CRESCIMENTO E ACÚMULO DE NUTRIENTES DO TOMATEIRO PARA PROCESSAMENTO INDUSTRIAL

GLÁUCIA REGINA ANTI

Engenheiro Agrônomo

Orientador: Prof. Dr. **QUIRINO AUGUSTO DE CAMARGO CARMELLO**

Tese apresentada à Escola Superior
de Agricultura “Luiz de Queiroz”,
Universidade de São Paulo, para
obtenção do título de Doutor em
Agronomia, Área de Concentração:
Solos e Nutrição de Plantas.

PIRACICABA
Estado de São Paulo – Brasil
Novembro – 2004

Errata

ANTI, G.R. Crescimento e acúmulo de nutrientes do tomateiro para processamento

p.	item	linha	onde se lê	leia-se																																																																																																								
x	resumo	título	Crescimento e acúmulo de nutrientes do tomateiro para processamento	Crescimento e acúmulo de nutrientes do tomateiro para processamento industrial																																																																																																								
21	tabela 1	quinta	$\text{Fruto}^1 \text{ (Acúmulo de MS)}^{0,1} = 2,99195 + 0,75180X - 0,04115X^2 + 0,00077X$	$\text{Fruto}^1 \text{ (Acúmulo de MS)}^{0,1} = 2,99195 + 0,75180X - 0,04115X^2 + 0,00077X^3$																																																																																																								
29	tabela 7	terceira	$\text{Folha}^1 \log 10 \text{ (Acúmulo de Ca)}^{0,1} = - 1,09832 + 0,70226X - 0,03098X^2 + 0,00038X^2$	$\text{Folha}^1 \log 10 \text{ (Acúmulo de Ca)}^{0,1} = - 1,09832 + 0,70226X - 0,03098X^2 + 0,00038X^3$																																																																																																								
40	tabela 15	terceira	129750,67 a	12750,67 a																																																																																																								
42	tabela 17	toda	<table><tr><th>Acúmulos</th><th>Parte Aérea (A)</th><th>Relação A/R</th><th>Sistema Radicular (R)</th></tr><tr><td>Material Seco (g por planta)</td><td>517,96</td><td>160,92</td><td>3,22</td></tr><tr><td>N (mg por planta)</td><td>12609,56</td><td>103,89</td><td>121,38</td></tr><tr><td>P (mg por planta)</td><td>1349,58</td><td>34,02</td><td>39,67</td></tr><tr><td>K (mg por planta)</td><td>17578,02</td><td>232,75</td><td>75,52</td></tr><tr><td>Ca (mg por planta)</td><td>8815,36</td><td>173,45</td><td>50,82</td></tr><tr><td>Mg (mg por planta)</td><td>3362,17</td><td>550,96</td><td>6,10</td></tr><tr><td>S (mg por planta)</td><td>1286,35</td><td>61,09</td><td>21,06</td></tr><tr><td>B (mg por planta)</td><td>35027,57</td><td>374,42</td><td>93,55</td></tr><tr><td>Cu (mg por planta)</td><td>18956,58</td><td>162,26</td><td>116,83</td></tr><tr><td>Fe (mg por planta)</td><td>237804,46</td><td>9,98</td><td>23826,53</td></tr><tr><td>Mn (mg por planta)</td><td>79992,63</td><td>130,08</td><td>614,94</td></tr><tr><td>Zn (mg por planta)</td><td>46740,14</td><td>209,82</td><td>222,77</td></tr></table>	Acúmulos	Parte Aérea (A)	Relação A/R	Sistema Radicular (R)	Material Seco (g por planta)	517,96	160,92	3,22	N (mg por planta)	12609,56	103,89	121,38	P (mg por planta)	1349,58	34,02	39,67	K (mg por planta)	17578,02	232,75	75,52	Ca (mg por planta)	8815,36	173,45	50,82	Mg (mg por planta)	3362,17	550,96	6,10	S (mg por planta)	1286,35	61,09	21,06	B (mg por planta)	35027,57	374,42	93,55	Cu (mg por planta)	18956,58	162,26	116,83	Fe (mg por planta)	237804,46	9,98	23826,53	Mn (mg por planta)	79992,63	130,08	614,94	Zn (mg por planta)	46740,14	209,82	222,77	<table><tr><th>Acúmulos</th><th>Parte Aérea (A)</th><th>Sistema Radicular (R)</th><th>Relação A/R</th></tr><tr><td>Material Seco (g por planta)</td><td>542,30</td><td>3,37</td><td>160,92</td></tr><tr><td>N (mg por planta)</td><td>12565,35</td><td>120,95</td><td>103,89</td></tr><tr><td>P (mg por planta)</td><td>1390,44</td><td>40,87</td><td>34,02</td></tr><tr><td>K (mg por planta)</td><td>17870,80</td><td>76,78</td><td>232,75</td></tr><tr><td>Ca (mg por planta)</td><td>8558,25</td><td>49,34</td><td>173,45</td></tr><tr><td>Mg (mg por planta)</td><td>3465,51</td><td>6,29</td><td>550,96</td></tr><tr><td>S (mg por planta)</td><td>1318,83</td><td>21,59</td><td>61,09</td></tr><tr><td>B (mg por planta)</td><td>36277,69</td><td>96,89</td><td>374,42</td></tr><tr><td>Cu (mg por planta)</td><td>18497,46</td><td>114,00</td><td>162,26</td></tr><tr><td>Fe (mg por planta)</td><td>236337,10</td><td>23679,51</td><td>9,98</td></tr><tr><td>Mn (mg por planta)</td><td>80320,43</td><td>617,46</td><td>130,08</td></tr><tr><td>Zn (mg por planta)</td><td>46006,56</td><td>219,27</td><td>209,82</td></tr></table>	Acúmulos	Parte Aérea (A)	Sistema Radicular (R)	Relação A/R	Material Seco (g por planta)	542,30	3,37	160,92	N (mg por planta)	12565,35	120,95	103,89	P (mg por planta)	1390,44	40,87	34,02	K (mg por planta)	17870,80	76,78	232,75	Ca (mg por planta)	8558,25	49,34	173,45	Mg (mg por planta)	3465,51	6,29	550,96	S (mg por planta)	1318,83	21,59	61,09	B (mg por planta)	36277,69	96,89	374,42	Cu (mg por planta)	18497,46	114,00	162,26	Fe (mg por planta)	236337,10	23679,51	9,98	Mn (mg por planta)	80320,43	617,46	130,08	Zn (mg por planta)	46006,56	219,27	209,82
Acúmulos	Parte Aérea (A)	Relação A/R	Sistema Radicular (R)																																																																																																									
Material Seco (g por planta)	517,96	160,92	3,22																																																																																																									
N (mg por planta)	12609,56	103,89	121,38																																																																																																									
P (mg por planta)	1349,58	34,02	39,67																																																																																																									
K (mg por planta)	17578,02	232,75	75,52																																																																																																									
Ca (mg por planta)	8815,36	173,45	50,82																																																																																																									
Mg (mg por planta)	3362,17	550,96	6,10																																																																																																									
S (mg por planta)	1286,35	61,09	21,06																																																																																																									
B (mg por planta)	35027,57	374,42	93,55																																																																																																									
Cu (mg por planta)	18956,58	162,26	116,83																																																																																																									
Fe (mg por planta)	237804,46	9,98	23826,53																																																																																																									
Mn (mg por planta)	79992,63	130,08	614,94																																																																																																									
Zn (mg por planta)	46740,14	209,82	222,77																																																																																																									
Acúmulos	Parte Aérea (A)	Sistema Radicular (R)	Relação A/R																																																																																																									
Material Seco (g por planta)	542,30	3,37	160,92																																																																																																									
N (mg por planta)	12565,35	120,95	103,89																																																																																																									
P (mg por planta)	1390,44	40,87	34,02																																																																																																									
K (mg por planta)	17870,80	76,78	232,75																																																																																																									
Ca (mg por planta)	8558,25	49,34	173,45																																																																																																									
Mg (mg por planta)	3465,51	6,29	550,96																																																																																																									
S (mg por planta)	1318,83	21,59	61,09																																																																																																									
B (mg por planta)	36277,69	96,89	374,42																																																																																																									
Cu (mg por planta)	18497,46	114,00	162,26																																																																																																									
Fe (mg por planta)	236337,10	23679,51	9,98																																																																																																									
Mn (mg por planta)	80320,43	617,46	130,08																																																																																																									
Zn (mg por planta)	46006,56	219,27	209,82																																																																																																									

*A Deus
MINHA GRATIDÃO.*

*Ao meu pai Arnaldo e à minha mãe Doracy, pelo amor, atenção, dedicação e
compreensão em todos os momentos de minha existência, com carinho
DEDICO.*

*Aos meus irmãos Heitor, Ana Beatriz e Luciene, aos meus cunhados Nelson e Catarina
e à minha sobrinha Larissa, pelo carinho, amizade e confiança
OFEREÇO.*

AGRADECIMENTOS

A Deus por me conceder infinitas bênçãos em minha vida.

À Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” pela minha formação e da qual tenho orgulho de ser filha.

Ao Prof. Dr. Quirino Augusto de Camargo Carmello, não apenas pela sua inestimável orientação, mas pela sua amizade e compreensão durante esses anos.

Aos professores Francisco Antonio Monteiro e Antônio Roque Dechen, com quem tive a honra de conviver e aprender.

Ao Prof. Dr. Décio Barbin pelos ensinamentos e sugestões.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa.

À Coordenação do Programa em Solos e Nutrição de Plantas pela oportunidade.

À Unilever Bestfoods pela cessão da área e colaboração dos funcionários, principalmente do Sr. Sebastião Hernandez.

Às funcionárias Ednéia C. S. Mondoni, Lúcia H. S. P. Forti, Lurdes A. D. de González, Nivanda M. de M. Ruiz e Sueli M. A. Bovi pelo apoio técnico e principalmente pela amizade construída.

As minhas queridas “irmãs” Gláucia Tiemi Yorinori, Luciana Bertolotti e Mônica Sartori de Camargo, pela fidelidade em todos os momentos.

Aos amigos da “salinha” Edna, Karina, Cristiane, Dylnei, Suzana, Simeire, Olímpio, Haroldo e Gilberto pela amizade e colaboração.

A todos os estagiários pela ajuda na realização do trabalho e pela amizade, principalmente à Camila Abrahão e ao Antônio Carlos Perencin.

Ao Eng. Agrônomo Marcelo Alves Corrêa pelo auxílio na execução da análise estatística.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE FIGURAS.....	vii
LISTA DE TABELAS.....	viii
RESUMO.....	x
SUMMARY.....	xii
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	3
2.1 Aspectos gerais da cultura.....	3
2.2 Absorção de nutrientes.....	4
2.3 Análise de crescimento.....	7
2.3.1 Crescimento do tomateiro no campo.....	9
2.3.2 Crescimento do tomateiro na estufa.....	11
2.4 Estudo do sistema radicular.....	13
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	15
3.1 Experimento em campo.....	15
3.2 Experimento em casa-de-vegetação.....	17
3.3 Estimativa do sistema radicular.....	19
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	20
4.1 Crescimento do tomateiro no campo.....	20
4.2 Acúmulo de nutrientes na parte aérea do tomateiro.....	23
4.2.1 Nitrogênio.....	23
4.2.2 Fósforo.....	25
4.2.3 Potássio.....	27
4.2.4 Cálcio.....	28

4.2.5 Magnésio.....	30
4.2.6 Enxofre.....	31
4.2.7 Boro.....	32
4.2.8 Cobre.....	34
4.2.9 Ferro.....	36
4.2.10 Manganês.....	37
4.2.11 Zinco.....	38
4.3 Acúmulo de nutrientes nas raízes.....	40
5 CONCLUSÕES.....	44
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	45

LISTA DE FIGURAS

	Página
1 Acúmulo do material seco total (A) e dos frutos (B), em função da idade, do tomateiro para processamento industrial.....	20
2 Acúmulos de nitrogênio total (A) e nos frutos (B), em função da idade em semanas, do tomateiro para processamento industrial.....	24
3 Acúmulos de fósforo total (A) e nos frutos (B), em função da idade em semanas, do tomateiro para processamento industrial.....	26
4 Acúmulos de potássio total (A) e nos frutos (B), em função da idade em semanas, do tomateiro para processamento industrial.....	27
5 Acúmulos de cálcio total (A) e nos frutos (B), em função da idade em semanas, do tomateiro para processamento industrial.....	29
6 Acúmulos de magnésio total (A) e nos frutos (B), em função da idade em semanas, do tomateiro para processamento industrial	30
7 Acúmulos de enxofre total (A) e nos frutos (B), em função da idade em semanas, do tomateiro para processamento industrial.....	32
8 Acúmulos de boro total (A) e nos frutos (B), em função da idade em semanas, do tomateiro para processamento industrial.....	33
9 Acúmulos de cobre total (A) e nos frutos (B), em função da idade em semanas, do tomateiro para processamento industrial.....	35
10 Acúmulos de ferro total (A) e nos frutos (B), em função da idade em semanas, do tomateiro para processamento industrial.....	36
11 Acúmulos de manganês total (A) e nos frutos (B), em função da idade em semanas, do tomateiro para processamento industrial.....	38
12 Acúmulos de zinco total (A) e nos frutos (B), em função da idade em semanas, do tomateiro para processamento industrial.....	39

LISTA DE TABELAS

	Página
1 Equações de regressão referentes às características de crescimento do tomateiro para processamento industrial.....	21
2 Taxas de crescimento absoluto (G), de crescimento relativo (R) e assimilatória líquida (E), índice de área foliar (L) e área foliar específica (SLA), em função da idade, do tomateiro para processamento industrial, cultivado no campo.....	22
3 Quantidade de nutrientes acumulada na parte aérea total e somente nos frutos do tomateiro.....	23
4 Equações de regressão dos acúmulos de nitrogênio das partes e do total do tomateiro, em função da idade, em semanas, expressas em mg por planta.....	24
5 Equações de regressão dos acúmulos de fósforo das partes e do total do tomateiro, em função da idade, em semanas, expressas em mg por planta.....	25
6 Equações de regressão dos acúmulos de potássio das partes e do total do tomateiro, em função da idade, em semanas, expressas em mg por planta.....	27
7 Equações de regressão dos acúmulos de cálcio das partes e do total do tomateiro, em função da idade, em semanas, expressas em mg por planta.....	29
8 Equações de regressão dos acúmulos de magnésio das partes e do total do tomateiro, em função da idade, em semanas, expressas em mg por planta.....	30

9 Equações de regressão dos acúmulos de enxofre das partes e do total do tomateiro, em função da idade, em semanas, expressas em mg por planta.....	31
10 Equações de regressão dos acúmulos de boro das partes e do total do tomateiro, em função da idade, em semanas, expressas em mg por planta.....	33
11 Equações de regressão dos acúmulos de cobre das partes e do total do tomateiro, em função da idade, em semanas, expressas em mg por planta.....	34
12 Equações de regressão dos acúmulos de ferro das partes e do total do tomateiro, em função da idade, em semanas, expressas em mg por planta.....	36
13 Equações de regressão dos acúmulos de manganês das partes e do total do tomateiro, em função da idade, em semanas, expressas em mg por planta.....	37
14 Equações de regressão dos acúmulos de zinco das partes e do total do tomateiro, em função da idade, em semanas, expressas em mg por planta.....	39
15 Comparação entre os acúmulos máximos de material seco e de nutrientes em tomateiro para processamento, cultivado no campo e em estufa.....	40
16 Taxas de crescimento absoluto (G), de crescimento relativo (R) e assimilatória líquida (E), índice de área foliar (L) e área foliar específica (SLA), em função da idade, do tomateiro para processamento industrial, cultivado em estufa.....	41
17 Relação entre os acúmulos máximos da parte aérea e do sistema radicular do tomateiro para processamento, cultivado em estufa.....	42

