**INFLUÊNCIA DA NATUREZA DO
SUBSTRATO NA FISIOLOGIA DE PLANTAS DE
MORANGO (*Fragaria x ananassa*, Duch)
MICROPROPAGADAS, NA FASE DE ADAPTAÇÃO
PRÉ - CAMPO**

VITOR SMOLER SCHEFFER
engenheiro agrônomo

Orientador : Prof. Dr. Otto Jesu Crocomo

Dissertação apresentada à Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiróz", da Universidade de São Paulo, para obtenção do título de Mestre em Ciências, Área de Concentração Fisiologia e Bioquímica de Plantas.

PIRACICABA
Estado de São Paulo - Brasil
Fevereiro - 1993

Ficha catalográfica preparada pela Seção de Livros da
Divisão de Biblioteca e Documentação - PCLQ/USP

S317i Scheffer, Vitor Smoler
Influência da natureza do substrato na fisiologia
de plantas de morango (*Fragaria* x *Ananassa*, Duch) mi-
cropropagadas, na fase de adaptação pré-campo. Pira-
cicaba, 1993.
103p.

Diss. (Mestre) - ESALQ
Bibliografia.

1. Morango - Fisiologia 2. Morango - Propagação
"in vitro" 3. Morango - Substrato I. Escola Superior
de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.

CDD 634.75

INFLUÊNCIA DA NATUREZA DO SUBSTRATO NA FISIOLOGIA
DE PLANTAS DE MORANGO (*Fragaria x ananassa*, Duch)
MICROPROPAGADAS NA FASE DE ADAPTAÇÃO PRÉ-CAMPO

Vitor Smoler Scheffer

Aprovado em: 24.03.93

Comissão Julgadora:

Prof. Dr. Keigo Minami

ESALQ/USP

Prof. Dr. Otto Jesu Crocomo

ESALQ/USP

Prof. Dr. Ary Aparecido Salibe

UNESP/Botucatu

Prof. Dr. Otto Jesu Crocomo
Orientador

À

EILIN, minha esposa,
Aila e Ariane, minhas filhas

DEDICO.

Aos meus pais,
VICENTE e ELZA,
e minhas irmãs,
NEIDE e NILCE,

OFEREÇO.

AGRADECIMENTOS

- Prof. Dr. Otto Jesu Crocomo, pela orientação, amizade, estímulo, confiança e a oportunidade de desenvolver este trabalho, e outros projetos.

- Prof. Dr. Eduardo Castanho Ferraz, pela confiança em ser meu primeiro orientador.

- Prof. Dr. Paulo Roberto de Castro, pelas orientações e conselhos.

- Profª Drª Maria Cristina Stolf Nogueira, pela colaboração nas análises estatísticas.

- Prof. Luis Antonio Gallo, na orientação das análises químicas.

- Ao Engº Agrônomo João Carlos Viana de Oliveira pelo processamento das análises estatísticas.

- Ao Biólogo Enio Thiago de Oliveira pela grande ajuda.

- Ao Biólogo Antonio Francisco de Campos Amaral pela paciência e orientação durante as análises químicas.

- Aos funcionários do CEBTEC, Egídio Miguel Campagnol (processamento), Maria Elizabeth Granziol Silva, Pedro Perin, Romeu Aparecido Rocha e Raquel Helena Belmudes Lordello.

- CAPES pela concessão de bolsa de estudo.

- CNPq pela concessão de bolsa de estudo, que possibilitou este trabalho.

- Jorge Luiz Diorio pela digitação do texto.

- Eilin Nascimento Scheffer pela pesagem das amostras.

A todos que diretamente e indiretamente contribuíram para o êxito deste estudo.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE TABELAS	vii
LISTA DE FIGURAS	ix
LISTA DE APÊNDICES	xiii
RESUMO	xiv
SUMMARY	xvii
 1. INTRODUÇÃO	 01
 2. REVISÃO DE LITERATURA	 05
 3. MATERIAIS E MÉTODOS	 12
3.1. Plântulas de morango e cultivares	12
3.2. Substratos	13
3.2.1. Pré-preparo: "solo + areia"	13
3.2.2. Substrato nº 1 "Humus"	14
3.2.3. Substrato nº 2 "comercial"	15
3.2.4. Substrato nº 3 "composto"	15
3.2.5. Análise dos substratos	16
3.3. Instalação do experimento e análises estatísticas	16
3.4. Condução do experimento	18
3.5. Análises químicas	21
3.5.1. Amido	21
3.5.2. Nutrientes	22
 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	 23
4.1. Comportamento do cultivar Sequoia	23
4.1.1. Parâmetros fisiológicos em relação à natureza do substrato e período de	

4.1.2. Influência da natureza dos substratos	25
4.1.3. Influência dos períodos de coleta de amostras	30
4.1.4. Interação período x substrato	38
4.1.5. Correlações existentes entre as variáveis do cv. Sequoia e os substratos	39
4.2. Comportamento de <i>Fragaria x ananassa</i> cv. Guarani	45
4.2.1. Parâmetros fisiológicos em relação à natureza do substrato e períodos de coleta de amostras	45
4.2.2. Influência da natureza dos substratos	46
4.2.3. Influência dos períodos de coleta das amostras	49
4.2.4. Interação período x substrato	55
4.2.5. Correlações existentes entre as variáveis do cv. Guarani e os substratos	56
4.3. Comparações entre o desempenho dos cultivares	61
4.4. Considerações gerais	79
5. CONCLUSÕES	84
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	86
APÊNDICE	95

LISTA DE TABELAS

TABELA Nº		Página
1	Resultado da análise química dos substratos	16
2	Análise de variância para substratos e períodos por variedades (univariada)	17
3	Análise de variância (conjunta) para variedade, substrato e período	18
4	Resultados da aplicação do teste Tukey para substrato no cultivar Sequoia	26
5	Influência da interação substrato x período no cultivar Sequoia	38
6	Valores de coeficientes de correlações entre variáveis em Sequoia e nos três substratos	41
7	Resultados da aplicação do teste Tukey para substratos no cultivar Guarani	47
8	Influência da interação substrato x período no cultivar Guarani	56
9	Valores de coeficientes de correlações entre variáveis em Guarani e nos três substratos	57

10	Variação do teor de amido de raízes e parte aérea em % nos cultivares Guarani e Sequoia nos períodos 1 e 4 e a influência dos substratos "Humus" (H), "Comercial" (C) e "Composto" (Co)	61
11	Variação do número de plântulas com estolões em comparação ao número total de plântulas em cada tratamento em porcentagem	63
12	Variação da massa de matéria seca da parte aérea (MSF) e das raízes (MSP) nos cultivares Sequoia e Guarani, nos 4 períodos e relação MSR/MSF em g	64
13	Evolução da massa de matéria fresca em (g) de raízes (MFR) da parte aérea (MFF) e do total (MFT) nos cultivares Sequoia e Guarani e relação MFR/MFF nos 4 períodos.	65
14	Relações entre MFF, MFR, MFT, MSR, MSF, MST entre o 1º e 4º período nos cultivares Sequoia e Guarani	66

LISTA DE FIGURAS

FIGURA Nº		Página
1	Evolução da massa de matéria fresca da parte aérea (MFF) em gramas nos períodos 1, 2, 3 e 4 em "Sequoia"	32
2	Evolução da massa de matéria fresca de raízes (MFR) em gramas nos períodos 1, 2, 3 e 4 em "Sequoia"	33
3	Acúmulo de matéria fresca na parte aérea (MSF) em gramas nos períodos 1, 2, 3 e 4 em "Sequoia"	33
4	Acúmulo de massa de matéria seca de raízes (MSR) em gramas nos períodos 1, 2, 3 e 4 em "Sequoia"	34
5	Variação do comprimento de folhas (COMF) em cm, nos períodos 1, 2, 3 e 4 em "Sequoia"	34
6	Variação do comprimento de raízes (COMR) em cm, nos períodos 1, 2, 3 e 4 em 3 substratos, em "Sequoia"	35
7	Variação do número de folhas totalmente expandidas (NDF) nos períodos 1, 2, 3 e 4 em 3 substratos, em "Sequoia"	35

FIGURA Nº

Página

8	Variação do teor de nitrogênio nas raízes (NF) em % nos períodos 1, 2, 3 e 4, em "Sequoia"	37
9	Variação do teor de magnésio nas raízes (MgR) em % nos períodos 1, 2, 3 e 4, em "Sequoia"	37
10	Evolução da massa de matéria fresca da parte aérea (MFF) em gramas nos períodos 1, 2, 3 e 4, em "Guarani"	50
11	Evolução da massa de matéria fresca das raízes (MFR) em gramas nos períodos 1, 2, 3 e 4, em "Guarani"	50
12	Acúmulo de massa de matéria seca da parte aérea (MSF) em gramas, nos períodos 1, 2, 3 e 4, em "Guarani"	51
13	Acúmulo de massa de matéria seca de raízes (MSR) em gramas nos períodos 1, 2, 3 e 4, em "Guarani"	51
14	Variação do comprimento de folhas (COMF) em cm, nos períodos 1, 2, 3 e 4, em "Guarani"	53
15	Variação do comprimento de raízes (COMR) em cm, nos períodos 1, 2, 3 e 4, em "Guarani"	53

FIGURA Nº

Página

16	Variação do número de folhas totalmente expandidas (NDF) nos períodos 1, 2, 3 e 4 em "Guarani"	54
17	Variação do teor de fósforo nas raízes (PR) em % nos períodos 1, 2, 3 e 4, em "Guarani"	54
18	Variação do teor de magnésio nas raízes (MgR) em % nos períodos 1, 2, 3 e 4, em "Guarani"	55
19	Variação do teor de nitrogênio na parte aérea (NF) e de raízes (NR) em %, nos períodos 1, 2, 3 e 4 em três substratos, em "Sequoia"	67
20	Variação do teor de fósforo na parte aérea (PF) e de raízes (PR) em %, nos períodos 1, 2, 3 e 4 em três substratos, em "Sequoia"	68
21	Variação do teor de potássio na parte aérea (KF) e de raízes (KR) em %, nos períodos 1, 2, 3 e 4 em três substratos, em "Sequoia"	69
22	Variação do teor de cálcio na parte aérea (CaF) e de raízes (CaR) em %, nos períodos 1, 2, 3 e 4 em três substratos, em "Sequoia"	70

FIGURA Nº

Página

23	Variação do teor de magnésio na parte aérea (MgF) e de raízes (MgR) em %, nos períodos 1, 2, 3 e 4 em três substratos, em "Sequoia"	71
24	Variação do teor de nitrogênio na parte aérea (NF) e de raízes (NR) em %, nos períodos 1, 2, 3 e 4 em três substratos, em "Guarani"	72
25	Variação do teor de fósforo na parte aérea (PF) e de raízes (PR) em %, nos períodos 1, 2, 3 e 4 em três substratos, em "Guarani"	73
26	Variação do teor de potássio na parte aérea (KF) e de raízes (KR) em %, nos períodos 1, 2, 3 e 4 em três substratos, em "Guarani"	74
27	Variação do teor de cálcio na parte aérea (CaF) e de raízes (CaR) em %, nos períodos 1, 2, 3 e 4 em três substratos, em "Guarani"	75
28	Variação do teor de magnésio na parte aérea (MgF) e de raízes (MgR) em %, nos períodos 1, 2, 3 e 4 em três substratos, em "Guarani"	76

LISTA DE APÊNDICES

APÊNDICE Nº		Página
1	Resultados de análise de variância com aplicação do teste "F" para o cultivar Sequoia .	96
2	Resultados de análise de variância com aplicação do teste "F" para o cultivar Guarani .	100

INFLUÊNCIA DA NATUREZA DO SUBSTRATO NA FISIOLOGIA
DE PLANTAS DE MORANGO (*Fragaria x ananassa*, Duch)
MICROPROPAGADAS, NA FASE DE ADAPTAÇÃO PRÉ-CAMPO

Autor: Vitor Smoler Scheffer

Orientador: Prof. Dr. Otto Jesu Crócomo

RESUMO

O presente trabalho foi realizado com o objetivo de compreender como os substratos atuam nos processos fisiológicos de plântulas de morango (*Fragaria x ananassa*, Duch) cvs. Sequoia e Guarani multiplicados in vitro, durante a "fase de adaptação pré-campo", que compreende o intervalo entre aclimação e o plantio de matrizes a campo.

