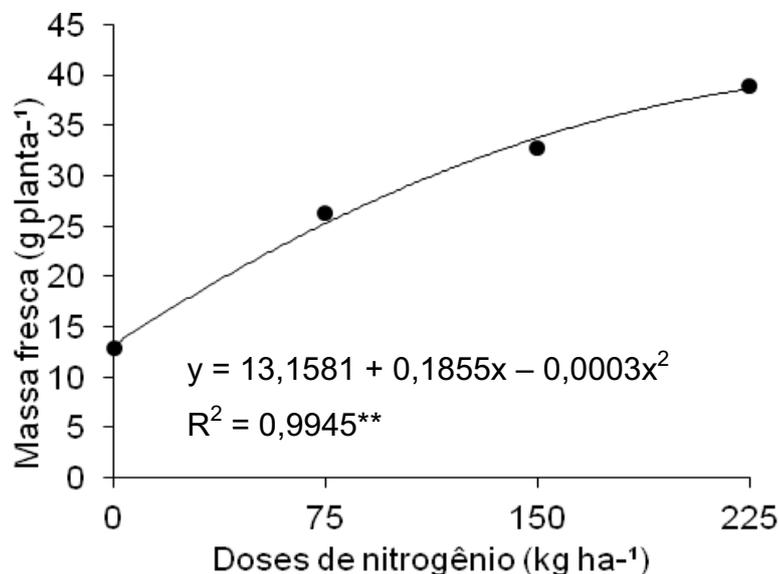


Figura 33. Efeito do N-ureia na massa fresca da parte aérea da rúcula, cultivar Folha-Larga, em consórcio, plantio de inverno.

A massa seca da parte aérea (MSA) foi influenciada pela aplicação de N-ureia ( $p < 0,01$ ). Observou-se que o N-ureia propiciou aumento quadrático da MSA da alface, com a produção máxima estimada de 3,35 g planta<sup>-1</sup>, obtida com a dose de 217 kg ha<sup>-1</sup> de N-ureia (Figura 34). As plantas que não receberam N-ureia apresentaram produção estimada de 1,35 g planta<sup>-1</sup>, enquanto as que receberam a maior dose (225 kg ha<sup>-1</sup>) tiveram produção estimada de 3,45 g planta<sup>-1</sup>, o que corresponde a um aumento de 156% na MSA da rúcula (Figura 34).

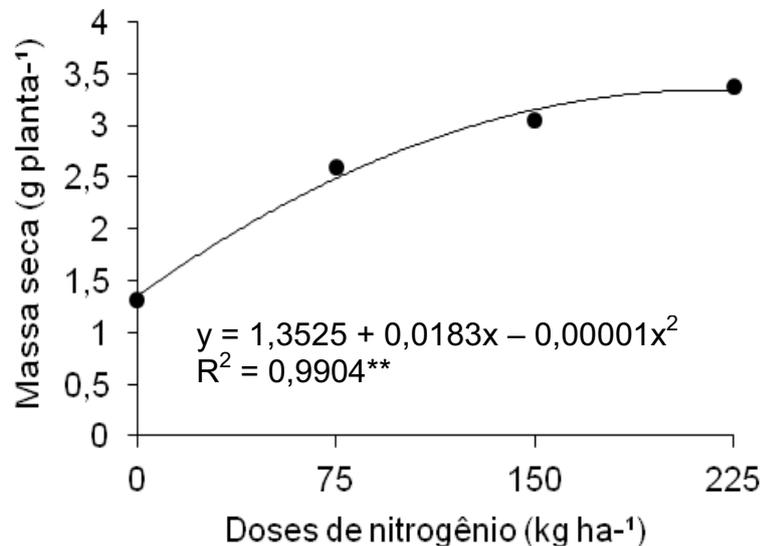


Figura 34. Efeito do N-ureia na massa seca da parte aérea da rúcula, cultivar Folha-Larga, em consórcio, plantio de inverno.

O teor de nitrato (NIT) aumentou ( $P < 0,01$ ) com aplicação de N-ureia, sendo observado efeito linear. O teor de nitrato estimado variou de 210,55 a 3.031 mg kg<sup>-1</sup> da MF de rúcula com a aplicação de 0 e 225 kg ha<sup>-1</sup> de N-ureia, respectivamente (Figura 35). Com base na equação de regressão da Figura 35, pode-se admitir que, para cada 1 kg de N-ureia aplicado, ocorreu aumento médio estimado de 12,54 mg kg<sup>-1</sup> de nitrato de massa fresca de rúcula, cultivada no inverno. Barros Júnior et al. (2009) verificaram teores máximos de nitrato nas folhas de rúcula 'Folha-Larga' de 930 mg kg<sup>-1</sup> de MF com aplicação de 250 kg ha<sup>-1</sup> de N na forma de nitrato de amônio, valor 226% menor que o máximo encontrado neste estudo. O menor teor de nitrato encontrado por Barros Júnior et al. (2009) pode ser devido à pesquisa ter sido feita no período de outubro a dezembro, quando as temperaturas, intensidades de luz e umidade são maiores e podem influenciar a capacidade das plantas em acumular nitrato conforme demonstrado por Maynard et al. (1976).

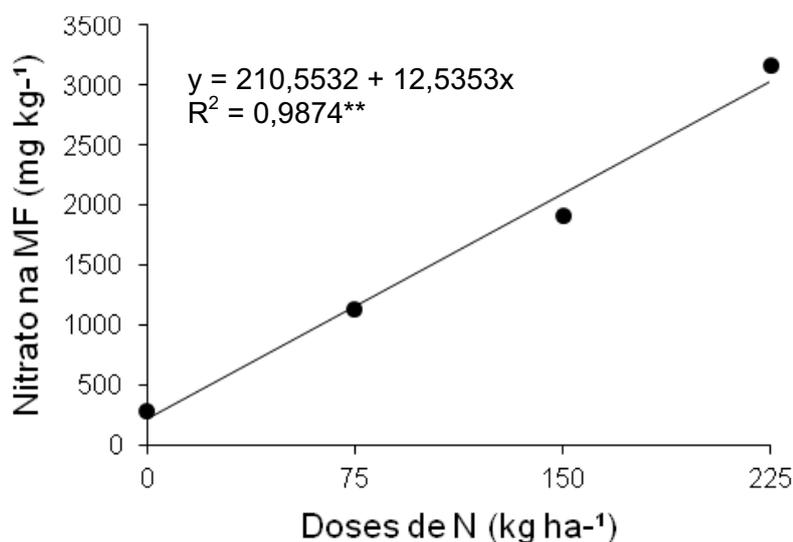


Figura 35. Efeito do N-ureia no teor de nitrato da rúcula, cultivar Folha-Larga, em consórcio, plantio de inverno.

