

09989
F512197

FRANCISCO VILELA RESENDE

**CRESCIMENTO, ABSORÇÃO DE NUTRIENTES, RESPOSTA À ADUBAÇÃO
NITROGENADA E QUALIDADE DE BULBOS DE ALHO PROVENIENTE DE
CULTURA DE TECIDOS**

**Tese apresentada à Universidade Federal de
Lavras, como parte das exigências do Curso de
Agronomia, área de concentração em Fitotecnia,
para obtenção do título de "Doutor".**

Orientador

Prof. ROVILSON JOSÉ DE SOUZA

**LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL
1997**

Ficha Catalográfica preparada pela Seção de Classificação e Catalogação da Biblioteca Central da UFLA

Resende, Francisco Vilela

Crescimento, absorção de nutrientes, resposta à adubação nitrogenada e qualidade de bulbos de alho proveniente de cultura de tecidos / Francisco Vilela Resende. – Lavras : UFLA, 1997.

139p. : il.

Orientador: Rovilson José de Souza.

Tese (Doutorado) - UFLA.

Bibliografia.

1. Alho - Cultura de tecidos. 2. Crescimento. 3. Produção. 4. Nutriente - Absorção. 5. Adubação nitrogenada. 6. Qualidade pós-colheita. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

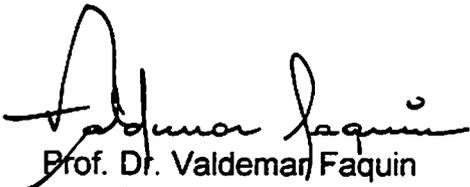
CDD-635.263

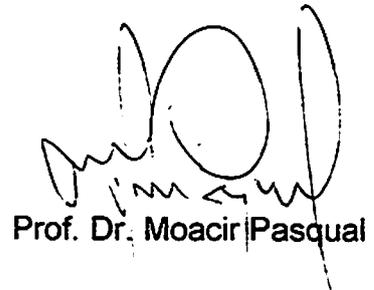
FRANCISCO VILELA RESENDE

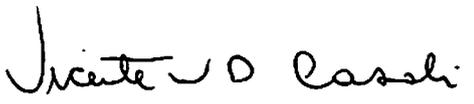
CRESCIMENTO, ABSORÇÃO DE NUTRIENTES, RESPOSTA À ADUBAÇÃO
NITROGENADA E QUALIDADE DE BULBOS DE ALHO PROVENIENTE DE
CULTURA DE TECIDOS

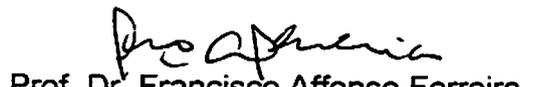
Tese apresentada à Universidade Federal de
Lavras, como parte das exigências do Curso de
Agronomia, área de concentração em Fitotecnia,
para obtenção do título de "Doutor".

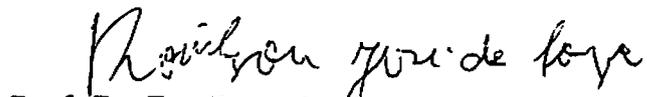
APROVADA em 05/06/97


Prof. Dr. Valdemar Faquin
Co-orientador


Prof. Dr. Moacir Pasqual


Prof. Dr. Vicente W. Dias Casali


Prof. Dr. Francisco Affonso Ferreira


Prof. Dr. Rovilson José de Souza
Orientador

Aos meus irmãos e sobrinhos

À minha sogra D^a Terezinha

Às minhas afilhadas, Natália e Leticia

OFEREÇO

À minha esposa Patrícia

Aos meus pais Daniel e Nilza

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Aos Profs. Rovilson José de Souza e Valdemar Faquin pela orientação, conhecimentos adquiridos, incentivo e principalmente pela amizade.

Aos Profs. Moacir Pasqual, Vicente Vagner D. Casali e Francisco Affonso Ferreira pela colaboração e valiosas sugestões.

À Universidade Federal de Lavras (UFLA) e em especial ao Departamento de Agricultura, pela oportunidade.

À CAPES, pela concessão da bolsa de estudos

Ao Prof. Antonio E. Futini Neto, pela amizade, apoio e sugestões.

Aos Pesquisadores João A. de Menezes Sobrinho (CNPQ/EMBRAPA) pela doação do alho-semente utilizado neste trabalho e Silvio J. de Rezende Chagas (CRSM/EPAMIG, Lavras MG) pela colaboração nas análises de qualidade pós-colheita.

Aos estudantes, Arildo S. Machado, Vanderlei S. Santos, Márcio A M. Santana e Juliano T. V. Resende pela inestimável colaboração na execução deste trabalho.

Aos colegas e amigos do Departamento de Fitotecnia da Faculdade de Ciências Agrárias da UNIMAR pela colaboração, apoio e incentivo.

Aos Laboratoristas Vantuil Antonio Rodrigues, Evaldo Souza Arantes (Lab. de Cultura de Tecidos - UFLA), João Gualberto (Lab. de Nutrição Mineral de Plantas - UFLA).

Aos Funcionários do Setor de Olericultura - UFLA e a todos aqueles que direta ou indiretamente colaboraram para realização desta tese.

BIOGRAFIA DO AUTOR

FRANCISCO VILELA RESENDE, filho de Daniel Resende e Nilza Diniz Vilela Resende, nasceu aos 03 de setembro de 1966, em Itumirim, Estado de Minas Gerais.

Graduou-se em Engenharia Agrônômica em pela então Escola Superior de Agricultura de Lavras (ESAL), atual Universidade Federal de Lavras (UFLA), em 17 de julho de 1990.

Em março de 1991 iniciou o curso de mestrado em Agronomia, concentrando-se na área de Fitotecnia/Olericultura, concluindo-o em Fevereiro de 1993. Em março do mesmo ano prosseguindo os estudos na mesma área, iniciou o curso de doutorado concluindo-o em junho de 1997.

Em abril de 1996 foi contratado como professor pela Faculdade de Ciências Agrárias da Universidade de Marília (UNIMAR) para as áreas de Olericultura e Cultivo Protegido.

SUMÁRIO

	página
LISTA DE TABELAS.....	viii
LISTA DE FIGURAS.....	xi
RESUMO.....	xiv
ABSTRACT.....	xvi
1 INTRODUÇÃO.....	1
1.1 INTRODUÇÃO GERAL.....	1
1.2 OBJETIVO GERAL.....	3
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	4
2 CRESCIMENTO E PRODUÇÃO DE ALHO PROVENIENTE DE CULTURA DE TECIDOS E DE MULTIPLICAÇÃO CONVENCIONAL.....	6
RESUMO.....	6
2.1 INTRODUÇÃO.....	7
2.2 OBJETIVOS.....	10
2.3 MATERIAL E MÉTODOS.....	10
2.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	13
2.4.1 Emergência de plantas, estande inicial e final	13
2.4.2 Altura de plantas.....	14
2.4.3 Número de folhas vivas.....	17
2.4.4 Razão bulbar.....	19
2.4.5 Matéria seca.....	21
2.4.6 Produção de bulbos, peso médio de bulbos, número de bulbilhos/bulbo..	25
2.4.7 Diâmetro de bulbos.....	27

2.4.8 Correlações entre o desenvolvimento da planta e características de produção.....	28
2.5 CONCLUSÕES.....	31
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	31
3 EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS EM PLANTAS DE ALHO PROVENIENTES DE CULTURA DE TECIDOS E DE MULTIPLICAÇÃO CONVENCIONAL.....	36
RESUMO.....	36
3.1 INTRODUÇÃO.....	37
3.2 OBJETIVO.....	39
3.3 MATERIAL E MÉTODOS.....	39
3.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	42
3.4.1 Nitrogênio.....	42
3.4.2 Fósforo.....	46
3.4.3 Potássio.....	48
3.4.4 Enxofre.....	51
3.4.5 Magnésio.....	54
3.4.6 Cálcio.....	57
3.4.7 Boro.....	60
3.4.8 Zinco.....	64
3.4.9 Cobre.....	67
3.4.10 Manganês.....	70
3.4.11 Ferro.....	73
3.4.12 Quantidade de nutrientes extraídas por hectare.....	76
3.5 CONCLUSÕES.....	81
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	81
4 RESPOSTAS DE ALHO PROVENIENTE DE CULTURA DE TECIDOS E DE MULTIPLICAÇÃO CONVENCIONAL À ADUBAÇÃO NITROGENADA.....	85
RESUMO.....	85
4.1 INTRODUÇÃO.....	86
4.2 OBJETIVO.....	89
4.3 MATERIAL E MÉTODOS.....	89
4.3.1 Área experimental.....	89

4.3.2	Tratamentos e delineamento experimental.....	89
4.3.3	Preparo do solo, adubação e tratos culturais.....	90
4.4.4	Colheita e cura.....	90
4.4.5	Características avaliadas.....	91
4.3.6	Análises estatísticas.....	92
4.4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	92
4.4.1	Altura de plantas, número de folhas/planta e razão bulbar.....	92
4.4.2	Matéria seca.....	97
4.4.3	Absorção de nitrogênio.....	104
4.4.4	Produção de bulbos.....	109
4.4.5	Peso médio de bulbos.....	114
4.4.6	Diâmetro de bulbos e número de bulbilhos/bulbo	116
4.5	CONCLUSÕES.....	118
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	119
5	QUALIDADE PÓS-COLHEITA DE BULBOS DE ALHO PROVENIENTE DE CULTURA DE TECIDOS E DE MULTIPLICAÇÃO CONVENCIONAL.....	125
	RESUMO.....	125
5.1	INTRODUÇÃO.....	125
5.2	OBJETIVO.....	129
5.3	MATERIAL E MÉTODOS.....	129
5.3.1	Cultivo, delineamento experimental e tratamentos.....	129
5.3.2	Avaliações químicas e físico-químicas.....	130
5.4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	131
5.5	CONCLUSÕES.....	136
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	136

LISTA DE TABELAS

Tabela		Página
1	Classificação de alho de acordo com o maior diâmetro do bulbos, segundo os padrões brasileiros (Brasil, 1988).....	12
2	Estandes inicial e final, número de plantas emergidas e índice de sobrevivência de plantas de alho oriundas de cultura de tecidos e multiplicação convencional.....	13
3	Tamanho e peso dos bulbilhos plantados em cada bloco do experimento. Classificação realizada de acordo com as recomendações do Ministério da Agricultura (Brasil, 1988). Média de 90 bulbilhos.....	14
4	Altura (em cm) de plantas de alho oriundas de cultura de tecidos e multiplicação convencional durante o desenvolvimento da cultura.....	16
5	Número de folhas vivas de plantas de alho oriundas de cultura de tecidos e multiplicação convencional durante o desenvolvimento da cultura.....	18
6	Razão bulbar de plantas de alho oriundas de cultura de tecidos e multiplicação convencional durante o desenvolvimento da cultura.....	20
7	Matéria seca da parte aérea, raízes, bulbos e planta Inteira (g/planta) de plantas de alho oriundas de cultura de tecidos e multiplicação convencional durante o desenvolvimento da cultura.....	24
8	Produção de bulbos, peso médio de bulbo e número de bulbilhos por bulbo de plantas de alho oriundas de cultura de tecidos e multiplicação convencional.....	26
9	Classificação de bulbos em classes de tamanho, de acordo com o diâmetro transversal, de plantas de alho oriundas de cultura de tecidos e multiplicação convencional.....	28

10	Coeficientes de correlação (r) entre peso médio de bulbo, matéria seca de bulbo, diâmetro de bulbo, Produção e Altura de plantas aos 130 dias, número de folhas aos 110 dias, matéria seca da parte aérea, matéria seca de raízes aos 130 dias, em plantas de alho provenientes de cultura de tecidos e multiplicação convencional.....	29
11	Resultado das análises química e física do solo da área experimental..	40
12	Conteúdo de nitrogênio (mg/planta) na parte aérea, bulbo e parte aérea+bulbo em plantas de alho oriundas de cultura de tecidos e de multiplicação convencional durante o desenvolvimento da cultura.....	44
13	Conteúdo de fósforo (mg/planta) na parte aérea, bulbo e parte aérea+bulbo em plantas de alho oriundas de cultura de tecidos e de multiplicação convencional durante o desenvolvimento da cultura.....	48
14	Conteúdo de potássio (mg/planta) na parte aérea, bulbo e parte aérea+bulbo em plantas de alho oriundas de cultura de tecidos e de multiplicação convencional durante o desenvolvimento da cultura.....	50
15	Conteúdo de enxofre (mg/planta) na parte aérea, bulbo e parte aérea+bulbo em plantas de alho oriundas de cultura de tecidos e de multiplicação convencional durante o desenvolvimento da cultura.....	53
16	Conteúdo de magnésio (mg/planta) na parte aérea, bulbo e parte aérea+bulbo em plantas de alho oriundas de cultura de tecidos e de multiplicação convencional durante o desenvolvimento da cultura.....	56
17	Conteúdo de cálcio (mg/planta) na parte aérea, bulbo e parte aérea+bulbo em plantas de alho oriundas de cultura de tecidos e de multiplicação convencional durante o desenvolvimento da cultura.....	59
18	Conteúdo de boro (μg /planta) na parte aérea, bulbo e parte aérea+bulbo em plantas de alho oriundas de cultura de tecidos e de multiplicação convencional durante o desenvolvimento da cultura.....	62
19	Conteúdo de zinco (μg /planta) na parte aérea, bulbo e parte aérea+bulbo em plantas de alho oriundas de cultura de tecidos e de multiplicação convencional durante o desenvolvimento da cultura.....	66
20	Conteúdo de cobre (μg /planta) na parte aérea, bulbo e parte aérea+bulbo em plantas de alho oriundas de cultura de tecidos e de multiplicação convencional durante o desenvolvimento da cultura.....	69

21	Conteúdo de manganês ($\mu\text{g/planta}$) na parte aérea, bulbo e parte aérea+bulbo em plantas de alho oriundas de cultura de tecidos e de multiplicação convencional durante o desenvolvimento da cultura.....	72
22	Conteúdo de ferro ($\mu\text{g/planta}$) na parte aérea, bulbo e parte aérea+bulbo em plantas de alho oriundas de cultura de tecidos e de multiplicação convencional durante o desenvolvimento da cultura.....	75
23	Quantidade de nutrientes extraídas por plantas de alho provenientes de cultura de tecidos e plantas de multiplicação convencional.....	77
24	Porcentagem do total (parte aérea+bulbos) de macronutrientes acumulados pelo alho em cada época de avaliação em relação à acumulação máxima, considerada 100%. Comparativamente da mesma maneira para matéria seca total.....	79
25	Porcentagem do total (parte aérea+bulbos) de micronutrientes acumulados pelo alho em cada época de avaliação em relação à acumulação máxima, considerada 100%. Comparativamente da mesma maneira para matéria seca total.....	80
26	Quantidade máxima estimada de nitrogênio absorvida pela parte aérea, bulbos e total de plantas de cultura de tecidos e convencionais, aos 90, 110 e 130 dias após o plantio, e as doses de nitrogênio que promoveram essas quantidades.....	109
27	Produção total e comercial máxima e 90 e 80% do máximo de plantas de alho provenientes de cultura de tecidos e de multiplicação convencional e as doses de nitrogênio estimadas pelas equações de regressão que promoveram essas produções.....	113
28	Teores e quantidade de sólidos solúveis, sólidos totais e acidez titulável total em bulbos de plantas de alho provenientes de cultura de tecidos e de multiplicação convencional.....	131
29	Teores e quantidades de açúcares redutores, não redutores e totais em bulbos de plantas de alho provenientes de cultura de tecidos e de multiplicação convencional.....	133
30	Teores e quantidades de óleo essencial, ácido pirúvico no bulbos e índice industrial de plantas de alho provenientes de cultura de tecidos e de multiplicação convencional.....	134

LISTA DE FIGURAS

Figura		Página
1	Crescimento de plantas de alho provenientes de cultura de tecidos e multiplicação convencional.....	15
2	Evolução do número de folhas vivas (fotossinteticamente ativas) ao longo do ciclo da cultura, em plantas de alho oriundas de cultura de tecidos e multiplicação convencional.....	17
3	Razão bulbar do alho em função da idade da cultura em plantas provenientes de cultura de tecidos e multiplicação convencional	20
4	Matéria seca da parte aérea (a), raízes (b), bulbos (c) e total (d) de plantas de alho provenientes de cultura de tecidos e multiplicação convencional durante o desenvolvimento da cultura.....	22
5	Nitrogênio acumulado na parte aérea (a), bulbo (b) e parte aérea+bulbo (c) , durante o desenvolvimento de plantas de alho provenientes de cultura de tecidos e de multiplicação convencional.....	43
6	Fósforo acumulado na parte aérea (a), bulbo (b) e parte aérea+bulbo (c) , durante o desenvolvimento de plantas de alho provenientes de cultura de tecidos e de multiplicação convencional.....	47
7	Potássio acumulado na parte aérea (a), bulbo (b) e parte aérea+bulbo (c) , durante o desenvolvimento de plantas de alho provenientes de cultura de tecidos e de multiplicação convencional.....	49
8	Enxofre acumulado na parte aérea (a), bulbo (b) e parte aérea+bulbo (c) , durante o desenvolvimento de plantas de alho provenientes de cultura de tecidos e de multiplicação convencional.....	52
9	Magnésio acumulado na parte aérea (a), bulbo (b) e parte aérea+bulbo (c) , durante o desenvolvimento de plantas de alho provenientes de cultura de tecidos e de multiplicação convencional.....	55

10	Cálcio acumulado na parte aérea (a), bulbo (b) e parte aérea+bulbo (c), durante o desenvolvimento de plantas de alho provenientes de cultura de tecidos e de multiplicação convencional.....	58
11	Boro acumulado na parte aérea (a), bulbo (b) e parte aérea+bulbo (c), durante o desenvolvimento de plantas de alho provenientes de cultura de tecidos e de multiplicação convencional.....	61
12	Zinco acumulado na parte aérea (a), bulbo (b) e parte aérea+bulbo (c), durante o desenvolvimento de plantas de alho provenientes de cultura de tecidos e de multiplicação convencional.....	65
13	Cobre acumulado na parte aérea (a), bulbo (b) e parte aérea+bulbo (c), durante o desenvolvimento de plantas de alho provenientes de cultura de tecidos e de multiplicação convencional.....	68
14	Manganês acumulado na parte aérea (a), bulbo (b) e parte aérea+bulbo (c) , durante o desenvolvimento de plantas de alho provenientes de cultura de tecidos e de multiplicação convencional.....	71
15	Ferro acumulado na parte aérea (a), bulbo (b) e parte aérea+bulbo (c), durante o desenvolvimento de plantas de alho provenientes de cultura de tecidos e de multiplicação convencional.....	74
16	Altura de plantas de alho provenientes de cultura de tecidos e multiplicação convencional, aos 90 (a), 110 (b) e 130 (c) dias após o plantio, em função das doses de nitrogênio aplicadas.....	93
17	Razão bulbar de alho proveniente de cultura de tecidos e multiplicação convencional, aos 110 dias após o plantio, em função das doses de nitrogênio aplicadas.....	96
18	Produção de matéria seca pela parte aérea de plantas de alho provenientes de cultura de tecidos e multiplicação convencional, aos 90 (a), 110 (b) e 130 (c) dias após o plantio, em função das doses de nitrogênio aplicadas.....	98
19	Produção de matéria seca pelas raízes de plantas de alho provenientes de cultura de tecidos e multiplicação convencional, aos 90 dias após o plantio em função das doses de nitrogênio aplicadas	99
20	Produção de matéria seca pelo bulbos de plantas de alho provenientes de cultura de tecidos e multiplicação convencional, aos 110 (a), 130 (b) dias após o plantio, em função de doses crescentes de nitrogênio aplicadas no solo.....	101

21	Produção de matéria seca total (parte aérea+bulbo+raízes) de plantas de alho provenientes de cultura de tecidos e multiplicação convencional, aos 90 (a), 110 (b) e 130 (c) dias após o plantio, em função das doses de nitrogênio aplicadas.....	103
22	Quantidade de nitrogênio acumulada na parte aérea de plantas de alho provenientes de cultura de tecidos e multiplicação convencional, aos 90 (a), 110 (b) e 130 (c) dias após o plantio, em função das doses de nitrogênio aplicadas.....	105
23	Quantidade de nitrogênio acumulada no bulbo de plantas de alho provenientes de cultura de tecidos e multiplicação convencional, aos 70 (a), 90 (b), 110 (c) e 130 (d) dias após o plantio, em função das doses de nitrogênio aplicadas.....	106
24	Quantidade de nitrogênio acumulada na parte aérea + bulbo de plantas de alho provenientes de cultura de tecidos e multiplicação convencional, aos 90 (a), 110 (b) e 130 (c) dias após o plantio, em função das doses de nitrogênio aplicadas.....	108
25	Produção total (a) e produção de bulbos comerciais (b) por plantas de alho provenientes de cultura de tecidos e multiplicação convencional em função das doses de nitrogênio aplicadas.....	110
26	Peso médio de bulbo total (a) e comercial (b) de plantas de alho provenientes de cultura de tecidos e multiplicação convencional em função das doses de nitrogênio aplicadas	115
27	Diâmetro transversal de bulbos (a) e número médio de bulbilhos (b) de plantas de alho provenientes de cultura de tecidos e multiplicação convencional em função das doses de nitrogênio aplicadas.....	117

RESUMO

RESENDE, Francisco Vilela. Crescimento, absorção de nutrientes, resposta à adubação nitrogenada e qualidade de bulbos de alho proveniente de cultura de tecidos. Lavras: UFLA, 1997. 139p. (Tese - Doutorado em Fitotecnia).*

Este trabalho teve como objetivos estudar comparativamente o desenvolvimento, produção, acúmulo de nutrientes, resposta ao nitrogênio e qualidade pós colheita entre plantas de alho provenientes de cultura de tecidos e de multiplicação convencional. Utilizou-se o delineamento de blocos casualizados com quatro repetições em esquema de parcelas subdivididas no tempo com um fatorial na parcela. Os tratamentos foram compostos por plantas provenientes de duas formas de multiplicação: cultura de tecidos e convencional; cinco doses de N: 0, 35, 70, 105 e 140 kg/ha e sete épocas de avaliações: 30, 50, 70, 90, 110, 130 e 140 dias após o plantio. As avaliações do desenvolvimento, produção e absorção de nutrientes foram realizadas fixando-se a dose de 105 kg/ha de nitrogênio e a resposta ao nitrogênio avaliada em todas as épocas. A qualidade pós-colheita dos bulbos foi determinada em função do seu conteúdo de sólidos solúveis e totais, açúcares, óleo essencial e ácido pirúvico. Até 70 e 90 dias do plantio, respectivamente, para parte aérea e bulbo, o desenvolvimento de plantas provenientes de cultura de tecidos e de multiplicação convencional ocorreram simultaneamente. Na fase de crescimento e desenvolvimento mais intenso da parte aérea (entre 70 e 110 dias) e do bulbo (entre 90 - 150 dias), as plantas provenientes de cultura de tecidos apresentaram desenvolvimento significativamente superior em relação às plantas convencionais. A formação dos bulbos ocorreu mais lentamente em plantas de cultura de tecidos provocando um prolongamento no seu ciclo em 13 dias. Estas

* Orientador: Dr. Rovilson José de Souza. Membros da Banca: Dr. Valdemar Faquin, Dr. Moacir Pasqual, Dr. Vicente Wagner Dias Casali, Dr. Francisco Affonso Ferreira.

plantas apresentaram o dobro da produção e do peso médio de bulbo das plantas convencionais. Em ambas as formas de multiplicação, o desenvolvimento da parte aérea correlacionou-se significativamente e positivamente com a produção e peso médio de bulbos. De maneira geral, a acumulação de nutrientes acompanhou o desenvolvimento da planta, em plantas de ambas as formas de multiplicação, sendo que o acúmulo foi mais intenso entre 70 e 110 dias na parte aérea e 90 e 150 dias no bulbo. Diferenças significativas de acumulação de nutrientes entre as formas de multiplicação foram verificadas somente na fase que coincidiu com o máximo desenvolvimento do parte aérea e do bulbo. As plantas multiplicadas por via convencional demonstraram ser mais exigentes por nitrogênio, em relação ao potássio, que plantas provenientes de cultura de tecidos. Para ambas as formas de multiplicação, foram verificadas respostas significativas à adubação nitrogenada no intervalo entre 90 e 130 dias, época que coincide com o desenvolvimento mais intenso da planta. Para maioria das características avaliadas, as doses de N que proporcionaram os valores máximos encontravam-se entre 100 e 115 kg/ha em plantas convencionais, enquanto, em plantas de cultura de tecidos esse valores aumentaram com as doses de N aplicadas. A estimativa da máxima eficiência econômica para a produção de bulbos (90% da produção máxima), foi conseguida nas doses de 99 kg/ha de N para plantas de cultura de tecidos e 81 kg/ha para plantas convencionais. As plantas de cultura de tecidos sobressaíram-se em relação às convencionais para os teores de sólidos solúveis, sólidos totais e óleo essencial, mostrando-se superiores para utilização na indústria de desidratação de alho e farmacêutica. As plantas provenientes de multiplicação convencional apresentaram maiores concentrações de açúcares e ácido pirúvico e, portanto, melhores características de aroma e sabor.

ABSTRACT

PLANT GROWTH, NUTRIENTS UPTAKE, RESPONSE TO NITROGEN FERTILIZATION AND BULB QUALITY OF GARLIC PLANTS OBTAINED BY TISSUE CULTURE METHOD.

This trial aimed to study, comparatively, growth, yield, nutrients uptake, responses to nitrogen fertilization and post-harvesting quality of garlic plants originated from tissue culture and conventional propagation. It was used a complete randomized blocks design with four replications, with statistical analysis split plot on time. The treatments were: garlic plants resulting from different methods of propagation as tissue culture and conventional propagation, five levels of nitrogen fertilizer: 0, 35, 70, 105, and 140 kg/ha and seven evaluation periods: 30, 50, 70, 90, 110, 130 and 150 days after planting. Growth, yield and nutrients uptake evaluations was taken by fixing nitrogen level at 105 kg/ha. Response to nitrogen was evaluated in all the described periods. Post-harvesting bulbs quality was determined by total solids, sugars contents, essential oil and pyruvic acid. Up to 79 and 90 days after planting, respectively, considering top and bulbs, plants development both tissue culture and conventional ones was observed at the same rate. During the highest top (70-110 days) and bulbs (90-150 days) growth period, development was higher in tissue cultured plants than conventional garlic plants. For bulb growth, tissue culture plants developed more slowly increasing lifecycle around 13 days. These plants also indicated two times greater yield and bulbs mean weight comparing with conventional ones. Both propagation methods, top growth showed significant positive correlation with bulb production and mean weight. In general, nutrients content and plants development were connected for both propagation methods; greater nutrients contents since 70 to 90 days for top plant and 90 to 150 days for bulbs. Significant differences of nutrients uptake comparing propagation methods were

observed , just at maximum development period, considering top and bulb. Plants propagated by conventional method showed higher nitrogen requirement, concerning potassium. Both propagation methods, tests indicated significative responses to nitrogen fertilizer since 90 to 130 days of lifecycle. At this time it was observed higher plants growth. For most characteristics, nitrogen doses that resulted the best yield were around 100 to 115 kg/ha for conventional plants. In the other way, for tissue plants these values increased as nitrogen fertilizers levels. The estimative of economical maximum efficiency considering bulb yield (90% yield maximum) was achieved at 99 kg/ha N for tissue culture plants, and 81 kg/ha N for the other ones. Soluble solids, total solids and essential oil content of tissue culture plants were higher than conventional plants. So the first ones can be better for garlic dehydration and pharmaceutical manufacturing. Plants originated from conventional propagation showed higher sugars and pyretic acid contents and, thus better flavor and taste characteristics.

1 INTRODUÇÃO

1.1 INTRODUÇÃO GERAL

O alho (*Allium sativum* L.) pertence a família Liliaceae, sendo originário de regiões temperadas da Ásia central. É uma planta rica em amido e substâncias aromáticas (compostos a base de enxofre) de alto valor condimentar, conferindo a esta hortaliça, posição de destaque na culinária mundial e particularmente indispensável na mesa dos brasileiros. Devido às suas propriedades antimicrobianas, o alho tem sido usado como planta medicinal em terapias naturais e seu uso como matéria prima na indústria farmacêutica esta se tornando uma realidade (Carpenter, 1945; Chalfoun e Carvalho, 1987a e 1987b).

A cultura do alho se estende por quase todo território brasileiro, concentrando-se, principalmente, nas regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste. O Estado de Santa Catarina, desde 1986, é o maior produtor nacional de alho, responsável por 30% da produção brasileira, seguido pelos estados de Minas Gerais e Rio Grande do Sul (IBGE, 1995). Goiás e São Paulo têm apresentado acentuado crescimento devido ao cultivo de alho nobre (cultivares que produzem bulbos de melhor qualidade) e à prática da vernalização do alho-planta que possibilita a colheita em época de preços mais compensatórios (Seno, Castellane e Kimoto, 1993).

A produtividade brasileira de 4 t/ha (IBGE, 1995) é muito baixa quando comparada a países como a Noruega (22 t/ha), Sudão (20 t/ha) e Estados Unidos (15 t/ha) (FAO, 1987). Isto torna o Brasil um tradicional importador de alho, oriundo principalmente da Argentina, Uruguai, Chile, Espanha e mais recentemente, desde de 1993, da China. A entrada do produto chinês e a criação do MERCOSUL, mercado comum que engloba Brasil, Argentina, Uruguai e Paraguai, tem conturbado o mercado brasileiro, influenciando negativamente a comercialização do alho, principalmente nas regiões Centro-Oeste e Sudeste do Brasil. Os reflexos desta situação estão sendo

sentidos já neste ano agrícola de 1996/97 com uma redução estimada pelo IBGE de 24% na produção brasileira de alho.

O cultivo do alho no Brasil é feito basicamente por produtores pouco tecnificados e em pequenas áreas, inferiores a 10 ha. A cultura é particularmente suscetível a distúrbios fisiológicos e doenças, agravados por desequilíbrios nutricionais e ainda condições edafo-climáticas desfavoráveis. Fatores, que aliados a tendência de mercado podem comprometer a evolução desta cultura no Brasil.

O alho é uma espécie apomítica, restringindo-se à reprodução assexuada através de órgão vegetativos, provavelmente em função de sua forma de cultivo, desde a domesticação sempre realizada através dos bulbilhos. Essa forma de reprodução tem levado o alho a tornar-se suscetível a uma série de patógenos, principalmente vírus, possibilitando sua perpetuação nesta cultura ao longo das gerações. No Brasil e em outros países, tem sido observado em condições naturais, a inexistência de plantas de alho isentas de viroses (Bos, 1982 ; Carvalho, 1986 , Peña-Iglesias, 1988 ; Pavan et al., 1989). A utilização da cultura de tecidos visando a obtenção de clones livre de vírus, tem resultado em plantas com comportamento vegetativo e produtivo completamente divergente de suas homônimas infectadas por doenças (Walkey e Antill, 1989 ; Garcia, Peters e Castro, 1989, Barni, 1992), levando a crer que o comportamento fisiológico e nutricional também será alterado. Portanto grande parte das tecnologias desenvolvidas pela pesquisa para cultura do alho deverão ser reavaliadas quando se pensar na utilização de plantas isentas de doenças obtidas através da cultura de tecidos

O descuido do produtor com o alho-planta e a carência de um programa de produção de bulbo-semente tem contribuído sobremaneira para a baixa produtividade brasileira. A utilização de clones de boa qualidade e livre de doenças são de fundamental importância para um programa de produção de "sementes" de alho. Neste contexto, a técnica de cultura de tecidos é uma ferramenta auxiliar imprescindível, desempenhando importante papel na erradicação de patógenos do alho destinado ao plantio, ressaltando sua eficiência na eliminação de viroses, possível somente através desta técnica em associação ou não com a termoterapia (Daniels, Caldas e Kitajima, 1978; Mosella e Fernandez, 1985; Peters et al. 1989 ; Walkey et al. 1987 ; Conci e Nome , 1991).

Os vírus encontrados na planta de alho são dos grupos Potyvirus e Carlavirus, frequentemente relatados em infecções múltiplas (Dellecole e Lot, 1981; Conci, Nome e Milne, 1992; Dusi, Fajardo e Cupertino, 1994), aspecto que intensifica ainda mais seus efeitos sobre a planta. No Brasil os trabalhos de obtenção de plantas livres de vírus, avaliações do comportamento e da produção dessas plantas em condições de campo estão apenas iniciando-se (Dusi, 1995). Portanto, o verdadeiro potencial de produção da maioria de nossas cultivares, sem a presença de viroses, ainda permanece desconhecido.

O uso de material propagativo de alho proveniente de cultura de tecidos em plantios comerciais resultará em acréscimos significativos tanto na qualidade quanto na produção de bulbos, como tem sido demonstrado em resultados experimentais (Bhojwani, Cohen e Fry, 1982; Garcia, Peters e Castro, 1989, Walkey e Antill, 1989, Resende, 1993). Estes resultados apontam para possibilidade de se mudar o panorama da cultura do alho no Brasil, fortalecendo a competitividade com o produto importado.

O aproveitamento do potencial de clones de alho obtidos "in vitro" por produtores comerciais envolve ainda, a compreensão de uma série de fatores relacionados ao crescimento e desenvolvimento das plantas e bulbos, absorção e utilização de nutrientes, qualidade e conservação pós-colheita.

Cabe então, à pesquisa traçar o perfil do comportamento em condições de campo, desses "novos" clones provenientes de cultura de tecidos, visando definir orientações para o produtor quanto a condução, adubação, colheita, armazenamento e características industriais destes materiais.

1.2 OBJETIVO GERAL

Estudar em condições de campo o crescimento, desenvolvimento, produção de bulbos, absorção de nutrientes, resposta a adubação nitrogenada e qualidade pós-colheita de plantas de alho provenientes de cultura de tecidos, comparativamente ao mesmo material multiplicado de forma convencional, possibilitando o fornecimento de subsídios para utilização em lavouras comerciais, de materiais multiplicados através desta tecnologia.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARNI, V. **Efeitos do Vírus do Estriado Amarelo do Alho (*Allium sativum* L.) cv, Quitéria, sob diferentes condições de cultivo.** Pelotas:UFPel, 1992. 111p. (Tese - Mestrado em Fitotecnia).
- BHOJWANI, S.S. ; COHEN, D.; FRY, P.R. Production of virus-free garlic and field performance of micropropagated plants. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v.18, n.1, p.39-43, 1982.
- BOS, L. Viruses and virus diseases of *Allium* species. **Acta Horticulturae**, Wageningen, v.127, p.11-29, 1982.
- CARPENTER, C.W. Antibacterial properties of yastes *Fusarium sp.* onion and garlic. **The Hawaiian Plants Record**, Honolulu, v.49, n.1, p.46-67, 1945.
- CARVALHO, M.G. de. Viroses do alho. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.12, n.142, p.41-46, Out. 1986.
- CHALFOUN, S.M. ; CARVALHO, V.D. Efeito do extrato de óleo de alho sobre o desenvolvimento de fungos. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v.12, n.3, p.234-235, Set. 1987a.
- CHALFOUN, S.M. ; CARVALHO, V.D. Inibição do crescimento micelial de *Giberella zeae* (*Fusarium graminearum*) com extrato de alho e fungicida captan. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v.12, n.3, p.234-235, Set. 1987b.
- CONCI, V.C. ; NOME, S.F. Virus-free garlic (*Allium sativum* L.) obtained by thermoterapy and meristem-tip culture. **Journal of Phytopatology**, Berlin, v.32, n.3, p.186-192, 1991.
- CONCI, V.C.; NOME, S.F.; MILNE, R.G. Filamentous viruses of garlic in Argentina. **Plant Disease**, St. Paul, v.76, n.6, p.594-596, Jun. 1992.
- DANIELS, J. ; CALDAS, L.S.; KITAJIMA, E.W. Plantas de alho (*Allium sativum* L.) supostamente sadias obtidas por cultura de meristemas de bulbilhos infectados por vírus. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v.3, n.1, p.82, 1978.
- DELLECOLE, B. ; LOT, H. Viroses d'ail: mise en évidence et assais de caracterization por immunoéletromicroscopie d'um complex de trois virus chez differents populations d'ail atteints de mosaïque. **Agronomie**, Paris, v.1, n.9 p.763-770, 1981.
- DUSI, A. Doenças causadas por vírus em alho. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.17, n.183, p.19-21, 1995.

- DUSI, A.N.; FAJARDO, T.V.M.; CUPERTINO, F.P. Serological identification of garlic (*Allium sativum* L.) viruses in Brasil. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília v.19, n.2, p.298, 1994.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. **Production Yearbook**. Rome: FAO, 1987. v.41
- GARCIA, A. ; PETERS, J.A. , CASTRO, L.A.S. de. Formação de estoques pré-básicos de alho-semente e estudo da sensibilidade da cultura à infecção por vírus. **Hortisul**, Pelotas, v.1, n.1, p.42-44, Jul. 1989.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Anuário estatístico do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, 1987/1995. v.48/54
- MOSELLA, C.H.L. ; FERNANDEZ, M.R. Cultivo in vitro del ajo (*Allium sativum* L.), tipo Rosado. **Simiente**, Santiago, v.55, n.2, p.60-63, 1985.
- PAVAN, M.A. ; GUIMARÃES, A.M. ; KAMITSUJI, M.K. ; MATSUMOTO, S.N. Amostragem da incidência de viroses em cultivares de alho nobre (*Allium sativum* L.) provenientes de regiões produtoras do Estado de Santa Catarina. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v.14, n.2, p.136, 1989.
- PEÑA-IGLESIAS, A. El ajo: virosis, fisiopatias y selección clonal e sanitaria: II parte científico-experimental. **Boletim de Sanidad Vegetal**, Plagas, v.14, n.1, p.493-533, 1988.
- PETERS, J.A. ; CASTRO, L.A.S. de; GARCIA, S. ; PATELLA, A.E.C. Cultura de meristemas e indexação de plantas de alho. **Hortisul**, Pelotas, v.1, n.1, p.36-41, Jul. 1989.
- RESENDE, F.V. **Comportamento, em condições de campo, de plantas de alho (*Allium sativum* L.) obtidas por cultura de meristemas**. Lavras: ESAL, 1993. 63p. (Tese - Mestrado em Fitotecnia).
- SENO, S. ; CASTELLANE, P.D. ; KIMOTO, T. Influência do tempo de vernalização e da época de plantio na cultura do alho (*Allium sativum* L.), Cv Roxo Pérola de Caçador, na região de Ilha Solteira-SP. **Científica**, São Paulo, v.22, n.2, p.275-285, 1993.
- WALKEY, D.G.A. ; ANTILL, D.N. Agronomic evaluation of virus-free and virus-infected garlic (*Allium sativum* L.) . **Journal of Horticultural Science**, Ashford, v.64, n.13, p.53-60, 1989.
- WALKEY, D.G.A. ; WEBB, M.J.W. ; BOLLAND, C.I. ; MILLER, A. Production of virus-free garlic (*Allium sativum* L.) and shallot (*Allium ascalonicum* L.) by meristem-tip culture. **Journal of Horticultural Science**, Ashford, v.62, n.2, p.211-220, 1987.

2 CRESCIMENTO E PRODUÇÃO DE ALHO PROVENIENTE DE CULTURA DE TECIDOS E DE MULTIPLICAÇÃO CONVENCIONAL

RESUMO

Este trabalho foi conduzido na área experimental do Setor de Olericultura/Departamento de Agricultura da Universidade Federal de Lavras com o objetivo de avaliar o crescimento, desenvolvimento e a produção de plantas de alho da cultivar Gigante Roxão provenientes de cultura de tecidos (propagação por meristemas), comparando-as com plantas da mesma cultivar multiplicadas de forma convencional. Utilizou-se delineamento experimental de blocos ao acaso em esquema de parcelas subdivididas no tempo, com dois tratamentos (plantas de cultura de tecidos e de multiplicação convencional) e sete épocas de avaliação, com 4 repetições. Foram feitas avaliações e coletadas amostras de plantas em intervalos de 20 dias, iniciando-se aos 30 dias após o plantio até 150 dias, totalizando sete amostragens. Foram determinadas características de crescimento e produção (altura de plantas, número médio de folhas/planta, matéria seca, razão bulbar, produção, peso médio de bulbo, etc.). Verificou-se diferenças significativas no desenvolvimento tanto da parte aérea quanto dos bulbos entre as formas de multiplicação. O desenvolvimento da parte aérea foi semelhante entre os tratamentos até por volta dos 70 dias do plantio, após o qual, as plantas originadas por cultura de tecidos mostraram-se superiores. As plantas provenientes de cultura de tecidos apresentaram aumento na altura e produção de matéria seca da parte aérea e raízes em relação a plantas convencionais de 29%, 80,3% e 145% respectivamente, aos 110 dias do plantio. A razão bulbar demonstrou que houve atraso na formação dos bulbos de plantas de cultura de tecidos retardando em 13 dias a colheita destas plantas. As plantas multiplicadas "in vitro" mostraram acúmulos de matéria seca no bulbo e total superiores em 68,2% e 67%,

respectivamente, às plantas multiplicadas de forma convencional, aos 150 dias do plantio. Para peso médio de bulbo e número de bulbilhos/bulbo, as diferenças foram de 109,5 e 37%, resultando num aumento de 99,8% na produção. Foram verificadas correlações significativas e positivas entre os componentes do desenvolvimento da parte aérea e características da produção, principalmente da altura de plantas, número de folhas e matéria seca da parte aérea com a produção e peso médio de bulbos. De maneira geral, os valores de correlação para estas características entre plantas de cultura de tecidos e de multiplicação convencional foram relativamente semelhantes.

2.1 INTRODUÇÃO

O alho apresenta um padrão de crescimento do tipo sigmóide, podendo-se detectar três fases primárias distintas: logarítmica, linear e senescente (Salisbury e Ross, 1985). Segundo Magalhães (1986), neste tipo de comportamento existe um período inicial em que o crescimento é lento, quando a planta ainda depende das reservas da semente ou bulbilhos como no caso do alho. Este período é seguido por uma fase de rápido aumento de peso e tamanho com o início dos processos fotossintéticos e acúmulo de matéria seca, segue-se uma estabilização na curva de crescimento, paralisando a produção de matéria orgânica e iniciando a senescência.

Na cultivar Gigante de alho Lavínia, (Silva *et al.* 1981), observaram um crescimento reduzido da parte aérea até o trigésimo dia após o plantio (fase logarítmica), acentuando-se a partir deste ponto até 120 dias (fase linear) e então estabilizando (senescência). Comportamento semelhante foi apresentado pelo peso dos bulbos que aumentou bruscamente a partir dos 90 dias até estabilizar-se aos 135 dias após o plantio. Percebe-se que o alho apresenta um tipo de crescimento, no qual o crescimento dos órgãos reprodutivos, neste caso os bulbos, acentua-se somente após o crescimento vegetativo estar completo.

Uma série de fatores influenciam o crescimento e desenvolvimento da planta de alho como um todo, entretanto o efeito desses fatores sobre a formação do bulbo tem sido mais enfatizada, devido ser esta a parte de interesse econômico.

A luz (duração, intensidade e qualidade) é um dos principais fatores ambientais que atuam no crescimento da planta, sendo sua importância notada na produção

fotossintética avaliada pelo acúmulo de matéria seca (Benincasa, 1986). A formação do bulbo no alho sofre influência marcante do fotoperíodo, entretanto é necessário um desenvolvimento inicial da parte aérea, pois a folha é o órgão de recepção fotoperiódica. O estímulo é translocado da folha para a base do caule que irá entumecer (Leopold e Kriedmann, 1978). Se a planta é cultivada sob condições de fotoperíodo insuficiente, ocorre apenas o crescimento vegetativo, prejudicando a formação do bulbo (Mann e Minges, 1958). Para a formação e crescimento normal do bulbo do alho há necessidade de um número mínimo de horas de luz por dia, variável em função da cultivar (Carvalho, 1975; Filgueira, 1982).

A temperatura, tanto em pré quanto em pós plantio, influencia de forma marcante o crescimento e desenvolvimento do alho. Pesquisas têm mostrado que o alho se desenvolve melhor sob temperaturas amenas em sua fase inicial; temperaturas mais baixas durante a fase vegetativa e formação dos bulbos e na fase final temperaturas elevadas favorecem a maturação do bulbo (Filgueira, 1982).

A exposição dos bulbos à baixas temperaturas antes do plantio, reduz o ciclo acelerando o desenvolvimento vegetativo e a bulbificação em alho (Jones e Mann, 1963; Ferreira e Cardoso, 1978; Cheng, 1977; Souza e Casali, 1986; Ferreira *et al.* 1993).

A densidade de plantio, intensidade de irrigação e especialmente os nutrientes minerais são também, fatores relevantes para o desenvolvimento do alho (Mondali *et al.* 1986). Os nutrientes exercem importantes funções no metabolismo vegetal, influenciando o crescimento e a produção da cultura. Zink (1963), Oliveira *et al.* (1971) e Silva *et al.* (1981) relatam que a absorção de nutrientes pelo alho acompanha o crescimento da planta. Segundo estes autores o nitrogênio e o potássio são os elementos mais absorvidos pelo alho durante o desenvolvimento da planta, concentrando-se principalmente durante a formação do bulbo.

O estado fisiológico e fitossanitário da planta pode influenciar o seu crescimento e desenvolvimento normal. Normalmente a planta enferma precisa competir com o patógeno por nutrientes e compostos orgânicos, resultando em uma série de distúrbios que prejudicam o desenvolvimento satisfatório de seus vários órgãos (Marschner, 1983).

Patógenos sistêmicos como os vírus, atuam diretamente sobre a síntese de proteínas e a fotossíntese, fenômenos celulares vitais para o desenvolvimento normal da planta. Tem sido observado reduções significativas nas concentrações de clorofila em folhas de plantas de alho infectadas por vírus, reduzindo o vigor vegetativo e prejudicando a formação dos bulbos em função da menor produção de carboidratos (Messiaen, Youcef-Benkada e Beyries, 1981). Nanismos, amarelecimentos, mosaicos, redução cumulativa no vigor e na produtividade, são sintomas de vírus observados com frequência (Paiva e Kitajima, 1985), sempre alterando diretamente o desenvolvimento da planta. Em alho, além dos sintomas acima relatados, tem sido observado redução do porte da planta, da massa foliar, estreitamento das folhas, queda no peso e tamanho dos bulbos (Carvalho, Shepperd e Hall, 1981).