CRESCIMENTO E ACÚMULO DE NUTRIENTES DO TOMATEIRO PARA PROCESSAMENTO

Autora: GLÁUCIA REGINA ANTI

Orientador: Prof. Dr. QUIRINO AUGUSTO DE CAMARGO CARMELLO

RESUMO

Com o uso de novas cultivares e os ganhos nos conhecimentos existentes sobre o processo produtivo do tomateiro, com reflexo sobre o desenvolvimento e a produção da cultura, é necessária a caracterização do crescimento e da absorção de nutrientes pelo tomateiro, conduzido segundo as práticas culturais vigentes, uma vez que as curvas de absorção, até então existentes na literatura nacional, foram obtidas em áreas com produtividades próximas da metade das hoje encontradas, pelos agricultores que utilizam todas as novas tecnologias. Com o objetivo de caracterizar o crescimento e o acúmulo de nutrientes do tomateiro para processamento, foram conduzidos dois experimentos. O primeiro experimento foi conduzido na Estação Experimental Fazenda Barreiro, situada no município de Patos de Minas – MG (46° 51' 00, Oeste e 18° 57' 00' Sul, 1100m de altitude e temperatura média anual de 22,3°C). Utilizou-se o híbrido Heinz 9992 em um delineamento experimental inteiramente casualizado com 4 repetições. A população foi de 35.000 plantas por hectare. As coletas tiveram início 17 dias após a semeadura e se repetiram a cada 7 dias durante todo o ciclo da cultura, totalizando 21 coletas. As plantas foram separadas em caule, folha, flores e frutos. Fez-se também a medida da área foliar. Após a secagem, pesou-se o material, para a obtenção da massa de material em função dos estádios

de desenvolvimento e, posteriormente, foram moídas e submetidas à análise para a obtenção da extração de nutrientes. Para avaliar a produção de material seco e o acúmulo de nutrientes no sistema radicular do híbrido Heinz 9992, foi conduzido um experimento em casa-de-vegetação pertencente ao Departamento de Solos e Nutrição de Plantas da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" - USP, situada no município de Piracicaba (47° 38' 00" Oeste e 22° 42' 30" Sul, 580 m de altitude e temperatura média anual de 21,3°C). Utilizou-se o sistema hidropônico do tipo *floating*, onde as raízes ficaram submersas na solução nutritiva. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, composto por 4 repetições. Realizaram-se todos os procedimentos do experimento de campo para se poder fazer a comparação dos resultados da parte aérea e a estimativa do sistema radicular. Os resultados permitiram concluir que o acúmulo de material seco variou com o desenvolvimento da cultura, tendo maior expressão a partir do início da frutificação. A seqüência de acúmulo de nutrientes pela cultura foi: potássio (615,23 kg ha⁻¹), nitrogênio (441,33 kg ha⁻¹), cálcio (308,54 kg ha⁻¹), magnésio (117,68 kg ha⁻¹), fósforo (47,24 kg ha⁻¹), enxofre (45,02 kg ha⁻¹), ferro (8,32 kg ha⁻¹), manganês (2,80 kg ha⁻¹), zinco (1,64 kg ha⁻¹), boro (1,23 kg ha⁻¹) e cobre (0,66 kg ha⁻¹). Com a estimativa do acúmulo de nutriente nas raízes, o resultado passou a ser: potássio (617,87 kg ha⁻¹), nitrogênio (445,58 kg ha⁻¹), cálcio (310,31 kg ha⁻¹), magnésio (117,89 kg ha⁻¹), fósforo (48,62 kg ha⁻¹), enxofre (45,75 kg ha⁻¹), ferro (9,15 kg ha⁻¹), manganês (2,82 kg ha⁻¹), zinco (1,64 kg ha⁻¹), boro (1,23 kg ha⁻¹) e cobre (0,67 kg ha⁻¹).

GROWTH AND ACCUMULATION OF NUTRIENTS OF INDUSTRIAL PROCESSING TOMATOES

Author: GLÁUCIA REGINA ANTI

Adviser: Prof. Dr. QUIRINO AUGUSTO DE CAMARGO CARMELLO

SUMMARY

The use of new cultivars and the increase in the existing knowledges about the production processes of tomato culture acting over the development and production of this culture, there is a need to characterize the growth and the nutrient uptake in tomato plants cultivated under cultivation procedures in existence, once the uptake curves existing in the national literature was obtained in areas with yields nearly the half of the ones found today by farmers which use all the new technologies. Aiming to characterize the growth and nutrient accumulation in tomato plants for industrial process, two experiments were carried out. The first experiment was carried out in the Barreiro Farm Experimental Station, situated in the town Patos de Minas – MG (46° 51' 00" West and 18° 57' 00" South, 1100 m of height and 22,3°C annual mean temperature). The hybrid Heinz 9992 was used entirely randomizes experimental deign. The population studied had 35,000 plants per hectare. The assessments initiated at 17 days after sowing and repeated at each 7 days during the entire culture cycle, making a total of 21 assessments. The plants were divided in stem, leaves, flowers and fruits. Foliar area was measured. After drying, the material was weighed to obtain the mass of dry material in each development stage and subsequently ground and undergone to chemical analysis and nutrient extraction. To evaluate the dry material production and

the nutrient accumulation in the roots of the hybrid Heinz 9992, an experiment was carried out in a greenhouse, owned to the Soils and Plant Nutrition Department of Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – USP, situated in the town Piracicaba (47° 36” 00’ West and 22° 42” 30’ South, 580 m of height and 21,3°C annual mean temperature). The hydroponic system model *floating* was used in which the roots were submerged in the nutritive solution. The experimental design was entirely randomized with 4 plots. All of the procedures used in the field experiment were applied here in order to compare the results of the aerial parts and make a estimative of the radicular system. The results allowed to reach the following conclusion the accumulation of dry material varied with the culture stage; it was higher in the beginning of the fruit formation and development phase. The sequence of nutrient accumulation in the culture was: potassium (615,23 kg ha⁻¹); nitrogen (441,33 kg ha⁻¹); calcium (308,54 kg ha⁻¹); magnesium (117, 68 kg ha⁻¹), phosphorus (47,24 kg ha⁻¹); sulphur (45,02 kg ha⁻¹); iron (8,32 kg ha⁻¹); manganese (2,80 kg ha⁻¹); zinc (1,54 kg ha⁻¹), boron (1,23 kg ha⁻¹) and copper (0,66 kg ha⁻¹). The estimative of nutrients accumulation in the roots was: potassium (617,87 kg ha⁻¹); nitrogen (445,58 kg ha⁻¹); calcium (310,31 kg ha⁻¹); magnesium (117,89 kg ha⁻¹), phosphorus (48,62 kg ha⁻¹); sulphur (45,75 kg ha⁻¹); iron (9,15 kg ha⁻¹); manganese (2,82 kg ha⁻¹); zinc (1,64 kg ha⁻¹), boron (1,23 kg ha⁻¹) and copper (0,67 kg ha⁻¹).

1 INTRODUÇÃO

A cultura do tomate rasteiro (*Lycopersicon esculentum* Mill.) para processamento industrial foi introduzida no Brasil no início do século XX no estado de Pernambuco. A partir da década de 50, porém, a produção brasileira se consolidou, inicialmente, no estado de São Paulo, onde foram implantadas as primeiras agroindústrias de processamento (Silva & Giordano, 2000). Atualmente, o cultivo do tomate rasteiro e o seu processamento estão concentrados em três principais macro-regiões, que compreendem o estado de São Paulo, a mais tradicional, os estados de Pernambuco e Bahia (no vale do Rio São Francisco) e os estados de Goiás (região do Cerrado) e Minas Gerais (Triângulo Mineiro). Nesta terceira região, onde as condições edafoclimáticas são ideais, tanto para o cultivo extensivo irrigado como para a mecanização, observa-se uma grande expressão da cultura, que tem alcançado produtividades médias superiores à média nacional (Barbosa, 1997; Silva & Giordano, 2000).

O tomateiro é plantado praticamente em todas as regiões geográficas do Brasil, sob diferentes sistemas de cultivo e diferentes níveis de manejo cultural. Contudo, sua máxima eficiência técnica só pode ser alcançada quando se tem a interação entre o seu potencial genético, o ambiente e o manejo a que está submetido.

O tomateiro apresenta ciclo relativamente curto e possui um elevado valor comercial e alta capacidade de produção. Exige a aplicação de grandes quantidades de insumos e serviços, fazendo com que os recursos financeiros aplicados sejam elevados. A utilização de híbridos apresenta vantagens tais como produtividade elevada, resistência às doenças, precocidade e uniformidade, entre outras características. Considerando-se que, nos últimos anos, novos híbridos têm sido lançados no mercado, faz-se necessária a avaliação agrônômica dos mesmos, principalmente sobre as necessidades nutricionais da cultura.

O tomateiro é muito exigente quanto aos aspectos nutricionais da cultura. Levando-se em conta que, nos diferentes estádios de desenvolvimento, as atividades bioquímicas e fisiológicas das plantas são variáveis, então, as exigências nutricionais nos diferentes estádios de desenvolvimento do tomateiro também variam. Para manejar eficientemente a adubação do tomateiro, são necessários conhecimentos sobre a cinética da absorção de nutrientes pela cultura, ao longo de seu ciclo, em condições semelhantes às do sistema de produção utilizado pelo produtor. Além disso, com o lançamento de novas cultivares e o ganho nos conhecimentos existentes sobre o processo produtivo do tomateiro, com reflexo sobre o desenvolvimento e a produção da cultura, tornando-se necessária a caracterização do crescimento e da absorção de nutrientes pelo tomateiro conduzido segundo as práticas culturais vigentes.

O presente trabalho teve como objetivo a caracterização do crescimento e do acúmulo de nutrientes do tomateiro para processamento.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Aspectos gerais da cultura

O tomate é a principal hortaliça comercializada no Brasil, tanto no aspecto econômico quanto no social. Originária da América do Sul, mais precisamente do norte do Chile, da Bolívia, do Equador, do Peru e da Colômbia, onde até hoje são encontradas espécies selvagens. Sua domesticação foi realizada pelos Astecas, no México, de onde foi levado para a Europa como planta ornamental pelos espanhóis. Retornou à América em 1710, mas somente depois de 1830 foi utilizada como fonte de alimento nos Estados Unidos da América. No Brasil, sua introdução foi feita pelos emigrantes europeus, no fim do século XIX (Pinto & Casali, 1980).

Cultivado em quase todos os países, o tomate ocupa o 8º lugar em produção no mundo. No ano de 2002, a sua produção estimada foi de aproximadamente 3,5 milhões de toneladas, numa área de 62 mil hectares, com uma produtividade média de 52 t ha⁻¹ (FNP, 2002). No país, a maior região produtora é o sudeste, com 1,6 milhões de toneladas, numa área de 26 mil hectares e com uma produtividade média de 62 t ha⁻¹. O estado de São Paulo é o segundo maior produtor nacional, vindo depois de Goiás, com uma produtividade de 639 mil toneladas em uma área de 10,8 mil hectares (FNP, 2002).

No cenário mundial, a produção de tomate para processamento industrial, ou tomateiro rasteiro, tem variado entre 24,1 e 29,6 milhões de toneladas, nos últimos dez anos. Os Estados Unidos da América despontam como os maiores produtores, com 9 milhões de toneladas em 1997, sendo que 8,5 milhões de toneladas foram produzidas no estado da Califórnia. No Brasil, em 1998, foram cultivados mais de 22.000 ha, resultando em uma produção de 1,2 milhões de toneladas (Silva & Giordano, 2000).

A agroindústria brasileira tem capacidade instalada para processar 17.080 toneladas diárias, em 26 unidades processadoras distribuídas nos estados do Ceará, Pernambuco, Bahia, Goiás, Minas Gerais e São Paulo (Silva & Giordano, 2000). A expansão do mercado interno de produto processado (polpas, molhos etc.) tem atraído o capital estrangeiro, com a participação dos grupos Gessy-Lever (Cica), Parmalat (Etti), Círio-Bombril (Peixe, MS Alimentos), Iansafruit (SóFruta) (Silva & Giordano, 2000) e, mais recentemente, a americana Bestfoods (Arisco) (Veiga Filho, 2000).

A produção nacional encontra-se em três regiões edafoclimáticas principais: 1) Centro-Sul, no estado de São Paulo; 2) Nordeste, no vale do São Francisco, nos estados da Bahia e Pernambuco e 3) Centro-Oeste, nos estados de Goiás e Minas Gerais (Barbosa, 1997). Nesta última região, a área de cultivo aumentou de 5.000 ha, em 1991, para 11.000 ha, em 1998, com uma produtividade média de 67 t ha^{-1} , superior à média nacional. Baixa umidade relativa do ar, temperaturas amenas durante os meses de março a setembro e áreas com topografia plana, favoráveis a mecanização e ao uso de sistemas de irrigação do tipo pivô-central e por gotejamento, são fatores que vem contribuindo para a expansão do cultivo, nessa nova fronteira agrícola. Por outro lado, uma redução substancial do cultivo, tem sido observada nas regiões tradicionais do Nordeste e do estado de São Paulo, que vem sendo acompanhada pelo deslocamento dos parques industriais para o Centro-Oeste (Silva & Giordano, 2000). Problemas fitossanitários, em decorrência do clima e o desvio da produção para o comércio de frutos *in natura*, são as principais causas dessa retração (Melo, 1993).

2.2 Absorção de nutrientes

Os teores e os conteúdos de nutrientes do tomateiro variam com o desenvolvimento da cultura. A marcha de absorção de nutrientes, durante o crescimento, mostra essa situação (Minami & Haag, 1989), sendo que o seu conhecimento é importante para as decisões sobre a aplicação racional de fertilizantes (Haag et al., 1978). A quantidade de nutrientes absorvidos pela planta do tomateiro, durante o ciclo, que está geralmente associada ao crescimento da planta, depende de fatores bióticos e abióticos, tais como a compactação do solo (Fontes et al., 1984); a porção do solo fertilizado (Fontes, 1987); o sistema de plantio (Fontes & Fontes, 1991);

as fontes e as doses do fertilizante (Fontes & Fontes, 1992); e o genótipo e a concentração de nutrientes no solo (Fontes & Wilcox, 1984b).

No Brasil, um dos primeiros trabalhos visando o conhecimento da marcha de absorção dos nutrientes pelo tomateiro foi realizado por Gargantini e Blanco (1963), utilizando a variedade Santa Cruz 1639, cultivada em vasos, em casa-de-vegetação. Durante o ciclo da planta, a cada dez dias, foram colhidas e analisadas amostras para se determinar os teores de N, P, K, Ca, Mg e S, no caule, nas folhas, nas flores, nos frutos e nas raízes. Os autores concluíram que: 1) os nutrientes absorvidos em maior quantidade foram o K e o N, seguidos pelo Ca, S, P e Mg; 2) a absorção de nutrientes alcançou o máximo entre os 100 e 120 dias após a germinação, para o N, K, Mg e S, enquanto o Ca e P foram absorvidos continuamente, do início ao final do experimento; 3) a translocação de N, P, K e Mg da parte vegetativa para os frutos foi intensa; e 4) com base na produção de 41 t ha⁻¹ de tomate, a cultura absorveu 94 kg de N (72 kg nos frutos), 21 kg de P (18 kg nos frutos), 185 kg de K (130 kg nos frutos), 31 kg de Ca (7 kg nos frutos), 9 kg de Mg (7 kg nos frutos) e 28 kg de S (9 kg nos frutos).