O teor máximo estimado de nitrato na rúcula cultivada no inverno foi de 3.031 mg kg<sup>-1</sup> da MF, obtido com a dose de 225 kg ha<sup>-1</sup> de N-ureia (Figura 35). Conforme Barros Júnior et al. (2009) os limites de tolerância ao nitrato ainda não estão bem definidos e são muito divergentes entre os diversos autores. Segundo os mesmos autores não existe uma faixa de teor de nitrato nas folhas de rúcula definida como adequada. Tomando como referência o limite máximo de nitrato recomendado pela comunidade Europeia para MF da alface (2.500 mg kg<sup>-1</sup>) produzida em campo aberto, pode-se aceitar que o teor encontrado (3.031 mg kg<sup>-1</sup>) está acima do aceitável para um produto de boa qualidade nutricional (McCALL; WILLUMSEN, 1998). Para produzir rúcula dentro dos limites aceitáveis pela comunidade Europeia (2.500 mg kg<sup>-1</sup> da MF), pode-se estimar o uso da dose de 182 kg ha<sup>-1</sup> de N-ureia. Considerando-se que a rúcula seja produzida com acúmulo máximo de nitrato de 2.500 mg kg<sup>-1</sup> da MF e que a Food Agriculture Organization (FAO) considera como admissível uma dose diária de 3,65 mg do íon nitrato por kg de massa corpórea humana, uma pessoa com peso médio de 70 kg poderia consumir, diariamente, até 102,2 gramas de massa fresca para não ter risco à saúde.

Quanto ao teor de clorofila total (CLO), houve aumento linear com as doses de N-ureia (Figura 36). O teor estimado de clorofila variou de 0,44 mg g<sup>-1</sup> a 0,53 mg

$\text{g}^{-1}$ , obtidas com as doses 0 e  $225 \text{ kg ha}^{-1}$  de N-ureia, respectivamente (Figura 36). Com base na Figura 36, para cada  $1 \text{ kg ha}^{-1}$  de N-ureia aplicado, estima-se que ocorre o acúmulo de  $0,0004 \text{ mg g}^{-1}$  de clorofila na massa fresca da rúcula cultivada no inverno. O mesmo padrão de resposta foi verificado por outros pesquisadores. Guimarães et al. (1999) constataram que as concentrações de clorofila no limbo foliar de tomateiro cultivado em solo Podzólico Vermelho-Amarelo câmbico e em Areia Quartzosa cresceram linearmente com o aumento da dose de N, nos dois solos, e variaram de 50 a  $82,6 \text{ g cm}^2$  e de 51,8 a  $90,3 \text{ g cm}^2$ , respectivamente.

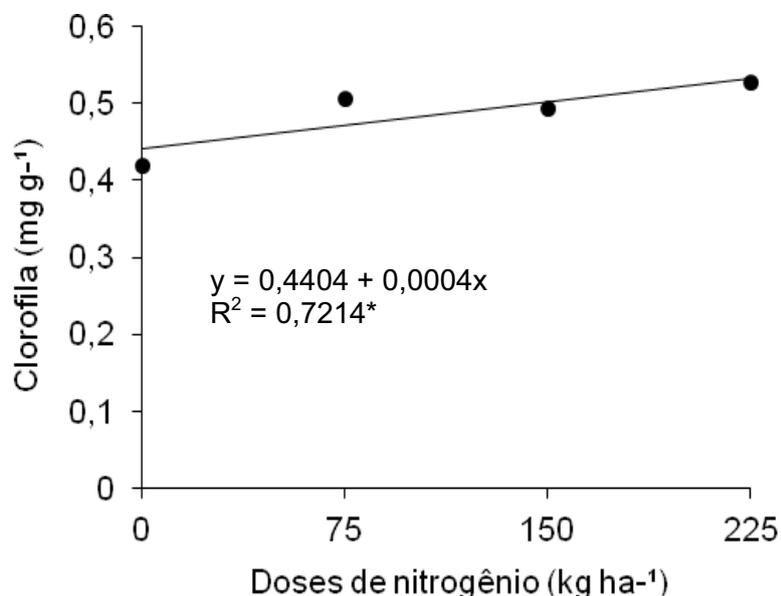


Figura 36. Efeito do N-ureia no teor de clorofila total da rúcula, cultivar Folha-Larga, em consórcio, plantio de inverno.

A produtividade da rúcula cultivada no inverno foi afetada ( $p < 0,01$ ) apenas pelo N-ureia (Tabela 5). Houve aumento quadrático, e a produtividade atingiu o valor máximo estimado de  $19.134 \text{ kg ha}^{-1}$  com a dose  $225 \text{ kg ha}^{-1}$  de N-ureia (Figura 37). As plantas que não receberam N-ureia apresentaram produtividade estimada de  $5.478 \text{ kg ha}^{-1}$ , enquanto as plantas que receberam a maior dose de N-ureia ( $225 \text{ kg ha}^{-1}$ ) apresentaram produtividade estimada de  $19.134 \text{ kg ha}^{-1}$ , ou 249% maior (Figura 37). Em Botucatu-SP, Purquerio et al. (2007) observaram resultados

semelhantes no período de outono/inverno, em que o aumento das doses de N até 240 kg ha<sup>-1</sup> aumentou de forma quadrática a produtividade da rúcula até 1,3 kg m<sup>2</sup> ou 13.000 kg ha<sup>-1</sup>. Trani et al. (1994), também em campo, mas no outono, observaram produtividade de 16.390 kg ha<sup>-1</sup>, usando 188 kg ha<sup>-1</sup> de N.

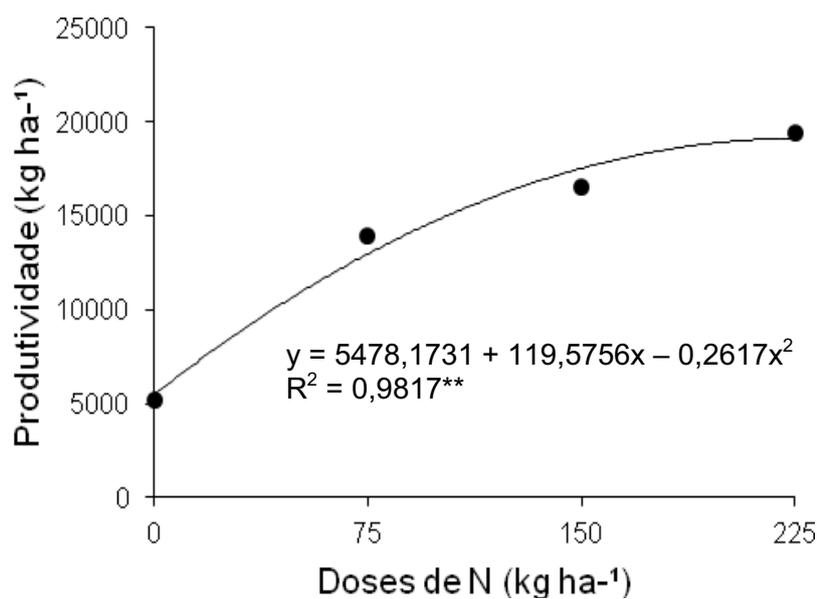


Figura 37. Efeito do N-ureia na produtividade da rúcula, cultivar Folha-Larga, em consórcio, plantio de inverno.