O experimento foi instalado sob tunel plástico, usando sacos plásticos (0,5 litro) e os cultivares Sequoia e Guarani plantados nos três substratos. Foram feitas amostragens em intervalos de 15 dias (4 períodos), sendo analisados os seguintes parâmetros: massa de matéria fresca da parte aérea (MFF) e das raízes (MFR); massa de matéria seca da parte aérea (MSF) e de raízes (MSR); comprimento de folhas (COMF) e de raízes (COMR); número de folhas totalmente expandidas (NDF); teor de nitrogênio na parte aérea (NF) e nas raízes (NR); teor de fósforo na parte aérea (PF) e nas raízes (PR); teor de potássio na parte aérea (KF) e nas raízes (KR); teor de cálcio na parte aérea (CaF) e nas raízes

(CaR) e teor de magnésio na parte aérea (MgF) e nas raízes (MgR).

Os substratos utilizados foram: "humus (esterco processado por minhocas); "comercial" (turfa) e "composto (esterco e restos vegetais).

Os resultados analisados estatisticamente e interpretados permitiram concluir que o substrato "composto" determina o maior crescimento vegetativo e radicular devido apresentar o valor de saturação de base (V%) de aproximadamente 95%; valor pH em torno de 7,0 e alto teor de nutrientes, seguido do "humus".

O substrato que apresentou menor desenvolvimento foi o "comercial" com valor pH da ordem de 5,5 e V% por volta de 75%.

Os cultivares Sequoia e Guarani apresentaram desenvolvimento diferenciado. O Sequoia desenvolveu principalmente o sistema radicular, enquanto que no Guarani o crescimento foi na parte vegetativa e não mostrou diferenças entre os substratos durante o desenvolvimento (cultivar menos exigente).

O teor de amido aumentou durante a "fase de adaptação pré-campo" nas regiões produtoras (folhas) e diminuiu nas regiões de acúmulo (raiz).

Os cultivares foram influenciados pelos períodos de coleta, sendo que o intervalo entre o 30 e 40 períodos apresentou a maior taxa de crescimento.

Existiu correlações positivas entre as variáveis: MFF, MFR, MSF; MSR; COMF; COMR e NDF. As correlações mais significativas foram negativas: crescimento vegetativo, MgF, CaF e NF no cultivar Guarani. As correlações positivas foram CaF, MgF, PF, Kf em Sequoia e Guarani.

Os teores dos nutrientes N, P, K foram crescentes até o 3º período como regra geral e apresentaram-se decrescentes a partir de então devido, principalmente, ao efeito diluição (intenso crescimento), e pelo empobrecimento dos substratos nestes nutrientes. Já o Ca e Mg apresentaram tendência de diminuição devido ao intenso crescimento e a dificuldade da absorção destes nutrientes que é passiva e da sua imigração.

O cultivar Guarani apresentou crescimento exuberante, mesmo no período final quando o teor de N, P e Mg diminuíram, mas os teores de K e Ca aumentaram, o que determinou um aumento de turgor e tornou o crescimento da matéria fresca mais acelerado, quando comparado com aumento da matéria seca.

Dependendo do tempo disponível para se realizar a "fase de adaptação pré-campo" pode-se escolher um substrato que determine maior ou menor intensidade de crescimento dos cultivares de morango, desde que, de acordo com os resultados do presente trabalho, os substratos podem ser assim classificados em ordem decrescente de recomendação: "composto", "humus" e "comercial".

INFLUENCE OF SUBSTRATE NATURE ON THE MICROPROPAGATED
STRAWBERRY (*Fragaria x ananassa*, Duch) PLANTS
DURING THE "PRE-FIELD ADAPTATION PHASE"

Author: Vitor Smoler Scheffer

Adviser: Prof. Dr. Otto Jesu Crócomo

SUMMARY

This research work was conducted in order to contribute to understand how the substrate influence in the physiological processes of micropropagated strawberry (*Fragaria x ananassa*, Duch), cvs. Sequoia and Guarani, during the "pre-field adaptation phase", which is the intervall between the acclimation and the planting of the mother plants in the field.

The experiment was installed under plastic tunel, using 0,5 l plastic bags filled with one of the three following substrates: "humus" (processed animal manure plus earth worms); "comercial" (peat); "compost" (animal manure plus plant residues). Plant material (leaves and roots were been harvested at 15 days intervall, during 45 days (4 periods). The following parameters were measured: leaves fresh (MFF) and dry wt (MSF); root fresh (MFR) and dry wt (MSR); leaves (COMF) and roots (COMR) lenghts; number of totaly expanded leaves (NDF); and the nutrients N, P, K, Ca, Mg in the leaves and in the roots (dry wt).

The results were analysed statistically and interpreted. The substrate which gave better leave and root growth was the "compost" due to its high base saturation (V% = 95%), pH value ca. 7.0 and high nutrient levels. The substrate "comercial" gave the least plant development (pH value ca. 5.5 and V 75%). The better performance of both cultivars was detected in the intervall between the 3rd and the 4th periods of harvesting.

Root system was well developed in cv. Sequoia while cv. Guarani showed better shoot system. Being a less demanding cultivar for nutrients the latter did not show any difference among the three substrates.

Starch level increased during the "pre-field adaptation phase" in the leaves but a decrease was observed in the roots along the experiment.

There were positive correlations among the parameters: MFF, MFR, MSF, MSR, COMF, COMR and NDF. The most significant negative correlations were among vegetative growth, foliar magnesium (MgF), calcium (CaF) and nitrogen (NF) in cv. Guarani. In both cvs. Guarani and Sequoia the positive correlations occurred in foliar calcium (CaF), magnesium (MgF) and phosphorus (PF).

In general the levels of N, P and K increase up to the 3rd period of harvesting then decreasing subsequently down due mainly to a dilution effect (intensive growth) and also to depletion of the substrate in these

nutrients. Calcium and magnesium showed a tendency to decrease maybe due to the intensive growth of the plant material.

Cultivar Guarani showed a profuse growth even in the final period when the N, P, and Mg levels decreased while K and Ca increased, which could lead to an enhancement of the turgescence and acceleration of the fresh matter in comparison to the dry matter.

Depending upon the available time to conducted the "pre-field adaptation phase" a given substrate can be chosen which determines high or low growth intensity in the strawberry crop. The present results showed that the substrate used can be classified following the decreasing order for practical suggestion: "compost", "humus" and "comercial".

1. INTRODUÇÃO

O morango (*Fragaria x ananassa*, Duch) é a fruta que apresenta a mais ampla distribuição no mundo, estando presente desde as regiões polares até as tropicais (CHILDERS, 1980).

A fruta do morango tem um somatório de fatores que a torna muito apreciada devido a seu aroma, cor, formato, balanceamento entre teor de ácido e açúcares, presença de vitamina C e ácido elágico, esta última, uma substância anticarcinogênica presente nas Rosáceas. No morango o ácido elágico concentra-se nas folhas e frutos (MASS et al., 1991).

Todos estes fatores ajudam no "marketing" da fruta, além do que a época de produção do morango não existe muitas frutas no mercado. O morango é a fruta de maior consumo industrial em iogurtes, geléias e sorvetes.

A área plantada no Brasil em 1990 foi de 1.820 ha e a produção de 68.000 t, com produtividade em torno de 30 t/ha. Neste ano o capital movimentado no setor produtivo foi de aproximadamente US\$ 34 milhões (FOLHA DE SÃO PAULO, 1991).

A produção de morango no Brasil tem sofrido uma grande expansão em termos de área plantada, sendo São Paulo, Minas Gerais, Paraná, Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Goiás os Estados onde é mais produzido. Apesar do aumento da área plantada, a produtividade no nosso país não acompanha este crescimento. Na Califórnia, EUA, a produtividade atinge 71 t/ha, com alguns produtores atingindo o recorde de 108 t/ha no ano de 1986 (SCOTT, 1989). Esta alta produtividade se deve a introdução de novos cultivares, com qualidades superiores e ao manejo mais adequado, segundo Bringhurst¹.

No Brasil, a produtividade é a metade da alcançada no Estado da Califórnia, que é o padrão de referência a nível mundial. Apesar do morango ser uma cultura de capital e trabalho intensivo, tem como vantagem o longo período de produção fazendo com que, mesmo com baixa produtividade, os produtores se capitalizem e obtenham lucros.

Uma das práticas usadas ultimamente para ser obter cultivares mais produtivas e com características de aroma, cor sabor e formato superiores, tem sido a técnica de cultura de tecidos, que tem como finalidade diminuir o tempo de multiplicação vegetal e produzir material isento de patógenos, especialmente vírus, que diminui a produção sem mostrar sinais visíveis aos produtores.

¹ BRINGHURST, R.C. (University of California, Davis). Comunicação pessoal, 1991.

A cultura de meristemas de matrizes superiores gera matrizes mais produtivas, além disso, através da organogênese e embriogênese abrem-se novas perspectivas para a produção de matrizes mais produtivas e resistentes a patógenos específicos (BOXUS, 1989).

As matrizes de morango produzidas através da técnica de cultura de tecidos tem sua capacidade de produção de mudas (SWARTZ et al., 1981) e de frutos (Wanmam & Seipp, 1986 citados por BOXUS, 1989) aumentada grandemente.

No sistema de produção de matrizes de morango através da cultura de tecido, uma das fases críticas é a transferência das plântulas da condição *in vitro*, que é um ambiente totalmente controlado para a situação de ambiente *ex vitro*, onde os controles sobre o ambiente existem, mas são bem menores. A aclimação das plântulas nesse novo ambiente é crítica, podendo determinar o sucesso ou fracasso de toda a operação, pois, a taxa de mortalidade pode ser altíssima.

No Centro de Biotecnologia Agrícola (CEBTEC), Campus da Universidade de São Paulo, em Piracicaba, SP já se trabalha com morango há aproximadamente dez anos, tendo sido dominado toda a técnica de cultura de tecido e da aclimação.