Em alho infectado por vírus, tem sido observado também, redução do número de folhas, comprimento de folhas e diâmetro do colo da planta (Hwang, Ahn e Choi, 1983), e do bulbo (Bhojwani, Cohen e Fry, 1982; Walkey e Antill, 1989). O menor desenvolvimento do bulbo está diretamente relacionado ao menor número, tamanho e peso dos bulbilhos (Messiaen, Youcef-Benkada, Beyries, 1981; Graichen, Kromat e Meyer, 1988; Walkey e Antill, 1989).

Tem sido observado uma relação bastante estreita entre o desenvolvimento da parte aérea e formação do bulbo em alho. Segundo Betti (1991), clones livres de vírus obtidos por cultura de meristema, apresentam vigor vegetativo superior aos mesmos clones infectados, podendo-se afirmar com certeza que serão também mais produtivos.

A análise de crescimento é, portanto, uma ferramenta de importância relevante para se entender e avaliar o comportamento de plantas de alho isentas de vírus, uma vez que esse patógeno sempre afeta diretamente o desenvolvimento da planta. Segundo Paiva e Kitajima (1985), os sintomas de infecção por vírus em plantas que se multiplicam apenas vegetativamente, como é o caso do alho, são pouco perceptíveis quando não se dispõe de plantas sadias para comparação. Portanto, o estudo comparativo do crescimento, acúmulo de matéria orgânica e produção entre plantas multiplicadas "in vitro" e por meio convencional no campo pode fornecer um diagnóstico bastante interessante dos danos causados por vírus às culturas.

2.2. OBJETIVOS

Avaliar o crescimento e as características produtivas de plantas de alho provenientes de cultura de tecidos em relação ao mesmo material multiplicado de forma convencional.

Verificar possíveis correlações entre parâmetros de desenvolvimento da planta com características relacionadas à produção para as duas formas de multiplicação.

2.3 MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho foi realizado em Lavras, sul de Minas Gerais, no Setor de Olericultura do Departamento de Agricultura da Universidade Federal de Lavras. Situada a 910 m de altitude, Lavras apresenta uma estação seca com temperaturas mais baixas de abril a setembro, sendo esta ideal para cultura do alho e uma estação chuvosa de outubro a março. A precipitação média anual é de 1493,2 mm e a temperatura média de 19,8°C (Vilela e Ramalho, 1979).

O experimento foi conduzido em um Latossolo Roxo com as seguintes características químicas e físicas após as devidas correções: pH = 6,4, P = 14 mg/dm³, K = 148 mg/dm³, Ca = 41 mmol_c/dm³, Mg = 18 mmol_c/dm³, Al = 1 mmol_c/dm³, V=75% , matéria orgânica=35 g/dm³ e areia, limo e argila, 210, 280 e 510 g/kg, respectivamente.

Os tratamentos foram constituídos por plantas da cultivar Gigante Roxão provenientes de dois métodos de propagação: Multiplicação *in vitro* no Laboratório de Cultura de Tecidos da UFLA de acordo com a metodologia desenvolvida por Câmara (1988), a partir da regeneração de meristemas com 1 ou 2 primórdios foliares e tamanho entre 0,2 e 0,5 mm (Hollings, 1965 e Quak, 1977), visando a limpeza de viroses e de multiplicação convencional no campo por meio de bulbilhos feita no CNPH/EMBRAPA, em Brasília, DF.

O plantio foi realizado no dia 29/04/95 utilizando delineamento experimental de blocos casualizados e esquema de parcelas subdivididas no tempo com sete épocas de avaliação (30, 50, 70, 90, 110, 130, 150 após o plantio) e quatro repetições. As parcelas foram constituídas por canteiros com 0,20 m de altura, 1 m de largura e 3 m de comprimento com 5 linhas de plantio. Os bulbilhos foram plantados a uma profundidade de 5 cm, com espaçamento de 10 cm entre plantas nas linhas e 20 cm entre linhas. A

área útil da parcela foi definida como as três fileiras centrais, descartando-se duas plantas em cada linha na extremidade da parcela. Obteve-se então 1,56 m² de área útil, que se subdividiu em 0,6 m² (30 plantas/parcela) para avaliações não destrutivas como: Emergência de plantas, estande final, altura e número de folhas de planta, diâmetro e peso médio de bulbo, produção, etc. e 0,9 m² destinada a coleta de plantas para determinação de matéria seca.

Antes do plantio os bulbilhos foram tratados com uma solução de Iprodione, para prevenir o ataque de patógenos de solo.

A adubação foi realizada de acordo com a análise do solo e as recomendações da Comissão...(1989), constando de 1125 kg/ha de superfosfato simples (200 kg/ha de P₂O₅), 103,3 kg/ha (60 kg/ha de K₂O) de cloreto de potássio, 50 kg/ha de sulfato de magnésio, 15 kg/ha de bórax e 10 kg/ha de sulfato de zinco. Foram utilizados 234 kg/ha (105 kg N/ha) de uréia parcelados 1/3 no plantio, 1/3 aos 45 e 1/3 aos 60 dias após o plantio.

Os tratos culturais e fitossanitários bem como os demais cuidados com a cultura foram realizados de acordo com as necessidades e as recomendações regionais para o alho. Foram estabelecidas sete épocas de amostragem (30, 50, 70, 90, 110, 130 e 150 dias após o plantio) para altura das plantas, número de folhas vivas, razão bulbar e produção de matéria seca da parte aérea, bulbos, raízes e total.

Avaliaram-se as seguintes características:

- **Estande inicial, emergência de plântulas e estande final:** Estabeleceu-se um estande inicial de 30 plantas por parcela, em função do qual foram avaliados o número de plantas emergidas aos 20 dias após o plantio e o estande final no momento da colheita. O índice de sobrevivência de plantas (IS) foi obtido pela seguinte fórmula:

$$IS = \frac{\text{Estande final}}{\text{Estande inicial}} \times 100$$

- **Altura de plantas:** distância entre o nível do solo até a extremidade da folha mais comprida. A altura foi coletada em dez plantas ao acaso em cada parcela.

- **Número de folhas vivas:** considerou-se apenas folhas verdes, ou seja, fotossinteticamente ativas. Média de dez plantas.

- **Razão bulbar:** Esta relação foi proposta por Mann (1952) para expressar o grau de desenvolvimento do bulbo. É obtida pela divisão do diâmetro do pseudocaule na altura do colo da planta pelo diâmetro da parte mediana do bulbo. Começou a ser avaliado a partir dos 50 dias após o plantio, amostrando-se cinco plantas por parcela.
- **Matéria seca:** Em cada época foram coletadas 6 plantas por parcela para determinação da matéria seca. As plantas foram lavadas em água corrente e água destilada, separadas em parte aérea, bulbos e raízes, secadas em estufas com circulação forçada de ar, a 70°C, até atingir peso constante. Em função do estudo do acúmulo de matéria seca pelo sistema radicular em campo ser dificultado pela coleta de raízes, obteve-se apenas uma estimativa desta característica, coletando-se raízes de um volume constante de solo.
- **Produção de bulbos, peso médio de bulbo, número de bulbilhos por bulbo:** O ponto de colheita foi determinado pelo secamento e tombamento das plantas. As plantas permaneceram em um galpão onde passaram pelo processo de cura por 50 dias, sendo então anotados a produção, peso médio de bulbo e número de bulbilhos/bulbo.
- **Diâmetro de bulbos:** Os bulbos foram classificados em classes de tamanho em função do seu diâmetro diâmetro transversal.

TABELA 1. Classificação de alho de acordo com o maior diâmetro do bulbos, segundo os padrões brasileiros (Brasil, 1988).

CLASSES	DIÂMETRO (mm)
1 (florão)	acima de 55
2 (graúdo)	entre 45 e 55
3 (médio)	entre 35 e 45
4 (pequeno)	entre 25 e 35
5 (miúdo)	abaixo de 25

Os dados foram testados quanto a normalidade e homogeneidade pelos testes de Bartlett e Lilliefors seguindo recomendações de Little e Hills (1978). Procedendo-se então a análise de variância pelo teste F, teste de médias (Tukey 5%) e correlações entre peso médio de bulbo, diâmetro de bulbo, produção e altura de plantas, número médio de folhas/planta, matéria seca da parte aérea e raízes.

2.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

2.4.1 Emergência de plantas, estande inicial e final

Foram observadas diferenças significativas no número de plantas emergidas entre os tratamentos. Os bulbilhos oriundos de multiplicação convencional apresentaram maior índice de brotação ou germinação que aqueles provenientes de cultura de tecidos (Tabela 2).

TABELA 2. Estandes inicial e final, número de plantas emergidas e índice de sobrevivência de plantas de alho oriundas de cultura de tecidos e multiplicação convencional.

Origem das plantas	Estande inicial	Nº de plantas emergidas	Estande final	IS (%)
Multipl. Convencional	30	29,50 a	28,50 a	95,00 a
Cultura de tecidos	30	27,25 b	26,25 a	87,50 b
CV (%)		2,38	6,80	8,56

Médias seguidas pela mesma letra nas colunas, não diferem entre si (Tukey, 5%).

Antes do plantio os bulbilhos foram classificados por tamanho em peneiras, entretanto, verificou-se diferenças no peso de bulbilhos de mesmo tamanho entre os tratamentos, como mostra a Tabela 3. Os bulbos oriundos da multiplicação "in vitro" são de tamanho diminuto, necessitando de algumas gerações pós-laboratório até atingirem o pleno potencial de desenvolvimento da cultivar de origem. Como esses bulbilhos continham menos reservas apresentaram menor índice de brotação, portanto, número

de plântulas emergidas significativamente inferior aos bulbilhos multiplicados de forma convencional.

TABELA 3. Tamanho e peso dos bulbilhos plantados em cada bloco do experimento. Classificação realizada de acordo com as recomendações do Ministério da Agricultura (Brasil, 1988). Média de 90 bulbilhos.

Blocos	Cultura de tecidos peso (g)	Multipl. Convencional peso (g)	Tamanho Malha (mm)
I	1,6	2,4	10 x 20
II	0,8	1,2	8 x 17
III	0,6	0,7	5 x 17
IV	0,8	0,9	8 x 17

Para o estande final não houve diferenças significativas, embora o índice de sobrevivência (IS) tenha sido significativamente reduzido em plantas de cultura de tecidos (Tabela 2). Em plantas que se multiplicam vegetativamente tem-se observado como consequência de infecções por vírus apenas redução do vigor vegetativo e produção, sem ocorrer diretamente a morte da planta (Carvalho, Shepperd e Hall, 1981 ; Lin 1985). Entretanto plantas infectadas podem se tornar mais suscetíveis a condições adversas de ambiente, mostrando menor capacidade de sobrevivência que clones livres de vírus (Walkey e Antill, 1989 ; Resende, 1993). O menor índice de sobrevivência (IS) de plantas de cultura de tecidos foi atribuído ao menor número de plantas emergidas, uma vez que não foi observado diferença significativa entre as formas de multiplicação para o estande final.

2.4.2 Altura de plantas

O crescimento das plantas em altura foi lento até 50 dias após o plantio, atingindo o máximo aproximadamente aos 120 dias para ambos os tratamentos, cessando a partir deste ponto como pode ser observado na Figura 1. A fase de crescimento mais intenso

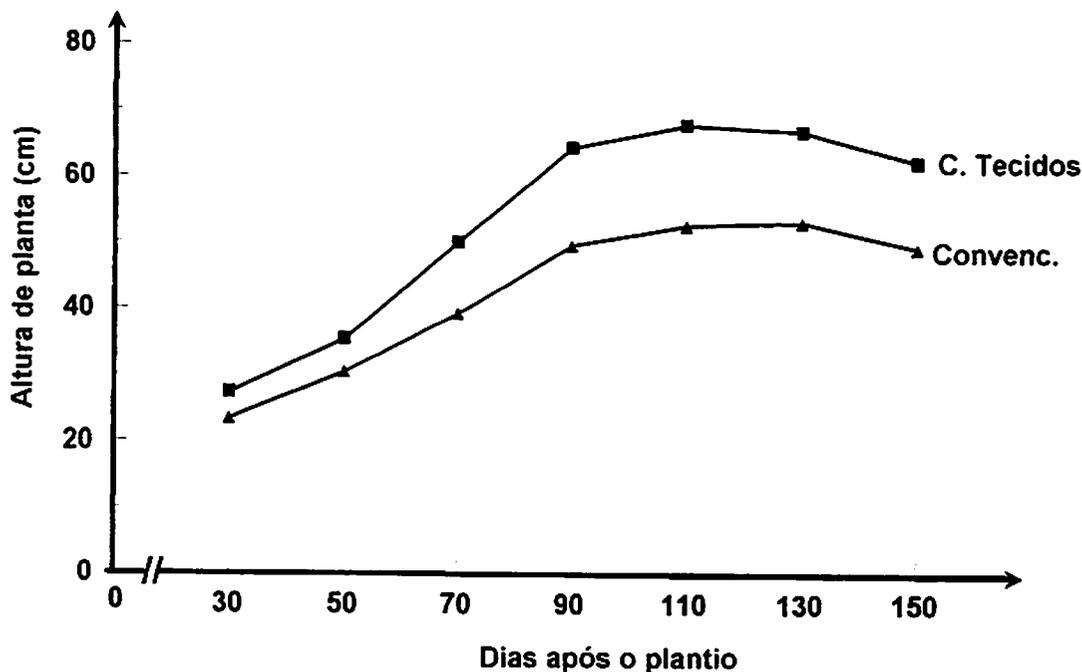


FIGURA 1. Crescimento de plantas de alho provenientes de cultura de tecidos e multiplicação convencional.

ocorreu entre 50 e 90 dias, como mostra a Tabela 4, onde se verifica aumentos significativos na altura de 50 para 70 dias e desta época para 90 dias após o plantio, em ambas as formas de multiplicação. Estas observações concordam com Oliveira et al. (1971); Ferreira, (1972); Fontes, (1973) e Silva et al. (1981). Estes autores mencionam que o crescimento do alho intensifica a partir dos 60 dias e cessa aos 120 dias após o plantio.

A partir dos 130 dias houve uma ligeira queda na altura das plantas devido a senescência das folhas, que começam a secar a partir do ápice reduzindo seu comprimento.

As plantas provenientes de cultura de tecidos apresentaram crescimento semelhante ao tratamento convencional até 50 dias após o plantio, passando a diferir estatisticamente deste, dos 70 dias até o final do ciclo com um crescimento bem mais vigoroso (Tabela 4).

TABELA 4. Altura (em cm) de plantas de alho oriundas de cultura de tecidos e multiplicação convencional durante o desenvolvimento da cultura.

Origem das plantas	Épocas de avaliação (dias após plantio)						
	30	50	70	90	110	130	150
C. tecidos	27,23 aC	35,28 aC	49,89 a B	64,07 a A	67,43 a A	66,49 a A	61,80 a A
Convenc.	23,32 aC	30,32 aC	39,09 b B	49,36 b A	52,32 b A	52,76 b A	48,87 b A

C.V. = 8,06%

Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem entre si (Tukey 5%).

No momento de crescimento máximo aos 110 dias após o plantio a diferença entre os tratamentos atingiu 15 cm, ou seja, as plantas oriundas de cultura de tecidos cresceram 29% mais que as plantas convencionais. Este resultado concorda com Carvalho, Shepperd e Hall, (1981); Hwang, Ahn e Choi (1983), Walkey e Antill (1989) e Resende (1993) que também observaram porte mais elevado em plantas de alho oriundas de multiplicação "in vitro" através de cultura de meristemas em relação a materiais obtidos de forma convencional.

A despeito do maior vigor vegetativo das plantas de cultura de tecidos, os bulbilhos oriundos de multiplicação convencional continuam maior quantidade de reservas, nivelando o crescimento inicial das plantas de ambos os tratamentos. Segundo Minardi, (1978), a quantidade de reservas do bulbilho pode determinar o crescimento, afetando inclusive a produção do alho. Quando se analisa a Figura 1, observa-se que quando se tornaram independentes das reservas do bulbilho, por volta dos 50 dias após o plantio, as plantas oriundas de cultura de tecidos expressaram maior vigor, manifestando um crescimento mais intenso que as plantas convencionais como demonstra a inclinação das curvas.

2.4.3 Número de folhas vivas

Não foram observadas diferenças significativas no número de folhas vivas entre os tratamentos ao longo do ciclo, com exceção de 150 dias após plantio. Verificou-se um rápido aumento do número de folhas em atividade na planta até 110 dias após o plantio, decrescendo a partir de então (Figura 2). Aos 90 e 110 dias em plantas convencionais e 90, 110 e 130 dias em plantas de cultura de tecidos, verificou-se diferenças significativas no número de folhas vivas/planta para as demais épocas (Tabela 5).

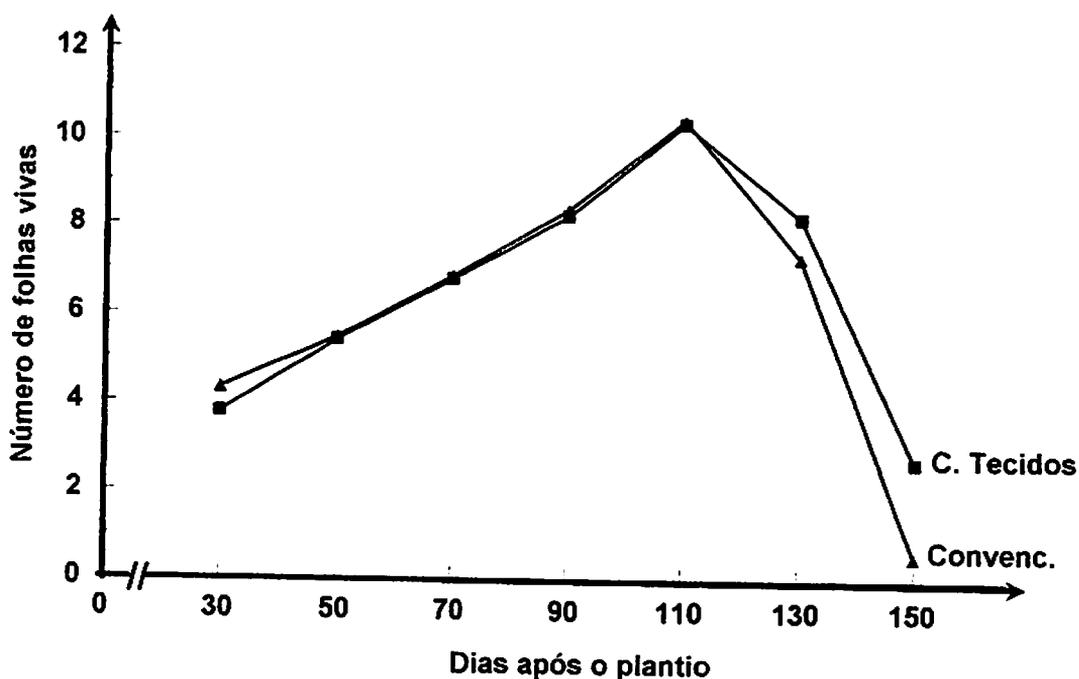


FIGURA 2. Evolução do número de folhas vivas (fotossinteticamente ativas) ao longo do ciclo da cultura, em plantas de alho oriundas de cultura de tecidos e multiplicação convencional.

O final da fase de crescimento vegetativo é indicado pela paralisação do crescimento da planta em altura e gradual senescência das folhas, concomitantemente com a intensificação do crescimento dos bulbos (Mann, 1952 e Bertoni et al. 1992)). O número de folhas vivas começou a decrescer a partir dos 110 dias após o plantio, em ambas as formas de multiplicação, embora o senescência tenha sido mais rápida em plantas convencionais. No entanto, início da senescência da planta e o número de

TABELA 5. Número de folhas vivas de plantas de alho oriundas de cultura de tecidos e multiplicação convencional durante o desenvolvimento da cultura.

Origem das plantas	Épocas de avaliação (dias após plantio)						
	30	50	70	90	110	130	150
C. tecidos	3,77 aDE	5,40 aCD	6,80 aBC	8,22 aAB	10,32 a A	8,20 aAB	2,70 a E
Convenc.	4,32 a D	5,47 aCD	6,87 aBC	8,37 aAB	10,40 a A	7,30 aBC	0,57 b E

C.V. = 16,44%

Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem entre si (Tukey 5%).

folhas/planta em alho, é bastante variável em função da precocidade da cultivar e possivelmente de fatores climáticos (Ferreira, 1972 ; Couto,1968). Quanto maior a precocidade da cultivar mais rápida a sua senescência (Couto et al. 1969).

Tem-se verificado em trabalhos envolvendo plantas de cultura de tecidos que estas apresentam pouca ou quase nenhuma variação no número de folhas em relação à plantas convencionais (Hwang, Ahn e Choi, 1983; Resende, 1993). Por outro lado, o aspecto vigoroso da parte aérea observado em plantas isentas de vírus é conferido, além do porte da planta, pelo comprimento e largura das folhas e incremento na concentração de clorofila (Messiaen, Youcef-Benkada e Beyries, 1981; Hwang, Ahn e Choi, 1983; Walkey e Antill, 1989) e menos pelo número de folhas em atividade na planta.

Verificou-se aos 150 dias após o plantio, já próximo à colheita, que as plantas provenientes de cultura de tecidos apresentavam algumas folhas ainda verdes e as plantas multiplicadas de forma convencional com as folhas quase que totalmente senescentes (Tabela 5). As plantas provenientes de cultura de tecidos apresentaram um prolongamento do ciclo em cerca de 13 dias, sendo colhidas com 170 dias, enquanto as de multiplicação convencional foram colhidas aos 157 dias após o plantio. As alterações metabólicas provocadas pela infecção viral estão frequentemente relacionadas a

senescência da planta (Gibbs e Harrison, 1979), explicando esta diferença entre as plantas das duas formas de multiplicação.

O número de folhas senescentes tem-se mostrado um excelente indicativo da época de colheita do alho, pois esta característica tem mostrado alta correlação com o máximo acúmulo de matéria seca pelos bulbos. Segundo Luengo, Menezes Sobrinho e Silva (1994), o melhor indicativo do ponto de colheita do alho ocorre quando aproximadamente 70% (ou 2/3) do número total de folhas da planta estiverem secas. Estes autores verificaram que esta relação ocorreu por volta dos 139 dias após o plantio em plantas multiplicadas de forma convencional, época em que também ocorreu o máximo acúmulo de matéria seca pelos bulbos.

A proporção de folhas vivas reduziu-se a 30% aproximadamente por volta dos 130 dias, concordando com Luengo, Menezes Sobrinho e Silva (1994), embora, tenha-se observado ainda algum aumento no conteúdo de matéria seca dos bulbos até 150 dias pós-plantio, como veremos mais adiante. Nas plantas provenientes de cultura de tecidos esta proporção não ocorreu antes dos 150 dias após o plantio, assim como o máximo acúmulo de matéria seca pelos bulbos.

2.4.4 Razão bulbar

O início do desenvolvimento dos bulbos foi detectado a partir dos 50 dias em ambos os tratamentos, indicado pelo início no decréscimo da razão bulbar (Figura 3). Antes desta época, a razão bulbar tende a crescer, devido a aumentos progressivos no diâmetro do pseudocaule, sem alterar o diâmetro do bulbo (Ferreira, 1972). Os tratamentos mostraram diferenças evidentes na formação dos bulbos. Segundo Mann (1952), uma relação bulbar inferior a 0,5 indica uma intensificação na formação dos bulbos e o amadurecimento do bulbo, ou final da bulbificação, ocorre quando esta relação atingir valores inferiores a 0,2. De acordo com essas afirmações, observa-se que a razão bulbar das plantas originadas de multiplicação convencional mostrou que a bulbificação intensificou-se aos 90 dias após o plantio e o amadurecimento ocorreu aos 150 dias. Em contrapartida, a formação dos bulbos em plantas de cultura de tecidos intensificou-se somente aos 110 dias e o amadurecimento foi verificado apenas após 150 dias depois do plantio (Tabela 6).

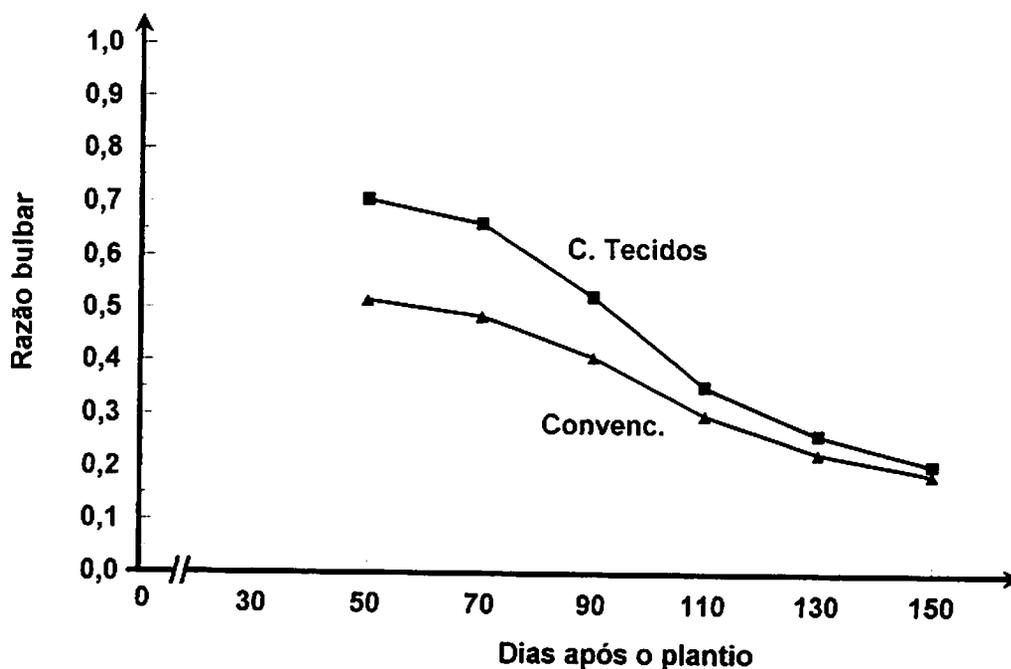


FIGURA 3. Razão bulbar do alho em função da idade da cultura em plantas provenientes de cultura de tecidos e de multiplicação convencional.

TABELA 6. Razão bulbar de plantas de alho oriundas de cultura de tecidos e multiplicação convencional durante o desenvolvimento da cultura.

Origem das plantas	Épocas de avaliação (dias após plantio)					
	50	70	90	110	130	150
C. tecidos	0,70 a A	0,66 a A	0,52 a B	0,35 a C	0,26 a D	0,20 a D
Convenc.	0,51 b A	0,48 b AB	0,40 b B	0,30 a C	0,22 a CD	0,18 a D

C.V. = 9,41%

Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem entre si (Tukey 5%).

Considerando que a bulbificação se iniciou por volta dos 50 dias, nota-se pela Tabela 6 que em plantas convencionais, a intensificou-se aproximadamente aos 40 dias após o início da bulbificação e o amadurecimento com 60 dias aproximadamente após este período de crescimento intenso, estando de acordo com os dados da literatura (Silva et al., 1981 e Nogueira, 1979). Em plantas de cultura de tecidos, a formação do bulbo intensificou-se 20 dias depois das plantas convencionais (60 dias após o início da bulbificação) se estendendo para além dos 150 dias após o plantio, como se observa na Tabela 6. Verifica-se ainda, diferenças significativas entre os tipos de planta aos 50, 70 e 90 dias, confirmando que a bulbificação foi realmente atrasou-se em plantas de cultura de tecidos. Este atraso na formação do bulbo, bem como na senescência foliar, em plantas provenientes de cultura de tecidos estão relacionados com o prolongamento do ciclo observada nestes materiais, em relação a plantas multiplicadas de forma convencional, resultando em bulbos maiores e aumento na produtividade como será visto mais adiante.

2.4.5 Matéria seca

Ambos tratamentos apresentaram acúmulo de matéria seca na parte aérea e raízes a partir dos 30 dias após o plantio, mostrando pequeno acréscimo até 70 dias, aumentando bruscamente a partir desta época até os 110 dias e decrescendo a partir deste ponto até a colheita (Figura 4). Comportamento semelhante foi observado por Silva et al. (1981) na cultivar Lavínia e Nogueira (1979) na cultivar Juréia. Estas cultivares apresentaram pequeno acúmulo de matéria seca nas raízes e parte aérea até os 60 dias após o plantio, aumentando bruscamente a partir deste ponto até 120 dias e então decrescendo até a colheita. As raízes e folhas tendem a aumentar o acúmulo de matéria seca somente a partir do momento em que se esgotam as reservas dos bulbilhos. Aproximadamente por 30 dias a planta depende quase que exclusivamente das reservas armazenadas no bulbilho, praticamente sem absorver nutrientes do solo (Magalhães, 1986).

Nota-se que a queda no acúmulo de matéria seca da parte aérea, observada no final do ciclo da cultura, coincide com o período de maior acúmulo de reservas no bulbo. Durante a bulbificação grande parte dos compostos orgânicos e inorgânicos das folhas é

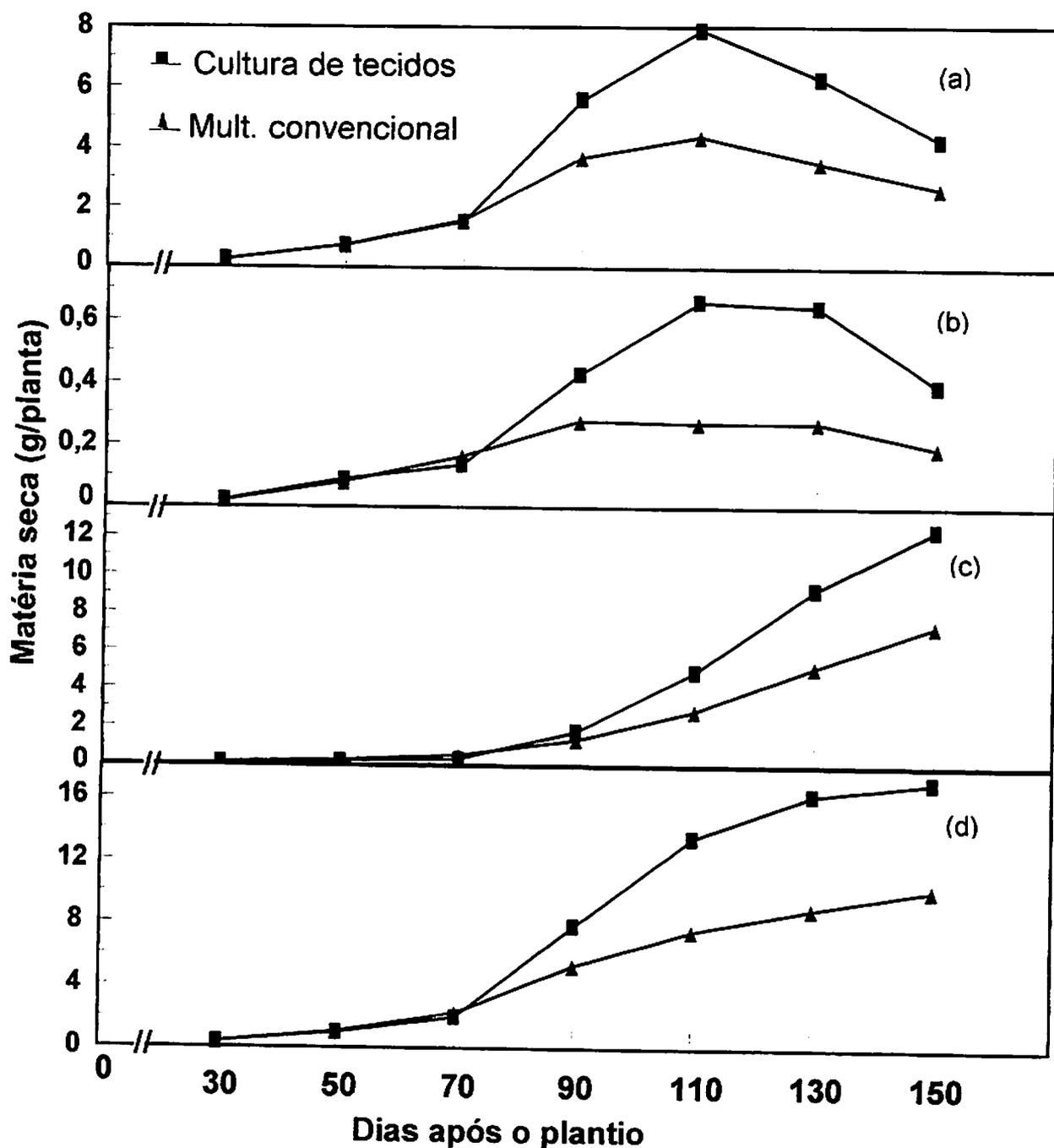


FIGURA 4. Matéria seca da parte aérea (a), raízes (b), bulbos (c) e total (d) de plantas de alho provenientes de cultura de tecidos e multiplicação convencional durante o desenvolvimento da cultura.

exportada para os bulbos, levando a parte aérea à senescência, ocorrendo então redução na matéria seca destas partes da planta (Werner, 1986).

O acúmulo de matéria seca nos bulbos iniciou-se por volta dos 50 dias após o plantio, intensificando-se a partir dos 90 dias, tendendo a estabilizar-se a partir dos 130 dias, como foi verificado também por Silva et al. (1981) na cultivar Lavínia e Nogueira (1979) com a cultivar Juréia.

O acúmulo de matéria seca total da planta manteve-se praticamente estável nos primeiros 70 dias após o plantio com ligeiros acréscimos neste período. Verifica-se que a fase de maior acúmulo de matéria seca total coincidiu com o período de maior crescimento dos bulbos. As plantas originárias de multiplicação convencional elaboraram 78% da matéria seca durante a bulbificação, isto é, entre 70 e 90 dias do plantio e as plantas de cultura de tecidos acumularam 88,4% da matéria seca total durante este período. Estes índices de acúmulo de matéria seca divergem das observações de Zink (1963) que verificou que o alho elabora 60% da matéria seca total durante a fase de desenvolvimento do bulbo, explicado pelo fato deste autor ter trabalhado com uma cultivar de ciclo tardio, mas se aproximam das observações de Silva et al. (1981), que encontraram um valor de 90% para cultivar Lavínia, considerada como de ciclo médio. Portanto, nota-se que estes valores são dependentes das cultivares e de fatores climáticos, entretanto, em todos estes trabalhos percebe-se claramente o peso da influência do processo de bulbificação no desenvolvimento do alho.

É importante registrar que aos 90 dias (início do período mais intenso de bulbificação), em ambos os tratamentos, a parte aérea era responsável por aproximadamente 70% da matéria seca total da planta, as raízes por 5% e os bulbos por 25%. Aos 150 dias após o plantio, já próximo a colheita, esta relação praticamente se inverteu, o bulbo passou a responder por 73% da matéria seca total da planta, as raízes por 2% e a parte aérea por 25%.

O acúmulo de matéria seca na parte aérea, raízes e total foi praticamente igual até 70 dias e nos bulbos até 90 dias após o plantio para ambos os tratamentos. Observa-se pela Tabela 7 que entre 30 e 90 dias praticamente não houve diferenças significativas entre as épocas de avaliação, em ambas as formas de multiplicação.

TABELA 7. Matéria seca da parte aérea, raízes, bulbos e planta Inteira (g/planta) de plantas de alho oriundas de cultura de tecidos e multiplicação convencional durante o desenvolvimento da cultura.

Origem das plantas	Épocas de avaliação (dias após plantio)						
	30	50	70	90	110	130	150
Parte aérea (c.v. = 31,52%)							
C. tecidos	0,24 a C	0,73 a C	1,52 a C	5,60 a B	7,88 aA	6,26aAB	4,24 a B
Convenc.	0,24 a D	0,73 a CD	1,57aBCD	3,68 bAB	4,37 bA	3,49bAB	2,63bABc
Raízes (c.v. = 34,80%)							
C. tecidos	0,02 a C	0,08 a C	0,13 a C	0,42 a B	0,66 aA	0,64 a A	0,39 a B
Convenc.	0,01 a B	0,08 a AB	0,16a AB	0,27 b A	0,27 bA	0,27 b A	0,19 bAB
Bulbos (c.v. = 38,38%)							
C. tecidos	0,08 a D	0,16 a D	0,30 a D	1,78 a D	4,93 aC	9,28 a B	12,38a A
Convenc.	0,10 a C	0,23 a C	0,50 a C	1,33 a C	2,85bBC	5,17bAB	7,36b AB
Parte aérea + Raízes + Bulbos (c.v. = 31,39%)							
C. tecidos	0,35 a C	0,99 a C	1,97 a C	7,80 a B	13,47a A	16,20aA	17,01a A
Convenc.	0,36 a D	1,05 a CD	2,24 a CD	5,30bBC	7,51b AB	8,94bAB	10,18b A

Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem entre si (Tukey 5%).

O aumento no conteúdo de matéria seca foi mais brusco em plantas provenientes de cultura de tecidos, a partir desta época, levando ao aparecimento de diferenças significativas entre os tratamentos aos 110 dias para parte aérea, bulbos e total e 90 dias para as raízes (Tabela 7).

As plantas provenientes de cultura de tecidos mostraram um acréscimo de 80,3% no conteúdo de matéria seca na parte aérea em relação as plantas convencionais, aos 110 dias após o plantio. Nos bulbos e para matéria seca total, foram verificadas diferenças de 68,2% e 67%, respectivamente, entre os tratamentos aos 150 dias.

O acúmulo de matéria seca no sistema radicular de plantas de cultura de tecidos aumentou a partir dos 70 dias até 110 dias, diferindo estatisticamente 90, 110 e 130 dias das demais épocas estabilizando-se até 130 dias e decresceu aos 150 dias (Tabela 7). As plantas convencionais apresentaram apenas um ligeiro acréscimo dos 70 aos 90 dias após o plantio, estabilizando entre 90 e 130 dias, praticamente sem haver qualquer aumento na matéria seca das raízes (Figura 4). Houve diferenças significativas na matéria seca das raízes apenas de 90, 110 e 130 dias para 30 dias. A queda na matéria seca verificada dos 130 para 150 dias em ambos os tratamentos ocorreu provavelmente em função de morte das raízes provocada pela senescência da planta.

As plantas de cultura de tecidos mostraram uma diferença de 145% no conteúdo de matéria seca do sistema radicular em relação as plantas convencionais, na época de maior diferença entre os tratamentos (110 dias após o plantio). Essa elevada discrepância ocorreu provavelmente em função do desenvolvimento e vigor vegetativo tão mais acentuado nas plantas de cultura de tecidos, levando a crer que estas plantas necessitam de um sistema radicular mais vigoroso tanto para sua sustentação, quanto pela necessidade de maior absorção de nutrientes.

2.4.6 Produção de bulbos, peso médio de bulbo e número de bulbilhos/bulbo

A produção de bulbos de plantas provenientes de multiplicação por cultura tecidos foi extremamente superior às das plantas originadas por multiplicação convencional, reflexo de igual aumento no peso médio de bulbo e também no número de bulbilhos por bulbo (Tabela 8). Em termos percentuais a produtividade de plantas de cultura de tecidos dobrou, elevando-se em 99,8% em relação às plantas convencionais.

TABELA 8. Produção de bulbos, peso médio de bulbo e número de bulbilhos por bulbo de plantas de alho oriundas de cultura de tecidos e multiplicação convencional.

Origem das plantas	Produção de bulbos (t/ha)	Peso médio - bulbo (g)	Nº bulbilhos/bulbo
Cultura tecidos	16,33 a	35,45 a	22,25 a
Mult. Convencional	8,17 b	16,92 b	16,25 b
C.V. (%)	12,02	26,18	7,42

Médias seguidas pela mesma letra nas colunas, não diferem entre si (Tukey 5%).

Da mesma maneira, este acréscimo foi de 109,5 e 36,9% para peso médio de bulbo e número de bulbilhos por bulbo, respectivamente.

Estes resultados tem sido confirmados em trabalhos de performance de plantas de alho livres de vírus, tanto no Brasil quanto no exterior. Na Tchecoslováquia, Havranek (1974), observou diferenças variando de 3 a 45% na produção de plantas de alho livres de vírus em relação ao mesmo material infectado. Messiaen, Youcef-Benkada e Beyries (1981), verificaram aumentos de 25% e 50%, respectivamente, para as cultivares Germidour e Thermidrome livres de vírus. Nas cultivares Rosé du Var, Moulinin e Printanor, Walkey e Antill (1989), determinaram reduções de 34, 43,5 e 44% respectivamente, nas produção de plantas infectadas destas cultivares.

No Brasil, Garcia, Peters e Castro (1989) encontraram diferenças oscilando entre 8,8 e 38% nas cultivares Lavínia, Chonan, Quitéria e São Lourenço. Em outro trabalho com a cultivar Quitéria, Barni e Garcia (1994) verificaram aumentos de produção igual a 48% para plantas livres de vírus em relação a plantas infectadas. Os estudos mencionados acima foram conduzidos na região Sul do Brasil, com cultivares de alho nobre, diferentes em termos de exigência climática, das plantadas na região Sudeste,

onde Resende (1993), encontrou acréscimos de 63,17% na produção de plantas de alho da cultivar Gigante Roxo provenientes de cultura de tecidos. O grau de infecção viral no alho depende dos genótipos das cultivares (Garcia et al. 1992) e da população dos vetores do vírus, que indiretamente depende das condições ambientais.

Consideráveis aumentos no peso médio de bulbo e no número de bulbilhos/bulbo tem sido verificado também em vários trabalhos com plantas provenientes de cultura de tecidos (Carvalho, Shepperd e Hall, 1981; Messiaen, Youcef-Benkada e Beyries, 1988 ; Graichen, Kromat e Meyer, 1988 ; Bhojwani, Cohen e Fry, 1982 ; Hwang, Anh e Choi, 1983 ; Walkey e Antill, 1989 ; Resende, 1993).

2.4.7 Diâmetro de bulbos

Os tratamentos demonstraram comportamento bastante distinto quanto a distribuição dos bulbos nas diferentes classes de diâmetro. As plantas provenientes de cultura de tecidos tiveram uma concentração de 55,4% de bulbos com diâmetro superior a 45 mm, isto é, nas classes Florão e Graúdo; não aparecendo bulbos na classe Miúdo (diâmetro inferior a 25 mm). As plantas convencionais mostraram apenas 6,9% de bulbos com diâmetro superior a 45 mm, concentrando maior porcentagem de bulbos na classe Médio, diâmetro entre 35 e 45 mm (Tabela 9).

Pode-se observar diferenças significativas entre os tratamentos nas classes Florão e Graúdo em favor das plantas de cultura de tecidos. Nas classes Médio e Pequeno, pelo contrário, verificou-se maior número de bulbos em plantas convencionais. Na classe Miúdo verificou-se também maior porcentagem de bulbos para plantas convencionais, embora, em função do coeficiente de variação elevado, não tenha se verificado diferença estatística entre os tratamentos (Tabela 9).

Estes resultados estão condizentes com as observações de Bhojwani, Cohen e Fry, (1982), Hwang, Ahn e Choi (1983), Walkey e Antill (1989). Estes autores verificaram significativos aumentos no diâmetro do bulbo, comparando plantas livres e infectadas por vírus de várias cultivares, em seus respectivos países. No Brasil, Resende (1993), verificou aumentos de até 26% no diâmetro dos bulbos produzidos por plantas provenientes de cultura de tecidos em relação à plantas multiplicadas de forma

TABELA 9. Classificação de bulbos em classes de tamanho, de acordo com o diâmetro transversal, de plantas de alho oriundas de cultura de tecidos e multiplicação convencional.

Classes de diâmetro de bulbos (mm)					
Origem das plantas	Florão > 55	Graúdo 45 - 55	Médio 35 - 45	Pequeno 25 - 35	Miúdo <25
% do total de bulbos					
Cultura tecidos	11,80 a	43,60 a	31,87 b	12,71 b	0,00 a
Convencional	0,00 b	6,92 b	48,55 a	34,09 a	10,40 a
C.V. (%)	31,50	34,26	35,56	48,83	220,47

Médias seguidas pela mesma letra nas colunas, não diferem entre si (Tukey 5%).

convencional. Neste trabalho, 66,1% dos bulbos de plantas de cultura de tecidos apresentaram diâmetro superior a 45 mm, contra 40% das plantas convencionais. Em plantas livres de vírus da cultivar Quitéria, Barni e Garcia (1994), verificaram uma concentração de 94% de bulbos em classes com diâmetro superior a 37 mm.

O aumento no diâmetro dos bulbos, juntamente com os acréscimos observados no acúmulo de matéria seca e conseqüentemente no peso médio dos bulbos resultaram, então, no aumento significativo na produtividade das plantas de cultura de tecidos observado anteriormente.

2.4.8 Correlações entre o desenvolvimento da planta e características de produção.

Em ambos os tratamentos foram verificadas correlações significativas e diretas entre o desenvolvimento da parte aérea e raízes da planta com características de produção, tais como, a produção de bulbos, peso médio, matéria seca e diâmetro dos bulbos (Tabela 10).

TABELA 10. Coeficientes de correlação (r) entre peso médio de bulbo, matéria seca de bulbo, diâmetro de bulbo, produção e altura de plantas aos 130 dias, número de folhas aos 110 dias, matéria seca da parte aérea, matéria seca de raízes aos 130 dias, em plantas de alho provenientes de cultura de tecidos e multiplicação convencional.

Peso Médio de Bulbo				
Origem das plantas	Altura de plantas	Número de folhas	Matéria seca parte aérea	Matéria seca raízes
Cultura de tecidos	0,9825**	0,9200*	0,7224*	0,6454 ⁺
Multipl. Convencional	0,8658*	0,8151*	0,7799*	0,6971 ⁺
Matéria seca dos bulbos				
Cultura tecidos	0,5649***	0,7488*	0,7312*	0,3599 ⁺
Multipl. Convencional	0,7961*	0,7281*	0,8448*	0,7224*
Diâmetro de bulbo				
Cultura de tecidos	0,6119*	0,7705*	0,8235*	0,9703**
Multipl. Convencional	0,8089**	0,7974*	0,9255*	0,8389*
Produção de bulbos				
Cultura de tecidos	0,8418*	0,9251*	0,7839*	0,7523*
Multipl. Convencional	0,9046*	0,8494*	0,8361*	0,7707*

⁺, **, *: Significativo ao nível de 10, 5 e 1% de probabilidade

Os coeficientes de correlação confirmam que a evolução na altura das plantas, no número de folhas/planta e na matéria seca tanto da parte aérea quanto das raízes ao longo do ciclo, foi acompanhado proporcionalmente pelo aumento do peso médio, matéria seca e diâmetro dos bulbos, levando conseqüentemente ao aumento da

produção. Como a bulbificação é uma fase imediatamente posterior ao desenvolvimento da parte aérea e formação do sistema radicular, sendo portanto, a eficiência deste processo extremamente dependente do vigor vegetativo da planta (Betti, 1991).