#### 4.2.3 Avaliação econômica do consórcio – plantio de inverno

Na Tabela 6, são apresentados os índices de eficiência de uso da área (EUA) por tratamento do consórcio e a renda líquida (RL) por tratamento do consórcio e monocultura. Não houve efeito significativo da interação entre nitrogênio-ureia (N-ureia) e esterco bovino (EB) nas duas características avaliadas. Contudo, houve efeito isolado tanto do N-ureia quanto do EB ( $p < 0,01$ ) nas duas variáveis, no consórcio de alface e rúcula, no plantio de inverno.

Tabela 6. Variáveis avaliadas no consórcio e na monocultura de alface, cv. "Vera", e rúcula, cv. "Folha-Larga", plantio de inverno, em função de N-ureia e esterco bovino.

Causas variação	EUA	RL R\$ ha <sup>-1</sup>
<b>Doses N (kg ha<sup>-1</sup>)</b>		
0	0,57	2.595,72
75	1,25	18.035,27
150	1,39	22.109,29
225	1,51	25.908,76
Teste F	51,03**	44,04**
<b>Doses EB (t ha<sup>-1</sup>)</b>		
0	0,77	11.205,08
10	0,18	17.287,49
20	1,35	21.878,88
30	1,43	18.277,59
Teste F	25,13**	8,28**
Interação (N x EB)	1,38 <sup>NS</sup>	1,17 <sup>NS</sup>
Adicional x Fatorial	-	0,25 <sup>NS</sup>
Entre adicionais	-	19,58**
MA	-	6.368,09
MR	-	25.659,72
MTA	-	16.013,91
MF	1,18	17.162,26
CV (%)	19,82	36,19

\*\* significativo a 1% de probabilidade e <sup>NS</sup> = não significativo pelo teste de F. MA = média da alface, MR = média da rúcula, MTA = média do tratamento adicional, MF = média do fatorial, CV = coeficiente de variação, EUA = eficiência de uso da área, RL = renda líquida.

O N-ureia produziu variação quadrática nos índices de eficiência de uso da área (EUA), que atingiu valor máximo estimado de 1,51 com a dose estimada de 193 kg ha<sup>-1</sup> de N-ureia (Figura 38). Isso significa dizer que, para a dose estimada de 193 kg ha<sup>-1</sup> de N-ureia, a produtividade de 1 ha do consórcio foi 51% maior que a soma das produtividades de 0,5 ha de alface e 0,5 ha de rúcula em monocultura, o que indica, conforme citado por Willey (1979), que pode ter havido efeito de cooperação ou de compensação entre as culturas, com vantagens para o consórcio.

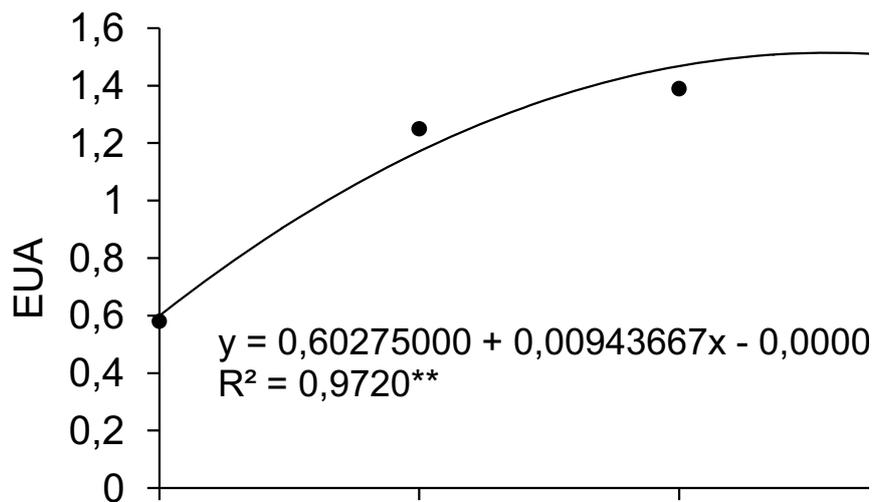


Figura 38. Efeito do N-ureia na EUA da alface cv. Vera em consórcio com rúcula, cv. Folha-Larga, plantio de inverno.

O N-ureia também produziu efeito quadrático ( $p < 0,01$ ) na renda líquida (RL) do consórcio, plantio de inverno. A maior RL estimada (R\$ 25.506,00) foi obtida com a dose de  $208 \text{ kg ha}^{-1}$  de N-ureia (Figura 39).

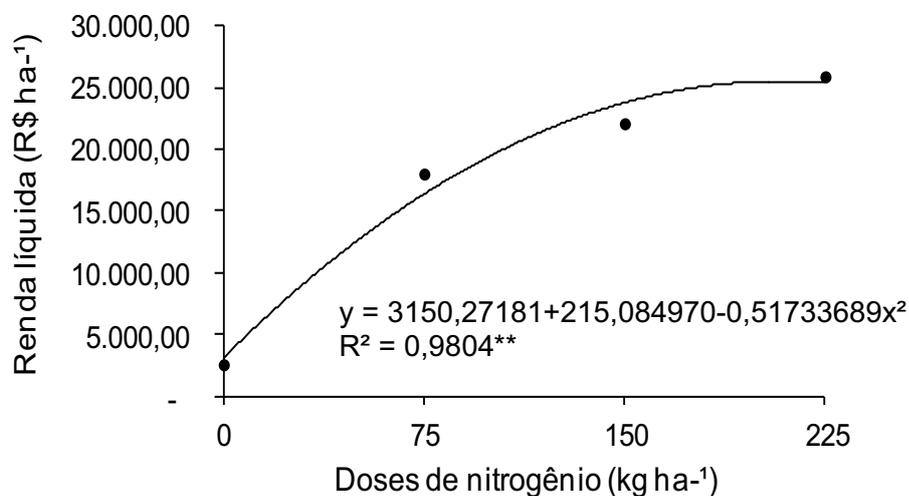


Figura 39. Efeito do N-ureia na renda líquida da alface, cv. Vera, em consórcio com rúcula, cv. Folha-Larga, plantio de inverno.

Houve efeito quadrático ( $p < 0,01$ ) do esterco bovino (EB) na eficiência de uso da área (EUA), com o valor máximo estimado (1,4) sendo obtido com a dose de  $23 \text{ t ha}^{-1}$  de esterco bovino (Figura 40). Logo, para a dose estimada de  $23 \text{ t ha}^{-1}$  de EB, a produtividade de 1 ha do consórcio foi 40% maior que a soma das produtividades de

0,5 ha de alface e 0,5 ha de rúcula em monocultura; portanto, a produtividade de 1 ha de consórcio equivaleu à produtividade de 1,4 ha de monocultura. Isso é um indicativo de que houve efeito de cooperação ou de compensação entre as culturas, com vantagens para o consórcio (WILLEY, 1979).

