

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

**“CRESCIMENTO, PRODUÇÃO E QUALIDADE DE RÚCULA
(*Eruca sativa* Miller) EM FUNÇÃO DO NITROGÊNIO E DA DENSIDADE
DE PLANTIO”**

LUIS FELIPE VILLANI PURQUERIO

Orientadora: **Profa. Dra. Romy Goto**

Co-orientador: **Prof. Dr. Roberto Lyra Villas Bôas**

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP - Campus de Botucatu, para obtenção do título de Doutor em Agronomia - Horticultura.

BOTUCATU - SP

Dezembro – 2005

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E
TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO - SERVIÇO TÉCNICO DE BIBLIOTECA E
DOCUMENTAÇÃOUNESP - FCA - LAGEADO - BOTUCATU (SP)

P986c Purquerio, Luis Felipe Villani, 1976-
Crescimento, produção e qualidade de rúcula(*Eruca sativa*
Miller) em função do nitrogênio e da densidade de plantio /
Luis Felipe Villani Purquerio. - Botucatu : [s.n.], 2005.
xix, 119 f. : il. color., gráfs., tabs.

Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista,
Faculdade de Ciências Agronômicas, Botucatu, 2005
Orientador: Romy Goto
Inclui bibliografia.

1. Rúcula 2. Plantas - Nutrição 3. Nitrogênio 4.
Agricultura - Sistema de produção 5. Espaçamento I. Goto, Romy.
II. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho"
(Campus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agronômicas. III.
Título.

BIOGRAFIA DO AUTOR

Luis Felipe Villani Purquerio, filho de Benedito de Moraes Purquerio e Maria Cecília Villani Purquerio, nasceu em Garça-SP, em 27 de dezembro de 1976.

Em dezembro de 1999 graduou-se em Engenharia Agrônômica pela Universidade Estadual Paulista, na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal.

Em março de 2000 ingressou no curso de mestrado, na área de concentração de Produção Vegetal, da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal/UNESP, onde defendeu a dissertação em fevereiro de 2002.

Em março de 2002 ingressou no curso de doutorado, na área de concentração de Produção Vegetal/Horticultura, da Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu/UNESP.

Durante os estudos de pós-graduação foi bolsista CNPq e CAPES.

Em outubro de 2004 foi aprovado em concurso para pesquisador científico do Instituto Agrônomo de Campinas, onde iniciou atividade em fevereiro de 2005 no Centro de Horticultura.

Dedico

**Aos que vieram antes de mim,
E aos que hoje estão comigo,
Meus avôs, meus pais, meus irmãos, tios, primos e minha namorada.
Pois a estrutura gerada por vocês foi indispensável a realização desse
trabalho.**

Ofereço

**Aos que virão depois de mim,
E que utilizarão o conhecimento aqui contido em benefício da
humanidade.**

AGRADECIMENTOS

Agradeço

À **DEUS** pela vida, pelas pessoas e pelo caminho percorrido.

À Faculdade de Ciências Agronômicas/UNESP, Câmpus de Botucatu pela formação e oportunidade de concretizar o curso de pós-graduação em Agronomia/Horticultura.

À CAPES, pelo auxílio bolsa de Doutorado.

À FAPESP pelo financiamento desse projeto de pesquisa (02/10105-0).

À amiga e Profa. Dra. Romy Goto, pela orientação, atenção, companheirismo e indicação dos caminhos a seguir.

Ao amigo e Prof. Dr. Roberto Lyra Villas Bôas, por ter me mostrado um pouco da beleza da adubação e nutrição de plantas.

Aos professores do curso de Pós-Graduação da Faculdade de Ciências Agronômicas, que transmitiram com competência e dedicação seus conhecimentos, contribuindo decisivamente para meu aprimoramento profissional.

Aos funcionários do Departamento de Produção Vegetal/Horticultura e da Fazenda São Manuel, pelo auxílio, amizade e alegria compartilhadas.

Aos amigos Tiago, Ary, Renata, Roberto, Rerison, Santino, Feltran, Luis Alfredo (Galak) e Eduardo (Nerd) pelo auxílio e pelos momentos de alegria.

A todos os colegas da pós-graduação e aos alunos da graduação que contribuíram nas avaliações.

Aos colegas do Instituto Agrônomo, especialmente ao Dr. Francisco Antônio Passos, que contribuíram no momento da redação desse trabalho.

À todos que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE TABELAS	X
LISTA DE FIGURAS	XV
1 RESUMO.....	01
2 SUMMARY.....	03
3 INTRODUÇÃO.....	05
4 REVISÃO DE LITERATURA	07
4.1 Aspectos gerais da cultura da rúcula.....	07
4.2 Sistemas de produção.....	11
4.3 Nutrição e adubação na cultura da rúcula.....	13
4.3.1 Nitrogênio	13
4.3.2 Adubação nitrogenada na cultura da rúcula	16
4.4 Espaçamento entre plantas.....	19
5 MATERIAL E MÉTODOS.....	21
5.1 Descrição geral dos experimentos	21
5.2 Localização da área experimental.....	21
5.3 Caracterização do solo	22

5.4	Caracterização dos ambientes de cultivo e coleta de dados meteorológicos	24
5.5	Caracterização do sistema de irrigação.....	25
5.6	Delineamento experimental e tratamentos.....	28
5.7	Preparo do solo, correção e adubação.....	29
5.8	Aspectos gerais da instalação dos experimentos	31
5.9	Tratos culturais e manejo da área experimental entre o cultivo de outono/inverno e verão	32
5.10	Características avaliadas.....	32
5.10.1	Altura da planta (cm).....	32
5.10.2	Área foliar (cm ² por conjunto de plantas).....	33
5.10.3	Massa de matéria fresca (g por conjunto de plantas).....	33
5.10.4	Massa de matéria seca (g por conjunto de plantas)	33
5.10.5	Produtividade (kg m ⁻²).....	33
5.10.6	Quantidade de água na parte aérea (g por conjunto de plantas)	34
5.10.7	Peso específico foliar (g cm ⁻² por conjunto de plantas).....	34
5.10.8	Teor de nitrato no extrato foliar (mg kg ⁻¹).....	34
5.10.9	Teor de nutrientes na parte aérea (g kg ⁻¹ para macronutrientes e mg kg ⁻¹ para micronutrientes).....	35
5.10.10	Acúmulo de nutrientes (g 4 plantas ⁻¹ para macronutrientes e mg 4 plantas ⁻¹ para micronutrientes).....	35
5.11	Análise dos resultados	35
6	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	37
6.1	Experimentos de outono/inverno	37
6.1.1	Dados climáticos.....	37
6.1.2	Ciclo e crescimento da rúcula.....	39
6.1.3	Características avaliadas	42
6.1.3.1	Altura	43
6.1.3.2	Área foliar	45
6.1.3.3	Massa de matéria fresca e seca	47
6.1.3.4	Produtividade.....	51
6.1.3.5	Quantidade de água na parte aérea e peso específico foliar	54

6.1.3.6	Teor de nitrato no extrato foliar.....	59
6.1.3.7	Teores de nutrientes na parte aérea.....	61
6.1.3.8	Acúmulo de nutrientes na parte aérea.....	69
6.2	Experimentos de verão.....	76
6.2.1	Dados climáticos.....	76
6.2.2	Ciclo e crescimento da rúcula.....	79
6.2.3	Características avaliadas.....	81
6.2.3.1	Altura.....	82
6.2.3.2	Área foliar.....	83
6.2.3.3	Massa de matéria fresca e seca.....	85
6.2.3.4	Produtividade.....	88
6.2.3.5	Quantidade de água na parte aérea e peso específico foliar.....	90
6.2.3.6	Teor de nitrato no extrato foliar.....	94
6.2.3.7	Teores de nutrientes na parte aérea.....	96
6.2.3.8	Acúmulo de nutrientes na parte aérea.....	101
6.3	Considerações gerais.....	109
7	CONCLUSÕES.....	111
8	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	113

LISTA DE TABELAS

Tabela	Página
1. Resultados das análises física do solo das áreas experimentais de campo e ambiente protegido. Fazenda Experimental São Manuel (SP), 2003.....	23
2. Resultados das análises química do solo, antes do experimento de outono/inverno (INV) e de verão (VER), para campo (C) e ambiente protegido (AP Fazenda Experimental São Manuel (SP), 2003	23
3. Resultados das análises química do solo, micronutrientes, antes do experimento de outono/inverno (INV) e de verão (VER), para campo (C) e ambiente protegido (AP). Fazenda Experimental São Manuel (SP), 2003	23
4. Resultados das análises química do solo, teores de nitrogênio amoniacal e nítrico, antes do experimento de outono/inverno (INV) e de verão (VER), para campo e ambiente protegido. Fazenda Experimental São Manuel (SP), 2003	23
5. Variáveis climáticas obtidas por meio de sensores automáticos (Micrologger CR23X), na área experimental de campo e ambiente protegido, com seus respectivos elementos sensores, fabricantes e método de cálculo da média. FCA-UNESP, Botucatu (SP), 2003	25

Tabela	Página
6. Esquema da análise de variância dos experimentos em parcelas subdivididas. FCA-UNESP, Botucatu (SP), 2003.....	28
7. Caracterização do fertilizante orgânico, utilizado nos experimentos de outono/inverno e verão. Fazenda Experimental São Manuel (SP), 2003.....	30
8. Resumo das análises de variância da altura de plantas, área foliar, massa de matéria fresca (MMF) e seca (MMS) da parte aérea e produtividade, na colheita, em campo, no outono/inverno. FCA-UNESP, Botucatu (SP), 2003.....	42
9. Resumo das análises de variância da altura de plantas, área foliar, massa de matéria fresca (MMF) e seca (MMS) da parte aérea e produtividade, na colheita, em ambiente protegido, no outono/inverno. FCA-UNESP, Botucatu (SP), 2003.....	43
10. Altura e área foliar de plantas de rúcula, cv. Folha Larga, em campo e ambiente protegido (AP) no outono/inverno, em função do espaçamento entre plantas. FCA-UNESP, Botucatu (SP), 2003.....	45
11. Massa de matéria fresca (MMF), seca (MMS) e produtividade de rúcula, cv. Folha Larga, em campo e ambiente protegido (AP), no outono/inverno, em função do espaçamento entre plantas. FCA-UNESP, Botucatu (SP), 2003.....	50
12. Resumo das análises de variância da quantidade de água na parte aérea (QAPA), peso específico foliar (PEF) e teor de nitrato no extrato foliar ($N-NO_3^-$) em campo e ambiente protegido, no outono/inverno. FCA-UNESP, Botucatu (SP), 2003.....	55
13. Quantidade de água na parte aérea (QAPA), peso específico foliar (PEF) e teor de nitrato no extrato foliar ($N-NO_3^-$), em rúcula cv. Folha Larga, no campo e no ambiente protegido (AP), no outono/inverno, em função do espaçamento entre plantas. FCA-UNESP, Botucatu (SP), 2003.....	59
14. Resumo das análises de variância para o teor na parte aérea de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S), em rúcula, na colheita, em campo e ambiente protegido, no outono/inverno. FCA-UNESP, Botucatu (SP), 2003.....	62

Tabela	Página
15. Resumo das análises de variância para o teor na parte aérea de boro (B), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn) e zinco (Zn), em rúcula, na colheita, em campo e ambiente protegido, no outono/inverno. FCA-UNESP, Botucatu (SP), 2003.....	62
16. Teores na parte aérea de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S), em rúcula, cv. Folha Larga, no campo (C) e no ambiente protegido (AP), no outono/inverno, em função do espaçamento entre plantas. FCA-UNESP, Botucatu (SP), 2003.....	68
17. Teores na parte aérea de boro (B), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn) e zinco (Zn), em rúcula, cv. Folha Larga, no campo (C) e ambiente protegido (AP), no outono/inverno, em função do espaçamento entre plantas. FCA-UNESP, Botucatu (SP), 2003.....	68
18. Resumo das análises de variância para o acúmulo de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S), em rúcula, na colheita, em campo e ambiente protegido, no outono/inverno. FCA-UNESP, Botucatu (SP), 2003	70
19. Resumo das análises de variância para o acúmulo de boro (B), Cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn) e zinco (Zn), em rúcula, na colheita, em campo e ambiente protegido, no outono/inverno. FCA-UNESP, Botucatu (SP), 2003	70
20. Acúmulo de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S), em rúcula, cv. Folha Larga, no campo (C) e ambiente protegido (AP), no outono/inverno, em função do espaçamento entre plantas. FCA-UNESP, Botucatu (SP), 2003.....	75
21. Acúmulo de boro (B), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn) e zinco (Zn), em rúcula, cv. Folha Larga, no campo (C) e ambiente protegido (AP), no outono/inverno, em função do espaçamento entre plantas. FCA-UNESP, Botucatu (SP), 2003.....	75
22. Resumo das análises de variância da altura de plantas, área foliar, massa de matéria fresca (MMF) e seca (MMS) da parte aérea e produtividade, na colheita, em campo, no verão. FCA-UNESP, Botucatu (SP), 2003.....	81

Tabela	Página
23. Resumo das análises de variância da altura de plantas, área foliar, massa de matéria fresca (MMF) e seca (MMS) da parte aérea e produtividade, na colheita, em ambiente protegido, no verão. FCA-UNESP, Botucatu (SP), 2003	82
24. Altura e área foliar de plantas de rúcula, cv. Folha Larga, em campo e ambiente protegido (AP), no verão, em função do espaçamento entre plantas. FCA-UNESP, Botucatu (SP), 2004	85
25. Massa de matéria fresca (MMF) e seca (MMS) em campo e ambiente protegido (AP) e produtividade no campo, de plantas de rúcula, cv. Folha Larga, no verão, em função do espaçamento entre plantas. FCA-UNESP, Botucatu (SP), 2004	88
26. Resumo das análises de variância da quantidade de água na parte aérea (QAPA), peso específico foliar (PEF) e teor de nitrato no extrato foliar (N-NO ₃ ⁻), em campo e ambiente protegido, no verão. FCA-UNESP, Botucatu (SP), 2004.....	91
27. Quantidade de água na parte aérea (QAPA), peso específico foliar (PEF) e teor de nitrato na seiva (N-NO ₃ ⁻) em rúcula, cv. Folha Larga, no campo e no ambiente protegido (AP), no verão, em função do espaçamento entre plantas. FCA-UNESP, Botucatu (SP), 2004.....	94
28. Resumo das análises de variância para o teor na parte aérea de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S), em rúcula, na colheita, em campo e ambiente protegido, no verão. FCA-UNESP, Botucatu (SP), 2004	97
29. Resumo das análises de variância para o teor na parte aérea de boro (B), Cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn) e zinco (Zn), em rúcula, na colheita, em campo e ambiente protegido, no verão. FCA-UNESP, Botucatu (SP), 2004	97
30. Teores na parte aérea de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S), em rúcula, cv. Folha Larga, no campo (C) e no ambiente protegido (AP) no verão, em função do espaçamento entre plantas. FCA-UNESP, Botucatu (SP), 2004.....	101

Tabela	Página
31. Teores na parte aérea de boro (B), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn) e zinco (Zn), em rúcula, cv. Folha Larga, no campo (C) e no ambiente protegido (AP) no verão, em função do espaçamento entre plantas. FCA-UNESP, Botucatu (SP), 2004	101
32. Resumo das análises de variância para o acúmulo de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S), em rúcula, na colheita, em campo e ambiente protegido, no verão. FCA-UNESP, Botucatu (SP), 2004.....	103
33. Resumo das análises de variância para o acúmulo de boro (B), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn) e zinco (Zn), em rúcula, na colheita, em campo e ambiente protegido, no verão. FCA-UNESP, Botucatu (SP), 2004.....	103
34. Acúmulo de nitrogênio (N), fósforo (P), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S) no campo (C) e no ambiente protegido (AP) e potássio (K) no campo, pela rúcula, cv. Folha Larga, no verão, em função do espaçamento entre plantas. FCA-UNESP, Botucatu (SP), 2004.....	108
35. Acúmulo de boro (B) e cobre (Cu) no campo (C) e ferro (Fe), manganês (Mn) e zinco (Zn) no campo e no ambiente protegido (AP) pela rúcula, cv. Folha Larga, no verão, em função do espaçamento entre plantas. FCA-UNESP, Botucatu (SP), 2004	108

LISTA DE FIGURAS

Figura	Página
1. Quantidade de rúcula comercializada na CEAGESP (1994-2003).	08
2. Variação sazonal de preços da rúcula na CEAGESP (1999-2003)	10
3. Vista geral da área experimental: campo (A) e ambiente protegido (B). Fazenda Experimental São Manuel (SP), 2003	24
4. Vista geral do sistema de irrigação localizado no ambiente protegido. Fazenda Experimental São Manuel (SP), 2003	26
5. Croqui da área experimental. Fazenda Experimental São Manuel (SP), 2003	27
6. Temperatura (A) e umidade relativa do ar (B) máxima, média e mínima em campo (Ext) e ambiente protegido (Int) e precipitação pluviométrica (C), no outono/inverno (31/05 a 07/07/2003). Fazenda Experimental São Manuel (SP), 2003	38
7. Área foliar das plantas de rúcula, cv. Folha Larga, em função de doses de nitrogênio no ambiente protegido (A) e no campo (B) e em função dos espaçamentos entre plantas no ambiente protegido (C) e no campo (D), do transplante a colheita, no outono/inverno. FCA-UNESP, Botucatu (SP), 2003	40

Figura	Página
8. Massa de matéria seca da parte aérea, de plantas de rúcula, cv. Folha Larga, em função de doses de nitrogênio no ambiente protegido (A) e no campo (B) e em função dos espaçamentos entre plantas no ambiente protegido (C) e no campo (D), do transplante a colheita, no outono/inverno. FCA-UNESP, Botucatu (SP), 2003	41
9. Altura de plantas de rúcula, cv. Folha Larga, em campo e ambiente protegido, no outono/inverno, em função de doses de nitrogênio, aos 37 DAS. FCA-UNESP, Botucatu (SP), 2003.....	44
10. Área foliar das plantas de rúcula, cv. Folha Larga, em campo e ambiente protegido, no outono/inverno, em função de doses de nitrogênio, aos 37 DAS. FCA-UNESP, Botucatu (SP), 2003.....	46
11. Massa de matéria fresca de plantas de rúcula, cv. Folha Larga, em campo e ambiente protegido, no outono/inverno, em função de doses de nitrogênio, aos 37 DAS. FCA-UNESP, Botucatu (SP), 2003	48
12. Massa de matéria seca de plantas de rúcula, cv. Folha Larga, em campo e ambiente protegido, no outono/inverno, em função de doses de nitrogênio, aos 37 DAS. FCA-UNESP, Botucatu (SP), 2003	49
13. Produtividade de rúcula, cv. Folha Larga, em campo e ambiente protegido, no outono/inverno, em função de doses de nitrogênio, aos 37 DAS. FCA-UNESP, Botucatu (SP), 2003.....	52
14. Quantidade de água na parte aérea da rúcula, cv. Folha Larga, em campo e ambiente protegido, no outono/inverno, em função de doses de nitrogênio, aos 37 DAS. FCA-UNESP, Botucatu (SP), 2003	55
15. Massa de matéria seca de rúcula em relação a fresca, cv. Folha Larga, em campo (A) e ambiente protegido (B), no outono/inverno, em função de doses de nitrogênio, aos 37 DAS. FCA-UNESP, Botucatu (SP), 2003	56
16. Peso específico foliar de rúcula, cv. Folha Larga, em campo e ambiente protegido, no outono/inverno, em função de doses de nitrogênio, aos 37 DAS. FCA-UNESP, Botucatu (SP), 2003.....	57

Figura	Página
17. Teor de nitrato no extrato foliar de rúcula, cv. Folha Larga, em campo e ambiente protegido, no outono/inverno, em função de doses de nitrogênio, aos 37 DAS. FCA-UNESP, Botucatu (SP), 2003.....	60
18. Teores de nitrogênio (A), fósforo (B), potássio (C), cálcio (D), magnésio (E) e enxofre (F) em plantas de rúcula, cv. Folha Larga, em campo e ambiente protegido, no outono/inverno, em função de doses de nitrogênio, aos 37 DAS. FCA-UNESP, Botucatu (SP), 2003.....	63
19. Teores de boro (A), cobre (B), ferro (C), manganês (D) e zinco (E), em plantas de rúcula, cv. Folha Larga, em campo e ambiente protegido, no outono/inverno, em função de doses de nitrogênio, aos 37 DAS. FCA-UNESP, Botucatu (SP), 2003.....	66
20. Acúmulo de nitrogênio (A), fósforo (B), potássio (C), cálcio (D), magnésio (E) e enxofre (F) em rúcula, cv. Folha Larga, em campo e ambiente protegido, no outono/inverno, em função de doses de nitrogênio, aos 37 DAS. FCA-UNESP, Botucatu (SP), 2003.....	71
21. Acúmulo de boro (A), cobre (B), ferro (C), manganês (D) e zinco (E), em rúcula, cv. Folha Larga, em campo e ambiente protegido, no outono/inverno, em função de doses de nitrogênio, aos 37 DAS. FCA-UNESP, Botucatu (SP), 2003.....	74
22. Temperatura (A) e umidade relativa do ar (B) máxima, média e mínima, precipitação pluviométrica (C) e radiação global e fotossinteticamente ativa (D) em campo (Ext) e ambiente protegido (Int), no verão (19/01 a 21/02/2004). Fazenda Experimental São Manuel (SP), 2004	77
23. Danos físicos (A) e acúmulo de solo (B) em folhas de rúcula causados pela chuva no cultivo de campo, no verão. Fazenda Experimental São Manuel (SP), 2004.....	78
24. Área foliar das plantas de rúcula, cv. Folha Larga, em função de doses de nitrogênio no ambiente protegido (A) e no campo (B) e em função dos espaçamentos entre plantas no ambiente protegido (C) e no campo (D), do transplante a colheita, no verão. FCA-UNESP, Botucatu (SP), 2004.....	79

Figura	Página
25. Massa de matéria seca da parte aérea, de plantas de rúcula, cv. Folha Larga, em função de doses de nitrogênio no ambiente protegido (A) e no campo (B) e em função dos espaçamentos entre plantas no ambiente protegido (C) e no campo (D), do transplante a colheita, no verão. FCA-UNESP, Botucatu (SP), 2004.....	80
26. Altura das plantas de rúcula, cv. Folha Larga, em campo e ambiente protegido no verão, em função de doses de nitrogênio, aos 33 DAS. FCA-UNESP, Botucatu (SP), 2004	83
27. Área foliar das plantas de rúcula, cv. Folha Larga, em campo e ambiente protegido no verão, em função de doses de nitrogênio, aos 33 DAS. FCA-UNESP, Botucatu (SP), 2004	84
28. Massa fresca das plantas de rúcula, cv. Folha Larga, em campo e ambiente protegido, no verão, em função de doses de nitrogênio, aos 33 DAS. FCA-UNESP, Botucatu (SP), 2004	86
29. Massa seca das plantas de rúcula, cv. Folha Larga, em campo e ambiente protegido, no verão, em função de doses de nitrogênio, aos DAS. FCA-UNESP, Botucatu (SP), 2004.....	87
30. Produtividade de rúcula, cv. Folha Larga, no ambiente protegido (A) e no campo (B), no verão, em função de doses de nitrogênio, aos 33 DAS. FCA-UNESP, Botucatu (SP), 2004.....	89
31. Quantidade de água na parte aérea de rúcula, cv. Folha Larga, em campo e ambiente protegido, no verão, em função de doses de nitrogênio, aos 33 DAS. FCA-UNESP, Botucatu (SP), 2004.....	92
32. Massa de matéria seca de rúcula em relação a fresca, cv. Folha Larga, em campo (A) e ambiente protegido (B), no verão, em função de doses de nitrogênio, aos 33 DAS. FCA-UNESP, Botucatu (SP), 2004	92
33. Peso específico foliar de rúcula, cv. Folha Larga, em campo e ambiente protegido, no verão, em função de doses de nitrogênio, aos 33 DAS. FCA-UNESP, Botucatu (SP), 2004	93

Figura	Página
34. Teor de nitrato no extrato foliar de rúcula, cv. Folha Larga, em campo e ambiente protegido, no verão, em função de doses de nitrogênio, aos 33 DAS. FCA-UNESP, Botucatu (SP), 2004.....	95
35. Teores na parte aérea de nitrogênio (A), fósforo (B), potássio (C), cálcio (D), magnésio (E) e enxofre (F), em plantas de rúcula, cv. Folha Larga, em campo e ambiente protegido, no verão, em função de doses de nitrogênio, aos 33 DAS. FCA-UNESP, Botucatu (SP), 2004.....	98
36. Teores na parte aérea de boro (A), cobre (B), ferro (C), manganês (D) e zinco (E), em plantas de rúcula, cv. Folha Larga, em campo e ambiente protegido, no verão, em função de doses de nitrogênio, aos 33 DAS. FCA-UNESP, Botucatu (SP), 2004.....	100
37. Acúmulo de nitrogênio (A), fósforo (B), potássio (C), cálcio (D), magnésio (E) e enxofre (F) pela rúcula, cv. Folha Larga, em campo e ambiente protegido, no verão em função de doses de nitrogênio, aos 33 DAS. FCA-UNESP, Botucatu (SP), 2004.....	104
38. Acúmulo de boro (A), cobre (B), ferro (C), manganês (D) e zinco (E), em rúcula, cv. Folha Larga, em campo e ambiente protegido, no verão em função de doses de nitrogênio, aos 33 DAS. FCA-UNESP, Botucatu (SP), 2004.....	107

1 RESUMO

Dentre as hortaliças de folhas, a alface é a mais consumida pela população brasileira, porém, ultimamente, a rúcula (*Eruca sativa* Miller) vem conquistando maior espaço no mercado. Segundo dados fornecidos pela Companhia de Entrepósitos e Armazéns Gerais do Estado de São Paulo (CEAGESP), a quantidade de rúcula comercializada nesse mercado teve um crescimento em torno de 78%, de 1997 para 2003. Outro aspecto relevante diz respeito à valorização da rúcula nesse mercado. Em 2003 ela apresentou preço anual médio de R\$ 2,43 kg⁻¹ em comparação aos R\$ 0,64 kg⁻¹ obtido pela alface (média dos tipos americana e cressa). Assim, o crescimento na quantidade comercializada de rúcula e a sua cotação são indicadores de que a atividade é rentável. Contudo, apesar de sua importância econômica para a horticultura, existem poucos estudos no tocante à fitotecnia, envolvendo o manejo da nutrição mineral e o espaçamento entre plantas. Portanto, o objetivo do presente estudo foi determinar a melhor dose de nitrogênio em cobertura fornecida via fertirrigação e o melhor espaçamento entre plantas para se utilizar no cultivo da rúcula em campo e em ambiente protegido. Dessa forma, foram conduzidos ensaios no outono/inverno e no verão, na Fazenda Experimental São Manuel, da FCA-UNESP, em São Manuel-SP, Brasil. O delineamento experimental utilizado foi o de parcelas subdivididas com quatro repetições. Os

tratamentos utilizados foram cinco doses de nitrogênio na parcela (0, 60, 120, 180 e 240 kg ha⁻¹) e 3 espaçamentos entre plantas na sub-parcela (0,05, 0,07 e 0,10 m). Nas duas épocas experimentais, houve resposta crescente para a área foliar, massa de matéria fresca e seca, produtividade, quantidade de água na parte aérea e teor de nitrato no extrato foliar com o aumento das doses de nitrogênio e resposta decrescente para o peso foliar específico. As plantas espaçadas de 0,10 m apresentaram maiores médias de área foliar e massa de matéria fresca e seca, porém a maior produtividade foi verificada no espaçamento de 0,05 m, devido ao maior número de plantas existente por m². No verão, a alta precipitação pluviométrica e sua concentração em curtos períodos de tempo foi prejudicial às plantas cultivadas no campo, atrasando o desenvolvimento da planta e diminuindo a qualidade final do produto, a ponto de no momento da colheita, as folhas não apresentarem bom aspecto para a comercialização. No outono/inverno, a dose de nitrogênio em cobertura, que possibilitou a maior produtividade no campo foi de 240 kg ha⁻¹ e no ambiente protegido de 178,6 kg ha⁻¹. No verão, no ambiente protegido, as doses estimadas de nitrogênio em cobertura, que possibilitaram maiores produtividades dentro dos espaçamentos de 0,05; 0,07 e 0,10 m foram 240; 167,3 e 231 kg ha⁻¹. No campo, a maior produtividade foi verificada com 240 kg ha⁻¹ de nitrogênio em cobertura.

Palavras Chave: *Eruca sativa* Miller, nitrogênio, nutrição de plantas, espaçamentos entre plantas, ambiente protegido, nitrato, sistema de produção.

ROCKET SALAD (*Eruca sativa* Miller) GROWTH, PRODUCTION AND QUALITY IN FUNCTION OF NITROGEN AND DISTANCE BETWEEN PLANTS Botucatu, 2005. 119f. Tese (Doutorado em Agronomia/Horticultura) - Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista.

Author: LUIS FELIPE VILLANI PURQUERIO

Adviser: RUMY GOTO

Second adviser: ROBERTO LYRA VILLAS BÔAS

2 SUMMARY

Among the leaves vegetable products, lettuce is the most preferred by Brazilian people, nevertheless, rocket salad (*Eruca sativa* Miller) is acquiring a larger room in the market lately. According to the *Companhia de Entrepósitos e Armazéns Gerais do Estado de São Paulo (CEAGESP)* data, the amount of commercialized rocket salad in this market raised around 78.0% from 1997 to 2003. Another relevant aspect is related to increasing value of rocket salad in this market. In 2003 it presented an average medium price of R\$ 2,43 kg⁻¹ in comparison to the value of R\$ 0,64 kg⁻¹ obtained by lettuce (average price of the iceberg and common types). Therefore, the rocket salad commercialized amount growing and its quotation are indexes that such activity is profitable. However, besides the economical importance of rocket salad to horticulture, exist very few studies related it growing technique involving mineral nutrition management and distance between plants. Therefore, the objective of this study was to determine the best nitrogen applicatin rate on side dressing via fertigation and the best distance between plants to be used for rocket salad cultivation in open (field) and protected (green house) ambient. In this direction, tests were carried out during autumn/winter and summer seasons in São Manuel Experimental Farm (*Fazenda Experimental São Manuel*) - FCA-UNESP, in São Manuel-SP, Brazil. The experimental design used in the tests was

split-plot with randomised blocks replicated four times. The treatments were five nitrogen doses (0, 60.0, 120.0, 180.0 and 240.0 kg ha⁻¹) and three distances between plants (0.05, 0.07 and 0.10 m). In both season, crescent response for leaf area, fresh and dry mass weight, yield, water amount in the aerial part and nitrate leaves content were observed with nitrogen application rates increasing and de-crescent response for the specific foliar weight. Plants which were spaced of 0.10 m showed leaf area and fresh and dry mass weight greater average, but a greater yield was detected in plants which were spaced with 0.05 m due to the greater number of existing plants by square meter. In summertime, the higher rain fall and its concentration in shorts periods of time was harmful to the plants grown in field, delaying the plant development and lowering the product final quality in such a way that at cropping time the plant leaves showed a poor aspect for commercialization. In the autumn/winter, the side dressing nitrogen application rate that allowed a greatest productivity in open field was of 240.0 kg ha⁻¹ and in protected ambient was of 178.6 kg ha⁻¹. In the summer, in protected ambient, the estimated side dressing nitrogen application rate that allowed greater productivity inside the plant distances of 0.05, 0.07 e 0.10 m were 240.0, 167.3 and 231.0 kg ha⁻¹. In open field, the greater yield was verified with 240.0 kg ha⁻¹ of nitrogen on side dressing.

Keywords: *Eruca sativa* Miller, nitrogen, plant nutrition, distance between plants, protected ambient, nitrate, production system.

3 INTRODUÇÃO

A área explorada com hortaliças no Brasil é estimada em 800 mil hectares, com produção de aproximadamente 16 milhões de toneladas. Esta atividade gera 2,4 milhões de empregos diretos e renda superior a 8 bilhões de reais (HORA et al., 2004). Na região Sudeste do Brasil é produzido cerca de 60% das hortaliças, sendo que no estado de São Paulo a atividade gera empregos a aproximadamente um milhão de pessoas (CAMARGO FILHO & MAZZEI, 2001).

Dentre as hortaliças de folhas, a alface é a mais plantada e a mais consumida pela população brasileira, porém, desde o final da década de 90, a rúcula vem conquistando maior espaço no mercado. Consumida como salada crua ou de outras formas, como em pizzas, se diferencia principalmente pelo sabor.

Segundo dados fornecidos pela Companhia de Entrepósitos e Armazéns Gerais do Estado de São Paulo (CEAGESP), a quantidade de rúcula comercializada nesse mercado teve um crescimento em torno de 78%, de 1997 para 2003. Esse crescimento pode ser considerado significativo, quando comparado com o da alface americana e crespa, que apresentou 40% de aumento no mesmo período.

Outro aspecto relevante diz respeito à valorização da rúcula na CEAGESP. Em 2003 ela apresentou preço anual médio de R\$ 2,43 kg⁻¹ em comparação aos R\$ 0,64 kg⁻¹ obtido pela alface (média dos tipos americana e crespa). A rúcula tem melhor remuneração no período que compreende os meses de novembro a março, época em que atinge o pico de demanda, porém onde a produção torna-se difícil, devido a fatores ambientais, como a alta precipitação pluviométrica.

Assim, o crescimento na quantidade comercializada de rúcula e a sua cotação são indicadores de que a atividade é rentável. Contudo, apesar de sua importância econômica para a horticultura, existem poucos estudos no tocante à fitotecnia, envolvendo o manejo da nutrição mineral e o espaçamento entre plantas.

As recomendações de adubação para a cultura da rúcula tem se baseado em culturas de famílias e espécies distintas. Também, não existe recomendação diferenciada entre os sistemas de produção em campo e em ambiente protegido, bem como entre as estações do ano.

Faz-se então necessário a determinação de doses de nitrogênio a serem trabalhadas nas condições citadas, bem como a validação dos resultados encontrados nos pouquíssimos trabalhos existentes com a cultura em campo.

No tocante ao espaçamento entre plantas de rúcula, na literatura nacional, são escassas as informações, existindo apenas algumas recomendações de espaçamento entre linhas. No sistema convencional de cultivo, onde se faz uso de semeadura direta com posterior raleio das plântulas, verifica-se certa dificuldade em se manter um espaçamento fixo entre as plantas. Porém, com a introdução da formação de mudas, com posterior transplante, é possível melhorar a padronização desse espaçamento, quer seja em campo ou em ambiente protegido, facilitando o estudo dos seus efeitos.

Portanto, o objetivo do presente estudo foi determinar a melhor dose de nitrogênio em cobertura fornecida via fertirrigação e o melhor espaçamento entre plantas para se utilizar no cultivo da rúcula em campo e em ambiente protegido.

4 REVISÃO DE LITERATURA

4.1 Aspectos gerais da cultura da rúcula

Originária e muito cultivada na região mediterrânea, a rúcula é conhecida desde a antigüidade, sendo que o primeiro registro data do século I, encontrado no herbário Grego Dioscorides (MORALES & JANICK, 2002). Na Itália, onde é apreciada pela sua pungência, essa hortaliça folhosa é consumida em larga escala. No Brasil, é consumida na forma de salada crua e em pizzas, sendo que nos últimos anos teve aumento na sua popularidade e consumo. Na CEAGESP, segundo Silva (2004)¹, a partir de 1997 houve grande aumento na quantidade comercializada de rúcula (Figura 1).

Pertencente à família das brássicas, três espécies são utilizadas no consumo humano: *Eruca sativa* Miller, que possui ciclo de crescimento anual, *Diplotaxis tenuifolia* (L.) DC. e *Diplotaxis muralis* (L.) DC., ambas perenes (PIGNONE, 1997).

¹ Silva, M. A. B. da. GEAGESP, Seção de Economia e Desenvolvimento. Av. Dr. Gastão Vidigal nº 1946 – CEP 05316900. São Paulo – SP. Comunicação pessoal, (2004).

No Brasil, a espécie mais cultivada é a *Eruca sativa* Miller, representada principalmente pelas cultivares Cultivada e Folha Larga. Porém, também se encontram cultivos em menor escala da espécie *Diplotaxis tenuifolia* (L.) DC., conhecida como rúcula selvática.

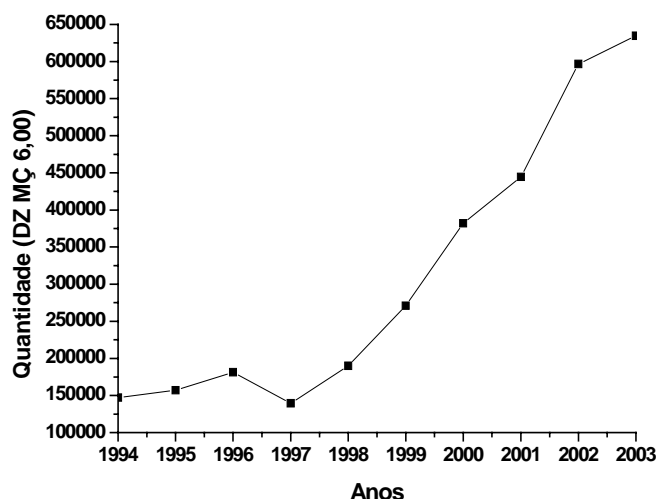


Figura 1. Quantidade de rúcula comercializada na CEAGESP (1994-2003).

Além de servir como alimento, a rúcula possui propriedades nutraceuticas, sendo um bom depurativo, fonte de vitamina C e de ferro (PIGNONE, 1997). Na sua composição, em cada 100 g de massa de matéria fresca, observa-se 91,7 g de água, 2,58 g de proteína, 1,6 g de fibra, 160 mg de cálcio, 1,40 mg de ferro, 47 mg de magnésio, 52 mg de fósforo, 369 mg potássio, 27 mg de sódio, 0,47 mg de zinco, 15 mg de vitamina C, 0,044 mg de tiamina, 0,086 mg de riboflavina, 0,305 mg de niacina, 0,437 mg de ácido pantotênico e 0,073 mg de vitamina B6 (USDA, 2004).

A rúcula é uma hortaliça folhosa herbácea de rápido crescimento vegetativo e ciclo curto. O período que abrange desde a emergência das plântulas até a iniciação floral, representa sua produção economicamente viável, que se encerra ao atingir o maior tamanho das folhas. Suas folhas são relativamente espessas e recortadas, de coloração verde, com nervuras verde-claras. (CAMARGO, 1992; TRANI et al., 1992; MINAMI & TESSARIOLI NETO, 1998, MORALES & JANICK, 2002). As principais cultivares de rúcula

apresentam diferenças quanto aos tipos de folhas, que podem ter bordas lisas, variando até ficarem bem recortadas (MORALES & JANICK, 2002; SALA et al., 2004).

Essa planta cresce rapidamente sob temperaturas amenas, florescendo em dias longos com altas temperaturas (MORALES & JANICK, 2002). Na região do Veneto na Itália, Pimpini & Enzo (1997) consideram como temperaturas ótimas para a cultura 22 a 24°C durante o dia e 16 a 18°C à noite e umidade relativa do ar máxima de 60%.

No Brasil, segundo Trani et al. (1992), para o bom desenvolvimento da planta, com produção de folhas grandes e tenras, existe a necessidade de temperaturas entre 15 a 18°C, sendo que a melhor época de plantio no planalto paulista ocorre de março a julho (outono/inverno). Os autores também ressaltam que quando ocorrem temperaturas elevadas a produção fica prejudicada, sendo que as folhas acabam ficando menores e rijas, tornando-se impróprias para a comercialização. Contudo, Filgueira (2000) cita que apesar da rúcula produzir melhor sob temperaturas amenas, ela tem sido cultivada ao longo do ano em numerosas regiões brasileiras. Este resultado é comprovado por Gusmão et al. (2003), que cultivando rúcula nas condições do Trópico Úmido em Belém (PA), sob alta temperatura e umidade do ar, verificaram um desenvolvimento normal comparável ao de regiões de temperaturas amenas.

Com relação à radiação necessária ao cultivo, Pimpini & Enzo (1997) citam que na falta da mesma, que normalmente é observada nos cultivos em ambiente protegido no hemisfério norte, no inverno, ocorre estiolamento das plantas, as folhas tornam-se mais finas, adquirem coloração verde clara, perdem aroma e acumulam mais nitrato.

A rúcula, similarmente à alface, tem sua produção dificultada no verão, principalmente pela alta pluviosidade, época em que se torna mais interessante para os produtores, pela melhor remuneração alcançada, devido a escassez do produto e pela alta demanda do consumo (Figura 2).

A sementeira da rúcula pode ser feita diretamente no canteiro definitivo, utilizando-se 0,2 gramas de semente por metro linear ou em bandejas (poliestireno expandido ou polietileno), com posterior transplante das mudas para o canteiro. Ressalta-se, que na sementeira direta, muitas vezes, é difícil obter um estande uniforme, principalmente pela dificuldade de sementeira devido as sementes da rúcula serem pequenas (REGHIN et al. 2004a). Atualmente o produtor está optando pela produção de mudas em

bandejas, pelas vantagens descritas por Filgueira (2000). Em ambos os sistemas de cultivo, o espaçamento utilizado entre linhas é de 0,15 a 0,25 m (TRANI et al., 1992).