Para a maioria das cultivares de tomateiro com hábito de crescimento indeterminado, estudados por Ward (1967), Fernandes et al. (1975) e Haag et al. (1978), a iniciação floral ocorria aos 60 dias de idade, período em que a planta absorveu aproximadamente 7,6% do N, 10% do P, 8,3% do K, 10,7% do Ca, 6,0% do Mg, 4,9% do S, 8,0% do B, 3,1% do Cu, 8,8% do Fe, 11,0% do Mn e 7,2% do Zn do total a ser absorvido pela planta até os 140 dias de idade. As raízes apresentavam, inicialmente, concentração crescente de N, com o máximo aos 50 dias de idade (Gargantini & Blanco, 1963; Ward, 1964; Fernandes et al., 1975).

Antes do florescimento, as concentrações de N e P foram maiores nas folhas, seguidas das flores e dos frutos. O K esteve presente, em maior proporção no caule, até o início da frutificação e a partir daí, concentrou-se mais nos frutos. O teor de S foi aproximadamente constante em toda a planta, mas após o florescimento, as folhas passaram a apresentar uma concentração maior que os demais órgãos (Ward, 1967; Tanaka et al., 1974a; Fernandes et al., 1975).

No início da floração, as folhas apresentavam teores médios de 35; 4; 38; 30; 8,7 e 3 g 100 kg⁻¹ de matéria seca de N, P, K, Ca, Mg e S e de 72, 15, 434, 375 e 148 mg kg⁻¹ de matéria seca de B, Cu, Fe, Mn e Zn, respectivamente (Haag et al., 1978; Halbrooks & Wilcox, 1980). Tanaka et al. (1974a) encontraram, em frutos de tomateiro,

no ponto de colheita, as concentrações de 2; 3; 27,5; 5,3 e 2 g kg⁻¹ de matéria seca de N, P, K, Ca, Mg e S e 11, 89, 20 e 44 mg kg⁻¹ de matéria seca de B, Fe, Mn e Zn, respectivamente.

Durante o florescimento e a frutificação, ocorridos de forma intensa no período de 55 a 120 dias, a planta apresentou uma absorção de nutrientes elevada, chegando aos 100 dias de idade com aproximadamente 82% do N, 89,4% do P, 77,8% do K, 65,0% do Ca, 67,0% do Mg e 94,5% do S (Gargantini & Blanco, 1963) e 71,0% do B, 93,0% do Cu, 83,0% do Fe, 66,0% do Mn e 80,0% do Zn, em relação ao total absorvido até os 120 dias de idade (Fernandes et al., 1975). Nesse período, as concentrações de N, P, K (Halbrooks & Wilcox, 1980) e Cu (Fernandes et al., 1975) foram maiores nos frutos e as de Ca, Mg (Halbrooks & Wilcox, 1980), S, B e Mn nas folhas (Fernandes et al., 1975). Do total de nutrientes absorvidos pelo tomateiro aos 100 dias de idade, aproximadamente 56% do N; 76% do P, 54% do K; 19% do Mg, 35% do B, 54% do Cu, 13% do Fe, 9% do Mn e 35% do Zn, do total de nutrientes da planta, estavam nos frutos (Fernandes et al., 1975).

Há uma relação direta entre o acúmulo de matéria seca e a quantidade de nutrientes absorvidos pelo tomateiro. Portanto, a absorção de nutriente é contínua durante o desenvolvimento e o crescimento da planta (Ward, 1967; Haag et al., 1978, Fayad et al., 2002). A planta de tomateiro acumulou 4,9 g de matéria seca por dia, após o 70 dias de idade e foi acompanhada pelo acúmulo de nutrientes, na proporção de 20 mg de N, 2 mg de P, 25 mg de K, 120 mg de Ca e 10 mg de Mg por dia nos frutos (Halbrooks & Wilcox, 1980).

Trabalhando com tomate rasteiro, cultivar Roma VF, em condição de campo e com uma produtividade de 65 t ha⁻¹, Haag et al. (1978) mostraram que os frutos extraíram 67,8 kg de N; 8,9 kg de P; 112,2 kg de K; 7,7 kg de Ca; 6,0 kg de Mg; 3,1 kg de S; 93 g de B; 45 g de Cu; 547 g de Fe; 163 g de Mn; 485 mg de Mo e 321 g de Zn.

Fayad et al. (2002) trabalharam com a cultivar Santa Clara e observaram que a ordem de acúmulo de nutrientes na parte aérea foi: K, N, Ca, S, P, Mg, Cu, Mn, Fe e Zn, alcançando valores máximos de 360; 206; 202; 49; 32; 29 kg ha⁻¹; 3.415; 2.173; 1.967 e 500 g ha⁻¹.

2.3 Análise de crescimento

Os princípios e as práticas de análise de crescimento têm como objetivo descrever e interpretar a “performance” das espécies que crescem em condições de ambiente natural ou controlado (Hunt, 1990). Seu fundamento é a medida seqüencial do acúmulo de matéria orgânica pela planta, feita normalmente, considerando-se a massa da planta e/ou, suas partes secas (fruto, caule, folhas e outros). Portanto, a análise de crescimento expressa as condições morfológicas da planta e avalia sua produção líquida, derivada do processo fotossintético, sendo portanto, o resultado do desempenho do sistema assimilatório, durante um certo período de tempo. Esse desempenho é influenciado por fatores intrínsecos (bióticos) e extrínsecos à planta (abióticos), refletindo o seu crescimento e desenvolvimento (Larcher, 1995). Além da massa da matéria seca, via de regra, a área foliar é também determinada (Ferri, 1979; Benincasa, 1988).

A análise de crescimento permite avaliar o crescimento final da planta como um todo e a contribuição dos diferentes órgãos no crescimento total. A partir dos resultados de crescimento, pode-se inferir a atividade fisiológica, isto é, estimar-se, de forma bastante precisa, as causas de variações de crescimento entre as plantas que crescem em ambientes diferentes (Benincasa, 1988).

A determinação da área foliar é importante, porque as folhas são as principais responsáveis pela captação da energia solar e pela produção de matéria orgânica, através da fotossíntese. Se a superfície foliar e a alteração da massa da planta são conhecidas, durante certo período de tempo, torna-se possível avaliar a eficiência das folhas e a sua contribuição para o crescimento da planta como um todo (Evans, 1972; Ferri, 1979).

Em um período de tempo, se for calculada a massa da matéria seca da planta e a sua superfície foliar, podem-se estimar as seguintes taxas fisiológicas: taxa de crescimento absoluto (G), taxa de crescimento relativo (R), taxa assimilatória líquida (E), área foliar específica (SLA) e outras (Benincasa, 1988; Hunt, 1990).

Para o cálculo da produtividade das espécies é utilizada a taxa de crescimento absoluto (G), que representa a matéria seca produzida por unidade de área ou de planta, durante certo período de tempo (Hunt, 1990).

Pode-se expressar o crescimento da planta por meio da dinâmica de acúmulo de biomassa, ao longo do tempo, relacionada com a sua biomassa inicial. Assim, o acúmulo de matéria seca (dW) por unidade de matéria seca (W) e por unidade de tempo (dt) é chamado de taxa de crescimento relativo (R).

Como a área foliar está diretamente ligada à fotossíntese, às vezes, expressa-se o crescimento com base na área foliar. Assim, o acúmulo de matéria seca (dW), por unidade de área foliar (L_A) e por unidade de tempo (dt) é chamado taxa assimilatória líquida (E). A taxa assimilatória líquida (E) expressa a eficiência produtiva da planta, em relação ao aparelho assimilatório (Larcher, 1995).

O crescimento da área foliar (L_A), ao longo do tempo, é de fundamental importância, por causa do seu estreito relacionamento com a interceptação do fluxo de luz fotossinteticamente ativa, um dos pré-requisitos para a fotossíntese. Assim, o índice de área foliar (L) e a área de solo disponível para planta (S), avaliam a capacidade ou a velocidade de cobertura do solo pela planta, expressando a dimensão do sistema assimilatório da comunidade vegetal (Radford, 1967; Evans, 1972; Larcher, 1995). Em uma casa-de-vegetação, o tomateiro produz maior L que em condições não protegidas, isso normalmente habilita a planta a interceptar maior quantidade de luz solar, produzindo altas taxas de fotossíntese líquida, o que explica, em parte, as produtividades das plantas cultivadas em estufa (Papadopoulos & Pararajasingham, 1997).

A área foliar específica (SLA) permite conhecer-se as mudanças do aparelho assimilatório durante o ciclo da planta, relacionando a superfície foliar (L) e a massa da matéria seca foliar (W_F). Assim, a área foliar específica fornece o acúmulo de matéria seca nas folhas, por unidade de área foliar (Radford, 1967; Benincasa, 1988).

Esses índices indicam a capacidade do sistema assimilatório das plantas em produzir e alocar a matéria orgânica nos vários órgãos. Assim, o crescimento das plantas depende da fotossíntese e da translocação de fotoassimilados, dos sítios de fixação de carbono dos diferentes tecidos fotossintéticos, para os locais de utilização ou de armazenamento, onde ocorrem o crescimento e a diferenciação dos órgãos. Os locais onde os fotoassimilados são produzidos e consumidos são denominados de fonte e drenos, respectivamente (Tanaka et al., 1974b; Taiz & Zeiger, 1991). A relação entre a fonte e o dreno varia ao longo do desenvolvimento do tomateiro. Durante a fase de frutificação, o dreno principal é o fruto (Heuvelink & Buiskool, 1995).

Ao analisar o crescimento do tomateiro, Heuvelink (1995) mostrou que, do total da matéria seca produzida pelo tomateiro cv. Counter, cultivado em condições protegidas, no período de verão, 60% da matéria seca foi alocada nos frutos, 28% nas folhas e 12% nas hastes. Nesse trabalho, os valores de SLA, G e L foram $250 \text{ cm}^2 \text{ g}^{-1}$, 20 g m^{-2} e 3, respectivamente. Tanaka et al. (1974a) também encontram L de 3 aos 120 dias após o transplântio do tomateiro cv. Fukuju, cultivado em condições de campo e podado acima do terceiro cacho e a relação 1,39 entre número de frutos/folha. Em experimento conduzido em condições de campo (Peluzio, 1991), com a cv. Santa Cruz Kada e com plantas podadas acima do terceiro cacho, foi encontrada uma relação máxima de 1,64 entre o número de frutos de folhas; L máximo de 2,2 e E máximo de $23 \text{ mg dm}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ ao 56 e 70 dias após transplântio, respectivamente, e área foliar por fruto de 450 cm^2 aos 56 dias após o transplântio.

Em outros países, diversas dessas características são combinadas em modelos matemáticos, que buscam descrever o crescimento do tomateiro. Estes modelos têm apresentados importância crescente nos trabalhos de pesquisa (Jones et al., 1991; Bertin e Heuvelink, 1993; Heuvelink, 1996), principalmente para condições controladas.

2.3.1 Crescimento do tomateiro no campo

O crescimento e o desenvolvimento das plantas, especialmente a produção da matéria seca e os sucessivos estádios de desenvolvimento, tem sido estudados para racionalizar os métodos de cultivo. Tanaka et al. (1974a) estudaram o crescimento e o desenvolvimento do tomateiro, cultivar Fukuju, estabelecendo estratificações determinadas pelo aparecimento do cacho floral. O desenvolvimento da planta, da emergência das folhas cotiledonares até o aparecimento do primeiro cacho, correspondeu ao estrato 1; acima do primeiro até o segundo cacho correspondeu ao estrato 2 e assim sucessivamente. A produção da matéria seca, sua participação e, conseqüentemente, o desenvolvimento da planta, porém, dependem de fatores inerentes ao cultivar, aos fatores ambientais e ao método de cultivo (Fontes & Wilcox, 1984a; Dieleman & Heuvelink, 1992).

No estágio inicial da cultura, a idade, o tamanho e a massa das mudas transplantadas influenciam o crescimento e o desenvolvimento posterior do tomateiro. Leskovar et al. (1991) conduziram experimentos com o objetivo de avaliar o

crescimento e o desenvolvimento da cultura, em relação à idade, das mudas no transplântio; aos 28 dias após o transplântio das mudas, foi verificado que as plantas com as maiores massas de matéria seca de raízes, folhas e caules foram as provenientes de mudas com quatro, cinco e seis semanas de idade na época de transplântio. Entretanto, as mudas com idade de três e quatro semanas “pegaram” melhor que as mais velhas e apresentaram altas taxas de crescimento relativo (R), sem, entretanto, que a idade das mudas influenciasse a produtividade de frutos. As áreas foliares das mudas transplantadas nas idades de três e seis semanas foram 9 e 28 cm² e as taxas de crescimento relativo (R) foram 112 e 61 mg g⁻¹ dia⁻¹, respectivamente. Aos 14 dias após o transplântio, as plantas provenientes de mudas com idades de três e seis semanas apresentaram áreas foliares de 106 e 211 cm² e R iguais a 69 e 63 mg g⁻¹ dia⁻¹, respectivamente. As áreas foliares específicas (SLA) das mudas, no momento do transplântio, foram de 436, 331, 274 e 255 cm² g⁻¹, para as idades de duas, três, quatro e cinco semanas, indicando o aumento na espessura das folhas com a idade.

No período compreendido entre 45-60 dias após a semeadura, a massa da matéria seca total do tomateiro pode dobrar (Chirinos et al., 1993). Nessa fase, Tanaka et al. (1974a) encontraram taxa assimilatória líquida (E) de 7 g m⁻² dia⁻¹, a qual permaneceu constante até o final do ciclo; o aparecimento de folhas ocorreu a intervalos quase constantes de 4 a 5 dias e o índice de área foliar (L) foi de 1,8 aos 60 dias de idade.

A produção de assimilados pelo tomateiro, do qual depende o aparecimento do primeiro cacho floral em uma cultivar, está relacionada ao índice de área foliar (L) (Dieleman & Heuvelink, 1992). O primeiro cacho floral está localizado entre as folhas 8, 9 e 10 e aparece entre 60 e 65 dias após a semeadura, sendo que os demais ocorrem aproximadamente em intervalos de três folhas até o final do ciclo (Tanaka et al., 1974a; Haag et al., 1978). Aproximadamente aos dez e aos quarenta dias após a iniciação floral, começam o rápido desenvolvimento e a colheita dos frutos, respectivamente. Nessa fase, a maior porcentagem da matéria seca produzida pela planta fica localizada nos frutos, indicando que há diminuição no acúmulo de matéria seca na parte vegetativa (Peluzio, 1991). No trabalho conduzido por Tanaka et al. (1974a), a taxa de crescimento do tomateiro (C) foi de 2,5 g m⁻² dia⁻¹, no início do florescimento do primeiro cacho, chegando ao máximo de 11 g m⁻² dia⁻¹ aos 120 dias, decrescendo a

partir daí até o final do experimento, onde o número médio de frutos por cacho foi de 4,18; 2,85 e 2,31 e 1,62 no primeiro, segundo, terceiro e quarto cacho, respectivamente, com os pesos médios de 8,41; 8,04; 7,86 e 6,65g de matéria seca.