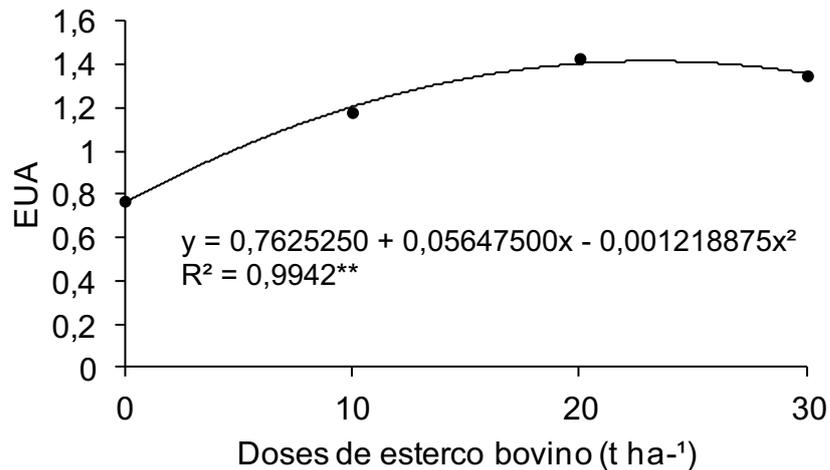


Figura 40. Efeito do esterco bovino na EUA da área da alface, cv. Vera, e Rúcula, cv. Folha-Larga, em consórcio, plantio de inverno.

O esterco bovino também produziu efeito quadrático ( $p < 0,01$ ) na RL do consórcio, no plantio de inverno. A maior RL estimada (R\$ 20.876,25) foi obtida com a dose de 20,3 t ha<sup>-1</sup> de EB (Figura 41).

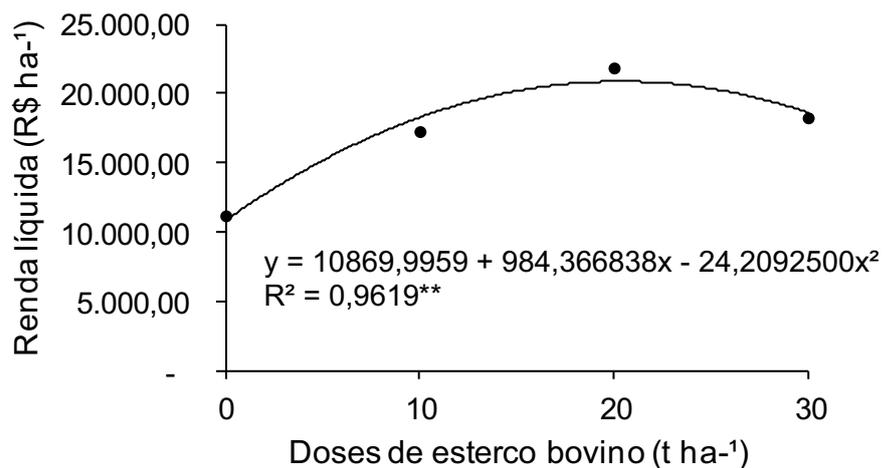


Figura 41. Efeito do esterco bovino na Renda líquida da alface, cv. Vera, em consórcio com rúcula, cv. Folha-Larga, plantio de inverno.

Embora os maiores índices de EUA obtidos com N-ureia (1,51) e esterco bovino (1,4) tenham sido alcançados com as doses de 193 kg ha<sup>-1</sup> de N-ureia e 23 t ha<sup>-1</sup> de EB, respectivamente, as doses que propiciaram as maiores RL com N-ureia (R\$ 25.506,00) e com EB (R\$ 20.876,00) foram de 208 kg ha<sup>-1</sup> de N-ureia e 20,3 t ha<sup>-1</sup> de EB, respectivamente.

Não houve diferença significativa entre a RL do tratamento adicional (monocultura) e do tratamento fatorial (consórcio). Isto significa que, no período do inverno, economicamente, tanto faz plantar alface e rúcula em consórcio quanto em monocultura, embora os índices de EUA (1,51), usando N-ureia e (1,4) usando esterco bovino, tenham indicado vantagens agrônômicas no plantio em consórcio. Contudo, entre os tratamentos adicionais, a monocultura da rúcula apresentou maior renda (R\$ 25.659,72) em relação à alface (R\$ 6.368,09). Costa et al. (2003), trabalhando com consórcio de alface e rúcula, no período do outono-inverno, obtiveram aumentos de 25% e 15% na receita líquida em relação à monocultura de alface e de rúcula, respectivamente.

## 5 CONCLUSÕES

- a) No período do verão, o maior índice de eficiência de uso da área (1,26) e a maior renda líquida (R\$ 31.056,00) podem ser obtidos plantando alface e rúcula em consórcio e usando na adubação as doses de 168 kg ha<sup>-1</sup> de N-ureia e 30 t ha<sup>-1</sup> de esterco bovino.
- b) No período do inverno, o maior índice de eficiência de uso da área (1,51) e a maior renda líquida (R\$ 25.506,00) podem ser obtidos plantando alface e rúcula em consórcio e usando na adubação 206 kg ha<sup>-1</sup> de N-ureia e 28 t ha<sup>-1</sup> de esterco bovino. Porém, para que a rúcula seja produzida com teor de nitrato inferior a 2.500 mg kg<sup>-1</sup> de massa fresca, deve-se aplicar até 182 kg ha<sup>-1</sup> de N-ureia.

## REFERÊNCIAS

ALVES, E. U.; OLIVEIRA, A. P.; BRUNO, R. L. A.; SARDE, R.; ALVES, A. U. Rendimento e qualidade fisiológica de sementes de coentro cultivado com adubação orgânica e mineral. **Revista Brasileira de sementes**, v. 27, n. 1, 2005, p. 132-137, 2005.

ARGENTA, G.; SILVA, P. R. F. da; BORTOLINI, C. G. Teor de clorofila na folha como indicador do nível de nitrogênio em cereais. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 31, n. 3, p. 715-722, 2001.

ARAÚJO, W. F.; SOUSA, T. S.; VIANA, T. V. A.; AZEVEDO, B. M.; BARROS, M. M.; MARCOLINO, E. Resposta da alface à adubação nitrogenada. **Agroambiente On-line**, v. 5, n. 1, p. 12-17. 2011.

BARBOSA, J. C.; MALDONADO JR, W. – **AgroEstat – Sistema para Análises Estatísticas de Ensaios Agrônômicos**. Versão 1.0, FCAV – UNESP – Campus Jaboticabal, 2010.

BARROS JÚNIOR, A. P.; REZENDE, B. L. A.; CECÍLIO FILHO, A. B.; MARTINS, M. I. E. G.; PORTO D. R. Q. Custo de produção e rentabilidade de alface crespa e americana em monocultura e quando consorciada com rúcula. **Revista Caatinga**. v. 21, n.2, p. 181-192. 2008.

BARROS JÚNIOR, A. P.; CECÍLIO FILHO, A. B.; REZENDE, B. L. A.; PÔRTO, D. R. Q.; PRADO, R. M.; SILVA, G. S. Teor de nitrato em consórcio de alface e rúcula em diferentes adubações nitrogenadas. **Horticultura Brasileira**, v. 27, n. 2, S1013-S1018. 2009.