Em biotecnologia vegetal as fases de desenvolvimento de plantas submetidas ao processo de micropropagação já estão bem caracterizadas. Assim, do meristema isolado e cultivado *in vitro* obtém-se o broto, o

qual é multiplicado por sucessivas gerações, dando formação à plântulas que deve ser aclimatadas ex vitro antes que sejam comercializadas (caso, por exemplo, de flores), seja manipulada para dar origem a matriz final. No caso do morango, é experiência do CEBTEC que, para formação de matrizes as plântulas aclimatadas, devem se adaptar à condições mais próximas possíveis daquelas do campo. É o que foi convencionalizado chamar-se de "fase de adaptação pré-campo". Para acompanhar o comportamento fisiológico das plântulas de morango nessa fase, é que o presente trabalho foi realizado, com os seguintes objetivos específicos:

- Acompanhar a performance de três substratos sobre o comportamento dos cultivares de morango (Sequoia e Guarani) durante a adaptação, período compreendido entre o final da aclimação até o plantio das matrizes a campo.

- Observar o comportamento fisiológico desses cultivares com a finalidade de obter subsídios para se estabelecer um manejo adequado, a fim de conseguir matrizes especiais com custos mais reduzidos.

- Procurar estabelecer alternativas de substratos para épocas e cultivares específicos e que possam ser produzidas nos locais produtores de matrizes.

2. REVISÃO DE LITERATURA

As matrizes de morango advindas de plântulas obtidas *in vitro* a partir da cultura de meristemas (BOXUS, 1989), o que as torna praticamente livre de vírus, tem atraído o interesse dos produtores agrícolas.

Plantas micropropagadas são superiores a plantas produzidas convencionalmente, além de se conseguir homogeneidade genética (RANCILACC & NOURRISSEAU, 1989). Devido a limpeza de patógenos, ocorre uma resposta significativa da planta em termos de vigor e produtividade. Desta maneira, a produção anual de plântulas de morango micropropagadas para matriz é da ordem de 7,5 milhões (BOXUS, 1989), apesar da matriz de morango micropropagada ser 4 a 5 vezes mais cara do que a matriz produzida pelo sistema convencional. Por outro lado, o que torna essa sistema competitivo é a certeza de sanidade e a performance superior na produção de mudas e de frutas.

No processo de micropropagação do morango, um dos mais críticos estágios é a transição do estágio de nutrição heterotrófico para o fototrófico (DESJARDINS, 1987).

Durante a aclimação *ex vitro*, as plântulas são transferidas de um ambiente *in vitro* totalmente controlado para um ambiente de limitado controle. Nesta transição, condições de alta umidade relativa são essenciais para minimizar as perdas das plântulas (GROUT & ASTON, 1977; WARDLE et al., 1983).

Segundo GROUT & PRICE (1987) as folhas desenvolvidas *in vitro* apresentam pequena competência para fotossíntese.

Nas condições de aclimação *ex vitro* são controlados os fatores: luz, temperatura e nutrição. A luz é controlada com uso de sombrite ou de coberturas que impedem a passagem total da luz, permitindo que as plântulas se desenvolvam em ambientes de luz difusa. A umidade é mantida elevada através de irrigações por nebulização feitas várias vezes ao dia. O controle realizado diminui a luz, aumenta a umidade e favorece o abaixamento da temperatura. A nutrição é feita com solução nutritiva balanceada.

A passagem das plântulas para o ambiente de campo é bastante problemático, pois as novas condições de luz, temperatura, umidade e nutrição são bastante variáveis.

Um dos fatores a serem considerados é o tamanho da matriz, ou seja, ela pode apresentar dimensões que impedem seu transplante diretamente no solo, com folhas não preparadas para suportar luz direta, temperaturas elevadas e grandes oscilações da umidade relativa. FABRI et al. (1986, compararam a anatomia das folhas desenvolvidas *in* e *ex vitro*

compararam a anatomia das folhas desenvolvidas *in* e *ex vitro* observando que as folhas formadas na aclimação apresentam morfologia intermediária entre as folhas *in vitro* e as folhas desenvolvidas a campo. A camada paliçádica e a camada de cera epicuticular, apresentam-se espessas nas folhas recém formadas.

Para promover um rápido crescimento, DESJARDINS (1987) sugere o aumento do nível de CO_2 na atmosfera acima de 750-900 ppm de CO_2 .

Nas condições do planalto paulista, onde a produção de plântulas se processa em épocas com temperaturas em torno de 20 - 25°C, sendo que as matrizes após aclimação precisam ser adaptadas em locais bem semelhantes as do campo, existe a necessidade de se encontrar substratos que proporcionem um crescimento acelerado, fazendo com que as matrizes atinjam um tamanho mínimo que permita a sua sobrevivência, quando transplantada a campo.

Esta fase após a aclimação *ex vitro*, é muito pouco estudada nos outros países, pois, não se tem um ambiente muito agressivo como o nosso, qual seja, temperaturas médias elevadas, intensidade luminosa forte e precipitações pluviométricas intensas.

Um dos principais fatores durante esta fase da aclimação *ex vitro*, para a implantação das plantas a campo, é o substrato no qual as plântulas serão plantadas. O substrato exerce uma influência significativa na arquitetura

do sistema radicular, no estado nutricional das plantas. (SPURR & BARNES, 1973), assim como na translocação de água no sistema solo-planta-atmosfera (ORLANDER & DUE, 1986).

O substrato ideal deve ser de baixa densidade, rico em nutrientes, ter composição química e física uniformes elevada capacidade de troca catiônica, boa capacidade de retenção de água, aeração, drenagem e boa coesão entre as partículas (COUTINHO & CARVALHO, 1983).

A fração argila dá ao solo maior plasticidade e pegajosidade e, junto com a matéria orgânica, proporciona a fração dinâmica do solo, pois apresenta alta capacidade de absorção de água, gases e sais minerais, cedendo às plantas parte da água e dos nutrientes (MONIZ, 1972).

Segundo PONS (1983) as fontes mais comuns de matéria orgânica que contém macro e micronutrientes são os adubos orgânicos. Para os adubos orgânicos não se deve levar em consideração somente o conteúdo de nutrientes, mas também seu efeito sobre o solo ou substrato como: processos microbianos, aeração, estrutura e capacidade de retenção de água e a regulação da temperatura do meio.

Algumas variedades de morango preferem substrato bem compactado e não se encontrou nenhum efeito da textura de turfa na produção total, e houve aumento pequeno do peso de frutos de morango em substratos de turfa mais fina (SCHREVEVS et al., 1989).

Em relação ao valor de pH, CLARK (1933) trabalhando com morango Lassen obteve plantas mais vigorosas em pH entre 5,8 e 6,4.

Na Califórnia para um melhor desenvolvimento das raízes recomenda-se níveis de pH entre 6,8 e 7,2 pois propicia melhor ambiente para a saúde das raízes (Bringhurst²).

JUNG (1989) observou que a concentração de cálcio nos brotos e raízes de morango foi maior quando o nitrogênio foi suprido somente na forma de NO_3^- . Os dados obtidos por FERGUSON (1984) mostram que a distribuição e acúmulo de cálcio variam de acordo com a variedade e é influenciado pela temperatura, umidade relativa, níveis de outros nutrientes no solo e com a idade da planta.

Os estágios fisiológicos do crescimento da planta de morango podem ser determinados pelos teores foliares de nitrogênio, fósforo e potássio que apresentam teores foliares decrescentes. Em contrapartida os teores foliares de cálcio e magnésio tendem a aumentar com passar do tempo (BOULD, 1961). Os teores de potássio nas folhas de morango são decrescentes com o passar do tempo em plantas crescidas em solo com baixo teor de potássio (ALBREGHTS et al., 1988).

² Bringhurst. (University of Califórnia). Comunicação Pessoal (1991).

Aumentando o nível de potássio na adubação, HAYNES & GOH (1987) observaram que nas folhas ocorreu aumento na concentração potássio e diminuição da porcentagem de magnésio e cálcio. O teor de potássio nas folhas de morango pode aumentar quando há uma elevação na temperatura da raiz, entretanto essa condição não afetou os outros nutrientes durante o período vegetativo (ROBERTS & KENWORTHY, 1959).

O teor de nitrogênio na folha de morango pode diminuir pelo aumento da irrigação (KONGSRUD, 1988). Por outro lado, em condições de seca a porcentagem de nitrogênio, fósforo e potássio diminui, sendo que após o florescimento o estresse da seca determinou aumento do teor de nitrogênio na folha e diminuição dos teores de potássio e fósforo (MARTINEZ-CARRASCO et al., 1983).

QUAST (1983) observou que plantas de morango desenvolvendo em turfa apresentaram baixos níveis de nitrogênio, fósforo e potássio em comparação com outros substratos por ele estudados. E WARMAN & FAIRCHILD (1983) concluíram que folhas de morango apresentaram teores mais baixos de nutriente quando cresceram em solos orgânicos comparado com dois solos minerais.

Ocorre um aumento de compostos nitrogenados quando plantas de morango crescem em meio deficiente de potássio (KWONG & BOYNTON, 1961). Entretanto SMITH & CHILDERS (1960) observaram que o teor de potássio nas folhas foi

reduzido quando ocorreu aumento do nível de fósforo no substrato, sendo que o cálcio e magnésio não foram afetados. Por outro lado, quando houve aumento do nível de potássio no substrato, ocorreu redução no teor de fósforo nas folhas, enquanto que o teor de magnésio na folha apresentou correlação negativa com o teor de potássio nas folhas.

Por sua vez o aumento da massa de matéria seca diminui os teores de nitrogênio, fósforo e potássio, mas o teor de cálcio aumentou e teor de magnésio permaneceu estável (KWONG & BOYNTON, 1959).

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. Plântulas de morango e cultivares

Os cultivares de morango *Fragaria x* Duch originário de um meristema, utilizadas no experimento foram 'Sequoia' e 'Guarani'. 'Sequoia' é da Califórnia apresentando frutos atraentes com coloração acinzentada formato cônico (GALETTA, 1981), de tamanho grande (até 10 cm de comprimento); resistente a algumas doenças fungicidas comercializado in natura sendo conhecido como variedade

O cultivar 'Guarani' foi desenvolvido pelo Instituto Agronômico de Campinas, SP. é uma variedade apresenta frutos globosos cônicos (GALETTA, 1981) coloração vermelha intensa, externa e internamente acentuado de tamanho mediano (2 a 5 cm de comprimento) variedade altamente produtiva chega a produzir 1 kg por planta, os frutos são usados como matéria prima da indústria

As plântulas de ambos os cultivares para o estudo foram produzidos nos Laboratórios do CEBTEC do Instituto Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Campinas

Universidade de São Paulo em Piracicaba, SP, pelo método de cultura de tecidos vegetais. O meristema apical de uma matriz superior foi cultivado e o broto resultante foi micropropagado durante 6 a 8 gerações. Após enraizamento in vitro, as plântulas foram transplantadas para bandejas de isopor tendo como substrato vermiculita. Durante a aclimação as bandejas foram colocadas em ambiente de luz difusa e com alta umidade relativa para não ocorrer dessecação das plântulas.