No tomateiro, inicialmente as folhas atuam como drenos de fotoassimilados, passando a fonte após atingirem determinado estágio do crescimento. Como fonte, chegam a translocar até 62% da produção de assimilados para os drenos (Tanaka et al. 1974c). Em determinada fase da cultura, o caule atua como dreno de fotoassimilados, em outra passa a atuar como fonte (Peluzio, 1991). A partir de determinada idade da planta, os valores da razão de área foliar (F) apresentam queda, indicando que a quantidade de assimilados destinados às folhas diminui (Tanaka et al., 1974c); essa época coincide com o aumento de matéria seca nos frutos, que são os drenos preferenciais da planta (Tanaka et al., 1974c, Chirinos et al. 1993).

Fayad et al. (2001) caracterizaram o crescimento do cultivar Santa Clara e observaram que os frutos tiveram maior acúmulo de material seco que os demais órgãos da planta. Os valores máximos de material seco total e nos frutos, taxa de crescimento absoluto (G), taxa de crescimento relativo (R), taxa assimilatória líquida (E) e índice de área foliar (L) foram 406,0 g por planta; 207,0 g por planta; 8.552,0 mg planta⁻¹ dia⁻¹; 87,0 mg g⁻¹ dia⁻¹; 38 mg dm⁻² dia⁻¹ e 4,1, respectivamente.

2.3.2 Crescimento do tomateiro na estufa

O tomateiro crescendo e desenvolvendo-se em condições protegidas, à semelhança do desenvolvido no campo, necessita de luminosidade adequada, temperatura, composição do ar, minerais e umidade, os quais influenciam a fotossíntese, a respiração, a transpiração, a fecundação, a nutrição, dentre outros processos, e, conseqüentemente, a produção (Papadopoulos, 1991; Martinez, 1994; Heuvelink, 1995), desde que a cultura seja mantida sem problemas fitossanitários (Mitidieri, 1994).

A cobertura plástica, na cultura do tomate, modifica as condições de umidade, amplitude térmica do solo, evaporação e período de molhamento foliar. Matins et al. (1994), trabalhando no campo e em estufa coberta com plástico e laterais abertas, com tomate Santa Clara, cultivares Kada e Bocaina, nas condições de Jaboticabal-SP, encontraram evaporação 30% menor e um período de molhamento foliar, cinco a nove

vezes menor na estufa do que no campo. No campo, a temperatura do solo variou de 35 a 38°C, sendo que na estufa permaneceu próxima de 30°C.

Trabalhando com tomateiro, cv. Criterium, Grimstad (1995) encontrou alteração no crescimento e no desenvolvimento da planta, quando a temperatura média de 21°C foi alterada para 12°C, por um tempo de 2 horas, em período diurno e noturno, e encontrou redução de 28% na altura da planta, 21% no comprimento dos internós, decréscimo na produção de matéria seca e no número de folhas, verificando também que as alterações na temperatura atrasaram em cinco dias a iniciação floral e aumentava o número de flores por cacho.

A luminosidade e a concentração de CO₂ interferem no índice de pegamento dos frutos (Picken, 1984) e alta temperatura antes da antese, ocasionam aborto de flores, principalmente quando associada a uma baixa luminosidade (Calvert, 1969).

Papadopoulos (1991) estabeleceu os estádios de desenvolvimento do tomateiro, o primeiro compreendido entre a germinação e o aparecimento do primeiro cacho floral, o segundo, com o desenvolvimento da planta acima do primeiro até o segundo cacho floral e assim sucessivamente. A formação de 7 - 12 folhas e a emissão do primeiro cacho floral caracterizam o primeiro estágio de crescimento do tomateiro, dando início à fase reprodutiva; os estádios posteriores se caracterizam pelo desenvolvimento do caule e de três folhas, seguido pelo cacho floral. O aumento no número de folhas anteriores ao primeiro cacho deve-se à baixa luminosidade (Dieleman & Heuvelink, 1992). Nesse período, a área foliar variou de 450 a 900 cm² e atingiu a massa de matéria seca de 4 a 8 g planta⁻¹ (Heuvelink, 1995). Após a emissão do primeiro cacho floral e até o final do ciclo da planta, as fases vegetativa e reprodutiva ocorrem sucessivamente (Papadopoulos, 1991).

Mudas de tomateiro, com sistema radicular a 10°C por duas semanas, seguido por restabelecimento da temperatura de 18°C, apresentam diminuição da área foliar e da massa de matéria seca, porém esse tratamento não afetou o rendimento final de frutos (Cave, 1991). Mudas de tomateiro desenvolvidas em solução nutritiva completa e enriquecida com H₂CO₃, apresentaram aos 45 dias de idade, uma área foliar de 14 dm² e taxa de crescimento relativo (R) de 0,18 g g⁻¹ dia⁻¹, valor esse 179% maior na matéria seca e 176% na área foliar em relação ao tratamento sem enriquecimento (Bialczyk et al., 1994).

No trabalho conduzido por Heuvelink (1995) com tomateiro, cv. Counter, em diferentes estações do ano, o aparecimento do cacho floral ocorreu no intervalo de seis a nove dias, existindo correlações entre a taxa de aparecimento de cachos com a temperatura, na média de $0,01 \text{ cacho dia}^{-1} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$. As plantas apresentaram alterações na área foliar específica (SLA) de 175 para $250 \text{ cm}^2 \text{ g}^{-1}$ no verão e de 300 para $400 \text{ cm}^2 \text{ g}^{-1}$ no final do inverno e início da primavera. No período de 95 a 101 dias após o transplântio, 54 a 60% da matéria seca acumulou-se nos frutos, 28 a 30% nas folhas e de 12 a 13% no caule, mas no outono, 35 a 38% da matéria seca acumulou-se nos frutos, 44 a 45% nas folhas e de 18 a 21% no caule, fato justificado pelo baixo pegamento de frutos. O ganho de matéria seca nesse período variou de 600 a 1000 g m^{-2} na primavera-verão e de 198 g m^{-2} no outono.

A produção de matéria seca e a sua alocação nos diversos órgãos da planta são também influenciadas pelas podas de frutos e do ápice (Pimpini & Gianquinto, 1994). Cockshull & Ho (1995), trabalhando com tomateiro, cv. Liberto, em solução nutritiva e podado acima do terceiro cacho, na densidade de $3,06 \text{ plantas m}^{-2}$, encontraram produção de matéria seca de 2,97 e $3,55 \text{ kg m}^{-2}$, em plantas com 14 e 20 frutos, respectivamente. Por outro lado, Heuvelink & Buiskool (1995) encontraram alterações na produção de matéria seca, somente quando o raleio dos frutos foi feito de forma drástica, isto é, deixando-se apenas um fruto por cacho; nesse caso, a planta diminuiu a produção de matéria seca em até 24%. Os autores concluíram que o raleio dos frutos também proporcionou aumento na área foliar e redução no comprimento dos internós e na área foliar específica (SLA).

2.4 Estudo do sistema radicular

O estudo do crescimento de raízes e a cinética de absorção da água e de nutrientes apresentam grande complexidade, uma vez que o solo torna-se uma barreira para a observação *in loco* dos processos fisiológicos associados às raízes. Geralmente, a planta e os segmentos das raízes são removidos do substrato, perdendo-se a continuidade física com a rizosfera adjacente e a comunidade microbiana associada. As informações geradas por esse método, nem sempre demonstram a fisiologia da raiz com exatidão. Comparativamente, a quantidade de informações sobre o desenvolvimento das raízes é insuficiente, perto do que se sabe

sobre a parte aérea da planta. Se pouco ainda se conhece sobre os mecanismos de desenvolvimento do caule, muito menos se sabe sobre o das raízes (Matta, 1999).

O crescimento das raízes segue um padrão característico da espécie e está relacionado ao crescimento da parte aérea, com uma tendência de manutenção da relação raiz:parte aérea, dentro de determinados limites. A distribuição dos fotoassimilados nas raízes e na parte aérea, apesar de ser controlada por fatores intrínsecos da planta, pode ser afetada por condições do ambiente. Para plantas anuais, o crescimento radicular tem prioridade na germinação e no crescimento inicial (maior relação raiz:parte aérea); após, segue-se um maior crescimento da parte aérea, que passa a ter prioridade, diminuindo a relação raiz:parte aérea, especialmente na fase reprodutiva, quando a grande parte dos fotoassimilados é alocada para as sementes e frutos. Em plantas perenes, o crescimento ocorre por fluxos de atividade, com padrões de distribuição dos fotoassimilados variando com a estação do ano (Anghinoni & Meurer, 1999).

Sendo assim, é urgente a necessidade de abordagens criativas no estudo de sistemas radiculares. Não há uma estrutura analítica satisfatória ou ferramentas quantitativas adequadas para sumarizar e caracterizar essa complexidade do sistema radicular, visto que o crescimento e a arquitetura radicular variam amplamente devido à interação dinâmica com um grande número de fatores físicos, químicos e biológicos no solo, fatores esses também variáveis no espaço e no tempo (Lynch, 1995). No entanto, até o momento, muito pouco é conhecido dos processos fisiológicos que promovem uma determinada arquitetura radicular e, apesar dos progressos recentes, a modelagem das implicações funcionais da arquitetura radicular (por exemplo, as interações entre arquitetura radicular e eficiência de absorção de água e nutrientes), ainda se encontra no estágio de desenvolvimento metodológico, e ainda não é de forma alguma uma ferramenta completamente validada e utilizável para a previsão (Lynch, 1995).

Robinson (1991) enfatizou que o avanço científico no entendimento de como as raízes interceptam e absorvem os nutrientes seria muito pequeno, caso se tentasse construir de forma detalhada, às custas de muito tempo, esforços e recursos financeiros despendidos, a intrincada estrutura de um sistema radicular real. Novas idéias e abordagens criativas são mais importantes que avanços tecnológicos que permitam uma caracterização mais detalhada do sistema radicular.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Experimento de campo

Um experimento foi conduzido na Estação Experimental Fazenda Barreiro, pertencente a Unilever Bestfoods Brasil, situada no município de Patos de Minas - MG (46° 51' Oeste e 18° 57' Sul, 1100m de altitude e temperatura média anual de 22,3°C).

Utilizou-se o híbrido Heinz 9992, cujo potencial de produção está entre 130-140 t ha⁻¹, em um delineamento experimental inteiramente casualizado, onde as parcelas eram linhas duplas de 10 m de comprimento, espaçadas 0,5 m. O espaçamento entre as plantas nas linhas foi de 0,32 m e entre as linhas duplas foi de 1,3 m. A área total do experimento foi de 189 m² e a população foi de 35.000 plantas por hectare.

A semeadura foi realizada em 05/04/2002, em bandejas de polipropileno expandido. A germinação ocorreu sete dias depois e o transplante, 25 dias após a semeadura.

O solo da área experimental foi classificado como LATOSSOLO VERMELHO e apresentou 53,2% de argila, 23,6% de silte, 24,1% de areia, densidade aparente e real de 1,0 e 2,7, determinados através da análise granulométrica, realizada pelo método do densímetro (Gee & Bauder, 1986) no Laboratório de Física do Solo do Departamento de Solos e Nutrição de Plantas da ESALQ-USP.

A análise química da terra foi realizada no Laboratório de Solos do Departamento de Solos e Nutrição de Plantas da ESALQ-USP, analisando-se a matéria orgânica pelo método colorimétrico (Quaggio & Raij, 1979); o pH em CaCl₂ 0,01 mol L⁻¹ (Schofield & Taylor, 1955; Davey & Connyers, 1988); o S-SO₄ extraído com CaCl₂ 0,15% e determinado por turbidimetria de sulfato de bário (Vitti, 1988). O fósforo, o potássio, o cálcio e o magnésio foram extraídos com resina trocadora de íons e a determinação do cálcio e magnésio por espectrofotometria de absorção atômica,

do potássio por fotometria de emissão atômica e do fósforo por espectrofotometria. O boro foi extraído com água quente e determinado por espectrofotometria pelo método da azometina H (Abreu et al., 1994). As extrações de cobre, ferro, manganês e zinco foram feitas através do método DTPA (Lindsay & Norvell, 1978) e as determinações por espectrofotometria de absorção atômica. Assim, as características químicas do solo na camada de 0-20cm de profundidade foram: 155 mg dm⁻³ de P; 32 g dm⁻³ de M.O.; pH em CaCl₂ de 5,7 e 4,2; 42; 10; 17; 56,8 e 74,1 mmol_c dm⁻³ de K, Ca, Mg, H+Al, S e T, respectivamente.

Para o preparo do solo fez-se uma aração a 25cm de profundidade e um gradagem. Na adubação de plantio foram utilizados 1666 kg ha⁻¹ de 04-30-16 com 0,2% de Zn, 0,04% de B e 0,4% de Mn. A adubação de cobertura foi realizada com 81,5 kg ha⁻¹ de N, 50,2 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 121,8 kg ha⁻¹ de K₂O, parcelados por meio de fertirrigação.

A irrigação por gotejamento foi realizada via subsuperfície, utilizando-se fita Netafim® com 120 m de comprimento, 1,7 L h⁻¹ de vazão por gotejador e 0,4 m de distância entre gotejadores, enterrados a 20 cm de profundidade. A umidade do solo foi monitorada por meio de tensiômetros instalados a 20 a 40cm de profundidade.

As coletas tiveram início 17 dias após a semeadura e se repetiram a cada 7 dias, durante todo o ciclo da cultura, totalizando 21 coletas. Após cada coleta, as plantas foram lavadas, divididas em folhas, caule, flores e frutos e, então, foram pesadas. Fez-se a medida da área foliar em um aparelho integrador de área foliar, marca LI-COR, modelo LI 3100. Em seguida as folhas foram acondicionadas em sacos de papel e secas em estufa com circulação forçada na temperatura de 65°C, até obter-se massa constante. Após a secagem, o material foi moído em moinho tipo Willey.

As análises do tecido vegetal foram realizadas no Laboratório de Plantas do Departamento de Solos e Nutrição de Plantas da ESALQ-USP, para a determinação de N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn, Zn. Para o preparo dos extratos fez-se a digestão sulfúrica para a determinação do nitrogênio, a digestão nítrico-perclórica para a determinação do fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre, cobre, ferro, manganês e zinco e a incineração em muflas para a determinação do boro. A determinação do nitrogênio foi feita através do método Micro Kjeldahl. O fósforo foi determinado por colorimetria do metavanadato, o potássio por fotometria de chama de emissão; o cálcio, o magnésio, o cobre, o ferro, o manganês e o zinco por espectrofotometria de

absorção atômica. A determinação do enxofre foi feita por turbidimetria do sulfato de bário e a de boro foi por colorimetria da azometina H (Sarruge & Haag, 1974, Bataglia et al., 1983).

A taxa de crescimento absoluto (G) foi obtida através da diferença da massa seca entre duas amostragens sucessivas. Pela divisão do valor da taxa de crescimento absoluto (G), em um dado instante, pela massa do material seco naquele instante, foi determinada a taxa de crescimento relativo (R). Igualmente, com a divisão do valor da taxa de crescimento absoluto (G) pelo valor da área foliar (L_A), naquele instante, obteve-se a taxa assimilatória líquida (E). O índice de área foliar (L) foi obtido pela divisão do valor da área foliar (L_A) pela área do terreno ocupado pela planta (S). Para a determinação do valor da área foliar específica (SLA) foi dividido o valor da área foliar (L_A) pela massa do material seco da folha (W_f).

Todas as variáveis foram submetidas à análise de variância, empregando-se o teste F, com nível α de significância de 5% e de regressão polinomial, utilizando-se o pacote estatístico SAS (Statistical Analyses System).

3.2 Experimento em casa-de-vegetação

Para se avaliar a produção de material seco e o acúmulo de nutrientes no sistema radicular do híbrido Heinz 9992, foi conduzido um experimento em casa-de-vegetação pertencente ao Departamento de Solos e Nutrição de Plantas da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” - USP, situada no município de Piracicaba (47° 38” Oeste e 22° 42” Sul, 580m de altitude e temperatura média anual de 21,3°C).