\_\_\_\_\_. Teor de nitrato em consórcio de alface e rúcula em diferentes adubações nitrogenadas. **Horticultura Brasileira**, v. 27, n. 2, S1017. 2009.

BARROS JUNIOR, A. P.; CECÍLIO FILHO, A. B.; REZENDE, B. L. A.; PORTO, D. R. Q.; PRADO, R. M. Nitrogen fertilization on intercropping of lettuce and rocket. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 3, p. 398-403, 2011.

BELTRÃO, N. E. M.; NÓBREGA, L. B. da, AZEVEDO, D. M. P. de; VIEIRA, D. J. **Comparação entre indicadores agroecônômicos de avaliação de agroecossistemas consorciados e solteiros envolvendo algodão “upland” e feijão “caupi”**. Campina Grande: CNPA, 21p. 1984. (Boletim de Pesquisa, 15).

BERNARDO, S. **Manual de Irrigação**. 6. ed.. Viçosa, MG: UFV, Imprensa Universitária, 1996.

BEZERRA NETO, F.; ANDRADE, F. V.; NEGREIROS, M. Z. de; SANTOS JÚNIOR, J. J. Desempenho agroecônômico do consórcio cenoura x alface lisa em dois sistemas de cultivo em faixas. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 21, n. 4, p. 637-643, 2003.

BYRNE, C.; MAHER, M. J.; HENNERTY, M. J.; MAHON, M. J.; WALSH, P. A. Reducing the nitrate content of protected lettuce. Dublin: **University College**, 2002. 19p.

CARMO, C. A. F. de S.; ARAUJO, W. S. de; BERNARDI, A. C. de C.; SALDANHA, M. F. C. **Métodos de análise de tecidos vegetais utilizados na Embrapa Solos**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2000. 41p. (Circular Técnica, 6).

CARVALHO, M. A. C.; FURLANI JUNIOR, E.; ARF, O.; SÁ, M. E.; PAULINO, H. B.; BUZZETTI, S. Doses e épocas de aplicação de nitrogênio e teores foliares deste nutriente e de clorofila em feijoeiro. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Viçosa, MG., v. 27, n. 3, p. 445-450, 2003.

CECÍLIO FILHO, A. B. **Cultivo consorciado de hortaliças**: desenvolvimento de uma linha de pesquisa. Jaboticabal: F. C. A. V – UNESP, 2005, p. 3 (Tese livre-docência).

\_\_\_\_\_. **Cultivo consorciado de hortaliças**: desenvolvimento de uma linha de pesquisa. Jaboticabal: F. C. A. V – UNESP, 2005a, p. 20 (Tese livre-docência).

CECILIO FILHO A. B; COSTA C. C.; REZENDE B. L. A.; LEEUWEN R. Viabilidade produtiva e econômica do consórcio entre chicória e rúcula em função da época de plantio. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 26, n. 3, p. 316-320, 2008.

CHAPMAN, J. L.; REISS, M. J. **Ecology**: principles and applications. Cambridge: Cambridge University Press, 1992. 294 p.

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

COSTA, C. C.; REZENDE, B. L. A.; CECÍLIO FILHO, A. B.; MARTINS, M. I. E. G. Análise econômica de cultivos consorciados de grupos de alface x rúcula, em duas épocas, Jaboticabal-SP. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 21., 2003, Recife. **Anais...**, Recife: SOB, 2003. CD-ROM.

COSTA, C. C.; CECÍLIO FILHO, A. B.; REZENDE, B. L. A.; BARBOSA, J. C.; GRANGEIRO, L. C. Viabilidade agrônômica do consórcio de alface e rúcula, em duas épocas de cultivo. **Horticultura brasileira**, Brasília, v.25, n. 1, p. 34-40. 2007.

DAHNIKE, W. C.; JOHNSON, G. V. Testing soils for available nitrogen. In: WESTERMAN, R. I. (Ed). **Soil testing and plant analysis**. 3. ed. Madison: Soil Science Society of America, Inc., 1990. p. 127-139.

DUFFY, B. K.; DÉFAGO, G. Macro-and microelement fertilizers influence the severity of *Fusarium* crown and root rot of tomato in soilless production system. **Hortscience**, v.34, n.2, p.287-291, 1999.

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa-Solos, 2006. 306p.

ENGELS, C.; MARSCHNER, H. Plant uptake and utilization of nitrogen. In: BACON, E. P. (Ed.). **Nitrogen fertilization in the environment**. New York: Marcel Dekker, 1995. p. 41-71.

FAQUIN, V.; MARQUES, E. S.; SANTOS, H. S.; DUBOC, E. Crescimento e concentração de nitrato em alface sob influência da relação  $\text{NO}_3^- : \text{NH}_4^+$  e cloro na solução nutritiva e do horário de colheita. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 21,1994, Petrolina. **Anais**. Petrolina, SBCS, 1994. p.152-153.

FAQUIN, V.; ANDRADE, A. T. **Nutrição mineral e diagnose do estado nutricional de hortaliças**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2004. 88p.

FILGUEIRA, F.A.R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. 3. ed. Viçosa: UFV, 2003. 412p.

FONTES, P. C. R.; PEREIRA, P. R. G.; CONDE, R. M. Critical chlorophyll, total nitrogen, and nitrate-nitrogen in leaves associated to maximum lettuce yield. **Journal of Plant Nutrition**, v. 20, p. 1061-1068, 1997.

FONTES, P. C. R.; ARAÚJO, C. de; **Adubação nitrogenada de hortaliças: princípios e práticas com o tomateiro**. Viçosa: Ed. UFV, 2007. p. 15.

FRANCO, J. A. M.; SARAIVA NETO, A. S. Produção de fertilizantes nitrogenados e suprimento de matéria prima. In: YAMADA, T.; ABDALLA, S. R. S. e; VITTI, G. C. (Eds.). SIMPÓSIO SOBRE NITROGÊNIO E ENXOFRE NA AGRICULTURA BRASILEIRA. 2007., Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: IPNI, 2007. p.73-107.

GUIMARÃES, T. G.; FONTES, P. C. R.; PEREIRA, P. R. G.; ALVAREZ, V. F. MONNERAT, P. H. Teores de clorofila determinados por medidor portátil e sua relação com formas de nitrogênio em folhas de tomateiro cultivados em dois tipos de solo. **Bragantia**, Campinas, v. 58, n. 1, p. 209-216, 1999.

GREENWOOD, D. J.; HUNT, J. Effect of nitrogen fertilizer on the nitrate contents of field vegetables grown in Britain. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 37, n. 4, p. 373-383, 1986.

HART, R. D. A bean corn and manioc polyculture cropping systems. II – A comparison between the yield and economic return from monoculture and polyculture cropping systems. **Turrialba**, San Jose, v.25, n.4, p.337-384, 1975.

HART, R. D. Ecological: framework for multiple cropping research. In: FRANCIS, C. A. (Ed.). **Multiple cropping systems**. New York: Macmillan Publishing Company, p.40-55. 1986.