3.2. Substratos

3.2.1. Pré-preparo: "solo + areia".

Os substratos tiveram 50% de seu volume preparado da mesma forma. Misturou-se "terra de barranco" de horizonte B de Latossolo Vermelho Escuro, com areia média lavada na proporção de 6 partes de solo para 5 partes de areia, proporção esta baseada em experiência própria no preparo dos substratos. Após a mistura, amostras deste material foram coletadas para determinação do pH que apresentou valores de ordem de 4,5 - 4,8. Foi adicionado calcário dolomítico para ajuste do pH em torno da neutralidade. Esta quantidade foi de 800 gramas de calcário dolomítico para cada 0,2 m³ atingindo-se valor pH de 6,27. A

mistura foi irrigada em intervalo de três dias, mantendo-se desse modo a umidade, favorecendo uma melhor ação do calcáreo.

Após 15 dias foram preparados os substratos usando-se parte da mistura (solo + areia) para uma parte do "mix" que forneceria os nutrientes. Os substratos assim preparados, além de serem de baixo custo, podem apresentar características físicas e químicas desejáveis e nutrientes em quantidades suficientes para sustentar o desenvolvimento das plantas até atingir o tamanho adequado para seu transplante a campo, sem sofrer tombamento devido irrigação ou as folhas serem cobertas pela erosão causada pelas fortes precipitações pluviométricas.

3.2.2. Substrato nº 1 - "Humus"

Este material foi obtido no CEBTEC utilizando esterco bovino como matéria prima, sendo que a decomposição final foi feita através de minhoca (+ ovos) vermelha da Califórnia *Eisenia foetida*. O material foi mantido em caixa de madeira de 3m x 1m x 0,30m (comp. x larg. x alt.) e mantendo-se a umidade na capacidade de campo. Após seis meses foram produzidos 400 kg de "humus".

O "humus" foi peneirado e em seguida misturado na proporção de 1:1 com a mistura solo + areia.

3.2.3. Substrato nº 2 - "Comercial"

Este material é vendido comercialmente como substrato para crescimento de olerícolas e espécies florestais. É um material que tem a turfa moída como principal componente, além de palha de casca de arroz calcinada para facilitar a drenagem. Nutrientes são adicionados para manter o crescimento das plantas, entretanto estas quantidades não são mencionadas na embalagem do produto.

Este substrato foi misturado na proporção de 1:1 com a mistura solo + areia.

3.2.4. Substrato nº 3 - "Composto"

O composto foi produzido no CEBTEC. Os componentes são: esterco, restos vegetais (gramíneas), cinzas e "terra de barranco".

O modo de preparo foi o seguinte: uma camada de restos vegetais de aproximadamente 15 cm de altura, sobre a qual foi colocada uma camada de esterco bovino com espessura de 10 cm. A seguir polvilhou-se "terra de barranco" com cinzas. Esta sequência foi repetida até a pilha atingir 1,80 metros de altura. As dimensões da pilha foram de 3m x 2m x 1,8m (comp. x larg. x alt.). A umidade da pilha foi mantida em torno da capacidade de campo. A pilha foi revolvida 3 vezes aos 30, 60 e 90 dias, sendo que o período de preparo foi de 120 dias.

Para preparo do substrato foi misturado uma parte do composto peneirado com uma parte da mistura solo + areia.

3.2.5. Análise dos substratos

O resultado da análise dos substratos está descrito na Tabela 1.

Tabela 1. Resultado da análise química dos substratos.

Substratos	pH	N.O.	Pres.	K	Ca	Mg	H+Al	S	T	V
	CaCl	%				meq/100 cm ³				%
Humus	7,10E	4,68D	357,25E	3,69E	6,82D	5,59D	1,11B	16,10D	17,20D	93,55E
Comercial	5,42C	13,89E	157,95E	0,25C	10,07D	6,27D	5,65C	16,60D	22,25D	74,60D
Composto	7,28E	4,96D	311,90E	2,39E	8,71D	5,23D	0,97B	16,83D	17,30D	94,30E

E = muito alto; D = alto; C = médio; B = baixo

3.3. Instalação do experimento e análises estatística

O experimento foi instalado em túnel de plástico. A temperatura média durante o experimento variou de 19 a 22°C. A temperatura mínima foi de 14 e 15°C e a máxima variou de 25 a 28°C. As mudas de cada variedade foram transferidas para cada um dos 3 substratos. As coletas de

amostra ocorreram em 4 períodos, no 1º período se amostrou as plântulas saídas da aclimação e após 15 dias se realizou outra coleta no 2º período. Nos primeiros períodos houve necessidade de se utilizar um maior número de plântulas em cada amostra devido a pequena massa de matéria fresca. O 3º e 4º períodos tiveram intervalos constantes de 15 dias. Após 45 dias da instalação do experimento (4º período) foi coletado a última amostra, cada amostra consistida de 3 repetições.

Os cultivares foram analisados através da análise de variância (univariada), segundo o modelo da Tabela 2. O teste Tukey foi utilizado para substratos e regressões quadráticas para entender a influência dos períodos. Obteve-se também valores para o coeficiente de correlação entre as variáveis em cada cultivar e nos três substratos.

Tabela 2. Análise de variância para substratos e períodos por variedades (univariada).

Causa da Variação	G.L.
Substrato	2
Resíduo (A)	6
Período	3
Período x substrato	4
Resíduo (B)	18
Total	33

Os cultivares foram comparados através da análise de variância (conjunta) como vemos na Tabela 3.

Tabela 3. Análise de variância (conjunta) para variedade, substrato e período.

Causa da Variação	G.L.
Variedade	1
Resíduo (A)	4
Substrato	2
Variedade x substrato	2
Resíduo (B)	8
Período	2
Variedade x período	2
Substrato x período	4
Variedade x Período x substrato	23
Total	53

3.4. Condução do experimento

No presente trabalho foram acompanhadas as variações nos seguintes parâmetros fisiológicos: massa de matéria fresca da parte aérea (MFF), massa de matéria fresca de raízes (MFR), massa de matéria seca da parte aérea (MSF), massa de matéria seca de raízes (MSR), comprimento de raízes

(COMR), comprimento de folhas (COMF), número de folhas totalmente expandidas (NDF), teor de nitrogênio na parte aérea (NF), teor de nitrogênio nas raízes (NR), teor de fósforo na parte aérea (PF), teor de fósforo nas raízes (PR), teor de potássio na parte aérea (KF), teor de potássio nas raízes (KR), teor de cálcio na parte aérea (CaF), teor de cálcio nas raízes (CaR), teor de magnésio na parte aérea (MgF) e teor de magnésio nas raízes (MgR) e amido nas folhas e raízes.

As plântulas de morango utilizadas foram selecionadas segundo a uniformidade quanto ao tamanho e número de folhas (no final da aclimação). As mesmas foram coletadas das bandejas retirando-se a vermiculita que envolvia o sistema radicular. O transplântio foi feito para sacos de plástico preto com capacidade de 0,5 litro contendo os substratos respectivos (humus, comercial, composto) que tinham sido cheios previamente. O transplântio foi realizado em 15/09/92. Na primeira semana as irrigações tinham uma frequência de 3 vezes ao dia e posteriormente foram feitas de acordo com a necessidade das plantas, no mínimo 1 vez por dia pela manhã. Dependendo da temperatura, repetia-se uma irrigação por volta das 15 horas, sendo que em dias de intensa umidade (muita chuva) não se irrigava.

No 89 dia foi pulverizado um acaricida pois constatou-se um ataque de ácaro na variedade Sequoia, e como prevenção todo o experimento foi tratado.

As coletas ocorreram em intervalos de 15 dias com data nos dias 15/09/92 (1º Período); 30/09 (2º Período); 15/10 (3º Período) e 30/10 (4º Período).

Na coleta tinha o cuidado de retirar o substrato sem causar danos as raízes. As plântulas foram lavadas e colocadas entre folhas de jornal para serem secas e para facilitar a identificação. A seguir foram medidos o comprimento das folhas e raízes, contando-se o número de folhas totalmente expandidos, e anotando-se observações biométricas tais como presença e número de flores e estolões.

Em seguida foram determinadas as massas de matéria fresca de folhas e raízes (duas horas após a coleta) as plantas foram seccionadas no limite superior da inserção das raízes na coroa.

As partes aéreas e raízes foram acondicionadas em sacos de papel celofane lacrados e identificados e mantidos em estufa a temperatura de 60°C constante durante 96 horas, quando então foi realizada a pesagem para massa de matéria seca de raiz e de folhas, também foi utilizado para a análise do teor de macronutrientes e de amido.

3.5. Análises químicas

3.5.1. Amido

O método para se quantificar o amido foi o da precipitação do complexo iodo-amido (COOMBS et al., 1987).

O procedimento foi o seguinte: pesou-se 50 mg de matéria seca, a qual foi homogeneizada em 4 ml de solução de 32% de ácido perclórico (HClO_4); este homogeneizado foi deixado em temperatura ambiente por 20 minutos para digestão das fibras. O extrato foi filtrado através de disco de papel filtro Whatman GF/A, e o filtrado misturado com 3 volumes de solução de iodo (15 mM I_2 , 17 mM KI, 0,34 M NaCl) em banho de gelo por 30 minutos. Este procedimento resulta em precipitação do complexo amido-iodo. O precipitado foi coletado em disco de papel de fibra de vidro após filtração sob vácuo. O disco foi lavado com 10 ml de mistura de 3 volumes de solução de iodo para 1 volume de 32% de ácido perclórico (HClO_4), seguido de 5 ml de solução 0,34 M NaCl em 67% (U/U) de etanol, passando-se pelo filtro 6 ml de solução de 0,25 M NaOH em 65% (U/U) de etanol.

Os discos foram colocados para secar e em seguida transferidos para tubos de ensaio contendo 5 ml de 0,75 M H_2SO_4 , mantendo-se 30 minutos em banho de água fervendo. Após este tempo, completou-se o volume inicial com água. Retirou-se 1,0 ml da mistura, adicionando-a a 1,0 ml 5%

(U/U) de fenol + 5 ml de H_2SO_4 concentrado; para se obter uma mistura homogênea; agitou-se por 2 segundos em "mixer vortex".

A cor foi desenvolvida em 30 minutos e fazendo-se a leitura de absorbância em 480 nm, zerando-se o aparelho com solução contendo 0,75 M H_2SO_4 .

A curva de calibração foi feita com glicose no intervalo de 0 - 50 μg de glicose/ml.

Estas análises foram feitas para parte aérea e raízes em matrizes no 1º Período (15/09) e 4º Período (30/10).