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com 4 repetições. As parcelas eram compostas por linhas de 14 caixas de 36,5 cm de largura, 55 cm de comprimento e 27,5 cm de altura. A distância entre as caixas era de 10cm e entre as linhas de 1 m. As caixas eram cobertas com polipropileno expandido e recebiam 15 plantas no início. As coletas também foram usadas como desbastes até se obter 2 plantas por caixa. Todas as caixas recebiam a solução nutritiva através de um sistema de vasos comunicantes, o que possibilitou manter uma lâmina de 20 cm de profundidade, na qual o sistema radicular de cada planta ficou submerso, caracterizando o sistema de *floating*. Para garantir a oxigenação do sistema, a solução nutritiva era circulada 6 vezes ao dia. Os tratamentos corresponderam às épocas de

coleta, totalizando 21 tratamentos. Todas as características avaliadas foram submetidas à análise de variância e de regressão.

As mudas foram produzidas no local do experimento. A semeadura foi realizada em 27/12/2003, em bandejas de polipropileno expandido. O transplântio para as caixas ocorreu quando as plantas completaram 25 dias após a semeadura, com quinze mudas por caixa.

Para o preparo de 2500L de solução nutritiva eram usados 3.000 g de nitrato de cálcio, 650 g de nitrato de potássio, 375 g de monofosfatoamônio, 663 g de cloreto de potássio, 1.250 g de sulfato de magnésio, 2,5 L de solução de micronutrientes (2,86 g L⁻¹ de H₃BO₃ ; 1,81 g L⁻¹ de MnCl₂ . 4H₂O; 0,10 g L⁻¹ de ZnCl₂; 0,04 g L⁻¹ de CuCl₂ e 0,02 g L⁻¹ de H₂MoO₄ . H₂O) e 2,5 L de Fe-EDTA (26,2 g de EDTA dissódico, 286 mL de NaOH 1M, 24 g de FeSO₄ . 7H₂O). A solução nutritiva foi trocada a cada 3 dias para garantir uma disponibilidade de nutrientes semelhantes á do campo.

Os tratamentos fitossanitários foram feitos de acordo com o monitoramento da área experimental, em função dos patógenos e pragas.

As coletas tiveram início 17 dias após a semeadura e se repetiram a cada 7 dias, durante todo o ciclo da cultura, totalizando 21 coletas. Após cada coleta, as plantas foram lavadas, divididas em folhas, caule, flores, frutos e raízes e então foram pesadas. Fez-se a medida da área foliar em um aparelho integrador de área foliar, marca LI-COR, modelo LI 3100. Em seguida as folhas foram acondicionadas em sacos de papel e secas em estufa com circulação forçada na temperatura de 65°C até obter-se massa constante. Após a secagem, o material foi moído em moinho tipo Willey.

As análises do tecido vegetal foram realizadas no Laboratório de Plantas do Departamento de Solos e Nutrição de Plantas da ESALQ-USP, para a determinação de N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn, Zn, da mesma forma que para o experimento de campo. Os parâmetros fisiológicos foram calculados conforme os procedimentos descritos no experimento de campo.

Todas as variáveis foram submetidas às análises de variância, empregando-se o teste F, com nível α de significância de 5%, e de regressão polinomial, utilizando-se o pacote estatístico SAS (Statistical Analyses System).

3.3 Estimativa do sistema radicular

Para se estimar o acúmulo de nutrientes nas raízes do tomateiro cultivado em campo, fez-se uma comparação entre os acúmulos máximos das variáveis estudadas nos dois experimentos através do teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Em função da ausência de diferença significativa entre as variáveis dos dois experimentos, determinou-se a relação existente entre a parte aérea e o sistema radicular do experimento em estufa. Essa relação foi aplicada aos resultados do experimento de campo e assim, os acúmulos de nutrientes no sistema radicular do experimento de campo foram estimados.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Crescimento do tomateiro no campo

O acúmulo máximo de material seco (Wt) na parte aérea do tomateiro foi maior na 18ª semana após a germinação, com um valor de 517,96 g por planta (Figura 1), e distribuí-se nas folhas (Wf), no caule (Wc), nas flores (Wfl) e nos frutos (Wfr) (Tabela 1). Dechen et al. (1980) observaram um acúmulo de material seco de 412,9 e 412,2 g por planta aos 90 dias após o transplante, para as cultivares Samano e Kada, respectivamente, conduzidas sem poda apical e em solução nutritiva. A distribuição dos assimilados observada, ou seja, a distribuição da material seco na planta está relacionada à força de dreno dos órgãos, ou ainda, à habilidade competitiva de um órgão acumular assimilados, caracterizada de forma quantitativa através de suas respectivas taxas de crescimento (Heuvelink, 1996).

Figura 1 – Acúmulo do material seco total (A) e dos frutos (B), em função da idade, do tomateiro para processamento industrial

Tabela 1. Equações de regressão referentes às características de crescimento do tomateiro para processamento industrial

	Equação	R ²
Caule ¹	$\log 10 (\text{Acúmulo de MS}) = -7,55170 + 1,93118X - 0,10375X^2 + 0,00185X^3$	0,98
Folha ¹	$(\text{Acúmulo de MS})^{0,1} = 0,50214 + 0,13729X - 0,00411X^2$	0,96
Flor ¹	$(\text{Acúmulo de MS})^{0,5} = -0,68436 - 0,09188X + 0,04953X^2 - 0,00257X^3$	0,70
Fruto ¹	$(\text{Acúmulo de MS})^{0,1} = -2,99195 + 0,75180X - 0,04115X^2 + 0,00077$	0,97
Total ¹	$\log 10 (\text{Acúmulo de MS}) = -1,89802 + 0,52484X - 0,01492X^2$	0,98
Nº Folhas ²	$\log 10 (\text{Número de folhas}) = -2,20397 + 0,35859X - 0,01981X^2 + 0,00035X^3$	0,96
Nº Flores ²	$\log 10 (\text{Número de flores}) = -6,79228 + 2,11444X - 0,16360X^2 + 0,00403X^3$	0,88
Nº Frutos ²	$\log 10 (\text{Número de frutos}) = -7,75645 + 1,72630X - 0,09976X^2 + 0,00189X^3$	0,91
Área Foliar ³	$\log 10 (\text{Área Foliar}) = 0,53913 + 0,48066X - 0,15742X^2$	0,95

¹ g por planta ² unidade por planta ³ dm² por planta

O acúmulo maior de material seco ocorreu nos frutos, dentre os componentes da parte aérea da planta, atingindo 330,68 g por planta, na 21^a semana após a germinação (Figura 1). Os frutos comportaram-se como o principal dreno da planta, após o início da frutificação e mantiveram este comportamento até a colheita.

O acúmulo de material seco nas folhas, a área foliar e o número de folhas por planta aumentaram até atingir os valores máximos de 148,01 g, 130,39 dm² e 79 folhas, que ocorreram nas 17^a, 13^a e 15^a semanas após a germinação, respectivamente. Em seguida, houve a reduções na área foliar e no número de folhas por plantas, fato que pode ser explicado pela senescência e abscisão foliar. Fontes (1983) observou no tomateiro rasteiro, durante a colheita dos frutos, que estes representavam 72% do material seco da planta, enquanto que as folhas continham apenas 7%. Trabalhando com tomate estaqueado, Peluzzio (1991) observou, durante a última colheita, que as folhas representavam somente 2,78% do material seco total.

O caule e as flores tiveram acúmulo de material seco crescente até a 15^a e 12^a semanas, respectivamente, decrescendo após esse período. O acúmulo máximo de material seco no caule foi de 82,11 g por planta e nas flores de 0,66 g por planta. Observou-se que o caule comportou-se como dreno durante todo o ciclo da cultura, sendo este comportamento semelhante aos resultados obtidos por Tanaka et al. (1974b) e Peluzio (1991).

O número de frutos na colheita atingiu o valor de até 101 unidades por planta. (Tabela 1). Em estudo realizado por Gargantini & Blanco (1963), foi observado, na ocasião da colheita, 21,8 frutos por planta. Um valor assim tão inferior pode ser explicado pelas características genéticas da cultivar por eles estudada e também pelas grandes diferenças entre as práticas culturais.

A taxa de crescimento absoluto (G) e a taxa assimilatória líquida (E) aumentaram até atingirem os valores de 11.714,21 mg planta⁻¹ dia⁻¹ e 95,75 mg dm⁻² dia⁻¹, 14 semanas após a germinação. Esses resultados são maiores que os obtidos Peluzio (1991). A taxa de crescimento relativo (R) diminuiu ao longo do ciclo cultural, atingindo o valor máximo de 142,86 mg g⁻¹ dia⁻¹ na primeira semana após a germinação (Tabela 2).

Tabela 2. Taxas de crescimento absoluto (G), de crescimento relativo (R) e assimilatória líquida (E), índice de área foliar (L) e área foliar específica (SLA), em função da idade, do tomateiro para processamento industrial, cultivado no campo

Semanas	G mg planta ⁻¹ dia ⁻¹	R mg g ⁻¹ dia ⁻¹	E mg dm ⁻² dia ⁻¹	L	SLA dm ² g ⁻¹
1	5,85	-	54,17	0,00	0,00
2	11,81	95,56	56,38	0,01	1,70
3	32,13	92,20	90,08	0,01	1,02
4	81,29	88,59	63,85	0,04	1,39
5	191,08	84,73	46,05	0,14	1,84
6	417,04	80,60	45,44	0,32	1,77
7	844,28	76,17	22,74	1,29	3,35
8	1583,31	71,42	28,47	1,93	2,51
9	2745,85	66,34	62,39	1,53	1,06
10	4393,56	60,90	73,42	2,08	0,83
11	6465,23	55,07	91,65	2,45	0,60
12	8708,37	48,83	85,04	3,56	0,57
13	10659,22	42,14	81,75	4,53	0,52
14	11714,21	34,97	95,75	4,25	0,37
15	11303,01	27,30	92,39	4,25	0,30
16	9116,03	19,07	71,92	4,40	0,27
17	5287,88	10,27	59,31	3,10	0,17
18	433,65	0,84	5,07	2,97	0,17
19	-4506,97	-9,27	-52,79	2,96	0,18
20	-8566,24	-20,09	-105,37	2,82	0,19
21	-11057,39	-31,68	-93,49	2,72	0,22

O valor máximo observado do índice de área foliar (L) foi de 4,53 na 13ª semana após a germinação, e chegando ao final do ciclo com 2,72, o que caracteriza o período de senescência e abscisão foliar (Tabela 2). Quanto à área foliar específica (SLA), houve redução ao longo do ciclo, atingindo o valor de $0,22 \text{ dm}^2 \text{ g}^{-1}$ na época da colheita. Esses valores indicam o aumento da biomassa foliar e redução da expansão da área foliar e são menores que os encontrados por Tanaka et al. (1974c) e Peluzio (1991).

4.2 Acúmulo de nutrientes na parte aérea do tomateiro

4.2.1 Nitrogênio

Os acúmulos de nitrogênio na parte aérea do tomateiro e nos frutos aumentaram até atingir 12.609,56 e 8.268,21 mg por planta na 17ª e 21ª semanas após a germinação, respectivamente (Figuras 2A e 2B, Tabela 3). O acúmulo máximo pela cultura foi de $441,33 \text{ kg ha}^{-1}$, dos quais 65,57% estavam nos frutos (Tabela 3), para uma produtividade de 129 t ha^{-1} . As equações de regressão ajustadas aos acúmulos de nitrogênio nas partes da planta e no total são apresentadas na Tabela 4.

Tabela 3. Quantidade de nutrientes acumulada na parte aérea total e somente nos frutos do tomateiro

Nutrientes	Acúmulo máximo na planta*	Acúmulo máximo nos frutos*	Acúmulo máximo na plantakg ha ⁻¹	Acúmulo máximo nos frutos	% do nutriente nos frutos
N	12609,56	8268,21	441,33	289,39	65,57
P	1349,58	1107,86	47,24	38,78	82,09
K	17578,02	12844,98	615,23	449,57	73,07
Ca	8815,36	400,77	308,54	14,03	4,55
Mg	3362,17	586,28	117,68	20,52	17,44
S	1286,35	447,95	45,02	15,68	34,82
B	35027,57	731,61	1,23	0,03	2,09
Cu	18956,58	3619,32	0,66	0,13	19,09
Fe	237804,46	44136,71	8,32	1,54	18,56
Mn	79992,63	10540,29	2,80	0,37	13,18
Zn	46740,14	15260,04	1,64	0,53	32,65

* mg planta⁻¹ para macro e µg planta⁻¹ para micronutrientes.

As folhas apresentaram maior acúmulo de nitrogênio durante a maior parte do ciclo da cultura, atingindo o acúmulo máximo de 4.564,78 mg por planta, na 15ª semana. Os frutos passaram a ter o maior acúmulo após a 16ª semana, chegando ao acúmulo máximo na 21ª semana, ou seja, no final do ciclo. O caule também apresentou acúmulo crescente até a 15ª semana, com o valor de 1.260,34 mg por planta. As flores apresentaram sempre concentrações inferiores em relação às demais partes da planta. O acúmulo máximo de nitrogênio nas flores foi de 36,45 mg por planta e ocorreu na 11ª semana. A maior taxa de acúmulo do nitrogênio foi de 9,86 kg ha⁻¹ dia⁻¹ ocorrida na 14ª semana.

Tabela 4. Equações de regressão dos acúmulos de nitrogênio das partes e do total do tomateiro, em função da idade, em semanas, expressas em mg por planta

	Equação	R ²
Caule	$\log 10 (\text{Acúmulo de N}) = -1,78271 + 0,82905X - 0,04547X^2 + 0,00079X^3$	0,98
Folha	$\log 10 (\text{Acúmulo de N}) = -0,31603 + 0,53278X - 0,25761X^2$	0,94
Flor	$(\text{Acúmulo de N})^{0,5} = -26,93263 + 5,83087X - 0,25761X^2$	0,69
Fruto	$(\text{Acúmulo de N})^{0,1} = -4,15715 + 1,05578X - 0,05773X^2 + 0,00107X^3$	0,97
Total	$\log 10 (\text{Acúmulo de N}) = -0,17310 + 0,50623X - 0,01499X^2$	0,96

Figura 2 - Acúmulos de nitrogênio total (A) e nos frutos (B), em função da idade em semanas, do tomateiro para processamento industrial

Fernandes et al.(1975), estudando tomates para fins industriais de diversas cultivares do grupo Santa Cruz, observaram valores inferiores, sendo que os frutos representaram 666 mg dos 1.180 mg absorvidos pela planta, ou seja, 56% do total. A taxa de absorção total foi de $11 \text{ kg ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$, ocorrida na 14ª semana. Nos frutos, a taxa máxima de acúmulo nos frutos foi de $5,97 \text{ kg ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ na ocasião da colheita.

Fayad et al. (2002) observaram em tomateiro cultivar Santa Clara 10.288 mg por planta em toda a planta, e os frutos continham 55% do total. A taxa de absorção de nitrogênio foi máxima aos 46 dias com o valor de $198,52 \text{ mg planta}^{-1} \text{ dia}^{-1}$, enquanto que no fruto, a taxa de absorção máxima foi de $101 \text{ mg planta}^{-1} \text{ dia}^{-1}$.