O crescimento e o número de folhas mostrou maior relação com as características produtivas, principalmente o peso médio de bulbo e produção, que o acúmulo de matéria seca. Embora boas correlações tenham sido encontradas entre o acúmulo de matéria seca na parte aérea e raízes com atributos de produção. Apesar da formação da parte aérea e raízes não ser exatamente coincidente com a bulbificação, grande parte das reservas desses órgãos são transferidas para os bulbos, intensificando sua formação.

As correlações verificadas entre o nível de matéria seca das raízes e os atributos de produção, mostram a importância do sistema radicular para formação dos bulbos, tanto pela absorção de nutrientes e exploração do solo, quanto na sustentação do bulbo e da parte aérea. As plantas provenientes de cultura de tecidos, mostraram plantas mais desenvolvidas, com sistema radicular proporcional, significando maior capacidade de absorção de nutrientes, resultando portanto em maior produção que as plantas oriundas de multiplicação convencional.

Embora as plantas de cultura de tecidos tenham apresentado maior vigor vegetativo e bulbos mais desenvolvidos que plantas convencionais, os coeficientes de correlação foram, de maneira geral, semelhantes entre estes materiais para todas as características correlacionadas (Tabela 10).

Não se verificou, portanto, entre plantas de cultura de tecidos e convencionais, diferenças expressivas nos coeficientes de correlação para a maioria das características correlacionadas, entretanto, as plantas de cultura de tecidos mostraram índices de correlação ligeiramente superiores entre o desenvolvimento da parte aérea (altura e número de folhas) e características produtivas (peso médio de bulbo e produção).

2.5 CONCLUSÕES

Comparando o crescimento e as características de produção de plantas provenientes de cultura de tecidos e de multiplicação convencional, foi possível concluir que:

- A partir de 70 dias para parte aérea e raízes e 90 dias para o bulbo, as plantas provenientes de cultura de tecidos apresentam desenvolvimento destacadamente superior em relação às plantas convencionais.

- A formação dos bulbos das plantas de cultura de tecidos ocorrem mais lentamente que em plantas convencionais, atrasando a senescência e provocando um prolongamento no ciclo das primeiras em cerca de 13 dias.

- Parâmetros como: acúmulo de matéria seca, produção, diâmetro e número médio de bulbilhos/bulbo mostram-se consideravelmente superior para plantas de cultura de tecidos em relação às convencionais.

- O crescimento da parte aérea apresenta correlações significativas e positivas com o nível de produção para as duas formas de multiplicação de plantas.

- Os maiores coeficientes de correlação são verificados para altura da planta, número de folhas, matéria seca da parte aérea com o peso médio de bulbos e a produção. De maneira geral, os valores das correlações entre estes parâmetros são semelhantes para plantas de cultura de tecidos e de multiplicação convencional.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARNI, V. ; GARCIA, S. Comportamento do alho Quitéria isento do Vírus do Estriado Amarelo em diferentes condições de cultivo. *Hortisul*, Pelotas, v.3, n.1, p.15-19, Jan. 1994.

BENINCASA, M.M.P. *Análise do crescimento de plantas (noções básicas)*. Jaboticabal:FUNEP, 1986. 41p.

BERTONI, G. ; MORARD, P. ; SOUBIEILLE, C. LLORENS, J.M. Growth and nitrogen nutrition of garlic (*Allium sativum* L.) during bulb development. *Scientia Horticulturae*, Amsterdam, v.50, n.2, p.187-195, 1992.

- BETTI, J.A. Obtenção de material propagativo vegetal testado e livre de vírus. In: CROCOMO, O.J. ; SHARP, W.R. ; MELO, M. **Biotecnologia para Produção Vegetal**, Piracicaba:CEBETEC/FEALQ, 1991. p.145-187.
- BHOJWANI, S.S. ; COHEN, D. ; FRY, P.R. Production of virus-free garlic and field performance of micropropagated plants. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v.18, n.1, p.39-43, 1982.
- BRASIL. Ministério da Agricultura. Portaria n.89, de 7 de abril de 1988. Normas de identificação, qualidade e embalagens do alho. **Diário Oficial [da República Federativa do Brasil]**, Brasília, v.120, n.68, p.6345-6348, 13 abril 1988. Secção 1.
- CÂMARA, F.A.A. **Obtenção de plantas de alho (*Allium sativum* L.) a partir de meristemas e microbulbificação "in vitro"**. Lavras:ESAL, 1988. 55p. (Tese-Mestrado em Fitotecnia).
- CARVALHO, C.G. de S. **Efeito de diferentes fotoperíodos na bulbificação e crescimento de dois cultivares de alho (*Allium sativum* L.)**. Viçosa:UFV, 1975. 43p. (Tese - Mestrado em Fitotecnia).
- CARVALHO, M.G. de ; SHEPPERD, R.J. ; HALL, D.W. Decréscimo da produtividade do alho como resultado da reinfecção pelo "Garlic Yellow Stripe Virus". **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v.6, n.3, p.525-526, Out.. 1981.
- CHENG, S.S. Efeitos da baixa temperatura pré-plantio nas cultivares de alho Amaranço, Branco Mineiro e Cateto Roxo. In: EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA DE MINAS GERAIS. **Projeto Olericultura; Relatório anual 1973/74**, Belo Horizonte:EPAMIG, 1977. p.15-39.
- COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DE MINAS GERAIS. **Recomendações para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais, 4^o aproximação**, Lavras, 1989. 76p.
- COUTO, F.A.A. Sintomas de deficiência mineral em alho. **Revista Ceres**, Viçosa, v.50, n.10, p.402-412, 1968.
- FERREIRA, F.A. **Análise do crescimento de quatro cultivares de alho (*Allium sativum* L.)**. Viçosa:UFV, 1972. 41p. (Tese-Mestrado em Fitotecnia).
- FERREIRA, F.A. ; CARDOSO, M.R. de O. **Possibilidades de produção de alho, cultivar Chonan, em Lavras/MG**. Belo Horizonte:EPAMIG, 1978. 1p.

- FERREIRA, F.A. ; CASALI, V.W.D. ; ÁLVARES, V.H. , RESENDE, G.M. de. Desenvolvimento de alho, cultivares Chonan e Quitéria, após armazenamento refrigerado. In: EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA DE MINAS GERAIS. **Projeto Olericultura**; Relatório de pesquisa 1987/92, Belo Horizonte:EPAMIG, 1993, p.28-30.
- FILGUEIRA, F.A.R. **Manual de Olericultura: Cultura e comercialização de hortaliças**. São Paulo:Agronômica Ceres, 1982, v.2. 375p.
- FONTES, P.C.R. **Efeito de cinco épocas de plantio sobre o crescimento e produção do alho (*Allium sativum* L.), cultivar Amarante**. Viçosa:UFV, 1973. 47p. (Tese-Mestrado em Fitotecnia).
- GARCIA, A. ; DANIELS, J. ; PETERS, J.A. ; CASTRO, L.A.S. Sensibilidade de genótipos de alho (*Allium sativum* L.) à reinfecção por vírus. In: CONGRESSO IBEROAMERICANO DE HORTICULTURA, 1, Montevideu:CLAH, 1992. Anais... Montevideu, 1992. p.32.
- GARCIA, A. ; PETERS, J.A. ; CASTRO, L.A.S. Formação de estoques pré-básicos de alho-semente e estudo da sensibilidade da cultura à infecção por vírus. **Hortisul**, Pelotas, v.1,n.1, p.42-44, Jul. 1989.
- GIBBS, A. ; HARRISON, B. **Plant Virology: The principles**, New York, Buffer and Turner, 1979. 292p.
- GRAICHEN, K. ; KROMAT, H. ; MEYER, U. Effect of virus infection on the yield performance of the garlic, cultivar Thuringer. **Gartenbau**, Aschersleben, v.35, n.9, p.266-277, 1988.
- HAVRANEK, P. The effect of virus disease on the common garlic. **Ochlan Rostlin**, Olomouc, v.10, p.251-256, 1974.
- HOLLINGS, M. Disease control through virus-free stocks. **Annual Review of Phytopathology**, Palo alto, v.3, p.367-396, 1965.
- HWANG, J.M. ; ANH, I.O. & CHOI, J.K. Studies on the production of virus-free plant through tissue culture in garlic (*Allium sativum* L.). **The Research Reports of the Office Rural Development Korea**, Suweon, v.25, n.1, p.22-30, 1983.
- JONES, M.A. ; MANN, L.K. **Onion and their allies**. New York:MacGraw Hill, 1963. 286p.
- LEOPOLD, A.C. ; KRIEDMANN, P.E. Tuber and bulb formation. In: LEOPOLD, A.C. ; KRIEDMANN, P.E. **Plant growth and development**. New York: Mcgraw Hill, 1978. p.337-345.

- LIN, C.H. Studies on the raising technique of healthy garlic clones in the tropics. **Journal of Agricultural resources of China**, Fengshan, v.94, n.3, p.279-291, 1988.
- LITTLE, T.M. ; HILLS, F.J. **Agricultural Experimentation**, New York:John Willey and sons, 1978. 350p.
- LUENGO, R.A. ; MENEZES SOBRINHO ; J.A. SILVA, J.L.O. Determinação do ponto de colheita do alho Amaranthe em função da acumulação de matéria seca e porcentagem de folhas secas. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.12, n.1, p.86, maio 1994.
- MAGALHÃES, A.C.N. Análise quantitativa do crescimento. In: FERRI, M.G. **Fisiologia vegetal**. São Paulo:EPU, 1985, v.1. p.333-350.
- MAGALHÃES, J.R. Nutrição mineral do alho. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.12, n.142, p.20-30, Out.1986.
- MANN, L.K. ; MINGES, P.A. Growth and bulbing garlic (*Allium sativum* L.) in response to storage temperature of planting stocks day length and planting date. **Hilgardia**, Berkeley, v.27, n.15, p.385-419, Aug.1958.
- MANN, L.K. Anatomy og the garlic bulb and factors affecting bulb development. **Hilgardia**, Berkeley, V.21, n.8, p.195-251, Jan. 1952.
- MARSCHNER, H. General introduction to the mineral nutrition of plants. In: LAUCHLI, A.; BIELESKI, R.L. **Inorganic plant nutrition**, Berlin:Springer-Verlag, 1983. P.5-60.
- MESSIAEN, C.M. ; YOUCEF-BENKADA, M. ; BEYRIES, A. Rendiment potentiel et tolérance aux virus chez l'ail (*Allium sativum* L.). **Agronomie**, Paris, v.1, n.9, p.759-762, 1981.
- MINARDI, H.R.G. Effect of clove size, spacing, fertilizers, and lime on yield and nutrient content of garlic (*Allium sativum* L.). **New Zealand Journal of Experimental Agriculture**, Wellington, v.6, n.2, p.139-143, 1978.
- MONDALI, M.F. ; BREESTER, J.L. ; MORRIS, G.E.L. , BUTLER, H.A. Bulb development in onion (*Allium cepa* L.). Effects on size of adjacents plants, shading by neutral and leaf irrigation and nitrogen regime and relationships between the red: farred spectral ratio in the canopy and leaf area index. **Annals of Botany**, New York, v.58, p.207-219, 1986.
- NOGUEIRA, I.C.C. **Efeitos do parcelamento da adubação nitrogenada sobre as características morfológicas, fisiológicas e produção do alho (*Allium sativum* L.), cultivar juréia**. Lavras:ESAL, 1979. 64p. (Tese-Mestrado em Fitotecnia).

- OLIVEIRA, G.D. ; FERNANDEZ, P.D. ; SARRUGE, J.R. , HAAG, H.P. Nutrição mineral de hortaliças. Extração dos macronutrientes pelas hortaliças. **O Solo**, Piracicaba, v.63, n.1, p.7-12, Jun. 1971.
- PAIVA, E. ; KITAJIMA, E.W. Doenças provocadas por vírus e por patógenos que causam sintomas semelhantes às viroses. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.11, n.122, p.29-36, 1985.
- QUAK, F. Meristem culture and virus-free plants. In: REINERT, J. ; BAJAJ. Y.P. **Applied and fundamental aspects of plant cell, tissue and organ culture**, New York: Spring Verlag, 1977. p.589-615.
- RESENDE, F.V. **Comportamento, em condições de campo, de plantas de alho (*Allium sativum* L.) obtidas por cultura de meristemas**. Lavras:ESAL, 1993, 63p. (Tese-Mestrado em Fitotecnia).
- SALISBURY, F.B. ; ROSS,C.W. **Plant physiology**. 3 ed. Belmont:Wadsworth, 1985. 540p.
- SILVA, N. ; OLIVEIRA, G.D. ; VASCONCELOS, E.F.C. ; HAAG, H.P. Nutrição mineral de hortaliças. Absorção de nutrientes pela cultura do alho. In: HAAG, H.P. ; MINAMI, K. **Nutrição mineral em hortaliças**. Campinas:Fundação Cargill, 1981. p.241-256.
- SOUZA, R.J. ; CASALI, V.W.D. Pseudoperfilhamento: uma anormalidade genético fisiológica em alho. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.12, n.142, p.36-41, Out. 1986.
- VILELA, E. de A. ; RAMALHO, M.A.P. Análise das temperaturas e precipitações pluviométricas de Lavras, MG. **Ciência e Prática**, Lavras, v.3, n.1, p.71-79, 1979.
- WALKEY, D.G.A. ; ANTILL, D.N. Agronomic evaluation of virus-free and virus-infected garlic (*Allium sativum* L.). **Journal of Horticultural science**, Ashford, v.64, n.1, p.53-60, 1989.
- WERNER, R.A. Manejo pós-colheita do alho. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.12, n.142, p.46-49, Out.1986.
- ZINK, F.W. Rate of growth and nutrient absorption of late garlic. **Proceedings of the American Society of Horticultural Science**, Beltsville, v.83, p.579-584, Dec. 1963.

3 EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS EM PLANTAS DE ALHO PROVENIENTES DE CULTURA DE TECIDOS E DE MULTIPLICAÇÃO CONVENCIONAL.

RESUMO

Com o objetivo de estudar comparativamente a acumulação de nutrientes entre plantas de alho provenientes de cultura de tecidos e multiplicadas de forma convencional, foi conduzido um experimento em condições de campo, no Setor de Olericultura da UFLA em Lavras, MG. O experimento foi montado em delineamento de blocos casualizados com quatro repetições e esquema de parcelas subdivididas no tempo. Os tratamentos foram constituídos por plantas provenientes de cultura de tecidos e multiplicadas de forma convencional e sete épocas de avaliação: 30, 50, 70, 90, 110, 130, e 150 dias após o plantio. Em cada época foram coletadas seis plantas/parcela e determinadas as quantidades acumuladas de N, P, K, Ca, Mg, S, B, Zn, Cu, Mn e Fe na parte aérea e nos bulbos. De maneira geral a acumulação de nutrientes acompanhou o desenvolvimento da planta, em ambas as formas de multiplicação, sendo que o acúmulo foi mais intenso entre 70 e 110 dias na parte aérea e 90 e 150 dias no bulbo. Diferenças significativas de acumulação de nutrientes entre as formas de multiplicação foram verificadas somente na fase que coincidiu com o máximo desenvolvimento do parte aérea e do bulbo. As plantas multiplicadas por via convencional mostraram maior exigência por nitrogênio, em relação ao potássio, que plantas provenientes de cultura de tecidos. As plantas obtidas por cultura de tecidos acumularam mais nutrientes do que as convencionais e as diferenças percentuais entre elas avaliadas na época da colheita foram da seguinte magnitude: Ca - 83,2% , K - 77,8% , S - 70,0% , Mg - 62,7%, P - 55,5% , N - 16,0% , Fe - 116,6% , Mn - 94,5% , Cu - 64,7%, Zn - 62,7% , B - 57,3%.

3.1 INTRODUÇÃO

A produtividade brasileira de alho, cerca de 4 t/ha (IBGE, 1995), situa-se muito abaixo da média mundial, entretanto, em culturas conduzidas em condições de clima e solo adequadas a produtividade pode atingir 12 t/ha. No Egito em solos ricos em nutrientes a produtividade chega a 30t/ha (Menezes Sobrinho, 1984), mostrando que a nutrição mineral adequada das plantas é um dos componentes de produção mais importante para a cultura do alho.

Tem sido mostrado que o alho é uma das hortaliças mais exigentes em nutrientes (Oliveira et al. 1971), inclusive em alguns micronutrientes como o B e Zn, sendo necessário em muitos casos, a realização de adubações com os mesmos. Entretanto, muitas vezes, a nutrição mineral é um dos fatores que recebe menos atenção pelos produtores brasileiros, causando sérios prejuízos não só a produção, como também a conservação pós-colheita dos bulbos.

Tem sido verificado, que a extração de nutrientes pelo alho apresenta uma relação bastante estreita com o crescimento e desenvolvimento da planta (Zink, 1963; Silva et al. 1970 e Oliveira et al. 1971). Segundo estes autores o crescimento da cultura se acentua a partir dos 60 dias e cessa aos 120 dias após o plantio e a bulbificação inicia-se por volta dos 70 dias, intensificando-se entre 90 até 130 dias após o plantio. Estes autores mencionam ainda que a acumulação de nutrientes até os 45 dias é reduzida, sendo que o nitrogênio e potássio são acumulados intensamente nos períodos subsequentes. Os demais macronutrientes são acumulados em menor quantidade, acompanhando a curva de crescimento.

Os micronutrientes são acumulados ativamente, porém de forma inconstante, desde os primeiros dias da cultura. Dos 45 dias em diante o ferro é acumulado intensamente, destacando-se como o micronutriente acumulado em maior quantidade pelo alho. Os micronutrientes restantes são acumulados em quantidades menores e com menor intensidade, contudo destaca-se o zinco e o manganês que apresentam uma acumulação elevada no período de 120 a 135 dias.

Considerando uma população de 333.333 plantas/ha Silva et al. (1970), determinaram as seguintes quantidades totais de nutrientes extraídas por hectare, extraídas pela cultivares Lavínia multiplicada de forma convencional: N (121,9 kg),

K(110,6 kg), P(13,4 kg), Mg(6,6 kg), S(19,6 kg), Ca(16,5 kg), Fe(966,6 g), Zn (223,6 g), B(150,3 g), Mn(229,9 g) e Cu (131,6 g).

Oliveira et al. (1971), relatam que a cultivar Lavínia apresentou crescimento pela parte aérea até os 120 dias e que a extração de nutrientes acompanhou o crescimento, com exceção do potássio que foi acumulado até os 150 dias. A cultivar mencionada extraiu as seguintes quantidades de N, P, K, Ca, Mg e S : 104; 12,3; 98; 21,3; 6,6; 1,7 kg/ha respectivamente.

Zink (1963), trabalhando com uma cultivar de ciclo tardio, descreveu que a cultura do alho elabora 60% da matéria seca no período entre o início da bulbificação e a colheita e nesta fase absorve 49% do N total, 65% do P e 38% do K exigidos no ciclo. Na época da colheita, em torno de 200 dias após o plantio, as plantas extraíram 204, 43, 188, 148 e 18 kg/ha de N, P, K, Ca e Mg, respectivamente.

Ruiz (1985), verificou que todos os nutrientes com exceção do Ca, diminuem sua concentração na folha a partir do início da bulbificação. Ainda segundo este autor os teores de 55 g/kg de N, 5 g/kg de P, 20 g/kg de K, 2 g/kg de Mg, 25 mg/kg de Mn e 10 mg/kg de Zn foram considerados mínimos adequados para o alho no início da bulbificação.

As concentrações de nutrientes encontradas na parte aérea do alho, no período de 75 a 90 dias correspondente à maior taxa de crescimento da planta foram as seguintes, segundo Silva et al. (1970): N (entre 53,2 e 24,9 g/kg), P(4,5-3,9 g/kg), K (46,9-44,2 g/kg), Ca (6,8-5,7 g/kg), Mg (2,5-2,4 g/kg), S (7,8-7,2 g/kg), Fe (188-196 mg/kg), Mn(183-109 mg/kg), Zn (57-76 mg/kg), B (56-52 mg/kg) e Cu (29-27 mg/kg).

Relacionando a acumulação de nutrientes com a produção máxima de bulbos (13,2 t/ha), Bogatirenko (1976), verificou que a extração de N situou-se entre 127 e 170 kg/ha, P entre 73 e 108 kg/ha e K entre 86 e 106 kg/ha. Em trabalho semelhante, porém, com uma produtividade bem superior (24 t/ha), Minardi (1978), encontrou as seguintes extrações de nutrientes por plantas de alho em kg/ha: N - 201-244, K - 106-127, P - 28-36, S - 49-64, Mg - 5-7, Ca - 17-32.

Tem sido comprovado que uma série de fatores como, cobertura morta dos canteiros (Novais et al. 1973 e 1974), calagem (Paula et al. 1981), relação Ca:Mg (Bull e

Nakagawa, 1995) e irrigação (Carvalho, 1995) podem alterar a absorção e acúmulo de nutrientes pela cultura do alho.

Sabe-se que a cultura de tecidos, em função da eliminação de viroses do alho, tem proporcionado aumentos significativos no vigor vegetativo (Carvalho, Shepperd e Hall, 1981 ; Hwang, Anh e Choi, 1983 ; Walkey e Antill, 1989), na produtividade e qualidade dos bulbos (Messiaen, Youcef-Benkada e Beyries, 1981 ; Bhojwani, Cohen e Fry, 1982 ; Walkey e Antill, 1989 ; Graichen, Kromat e Meyer, 1990) desta cultura, fatos estes comprovados nos diversos capítulos deste trabalho. Entretanto dados sobre a acumulação e utilização de nutrientes por clones de alho provenientes de cultura de tecidos praticamente não foram encontrados na literatura.

Além da competição pela síntese de proteínas, uma série de efeitos prejudiciais da multiplicação do vírus em células vegetais, como a aceleração da respiração, inibição da fotossíntese e transporte de assimilados, alteração na produção e ação de reguladores de crescimento, foram relacionados por Gibbs e Harrison (1979). Como todas estas funções são realizadas com a participação direta ou indireta de vários nutrientes minerais, é de se esperar que haja variação na acumulação desses elementos entre plantas provenientes de cultura de tecidos e de multiplicação convencional.

3.2 OBJETIVO

Este trabalho teve como objetivo estudar comparativamente a absorção de macro e micronutrientes entre plantas de alho provenientes de cultura de tecidos e multiplicadas de forma convencional.

3.3 - MATERIAL E MÉTODOS

Este estudo foi realizado nos Departamentos de Agricultura e Ciência do Solo da Universidade Federal de Lavras (UFLA), em Lavras (MG). O ensaio foi conduzido no campo, em área experimental do Setor de Olericultura/Departamento de Agricultura, em solo classificado como Latossolo Roxo, cujas características químicas e físicas, analisadas de acordo com a metodologia da EMBRAPA (1979), são apresentadas na Tabela 11.

TABELA 11. Caracterização química e física do solo da área experimental.

Características	Valores
pH em H ₂ O	6.4
P (mg/dm ³)	14
K (mg/dm ³)	148
Ca (mmol/dm ³)	41
Mg (mmol/dm ³)	18
Al (mmol/dm ³)	1
S (mmol/dm ³)	63
t (mmol/dm ³)	64
T (mmol/dm ³)	84
m (%)	2
V (%)	75
Matéria orgânica (g/kg)	35
Areia (g/kg)	210
Limo (g/kg)	280
Argila (g/kg)	510

Análises realizadas no Laboratório de Fertilidade e Física do Solo do DCS/UFLA

Os tratamentos foram definidos em função da forma de obtenção do material de plantio da cultivar Gigante Roxão. O primeiro tratamento foi composto por bulbos provenientes de cultura de tecidos (propagação "in vitro" através de meristemas), obtidos pelo Laboratório de Biotecnologia/UFLA. O segundo tratamento foi composto por

bulbos multiplicados de forma convencional, obtidos no CNPH/EMBRAPA, em Brasília DF.

Os tratamentos foram dispostos em delineamento de blocos casualizados, em esquema de parcela subdividida no tempo, com quatro repetições. Foram definidas sete épocas de avaliação: 30, 50, 70, 90, 110, 130 e 150 dias após o plantio.

As parcelas foram formadas por canteiros com 0,20 m de altura, 1 m de largura por 1,5 m de comprimento com cinco fileiras de plantas no espaçamento de 0,20 m entre linhas e 0,10 m entre plantas. A área útil de cada parcela foi constituída pelas três fileiras centrais e descartando duas plantas em cada extremidade, resultando numa área de 0,9 m².

O plantio foi realizado no dia 29/04/95, tomando-se o cuidado de utilizar bulbilhos de mesmo tamanho dentro de cada bloco. Após o plantio realizou-se uma aplicação em pré emergência com o herbicida Linuron, seguida pela adição de uma camada de 5 cm de cobertura morta composta por casca de arroz. Em função da alta infestação da área por plantas daninhas, repetiu-se este tratamento em pós emergência.

Todos os demais tratos culturais foram realizados de acordo com as recomendações técnicas para cultura do alho na região.

As adubações foram realizadas de acordo com a análise química do solo (Tabela 11) e as recomendações da Comissão... (1989). Foram aplicados 200 kg/ha de P₂O₅ como superfosfato simples, 60 kg/ha de K₂O como cloreto de potássio e mais 50 Kg/ha de sulfato de magnésio, 15 kg/ha de bórax e 10 kg/ha de sulfato de zinco. Foram utilizados 105 kg/ha de nitrogênio na forma de uréia, parcelando a aplicação em 1/3 no plantio, 1/3 aos 45 e 1/3 aos 60 dias após o plantio.

Em cada parcela foram coletadas seis plantas ao acaso aos 30, 50, 70, 90, 110, 130 e 150 dias após o plantio. As plantas foram levadas ao laboratório lavadas em água corrente e enxaguadas em água destilada, separando-se parte aérea (folhas+pseudocaule), bulbo. As amostras foram colocadas em sacos de papel perfurados e secadas em estufa de circulação forçada de ar, em temperatura de ± 70°C até peso constante. Após a secagem as amostras foram moídas e acondicionadas em vidros com tampa plástica devidamente identificados.

A quantificação dos nutrientes no material vegetal foi feita no Laboratório de Nutrição Mineral de Plantas/Departamento de Ciência do Solo/UFLA. O N foi determinado pelo método semi-micro-Kjeldahl com digestão ácida a quente. O B foi determinado através do método colorimétrico da curcumina com digestão por via seca. Para os demais nutrientes foi utilizado a digestão nitro-perclórica, sendo as concentrações no extrato determinadas: P - colorimetria; K - fotometria de chama; S - turbidimetria e o Ca, Mg, Fe, Zn, Cu e Mn por espectrofotometria de absorção atômica (Malavolta, Vitti e Oliveira, 1989).

Os dados foram verificados quanto a normalidade e homogeneidade pelos testes de Lilliefors e Bartlett, respectivamente, conforme orientação de Little e Hills (1978) e submetidos a análise de variância, realizando-se comparações entre épocas e entre tratamentos através do teste de Tukey a 5% de probabilidade.

3.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.4.1 Nitrogênio

Na Figura 5 e Tabela 12 estão apresentados as quantidades de nitrogênio extraídas por plantas de alho provenientes de cultura de tecidos e de multiplicação convencional. Como verificado por Zink (1963) e Silva et al. (1970), a extração de nitrogênio acompanhou o desenvolvimento da planta sendo acumulado em pequenas quantidades até os 50 dias na parte aérea e 90 dias no bulbo, intensificando-se significativamente a partir destas datas até 110 dias na parte aérea e 150 dias no bulbo, comportamento observado para ambas as formas de multiplicação. A relação entre o acúmulo de N e o crescimento pode ser confirmado, observando-se o comportamento da curva e os dados de produção de matéria seca pelas parte aérea e bulbos no capítulo anterior (Figura 4 e Tabela 7)

Entre 90 e 130 dias na parte aérea e 110 e 150 dias no bulbo, foram verificadas os maiores valores de acúmulo de N, período que diferiu significativamente das demais épocas pelo teste de Tukey (Tabela 12), tanto em plantas de cultura de tecidos quanto convencionais.

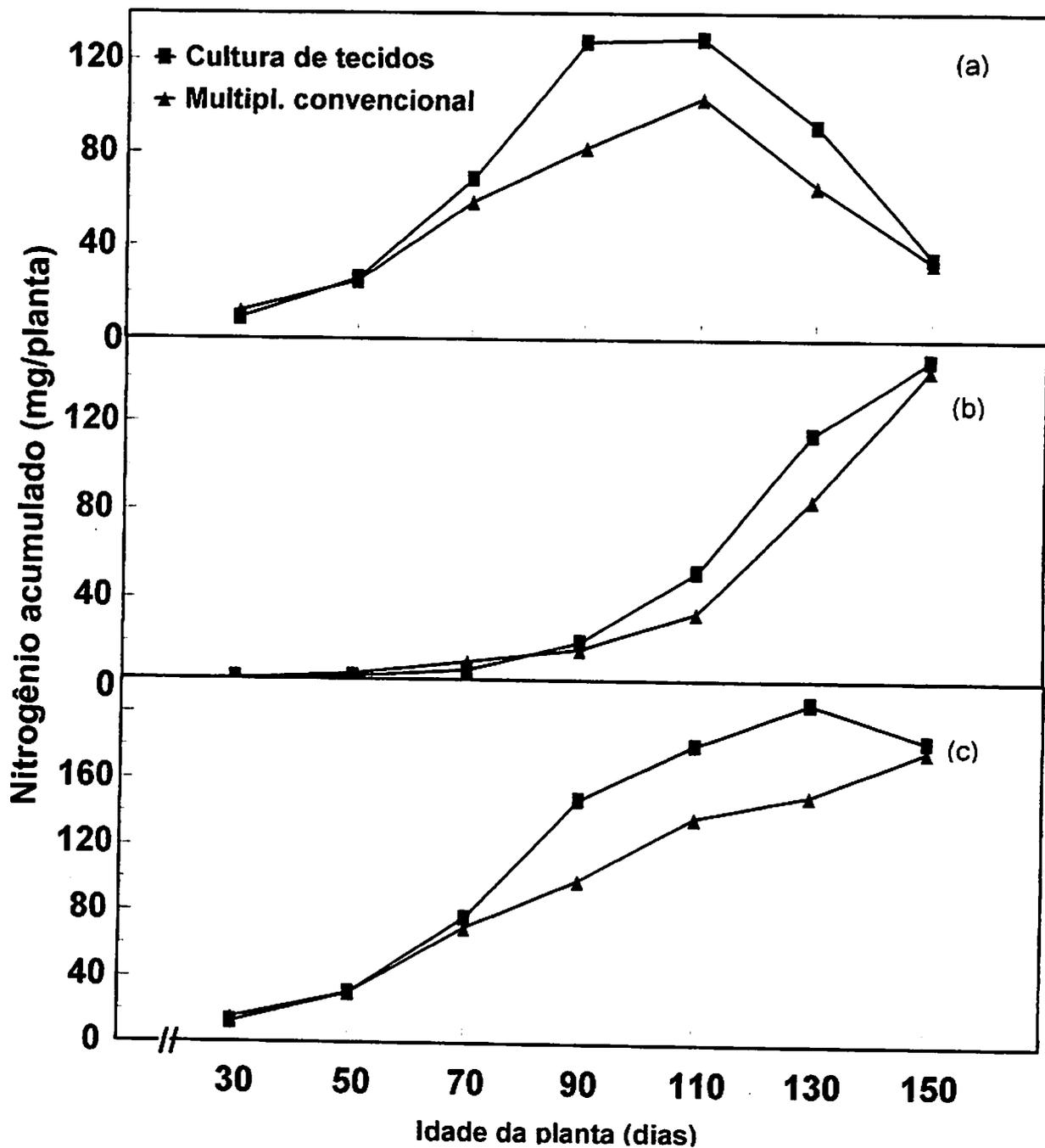


FIGURA 5. Nitrogênio acumulado na parte aérea (a), bulbo (b) e parte aérea+bulbo (c) durante o desenvolvimento de plantas de alho provenientes de cultura de tecidos e de multiplicação convencional.

TABELA 12. Conteúdo de nitrogênio (mg/planta) na parte aérea, bulbo e parte aérea+bulbo em plantas de alho oriundas de cultura de tecidos e de multiplicação convencional durante o ciclo da cultura.

		Épocas de avaliação (dias após plantio)					
origem das plantas	30	50	70	90	110	130	150
Parte aérea (c.v. = 40,87%)							
C. tecidos	9,0 a D	26,1 a CD	68,6 a BC	127,6 a A	128,9 a A	91,4 a AB	35,2aCD
Convenc.	11,9 a C	25,1 a C	58,9 a ABC	82,1 b AB	103,6 a A	65,7 aABC	33,5bcA
Bulbos (c.v. = 62,50%)							
C. tecidos	3,5 a C	4,4 a C	7,5 a C	20,1 a C	52,2 a BC	115,0 aAB	148,5aA
Convenc.	3,0 a C	5,5 a C	11,1 a C	16,9 a C	33,5 a BC	85,0 aAB	144,4aA
Parte aérea + Bulbo (c.v. = 40,40%)							
C. tecidos	12,6 a C	30,5 a C	76,1 a BC	147,7 aAB	181,2 a A	206,4 a A	183,2aA
Convenc.	15,0 a C	30,6 a C	70,0 a BC	99,0 aABC	137,1 a AB	150,7 aAB	178,0aA

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas linhas e minúscula nas colunas, para cada parâmetro, não diferem entre si (Tukey 5%).

Após as adubações de cobertura com N realizadas aos 45 e 60 dias após o plantio, nota-se na parte aérea e parte aérea+bulbo um aumento no acúmulo de N nestas partes (Figura 5). A aplicação de N aos 60 dias foi acompanhada por um acréscimo significativo na quantidade de N acumulada na parte aérea e total entre 70 e 90 dias (Tabela 12). Nos bulbos verificou-se também um aumento considerável na quantidade de N, embora não significativo, a partir desta época.

Observa-se que a intensidade de acumulação de N foi praticamente igual entre plantas de cultura de tecidos e plantas convencionais até 70 dias na parte aérea e 90 dias no bulbo. A partir do momento em que intensificou-se o desenvolvimento destas partes da planta, ocorreu um aumento considerável na acumulação de N pelas plantas de cultura de tecidos. Entretanto, estas plantas não diferenciaram-se significativamente das convencionais neste período, provavelmente em função do elevado coeficiente de variação.

Normalmente, a fase em que ocorre o maior desenvolvimento da planta, é acompanhada pela máxima taxa de multiplicação do vírus nos seus tecidos (Gibbs e Harrison, 1979). Esta é a fase portanto, em que a planta é mais afetada pela presença do vírus, podendo ter vários de seus processos metabólicos prejudicados, abreviando o ciclo da cultura. Fenômeno que provavelmente prejudicou o crescimento, como visto no capítulo anterior, afetando conseqüentemente a acumulação de nitrogênio das plantas convencionais.

As quantidades máximas de N extraídas foram verificadas aos 110 e 150 dias do plantio respectivamente para parte aérea e bulbo. Estas quantidades foram 128,9 e 103,6 mg/planta na parte aérea e 148,5 e 144,4 mg/planta no bulbo, respectivamente, para plantas de cultura de tecidos e multiplicação convencional. A quantidade máxima de N acumulada por plantas de cultura de tecidos foi de 206,4 mg/planta aos 130 dias e em plantas convencionais de 178,0 mg/planta aos 150 dias (Tabela 12), proporcionando uma diferença de 16% ente estes materiais. Quantidades estas bem inferiores às verificadas por Silva et al. (1970), para plantas convencionais da cultivar Lavínia. Diferenças relacionadas provavelmente ao fato destes autores terem conduzido seu trabalhos em casa de vegetação e solução nutritiva e também a exigência nutricional entre as cultivares utilizadas em cada trabalho.

A partir dos 110 dias verifica-se uma queda gradativa no conteúdo de nitrogênio na parte aérea, coincidindo com uma elevação acentuada na quantidade deste nutriente no bulbo. Como o N é um nutriente móvel na planta (Malavolta, 1980), grande parte do nitrogênio da parte aérea é exportado para o bulbo, entretanto verifica-se entre 130 e 150 dias uma queda no conteúdo total deste nutriente em plantas de cultura de tecidos que pode ser ocasionada pela translocação de volta ao solo através de exsudação de

compostos nitrogenados das raízes (Olson e Kurtz, 1982), ou pela perda de partes de raízes e folhas da planta devido a senescência.

3.4.2 Fósforo

O P foi acumulado intensamente no período compreendido entre 70 e 110 dias pela parte aérea e 90 e 150 dias pelo bulbo nas duas formas de multiplicação (Figura 6), acompanhando a curva de crescimento da planta (Figura 4). A partir dos 110 dias a quantidade de P foi significativamente reduzida na parte aérea, indicando uma intensa translocação para o bulbo devido à sua fácil mobilização dentro da planta (Malavolta, 1980).

Como a concentração de fósforo em tecidos jovens é mais elevada, em função das atividades metabólicas mais intensas (Mengel e Kirkby, 1987), acredita-se que este nutriente seja rapidamente redistribuído para o bulbo que encontra-se em pleno desenvolvimento, antes da senescência completa da parte aérea.

As plantas de cultura de tecidos diferiram estatisticamente das plantas convencionais na acumulação de P aos 90, 110 e 130 dias após o plantio na parte aérea e 110, 130 e 150 dias no bulbo (Tabela 13). Em ambas as formas de multiplicação, foram verificadas diferenças significativas para o período compreendido entre 90 e 130 dias na parte aérea, 130 e 150 dias no bulbo, 110 e 150 dias na parte aérea+bulbo, em relação às demais épocas (Tabela 13).

A quantidade máxima de P acumulada foi 24,4 mg/planta pela parte aérea aos 110 dias e 33,7 mg/planta pelo bulbo aos 150 dias em plantas de cultura de tecidos. Em plantas convencionais foram 14,5 mg/planta aos 110 dias e 22,6 mg/planta aos 150 dias, respectivamente para parte aérea e bulbo.

A máxima exigência em P (parte aérea+bulbo), ocorreu aos 130 dias para plantas de cultura de tecidos num total de 41,5 mg/planta e para plantas convencionais, aos 150 dias, com 26,7 mg/planta, traduzindo-se numa diferença de 55,4% entre as formas de multiplicação. Silva et. al. (1970), verificou que plantas de alho convencionais, cultivar Lavínia, cultivadas em solução nutritiva absorveram 44 mg/planta de P, valor superior ao observado para as plantas convencionais e inferior ao verificado para plantas de cultura de tecidos.

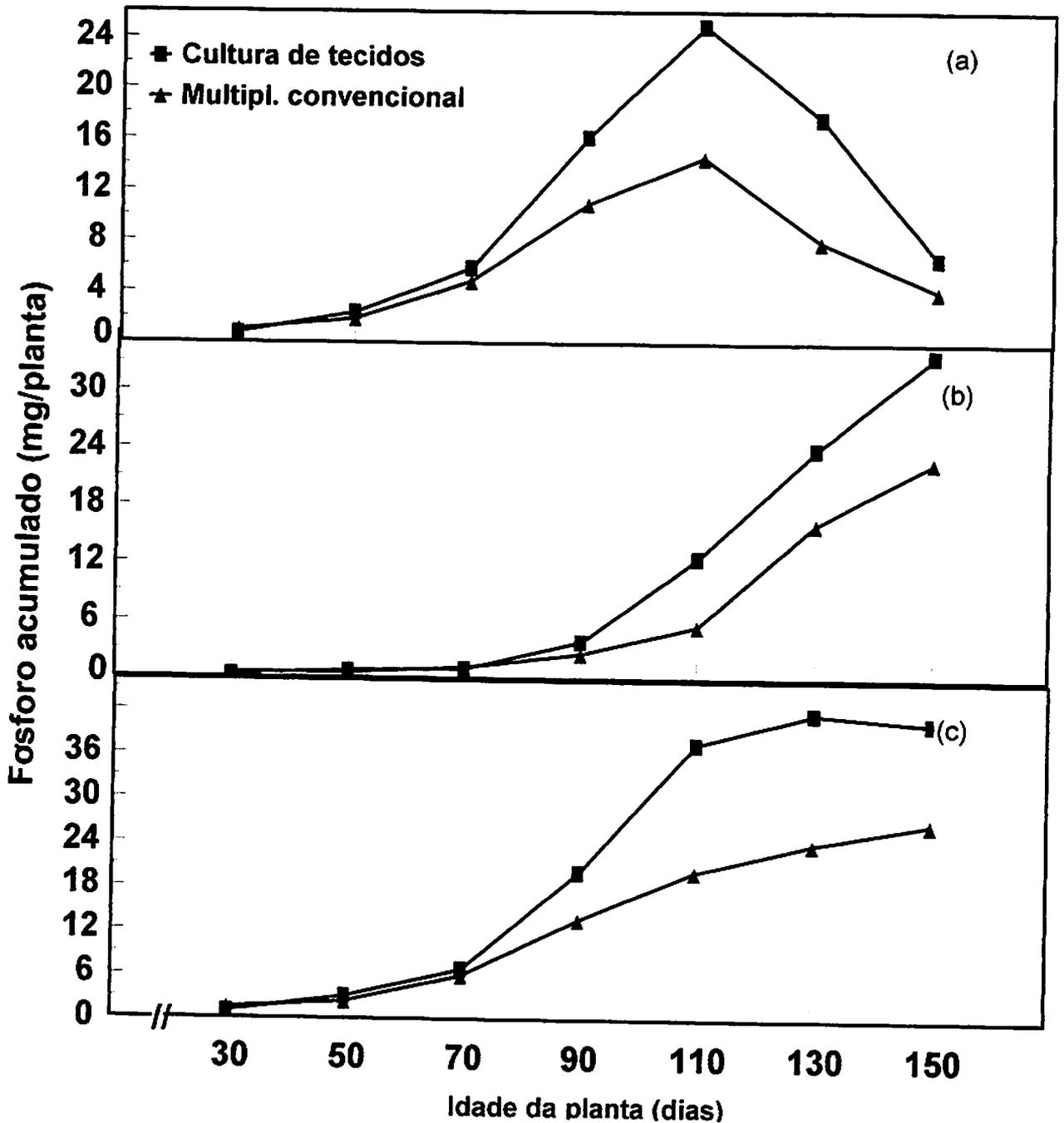


FIGURA 6. Fósforo acumulado na parte aérea (a), bulbo (b) e parte aérea+bulbo (c), durante o desenvolvimento de plantas de alho provenientes de cultura de tecidos e de multiplicação convencional.

TABELA 13. Conteúdo de fósforo (mg/planta) na parte aérea, bulbo e parte aérea+bulbo em plantas de alho oriundas de cultura de tecidos e de multiplicação convencional durante o desenvolvimento da cultura.

origem das plantas	Épocas de avaliação (dias após plantio)						
	30	50	70	90	110	130	150
Parte aérea (c.v. = 36,0%)							
C. tecidos	0,7 a C	2,3 a C	5,8 a C	16,1 a B	24,8 a A	17,6 a B	6,6 a C
Convenc.	0,9 a D	1,8 a CD	4,7 a BCD	10,9 b AB	14,5 b A	7,8 b ABC	4,1 a CD
Bulbos (c.v. = 54,8%)							
C. tecidos	0,2 a C	0,7 a C	0,9 a C	3,8 a BC	12,5 a B	23,9 a A	33,7 a A
Convenc.	0,4 a C	0,5 a C	1,1 a C	2,6 a C	5,5 b BC	16,1 b AB	22,6 b A
Parte aérea + Bulbo (c.v. = 39,5%)							
C. tecidos	0,9 a C	3,0 a C	6,7 a BC	19,9 a B	37,4 a A	41,5 a A	40,3 a A
Convenc.	1,4 a C	2,4 a C	5,9 a BC	13,5 aABC	20,1 b AB	24,0 b A	26,7 b A

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas linhas e minúscula nas colunas, para cada parâmetro, não diferem entre si (Tukey 5%)

3.4.3 Potássio

A semelhança dos outros nutrientes o K apresentou maior taxa de acúmulo no período compreendido entre 70 e 110 dias na parte aérea e 90 e 150 dias no bulbo (Figura 7), acompanhando o crescimento da planta (Figura 4). Foram observadas diferenças significativas entre plantas de cultura de tecidos e convencionais somente a partir dos 110 dias na parte aérea e 130 dias no bulbo (Tabela 14), ao contrário do N e

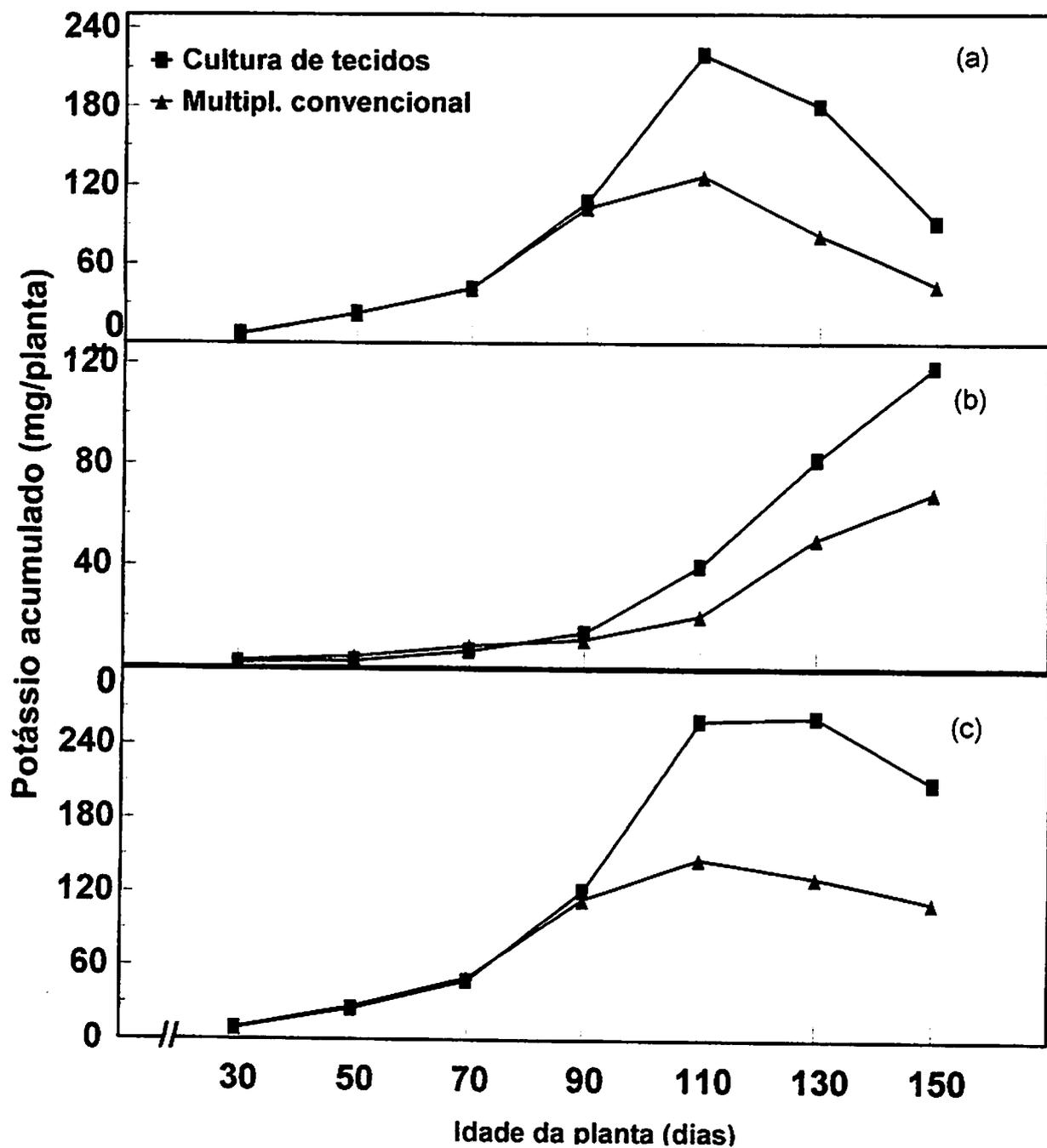


FIGURA 7. Potássio acumulado pela parte aérea (a), bulbo (b) e parte aérea+bulbo (c), durante o desenvolvimento de plantas de alho provenientes de cultura de tecidos e de multiplicação convencional.