3.5.2. Nutrientes

Os níveis de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio foram determinados na massa de matéria seca de folha e raízes através dos seguintes métodos: nitrogênio, método Microkjeldahl; P, Vanado - molibdato de amônio; K, fotometria de chama; Ca, oxalato; Mg, tiazol amarelo. Estes métodos são indicados por SARRUGE & HAAG (1974).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Comportamento do cultivar Sequoia

4.1.1. Parâmetros fisiológicos em relação à natureza do substrato e período de coleta de amostras

As variáveis massa de matéria fresca de parte aérea (MFF) e comprimento de folhas (COMF) apresentaram diferenças significativas a nível de 1% nos substratos, períodos e interação substrato x período (conforme mostra o Apêndice 1). A massa de matéria fresca de raiz (MFR), comprimento de raiz (COMR), teor de fósforo nas raízes (PR) e teor de potássio nas raízes (KR) apresentaram diferenças significativas a nível de 1% nos substratos e períodos. A massa de matéria seca de parte aérea (MSF) apresentou diferenças significativas nos substratos a nível de 5% e nos períodos e a interação substrato e períodos a nível de 1%.

Ocorreram diferenças significativas a nível de 5% no substrato nas variáveis: massa de matéria seca de raízes (MSF), número de folhas totalmente expandidas (NDF) e teor nitrogênio na parte aérea (NF), nos períodos, estas variáveis apresentaram diferenças a nível de 1%. O teor de nitrogênio nas raízes (NR) e teor de cálcio na parte aérea (CaF) as diferenças são de 5% nos substratos; (PR) a diferenças de 1% nos períodos; teor de potássio na parte aérea (KF) ocorre diferenças significativas a nível de 1%, o teor de magnésio nas raízes (MgR) apresentou nos períodos e interação período x substratos diferenças a nível de 1%. Para teor de magnésio na parte aérea (MgF) no período e na interação substrato x períodos as diferenças foram de 1 e 5% respectivamente. Nas variáveis: MFF, MFR, MSF, MSR, COMF, COMR, NDF, NF, NR, PF, KR, KF e CaF apresentaram diferenças significativas entre os substratos. Aplicando o teste de Tukey para substratos pode-se avaliar como os substratos influenciaram nas variáveis acima relacionadas. As variáveis que apresentaram diferenças significativas nos períodos serão analisadas posteriormente, através da análise de regressão, para os períodos. As interações substratos x períodos serão analisados e para finalizar se usara das correlações para se observar o comportamento entre as variáveis.

O teor de cálcio nas raízes (CaR) não apresentou diferença significativa. Fica demonstrado que em todos os substratos e durante todos os períodos o cultivar

Sequoia teve suas necessidades satisfeitas e mesmo que pudesse ocorrer algum antagonismo esta variável não foi afetada.

4.1.2. Influência da natureza dos substratos

Pelos resultados apresentados na Tabela 4 podemos observar que o substrato designado como "composto", foi superior ao substrato "comercial", um produto usado para crescimento de plantas, mas que tem o "mínimo necessário" para ocorrer o desenvolvimento das plântulas e foi semelhante ao "humus" nas variáveis, MFF, MFR, MSF, MSR e NDF. Neste último, tem-se a interferência dos componentes dos substratos de natureza coloidais e também o balanceamento de nutrientes na solução e adsorvidos nas cargas elétricas. Deve-se também considerar características físicas como micro e macroporosidade, a influência da tensão de O_2 e CO_2 no substrato e temperatura do substrato.

Mesmo as matrizes estando sob túnel de plástico os fatores: temperatura, umidade, vento, interferem nos processos fisiológicos das matrizes como absorção de nutrientes, translocação de solutos e na transpiração.

Tabela 4. Resultados da aplicação do teste Tukey para substrato no cultivar Sequoia.

Variável	Substrato		
	humus	comercial	composto
MFF (g)	9,132 ab	6,390 b	11,973 a
MFR (g)	5,699 ab	4,146 b	6,652 a
MSF (g)	1,786 ab	1,466 b	2,352 a
MSR (g)	0,701 ab	0,592 b	0,735 a
COMF (cm)	9,181 a	7,366 b	9,606 a
COMR (cm)	19,624 a	14,174 b	20,734 a
NDF	6,233 ab	5,744 b	7,289 a
NF (%)	2,692 b	2,988 a	2,906 ab
NR (%)	2,357 ab	2,655 a	1,998 b
PR (%)	0,251 a	0,248 a	0,248 a
PF (%)	0,355 a	0,278 b	0,373 a
KR (%)	2,501 a	1,271 b	2,823 a
KF (%)	2,720 a	1,624 b	2,396 a
CaR (%)	0,517 a	0,580 a	0,566 a
CaF (%)	0,781 ab	0,877 a	0,650 b
MgR (%)	1,081 a	1,170 a	1,114 a
MgF (%)	0,562 a	0,731 a	0,512 a

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 1%.

Os substratos "composto" e "humus" foram iguais nas variáveis COMF e COMR e diferiram significativamente do "comercial".

O "composto" e "humus" apresentaram o melhor desenvolvimento que pode ser determinado visualmente, foi confirmado pelas variáveis de massa de matéria seca de folhas e raízes, quando foram comparados com o "comercial". Além de que o "composto" apresentou maiores médias que o "humus", embora não diferisse significativamente.

Reverendo os resultados da análise dos substratos (Tabela 1), verifica-se que o "composto" e "humus" apresentaram teores elevados de nutrientes, pH acima de 7,0 e saturação em bases (V%) em torno de 92 - 95%.

No substrato "comercial", com valor de pH ao redor de 5,4 e saturação em bases (V%) da ordem de 75% somente a matéria orgânica apresentou um teor bastante elevado.

O nível de nutrientes no "comercial" foi inferior aos outros substratos. Estas características principalmente são devidas a turfa, seu componente predominante. Este material apresenta grande capacidade de troca catiônica e, apesar dos teores de cálcio e magnésio serem altos, o pH ainda apresenta valores de 5,40 devido a acidez potencial ser elevada em turfa. Apesar de seu material orgânico, o teor de NP e NR nas plântulas sempre foram superiores quando comparado com os outros substratos.

Com relação às variáveis teores de nitrogênio na parte aérea (NF) e raízes (NR), houve diferença significativa entre os substratos, os maiores teores sendo obtidos no substrato "comercial" devido ao teor de N ser mais elevado (PAPADOULUS, 1987). Na variável NR o "comercial" foi superior ao "composto" e na variável NF superior ao "humus", esta diferença foi devido ao alto teor de K comparado com N no "humus" pode ter ocasionado o antagonismo K/N (HUMAN & KOTZÉ, 1990) entre K^+ e NH_4^+ , além do que em pH altos BENTON JONES et al., (1991) determinou aumento da absorção de NH_4^+ que competiria com K^+ . Nas raízes não se percebeu muito antagonismo K/N mas pode-se verificar no substrato "comercial", o teor de nitrogênio é maior. O teor maior foi principalmente devido ao alto teor de nitrogênio no substrato.

Nos teores de fósforo nas raízes (PR) não houve diferença significativa entre os diferentes tipos de substratos, os teores de P foram altos. Com relação a teor de fósforo na parte aérea (PF) os substratos "composto" e "humus" foram superiores ao "comercial" devido ao teor mais elevado de P nestes substratos, cerca de duas vezes superior, o pH nestes substratos apresentou valores (pH = 7,0) que facilita a disponibilidade de P (BENTON JONES et al., 1991). O substrato "comercial" apresenta um teor de magnésio superior aos demais substratos o que poderia facilitar a absorção do P mesmo estando em quantidades menores neste

substrato (BENTON JONES et al., 1991). Neste caso parece que o fator limitante foi o teor de fósforo no substrato "comercial".

Os teores de K na parte aérea (KF) e nas raízes (KR) não apresentaram diferenças significativas entre o "composto" e "humus", ocorrendo diferença significativa com relação ao substrato comercial, devido principalmente ao teor de K no substrato e a relação K/Ca ser maior no "composto" (0,35) no "humus" (0,50) em comparação ao "comercial" (0,01).

O teor de cálcio nas raízes (CaR) não apresentou diferenças significativas devido ao teor de Ca ser alto nos 3 substratos.

O teor de cálcio na parte aérea (CaF) depende do transporte para a folha e do teor desse nutriente no substrato e as relações com outros nutrientes, o substrato "comercial" foi superior ao "composto" e "humus" que não diferiram entre si. As plântulas no "comercial" apresentaram um menor desenvolvimento das folhas, o que poderia beneficiar a elevação do teor de Ca na parte aérea (FERGUSON, 1984).

Mesmo as plantas de morango sendo sensível à ausência de magnésio (MARCHAL et al., 1982), as plântulas crescidas nos substratos não apresentaram diferenças significativas, mesmo ocorrendo antagonismo entre K e Mg, devido principalmente que durante o período de aclimação os teores de Mg nas plântulas foram elevados devido a

vermiculita o substrato usado na aclimação apresentar altos teores de Mg (MELLO, 1989).

4.1.3. Influência dos períodos de coleta de amostras

As variáveis que apresentaram significância com relação aos períodos, foram calculadas as regressões quadráticas e que apresentaram $R^2 \geq 0,50$ e significância de 1%.

As plântulas utilizadas no experimento apresentavam-se com pouca idade fisiológica (60 dias após a última repicagem) ou pelo menos apresentavam o tamanho reduzido, devido aos fatores como aclimação feita em local de baixa luminosidade, alto teor de umidade, pouco crescimento do sistema radicular devido a poda física em plântulas crescidas em "bandejas". Estes fatores, associados ao fato das plântulas serem provenientes de um mesmo material genético, criam uma uniformidade acentuada fazendo com que, após o transplante para um substrato rico em nutrientes e com um volume de substrato a ser explorado pelas raízes 15 vezes maior, estas plântulas encontram condições que determinam alta taxa de crescimento.

Observando-se as Figuras 1, 2, 3 e 4, após o transplântio, as plântulas apresentaram um decréscimo na massa de matéria fresca e seca de raízes e folhas. Embora as plântulas fossem aclimatadas e não mais corressem o risco de sofrer plasmólise ou dessecação, o que comprometeria o aparelho fotossintetizador e o sistema radicular, as condições de manejo usadas no experimento após o transplântio, propiciaram um estresse que causou a diminuição da massa de matéria fresca e seca de folhas e raízes. Isso é devido a quebra de continuidade de absorção de água e nutrientes e ao aumento da respiração quando ocorre um estresse, ocasionado pelo aumento da temperatura, pois, durante a aclimação, a temperatura é mais baixa (cerca de 5°C a menos) do que na fase de adaptação pré-campo (objeto do presente trabalho), podendo causar danos nas raízes e folhas devido ao aumento da atividade das polifenoloxidasas e de peroxidase (AMORIM, 1979).

Durante a irrigação por aspersão que não apresenta gotas uniformes, ocorreu tombamento de folhas, o que pode ter acelerado a senescência das mesmas. No terceiro dia da fase de adaptação já se podia perceber emissão de raízes e radículas, com o broto vegetativo aparecendo no quinto dia.