4.2.2 Fósforo

Os acúmulos de fósforo na parte aérea do tomateiro e nos frutos aumentaram até atingirem os valores de 1.349,58 e 1.107,87 mg por planta na 18ª e 21ª semanas após a germinação, respectivamente (Figuras 3A e 3B, Tabela 3). O acúmulo máximo pela cultura foi de $47,24 \text{ kg ha}^{-1}$, dos quais 82,09% estavam nos frutos (Tabela 3), para uma produtividade de 129 t ha^{-1} . As equações de regressão ajustadas aos acúmulos de fósforo nas partes da planta e no total são apresentadas na Tabela 5.

Tabela 5. Equações de regressão dos acúmulos de fósforo das partes e do total do tomateiro, em função da idade, em semanas, expressas em mg por planta

	Equação	R ²
Caule	$\log 10 (\text{Acúmulo de P}) = - 2,09639 + 0,67254X - 0,03362X^2 + 0,00051X^3$	0,97
Folha	$(\text{Acúmulo de P})^{0,1} = 0,67885 + 0,13802X - 0,00441X^2$	0,92
Flor	$(\text{Acúmulo de P})^{0,5} = - 9,68698 + 2,09890X - 0,09348X^2$	0,76
Fruto	$(\text{Acúmulo de P})^{0,1} = - 3,72315 + 0,92748X - 0,05148X^2 + 0,00096X^3$	0,97
Total	$\log 10 (\text{Acúmulo de P}) = - 0,84654 + 0,43585X - 0,01194X^2$	0,97

Figura 3 - Acúmulos de fósforo total (A) e nos frutos (B), em função da idade em semanas, do tomateiro para processamento industrial

As folhas apresentaram maior acúmulo de fósforo até a 12^a semana após a germinação, porém o maior acúmulo observado nas folhas ocorreu na 16^a semana, chegando a 282,30 mg por planta. Os frutos foram a parte da planta com a maior quantidade acumulada de fósforo após a 13^a semana, chegando ao acúmulo máximo na 21^a semana, ou seja, no final do ciclo com 1.107,86 mg por planta. O caule também apresentou acúmulo crescente até a 16^a semana, com o valor de 149,83 mg por planta. O acúmulo máximo de fósforo nas flores foi de 122,98 mg por planta e ocorreu na 11^a semana. A maior taxa de acúmulo do fósforo foi de 6,75 kg ha⁻¹ dia⁻¹ ocorrida na 14^a semana.

Haag et al. (1978) observaram que o cultivar Roma VF acumulou 13,6 kg ha⁻¹ de fósforo e os frutos continham 74% do total. Fayad et al (2002) observaram que o conteúdo de P na parte aérea do tomateiro foi de 1.622 mg por planta aos 93 dias após o transplântio, e os frutos atingiram o máximo de 869 mg por planta, aos 120 dias após o transplântio. A parte aérea e os frutos apresentaram taxas de acumulação de 32,11 e 34,44 mg planta dia, aos 39 e 58 dias após o transplântio, respectivamente.

4.2.3 Potássio

O potássio foi o nutriente mais acumulado no tomateiro e apresentou acúmulos crescentes na parte aérea do tomateiro e nos frutos até atingirem 17.578,02 e 12.844,48 mg por planta na 17ª e 21ª semanas após a germinação, respectivamente (Figuras 4A e 4B, Tabela 6). O acumulado máximo pela cultura foi de 615,23 kg ha⁻¹, dos quais 73,07% estavam nos frutos (Tabela 3). As equações de regressão ajustadas aos acúmulos de potássio nas partes da planta e no total são apresentadas na Tabela 6.

Tabela 6. Equações de regressão dos acúmulos de potássio das partes e do total do tomateiro, em função da idade, em semanas, expressas em mg por planta

	Equação	R ²
Caule	(Acúmulo de K) ^{0,1} = - 0,66975 + 0,19464X - 0,00605X ²	0,98
Folha	(Acúmulo de K) ^{0,1} = 0,71402 + 0,20081X - 0,00641X ²	0,93
Flor	(Acúmulo de K) ^{0,5} = - 23,78158 + 5,00836X - 0,21603X ²	0,63
Fruto	(Acúmulo de K) ^{0,1} = - 4,74444 + 1,17366X - 0,06491X ² + 0,00122X ³	0,97
Total	log 10 (Acúmulo de K) = - 0,16704 + 0,50994X - 0,01473X ²	0,97

Figura 4 - Acúmulos de potássio total (A) e nos frutos (B), em função da idade em semanas, do tomateiro para processamento industrial

As folhas apresentaram maior acúmulo de potássio até a 13ª semana após a germinação, porém o maior valor observado nas folhas ocorreu na 16ª semana, chegando a 3.897,63 mg por planta. Os frutos foram a parte da planta com o maior acúmulo de potássio após a 14ª semana, chegando ao acúmulo máximo na 21ª semana, ou seja, no final do ciclo com 1.107,86 mg por planta. O caule também apresentou acúmulo crescente de potássio até a 16ª semana, com o valor de 3.112,06 mg por planta. O acúmulo máximo de potássio nas flores foi de 27,15 mg por planta e ocorreu na 12ª semana. A maior taxa de acúmulo do potássio foi de 13,85 kg ha⁻¹ dia⁻¹ ocorrida na 14ª semana.

Os valores observados são superiores aos encontrados por Tanaka et al. (1974a). Quando comparado aos resultados obtidos por Fayad et al. (2002) pode-se observar que seus resultados também foram inferiores. Essa diferença pode ser explicada pelas diferenças nas práticas culturais e, principalmente, por se tratar de tomateiros com hábitos de crescimentos diferentes. No entanto, vale ressaltar que em todos os casos o potássio foi o elemento mais acumulado pela cultura.

4.2.4 Cálcio

Tendo sido o terceiro nutriente mais acumulado, o cálcio apresentou acúmulos crescentes na parte aérea do tomateiro e nos frutos até atingir 8.815,36 e 400,87 mg por planta na 17ª e 19ª semanas após a germinação, respectivamente (Figuras 5A e 5B, Tabela 7). O acúmulo máximo pela cultura foi de 308,54 kg ha⁻¹, dos quais apenas 4,55% estavam nos frutos (Tabela 3). As equações de regressão ajustadas aos acúmulos de cálcio nas partes da planta e no total são apresentadas na Tabela 7.

Tabela 7. Equações de regressão dos acúmulos de cálcio das partes e do total do tomateiro, em função da idade, em semanas, expressas em mg por planta

	Equação	R ²
Caule	$\log 10 (\text{Acúmulo de Ca}) = -2,70867 + 0,98907X - 0,05627X^2 + 0,00108X^3$	0,98
Folha	$\log 10 (\text{Acúmulo de Ca}) = -1,09832 + 0,70226X - 0,03098X^2 + 0,00038X^2$	0,96
Flor	$(\text{Acúmulo de Ca})^{0,5} = -11,68715 + 2,50176X - 0,10525X^2$	0,68
Fruto	$(\text{Acúmulo de Ca})^{0,2} = -3,86760 + 0,77156X - 0,02071X^2$	0,94
Total	$\log 10 (\text{Acúmulo de K}) = -1,06262 + 0,71555X - 0,03198X^2 + 0,00042X^3$	0,97

Figura 5 - Acúmulos de cálcio total (A) e nos frutos (B), em função da idade em semanas, do tomateiro para processamento industrial

O acúmulo maior de cálcio ocorreu nas folhas durante todo o ciclo. Esse acúmulo teve um comportamento crescente até a 16^a semana após a germinação, tendo acumulado nesse período, 6.367,81 mg por planta. A quantidade acumulada nos frutos foi crescente até atingir o valor de 400,77 mg por planta na 17^a semana. O caule teve acúmulo crescente de cálcio do início ao fim do ciclo, quando atingiu o acúmulo máximo de 1.172,60 mg por planta. Nas flores, o acúmulo máximo de cálcio ocorreu na 12^a semana, atingindo o valor de 10,10 mg por planta. A maior taxa de acúmulo do cálcio foi de 6,86 kg ha⁻¹ dia⁻¹ ocorrida na 13^a semana.

Os resultados obtidos por Fernandes et al. (1975), Haag et al. (1978) e Fayad et al. (2002) demonstraram acúmulos de cálcio menores que os aqui encontrados.

4.2.5 Magnésio

O magnésio foi o quarto nutriente mais acumulado na parte aérea, tendo atingido o valor de 3.362,17 mg por planta na 17ª semana após a germinação e os frutos acumularam 586,28 mg por planta, valor observado na colheita (Figuras 6A e 6B, Tabela 8). A quantidade de magnésio acumulada pela cultura foi de 117,68 kg ha⁻¹, dos quais 17,44% encontravam-se nos frutos (Tabela 3). As equações de regressão ajustadas aos acúmulos de magnésio nas partes da planta e no total são apresentadas na Tabela 8.

Tabela 8. Equações de regressão dos acúmulos de magnésio das partes e do total do tomateiro, em função da idade, em semanas, expressas em mg por planta

	Equação	R ²
Caule	(Acúmulo de Mg) ^{-0,2} = 1,41248 - 0,19085X + 0,01064X ² - 0,00019X ³	0,98
Folha	(Acúmulo de Mg) ^{0,1} = 0,61169 + 0,17847X - 0,00526X ²	0,95
Flor	(Acúmulo de Mg) ^{0,5} = - 9,33648 + 1,98397X - 0,08580X ²	0,73
Fruto	(Acúmulo de Mg) ^{0,1} = - 2,95853 + 0,76466X - 0,04138X ² + 0,00076X ³	0,96
Total	log 10 (Acúmulo de Mg) = - 0,99810 + 0,54445X - 0,01637X ²	0,97

Figura 6 - Acúmulos de magnésio total (A) e nos frutos (B), em função da idade em semanas, do tomateiro para processamento industrial

As folhas apresentaram o maior acúmulo de magnésio durante todo o ciclo da cultura, atingindo na 17ª semana, o acúmulo máximo de 1.882,32 mg por planta. A quantidade acumulada nos frutos foi crescente, até atingir o valor de 586,28 mg por planta na última semana. O caule teve acúmulo crescente de magnésio até a 16ª semana, quando apresentou o acúmulo máximo de 524,04 mg por planta, valor esse muito semelhante ao encontrado nos frutos. O acúmulo máximo de magnésio nas flores foi de 4,18 mg por planta, que ocorreu durante a 12ª semana. A maior taxa de acúmulo de magnésio observada foi de 2,75 kg ha⁻¹ dia⁻¹.

A cultivar Roma VF, estudada por Haag et al. (1978), acumulou 15,57 kg ha⁻¹, sendo que 41,8% desse magnésio estavam nos frutos. A cultivar Santa Clara, estudada por Fayad et al. (2002), teve acúmulo de magnésio na planta de 29 kg ha⁻¹, sendo que 21% estavam nos frutos. As taxas de acúmulos de magnésio na planta e nos frutos foram de 23 e 10 mg planta⁻¹ dia⁻¹, respectivamente.

4.2.6 Enxofre

Os acúmulos de enxofre na parte aérea do tomateiro e nos frutos aumentaram até atingirem os valores de 1.286,35 e 447,95 mg por planta na 17ª e 21ª semanas após a germinação, respectivamente (Figuras 7A e 7B, Tabela 9). O acúmulo máximo pela cultura foi de 45,02 kg ha⁻¹, dos quais 34,82% estavam nos frutos (Tabela 3). As equações de regressão ajustadas aos acúmulos de enxofre nas partes da planta e no total são apresentadas na Tabela 9.

Tabela 9. Equações de regressão dos acúmulos de enxofre das partes e do total do tomateiro, em função da idade, em semanas, expressas em mg por planta

	Equação	R ²
Caule	$\log 10 (\text{Acúmulo de S}) = -2,51628 + 0,69592X - 0,03550X^2 + 0,00060X^3$	0,97
Folha	$(\text{Acúmulo de S})^{0,1} = 0,80623 + 0,07377X + 0,00421X^2 - 0,00026X^3$	0,95
Flor	$(\text{Acúmulo de S})^{0,5} = -7,98906 + 1,72254X - 0,07653X^2$	0,76
Fruto	$(\text{Acúmulo de S})^{0,1} = -3,09979 + 0,79194X - 0,04377X^2 + 0,00082X^3$	0,97
Total	$\log 10 (\text{Acúmulo de S}) = -0,96418 + 0,47150X - 0,01364X^2$	0,96

Figura 7 - Acúmulos de enxofre total (A) e nos frutos (B), em função da idade em semanas, do tomateiro para processamento industrial

As folhas apresentaram acúmulo maior de enxofre durante a maior parte do ciclo da cultura, atingindo o acúmulo máximo de 932,12 mg por planta, na 16ª semana. Os frutos tiveram acúmulo crescente até a 21ª semana, único período em que apresentou acúmulo maior que o das folhas. O caule também apresentou acúmulo crescente até a 18ª semana, com o valor de 101,74 mg por planta e, após esse período, manteve-se constante. As flores apresentaram sempre concentrações inferiores em relação às demais partes da planta. O acúmulo máximo de enxofre nas flores foi de 2,89 mg por planta e ocorreu na 11ª semana. A maior taxa de acúmulo do enxofre foi de $0,97 \text{ kg ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ ocorrida na 14ª semana.

O acúmulo total de enxofre observado por Haag et al. (1970), que trabalhou com a cultivar Roma VF, foi de $17,22 \text{ kg ha}^{-1}$, e os frutos continham 41,8% desse valor, valores esses muito menores que os deste trabalho. Fernandes et al. (1975) também obteve acúmulo total de enxofre menor, porém nos frutos a porcentagem acumulada foi maior.

4.2.7 Boro

O boro apresentou acúmulos crescentes na parte aérea do tomateiro e nos frutos até atingirem 17.384,01 e 731,61 μg por planta na colheita (Figuras 8A e 8B,

Tabela 10). O acúmulo máximo pela cultura foi de 1,23 kg ha⁻¹, dos quais apenas 2,09% estavam nos frutos (Tabela 3). As equações de regressão ajustadas aos acúmulos de boro nas partes da planta e no total são apresentadas na Tabela 10.

Tabela 10. Equações de regressão dos acúmulos de boro das partes e do total do tomateiro, em função da idade, em semanas, expressas em mg por planta

	Equação	R ²
Caule	$\log 10 (\text{Acúmulo de B}) = -1,15814 + 0,74265X - 0,04027X^2 - 0,00073X^3$	0,97
Folha	$\log 10 (\text{Acúmulo de B}) = -0,11740 + 0,56077X - 0,01728X^2$	0,96
Flor	$(\text{Acúmulo de B})^{0,5} = -41,74423 + 8,99150X - 0,39227X^2$	0,74
Fruto	$\log 10 (\text{Acúmulo de B}) = -14,77857 + 3,20065X - 0,18581X^2 + 0,00359X^3$	0,94
Total	$\log 10 (\text{Acúmulo de B}) = 0,03637 + 0,54563X - 0,01645X^2$	0,98

Figura 8 - Acúmulos de boro total (A) e nos frutos (B), em função da idade em semanas, do tomateiro para processamento industrial

As folhas apresentaram o acúmulo maior de boro na planta. Esse acúmulo foi crescente até a 16^a semana, quando atingiu o valor de 26.992,31 µg por planta. O caule teve acúmulo crescente do início ao final do ciclo, quando teve acúmulo máximo de 3.040,60 µg por planta. De forma semelhante ao caule, o fruto teve acúmulo crescente de boro até a colheita, quando atingiu o máximo de 731,61 µg por planta. As

flores apresentaram acúmulo máximo de boro de 94,04 μg por planta na 11ª semana. A taxa de acúmulo máximo de boro ocorreu na 13ª semana e foi de 29,75 $\text{g ha}^{-1} \text{dia}^{-1}$.