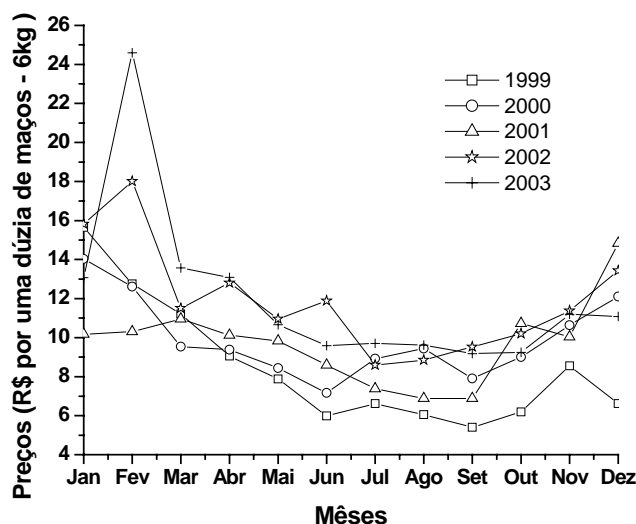


Figura 2. Variação sazonal de preços da rúcula na CEAGESP (1999-2003).

Com relação à necessidade hídrica da cultura, Trani et al. (1992) e Pimpini & Enzo (1997) citam que ela não suporta o excesso de água de chuva torrencial ou irrigação excessiva. O excesso hídrico na fase inicial favorece com frequência a doença conhecida como tombamento das plantas (*damping off*), provocada por fungos de solo. Sob chuva torrencial, as plantas apresentam menor tamanho, além de ficarem com as folhas amareladas, danificadas e sujas, comprometendo seu valor comercial. Trani et al. (1992) recomendam que a cultura seja irrigada diariamente com 10 a 20 litros de água por metro quadrado.

A colheita da rúcula é feita de 30 a 40 dias após a semeadura. Após esse período as folhas começam a ficar fibrosas e impróprias para o consumo, pois a planta começa a entrar no estágio reprodutivo. Este termina aproximadamente aos 110 – 130 dias após a semeadura (DAS), quando tem início a colheita das sementes, com duração de cerca de 25 dias (TRANI et al., 1992; MINAMI & TESSARIOLI NETO, 1998).

Em cultivos comerciais, a rúcula é colhida de uma só vez, arrancando-se as plantas inteiras com folhas e raízes. Porém, ela pode ser colhida diversas vezes, cortando-se as folhas sempre acima da gema apical, onde haverá rebrota, possibilitando um novo corte. Devido a perecibilidade do produto e a queda de produção dos cortes nas sucessivas rebrotas, como demonstrado por Takaoka & Minami (1984) e Pignone (1997) dá-se preferência à colheita da planta inteira.

Para o comércio, as folhas de rúcula (maços ou dúzias de plantas), devem estar com 15 a 20 cm de comprimento, bem desenvolvidas, verdes e frescas (MINAMI & TESSARIOLI NETO, 1998). Trani et al. (1994) consideram como padrão comercial a altura aproximada de 20 cm, aceitando uma variação de 10% em torno dessa medida. Porém o mercado é muito variável, existindo regiões que preferem folhas grandes e outras que apreciam folhas pequenas.

Em termos de produtividade, é difícil uma estimativa média para a cultura, pois como foi mencionado, o mercado é muito variável na exigência do produto e também não existe uma classificação oficial para o mesmo. Nos trabalhos científicos consultados, realizados nas mais diversas condições de cultivo, encontrou-se produtividade de rúcula variando de 1,5 a 4,7 kg m⁻² (TAKAOKA & MINAMI, 1984; TRANI et al., 1994; CAVARIANNI, 2004; PEREIRA, et al., 2003; REGHIN et al., 2004b; PEGADO et al., 2004).

4.2 Sistemas de produção

No Brasil, a partir da década de 90, ocorreram significativas mudanças na cadeia produtiva de hortaliças. Atualmente estão à disposição dos empresários rurais diversos sistemas de produção, sendo que pode-se optar entre os sistemas de cultivo em campo ou em ambiente protegido ou ainda hidropônico, convencionais ou orgânicos.

Dentre eles, o cultivo em ambiente protegido é um sistema de produção agrícola especializado, que possibilita certo controle das condições edafoclimáticas como: temperatura, umidade do ar, radiação, solo, composição atmosférica, vento e outras intempéries. Esse sistema de cultivo apresenta uma série de vantagens, tais como proteção em relação aos fenômenos climáticos (geadas, granizo, vento e chuvas), melhor aproveitamento dos insumos de produção (fertilizantes, defensivos e água) e melhor controle de pragas e

doenças (CERMEÑO, 1990; MARTINS et al., 1999; MARTINS, 2000; CASTILLA, 2005). Consequentemente, com essas vantagens há ganho na produtividade e diminuição na sazonalidade da oferta, diminuindo riscos e conferindo maior competitividade pela possibilidade de se oferecer produtos de melhor qualidade o ano todo. Segundo Cermeño (1990), a produtividade dentro do ambiente protegido pode chegar a ser duas à três vezes superior a do campo, além da qualidade superior.

Por outro lado, o cultivo em ambiente protegido também apresenta desvantagens, como o alto custo para sua implantação, que pode variar de R\$ 28,00 a R\$ 60,00 o m², dependendo do grau de tecnologia empregada na construção da estrutura e no controle do ambiente. Além disso, esse sistema de cultivo envolve o conhecimento multidisciplinar para que o manejo das plantas seja bem feito e se obtenha sucesso.

Paralelamente, o avanço da tecnologia de produção e sua facilidade de uso pelos agricultores proporcionou a utilização em ambiente protegido de técnicas como a aplicação de fertilizantes via água de irrigação (fertirrigação). Vários autores têm relatado as principais vantagens e limitações da fertirrigação (VIVANCOS, 1993; BURT et al., 1995; FOLEGATTI, 1999). Entre as vantagens destacam-se o melhor controle sobre o fornecimento de nutrientes para a planta, com melhoria na eficiência de uso do fertilizante e a menor perda de nutrientes por lixiviação, obtendo como resultado ganho de produtividade e de qualidade do produto. Como desvantagem, ressalta-se que esta técnica necessita de mais conhecimento técnico para ser realizada do que aquele utilizado na adubação convencional e que os efeitos depressivos da adubação incorreta são mais intensos.

Informações mais específicas para hortaliças folhosas, como as de Goto (1998), mostram resultados altamente positivos quando se comparou o uso da fertirrigação com a aplicação convencional de fertilizantes na produtividade de alface em ambiente protegido. Verificou-se, principalmente, a economia de fertilizante, bem como o aumento da disponibilidade e da absorção de nitrogênio pelas plantas.

Dessa forma, pode-se dizer que o sistema de produção em ambiente protegido com fertirrigação apresenta aspectos positivos, inclusive com potencial para uso no cultivo da rúcula, tornando-se uma alternativa bastante interessante.

4.3 Nutrição e adubação na cultura da rúcula

A produção de hortaliças sob condições de cultivo intensivo requer adequado suprimento de nutrientes desde o estágio de plântula até a colheita, haja visto que o desequilíbrio nutricional, seja por carência ou excesso de nutrientes, é fator estressante para a planta.

Nesse contexto, existem várias recomendações de adubação mineral para brássicas (couve e repolho). Elas são baseadas tanto em experiências locais quanto em resultados de pesquisas, considerando os teores dos nutrientes no solo, a necessidade da cultura em função da produtividade e os processos de fixação e lixiviação de nutrientes (KIMOTO, 1993). Porém, são escassas ou quase nulas as informações sobre a nutrição mineral da rúcula, hortaliça pertencente a essa mesma família. Para essa cultura as recomendações de adubação existentes são pouco específicas, contemplando na mesma recomendação, famílias e espécies diferentes e apenas o sistema de produção em campo.

Nas hortaliças folhosas o efeito do nitrogênio se reflete diretamente na produtividade, pois o fornecimento de doses adequadas favorece o desenvolvimento vegetativo, expande a área fotossinteticamente ativa e eleva o potencial produtivo da cultura (FILGUEIRA, 2000).

4.3.1 Nitrogênio

Dentre os nutrientes, o nitrogênio (N) destaca-se pelas modificações morfo-fisiológicas promovidas nos vegetais. Quantitativamente, é o mais importante para seu desenvolvimento, sendo que está presente em maior quantidade na matéria seca do que qualquer outro elemento que se considere (ENGELS & MARSCHENER, 1995).

No solo, encontra-se nas formas orgânica e inorgânica, sendo que nos horizontes superficiais a forma orgânica predomina, representando mais de 99% do N total. Este se torna lentamente disponível para as plantas pela mineralização da matéria orgânica. Esse fato acaba dificultando os métodos de análise disponíveis para a quantificação do teor desse nutriente no solo, sendo que atualmente a análise de rotina de solo não contempla o

nitrogênio. Assim, torna-se difícil prever quando ele tornar-se-á disponível para as plantas e em que quantidades (GUIMARÃES, 1998a).

Na planta, o nitrogênio é constituinte de aminoácidos e proteínas, aminas, amidas, amino-açúcares, purinas, pirimidinas, alcalóides, coenzimas, vitaminas e pigmentos (MALAVOLTA, 1981). Esse macronutriente está relacionado com os mais importantes processos bioquímicos e fisiológicos que ocorrem na planta, tais como fotossíntese, respiração, desenvolvimento e atividade das raízes, absorção iônica de outros nutrientes, crescimento e diferenciação celular (CARMELLO, 1999).

O nitrogênio pode ser absorvido do solo nas formas de íons nitrato (NO_3^-) ou amônio (NH_4^+). O NO_3^- , forma mais absorvida, é mais importante para a nutrição das plantas, sendo os processos envolvidos na sua absorção melhor conhecidos que aqueles envolvidos na absorção do NH_4^+ (GUIMARÃES, 1998a).

A absorção do NO_3^- pelas raízes ocorre contra um gradiente eletroquímico, envolvendo gasto de energia. Depois de absorvido, dependendo da espécie vegetal e dos níveis de NO_3^- adicionados ao sistema, este pode ser armazenado nas raízes e/ou translocado para a parte aérea para ser armazenado nos vacúolos das células das folhas. Pode ainda ser reduzido nas raízes e/ou nas folhas, por meio da ação das enzimas redutase de nitrito e redutase de nitrato (TAIZ & ZEIGER, 2002). Geralmente, quando o suprimento externo de NO_3^- é baixo, grande proporção deste é reduzido nas raízes. Aumentando-se o suprimento de NO_3^- , a capacidade de redução nas raízes torna-se limitante, aumentando a proporção do N total que é translocado na forma de NO_3^- para a parte aérea, onde é acumulado nos vacúolos ou reduzido (MARSCHNER, 1995).

A rota assimilatória do NO_3^- é a principal forma de transformação do nitrogênio inorgânico em compostos orgânicos, resultando na síntese de mais de 100 aminoácidos, dos quais uma fração, cerca de vinte, são usados na síntese protéica. Além da sua participação na formação das proteínas, o nitrogênio é um importante constituinte dos ácidos nucleicos e da clorofila (TAIZ & ZEIGER, 2002).

Uma vez que o nitrogênio se encontra associado com vários componentes celulares, como aminoácidos e ácidos nucleicos, o sintoma mais característico da sua deficiência é a redução na taxa de crescimento. Dessa maneira, o primeiro sintoma a se manifestar nas plantas é a clorose das folhas mais velhas, devido a translocação do nitrogênio

nelas contido para as folhas mais novas para que ocorra a manutenção dos pontos de crescimento (TAIZ & ZEIGER, 2002).

A deficiência de nitrogênio na cultura da rúcula induz menor desenvolvimento das plantas. As folhas mais velhas apresentam inicialmente leve clorose, evoluindo para uma clorose mais acentuada, podendo chegar a completo amarelecimento da planta e causar morte (KAGUIMOTO et al., 1982).

O excesso de nitrogênio também pode ser prejudicial à planta. O excessivo suprimento de nitrogênio causa crescimento demasiado da parte aérea em relação ao sistema radicular, deixando a planta mais suscetível ao déficit hídrico e a deficiência de nutrientes, principalmente fósforo e potássio. Com o excessivo desenvolvimento foliar o efeito positivo do nitrogênio na fotossíntese diminui pelo sombreamento. O aumento do sombreamento pode gerar alterações nas condições microclimáticas, potencializando a incidência de infecções por fungos. O nitrogênio também aumenta a concentração de aminoácidos e de amidas no apoplasto e na superfície foliar, que aparentemente têm maior influência que os açúcares no desenvolvimento das doenças fúngicas (RAIJ, 1991; ENGELS & MARSCHENER, 1995; SALES, 2005).

As altas doses de fertilizantes nitrogenados favorecem o acúmulo de nitrato (NO_3^-) nas folhas das plantas, sendo que o excesso pode se transformar através de reações bioquímicas em substâncias carcinogênicas prejudiciais à saúde humana (MENGEL & KIRKBY, 1987).

A aplicação excessiva de nitrogênio também pode causar danos ambientais como a contaminação do lençol freático. Segundo Stevenson (1982), do total de N aplicado no solo muito pouco é recuperado pelas plantas, evidenciando grande perda por processos de volatilização, lixiviação, desnitrificação, erosão e imobilização microbiana. Portanto, o correto manejo da adubação nitrogenada é essencial para uma atividade produtiva consciente, que visa altas produtividades, com redução de custo, respeitando-se a qualidade do produto e o meio ambiente.

4.3.2 Adubação nitrogenada na cultura da rúcula

Na região do Veneto, na Itália, Baggio & Pimpini (1995), citado por Pimpini & Enzo (1997), realizaram ensaios com 0, 100, 200 e 300 kg ha⁻¹ de nitrogênio na rúcula em campo e concluíram que os resultados mais interessantes foram obtidos com o uso 100 kg ha⁻¹. Segundo os autores, essa quantidade de nitrogênio deve ser utilizada para adubação na região estudada considerando o curto ciclo biológico para produção da rúcula e a velocidade com que o nitrogênio se acumula na planta. Pimpini & Enzo (1997) complementam essa informação citando que no cultivo em ambiente protegido com mais de um corte (colheita), ou em solos arenosos, deve-se usar 200 kg ha⁻¹ de nitrogênio na adubação da rúcula.

Em ensaio realizado com rúcula selvática (*Diplotaxis tenuifolia* (L.) DC.) em campo, Bianco & Boari (1997), testando 0, 100 e 200 kg ha⁻¹ de nitrogênio, observaram incremento da produtividade de 2,4 até 2,9 kg m⁻², obtida com a maior dose de nitrogênio utilizada.

Avaliando doses de nitrogênio (0 a 60 kg ha⁻¹) na rúcula, Rana et al. (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.

No Brasil, como já foi citado, são escassas ou quase nulas as informações sobre a nutrição da cultura da rúcula, prevalecendo mais o empirismo. Sendo assim, resultados de pesquisa encontrados para a cultura da alface são utilizados como orientação para a realização da adubação dessa cultura (KATAYAMA, 1993). Dessa forma, as recomendações encontradas na literatura para a cultura da rúcula não fazem distinções entre famílias e espécies.

Camargo (1992) recomenda para a cultura da rúcula, juntamente com mais 11 culturas de famílias e espécies diferentes (agrião, alface, alho-porró, almeirão, acelga, chicória, couve-chinesa, espinafre, escarola, mostarda e condimentos) a aplicação de 60, 80 ou 100 t ha⁻¹ de esterco de curral no plantio, dependendo do teor de matéria orgânica do solo. Juntamente com este, devem ser aplicados 30 kg ha⁻¹ de nitrogênio no plantio e mais 120 kg ha⁻¹ de nitrogênio em cobertura, dividido igualmente aos dez, vinte e trinta dias após o transplante ou emergência das plântulas.

Trani & Raij (1996) também recomendam adubação semelhante para a rúcula e outras culturas sem fazer diferenciação entre famílias ou espécies no plantio. Para alface, almeirão, chicória, escarola, rúcula e agrião d'água, recomendam a aplicação de 60 a 80 t ha⁻¹ de esterco de curral ou um quarto dessa quantidade na forma de esterco de galinha, de 40 kg ha⁻¹ de nitrogênio no plantio e, especificamente para rúcula, 120 kg ha⁻¹ de nitrogênio em cobertura, parcelado aos sete, quatorze e vinte e um dias após a emergência (DAE).

Filgueira (1982), por outro lado, apresenta uma recomendação de adubação incompleta para a cultura da rúcula, onde cita que apenas deve-se aplicar a cobertura nitrogenada dividida em três vezes, utilizando-se de 25 g m² de nitrato de amônio ou nitrocálcio.

Avaliando a adubação com nitrogênio, fósforo e potássio, Silva & Castellane (1985) não observaram resposta da rúcula cultivada em duas épocas experimentais (outubro e fevereiro) com o uso de 60 kg ha⁻¹ de nitrogênio. Entretanto, Trani et al. (1994), avaliando doses de nitrogênio (0 a 240 kg ha⁻¹) em rúcula cultivada em campo no outono, observaram produtividade crescente com o aumento das doses de nitrogênio até 188 kg ha⁻¹, correspondendo a uma produtividade de 1,73 kg m⁻². Doses acima de 188 kg ha⁻¹ contribuíram para redução na produtividade. Esses autores também verificaram que o acúmulo de nitrato nas folhas de rúcula foi crescente com o aumento das doses de nitrogênio, atingindo o valor de 1070 mg kg⁻¹ na maior dose utilizada.

Estudando a adubação orgânica, Brandão Filho et al. (2000) observaram maior produtividade de rúcula (429,3 g 2m lineares) quando utilizaram 37,5 t ha⁻¹ de esterco de galinha, sendo a metade aplicada no plantio e a outra metade em cobertura.

Em cultivo hidropônico, Cavarianni (2004), testando concentrações crescentes de nitrogênio na solução nutritiva (60,8 a 243,5 mg L⁻¹), observou aumento na massa de matéria seca das plantas até a concentração de 114,3 mg L⁻¹ de nitrogênio, com posterior diminuição da mesma com o aumento do nitrogênio na solução nutritiva. A produtividade da cv. Folha Larga alcançou 1,3 kg m⁻². Também verificou que o acúmulo de nitrato nas folhas de rúcula para a mesma cultivar foi crescente com o aumento das doses de nitrogênio, atingindo o valor de 2776 mg kg⁻¹ na maior concentração de nitrogênio na solução nutritiva.

As curvas de absorção de nutrientes e acúmulo de massa de matéria seca em função da idade da planta possibilitam conhecer os períodos de maior exigência dos nutrientes e de produção de massa de matéria seca, obtendo-se informações seguras quanto às épocas mais convenientes de aplicação de fertilizantes (MAGNIFICO et al., 1979; GARCIA et al., 1982; HAAG & MINAMI, 1988).

Informações relativas ao ganho de massa de matéria seca e exigência nutricional pela cultura da rúcula durante seu ciclo vegetativo eram inexistentes, segundo Haag & Minami (1988), até 1987. Dessa forma, foi feito o primeiro estudo para a cultura com a cv. Cultivada em campo, onde esses autores observaram uma produção de massa de matéria seca da parte aérea crescente até os 34 dias, com posterior estabilização da mesma aos 41 dias (colheita). Dos nutrientes estudados, o potássio seguido pelo nitrogênio foram os elementos mais absorvidos pela cultura. O teor foliar de nitrogênio aumentou com a idade da planta, até o máximo de 46,9 g kg⁻¹ aos 34 dias, posteriormente diminuindo para 40,4 g kg⁻¹ aos 41 dias. Aos 41 DAS, na colheita, esses autores observaram 5; 55,1; 21,9; 4,3 e 3,6 g kg⁻¹ de P, K, Ca, Mg e S e 39, 21, 1543, 66, 229 mg kg⁻¹ de B, Cu, Fe, Mn e Zn na parte aérea da planta, respectivamente.

Avaliando doses de nitrogênio (0 a 240 kg ha⁻¹) em rúcula cultivada em campo, Trani et al. (1994) observaram teores foliares de nitrogênio crescentes entre a dose zero (23,3 g kg⁻¹) e 193 kg ha⁻¹ (51,4 g kg⁻¹). Acima da dose de 193 kg ha⁻¹ houve decréscimo no teor de nitrogênio foliar, atingido 46,9 g kg⁻¹ na maior dose de adubação utilizada.

Em cultivo hidropônico, Santamaria et al. (2002) observaram teores foliares de nitrogênio de 55 e 60 g kg⁻¹ em rúcula cultivada em hidroponia com 1 e 8 mM de nitrogênio na solução nutritiva. Já Cavarianni (2004), verificou teores de nutrientes na parte aérea para a cv. Folha Larga de 41,7; 4,0; 43,8; 22,3; 4,5 e 3,4 g kg⁻¹ de N, P, K, Ca, Mg e S, respectivamente. Furlani (1997), cita teores foliares de nutrientes na massa de matéria seca da parte aérea de quatro diferentes observações, onde verificou 47,1 a 54,0 g kg⁻¹ de N, 3,8 a 6,1 g kg⁻¹ de P, 61,7 a 84,8 g kg⁻¹ de K, 25,3 a 39,8 g kg⁻¹ de Ca, 3,3 a 5,2 g kg⁻¹ de Mg, 29,2 a 61,2 mg kg⁻¹ de B, 5,4 a 11,8 mg kg⁻¹ de Cu, 92,0 a 256,0 mg kg⁻¹ de Fe, 76,0 a 107,0 mg kg⁻¹ de Mn e 12,0 a 90,0 mg kg⁻¹ de Zn.

4.4 Espaçamento entre plantas

A produção de uma cultura é função da interação do genótipo das plantas com as condições ambientais. Entre os fatores que afetam a condição do meio está a densidade populacional. A população de plantas por unidade de área é determinada por três critérios básicos, que são o espaçamento entre fileiras, o espaçamento entre plantas e o número de plantas por cova. Diferenças nesses componentes, independentemente da interação com outras práticas de manejo, podem influenciar as plantas, afetando-lhes a arquitetura, o desenvolvimento, a massa, a qualidade e principalmente a produção (MONDIM, 1988).

A maior vantagem dos plantios adensados é o ganho de produtividade, com menor custo de produção, pela utilização mais eficiente da radiação solar, da água e dos nutrientes e, possivelmente, pelo melhor controle natural das plantas daninhas. Porém, quando se aumenta a população por unidade de área, cada planta começa a competir por recursos de crescimento, como luz, nutrientes e água, atingindo um ponto, que é denominado ponto de competição (CHOAIRY & FERNANDES, 1983). A resposta das plantas, depois de iniciada a competição, está ligada a vários fatores como: espécies, cultivares, doses de adubação, irrigação e esquema de plantio (MONDIM, 1988).

Desse modo, Minami (1977), citado por Mondim (1988), considera o aumento na densidade de plantas benéfico dentro de certos limites, pois favorece o aumento da produção. Bleasdale (1969) cita que a densidade de plantas, de modo geral, pode afetar não só o rendimento total aumentando a produtividade, mas também pode reduzir o tamanho individual das plantas. Segundo Janick (1968), com a diminuição do tamanho individual das plantas, pode-se não obter produtos de alto valor comercial. Poucos são os trabalhos com densidade de plantio com a cultura da rúcula. Na Itália, Bianco & Boari (1997) verificaram aumento na produtividade com a redução do espaçamento entre linhas.

Na literatura nacional, o espaçamento recomendado para essa cultura no sistema convencional de cultivo, campo com semeadura em canteiros definitivos, é de 0,20 a 0,30 m entre linhas e aproximadamente 0,05 a 0,10 m entre plantas, após o desbaste (TRANI et al., 1992; FILGUEIRA, 2000).

Para a alface, também uma hortaliça folhosa de ciclo curto, Mondim (1988) observou que a diminuição do espaçamento entre plantas ocasionou decréscimo na

massa e no diâmetro médio das cabeças, bem como na porcentagem de plantas comerciais, porém com aumento da produtividade. Resultados semelhantes, também para a cultura da alface, onde o aumento na densidade de plantio reduziu a altura, diâmetro da planta e massa de matéria seca, porém com aumento na produtividade, também foram observados por Gualberto et al. (1999) e Silva et al. (2000).

Em ensaio realizado com espaçamento entre linhas (0,10; 0,15; 0,20; 0,25 e 0,30 m) em campo com a cultura da rúcula, Takaoka & Minami (1984) concluíram que nos espaçamentos de 0,15 ($2,3 \text{ kg m}^{-2}$) a 0,25 m ($2,4 \text{ kg m}^{-2}$), consegue-se a melhor relação da produtividade com o tamanho das plantas (massa de matéria fresca e seca).

Avaliando a influência do espaçamento entre plantas (0,05; 0,10; 0,15 e 0,20 m) e da quantidade de plântulas (2 ou 4) por torrão transplantado, Reghin et al. (2004b) observaram maior produtividade ($4,2 \text{ kg m}^{-2}$) no tratamento com maior população de plantas (menores espaçamentos e 4 plântulas por torrão). Porém, com o aumento de produtividade, proporcionada pelo menor espaçamento, observaram que o número de folhas e massa de matéria fresca e seca das plantas diminuíram, encontrando respectivamente 11 folhas, 10,6 e $0,80 \text{ g planta}^{-1}$. Os autores citam que para a comercialização em maços, a maior produtividade é mais interessante devido ao alto rendimento por área. Todavia, o padrão de ótima qualidade das plantas seria encontrado nas menores densidades de plantio.

Da mesma forma, Pegado et al. (2004), em ensaio desenvolvido em ambiente protegido (túneis) na região Amazônica verificaram que a diminuição do espaçamento de $0,10 \times 0,10$ para $0,10 \times 0,05$ m aumentou a produtividade em detrimento do tamanho da planta de rúcula. No menor espaçamento ($162 \text{ plantas m}^{-2}$), observaram menor área foliar da rúcula ($669,8 \text{ cm}^2$) e maior produtividade ($3,7 \text{ kg m}^{-2}$) em comparação ao verificado no maior espaçamento ($986,1 \text{ cm}^2$ e $2,2 \text{ kg m}^{-2}$).

Com a diminuição do espaçamento entre plantas ou aumento do número de plantas por área, a quantidade de fertilizante deve ser incrementada de modo a permitir o adequado desenvolvimento das plantas (COUTINHO et al., 1993). Para a cultura da rúcula, Takaoka & Minami (1984) observaram que o consumo de sulfato de amônio por área foi maior nos menores espaçamentos utilizados.

5 MATERIAL E MÉTODOS

5.1 Descrição geral dos experimentos

Foram conduzidos dois experimentos simultâneos, um em campo e outro em ambiente protegido com a cultura da rúcula em duas diferentes épocas do ano, na transição do outono para o inverno e o segundo no verão. Nestes, avaliou-se o crescimento, a produção e a qualidade da rúcula (*Eruca sativa* Mill.) em função da aplicação de doses de nitrogênio em cobertura via fertirrigação e do espaçamento entre plantas.

5.2 Localização da área experimental

Os experimentos foram conduzidos na Fazenda Experimental São Manuel (São Manuel-SP), pertencente à Faculdade de Ciências Agrônômicas – UNESP, Campus de Botucatu. As coordenadas geográficas aproximadas são de 22° 44' 50" de latitude sul e 48° 34' 00" de longitude oeste de Greenwich, com altitude em torno de 765 m.

O clima da região, segundo Espíndola et al. (1974) é do tipo mesotérmico, Cwa (subtropical úmido com estiagem no período de inverno). O total da precipitação média anual é de 1534 mm, apresentando o total médio para o mês mais chuvoso (janeiro) de 242 mm e de 38 mm para os meses mais secos (julho e agosto). A temperatura média anual é de 21°C.

5.3 Caracterização do solo

O solo onde os experimentos foram conduzidos foi classificado como Latossolo Vermelho Amarelo fase arenosa (ESPÍNDOLA et al., 1974).

Antes da realização dos experimentos avaliou-se as características físicas do solo das duas áreas experimentais, campo e ambiente protegido, para que fosse possível instalar os experimentos em áreas o mais semelhantes possível.

Também foi realizada a caracterização química das áreas experimentais antes da condução dos ensaios de inverno e verão. Quantificou-se os teores de nutrientes no solo através da sua análise e também a quantidade de nitrogênio, nítrica e amoniacal, não fornecida pela análise de rotina. Essa caracterização foi realizada para orientar a adubação de plantio, facilitando também a homogeneização dos teores de nutrientes entre as áreas experimentais de campo e ambiente protegido.

As estimativas das características físicas e químicas do solo foram obtidas a partir 20 sub-amostras, componentes de uma amostra composta retirada das áreas experimentais na profundidade de 0-20 cm, as quais foram determinadas no Laboratório de Fertilidade do Solo, do Departamento de Recursos Naturais/Ciência do Solo, da FCA/UNESP e encontram-se expressas nas Tabelas 1 a 4.

Tabela 1. Resultados das análises física do solo das áreas experimentais de campo e ambiente protegido. Fazenda Experimental São Manuel (SP), 2003.

Local	Areia	Silte	Argila	Textura	Densidade de partículas	Densidade do solo
	----- g kg ⁻¹ -----				----- g cm ⁻³ -----	
Campo	900	34	66	arenosa	2,72	1,70
Ambiente Protegido	873	52	75	arenosa	2,63	1,68

Fonte: Laboratório de Física do Solo - DRN/Ciência do Solo - FCA/UNESP.

Tabela 2. Resultados das análises química do solo, antes do experimento de outono/inverno (INV) e de verão (VER), para campo (C) e ambiente protegido (AP). Fazenda Experimental São Manuel (SP), 2003.

Local	pH	M.O.	P	H + Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V%
	CaCl ₂	g dm ⁻³	mg dm ⁻³	-----		mmol _c dm ⁻³		-----		
INV – C	5,1	13	17	31	1,0	28	12	40	71	57
INV – AP	6,4	7	39	11	1,0	23	19	43	54	80
VER – C	6,1	7	61	11	2,7	16	10	28	40	71
VER – AP	5,8	10	100	18	5,3	34	10	49	67	73

Fonte: Laboratório de Fertilidade do Solo - DRN/Ciência do Solo - FCA/UNESP.

Tabela 3. Resultados das análises química do solo, micronutrientes, antes do experimento de outono/inverno (INV) e de verão (VER), para campo (C) e ambiente protegido (AP). Fazenda Experimental São Manuel (SP), 2003.

Local	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	----- mg dm ⁻³ -----				
INV – C	0,10	1,2	43	0,6	0,6
INV – AP	0,06	0,7	10	5,4	1,7
VER – C	0,15	0,9	11	7,9	2,5
VER – AP	0,13	1,5	21	8,0	6,2

Fonte: Laboratório de Fertilidade do Solo - DRN/Ciência do Solo - FCA/UNESP.

Tabela 4. Resultados das análises química do solo, teores de nitrogênio amoniacal e nítrico, antes do experimento de outono/inverno (INV) e de verão (VER), para campo e ambiente protegido. Fazenda Experimental São Manuel (SP), 2003.

Local	NH ₄ ⁺	NO ₃ ⁻
	----- g dm ⁻³ -----	
INV – Campo	11	36
INV – Ambiente protegido	11	26
VER – Campo	5	5
VER – Ambiente protegido	18	25

Fonte: Laboratório de Fertilidade do Solo - DRN/Ciência do Solo - FCA/UNESP.

5.4 Caracterização dos ambientes de cultivo e coleta de dados meteorológicos

A estrutura de proteção utilizada para a realização dos experimentos foi do tipo arco, com 3,0 m de altura (pé-direito), 7,0 m de largura e 40,0 m de comprimento, totalizando 280 m² de área. Esta foi construída em ferro galvanizado e coberto com plástico (PEBD, anti-UV) de 150 µm de espessura. Lateralmente a estrutura foi fechada com tela de sombreamento de 30% e por uma saia de plástico até a altura de 0,6 m.

A área de campo utilizada para experimentação foi montada de maneira similar à do ambiente protegido e ficou distanciada de aproximadamente 60 m da primeira, sendo cercada por tela de arame para proteção contra a entrada de animais (Figura 3).



Foto: Purquerio, L. F. V.

Figura 3. Vista geral da área experimental: campo (A) e ambiente protegido (B). Fazenda Experimental São Manuel (SP), 2003.

Em ambas as épocas experimentais, inverno e verão, realizou-se a coleta de dados meteorológicos. No ambiente protegido acompanharam-se as variáveis temperatura (°C) e umidade relativa do ar (%) nas duas épocas experimentais (inverno e verão). Os sensores de temperatura e umidade relativa foram instalados no centro do ambiente protegido a 1,70 m de altura. Apenas no verão mediu-se a radiação global e

fotossinteticamente ativa (MJ m^{-2}) em duas posições a 30 cm do solo e 30 cm da lateral direita do ambiente protegido e 80 cm do solo e 30 cm da lateral esquerda do ambiente protegido. No campo avaliou-se a temperatura e a umidade relativa do ar, a radiação global (apenas no verão) e a pluviosidade (mm), sendo que todos os dados foram coletados através de sensores (Tabela 5), ligados a um *datalogger*, modelo micrologger CR23X, da Campbell.

Tabela 5. Variáveis climáticas obtidas por meio de sensores automáticos (Micrologger CR23X), na área experimental de campo e ambiente protegido, com seus respectivos elementos sensores, fabricantes e método de cálculo da média. FCA-UNESP, Botucatu (SP), 2003.

Variável Climática	Elemento sensor	Fabricante	Sensibilidade	Cálculo da média diária
Tmáxima	Termistor	Vaisala	0,1°C	-
Tmínima	Termistor	Vaisala	0,1°C	-
Tmédia	Termistor	Vaisala	0,1°C	$\Sigma T_i / 288$ *
URmáxima	Capacitor	Vaisala	3,0%	-
URmínima	Capacitor	Vaisala	3,0%	-
URmédia	Capacitor	Vaisala	3,0%	$\Sigma UR_i / 288$ *
Precipitação	Báscula	Hydrological Services	0,254 mm	-
Radiação global	Termopilha Cu-Co (300-2800 nm)	Kipp & Zonen	10-35 $\mu\text{V W m}^{-2}$	Integral
Radiação PAR	Filtro ótico: 400 a 700 nm	Kipp & Zonen	4-6 $\mu\text{V } \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$	Integral

* Medidas obtidas a cada 5 minutos por instruções específicas ($i = 00\text{h}05, 00\text{h}10, \dots, 24\text{h}00$);

T = temperatura e UR = umidade relativa do ar;

Obs: os valores mínimo e máximo foram obtidos por instruções específicas.

5.5 Caracterização do sistema de irrigação

Para o fornecimento de água e fertilizante nitrogenado em cobertura nos experimentos foi utilizado um sistema de irrigação localizado por gotejamento. Este foi montado com tubos de polietileno e tubos gotejadores autocompensantes. Os tubos gotejadores tinham espaçamento de 20 cm entre os emissores. Foram colocadas três linhas de gotejadores em cada canteiro, com espaçamento de 25 cm entre elas, de maneira que entre duas linhas de plantas existia uma linha com tubo gotejador (Figura 4).



Foto: Purquerio, L. F. V.

Figura 4. Vista geral do sistema de irrigação localizado no ambiente protegido. Fazenda Experimental São Manuel (SP), 2003.

O sistema de irrigação localizado foi montado com um registro no início de cada parcela do tratamento principal para a distribuição das diferentes doses de nitrogênio de cada tratamento via fertirrigação (Figuras 4 e 5). Com isso foi possível aplicar uma determinada dose de fertilizante nitrogenado na parcela desejada (tratamento).

A água de irrigação utilizada nos experimentos foi captada em um açude próximo ao local e armazenada em caixa d'água distante de aproximadamente 80 m do açude. Sua condução foi feita através de bombeamento desde a caixa d'água até os cabeçais de irrigação e posteriormente para os tubos gotejadores. Os cabeçais de controle foram compostos de filtro de disco, regulador de pressão e injetor venturi, os quais ficaram localizados um dentro do ambiente protegido e outro próximo à área experimental de campo. As aplicações do fertilizante nitrogenado foram feitas através dos injetores venturi dos cabeçais.

Nas irrigações em campo e em ambiente protegido, procurou-se manter a umidade do solo próxima à capacidade de campo, utilizando-se para esse critério a tensão da água no solo através de leituras de dois pares de tensiômetros com coluna de mercúrio instalados ao lado das duas linhas centrais de plantas a 10 e 20 cm de profundidade em dois diferentes pontos de cada área experimental, escolhidos aleatoriamente.

5.6 Delineamento experimental e tratamentos

Todos os experimentos realizados apresentaram como tratamentos principais cinco doses de nitrogênio (0, 60, 120, 180, 240 kg ha⁻¹) que foram fornecidas via fertirrigação em cobertura e três tratamentos secundários, correspondentes a espaçamentos entre plantas (0,05; 0,07 e 0,10 m). A dose de 120 kg ha⁻¹ nitrogênio, recomendada por Trani & Raij (1996) para cobertura nitrogenada em rúcula, foi utilizada como dose central e serviu de base para a determinação das outras quatro doses, sendo duas acima e duas abaixo da mesma.

O delineamento experimental utilizado foi de parcelas subdivididas com quatro repetições, exceto para as características teor de nutrientes na parte aérea e acúmulo de nutrientes, no verão, onde utilizou-se três repetições (Tabela 6).

Tabela 6. Esquema da análise de variância dos experimentos em parcelas subdivididas. FCA-UNESP, Botucatu (SP), 2003.

Causas de Variação	G. L.	G. L. ¹
Blocos	3	2
Nitrogênio (N)	4	4
Resíduo a	12	8
(Parcelas)	(19)	(14)
Espaçamento (E)	2	2
Interação (N x E)	8	8
Resíduo b	30	20
Total	59	44

¹Para as características teor de nutrientes na parte aérea e acúmulo de nutrientes, no verão, utilizou-se 3 repetições.

Dentro de cada parcela (dose de nitrogênio) foram instaladas as três sub-parcelas (espaçamentos) (Figura 05). Cada sub-parcela possuía 1,5 m de comprimento e quatro linhas de plantas espaçadas de 0,25 m. Quando houve necessidade de coleta de plantas, utilizou-se apenas plantas das duas linhas centrais, sendo que as linhas mais externas funcionaram como bordadura.

Os experimentos realizados nas diferentes estações do ano foram instalados no campo e no ambiente protegido simultaneamente. Foram adotados os mesmos tratamentos e delineamento experimental nos diferentes ambientes de estudo.

5.7 Preparo do solo, correção e adubação

O preparo do solo foi realizado antes de cada experimento, com enxada rotativa (microtrator) dentro do ambiente protegido e com aração e gradagem no campo. Os canteiros no ambiente protegido foram levantados manualmente e no campo com auxílio de roto-encanteirador, ficando com a altura aproximada de 15 cm.

A correção do solo e a adubação de plantio foram realizadas com base em análise de solo seguindo-se a recomendação de adubação e calagem para o Estado de São Paulo, de Trani & Rajj (1996). Para tanto, em cada experimento, com exceção ao de ambiente protegido instalado no outono/inverno, elevou-se o valor da saturação por bases a 80%, através de calagem feita com calcário dolomítico (PRNT 91), 30 dias antes do transplante das mudas.

Na adubação de plantio, para cada experimento, utilizou-se 40 kg ha⁻¹ de nitrogênio na forma de sulfato de amônio (20% N), aplicando-se o equivalente a 200 kg ha⁻¹. Utilizou-se também termofosfato magnésiano com adição de micronutrientes (17% P₂O₅) e cloreto de potássio (58% K₂O) como fontes de fósforo e potássio, respectivamente. No inverno, foi aplicado o equivalente a 2352,9 e 1764,7 kg ha⁻¹ de termofosfato magnésiano no campo e no ambiente protegido, respectivamente e 258,6 kg ha⁻¹ de cloreto de potássio nas duas áreas de cultivo (ambientes). No verão foi utilizado o equivalente a 1176 kg ha⁻¹ de termofosfato magnésiano nos dois ambientes e 172,6 e 86,2 kg ha⁻¹ de cloreto de potássio no campo e no ambiente protegido, respectivamente.

Com relação à adubação orgânica, utilizou-se 20 t ha⁻¹ de esterco curtido de curral em todos experimentos conforme recomendação de Villas Bôas (2003)². A caracterização do fertilizante orgânico utilizado consta da Tabela 7. Salienta-se, que essa quantidade é 3 a 4 vezes menor que a indicada por Trani & Rajj (1996) e que foi utilizada para que não houvesse interferência no tratamento principal pelo excesso de nitrogênio advindo da mineralização do adubo orgânico.

Tabela 7. Caracterização do fertilizante orgânico, utilizado nos experimentos de outono/inverno e verão. Fazenda Experimental São Manuel (SP), 2003.

Fertilizante	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Umidade	MO	C	Ca	Mg	S
	----- % na matéria seca -----								
Esterco bovino	2,40	2,80	3,70	72,0	46,0	25,56	2,43	0,95	0,68

Fertilizante	Fe	Cu	Mn	Na	Zn	pH	C/N
	----- mg kg ⁻¹ -----						
Esterco bovino	7750	328	832	4200	420	7,50	11/1

Fonte: Laboratório de Fertilidade do Solo - DRN/Ciência do Solo - FCA/UNESP.

A adubação de cobertura foi realizada através de fertirrigação utilizando-se as quantidades de nitrogênio previamente estabelecidas nos tratamentos. Em todos os experimentos, a fonte de nitrogênio utilizada foi o nitrato de amônio com 32% de nitrogênio, sendo, aproximadamente, 50% na forma nítrica e 50% na forma amoniacal.

A quantidade do fertilizante nitrogenado aplicado via fertirrigação foi dividida em oito vezes nos experimentos de outono/inverno e sete nos de verão. A fertirrigação foi iniciada depois de quatro dias após o transplante das mudas no outono/inverno e depois de três dias no verão. Sempre procurou-se realizar a fertirrigação nos dois ambientes de cultivo no período da manhã.