KROHN, N. G.; MISSIO, R. F.; ORTOLAN, M. L.; STEINMACHER, D. A.; LOPES, M. C. Teores de nitrato em folhas de alface em função do horário de coleta e do tipo de folha amostrada. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.21, n. 2, p. 216-219, 2003.

LIEBMAN, M. Sistemas de policultivos. In: ALTIERI, M. **Agroecologia: bases científicas para uma agricultura sustentável**. Guaíba: Agropecuária, 2002. p. 347-368.

LUZ, F. L. da; MEDEIROS, S. L. P.; MANFRON, P. A.; AMARAL, A. D. do; MÜLLER, L.; TORRES, M. G.; MENTGER, L. A questão do nitrato em alface e a saúde humana. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 8, p. 2388-2394, nov, 2008.

MACHADO, L. O. **Adubação nitrogenada**. Disponível em: <[www.dpv24.iciag.ufu.br/.../Monitor%20Leonardo%20-...](http://www.dpv24.iciag.ufu.br/.../Monitor%20Leonardo%20-...)>. Acesso em: 27 de dez. 2012.

MANTOVANI, J. R. **Absorção e acúmulo de nitrato por cultivares de alface e mobilidade do íon em solo de textura média**. 73f. 2004. Tese (Doutorado em Produção Vegetal), FCAV, UNESP, Jaboticabal, 2004.

MANTOVANI, J. R.; CRUZ, M. C. P.; FERREIRA, M. E.; BARBOSA, J. C. Comparação de procedimentos de quantificação de nitrato em tecido vegetal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, p. 53-59, 2005.

MARQUES, L. F. **Produção e qualidade de beterraba em função de diferentes dosagens de esterco bovino**. 37f. 2006. Monografia (Graduação em Agronomia) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2006.

MARSCHNER, H. **Mineral Nutrition of Higher Plants**. San Diego: Academic Press, 1995. 888p.

MAYNARD, D. N.; BARKER, A. V.; MINOTTI, P. L.; PECK, N. H. Nitrate accumulation in vegetables. **Advances in Agronomy**, v. 28, p. 71-118, 1976.

McCALL, D.; WILLUMSEN, J. Effects of nitrate, ammonium and chloride application on the yield and nitrate content of soil-grown lettuce. **Journal of Horticultural Science & Biotechnology**, v. 73, p. 698-703, 1998.

MENGEL, K.; KIRKBY, E. A. **Principles of plant nutrition**. 4. ed. Bern: International Potash Institute, 1987. 687 p.

MONDIN, M. **Efeito de sistemas de cultivo na produtividade e acúmulo de nitrato em cultivares de alface**. 88f. 1996. (Tese doutorado), FCAV, UNESP, Jaboticabal. 1996.

MOTA, J. H.; VIEIRA, M. C.; ARAÚJO, C. Crescimento e produção de alface e marcela em cultivo solteiro e consorciado. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 33, n. 2, p. 269-273, 2011.

MOREIRA, F. M. S. & SIQUEIRA, J. O. Microbiologia e Bioquímica do Solo. Editora UFLA, 2002. PAULETTI, V. & MOTTA, A. C. V. Fontes Alternativas de Nutrientes para Adubação de Pastagens. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 21. Piracicaba. Anais. Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários “Luiz de Queiroz”, 2004.

NEETESON, J. J. Nitrogen management for intensively grown arable crops and field vegetables. In: BACON, P. E. (Ed.). **Nitrogen fertilization in the environment**. New York: Marcel Dekker, 1995. p. 295-325.

OFORI, F.; STERN, W. R. Cereal-Legume intercropping systems. **Advances in Agronomy**, New York, v. 41, n. 1, p. 41-90, 1987.

OLIVEIRA A. P.; FERREIRA D. S.; COSTA C. C.; SILVA A. F.; ALVES EU. Uso de esterco bovino e húmus de minhoca na produção de repolho híbrido. **Horticultura Brasileira**, v. 19, p. 70 – 73, 2001.

OLIVEIRA, F. L.; RIBAS, R. G. T.; JUNQUEIRA, R. M.; PADOVAN, M. P.; GUERRA, J. G. M.; ALMEIDA, D. L.; RIBEIRO, R. L. D. Desempenho do consórcio entre repolho e rabanete com pré-cultivo de crotalária, sob manejo orgânico. **Horticultura brasileira**, v. 23, p.184-188, 2005.

OLIVEIRA, E. Q.; SOUZA, R. J.; CRUZ, M. C. M.; MARQUES, V. B.; FRANÇA, A. C. Produtividade de alface e rúcula, em sistema consorciado, sob adubação orgânica e mineral. **Horticultura Brasileira**, v. 28, n. 1. p. 36-40, jan.-mar, 2010.

PAULETTI, V.; MOTTA, A. C. V. Fontes alternativas de Nutrientes para adubação de pastagens. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 21. Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários “Luiz de Queiroz”, 2004.

PEREIRA A. R.; VILLA NOVA N. A.; SEDIYAMA G. C. 1997. **Evapotranspiração**. Piracicaba: FEALQ, 1997. 183p.

PÔRTO M. L. Produção, **estado nutricional e acúmulo de nitrato em plantas de alface submetidas à adubação nitrogenada e orgânica**. 65 f. 2006. Dissertação (Mestrado em Produção vegetal) - Areia: CCA/UFPE, 2006.

PURQUERIO, L. F. V.; DEMANT, L. A. R.; GOTO, R.; VILLAS BOAS, R. L. Efeito da adubação nitrogenada de cobertura e do espaçamento sobre a produção de rúcula. **Horticultura Brasileira**, v.25, n. 3, p. 464-470, 2007.

RAIJ, B. V. **Fertilidade do solo e manejo de nutrientes**. Piracicaba, SP, Instituto Agronômico de Campinas, IPNI, 2011. p. 201-216.

RAIJ, B. V.; ANDRADE, J. C.; CANTARELLA, H; QUAGGIO, J.A.; 2001. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas, SP: Instituto Agronômico, 285p.

RANA, K. S.; RANA, D. S.; KUMAR, P. Growth and yield of taramira (*Eruca sativa*) as affected by nitrogen and sulphur under dryland conditions. **Indian Journal of Agronomy**. New Delhi, v.46, n.1, p168-170, 2001.

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, p. 976-981, 2005.

RESENDE, G. M. de; ALVARENGA, M. A. R.; YURI, J. E.; SOUZA, J. S. de; MOTA, J. H.; CARVALHO, J. G. de; RODRIGUES JÚNIOR, J. C. R. Rendimento e teores de macronutrientes em alface tipo americana em função de doses de nitrogênio e molibdênio em cultivo de verão. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n.1, p. 153-163, Jan./Fev. 2009.

REYNOLDS, C. M.; WOLF, D. C. & ARMBRUSTER, J. A. Factors related to urea hydrolysis in soils. **Soil Sci. Soc. Am. Proc.**, 49:104-108, 1987.