Os acúmulos observados neste trabalho são diferentes do acúmulo total de boro na cultivar Roma VF (Haag et al., 1978), que foi de 0,34 kg ha^{-1} e os frutos continham 50,7% desse valor. Fernandes et al. (1975) observou que 34,67% dos 0,85 kg ha^{-1} de boro acumulado estavam nos frutos.

4.2.8 Cobre

O cobre foi o nutriente menos acumulado no tomateiro. Os acúmulos de cobre total e nos frutos foram de 18.956,58 e 3.619,32 μg por planta, ocorridos na 18ª e 21ª semanas após a germinação (Figuras 9A e 9B, Tabela 11). O acúmulo máximo de cobre na cultura foi de 0,66 kg ha^{-1} , sendo que 19,09% estavam nos frutos (Tabela 3). As equações de regressão ajustadas aos acúmulos de cobre nas partes da planta e no total são apresentadas na Tabela 11.

Tabela 11. Equações de regressão dos acúmulos de cobre das partes e do total do tomateiro, em função da idade, em semanas, expressas em mg por planta

	Equação	R ²
Caule	$\log 10 (\text{Acúmulo de Cu}) = - 1,49552 + 0,78612X - 0,04671X^2 - 0,00097X^3$	0,96
Folha	$\log 10 (\text{Acúmulo de Cu}) = 0,75726 + 0,38055X - 0,01074X^2$	0,81
Flor	$(\text{Acúmulo de Cu})^{0,5} = - 13,05733 + 3,15412X - 0,14449X^2$	0,57
Fruto	$(\text{Acúmulo de Cu})^{0,2} = - 10,84667 + 2,32494X - 0,11959X^2 + 0,00215X^3$	0,94
Total	$\log 10 (\text{Acúmulo de Cu}) = 0,75804 + 0,39192X - 0,01091X^2$	0,85

Figura 9 - Acúmulos de cobre total (A) e nos frutos (B), em função da idade em semanas, do tomateiro para processamento industrial

O acúmulo de cobre nas folhas foi maior que nos demais órgãos da planta e foi crescente até a 18ª semana, quando atingiu o valor de 13.409,11 μg por planta. O caule teve acúmulo crescente até a colheita, com valor máximo de 2.927,01 μg por planta. Os frutos tiveram o mesmo comportamento do caule e na 21ª semana acumularam 3.619,32 μg por planta. O acúmulo máximo de cobre nas flores foi muito menor que as demais partes, tendo apenas atingido o valor de 17,26 μg por planta na 11ª semana. A taxa de acúmulo máximo de cobre foi de 12,13 $\text{g ha}^{-1} \text{dia}^{-1}$, na 15ª semana após a germinação.

Fernandes et al. (1975) observaram que o acúmulo total de cobre pela cultivar Santa Cruz foi de 0,037 kg ha^{-1} e os frutos acumularam 54% do total. Fayad et al. (2002) observaram que o acúmulo total de cobre foi de 3,41 kg ha^{-1} e nos frutos havia 2,3% deste valor, e taxas de absorção na planta e nos frutos de 4.438,00 e 170,15 $\mu\text{g planta}^{-1} \text{dia}^{-1}$, respectivamente. Os acúmulos de cobre deste trabalho diferem completamente dos encontrados na literatura.

4.2.9 Ferro

Os acúmulos de ferro total e nos frutos foram de 237.804,46 e 44.136,71 μg por planta, ocorridos na 17^a e 21^a semanas após a germinação (Figuras 10A e 10B, Tabela 12). O máximo acúmulo de ferro na cultura foi de 8,32 kg ha^{-1} , sendo que 18,56% estavam nos frutos (Tabela 3). As equações de regressão ajustadas aos acúmulos de ferro nas partes da planta e no total são apresentadas na Tabela 12.

Tabela 12. Equações de regressão dos acúmulos de ferro das partes e do total do tomateiro, em função da idade, em semanas, expressas em mg por planta

	Equação	R ²
Caule	$\log 10 (\text{Acúmulo de Fe}) = - 1,16691 + 0,92432X - 0,05324X^2 + 0,00105X^3$	0,97
Folha	$\log 10 (\text{Acúmulo de Fe}) = 0,54127 + 0,67499X - 0,02946X^2 + 0,00037X^3$	0,95
Flor	$\log 10 (\text{Acúmulo de Fe}) = - 5,36803 + 1,33113X - 0,05617X^2$	0,76
Fruto	$\log 10 (\text{Acúmulo de Fe}) = - 14,77075 + 3,30511X - 0,19253X^2 + 0,00377X^3$	0,95
Total	$\log 10 (\text{Acúmulo de Fe}) = 0,56828 + 0,68402X - 0,03040X^2 + 0,00040X^3$	0,96

Figura 10 - Acúmulos de ferro total (A) e nos frutos (B), em função da idade em semanas, do tomateiro para processamento industrial

As folhas apresentaram um acúmulo de ferro muito maior que os encontrados nas demais partes da planta e foi crescente até a 17^a semana, quando chegou a

211.483,28 μg por planta. O acúmulo de ferro no caule foi crescente, atingindo o máximo de 30.833,30 μg por planta, durante a 21ª semana. Os frutos apresentaram comportamento semelhante ao do caule, com valor máximo de 44.136,71 μg por planta na 21ª semana. A quantidade máxima de ferro acumulada nas flores foi de 328,89 μg por planta na 12ª semana. A maior taxa de acúmulo do ferro ocorreu na 13ª semana e foi de 180,33 $\text{g ha}^{-1} \text{dia}^{-1}$.

Os resultados observados por Fernandes et al.(1975) mostraram que o acúmulo máximo na cultura foi de 1,35 kg ha^{-1} e os frutos acumularam 12,72% do total. No estudo feito por Fayad et al. (2002), os acúmulos de ferro total e nos frutos foram de 98.364 e 22.592 μg por planta, respectivamente. As taxas de absorção na parte aérea e nos frutos foram de 784 e 1.134,24 μg por planta. Os resultados encontrados na literatura foram sempre menores que os deste trabalho.

4.2.10 Manganês

O manganês apresentou acúmulos crescentes na parte aérea do tomateiro e nos frutos até atingirem 79.992,63 e 10.540,29 μg por planta na 17ª e 21ª semanas após a germinação, respectivamente (Figuras 11A e 11B, Tabela 13). O acúmulo máximo pela cultura foi de 2,80 kg ha^{-1} , dos quais 13,18% estavam nos frutos (Tabela 3). As equações de regressão ajustadas aos acúmulos de manganês nas partes da planta e no total são apresentadas na Tabela 13.

Tabela 13. Equações de regressão dos acúmulos de manganês das partes e do total do tomateiro, em função da idade, em semanas, expressas em mg por planta

	Equação	R ²
Caule	$\log 10 (\text{Acúmulo de Mn}) = - 0,74935 + 0,55176X - 0,01583X^2$	0,95
Folha	$\log 10 (\text{Acúmulo de Mn}) = 0,29313 + 0,56923X - 0,01882X^2$	0,86
Flor	$(\text{Acúmulo de Mn})^{0,5} = - 28,61930 + 6,10250X - 0,25183X^2$	0,48
Fruto	$(\text{Acúmulo de Mn})^{-0,1} = 2,40943 - 0,31387X + 0,01647X^2 - 0,00028X^3$	0,92
Total	$\log 10 (\text{Acúmulo de Mn}) = 0,47234 + 0,52226X - 0,01539X^2$	0,95

Figura 11 - Acúmulos de manganês total (A) e nos frutos (B), em função da idade em semanas, do tomateiro para processamento industrial

As folhas apresentaram maior acúmulo de manganês durante a maior parte do ciclo da cultura, atingindo o acúmulo máximo de 39.543,95 μg por planta, na 15ª semana. Os frutos tiveram acúmulo crescente até a colheita. O caule também apresentou acúmulo crescente até a 17ª semana, com o valor de 11.368,42 μg por planta. As flores apresentaram sempre concentrações inferiores em relação às demais partes da planta. O acúmulo máximo de manganês nas flores foi de 69,68 μg por planta e ocorreu na 12ª semana. A maior taxa de acúmulo do manganês foi de 63,79 $\text{g ha}^{-1} \text{dia}^{-1}$ ocorrida na 14ª semana.

Os acúmulos máximos observados por Fernandes et al. (1975) foram de 6.900 μg por planta no total e 630 μg por planta nos frutos, valores menores que os aqui observados. Os resultados observados por Fayad et al. (2002), mostraram que a cultura acumulou 2,17 kg ha^{-1} , a planta 108.658 μg por planta e os frutos 3.745 μg por planta, foram maiores que os deste trabalho.

4.2.11 Zinco

Os acúmulos de zinco na parte aérea do tomateiro e nos frutos foram crescentes até atingirem os valores de 46.740,14 e 15.260,04 μg por planta, ambos na

18ª semana após a germinação (Figuras 12A e 12B, Tabela 14). O acúmulo máximo pela cultura foi de $1,64 \text{ kg ha}^{-1}$, dos quais 32,65% estavam nos frutos (Tabela 3). As equações de regressão ajustadas aos acúmulos de zinco nas partes da planta e no total são apresentadas na Tabela 14.

Tabela 14. Equações de regressão dos acúmulos de zinco das partes e do total do tomateiro, em função da idade, em semanas, expressas em mg por planta

	Equação	R ²
Caule	$(\text{Acúmulo de Zn})^{-0,1} = 1,12759 - 0,13824X + 0,00876X^2 - 0,00018X^3$	0,95
Folha	$\log 10 (\text{Acúmulo de Zn}) = 0,35034 + 0,44715X - 0,01330X^2$	0,92
Flor	$(\text{Acúmulo de Zn})^{0,5} = -25,31043 + 5,64898X - 0,25294X^2$	0,76
Fruto	$(\text{Acúmulo de Zn})^{-0,1} = 2,52324 - 0,33304X + 0,01718X^2 - 0,00029X^3$	0,92
Total	$\log 10 (\text{Acúmulo de Zn}) = 0,52141 + 0,45204X - 0,01231X^2$	0,95

Figura 12 - Acúmulos de zinco total (A) e nos frutos (B), em função da idade em semanas, do tomateiro para processamento industrial

As folhas apresentaram acúmulo de zinco crescente até a 17ª semana, atingindo o valor de $12.828,92 \text{ µg por planta}$. O acúmulo de zinco no caule foi crescente até a 15ª semana e ficando constante até a 19ª semana, quando voltou a crescer novamente, atingindo o acúmulo máximo de $15.032,98 \text{ µg por planta}$ na colheita. Os frutos apresentaram acúmulo máximo de $15.260,04 \text{ µg por planta}$ na 18ª

semana. A quantidade máxima de zinco acumulada nas flores foi de 38,72 μg por planta na 11ª semana. A maior taxa de acúmulo do zinco ocorreu na 15ª semana e foi de 33,47 $\text{g ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$.

Estes valores foram todos superiores aos encontrados por Fernandes et al. (1975), Haag et al. (1978) e Fayad et al. (2002).

4.3 Acúmulo de nutrientes nas raízes

A comparação entre os resultados de acúmulos máximos de material seco e de nutrientes, obtidos nos experimentos de campo e de estufa, é apresentada na Tabela 15. Pode-se observar que não houve diferenças significativas entre as variáveis analisadas.

Tabela 15. Comparação entre os acúmulos máximos de material seco e de nutrientes em tomateiro para processamento, cultivados no campo e em estufa

Acúmulos	Campo	Estufa
Mateial Seco (g por planta)	517,96 a	542,30 a
N (mg por planta)	12565,35 a	129750,67 a
P (mg por planta)	1343,19 a	1390,44 a
K (mg por planta)	17507,87 a	17870,80 a
Ca (mg por planta)	8374,71 a	8558,25 a
Mg (mg por planta)	3357,50 a	3465,51 a
S (mg por planta)	1280,70 a	1318,83 a
B (μg por planta)	35936,82 a	36277,69 a
Cu (μg por planta)	18883,91 a	18497,46 a
Fe (μg por planta)	237804,46 a	236337,10 a
Mn (μg por planta)	79508,89 a	80320,43 a
Zn (μg por planta)	46553,74 a	46006,56 a

Médias seguidas pela mesma letra, na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 1%.

Os parâmetros relacionados ao crescimento também foram semelhantes (Tabela 16). Dessa maneira, é possível considerar que o desenvolvimento da planta foi igual tanto em condições de campo como no sistema de *floating*. Essa afirmação é

reforçada, quando se observa a produtividade dos dois experimentos: 129,00 t ha⁻¹ nas condições de campo e 127,18 t ha⁻¹ em ambiente protegido.

Tabela 16. Taxas de crescimento absoluto (G), de crescimento relativo (R) e assimilatória líquida (E), índice de área foliar (L) e área foliar específica (SLA), em função da idade, do tomateiro para processamento industrial, cultivado em estufa

Semanas	G mg planta ⁻¹ dia ⁻¹	R mg g ⁻¹ dia ⁻¹	E mg dm ⁻² dia ⁻¹	L	SLA dm ² g ⁻¹
1	7,21	-	66,18	0,00	2,16
2	15,14	96,76	71,19	0,01	1,36
3	41,99	93,23	115,75	0,01	0,81
4	107,73	89,44	83,12	0,04	1,08
5	255,40	85,35	60,83	0,15	1,40
6	559,04	80,96	60,13	0,32	1,35
7	1128,45	76,22	30,06	1,30	2,54
8	2097,17	71,13	37,23	1,96	1,91
9	3580,82	65,64	80,55	1,54	0,81
10	5600,79	59,74	92,21	2,11	0,65
11	7990,90	53,38	111,39	2,49	0,48
12	10333,08	46,54	99,12	3,62	0,47
13	11984,35	39,18	90,82	4,58	0,43
14	12235,29	31,25	98,72	4,30	0,32
15	10574,94	22,71	85,49	4,29	0,27
16	6956,33	13,53	54,18	4,46	0,25
17	1919,32	3,64	21,25	3,14	0,17
18	-3525,51	-7,01	-40,72	3,01	0,17
19	-8226,57	-18,47	-94,75	3,01	0,19
20	-11287,64	-30,80	-137,20	2,86	0,22
21	-12344,36	-44,08	-155,69	2,75	0,28

Considerando-se que os parâmetros de crescimento e de produção não apresentaram diferenças, buscou-se estimar os acúmulos nas raízes de material seco e de nutrientes no campo. Para tanto, fez-se uma relação entre os acúmulos máximos da parte aérea e do sistema radicular das plantas cultivadas no sistema hidropônico (Tabela 17).

Tabela 17. Relação entre os acúmulos máximos da parte aérea e do sistema radicular do tomateiro para processamento, cultivado em estufa

Acúmulos	Parte Aérea (A)	Relação A/R	Sistema Radicular (R)
Material Seco (g por planta)	517,96	160,92	3,22
N (mg por planta)	12609,56	103,89	121,38
P (mg por planta)	1349,58	34,02	39,67
K (mg por planta)	17578,02	232,75	75,52
Ca (mg por planta)	8815,36	173,45	50,82
Mg (mg por planta)	3362,17	550,96	6,10
S (mg por planta)	1286,35	61,09	21,06
B (μ g por planta)	35027,57	374,42	93,55
Cu (μ g por planta)	18956,58	162,26	116,83
Fe (μ g por planta)	237804,46	9,98	23826,53
Mn (μ g por planta)	79992,63	130,08	614,94
Zn (μ g por planta)	46740,14	209,82	222,77

Sabendo-se qual é a relação parte aérea e sistema radicular da cultivar Heinz 9992, fez-se as estimativas dos acúmulos de material seco e de nutrientes para as plantas cultivadas em condições de campo (Tabela 18).