Procedeu-se o manejo da fertirrigação da seguinte maneira: iniciava-se a fertirrigação pelo tratamento de 60 kg ha⁻¹ de nitrogênio, seguido das doses subseqüentes até a maior (240 kg ha⁻¹). Quando se realizava a fertirrigação do tratamento de 60 kg ha⁻¹ abriam-se os registros das parcelas desse tratamento e fechavam-se todos os registros das parcelas dos

² Villas Bôas, R. L. UNESP/FCA, Depto. Recursos Naturais/Ciência do Solo. Rua José Barbosa de Barros, nº 1780, CP 237 - CEP 18610-307. Botucatu – SP. Comunicação pessoal, (2003).

demais tratamentos, possibilitando que a água e o fertilizante chegassem apenas nas parcelas desejadas.

A quantidade de nitrato de amônio previamente calculada, pertinente a cada tratamento, era dissolvida em um recipiente com água e só começava a ser fornecida (injetada) após o sistema de irrigação estar funcionando (pressurizado). Após o término da injeção do fertilizante continuava-se a fornecer água para fazer com que o fertilizante existente no sistema chegasse totalmente às parcelas. Esse procedimento foi realizado nos dois ambientes de cultivo até o fornecimento de todas as doses do fertilizante nitrogenado. Nas parcelas testemunha, onde não se realizou a fertirrigação, procurou fornecer-se a mesma quantidade de água que foi fornecida às parcelas fertirrigadas.

5.8 Aspectos gerais da instalação dos experimentos

O primeiro conjunto de experimentos, realizado nas condições climáticas de inverno (transição do outono para o inverno), foi conduzido de 31 de maio a 07 de julho de 2003 (37 dias de ciclo), sendo que o transplante das mudas foi feito em 13 de junho. O segundo conjunto, realizado no verão, foi semeado em 19 de janeiro de 2004, teve o transplante das mudas feito em 01 de fevereiro e seu término no dia 21 do mesmo mês, totalizando um ciclo de 33 dias da semeadura à colheita. Ressalta-se, que a formação de mudas, o transplante e a colheita dos experimentos realizados em campo e ambiente protegido, em cada época experimental, foram feitos conjuntamente.

Para a formação das mudas utilizou-se de bandejas de poliestireno expandido com 288 células, preenchidas com substrato da marca comercial Plantmax (HA). Nestas foram colocadas um número fixo (quatro) de sementes por célula da cv. Folha Larga (TopSeed), sendo que no momento das avaliações verificou-se que o número de plantas coletadas era o mesmo. Esse procedimento foi realizado com o intuito de padronizar o número de plantas por célula, formado um conjunto, de maneira que as unidades das características avaliadas foram expressas em função desse conjunto de plantas.

As bandejas foram cobertas por uma fina camada de casca de arroz carbonizada e colocadas em viveiro (ambiente protegido) onde receberam os tratamentos culturais exigidos até o momento do transplante.

O transplante foi efetuado quando as mudas atingiram a idade fisiológica adequada (três folhas verdadeiras), para canteiros no campo e no ambiente protegido.

5.9. Tratos culturais e manejo da área experimental entre o cultivo de outono/inverno e verão

Durante todos os experimentos, o controle das plantas invasoras foi realizado quando necessário através de capinas manuais.

O manejo fitossanitário dos experimentos para o controle de pragas e doenças foi feito conforme necessário seguindo as recomendações do Departamento de Produção Vegetal/Defesa Fitossanitária – FCA/UNESP, onde combateu-se formigas saúvas (*Atta laevigata*) com uso de isca organofosfarada em todos os experimentos, independentemente da época de plantio.

Após a realização dos experimentos de inverno, existiu um período de descanso e homogeneização dos nutrientes nas áreas experimentais de campo e ambiente protegido antes da instalação dos ensaios de verão. Nas duas áreas realizaram-se irrigações aplicando-se lâminas superiores a 100 mm através de aspersão e gotejamento, para que houvesse a lavagem dos nutrientes, principalmente do nitrogênio. Posteriormente deixou-se plantas invasoras tomarem conta das áreas experimentais, sendo que estas foram retiradas e não incorporadas à elas antes da realização dos experimentos de verão.

5.10 Características avaliadas

5.10.1 Altura da planta (cm)

A altura da planta foi determinada com auxílio de uma régua, medindo-se a planta do colo até as folhas mais altas, em quatro plantas por parcela, aos 37 dias após a semeadura (DAS) para o experimento de inverno e aos 33 DAS para o de verão.

5.10.2 Área foliar (cm² por conjunto de plantas)

A área foliar foi determinada através de um integrador de área foliar LI-COR (modelo LI 3000) em 20 conjuntos de plantas (quatro plantas na muda transplantada) no início dos experimentos tendo em vista o pequeno tamanho das plantas. Decresceu para 10 conjuntos na segunda avaliação, 6 conjuntos na terceira e na quarta e 4 conjuntos na colheita, aos 13, 19, 25, 31 e 37 DAS para o experimento de inverno e aos 13, 18, 23, 28 e 33 DAS para o de verão.

5.10.3 Massa de matéria fresca (g por conjunto de plantas)

A massa de matéria fresca foi determinada pela pesagem em balança digital, da parte aérea das plantas (folhas), em 20 conjuntos de plantas no início dos experimentos, tendo em vista o pequeno tamanho das plantas, decrescendo para 10 conjuntos na segunda avaliação, 6 conjuntos na terceira e na quarta e 5 conjuntos na colheita, aos 13, 19, 25, 31 e 37 DAS para o experimento de inverno e aos 13, 18, 23, 28 e 33 DAS para o de verão.

5.10.4 Massa de matéria seca (g por conjunto de plantas)

A massa de matéria seca foi obtida através da secagem da parte aérea das plantas avaliadas para massa fresca, em estufa de circulação forçada de ar, mantida a aproximadamente 60°C, aos 13, 19, 25, 31 e 37 DAS para o experimento de inverno e aos 13, 18, 23, 28 e 33 DAS para o de verão.

5.10.5 Produtividade (kg m⁻²)

A produtividade foi calculada aos 37 DAS para os experimentos de inverno e aos 33 DAS para os de verão através do produto da massa de matéria fresca pelo número de plantas utilizadas em um metro quadrado. Como os tratamentos secundários dos ensaios consistiam de espaçamentos entre plantas (0,05; 0,07 e 0,10 m), as densidades de 80,

57 e 40 conjuntos de plantas m^2 , respectivamente, foram utilizadas para o cálculo da produtividade quando houve interação entre os tratamentos estudados. No caso da falta de interação foi utilizada a média das densidades.

5.10.6 Quantidade de água na parte aérea (g por conjunto de plantas)

A quantidade de água na parte aérea foi obtida através da diferença entre a massa de matéria fresca e seca da parte aérea das plantas avaliadas.

5.10.7 Peso específico foliar ($g\ cm^{-2}$ por conjunto de plantas)

O peso específico foliar foi estimado segundo Benincasa (1988) aos 37 DAS para o experimento de inverno e aos 33 DAS para o de verão através da divisão da massa de matéria seca da parte aérea pela área foliar.

5.10.8 Teor de nitrato no extrato foliar ($mg\ kg^{-1}$)

Avaliou-se o teor de nitrato no extrato foliar das plantas um dia antes da colheita, aos 36 DAS para o experimento de inverno e aos 32 DAS para o de verão através de medidor de íons (nitrato) compacto, portátil, Nitrato Cardy, da marca Horiba. Nas duas avaliações realizadas, procurou-se uniformizar a posição das folhas coletadas para obtenção do extrato, apanhando-se quatro a seis folhas expandidas e basais de diferentes plantas de cada sub-parcela. Também, uniformizou-se o horário de coleta das folhas, das 8:00 às 10:30 horas. Elas foram esmagadas com auxílio de um espremedor de alho. Algumas gotas do extrato obtido nesse processo foram colocadas sobre o eletrodo do equipamento para a realização da leitura. As leituras fornecidas pelo aparelho expressas em ppm de NO_3^- , foram convertidas para ppm de N- NO_3^- dividindo-se o primeiro valor por 4,43, pois segundo Burt et al. (1995), os resultados de referência encontrados na literatura estão expressos, na maioria das vezes, na forma de N- NO_3^- .

Com relação à precisão do equipamento utilizado, trabalhos como os de Guimarães et al. (1998b) e Blanco (2004) comprovam a praticidade e precisão dos

medidores de eletrodos específicos da marca Horiba para a determinação das concentrações de N-NO_3^- no extrato foliar do tomateiro. Nesses trabalhos foram determinadas as relações entre as concentrações de N-NO_3^- no extrato foliar e os teores de N-NO_3^- na matéria seca do pecíolo e do limbo foliar, obtendo-se coeficientes de determinação (r^2) acima de 0,90.

5.10.9 Teores de nutrientes na parte aérea (g kg^{-1} para macronutrientes e mg kg^{-1} para micronutrientes)

Após a avaliação da massa de matéria fresca da parte aérea das plantas de cada experimento no momento da colheita, o material foi lavado, seco, moído (moinho de aço-inóx, tipo Wiley) e encaminhado para o Laboratório de Nutrição Mineral de Plantas do Departamento de Recursos Naturais/Ciência do Solo, da FCA/UNESP, onde procederam-se as análises dos teores de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), ferro (Fe), manganês (Mn), cobre (Cu) e zinco (Zn) no tecido foliar, através de metodologia citada por Malavolta et al., (1997).

5.10.10 Acúmulo de nutrientes no momento da colheita (g 4 plantas^{-1} para os macronutrientes e mg 4 plantas^{-1} para os micronutrientes)

Calculou-se a quantidade acumulada de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), ferro (Fe), manganês (Mn), cobre (Cu) e zinco (Zn), na parte aérea de quatro plantas através do produto do teor de nutrientes na parte aérea pela massa de matéria seca das mesmas.

5.11 Análise dos resultados

Os dados obtidos para as características avaliadas foram analisados estatisticamente através da análise de variância com teste F em cada experimento. Quando houve significância para o fator dose de nitrogênio, foi feita análise de regressão, definindo o melhor ajuste segundo combinação de significância e maior coeficiente de determinação. Nos tratamentos sem diferença significativa foi traçada linha de tendência passando pela média,

mantendo-se os pontos originais. Quando houve efeito do espaçamento entre plantas foi aplicado o teste de Tukey (5%) para a comparação de médias. Quando ocorreu interação entre doses e espaçamentos, o efeito dos espaçamentos foi estudado para cada dose de nitrogênio. Todas as análises realizadas foram feitas através do programa Stat e os gráficos pelo programa Origin 6.0.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 Experimentos de outono/inverno

6.1.1 Dados climáticos

Durante o período experimental de outono/inverno, realizou-se a coleta de dados meteorológicos no campo e em ambiente protegido das variáveis temperatura (°C) e umidade relativa do ar (%), bem como da pluviosidade (mm) no campo.

A Figura 6 apresenta as variáveis climáticas observadas de 31 de maio a 07 de julho de 2003, onde as temperaturas máxima, média e mínima do ar no ambiente protegido foram de 31,2; 21,5 e 18,0°C, respectivamente e no campo de 26,2; 21,0 e 15,0°C, respectivamente. A umidade relativa do ar apresentou máximas, médias e mínimas de 93,3; 68,1 e 50,6%, respectivamente, dentro do ambiente protegido e 86,7; 57,6 e 40,2% no campo. A precipitação pluviométrica nesse período totalizou 22 mm.

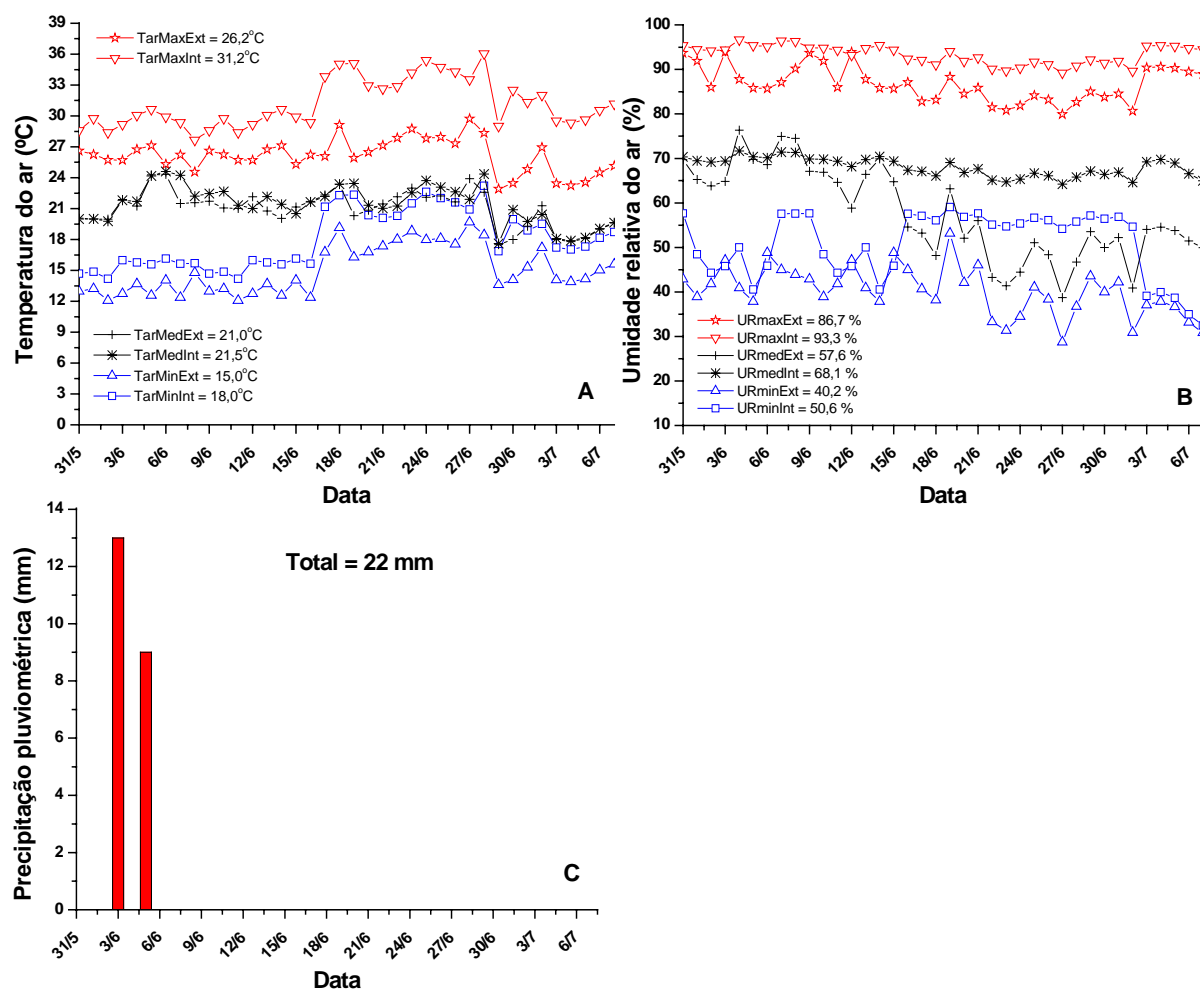


Figura 6. Temperatura (A) e umidade relativa do ar (B) máxima, média e mínima em campo (Ext) e ambiente protegido (Int) e precipitação pluviométrica (C), no outono/inverno (31/05 a 07/07/2003). Fazenda Experimental São Manuel (SP), 2003.

Os dados de temperatura média observados mantiveram-se abaixo da faixa de 22 a 24°C, citada por Pimpini & Enzo (1997) e acima da faixa de 15 a 18°C, citada por Trani et al. (1992), como médias de temperatura ótimas para o bom desenvolvimento da rúcula. Segundo o último autor, temperaturas na faixa ideal favorecem a produção de folhas grandes e tenras, auxiliam a evitar o florescimento precoce e a pungência acentuada. Apesar das temperaturas médias terem ficado acima da faixa apresentada por Trani et al. (1992), não se observou nenhuma anormalidade nas plantas de rúcula, concordando com a observação de Filgueira (2000) e de Gusmão et al. (2003). Esses autores citam que, apesar da rúcula produzir melhor sob temperaturas amenas, ela tem sido cultivada ao longo do ano em numerosas regiões brasileiras, sob diferentes condições climáticas.

A baixa precipitação pluviométrica, característica do período de inverno da região de São Manuel-SP, também possibilitou o bom desenvolvimento das plantas de rúcula no campo, já que o excesso da mesma é fator limitante ao cultivo.

No outono/inverno, devido às condições climáticas mais favoráveis ao cultivo da rúcula, seria dispensável o uso do ambiente protegido. Porém, houve melhor rendimento das plantas cultivadas no ambiente protegido em relação às cultivadas no campo devido ao melhor aproveitamento dos fatores de produção como radiação solar, temperatura, água e nutrientes (CERMEÑO, 1990; MARTINS et al., 1999; MARTINS, 2000; CASTILLA, 2005). Segundo Cermeño (1990) a produtividade dentro do ambiente protegido pode chegar a ser duas a três vezes superior à observada no campo, além da qualidade superior.

6.1.2 Ciclo e crescimento da rúcula

No outono/inverno, nos dois ambientes de cultivo, a rúcula teve um ciclo da sementeira à colheita que totalizou 37 dias. Esse ciclo pode ser considerado normal à cultura (TRANI et al., 1992; MINAMI & TESSARIOLI NETO, 1998). Entretanto, Trani et al. (1994) observaram no outono um ciclo um pouco menor, que totalizou 34 dias, enquanto que Reghin et al. (2004a) também no outono, um ciclo maior com 44 dias.

As plantas cultivadas nas condições climáticas de outono/inverno apresentaram-se semelhantes no aumento da altura, área foliar e massa de matéria fresca e seca nos dois ambientes. O aumento da área foliar e da massa de matéria seca para os diversos tratamentos no campo e no ambiente protegido podem ser verificados através das Figuras 7 e 8.

É relevante registrar que dos 25 aos 31 DAS a área foliar e a massa de matéria seca mais que dobraram em todos os tratamentos e que dos 31 aos 37 DAS quase dobraram novamente, indicando que a partir de 25 DAS o aumento da área foliar e da massa de matéria seca da planta ocorre com maior intensidade. Resultado similar foi observado por Haag & Minami (1988), onde a rúcula apresentou crescimento lento da sementeira até os 20 DAS, com posterior aceleração até a colheita (41 DAS). Os autores relatam ainda um aumento de aproximadamente três vezes na massa de matéria seca nos 14 dias de maior acúmulo dessa, dos 20 aos 34 DAS.

Assim, nota-se que o crescimento das plantas apresentou bastante semelhança entre si, especialmente para os tratamentos que receberam o fertilizante nitrogenado em cobertura, ocorrendo o mesmo para todos os espaçamentos.

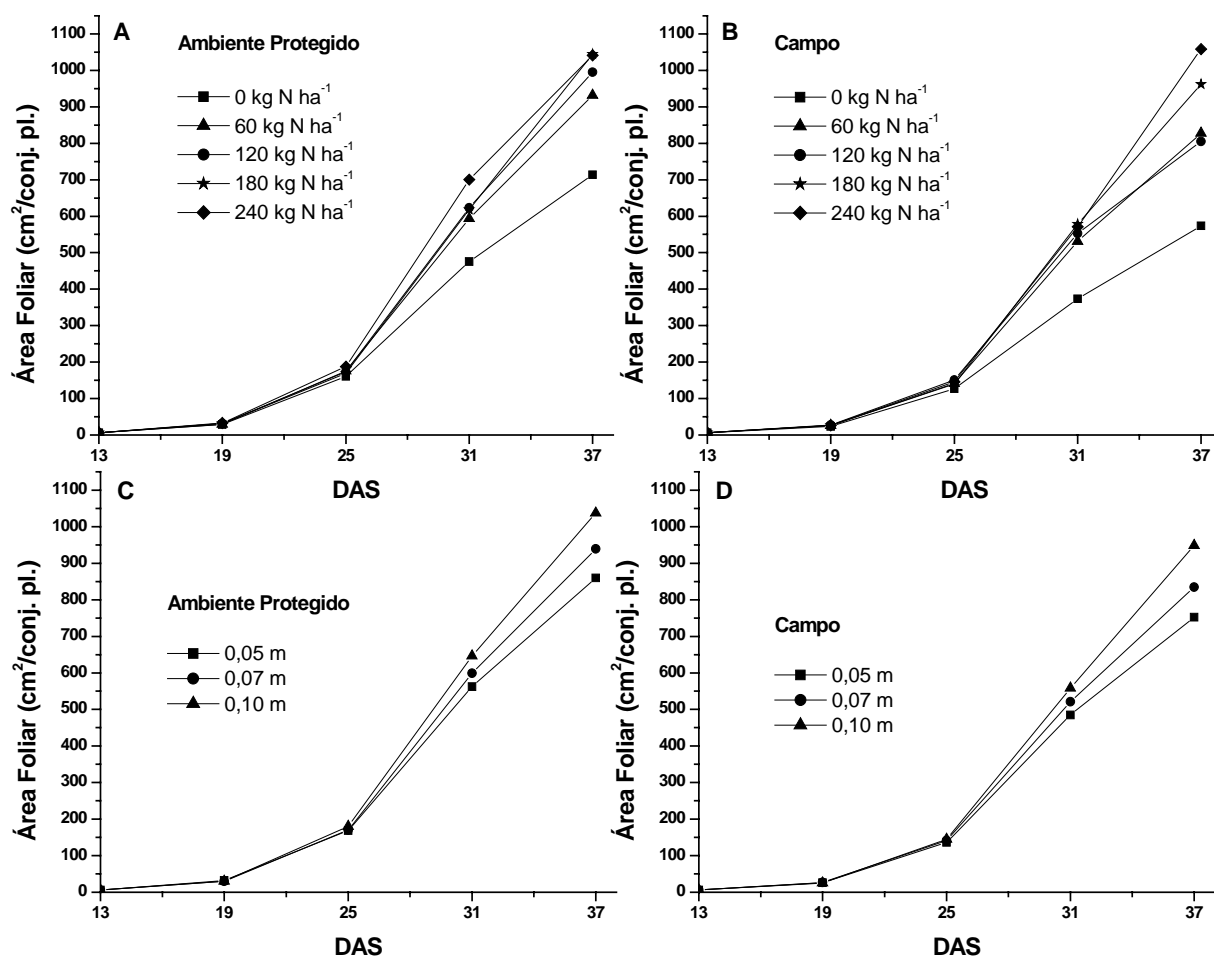


Figura 7. Área foliar das plantas de rúcula, cv. Folha Larga, em função de doses de nitrogênio no ambiente protegido (A) e no campo (B) e em função dos espaçamentos entre plantas no ambiente protegido (C) e no campo (D), do transplante a colheita, no outono/inverno. FCA-UNESP, Botucatu (SP), 2003.

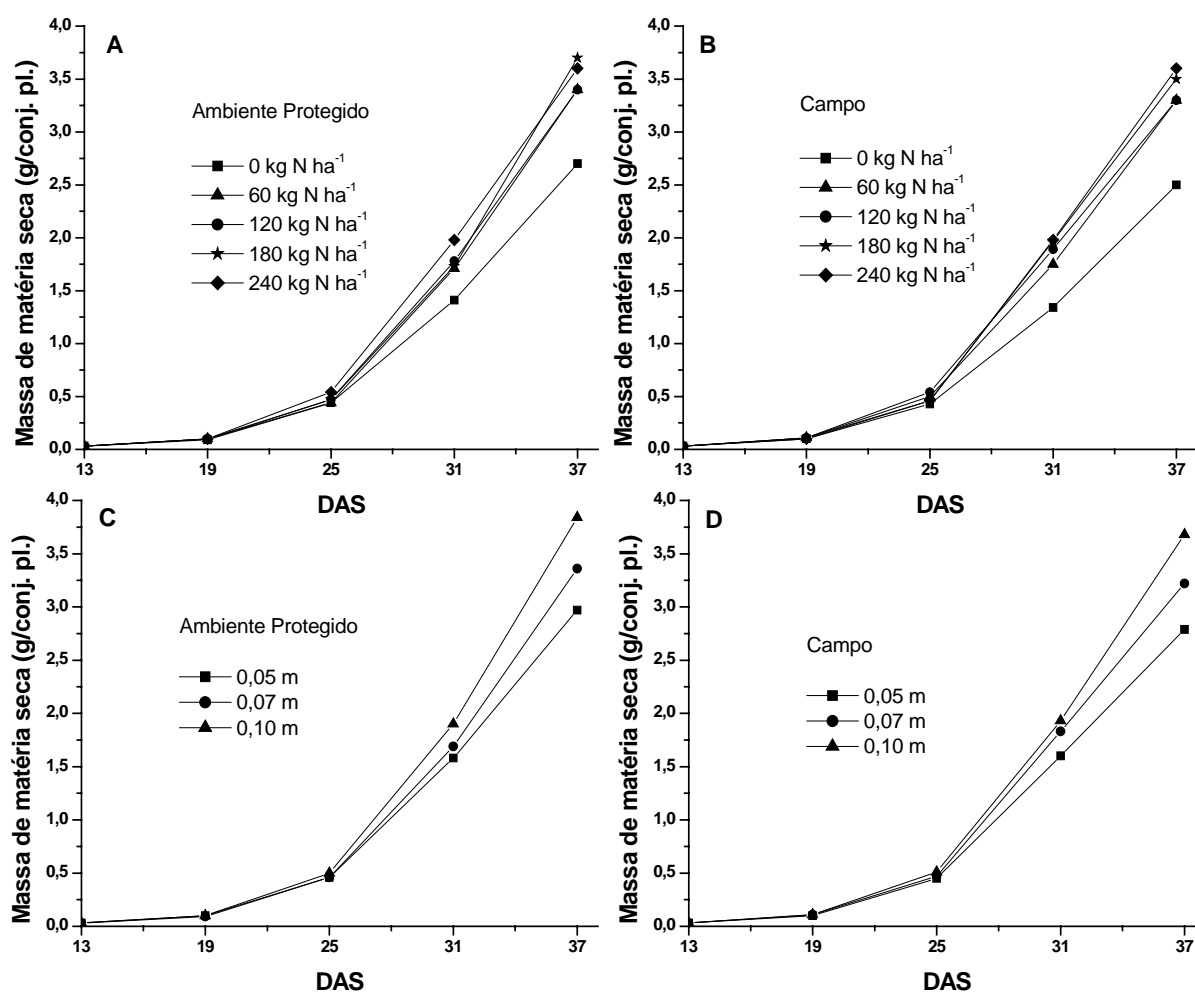


Figura 8. Massa de matéria seca da parte aérea, de plantas de rúcula, cv. Folha Larga, em função de doses de nitrogênio no ambiente protegido (A) e no campo (B) e em função dos espaçamentos entre plantas no ambiente protegido (C) e no campo (D), do transplante a colheita, no outono/inverno. FCA-UNESP, Botucatu (SP), 2003.

Para a cultura da alface, outra hortaliça folhosa de crescimento vegetativo rápido e ciclo curto, cerca de 80% do total de nitrogênio é absorvido nos estádios finais da cultura (KATAYAMA, 1993), indicando que esse nutriente requer um manejo onde é conveniente retardar sua aplicação em cobertura (FERNANDES & MARTINS, 1999).

Coutinho et al. (1993) citam que o parcelamento da adubação de acordo com as necessidades da cultura é uma das práticas de manejo mais recomendadas para aumentar a eficiência dos fertilizantes nitrogenados. Dessa maneira, para as hortaliças, uma pequena parte do nitrogênio é aplicada na sementeira e o restante é distribuído em cobertura, em uma ou mais vezes, coincidindo com os períodos de maior exigência da cultura.

Assim sendo, infere-se que para a cultura da rúcula nas condições estudadas (outono/inverno), independentemente do ambiente, seria interessante se concentrar as coberturas nitrogenadas próximas ao período de maior crescimento da planta, ou seja, a partir dos 25 DAS.

6.1.3 Características avaliadas

Para a altura, área foliar, massa de matéria fresca e seca e produtividade não se observou efeito significativo da interação entre doses de nitrogênio e espaçamento entre plantas nos dois ambientes de cultivo durante o período experimental de outono/inverno como pode ser observado através do resumo da análise de variância (Tabelas 8 e 9). Porém, dependendo da característica, houve efeito isolado dos tratamentos.

Tabela 8. Resumo das análises de variância da altura de plantas, área foliar, massa de matéria fresca (MMF) e seca (MMS) da parte aérea e produtividade, na colheita, em campo, no outono/inverno. FCA-UNESP, Botucatu (SP), 2003.

Causas de Variação	G L	Quadrados médios				
		Campo				
		Altura	Área foliar	MMF	MMS	Produtividade
Blocos	3	5,61 ^{ns}	13915,86 ^{ns}	144,46 ^{ns}	0,06 ^{ns}	0,53 ^{ns}
Nitrogênio (N)	4	57,35 ^{**}	407639,02 ^{**}	1183,01 ^{**}	2,01 ^{**}	3,72 ^{**}
Resíduo (a)	12	3,94	15495,54	45,60	0,22	0,20
(Parcelas)	19					
Espaçamento(E)	2	3,48 ^{ns}	173245,96 ^{**}	1162,09 ^{**}	3,90 ^{**}	3,7 ^{**}
Int. N x E	8	2,66 ^{ns}	7682,50 ^{ns}	44,84 ^{ns}	0,08 ^{ns}	0,09 ^{ns}
Resíduo (b)	30	1,46	13382,46	38,62	0,18	0,12
CV parcela	---	8,99	14,79	15,67	14,69	18,40
CV sub-parcela	---	5,49	13,74	14,42	13,16	14,60

^{**} Significativo a 1% de probabilidade; ^{*} significativo a 5% de probabilidade; ^{ns} não significativo pelo teste F.

Tabela 9. Resumo das análises de variância da altura de plantas, área foliar, massa de matéria fresca (MMF) e seca (MMS) da parte aérea e produtividade, na colheita, em ambiente protegido, no outono/inverno. FCA-UNESP, Botucatu (SP), 2003.

Causas de Variação	G L	Quadrados médios				
		Ambiente Protegido				
		Altura	Área foliar	MMF	MMS	Produtividade
Blocos	3	63,62 ^{**}	284914,3 ^{**}	1335,63 ^{**}	5,42 ^{**}	4,58 ^{**}
Nitrogênio (N)	4	39,24 [*]	247198,7 ^{**}	906,59 ^{**}	1,71 [*]	2,99 ^{**}
Resíduo (a)	12	9,57	28998,31	49,15	0,33	0,12
(Parcelas)	19					
Espaçamento(E)	2	0,21 ^{ns}	122911,7 ^{**}	833,43 ^{**}	3,10 ^{**}	5,32 ^{**}
Int. N x E	8	1,56 ^{ns}	21522,02 ^{ns}	31,27 ^{ns}	0,13 ^{ns}	0,38 ^{ns}
Resíduo (b)	30	3,23	12290,00	58,24	0,21	0,19
CV parcela	---	11,03	17,90	14,33	17,09	12,51
CV sub-parcela	---	6,41	11,65	15,60	13,82	15,83

^{**} Significativo a 1% de probabilidade; ^{*} significativo a 5% de probabilidade; ^{ns} não significativo pelo teste F.

6.1.3.1 Altura

No momento da colheita (37 DAS), o aumento nas doses de nitrogênio proporcionou aumento na altura das plantas até a dose estimada de 191,5 kg ha⁻¹ no cultivo a campo e 189,8 kg ha⁻¹ no de ambiente protegido, correspondentes a 24,8 e 29,7 cm, respectivamente (Figura 9). Acima dessas doses houve decréscimo no aumento da altura das plantas, sendo que na dose de 240 kg ha⁻¹ observaram-se alturas estimadas de 24,4 e 29,4 cm respectivamente, no campo e no ambiente protegido.

Com o aumento das doses de nitrogênio, Trani et al. (1994), em ensaio realizado em campo no outono, também observaram aumento na altura das plantas até a dose de 209 kg ha⁻¹, correspondente a uma altura estimada de 21,7 cm. Doses maiores que 209 kg ha⁻¹ causaram redução na altura até a maior dose utilizada (240 kg ha⁻¹), onde foi observado valor estimado de 21,2 cm.

Em cultivo hidropônico, Cavarianni (2004) testando concentrações crescentes de nitrogênio na solução nutritiva (60,8 a 243,5 mg L⁻¹), observou redução na altura das plantas com o aumento da concentração de nitrogênio na solução nutritiva. A maior altura de planta observada por esse autor foi de 12,8 cm na concentração de 60,8 mg L⁻¹ de nitrogênio.

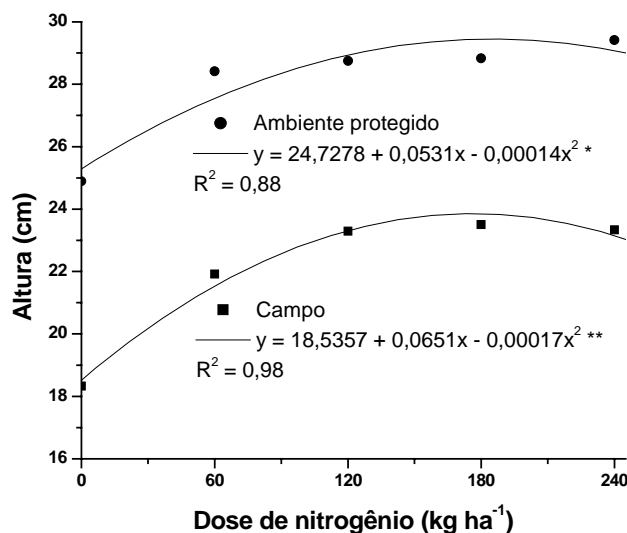


Figura 9. Altura de plantas de rúcula, cv. Folha Larga, em campo e ambiente protegido, no outono/inverno, em função de doses de nitrogênio, aos 37 DAS. FCA-UNESP, Botucatu (SP), 2003.

A ausência de aplicação de nitrogênio em cobertura (0 kg ha⁻¹) no cultivo de campo impediu que as plantas atingissem a maior altura de 20 cm, citada por Minami & Tessarioli Neto (1998), ou os 18 a 22 cm citados por Trani et al. (1994) como altura padrão comercial. A altura das plantas obtidas com o uso de nitrogênio, em ambos os ambientes de cultivo deste trabalho, estão dentro ou acima das faixas citadas. No ambiente protegido verificou-se altura superior as das faixas citadas, porém inferiores aos 35,6 cm apresentados por Rossi et al. (2004) para a cultivar Folha Larga semeada em espaçamento de 0,20 x 0,05 m.

Deve-se lembrar que as exigências de tamanho da planta pelo mercado consumidor, da qual a altura é um componente, variam de maneira que se torna difícil à criação de um padrão a ser seguido.

Independentemente da dose de nitrogênio utilizada, observou-se que a altura das plantas foi maior no ambiente protegido que no campo. Houve uma diferença de aproximadamente 19,7% entre as alturas máximas estimadas das plantas cultivadas no ambiente protegido em relação às cultivadas no campo.

O espaçamento entre plantas não exerceu influência estatística significativa na altura das plantas de ambos ambientes (Tabelas 8 e 9). Observou-se no campo uma média de 22,1 cm e no ambiente protegido 28,0 cm de altura (Tabela 10), que se

mostraram acima das faixas de altura encontradas na literatura (MINAMI & TESSARIOLI NETO, 1998 e TRANI et al., 1994). Resultados semelhantes, onde diferentes espaçamentos entre plantas (0,05; 0,10; 0,15 e 0,25 m) não influenciaram estatisticamente a altura das mesmas, foram observados por Reghin et al. (2004b). A média de 24,6 cm de altura, observada pelos autores, foi superior a verificada nas plantas cultivadas no campo e inferior às do ambiente protegido.

Tabela 10. Altura e área foliar de plantas de rúcula, cv. Folha Larga, em campo e ambiente protegido (AP) no outono/inverno, em função do espaçamento entre plantas. FCA-UNESP, Botucatu (SP), 2003.

Tratamento	Altura		Área Foliar	
	Campo ----- cm -----	AP	Campo ----- cm ² /conj. pl.-----	AP
0,05 m	22,5 a ¹	27,9 a	752,3 b	879,4 b
0,07 m	21,7 a	28,1 a	834,8 b	939,2 b
0,10 m	22,0 a	28,0 a	938,0 a	1034,8 a
dms	0,94	1,40	90,27	86,50
CV%	5,49	6,41	13,74	11,65

¹ Médias na coluna, seguidas de mesma letra, não diferem entre si, pelo teste de Tukey (5% probabilidade).

6.1.3.2 Área foliar

No ambiente protegido, com o aumento das doses de nitrogênio, ocorreu aumento da área foliar. Esse aumento apresentou comportamento polinomial quadrático, com valor máximo na dose estimada de 190,7 kg ha⁻¹, correspondente a 1034,1 cm² por conjunto de plantas. No campo, a área foliar aumentou linearmente até a maior dose de nitrogênio, 240 kg ha⁻¹, onde se observou valor estimado de 1066,2 cm² por conjunto de plantas (Figura 10).

Resultados de pesquisa mostrando valores de área foliar para a cultura, em função de adubação nitrogenada em cultivo no solo são escassos. Em cultivo hidropônico, Santamaria et al. (2002) observaram aumento na área foliar com o aumento da concentração de nitrogênio na solução nutritiva de 1 para 8 mM. Na maior concentração de nitrogênio utilizada, verificaram área foliar de 896 cm² em quatro plantas. Essa foi inferior aos maiores valores observados nos dois ambientes de cultivo deste trabalho.

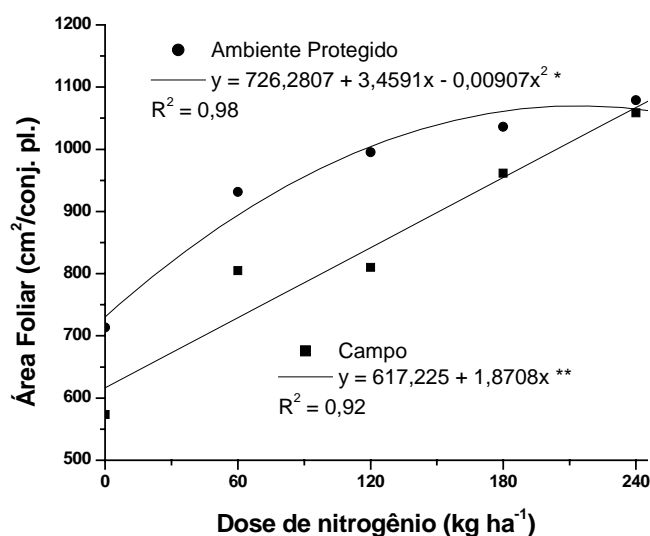


Figura 10. Área foliar das plantas de rúcula, cv. Folha Larga, em campo e ambiente protegido, no outono/inverno, em função de doses de nitrogênio, aos 37 DAS. FCA-UNESP, Botucatu (SP), 2003.

O aumento da área foliar, com o incremento na dose de nitrogênio, deveu-se ao efeito promotor do nitrogênio no crescimento (TAIZ & ZIEGER, 2002). Este por sua vez, ativa e eleva o potencial produtivo da cultura (FILGUEIRA, 2000). Além disso, para determinado tipo de mercado, como o que consome folhas “in natura” e utiliza as mesmas em pizzas, é interessante a obtenção de grande área foliar (tamanho), pois o produto comercializado da rúcula são as folhas.

As plantas cultivadas em ambiente protegido apresentaram maior área foliar que as do campo, porém, com o aumento das doses de nitrogênio houve redução nessa diferença, de maneira que na dose de 240 kg ha⁻¹ os valores de área foliar foram quase iguais (Figura 10). Resultado semelhante, onde houve diferença na área foliar entre ambientes de cultivo também foi observado por Segovia et al. (1997), porém para a cultura da alface.

O espaçamento entre plantas também influenciou estatisticamente a área foliar nos dois ambientes de cultivo (Tabelas 8 e 9). Na colheita, as plantas cultivadas com de 0,10 m apresentaram maiores médias, de 938,0 e de 1034,8 cm² respectivamente, em campo e ambiente protegido que diferiram significativamente das médias das plantas cultivadas nos outros dois espaçamentos (Tabela 10).

A menor área foliar encontrada no espaçamento de 0,05 m provavelmente ocorreu devido ao estresse fisiológico estabelecido pela competição por espaço

físico disponível para o crescimento das plantas. Essa redução era esperada, pois segundo Castro et al. (1987) a diminuição do espaçamento entre plantas conduz à maior competição pelos recursos de crescimento (radiação solar, água e nutrientes) e associado ao menor espaço físico disponível há limitação da expansão foliar, fazendo com que as plantas fiquem menores.

Tendência de diminuição na área foliar de plantas de rúcula com a redução do espaçamento entre plantas também foi observada por Pegado et al. (2004) no verão. A área foliar de 879,5 cm² por conjunto de plantas, observada no presente ensaio no espaçamento de 0,05 m (80 conjuntos de plantas m⁻² ou 320 plantas m⁻²), no ambiente protegido, mostrou-se próxima dos 986,1 cm², observados pelos autores na densidade de 81 plantas m⁻².

Porém, esses autores não citam se avaliaram apenas uma planta ou um conjunto de plantas (maço) para a obtenção dos dados apresentados. Ressalta-se, que existe uma grande dificuldade na comparação de dados de área foliar, massa de matéria fresca e seca e produtividade na cultura, quando se trabalha com espaçamentos, devido à falta de padronização na quantidade de plantas avaliadas nos poucos trabalhos existentes na literatura.

Essa dificuldade pode ser devida a rúcula ser uma planta que não é comercializada através de unidades como a alface e sim em conjuntos de plantas (maços). Dessa maneira, quando o cultivo é feito com semeadura no canteiro definitivo, em função do pequeno tamanho das sementes e da dificuldade no raleio de plantas, acaba existindo falta de padronização do número de plântulas por cova e no espaçamento deixado entre elas, não se obtendo um estande uniforme. Além disso, quando se utiliza o transplante de mudas, também existe a dificuldade na padronização do número de plantas existentes no torrão a ser transplantado, alterando o estande de plantas (REGHIN et al. 2004a).