REZENDE, B. L. A; COSTA, C. C.; CECÍLIO FILHO, A. B.; MARTINS, M. I. E. G.; SILVA, G. S. Análise econômica de cultivos consorciados de alface americana x rabanete: um estudo de caso. **Horticultura Brasileira**, v. 23, p. 853-858, 2005.

REZENDE, B. L. A; BARROS JUNIOR, A. P.; CECÍLIO FILHO, A. B.; PÔRTO, D. R. Q.; MARTINS, M. I. E. G.; Custo de produção e rentabilidade da culturas de alface, rabanete, rúcula e repolho em cultivo solteiro e consorciadas com pimentão. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 1, p. 305-312, jan./fev., 2009.

RODRIGUES, G. S. O.; TORRES, S. B.; LINHARES, P. C.; FREITAS, R. S.; MARACAJÁ, P. B. Quantidade de esterco bovino no desempenho agrônômico da rúcula (*Eruca sativa* L.), cultivar cultivada. **Caatinga**, Mossoró, Brasil, v. 21, p. 162 – 168, 2008.

ROSA, B.; FREITAS, K. R.; PINHEIRO, E. P. Utilização de Resíduos Orgânicos de Origem Animal na Produção de Forragens. In: SIMPÓSIO GOIANO SOBRE MANEJO E NUTRIÇÃO DE BOVINOS DE CORTE E LEITE, 7, 2005, Goiânia. **Anais...** Goiânia: Colégio Brasileiro de Nutrição Animal, 2005.

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

SAKATA S. **Catálogo de produtos**. 2010. Disponível em: <<http://www.sakata.com.br/index.php?action=catalogo&local=br&cultura=4&language=pt>>. Acesso em: 10 jul. 2012.

SCHRÖDER, F. G.; BERO, H. Nitrate uptake of *Lactuca sativa* L. depending on varieties and nutrient solution in hydroponic system PPH. **Acta Horticulturae**, n. 548, p. 551-555, 2001.

SILVA E. L.; PEREIRA G. M.; CARVALHO J. A.; VILELA L. A. A.; FARIA M. A. **Manejo de irrigação das principais culturas**. UFLA: FAEPE, 2000. 85p.

SOUSA, A. H.; VASCONCELOS, W. E.; BARROS JÚNIOR, A. P.; SILVEIRA, M. L.; FREITAS, R. S.; SILVA, A. M. A.; MARACAJÁ, P. B. Avaliação do desenvolvimento de estacas de alecrim-pimenta em função de doses crescentes de esterco bovino. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 44, Campo Grande. **Anais ...** Campo Grande, 2004.

STEVENSON, F. J. Origin and distribution of nitrogen in soil. In: STEVENSON, F. **Nitrogen in agricultural soils**. Madison: American Society of Agronomy, 1982, p.1-42.

SWANN, P. F. The toxicology of nitrate, nitrite and N-nitroso compounds. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.26, n.11, p.1761-1770, 1975.

TAIZ, L.; ZIEGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719p.

TISDALE, S. L.; NELSON, W. L.; BEATON, J. D. **Soil Fertility and fertilizers**. 4. ed. Macmillan: Publishing Company, 1985. p. 126-127.

TRANI, P. E.; GRANJA, N. P.; BASSO, L. C.; DIAS, D. C. F. S.; MINAMI, K. Produção e acúmulo de nitrato pela rúcula afetados por doses de nitrogênio. **Horticultura Brasileira**, v. 12, p. 25-29, 1994.

TRANI P. E.; RAIJ B. V. Hortaliças. In: RAIJ B. V.; CANTARELLA H.; QUAGGIO J.A.; FURLANI AMC. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas: IAC, 1997. p.157-164.

TRENBATH, B. R. Plant interactions in mixed crop communities. In: PAPENDICK, R. I.; SANCHEZ, P. A.; TRIPLETT, G. B. (eds.) **Multiple cropping**. Wisconsin: American Society of Agronomy, 1976. p. 148-170.

VANDERMEER, J. H. **The ecology of intercropping**. Cambridge: Cambridge University Press, 1989. p. 237.

VANDERMEER, J. H. **The ecology of intercropping**. Cambridge: Cambridge University Press, 1989a. p. 237.

VANDERMEER, J. H. The interference production principle: an ecological theory for agriculture: **Bioscience**, (31): 361-364, 1981.

VIANA, M. C. M.; FREIRTE, F. M.; MASCARENHAS, M. H. T.; GONÇALVES, L. D.; LARA, J. F. R.; ANDRADE, C. L. T.; PURCINO, H. M. A. Índice de clorofila na folha como indicador da nutrição nitrogenada do quiabeiro. **Horticultura Brasileira**, v. 26, p. 106-110, 2008.

VIDIGAL, S. M.; RIBEIRO, A. C.; CASALI, V. W. D.; FONTES, L. E. F. Resposta da alface (*Lactuca sativa* L.) ao efeito residual da adubação orgânica: I. Ensaio de campo. **Revista Ceres**, v. 42, p. 80-88, 1995.

WHITHAM, F. H.; BLAYDES, D. F.; DEVLIN, R. M. **Experiments in plant physiology**. New York: D. Van Nostrand Company, 1971. p.55-58.

WILLEY, R. W. Intercropping – Its importance and reserch needs. Part 1 – Competition and yield advantage. **Field Crops Abstract**, Wallingford, v. 32, n. 2, p. 1-10, 1979.

WILLEY, R. W. Intercropping: its importance and research needs. Part 1- Competition and yield advantage. **Field Crops Abstract**, Wallingford, v.32, n.1, p.1-10, 1979a.

WILLEY, R. W. Intercropping - its importance and research needs. Part 2. Agronomy and Research Approaches. **Field Crop Abstracts**, Wallingford, v. 32, n. 2, p.73-85, 1979b.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). Toxicological evaluation of certain food additives with a review of general principles and of specifications. Seventeenth report of the joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. **FAO Nutrition Report Series**, Geneva, n.539, p.42, 1973.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). Evaluation of certain food additives. Twentieth meeting of the joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. **WHO Food Additives Series**, Geneva, n.599, p.32, 1976.

ZANATTA, J. C.; SCHIOCCHET, M. A.; NADAL, R. **Mandioca consorciada com milho, feijão ou arroz de sequeiro no Oeste Catarinense**. Florianópolis: Empresa de Pesquisa Agropecuária e Difusão de Tecnologia de Santa Catarina. 1993. 36p. (Boletim Técnico).

ZOTARELLI, L.; CARDOSO, E.G.; PICCININ, J.L.; URQUIAGA, S.; BODDEY, R. M.; TORRES, E.; ALVES, B.J.R. Calibração de medidor de clorofila Minolta SPAD-502 para avaliação do conteúdo de nitrogênio do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, p. 1117-1122, 2003.

## APÊNDICES

## APÊNDICES

## APÊNDICE A- Custo de produção de alface e rúcula em monocultura em março de 2007

**Tabela 1A.** Coeficientes técnicos e custo operacional total de um ha na produção de alface crespa 'Verônica' e rúcula 'Cultivada' em monocultura. Unesp-FCAV, Jaboticabal, SP, valores em R\$ de março de 2007.