No substrato com maior teor de nutrientes, o crescimento foi mais acentuado, sendo também que as folhas senescentes redistribuíram os nutrientes para as regiões de crescimento. Este processo é realizado com gasto de energia e aumento de respiração nas folhas senescentes, além do que as folhas das plântulas de morango aclimatadas apresentaram limbo reduzido e pecíolo bastante longo e fino devido a ausência de luz direta e pelas condições de morfogênese na cultura *in vitro*, o que torna mais fácil o tombamento e a senescência.

$$MFF = 11,1374 - 11,1941P + 3,2916P^2 \quad r^2 = 0,8012$$

Figura 1. Evolução da massa de matéria fresca da parte aérea (MFF) em gramas nos períodos 1, 2, 3 e 4 em "Sequoia".

$$MFR = 7,3140 - 6,2770.P + 1,7714.P^2 \quad r^2 = 0,8515$$

Figura 2. Evolução da massa de matéria fresca de raízes (MFR) em gramas nos períodos 1, 2, 3 e 4 em "Sequoia".

$$MSF = 2,0999 - 2,0071.P + 0,6049.P^2 \quad r^2 = 0,8434$$

Figura 3. Acúmulo de matéria seca na parte aérea (MSF) em gramas nos períodos 1, 2, 3 e 4 em "Sequoia".

$$MSR = 0,6351 - 0,4323.P + 0,1374.P^2 \quad r^2 = 0,8408$$

Figura 4. Acúmulo de massa de matéria seca de raízes (MSR) em gramas nos períodos 1, 2, 3 e 4 em "Sequoia".

O comportamento das folhas apresentou a maior taxa de crescimento entre o 2º e 3º períodos, sendo que o intervalo de maior crescimento das raízes foi entre o 3º e o 4º períodos, conforme mostra a Figura 5 e 6.

$$COMF = 3,1512 - 0,3517.P + 0,6920.P^2 \quad r^2 = 0,8716$$

Figura 5. Variação do comprimento de folhas (COMF) em cm, nos períodos 1, 2, 3 e 4 em "Sequoia".

$$\text{COMR} = -1,5692 + 7,5511P - 0,2609P^2 \quad r^2 = 0,8305$$

Figura 6. Variação do comprimento de raízes (COMR) em cm, nos períodos 1, 2, 3 e 4 em 3 substratos, em "Sequoia".

$$\text{NDF} = 2,0297 + 1,3247P + 0,0576P^2 \quad r^2 = 0,5995$$

Figura 7. Variação do número de folhas totalmente expandidas (NDF) nos períodos 1, 2, 3 e 4 em 3 substratos, em "Sequoia".

Na Figura 7 a variação de folhas totalmente

expandidas (NDF) apresentou crescimento linear com o passar do tempo.

Na Figura 8 o teor de N nas folhas aumentou rapidamente entre os períodos 10 e 20, devido ao aumento do nível de N nos substratos, mas com o passar do tempo o teor foi decrescendo em função da contínua demanda por N (CHOW et al., 1992) e devido ao aumento da matéria seca nas folhas, o que concorda com MOLINO & RASON (1980), MARTINEZ-CARRASCO et al. (1975) e KONGSRUD (1980). Além disso, com aumento da temperatura pode ter ocorrido decréscimo na atividade da nitrato redutase que causa diminuição no teor de N nas plântulas (BENTON-JONES et al., 1991) e também a possibilidade de ter ocorrido lixiviação desse nutriente como consequência das irrigações diárias.

Na Figura 9 o teor de Mg nas raízes apresentou uma diminuição gradual à medida que as plântulas se formavam e o nível de Mg mais alto ocorreu no período 1 quando as plântulas ainda sofriam a influência do substrato (vermiculita) usado na aclimação que apresenta alto teor de Mg, da ordem de 24,20% (MELLO, 1989). As plântulas sofreram ainda antagonismo do potássio e do nitrogênio após serem transplantadas para os diferentes substratos.

$$NF = 0.3343 + 1.8904.P - 0.3258.P^2 \quad r^2 = 0.6473$$

Figura 8. Variação do teor de nitrogênio na parte aérea (NF) em % nos períodos 1, 2, 3 e 4, em "Sequoia".

$$MgR = 1.1774 + 0.1763.P - 0.0592.P^2 \quad r^2 = 0.5683$$

Figura 9. Variação do teor de magnésio nas raízes (MgR) em % nos períodos 1, 2, 3 e 4, em "Sequoia".

4.1.4. Interação período x substrato

Na Tabela 5 observa-se que a massa de matéria fresca da parte aérea (MFF) sofre influência da interação período x substrato, a partir do 3º período da coleta da amostra até o 4º período, sendo que este intervalo apresenta o maior crescimento. Nestes dois períodos o substrato "composto" é igual ao "humus", mas diferente do substrato "comercial" e ocorre a mesma resposta na variável MSF, só que no 4º período.

Tabela 5. Influência da interação substrato x período no cultivar Sequoia.

	Períodos		
	2º	3º	4º
MFF	n.s.	**	**
MSF	n.s.	n.s.	**
COMF		**	**
MgR			**
MgF			**

** Significância ao nível de 1%.

* Significância ao nível de 5%.

O comprimento de folhas apresentou interação significativa no 3º e 4º período, sendo que "composto" mostrou-se superior ao "comercial". No 4º período o substrato

"composto" foi igual ao "humus", enquanto que o "humus" e o substrato "comercial" foram iguais no 3º período. Este comportamento revela a necessidade de um maior teor de nutrientes, no início, para atender ao aumento da demanda de nutrientes no decorrer do tempo. Ademais, a interação substratos x período mostrou significância no teor de magnésio na parte aérea (MgF) e nas raízes (MgR), sendo que o substrato "comercial" foi superior aos demais, pois apresenta um maior teor de Mg e menor teor de K que apresentaram antagonismos, o que foi observado pelos autores (BENTON-JONES et al., 1991; HAYNES & GOH, 1987) para morango.

4.1.5. Correlações existentes entre as variáveis de Sequoia e os substratos

A análise dos dados da Tabela 6 demonstra as interações positivas entre as variáveis MFF, MFR, MSF, MSR, COMF, COMR e NDF em todos os substratos e apresentam significâncias de 1 e 5%, sendo que o substrato "composto" apresenta mais correlações a nível de 1% quando comparado com outros substratos.

Nas folhas o teor de nitrogênio na parte aérea (NF) apresenta correlação positiva com teor de fósforo na parte aérea (PF) quando o substrato é "humus" que também apresenta correlação positiva com o teor de potássio nas

raízes (KR) e teor de magnésio nas raízes (MgR) no substrato "composto", concordando com os dados de ALBREGHTS (1987) e BENTON-JONES et al. (1991). Quando ocorreu aumento do crescimento vegetativo no substrato "humus" houve diminuição do teor de Mg nas raízes e folhas e no substrato "comercial" os teores de cálcio e magnésio nas raízes diminuíram.

Devido estes substratos "composto" e humus" apresentarem um alto teor de K, que afetou a absorção e migração de Mg e Ca, o aumento no crescimento vegetativo cria uma necessidade crescente destes nutrientes, sendo que a absorção do Ca é passiva, o que cria uma limitação física, este fato, somado ao antagonismo determina estas correlações negativas, MgF, MgR, CaF e CaR.

No humus o aumento de MSR, MFR determinou a diminuição no teor de potássio das raízes (KR), pois durante o crescimento há necessidade de K para manter o balanço hídrico e atuação nos processos enzimáticos, que ocorrem principalmente na parte aérea da planta.

No substrato "comercial", o crescimento da raiz se correlacionou positivamente com o teor de fósforo nas folhas (PF). Essa interação pode ser explicada pelo fato de que o crescimento das raízes aumenta o contato do P presente na solução do substrato com os centros de absorção ativas das raízes, pois o substrato "comercial" não apresenta um teor desse nutriente tão elevado quando comparado com outros substratos.

Tabela 6. Valores de coeficientes de correlações entre variáveis em "Sequia" e nos três substratos.

VARIEDADE 1/SUBSTRATO 1													
	MFF	MFR	MSF	MSR	CONF	COMPR	NDF	NR	NF	PR	PF	KR	KF
MFF	0.9536**	0.9829**	0.9532**	0.9597**	0.9158**	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S
MFR		0.9556**	0.9760**	0.9524**	0.8365**	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S
MSF			0.9379**	0.9356**	0.8727**	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S
MSR				0.9483**	0.8379**	0.6962*	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S
CONF					0.9352**	0.7287	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S
COMPR						0.7946**	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S
NDF							0.7946**	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S
NR								N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S
NF									N.S	N.S	N.S	N.S	N.S
PR										N.S	N.S	N.S	N.S
PF											N.S	N.S	N.S
KR												N.S	N.S
KF													N.S
CAR													N.S
CAF													N.S
MGR													N.S
MSF													N.S

SUBS. 1 = HÚMUS

** - Significância a 1%

* - Significância a 5%

NS - não significativa

Tabela 6. Continuação.

VARIEDADE 1/SUBSTRATO 2													
MFF	MFR	MSF	MGR	CONF	COMPR	NDF	NR	NF	PR	PF	KR	KF	CAF
MFF	0.9715**	0.9988**	0.9565**	0.9433**	0.7776**	0.7152*	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	-0.7082*
MFR		0.9775**	0.9933**	0.8999**	0.7902**	0.6764*	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	-0.7147*
MSF			0.9651**	0.9451**	0.7910**	0.7205*	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	-0.6948*
MGR				0.8875**	0.8047**	0.6913*	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	-0.6806*
CONF					0.8659**	0.7582**	N.S	N.S	N.S	0.6921*	N.S	N.S	-0.6630*
COMPR						0.8440**	N.S	N.S	N.S	0.6814*	N.S	N.S	N.S
NDF							N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S
NR								N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S
NF									N.S	N.S	N.S	N.S	N.S
PR										N.S	0.6832*	N.S	N.S
PF											N.S	0.6864*	0.8682**
KR												N.S	N.S
KF													N.S
CAF													0.8370**
MGR													0.6953*
MSF													N.S

SUBS. 2 = COMERCIAL

** - Significância a 1%

* - Significância a 5%

NS -- não significativa

Tabela 6. Continuação.

VARIEDADE 1/SUBSTRATO 3													
MFF	MFR	MSF	MSR	CONF	COMPR	NDF	NR	NF	PR	PF	KR	KF	CAR CAF
MFF	0.9700**	0.9973**	0.9744**	0.9527**	0.8460**	0.8492**	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	-0.7348*	N.S
MFR		0.9829**	0.9879**	0.9425**	0.8368**	0.7526**	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	-0.6991*	N.S
MSF			0.9843**	0.9576**	0.8499**	0.8246**	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	-0.7146*	N.S
MSR				0.9784**	0.8446**	0.8076**	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	-0.7102*	N.S
CONF					0.9090**	0.8368**	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	-0.6895*	N.S
COMPR						0.8300**	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S
NDF							N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	-0.7506*	N.S
NR								N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S
NF									N.S	N.S	0.8023**	N.S	0.8356**
PR										N.S	N.S	N.S	N.S
PF											N.S	N.S	N.S
KR											N.S	N.S	N.S
KF											N.S	N.S	N.S
CAR											N.S	N.S	N.S
CAF											N.S	N.S	N.S
MGR											N.S	N.S	N.S
MGF											N.S	N.S	N.S

SUBS. 3 = COMPOSTO

* * - Significância a 1%

* - Significância a 5%

NS - não significativo

No "humus" houve correlação positiva entre PR e KR e MgF e CaF, o que demonstra segundo BENTON JONES (1991), o sinergismo que existe entre esses ions. O aumento do teor de fósforo na parte aérea PF está relacionado com aumentos do KF, CaR e CaF nas plântulas que crescerem no "comercial", que também apresenta relação positiva entre KF e CaF. Os teores de Ca e Mg nas raízes e parte aérea se correlacionaram negativamente com o crescimento vegetativo, o que comprova o trabalho de RUSSEL & GOH (1987) e BANGERTH (1979). Deve-se lembrar que ocorre uma demanda interna de cálcio e devido a absorção ser feita via apoplasto (FERGUSON, 1989 e BENTON JONES et al., 1991), não existindo condições de incrementar a absorção e devido a isto, os teores de Ca e Mg em folhas novas apresentam teores mais baixos.