6.1.3.3 Massa de matéria fresca e seca

O incremento nas doses de nitrogênio, ao proporcionar maior disponibilidade do nutriente às plantas, estimulou o crescimento da rúcula resultando em maior produção de massa de matéria fresca e seca.

Com o incremento das doses de nitrogênio ocorreu aumento na massa de matéria fresca até as doses estimadas de 240 kg ha⁻¹ no cultivo de campo e 216,3 kg ha⁻¹ no

ambiente protegido, correspondentes a 52,1 e 56,4 g por conjunto de plantas, respectivamente (Figura 11). Resultados onde o aumento da concentração de nitrogênio na solução nutritiva refletiram em aumento da massa de matéria fresca foram observados por Santamaria et al. (2002) e Cavarianni (2004), porém em cultivo hidropônico. A massa de matéria fresca observada nas doses que possibilitaram sua expressão máxima nos dois ambientes de cultivo foram maiores que a obtida por Santamaria et al. (2002), de 51,6 g em quatro plantas com o uso de 8 mM de nitrogênio na solução nutritiva e menor que a verificada por Cavarianni (2004), de 58,8 g em quatro plantas para a cv. Folha Larga, numa densidade de 83 plantas m² e 104 mg L⁻¹ de nitrogênio na solução nutritiva.

Ressalta-se que apenas a adubação nitrogenada de plantio (tratamento testemunha) não foi suficiente para proporcionar massa de matéria fresca, que pudesse competir com os tratamentos que receberam as coberturas nitrogenadas ou com os resultados verificados pelos autores supracitados, demonstrando a necessidade da suplementação.

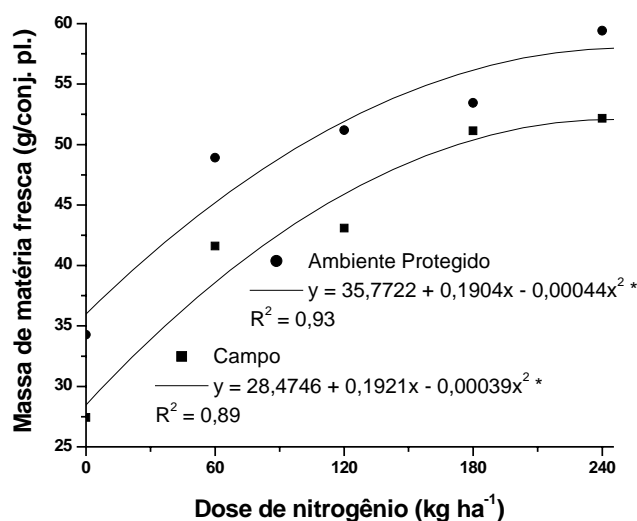


Figura 11. Massa de matéria fresca de plantas de rúcula, cv. Folha Larga, em campo e ambiente protegido, no outono/inverno, em função de doses de nitrogênio, aos 37 DAS. FCA-UNESP, Botucatu (SP), 2003.

A massa de matéria seca das plantas também foi influenciada significativamente pelo nitrogênio (Tabelas 8 e 9). Ocorreu aumento na mesma até a dose estimada de 200 kg ha⁻¹ no cultivo de campo e 190 kg ha⁻¹ no de ambiente protegido, correspondendo aos valores estimados de 3,5 e 3,8 g por conjunto de plantas, respectivamente

(Figura 12). Doses acima das anteriormente citadas para cada ambiente causaram redução na massa de matéria seca até a máxima dose utilizada, 240 kg ha⁻¹ de nitrogênio, onde foram observados valores estimados de 3,5 e 3,6 g por conjunto de plantas no campo e no ambiente protegido, respectivamente.

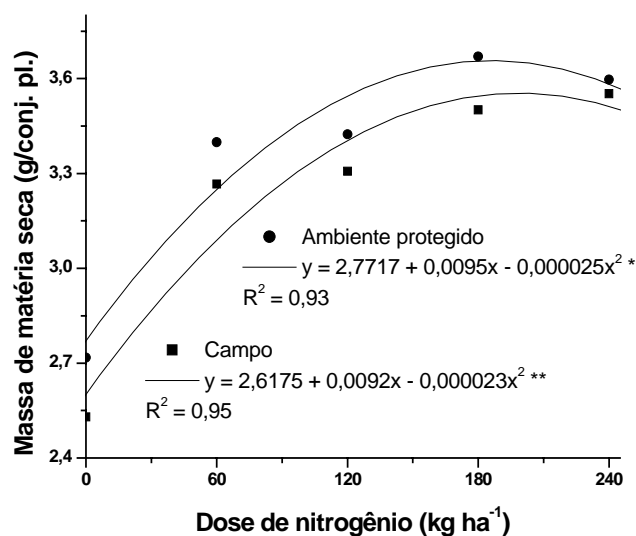


Figura 12. Massa de matéria seca de plantas de rúcula, cv. Folha Larga, em campo e ambiente protegido, no outono/inverno, em função de doses de nitrogênio, aos 37 DAS. FCA-UNESP, Botucatu (SP), 2003.

Com o aumento das doses de nitrogênio de 0 para 240 kg ha⁻¹, Trani et al. (1994) em ensaio realizado em campo também observaram aumento na massa de matéria seca estimada das plantas. A dose estimada de 171 kg ha⁻¹ de nitrogênio e seu respectivo acúmulo de massa de matéria seca de 177 g m⁻² mostraram ser um pouco inferiores aos 199,5 e 205,8 g m⁻² observados no presente ensaio no campo e no ambiente protegido.

No presente trabalho a dose 120 kg ha⁻¹ de nitrogênio em cobertura, recomendada para a rúcula por Trani & Rajj (1996) propiciou massa de matéria seca de 3,4 e 3,6 g por conjunto de plantas no campo e no ambiente protegido, respectivamente. Estes valores foram superiores aos 1,7 g por quatro plantas verificados por Haag & Minami (1988) e aos 3,2 g por quatro plantas encontrados por Reghin et al. (2004b).

As plantas cultivadas em ambiente protegido apresentaram massa de matéria fresca 8,2% maior que no campo, nas respectivas doses de nitrogênio, que permitiram

a expressão máxima dessa característica em ambos ambientes. O mesmo ocorreu para a massa de matéria seca, que foi 3,9% maior no ambiente protegido. É possível que esta diferença tenha acontecido em função das vantagens que o cultivo em ambiente protegido apresenta sobre o de campo (CERMEÑO, 1990; MARTINS et al., 1999; MARTINS, 2000; CASTILLA, 2005), principalmente no tocante ao melhor aproveitamento de água pelas plantas, já que a diferença entre os ambientes fica mais evidente no teor de massa de matéria fresca.

Resultado semelhante ao observado neste ensaio foi verificado por Segovia et al. (1997) para a alface cultivada em campo e ambiente protegido no inverno. Para essa hortaliça folhosa de ciclo curto, segundo o autor, foram verificadas maiores taxas de crescimento no interior do ambiente protegido em relação ao campo, resultando no momento da colheita em maior massa de matéria fresca e seca da parte aérea.

No tocante ao espaçamento entre plantas, houve diferença estatística significativa para a massa de matéria fresca e seca das plantas de ambos ambientes (Tabelas 8 e 9). As médias de 51,3; 55,2; 3,7 e 3,8 g por conjunto de plantas, respectivamente para massa de matéria fresca e seca, em campo e ambiente protegido com 0,10 m entre plantas, foram as maiores observadas (Tabela 11). Estas diferiram estatisticamente de 41,6; 49,2; 3,2 e 3,4 g por conjunto de plantas encontradas no espaçamento de 0,07 m e de 36,3; 42,3; 2,8 e 3,0 g por conjunto de plantas verificadas no menor espaçamento. Ressalta-se também, que todas as médias encontradas com 0,07 m diferiram significativamente das encontradas com 0,05 m.

Tabela 11. Massa de matéria fresca (MMF), seca (MMS) e produtividade de rúcula, cv. Folha Larga, em campo e ambiente protegido (AP), no outono/inverno, em função do espaçamento entre plantas. FCA-UNESP, Botucatu (SP), 2003.

Tratamento	MMF		MMS		Produtividade	
	Campo	AP	Campo	AP	Campo	AP
	----- g/conj. pl. -----		-----		----- kg m ⁻² -----	
0,05 m	36,3 c ¹	42,3 c	2,8 c	3,0 c	2,91 a	3,30 a
0,07 m	41,6 b	49,2 b	3,2 b	3,4 b	2,35 b	2,80 b
0,10 m	51,3 a	55,2 a	3,7 a	3,8 a	2,05 c	2,27 c
dms	4,85	5,95	0,33	0,36	0,28	0,34
CV%	14,42	15,60	13,16	13,82	14,60	15,83

¹Médias na coluna, seguidas de mesma letra, não diferem entre si, pelo teste de Tukey (5% probabilidade).

De maneira semelhante ao ocorrido para a variável área foliar, a causa da menor massa de matéria fresca e seca verificada no espaçamento de 0,05 m entre plantas nos ambientes de cultivo foi a restrição física, ou seja, a falta de espaço disponível ao crescimento encontrada pela planta. Este resultado também foi observado por Reghin et al. (2004b) com a diminuição do espaçamento entre plantas de 0,20 até 0,05 m. Esses autores, no menor espaçamento entre plantas 0,20 x 0,05 m, correspondente a densidade de 100 conjuntos plantas m^{-2} , observaram 42,2 e 3,2 g em quatro plantas de massa de matéria fresca e seca, respectivamente.

Não existe um padrão de tamanho para a rúcula que permita verificar se as características em questão, obtidas nos diferentes espaçamentos, foram mais ou menos satisfatórias. Sabe-se que a preferência dos atacadistas e consumidores têm sido por maços com folhas grandes (SALA et al., 2004), porém esse fator depende do mercado consumidor. Dessa forma, os diferentes espaçamentos estudados podem gerar diferentes combinações de produtividade e tamanho de planta. A escolha fica dependente do mercado regional ou da finalidade de uso, no tocante ao tamanho da planta, aliada a maior produtividade que se possa conseguir, mantendo-se o padrão de tamanho desejado.

6.1.3.4 Produtividade

No momento da colheita (37 DAS), com o aumento das doses de nitrogênio, houve aumento na produtividade nos dois ambientes de cultivo. O aumento seguiu o modelo polinomial quadrático até as doses estimadas de 240 $kg\ ha^{-1}$ no cultivo de campo e 178,6 $kg\ ha^{-1}$ no cultivo realizado no ambiente protegido, correspondentes a 3,0 e 3,3 $kg\ m^{-2}$ (Figura 13). No ambiente protegido, ocorreu redução na produtividade com a utilização de doses acima de 178,6 $kg\ ha^{-1}$ de nitrogênio, sendo que na maior dose de nitrogênio utilizada observou-se produtividade estimada de 3,2 $kg\ m^{-2}$ de rúcula.

Resultados semelhantes foram observados por Trani et al. (1994), onde no campo, houve aumento de produtividade até a dose estimada de 188 $kg\ ha^{-1}$, correspondente a uma produtividade estimada de 1,7 $kg\ m^{-2}$. Acima dessa dose os autores observaram redução na produtividade até 240 $kg\ ha^{-1}$ de N, correspondente a 1,6 $kg\ m^{-2}$.

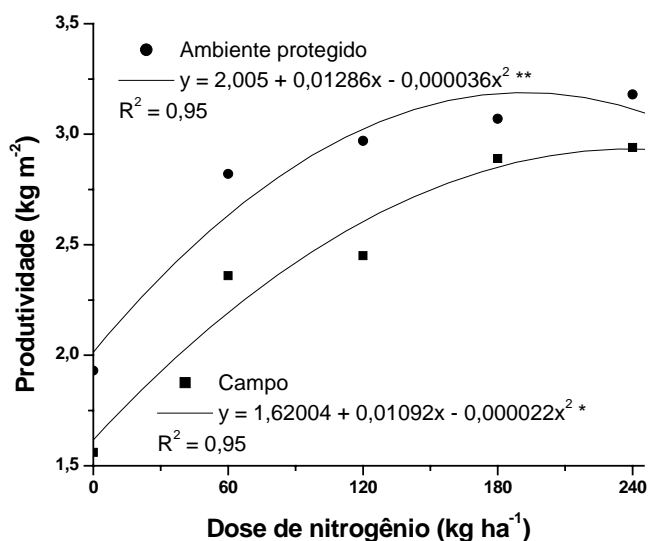


Figura 13. Produtividade de rúcula, cv. Folha Larga, em campo e ambiente protegido, no outono/inverno, em função de doses de nitrogênio, aos 37 DAS. FCA-UNESP, Botucatu (SP), 2003.

No presente trabalho, as produtividades verificadas nos dois ambientes de cultivo acima da dose testemunha de nitrogênio em cobertura, onde havia apenas o nitrogênio aplicado no plantio, foram superiores à média de 2 kg m⁻², apresentada por Santamaria et al. (2002), para rúcula hidropônica, cultivada com 1 e 8 mM de nitrogênio, na solução nutritiva e aos 1,3 kg m⁻², verificados por Cavarianni (2004), para a cv. Folha Larga, também em hidroponia.

As doses de nitrogênio em cobertura de 240 kg ha⁻¹ no cultivo de campo e 178,6 kg ha⁻¹ no ambiente protegido que proporcionaram maiores produtividades, encontram-se acima dos 120 kg ha⁻¹ recomendados para a rúcula por Trani & Raij (1996). Porém, acima no campo e abaixo no ambiente protegido da dose total (plantio e cobertura) de 200 kg ha⁻¹ de nitrogênio, recomendada por Pimpini & Enzo (1997) para o cultivo de rúcula em ambiente protegido com mais de um corte (colheita) ou para o cultivo em solos arenosos.

Deve-se lembrar que a recomendação de Trani & Raij (1996) não é específica para solos arenosos, ao passo que a última recomendação cita esse tipo de solo, também encontrado no presente experimento. Dessa forma, as doses encontradas, superiores à da recomendação de Trani & Raij (1996), podem ser mais propícias nas condições de solo

arenoso. Ressalta-se que Trani & Rajj (1996) recomendam também, duas a três vezes a quantidade de fertilizante orgânico que foi utilizada em todos os ensaios realizados.

No ambiente protegido a produtividade em magnitude foi 12,4% maior que no campo, nas doses de nitrogênio que permitiram a sua maior expressão. Diferença de produção entre ambientes, porém com maior intensidade (33%), também foi observada por Pereira et al. (2003), que estudaram a rúcula dentro e fora de túneis de cultivo forçado com diferentes perfurações no filme plástico, no outono. A produtividade verificada pelos autores anteriores no campo ($3,0 \text{ kg m}^{-2}$) foi semelhante à verificada no presente estudo no mesmo ambiente e a produtividade verificada no túnel com 15% de perfuração no filme plástico ($4,4 \text{ kg m}^{-2}$) foi superior a verificada no ambiente protegido do presente estudo. Deve ser ressaltado, que Pereira et al. (2003) não citam a dose de nitrogênio utilizada na sua experimentação.

Pode-se considerar que a maior produtividade verificada no campo com 240 kg ha^{-1} de nitrogênio, foi alcançada com 110 kg ha^{-1} de N no ambiente protegido, ou seja, teve-se uma economia de 130 kg ha^{-1} de nitrogênio no cultivo protegido.

A escolha da dose de nitrogênio para a adubação da rúcula, nas condições ensaiadas (outono/inverno), deve ser aquela que melhor atenda ao conjunto das características estudadas. Elegendo apenas como prioridade a maior produção por área, sugere-se o uso de 240 kg ha^{-1} de nitrogênio para o cultivo de campo e $178,6 \text{ kg ha}^{-1}$ de nitrogênio para o cultivo em ambiente protegido. Deve ser mencionado, que no caso do cultivo em campo, não foi detectada a dose de máxima produtividade, devido ao componente quadrático ter grande magnitude.

As médias de produtividade de rúcula, quando comparadas em função dos espaçamentos entre plantas, mostraram diferenças significativas (Tabelas 8 e 9). A maior produtividade observada foi de 2,9 e $3,3 \text{ kg m}^{-2}$, respectivamente para as plantas cultivadas no campo e no ambiente protegido, com espaçamento de 0,05 m entre plantas (80 conjuntos plantas m^{-2}) (Tabela 11). Essas médias diferiram significativamente das encontradas com 0,07 m (57 conjuntos plantas m^{-2}), que foram de 2,3 e $2,8 \text{ kg m}^{-2}$, as quais foram superiores as encontradas no espaçamento de 0,10 m (40 conjuntos plantas m^{-2}) de 2,0 e $2,3 \text{ kg m}^{-2}$.

A produtividade de rúcula nos dois ambientes em função dos espaçamentos entre plantas mostrou ser inversamente proporcional à massa de matéria fresca e

seca. Com a diminuição do espaçamento entre plantas atingiu-se maior produtividade, porém houve redução no tamanho das plantas, apresentando menor área foliar e massa de matéria fresca e seca. Resultados semelhantes foram observados por Bianco & Boari (1997) para a rúcula selvática e por Reghin et al. (2004b), para a cv. Cultivada, no campo.

Bianco & Boari (1997), estudando os espaçamentos de 0,10 m (100 plantas m⁻²), 0,20 m (50 plantas m⁻²) e 0,30 m (33 plantas m⁻²) por 0,10 m entre plantas, verificaram produtividades de 3,7; 3,3 e 2,7 kg m⁻², respectivamente. Já Reghin et al. (2004b) observaram nos espaçamentos de 0,05 m (100 conjuntos plantas m⁻²), 0,10 m (50 conjuntos plantas m⁻²) e 0,15 m (33 conjuntos plantas m⁻²) por 0,20 m entre linhas, utilizando quatro plântulas por torrão transplantado (muda), produtividades de 4,2; 2,7 e 2,0 kg m⁻², respectivamente. As médias de 2,7 e 2,0 kg m⁻² observadas por Reghin et al. (2004b) se mostraram próximas às observadas no presente ensaio, com exceção a 4,2 kg m⁻² que foi superior.

6.1.3.5 Quantidade de água na parte aérea e peso específico foliar

Para as características quantidade de água na parte aérea e peso específico foliar, nos dois ambientes de cultivo, não houve interação significativa entre doses de nitrogênio e espaçamento entre plantas (Tabela 12).

A quantidade de água na parte aérea das plantas aumentou em resposta às doses de nitrogênio até 213,7 e 240,0 kg ha⁻¹ no ambiente protegido e no campo, respectivamente, correspondendo aos valores estimados de 52,3 e 48,5 g de água por conjunto de plantas (Figura 14). Santamaria et al. (2002) verificaram que houve um aumento de 18% no consumo de água pela rúcula com o aumento da concentração de nitrogênio na solução nutritiva, de 1 para 8 mM. Provavelmente, grande parte do aumento do consumo de água observado pelo autor ocorreu pela maior transpiração, devido à maior área foliar em resposta ao nitrogênio. Contudo, o aumento da quantidade de água na planta também pode ter contribuído para esta resposta, como observado nos resultados deste experimento.

O aumento na quantidade de água da parte aérea da planta com o aumento da adubação nitrogenada pode ser em parte justificado por Coutinho et al. (1993) que citam que em culturas anuais está demonstrado que o requerimento em nutrientes e

requerimento de água estão intimamente ligados, e que a adubação nitrogenada aumenta a eficiência com que a cultura usa a água disponível.

Tabela 12. Resumo das análises de variância da quantidade de água na parte aérea (QAPA), peso específico foliar (PEF) e teor de nitrato no extrato foliar (N-NO₃⁻) em campo e ambiente protegido, no outono/inverno. FCA-UNESP, Botucatu (SP), 2003.

Causas de Variação	G L	Quadrados médios					
		----- Campo -----			----- Ambiente Protegido -----		
		QAPA	PEF ¹	N-NO ₃ ⁻	QAPA	PEF	N-NO ₃ ⁻
Blocos	3	138,9 ^{ns}	0,0000 ^{ns}	10298 ^{ns}	1174,1 ^{**}	0,0000 [*]	131781 ^{ns}
Nitrogênio (N)	4	1089,3 ^{**}	0,0000 ^{**}	1776111 ^{**}	831,5 ^{**}	0,0000 ^{**}	1525746 ^{**}
Resíduo (a)	12	40,3	0,0000	68939	42,6	0,0000	104741
(Parcelas)	19						
Espaçamento(E)	2	1032,9 ^{**}	0,0000 ^{ns}	23176 ^{ns}	734,9 ^{**}	0,0000 ^{ns}	8147 ^{ns}
Int. N x E	8	43,4 ^{ns}	0,0000 ^{ns}	14304 ^{ns}	29,9 ^{ns}	0,0000 ^{ns}	20326 ^{ns}
Resíduo (b)	30	35,7	0,0000	21422	52,8	0,0000	21300
CV parcela	---	15,93	9,64	29,75	14,33	9,14	38,08
CV sub-parcela	---	14,98	8,67	16,58	15,95	11,43	17,17

^{**} Significativo a 1% de probabilidade; ^{*} significativo a 5% de probabilidade; ^{ns} não significativo pelo teste F.

¹ O programa possui precisão de apenas quatro casas decimais.

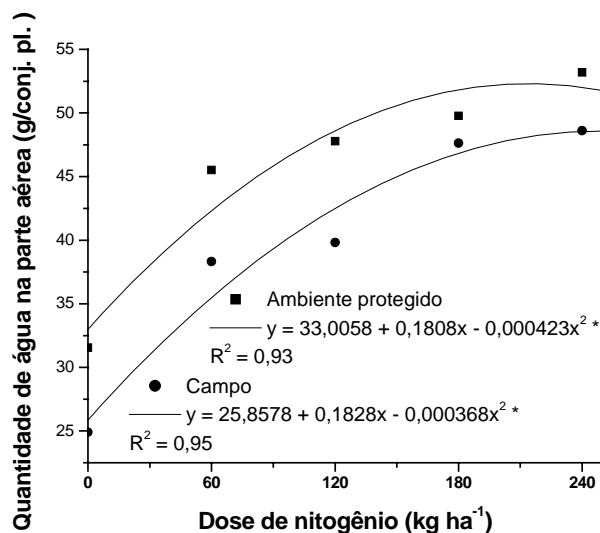


Figura 14. Quantidade de água na parte aérea da rúcula, cv. Folha Larga, em campo e ambiente protegido, no outono/inverno, em função de doses de nitrogênio, aos 37 DAS. FCA-UNESP, Botucatu (SP), 2003.

As plantas cultivadas em ambiente protegido apresentaram quantidade de água na parte aérea 7,8% maior que as plantas cultivadas em campo nas respectivas doses de nitrogênio que permitiram a maior expressão dessa característica nos dois ambientes de cultivo. Esse efeito provavelmente ocorreu pelo melhor aproveitamento dos insumos de produção que ocorre dentro do ambiente protegido, entre os quais a água está inserida (CERMEÑO, 1990; MARTINS et al., 1999; MARTINS, 2000; CASTILLA, 2005).

A rúcula, segundo o USDA (2004), possui mais de 90% de água na sua composição. As plantas cultivadas nos dois ambientes estudados apresentaram valores percentuais de água na parte aérea variando entre 90,8 a 93,3% no campo e entre 92,1 e 94,0% no ambiente protegido, dependendo da dose de nitrogênio utilizada (Figura 15).

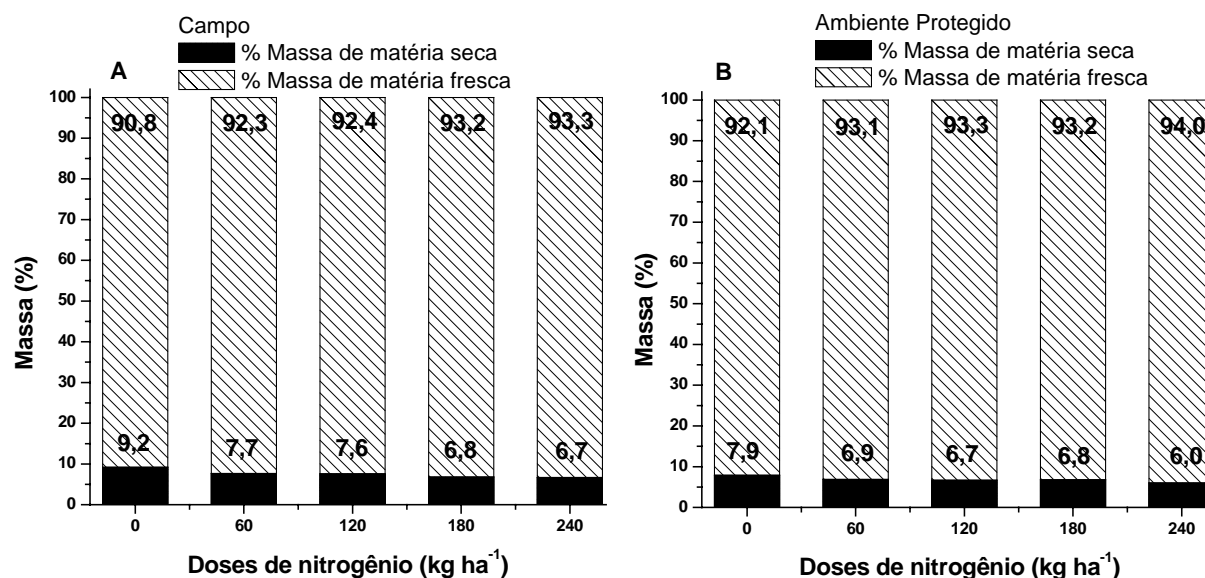


Figura 15. Massa de matéria seca de rúcula em relação à fresca, cv. Folha Larga, em campo (A) e ambiente protegido (B), no outono/inverno, em função de doses de nitrogênio, aos 37 DAS. FCA-UNESP, Botucatu (SP), 2003.

O peso específico foliar diminuiu linearmente com o aumento das doses de nitrogênio até a dose estimada de 240 kg ha⁻¹ nos dois ambientes de cultivo, correspondendo aos valores estimados de 0,00346 e 0,00330 g cm⁻² por conjunto de plantas, no campo e no ambiente protegido, respectivamente (Figura 16). Essa redução ocorreu em função da maior expansão foliar em relação ao ganho de massa de matéria seca ocorrida com o aumento das doses de nitrogênio.

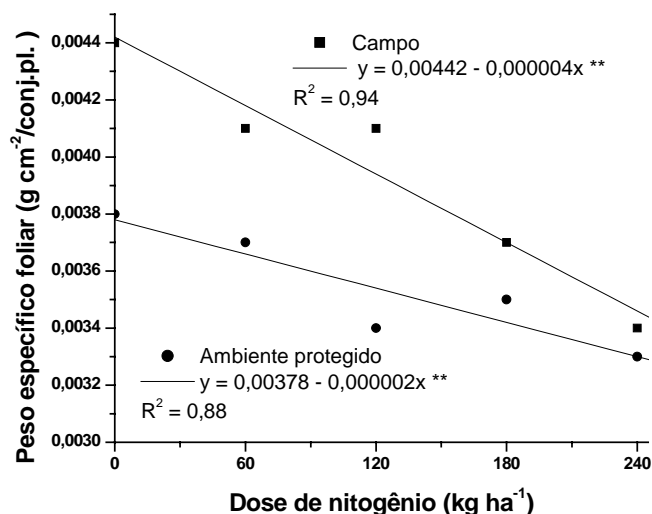


Figura 16. Peso específico foliar de rúcula, cv. Folha Larga, em campo e ambiente protegido, no outono/inverno, em função de doses de nitrogênio, aos 37 DAS. FCA-UNESP, Botucatu (SP), 2003.

O peso específico da folha, segundo Benincasa (1988), relaciona a superfície da folha (componente morfológico) e a massa (componente anatômico), estimando a composição interna da folha (número ou tamanho de células do mesófilo foliar). Dessa forma, através do peso específico foliar, tem-se uma estimativa da espessura da folha, considerando que essa é uma expressão do volume foliar.

As plantas cultivadas em campo apresentaram maior peso específico foliar, independentemente da dose de nitrogênio utilizada para seu cultivo que as cultivadas no ambiente protegido. Esse efeito provavelmente está ligado a maior incidência de radiação difusa e menor da radiação direta (10 a 30 %) que ocorre no ambiente protegido (TAPIA, 1981; FARIAS et al., 1993). A maior radiação difusa, obtida com o uso do polietileno de baixa densidade (PEBD), é melhor aproveitada pelas plantas, por ser multidirecional e penetrar mais eficientemente entre elas (CUNHA & ESCOBEDO, 2003).

Quando a planta é cultivada sob menor intensidade luminosa as células do parênquima paliádico da folha acabam ficando menores, diminuindo a espessura da folha (TAIZ & ZEIGER, 2002). Estas células, localizadas perpendicularmente a superfície da folha, funcionam como um mecanismo de proteção contra o excesso de luz (CASTRO et al. 1987). Neste caso, a planta acaba ficando com maior área foliar e parênquima menos espesso, ou seja, menos camadas de células empilhadas. Desta forma, a planta consegue aumentar sua área de

captação de luz e manter a fotossíntese nos mesmos níveis dentro do ambiente protegido, quando comparado às condições de campo (GUIMARÃES, 2005)³.

Em campo e a pleno sol, normalmente as plantas têm folhas mais compactas, ou seja, menor área foliar com maior espessura, pois dessa forma perdem menos água e conseguem manter a fotossíntese sob intensa luminosidade (CASTRO et al., 1987).

O vento também pode ter sido um fator climático que contribuiu para que as folhas das plantas cultivadas em campo apresentassem maior peso específico foliar, porém esse não foi quantificado nos dois ambientes de cultivo.

Assim, é possível que a quantidade de água e o peso específico foliar possam ser utilizadas como um critério de avaliação de qualidade de hortaliças folhosas, de maneira que a maior quantidade de água na parte aérea e folhas com menor peso específico ou menor espessura possam ser consideradas mais tenras para o consumo.

Apesar da diferença percentual na quantidade de água verificada entre as doses de nitrogênio não ultrapassar 2,7% e, entre ambientes dentro da mesma dose não ultrapassar 1,4% (Figura 15), sentiu-se através do tato que as folhas das plantas cultivadas com maiores doses de nitrogênio e no ambiente protegido em detrimento ao campo eram mais tenras.

Apenas as médias de quantidade de água na parte aérea em função dos espaçamentos entre plantas apresentaram diferenças estatísticas (Tabela 12). A maior quantidade de água observada foi de 47,7 e 51,5 g por conjunto de plantas, respectivamente para as plantas cultivadas em campo e em ambiente protegido no espaçamento de 0,10 m (Tabela 13). Estas médias diferiram significativamente das médias encontradas no espaçamento de 0,05 m que foram de 33,5 e 39,4 kg m⁻². A maior quantidade de água na parte aérea verificada no maior espaçamento está relacionado ao maior espaço físico disponível ao crescimento das plantas que possibilitaram maiores ganhos de massa de matéria fresca e seca.

³ Guimarães, V. F. UNIOESTE. Rua Pernambuco 1777, CP-1008, CEP 859600-000, Marechal Cândido Rondon – PR. Comunicação pessoal, 2005.

Tabela 13. Quantidade de água na parte aérea (QAPA), peso específico foliar (PEF) e teor de nitrato no extrato foliar (N-NO_3^-), em rúcula cv. Folha Larga, no campo e no ambiente protegido (AP), no outono/inverno, em função do espaçamento entre plantas. FCA-UNESP, Botucatu (SP), 2003.

Tratamento	QAPA		PEF		N-NO_3^-	
	Campo ----- g/conj. pl.	AP -----	Campo --- g cm ⁻² /conj. pl. ---	AP ---	Campo ----- mg kg ⁻¹ -----	AP -----
0,05 m	33,5 c ¹	39,4 b	0,0038 a	0,0034 a	870 a	820 a
0,07 m	38,3 b	45,8 a	0,0039 a	0,0036 a	850 a	860 a
0,10 m	47,7 a	51,5 a	0,0040 a	0,0036 a	920 a	860 a
dms	4,7	5,7	0,0003	0,0003	114,22	113,9
CV%	14,98	15,95	8,67	11,43	16,58	17,17

¹ Médias na coluna, seguidas de mesma letra, não diferem entre si, pelo teste de Tukey (5% probabilidade).

6.1.3.6 Teor de nitrato no extrato foliar

A elevada demanda por nitrogênio apresentada pelas hortaliças folhosas é um dos fatores responsáveis pela utilização de altas doses de fertilizantes nitrogenados, que por sua vez, torna-se um dos principais promotores do acúmulo de nitrato pelas plantas, quando a extração excede a sua assimilação (SANTAMARIA et al., 1998).

O teor de nitrato é um importante critério de avaliação de qualidade de hortaliças folhosas, pois o nitrato ingerido pelo ser humano, contribui para a formação endógena de nitrosaminas que são compostos carcinogênicos e é capaz de transformar a hemoglobina do sangue em ferrimoglobina, levando ao impedimento do transporte do oxigênio dos alvéolos pulmonares para os tecidos (GANGOLLI et al., 1994, citados por SANTAMARIA et al., 1998).

Aos 36 DAS, um dia antes da colheita, não se observou efeito significativo da interação entre doses de nitrogênio e espaçamento entre plantas para o teor de nitrato no extrato foliar das plantas, no campo e no ambiente protegido (Tabela 12). O aumento nas doses de nitrogênio proporcionou incremento no teor de nitrato das plantas nos dois ambientes de cultivo, correspondente aos valores estimados na maior dose (240 kg ha⁻¹ de N) de 1360 e 1287 mg kg⁻¹ de N-NO_3^- nas plantas cultivadas no campo e no ambiente protegido, respectivamente (Figura 17).

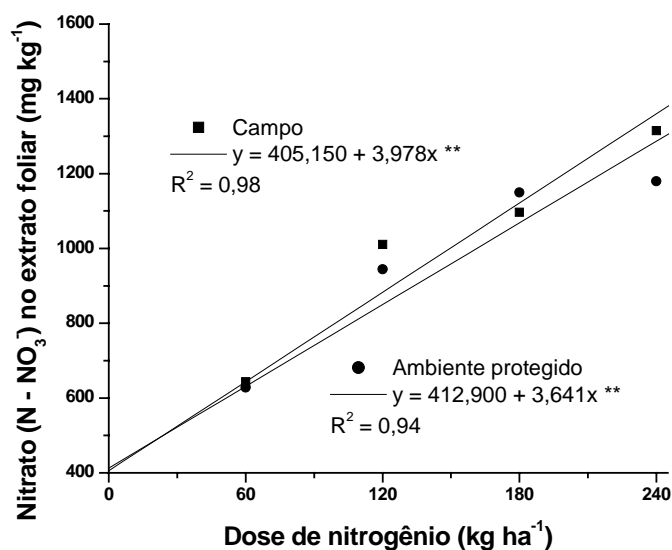


Figura 17. Teor de nitrato no extrato foliar de rúcula, cv. Folha Larga, em campo e ambiente protegido, no outono/inverno, em função de doses de nitrogênio, aos 37 DAS. FCA-UNESP, Botucatu (SP), 2003.

Trani et al. (1994) em ensaio realizado com rúcula cultivada em campo no outono, observaram aumento no teor de nitrato com o aumento das doses de nitrogênio aplicadas. Na maior dose de nitrogênio utilizada, 240 kg ha⁻¹, observaram o teor estimado de 1070 mg kg⁻¹ de nitrato na massa de matéria seca, que foi inferior ao observado nos dois ambientes do presente ensaio. Em cultivo hidropônico feito com a rúcula, Cavarianni (2004) também verificou acúmulo crescente de nitrato com o aumento da concentração de nitrogênio disponível para as plantas. Esses autores observaram na maior concentração de nitrogênio na solução nutritiva (240 mg L⁻¹), teor estimado de 2776 mg kg⁻¹ de N-NO₃⁻ na massa de matéria seca, valor superior ao encontrado no presente estudo nos dois ambientes de cultivo.

Maynard et al. (1976), Graifenberg et al. (1993) e Coelho (2002) afirmam que o conteúdo de nitrato na planta depende muito da sua disponibilidade no meio de cultivo. Dessa forma, justifica-se os maiores teores de nitrato observados nas plantas submetidas às maiores doses de nitrogênio.

Apesar de não haver disponibilidade na literatura de uma faixa ideal de teor de nitrato para a rúcula, os maiores valores observados nas plantas nos dois ambientes de cultivo do presente trabalho encontraram-se abaixo do limite permitido para a comunidade europeia para a cultura da alface. Segundo McCall & Willumsen (1998), a comunidade

européia permite, para a cultura da alface produzida em casa de vegetação, teores máximos de nitrato de 3500 mg kg^{-1} no verão e 4500 mg kg^{-1} de massa fresca no inverno. Dessa forma, as doses de 240 kg ha^{-1} no cultivo de campo e $178,6 \text{ kg ha}^{-1}$ de nitrogênio no ambiente protegido, superiores à dose de 120 kg ha^{-1} , recomendada por Trani & Rajj (1996) para o cultivo de rúcula, as quais proporcionaram maior produtividade, estão abaixo do limite de nitrato citado para a alface e provavelmente não constituem risco a saúde humana.

Nos ensaios realizados utilizou-se de nitrato de amônio com fonte de nitrogênio para as coberturas. Este fertilizante possui 50% do nitrogênio na forma nítrica e 50% na forma amoniacal. Os teores de nitrato observados poderiam ter sido mais elevados caso fosse utilizado como fonte um fertilizante com somente nitrogênio nítrico, sendo que esse fator pode ter contribuído para que as plantas não apresentassem altos teores de nitrato nas maiores doses de nitrogênio utilizadas. Bonnacarrère et al. (2000) ao avaliarem teores de nitrato em cultivares de alface produzidas em três soluções nutritivas, concluíram que a maior quantidade de nitrato acumulado na parte aérea das plantas foi encontrada quando se utilizou solução nutritiva com fornecimento de nitrogênio somente na forma nítrica. Santamaria et al. (1998) citam que no cultivo hidropônico da rúcula, o teor de nitrato foliar pode ser reduzido trocando nitrogênio nítrico pelo amoniacal na solução nutritiva alguns dias antes da colheita.

O espaçamento entre plantas não exerceu influência estatística significativa no teor de nitrato das plantas dos dois ambientes de cultivo (Tabela 13). Observou-se as médias, entre os espaçamentos, de 885 e 840 mg kg^{-1} de N-NO_3^- nas plantas cultivadas em campo e ambiente protegido, respectivamente.

6.1.3.7 Teores de nutrientes na parte aérea

Não houve efeito significativo da interação entre doses de nitrogênio e espaçamento entre plantas sobre os teores de macro e micronutrientes na parte aérea das plantas cultivadas nos dois ambientes (Tabelas 14 e 15). O aumento das doses de nitrogênio exerceram influência significativa sobre a maioria dos teores de macronutrientes na parte aérea (Figura 18).

Tabela 14. Resumo das análises de variância para o teor na parte aérea de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S), em rúcula, na colheita, em campo e ambiente protegido, no outono/inverno. FCA-UNESP, Botucatu (SP), 2003.

Causas de Variação	G L	Quadrados médios											
		Campo						Ambiente Protegido					
		N	P	K	Ca	Mg	S	N	P	K	Ca	Mg	S
Blocos	3	13,0 ^{ns}	0,7 ^{ns}	130,5 ^{ns}	26,4 ^{ns}	0,3 ^{ns}	2,8 ^{ns}	34,2 ^{ns}	0,2 ^{ns}	90,6*	4,1 ^{ns}	0,4 ^{ns}	3,5 ^{ns}
Nitrogênio (N)	4	57,7 ^{**}	1,6 ^{ns}	254,2 ^{**}	84,7 ^{**}	0,8 ^{ns}	10,8 ^{**}	49,8*	3,1 ^{**}	78,4*	91,9 ^{**}	0,8 ^{**}	5,4*
Resíduo (a)	12	5,2	0,6	43,4	8,7	0,5	1,1	14,3	0,2	15,3	4,6	0,1	1,6
(Parcelas)	19												
Espaçamento(E)	2	10,7 ^{ns}	0,6*	7,7 ^{ns}	3,1 ^{ns}	0,4 ^{ns}	0,2 ^{ns}	7,3 ^{ns}	0,2 ^{ns}	28,8 ^{ns}	7,3 ^{ns}	0,02 ^{ns}	3,3*
Int. N x E	8	2,9 ^{ns}	0,2 ^{ns}	11,2 ^{ns}	2,2 ^{ns}	0,2 ^{ns}	0,5 ^{ns}	7,8 ^{ns}	0,1 ^{ns}	17,1 ^{ns}	3,1 ^{ns}	0,1 ^{ns}	0,4 ^{ns}
Resíduo (b)	30	4,8	0,1	20,2	4,8	0,5	0,4	7,4	0,2	11,9	3,7	0,1	0,9
CV parcela		4,8	10,9	9,1	13,6	9,3	18,2	7,7	6,1	5,2	8,9	8,5	16,8
CV sub-parcela		4,6	4,8	6,2	9,9	9,3	11,2	5,6	5,8	4,6	9,1	9,1	12,3

** Significativo a 1% de probabilidade; * significativo a 5% de probabilidade; ^{ns} não significativo pelo teste F.

Tabela 15. Resumo das análises de variância para o teor na parte aérea de boro (B), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn) e zinco (Zn), em rúcula, na colheita, em campo e ambiente protegido, no outono/inverno. FCA-UNESP, Botucatu (SP), 2003.