Itens	Monocultura alface crespa			Monocultura de rúcula		
	-----Coeficientes técnicos (horas ha <sup>-1</sup> )-----					
	MOC <sup>1</sup>	MOTr <sup>2</sup>	M+I <sup>3</sup>	MOC	MOTr	M+I
<b>1. Operações</b>						
Limpeza do terreno	-	0,66	0,66	-	0,66	0,66
Gradagem (2x)	-	1,76	1,76	-	1,76	1,76
Aração	-	2,07	2,07	-	2,07	2,07
Encanteiramento e marcação de plantio	-	4,00	4,00	-	4,00	4,00
Adução de plantio	11,40	-	-	11,40	-	-
Marcação do local de transplante	11,20	-	-	-	-	-
Semeadura direta	-	-	-	21,15	-	-
Transplante	89,32	-	-	-	-	-
Desbaste	-	-	-	140,00	-	-
Capina manual	80,00	-	-	50,00	-	-
Adução de cobertura (3x)	59,77	-	-	40,38	-	-
Aplicação de defensivos	-	2,16	2,16	-	2,16	2,16
Sistema de irrigação	5,70	-	19,00	5,00	-	16,50
Colheita manual	179,20	15,40	15,40	130,00	10,50	10,50
Lavagem e acondicionamento	209,30	-	-	200,00	-	-
<b>Total de horas</b>	<b>645,89</b>	<b>26,05</b>	<b>45,05</b>	<b>597,93</b>	<b>21,15</b>	<b>37,65</b>
	1.776,2		882,4	1.644,3		
<b>A – Custo das operações</b>	<b>0</b>	<b>82,58</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>67,05</b>	<b>726,36</b>
<b>2. Insumos e materiais</b>	<b>Quant.</b>	<b>Valor (R\$)</b>	<b>Quant.</b>	<b>Valor (R\$)</b>	<b>Quant.</b>	<b>Valor (R\$)</b>
Nitrato de amônia (sac/50 kg)	5,28	232,32	5,66	249,04	7,92	348,48
Formulação 12-06-12 (sac/50 kg)	5,28	203,28	5,28	203,28	5,28	203,28
Herbicida (1)	5,00	123,00	5,00	123,00	5,00	123,00
Mudas (bandeja 288 células)	306,00	1.530,00	219,00	1.314,00	-	-
Sementes (kg)	-	-	-	-	2,50	185,00
Defensivos	-	379,45	-	505,93	-	334,23
<b>B – Custo de insumos e materiais</b>		<b>2.468,05</b>				<b>1.193,99</b>
<b>Custo operacional efetivo (A+B)</b>		<b>5.209,24</b>				<b>3.631,71</b>
<b>Depreciação</b>		<b>237,18</b>				<b>198,13</b>
<b>Custo operacional total (R\$/ha)</b>		<b>5.446,42</b>				<b>3.829,84</b>

<sup>1</sup>MOC – mão-de-obra comum; <sup>2</sup>MOTr – mão-de-obra tratorista; <sup>3</sup>M+I – gastos com máquinas e/ou implementos. Fonte: Unesp/FCAV, Jaboticabal-SP, citado por Barros Junior et al. 2008.

## APÊNDICE B- Custo de produção de alface e rúcula em consórcio em março de 2007

**Tabela 1B.** Coeficientes técnicos e custo operacional total de um ha na produção de alface crespa 'Verônica' consorciada com rúcula 'Cultivada'. Unesp-FCAV, Jaboticabal, SP, valores em R\$ de março de 2007.

Itens	Consórcio alface e rúcula		
	Coeficientes técnicos (horas ha <sup>-1</sup> )		
	MOC <sup>1</sup>	MOTr <sup>2</sup>	M+I <sup>3</sup>
<b>1. Operações</b>			
Limpeza do terreno	-	0,66	0,66
Gradagem (2x alface e rúcula)	-	1,76	1,76
Aração (alface e rúcula)	-	2,07	2,07
Encanteiramento e marcação local de semeadura	-	4,00	4,00
Adubação de plantio	11,40	-	-
Marcação do local de transplante (alface)	11,20	-	-
Semeadura direta (rúcula)	15,86	-	-
Transplante (alface)	89,32	-	-
Desbaste (rúcula)	105,00	-	-
Capina manual (alface e rúcula)	44,00	-	-
Adubação de cobertura (3x rúcula)	30,29	-	-
Adubação de cobertura (3x alface)	59,77	-	-
Aplicação de defensivos (3x alface e rúcula)	-	2,16	2,16
Sistema de irrigação (alface e rúcula)	5,70	-	19,00
Colheita manual (rúcula)	97,50	7,88	7,88
Colheita manual (alface)	179,20	15,40	15,40
Lavagem e acondicionamento (rúcula)	150,00	-	-
Lavagem e acondicionamento (alface)	209,30	-	-
Total de horas	1.008,54	33,93	52,93
<b>A – Custo das operações</b>	<b>2.773,49</b>	<b>107,56</b>	<b>1.128,58</b>
<b>2. Insumos e materiais</b>			
		Quant.	Valor (R\$)
Nitrato de amônia (sac/50 kg)		11,22	493,68
Formulação 12-06-12 (sac/50 kg)		5,28	203,28
Herbicida (1)		5,00	123,00
Mudas (bandeja 288 células)		306,00	1.530,00
Sementes (kg)		1,88	139,12
Defensivos		-	379,45
<b>B – Custo de insumos e materiais</b>		<b>2.868,53</b>	
Custo operacional efetivo (A+B)		<b>6.878,16</b>	
Depreciação		<b>317,30</b>	
<b>Custo operacional total (R\$/ha)</b>		<b>7.195,46</b>	

<sup>1</sup>MOC – mão-de-obra comum; <sup>2</sup>MOTr – mão-de-obra tratorista; <sup>3</sup>M+I – gastos com máquinas e/ou implementos. Fonte: Unesp/FCAV, Jaboticabal-SP, citado por Barros Junior et al. 2008.

**APÊNDICE C- Custo operacional total; IGP-M: Índice Geral de Preços de Mercado; A: alface e R: rúcula.**

**Tabela 1C.** Custo operacional total (março/2007), IGP-M (acumulado de março de 2007 a março de 2010), custo operacional total corrigido (março e agosto de 2010) da alface e rúcula em consórcio e monocultura. Uberaba-MG, IFTM, 2010.

Tratamento	COT março/2007	IGP-M mar-2007 a mar-2010	COT- corrigido março/2010	IGP-M mar-ag/2010	COT-corrigido agosto/2010
Consórcio A+R	7.195,46	17,31	<b>8440,99</b>	3,73	<b>8755,84</b>
Monocultura A	5.446,52	17,31	<b>6389,31</b>	3,73	<b>6627,63</b>
Monocultura R	3.829,84	17,31	<b>4492,79</b>	3,73	<b>4660,37</b>

COT: Custo operacional total; IGP-M: Índice Geral de Preços de Mercado; A: alface e R: rúcula.