No substrato "composto", ocorre aumento de PF e CaF, o que concorda com BENTON JONES et al., 1991. Com relação ao KF e MgF, mesmo estes nutrientes apresentando antagonismo, nesse substrato esta correlação positiva ocorreu, o que concorda com o trabalho de ADDISCOTT (1974).

4.2. Comportamento de *Fragaria x ananassa* cv. Guarani

4.2.1. Parâmetros fisiológicos em relação à natureza do substrato e períodos de coleta de amostras

Observando-se o Apêndice 2, que se refere aos resultados da análise de variância para substrato e períodos e as interações substrato x período, no cv. Guarani, vemos que as variáveis massa de matéria fresca de folhas (MFF) e de raízes (MFR); massa de matéria seca de folhas (MSF) e de raízes (MSR); comprimento de folhas (COMF) e de raízes (COMR); número de folhas totalmente expandidas (NDF); teor de magnésio (MgF) e nitrogênio (NF) na parte aérea apresentaram significância com relação aos períodos e não foram influenciadas pelos substratos.

No substrato, as variáveis que apresentaram diferenças foram: comprimento de raízes (COMR), teor de nitrogênio (NR), potássio (KR) nas raízes, magnésio (MgF) e potássio (KF) nas folhas.

Não apresentaram nenhuma significância, seja com relação a substratos ou aos períodos, as seguintes variáveis: teor de fósforo (PR) nas raízes e nas folhas (PF); teor de cálcio (CaR) nas raízes e (CaF) nas folhas e teor de magnésio (MgR) nas raízes.

4.2.2. Influência da natureza dos substratos

Verificando-se a Tabela 7 podemos dizer que os níveis e relações de macronutrientes (N, P, K, Mg e Ca) existentes nos substratos foram suficientes, pois não comprometeram o desenvolvimento das plântulas, sendo que não houve diferenças significativas nas variáveis MFF, MFR, MSF, MSR, COMF e NDF; estas variáveis refletem o somatório de fatores genéticos e ambientais.

As variáveis acima descritas estão intimamente ligadas com a eficiência fotossintética, ou melhor, refletem como a plântula está usando os recursos disponíveis: água, luz e nutrientes para expressar seu potencial genético, devido não ter ocorrido diferenças significativas, podendo-se afirmar que para o cv. Guarani os substratos apresentam características físicas e químicas que proporcionaram um bom desenvolvimento da planta na fase de adaptação pré-campo (45 dias).

Tabela 7. Resultados da aplicação do teste Tukey para substratos no cultivar Guarani.

Variável	Substrato		
	Humus	Comercial	Composto
MFF (g)	14,487 a	10,796 a	15,209 a
MFR (g)	4,748 a	4,049 a	5,002 a
MSF (g)	2,374 a	1,954 a	2,548 a
MSR (g)	0,612 a	0,513 a	0,600 a
COMR (cm)	25,218 a	19,788 b	22,697 a
COMF (cm)	9,176 a	7,490 a	9,060 a
NDF	7,811 a	6,589 a	8,111 a
NR (%)	1,976 b	2,481 a	2,110 b
NF (%)	2,756 a	3,010 a	2,869 a
PR (%)	0,269 a	0,280 a	0,317 a
PF (%)	0,463 a	0,387 a	0,403 a
KR (%)	2,518 a	1,411 b	2,754 a
KF (%)	2,849 ab	2,294 b	3,563 a
CaR (%)	0,602 a	0,639 a	0,650 a
CaF (%)	0,956 a	0,639 a	0,803 a
MgR (%)	1,104 a	1,024 a	1,025 a
MgF (%)	0,742 ab	0,981 a	0,615 b

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 1%.

Mas se olharmos para as variáveis acima citadas, e observarmos os valores médios o "substrato", "composto" e "humus" apresentaram valores médios superiores

ao substrato "comercial", o que é concordante com a resposta do cv. Sequoia. No COMR, o substrato "humus" foi superior ao "comercial".

Os teores de nitrogênio (NF), fósforo (PF), cálcio (CaF) e magnésio (MgF) na parte aérea e fósforo (PR) e cálcio (CaR) nas raízes não apresentaram variações suficientes para serem significativas; o nível de fósforo e cálcio nos substratos foram suficientes.

As variáveis teor de nitrogênio (NR) e potássio (KR) nas raízes apresentaram o substrato "comercial" e "composto" respectivamente, apresentando os maiores teores nas plântulas.

O substrato "composto" foi superior nos teores de potássio (KR) e na parte aérea (KF); em relação aos outros substratos, em contrapartida, o substrato "comercial" foi superior nos teores de nitrogênio (NR) nas raízes e magnésio na parte aérea (MgF), mas não foi superior ao "humus" com relação ao MgF.

Após estas considerações, podemos concluir que o nível de nutrientes nos substratos foram suficientes e que as relações entre nutrientes serem diferenciados nos substratos. Devido à estas relações, pode-se dizer que houve antagonismo entre N e K, uma vez que no substrato "comercial" que apresentou a menor relação K/N, o teor de NR foi superior.

é o substrato "humus" que induziu o maior nível de K entre os substratos teve o menor teor de NR.

O teor de magnésio na parte aérea (MgF) apresentou diferenças e se observarmos que MgR não apresentou diferenças, podemos concluir que estas podem ter ocorrido em consequência da dificuldade do Mg atingir a parte aérea, devido a restrição causada pelo K^+ , conforme Schimanski, citado por MENGEL (1987). Os resultados aqui obtidos apontam em direção a essa interpretação, pois os teores foliares de K foram maiores nas plântulas que cresceram no "composto", plântulas essas que apresentaram as menores médias de MgF.

4.2.3. Influência dos períodos de coleta das amostras

Conforme mostra as Figuras 10, 11, 12 e 13 pode-se concluir que entre o período de plantio e a primeira análise do material (20 P), houve um decréscimo das variáveis MFF, MFR, MSF e MSR. Isto pode ser explicado como sendo consequência do estresse causado pela transferência das plântulas do ambiente da aclimação para o novo ambiente (adaptação), com um período necessário de acomodação. Este estresse tem como causa, a perda excessiva de água devido o aumento da evapotranspiração, que é consequência da temperatura elevada, maior intensidade de ventos e umidade relativa diminuída.

$$MFF = 17.0328 - 19.4874.P + 5.7326.P^2 \quad r^2 = 0.9198$$

Figura 10. Evolução da massa de matéria fresca da parte aérea (MFF) em gramas nos períodos 1, 2, 3 e 4, em "Guarani".

$$MFR = 4.2037 - 3.3078.P + 1.0709.P^2 \quad r^2 = 0.8628$$

Figura 11. Evolução de massa de matéria fresca de raízes (MFR) em gramas nos períodos 1, 2, 3 e 4 em "Guarani".

$$MSF = 2,4184 - 2,6665.P + 0,8213P^2 \quad r^2 = 0,9332$$

Figura 12. Acúmulo de massa de matéria seca da parte aérea (MSF) em gramas, nos períodos 1, 2, 3 e 4, em "Guarani".

$$MSR = 0,4713 - 0,2814.P + 0,0988.P^2 \quad r^2 = 0,8133$$

Figura 13. Acúmulo de massa de matéria seca de raízes (MSR) em gramas nos períodos 1, 2, 3 e 4, em "Guarani".

Tanto o sistema radicular e o aparato fotossintético são prejudicados pela diminuição de absorção de água e nutrientes causado pela má acomodação do sistema radicular nos dias seguintes ao transplântio. Estas alterações causam um aumento da respiração ou diminuição da fotossíntese, que não conseguiria atingir o ponto de compensação e desta maneira, seria degradado alguns compostos para "prover" energia para a manutenção das regiões de crescimento vegetativo e de novas radículas e raízes, e isto causaria a diminuição de MFF, MFR, MSF e MSR.

Nas Figuras 14 e 15 observa-se que no intervalo entre o 3º e o 4º períodos as plantas apresentavam a maior taxa de crescimento nas folhas e raízes, tanto em termos de massa de matéria fresca quanto seca, o COMF e NDF (Figura 16) também repetiram o mesmo desempenho das variáveis acima, pois são diretamente dependentes; já o COMR apresentou o maior crescimento no intervalo inicial, que mostra a necessidade da planta melhorar a sua absorção.

Nas Figuras 17 e 18 observa-se que o PR tem aumento de teor e posterior decréscimo, além de ter ocorrido uma diminuição do fósforo disponível; já o MgF mostra uma diminuição constante, isto como consequência da plântula ter saído do período de aclimação com alto teor de Mg, pois o substrato usado nesta fase tem como base vermiculita, que apresenta teor de Mg da ordem de 24% (MELLO, 1989).

$$\text{COMF} = 3.1777 - 1.3502.P + 1.0168.P^2 \quad r^2 = 0.9375$$

Figura 14. Variação do comprimento de folhas (COMF) em cm, nos períodos 1, 2, 3 e 4, em "Guarani".

$$\text{COMR} = -6.0375 + 12.1017.P - 0.7480.P^2 \quad r^2 = 0.8968$$

Figura 15. Variação do comprimento de raízes (COMR) em cm, nos períodos 1, 2, 3 e 4, em "Guarani".

$$NDF = 4,7715 - 1,7026.P + 0,8328.P^2 \quad r^2 = 0,8021$$

Figura 16. Variação do número de folhas totalmente expandidas (NDF) nos períodos 1, 2, 3 e 4, em "Guarani".

$$PR = -0,0170 + 0,2223.P - 0,0365.P^2 \quad r^2 = 0,5345$$

Figura 17. Variação do teor de fósforo nas raízes (PR) em % nos períodos 1, 2, 3 e 4, em "Guarani".

$$MgF = 1,6492 - 0,5533.P + 0,0729.P^2 \quad r^2 = 0,5831$$

Figura 18. Variação do teor de magnésio na parte aéreas (MgF) em % nos períodos 1, 2, 3 e 4, em "Guarani".

4.2.4. Interação período x substrato

O aumento da massa de matéria fresca da parte aérea (MFF) apresentou significância no intervalo do 1º para o 2º período, o que confirma o intenso crescimento do cv. Guarani e o COMF apresentou significância nos 2 intervalos iniciais e o teor de magnésio na parte aérea só foi significativo no último intervalo (3º e 4º períodos), isto revela que o crescimento superior dos substratos "composto" e "humus" prejudicou o teor de Mg nas partes aéreas, que foi superior no substrato "comercial", apresentando crescimento reduzido e menor teor de K e teor elevado de Ca e Mg, em

comparação aos outros substratos (Tabela 8).