Tabela 18. Estimativa dos acúmulos máximos totais e de nutrientes no sistema radicular do tomateiro para processamento cultivado em campo

Acúmulos	Parte Aérea (A)	Relação A/R	Sistema Radicular (R)
Material Seco (g por planta)	517,96	160,92	3,22
N (mg por planta)	12609,56	103,89	121,38
P (mg por planta)	1349,58	34,02	39,67
K (mg por planta)	17578,02	232,75	75,52
Ca (mg por planta)	8815,36	173,45	50,82
Mg (mg por planta)	3362,17	550,96	6,10
S (mg por planta)	1286,35	61,09	21,06
B (μ g por planta)	35027,57	374,42	93,55
Cu (μ g por planta)	18956,58	162,26	116,83
Fe (μ g por planta)	237804,46	9,98	23826,53
Mn (μ g por planta)	79992,63	130,08	614,94
Zn (μ g por planta)	46740,14	209,82	222,77

Assim, os acúmulos de material seco e, principalmente, de nutrientes passaram a ser: 445,58 kg ha⁻¹ de nitrogênio; 48,62 kg ha⁻¹ de fósforo; 617,87 kg ha⁻¹ de potássio; 310,31 kg ha⁻¹ cálcio; 117,89 kg ha⁻¹ de magnésio; 45,75 kg ha⁻¹ de enxofre; 1,23 kg ha⁻¹ de boro; 0,67 kg ha⁻¹ de cobre; 9,15 kg ha⁻¹ de ferro, 2,82 kg ha⁻¹ de manganês e 1,64 kg ha⁻¹ de zinco.

5 CONCLUSÕES

O acúmulo de material seco variou com o estágio de desenvolvimento da cultura, intensificando-se com o início da fase reprodutiva.

A sequência de distribuição do material seco acumulado nas partes das plantas foi: fruto > folha > caule > raiz > flores.

A sequência de acúmulo de nutrientes na planta foi: potássio > nitrogênio > cálcio > magnésio > fósforo > enxofre > ferro > manganês > zinco > boro > cobre.

A sequência de exportação de nutrientes foi: potássio > nitrogênio > fósforo > magnésio > enxofre > cálcio > ferro > zinco > manganês > cobre > boro.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, C.A. de; ABREU, M.F.; RAIJ, B. van; BATAGLIA, O.C.; ANDRADE, J.C. de. Extraction of boron from soil by microwave heating for ICP-AES determination. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.25, p.3321-3333, 1994.

ANGHINONI, I.; MEURER, E.J. Eficiência de aproveitamento de nutrientes pelas raízes. In: WORKSHOP SOBRE SISTEMA RADICULAR: METODOLOGIA: E ESTUDOS DE CASOS, Aracaju, 1999. **Anais**. Aracaju: EMBRAPA, 1999. p.57-88.

BARBOSA, V. The processing tomato growing system under tropical and subtropical conditions – the Brazilian experience. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON THE PROCESSING TOMATO, 1., Recife, 1996. **Proceedings**. Recife: IPA; ASHS, 1997. p.94-97.

BATAGLIA, O.C.; FURLANI, A.M.C.; TEIXEIRA, J.P.F.; FURLANI, P.R.; GALLO, J.R. **Métodos de análises químicas de plantas**. Campinas: Instituto Agronômico, 1983. 48 p. (Boletim Técnico, 78)

BENINCASA, M. M. P. **Análise de crescimento de plantas**. Jaboticabal: UNESP, FCVA, 1988. 41p.

BERTIN, N.; HEUVELINK, E. Dry matter production in a tomato crop: comparison of two simulation models. **Journal of Horticultural Science**, v.68, p.995-1011, 1994.

- BIALCZYK, J.; LECHOWSKI, Z.; LIBIK, A. Growth of tomato seedling under different HCO_3^- concentration in the medium. **Journal of Plant Nutrition**, v.17, n.5, p.801-816, 1994.
- CALVERT, A. Studies on the post-initiation development of flower buds of tomato (*Lycopersicon esculentum*). **Journal of Horticultural Science**, v.44, p.117-126, 1969.
- CAVE, C.R.J. The effect of intermittent irrigation with cold nutrient solution on the growth of tomato seedlings propagated in rockwool. **Journal of Horticultural Science**, v.66, n.6, p.781-788, 1991.
- CHIRINOS, D.; GERAUD, F.; MARIN, M.; RIVERO, G.; VERGARA, J.; MOYEDA, J.; MARMOL, L.; ATENCIO, A. Desarrollo de la planta de tomate *Lycopersicon esculentum* Miller, cv. Rio Grande, en la zona del río Limom del estado Zulia, Venezuela. Altura de planta, peso fresco, peso seco, número de ramificaciones, hojas, flores y frutos. **Revista de la Facultad Agronomía**, v.10, p.311-324, 1993.
- COCKSHULL, K.E.; HO, L.C. Regulation of tomato fruit size by plant density and truss thinning. **Journal of Horticultural Science**, v.70, p.395-407, 1995.
- DAVEY, B.J.; CONYERS, M.K. Determining the pH of acids soils. **Soil Science**, v.146, n.3, p.141-150, 1988.
- DECHEN, A.R.; HAAG, H.P.; SARRUGE, J.R.; OLIVEIRA, G.D. Nutrição mineral de hortaliças: efeitos de doses de cálcio na solução nutritiva, no desenvolvimento e nos teores de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, mg e enxofre em plantas de tomateiro (*Lycopersicon esculentum* Mill.). **Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"**, v.37, p.1009-1057, 1980.
- DIELEMAN, J.A.; HEUVELINK, E. Factors affecting the number of leaves preceding the first inflorescence in the tomato. **Journal of Horticultural Science**, v.67, n.1, p.1-10, 1992.

EVANS, G.C. **The quantitative analysis of plant growth.** London: Blackweel Scientific, 1972. 734p.

FAYAD, J.A.; FONTES, P.C.R.; CARDOSO, A.A.; FINGER, F.L.; FERREIRA, F.A. Crescimento e produção do tomateiro cultivado sob condições de campo e de ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, v.19, n.3, p.365-370, 2001.

FAYAD, J.A. ; FONTES, P.C.R.; CARDOSO, A.A.; FINGER, F.L.; FERREIRA, F.A. Absorção de nutrientes pelo tomateiro cultivado sob condições de campo e de ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, v.20, n.1, p.90-94, 2002.

FERNANDES, P.D.; CHURATA-MASCA, M.G.C.; OLIVEIRA, G.D.; HAAG, H.P. Nutrição mineral de hortaliças: absorção de nutrientes pelo tomateiro em cultivo rasteiro. **Anais da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**, v.32, p.595-608, 1975.

FERRI, M.G. **Fisiologia vegetal.** São Paulo: Ed. Universitária, 1979. 349p.

FONTES, P.C.R. Distribuição de fósforo no solo afetando o desenvolvimento e a absorção de fósforo pelo tomateiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.22, p.367-372, 1987.

FONTES, P.C.R.; FONTES, R.R. Absorção de fósforo e desenvolvimento do tomateiro rasteiro plantado em fileiras simples e duplas. **Horticultura Brasileira**, v.9, n.2, p.77-79, 1991.

FONTES, P.C.R.; FONTES, R.R. Absorção de fósforo e crescimento do tomateiro influenciado por fontes, níveis e posicionamento do fertilizante. **Horticultura Brasileira**, v.10, n.1, p.11-13, 1992.

FONTES, P.C.R.; WILCOX, G.E. Growth and phosphorus accumulation in tomato cultivars. **Journal of Plant Nutrition**, v.7, n.11, p. 1651-1669, 1984a.

FONTES, P.C.R.; WILCOX, G.E. Growth and phosphorus uptake by tomato cultivars as influenced by P concentration in soil and nutrient solution. **Journal American Society Horticultural Science**, v.109, p.633-636, 1984b.

FONTES, P.C.R.; FREIRE, F.M.; NOVAIS, R.F. Efeitos da densidade aparente e dos níveis de fósforo na solução do solo sobre o desenvolvimento de raízes e sobre a absorção de fósforo pelo tomateiro. **Revista Ceres**, v.31, n.177, p.344-350, 1984.

GARGANTINI, H.; BLANCO, H.G. Marcha de absorção de nutrientes pelo tomateiro. **Bragantia**, v.56, p. 693-713, 1963.

GEE, G.W.; BAUDER, J.W. Particle size analysis. In: KLUTE, A. **Methods of soil analysis**. Madison: American Society of Agronomy, 1986. p.383-412.

GRIMSTAD, S.D. Low-temperature pulse affects growth and development of young cucumber and tomato plants. **Journal of Horticultural Science**, v.70, n.1, p.75-80, 1995.

HAAG, H.P.; OLIVEIRA, G.D.; BARBOSA, V.; SILVA, J.M. Nutrição mineral de hortaliças. Marcha de absorção de nutrientes pelo tomateiro destinados ao processamento industrial. **Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"**, v.35, p.243-270, 1978.

HALBROOKS, M.; WILCOX, G.E. Tomato plant development and elemental accumulation. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v.105, n.6, p.826-828, 1980.

HEUVELINK, E. Dry matter partitioning in tomato: validation of dynamic simulation model. **Annals of Botany**, v.77, p.71-80, 1980.

HEUVELINK, E. Growth, development and yield of a tomato crop: periodic destructive measurements in greenhouse. **Scientia Horticulturae**, v.61, p.77-99, 1995.

HEUVELINK, E.; BUISKOOL, R.P.M. Influence of sink-source interaction on dry matter production in tomato. **Annals of Botany**, v.75, p.381-389, 1995.

HUNT, R. **Basic growth analysis**. London: Unwin Hyman, 1990. 112p.

JONES, J.W., DAYAN, E., ALEN, L.H., VAN KEULEN, H. CHALLA, H.A. A dynamic tomato growth and yield model (TOMGRO). **Transactions of the ASAE**, v.34, p.663-672, 1991.

LARCHER, W. **Physiological plant ecology**. Berlin: Springer, 1995. 448p.

LESKOVAR, D.I.; CANTLIFFE, D.J.; STOFFELLA, P.J. Growth and yield of tomato plants in response to age of transplants. **Journal American Horticultural Science**, v.116, n.3, p.416-420, 1991.

LINDSAY, W.L.; NORVELL, W.A. Development of DTPA soil for zinc, iron, manganese and copper. **Soil Science Society of America Journal**, v.42, p.421-428, 1978.

LYNCH, J. Root architecture and plant productivity. **Plant Physiology**, v.109, p.7-13, 1995.

MARTINEZ, P.F. The influence of environmental conditions of mild winter climate on the physiological behavior of protected crops. **Acta Horticulturae**, n.357, p.29-41, 1994.

MARTINS, G.; CATELLANE, P. D.; VOLPE, C. A. Influência da casa-de-vegetação nos aspectos climáticos e em época de verão chuvoso. **Horticultura Brasileira**, v.12, n.2, p.131-135, 1994.

- MATTA, F.M. Mecanismos fisiológicos associados ao desenvolvimento do sistema radicular das plantas. In: WORKSHOP SOBRE SISTEMA RADICULAR: METODOLOGIA E ESTUDOS DE CASOS, Aracaju, 1999. **Anais.** Aracaju: EMBRAPA, 1999. p.19-45.
- MELO, P.C.T. Retrospectiva da agroindústria do tomate no Brasil nos anos 90. **Horticultura Brasileira**, v.11, n.2, p.109-111, 1993.
- MINAMI, K.; HAAG, H.P. **O tomateiro.** Campinas: Fundação Cargill, 1989. 397p.
- MITIDIERI, I.M. Principales enfermedades que afectan a los cultivos horticolas que se desarrollan bajo cubierta, em norte de la provincia de Buenos Aires, Argentina. **Acta Horticulturae**, n.357, p.143-152, 1994.
- PAPADOPOULOS, A.J. **Growing greenhouse tomatoes in soil and soilless media.** Ontario: Agriculture Canada Publication, 1991. 79p.
- PAPADOPOULOS, A.P.; PARARAJASINGHAM, S.L. Influence of plant spacing on light interception and use in greenhouse tomato: a. review. **Science Horticulturae**, v. 69, p.1-29, 1997.
- PELUZIO, J.M. Crescimento e participação de assimilados em tomateiro (*Lycopersicon esculentum* Mill) após a poda apical. Viçosa, 1991. 49p. Dissertação (M.S.) – Universidade Federal de Viçosa.
- PICKEN, A.J.F. A review of pollination and fruit set in the tomato (*Lycopersicon esculentum*, Mill). **Journal of Horticultural Science**, v.59, n.1, p.1-13, 1984.
- PIMPINI, F.; GIANQUINTO, G. Influence of pinching, crop density and different growing methods on fresh market tomatoes grown under protected cultivation for early production. **Acta Horticulturae**, n.357, p.343-358, 1994.

- PINTO,M.F.P.; CASALI,V.W.D. Origem e botânica do tomateiro. **Informe Agropecuário**, v.6, n.66, p.8-9, 1980.
- QUAGGIO, J.A.; RAIJ, B. van. Comparação de métodos rápidos para a determinação da matéria orgânica e solos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.3, p.184-187, 1979.
- RADFORD, P.J. Growth analysis formulae: their use and abuse. **Crop Science**, v.7, p.171-175, 1967.
- ROBINSON, D. Roots and resource fluxes in plants and communities. In: ATKINSON, D. (Ed.). **Plant root growth: an ecological perspective**. Oxford: Blackwell, 1991. p.103-130.
- SARRUGE, J. R.; HAAG, H. P. **Análises químicas em plantas**. Piracicaba: ESALQ, 1974. 57p.
- SCHOFIELD, R.K.; TAYLOR, A.W. The measurement of soil pH. **Soil Science Society of America Proceedings**, v.19, n.2, p.164-167, 1955.
- SILVA, J.B.C.; GIORDANO, L.B. Produção mundial e nacional. In: SILVA, J.B.C.; GIORDANO, L.B. (Ed.). **Tomate para processamento industrial**. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia; Embrapa Hortaliças, 2000. p. 8-11.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant physiology**. Redwood City: The Benjamin-Cummings, 1991. 559p.
- TANAKA, A.; FUJITA, K.; KIKUCHI, K. Nutrio-physiological studies on the tomato plant: outline of growth and nutrient absorption. **Soil Science and Plant Nutrition**, v.20, n.1, p.57-68, 1974a.

TANAKA, A.; FUJITA, K.; KIKUCHI, K. Nutrio-physiological studies on the tomato plant: photosynthetic rate of individual leaves in relation to the dry matter production of plants. **Soil Science and Plant Nutrition**, v.20, n.2, p.173-183, 1974b.

TANAKA, A.; FUJITA, K.; KIKUCHI, K. Nutrio-physiological studies on the tomato plant: translocation of photosynthates. **Soil Science and Plant Nutrition**, v.20, n.2, p.163-171, 1974c.

VEIGA FILHO, L. Arisco vende seu controle acionário por US\$ 490 milhões. **Gazeta Mercantil Centro-Oeste**, Brasília, 8 fev. 2000. p.1.

VITTI, G.C. **Avaliação e interpretação do enxofre no solo e na planta**. Jaboticabal: FUNEP, 1989. 37p.

WARD, G.M. Greenhouse tomato nutrition-growth analysis study. **Plant and soil**, v.21, p.125-133, 1964.

WARD, G.M. Growth and nutrient absorption in greenhouse tomato and cucumber. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v.90, p.335-341, 1967.