TABELA 14. Conteúdo de potássio (mg/planta) na parte aérea, bulbo e parte aérea+bulbo em plantas de alho oriundas de cultura de tecidos e de multiplicação convencional durante o desenvolvimento da cultura.

		Épocas de avaliação (dias após plantio)					
origem das plantas	30	50	70	90	110	130	150
Parte aérea (c.v. = 41,8%)							
C. tecidos	7,0 a D	22,3 a CD	41,1a BCD	107,2 a B	219,2 a A	179,7a A	91,0 a BC
Convenc.	6,7 a D	22,3 a CD	41,5a BCD	103,0 a AB	126,6 b A	81,6bABC	43,7 bBCD
Bulbos (c.v. = 49,6%)							
C. tecidos	1,8 a D	2,5 a D	6,5 a CD	13,7 a CD	39,6 a C	81,1 a B	118,1 a A
Convenc.	2,4 a C	4,2 a C	8,6 a C	11,0 a C	20,4 a BC	50,3 b AB	68,5 b A
Parte aérea + Bulbo (c.v. = 39,9%)							
C. tecidos	8,8 a D	24,9 a D	47,7 a CD	120,9 a BC	258,8 a A	261,5 a A	209,2 a BC
Convenc.	9,2 a D	26,5 a CD	50,1a BCD	114,0aABC	147,1 b A	131,9bAB	112,3bABC

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas linhas e minúscula nas colunas, para cada parâmetro, não diferem entre si (Tukey 5%).

P em que as diferenças apareceram aos 90 dias na parte aérea e 110 dias no bulbo. Tanto em plantas de cultura de tecidos quanto convencionais, verificou-se diferenças significativas dos 110 e 130 dias para as demais épocas no acúmulo total de K (Tabela 14).

Houve um acúmulo bem mais acentuado de K total pelas plantas de cultura de tecidos entre 90 e 110 dias em relação as plantas convencionais, devido em grande parte a acumulação desse nutriente pela parte aérea neste período. Este aspecto pode

ser verificado pelo ponto máximo de acumulação de K pela parte aérea destas plantas, que ocorreu ao 110 dias. Nas plantas provenientes de cultura de tecidos a acumulação máxima na parte aérea foi de 219,2 mg/planta e nas provenientes de multiplicação convencional 126,6 mg/planta proporcionando uma diferença de 73,2%.

No bulbo as quantidades máximas acumuladas ocorreram aos 150 dias e foram de 118,1 mg/planta pelas plantas de cultura de tecidos e 68,5 mg/planta pelas plantas convencionais, quantidades bem inferiores às da parte aérea, ao contrário do N e P que apresentaram maior acúmulo no bulbo. Segundo Mengel e Kirkby (1987), o K, devido suas funções metabólicas é acumulado em maior quantidade na parte vegetativa.

As quantidades máximas de K acumuladas pela parte aérea+bulbo foram: 261,5 mg/planta, aos 130 dias, por plantas de cultura de tecidos e 147,1 mg/planta, aos 110 dias, pelas convencionais, proporcionando uma diferença de 77,8% entre esses materiais.

Silva et al. (1970), verificaram que o nitrogênio é o nutriente acumulado em maior quantidade por plantas de alho multiplicadas de forma convencional. Entretanto para plantas de cultura de tecidos, verificou-se no presente trabalho que o K foi acumulado em maior quantidade que o N. Esta inversão pode estar relacionada a menor demanda de nitrogênio em relação ao potássio pelas plantas de cultura de tecidos, em função da menor concentração de vírus em seus tecidos, ao contrário das plantas convencionais que necessitam proporcionalmente ao K maior quantidade de N para atender a multiplicação do vírus. A alta exigência em potássio por culturas que armazenam compostos orgânicos nos bulbos, como é o caso do alho, pode também ser explicada pela sua importante função, atuando no transporte de fotoassimilados das folhas para os órgãos de reserva (Faquin, 1994).

3.4.4 Enxofre

A maior taxa de acúmulo de S por plantas de alho ocorreu entre 70 e 110 dias após o plantio na parte aérea e 90 e 150 dias no bulbo tanto em plantas de cultura de tecidos quanto convencionais (Figura 8). As plantas de cultura de tecidos acumularam quantidades significativamente maiores de S que as plantas convencionais a partir dos 110 dias na parte aérea e 130 dias no bulbo e na parte aérea +bulbo.

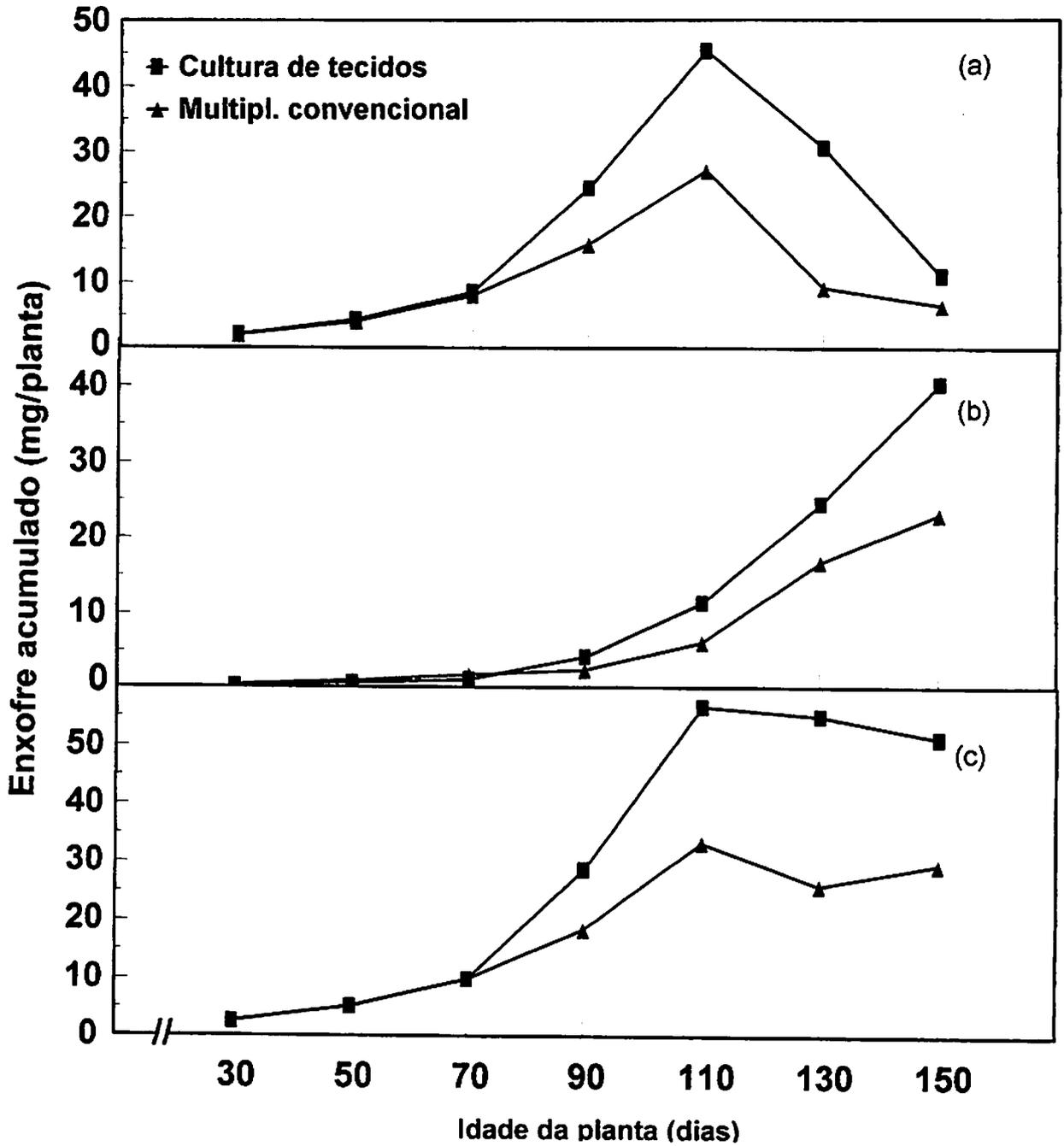


FIGURA 8. Enxofre acumulado pela parte aérea (a), bulbo (b) e parte aérea+bulbo (c), durante o desenvolvimento de plantas de alho provenientes de cultura de tecidos e de multiplicação convencional.

Diferenças significativas de acúmulo de S foram verificadas, em relação às demais épocas, aos 110 dias na parte aérea, 150 dias no bulbo e entre 110 e 150 dias para o S total, em plantas de cultura de tecidos. Em plantas convencionais, resultados significativos apareceram aos 110 e 130 dias na parte aérea, 130 e 150 dias no bulbo e entre 110 e 150 dias para o S da parte aérea +bulbo (Tabela 15).

TABELA 15. Conteúdo de enxofre (mg/planta) na parte aérea, bulbo e parte aérea+bulbo em plantas de alho oriundas de cultura de tecidos e de multiplicação convencional durante o desenvolvimento da cultura.

		Épocas de avaliação (dias após plantio)						
origem das plantas	30	50	70	90	110	130	150	
Parte aérea (c.v. = 35,0%)								
C. tecidos	2,0 a C	4,2 a C	8,5 a C	24,3 a B	45,2 a A	30,4 a B	10,9 a C	
Convenc.	1,9 a C	4,0 a C	8,0 a BC	15,7 a B	27,0 b A	9,1 b BC	6,3 b BC	
Bulbos (c.v. = 47,3%)								
C. tecidos	0,4 a D	0,8 a D	1,3 a CD	4,3 a CD	11,3 a C	24,5 a B	40,2 a A	
Convenc.	0,5 a B	1,1 a B	1,9 a B	2,6 a B	6,2 a B	16,7 b A	23,0 b A	
Parte aérea + Bulbo (c.v. = 32,5%)								
C. tecidos	2,4 a C	5,1 a C	9,8 a C	28,6 a B	56,6 a A	54,9 a A	51,1 a A	
Convenc.	2,5 a C	5,1 a C	9,9 a BC	18,3 aABC	33,3 b A	25,8 bAB	29,4 b A	

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas linhas e minúscula nas colunas, para cada parâmetro, não diferem entre si (Tukey 5%).

Verificou-se maior acúmulo de enxofre na parte aérea que nos bulbos, atingindo valores iguais a 45,2 e 27,0 mg/planta aos 110 dias na parte aérea, 40,2 e 23,0 mg/planta, aos 150 dias no bulbo, respectivamente para plantas provenientes de cultura de tecidos e de multiplicação convencional. O comportamento apresentado pelo enxofre neste trabalho foi semelhante ao observado por Zink (1963) e Silva et al. (1970), embora estes últimos autores tenham verificado que esse nutriente acumulou em maior quantidade nos bulbos em relação a parte aérea.

O total de enxofre acumulado atingiu 56,6 mg/planta e 33,3 mg/planta, aos 110 dias, respectivamente, por plantas de culturas de tecidos e provenientes de multiplicação convencional, diferença de 70%.

O S é constituinte dos aminoácidos cistina e cisteína, precursores de compostos sulfurados voláteis responsáveis pelo odor e aroma característicos do alho. Como constituinte de proteínas, sua concentração na planta pode ser diretamente afetado pela presença de vírus.

3.4.5 Magnésio

O Mg foi o macronutriente extraído em menor quantidade pelas plantas de cultura de tecidos e também pelas convencionais, sendo acumulado pela parte aérea de maneira semelhante aos demais nutrientes, com maior intensidade entre 70 e 110 dias após o plantio. Entre 90 e 110 dias verificou-se uma elevação muito significativa no conteúdo de Mg da parte aérea das plantas de cultura de tecidos em relação às plantas convencionais (Figura 9). Na parte aérea de plantas de cultura de tecidos, aos 110 e 130 dias ocorreram os acúmulos máximos de Mg, diferindo estatisticamente estas épocas das demais. Em plantas convencionais, o máximo acúmulo ocorreu aos 110 dias, diferindo estatisticamente de épocas inferiores. Nos bulbos, as épocas de 130 e 150 dias diferiram estatisticamente das demais para ambas as formas de multiplicação (Tabela 16).

No bulbo o conteúdo de Mg se elevou com maior intensidade entre 90 e 130 dias. Entre 130 e 150 dias as plantas de ambas as forma de multiplicação demonstraram acúmulo menos intenso de Mg, demonstrando tendência a diminuir a acumulação desse nutriente (Figura 9). Esta tendência foi verificada também por Silva et al. (1970).

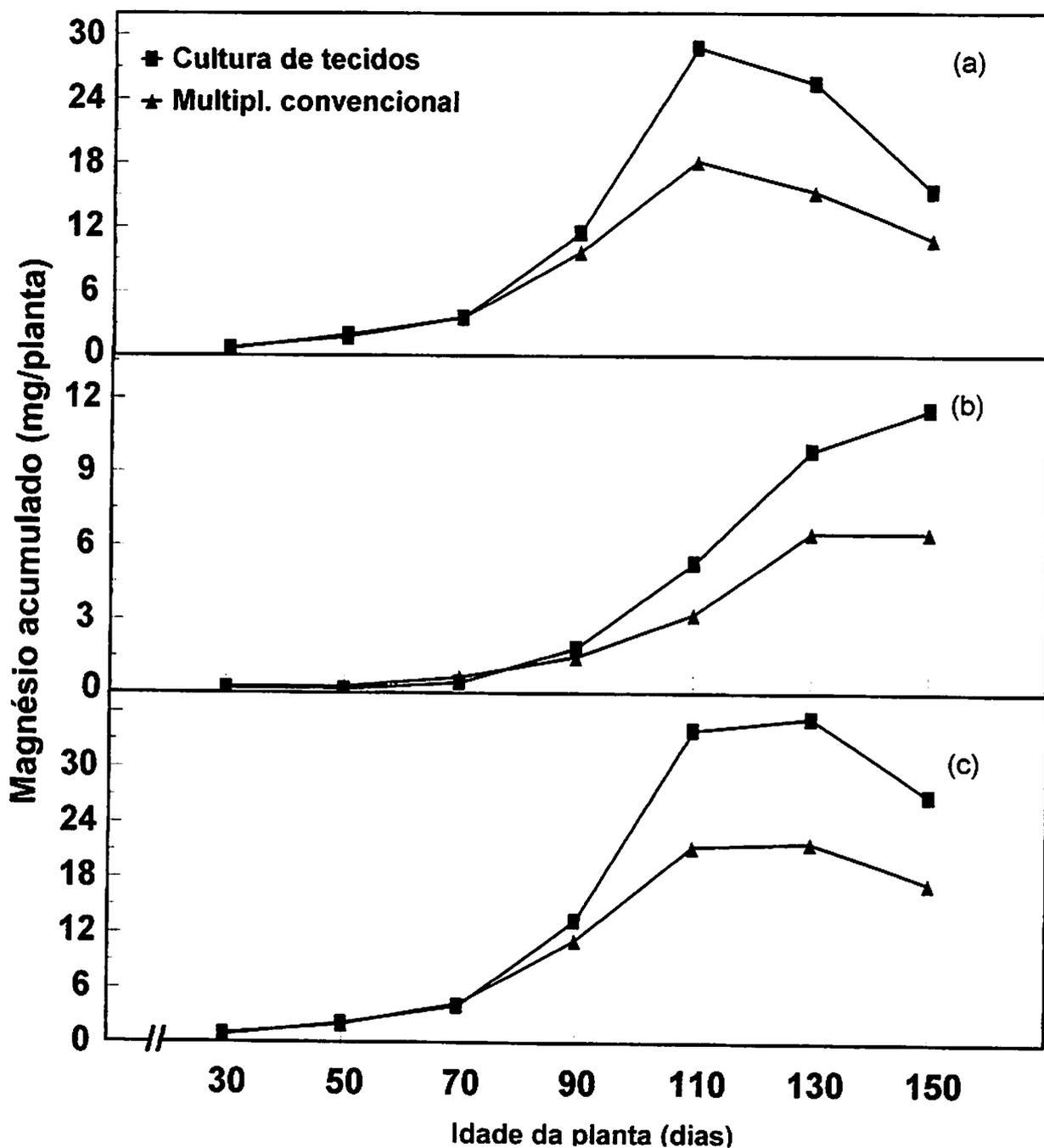


FIGURA 9. Magnésio acumulado pela parte aérea (a), bulbo (b) e parte aérea+bulbo (c), durante o desenvolvimento de plantas de alho provenientes de cultura de tecidos e de multiplicação convencional.

TABELA 16. Conteúdo de magnésio (mg/planta) na parte aérea, bulbo e parte aérea+bulbo em plantas de alho oriundas de cultura de tecidos e de multiplicação convencional durante o desenvolvimento da cultura

origem das plantas	Épocas de avaliação (dias após plantio)						
	30	50	70	90	110	130	150
Parte aérea (c.v. = 33,2%)							
C. tecidos	0,6 a C	1,9 a C	3,5 a C	11,4 a B	28,7 a A	25,4 a A	15,3 a B
Convenc.	0,7 a D	1,7 a D	3,6 a CD	9,7 a BC	18,1 b A	15,2 b AB	10,9 a ABC
Bulbos (c.v. = 34,5%)							
C. tecidos	0,1 a C	0,2 a C	0,4 a C	1,8 a C	5,2 a B	9,8 a A	11,5 a A
Convenc.	0,2 a C	0,2 a C	0,6 a BC	1,4 a BC	3,2 b B	6,4 b A	6,5 b A
Parte aérea + Bulbo (c.v. = 31,7%)							
C. tecidos	0,8 a C	2,0 a C	3,9 a BC	13,3 a B	34,0 a A	35,3 a A	26,8 a A
Convenc.	0,9 a D	2,0 a CD	4,2 a CD	11,1 a BC	21,3 b A	21,7 b A	17,4 b AB

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas linhas e minúscula nas colunas, para cada parâmetro, não diferem entre si (Tukey 5%).

O Mg é um componente importante da molécula de clorofila, chegando a corresponder a 2,7% do peso molecular desta (Epstein, 1978). Uma das razões pelas quais verificou-se maior acúmulo desse nutriente na parte aérea das plantas.

O Mg é um dos nutrientes mais importantes para cultura do alho, sendo sua aplicação recomendada como adubação complementar à calagem. Em solos de cerrado não cultivados o Mg foi o segundo nutriente mais limitante a produção e conservação do alho (Magalhães et al. 1979). A relação Ca:Mg é importante no balanço de acumulação

de Mg, podendo influenciar negativamente a produção de bulbos quando desequilibrada (Bull, Nakagawa, De Pieri, 1993; Bull e Nakagawa, 1995).

A Tabela 16 mostra que a quantidade de Mg nas plantas provenientes de cultura de tecidos foi estatisticamente superior a das plantas convencionais aos 110 e 130 dias na parte aérea e na parte aérea+bulbos e 110, 130 e 150 dias nos bulbos.

A maior quantidade de Mg acumulada pela parte aérea foi verificada aos 110 dias, atingindo 28,7 e 18,1 mg/planta respectivamente para plantas de cultura de tecidos e convencionais. Nos bulbos o acúmulo máximo foi observado aos 150 dias, obtendo-se nesta mesma ordem 11,5 e 6,5 mg/planta.

As quantidades máximas de Mg acumuladas por plantas de cultura de tecidos e convencionais foram respectivamente 35,3 e 21,7 mg/planta aos 130 dias, resultando numa diferença de 62,6% em favor das plantas de cultura de tecidos.

3.4.6 Cálcio

O Ca apresentou um padrão de acumulação ligeiramente diferenciado dos demais macronutrientes. Em plantas oriundas de multiplicação convencional foi acumulado com maior intensidade na parte aérea entre 70 e 110 dias, como os outros macronutrientes. Entretanto, em plantas de cultura de tecidos o Ca foi o único macronutriente acumulado pela parte aérea até os 130 dias. No bulbo, em ambas as formas de multiplicação e também diferenciando-se dos outros macronutrientes, o Ca foi acumulado em maior quantidade entre 70 e 130 dias. Entre 130 e 150 dias a quantidade deste nutriente nos bulbos decresceu consideravelmente nas duas formas de multiplicação (Figura 10). Este padrão de comportamento apresentado pelo bulbo, foi observado também nos trabalhos de Silva et. al. (1970) e Oliveira et al. (1971).

As plantas de cultura de tecidos mostraram um nível de acumulação de Ca pela parte aérea muito superior às plantas de multiplicação convencional, com diferenças estatisticamente significativas aos 110, 130 e 150 dias após o plantio (Tabela 17). A quantidade máxima de Ca acumulada pela parte aérea foi verificada aos 130 dias em plantas de cultura de tecidos (134 mg/planta), diferindo significativamente das demais épocas e aos 110 dias em plantas convencionais (77,1 mg/planta). Aos 130 dias, a

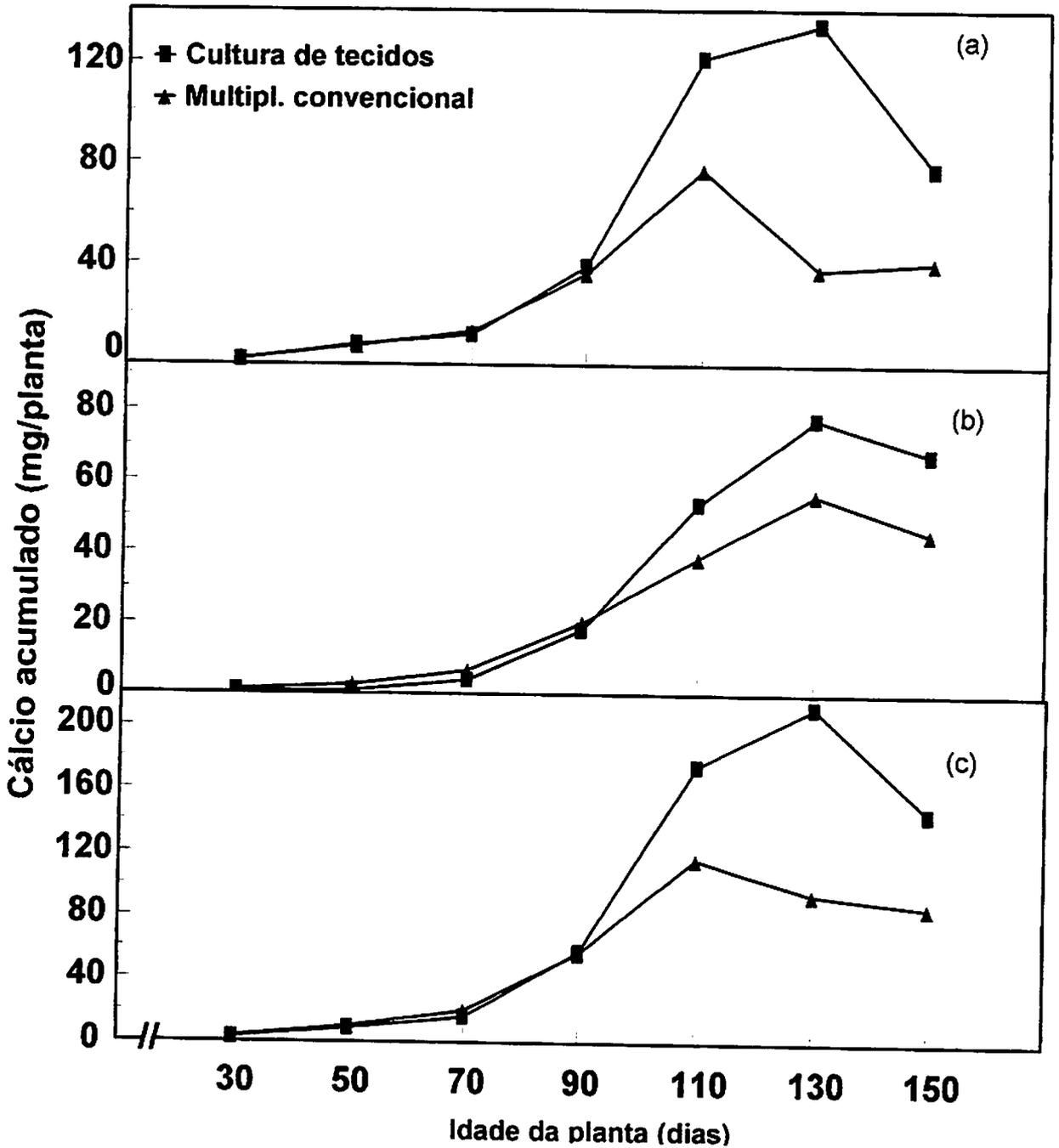


FIGURA 10. Cálcio acumulado pela parte aérea (a), bulbo (b) e parte aérea+bulbo (c), durante o desenvolvimento de plantas de alho provenientes de cultura de tecidos e de multiplicação convencional.

TABELA 17. Conteúdo de cálcio (mg/planta) na parte aérea, bulbo e parte aérea+bulbo em plantas de alho oriundas de cultura de tecidos e de multiplicação convencional durante o desenvolvimento da cultura.

origem das plantas	Épocas de avaliação (dias após plantio)						
	30	50	70	90	110	130	150
Parte aérea (c.v. = 33,2%)							
C. tecidos	2,0 a D	8,0 a D	11,9 a D	38,9 a CD	120,9 a AB	134,0 a A	77,3 a BC
Convenc.	2,2 a B	7,5 a B	13,2 a B	36,0 a AB	77,1 b A	37,5 b AB	40,5 b AB
Bulbos (c.v. = 34,5%)							
C. tecidos	0,8 a C	0,9 a C	4,0 a C	18,1 a C	53,4 a B	77,4 a A	67,5 a AB
Convenc.	1,1 a C	2,5 a C	6,7 a C	20,1 a BC	38,3 b AB	56,0 b A	45,2 b A
Parte aérea + Bulbo (c.v. = 31,7%)							
C. tecidos	2,8 a C	9,0 a C	16,0 a C	57,0 a C	174,4 a AB	211,4 a A	144,8 a B
Convenc.	3,4 a B	10,0 a B	20,0 a B	56,2 a AB	115,4 b A	93,6 b A	85,7 b A

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas linhas e minúscula nas colunas, para cada parâmetro, não diferem entre si (Tukey 5%).

diferença no acúmulo de Ca pela parte aérea, entre plantas de cultura de tecidos e convencionais atingiu 257,3%.

O acúmulo de Ca no bulbo variou significativamente entre as formas de multiplicação a partir dos 110 dias, atingindo o nível máximo de acumulação aos 130 dias, tanto em plantas de cultura de tecidos (77,4 mg/planta), quanto convencionais (56,0 mg/planta). Em plantas de cultura de tecidos e convencionais, 130 e 150 dias distinguiram-se como as épocas de maior acúmulo de Ca pelos bulbos (Tabela 17).

A diferença percentual observada entre as quantidades máximas de Ca, considerando parte aérea+bulbo) pelas plantas de cultura de tecidos e as plantas convencionais foi de 83,18%, acumulando respectivamente 211,4 mg/planta, aos 130 dias e 115,4 mg/planta aos 110 dias, deste nutriente. As épocas que mais se destacaram pelo acúmulo total de Ca foram 110 e 130 dias em plantas de cultura de tecidos e 110, 130 e 150 dias em plantas convencionais, destacando-se significativamente em relação às demais (Tabela 17).

O Ca é importante na manutenção da integridade celular, em função do seu papel na permeabilidade da membrana, sendo encontrado em maiores concentrações próximo a regiões em crescimento (Mengel & Kirkby, 1987). Sabe-se que o desenvolvimento dos bulbos na cultura do alho se encerra por volta dos 135 dias após o plantio, ocorrendo a perda de uma parte do Ca pela planta nesta fase do ciclo com o início da senescência.

Como o transporte de Ca através do floema é praticamente nulo (Marschner, 1983), acredita-se que muito pouco do Ca acumulado na parte aérea tenha sido redistribuído para o bulbo. Portanto, o desenvolvimento do bulbo provavelmente ocorreu exclusivamente às expensas do Ca absorvido diretamente do solo.

À semelhança do Mg, a parte aérea acumulou relativamente maior quantidade de Ca que o bulbo, que pode estar relacionado também a dificuldade deste nutriente em deslocar-se pelo floema, dificultando portanto, sua redistribuição para o bulbo.

3.4.7 Boro

A acumulação de B pela parte aérea foi bastante reduzida entre 30 e 50 dias em ambos os tipos de plantas, intensificando-se até atingir a quantidade máxima aos 110 dias após o plantio, decrescendo em seguida até 150 dias em função da senescência das folhas (Figura 11). Até 70 dias, o acúmulo de B pela parte aérea foi estatisticamente semelhante entre plantas de cultura de tecidos e convencionais.

Coincidindo com a intensificação no desenvolvimento da parte aérea, as diferenças estatísticas apareceram aos 90 dias prolongando-se até o final do ciclo da cultura (Tabela 18). A quantidade máxima de B acumulada na parte aérea foi verificada aos 110 dias para as plantas de cultura de tecidos e também de multiplicação convencional e foram respectivamente de 336,9 e 258,2 µg/planta.

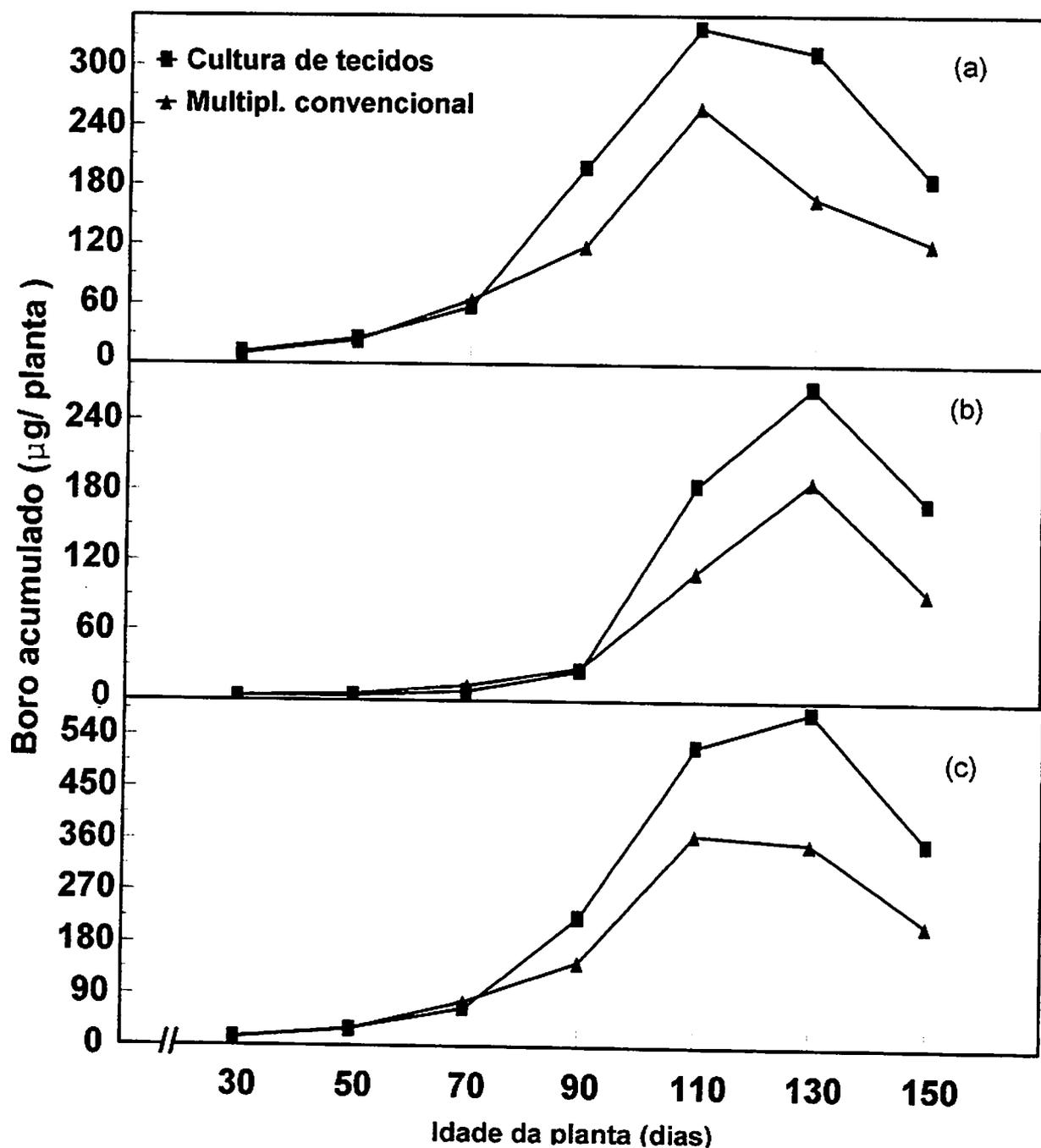


FIGURA 11. Boro acumulado pela parte aérea (a), bulbo (b) e parte aérea+bulbo (c), durante o desenvolvimento de plantas de alho provenientes de cultura de tecidos e de multiplicação convencional.

TABELA 18. Conteúdo de boro ($\mu\text{g/planta}$) na parte aérea, bulbo e parte aérea+bulbo em plantas de alho oriundas de cultura de tecidos e de multiplicação convencional durante o desenvolvimento da cultura.

		Épocas de avaliação (dias após plantio)						
origem das plantas	30	50	70	90	110	130	150	
Parte aérea (c.v. = 28,8%)								
C. tecidos	11,3 a C	25,6 a C	57,3 a C	197,1 a B	336,9 a A	312,0 a A	185,4 a B	
Convenc.	10,0 a D	23,6 a D	64,5 a CD	118,0 b BC	258,2 b A	166,2 b B	121,1 b BC	
Bulbos (c.v. = 29,6%)								
C. tecidos	3,0 a C	4,3 a C	8,3 a C	26,3 a C	184,4 a B	268,4 a A	169,5 a B	
Convenc.	3,4 a C	5,6 a C	13,2 a C	28,5 a C	110,6 b B	188,0 b A	93,4 b B	
Parte aérea + Bulbo (c.v. = 26,1%)								
C. tecidos	14,3 a D	30,0 a D	65,6 a D	223,5 a C	521,3 a A	580,4 a A	354,9 a B	
Convenc.	13,4 a D	29,2 a CD	77,7 a CD	146,5 a BC	368,9 b A	354,2 b A	214,5 b B	

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas linhas e minúscula nas colunas, para cada parâmetro, não diferem entre si (Tukey 5%).

No bulbo, a acumulação de B foi muito pequena até 70 dias, elevando ligeiramente a quantidade acumulada até 90 dias, a partir do qual um aumento significativo no seu acúmulo que prolongou-se até os 130 dias.

Entre 130 e 150 dias verificou-se um decréscimo proporcionalmente acentuado na quantidade de B no bulbo (Figura 13). Comportamento igualmente verificado, tanto

em plantas oriundas de cultura de tecidos, quanto plantas de multiplicação convencional.

Entre 110 e 150 dias verifica-se que as plantas de cultura de tecidos acumularam quantidade significativamente superiores de B no bulbo, sendo que as quantidades máximas foram respectivamente 268,4 e 188,0 $\mu\text{g/planta}$ aos 130 dias após o plantio (Tabela 18).

Segundo Silva et. al. (1970), os micronutrientes, incluindo o B não apresentam época diferencial de acumulação, sendo acumulados intensamente desde os primeiros dias da cultura. No presente trabalho verificou-se que a acumulação de B começou a aumentar a partir dos 50 dias, entretanto nota-se uma nítida intensificação no acúmulo de B pela planta (parte aérea+bulbo) entre 90 e 130 dias para plantas de cultura de tecidos e 90 e 110 dias para plantas de multiplicação convencional. Nos bulbos nota-se uma divergência ainda maior em relação ao trabalho dos autores citados, onde a acumulação de B foi muito pequena até 70 dias em comparação com as fases seguintes (Figura 11).

As quantidades máximas de B acumuladas pelas plantas de alho, no presente trabalho, foram respectivamente, 580,4 $\mu\text{g/planta}$ aos 130 dias e 368,9 $\mu\text{g/planta}$ aos 110 dias, para plantas de provenientes de cultura de tecidos e de multiplicação convencional, resultando numa diferença de 57,3% entre as formas de multiplicação.

Apesar de acumulado em menor quantidade no bulbo do que na parte aérea, o B possui papel fundamental na formação e conservação dos bulbos na cultura do alho. Plantas de alho deficientes em B produzem bulbos com aparência aquosa e com pouca consistência (Couto, 1956). A relação do B com a conservação dos bulbos no armazenamento foi verificada por Campos (1979), determinando maior teor de B nas túnicas dos bulbilhos de cultivares de alho que apresentaram menor perda de peso no armazenamento.

O B tem sua ação no metabolismo das plantas relacionada ao transporte de carboidratos e síntese de ácidos ribonucleicos (Epstein, 1978 e Magalhães e Monerat, 1980). Tem sido verificado que o alho responde sistematicamente a adubação com B, propiciando aumentos significativos no tamanho e peso dos bulbos (Ferrari e Churata-Masca, 1975; Yamanischi e Castellane, 1987; Garcia et. al. 1994).

3.4.8 Zinco

A acumulação de Zn aumentou de forma gradativa e constante na parte aérea das plantas convencionais a partir dos 30 até 90 dias após o plantio (Figura 12). O acúmulo máximo de Zn na parte aérea destas plantas foi verificado aos 90 dias (146,6 $\mu\text{g/planta}$), época que precede a fase de maior desenvolvimento vegetativo da planta. A partir dos 90 dias a quantidade de Zn decresceu gradativamente até a colheita aos 150 dias. Em plantas de cultura de tecidos verificou-se basicamente o mesmo comportamento, entretanto a acumulação de Zn foi bastante intensificada entre 70 e 90 dias, explicada pelo maior desenvolvimento vegetativo (Figura 4), verificado para estas plantas em relação às plantas convencionais. O acúmulo de Zn mostrou-se mais ou menos constante na parte aérea das plantas de cultura de tecidos entre 90 e 130 dias, reduzindo-se acentuadamente na fase seguinte (Figura 12). Foram verificadas diferenças estatisticamente significativas entre plantas de cultura de tecidos e convencionais aos 90, 110 e 130 dias, sendo que o acúmulo máximo de Zn na parte aérea destas plantas foram respectivamente 218,1 $\mu\text{g/planta}$, ocorrido aos 110 dias e 146,6 $\mu\text{g/planta}$ aos 90 dias após o plantio (Tabela 19).

A acumulação de Zn foi muito pequena no bulbo até 90 dias, aumentando linearmente a partir daí até o final do ciclo da cultura aos 150 dias. Este padrão foi observado tanto em plantas provenientes de cultura de tecidos, quanto em plantas de multiplicação convencional, embora, nas primeiras tenha-se verificado significativamente maior acumulação de Zn pelo bulbo. As quantidades de Zn máximas acumuladas pelos bulbos de plantas de cultura de tecidos e convencionais foram respectivamente 290,3 e 213,0 $\mu\text{g/planta}$. Ao contrário do B, o Zn acumulou-se em maior quantidade no bulbo em ambos os tipos de planta.

O comportamento apresentado pelo Zn neste trabalho confirma em parte os estudos de Silva et. al. (1970), principalmente a acumulação relativamente constante deste nutriente ao longo ciclo da cultura, entretanto estes autores verificaram uma ligeira redução no acúmulo deste nutriente nos bulbos ao final do ciclo da cultura.

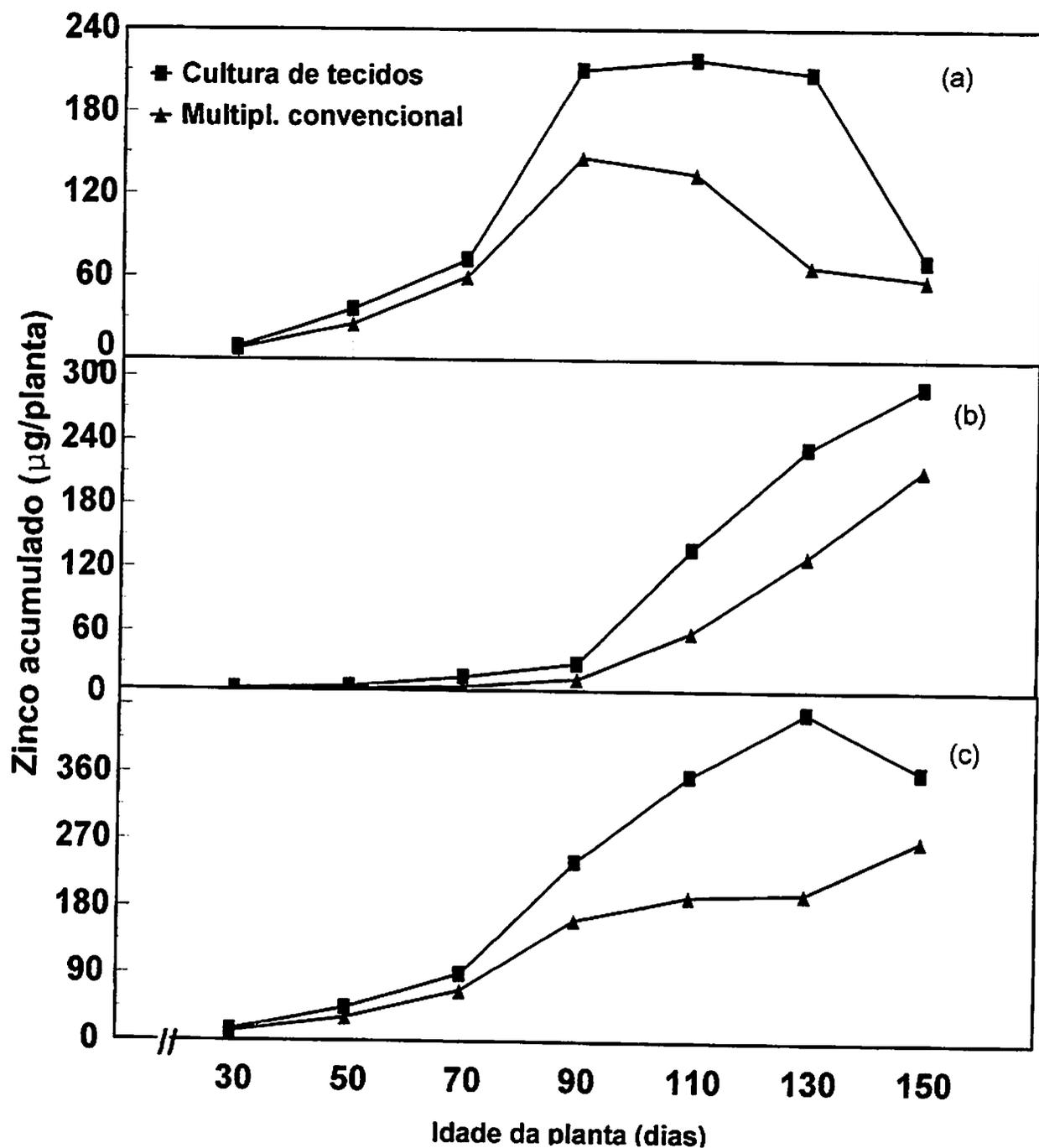


FIGURA 12. Zinco acumulado pela parte aérea (a), bulbo (b) e parte aérea+bulbo (c), durante o desenvolvimento de plantas de alho provenientes de cultura de tecidos e de multiplicação convencional.

TABELA 19. Conteúdo de zinco ($\mu\text{g/planta}$) na parte aérea, bulbo e parte aérea+bulbo em plantas de alho oriundas de cultura de tecidos e de multiplicação convencional durante o desenvolvimento da cultura.

		Épocas de avaliação (dias após plantio)					
origem das plantas	30	50	70	90	110	130	150
Parte aérea (c.v. = 32,4%)							
C. tecidos	8,6 a B	36,4 a B	72,5 a B	210,5 a A	218,1 a A	207,8 a A	71,5 a B
Convenc.	7,9 a C	25,7 a C	59,9 a C	146,6 b A	134,8 bAB	67,9 b BC	58,0 a C
Bulbos (c.v. = 55,3%)							
C. tecidos	6,0 a C	8,1 a C	17,5 a C	30,1 a C	137,9 a B	233,1aAB	290,3 a A
Convenc.	4,5 a C	6,0 a C	8,3 a C	15,9 a C	59,8 b BC	131,3bAB	213,0 b A
Parte aérea + Bulbo (c.v. = 36,4%)							
C. tecidos	14,7 a C	44,6 a C	90,1 a C	240,6 b A	356,1 aAB	441,0 a A	361,9 aAB
Convenc.	12,4 a C	31,7 aCD	68,2aBCD	162,6aABC	194,7 bAB	199,3bAB	271,1 b A

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas linhas e minúscula nas colunas, para cada parâmetro, não diferem entre si (Tukey 5%).