Causas de Variação	G. L.	Quadrados médios										
		Campo						Ambiente Protegido				
		B	Cu	Fe	Mn	Zn	B	Cu	Fe	Mn	Zn	
Blocos	3	28,4 ^{ns}	0,1 ^{ns}	9072,7 ^{**}	929,1 ^{ns}	291,2 ^{**}	33,0 ^{ns}	12,3*	231715,5 ^{ns}	2738,7 ^{ns}	444,4*	
Nitrogênio (N)	4	7,3 ^{ns}	3,5 ^{ns}	5287,7 ^{ns}	2559,1*	151,3*	20,1 ^{ns}	0,5 ^{ns}	69252,1 ^{ns}	2918,9 ^{ns}	424,5*	
Resíduo (a)	12	15,8	2,8	12478,7	472,2	45,5	9,6	2,2	83332,9	1741,0	105,5	
(Parcelas)	19											
Espaçamento(E)	2	0,82 ^{ns}	2,0*	14187,9 ^{ns}	1304,1 ^{**}	77,1*	11,7 ^{ns}	2,8 ^{ns}	129372,6 ^{ns}	2070,9 ^{ns}	498,1 ^{**}	
Int. N x E	8	6,2 ^{ns}	0,9 ^{ns}	4974,2 ^{ns}	367,2 ^{ns}	25,5 ^{ns}	5,3 ^{ns}	0,1 ^{ns}	45041,2 ^{ns}	632,4 ^{ns}	50,9 ^{ns}	
Resíduo (b)	30	4,8	0,5	7306,5	202,6	17,8	6,2	0,96	55976,6	722,8	87,36	
CV parcela		14,6	32,4	27,7	20,8	15,0	14,4	22,1	36,74	30,2	15,8	
CV sub-parcela		8,0	13,9	21,2	13,7	9,4	11,6	14,6	30,1	19,5	14,4	

** Significativo a 1% de probabilidade; * significativo a 5% de probabilidade; ^{ns} não significativo pelo teste F.

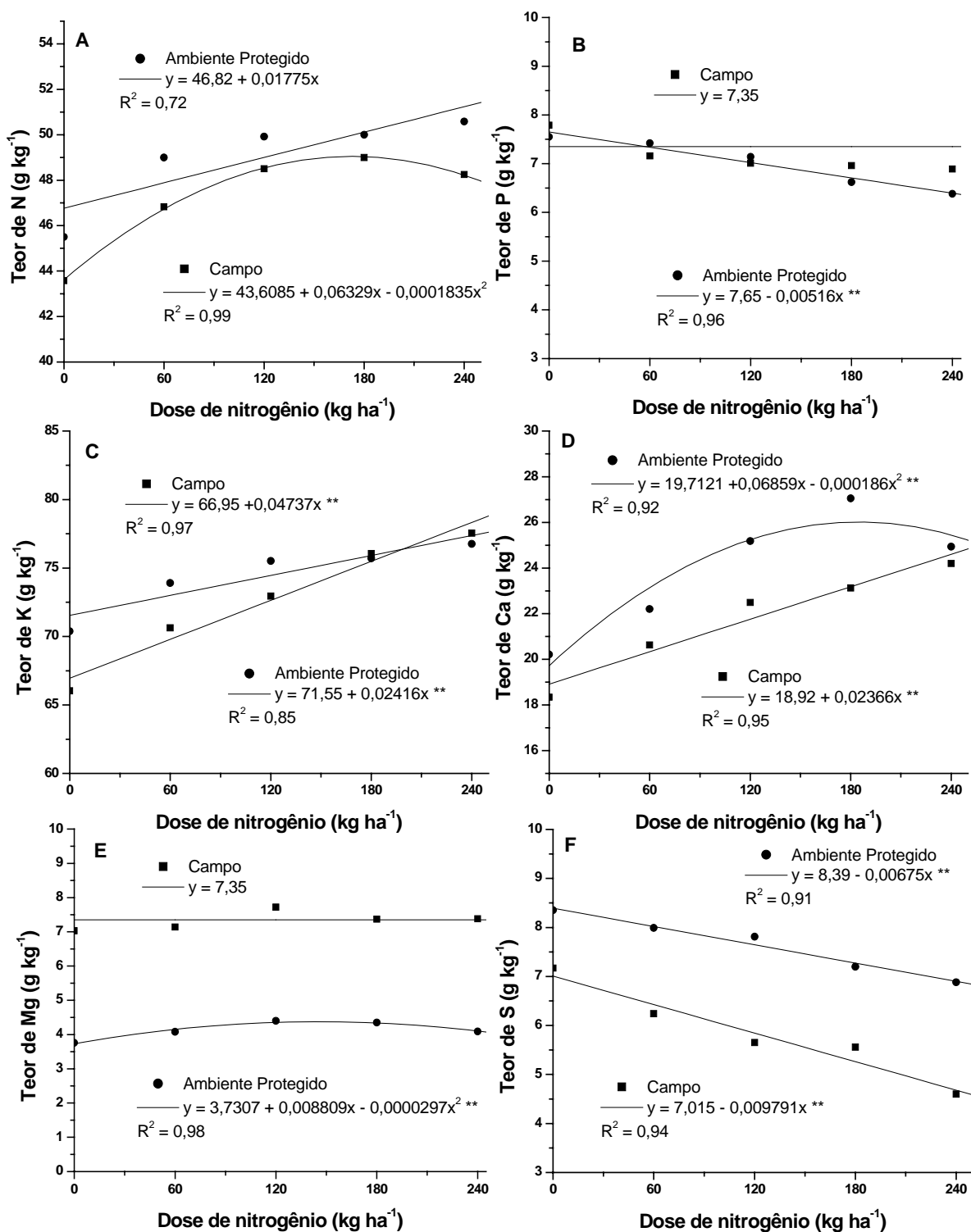


Figura 18. Teores de nitrogênio (A), fósforo (B), potássio (C), cálcio (D), magnésio (E) e enxofre (F) em plantas de rúcula, cv. Folha Larga, em campo e ambiente protegido, no outono/inverno, em função de doses de nitrogênio, aos 37 DAS. FCA-UNESP, Botucatu (SP), 2003.

O teor de nitrogênio na parte aérea em campo aumentou até a dose de $174,1 \text{ kg ha}^{-1}$, onde se observou o valor estimado de $49,1 \text{ g kg}^{-1}$. A partir deste ponto, houve decréscimo no mesmo até $48,2 \text{ g kg}^{-1}$, observado na maior dose de fertilizante utilizada. Resultados semelhantes foram constatados por Trani et al. (1994). Esses autores observaram na colheita (34 DAS), teores crescentes de nitrogênio entre a dose zero ($23,3 \text{ g kg}^{-1}$) e 193 kg ha^{-1} ($51,4 \text{ g kg}^{-1}$), decrescendo a resposta para novos acréscimos até 240 kg ha^{-1} ($49,6 \text{ g kg}^{-1}$). Haag & Minami (1988), em estudo feito com a rúcula em campo, semeada na área definitiva, observaram o máximo de $61,8 \text{ g kg}^{-1}$ de nitrogênio na parte aérea aos 27 DAS, decrescendo até $40,4 \text{ g kg}^{-1}$ aos 41 dias no momento da colheita. Para as plantas cultivadas em ambiente protegido houve acréscimo linear no teor de nitrogênio. Na dose de 240 g kg^{-1} , verificou-se o teor estimado de $51,1 \text{ g kg}^{-1}$.

Os maiores teores estimados de nitrogênio de $49,1$ e $51,1 \text{ g kg}^{-1}$ verificados no cultivo de campo e de ambiente protegido estão acima dos teores de $40,4$; $46,9$ e $46,3 \text{ g kg}^{-1}$ verificados na colheita, respectivamente por Haag & Minami (1988) e Trani et al. (1994), no cultivo convencional e por Cavarianni (2004), em cultivo hidropônico. Estão também próximos do observado por Furlani (1997), em quatro cultivos hidropônicos ($43,4$ a $54,0 \text{ g kg}^{-1}$) e abaixo dos 60 g kg^{-1} verificados por Santamaria et al. (2002).

Na literatura consultada não existe uma faixa definida como adequada de teores de nutrientes na parte aérea da planta da rúcula, que possa esclarecer se os teores observados em função da adubação nitrogenada no presente trabalho são suficientes ou não.

Os teores de fósforo na parte aérea diminuíram com o aumento das doses de nitrogênio, obedecendo a uma equação linear no ambiente protegido, permanecendo numa faixa estimada de $7,7$ a $6,4 \text{ g kg}^{-1}$. No campo, não houve resposta ao aumento das doses de nitrogênio, verificando-se média de $7,3 \text{ g kg}^{-1}$ de fósforo. Independentemente das doses de nitrogênio utilizadas nos dois ambientes, os teores observados mostraram-se superiores aos verificados por Haag & Minami (1988) de $5,0 \text{ g kg}^{-1}$, por Furlani (1997) de $3,8$ a $6,1 \text{ g kg}^{-1}$ e por Cavarianni (2004) de $4,0 \text{ g kg}^{-1}$.

O potássio foi o nutriente mais absorvido em quantidade pelas plantas de rúcula. Os teores observados nos cultivos de campo e ambiente protegido aumentaram linearmente com as doses de nitrogênio. Na maior dose utilizada, os teores estimados foram de $78,3$ e $77,3 \text{ g kg}^{-1}$, respectivamente para campo e ambiente protegido. Esses teores encontram-

se acima dos 55,1 e 43,8 g kg⁻¹ observados por Haag & Minami (1988) e Cavarianni (2004), respectivamente, e próximos ao maior valor observado por Furlani (1997) (61,7 a 84,8 g kg⁻¹).

Da mesma maneira que o nitrogênio e o potássio, os teores de cálcio aumentaram com o incremento nas doses de nitrogênio. O teor de cálcio nas plantas cultivadas no ambiente protegido atingiu valor máximo estimado de 26,1 g kg⁻¹ na dose de 184,4 kg ha⁻¹. No campo, devido ao teor aumentar linearmente, observou-se o teor estimado de 24,6 g kg⁻¹ na maior dose de nitrogênio utilizada. Esses teores encontram-se acima dos 21,9 e 22,3 g kg⁻¹ observados por Haag & Minami (1988) e Cavarianni (2004), respectivamente, e abaixo do maior valor observado por Furlani (1997) (25,3 a 39,8 g kg⁻¹).

Houve resposta para o teor de magnésio apenas no ambiente protegido, onde o valor estimado de 4,4 g kg⁻¹ foi observado na dose de 148,3 kg ha⁻¹. No campo o valor médio observado foi de 7,3 g kg⁻¹. O teor estimado no ambiente protegido encontra-se próximo dos 4,3 g kg⁻¹ observados por Haag & Minami (1988) em solo e próximo aos 4,5 e 3,3 a 5,2 g kg⁻¹ observados, respectivamente, por Cavarianni (2004) e Furlani (1997) em cultivo hidropônico. A média de 7,3 g kg⁻¹ verificada no campo encontra-se acima dos valores citados anteriormente.

Os teores de enxofre variaram de forma semelhante ao fósforo, decrescendo linearmente com o aumento das doses de nitrogênio de 7,0 até 4,7 g kg⁻¹ no campo e de 8,4 até 6,8 g kg⁻¹ no ambiente protegido. Esses valores encontram-se acima dos 3,6 e 3,4 g kg⁻¹ observados respectivamente por Haag & Minami (1988) e Cavarianni (2004).

Com relação aos micronutrientes, apenas houve resposta para manganês e zinco (Figura 19). No campo, observou-se os teores estimados de 86,5 a 121,5 mg kg⁻¹ de manganês entre a menor e a maior dose de nitrogênio e média de 139 mg kg⁻¹, no ambiente protegido. Esses teores se mostraram superiores a 66 mg kg⁻¹ observado por Haag & Minami (1988) e próximos a 87,0 a 107,0 mg kg⁻¹ citado por Furlani (1997).

Os teores estimados de zinco apresentaram valores de 43,7 a 50,3 e 59,3 a 71,9 mg kg⁻¹, respectivamente, no campo e no ambiente protegido, entre as doses extremas de nitrogênio. Esses valores foram inferiores ao teor de 229 mg kg⁻¹ observado por Haag & Minami (1988) e próximos aos 12,0 a 90,4 mg kg⁻¹ citados por Furlani (1997).

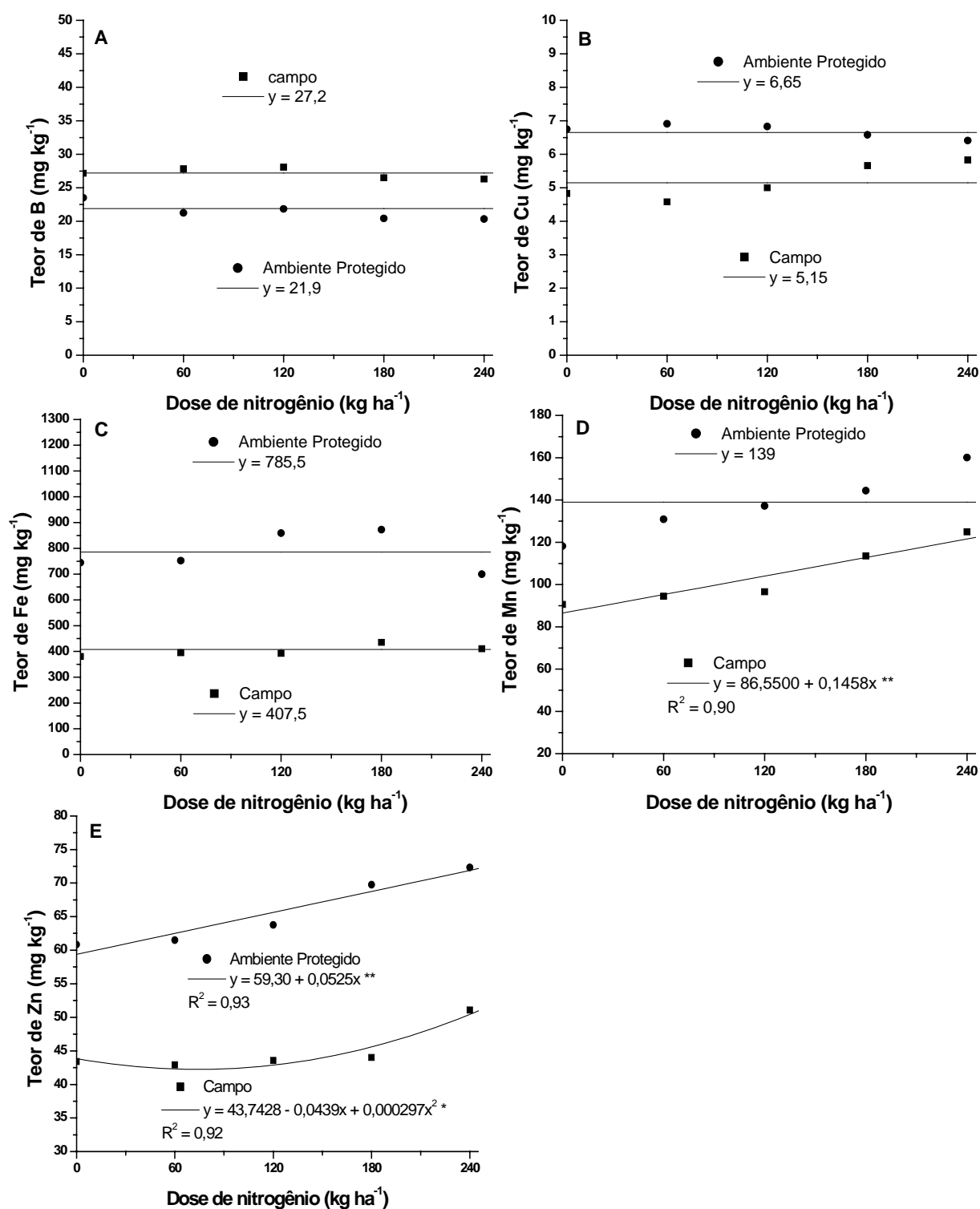


Figura 19. Teores de boro (A), cobre (B), ferro (C), manganês (D) e zinco (E), em plantas de rúcula, cv. Folha Larga, em campo e ambiente protegido, no outono/inverno, em função de doses de nitrogênio, aos 37 DAS. FCA-UNESP, Botucatu (SP), 2003.

As médias verificadas para o teor de boro foram de 27,2 e 21,9 mg kg⁻¹ nas plantas cultivadas no campo e no ambiente protegido. Esses teores se mostraram inferiores aos 39 mg kg⁻¹ observado por Haag & Minami (1988) e aos 29,2 a 61,2 mg kg⁻¹ observado por Furlani (1997).

Para o cobre foram observadas médias de 5,1 e 6,6 mg kg⁻¹ no campo e no ambiente protegido, respectivamente. Esses teores se mostraram inferiores aos 21 mg kg⁻¹ observado por Haag & Minami (1988) e próximos aos 4,7 a 11,8 mg kg⁻¹ citado por Furlani (1997). Grangeiro et al. (2003) em cultivo hidropônico, observaram teor de 6,25 mg kg⁻¹ na concentração de 0,108 mg L⁻¹ de cobre na solução nutritiva.

Para o ferro, verificou-se médias de 407,5 e 785,5 mg kg⁻¹, respectivamente no campo e no ambiente protegido. Esses teores se mostraram inferiores aos 1543 mg kg⁻¹ observados por Haag & Minami (1988) e superiores aos 77,5 a 256,0 mg kg⁻¹ observados por Furlani (1997).

Também não existe na literatura consultada para a rúcula, uma faixa considerada adequada para os teores de micronutrientes na parte aérea que indique a suficiência desses nutrientes.

Na dose de nitrogênio de 240 kg ha⁻¹, que possibilitou a maior produtividade no campo, observou-se médias e teores estimados de 48,2; 6,8; 77,3; 19,5; 7,4 e 4,7 g kg⁻¹ de N, P, K, Ca, Mg e S e 26,3; 5,8; 410,6; 124,9 e 50,3 mg kg⁻¹ de B, Cu, Fe, Mn e Zn na parte aérea da planta.

Na dose de 178,6 kg ha⁻¹, que possibilitou a maior produtividade no ambiente protegido foram verificados os teores estimados de 49,9; 6,7; 75,8; 26,1; 4,3 e 7,2 g kg⁻¹ de N, P, K, Ca, Mg e S e de 68,7 mg kg⁻¹ de Zn. Para os nutrientes que não apresentaram diferença estatística, observou-se médias de 20,4; 6,6; 872,0 e 144,4 mg kg⁻¹ de B, Cu, Fe e Mn na dose de 180 kg ha⁻¹ de nitrogênio.

O espaçamento entre plantas apenas influenciou os teores de fósforo e manganês na parte aérea das plantas cultivadas a campo, o teor de enxofre nas plantas do ambiente protegido e o teor de zinco das plantas dos dois ambientes (Tabelas 16 e 17). Tendências a maiores médias de teor de fósforo, manganês e zinco foram encontradas nos maiores espaçamentos ao contrário do enxofre que apresentou maior teor em magnitude no menor espaçamento. É possível que os teores foliares de fósforo e zinco foram maiores nos

maiores espaçamentos em função da maior disponibilidade desses íons para as plantas, que ocorreu pela menor densidade existente das mesmas.

Tabela 16. Teores na parte aérea de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S), em rúcula, cv. Folha Larga, no campo (C) e no ambiente protegido (AP), no outono/inverno, em função do espaçamento entre plantas. FCA-UNESP, Botucatu (SP), 2003.

Tratamento	N		P		K	
	C	AP	C	AP	C	AP
	----- g kg ⁻¹ -----					
0,05 m	46 a ¹	48 a	7,0 b	6,9 a	73 a	74 a
0,07 m	47 a	48 a	7,3 a	7,0 a	72 a	73 a
0,10 m	47 a	49 a	7,1 ab	7,0 a	73 a	75 a
dms	1,7	2,1	0,27	0,32	3,5	2,7
CV%	4,82	5,57	4,80	5,78	6,19	4,63

Tratamento	Ca		Mg		S	
	C	AP	C	AP	C	AP
	----- g kg ⁻¹ -----					
0,05 m	21 a	23 a	7,2 a	4,1 a	5,7 a	8,0 a
0,07 m	21 a	24 a	7,2 a	4,1 a	5,9 a	7,3 b
0,10 m	22 a	24, a	7,4 a	4,0 a	5,9 a	7,3 ab
dms	1,5	1,7	0,53	0,29	0,51	0,73
CV%	9,96	8,01	9,32	9,11	11,21	12,31

¹ Médias na coluna, seguidas de mesma letra, não diferem entre si, pelo teste de Tukey (5% probabilidade).

Tabela 17. Teores na parte aérea de boro (B), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn) e zinco (Zn), em rúcula, cv. Folha Larga, no campo (C) e ambiente protegido (AP), no outono/inverno, em função do espaçamento entre plantas. FCA-UNESP, Botucatu (SP), 2003.

Trat.	B		Cu		Fe		Mn		Zn	
	C	AP	C	AP	C	AP	C	AP	C	AP
	----- mg kg ⁻¹ -----									
0,05	27 a ¹	22 a	5 a	6 a	372 a	742 a	95 b	132 a	43 b	60 b
0,07	27 a	22 a	5 a	7 a	418 a	736 a	108 a	132 a	46 ab	64 ab
0,10	27 a	21 a	5 a	6 a	417 a	878 a	109 a	150 a	46 a	70 a
dms	1,7	1,9	0,56	1,00	66,7	184,6	11,1	21,0	3,4	6,4
CV%	8,05	11,64	13,87	14,59	21,22	30,11	13,69	19,46	9,68	14,37

¹ Médias na coluna, seguidas de mesma letra, não diferem entre si, pelo teste de Tukey (5% probabilidade).

6.1.3.8 Acúmulo de nutrientes na parte aérea

Da mesma maneira observada para o teor de nutrientes na parte aérea, não houve efeito significativo da interação entre doses de nitrogênio e espaçamento entre plantas para o acúmulo de nutrientes, porém houve efeito desses dois fatores de forma isolada nos dois ambientes de cultivo (Tabelas 18 e 19). Com o aumento das doses de nitrogênio, houve incremento polinomial quadrático na quantidade de N, K, Ca, e Mg nos dois ambientes de cultivo, com exceção ao potássio no campo que aumentou linearmente (Figura 20).

Na ausência de adubação nitrogenada de cobertura, verificou-se acúmulo estimado de 114,8 e 128,3 mg por conjunto de plantas de nitrogênio, respectivamente no campo e no ambiente protegido, até o máximo estimado de 173,7 e 183,5 mg por conjunto de plantas com 194,3 e 189,4 kg ha⁻¹ de nitrogênio, respectivamente. Houve decréscimo no acúmulo de nitrogênio a partir desses pontos, sendo este mais relacionado com a diminuição da massa de matéria seca nas doses acima de 180 kg ha⁻¹ nitrogênio nos dois ambientes. Como já foi discutido, o teor de nitrogênio na parte aérea das plantas cultivadas no campo aumentou até 171,4 kg ha⁻¹ com posterior decréscimo, enquanto que no ambiente protegido continuou aumentando até 240 kg ha⁻¹. Os resultados de acúmulo de nitrogênio na parte aérea das plantas de rúcula, independentemente da dose de fertilizante utilizada nos dois ambientes de cultivo encontrados neste trabalho são superiores aos observados por Haag & Minami (1988), utilizando adubação nitrogenada de 120 kg ha⁻¹. Esses autores observaram o acúmulo de 17,2 mg planta⁻¹ de nitrogênio (68,8 mg em quatro plantas) aos 41 DAS (colheita).

O acúmulo estimado de nitrogênio das plantas cultivadas sob ambiente protegido foi maior que o das plantas cultivadas em campo, independentemente da dose de nitrogênio aplicada. Esse resultado pode ser atribuído à maior massa de matéria seca e ao maior teor de nitrogênio na parte aérea observados no ambiente protegido.

Não houve resposta em termos de acúmulo de fósforo com o aumento das doses de nitrogênio. As médias de 22,1 e 22,7 mg por conjunto de plantas foram observadas no campo e no ambiente protegido, respectivamente. Esses resultados foram superiores aos constatados por Haag & Minami (1988) aos 41 DAS, onde observaram o acúmulo de 2,1 mg planta⁻¹ (8,5 mg em quatro plantas).

Tabela 18. Resumo das análises de variância para o acúmulo de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S), em rúcula, na colheita, em campo e ambiente protegido, no outono/inverno. FCA-UNESP, Botucatu (SP), 2003.

Causas de Variação	G L	Quadrados médios												
		Campo						Ambiente Protegido						
		N	P	K	Ca	Mg	S	N	P	K	Ca	Mg	S	
Blocos	3	526 ^{ns}	16 ^{ns}	2899 ^{ns}	176 ^{ns}	7,3 ^{ns}	45,1 [*]	9160 ^{**}	254 ^{**}	36941 ^{**}	2295 ^{**}	131,1 ^{**}	274,4 ^{**}	
Nitrogênio (N)	4	7493 ^{**}	43 ^{ns}	21801 ^{**}	2900 ^{**}	146,9 ^{**}	20,9 ^{ns}	6461 ^{**}	43 ^{ns}	14815 ^{**}	3543 ^{**}	71,7 ^{**}	45,2 ^{ns}	
Resíduo (a)	12	619	13	1756	154	16,7	11,1	950	18	1909	265	9,68	29,7	
(Parcelas)	19													
Espaçamento(E)	2	10452 ^{**}	214 ^{**}	22486 ^{**}	2157 ^{**}	261,2 ^{**}	147,2 ^{**}	8629 ^{**}	164 ^{**}	20446 ^{**}	2506 ^{**}	63,7 ^{**}	77,9 [*]	
Int. N x E	8	294 ^{ns}	4 ^{ns}	790 ^{ns}	20 ^{ns}	2,7 ^{ns}	16,1 ^{ns}	366 ^{ns}	7 ^{ns}	1174 ^{ns}	147 ^{ns}	7,9 ^{ns}	3,6 ^{ns}	
Resíduo (b)	30	455	11	1069	94	14,4	10,2	612	9	1231	186	3,86	20,4	
CV parcela		16,19	16,07	17,68	17,55	17,22	17,80	18,70	18,51	17,32	19,91	21,97	21,70	
CV sub-parcela		13,89	14,73	13,80	13,73	15,98	17,00	15,02	13,19	13,93	16,66	13,87	18,00	

** Significativo a 1% de probabilidade; * significativo a 5% de probabilidade; ^{ns} não significativo pelo teste F.

Tabela 19. Resumo das análises de variância para o acúmulo de boro (B), Cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn) e zinco (Zn), em rúcula, na colheita, em campo e ambiente protegido, no outono/inverno. FCA-UNESP, Botucatu (SP), 2003.

Causas de Variação	G. L.	Quadrados médios										
		Campo						Ambiente Protegido				
		B	Cu	Fe	Mn	Zn	B	Cu	Fe	Mn	Zn	
Blocos	3	0,0003 ^{ns}	0,0000 ^{ns}	0,88 [*]	0,106 ^{ns}	0,0019 ^{ns}	0,0037 ^{**}	0,0002 ^{ns}	9,06 [*]	0,037 ^{ns}	0,0099 ^{**}	
Nitrogênio (N)	4	0,0014 ^{**}	0,0001 [*]	0,53 ^{ns}	0,071 ^{**}	0,0076 ^{**}	0,0003 ^{ns}	0,0001 ^{ns}	2,30 ^{ns}	0,086 [*]	0,0177 ^{**}	
Resíduo (a)	12	0,0001	0,0000	0,23	0,009	0,0007	0,0002	0,0001	1,89	0,020	0,0008	
(Parcelas)	19											
Espaçamento(E)	2	0,0029 ^{**}	0,0002 ^{**}	1,27 ^{**}	0,089 ^{**}	0,0131 ^{**}	0,0009 ^{**}	0,0003 ^{**}	6,01 ^{**}	0,144 ^{**}	0,0310 ^{**}	
Int. N x E	8	0,0001 ^{ns}	0,000 ^{ns}	0,08 ^{ns}	0,002 ^{ns}	0,0002 ^{ns}	0,0002 ^{ns}	0,000 ^{ns}	0,46 ^{ns}	0,004 ^{ns}	0,0010 ^{ns}	
Resíduo (b)	30	0,0002	0,000	0,10	0,006	0,0004	0,0002	0,000	0,96	0,12	0,0014	
CV parcela		13,54	32,3	36,74	28,30	18,26	20,00	33,00	50,8	31,10	12,88	
CV sub-parcela		15,30	23,6	24,33	23,20	13,75	18,08	19,16	36,16	23,63	16,99	

** Significativo a 1% de probabilidade; * significativo a 5% de probabilidade; ^{ns} não significativo pelo teste F.

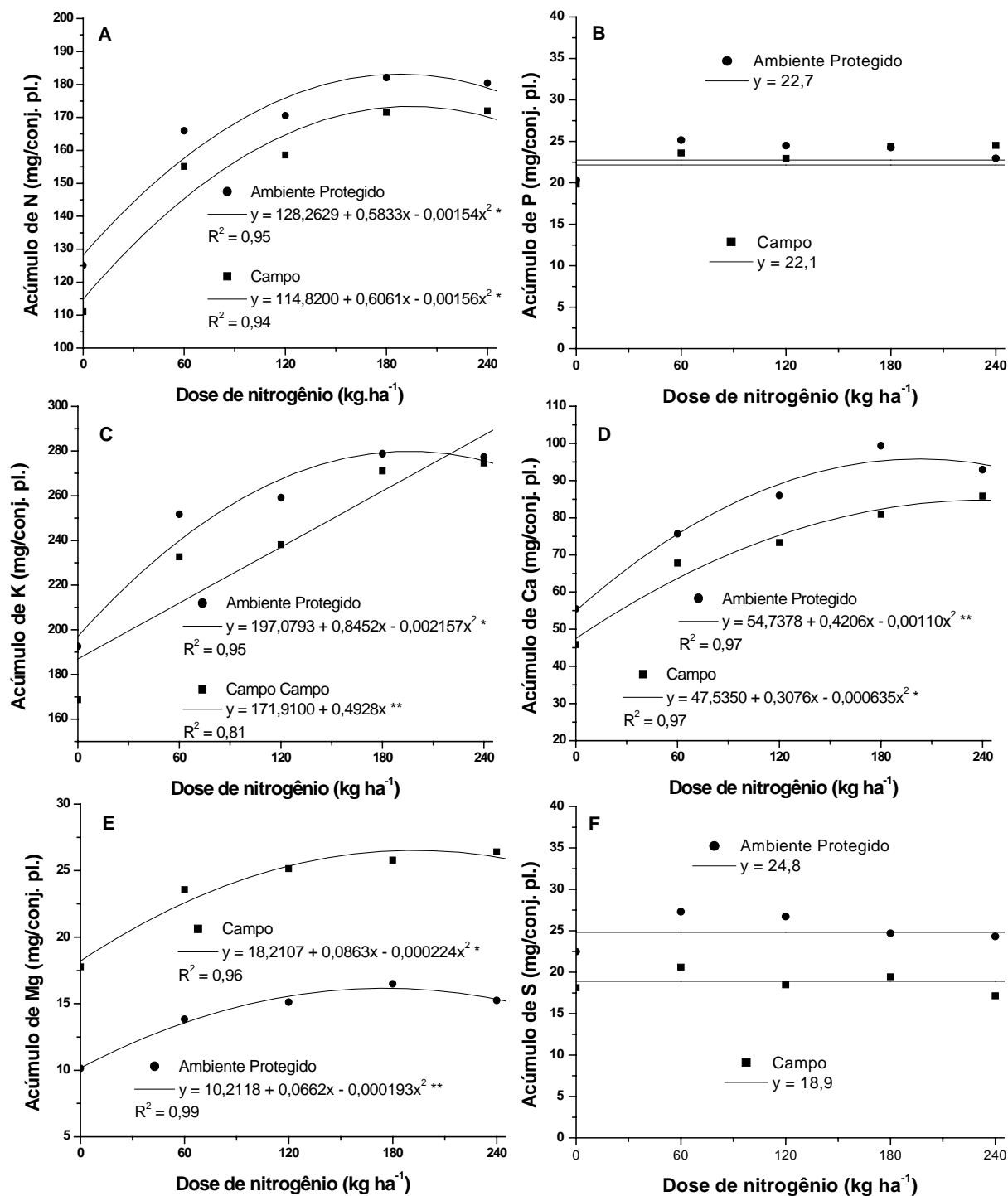


Figura 20. Acúmulo de nitrogênio (A), fósforo (B), potássio (C), cálcio (D), magnésio (E) e enxofre (F) em rúcula, cv. Folha Larga, em campo e ambiente protegido, no outono/inverno, em função de doses de nitrogênio, aos 37 DAS. FCA-UNESP, Botucatu (SP), 2003.

O potássio foi o nutriente mais absorvido pelas plantas de rúcula e, conseqüentemente, o mais acumulado, aumentando linearmente no campo e de forma quadrática no ambiente protegido. Na maior dose de nitrogênio utilizada, o acúmulo de potássio foi de 290,0 mg por conjunto de plantas no campo. No ambiente protegido o maior acúmulo observado foi de 279,9 mg por conjunto de plantas, correspondente a dose estimada de 195,9 kg ha⁻¹ de nitrogênio. Haag & Minami (1988) observaram o acúmulo de apenas 23,4 mg planta⁻¹ (93,6 mg em quatro plantas). A diferença entre os valores observados no presente estudo e pelo autor anterior está relacionada com a menor massa de matéria seca obtida e não com o teor do nutriente na parte aérea.

O acúmulo de cálcio dentro do ambiente protegido atingiu o maior valor 94,9 mg por conjunto de plantas na dose de 191,2 kg ha⁻¹ e no campo 84,8 mg por conjunto de plantas na dose de 240 kg ha⁻¹ de nitrogênio. Esses resultados foram superiores aos 37,3 mg em quatro plantas observados por Haag & Minami (1988).

Para o magnésio, os maiores acúmulos foram de 15,9 e 26,5 mg por conjunto de plantas, verificados nas doses de 171,5 e 192,6 kg ha⁻¹, no ambiente protegido e no campo, respectivamente. Haag & Minami (1988) observaram o acúmulo de apenas 7,3 mg em quatro plantas. O magnésio foi o único macronutriente acumulado em maior quantidade pelas plantas cultivadas em campo, em relação as cultivadas em ambiente protegido. Esse resultado se deve ao teor do nutriente encontrado na parte aérea, pois a massa de matéria seca do campo apresentou-se menor que a do ambiente protegido.

O acúmulo de enxofre não foi influenciado pelo aumento da adubação nitrogenada. No campo e no ambiente protegido, observou-se médias de acúmulo de respectivamente 18,9 e 24,8 mg por conjunto de plantas, superiores aos 6,12 mg em quatro plantas de Haag & Minami (1988).

Os micronutrientes com exceção ao ferro, nos dois ambientes de cultivo, apresentaram resposta de acúmulo positiva com o aumento das doses de adubação nitrogenada (Figura 21). A faixa de acúmulo observada entre as doses de nitrogênio estudadas (0 a 240 kg ha⁻¹) no campo foi de 0,07 a 0,095 mg por conjunto de plantas para boro, de 0,012 a 0,021 mg por conjunto de plantas para cobre, de 0,24 a 0,44 mg por conjunto de plantas para manganês e de 0,11 a 0,17 mg por conjunto de plantas para zinco. O ferro apresentou média de acúmulo de 1,23 mg por conjunto de plantas no campo. No ambiente protegido verificou-se as

faixas de 0,36 a 0,56 mg por conjunto de plantas para manganês e 0,17 a 0,26 mg por conjunto de plantas para zinco. As médias de acúmulo de 0,068; 0,021 e 2,77 mg por conjunto de plantas foram verificadas para boro, cobre e ferro no ambiente protegido.

Na dose de nitrogênio de 240 kg ha⁻¹, que possibilitou a maior produtividade no campo, observou-se as médias e os acúmulos estimados de 173,7; 24,5; 290,0; 84,7; 26,0 e 17,1 mg por conjunto de plantas de N, P, K, Ca, Mg e S e 0,095; 0,021; 1,4; 0,44 e 0,17 mg por conjunto de plantas de B, Cu, Fe, Mn e Zn. Esses valores corresponderam a uma exportação de 9,9; 1,4; 16,5; 4,8; 1,5 e 1,0 g m⁻² de N, P, K, Ca, Mg e S e 5,4; 1,2; 79,8; 25,1 e 9,7 mg m⁻² de B, Cu, Fe, Mn e Zn, considerando-se uma densidade média de 57 plantas m⁻².

Na dose de 178,6 kg ha⁻¹, que possibilitou a maior produtividade no ambiente protegido, verificou-se as médias e os acúmulos estimados de 183,3; 279,2; 94,7 e 15,9 mg por conjunto de plantas de N, K, Ca e Mg e 0,51 e 0,24 mg por conjunto de plantas de Mn e Zn, correspondentes a uma exportação de 10,4; 15,9; 5,4 e 0,9 g m⁻² de N, K, Ca e Mg e 29,1 e 13,7 mg m⁻² de Mn e Zn. Nos casos em que não houve aumento no teor de nutrientes, observou-se na dose de 180 kg ha⁻¹ de nitrogênio, médias de 24,3; 27,7; 0,075; 0,024 e 3,35 mg 4 plantas⁻¹ de P, S, B, Cu e Fe, que representam uma exportação de 1,4 e 1,6 g m⁻² de P e S e 4,2; 1,4 e 190,9 mg m⁻² de B, Cu e Fe.

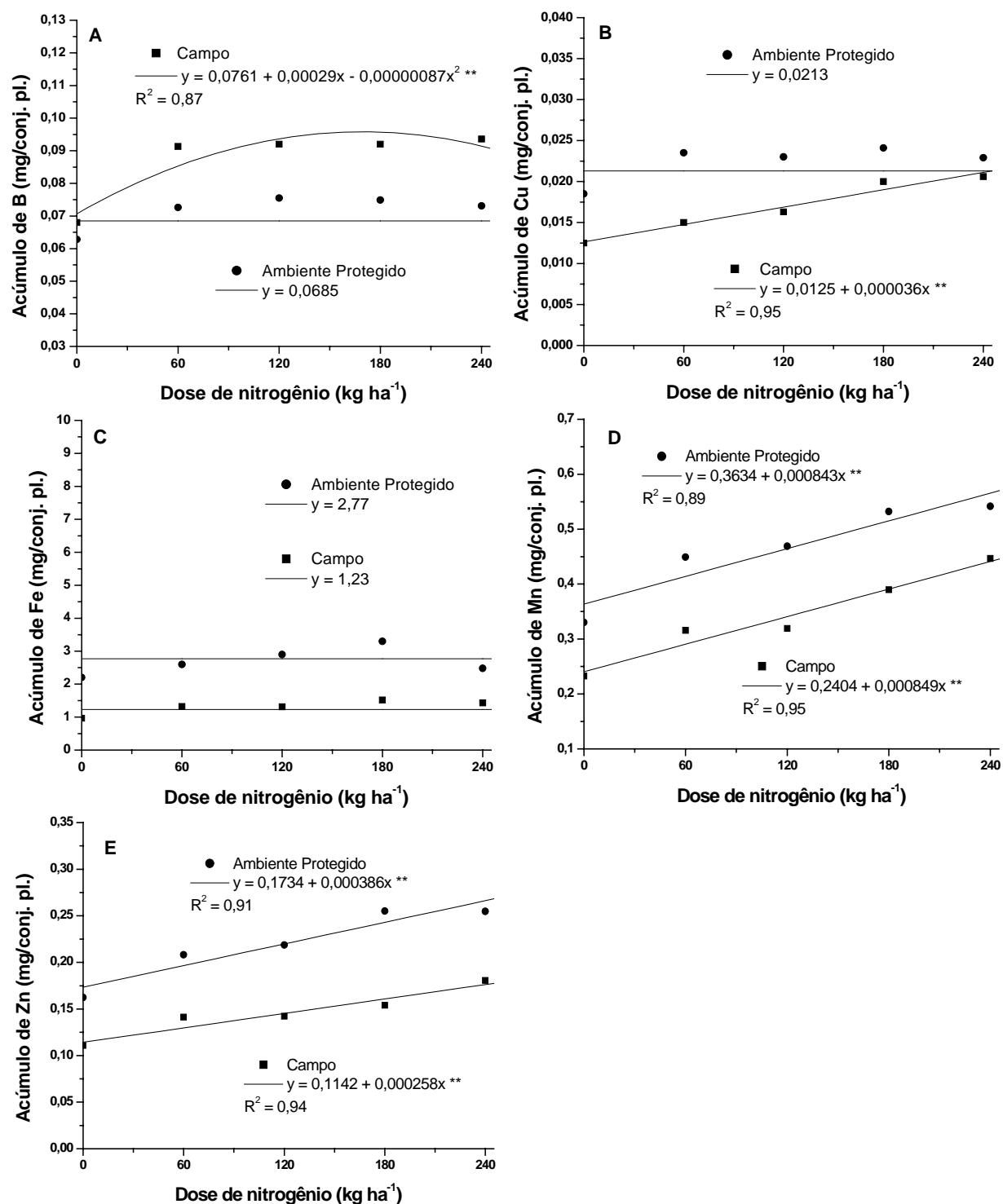


Figura 21. Acúmulo de boro (A), cobre (B), ferro (C), manganês (D) e zinco (E), em rúcula, cv. Folha Larga, em campo e ambiente protegido, no outono/inverno, em função de doses de nitrogênio, aos 37 DAS. FCA-UNESP, Botucatu (SP), 2003.

Os espaçamentos entre plantas, também influenciaram significativamente o acúmulo de nutrientes pelas plantas de rúcula nos dois ambientes (Tabelas 20 e 21). Para N, K, Ca, Mg, S, Cu e Zn nos dois ambientes de cultivo, para P e Mn no ambiente protegido e para B no campo, verificou-se no espaçamento de 0,10 m entre plantas, maiores médias de acúmulo, que diferiram das encontradas nos outros dois espaçamentos. No maior espaçamento, as médias verificadas para P no campo, B e Mn no ambiente protegido e Fe nos dois ambientes de cultivo, diferiram apenas das encontradas no espaçamento de 0,05 m entre plantas.