As quantidades máximas de Zn acumuladas por plantas de cultura de tecidos e convencionais foram respectivamente 441,0 $\mu\text{g/planta}$ aos 130 dias e 271,1 $\mu\text{g/planta}$ aos 150 dias, resultando numa diferença de 62,6% em favor das plantas de cultura de tecidos.

O Zn é um componente e ativador de várias enzimas e desempenha importante papel como cofator na síntese de auxinas a partir do triptofano (Malavolta, 1980).

Adubações a base de Zn são freqüentemente utilizadas na cultura do alho, porém as informações da literatura sobre as respostas a esta adubação são contraditórias. Yamanischi e Castellane (1987) e Garcia et al. (1994) não verificaram qualquer efeito da adubação com Zn na cultura do alho, ao contrário de Magalhães et al. (1979) e Souza et al. (1982), que apontam o Zn como um dos fatores mais limitantes à produção do alho em solos de cerrado.

3.4.9 Cobre

A Figura 13 mostra que o Cu foi acumulado mais intensamente na parte aérea entre 30 e 50 dias, sendo o micronutriente com acúmulo mais precoce. Nota-se que a partir dos 50 dias, as quantidades acumuladas continuaram aumentando até um limite máximo, porém de forma mais suave que na fase subsequente. As quantidades máximas de Cu acumuladas pela parte aérea foram verificadas aos 90 dias em plantas provenientes de multiplicação convencional e aos 110 dias em plantas de cultura de tecidos, atingindo respectivamente 21,0 e 29,3 $\mu\text{g/planta}$. A acumulação de Cu pelas plantas de cultura de tecidos começaram a divergir das plantas convencionais a partir de 70 dias após o plantio indo até o final da cultura, embora tenha se verificado diferenças estatisticamente significativas entre esses materiais somente aos 110 dias (Tabela 20).

A acumulação de Cu pelo bulbo foi mais intensa entre 110 e 150 dias (Figura 13). Até 90 dias o acúmulo deste micronutriente pelo bulbo foi praticamente nulo. Entre 90 e 110 dias e 130 e 150 dias a acumulação ocorre de forma menos intensa. As quantidades máximas de Cu acumuladas pelo bulbo, ocorridas aos 150 dias, foram respectivamente, 42,2 e 25,0 $\mu\text{g/planta}$ para plantas de cultura de tecidos e de multiplicação convencional. As plantas de cultura de tecidos diferenciaram-se das plantas convencionais quanto a acumulação de Cu pelos bulbos a partir dos 90 dias, encontrando-se diferenças estatisticamente significativas entre estes tipos de plantas aos 130 e 150 dias após o plantio (Tabela 20).

O Cu foi o micronutriente extraído em menor quantidade pelas plantas neste trabalho, sendo acumulado em maior quantidade pelo bulbo em relação à parte aérea.

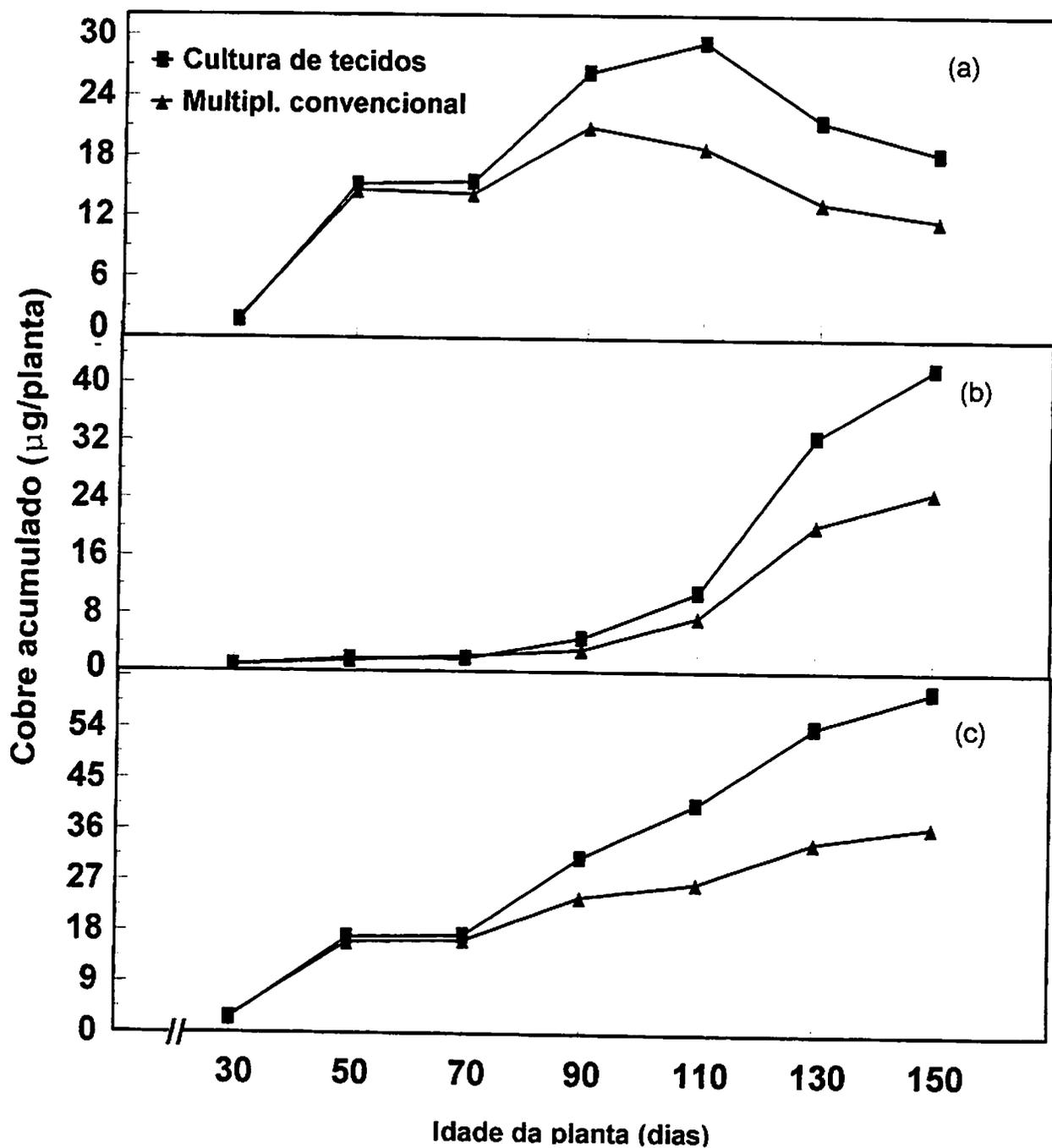


FIGURA 13. Cobre acumulado pela parte aérea (a), bulbo (b) e parte aérea+bulbo (c), durante o desenvolvimento de plantas de alho provenientes de cultura de tecidos e de multiplicação convencional.

TABELA 20. Conteúdo de cobre ($\mu\text{g/planta}$) na parte aérea, bulbo e parte aérea+bulbo em plantas de alho oriundas de cultura de tecidos e de multiplicação convencional durante o desenvolvimento da cultura.

		Épocas de avaliação (dias após plantio)					
origem das plantas	30	50	70	90	110	130	150
Parte aérea (c.v. = 44,3%)							
C. tecidos	1,7 a B	15,1 a AB	15,4 a AB	26,3 a A	29,3 a A	21,5 a A	18,3 a A
Convenc.	1,9 a B	14,5 a AB	14,2 a AB	21,0 a A	18,9 b A	13,5 a AB	11,7 a AB
Bulbos (c.v. = 47,7%)							
C. tecidos	0,8 a B	1,8 a B	1,9 a B	4,7 a B	11,2 a B	32,7 a A	42,2 a A
Convenc.	0,8 a B	1,5 a B	2,2 a B	3,1 a B	7,7 a B	20,4 b A	25,0 b A
Parte aérea + Bulbo (c.v. = 38,4%)							
C. tecidos	2,6 a D	17,0 cd A	17,3 a CD	31,1 a BC	40,5 a AB	54,3 a A	60,6 a A
Convenc.	2,8 a B	16,1 ab A	16,5 a AB	24,1 a AB	26,6 b A	33,9 b A	36,8 b B

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas linhas e minúscula nas colunas, para cada parâmetro, não diferem entre si (Tukey 5%).

As quantidades máximas de Cu acumuladas pelas plantas, considerando parte aérea+bulbo, foram respectivamente 60,6 e 36,8 $\mu\text{g/planta}$ aos 150 dias, para plantas de cultura de tecidos e de multiplicação convencional, verificando-se uma diferença de 64,7% no acúmulo de Cu entre estes tipos de plantas.

Não tem sido verificado na cultura do alho respostas a adubação com Cu, à exceção de alguns casos isolados em solos de cerrado (Magalhães et al. 1979 e Tisdale e Nelson, 1975). O Cu é o micronutriente menos exigido pelo alho, podendo ser suprido pelas próprias reservas desse nutriente pré-existentes no bulbilho.

3.4.10 Manganês

O Mn foi acumulado em pequenas quantidades na parte aérea até 70 dias. A fase de acumulação mais intensa deste nutriente em plantas convencionais, transcorreu dos 70 aos 90 dias (Figura 14), onde foi verificada a quantidade máxima de Mn nestas plantas - 149,9 $\mu\text{g/planta}$ (Tabela 21). Em plantas de cultura de tecidos, esta fase prolongou-se até 110 dias onde estas plantas absorveram 287,2 $\mu\text{g/planta}$ de Mn (Figura 14). Dos 110 dias até o final da cultura, a quantidade de Mn decresceu acentuadamente na parte aérea de plantas provenientes de cultura de tecidos e mais lentamente em plantas convencionais. Foram verificadas diferenças estatísticas entre os tipos de plantas a partir dos 90 até 130 dias, quando se verifica o início da senescência das folhas (Tabela 21).

No bulbo, o Mn foi acumulado em maior quantidade entre 90 e 150 dias. Embora entre 130 e 150 dias, este acúmulo foi menos intenso que nas fases anteriores (Figura 14). As plantas de cultura de tecidos diferenciaram-se das plantas convencionais quanto a acumulação de Mn, já aos 70 dias, entretanto diferenças significativas do ponto de vista estatístico entre estes materiais, manifestaram-se somente entre 110 e 150 dias. As quantidades máximas de Mn acumuladas pelo bulbo aos 150 dias, foram respectivamente para plantas provenientes de cultura de tecidos e convencionais 117,1 e 72,3 $\mu\text{g/planta}$.

As plantas provenientes de cultura de tecidos, considerando parte aérea+bulbo, absorveram no total 347,5 $\mu\text{g/planta}$ de Mn, praticamente o dobro das plantas de multiplicação convencional que acumularam 178,7 $\mu\text{g/planta}$ deste nutriente. O Mn foi um dos micronutrientes que apresentou maior diferença de acumulação entre plantas de cultura de tecidos e plantas convencionais, originando um desvio de 94,4% em favor

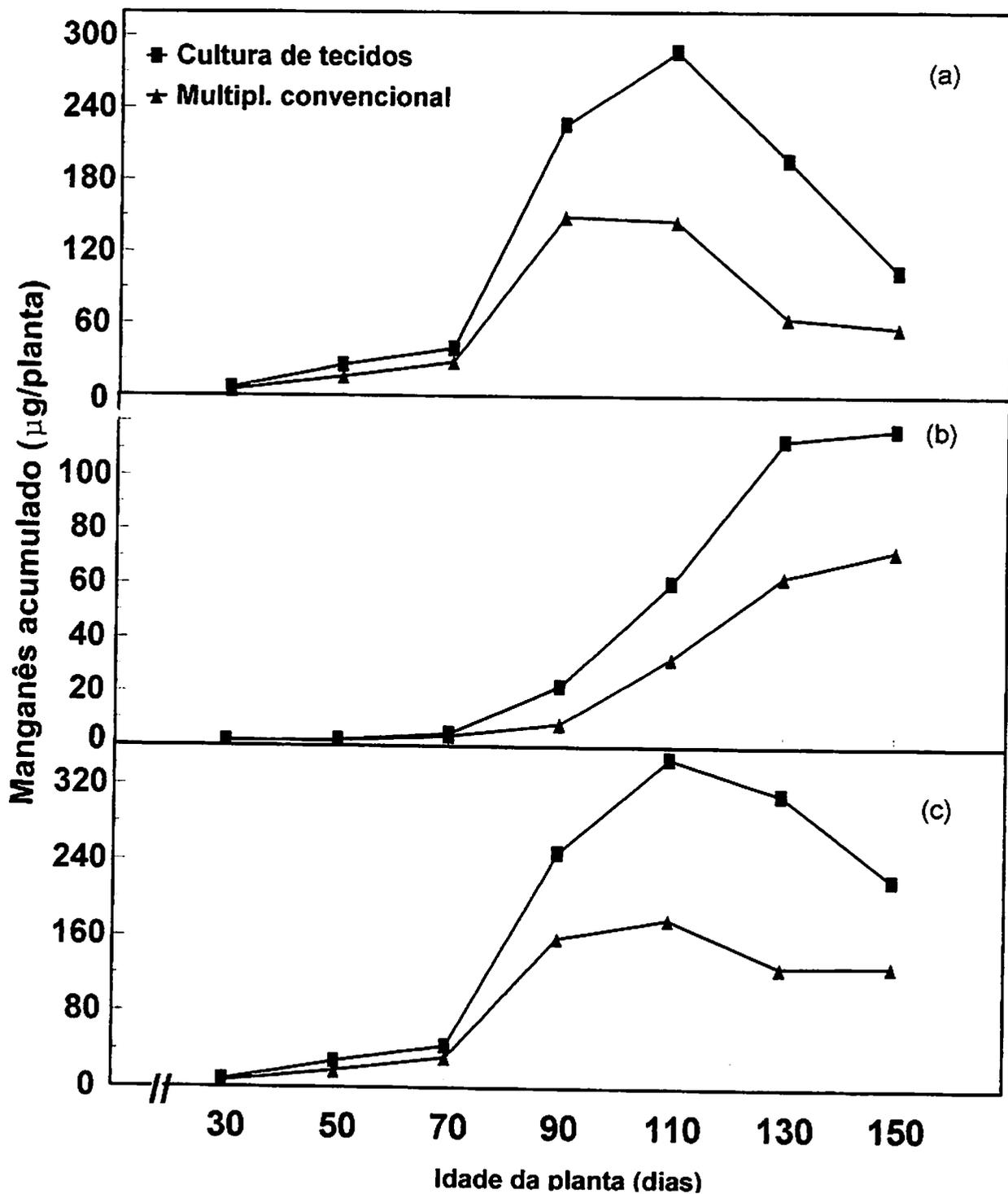


FIGURA 14. Manganês acumulado pela parte aérea (a), bulbo (b) e parte aérea+bulbo (c), durante o desenvolvimento de plantas de alho provenientes de cultura de tecidos e de multiplicação convencional.

TABELA 21. Conteúdo de manganês ($\mu\text{g/planta}$) na parte aérea, bulbo e parte aérea+bulbo em plantas de alho oriundas de cultura de tecidos e de multiplicação convencional durante o desenvolvimento da cultura.

		Épocas de avaliação (dias após plantio)						
origem das plantas	30	50	70	90	110	130	150	
Parte aérea (c.v. = 43,3%)								
C. tecidos	6,4 a C	25,6 a BC	39,7 a BC	226,3 a A	287,2 a A	196,3 a A	103,2 a B	
Convenc.	4,9 a C	16,0 a C	28,4 a C	149,9 b A	146,0 b AB	65,0 b ABC	56,9 a BC	
Bulbos (c.v. = 41,2%)								
C. tecidos	1,6 a C	2,1 a C	4,5 a C	22,1 a C	60,3 a B	112,9 a A	117,1 a A	
Convenc.	1,7 a C	1,9 a C	3,7 a C	8,3 a C	32,6 b BC	62,6 b AB	72,3 b A	
Parte aérea + Bulbo (c.v. = 49,6%)								
C. tecidos	8,0 a C	27,8 a C	44,3 a C	248,5 a AB	347,5 a A	309,3 a AB	220,4 a B	
Convenc.	6,6 a C	18,0 a C	32,2 a BC	158,2 b A	178,7 b A	127,7 b AB	129,3 b AB	

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas linhas e minúscula nas colunas, para cada parâmetro, não diferem entre si (Tukey 5%).

das primeiras. A contribuição maior para esta diferença foi dada pela parte aérea, onde se observou um desempenho destacadamente superior pelas plantas de cultura de tecidos na acumulação de Mn.

O Mn é importante ativador de várias enzimas que mediam algumas reações do ciclo de Krebs e participam da síntese de clorofila, formação, multiplicação e funcionamento dos cloroplastos (Malavolta, 1980). Não tem sido observado efeito da

adubação com Mn na cultura do alho, pelo contrário, verificou-se que a adição desse nutriente limitou significativamente o desenvolvimento e produção do alho (Magalhães et. al. 1979).

3.4.11 Ferro

O Fe foi acumulado em quantidade muito superior aos demais micronutrientes, situação válida para plantas provenientes de ambos os tipos de multiplicação. Esses resultados estão de acordo com Silva et al. (1970), em plantas convencionais da cultivar Lavinia, que verificaram que o Fe se destacou em relação aos demais nutrientes em termos de quantidade exigida.

Na parte aérea, o Fe foi acumulado com maior intensidade entre 70 e 110 dias em plantas provenientes de cultura de tecidos e em plantas de multiplicação convencional num intervalo mais curto, entre 70 e 90 dias (Figura 15). Foram verificadas diferenças estatisticamente significativas entre os tipos de plantas a partir dos 90 dias até 150 dias (Tabela 22). Os valores máximos obtidos para o acúmulo de Fe na parte aérea, foram respectivamente 4414,7 e 2540,2 $\mu\text{g/planta}$ para plantas de cultura de tecidos e de multiplicação convencional.

O Fe foi entre todos os nutrientes, aquele que apresentou maior diferença de acúmulo entre plantas de cultura de tecidos e plantas convencionais, sendo que esta diferença foi drasticamente destacada no bulbo. Na Figura 15 percebe-se que a acumulação de Fe, ocorreu de forma bastante regular e estável em bulbos de plantas de multiplicação convencional, apresentando um período de maior intensidade entre 110 e 130 dias. Em plantas de cultura de tecidos pelo contrário observou-se uma larga faixa, entre 90 e 150 dias, de elevada acumulação de Fe. Comparando as quantidades máximas de Fe acumuladas pelo bulbo destas plantas (4958,7 e 1424,0 $\mu\text{g/planta}$ respectivamente para plantas de cultura de tecidos e plantas convencionais) verifica-se uma diferença de 248,2%.

Considerando a acumulação total (parte aérea+bulbo) de Fe pela planta, verificou-se que as plantas de cultura de tecidos absorveram 7560,8 $\mu\text{g/planta}$ aos 150 dias, contra apenas 3490,5 $\mu\text{g/planta}$ aos 130 dias, das plantas convencionais, gerando uma diferença de 116,6%.

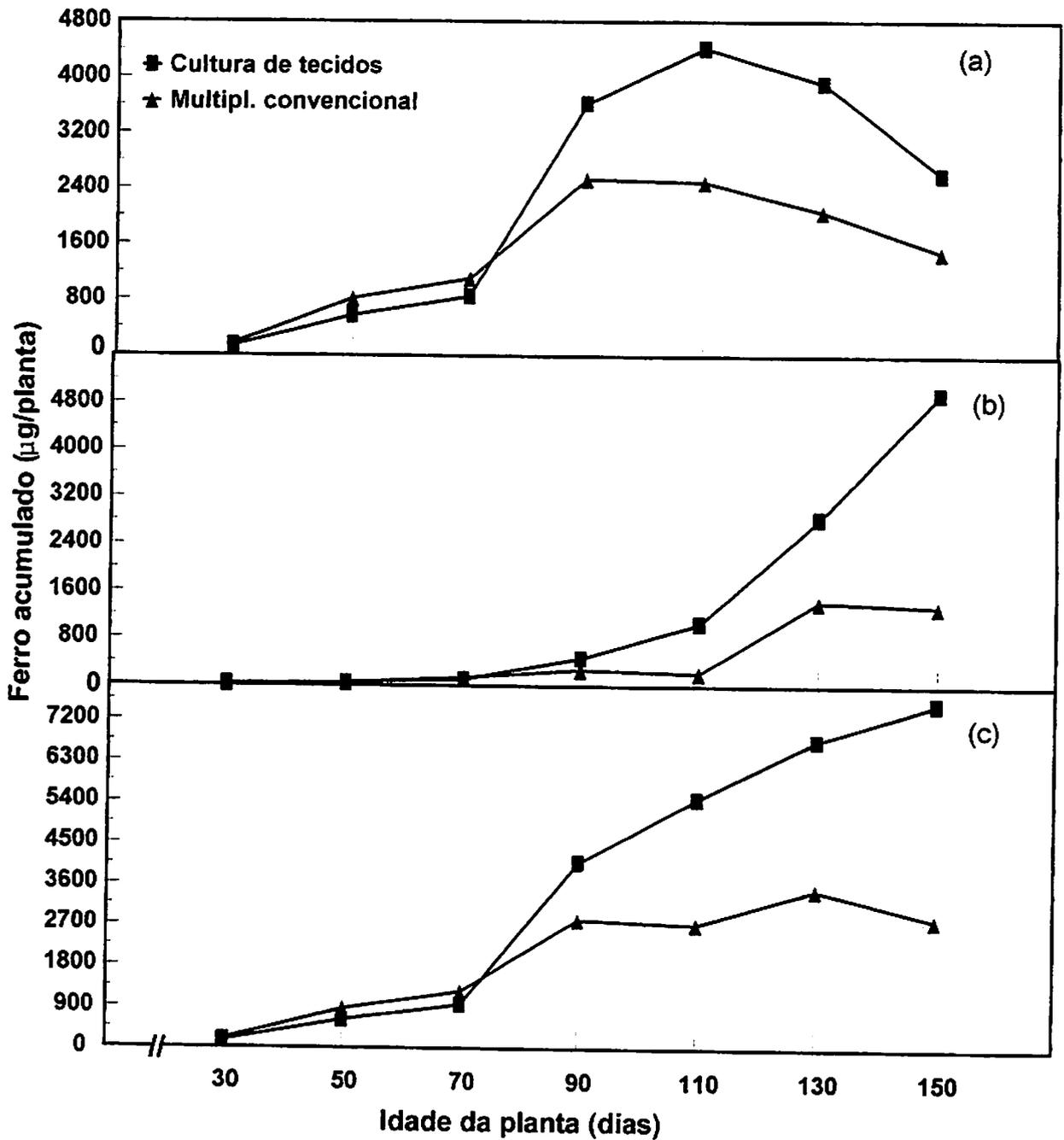


FIGURA 15. Ferro acumulado pela parte aérea (a), bulbo (b) e parte aérea+bulbo (c), durante o desenvolvimento de plantas de alho provenientes de cultura de tecidos e de multiplicação convencional.

TABELA 22. Conteúdo de ferro ($\mu\text{g/planta}$) na parte aérea, bulbo e parte aérea+bulbo em plantas de alho oriundas de cultura de tecidos e de multiplicação convencional durante o desenvolvimento da cultura.

		Épocas de avaliação (dias após plantio)						
origem das plantas	30	50	70	90	110	130	150	
Parte aérea (c.v. =49,6%)								
C. tecidos	138,1 aC	569,4 aBC	848,5 aBC	3618,9 a A	4414,7 a A	3907,8 a A	2602,0 a AB	
Convenc.	173,6 aB	814,0 aAB	1101,9aAB	2540,2 b A	2496,0 b A	2066,5 b AB	1481,1 b AB	
Bulbos (c.v. = 82,4%)								
C. tecidos	28,8 a C	44,8 a C	109,2 a C	468,3 a C	1051,5 a C	2838,5 a B	4958,7 a A	
Convenc.	21,8 a A	46,3 a A	138,6 a A	274,5 a A	221,5 b A	1424,0 b A	1346,7 b A	
Parte aérea + Bulbo (c.v. = 46,0%)								
C. tecidos	167,0 aC	614,2 a C	957,7 c A	4087,2 a B	5466,3 aAB	6746,4 a AB	7560,8 a A	
Convenc.	195,4a B	860,4 a AB	1240,6aAB	2814,8 aAB	2717,6 bAB	3490,5 b A	2827,9 b AB	

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula nas linhas e minúscula nas colunas, para cada parâmetro, não diferem entre si (Tukey 5%).

O Fe é um elemento chave no metabolismo da planta, estando envolvido com transformações energéticas necessárias para síntese e outros processos vitais, como a respiração, fotossíntese, assimilação de nitrogênio e enxofre (Bataglia, 1991). Provavelmente em função do papel do Fe no metabolismo, que o torna indispensável em vários processos vitais para célula e conseqüentemente para multiplicação viral, explica-se as diferenças detectadas na acumulação deste nutriente entre plantas provenientes de cultura de tecidos e de multiplicação convencional. Entretanto, como a interação vírus x hospedeiro afeta cada nutriente especificamente,

as conseqüências dessa interação sobre o metabolismo e desenvolvimento da planta ainda necessita de muitos estudos.

Além de ser um dos metais mais comuns na crosta terrestre, a deficiência de Fe ocorre apenas em solos calcários e com níveis elevados de P, que não é o caso do Brasil. Portanto mesmo sendo o alho uma espécie bastante exigente em Fe, não tem sido constatados problemas com este nutriente na cultura desta olerícola ou nas culturas de maneira geral no Brasil.

3.4.12 Quantidade de nutrientes extraídas por hectare

Estabelecendo-se uma população de 400.000 plantas/ha, obteve-se uma produção 16,3 t/ha de bulbos para plantas de cultura de tecidos e 8,1 t/ha para plantas de multiplicação convencional (Tabela 8, capítulo 1). Para estas condições, as quantidades de macro e micronutrientes extraídas pelas plantas e a diferença percentual de extração entre as formas de multiplicação encontram-se na Tabela 23.

As quantidades de nutrientes em kg/ha extraídas pelas plantas convencionais foram inferiores as verificadas no trabalho de Silva et al. (1970), considerando o mesmo número de indivíduos, diferença relacionada ao fato deste autores terem conduzido seus trabalhos em solução nutritiva, facilitando portanto a absorção de nutrientes. Entretanto, as quantidades de nutrientes acumuladas por plantas de cultura de tecidos foram superiores também, às verificadas por Silva et al. (1970), uma vez que estes autores trabalharam somente com plantas multiplicadas de forma convencional, que mesmo em solução nutritiva acumularam menores quantidades de nutrientes que as plantas de cultura de tecidos utilizadas neste trabalho. É importante enfatizar que estes autores trabalharam com a cultivar Lavínia, de ciclo e características bastante semelhantes à cultivar Gigante Roxão utilizada no presente estudo.

As plantas de cultura de tecidos apresentaram maior crescimento (Figuras 2, 3, 4) e produtividade (Tabela 8), acumularam conseqüentemente maiores quantidades tanto de macro quanto de micronutrientes. Esta proporcionalidade tem sido confirmada pela literatura. Comparando-se alguns trabalhos nota-se que maiores produtividades implicam em extrações igualmente elevadas de nutrientes: Bogatirenko (1976), para uma produtividade de 13,2 t/ha, verificou a seguinte extração de macronutrientes em

TABELA 23. Quantidade de nutrientes extraídas por plantas de alho provenientes de cultura de tecidos e plantas de multiplicação convencional.

Nutriente	Cultura de tecidos	Mult. convencional	Diferença (%)
Macronutrientes (kg/ha)			
N	82,56	71,20	16,00
P	16,60	10,68	55,43
K	104,60	58,84	77,77
S	22,64	13,32	70,00
Mg	14,12	8,68	62,67
Ca	84,56	46,16	83,18
Micronutrientes (g/ha)			
B	232,16	147,56	57,33
Zn	176,40	108,44	62,67
Cu	24,24	14,72	64,67
Mn	139,00	71,48	94,45
Fe	3024,32	1396,20	116,61

kg/ha: N - 127, K - 86, P - 73; enquanto Minardi (1978), com uma produtividade duas vezes maior (24 t/ha), encontrou as seguintes extrações de macronutrientes: N - 201 kg/ha, K - 106 kg/ha, P - 28 kg/ha, S - 49 Kg/ha, Mg - 5 kg/ha e Ca - 17 kg/ha.

Ca, K e S entre os macronutrientes e Fe e Mn entre os micronutrientes apresentaram as maiores diferenças de extração entre plantas de cultura de tecidos e convencionais (Tabela 23).

As Tabelas 24 e 25 mostram em termos percentuais, a evolução no acúmulo de macro e micronutrientes em relação ao acúmulo de matéria seca e o total acumulado destes nutrientes.

O acúmulo máximo de matéria seca total foi verificado aos 150 dias após o plantio, sendo que as plantas convencionais foram superiores às de cultura de tecidos até 90 dias, invertendo-se após esta época, passando as plantas de cultura de tecidos a acumularem maior quantidade de matéria seca.

Todos os nutrientes, com exceção do Mg, S, Cu e Mn, seguiram o comportamento da matéria seca. As épocas de máximo acúmulo de nutrientes variaram de acordo com o nutriente e a forma de multiplicação da planta. Entretanto, as plantas convencionais antecederam às de cultura de tecidos para maioria dos nutrientes, quanto ao máximo acúmulo de nutrientes, explicado pelo ciclo relativamente mais precoce das primeiras.

TABELA 24. Percentagem do total (parte aérea+bulbos) de macronutrientes acumulados pelo alho em cada época de avaliação em relação à acumulação máxima, considerada 100% e ao acúmulo de matéria seca total.

Nutri- ente	Origem das plantas	Épocas de avaliação (dias após plantio)						
		30	50	70	90	110	130	150
N	C. tecidos	6,1	14,8	36,9	71,6	87,8	100,0	88,8
	Convenc.	8,4	17,2	39,3	55,6	77,0	84,7	100,0
P	C. tecidos	2,2	7,2	16,1	48,0	90,1	100,0	97,1
	Convenc.	5,2	9,0	22,1	50,6	75,3	89,9	100,0
K	C. tecidos	3,4	9,5	18,2	46,2	99,0	100,0	80,0
	Convenc.	6,2	18,0	34,0	77,5	100,0	89,7	76,3
Ca	C. tecidos	1,3	4,2	7,6	26,7	82,5	100,0	68,5
	Convenc.	2,9	8,7	17,3	48,7	100,0	81,1	74,3
Mg	C. tecidos	2,3	5,7	11,0	37,7	96,3	100,0	75,9
	Convenc.	4,1	9,2	19,4	51,2	98,1	100,0	80,2
S	C. tecidos	4,2	9,0	17,3	50,5	100,0	97,0	90,3
	Convenc.	7,5	15,3	29,7	55,0	100,0	77,5	88,3
Matéria seca total (P. aérea+raízes+bulbo)								
	C. tecidos	2,0	5,8	11,6	45,9	79,2	95,2	100,0
	Convenc.	3,5	10,3	22,0	52,0	73,8	87,3	100,0

TABELA 25. Percentagem do total (parte aérea+bulbos) de micronutrientes acumulados pelo alho em cada época de avaliação em relação à acumulação máxima, considerada 100%. Comparativamente da mesma maneira para matéria seca total.

Nutri- ente	Origem das plantas	Épocas de avaliação (dias após plantio)						
		30	50	70	90	110	130	150
B	C. tecidos	2,4	5,1	11,3	38,5	89,8	100,0	61,1
	Convenc.	3,6	7,9	21,0	39,7	100,0	96,0	58,1
Zn	C. tecidos	3,3	10,1	20,4	54,5	80,7	100,0	82,0
	Convenc.	4,5	11,6	25,1	59,9	71,8	73,5	100,0
Cu	C. tecidos	4,3	28,0	28,5	51,3	66,8	89,6	100,0
	Convenc.	7,6	43,7	44,8	65,4	72,2	92,1	100,0
Mn	C. tecidos	2,3	8,0	12,7	71,5	100,0	89,0	63,4
	Convenc.	3,7	10,0	18,0	88,8	100,0	71,4	72,3
Fe	C. tecidos	2,2	8,1	12,6	54,0	72,3	89,2	100,0
	Convenc.	5,6	24,6	35,5	80,6	77,8	100,0	81,0
Matéria seca total (P. aérea+raízes+bulbo)								
	C. tecidos	2,0	5,8	11,6	45,9	79,2	95,2	100,0
	Convenc.	3,5	10,3	22,0	52,0	73,8	87,3	100,0

CONCLUSÕES

Para as condições em que foi realizado este trabalho, os resultados permitiram as seguintes conclusões:

- De maneira geral, a acumulação de nutrientes aumenta de acordo com o crescimento da planta, em ambas as formas de multiplicação.
- As plantas obtidas por cultura de tecidos mostram-se mais exigentes em nutrientes comparativamente àquelas obtidas de forma convencional.
- As diferenças de exigência nutricional entre as duas formas de multiplicação, manifestam-se, de maneira geral, apenas após os 90 dias do plantio.
- A extração de macronutrientes, para ambas as formas de multiplicação, segue a seguinte ordem decrescente: $N > K > Ca > S > P > Mg$, à exceção do K para plantas de cultura de tecidos, que foi o nutriente mais exigido.
- Para o micronutrientes, esta ordem é: $Fe > B > Zn > Mn > Cu$, para as duas formas de multiplicação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BATAGLIA, O.C. Ferro In: FERREIRA, M.E.; CRUZ, M.C.P. **Micronutrientes na Agricultura**, Piracicaba: POTAFOS/CNPq, 1991. p.159-172.
- BOGATIRENKO, A.K. The effects of organic and mineral fertilizers on garlic yield and nutrient removal from the soil. **Ovochivniststvo i Bashtannitsvo**, v.20, p.21-27, 1975. In: HORTICULTURAL ABSTRACTS, v.46, p.9, 1976. (Abst. 8378).
- BÜLL, L.T. ; NAKAGAWA, J. Desenvolvimento, produção de bulbos e acumulação de nutrientes na cultura do alho vernalizado em função de relações cálcio:magnésio no solo. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, Campinas, v.19, n.3, p.409-415, Set. 1995.
- BÜLL, L.T. ; NAKAGAWA, J ; DE PIERI, J.C. Acumulação de nutrientes e produção de alho em função da saturação de bases e de relações Ca:Mg no solo. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 11, n. 2, p.142-145, Nov. 1993
- BHOJWANI, S.S. ; COHEN, D. ; FRY, P.R. Production of virus- free garlic and field performance of micropropagated plants. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v.18, n.1, p.39-43, 1982.

- CAMPOS, T.G. da S. **Conservação de seis cultivares de alho em relação aos teores de boro, cálcio, fósforo, magnésio e enxofre e as características morfológicas de bulbos e bulbilhos.** Viçosa:UFV, 1979. 38p. (Tese - Mestrado em Fitotecnia).
- CARVALHO, L.G. de. **Efeitos de diferentes lâminas de água e doses de nitrogênio e potássio na cultura do alho (*Allium sativum*, L.).** Lavras:UFLA, 1995. 72p. (Tese - Mestrado em Irrigação e Drenagem).
- CARVALHO, M.G. ; SHEPPERD, R.J. ; HALL, D.H. Decréscimo da produtividade do alho como resultado da reinfecção pelo "Garlic Yellow Stripe Virus". **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v.6, n.3, p.525-526, Out. 1981.
- COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DE MINAS GERAIS. **Recomendações para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais; 4ª aproximação.** Lavras, 1989. 76p.
- COUTO, F.A.A. Symptoms of mineral deficiencies in garlic. **Proceedings of American Society for Horticultural Science**, Bettsville, v.68, p.358-365, 1956.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Serviço Nacional de Levantamento de Solos. **Manual de métodos de análise do solo.** Rio de Janeiro: EMBRAPA, 1979. n.p.
- EPSTEIN, E. **Mineral nutrition of plants: principle and perspectives.** New Delhi: Willey Eastern, 1978. 411p.
- FAQUIN, V. **Nutrição Mineral de Plantas.** Lavras:ESAL/FAEPE, 1994. 227p.
- FERRARI, V.A. ; CHURATA-MASCA, M.G.C. Efeitos de níveis crescentes de nitrogênio e bórax na produção de alho (*Allium stivum* L.). **Científica**, São Paulo, v.3, n.2, p.254-262. 1975.
- GARCIA, C.G.; DETTMANN, L.A.; BARNI, V.; RIBEIRO, N. Resposta do alho à adubação com boro, zinco e cobre. **Hortisul**, Pelotas, v. 3, n. 1, p.20-25, Jan. 1994.
- GIBBS, A. ; HARRISON, B. **Plant Virology: The principles**, New York, Buffer and Turner, 1979. 292p.
- GRAICHEN, K. ; KROMAT, H. & MEYER, U. Effect of virus infection on the yield performance of the garlic cultivar Thuringer. **Gartenbau**, Hersleben, v.35, n.9, p.266-267, 1988. In: REVIEW OF PLANT PHATOLOGY, Wallingford, v.69, n.2, p.1025, Dec. 1990. (Abst. 8425).

- HWANG, J.M. AHN, I.O. ; CHOI, J.K. Studies on the production of virus-free plant through tissue culture in garlic (*Allium sativum* L.). **The Research Reports of the Office Rural Development Korea**, Suweon, v.25, n.1, p.22-30. 1983.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Anuário estatístico do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, 1987/1995. v.48/54.
- LITTLE, T.M. ; HILLS, F.J. **Agricultural Experimentation**, New York: John Willey and sons, 1978. 350p.
- MAGALHÃES, J.R. ; MENEZES SOBRINHO, J.A. DE ; FONTES, R.R. ; SOUZA, A.F. Diagnose por subtração, visando levantamento dos nutrientes limitantes para cultura do alho em solo de cerrado do Distrito Federal. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 19, Florianópolis, 1979. **Resumos...**, Florianópolis: EMPASC, 1979, v.2, p.197-198.
- MAGALHÃES, J.R. ; MONERAT, P.H. Efeitos do período de carência de boro em tomateiro (*Lycopersicon esculentum* Mill). **Revista de Olericultura**, Brasília, v.18, n.2, p.181-196, 1980.
- MALAVOLTA, F. **Elementos de Nutrição Mineral de Plantas**. São Paulo:Agronômica Ceres, 1980. 251p.
- MALAVOLTA, F. ; VITTI, G.C. ; OLIVEIRA, S.A. de. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1989. 201p.
- MARSCHNER, H. General introduction to the mineral nutrition of plants. In: LAUCHLI, A.; BIELESKI, R.L. **Inorganic plant nutrition**, Berlin:Springer-Verlag, 1983. p.5-60.
- MENEZES SOBRINHO, J.A. **Cultivo do alho (*Allium sativum* L.)**, Brasília:EMBRAPA-CNPH, 1984. (EMBRAPA-CNPH. (Instruções técnicas, 2).
- MENGEL, K. ; KIRKBY, E.A. **Principles of plant nutrition**, Bern:Switzerland international Potash Institute, 1987. 687p.
- MESSIAEN, C.M. ; YUCEF-BENKADA, M. ; BEYRIES, A. Rendiment potentiel et tolérance aux virus chez l'ail (*Allium sativum* L.). **Agronomie**, Paris, v.1, n.9, p.759-762, 1981.
- MINARDI, H.R.G. Effect of clove size, spacing, fertilizers, and lime on yield and nutrient content of garlic (*Allium sativum* L.). **New Zealand Journal of experimental Agriculture**, Wellington, v.6, n.2, p.139-143, 1978.

- NOVAIS, R.F. ; MENEZES SOBRINHO, J.A. ; SANTOS, H.L. ; SANS, L.M.A. Efeito da adubação nitrogenada e cobertura morta, em três espaçamentos entre plantas sobre os teores de N, P, K, Ca e Mg na folha de alho "Amarante". *Revista de Olericultura*, Brasília, v.13, n.1, p.92, Jun. 1973 (Resumo).
- NOVAIS, R.F. ; MENEZES SOBRINHO, J.A. ; SANTOS, H.L. ; SANS, L.M.A. Efeito da adubação nitrogenada e da cobertura morta sobre os teores de N, P, K, Ca e Mg nas folhas de três cultivares de alho. *Revista Ceres*, Viçosa, v.21, n.114, p.125-141, Mar.1974.
- OLIVEIRA, G.D. ; FERNANDEZ, P.D. ; SARRUGE, J. R. ; HAAG, H.P. Nutrição mineral de hortaliças XIII. Extração dos macronutrientes pelas hortaliças. *O Solo*, Piracicaba, v.63, n.1, p.7-12, Jun.1971.
- OLSON, R.A. ; KURTZ, L.T. Crop nitrogen requirements, utilization and fertilization. In: STEVENSON, F.J. *Nitrogen in agricultural soils*. Madison:ASA/CSSA/SSSA, 1982. p.567-604.
- PAULA, M.B. ; NOGUEIRA, F.P. ; FONTES, P.C.R. ; LOPES, A.S. Produção de bulbos e concentração de nutrientes em folhas de alho sob a influência da calagem. *Revista Ceres*, Viçosa, v.33, n.190, p.496-505, Nov. 1986.
- RUIZ, R. Variación estacional de los tenores foliares de N,P,K, Ca, Mg y microelementos y estándares preliminares para N em ajos. *Agricultura tecnica*, Santiago, v.45, p.159-161. Feb.1985.
- SILVA, N. ; OLIVEIRA, G.R. ; VASCONCELOS, E.F.C. ; HAAG, H.P. Absorção de nutrientes pela cultura do alho. *O Solo*, Piracicaba, v.62, n.1, p.8-17, Jun. 1970.
- SOUZA, A.F. ; MENEZES SOBRINHO, J.A. ; LIMA, J. A. ; CASTOR, O.S. ; FERREIRA, P. Efeito do cobre e zinco no rendimento de alho (*Allium sativum* L.) em solo de cerrado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 22, Vitória, 1982. Anais... Vitória:SOB, 1982. p.302.
- TISDALE, S.L. ; NELSON, W.L. *Soil fertility and fertilizers*. 2 ed., New York:MacMillan, 1968. 694p.
- WALKEY, D.G.A. ; ANTILL, D.N. Agronomic evaluation of virus-free and virus-infected garlic (*Allium sativum* L.). *Journal of Horticultural Science*, Ashford, v.64, n.13, p.53-60, 1989.
- YAMANISCHI, R.A. ; CASTELLANE, P.D. Efeitos da adição de fósforo, boro e zinco na cultura do alho "Quitéria". *Horticultura Brasileira*, Brasília, v.5, n.2, p.38, Nov. 1987.
- ZINK, K.F.W. Rate of growth and nutrient absorption of late garlic. *Proceedings of American Society of Horticultural Science*, Beltsville, v.83, p.579-584, Dec.1963.

4 RESPOSTA DE PLANTAS DE ALHO PROVENIENTES DE CULTURA DE TECIDOS E DE MULTIPLICAÇÃO CONVENCIONAL À ADUBAÇÃO NITROGENADA.

RESUMO

Estudaram-se os efeitos de doses de nitrogênio sobre o desenvolvimento e produção de plantas de alho provenientes de cultura de tecidos e de multiplicação convencional. O experimento foi conduzido no campo experimental do Setor de Olericultura da UFLA, em Lavras, MG. Utilizou-se delineamento de blocos casualizados com quatro repetições em esquema de parcelas subdivididas no tempo com um fatorial na parcela. Os tratamentos foram compostos por plantas provenientes de duas formas de multiplicação (cultura de tecidos e convencional), cinco doses de N (0, 35, 70, 105 e 140 kg/ha) e sete épocas de avaliações (30, 50, 70, 90, 110, 130 e 140 dias após o plantio). Os resultados demonstraram diferenças significativas de resposta ao N entre plantas de cultura de tecidos e convencionais. Foram verificadas respostas significativas à adubação nitrogenada no intervalo entre 90 e 130 dias, época que coincide com o desenvolvimento mais intenso da planta, para ambas as formas de multiplicação. Para algumas características como acúmulo de matéria seca pela planta e produção de bulbos, as plantas provenientes de cultura de tecidos chegaram a apresentar, na mesma dose de N, o dobro dos valores verificados para plantas convencionais. As doses de N que proporcionaram os valores máximos encontravam-se entre 100 e 115 kg/ha para maioria das características estudadas em plantas convencionais. Em plantas de cultura de tecidos esse valores cresceram com as doses de N, sem apresentar um limite máximo. A estimativa da máxima eficiência econômica para a produção de bulbos (90%), foi conseguida nas doses de 99 kg/ha (15,7 t/ha) e 81 kg/ha (7,6 t/ha) de nitrogênio, respectivamente para plantas provenientes de cultura de tecidos e multiplicação convencional.

4.1 INTRODUÇÃO

O nitrogênio tem sido, entre os nutrientes, o elemento mais estudado na cultura do alho, em função da sua peculiar importância na produção e qualidade desta olerícola.

Juntamente com o potássio, o nitrogênio é o nutriente absorvido em maior quantidade pelo alho. Admitindo-se uma população de 333.333 plantas/ha, o alho retira 182 kg/ha de nitrogênio do solo (Silva et al. 1970).

De modo geral, a extração de N acompanha o crescimento da planta, apresentando um período crítico de absorção entre 80 e 120 dias após o plantio (Zink, 1963; Silva et al. 1970 e Oliveira et al. 1971). A absorção desse nutriente é pequena até 45 dias, aumentando intensamente nos períodos subsequentes, sendo que 49% do N total é absorvido após 100 dias, isto é, do início da bulbificação até a colheita (Zink, 1963). Ainda em função dos dados da curva de absorção, sugere-se como vantajosa a aplicação de N em cobertura entre 45 e 60 dias, período em que é intensificada a absorção desse nutriente pela cultura do alho (Magalhães, 1986).

O N é o elemento mais abundante na planta de alho depois do C, H e O; sendo um componente muito importante de várias biomoléculas como, ATP, NADH, clorofila, proteínas e várias enzimas (Kafkafi e Waerstein, 1971). O maior efeito bioquímico da deficiência de N na planta é a redução da síntese de proteínas. Como sintomas visuais observa-se redução no crescimento e clorose geral das folhas velhas devido à inibição da síntese de clorofila (Epstein, 1978). No alho os sintomas de carência de N iniciam-se nas folhas mais velhas que apresentam clorose generalizada e redução no crescimento (Magalhães et al., 1979 ; Couto, 1985).

Por outro lado o excesso de N faz com que a planta vegete excessivamente e armazene menos carboidratos (Malavolta, 1980) e em algumas cultivares de alho pode causar a anormalidade fisiológica conhecida como superbrotamento (Alvarenga e Santos, 1982 ; Couto, 1958). Esta anomalia aumenta proporcionalmente aos níveis de N disponíveis para planta (Amaral, 1967 ; Krarup e Trobok, 1975)

Em alguns casos, tem-se verificado, principalmente na literatura estrangeira, uma capacidade de resposta à níveis elevados de N pelo alho. Foram observados aumentos de produtividade e tamanho de bulbo utilizando 160 kg de N/ha (Pimpini, 1970), 256 kg/ha (Sotomayor, 1975), 210 kg/ha (Minardi, 1978) e até 360 kg/ha

(Maksoud, Foda e Taha, 1984). Entretanto, no Brasil o fornecimento de N para a cultura se dá em níveis bem mais baixos, tanto pela ausência de resposta a doses elevadas, quanto pela sensibilidade da planta ao excesso desse nutriente (Magalhães, 1986). Assim foram encontradas respostas significativas para dosagens de 50 kg de N por hectare (Nogueira, 1979 ; Alvarenga e Santos, 1982), 60 kg/ha (Scalopi, Klar e Vasconcelos, 1971), 75 kg/ha (Ferrari e Churata-Masca, 1975) e 100 kg/ha (Menezes Sobrinho et al. 1974).

A variação quanto a resposta a N pelo alho, parece contudo estar relacionada ao teor de matéria orgânica, textura e condições químicas do solo e climáticas que afetam a dinâmica de transformação desse nutriente, além do comportamento genético das cultivares que apresentam respostas diferentes nas mesmas condições (Magalhães, 1986). Menezes Sobrinho (1984), observaram que a cultivar Amaranite responde a níveis mais elevados de N que as cultivares Branco Mineiro e Barbado.

O N afeta várias características do desenvolvimento vegetativo (Santos, Leal e Mendes, 1984), produção e qualidade do alho (Nakagawa, 1993). Juntamente com o fósforo e o potássio tem influência importante sobre a altura e o peso fresco das plantas (Nogueira, 1979 ; Krarup e Trobok, 1975 e Souza, 1990). O N exerce ainda grande efeito sobre o número de folhas (Om, Srivastava e Tiwari, 1978 e Souza, 1990), de bulbilhos/bulbo (Nogueira, 1979 e Om, Srivastava e Tiwari, 1978) e tamanho dos bulbos (Souza e Casali, 1986).

Os efeitos de níveis e aplicações isoladas ou parceladas, fontes e aspectos do manejo da adubação nitrogenada tem sido amplamente estudados na cultura do alho.

Omar e Arafa (1982), observaram que a produtividade aumentou de 25 para 29,2 t/ha quando o nível de N foi elevado de 36,89 para 110,67 kg/ha. A aplicação foi parcelada em metade no plantio e metade 30 dias após. Santos, Leal e Mendes (1984), aplicaram 0, 45, 90 e 135 Kg N /ha e observaram declínio da produção com o aumento das doses, segundo os autores devido ao maior desenvolvimento vegetativo causado pelos níveis mais elevados do nutriente. Este efeito foi observado também por Couto (1958), Jones e Mann (1963) e Tisdale e Nelson (1968), principalmente quando o solo apresentava quantidades inadequadas de outros nutrientes.

Recentemente, tem havido grande interesse pelas relações entre aspectos nutricionais da planta com a incidência de doenças. O nitrogênio tem sido um dos nutrientes mais estudados neste sentido, em função de sua influência direta e indireta na severidade de várias doenças, afetando tanto a microflora antagonista do patógeno e a tolerância do hospedeiro quanto o crescimento e severidade do patógeno (Henis, 1976). Em plantas infectadas por vírus, o nitrogênio afeta diretamente a concentração e severidade da doença, pois a célula da planta tem que competir com o patógeno pelo N disponível, devido a necessidade de proteínas de ambos os organismos. Em alguns casos, segundo Gibbs e Harrison (1979), o vírus pode apossar-se de $\frac{3}{4}$ do conteúdo de proteínas da célula. O vírus pode ainda redirecionar os produtos da fotossíntese para produção de aminoácidos em vez de açúcares. A atividade dos cloroplastos e o teor de clorofila, outro composto rico em N, são também extremamente afetados pela infecção viral.

Zartlin e Jadendorf, citados por Malavolta (1980), verificaram que quando plantas de fumo infectadas pelo TMV recebiam altas concentrações de N, os sintomas do vírus não apareciam e os teores de clorofila se mantinham em níveis adequados. No entanto a concentração de vírus na folha da planta era quatro vezes maior do que a encontrada em folhas deficientes em nitrogênio.

Tem sido verificado aumento na severidade da doença devido a adubação nitrogenada em plantas de Alface infectadas pelo LMV e em fumo, feijão e tomates infectados com TMV e espinafre com o Vírus 1 do Pepino (Huber, 1981 ; Huber, 1989 ; Zambolim e Ventura, 1993).

O Vírus do Nanismo Amarelo da Cebola (OYDV), que também possui estirpes infectando alho, teve sua concentração no tecido hospedeiro aumentada pelo nitrogênio (Huber, 1994).

A utilização da cultura de tecidos visando a obtenção de plantas isentas de vírus, tem resultado em plantas com comportamento vegetativo e produtivo completamente divergente de suas homônimas infectadas por estes patógenos, levando a crer que o comportamento fisiológico e nutricional também será alterado. Entretanto, praticamente ainda não se compreende os aspectos nutricionais de plantas de alho isentas de vírus provenientes de cultura de tecidos. Recentemente Barni e Garcia (1994), verificaram

aumentos não significativos na produção comercial de bulbos de plantas de alho da cultivar Quitéria de cultura de tecidos, quando elevou-se o nível de NPK de 80-90-60 para 120-135-90 kg/ha. Em plantas da mesma cultivar, multiplicadas de forma convencional, o aumento no nível de NPK causou redução na produtividade.

4.2 OBJETIVO

Estudar a resposta à adubação nitrogenada de plantas de alho provenientes de cultura de tecidos em relação ao mesmo material obtido por multiplicação convencional.

4.3 MATERIAL E MÉTODOS

4.3.1 Área experimental

O experimento foi conduzido no Setor de Olericultura do Departamento de Agricultura da Universidade Federal de Lavras (UFLA), em Lavras - MG. O solo é classificado como Latossolo Roxo; suas características físico-químicas estão apresentadas na Tabela 11, no capítulo anterior.

A área experimental está situada a 918 m de altitude, 21° 14' de latitude sul e 45° 00' de longitude oeste. Apresenta precipitação e temperatura média anual de 1411,5 mm e 19,3°C respectivamente. A estação seca estende-se de abril a setembro e a chuvosa de outubro a março (Vilela e Ramalho, 1979).

Neste ensaio foi utilizado alho-planta da cultivar Gigante Roxão provenientes de duas formas de multiplicação: cultura de tecidos (propagação a partir de meristemas), obtido no laboratório de cultura de tecidos da UFLA e multiplicação convencional proveniente do Centro Nacional de Pesquisa de Hortaliças - CNPH/EMBRAPA, Brasília, DF.

4.3.2 - Tratamentos e delineamento experimental

Os tratamentos foram dispostos em delineamento de blocos casualizados em esquema de parcelas subdivididas no tempo, com quatro repetições e um fatorial na parcela, 2x5 (10 tratamentos), compreendendo duas formas de multiplicação do alho-planta: cultura de tecidos e multiplicação convencional, cinco doses de nitrogênio: 0, 35,

70, 105 e 140 kg/ha e sete épocas de avaliação: 30, 50, 70, 90, 110, 130 e 150 dias após o plantio.

As parcelas foram dimensionadas com 1,00 m de largura por 3,00 m de comprimento com cinco fileiras de plantas no espaçamento de 0,20 m entre linhas e 0,10 m entre plantas. A área útil de cada parcela formada pelas três fileiras centrais e descartando duas plantas em cada extremidade, resultou numa área de 1,56 m².

4.3.3 - Preparo do solo, adubação e tratos culturais

Aproximadamente dois meses antes do plantio foi aplicado um herbicida dissecante (Glifosate), seguindo-se a incorporação de restos culturais e plantas daninhas, descanso, gradagem e levantamento de canteiros a 0,20 m.

Após o plantio, realizado em 29 de abril de 1995, aplicou-se em pré-emergência, o herbicida Linuron, seguido pela colocação de uma camada de 5 cm de cobertura morta composta por casca de arroz. Foram feitos tratamentos em pós emergência da cultura e das plantas daninhas com o herbicida Oxidiazon.

As adubações foram baseadas na análise química do solo (Tabela 11) e as recomendações da Comissão... (1989). As parcelas receberam como adubação básica 1125 kg/ha de superfosfato simples, 103,3 kg/ha de cloreto de potássio, 50 kg/ha de sulfato de magnésio, 15 kg/ha de bórax e 10 kg/ha de sulfato de zinco. Como fonte de N foi utilizado uréia diluída em areia, para facilidade de distribuição, parcelando a aplicação em 1/3 no plantio e o restante aos 45 e 60 dias após o plantio.

4.3.4 Colheita e cura

A colheita dos bulbos foi realizada com 157 dias para plantas convencionais (06/10/95) e com 170 dias em plantas de cultura de tecidos (18/10/95), sendo efetuada somente quando a parte aérea encontrava-se em estágio avançado de senescência com a maioria das folhas completamente secas. Após a colheita as plantas foram secas ao sol por três dias e posteriormente colocadas em galpão ventilado, onde ficaram por 50 dias para realização da cura. Somente após este período, os bulbos foram separados da parte aérea, limpos e então realizadas todas as avaliações relacionadas a produção (peso médio, produção comercial, número bulbilhos/bulbo, etc)

4.3.5 Características avaliadas

- Altura média das plantas, número médio de folhas por planta e razão bulbar

Em intervalos de 20 dias, a partir de 30 dias até 150 dias após o plantio, foram avaliadas em dez plantas da área útil da parcela: altura da planta - correspondendo a distância entre o nível do solo e a extremidade da folha mais comprida; número médio de folhas por planta - considerando apenas as folhas verdes, fotossinteticamente ativas; razão bulbar ou taxa de bulbificação - relação entre o diâmetro do pseudocaule e do bulbo (Mann, 1952), que expressa a intensidade e velocidade de formação do bulbo. Esta última característica foi avaliada a partir de 50 dias do plantio.

- Diâmetro de bulbos

Por ocasião da colheita, o diâmetro transversal de uma amostra de 10 bulbos/ parcela, foi avaliado com auxílio de um paquímetro, com o objetivo de verificar o máximo crescimento dos bulbos em diâmetro.

- Produção total e comercial de bulbos

Após curados e limpos, os bulbos foram pesados para obter a produção total. Para obtenção da produção comercial, selecionou-se apenas bulbos com diâmetro superior a 35 mm, descartando-se os chochos, deformados, abertos e com sintomas de ataque de doenças e pragas. Os resultados de ambas as características foram expressos em t/há, considerando um estande de 400.000 plantas por hectare.

- Peso médio de bulbos - totais e comerciais

Obtidos pela divisão do peso do total de bulbos e daqueles considerados comerciais, pela sua respectiva quantidade.

- Número médio de bulbilhos por bulbo

Obtido numa amostra de 10 bulbos de cada parcela através da contagem do número de bulbilhos constituintes de cada bulbo.

- Produção de matéria seca e absorção de nitrogênio pela plantas

Em intervalos de 20 dias até os 150 dias após o plantio foram coletadas seis plantas por parcela. Estas plantas foram lavadas em água corrente e posteriormente em água destilada/deionizada e subdivididas em parte aérea, caule e raízes. Foram colocadas em estufa a 70°C até peso constante, para determinação do peso da matéria seca. O teor de nitrogênio na parte aérea e no bulbo foi determinado pelo método semi-

micro-Kjeldhal de acordo com Malavolta, Vitti e Oliveira (1989). O acúmulo de N foi calculado com base nos seus teores nas partes da planta e na produção de matéria seca; o total acumulado pela soma das partes.

4.3.6 Análises estatísticas

Os dados foram testados quanto a sua homocedasticidade e normalidade, respectivamente, pelos testes de Bartlett e Lilliefors de acordo com a sugestão de Little e Hills (1978). Os dados foram submetidos a uma análise de variância utilizando-se o teste F de Snedecor. Os níveis de nitrogênio foram submetidos à análise de regressão, sendo o ajuste dos coeficientes das equações testado pelo teste t ao nível de 1 e 5% de probabilidade.

4.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.4.1 Altura de plantas, número de folhas /planta e razão bulbar

Foi verificada influência significativa do nitrogênio na altura das plantas aos 90 ($p < 0,01$), 110 ($p < 0,05$) e 130 ($p < 0,05$) dias após o plantio (Figura 16). O reduzido crescimento e conseqüentemente a diminuta absorção de nitrogênio pelas plantas na primeira fase do ciclo da cultura (Silva et al. 1970) são, provavelmente, as principais causas deste tipo de comportamento. Na cultura do alho, o crescimento efetivo da planta e a intensificação na absorção de nutrientes, principalmente nitrogênio e potássio, tem sido verificado somente a partir dos 90 dias (Zink, 1963 e Silva et al. 1970), levando o alho a não apresentar respostas a aplicações de nitrogênio antes de 80 dias após o plantio (Souza, 1990 e Resende, 1992).

Foram observadas respostas bastantes distintas entre plantas oriundas de cultura de tecidos e multiplicadas de forma convencional em relação a aplicações de nitrogênio. Pelas curvas da Figura 16, constata-se que as plantas convencionais tiveram a altura pouca afetada em doses menores de nitrogênio.

As plantas de cultura de tecidos, ao contrário, apresentaram aumento acentuado no porte pela aplicação de apenas 35 kg de N/ha, exibindo a partir deste ponto uma elevação suave até a dose mais elevada, sem mostrar um ponto de crescimento máximo. Este tipo de resposta pode ser explicado, provavelmente, pela baixa

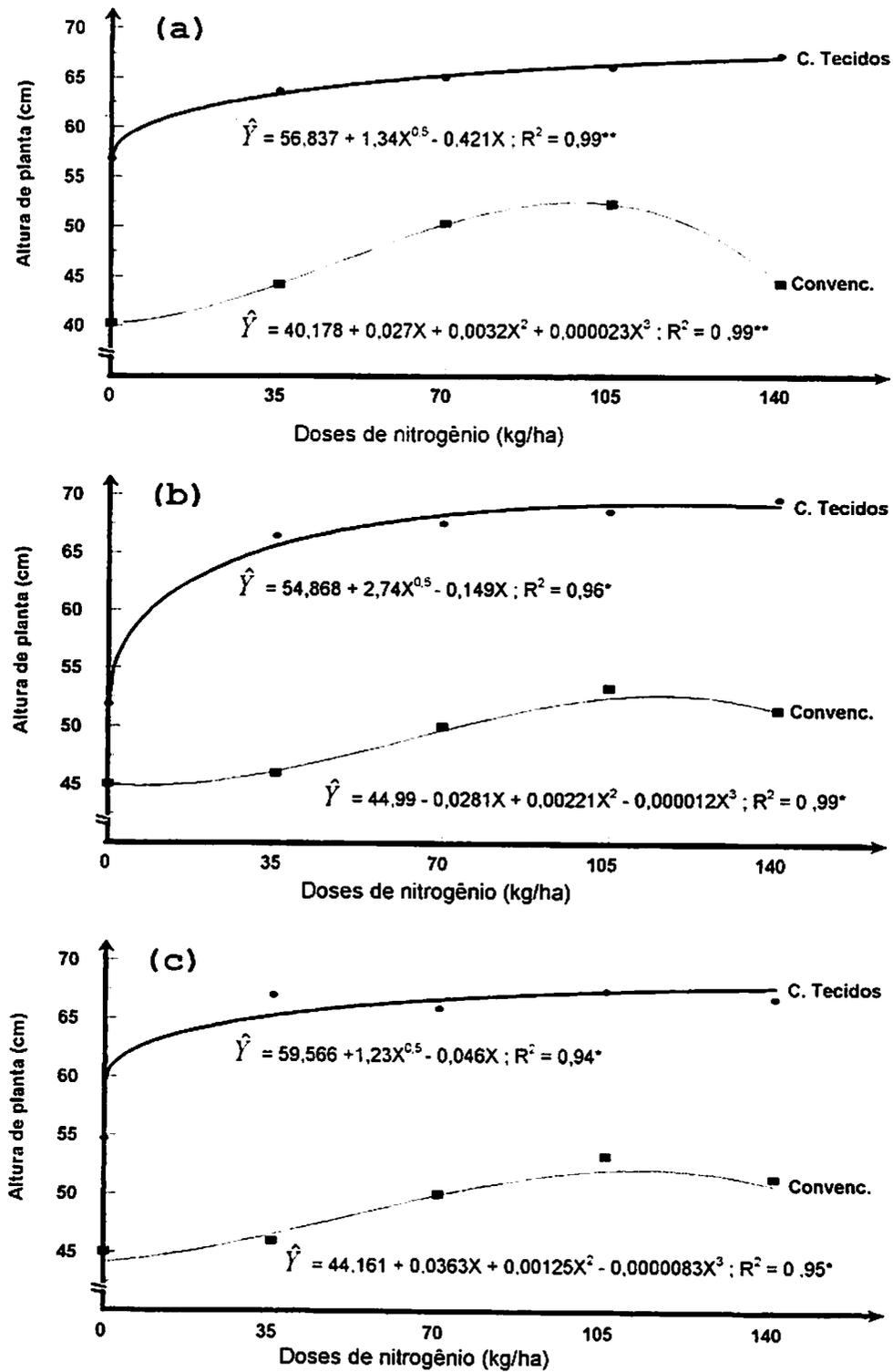


FIGURA 16. Altura de plantas de alho provenientes de cultura de tecidos e multiplicação convencional, aos 90 (a), 110 (b) e 130 (c) dias após o plantio, em função das doses de nitrogênio aplicadas.

concentração de partículas virais nos tecidos das plantas de cultura de tecidos, e portanto, de menor competição pelo nitrogênio entre a planta e o vírus. Baseando-se nas afirmações de Gibbs e Harrison (1979), que sugerem uma demanda de $\frac{3}{4}$ do conteúdo de proteínas da célula pelo vírus em sua fase de multiplicação mais intensa, esta justificativa torna-se coerente.

Entre 90 e 130 dias após o plantio ocorreu o máximo desenvolvimento vegetativo das plantas. Segundo Gibbs e Harrison (1979), na fase em que ocorre o maior desenvolvimento das plantas, coincide a taxa máxima de multiplicação do vírus no tecido hospedeiro.

As plantas provenientes de multiplicação convencional apresentaram uma relação cúbica com a elevação do nível de nitrogênio no solo, com pequena alteração na altura da planta até 35 kg de nitrogênio por hectare. As equações de regressão indicaram as doses 98, 116 e 113 kg de N/ha respectivamente aos 90, 110 e 130 dias, como àquelas que proporcionaram o máximo crescimento das plantas. A redução na exigência de nitrogênio pelas plantas, verificada a partir dos 130 dias manifestou-se em função do início de senescência da parte aérea.

Em alho multiplicado de forma convencional, Krarup e Trobok (1975) ; Nogueira (1979), Souza (1990), Resende (1992) e Panchal et al. (1992), também observaram efeito positivo da adubação nitrogenada sobre o crescimento das plantas, embora existam também, trabalhos mostrando a sensibilidade do alho ao excesso de N prejudicando o crescimento da planta. Santos (1980), verificou efeito positivo do nitrogênio sobre a altura das plantas até aproximadamente 50 kg/ha, tornando-se depressivo a partir deste ponto. Este tipo de comportamento foi observado, também, no trabalho em questão, entretanto, tanto plantas oriundas de cultura de tecidos quanto de multiplicação apresentaram níveis máximos de respostas bem superiores ao do trabalho citado.

São encontradas respostas bastante divergentes ao nitrogênio para cultura do alho na literatura, no entanto, deve-se lembrar que respostas à adubação nitrogenada depende do teor de matéria orgânica, textura do solo (Magalhães, 1986) e condições do solo que afetam a transformação do nutriente (Barber, 1982 e Malavolta, 1976). Tem-se

notado ainda, que diferentes cultivares de alho apresentam níveis de resposta diferenciados na mesma condição de clima e solo (Menezes Sobrinho et al. 1974).

O número de folhas/planta não foi afetado pelo nitrogênio em nenhuma das épocas de avaliação para ambas as formas de multiplicação. Para todas as doses de nitrogênio aplicadas, praticamente não houve diferença no número médio de folhas entre plantas provenientes de cultura de tecidos e multiplicadas de forma convencional. Nogueira (1979), Costa (1992) e Carvalho (1995), também não verificaram relação entre o incremento de níveis de nitrogênio e o aumento do número de folhas.

O número de folhas é um atributo bastante peculiar a cada cultivar e poucas variações são verificadas nesta característica em condições normais de cultivo. Por outro lado alguns trabalhos tem demonstrado efeito positivo do nitrogênio no número de folhas por planta (Om, Srivastava e Tiwari, 1978 ; Souza, 1990 ; Resende, 1992 e Panchal et al. 1992). Nota-se na literatura grandes variações na intensidade de resposta ao nitrogênio entre diferentes cultivares de alho, portanto, percebe-se de maneira geral que a influência do nitrogênio sobre o número de folhas na cultura do alho, esta fortemente relacionada a cultivar utilizada.

Quanto à plantas provenientes de cultura de tecidos, Barni e Garcia (1994), relatam que a coloração verde das folhas foi intensificada pelo aumento da adubação com nitrogênio aliada a erradicação do vírus, sem no entanto mencionar aumento no número de folhas das plantas. Com maior quantidade de nitrogênio disponível, a planta aumenta a capacidade de sintetizar clorofila, resultando em maior disponibilidade de fotoassimilados.

A razão bulbar foi proposta por Mann (1952) para quantificar a intensidade de crescimento do bulbo. Este índice foi significativamente afetado pelo nitrogênio aos 110 dias após o plantio ($p < 0,05$) em ambos os tratamentos, mostrando uma relação linear positiva (Figura 17). Isto indica que a formação dos bulbos foi limitada pelo aumento das doses de nitrogênio aplicadas.

Explica-se a ocorrência deste fato pela capacidade do nitrogênio em estimular a vegetação da planta, retardando a fase reprodutiva (Malavolta, 1976) ou a formação dos bulbos no caso do alho. Esta afirmativa foi constatada na cultura do alho por Santos, Leal e Mendes (1974). Esses autores verificaram um crescimento vegetativo

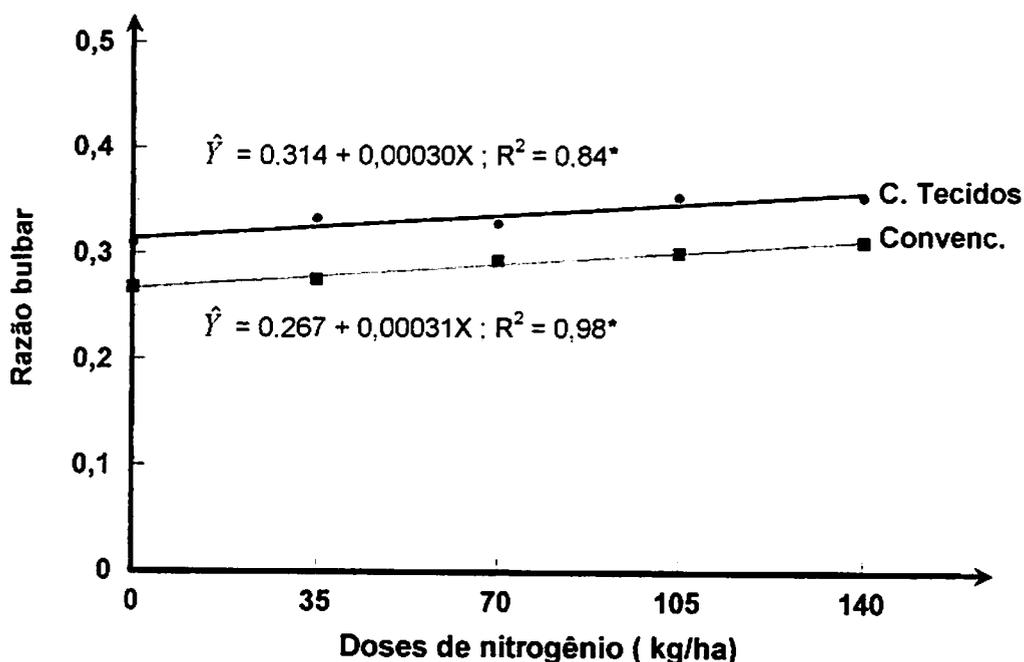


FIGURA 17. Razão bulbar de alho proveniente de cultura de tecidos e multiplicação convencional, aos 110 dias após o plantio, em função de doses de nitrogênio aplicadas.

acentuado na cultivar Branco Mineiro em detrimento do desenvolvimento do bulbo, devido a aplicação de níveis crescentes de uréia.

De acordo com Mann (1952), uma relação bulbar inferior 0,5 indica que o bulbo encontra-se completamente formado e iniciando a fase de maturação. O amadurecimento completa-se quando esta relação atinge valores entre 0,2 e 0,1.

Baseando-se nestas informações observa-se pela Figura 17, que aos 110 dias após o plantio encontrava-se em fase de maturação e que a elevação das doses de nitrogênio provocou um nítido atraso neste processo. Nota-se ainda que este padrão de influência do nitrogênio foi maior em plantas de cultura de tecidos. Aliado a eliminação dos vírus, este fator dilatou em cerca de 15 dias o ciclo cultural deste material.

O fato de o nitrogênio ter influenciado significativamente a razão bulbar somente aos 110 dias após o plantio é explicado pelo máximo desenvolvimento e demanda de nitrogênio pela parte aérea da planta nesta fase do ciclo em relação ao bulbo (Zink, 1963 e Silva et al. 1970), restringindo, portanto, o processo final de seu desenvolvimento.

4.4.2 Matéria seca

Na determinação da matéria seca da parte aérea foram considerados as folhas e suas bainhas que no caso do alho, se agrupam para formar um pseudocaule. Na matéria seca dos bulbos foi considerada também sua parte basal chamada disco, que na realidade caracteriza-se como o caule verdadeiro da planta de alho.

O nitrogênio influenciou significativamente a produção de matéria seca da parte aérea aos 90 ($p < 0,05$), 110 ($p < 0,01$) e 130 ($p < 0,01$) dias após o plantio de plantas provenientes de ambas as formas de multiplicação (Figura 18). A partir dos 80 dias até aproximadamente 120 dias após o plantio, segundo Silva et al. (1970), ocorre uma intensificação no desenvolvimento da parte aérea do alho, tanto pelo acúmulo de matéria seca quanto pelo crescimento da planta em altura. Ainda, de acordo com os autores, esta fase é acompanhada por um correspondente aumento na absorção de nutrientes, principalmente o nitrogênio e potássio. Estes dados, portanto, explicam a influência positiva do nitrogênio sobre a produção de matéria seca da parte aérea aos 90, 110 e 130 dias, verificada no presente trabalho.

Observa-se pela Figura 18 que as plantas provenientes de cultura de tecidos apresentaram níveis de resposta ao nitrogênio bastante superiores e diferenciados em relação as plantas multiplicadas de forma convencional nas três épocas estudadas, cujas equações de regressão indicaram uma relação linear aos 90 e 130 dias e raiz quadrática aos 110 dias. Nota-se, portanto, uma maior capacidade de resposta ao N aplicado por plantas de cultura de tecidos em relação à plantas convencionais, efeito provavelmente relacionado a baixa concentração de vírus nos tecidos destas plantas.

As plantas provenientes de multiplicação convencional mostraram um comportamento caracteristicamente quadrático em todas as épocas. As doses de nitrogênio que proporcionaram os rendimento máximos de matéria seca, 3,68, 4,3 e 3,8 g/planta, aos 90, 110 e 130 dias após o plantio foram respectivamente, 105, 104 e 136 kg/ha. Este tipo de comportamento observado em plantas convencionais esta de acordo com Singh et al. (1968) e Nogueira (1979), embora com valores máximos diferenciados.

Aos 130 dias, as plantas de cultura de tecidos apresentaram resposta linear às doses de nitrogênio, apesar deste tipo de resposta, a produção de matéria seca pela

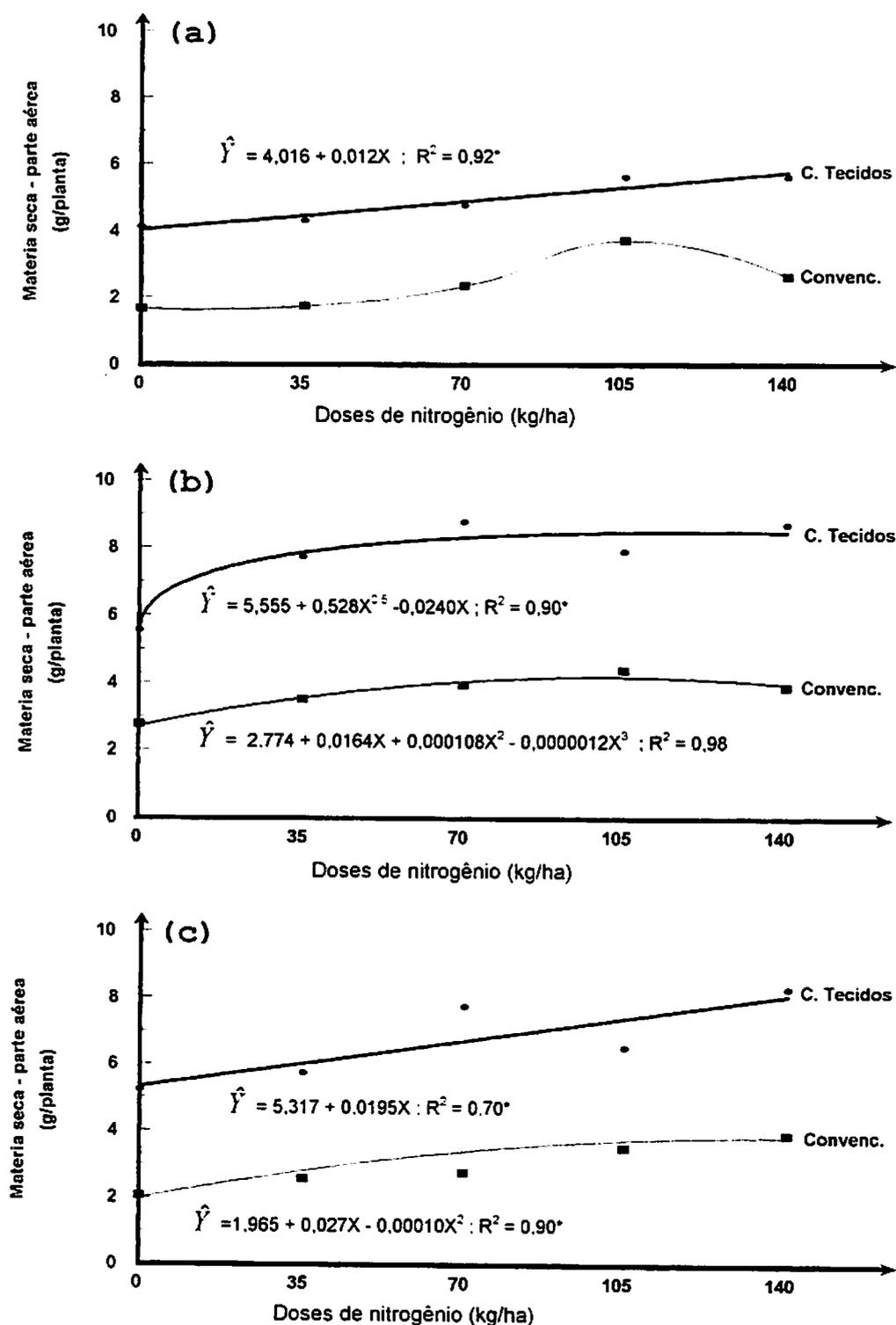


FIGURA 18. Produção de matéria seca pela parte aérea de plantas de alho provenientes de cultura de tecidos e multiplicação convencional, aos 90 (a), 110 (b) e 130 (c) dias após o plantio, em função de doses de nitrogênio aplicadas.

parte aérea foi menor em relação as outras épocas, deve-se considerar, que nesta época a parte aérea encontra-se em estágio avançado de senescência e grande parte das reservas e do nitrogênio são redirecionados para o desenvolvimento dos bulbos (Buwalda, 1986 e Bertoni et al. 1992).

O acúmulo de matéria seca pelas raízes em função das doses de nitrogênio seguiu o mesmo padrão de resposta da parte aérea, embora tenha ocorrido resposta significativa somente aos 90 dias após o plantio ($p < 0,05$).

As plantas provenientes de cultura de tecidos mostraram resposta linear para o acúmulo de matéria seca em relação as doses de nitrogênio. As plantas convencionais apresentaram uma tendência de cúbica de resposta ao nitrogênio, no entanto sem apresentar significância estatística, acumulando maior quantidade de matéria seca nas raízes (0,42 g/planta) na dose de 105 kg/ha de nitrogênio (Figura 19). Estes resultados reafirmam a importância do nitrogênio no desenvolvimento de plantas de alho, como demonstraram Singh et al. (1968), Nogueira (1979) e Bertoni et al. (1992), trabalhando com plantas multiplicadas de forma convencional.

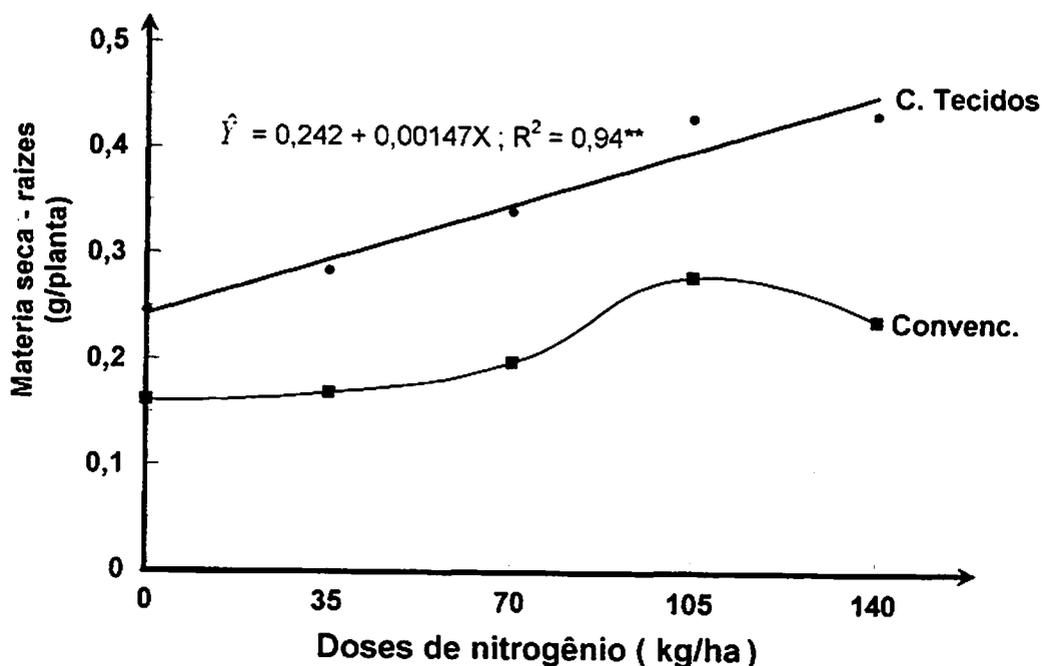


FIGURA 19. Produção de matéria seca pelas raízes de plantas de alho provenientes de cultura de tecidos e multiplicação convencional, aos 90 dias após o plantio em função de doses de nitrogênio aplicadas.

Há poucas informações sobre o comportamento do sistema radicular do alho em condições de campo. Embora o acúmulo de matéria seca no sistema radicular acentue-se a partir dos 70 dias atingindo o máximo aos 120 dias (Silva et al. 1970), acredita-se que o desenvolvimento e o direcionamento de assimilados para as raízes seja extremamente restringido a partir do início da formação dos bulbos (Bertoni et al. 1992). Segundo estes autores, durante o processo de bulbificação a massa seca do sistema radicular corresponde a menos de 8% da matéria seca total da planta, com uma pequena capacidade de mobilização de fotoassimilados, explicando a inexistência de resposta ao nitrogênio após os 90 dias do ciclo do alho neste trabalho.

O acúmulo de matéria seca pelos bulbos mostrou-se significativamente influenciado pelo nitrogênio aos 110 ($p < 0,01$) e 130 ($p < 0,01$) dias após plantio. Segundo Silva et al. (1970), o alho inicia a bulbificação por volta de 75 dias após o plantio, intensificando-a no período compreendido entre 90 e 135 dias. Durante este período a planta absorve 49% do nitrogênio total e os bulbos passam a responder por mais de 50% da matéria seca total da planta (Zink, 1963).

As plantas provenientes de cultura de tecidos responderam linearmente às doses de nitrogênio como pode-se notar pela Figura 20. Em plantas de multiplicação convencional, por outro lado, verificou-se uma relação quadrática entre as doses de nitrogênio e a matéria seca dos bulbos. Aos 110 dias, doses de nitrogênio superiores a 118 kg/ha (2,9 g/bulbo de matéria seca) mostraram-se prejudiciais, enquanto aos 130 dias, apesar de não se detectar uma dose de nitrogênio que proporcione uma produção máxima de matéria seca, verifica-se uma tendência de estabilização nesta produção em doses superiores a 105 kg/ha. Quantidades excessivas de nitrogênio podem prolongar o período vegetativo da cultura, prejudicando o desenvolvimento do bulbo (Couto, 1958 ; Tisdale e Nelson, 1968 ; Bertoni et al. 1992)). A influência positiva do nitrogênio no acúmulo de matéria seca dos bulbos foi verificado também por Singh et al. (1968) e Nogueira (1979), embora com doses (50 kg/ha) bem menores do que as verificadas neste trabalho. Entretanto, Minardi (1978) verificou respostas positivas até a dose de 210 kg de nitrogênio por hectare.

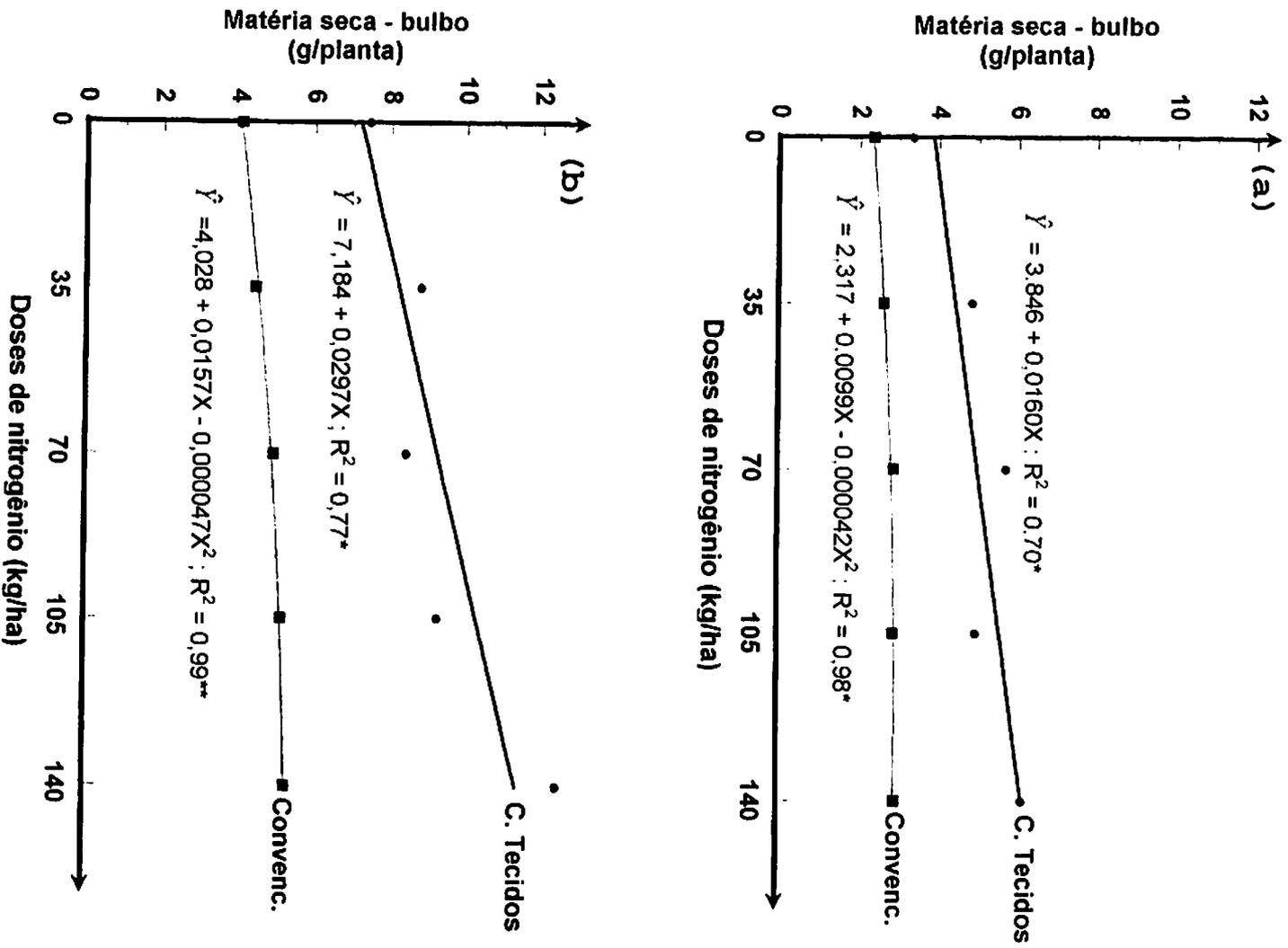


FIGURA 20. Produção de matéria seca pelo bulbos de plantas de alho provenientes de cultura de tecidos e multiplicação convencional, aos 110 (a), 130 (b) dias após o plantio, em função de doses de nitrogênio aplicadas.

É importante salientar o desempenho destacadamente superior das plantas provenientes de cultura de tecidos em relação às plantas oriundas de multiplicação convencional. Na dose de 105 kg/ha, normalmente recomendada para cultura do alho, o acúmulo médio de matéria seca pelos bulbos situou-se em torno de 9,28 g/planta para plantas de cultura de tecidos e 5,17 g/planta em plantas convencionais aos 130 dias após o plantio; traduzindo-se numa diferença de 80%.

O nitrogênio influenciou o acúmulo de matéria seca total aos 90 ($p < 0,05$), 110 ($p < 0,01$) e 130 ($p < 0,01$) dias após o plantio. Comportamento já esperado em função do maior desenvolvimento da parte aérea, bulbos e raízes que se verificou, de maneira geral, neste período (Figura 21). O peso seco da parte aérea e raízes do alho, aumenta até por volta de 120 dias e o desenvolvimento dos bulbos se acentua dos 90 aos 135 dias após o plantio (Silva et al. 1970), juntamente com a absorção de nitrogênio (Zink, 1963), justificando, portanto, o comportamento verificado neste trabalho.

A produção de matéria seca total apresentou diferentes tipos de resposta ao nitrogênio nas diferentes épocas e principalmente nas formas de multiplicação. As plantas provenientes de cultura de tecidos mostraram comportamento quadrático aos 90 e 110 e linear aos 130 dias (Figura 21). Os valores máximos de acúmulo de matéria seca aos 90 e 110 dias foram respectivamente 8,56 e 14,5 g/planta, propiciados por 121 e 107 kg/ha de nitrogênio. O comportamento linear apresentado pelas plantas de cultura de tecidos aos 130 dias deveu-se em grande parte a elevada resposta ao N na bulbificação para essas plantas.

As plantas provenientes de multiplicação convencional mostraram relação predominantemente cúbica entre a matéria seca total e o aumento das doses de nitrogênio, verificado aos 90 e 130 dias, enquanto aos 110 dias observou-se um comportamento quadrático para esta relação. As doses 118, 102 e 137 kg/ha, respectivamente aos 90, 110 e 130 dias proporcionaram o máximo acúmulo de matéria seca em plantas convencionais (4,34, 7,61 e 9,42 g/planta respectivamente).