Tabela 20. Acúmulo de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S), em rúcula, cv. Folha Larga, no campo (C) e ambiente protegido (AP), no outono/inverno, em função do espaçamento entre plantas. FCA-UNESP, Botucatu (SP), 2003.

Trat.	N		P		K		Ca		Mg		S	
	C	AP	C	AP	C	AP	C	AP	C	AP	C	AP
	----- mg/conj. pl. -----											
0,05	131c ¹	145b	19,6b	20,6c	205c	221b	60,7c	70,6c	20,3c	12,4c	16,0c	23,7b
0,07	153b	162b	23,5a	23,4b	233b	248b	69,9b	82,0b	23,4b	14,1b	18,9b	24,2b
0,10	176a	186a	26,1a	26,3a	272a	285a	81,5a	93,0a	27,5a	15,9a	21,4a	27,4a
dms	16,6	19,3	2,6	2,4	25,5	27,4	7,6	10,6	2,9	1,5	2,5	3,5
CV%	13,89	15,02	14,73	13,19	13,80	13,93	13,73	16,66	15,98	13,87	17,00	18,00

¹ Médias na coluna, seguidas de mesma letra, não diferem entre si, pelo teste de Tukey (5% probabilidade).

Tabela 21. Acúmulo de boro (B), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn) e zinco (Zn), em rúcula, cv. Folha Larga, no campo (C) e ambiente protegido (AP), no outono/inverno, em função do espaçamento entre plantas. FCA-UNESP, Botucatu (SP), 2003.

Trat.	B		Cu		Fe		Mn		Zn	
	C	AP	C	AP	C	AP	C	AP	C	AP
	----- mg/conj. pl. -----									
0,05	0,075c	0,064b	0,014b	0,018b	1,0 b	2,2 b	0,27b	0,39b	0,12c	0,18c
0,07	0,087b	0,074a	0,016b	0,022b	1,3 a	2,6 ab	0,35a	0,44b	0,15b	0,21b
0,10	0,099a	0,077a	0,021a	0,026a	1,5 a	3,3 a	0,40a	0,56a	0,17a	0,26a
dms	0,01	0,01	0,003	0,003	0,25	0,76	0,06	0,08	0,015	0,036
CV%	15,30	18,08	23,63	14,59	24,33	36,16	23,20	23,63	13,75	14,37

¹ Médias na coluna, seguidas de mesma letra, não diferem entre si, pelo teste de Tukey (5% probabilidade).

6.2 Experimentos de verão

6.2.1 Dados climáticos

Durante o verão, também se realizou a coleta dos dados meteorológicos, acompanhando-se a variação dentro do ambiente protegido da temperatura ($^{\circ}\text{C}$), umidade relativa do ar (%), radiação global e fotossinteticamente ativa (MJ m^{-2}). No campo monitorou-se a temperatura, a umidade relativa do ar, a radiação global e a pluviosidade (mm).

A Figura 22 apresenta as variáveis climáticas observadas entre 19 de janeiro a 21 de fevereiro de 2004, onde as temperaturas máximas, média e mínima do ar no ambiente protegido apresentaram médias respectivamente de 33,5; 26,2 e 21,2 $^{\circ}\text{C}$ e no campo de 28,2; 21,8 e 17,2 $^{\circ}\text{C}$. A umidade relativa do ar oscilou apresentando máximas, médias e mínimas de 90,2; 76,8 e 57,7% dentro do ambiente protegido e 87,6; 76,4 e 58,6% no campo. A precipitação pluviométrica durante o período experimental totalizou 367,5 mm.

A radiação global externa (campo) atingiu o total de 678 MJ m^{-2} . A radiação dentro do ambiente protegido foi medida por dois pares de sensores, um colocado a 30 cm da lateral direita do ambiente protegido e a 30 cm do solo e outro instalado na mesma distância da lateral esquerda a 80 cm do solo. Verificou-se o total de 458,3 e 479,9 MJ m^{-2} para a radiação global e 216,6 e 221,4 MJ m^{-2} para a radiação fotossinteticamente ativa, respectivamente nos sensores instalados próximos ao lado direito e esquerdo do ambiente protegido.

A temperatura média observada nos dois ambientes de cultivo durante o ciclo de verão esteve acima da faixa ideal de 15 a 18 $^{\circ}\text{C}$ citada por Trani et al. (1992). No ambiente protegido, a temperatura média também ultrapassou a faixa de 22 a 24 $^{\circ}\text{C}$, que é citada por Pimpini & Enzo (1997) como ideal a cultura da rúcula. Entretanto, da mesma maneira que foi observado no ensaio de outono/inverno, por Filgueira (2000) e Gusmão et al. (2003), esses valores não foram limitantes ao cultivo da rúcula.

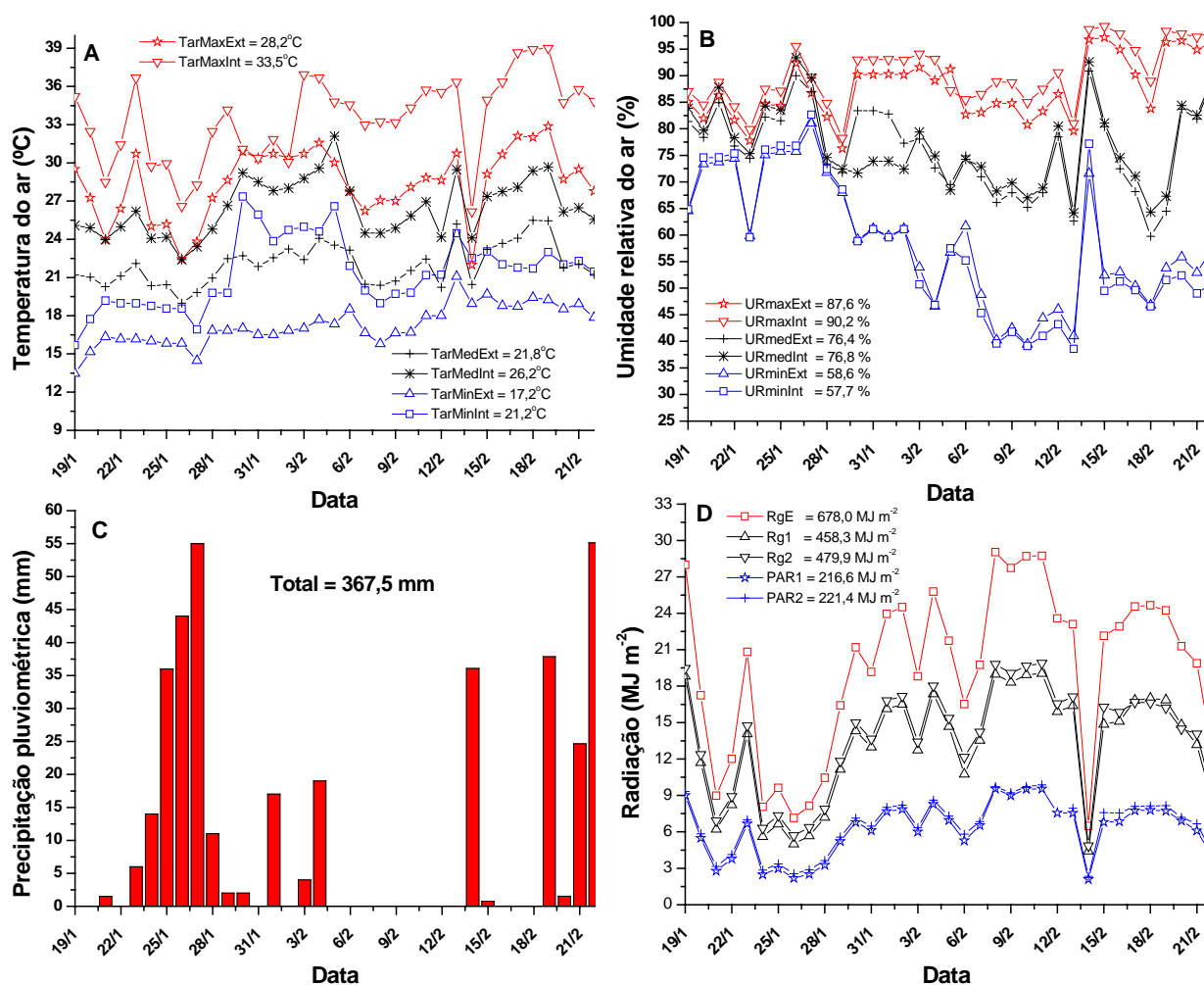


Figura 22. Temperatura (A) e umidade relativa do ar (B) máxima, média e mínima, precipitação pluviométrica (C) e radiação global e fotossinteticamente ativa (D) em campo (Ext) e ambiente protegido (Int), no verão (19/01 a 21/02/2004). Fazenda Experimental São Manuel (SP), 2004.

As médias de temperatura máxima, média e mínima observadas durante o experimento de verão foram maiores que as observadas no experimento de outono/inverno em 7, 17 e 15%, respectivamente, e colaboraram na redução do ciclo da cultura para 33 dias, em comparação aos 37 dias obtidos no experimento realizado nas condições climáticas de outono/inverno. Esse ciclo também foi menor que o observado por Trani et al. (1994) no outono. Provavelmente, o total de radiação global e fotossinteticamente ativa acumulado durante o verão foram superiores ao acumulado no outono/inverno e também responsáveis pela redução do ciclo da cultura em relação ao inverno. Porém, não foi possível a quantificação dessas variáveis no período de outono/inverno.

A alta precipitação pluviométrica durante o ciclo da cultura e sua concentração em curtos períodos de tempo foi prejudicial às plantas cultivadas no campo. O impacto das gotas de chuva nas folhas, bem como a movimentação de partículas de solo, danificaram fisicamente as folhas, atrasando o desenvolvimento da planta e diminuindo a qualidade final do produto, a ponto de no momento da colheita, as folhas não apresentarem bom aspecto para a comercialização, pois estavam coriáceas, amareladas, danificadas e sujas (Figura 23). Condições climáticas onde a alta precipitação pluviométrica impediu o desenvolvimento da rúcula no campo, inviabilizando a avaliação das suas características, são citadas por Pegado et al. (2004) que estudaram a mesma em Belém-PA.

O efeito benéfico do uso do ambiente protegido também foi observado por Pereira et al. (2003) para a rúcula cultivada em túneis de cultivo forçado com diferentes perfurações no filme plástico e no campo. Dentro dos túneis houve menor dificuldade de produção que em condições de campo, devido aos agentes climáticos adversos no verão.

Dessa forma, as plantas cultivadas dentro do ambiente protegido beneficiaram-se de melhores condições climáticas, mais propícias ao seu desenvolvimento, refletindo em maior crescimento, produtividade e qualidade de folhas, enfatizando assim a importância da utilização desse ambiente durante o verão.

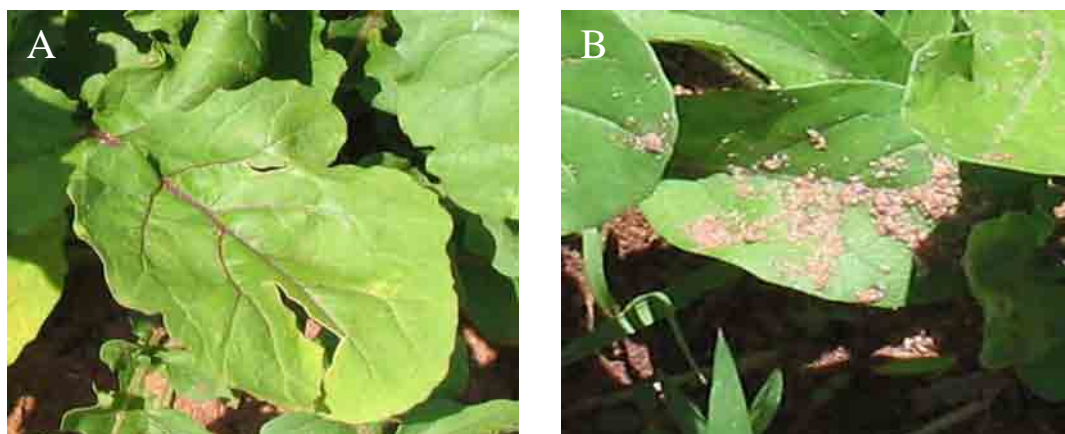


Foto: Purquerio, L. F. V.

Figura 23. Danos físicos (A) e acúmulo de solo (B) em folhas de rúcula causados pela chuva no cultivo de campo, no verão. Fazenda Experimental São Manuel (SP), 2004.

6.2.2 Ciclo e crescimento da rúcula

No verão, da mesma maneira que no outono/inverno, ocorreu lento crescimento da planta no início de seu ciclo vegetativo, com posterior aceleração até a colheita. Através das Figuras 24 e 25, é possível acompanhar esses aumentos para a área foliar e a massa de matéria seca, onde houve bastante semelhança, especialmente para os tratamentos que receberam o fertilizante nitrogenado em cobertura, ocorrendo o mesmo para os espaçamentos.

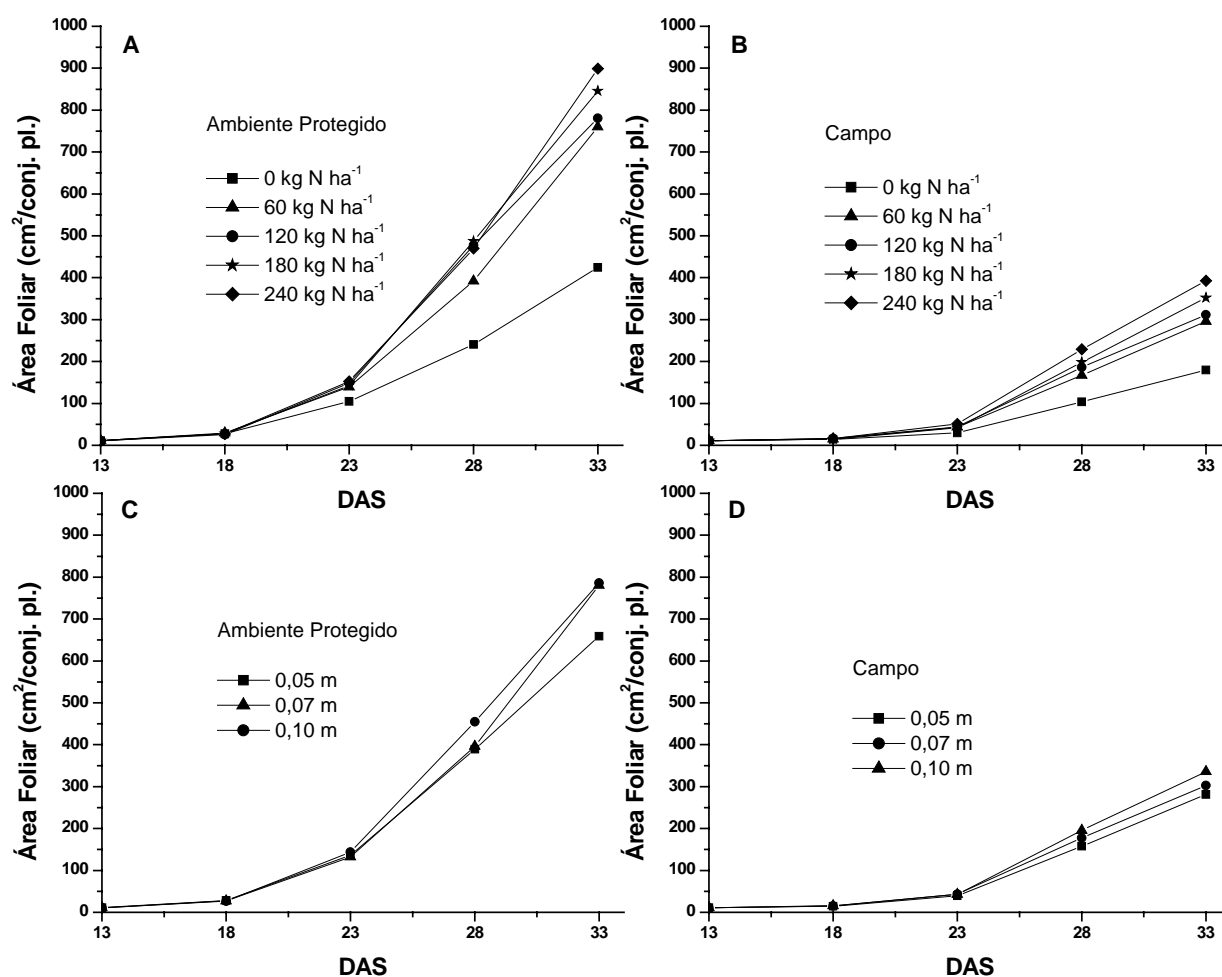


Figura 24. Área foliar das plantas de rúcula, cv. Folha Larga, em função de doses de nitrogênio no ambiente protegido (A) e no campo (B) e em função dos espaçamentos entre plantas no ambiente protegido (C) e no campo (D), do transplante a colheita, no verão. FCA-UNESP, Botucatu (SP), 2004.

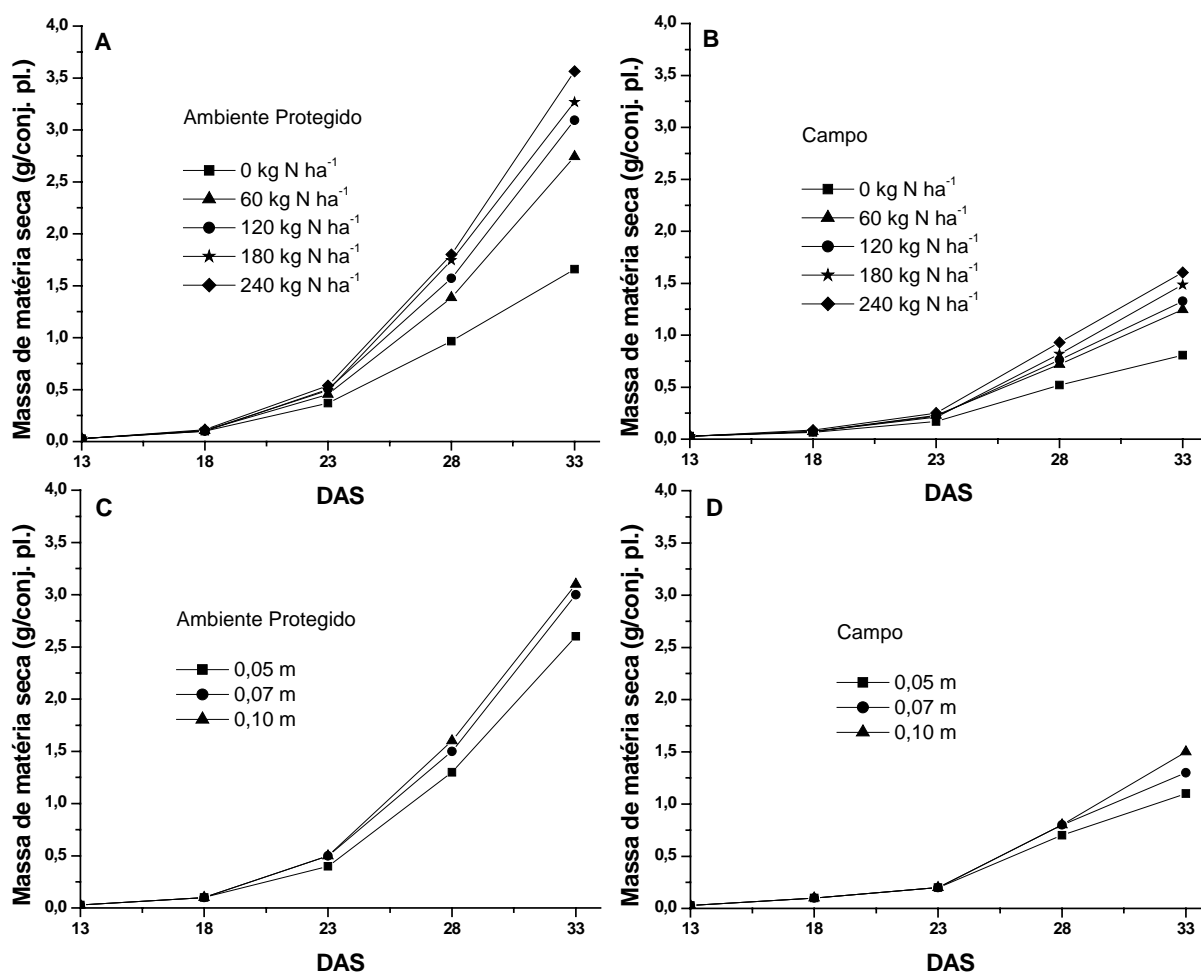


Figura 25. Massa de matéria seca da parte aérea, de plantas de rúcula, cv. Folha Larga, em função de doses de nitrogênio no ambiente protegido (A) e no campo (B) e em função dos espaçamentos entre plantas no ambiente protegido (C) e no campo (D), do transplante a colheita, no verão. FCA-UNESP, Botucatu (SP), 2004.

Nesse período de cultivo, existiu a influência mais drástica dos fatores climáticos, influenciando o desenvolvimento das características da planta ao longo do ciclo vegetativo. Já no início do período experimental, as altas precipitações (Figura 22), contribuíram para o retardamento do desenvolvimento das plantas cultivadas em campo, sendo que a partir dos 23 DAS a diferença na área foliar e na massa de matéria seca das plantas cultivadas nos diferentes ambientes já estavam bem evidentes (Figuras 24 e 25). Essas diferenças intensificaram-se ao longo do ciclo, independentemente das doses de nitrogênio ou dos espaçamentos utilizados.

Nos dois ambientes de cultivo, dos 23 aos 28 DAS, a área foliar e a massa de matéria seca mais que dobraram em todos os tratamentos e dos 28 aos 33 DAS quase dobraram novamente, indicando que a partir de 23 DAS ocorre o maior crescimento vegetativo da planta. Dessa maneira, seria interessante se concentrar a aplicação dos fertilizantes nitrogenados em cobertura próxima a esse período, independentemente do ambiente de cultivo. Pois, segundo Coutinho et al. (1993), para as hortaliças, é interessante que uma pequena parte do nitrogênio seja aplicada na sementeira e o restante distribuído em cobertura, em uma ou mais vezes, coincidindo com o período de maior exigência da cultura.

6.2.3 Características avaliadas

Por ocasião da colheita, para a altura, área foliar, massa de matéria fresca e seca não se observou efeito significativo da interação entre doses de nitrogênio e espaçamento entre plantas nos dois ambientes de cultivo como pode ser observado através do resumo das análises de variância (Tabelas 22 e 23). Porém, dependendo da característica, houve efeito isolado dos tratamentos.

Tabela 22. Resumo das análises de variância da altura de plantas, área foliar, massa de matéria fresca (MMF) e seca (MMS) da parte aérea e produtividade, na colheita, em campo, no verão. FCA-UNESP, Botucatu (SP), 2004.

Causas de Variação	G L	Quadrados médios				
		Campo				
		Altura	Área foliar	MMF	MMS	Produtividade
Blocos	3	5,36 ^{ns}	7612,27 [*]	12,80 ^{ns}	0,06 ^{ns}	0,03 ^{ns}
Nitrogênio (N)	4	7,46 [*]	76965,77 ^{**}	302,61 ^{**}	2,01 ^{**}	1,11 ^{**}
Resíduo (a)	12	2,21	2042,49	8,79	0,22	0,03
(Parcelas)	19					
Espaçamento(E)	2	1,45 ^{ns}	15038,52 ^{**}	82,62 ^{**}	3,90 ^{**}	0,67 ^{**}
Int. N x E	8	1,33 ^{ns}	1601,51 ^{ns}	5,80 ^{ns}	0,08 ^{ns}	0,02 ^{ns}
Resíduo (b)	30	1,57	1613,62	5,43	0,18	0,02
CV parcela	---	10,98	14,75	16,75	14,69	14,75
CV sub-parcela	---	9,25	13,11	13,16	13,16	12,73

** Significativo a 1% de probabilidade; * significativo a 5% de probabilidade; ^{ns} não significativo pelo teste F.

Tabela 23. Resumo das análises de variância da altura de plantas, área foliar, massa de matéria fresca (MMF) e seca (MMS) da parte aérea e produtividade, na colheita, em ambiente protegido, no verão. FCA-UNESP, Botucatu (SP), 2004.

Causas de Variação	G L	Quadrados médios				
		Ambiente Protegido				
		Altura	Área foliar	MMF	MMS	Produtividade
Blocos	3	96,72 **	132586,25 **	592,71 **	0,74 *	1,90 **
Nitrogênio (N)	4	38,74 *	413842,00 **	1980,16 **	6,51 **	6,50 **
Resíduo (a)	12	10,18	18858,40	87,45	0,14	0,31
(Parcelas)	19					
Espaçamento(E)	2	1,25 ns	103657,07 **	483,45 **	1,44 **	7,59 **
Int. N x E	8	1,14 ns	4761,76 ns	49,53 ns	0,26 ns	0,24 *
Resíduo (b)	30	3,17	6737,01	27,14	0,13	0,09
CV parcela	---	14,43	18,51	20,71	13,24	21,41
CV sub-parcela	---	8,05	11,06	11,54	12,69	11,93

** Significativo a 1% de probabilidade; * significativo a 5% de probabilidade; ns não significativo pelo teste F.

6.2.3.1 Altura

Com o aumento das doses de nitrogênio, houve aumento linear na altura das plantas cultivadas no ambiente protegido e polinomial quadrático na altura das plantas cultivadas a campo. As doses estimadas de 161,4 kg ha⁻¹ no cultivo de campo e 240,0 kg ha⁻¹ no ambiente protegido corresponderam as maiores alturas encontradas de 14,2 e 24,0 cm, respectivamente (Figura 26).

No ambiente protegido, a maior altura estimada das plantas encontra-se acima dos 15 a 20 cm considerados como padrão ideal de altura (MINAMI & TESSARIOLI NETO, 1998). Já no cultivo de campo, em nenhuma das doses de nitrogênio utilizadas observou-se plantas que ultrapassassem os 15 cm de altura citados.

As maiores alturas verificadas nos dois ambientes de cultivo foram inferiores as observadas por Pereira et al. (2003), num dos poucos estudos feitos com a rúcula no verão, comparando ambientes de cultivo. Os autores verificaram 24,5 cm no campo e 27,0 cm no túnel de cultivo forçado, com 15% de perfuração no filme plástico. As alturas observadas no presente estudo, nos dois ambientes de cultivo, também se mostraram inferiores aos 24,8 e 29,7 cm obtidos no campo e no ambiente protegido, respectivamente, no período de outono/inverno.

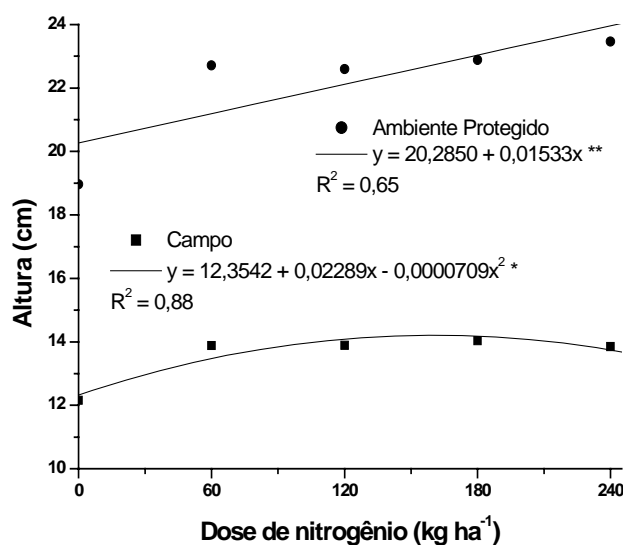


Figura 26. Altura das plantas de rúcula, cv. Folha Larga, em campo e ambiente protegido no verão, em função de doses de nitrogênio, aos 33 DAS. FCA-UNESP, Botucatu (SP), 2004.

A diferença entre as maiores alturas de plantas cultivadas no campo e no ambiente protegido no verão foi mais drástica que no outono/inverno, devido aos fatores ambientais. No verão, essa totalizou 9,8 cm, enquanto no outono/inverno foi apenas de 4,9 cm.

Da mesma forma que ocorreu na experimentação de outono/inverno e no estudo de Reghin et al. (2004b), o espaçamento entre plantas não influenciou significativamente a altura nos dois ambientes de cultivo (Tabelas 22 e 23). Observaram-se médias de 13,5 e 22,1 cm para as plantas cultivadas em campo e ambiente protegido, respectivamente. Essas médias estão abaixo no campo e acima no ambiente protegido da faixa padrão de altura de 15 a 20 cm, citada para a cultura (MINAMI & TESSARIOLI NETO, 1998).

6.2.3.2 Área foliar

Com o incremento das doses de nitrogênio ocorreu aumento polinomial quadrático na área foliar das plantas cultivadas nos dois ambientes até as doses estimadas de 240,0 e 203,6 kg ha⁻¹, respectivamente no campo e no ambiente protegido, correspondentes aos valores estimados de 385,3 e 888,5 cm² por conjunto de plantas (Figura 27).

Na literatura consultada não existem estudos com a rúcula relacionando área foliar, massa de matéria fresca e seca, ou produtividade com adubação nitrogenada no período de verão, porém como já se discutiu no outono/inverno, o aumento da área foliar acompanhou o incremento nas doses de nitrogênio.

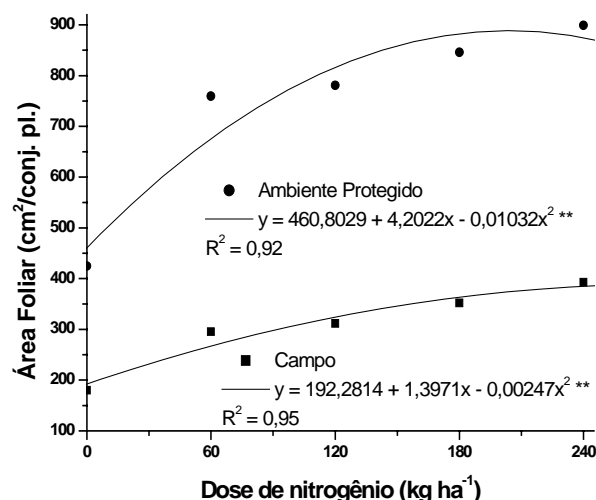


Figura 27. Área foliar das plantas de rúcula, cv. Folha Larga, em campo e ambiente protegido no verão, em função de doses de nitrogênio, aos 33 DAS. FCA-UNESP, Botucatu (SP), 2004.

No ambiente protegido a maior área foliar estimada de 888,5 cm² por conjunto de plantas verificada na dose de 203,6 kg ha⁻¹, foi inferior aos 1034,1 cm² obtidos no outono/inverno, porém com uma dose de nitrogênio menor de 190,7 kg ha⁻¹.

No cultivo de campo, as condições climáticas interferiram muito nas plantas danificando as folhas e reduzindo o ganho de área foliar. Dessa forma, na colheita, os valores estimados nesse ambiente, independentemente da dose de fertilizante utilizado, foram muito inferiores aos encontrados no ambiente protegido. Já Pereira et al. (2004), verificaram falta de diferença estatística entre as plantas cultivadas dentro de túnel de cultivo forçado com 5% de perfuração no filme plástico e no campo, no verão, porém não propriamente com a área foliar, mas com o comprimento e largura das folhas.

O espaçamento entre plantas nos dois ambientes de cultivo também causou diferença significativa na área foliar (Tabelas 22 e 23). No espaçamento de 0,10 m, as

plantas cultivadas no campo apresentaram maior média de área foliar (335,7 cm² por conjunto de plantas), diferindo das cultivadas nos outros dois espaçamentos (0,07 e 0,05 m), que apresentaram médias de 281,3 e 302,5 cm² por conjunto de plantas, que não diferiram entre si (Tabela 24). No ambiente protegido, a média de 786,2 cm² por conjunto de plantas, verificada com 0,10 m entre plantas diferiu apenas dos 659,2 cm² por conjunto de plantas verificados com 0,05 m. Essa área foliar mostrou-se inferior aos 986,1 cm² observados por Pegado et al. (2004) na densidade de 81 plantas m⁻².

Tabela 24. Altura e área foliar de plantas de rúcula, cv. Folha Larga, em campo e ambiente protegido (AP), no verão, em função do espaçamento entre plantas. FCA-UNESP, Botucatu (SP), 2004.

Tratamento	Altura		Área Foliar	
	Campo ----- cm -----	AP -----	Campo ----- cm ² /conj. pl. -----	AP -----
0,05 m	13,6 a ¹	22,4 a	281,3 b	659,2 b
0,07 m	13,8 a	22,0 a	302,5 b	780,9 a
0,10 m	13,3 a	21,9 a	335,7 a	786,2 a
dms	0,98	1,39	31,34	64,05
CV%	9,25	8,05	13,11	11,06

¹ Médias na coluna, seguidas de mesma letra, não diferem entre si, pelo teste de Tukey (5% probabilidade).

6.2.3.3 Massa de matéria fresca e seca

A massa de matéria fresca das plantas dos dois ambientes apresentou resposta polinomial quadrática com o aumento das doses de nitrogênio até 240,0 kg ha⁻¹ no campo e 200,9 kg ha⁻¹ no ambiente protegido, correspondentes a 22,6 e 55,2 g por conjunto de plantas, respectivamente (Figura 28).

A maior massa de matéria fresca observada no ambiente protegido foi um pouco inferior a 56,4 g por conjunto de plantas observada no outono/inverno, porém com a dose de 216,3 kg ha⁻¹.

No campo, a maior massa de matéria fresca obtida foi pequena quando comparada à verificada no ambiente protegido. O valor de 22,6 g por conjunto de plantas observado com o uso da maior dose de nitrogênio em cobertura se mostrou inferior ao

verificado no ambiente protegido na ausência de adubação de cobertura (tratamento testemunha).

Da mesma maneira que no outono/inverno, no verão também se resalta a importância da adubação nitrogenada de cobertura na rúcula, visto que no ambiente protegido sua ausência gerou plantas com menor massa de matéria fresca, quando comparadas as plantas obtidas com o uso dessa adubação.

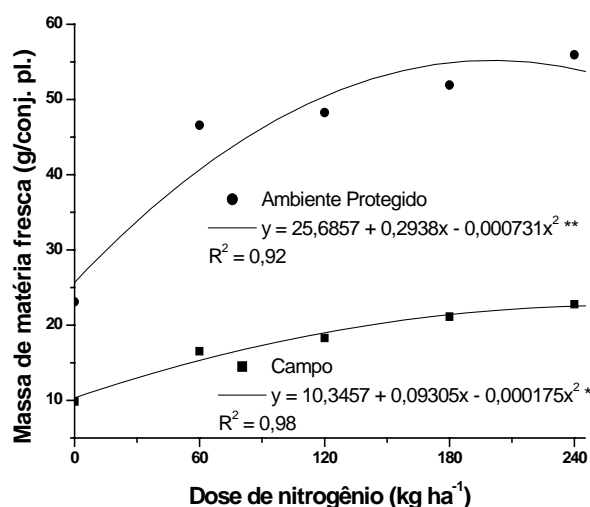


Figura 28. Massa fresca das plantas de rúcula, cv. Folha Larga, em campo e ambiente protegido, no verão, em função de doses de nitrogênio, aos 33 DAS. FCA-UNESP, Botucatu (SP), 2004.

Houve resposta positiva das doses de nitrogênio sobre a massa de matéria seca das plantas onde ocorreu aumento até a dose de 240,0 kg ha⁻¹ no campo e 223,5 kg ha⁻¹ no ambiente protegido, correspondentes a 1,6 e 3,5 g por conjunto de plantas, respectivamente (Figura 29).

Sabe-se que o aumento da área foliar ou do dossel fotossintético tem como objetivo facilitar gradualmente a capacidade do vegetal em aproveitar energia solar e que essa está relacionada com a geração de fotoassimilados e conseqüentemente com a geração de massa de matéria seca. Dessa forma, com a pequena área foliar encontrada nas plantas do campo (Figura 27), a massa de matéria seca também se encontrou reduzida.

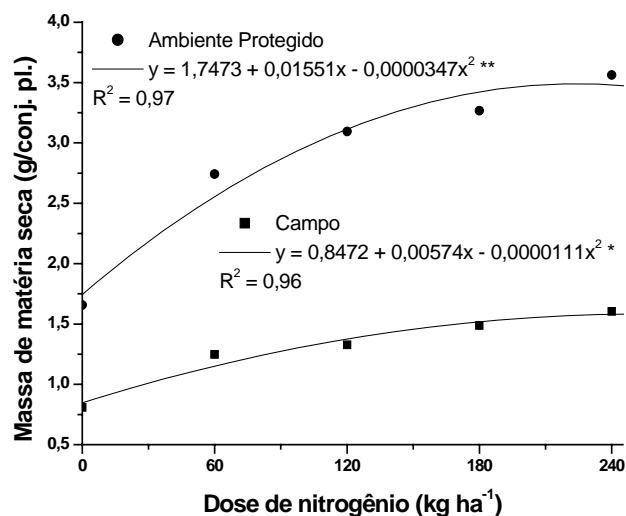


Figura 29. Massa seca das plantas de rúcula, cv. Folha Larga, em campo e ambiente protegido, no verão, em função de doses de nitrogênio, aos 33 DAS. FCA-UNESP, Botucatu (SP), 2004.

A massa de matéria fresca e seca das plantas cultivadas nos dois ambientes apresentou diferença estatística significativa quando submetida ao espaçamento entre plantas (Tabelas 22 e 23). No campo, os valores de 19,7 e 1,5 g por conjunto de plantas de massa de matéria fresca e seca, verificados com 0,10 m, foram os maiores, diferindo de 17,7 e 1,3 g por conjunto de plantas, observados com 0,07 m e dos 15,7 e 1,1 g por conjunto de plantas com 0,05 m (Tabela 25). No ambiente protegido, no maior espaçamento utilizado, verificou-se 48,5 e 3,1 g por conjunto de plantas, que diferiram estatisticamente apenas dos 39,5 e 2,6 g por conjunto de plantas, verificados no menor espaçamento.

A pequena massa de matéria fresca verificada no campo está de acordo com Pegado et al. (2004), que no verão, em função da alta precipitação, não conseguiu chegar a colher a rúcula. No ambiente protegido (túnel), esses autores verificaram massa de matéria fresca de 27,7 g planta⁻¹, na densidade de 81 plantas m⁻². Esse valor foi inferior aos 39,5 g por conjunto de plantas observado com 0,05 m entre plantas (80 conjuntos de plantas m⁻²), no presente estudo. Ressalta-se que Pegado et al. (2004) não especificam se coletaram apenas uma planta ou um conjunto de plantas para a avaliação.

Tabela 25. Massa de matéria fresca (MMF) e seca (MMS) em campo e ambiente protegido (AP) e produtividade no campo, de plantas de rúcula, cv. Folha Larga, no verão, em função do espaçamento entre plantas. FCA-UNESP, Botucatu (SP), 2004.

Tratamento	MMF		MMS		Produtividade	
	Campo	AP	Campo	AP	Campo	
	----- g/conj. pl. -----					--- kg m ⁻² ---
0,05 m	15,7 c ¹	39,5 b	1,1 c	2,6 b	1,2 a ¹	
0,07 m	17,7 b	47,5 a	1,3 b	3,0 a	1,0 b	
0,10 m	19,7 a	48,5 a	1,5 a	3,1 a	0,8 c	
dms	1,81	4,06	0,13	0,28	0,16	
CV%	13,16	11,54	12,73	13,82	13,16	

¹ Médias na coluna, seguidas de mesma letra, não diferem entre si, pelo teste de Tukey (5% probabilidade).

6.2.3.4 Produtividade

A produtividade não apresentou efeito significativo da interação entre doses de nitrogênio e espaçamento entre plantas na colheita para as plantas cultivadas em campo, porém observou-se essa resposta para as plantas no ambiente protegido (Tabelas 22 e 23). Nesse ambiente, ocorreu aumento linear na produtividade para o espaçamento de 0,05 m entre plantas até a dose de 240 kg ha⁻¹, correspondendo a uma produtividade estimada de 4,3 kg m⁻² (Figura 30). No espaçamento de 0,05 m (80 conjuntos plantas m⁻²), o aumento nas doses até o máximo de 240 kg ha⁻¹ de nitrogênio foi interessante para que o maior número de plantas existentes conseguissem expressar seu potencial produtivo.

Para os espaçamentos de 0,07 e 0,10 m ocorreu aumento polinomial quadrático na produtividade com as doses crescentes de nitrogênio, se estabilizando em 167,3 e 227 kg ha⁻¹ de nitrogênio, correspondentes a 3,2 e 2,4 kg m⁻², respectivamente. Acima das doses citadas ocorreu decréscimo na produtividade, demonstrando efeito negativo do nitrogênio (Figura 30). Nesses espaçamentos o menor número de plantas existentes tiveram a sua disposição maior quantidade de nitrogênio, porém os processos de absorção iônica e metabolismo celular do nitrogênio provavelmente chegaram ao limite, diminuindo a resposta produtiva.

O resultado de interação dos tratamentos observado para as plantas cultivadas no ambiente protegido pode ser justificado em parte por Coutinho et al. (1993). Esses citam que a densidade de plantas afeta a curva de resposta à adubação nitrogenada.

Portanto, nota-se que no ambiente protegido, onde houve a interação entre os tratamentos, deve-se procurar utilizar maior quantidade de nitrogênio em cobertura aplicado via fertirrigação à medida que se aumentar a densidade de plantas.

No ambiente protegido, na dose de 120 kg ha⁻¹, recomendada por Trani & Raij (1996) para a rúcula com 0,05 m de espaçamento entre plantas (80 conjuntos de plantas m⁻²), foi observada a produtividade de 3,2 kg ha⁻¹. Pereira et al. (2003) e Pegado et al. (2004) observaram produtividades maiores e menores, 3,8 e 2,1 kg ha⁻¹, trabalhando com túneis baixos no verão, com a mesma adubação e densidades de 67 e 81 plantas m⁻², respectivamente.

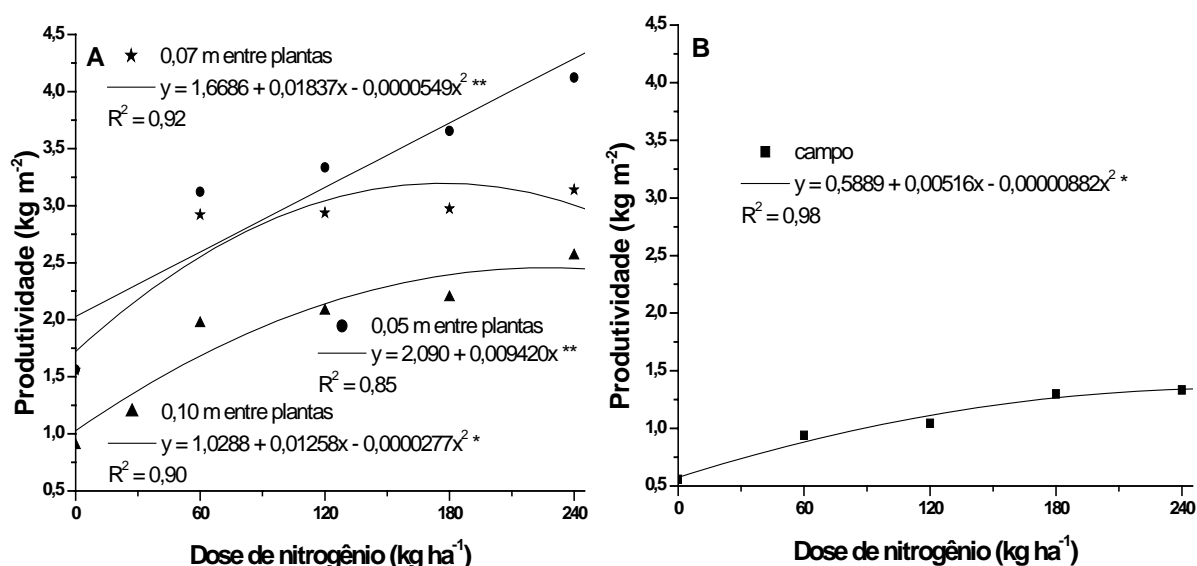


Figura 30. Produtividade de rúcula, cv. Folha Larga, no ambiente protegido (A) e no campo (B), no verão, em função de doses de nitrogênio, aos 33 DAS. FCA-UNESP, Botucatu (SP), 2004.

As plantas cultivadas no campo apresentaram resposta polinomial quadrática com o aumento das doses de nitrogênio. A maior produtividade estimada foi de 1,3 kg m⁻² com o uso de 240 kg ha⁻¹ de nitrogênio. Essa produtividade foi inferior à verificada por Pereira et al. (2003) de 2,3 kg m⁻² no campo em ensaio feito no verão e superior a inviabilidade de produção em consequência da alta precipitação citada por Pegado et al. (2003).

No cultivo de campo, a maior produtividade obtida com os tratamentos estudados foi insatisfatória. Além disso, as plantas apresentaram-se pequenas e danificadas,

restringindo sua comercialização. Dessa forma, a produção de rúcula no campo, nas condições estudadas, torna-se muito pouco viável, principalmente se for comparada a produtividade atingida no ambiente protegido.

No ambiente protegido, a menor produtividade observada ($1,0 \text{ kg m}^{-2}$) na ausência de nitrogênio em cobertura e no espaçamento 0,10 m mostrou-se muito próxima ao melhor resultado obtido no campo de $1,3 \text{ kg m}^{-2}$, ou seja, no cultivo protegido com uma economia de mais de 200 kg ha^{-1} de nitrogênio, atingiu-se uma produtividade muito próxima a máxima verificada no campo (Figura 30). Na dose de 240 kg ha^{-1} , na média dos espaçamentos, a produtividade no ambiente protegido foi 2,6 vezes superior que no campo, concordando com Cermeño (1990), que cita que a produtividade dentro deste pode chegar a ser duas à três vezes superior a observada no campo, além da qualidade superior.

As médias de produtividade de rúcula obtidas em campo, quando analisadas em função dos espaçamentos entre plantas diferiram estatisticamente (Tabelas 22 e 23). A maior média verificada nas plantas cultivadas em campo foi de $1,2 \text{ kg m}^{-2}$ com 0,05 m entre plantas. Essa diferiu de $1,0 \text{ kg m}^{-2}$, verificado com o espaçamento de 0,07 m e de $0,8 \text{ kg m}^{-2}$ com 0,10 m (Tabela 25).

A escolha de uma dose de nitrogênio para a adubação da rúcula deve satisfazer um conjunto de características. Se apenas a maior produtividade for adotada como critério para a sua escolha, sugere-se nas condições experimentais de verão o uso de 240; 167,3 e 227 kg ha^{-1} de nitrogênio nos espaçamentos de 0,05; 0,07 e 0,10 m entre plantas no ambiente protegido. No campo, em função das condições ambientais, houve grande redução nas características avaliadas, de maneira que não se recomenda a produção de rúcula nesse ambiente. Entretanto, a dose de 240 kg ha^{-1} de nitrogênio foi a que possibilitou a maior produtividade.

6.2.3.5 Quantidade de água na parte aérea e peso específico foliar

A quantidade de água na parte aérea e o peso específico foliar não apresentaram efeito significativo da interação entre doses de nitrogênio e espaçamento entre plantas nos dois ambientes de cultivo (Tabela 26). Entretanto, com o incremento nas doses de

nitrogênio houve aumento polinomial quadrático na quantidade de água na parte aérea das plantas dos dois ambientes e redução linear no peso específico foliar.

Nas doses estimadas de 199,4 e 240 kg ha⁻¹ no ambiente protegido e no campo, respectivamente, observou-se valores estimados de 51,7 e 20,9 g de água por conjunto de plantas (Figura 31). A maior quantidade de água observada no ambiente protegido, de 51,7 g por conjunto de plantas foi um pouco inferior aos 52,3 g por conjunto de plantas observado no mesmo ambiente, no outono/inverno.

Tabela 26. Resumo das análises de variância da quantidade de água na parte aérea (QAPA), peso específico foliar (PEF) e teor de nitrato no extrato foliar (N-NO₃⁻), em campo e ambiente protegido, no verão. FCA-UNESP, Botucatu (SP), 2004.

Causas de Variação	G L	Quadrados médios					
		----- Campo -----			----- Ambiente Protegido -----		
		QAPA	PEF ¹	N-NO ₃ ⁻	QAPA	PEF	N-NO ₃ ⁻
Blocos	3	11,3 ^{ns}	0,0000*	832422,2*	555,5 ^{**}	0,0000 ^{ns}	102387,8 ^{ns}
Nitrogênio (N)	4	269,3 ^{**}	0,0000*	2912734 ^{**}	1764,5 ^{**}	0,0000 ^{**}	2233500,4 ^{**}
Resíduo (a)	12	7,9	0,0000	175307,8	84,4	0,0000	106659,8
(Parcelas)	19						
Espaçamento(E)	2	68,6 ^{**}	0,0000 ^{ns}	13010,8 ^{ns}	433,8 ^{**}	0,0000 ^{ns}	2460,8 ^{ns}
Int. N x E	8	5,2 ^{ns}	0,0000 ^{ns}	38180,7 ^{ns}	43,5 ^{ns}	0,0000 ^{ns}	6254,1 ^{ns}
Resíduo (b)	30	4,7	0,0000	18325,3	24,6	0,0000	15078,7
CV parcela	---	17,15	7,42	32,55	21,73	7,98	28,81
CV sub-parcela	---	13,30	10,47	10,53	11,73	9,50	10,83

** Significativo a 1% de probabilidade; * significativo a 5% de probabilidade; ^{ns} não significativo pelo teste F.

¹ O programa possui precisão de apenas quatro casas decimais.

A quantidade de água na parte aérea, observada nas plantas cultivadas em campo, foi aproximadamente 2,5 vezes menor quando comparado ao das plantas cultivadas no ambiente protegido nas respectivas doses de nitrogênio que permitiram a maior expressão dessa variável nos dois ambientes de cultivo. O valor de 20,9 g de água por conjunto de plantas, verificado com a maior dose de nitrogênio no campo, foi inferior aos 23,9 g de água por conjunto de plantas observado na ausência de nitrogênio em cobertura no ambiente protegido (Figura 31).

As plantas cultivadas nos dois ambientes apresentaram valores percentuais de água na parte aérea variando entre 92,8 a 94,1 no ambiente protegido e de 91,8 a 93% no campo, entre a dose testemunha e 240 kg ha⁻¹ de nitrogênio (Figura 32).

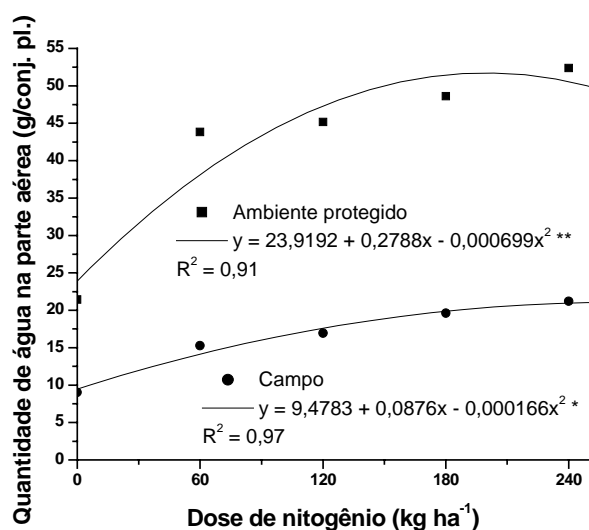


Figura 31. Quantidade de água na parte aérea de rúcula, cv. Folha Larga, em campo e ambiente protegido, no verão, em função de doses de nitrogênio, aos 33 DAS. FCA-UNESP, Botucatu (SP), 2004.

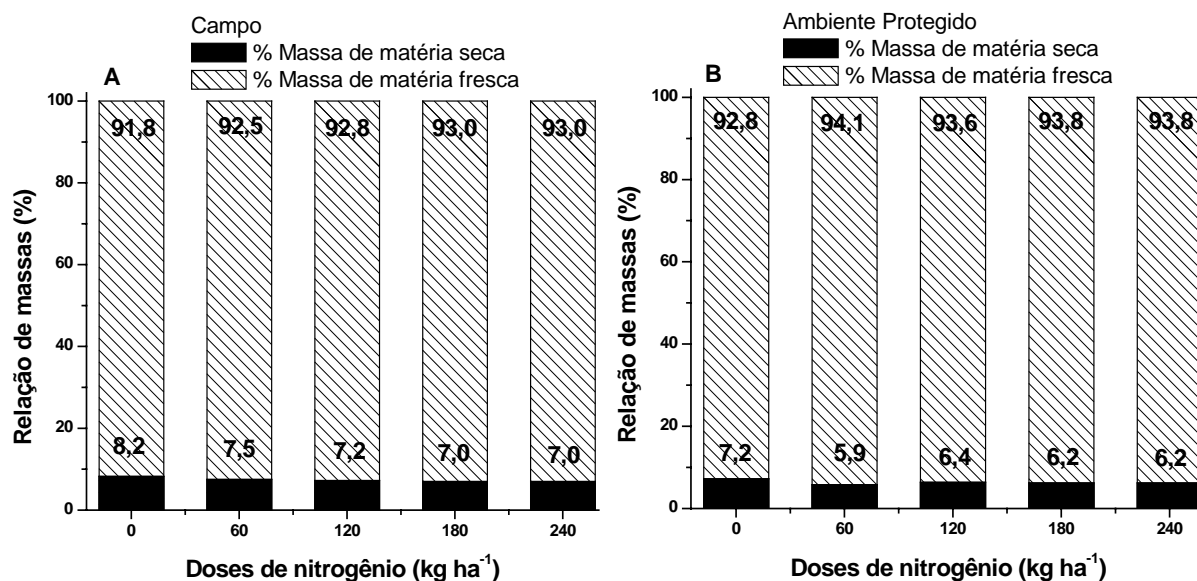


Figura 32. Massa de matéria seca de rúcula em relação a fresca, cv. Folha Larga, em campo (A) e ambiente protegido (B), no verão, em função de doses de nitrogênio, aos 33 DAS. FCA-UNESP, Botucatu (SP), 2004.

Para o peso específico foliar, verificou-se na dose estimada de 240 kg ha⁻¹ valores estimados de 0,0041 e 0,0037 g cm⁻² por conjunto de plantas, no campo e no ambiente protegido respectivamente (Figura 33). Essa redução ocorreu em função da maior

expansão foliar ocorrida com o aumento das doses de nitrogênio. Como já foi citado anteriormente, através do peso específico da folha tem-se uma estimativa da sua espessura (BENINCASA, 1988). Portanto, é possível que a espessura estimada da folha, tenha diminuído com o aumento das doses de nitrogênio nos dois ambientes de cultivo.

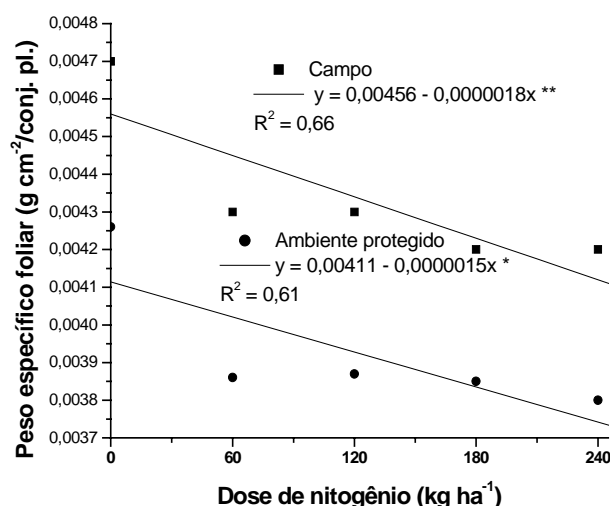


Figura 33. Peso específico foliar de rúcula, cv. Folha Larga, em campo e ambiente protegido, no verão, em função de doses de nitrogênio, aos 33 DAS. FCA-UNESP, Botucatu (SP), 2004.

Apesar da diferença percentual na quantidade de água verificada entre as doses de nitrogênio não ultrapassar 1,3% e entre ambientes dentro da mesma dose não ultrapassar 1,7% (Figura 32), foi sentido através do tato que as folhas das plantas cultivadas com maiores doses de nitrogênio e no ambiente protegido eram mais tenras.

Ressalta-se que, no verão, a diferença sentida através do tato entre as plantas cultivadas no campo e no ambiente protegido foi maior que a sentida no cultivo de outono/inverno, de maneira que as folhas das plantas, cultivadas em campo apresentaram-se mais grossas e coriáceas.

No verão, na dose de 240 kg ha⁻¹ de nitrogênio, as plantas cultivadas no campo e no ambiente protegido, respectivamente, apresentaram maior peso foliar específico (0,0041 e 0,0037 g cm⁻² por conjunto de plantas) que as cultivadas no outono/inverno (0,0034 e 0,0033 g cm⁻² por conjunto de plantas), indicando que a estação

climática também influencia nessa característica pela quantidade de radiação, de maneira que no outono/inverno com a menor quantidade dela, verificou-se plantas com folhas mais finas.

Levando-se em consideração que folhas mais tenras são mais interessantes para o consumo e que o menor peso foliar específico e a maior quantidade de água na parte aérea podem funcionar como indicativos para essa finalidade, as plantas cultivadas com as maiores doses de nitrogênio e no ambiente protegido, em detrimento do campo, são mais interessantes qualitativamente.

Apenas as médias de quantidade de água na parte aérea apresentaram resposta em função dos espaçamentos entre plantas (Tabela 26). A maior quantidade de água observada foi de 18,2 e 45,4 g por conjunto de plantas, respectivamente para as plantas no campo e no ambiente protegido, com espaçamento de 0,10 m entre plantas. Estas médias diferiram significativamente das médias encontradas no espaçamento de 0,05 m que foram de 14,5 e 36,9 g por conjunto de plantas (Tabela 27).

Tabela 27. Quantidade de água na parte aérea (QAPA), peso específico foliar (PEF) e teor de nitrato na seiva ($N-NO_3^-$) em rúcula, cv. Folha Larga, no campo e no ambiente protegido (AP), no verão, em função do espaçamento entre plantas. FCA-UNESP, Botucatu (SP), 2004.

Tratamento	QAPA		PEF		$N-NO_3^-$	
	Campo ----- g/conj. pl. -----	AP -----	Campo --- g cm ⁻² /conj. pl. ---	AP ---	Campo ----- mg kg ⁻¹ -----	AP -----
0,05 m	14,5 c ¹	36,9 b	0,0042 a	0,0038 a	1270 a	1140 a
0,07 m	16,4 b	44,5 a	0,0043 a	0,0040 a	1260 a	1130 a
0,10 m	18,2 a	45,4 a	0,0045 a	0,0040 a	1320 a	1120 a
dms	1,70	3,87	0,0004	0,0003	125,1	113,5
CV%	13,30	11,73	10,47	9,50	10,53	10,83

¹ Médias na coluna, seguidas de mesma letra, não diferem entre si, pelo teste de Tukey (5% probabilidade).

6.2.3.6 Teor de nitrato no extrato foliar

Um dia antes da colheita, aos 32 DAS, não se observou efeito significativo da interação entre doses de nitrogênio e espaçamento entre plantas no teor de nitrato no extrato foliar das plantas (Tabela 26). Porém, o aumento nas doses de nitrogênio proporcionou incremento linear no teor de nitrato, onde se observou 1966 e 1744 mg kg⁻¹ de

N-NO_3^- nas plantas cultivadas em campo e em ambiente protegido, respectivamente (Figura 34).

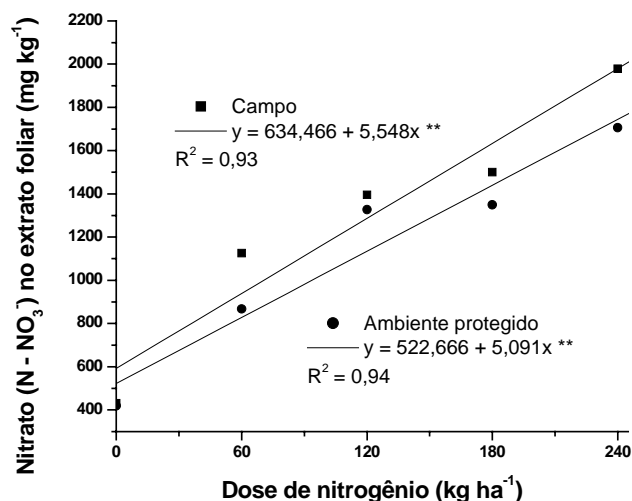


Figura 34. Teor de nitrato no extrato foliar de folhas de rúcula, cv. Folha Larga, em campo e ambiente protegido, no verão, em função de doses de nitrogênio, aos 33 DAS. FCA-UNESP, Botucatu (SP), 2004.

Na literatura consultada não existe nenhum trabalho com a rúcula relacionando o teor de nitrato foliar com adubação nitrogenada no período de verão. Também não existe uma faixa de teor de nitrato nas folhas definida como adequada. Entretanto, os maiores teores observados nos dois ambientes de cultivo encontram-se abaixo da faixa de 3500 mg kg^{-1} de nitrato na massa fresca indicada por McCall & Willumsen (1998) como limite para a alface cultivada no verão.

Dessa forma, as doses de nitrogênio em cobertura superiores a dose de 120 kg ha^{-1} recomendada por Trani & Rajj (1996), para o cultivo de rúcula, que proporcionaram maiores produtividades nos dois ambientes de cultivos, podem ser utilizadas no cultivo de rúcula em condições semelhantes às estudadas, pois possivelmente não apresentaram teores de nitrato foliar acima do permitido ao consumo humano.

As plantas cultivadas em campo foram influenciadas pelos fatores climáticos, apresentando maior teor de nitrato no extrato foliar que as cultivadas em ambiente protegido, onde na maior dose de nitrogênio utilizada, observou-se diferença de aproximadamente 12,7% no teor de nitrato.

No cultivo de verão, as plantas acumularam mais nitrato que no outono/inverno. Na maior dose de nitrogênio, 240 kg ha⁻¹, essas apresentaram teores no extrato foliar de 44,6% e 35,5% superiores, respectivamente em campo e em ambiente protegido.

O espaçamento entre plantas não exerceu influência estatística significativa no teor de nitrato no extrato foliar das plantas dos dois ambientes de cultivo (Tabela 26). Observaram-se médias de 1295 e 1130 mg kg⁻¹ de N-NO₃⁻ nas plantas cultivadas no campo e no ambiente protegido, respectivamente (Tabela 27).

6.2.3.7 Teores de nutrientes na parte aérea

Não houve efeito significativo da interação entre doses de nitrogênio e espaçamento entre plantas sobre o teor de nutrientes na parte aérea da planta (Tabelas 28 e 29). Com o aumento das doses de nitrogênio houve resposta apenas sobre os teores de nitrogênio no ambiente protegido, magnésio e ferro no campo e fósforo e enxofre nos dois ambientes de cultivo (Figura 35).

O teor de nitrogênio, observado nas plantas cultivadas no ambiente protegido, aumentou obedecendo a uma regressão polinomial quadrática até a dose de 168,3 kg ha⁻¹, correspondente a 47,1 g kg⁻¹. Acima dessa dose, houve decréscimo atingindo 45,5 g kg⁻¹ na maior dose de nitrogênio utilizada. As plantas cultivadas em campo apresentaram média de 42,6 g kg⁻¹ de nitrogênio.

Em resposta ao aumento das doses de nitrogênio, os teores de fósforo diminuíram linearmente para as plantas cultivadas no campo e de maneira polinomial quadrática para as cultivadas no ambiente protegido. Entre as doses testemunha e 240 kg ha⁻¹, verificou-se teores estimados de 9,6 a 8,3 g kg⁻¹ e 13,2 a 7,4 g kg⁻¹ no campo e no ambiente protegido, respectivamente.

Para os teores na parte aérea de potássio e cálcio foram verificadas as médias de 52,2 e 34,5 g kg⁻¹ no campo e 67,4 e 25,7 g kg⁻¹ no ambiente protegido.

Tabela 28. Resumo das análises de variância para o teor na parte aérea de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S), em rúcula, na colheita, em campo e ambiente protegido, no verão. FCA-UNESP, Botucatu (SP), 2004.

Causas de Variação	G L	Quadrados médios											
		Campo						Ambiente Protegido					
		N	P	K	Ca	Mg	S	N	P	K	Ca	Mg	S
Blocos	2	3,3 ^{ns}	0,3 ^{ns}	0,5 ^{ns}	9,6 ^{ns}	0,2 ^{ns}	1,56 ^{ns}	1,35 ^{ns}	6,9 ^{ns}	468,5 ^{ns}	9,7 ^{ns}	0,3 ^{ns}	1,1 ^{ns}
Nitrogênio (N)	4	35,7 ^{ns}	2,6*	36,2 ^{ns}	6,4 ^{ns}	2,9*	11,3 ^{**}	116,2*	51,3 ^{**}	59,9 ^{ns}	46,2 ^{ns}	1,4 ^{ns}	20,8 ^{**}
Resíduo (a)	8	14,7	0,6	31,6	4,2	0,6	0,9	26,5	2,3	149,5	22,5	0,5	0,7
(Parcelas)	14												
Espaçamento(E)	2	12,2 ^{ns}	1,3 ^{ns}	2,8 ^{ns}	2,3 ^{ns}	0,6 ^{ns}	0,4 ^{ns}	5,6 ^{ns}	1,8 ^{ns}	44,0 ^{ns}	0,6 ^{ns}	0,02 ^{ns}	1,1 ^{ns}
Int. N x E	8	17,9 ^{ns}	0,6 ^{ns}	26,27 ^{ns}	7,3 ^{ns}	0,3 ^{ns}	0,2 ^{ns}	7,9 ^{ns}	1,8 ^{ns}	18,6 ^{ns}	14,4 ^{ns}	0,2 ^{ns}	1,1 ^{ns}
Resíduo (b)	20	16,1	0,4	11,95	7,4	0,2	0,2	10,7	0,8	37,3	9,9	0,3	0,5
CV parcela		8,97	8,41	10,83	5,95	8,92	30,2	11,64	16,33	17,9	17,9	13,21	17,8
CV sub-parcela		9,36	6,91	6,66	7,88	7,04	12,9	7,41	9,72	8,9	11,9	10,47	14,5

** Significativo a 1% de probabilidade; * significativo a 5% de probabilidade; ^{ns} não significativo pelo teste F.

Tabela 29. Resumo das análises de variância para o teor na parte aérea de boro (B), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn) e zinco (Zn), em rúcula, na colheita, em campo e ambiente protegido, no verão. FCA-UNESP, Botucatu (SP), 2004.

Causas de Variação	G. L.	Quadrados médios										
		Campo						Ambiente Protegido				
		B	Cu	Fe	Mn	Zn	B	Cu	Fe	Mn	Zn	
Blocos	2	144,4*	1,8 ^{ns}	164281,8 ^{ns}	309,8 ^{ns}	31,3 ^{ns}	67,3 ^{ns}	29,3 ^{ns}	40724,3 ^{ns}	3919,4 ^{ns}	42,2 ^{ns}	
Nitrogênio (N)	4	96,9 ^{ns}	3,1 ^{ns}	611706,7 ^{**}	186,3 ^{ns}	292,1 ^{ns}	166,2 ^{ns}	5,3 ^{ns}	204014,4 ^{ns}	239,2 ^{ns}	22,9 ^{ns}	
Resíduo (a)	8	30,2	1,3	47563,8	182,4	153,7	181,3	7,4	193660,7	3362,7	33,7	
(Parcelas)	14											
Espaçamento(E)	2	5,1 ^{ns}	0,0 ^{ns}	6973,1 ^{ns}	350,9 ^{ns}	37,1 ^{ns}	28,7 ^{ns}	5,3 ^{ns}	22504,7 ^{ns}	244,0 ^{ns}	124,1 ^{ns}	
Int. N x E	8	31,7 ^{ns}	1,6 ^{ns}	593675 ^{ns}	128,9 ^{ns}	78,6 ^{ns}	78,1 ^{ns}	1,6 ^{ns}	88002,8 ^{ns}	595,1 ^{ns}	59,2 ^{ns}	
Resíduo (b)	20	22,5	1,6	60620,9	141,9	42,1	101,6	2,1	102947,9	330,5	44,3	
CV parcela		13,02	10,64	19,00	10,63	17,28	25,88	33,52	48,01	34,99	7,17	
CV sub-parcela		11,24	11,85	21,45	9,37	9,05	19,37	17,96	35,00	10,97	8,22	

** Significativo a 1% de probabilidade; * significativo a 5% de probabilidade; ^{ns} não significativo pelo teste F.

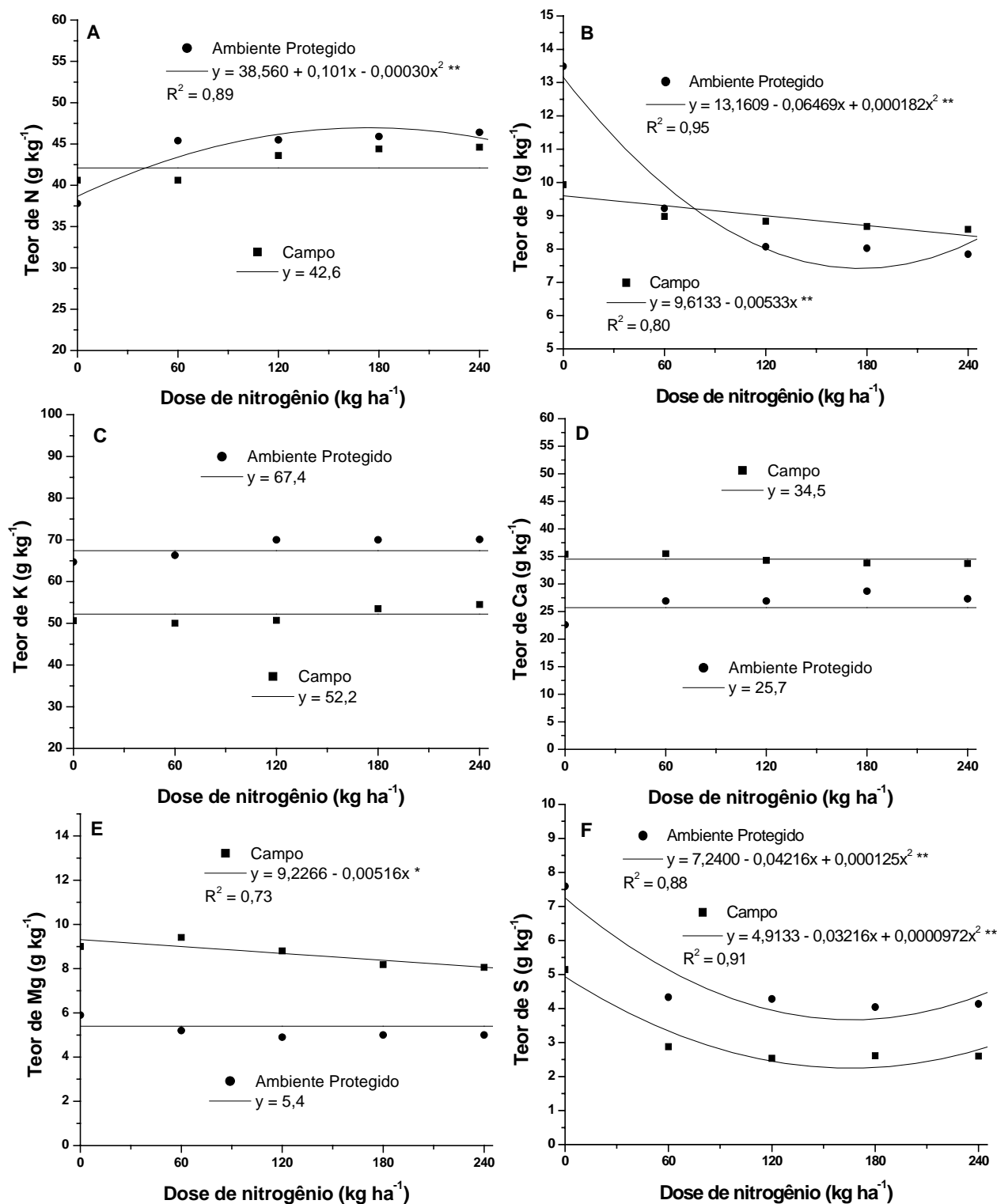


Figura 35. Teores na parte aérea de nitrogênio (A), fósforo (B), potássio (C), cálcio (D), magnésio (E) e enxofre (F), em plantas de rúcula, cv. Folha Larga, em campo e ambiente protegido, no verão, em função de doses de nitrogênio, aos 33 DAS. FCA-UNESP, Botucatu (SP), 2004.

Com o aumento das doses de nitrogênio, o teor de magnésio no campo diminuiu até 240 kg ha⁻¹, atingindo o valor estimado de 7,9 g kg⁻¹. No ambiente protegido observou-se média de 5,4 g kg⁻¹ de magnésio.

Os teores de enxofre apresentaram resposta semelhante aos de fósforo, diminuindo com o aumento das doses de nitrogênio. Entre a dose testemunha e 240 kg ha⁻¹ de nitrogênio, observou-se redução de 4,9 para 2,3 g kg⁻¹ nas plantas do campo e de 7,2 para 3,7 g kg⁻¹ nas do ambiente protegido.

Com relação aos micronutrientes, apenas o teor de ferro no campo apresentou resposta, diminuindo linearmente até 834,0 g kg⁻¹ com o aumento das doses de nitrogênio (Figura 36). No ambiente protegido verificou-se média de 866,5 g kg⁻¹ de ferro.

As médias de 43,5 e 54,2; 10,8 e 8,2; 126,6 e 165,5 e 72,6 e 80,3 foram verificadas para boro, cobre, manganês e zinco no campo e no ambiente protegido, respectivamente.

Na dose de nitrogênio de 240 kg ha⁻¹, que possibilitou a maior produtividade no campo, observou-se médias e teores estimados de 42,6; 8,3; 52,2; 34,5; 7,9 e 2,8 g kg⁻¹ de N, P, K, Ca, Mg e S e 45,5; 10,8; 834; 126,6 e 72,6 mg kg⁻¹ de B, Cu, Fe, Mn e Zn na parte aérea da planta.

No ambiente protegido a produtividade apresentou interação em função das doses de nitrogênio e espaçamentos, porém os teores de nutrientes na parte aérea, não apresentaram, dificultando a sua quantificação para cada espaçamento numa dose específica. Entretanto, na média dos espaçamentos (57 conjuntos de plantas m⁻²) observou-se na dose de 240 kg ha⁻¹ teores médios e estimados na parte aérea de 45,5; 7,4; 67,4; 25,7; 5,4 e 4,3 g kg⁻¹ de N, P, K, Ca, Mg e S e 54,2; 8,2; 866,5; 165,5 e 80,3 mg kg⁻¹ de B, Cu, Fe, Mn e Zn.

O espaçamento entre plantas não exerceu efeito estatístico sobre os teores de nutrientes na parte aérea (Tabelas 30 e 31).

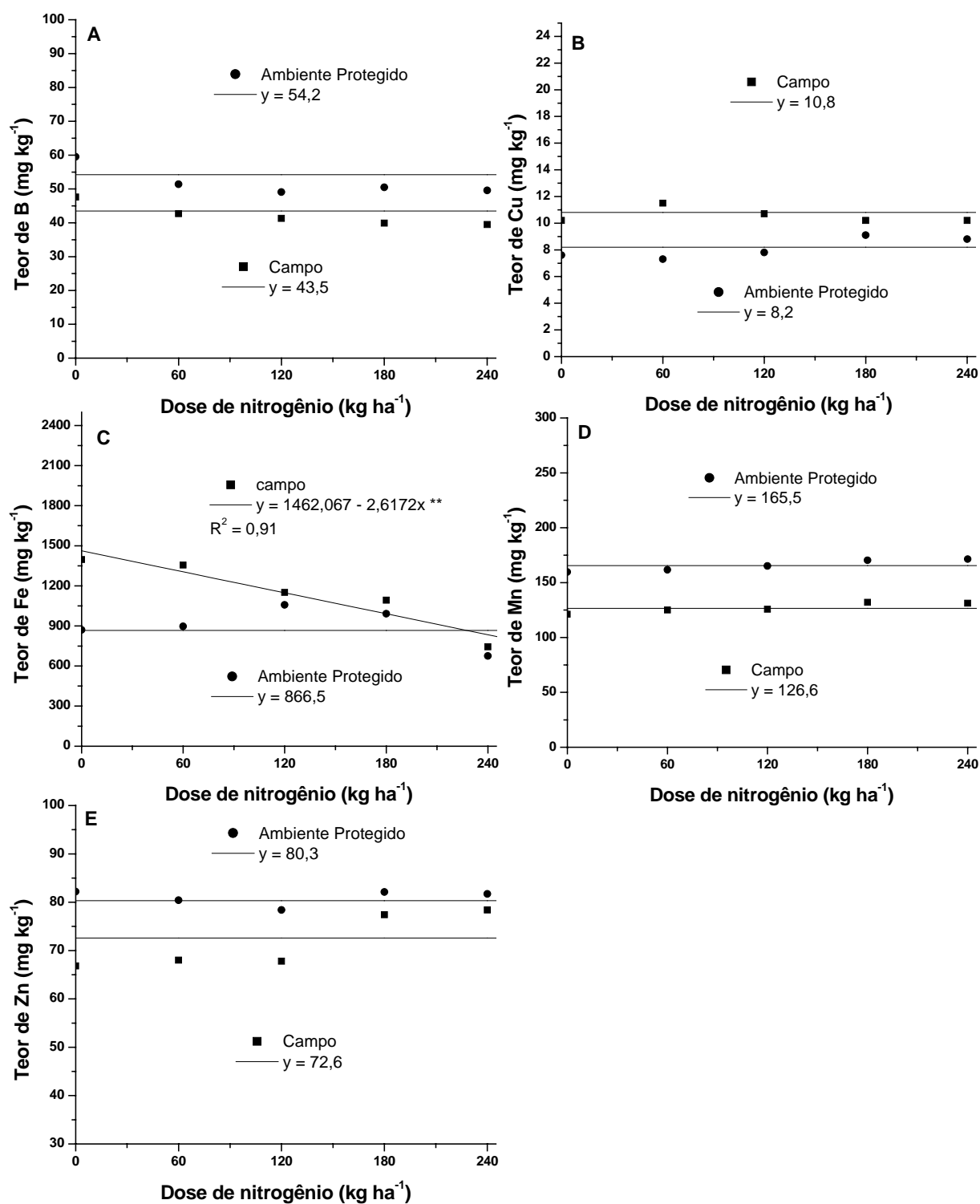


Figura 36. Teores na parte aérea de boro (A), cobre (B), ferro (C), manganês (D) e zinco (E), em plantas de rúcula, cv. Folha Larga, em campo e ambiente protegido, no verão, em função de doses de nitrogênio, aos 33 DAS. FCA-UNESP, Botucatu (SP), 2004.

Tabela 30. Teores na parte aérea de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S), em rúcula, cv. Folha Larga, no campo (C) e no ambiente protegido (AP) no verão, em função do espaçamento entre plantas. FCA-UNESP, Botucatu (SP), 2004.

Tratamento	N		P		K	
	C	AP	C	AP	C	AP
	----- g kg ⁻¹ -----					
0,05 m	41 a ¹	44 a	8,8 a	9,6 a	52 a	66 a
0,07 m	43 a	43 a	9,3 a	9,4 a	51 a	69 a
0,10 m	42 a	45 a	8,8 a	8,9 a	51 a	69 a
dms	3,7	3,1	0,57	0,83	3,2	5,6
CV%	9,36	7,56	6,91	9,72	6,66	8,95

Tratamento	Ca		Mg		S	
	C	AP	C	AP	C	AP
	----- g kg ⁻¹ -----					
0,05 m	34 a	26 a	8,6 a	5,2 a	3,3 a	5,1 a
0,07 m	34 a	26 a	8,8 a	5,1 a	3,1 a	4,9 a
0,10 m	34 a	26 a	8,5 a	5,2 a	2,9 a	4,5 a
dms	2,5	2,9	0,56	0,50	0,37	0,65
CV%	7,88	11,92	7,04	10,47	12,93	14,53

¹ Médias na coluna, seguidas de mesma letra, não diferem entre si, pelo teste de Tukey (5% probabilidade).

Tabela 31. Teores na parte aérea de boro (B), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn) e zinco (Zn), em rúcula, cv. Folha Larga, no campo (C) e no ambiente protegido (AP) no verão, em função do espaçamento entre plantas. FCA-UNESP, Botucatu (SP), 2004.

Trat.	B		Cu		Fe		Mn		Zn	
	C	AP	C	AP	C	AP	C	AP	C	AP
	----- mg kg ⁻¹ -----									
0,05	43 a ¹	53 a	10 a	7 a	1153 a	895 a	127 a	131 a	70 a	78 a
0,07	42 a	50 a	10 a	8 a	1167 a	961 a	132 a	168 a	73 a	83 a
0,10	41 a	52 a	10 a	8 a	1124 a	893 a	122 a	168 a	72 a	81 a
dms	4,4	9,3	1,2	1,3	227	296	11,8	16,8	6,0	6,1
CV%	11,24	19,37	11,85	17,96	21,45	35,00	9,37	10,97	9,05	8,22

¹ Médias na coluna, seguidas de mesma letra, não diferem entre si, pelo teste de Tukey (5% probabilidade).

6.2.3.8 Acúmulo de nutrientes na parte aérea

Houve efeito significativo da interação entre doses de nitrogênio e espaçamento entre plantas no ambiente protegido sobre o acúmulo de potássio, boro e cobre.

Para o enxofre nos dois ambientes e o ferro no ambiente protegido, não houve efeito das doses de nitrogênio. Para os demais nutrientes verificou-se resposta crescente as doses de nitrogênio (Tabelas 32 e 33).

Com o aumento da adubação nitrogenada houve incremento polinomial quadrático no acúmulo de nitrogênio (Figura 37). Verificou-se o maior acúmulo estimado de 68,6 e 162,0 mg por conjunto de plantas no campo e no ambiente protegido, respectivamente, com as doses de 240,0 e 224,4 kg ha⁻¹ de nitrogênio.

O acúmulo de fósforo pelas plantas cultivadas no campo apresentou resposta linear e crescente, sendo o maior valor estimado de 13,7 por conjunto de plantas. No ambiente protegido foi verificada média de 25,8 mg por conjunto de plantas de fósforo.

O potássio foi o nutriente mais absorvido pelas plantas de rúcula como ocorre com a maioria das hortaliças folhosas, e conseqüentemente o mais acumulado nos dois ambientes de cultivo. No campo, observou-se 87,7 mg por conjunto de plantas na maior dose de nitrogênio. No ambiente protegido, em função da interação existente entre tratamentos, o maior acúmulo estimado foi de 305,9 mg por conjunto de plantas, verificado na maior dose de nitrogênio e no maior espaçamento entre plantas. Na dose de 162,6 kg ha⁻¹ e 0,07 m entre plantas, observou-se o acúmulo estimado de 252,2 mg por conjunto de plantas. No menor espaçamento entre plantas houve resposta linear das doses de nitrogênio, verificando-se o acúmulo de 224,0 mg por conjunto de plantas na maior dose de nitrogênio utilizada.