Comparando-se os valores máximos de produção de matéria seca entre as formas de multiplicação e as respectivas doses de nitrogênio que propiciaram esses valores, nota-se que para doses aproximadamente iguais as plantas de cultura de

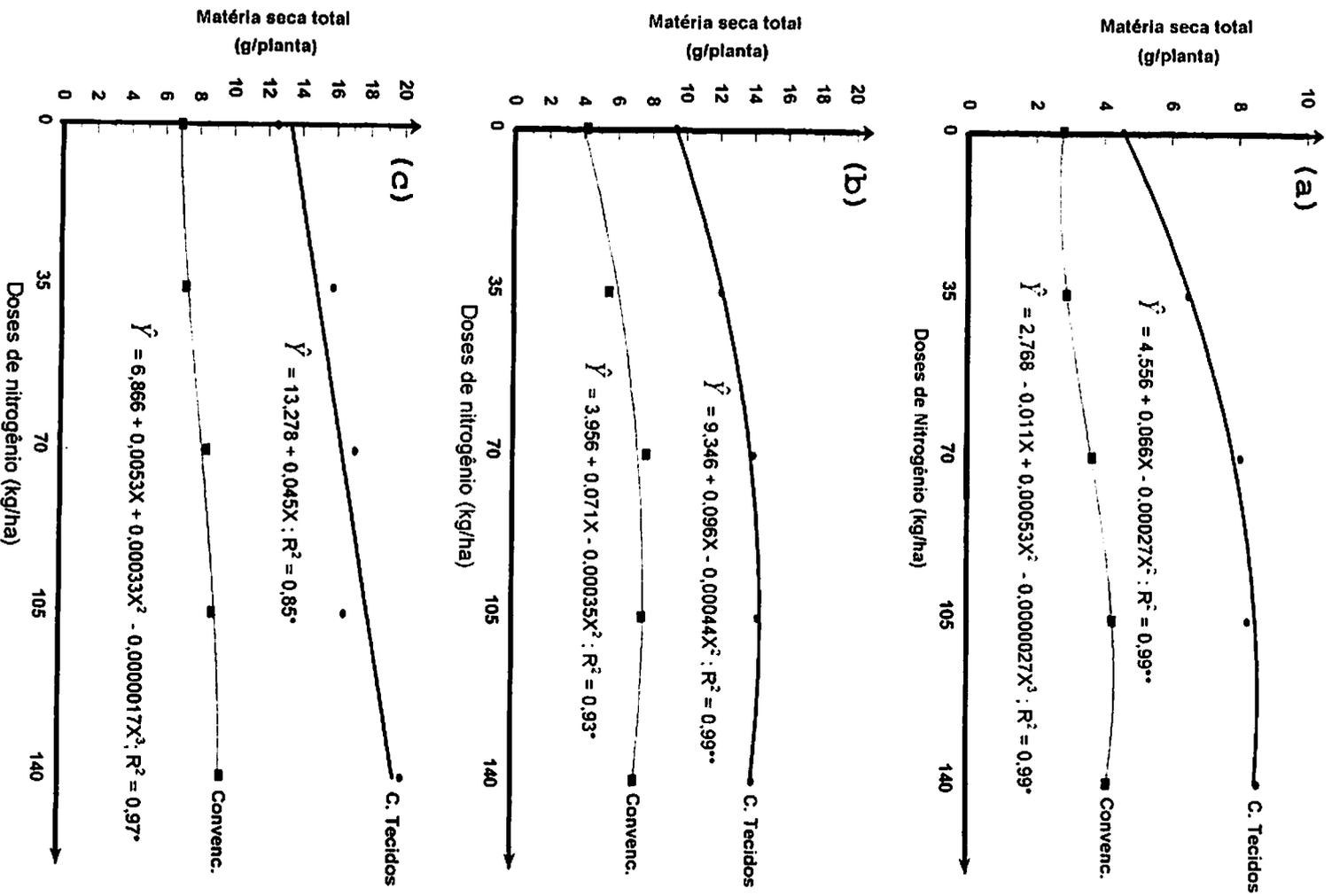


FIGURA 21. Produção de matéria seca total (parte aérea+bulbo+raízes) de plantas de alho provenientes de cultura de tecidos e multiplicação convencional, aos 90 (a), 110 (b) e 130 (c) dias após o plantio, em função de doses de nitrogênio aplicadas.

tecidos produziram praticamente o dobro de matéria seca. Esta relação foi observada em todas as épocas. Aos 130 dias considerando-se a dose de 137 kg/ha de nitrogênio, que proporcionou a produção máxima de matéria seca total em plantas convencionais (9,42 g/planta), em plantas de cultura de tecidos obteve-se uma produção de 19,45 g/planta de matéria seca para esta dose, confirmando a relação proposta anteriormente.

4.4.3 Absorção de nitrogênio

As Figuras 22 e 23 mostram que houve uma resposta significativa no conteúdo de nitrogênio da parte aérea e nos bulbos em função das doses de nitrogênio aplicadas aos 90, 110 e 130 dias após o plantio, comportamento verificado em ambas as formas de multiplicação. Como de maneira geral, o acúmulo de nutrientes segue basicamente a produção de matéria seca, estes resultados eram até certo ponto esperados, e também foram verificados em vários outros trabalhos (Novais et al. 1974; Minardi, 1978 ; Santos, 1980 ; El-Beheidi, Kemel e Abou El Magd, 1983; Bertoni et al. 1992).

Na parte aérea verificou-se influência significativa aos 90 ($p < 0,05$), 110 ($p < 0,01$) e 130 ($p < 0,01$) dias após o plantio. Observa-se na Figura 22a e 22b, em ambas as formas de multiplicação, que a resposta às doses de nitrogênio se acentua dos 90 para os 110 dias, ocorrendo em função do maior acúmulo de nitrogênio na parte aérea nesse período (Figura 5, Capítulo 2). Aos 130 dias verificou-se uma redução no nível de resposta às doses de N aplicadas (Figura 22c). Esse comportamento está relacionado ao desenvolvimento da parte aérea que evolui rapidamente dos 90 aos 120 dias, sendo que aos 130 dias a parte aérea encontra-se praticamente em senescência como pode ser verificado nas Figuras 1 e 4 do Capítulo 1, sendo também confirmado pelos trabalhos de Zink (1963) e Silva et al. (1970).

O acúmulo de nitrogênio pelo bulbo sofreu efeito significativo das doses crescentes de nitrogênio aplicadas no solo aos 70 ($p < 0,01$), 90 ($p < 0,01$), 110 ($p < 0,01$) e 130 ($p < 0,01$) dias após o plantio (Figura 23). Verifica-se, ao contrário da parte aérea um padrão constante de resposta às doses de nitrogênio ao longo desse período, comportamento que encontra justificativa nos trabalhos de Zink (1963) e Silva et al. (1970), que mostram intensa absorção de nitrogênio pelo alho durante a bulbificação.

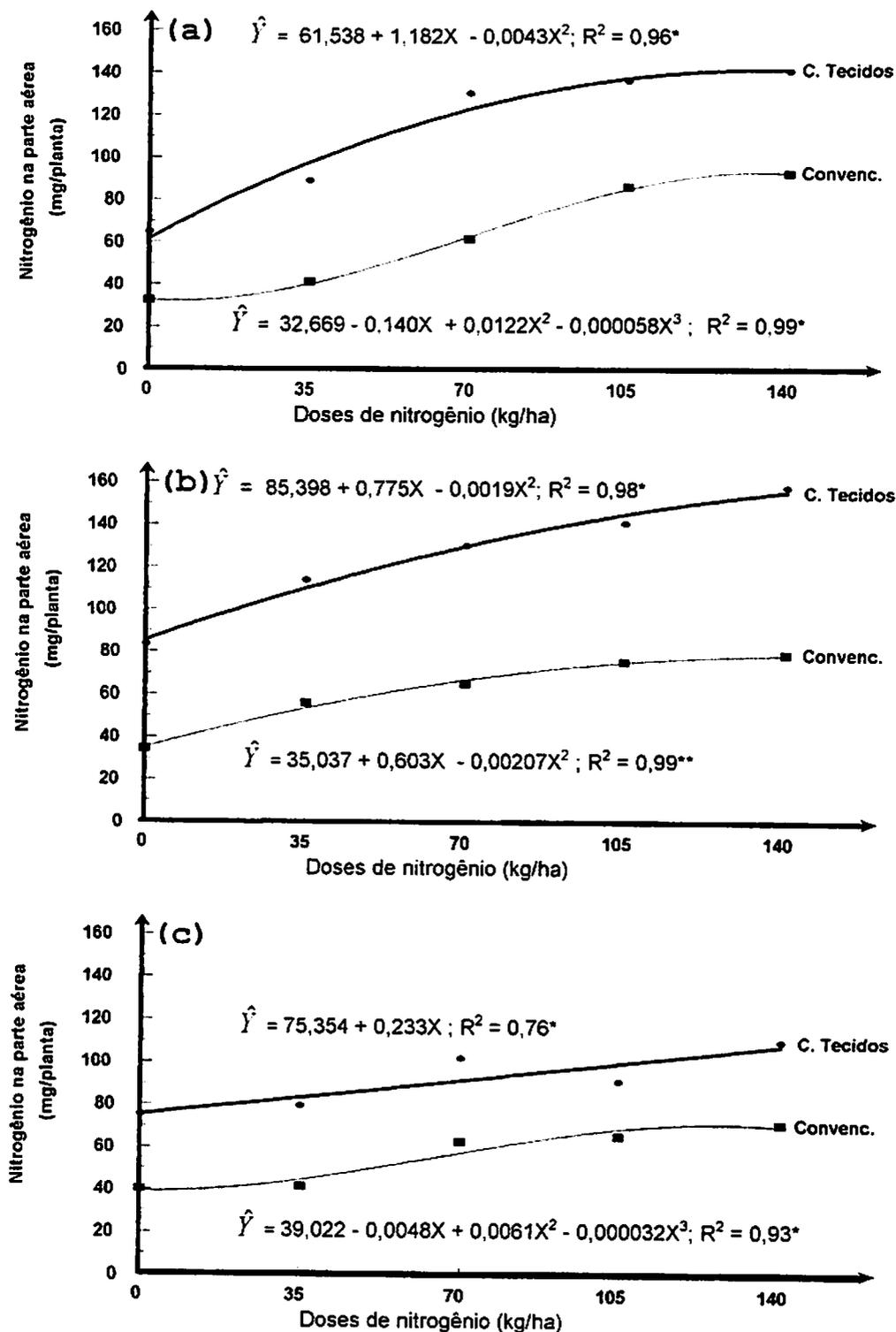


FIGURA 22. Quantidade de nitrogênio acumulado na parte aérea de plantas de alho provenientes de cultura de tecidos e multiplicação convencional, aos 90 (a), 110 (b) e 130 (c) dias após o plantio, em função das doses de nitrogênio aplicadas.

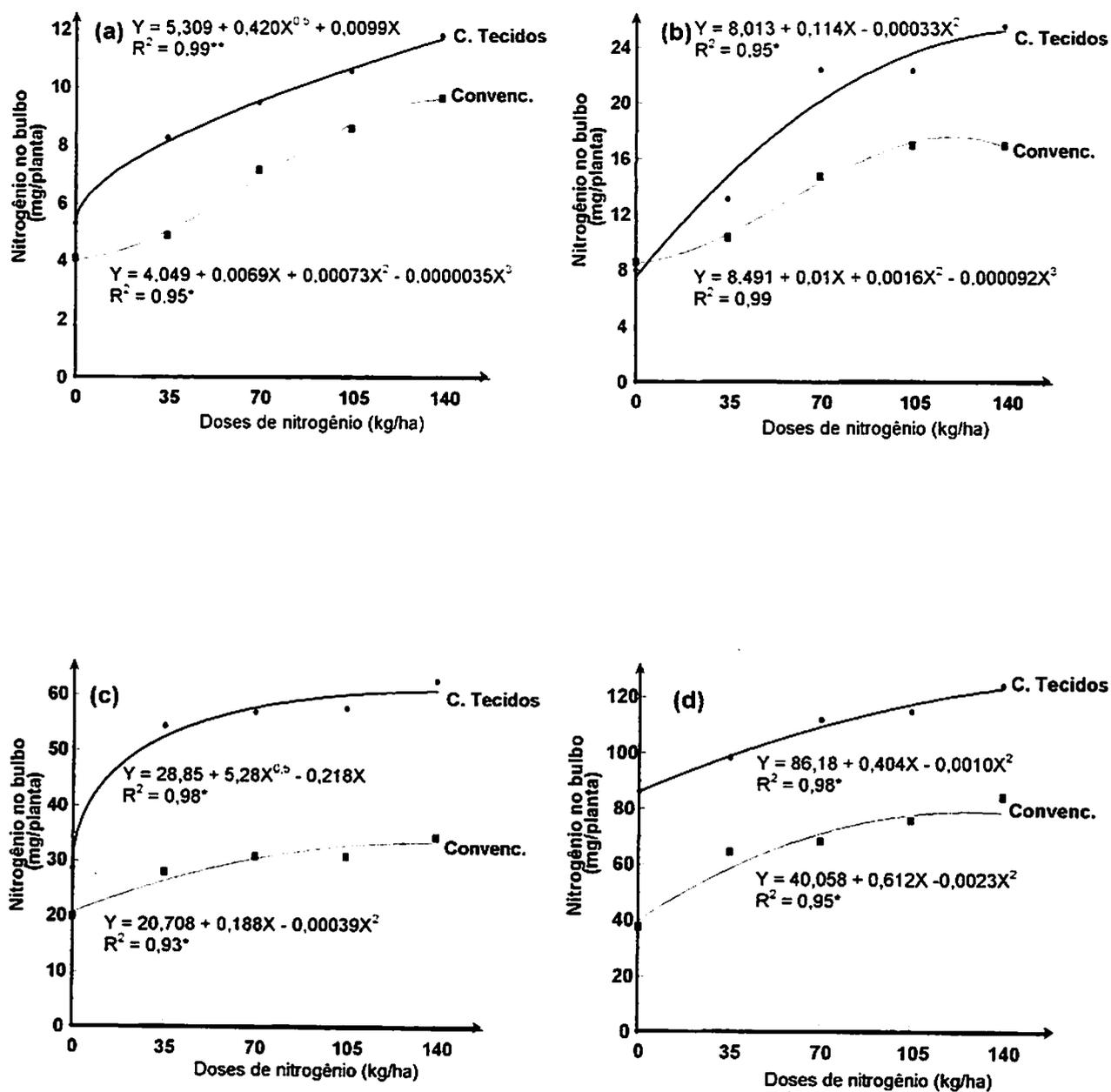


FIGURA 23. Quantidade de nitrogênio acumulado no bulbo de plantas de alho provenientes de cultura de tecidos e multiplicação convencional, aos 70 (a), 90 (b), 110 (c) e 130 (d) dias após o plantio, em função das doses de nitrogênio aplicadas.

Este aspecto reflete-se claramente no acúmulo de nitrogênio total (parte aérea + bulbo) na Figura 24, onde da mesma forma que na parte aérea verificou-se efeito significativo das doses de nitrogênio aos 90 ($p < 0,01$), 110 ($p < 0,01$) e 130 dias ($p < 0,01$). Em função do processo de bulbificação nota-se uma intensificação no acúmulo de nitrogênio total em resposta às doses de nitrogênio a partir dos 110 para 130 dias.

As plantas provenientes de cultura de tecidos mostraram resposta mais acentuada ao nitrogênio aplicado, não apresentando pontos máximos de resposta enquanto as plantas de multiplicação convencional apresentaram respostas mais suaves com tendência cúbica ou quadrática. Na Tabela 26 estão relacionadas as doses de nitrogênio que proporcionaram o máximo acúmulo de nitrogênio pelas plantas, estimadas pelas equações de regressão. Quando não houve ponto de máxima, foi considerada a maior dose aplicada .

As plantas provenientes de multiplicação convencional, possivelmente pela presença de vírus apresentaram um limite de resposta dentro do intervalo de doses de nitrogênio utilizados. Enquanto as plantas provenientes de cultura de tecidos indicaram tendência a um potencial de resposta bem superior às plantas convencionais, inclusive fora do intervalo de doses utilizadas neste trabalho. Tem sido sugerido que plantas hospedeiras de patógenos ou sob qualquer condição de estresse tendem a acelerar o ciclo através da produção de hormônios específicos, tentando dessa forma se reproduzir antes de ser destruída (Leopold e Kriedmann, 1978). Essa premissa foi verificada neste trabalho, onde plantas convencionais apresentaram um ciclo pelo menos 13 dias mais curto que as plantas de cultura de tecidos. Por outro lado, o nitrogênio está relacionado ao prolongamento do estágio vegetativo e/ou retardamento da maturidade da planta (Zambolim e Ventura, 1993). Este aspecto ligado a menor concentração de vírus nos tecidos pode ser verificado em plantas de cultura de tecidos. Estas plantas apresentaram uma resposta a aplicações de nitrogênio bastante superior às plantas convencionais em termos de absorção desse nutriente (Tabela 26) e mostraram no campo nítida tendência a aumentar seu ciclo, inclusive proporcional ao aumento das doses de N.

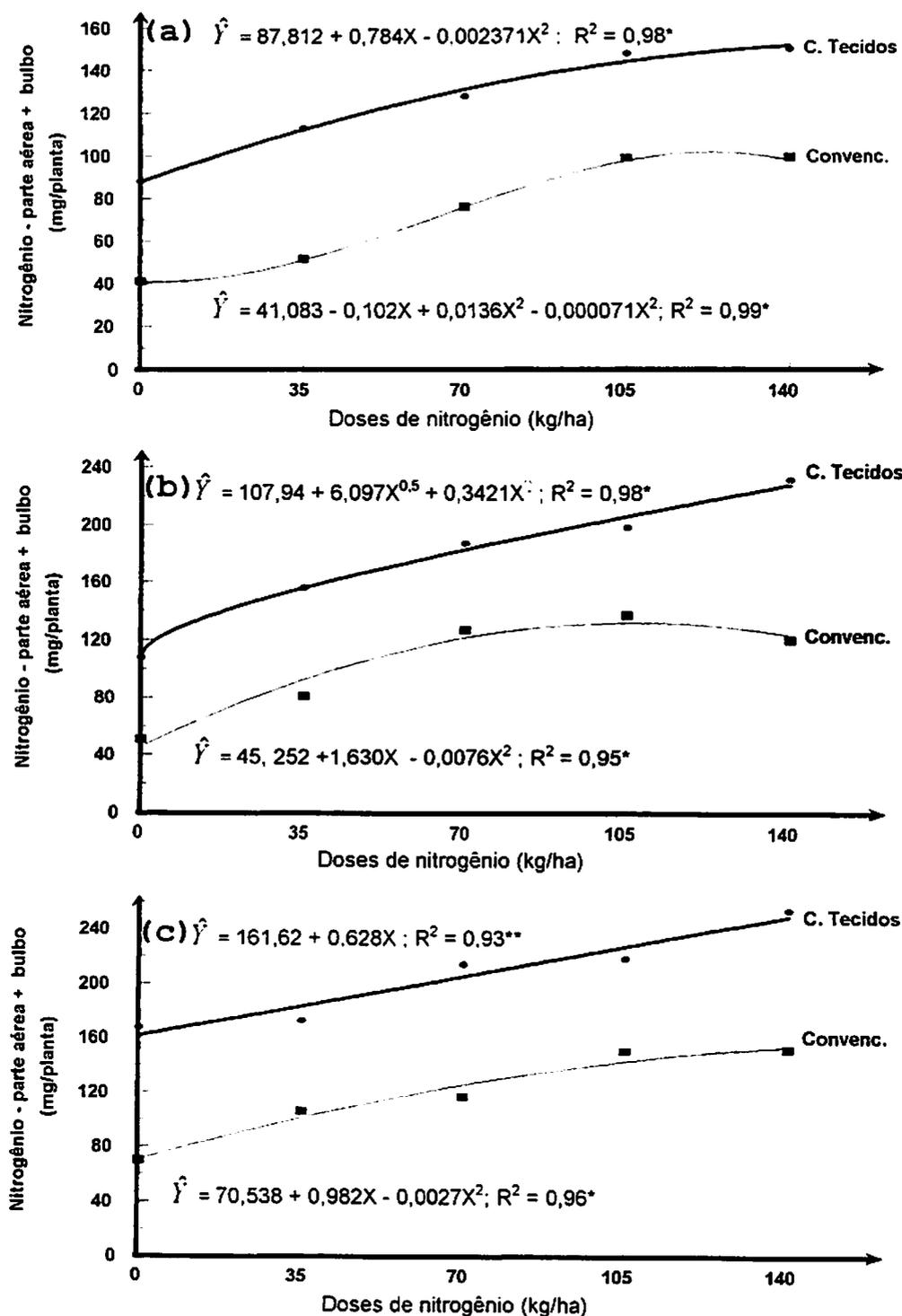


FIGURA 24. Quantidade de nitrogênio acumulado na parte aérea + bulbo de plantas de alho provenientes de cultura de tecidos e multiplicação convencional, aos 90 (a), 110 (b) e 130 (c) dias após o plantio, em função das doses de nitrogênio aplicadas.

TABELA 26. Quantidade máxima estimada de nitrogênio acumulada pela parte aérea, bulbos e total de plantas de cultura de tecidos e convencionais, aos 90, 110 e 130 dias após o plantio, e as doses de nitrogênio que promoveram essas quantidades.

Orgão	Cultura de tecidos		Convencional	
	Dose de N (kg/ha)	Acúmulo de N (mg/planta)	Dose de N (kg/ha)	Acúmulo de N (mg/planta)
90 dias após plantio				
Parte aérea	135	141,20	134	93,13
Bulbo	140	25,20	120	17,60
Total	140	151,17	123	101,76
110 dias após o plantio				
Parte aérea	140	155,74	140	78,89
Bulbo	140	60,73	135	33,40
Total	140	228,05	107	132,20
130 dias após o plantio				
Parte aérea	140	108,09	127	71,74
Bulbo	140	123,26	128	79,73
Total	140	249,62	140	154,15

4.4.4 Produção de bulbos

A produção de bulbos, tanto de plantas de cultura de tecidos, quanto convencionais mostraram-se significativamente influenciadas pelas doses crescentes de nitrogênio ($p < 0,001$). Entretanto, pode-se verificar Figura 25a, que o comportamento entre os tipos de planta foi completamente divergente para produção total de bulbos.

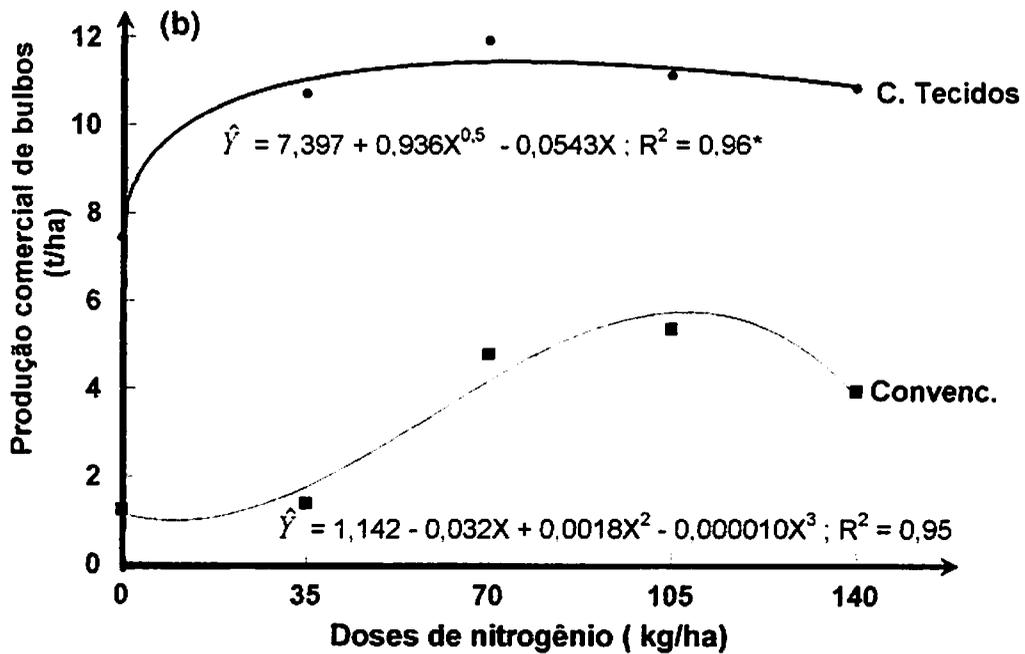
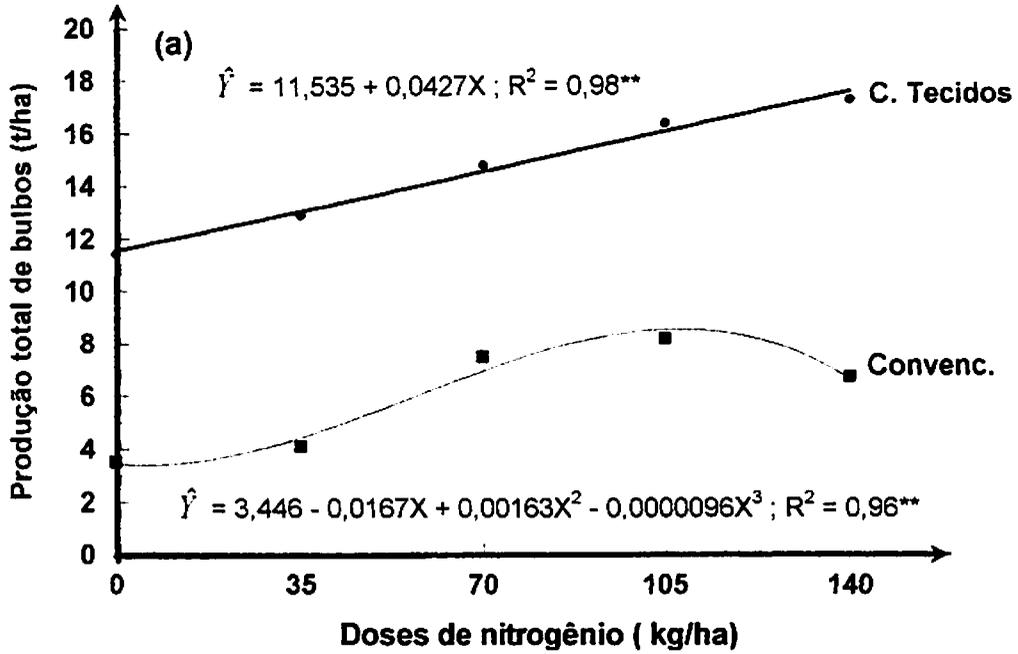


FIGURA 25. Produção total (a) e produção de bulbos comerciais (b) por plantas de alho provenientes de cultura de tecidos e multiplicação convencional em função de doses de nitrogênio aplicadas.

As plantas provenientes de cultura de tecidos responderam linearmente às doses de N utilizadas, respondendo com aumentos proporcionais na produção total de bulbos até a dose de 140 kg/ha.

Em plantas de multiplicação convencional, por outro lado, foi observado uma relação tipicamente cúbica entre a produção total de bulbos e as doses de nitrogênio. A produção manteve-se praticamente inalterada em doses baixas de nitrogênio (entre 0 e 35 kg/ha), aumentando visivelmente até a dose de 107 kg/ha, indicada pela equação de regressão como a dose que propiciou maior produção de bulbos.

Em linhas gerais a resposta ao nitrogênio apresentada por plantas de multiplicação convencional está de acordo com os dados observados na literatura, que apresenta resultados bastante variáveis para cultura do alho. No Brasil o alho tem apresentado uma ampla faixa de resposta ao nitrogênio, variando desde de 50 até 150 kg/ha (Menezes Sobrinho, 1984; Ferrari e Churata Masca, 1975; Santos, 1980; Resende, 1992; Carvalho, 1995). Essa ampla faixa de variação nos resultados apresentados na literatura pode estar relacionada à condições climáticas, teor de matéria orgânica e condições químicas do solo que afetam as transformações do nitrogênio (Magalhães, 1986) e ainda a respostas diferenciais observadas entre cultivares nas mesmas condições (Menezes Sobrinho et al. 1974).

Em plantas de alho de cultura de tecidos, livres do vírus do estriado amarelo do alho (GYSV), Barni e Garcia (1994), verificaram um ligeiro aumento na produtividade de 11,25 para 11,39 t/ha quando a dose de nitrogênio foi aumentada de 80 para 120 kg/ha. Por outro lado as mesmas plantas infectadas apresentaram nas mesmas condições redução de 8,56 para 7,69 t/ha na produção.

A produção total máxima das plantas convencionais obtida através da equação de regressão foi 8,5 t/ha de bulbos para dose de 107 kg/ha de nitrogênio, praticamente o dobro da produção média brasileira que se situa em torno de 4,0 t/ha. Considerando esta mesma dose para as plantas provenientes de cultura de tecidos verificou-se uma produção de 16,2 t/ha, o dobro das plantas provenientes de multiplicação convencional e quatro vezes mais que a produtividade média nacional. Deve-se lembrar ainda que a produção das plantas de cultura de tecidos apresentaram um crescimento linear,

produzindo cerca de 17,3 t/ha de bulbos na dose máxima de nitrogênio utilizada neste ensaio (140 kg/ha) (Figura 25a).

A produção de bulbos comerciais de plantas provenientes de multiplicação convencional, apresentaram o mesmo padrão de comportamento verificado para produção total, mostrando uma relação cúbica com as doses de nitrogênio (Figura 25b). A dose de 108 kg/ha de nitrogênio promoveu a maior produção comercial (5,75 t/ha) em plantas convencionais. A produção comercial máxima, verificada com 108 kg/ha de nitrogênio correspondeu a 68% da produção total máxima que foi obtida com 107 kg/ha.

No cálculo da produção comercial foram consideradas as exigências do padrão de mercado brasileiro, utilizando apenas bulbos com diâmetro superior a 35 mm, fechados e perfeitamente encapados, sem sintomas de ataque de doenças e/ou pragas.

Em plantas de cultura de tecidos, verificou-se uma relação raiz quadrática entre a produção comercial e as doses de nitrogênio, divergindo portanto do comportamento verificado para produção total. A produção comercial máxima, 11,4 t/ha, foi registrada na dose de 75 kg/ha de nitrogênio e correspondeu a 66% da produção total máxima.

Verifica-se tanto em plantas de cultura de tecidos quanto convencionais que o aumento nas doses de nitrogênio não foi acompanhado na mesma proporção por aumentos correspondentes nas produções total e comercial. Em função desse comportamento tem-se recomendado a utilização de doses que proporcionem 80 ou 90% do rendimento máximo. Esperando aproximar-se da máxima eficiência econômica e reduzir a relação custo/benefício da cultura, estimaram-se através das equações de regressão as doses de nitrogênio que propiciaram a obtenção de 80 e 90% da produção total e comercial máxima deste ensaio (Tabela 27).

Observa-se pela Tabela 27 que para uma redução de apenas 10% na produção total, aplica-se 70 e 75% da dose máxima de N estimada pelas curvas, respectivamente para plantas de cultura de tecidos e convencionais. Considerando uma redução de 20% da produção máxima esses valores são reduzidos para 42,5 e 65%, respectivamente.

A produção de bulbos comerciais das plantas de cultura de tecidos teve sua estimativa prejudicada, principalmente devido ao ciclo mais longo destas plantas. Em função da imaturidade dos bulbos, a colheita das plantas de cultura de tecidos só foi possível 13 dias após a das plantas convencionais. Neste período ocorreram

TABELA 27. Produção total e comercial máxima e 90 e 80% do máximo de plantas de alho provenientes de cultura de tecidos e de multiplicação convencional e as doses de nitrogênio estimadas pelas equações de regressão que promoveram essas produções.

Formas de multiplicação	Produção (t/ha)			Doses de nitrogênio (kg/ha)		
	Máxima	90%	80%	Máxima	90%	80%
bulbos totais						
C. tecidos	17,5	15,7	14,0	140,0 ⁽¹⁾	99,0	58,5
Convencional	8,5	7,6	7,0	107,0	81,0	69,5
bulbos comerciais						
C. tecidos	11,4	10,3	9,1	75,0	17,0	4,5
Convencional	5,7	5,2	4,6	108,0	87,0	77,0

⁽¹⁾Devido a relação linear entre as doses de N e a produção total de bulbos (Figura 25a), considerou-se a maior dose de N aplicada (140 kg/ha) como correspondente à produção máxima.

vários dias chuvosos provocando um índice elevado de bulbos abertos e desencapados, tornando-os fora do padrão comercial, para o mercado de alho "in natura". Este índice tendeu a aumentar com incremento das doses de nitrogênio, atingindo em média 35% nas plantas de cultura de tecidos contra apenas 7,5% verificado em plantas convencionais. Portanto, em função das chuvas, somadas ao efeito do nitrogênio, obteve-se um ajuste raiz quadrático para produção comercial e não linear como ocorreu para produção total, resultando na ocorrência das produções máxima e, 80 e 90% da máxima, de plantas de cultura de tecidos em doses de nitrogênio muito baixas.

Entretanto, mesmo com este descarte relativamente elevado de bulbos defeituosos, verificou-se uma diferença de 98% entre a produção comercial máxima das plantas de cultura de tecidos e das plantas convencionais, com uma dose 50,6% menor.

Uma vez que os bulbos de maior diâmetro foram mais afetados por estes problemas, esperava-se uma diferença ainda maior na produção comercial entre as formas de multiplicação.

Baseado em resultados de pesquisas, tem-se recomendado o plantio do alho na região sudeste/centro-oeste entre a segunda quinzena de março e primeira quinzena de abril possibilitando a colheita em agosto/setembro. Para materiais sadios, provenientes de cultura de tecidos, em função do alongamento do seu ciclo em relação a plantas convencionais, é necessário que se realizem estudos sobre a possibilidade de antecipar a época de plantio destes materiais, evitando dessa forma prejuízos à produção em função de possíveis ocorrências de chuva na época da colheita.

4.4.5 Peso médio de bulbos

O peso médio de bulbos como era esperado apresentou o mesmo comportamento observado para produção, tanto para plantas de cultura de tecidos quanto convencional, uma vez que esta característica está diretamente ligada ao peso dos bulbos

Observa-se na Figura 26 que para o peso médio de bulbos totais e comerciais, as plantas provenientes de cultura de tecidos mostraram uma relação linear com as doses de nitrogênio e para as plantas de multiplicação convencional, igualmente em ambas as características verificou-se um comportamento cúbico. Nota-se um comportamento bastante divergente entre as formas de multiplicação nas doses menores de nitrogênio, em torno de 35 kg/ha. Enquanto plantas convencionais praticamente não apresentaram resposta ao nitrogênio nesta faixa, em plantas de cultura de tecidos ocorreu um aumento significativo no peso de bulbos, como ficou demonstrado pela inclinação das curvas neste intervalo.

O peso médio de bulbos totais e comerciais em plantas de multiplicação convencional aumentaram respectivamente até as doses de 105 e 98 kg/ha de nitrogênio que proporcionaram 17,47 e 21,74 g/bulbo. Em plantas de cultura de tecidos não foram verificados pontos máximos para o peso médio de bulbos, sendo observados na dose de 140 kg/ha, respectivamente 38,78 e 40,70 g/bulbo para os bulbos totais e

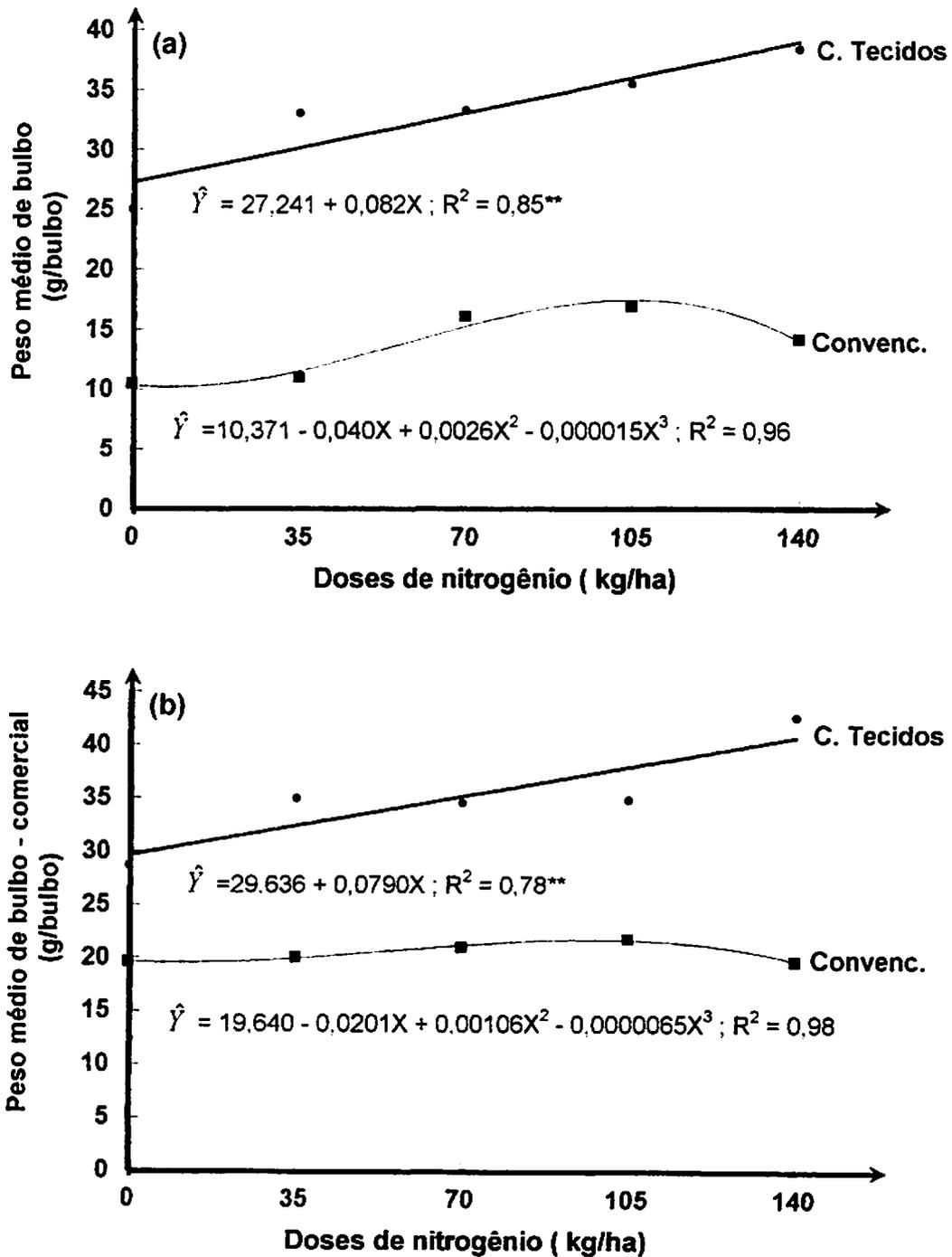


FIGURA 26. Peso médio de bulbo total (a) e comercial (b) de plantas de alho provenientes de cultura de tecidos e multiplicação convencional em função das doses de nitrogênio aplicadas.

comerciais. Para as doses máximas verificadas no sistema convencional de multiplicação, 105 e 98 kg/ha, as plantas de cultura de tecidos apresentaram respectivamente, para bulbos totais e comerciais bulbos pesos médios iguais a 35,89 e 37,38 g. Em termos percentuais, verificam-se diferenças de 105,4 e 74,2% entre plantas de cultura de tecidos e de multiplicação convencional para estas doses de nitrogênio.

As informações sobre o efeito do nitrogênio em plantas de alho provenientes de cultura de tecidos, ou isentas de vírus são escassas na literatura. Barni e Garcia (1994), verificaram efeito positivo do incremento da adubação nitrogenada e de outros nutrientes sobre o desenvolvimento vegetativo e produção, que significa portanto aumento do peso médio de bulbos.

Para plantas convencionais tem sido observado influência positiva da adubação nitrogenada sobre o peso médio de bulbo dentro de certos limites, à semelhança do que foi observado neste trabalho. Assim tem-se verificado aumento no peso médio de bulbos até a dose de 75 kg/ha de nitrogênio (Ferrari e Churata-Masca, 1975), 96 kg/ha (Krarup e Trobok, 1975), 160 kg/ha (Resende, 1992), 180 kg/ha (Souza, 1990) e 225 kg/ha (Aljaro Uribe e Escaff, 1976).

4.4.6 Diâmetro de bulbos e número médio de bulbilhos/bulbo

A Figura 27 mostra influência significativa do nitrogênio sobre o diâmetro de bulbos e número de bulbilhos/bulbo ($p < 0,01$).

Entre os tipos de planta foram verificadas diferenças importantes, tanto na forma quanto na intensidade de resposta. Em plantas provenientes de cultura de tecidos o diâmetro aumentou linearmente até a dose de 140 kg/ha de nitrogênio, onde apresentou bulbos com diâmetro igual a 50,3 mm de acordo com a equação de regressão. As plantas convencionais por sua vez, mostraram uma relação quadrática com as doses de nitrogênio, indicando a dose de 119 kg/ha como àquela que proporcionou maior diâmetro de bulbo (35,9 mm). Para ilustrar a diferença entre as formas de multiplicação em igualdade de condições, verifica-se que na dose de 119 kg/ha de nitrogênio as plantas de cultura de tecidos, mostraram um diâmetro de 48,7 mm de acordo com a regressão, traduzindo-se numa diferença de 35,6% em relação as plantas convencionais.

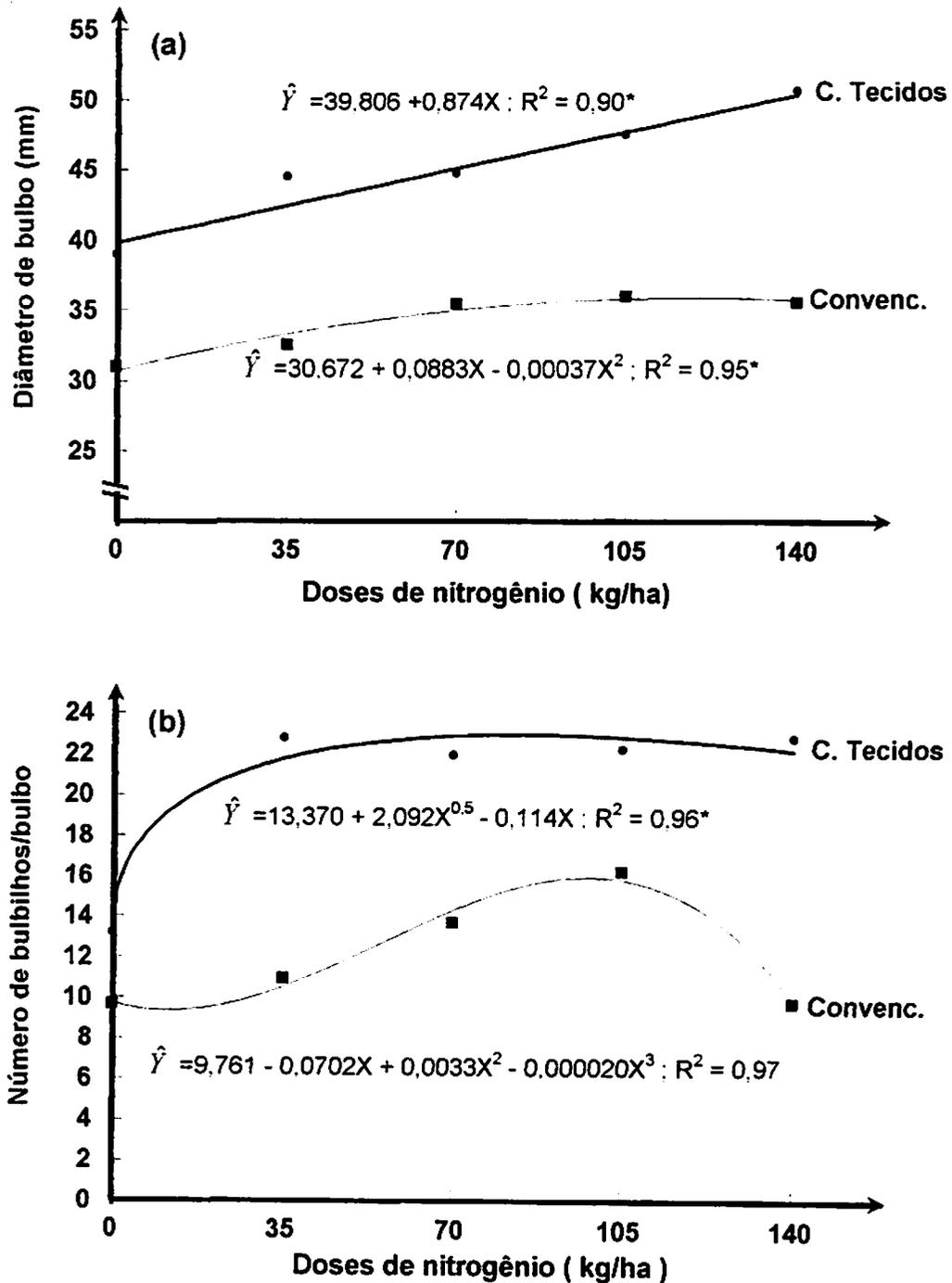


FIGURA 27. Diâmetro transversal de bulbos (a) e número médio de bulbilhos (b) de plantas de alho provenientes de cultura de tecidos e multiplicação convencional em função das doses de nitrogênio aplicadas.

Em plantas de alho multiplicadas de forma convencional, Ruiz (1985), encontrou efeito positivo do nitrogênio sobre o diâmetro de bulbos de alho até a dose de 225 kg/ha, Escaff e Aljaro Uribe (1982), até 150 kg/ha, Resende (1992), até 158 kg/ha e Krarup e Trobok (1975), até 96 kg/ha.

O número médio de bulbilhos/bulbo mostrou um comportamento raiz quadrático em relação ao nitrogênio para plantas de cultura de tecidos, mostrando uma resposta acentuada de 0 até 84 kg/ha de nitrogênio, que segundo a equação de regressão foi a dose que proporcionou número máximo de bulbilhos por bulbo (22,9) nestas plantas.

Em plantas de multiplicação convencional verificou-se um efeito cúbico do nitrogênio sobre o número de bulbilhos, verificando-se resposta positiva até a dose de 98 kg/ha onde obteve-se 15,9 bulbilhos em média por bulbo. Estes resultados estão de acordo com Nogueira (1979) e Panchal et al. (1992), que também verificaram que uma maior disponibilidade de nitrogênio pode aumentar o número de bulbilhos/bulbo. Entretanto, a intensidade de variação desta característica vai depender além da quantidade de nitrogênio disponível, principalmente e especificamente da cultivar em questão.

A diferença no número médio de bulbilhos por bulbo foi de 43,7% para as plantas de cultura de tecidos em relação as plantas convencionais, considerando a dose de 98 kg/ha de nitrogênio que proporcionou o maior número de bulbilhos/bulbo em plantas convencionais.

4.5 CONCLUSÕES

Nas condições em que foi realizado o presente trabalho, os resultados permitem as seguintes conclusões:

- De maneira geral, tanto em plantas provenientes de cultura de tecidos quanto multiplicadas de forma convencional, verifica-se reposta adubação nitrogenada somente entre 90 e 130 dias após o plantio.

- As plantas de cultura de tecidos apresentam comportamento distinto e intensidade de resposta ao nitrogênio superior às plantas convencionais.

- Para características como altura das plantas, produção de matéria seca, absorção de nitrogênio e número de bulbilhos/bulbo as plantas de cultura de tecidos

mostram um comportamento raiz quadrático para o aumento das doses de nitrogênio. A produção, peso médio, diâmetro de bulbos aumentam linearmente com o incremento das doses de nitrogênio, neste tipo de planta.

- As plantas provenientes de multiplicação convencional apresentam, de maneira geral, comportamento cúbico ao aumento das doses de N. A altura de planta, acúmulo de matéria seca, produção, peso médio de bulbo e número médio de bulbilhos/bulbo aumentaram até 116, 102, 107, 105 e 98 kg/ha de nitrogênio, respectivamente.

- As plantas de cultura de tecidos apresentam para maioria dos parâmetros estudados respostas bastante significativas a baixas doses de nitrogênio, comportamento oposto ao das plantas convencionais, que praticamente não responderam ao nitrogênio nesta faixa.