O acúmulo de cálcio foi crescente com o aumento das doses de nitrogênio. Dentro do ambiente protegido atingiu valor máximo estimado de 97,2 mg por conjunto de plantas na dose de 220,1 kg ha⁻¹, com posterior decréscimo desse acúmulo. No campo foi observado 54,6 mg por conjunto de plantas na maior dose de nitrogênio utilizada.

Tabela 32. Resumo das análises de variância para o acúmulo de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S), em rúcula, na colheita, em campo e ambiente protegido, no verão. FCA-UNESP, Botucatu (SP), 2004.

Causas de Variação	G L	Quadrados médios											
		Campo					Ambiente Protegido						
		N	P	K	Ca	Mg	S	N	P	K	Ca	Mg	S
Blocos	3	83,8 ^{ns}	2,0 ^{ns}	29,3 ^{ns}	46,8 ^{ns}	2,1 ^{ns}	0,7 ^{ns}	2129,2 ^{ns}	112,3 [*]	13301 ^{**}	1129,2 ^{ns}	15,9 ^{ns}	34,1 ^{ns}
Nitrogênio (N)	4	2006,2 ^{**}	39,6 ^{**}	2708,4 ^{**}	778,5 ^{**}	40,7 [*]	1,0 ^{ns}	12054,2 ^{**}	28,8 ^{ns}	24034 ^{**}	4665,2 ^{**}	67,6 ^{**}	6,5 ^{ns}
Resíduo (a)	12	75,6	3,7	304,9	57,2	5,7	1,6	773,6	18,3	1260	339,8	7,4	9,5
(Parcelas)	19												
Espaçamento(E)	2	752,4 ^{**}	39,0 ^{**}	1130,8 ^{**}	520,7 ^{**}	30,5 ^{**}	2,4 ^{**}	3779,7 [*]	42,7 [*]	8257 ^{**}	708,5 ^{**}	22,4 ^{**}	38,9 ^{**}
Int. N x E	8	57,6 ^{ns}	1,3 ^{ns}	115,4 ^{ns}	21,6 ^{ns}	1,7 ^{ns}	0,6 ^{ns}	1035,5 ^{ns}	25,0 ^{ns}	1947 ^{**}	141,1 ^{ns}	4,8 ^{ns}	10,2 ^{ns}
Resíduo (b)	30	80,2	2,2	110,5	36,7	3,3	0,3	21,59	9,5	486	101,6	2,67	23,37
CV parcela		15,8	17,18	26,27	17,28	21,87	33,80	20,07	16,67	17,75	23,71	18,29	18,23
CV sub-parcela		16,30	13,23	15,81	13,84	16,51	14,85	15,02	12,03	11,03	12,97	11,01	18,00

** Significativo a 1% de probabilidade; * significativo a 5% de probabilidade; ^{ns} não significativo pelo teste F.

Tabela 33. Resumo das análises de variância para o acúmulo de boro (B), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn) e zinco (Zn), em rúcula, na colheita, em campo e ambiente protegido, no verão. FCA-UNESP, Botucatu (SP), 2004.

Causas de Variação	G. L.	Quadrados médios									
		Campo					Ambiente Protegido				
		B	Cu	Fe	Mn	Zn	B	Cu	Fe	Mn	Zn
Blocos	3	0,0004 [*]	0,0000 ^{ns}	0,03 ^{ns}	0,013 ^{ns}	0,009 ^{ns}	0,0036 ^{**}	0,0001 ^{ns}	1,18 ^{ns}	0,009 ^{ns}	0,0003 ^{ns}
Nitrogênio (N)	4	0,0008 ^{**}	0,0001 ^{**}	0,65 ^{**}	0,0159 ^{**}	0,136 ^{**}	0,0042 ^{**}	0,0005 [*]	4,12 ^{ns}	0,136 ^{**}	0,0067 ^{**}
Resíduo (a)	12	0,0001	0,0000	0,04	0,007	0,0137	0,0004	0,0001	1,48	0,013	0,0004
(Parcelas)	19										
Espaçamento(E)	2	0,0008 ^{**}	0,0001 ^{**}	0,64 [*]	0,056 ^{**}	0,045 ^{**}	0,0030 ^{**}	0,0002 ^{**}	1,36 ^{ns}	0,045 ^{**}	0,0032 ^{**}
Int. N x E	8	0,0001 ^{ns}	0,000 ^{ns}	0,09 ^{ns}	0,004 ^{ns}	0,007 ^{ns}	0,0007 [*]	0,000 [*]	1,34 ^{ns}	0,007 ^{ns}	0,0001 ^{ns}
Resíduo (b)	30	0,0001	0,000	0,12	0,008	0,005	0,0003	0,000	0,72	0,005	0,0003
CV parcela		17,65	17,60	14,54	15,98	24,37	14,15	39,2	46,04	24,37	20,35
CV sub-parcela		17,18	15,15	24,81	17,11	15,32	11,32	18,74	32,26	15,32	18,25

** Significativo a 1% de probabilidade; * significativo a 5% de probabilidade; ^{ns} não significativo pelo teste F.

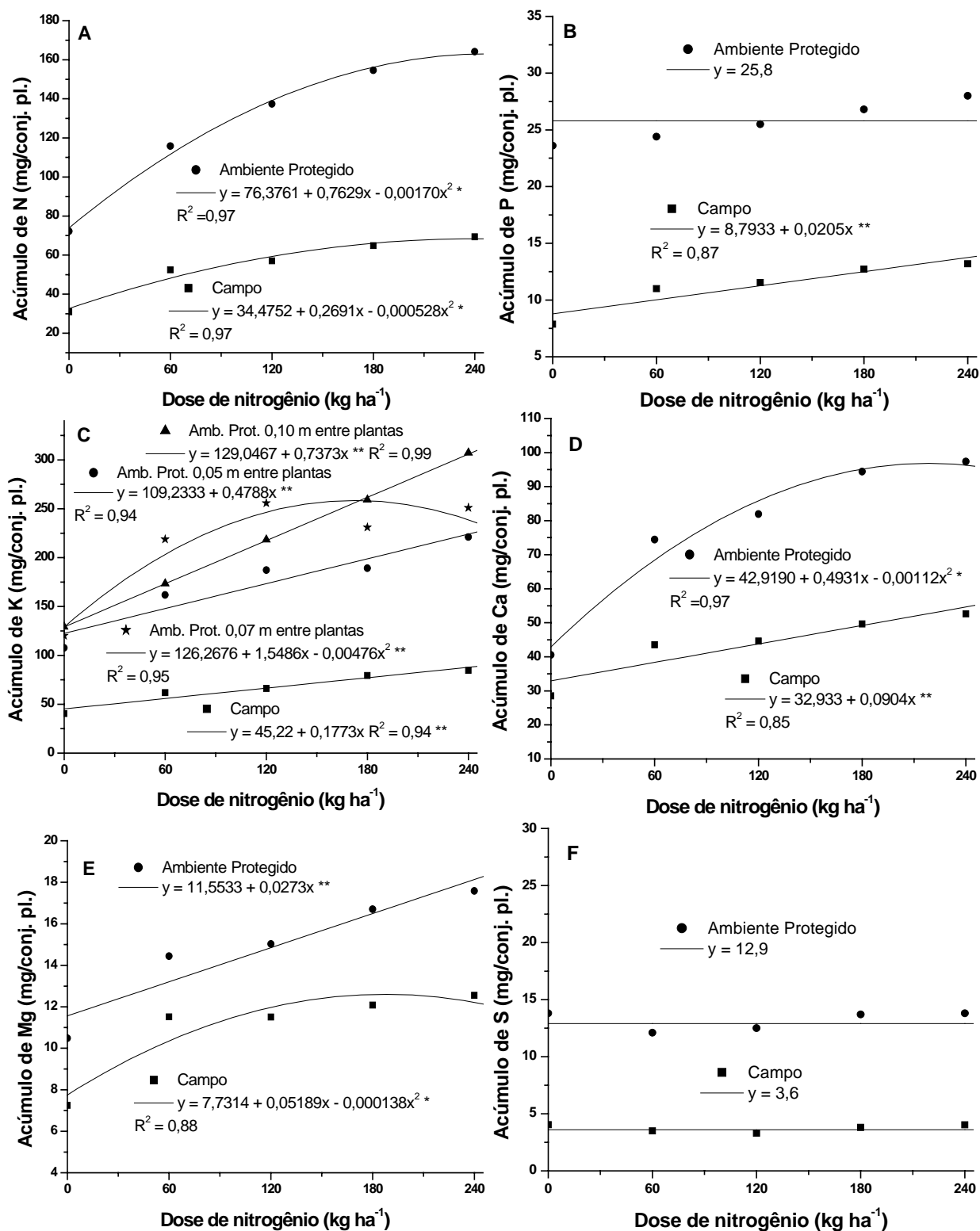


Figura 37. Acúmulo de nitrogênio (A), fósforo (B), potássio (C), cálcio (D), magnésio (E) e enxofre (F) pela rúcula, cv. Folha Larga, em campo e ambiente protegido, no verão em função de doses de nitrogênio, aos 33 DAS. FCA-UNESP, Botucatu (SP), 2004.

O acúmulo de magnésio pelas plantas cultivadas em campo foi significativo e aumentou seguindo uma regressão polinomial quadrática onde o maior valor de 12,61 mg por conjunto de plantas foi verificado na dose de 188,0 kg ha⁻¹. As plantas cultivadas em ambiente protegido apresentaram acúmulo estimado de 18,1 mg por conjunto de plantas na maior dose de nitrogênio utilizada.

O acúmulo de enxofre não foi influenciado significativamente pelo aumento da adubação nitrogenada. Esse apresentou médias de 12,9 e 3,6 mg por conjunto de plantas no ambiente protegido e no campo, respectivamente.

No tocante ao acúmulo de micronutrientes, houve interação das doses e espaçamentos sobre o acúmulo de boro e cobre das plantas cultivadas no ambiente protegido (Figura 38). Os demais micronutrientes, com exceção ao ferro no ambiente protegido, apresentaram acúmulo crescente com o aumento da adubação nitrogenada.

No ambiente protegido com de 0,07 m de espaçamento entre plantas, o maior acúmulo de boro verificado foi de 0,177 mg por conjunto de plantas, na dose estimada de 150,1 kg ha⁻¹. Já no espaçamento de 0,10 m houve resposta linear, sendo verificado 0,185 mg por conjunto de plantas, na maior dose de nitrogênio. No espaçamento de 0,05 m, em função da falta de resposta, verificou-se média de 0,123 mg por conjunto de plantas. O acúmulo estimado de 0,064 mg por conjunto de plantas de boro foi observado no cultivo de campo.

Os acúmulos estimados de cobre entre a dose de nitrogênio testemunha e 240 kg ha⁻¹ foram de 0,010 a 0,016 mg por conjunto de plantas no campo e 0,014 a 0,024; 0,017 a 0,033 e 0,014 a 0,04 mg por conjunto de plantas no ambiente protegido, com 0,05, 0,07 e 0,10 m de espaçamento entre plantas.

O acúmulo de ferro no campo apresentou resposta polinomial quadrática, onde observou-se o maior valor estimado de 1,67 mg por conjunto de plantas na dose de 121,5 kg ha⁻¹. No ambiente protegido, em função da falta de resposta, observou-se média de acúmulo de 2,45 por conjunto de plantas.

Para o acúmulo de manganês e zinco, houve resposta linear da regressão em função das doses de nitrogênio nos dois ambientes de cultivo. Verificou-se entre as doses testemunha e 240 kg ha⁻¹ de nitrogênio os acúmulos estimados de 0,11 a 0,21 e 0,33 a

0,62 mg por conjunto de plantas de manganês e de 0,05 a 0,13 e 0,16 a 0,31 mg por conjunto de plantas de zinco, respectivamente no campo e no ambiente protegido.

Como o acúmulo de nutrientes é um produto do teor do nutriente na parte aérea pela massa de matéria seca e a maioria dos teores na parte aérea observados nos dois ambientes de cultivo não diferiram significativamente entre si, atribui-se a variação encontrada no acúmulo principalmente a massa de matéria seca, que variou com as doses de nitrogênio e o espaçamento entre plantas.

Na dose de nitrogênio de 240 kg ha⁻¹, que possibilitou a maior produtividade no campo observou-se médias e valores estimados de acúmulo de 68,6; 13,7; 87,7; 54,6; 12,3 e 3,6 mg por conjunto de plantas de N, P, K, Ca, Mg e S e 0,064; 0,016; 1,14; 0,21 e 0,13 mg por conjunto de plantas de B, Cu, Fe, Mn e Zn. Esses valores correspondem a uma exportação de 3,9; 0,78; 4,9; 3,1; 0,7 e 0,2 g m⁻² de N, P, K, Ca, Mg e S e 3,6; 0,9; 64,9; 11,9 e 7,4 mg m⁻² de B, Cu, Fe, Mn e Zn, considerando uma densidade média de 57 plantas m⁻².

No ambiente protegido a produtividade apresentou interação em função das doses de nitrogênio e espaçamentos, porém o acúmulo de nutrientes na parte aérea não apresentou interação, com exceção do K, B e Cu, dificultando a sua quantificação para cada espaçamento numa dose específica. Entretanto, na média dos espaçamentos, observou-se na dose de 240 kg ha⁻¹, acúmulos médios e estimados na parte aérea de 161,5; 25,8; 96,7; 18,1 e 12,9 mg por conjunto de plantas de N, P, Ca, Mg e S e 2,45; 0,62 e 0,31 mg por conjunto de plantas de Fe, Mn e Zn. Esses valores corresponderam a uma exportação de 9,2; 1,5; 5,5; 1,0 e 0,7 g m⁻² de N, P, Ca, Mg e S e 139,6; 35,3 e 17,7 mg m⁻² de Fe, Mn e Zn.

Para K, B e Cu, no espaçamento de 0,07 cm (57 conjuntos de plantas m⁻²) e na respectiva dose de nitrogênio que possibilitou o maior acúmulo dos mesmos (162,7; 150,2 e 240 kg ha⁻¹ de nitrogênio), verificou-se média e valores estimados de acúmulo de 252,2; 0,177 e 0,033 mg por conjunto de plantas, correspondentes a uma exportação de 14,4 g m⁻² e 10,0 e 1,9 mg m⁻² de K, B e Cu.

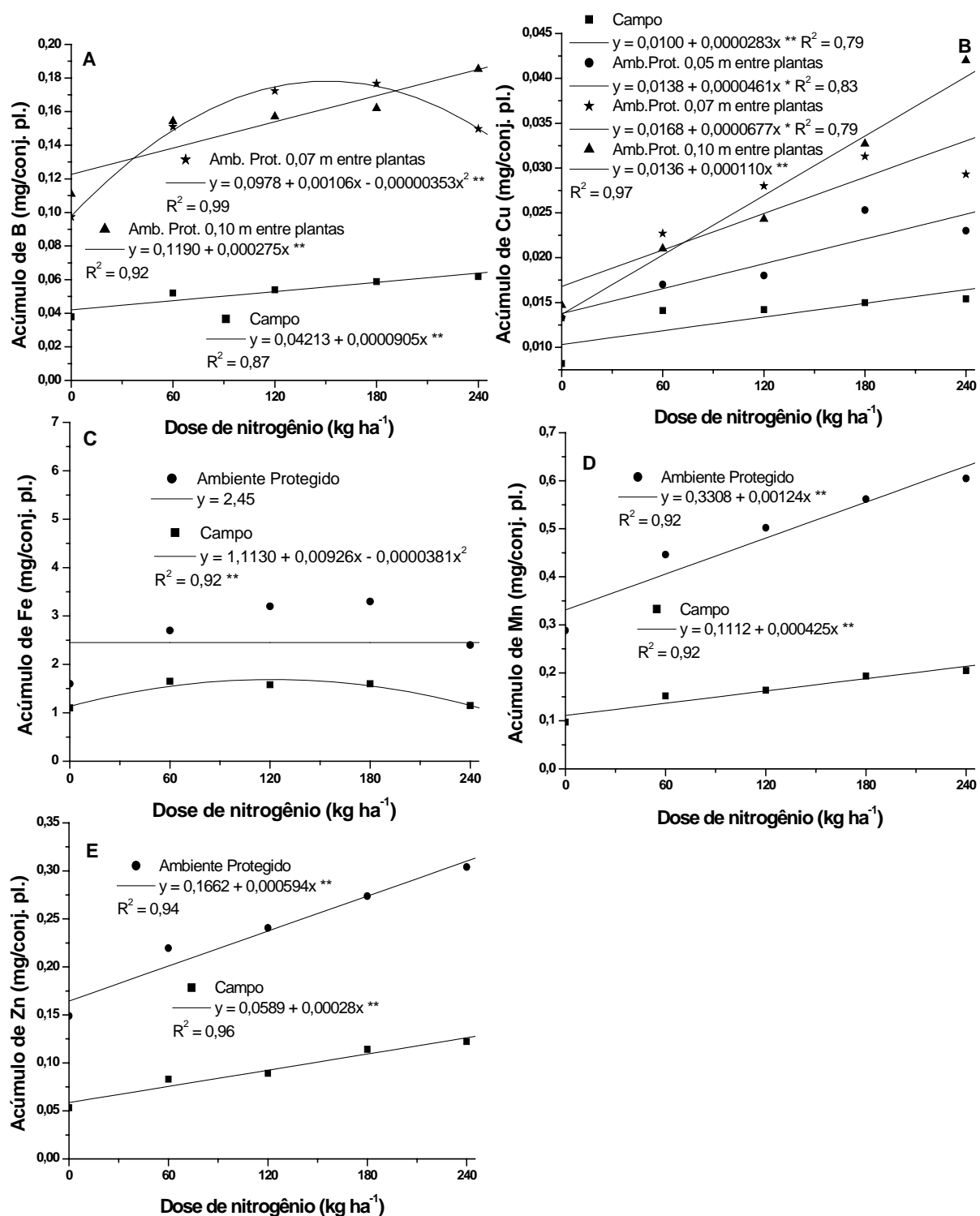


Figura 38. Acúmulo de boro (A), cobre (B), ferro (C), manganês (D) e zinco (E), em rúcula, cv. Folha Larga, em campo e ambiente protegido, no verão em função de doses de nitrogênio, aos 33 DAS. FCA-UNESP, Botucatu (SP), 2004.

O espaçamento entre plantas exerceu influência significativa no acúmulo de nutrientes pelas plantas de rúcula no campo e no ambiente protegido (Tabelas 34 e 35). Para N, P, S, Mn e Zn nos dois ambientes de cultivo e para Ca, Mg e Fe no ambiente protegido, verificou-se no espaçamento de 0,10 m entre plantas maiores médias de acúmulo, que diferiram das encontradas no espaçamento de 0,05 m entre plantas. No maior espaçamento, as médias verificadas para K, Ca, B e Cu no campo diferiram apenas das encontradas nos outros dois espaçamentos. Não houve resposta para o acúmulo Fe no ambiente protegido em função do espaçamento entre plantas.

Tabela 34. Acúmulo de nitrogênio (N), fósforo (P), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S) no campo (C) e no ambiente protegido (AP) e potássio (K) no campo, pela rúcula, cv. Folha Larga, no verão, em função do espaçamento entre plantas. FCA-UNESP, Botucatu (SP), 2004.

Trat.	N		P		K		Ca		Mg		S	
	C	AP	C	AP	C	C	AP	C	AP	C	AP	
	----- mg/conj. pl. -----											
0,05	48,0b ¹	111,3b	9,5b	23,7b	58,6b	38,4b	69,8b	9,6b	13,5b	3,4b	11,4b	
0,07	54,7ab	132,8ab	11,5a	26,7ab	65,0b	42,8b	81,2a	10,9ab	15,2 ^a	3,7ab	13,6a	
0,10	62,1a	142,3a	12,7a	26,6a	75,8a	50,1a	82,2a	12,4a	15,8 ^a	4,2a	14,6a	
dms	8,3	23,9	1,4	3,1	9,7	5,6	9,3	1,7	1,5	0,9	3,3	
CV%	16,30	20,07	13,23	12,03	15,81	13,84	12,97	16,51	11,01	14,85	18,23	

¹ Médias na coluna, seguidas de mesma letra, não diferem entre si, pelo teste de Tukey (5% probabilidade).

Tabela 35. Acúmulo de boro (B) e cobre (Cu) no campo (C) e ferro (Fe), manganês (Mn) e zinco (Zn) no campo e no ambiente protegido (AP) pela rúcula, cv. Folha Larga, no verão, em função do espaçamento entre plantas. FCA-UNESP, Botucatu (SP), 2004.

Trat.	B	Cu		Fe		Mn		Zn	
	C	C	C	AP	C	AP	C	AP	
	----- mg/conj. pl. -----								
0,05 m	0,05 b ¹	0,012 b	1,2 b	2,3 a	0,14 b	0,41 b	0,07 b	0,20 b	
0,07 m	0,05 b	0,013 b	1,4 ab	2,9 a	0,16 ab	0,51 a	0,09 ab	0,26 a	
0,10 m	0,06 a	0,015 a	1,6 a	2,7 a	0,18 a	0,51 a	0,10 a	0,25 a	
dms	0,084	0,0019	0,32	0,78	0,025	0,068	0,015	0,023	
CV%	17,18	15,15	24,81	32,26	17,11	15,32	18,25	10,82	

¹ Médias na coluna, seguidas de mesma letra, não diferem entre si, pelo teste de Tukey (5% probabilidade).

6.3 Considerações gerais

As plantas cultivadas no outono/inverno encontraram condições climáticas mais favoráveis ao seu desenvolvimento, ao contrário das cultivadas no verão. Nesse período, as condições climáticas com destaque para o excesso de chuvas prejudicaram o desenvolvimento e principalmente a qualidade das plantas de rúcula no campo. Através da experimentação realizada nas duas estações climáticas, verificou-se que o uso do ambiente protegido é recomendável para se obter aumento na produtividade e qualidade dessa cultura.

A adubação de cobertura nitrogenada influenciou de maneira diferente as plantas cultivadas nos experimentos realizados. Assim, para a obtenção da maior produtividade, verificou-se doses de nitrogênio diferentes em cada condição estudada. A ausência de adubação nitrogenada de cobertura reduziu muito a produtividade nos dois ambientes de cultivo no outono/inverno e no verão. Portanto, essa adubação no cultivo da rúcula deve ser sempre utilizada.

As doses de nitrogênio que proporcionaram as maiores produtividades em todos os experimentos podem ser sugeridas para uso. Essa sugestão é baseada levando-se em consideração apenas o aspecto biológico onde o mais interessante são as altas produtividades que se convertem em maior ganho econômico. Com o uso dessas doses, o teor de nitrato observado em ambas épocas de cultivo não ultrapassou o limite sugerido pela Comunidade Européia para a alface. Porém, deve-se fazer uma ressalva, pois talvez com o uso dessas doses exista a possibilidade de contaminação do meio ambiente ou a aceleração da salinização no ambiente protegido ou ainda o favorecimento da incidência de doenças, devendo-se realizar testes específicos para a constatação desses aspectos. O custo do nitrato de amônio, R\$ 1,00 por quilograma, não é um fator limitante ao uso das maiores doses verificadas nos experimentos realizados.

No verão, no ambiente protegido, onde se observou interação dos tratamentos estudados na produtividade, as plantas cultivadas com o menor espaçamento, responderam melhor às maiores doses de nitrogênio, ficando assim demonstrada a importância de se rever a quantidade de fertilizante a ser utilizada, dependendo da população de plantas existente.

No outono/inverno o período de maior crescimento da planta ocorreu a partir dos 25 DAS e no verão esse período iniciou-se aos 23 DAS. Assim sendo, infere-se que seria interessante se concentrar as coberturas nitrogenadas próximas a esses períodos, independentemente do ambiente de cultivo, pois é o momento em que a planta mais necessita do nitrogênio.

Com relação ao espaçamento entre plantas, ficou evidente que nos menores espaçamentos se obtém maior produtividade, porém com plantas menores. Dessa forma, como não existe um padrão que classifique oficialmente o tamanho da rúcula, esse fator fica sendo determinado pelo mercado consumidor, de maneira que os diferentes espaçamentos estudados podem gerar diferentes combinações de produtividade e tamanho de planta.

Não existe um ponto de colheita correto para a cultura, esta é colhida em função do mercado e das necessidades do produtor. O mercado consumidor de folhas “in natura” ou para uso em pizzas, prefere folhas tenras e com grande área, porém existe o mercado que prefere folhas tenras e pequenas, como se observa em restaurantes self-service.

Também não existe uma faixa de teores de nutrientes na parte aérea e de acúmulo definida para a rúcula na literatura. Assim sendo, os dados encontrados nos experimentos devem contribuir para uma primeira aproximação.

Em função da tecnologia que o produtor utiliza, da época do ano e do mercado que ele visa atender, deve ser alterada a quantidade de fertilizante nitrogenado, o espaçamento entre plantas e até mesmo o sistema de cultivo, visando sempre o ganho de produtividade e qualidade de produto.

7 CONCLUSÕES

Respeitando-se as condições experimentais dos ensaios, os resultados estatísticos, discussão e revisão de literatura, foram obtidas as seguintes conclusões.

Para os experimentos de outono/inverno:

- A dose de nitrogênio em cobertura que possibilitou a maior produtividade no campo foi de 240 kg ha⁻¹ e no ambiente protegido de 178,6 kg ha⁻¹;
- Para um mercado exigente em folhas grandes deve-se utilizar o espaçamento de 0,10 m entre plantas e para um mercado menos exigente o espaçamento de 0,05 m.

Para os experimentos de verão:

- No ambiente protegido, as doses estimadas de nitrogênio em cobertura que possibilitaram maiores produtividades dentro dos espaçamentos de 0,05; 0,07 e 0,10 m foram 240; 167,3 e 231 kg ha⁻¹;
- Recomenda-se o uso de ambiente protegido para o cultivo de rúcula nessa estação, pois no campo a produção foi inviabilizada pelas condições climáticas onde se verificou baixa produtividade e qualidade das plantas;

- Para um mercado exigente em folhas grandes deve-se utilizar o espaçamento de 0,10 m entre plantas e para um mercado menos exigente o espaçamento de 0,05 m.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BENINCASA, M. M. P. **Análise de crescimento de plantas**. Jaboticabal: FUNEP, 1988. 42p.

BIANCO, V. V.; BOARI, F. Up-to-date developments on wild rocket cultivation. In: PADULOSI, S.; PIGNONE, D. **Rocket: a mediterranean crop for the world**. Report of a Workshop. 1996, Legnaro (Padova), Italy. Internatioanl Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy. 1997. p.41-49.

BLANCO, F. F. **Tolerância do tomateiro à salinidade sob fertirrigação e calibração de medidores de íons específicos para determinação de nutrientes na solução do solo e na planta**. 2004. 114f. Tese (Doutorado Irrigação e Drenagem) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

BLEASDALE, J. K. A. Plant growth crop yield. **Annals of Applied Biology**, v.57, p.173-182, 1969.

BONNECARRÈRE, R. A. G. Teores de nitrato em plantas hidropônicas de alface em função de cultivares e soluções nutritivas. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 18, p. 286-287, 2000.

BRANDÃO FILHO, J. U. T. et al. Adubação orgânica para rúcula: níveis e épocas de aplicação. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.18, p.806-808, 2000. Suplemento.

BURT, C. M.; O'CONNOR, K.; RUEHR, T. **Fertigation**. San Luis Obispo: Irrigation Training and Research Center; California Polytechnic State University, 1995. 295 p.

- CAMARGO FILHO, W. P.; MAZZEI, A. R. Mercado de verduras: planejamento estratégia e comercialização. **Informações econômicas**. São Paulo, v.31, n.3, p.45-54, 2001.
- CAMARGO, L. de S. **As hortaliças e seu cultivo**. 3 ed. Campinas: Fundação Cargil, 1992. 252 p.
- CARMELLO, Q. A. C. **Curso de nutrição/fertirrigação na irrigação localizada**. Piracicaba: Departamento de Solos e Nutrição de Plantas, 1999. 59 p. Apostila.
- CASTILLA, N. **Invernaderos de plástico – Tecnologia y manejo**. Madrid: Mundi Prensa. 2005. 462 p.
- CASTRO, P. R. C.; FERREIRA, S.O.; YAMADA, T. **Ecofisiologia da produção agrícola**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1987. 249 p.
- CAVARIANNI, R. L. **Produção de cultivares de rúcula no sistema NFT e teores de nitrato**. 2004. 42 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.
- CERMEÑO, Z. S. **Estufas instalação e manejo**. Lisboa: Litexa. 1990. 355p.
- CHOAIRY, S. A.; FERNANDES, P. D. Densidades de plantio na cultura do abacaxi. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.18, n.9, p. 985-988, 1983.
- COELHO, R. L. **Acúmulo de nitrato e produtividade de cultivares de almeirão em cultivo hidropônico – NFT**. Jaboticabal, 2002. 67f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal). – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias Jaboticabal, Universidade Estadual Paulista.
- COUTINHO, E. L. M.; NATALE, W.; SOUZA, E. C. A. de. Adubos e corretivos: aspectos particulares na olericultura. In: **Anais do Simpósio sobre Nutrição e Adubação de Hortaliças**. Jaboticabal. Nutrição e adubação de hortaliças. Piracicaba: Potafos, 1993. p.141-146.
- CUNHA, A. R. & ESCOBEDO, J. F. Alterações micrometeorológicas causadas pela estufa plástica e seus efeitos no crescimento e produção da cultura do pimentão. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**. Santa Maria. v.11, n.1, p.15-26, 2003.
- ENGELS, C.; MARSCHENER, H. Plant uptake and utilization of nitrogen. In: BACON, E. P. **Nitrogen fertilization in the environment**. New York: Marcel Dekker, p.41-71. 1995.
- ESPÍNDOLA, C. R., TOSIN, W. A. C.; PACCOLA, A. A. Levantamento pedológico da Fazenda Experimental São Manuel. In: **Congresso Brasileiro de Ciência do solo**. Santa Maria, p.650-651. 1974.
- FARIAS, J. R. B. et al. Efeito da cobertura plástica de estufa sobre a radiação solar. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**. Santa Maria, v.1, p.31-36, 1993.

- FERNANDES, H. S. & MARTINS, S. R. Cultivo de alface em solo em ambiente protegido. In: Cultivo protegido de hortaliças em solo e hidroponia. **Informe Agropecuário**. Belo Horizonte, v.20, n.200/201, p.56-63, 1999.
- FILGUEIRA, F. A. R. **Manual de olericultura**: cultura e comercialização de hortaliças. 2ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 1982. vol.2. 357p.
- FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura**: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. Viçosa. UFV, 2000. 402 p.
- FOLEGATTI, M. V. (Cord.). **Fertirrigação**: Citrus, Flores e Hortaliças. Guaíba: Agropecuária, 1999. 460p.
- FURLANI, P. R. **Instruções para o cultivo de hortaliças de folhas pela técnica da hidroponia – NFT**. Campinas, Instituto Agronômico, 1997. 30p. (Boletim técnico 168).
- GARCIA, L. L. C. et al. Nutrição mineral de hortaliças. XLIX. Concentração e acúmulo de macronutrientes em alface (*Lactuca sativa* L.) cv. Brasil 48 e Clause's Aurélia. In: **Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"**, Piracicaba. n.39, p.455-84, 1982.
- GOTO, R. A cultura da alface. In: GOTO, R.; TIVELLI, S. W. **Produção de hortaliças em ambiente protegido: condições subtropicais**. São Paulo, Fundação Editora da UNESP, p.137-159. 1998.
- GRAIFENBERG, A. et al. La problematica dei nitrati. **Informatore Agrari**. Roma, v.6 p.43-48, 1993.
- GRANGEIRO, L. C. et al. Produção de rúcula em hidroponia com diferentes concentrações de cobre. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.21, n.1, p.69-72, 2003.
- GUALBERTO, R.; RESENDE, F. V.; BRAZ, L. T. Competição de cultivares de alface sob cultivo hidropônico "NFT" em três diferentes espaçamentos. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.17, n.2, p.155-158, 1999.
- GUIMARÃES, T. G. **Nitrogênio no solo e na planta, teor de clorofila e produção do tomateiro, no campo e na estufa, influenciados por doses de nitrogênio**. 1998. 184 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1998a.
- GUIMARÃES, T. G. et al. Determinação dos teores de nitrogênio na seiva do tomateiro por meio de medidor portátil. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.16, n.2, p.144-151, 1998b.
- GUSMÃO, S. A. L. de. et al. Cultivo de rúcula nas condições do Trópico Úmido em Belém. In: Anais do 43º Congresso Brasileiro de Olericultura. **Horticultura Brasileira**, Recife, v.21, n.2, jul. 2003. Suplemento 2. CD-ROM.

HAAG, H. P.; MINAMI, K. Nutrição mineral de hortaliças: LXXVII. Demanda de nutrientes por uma cultura de rúcula. In: **Anais da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**, Piracicaba. v.2, n.45, p.589-595, 1988.

HORA, R. C.; GOTO, R.; BRANDÃO FILHO, J. U. T. O lugar especial da produção de hortaliças no agronegócio. **Agrianual 2004**: anuário da agricultura brasileira, São Paulo, p. 322-323, 2004.

JANICK, J. **A ciência da horticultura**. São Paulo, Freitas Bastos. 1968. 485p.

KAGUIMOTO, L. I.; BALBI, L. A.; TEIXEIRA, N. T. Sintomas de deficiência de nitrogênio e fósforo em rúcula (*Eruca sativa* L.). **Ecossistema**, v. 7, 1982.

KATAYAMA, M., T. Nutrição e adubação de alface, chicória e almeirão. In: **Anais do Simpósio sobre Nutrição e Adubação de Hortaliças**. Jaboticabal. Nutrição e adubação de hortaliças. Piracicaba: Potafos, p.141-146. 1993.

KIMOTO, T. Nutrição e adubação de repolho, couve-flor e brócolos. In: **Anais do Simpósio sobre Nutrição e Adubação de Hortaliças**. Jaboticabal. Nutrição e adubação de hortaliças. Piracicaba: Potafos, p.149-178. 1993.

MAGNÍFICO, V., LATTANZIO, V., SARLI, G. Growth and nutrient removal by broccoli. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v.104, p.201-203, 1979.

MALAVOLTA, E. **Elementos da nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1981. 251p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas**: princípios e aplicações. 2. ed. Piracicaba: Potafós, 1997. 319p.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. San Diego: Academic Press, 1995. 889p.

MARTINS, G. Cultivo em ambiente protegido – o desafio da plasticultura. In: FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. Viçosa. UFV, 2000. 402 p.

MARTINS, S. R. et al. Caracterização climática e manejo de ambientes protegidos: a experiência brasileira. In: Cultivo protegido de hortaliças em solo e hidroponia. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.20, n.200/201, p.15-23, 1999.

MAYNARD, D. N. et al. Nitrate accumulation in vegetables. **Adv. Agron.** New York, v.28, p.71-118. 1976.

McCALL, D.; WILLUMSEN, J. Effects of nitrate, ammonium and chloride application on the yield and nitrate content of soilgrown lettuce. **Journal of Horticultural Science & Biotechnology**, v.73, n.5, p.698-703, 1998.

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

MINAMI, K.; TESSARIOLI NETO, J. **A cultura da rúcula**. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, 1998. 19 p.

MONDIN, M. **Influência de espaçamentos, métodos de plantio e de sementes nuas e peletizadas, na produção de duas cultivares de alface (*Lactuca sativa* L.)**. 1988. 59 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1988.

MORALES, M.; JANICK, J. **Arugula: a promising specialty leaf vegetable**. Reprinted from: Trends in new crops and new uses. 2002. Disponível em: <http://www.hort.purdue.edu/newcrop/ncnuo2/v5-418.html>. Acesso em: 10 abr. 2004.

PEGADO, D. S. et al. Densidade de plantio de rúcula, em sistemas de cultivo protegido. In: Anais do 44^o Congresso Brasileiro de Olericultura, **Horticultura Brasileira**, Campo Grande, v.22, n.2, jul. 2004. Suplemento 2. CD-ROM.

PEREIREIRA, E. R.; SILVA, I, J. O.; MOURA, D. J. Alterações microclimática em túneis baixos com plástico perfurado no cultivo da rúcula em época de verão e de outono. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.23, n.3, p.407-414, 2003.

PEREIREIRA, E. R. et al. Desempenho da cultura da rúcula cultivada em época de verão em túneis baixos de polietileno perfurado. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.24, n.2, p.285-290, 2004.

PIGNONE, D. Present status of rocket genetic resources and conservation activities. In: PADULOSI, S.; PIGNONE, D. **Rocket: A mediterranean crop for the world**. Report of a Workshop. 1996, Legnaro (Padova), Italy. International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy. 1997. p.2-12.

PIMPINI, F. & ENZO, M. Present status and prospects for rocket cultivation in the Veneto region. In: PADULOSI, S.; PIGNONE, D. **Rocket: A mediterranean crop for the world**. Report of a Workshop. 1996, Legnaro (Padova), Italy. Internatioanl Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy. 1997. p.51-66.

RAIJ, B.VAN. **Fertilidade do soloe adubação**. Piracicaba: Agronomica Ceres/Potafos. 1991. 343p.

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**. n.46, v.1, p168-170, 2001.

- REGHIN, M. Y.; OTTO, R. F.; VAN DER VINNE, J. Efeito de densidade de mudas por célula e do volume da célula na produção de mudas e cultivo da rúcula. **Ciência e agrotecnologia**. Lavras, v.28, n.2, p.287-295, 2004a.
- REGHIN, M. Y. et al. Respostas produtivas de rúcula em função do espaçamento e tipo de muda produzida em bandejas contendo duas ou quatro plântulas por célula. In: Anais do 44^o Congresso Brasileiro de Olericultura, **Horticultura Brasileira**, Campo Grande, v.22, n.2, julho 2004b. Suplemento 2. CD-ROM.
- ROSSI, F. et al. Caracterização varietal de rúcula (*Eruca sativa*) cultivada. In: Anais do 44^o Congresso Brasileiro de Olericultura, **Horticultura Brasileira**, Campo Grande, v.22, n.2, julho 2004b. Suplemento 2. CD-ROM.
- SALA, F. C. et al. Caracterização varietal de rúcula. In: Anais do 44^o Congresso Brasileiro de Olericultura. **Horticultura Brasileira**, Campo Grande, v.22, n.2, jul. 2004. Suplemento 2. CD-ROM.
- SALES, H. B. **Efeito do equilíbrio nutricional na severidade de doenças de plantas**. Divulgação técnica Manah, Ano 23, n. 168, 2005. Disponível em: <<http://www.manah.com.br/informativoAbril2005.asp>>. Acesso em: 27 abr. 2005.
- SANTAMARIA, P. et al. Fertilization strategies for lowering nitrate content in leafy vegetables: chicory and rocket salad cases. **Journal of plant nutrition**, v.21, n.9, p.1791-1803. 1998.
- SANTAMARIA, P.; ELIA, A.; SERIO, F. Effect of solution nitrogen concentration on yield, leaf element content, and water and nitrogen use efficiency of three hydroponically-grown rocket salad genotypes. **Journal of plant nutrition**, v.25, n.2, p.245-258. 2002.
- SEGOVIA, J. F. O. et al. Comparação do crescimento e desenvolvimento da alface (*Lactuca sativa* L.) no interior e no exterior de uma estufa de polietileno em Santa Maria, RS. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.27, n.1, p.37-41, 1997.
- SILVA, E. J.; CASTELLANE, P. D. Adubação NPK para a cultura da rúcula (*Eruca sativa* L.) em solos com elevadas fertilidades. In: Anais do 25^o Congresso Brasileiro de Olericultura, **Horticultura brasileira**, Blumenau, v.1, n.3, p.91, 1985. Resumos.
- SILVA, V.F. et al. Comportamento de cultivares de alface em diferentes espaçamentos sob temperatura e luminosidade elevadas. **Horticultura Brasileira**. Brasília, v.18, n.3, p.183-187, 2000.
- STEVENSON, F. J. Origin and distribution of nitrogen in soil. In: STEVENSON, F. **Nitrogen in agricultural soils**. Madison, American Society of Agronomy, p.1-42. 1982.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant physiology**. Sunderland: Sinauer. 3 ed. 2002. 690p.

TAKAOKA, M.; MINAMI, K. Efeito do espaçamento entre linhas sobre a produção de rúcula (*Eruca sativa* L.). **O solo**. Piracicaba, v.2, n.76, p.51-55, 1984.

TAPIA, G. J. Filmes térmicos para invernaderos. **Revista de los plásticos modernos**. Madrid, v.295, p.75-82, 1981.

TRANI, P. E.; FORNASIER, J. B.; LISBÃO, R. S. **Cultura da rúcula**. Campinas: IAC. 8p. 1992. (Boletim técnico 146).

TRANI, P. E. et al. Produção e acúmulo de nitrato pela rúcula afetados por doses de nitrogênio. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.12, n.1, p.25-29,1994.

TRANI, P. E.; RAIJ. B. Van. Hortaliças. In: RAIJ. B. Van. et. al. **Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo**. 2 ed. Campinas: IAC, p.157-186, 1996. (Boletim técnico 100).

USDA. **Nutrient Database for Standart Reference**. Release 17 (July 2004). Disponível em (<http://www.nal.usda.gov/fnic/foodcomp/cgi-bin/list_nut_edit.pl>). Acesso: 20 de jan. 2005.

VIVANCOS, A. D. **Fertirrigati3n**. Madrid: Mundi-Prensa. 1993. 217p.