- Em termos de eficiência econômica, a aplicação de 99 e 81 kg/ha de nitrogênio respectivamente para plantas de cultura de tecidos e convencionais, proporcionam a obtenção de 90% da produção total máxima.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALJARO URIBE, A. ; ESCAFF, G.M. Fertilization nitrogenada y densidad de plantacion en el cultivo de ajo (*Allium stivum* L.). *Agricultura Tecnica*, Santiago, v.26, n.2, p.63-68, 1976.
- ALVARENGA, M.A.R. ; SANTOS, M. de L.B. Efeito de fontes e níveis de nitrogênio sobre o desenvolvimento de duas cultivares de alho (*Allium stivum* L.). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 22, Vitória, 1982. **Resumos...**, Vitória:SEA/SOB, 1982. p.304.
- AMARAL, F.A.L. **Contribuição ao estudo da localização de fertilizantes na cultura do alho (*Allium sativum*, L.).** Viçosa:UFV, 1967. 56p. (Tese - Mestrado em Fitotecnia).
- BARBER, E. **Soil Chemistry and Fertility: Application of uptake.** Agronomy 660 class notes. West Lafayette: Purdue University, 1982. 660p.
- BARNI, V. ; GARCIA, S. Comportamento do alho Quitéria isento do Vírus do Estriado Amarelo em diferentes condições de cultivo. *Hortisul*, Pelotas, v.3, n.1, p.15-19, Jan. 1994.

mostram um comportamento raiz quadrático para o aumento das doses de nitrogênio. A produção, peso médio, diâmetro de bulbos aumentam linearmente com o incremento das doses de nitrogênio, neste tipo de planta.

- As plantas provenientes de multiplicação convencional apresentam, de maneira geral, comportamento cúbico ao aumento das doses de N. A altura de planta, acúmulo de matéria seca, produção, peso médio de bulbo e número médio de bulbilhos/bulbo aumentaram até 116, 102, 107, 105 e 98 kg/ha de nitrogênio, respectivamente.

- As plantas de cultura de tecidos apresentaram para maioria dos parâmetros estudados respostas bastante significativas a baixas doses de nitrogênio, comportamento oposto ao das plantas convencionais, que praticamente não responderam ao nitrogênio nesta faixa.

- Em termos de eficiência econômica, a aplicação de 99 e 81 kg/ha de nitrogênio respectivamente para plantas de cultura de tecidos e convencionais, proporcionaram a obtenção de 90% da produção total máxima.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALJARO URIBE, A. ; ESCAFF, G.M. Fertilization nitrogenada y densidad de plantacion en el cultivo de ajo (*Allium stivum* L.). **Agricultura Tecnica**, Santiago, v.26, n.2, p.63-68, 1976.
- ALVARENGA, M.A.R. ; SANTOS, M. de L.B. Efeito de fontes e níveis de nitrogênio sobre o desenvolvimento de duas cultivares de alho (*Allium stivum* L.). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 22, Vitória, 1982. **Resumos...**, Vitória:SEA/SOB, 1982. p.304.
- AMARAL, F.A.L. **Contribuição ao estudo da localização de fertilizantes na cultura do alho (*Allium sativum*, L.)**. Viçosa:UFV, 1967. 56p. (Tese - Mestrado em Fitotecnia).
- BARBER, E. **Soil Chemistry and Fertility: Application of uptake**. Agronomy 660 class notes. West Lafayette: Purdue University, 1982. 660p.
- BARNI, V. ; GARCIA, S. Comportamento do alho Quitéria isento do Vírus do Estriado Amarelo em diferentes condições de cultivo. **Hortisul**, Pelotas, v.3, n.1, p.15-19, Jan. 1994.

- BERTONI, G. ; MORARD, P. ; SOUBIEILLE, C. ; LLORENS, J.M. Growth and nitrogen nutrition of garlic (*Allium sativum*, L.) during bulb development. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v.50, n.3, p.187-195, 1992.
- BUWALDA, J.G. Nitrogen nutrition of garlic (*Allium sativum*, L.) under irrigation. Crop growth and development. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v.29, n.1, p.55-68, 1986.
- CARVALHO, L.G. de. **Efeitos de diferentes lâminas de água e doses de nitrogênio e potássio na cultura do alho (*Allium sativum*, L.)**. Lavras:UFLA, 1995. 72p.
- COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DE MINAS GERAIS. **Recomendações para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais; 4^a aproximação**. Lavras, 1989. 76p.
- COSTA, T.M.P. da. **Efeitos de diferentes lâminas de água e doses de nitrogênio sobre a cultura do alho (*Allium sativum*, L.), cv Juréia**. Lavras:ESAL, 1992. 80p. (Dissertação - Mestrado em Fitotecnia).
- COUTO, F.A.A. **Symptoms of mineral deficiencies in garlic and garlic flower production**. Berkley:University of California, 1985. 32p. (Tese - Mestrado).
- COUTO, F.A.A. Resultados experimentais de seleção e método de plantio de bulbilhos na brotação, crescimento e produção do alho. Viçosa:UREMG, 1958. 130p. (Tese - Catedrático).
- EL BEHEIDI, M.A. ; KEMEL, N.H. ; ABOU EL MAGD, M.M. Effect of water regime and nitrogen fertilizer on some mineral contents, yield and amino acid contents of garlic plant. **Annals of Agricultural Science**, Moshtohor, v.19, n.1, p. 149-168, 1983.
- EPSTEIN, E. **Mineral nutrition of plants: principle and perspectives**. New Delhi:Willey Eastern, 1978. 411p.
- ESCAFF, G.M. ; ALJARO URIBE, A. Dos ensaios sobre el efecto del nitrogenio e fosforo en ajo rosado. **Agricultura Tecnica**, Santiago, v.42, n.2, p.43-47, Abr./Jun. 1982.
- FERRARI, V.A. ; CHURATA-MASCA, M.G.C. Efeitos de níveis crescentes de nitrogênio e bórax na produção de alho (*Allium stivum* L.). **Científica**, São Paulo, v.3, n.2, p.254-262. 1975.
- GIBBS, A. ; HARRISON, B. **Plant Virology: The principles**, New York:Buffer and Turner, 1979. 292p.

- HENIS, Y. Efecto que ejercem los elementos nutritivos minerales sobre los patógenos pedecidos por el suelo y la resistência de los huespedes. **Revista de la Potassa**. Berna 1976. Sección 23, 49 continuacion. p.7 (resumo).
- HUBER, D.M. The influence of mineral nutrition on vegetable diseases. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.12, n.2, p.206-214, Nov. 1994.
- HUBER, D.M. The use of fertilizer and organic amendments in control of plant disease. In: PIMENTEL, D. **Handbook of pest management in agriculture**, Boca Raton: CRC Press, 1981, v.1, p.357-394.
- HUBER, D.M. The role of nutrition in the take-all disease of wheat and other small grains. In: ENGELHARD, W.A. **Management of diseases with macro and micro elements**. St. Paul: The American Phytopathology Society, 1989. p.58-59.
- JONES, H.A. ; MANN, L.K. Garlic In: JONES, H.A. ; MANN, L.K. **Onions and their allies**. London: Leonard Hill Books, 1963, Cap. 18. p.210-229.
- KAFKAFI, U, ; WAERSTEIN, I. Effect of potassium nitrate and ammnium nitrate on growth, cation uptake and water requeriment of tomato growth in sand culture. **Israel Journal of Agriculture Research**, Tel aviv, v.21, n.1, p.13-20, 1970.
- KRARUP, C. ; TROBOK, S. Efeitos de sistemas de plantacion sobre rendimento, calidad del bulbo y aprovechamento de la fertilizacion nitrogenada en ajo (*Allium sativum* L.). **Associação Latinoamericana**, Caracas, v.11, n.1, p.39-42, 1975.
- LEOPOLD, A.C. ; KRIEDMANN, P.E. **Plant growth and development**. New York: Mcgraw Hill, 1978. 580p.
- LITTLE, T.M. ; HILLS, F.J. **Agricultural Experimentation**, New York: John Willey and sons, 1978. 350p.
- MAGALHÃES, J.R. ; MENEZES SOBRINHO, J.A. DE ; FONTES, R.R. ; SUZA, A.F. Diagnose por subtração, visando levantamento dos nutrientes limitantes para cultura do alho em solo de cerrado do Distrito Federal. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 19, Florianópolis, 1979. **Resumos...**, Florianópolis: EMPASC, 1979, v.2, p.197-198.
- MAGALHÃES, J.R. de. Nutrição mineral do alho. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.12, n.142, p.20-30, Out. 1986.
- MAKSoud, M.A. ; FODA, S. ; TAHA, E.M. Effect of different fertilizer on quality and yield of garlic. **Egyptian Journal of Horticulture**, Cairo, v.11, n.1, p.51-58, 1984.
- MALAVOLTA, F. **Elementos de Nutrição Mineral de Plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1980. 251p

- MALAVOLTA, F. **Manual de Química Agrícola: Nutrição mineral de plantas e fertilidade do solo.** São Paulo: Agronômica Ceres, 1976. 528p.
- MALAVOLTA, F. ; VITTI, G.C. ; OLIVEIRA, S.A. de. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações.** Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1989. 201p.
- MANN, L.K. Anatomy og the garlic bulb and factors affecting bulb development. *Hilgardia*, Berkeley, v.21, n.8, p.195-251, Jan. 1952.
- MENEZES SOBRINHO, J.A. **Cultivo do alho (*Allium sativum* L.),** Brasília, EMBRAPA-CNPH, 1984. (EMBRAPA-CNPH. Instruções técnicas, 2).
- MENEZES SOBRINHO, J.A. ; NOVAIS, R.F. ; SANTOS, H.L. dos ; SANS, L.M.A. Efeito da adubação nitrogenada, de diferentes espaçamentos entre plantas e da cobertura morta do solo sobre a produção do alho. *Revista Ceres*, Viçosa, v.21, n.11/8, p.458-469, Nov/Dez. 1974.
- MINARDI, H.R.G. Effect of clove size, spacing, fertilizers, and lime on yield and nutrient content of garlic (*Allium sativum* L.). *New Zealand Journal of experimental Agriculture*, Wellington, v.6, n.2, p.139-143, 1978.
- NAKAGAWA, J. Nutrição e adubação do alho. In: FERREIRA, E.M. ; CASTELLANE, P.D. ; CRUZ, M.C.P. da. **Nutrição e adubação de hortaliças**, Piracicaba: POTAFOS, 1993. 400p.
- NOGUEIRA, I.C.C. **Efeitos do parcelamento da adubação nitrogenada sobre as características morfológicas, fisiológicas e produção do alho (*Allium stivum* L.), cv Juréia.** Lavras: ESAL, 1979. 64p. (Tese - Mestrado em Fitotecnia).
- NOVAIS, R.F. ; MENEZES SOBRINHO, J.A. ; SANTOS, H.L. ; SANS, L.M.A. Efeito da adubação nitrogenada e da cobertura morta sobre os teores de N, P, K, Ca e Mg nas folhas de três cultivares de alho. *Revista Ceres*, Viçosa, v.21, n.114, p.125-141, Mar.1974.
- OLIVEIRA, G.D. ; FERNANDEZ, P.D. ; SARRUGE, J. R. ; HAAG, H.P. Nutrição mineral de hortaliças XIII. Extração dos macronutrientes pelas hortaliças. *O Solo*, Piracicaba, v.63, n.1, p.7-12, Jun. 1971.
- OMAR, F.A. ; ARAFA, H.E. Effect of clove size and nitrogen on growth, yield and chemical composition of garlic plants. *Agricultural Reserch Review Horticulture*, v.57, n.2, p.233-244. 1979. In: HORTICULTURAL ABSTRACTS, Wallingford, v.52, n.6, p.357, 1982. (Abst, 1813).

- OM, H. ; SRIVASTAVA, R.P. ; TIWARI, D.N. Effect of nitrogen, phosphorus and potash fertilization on the growth and yield of garlic. **Indian Journal of Horticulture**, Bangalore, v.35, n.4, p.364-369, 1978.
- PANCHAL, G.N. ; MODHWADIA, M.M. ; PATEL, J.C. ; SADARIA, S.G. ; PATEL, B.S. Response of garlic (*Allium stivum* L.) to irrigation, nitrogen and phosphorus. **Indian Journal of Agronomy**, Mordison, v.37, n.2, p.397-398, Jun. 1992.
- PIMPINI, I. Investigations on the fertilizing of garlic (*Allium stivum* L.). **Rivista di Agronomia**, Roma, v.4, n.3, p.182-188, 1970.
- RESENDE, G.M. de. **Influência do nitrogênio e paclobutrazol na cultura do alho (*Allium sativum* L.)**. Lavras:ESAL, 1992. 107p. (Tese - Mestrado em Fitotecnia).
- RUIZ, R. Variación estacional de los tenores foliares de N,P,K, Ca, Mg y microelementos y estándares preliminares para N em ajos. **Agricultura tecnica**, Santiago, v.45, n.2, p.159-161. 1985.
- SANTOS, M. de L. B. dos. **Efeitos de fontes e níveis de nitrogênio sobre o desenvolvimento e produção de duas cultivares de alho (*Allium sativum* L.)**. Lavras:ESAL, 1980. 74p. (Tese - Mestrado em Fitotecnia).
- SANTOS, A.V.X. ; LEAL, E.P. ; MENDES, J.E.S. Efeito da dosagem crescente de nitrogênio mineral na cultura do alho (*Allium stivum* L.) em Jacobina, BA. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA/REUNIÃO LATINOAMERICANA DE OLERICULTURA 24/1, Jaboticabal, 1984. **Resumos...** Jaboticabal:FCAV/UNESP, 1984. p.1.
- SCALOPI, E.S. ; KLAR, A.E. ; VASCONCELOS, E.F.C. Irrigação e adubação nitrogenada na cultura do alho. **O Solo**, Piracicaba, v.63, n.1, p.63-66, 1971.
- SILVA, N. ; OLIVEIRA, G.R. ; VASCONCELOS, E.F.C. ; HAAG, H.P. Absorção de nutrientes pela cultura do alho. **O Solo**, Piracicaba, v.62, n.1, p.8-17, Jun.1970.
- SINGH, J.R. ; SRISVASTAVA, R.P. ; GAWAI, V.G. ; TEWARI, J. Effects of source of organic manures characteristics of *Allium sativum* L. (Garlic). **Indian Journal of Horticulture**, Banaras, v.25, n.3, p.191-195, 1968.
- SOTOMAYOR, R.I. Efecto de la fertilization nitrogenada y densidad de plantas en la productions de ajos. **Agricultura tecnica**, Santiago, v.35, n.4, p.175-178, 1975.
- SOUZA, R.J. de. **Influência do nitrogênio, potássio, cycocel e paclobutrazol na cultura do alho (*Allium stivum* L.)**. Viçosa:UFV, 1990. 143p. (Tese - Doutorado em Fitotecnia).

- SOUZA, R. J. de.; CASALI, V.W.D. Pseudoperfilhamento - Uma anomalia genético-fisiológica em alho. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.12, n.142, p.36-41, Out. 1986.
- TISDALE, S.L. ; NELSON, W.L. **Soil fertility and fertilizers**. 2 ed., New York:MacMillan, 1968. 694p.
- VILELA , E. de A. ; RAMALHO, M.A.P. Análise das temperaturas e precipitações pluviométricas de Lavras, MG. **Ciência e Prática**, Lavras, v.3, n.1, p.71-79, Jan./Jun.1979.
- ZAMBOLIM, L. ; VENTURA, J.A. Resistência a doenças induzida pela nutrição mineral das plantas. In: LUZ, W.C. **Revisão Anual de Patologia de Plantas**, Passo Fundo: FAUPF, 1993, v.1. p.275-318.
- ZINK, K.F.W. Rate of growth and nutrient absorption of late garlic. **Proceedings of American Society of Horticultural Science**, Bettsville, v.83, p.579-584, 1963.

5 QUALIDADE PÓS COLHEITA DE BULBOS DE ALHO PROVENIENTES DE CULTURA DE TECIDOS E MULTIPLICAÇÃO CONVENCIONAL

* RESUMO

Com o objetivo de estudar possíveis diferenças na qualidade pós-colheita e características industriais de bulbos de plantas de alho provenientes de cultura de tecidos e multiplicadas de forma convencional, foram determinados os teores de sólidos solúveis e totais, acidez titulável, açúcares redutores, não redutores e totais, óleo essencial, ácido pirúvico e índice industrial. Foi observado que as plantas de cultura de tecidos sobressaíram-se em relação às convencionais para os teores de sólidos solúveis, sólidos totais e óleo essencial, mostrando-se superiores para utilização na indústria de desidratação de alho e farmacêutica. As plantas provenientes de multiplicação convencional apresentaram concentrações superiores de açúcares, ácido pirúvico e índice industrial e portanto melhores características de aroma e sabor. As plantas de cultura de tecidos, em função do maior peso e tamanho de bulbos, apresentaram maiores quantidades de sólidos, açúcares, ácidos e óleo essencial por planta, resultando num maior rendimento destes produtos por área.

5.1 INTRODUÇÃO

O alho pelas suas excepcionais características de aroma e sabor tem sido muito apreciado como ingrediente culinário. É um dos principais condimentos da cozinha brasileira e de outros países. Devido a suas propriedades antimicrobianas, o alho tem sido preconizado como matéria prima da indústria farmacêutica (Carpenter, 1945; Carvalho et al. 1987; Chalfoun e Carvalho, 1987 e Penoni, 1993).

Durante o armazenamento do alho e da cebola, ocorrem alterações na transpiração, respiração e outras atividades metabólicas agravadas por infecções por

patógenos, provocando perda de peso e mudanças na composição físico-química e química dos bulbos (Carvalho et al. 1991).

A conservação do alho pós-colheita e a manutenção de suas características de aroma e sabor durante o armazenamento vem se tornando uma necessidade crescente, a fim de tornar possível a regularização da distribuição desse produto com ótima qualidade no mercado consumidor ao longo do ano (Fontes e Regina, 1975).

Foda (1977), observou que a data de plantio exerce efeito na manutenção da qualidade de diferentes cultivares de alho e que a sua maior ou menor conservação durante o armazenamento depende em grande parte da época de plantio. Há, também, grande influência da época de colheita dos bulbos na resistência a estocagem, por isso Ragheb et al. (1972), determinaram o estágio de maturidade ótimo para se obter alta produção e excelente qualidade. Ainda estes autores observaram que o alho colhido verde deteriora-se rapidamente aumentando com o período de armazenamento.

A manutenção da qualidade dos bulbos durante a estocagem está diretamente relacionada ao controle da brotação, ou seja, a inibição do desenvolvimento dos primórdios foliares e raízes por determinado período de tempo. Este fator é controlado pelas condições ambientais de armazenamento. Segundo Werner (1986), a armazenagem prolongada pode ser obtida com ótimos resultados a 0°C para alho-consumo e 5°C para alho-semente, mantendo-se a umidade relativa entre 60 e 70%.

Para reduzir ou evitar perdas na qualidade e conservação dos bulbos durante o armazenamento é necessário que uma série de fatores sejam considerados: Interrupção da irrigação duas a três semanas antes da colheita (Regina, 1976), evitar colheita prematura resultando na diminuição da capacidade de armazenamento (Pantastico et al. 1975), cura perfeita, limpeza e preparação dos bulbos e tratamento com fungicidas, inseticidas para evitar problemas de deterioração por insetos, ácaros e fungos (Eckert et al. 1975; Santos e Lima, 1972).

A qualidade de alho e cebolas é avaliada em função da sua composição química e físico-química, que é dada por fatores como: teor de sólidos, açúcares, ácidos, óleo essencial e compostos sulfurados voláteis, sendo estes últimos os principais responsáveis pelo aroma e sabor característico das aliáceas (Whitaker 1976).

As propriedades aromáticas e medicinais do alho são devidas a compostos sulfurados voláteis que se encontram concentrados na fração óleo essencial, podendo-se através desta fração medir indiretamente a intensidade de aroma e sabor e o potencial antimicrobiano do alho (Schwimmer e weston, 1961, Saghir et al. 1964 e Dankert et al. 1979).

Os compostos aromáticos e medicinais do alho são produzidos enzimaticamente quando o tecido é injuriado. Os substratos para produção desses compostos voláteis são conhecidos como alinas ou alicinas e são derivados do aminoácido cisteína (Saghir et al. 1964). Em tecidos injuriados a alina se transforma em ácido pirúvico, amônia e em outros compostos sulfurados.

O teor de ácido pirúvico vem sendo utilizado como principal medida do grau de pungência e aroma das aliáceas (Schwimmer e Weston, 1961 e Freeman e Whenhan, 1976).

Saghir et al. (1964), afirmam que outros fatores como açúcares, sólidos totais e fator lacrimatório (acidez), devem ser levados em consideração aos se avaliar as características de sabor e aroma em aliáceas.

Os teores de sólidos totais estão relacionados ao rendimento industrial, sendo utilizado para seleção de matérias primas para desidratação, produção de pastas e liofilização (Mascarenhas et al. 1978, Carvalho et al. 1987). Segundo Carvalho et al. (1987) é importante também a determinação do teor de sólidos solúveis pois é nesta fração que se encontram os açúcares responsáveis, em parte, pela sabor do alho.

Para indústria farmacêutica é necessário que os bulbos apresentem altos teores de óleo essencial (Freemam e Wienhan, 1976). Nos últimos anos o óleo de alho encapsulado tem tido ótima aceitação no mercado brasileiro.

A composição físico-química do alho varia com a cultivar, tratos culturais, condições climáticas, período de cura e armazenamento. Sabe-se que após a colheita o alho tende a perder umidade e compostos que lhe fornece aroma e sabor característicos (Schwimmer e Weston, 1961 ; Foda, 1977; Instituto de Tecnolgia de Alimentos, 1977; Carvalho et al. 1987).

Carvalho et al. (1987), observaram que os teores de sólidos totais, óleo essencial, acidez titulável, açúcares, ácido pirúvico em alho variam de acordo com a

cultivar e o período de cura, encontrando valores variando entre as cultivares de 36,06 $\mu\text{Mol/g}$ a 53,8 $\mu\text{Mol/g}$ para ácido pirúvico, 36,22 a 37,25% para sólidos totais, 0,25 a 0,54% para óleo essencial, 15,27% a 26,02% para açúcares totais e 0,45 a 0,9% para acidez titulável.

O conteúdo de açúcares presentes em alho e cebola é importante na qualidade comestível dos mesmos. Yamagushi et al. citado por Mascarenhas et al. (1978) estudaram que os açúcares de alho e cebola armazenados por quatro meses diminuíam com o aumento da temperatura.

Mascarenhas et al. (1978), estudando efeito de cultivares e local de plantio na composição química dos bulbos, observaram que os teores de sólidos totais e solúveis variaram com a cultivar, enquanto que a acidez foi mais influenciada pelo local de cultivo. A acidez foi menor em cultivares plantadas em locais mais quentes e secos.

Estudos desenvolvidos pelo Instituto de Tecnologia de Alimentos (1977), mostram a importância da temperatura de armazenamento na manutenção da qualidade dos bulbos. Os teores de sólidos totais, açúcares, acidez titulável e pH foram menos afetados ao longo do tempo, quando os bulbos foram armazenados em ambiente refrigerado. Este estudo demonstrou, também, que as cultivares brasileiras de alho apresentam características industriais e pungência superiores às cultivares argentinas e chilenas.

Na cultivar "Amarante" observou-se aumentos nos teores de ácido pirúvico e acidez titulável e nos valores de perda de peso e decréscimo de sólidos totais com o armazenamento. Os maiores rendimentos de óleos essenciais ocorreram aos 0 e 120 dias após a colheita e aos 60 e 150 dias após a colheita os maiores valores de índice industrial (Carvalho et al. 1991).

O bulbilho é considerado uma gema vegetativa dormente, entrando neste estado após a maturação fisiológica. Qualquer fenômeno anormal, inclusive de origem exógena influi nesta condição inicial, alterando o metabolismo respiratório, ocasionando um consumo anormal das reservas do bulbilho (Bleasdale, 1976), enfim, comprometendo prematuramente as qualidades aromáticas e industriais do bulbo

Muitas doenças que ocorrem no alho durante o ciclo vegetativo podem prolongar seu efeito prejudicial até o armazenamento se houverem condições favoráveis (Silva et

al. 1979). Segundo Carvalho (1986), além de reduzir os rendimentos da cultura, as viroses possivelmente também alteram a longevidade e qualidade dos bulbos armazenados. Durante o período de armazenamento, os vírus mantêm-se ativos, multiplicando-se e utilizando-se das reservas do bulbo, sendo provavelmente um dos principais fatores exógenos a comprometer as características físico-químicas, e portanto, a qualidade aromática e industrial do alho.

5.2 OBJETIVO

Este trabalho teve como objetivo a estudar a qualidade pós-colheita de bulbos de alho produzidos por plantas provenientes de cultura de tecidos e de multiplicação convencional.

5.3 - MATERIAL E MÉTODOS

5.3.1 - Cultivo, delineamento experimental e tratamentos

Este trabalho foi conduzido no Setor de Olericultura/Departamento de Agricultura da Universidade Federal de Lavras (UFLA) e Estação Experimental da EPAMIG/UFLA em Lavras, MG.

Neste ensaio foram utilizados dois tratamentos compostos por plantas da cultivar "Gigante Roxão" proveniente de cultura de tecidos obtidas no laboratório de Biotecnologia da UFLA e a mesma cultivar multiplicada de forma convencional no CNPH/EMBRAPA, em Brasília, DF. Estes materiais foram cultivados em canteiros de 1m de largura por 1,5 m de comprimento e 20 cm de altura, adotando-se um espaçamento de 10 cm entre plantas e 20 cm entre fileiras. Cada canteiro foi composto por cinco fileiras de plantas, sendo considerado como área útil as três fileiras centrais, descartando-se duas plantas em cada extremidade dos canteiros, resultando numa área de 0,9 m². A adubação de plantio foi realizada de acordo com a análise de solo e constou de 200 kg/ha de P₂O₅ (Superfosfato simples), 60 kg/ha K₂O (Cloreto de potássio), e mais 50 kg/ha de sulfato de magnésio, 15 kg/ha de bórax e 10 kg/ha de sulfato de zinco. Foram utilizados 105 kg/ha de nitrogênio (uréia), parcelando-se a aplicação em 1/3 no plantio, 1/3 aos 45 e 1/3 aos 60 dias após o plantio.

Os bulbos foram colhidos completamente maduros, secos ao sol por três dias e curados a sombra por 50 dias. Após o período de cura os bulbos foram limpos e selecionados retirando-se a parte aérea, raízes e descartando-se aqueles chochos e danificados.

Os bulbos foram então debulhados e os bulbilhos descascados e lavados. Foram retiradas de cada tratamento três amostras de 0,5 kg de bulbilhos, constituindo-se estas amostras, as repetições deste ensaio (repetições de laboratório). Estas amostras foram enviadas ao Laboratório de Análise de produtos Vegetais UFLA/EPAMIG para realização das análises químicas e físico-químicas. Estas análises foram feitas cerca de 120 dias após a colheita dos bulbos.

Para efeito de análise estatística, considerou-se um delineamento inteiramente casualizado com dois tratamentos (plantas de cultura de tecidos e de multiplicação convencional) e três repetições. Os resultados das análises laboratoriais foram testados quanto a normalidade e homogeneidade pelos testes de Lilliefors e Bartlett respectivamente e submetidos a uma análise de variância através do teste F.

5.3.2 - Avaliações Químicas e Físico-químicas

Sólidos totais - Através de secagem em estufa , determinado segundo a técnica proposta por Luh, Dempsey e Leonard (1954).

Sólidos solúveis - Determinados por refratometria, segundo técnica da Association os Official Agricultural Chemists (1970).

Açúcares redutores, não redutores e totais - Extração usando técnica da Association os Official Agricultural Chemists (1970) e identificados pelo método de Somogy modificado por Nelson (1944).

Acidez titulável total - Determinada por titulometria com NaOH a 0,1 N, conforme técnica proposta pela Association os Official Agricultural Chemists (1970).

Ácido pirúvico - Determinado por método colorimétrico utilizando a 2,4 dinitrofenilhidrazina, de acordo com o método de Scwimmer e Weston (1961).

Óleo essencial - Extração por destilação em água, em destilador de óleo essencial de acordo com a Association os Official Agricultural Chemists (1970).

Índice industrial (Ii) - Obtido pela seguinte fórmula:

$$Ii = \frac{\text{Sólidos totais} \times \text{sólidos solúveis}}{100}$$

5.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As plantas provenientes de cultura de tecidos apresentaram teores de sólidos solúveis e totais nos bulbos significativamente superiores as plantas de multiplicação convencional. Quanto a acidez titulável, não foram verificadas diferenças estatisticamente significativas, porém as plantas convencionais apresentaram teores ligeiramente maiores para esta característica. (Tabela 28). A acidez titulável, geralmente, não excede a 2,0 %, sendo o ácido pirúvico o principal componente desta fração em alho e cebola.

TABELA 28. Teores e quantidade de sólidos solúveis, sólidos totais e acidez titulável total em bulbos de plantas de alho provenientes de cultura de tecidos e de multiplicação convencional.

Formas de multiplicação	Sólidos solúveis		Sólidos totais		Acidez titulável	
	(%)	(g/bulbo)	(%)	(g/bulbo)	(%)	(g/bulbo)
Cultura de tecidos	38,08 a	13,50	39,27 a	13,92	0,47 a	0,16
Mult. Convencional	34,71 b	5,87	35,59 b	6,02	0,54 a	0,09
C.V. (%)		2,90		1,64		9,01

Médias seguidas pela mesma letra nas colunas, não diferem entre si (Tukey, 5%).

A partir do peso médio de bulbo (Tabela 8, Capítulo 2), estimou-se a quantidade de sólidos solúveis, totais e ácidos orgânicos no material vegetal preexistente, verificando-se entre plantas de cultura de tecidos e plantas convencionais diferenças de 130 ; 131,2 e 77% , respectivamente.

As plantas de cultura de tecidos apresentaram uma concentração de sólidos totais relativamente superior a média das cultivares brasileiras, que tem se concentrado em torno de 33% (Stringheta e Menezes Sobrinho, 1986). Esses autores verificaram para cultivar Gigante Roxão um teor de 29,83%, inferior inclusive ao dos bulbos de plantas convencionais determinado por este trabalho.

O rendimento industrial de alho desidratado depende em grande parte da concentração de sólidos presentes na matéria prima utilizada. Assim, quanto maior o teor de sólidos de determinada cultivar maior o seu rendimento industrial em termos de produto desidratado e menor o seu custo de processamento em função de uma menor quantidade de água que deverá ser removida dos bulbos (Tabela 28).

A porção solúvel dos sólidos é constituída em sua maioria por açúcares e em menor proporção por ácidos orgânicos e outros componentes. Após desidratado a solubilidade do alho em pó depende dos níveis de sólidos solúveis nos bulbos. Nota-se pela Tabela 28 que a concentração de sólidos solúveis nos bulbos das plantas de cultura de tecidos foi significativamente maior que em plantas de multiplicação convencional, observando-se uma diferença de 9,7% para esta característica entre estes materiais. Os teores de sólidos solúveis encontrados neste trabalho, mesmo para plantas multiplicadas de forma convencional foram superiores aos verificados por Stringheta e Menezes Sobrinho (1986), em plantas também convencionais da cultivar Gigante Roxão (28,87%) e em relação a média de algumas cultivares nacionais (29%) avaliadas por estes autores. Entretanto, deve-se lembrar que a concentração de sólidos é bastante variável com as condições climáticas em que o alho é produzido e armazenado, sendo a temperatura de armazenamento, o principal fator climático a influenciar esta característica (Mascarenhas et al. 1978).

Os teores de sólidos solúveis nos bulbos diminuem a medida que se prolonga o armazenamento (Carvalho et. al. 1991 e Penoni, 1993), devido ao consumo das reservas pela respiração que tende a aumentar com o tempo de armazenamento, uma vez que o bulbilho começa a superar seu estado de dormência, iniciando o desenvolvimento da folha de brotação. Portanto, espera-se que em bulbos contendo partículas virais, este processo estimule também a multiplicação destes patógenos,

provocando um consumo mais intenso das reservas destes órgãos em relação à plantas de cultura de tecidos.

O teor de açúcares total é composto em sua quase totalidade por açúcares não redutores, apresentando-se os açúcares redutores em níveis inferiores a 1%. Os principais açúcares redutores do alho são a glicose e a frutose e os açúcares não redutores que constituem-se basicamente por sacarose e isomaltose. Os açúcares redutores durante o processo de desidratação podem sofrer caramelização, comprometendo a qualidade do produto final. Em função das suas concentrações serem muito baixas no bulbo, esse processo não chega a alterar as características do alho desidratado.

A Tabela 29 mostra que as plantas de multiplicação convencional apresentaram teores de açúcares não redutores e totais, significativamente superiores às plantas de cultura de tecidos. O teor de açúcares redutores foi também maior em plantas convencionais, porém não significativo estatisticamente. Entretanto as quantidades de açúcares redutores, não redutores e totais no bulbo de plantas de cultura de tecidos foram respectivamente, 110 ; 63,5 e 65% superiores às plantas de multiplicação convencional.

TABELA 29. Teores e quantidades de açúcares redutores, não redutores e totais em bulbos de plantas de alho provenientes de cultura de tecidos e de multiplicação convencional.

Formas de multiplicação	Açúcares redutores		Açúcares não redutores		Açúcares totais	
	(%)	(g/bulbo)	(%)	(g/bulbo)	(%)	(g/bulbo)
Cultura de tecidos	0,40 a	0,14	5,96 b	2,11	6,68 b	2,36
Mult. Convencional	0,42 a	0,07	7,66 a	1,29	8,49 a	1,43
C.V. (%)		3,26		6,71		5,05

Médias seguidas pela mesma letra nas colunas, não diferem entre si (Tukey, 5%).

Os teores de açúcares verificados no presente trabalho, tanto para plantas de cultura de tecidos quanto convencionais, foram inferiores aos verificados pelo Instituto de Tecnologia de Alimentos (1977) e por Carvalho et. al. (1991), mas encontra-se dentro da faixa observada por Penoni (1993). Tanto os teores de sólidos quanto de açúcares apresentam flutuações durante o período de armazenamento (Instituto de Tecnologia de Alimentos 1977 ; Carvalho et. al. 1987 e 1991 e Penoni, 1993). Estas oscilações estão relacionadas à redistribuição da água nos tecidos do bulbo, troca de umidade com o ambiente (Hulme, 1971). Portanto a maior ou menor concentração de sólidos e açúcares nos bulbos depende da época durante o armazenamento em que estas características foram determinadas.

Não foram verificadas diferenças estatística para o teor de óleo essencial entre os tipos de plantas, embora, as plantas de cultura de tecidos tenham apresentado um teor consideravelmente mais elevado deste componente que as plantas convencionais (Tabela 30).

TABELA 30. Teores e quantidades de óleo essencial, ácido pirúvico no bulbos e índice industrial de plantas de alho provenientes de cultura de tecidos e de multiplicação convencional.

Formas de multiplicação	Óleo essencial		Ácido pirúvico		Índice industrial
	(%)	(g/bulbo)	($\mu\text{Mol/g}$)	($\mu\text{Mol/bulbo}$)	
Cultura de tecidos	0,30 a	0,10	46,45 b	16,46	18,24 b
Mult. Convencional	0,23 a	0,03	59,50 a	10,06	21,19 a
C.V. (%)	20,62		4,16		5,05

Médias seguidas pela mesma letra nas colunas, não diferem entre si (Tukey, 5%).

O óleo essencial é um subproduto do alho de grande valor econômico, sendo utilizado na indústria farmacêutica para produção de óleo encapsulado. Nesta fração

são encontrados todos os compostos sulfurados responsáveis pelas aptidões terapêuticas e também pelo sabor e aroma do alho.

Os teores de óleo essencial encontrados no presente trabalho encontram-se na faixa de 0,2 a 0,4%, concordando com resultados obtidos por Cavallito, Buck e Suter (1944), Guenther, (1952) e Carvalho et al. (1987 e 1991) . Entretanto algumas cultivares brasileiras podem atingir valores que chegam a 0,8% em determinadas épocas do armazenamento (Penoni, 1993), sendo consideradas excelentes fontes de óleo essencial para a indústria farmacêutica. O conteúdo de óleo essencial em bulbos de plantas de cultura de tecidos foi 234% maior do que o de bulbos de plantas convencionais.

A produção de ácido pirúvico tem sido utilizado como o principal parâmetro indicador da qualidade do alho. As plantas provenientes de multiplicação convencional destacaram-se com concentrações significativamente mais elevadas desta substância que as plantas de cultura de tecidos (Tabela 30). Em função do maior tamanho e peso, quantidade de ácido pirúvico produzida por planta em materiais de cultura de tecidos foi 63,61% superior, podendo resultar em maior rendimento deste produto por área. Cho et al. (1994), em trabalho semelhante verificaram também maior concentração de ácido pirúvico em bulbos de alho provenientes de multiplicação convencional. Assim como para os demais componentes da qualidade do alho, a concentração de ácido pirúvico depende das trocas de umidade entre os tecidos do bulbo e o ambiente e consumo de reservas durante o armazenamento. Tem-se que considerar ainda que quanto maior o bulbo, maior é a diluição deste composto e portanto, menor sua concentração. Esta parece ser a explicação mais plausível para diferença de teor de ácido pirúvico observada entre plantas convencionais e de cultura de tecidos, uma vez que estas últimas produziram bulbos de peso e tamanho significativamente superior.

O índice industrial por considerar simultaneamente os teores de sólidos totais e ácido pirúvico tem sido adotado como indicativo de qualidade na seleção de matéria prima para desidratação e produção de pasta de alho. Os bulbos de plantas de cultura de tecidos apesar da maior concentração de sólidos totais mostram-se menos odoríferos (menor teor de ácido pirúvico) que as plantas convencionais, resultando num produto com índice ou qualidade industrial significativamente inferior (Tabela 30).

Deve-se ressaltar, entretanto, que as plantas de cultura de tecidos em função do peso médio e tamanho de bulbo significativamente maior que o de plantas convencionais, apresenta maior quantidade de sólidos totais, açúcares, óleo essencial e ácido pirúvico por planta, traduzindo-se em maior rendimento destes compostos por área. É importante relatar ainda que a manipulação de bulbos de tamanho menor durante o preparo para processamento, aumenta as perdas, compromete parte das qualidades de aroma e sabor, além de aumentar sensivelmente os custos desta operação (Stringheta e Menezes Sobrinho, 1986).

5.5 CONCLUSÕES

Em função dos resultados obtidos nas condições experimentais em que foi conduzido este trabalho permitiu-se as seguintes conclusões:

- As plantas provenientes de cultura de tecidos apresentam teor de sólidos solúveis e total e concentração de óleo essencial superiores à plantas oriundas de multiplicação convencional, demonstrando boa aptidão para indústria de alho em pó e farmacêutica.

- As plantas convencionais sobressaem-se quanto aos teores de açúcares, ácido pirúvico e índice industrial, apresentando boas características de aroma e sabor por concentrar mais ácido pirúvico.

- As plantas de cultura de tecidos, em função do maior peso e tamanho de bulbos, apresentam maiores quantidades de sólidos, açúcares, ácidos e óleo essencial por planta, resultando num maior rendimento destes produtos por área.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS. **Official methods of analysis**. 11 ed. Washington, 1970. 1015p.

BLEASDALE, J.K.A. **Plant Physiology in Relation to Horticulture**. London:McMillan Press, 1976. 144p.

CARPENTER, C.W. Antibacterial properties of yeasts *Fusarium sp*, onion and garlic. **The Hawaiian Planters Record**, Honolulu, v.49, n.1, p.41-67, 1945.

- CAVALLITO, C.J. ; BUCK, SUTER, C.M. Allicin, the antibacterial principle of *Allium sativum*. Determination of chemical structure. **Journal of the American Chemical Society**, Washington, v.66, n.11, p.1952-1954, Nov. 1944.
- CARVALHO, M.G. Viroses do alho. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.12, n.142, p.41-46. Out. 1986.
- CARVALHO, V.D. ; CHALFOUN, S.M. ; JUSTE, J.R. ; LEITE, I.P. Efeito do tipo de cura na qualidade de algumas cultivares de alho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.22, n.7, p.733-740, Jul. 1987.
- CARVALHO, V.D. ; CHALFOUN, S.M. ; ABREU, C.M.P. ; CHAGAS, S.J.R. Efeito do tempo de armazenamento na qualidade do alho, cv Amaranthe. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.26, n.10, p.1679-1684, Out. 1991.
- CHALFOUN, S.M. ; CARVALHO, V.D. Inibição do crescimento micelial de *Giberella zeae* (*Fusarium graminearum*), através de tratamentos com extrato de alho e fungicida captafol. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v.12, n.3, p.32-33, 1987.
- CHO, K.R. ; PARK, C.K. ; KANG, C.S. ; YANG, J.S. ; KWUN, K.C. Effects of organic matters and lim materials on quality improvement of tissue cultured garlic (*Allium sativum* L.). **RDA Journal of Agricultural Science**, Hwasung, v.36, n.2, p.282-288, 1994.
- DANKERT, J. ; TROMP, T.F.J. ; URIES, J. ; KLASSEN, H.J. Antimicrobial activity of crude juices of *Allium ascalonicum*, *Allium cepa* and *Allium sativum*. **Zentralblatt fuer, Bakteriologie Parasitenkunde, Infektionskrankheiten und Hygiene**, Stuttgart, v.245, p.229-239, 1979.
- ECKERT, J.W. ; RUDIO, P.P. ; MATOO, A.K. ; THOMPSON, A.K. Postharvest pathology-part 2. Diseases of tropical crops and their control. In: ECKERT, J.W. ; RUDIO, P.P. ; MATOO, A.K. ; THOMPSON, A.K. **Postharvest physiology, handling and utilization of tropical and subtropical fruits and vegetables**. Connecticut: The AVI publishing Co., 1975. p.415-443.
- FODA, S.A. Effect of date of planting on keeping quality of different garlic varieties. **Agricultural Research Review**, Cairo, v.85, n.3, p.177-183, 1977.
- FONTES, P.C.R. ; REGINA, S.M. Algumas medidas sugeridas para a recuperação e expansão da cultura do alho no país. Brasília:ACAR, 1975. 9p.
- FREEMAN, G.C. ; WHENHAM, R.J. Nature and origin of volatile flavour components of onion and related species. **International Flavours and Food Aditives**, London, v.7, n.5, p.222-223, 1976.
- GUENTHER, E. **The essential oils**. Toronto: D. Van Nostrand, 1953. 679p.

- HULME, A.C. **The Biochemistry of fruits and their products.** London:Academic press, 1971. 620p.
- INSTITUTO DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS. **Armazenamento de variedades de alho (*Allium sativum* L.) mais comercializadas.** Desenvolvimento e aperfeiçoamento de métodos e sistemas de conservação e armazenamento de produtos hortigranjeiros frescos, Campinas, 1977. 37p.
- LUH, B.S. ; DEMPSEY, W.H. ; LEONARD, S. Consistency of pastes and pures from Pearson and Sam Marzano tomatoes. **Food Tecnology**, Chicago, v.8, n.12. p.576-586, 1954.
- MASCARENHAS, M.H.T. ; CARVALHO, V.D. ; SOUZA, R.J. ; SATURNINO, H.M. Características químicas de 17 cultivares de alho (*Allium sativum* L.) visando a possibilidade de desidratação do produto. Sete Lagoas, MG. In: EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA DE MINAS GERAIS. Projeto Olericultura; relatório 76/77. Belo Horizonte, 1978. p.33-34.
- NELSON, N. A photometric adaptation of somogyi metod for the determination of glucose. **Journal of Biological Chemists**, Baltimore, v.153, n.1, p.375-380, 1944.
- PANTATSTICO, E.B. ; SUBRAMANYAM, H. ; BHATTI, M.B. ; ALI, N. ; AKAMINE, E.K. Harvest indice. In: Postharvest physiology, handling and utilization of tropical and subtropical fruits and vegetables. Connecticut: The AVI publishing Co., 1975. p.56-74.
- PENONI, A.S. **Modificações na composição química e atividade antibacteriana de duas cultivares de alho (*Allium sativum* L.) durante o armazenamento pós-colheita em condições ambientais.** Lavras:ESAL, 1993. 75p. (Dissertação - Mestrado em Ciências dos Alimentos).
- RAGHEB, M.S. ; ATWA, A.A. ; HAMOUDA, M.A. RISK, N.A.M. ; ORABY, S.G. Seazonal changes in garlic and its effect on bulbs during storage. **Agricultural Research Review**, Cairo, v.80, n.2, p.157-165, Sept. 1972.
- REGINA, S.M. **Informações técnicas para a cultura do alho.** Belo Horizonte:ACAR, 1976. 38p. (ACAR - Série Olericultura, 4)
- SAGHIR, A.R. ; MANN, L.K. ; BERNHARD, R.A. ; JACBSOEN, J.V. Determination of aliphatic mono and disulfides in allium by gas chromatography and their distribution in the common food spices. **Proceedings of the Society for Horticultural Science**, Geneve, v.84, p.386-398. 1964.
- SANTOS, J.H.R. ; LIMA, P.J.B.F. Estudo sobre o alho no Ceará. III - Perdas de peso no armazenamento em alho que sofreu ataque de ácaro no campo. In: REUNIÃO DA SOCIEDADE DE OLERICULTURA DO BRASIL, 12, Fortaleza, 1972. **Resumos...** Fortaleza:SOB, 1972. p.1.

SCHWIMMER, S. ; WESTON, W.J. Enzymatic development of piruvic acid in onion as a mesure of pungency. **Journal of Agricultura Food Chemistry**, Washington, v.9, n.4, p.301-304, July/Aug. 1961.

SILVA, A.C.F. da ; MÜLLER, J.J.V. ; YOKOHAMA, S. ; FROSI, J.F. **Podridão branca *Sclerotium cepivorum* Berk.:** séria ameaça aos produtores de alho de Santa Catarina. Florianópolis:EMPASC, 1979. 5p. (Comunicado Técnico, 26).

STRINGHETA, P.C. ; MENEZES SOBRINHO, J.A. Desidratação de alho. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.12, n.142, p.50-55, Out. 1986.

WERNER, R.A. Manejo pós-colheita do alho. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.12, n.142, p.46-49, out. 1986.

WHITAKER, J.R. Development of flavor, odor and pungency in onion and garlic. **Advances in Food Research**, New York, v.22, n.1, p.73-133, 1976.