Tabela 8. Influência da interação substrato x período no cultivar Guarani.

	Período		
	20	30	40
MFF	*	n.s.	n.s.
COMF	*	**	n.s.
MgF	n.s.	n.s.	*

** Nível de significância a 1%.

* Nível de significância a 5%.

4.2.5. Correlações existentes entre as variáveis do cv. Guarani e os substratos

As variáveis que refletem aumento da parte aérea (MFF, MSF, COMF e NDF) e do sistema radicular (MFR, MSR e COMR) se correlacionaram positivamente, o que quer dizer que se o aumento na área foliar se reflete positivamente no comprimento de raízes (Tabela 9).

Tabela 9. Continuação.

VARIEDADE 2/SUBSTRATO 2																	
	MFF	MFR	MSF	MSR	CONF	COMPR	NDF	NR	NF	PR	PF	KR	KF	CAR	CAF	MGR	MGF
MFF																	
MFR	0.9590**																
MSF	0.9788**	0.9659**															
MSR	0.9229**	0.9502**	0.9367**														
CONF	0.9781**	0.9570**	0.9771**	0.9564**													
COMPR	0.7871**	0.8578**	0.7978**	0.7599**	0.8639**												
NDF	0.9868**	0.9397**	0.9099**	0.8122**	0.9362**	0.8950**											
NR	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S										
NF	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S									
PR	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S								
PF	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S							
KR	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S						
KF	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	0.8910**	N.S					
CAR	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S				
CAF	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	-0.7395*	0.7007*	N.S			
MGR	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	0.8359**	N.S	N.S	N.S		
MGF	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	0.7989**	N.S	0.6643*	N.S	-0.7200*	

SUBS. 2 = COMERCIAL

* * - Significância a 1%

* - Significância a 5%

NS - não significativo

Tabela 9. Continuação.

VARIEDADE 2/SUBSTRATO 3																	
	MFF	MFR	MSF	MSR	CONF	COMPR	NDF	NR	NF	PR	PF	KR	KF	CAR	CAF	MGR	MGF
MFF																	
MFR	0.8307**																
MSF	0.9794**	0.8637**															
MSR	0.7502**	0.9406**	0.8344**														
CONF	0.8604**	0.8757**	0.9254**	0.8570**													
COMPR	0.8907**	0.8026**	0.8797**	0.6947*	0.8956**												
NDF	0.6945*	0.9246**	0.7908**	0.9677**	0.8985**	0.7197*											
NR	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S										
NF	-0.6705*	N.S	-0.7548**	N.S	-0.7692**	N.S	N.S	N.S									
PR	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S								
PF	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	0.7062*						
KR	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S					
KF	N.S	N.S	N.S	N.S	0.7395*	0.7556**	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S				
CAR	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S			
CAF	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S		
MGR	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	
MGF	-0.7877**	-0.7850**	-0.8329**	-0.7065*	-0.9009**	-0.8255**	-0.7559**	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	-0.7329*	N.S	N.S	N.S	N.S

SUBS. 3 = COMPOSTO

** - Significância a 1%

* - Significância a 5%

NS - não significativa

Este fato demonstra que, ocorrendo um aumento da absorção, aumenta o teor de nutrientes para as células transformarem em compostos orgânicos, o que leva a um aumento da matéria seca e fresca. Com o crescimento dos meristemas, ocorre uma maior interceptação de luz pela parte aérea e conseqüentemente o aumento da produção de carboidratos. Este fato incrementa o crescimento do sistema radicular, que irá aumentar a sua capacidade de absorção de nutrientes e água.

Aparece uma correlação negativa entre crescimento vegetativo, MgR e MgF, o que concorda com MENGEL & KIRKBY (1987).

No substrato "humus" apareceu competição entre o KR e KF devido ao intenso crescimento vegetativo, o substrato "comercial" apresenta uma correlação interessante, o aumento do MgR aumenta o PR e Kr, isto pode estar relacionado com a regulação do amido através do fitato (MARSCHNER, 1986). O teor de potássio na folha foi antagônico ao teor de magnésio no "composto", devido ao maior teor de Ca no substrato e menor teor de Mg, comparativamente com outros substratos. Este antagonismo se manifestou, é concordante com MENGEL & KIRKBY, 1987.

No substrato "composto" o crescimento vegetativo da parte aérea diminui o teor de nitrogênio na folha. Nesse substrato, COMF e COMR correlacionou-se positivamente com o potássio foliar (KF). O aumento do K torna a planta mais turgida, ocorrendo o efeito de diluição do N.

4.3. Comparações entre o desempenho dos cultivares

Na Tabela 10 observamos que o teor de amido em porcentagem no período inicial apresentou maior valor no cv. Guarani, nas raízes, e durante o experimento estes teores nas raízes foram diminuindo devido, ao desenvolvimento das plântulas. E o teor de amido na parte aérea aumentou, o que mostra ser esta a região de síntese do amido.

Tabela 10. Variação do teor de amido de raízes e parte aérea nos cultivares Guarani e Sequoia nos períodos 1 e 4 e a influência dos substratos "humus", "comercial" (c) e "composto" (Co).

	1º	H4º	C4º	Co4º
Guarani				
Raiz	0,38	0,14	0,15	0,14
Folha	0,10	0,14	0,14	0,13
	1º	H4º	C4º	MCo4º
Sequoia				
Raiz	0,17	0,14	0,20	0,11
Folha	0,10	0,14	0,14	0,19

No cultivar Sequoia o teor de amido nas raízes variou significativamente nas plântulas que apresentaram um maior crescimento radicular e no substrato "comercial" este teor foi aumentado, o que mostra que a produção de carboidrato de reserva pelas folhas que não cresceram muito foi translocado para as raízes e que nestas condições foram acumulados, já nos substratos que incrementaram um maior crescimento do sistema radicular, o teor de amido decresceu, mas nas folhas estes teores aumentaram devido o aumento da área foliar.

Comparando os teores dos cultivares Sequoia e Guarani observou-se que o teor de amido na folha é bastante semelhante, só que devido ao aumento de crescimento vegetativo no cv. Guarani, o teor de amido das raízes decresceu mais significativamente do que no 'Sequoia'. Embora no cv. Sequoia o sistema radicular tenha crescido bastante, os teores de amido não decresceram tanto como no cv. Guarani, o que mostra não ter havido translocação das folhas para as raízes e no momento da análise nos substratos de maior crescimento os teores de amidos são menores (SCo40 e GCo40).

Na Tabela 11 observamos que o cultivar Sequoia apresenta uma menor formação de estolões, e o substrato que apresenta os maiores valores são aqueles que apresentam maior desenvolvimento vegetativo; no cv. Guarani, a formação de estolões é superior ao cv. Sequoia, a influencia dos substratos é menos sentida, talvez devido a maior influência

de clima, sendo este cultivar mais produtiva vegetativamente.

Tabela 11. Variação do número de plântulas com estolões em comparação ao número total de plântulas em cada tratamento em porcentagem.

		Estolões			
		Períodos			
		1º	2º	3º	4º
Sequoia	H	-	-	19	31
	C	-	-	4	6
	COM	-	-	16	65
Guarani	H	-	-	62	83
	C	-	-	57	86
	COM	-	-	60	100

Observando a Tabela 12, percebemos que o cv. Sequoia apresentou um crescimento de matéria seca superior nos dois períodos iniciais e foi suplantado pelo cv. Guarani nos períodos finais. O cv. Sequoia apresentou em todos os períodos um melhor desempenho no sistema radicular, comparando-se com cv. Guarani e a relação de participação do MSR/MSF no cv. Sequoia diminui em 28% e no 'Guarani' foi de 54%. Estes dados comprovam que o cv. Guarani destina seus

carboidratos preferencialmente para a parte aérea e no cv. Sequoia o sistema radicular recebe um pouco mais de carboidratos do que o cv. Guarani.

Tabela 12. Variação da massa de matéria seca da parte aérea (MSF) e das raízes (MSR) nos cultivares Sequoia e Guarani, nos 4 períodos e relação MSR/MSF.

Períodos	MSR	MSF	MST	MSR/MSF
Sequoia				
1º	0,29	0,50	0,79	0,58
2º	0,37	0,71	1,08	0,52
3º	0,53	1,32	1,85	0,40
4º	1,08	3,58	4,66	0,30
Guarani				
1º	0,28	0,38	0,66	0,73
2º	0,31	0,60	0,91	0,51
3º	0,48	1,51	1,99	0,31
4º	0,93	4,76	5,69	0,19

Se observarmos a Tabela 13, podemos ver que além do cv. Guarani apresentar um crescimento de MS mais intenso nas partes aéreas, o crescimento da MFF no cultivar Guarani é bem superior ao Sequoia e isto demonstra que o crescimento também é baseado na maior elongação celular no cultivar Guarani, comprovando pois, o valor de KF, PF, CaF e

MgF no cultivar Guarani é superior ao cv. Sequoia, sendo que o KF é o que apresenta a maior diferença entre as variáveis e isto prova que o cv, tem um estado de turgidez superior, o que é comprovado pelas relações MSF_4/MSF_1 e MFF_4/MFF_1 , quando comparamos os cultivares (Tabela 14).

Tabela 13. Evolução da massa de matéria fresca (g) de raízes (MFR) e parte aérea (MFF) e total (MFT) nos cultivares Sequoia e Guarani e relação MFR/MFF nos 4 períodos.

Período	MFR	MFF	MFT	MFF/MFT
Sequoia				
1º	2,15	2,36	4,51	0,91
2º	2,50	2,78	5,28	0,89
3º	3,77	6,31	10,08	0,60
4º	10,23	18,40	28,73	0,56
Guarani				
1º	1,94	1,98	3,92	0,98
2º	1,87	2,61	4,48	0,72
3º	3,97	8,17	12,14	0,49
4º	7,96	29,71	37,67	0,26

Tabela 14. Relações entre MFF, MFR, MFT, MSR, MSF, MST entre o 1º e 4º período nos cultivares Sequoia e Guarani.

Relações	Sequoia	Guarani
MFR ₄ /MFR ₁	4,75	4,10
MFF ₄ /MFF ₁	7,80	15,01
MFT ₄ /MFT ₁	6,37	9,60
MSR ₄ /MSR ₁	3,72	3,32
MSF ₄ /MSF ₁	7,16	12,52
MST ₄ /MST ₁	5,80	8,62

Observando-se as Figuras 19 a 28, que mostram a variação dos teores de nutrientes nos diversos períodos e nos três substratos, pode-se dizer que o teor de N na fase de adaptação pré-campo na parte aérea (NF) e nas raízes (NR) tem comportamento semelhante ao do P na parte aérea (PF) e nas raízes (PR): apresenta um aumento intenso no início e, após o 3º período, o teor diminui. O seu teor é mais alto nas folhas, o que vem comprovar algumas correlações entre estes elementos discutidos anteriormente. Além disso, concorda também com alguns autores (JOHN et al., 1975), os quais observaram que durante o decorrer do tempo ou da idade fisiológica, N e P tem seus teores diminuídos.

Figura 19. Variação do teor de nitrogênio na parte aérea (NF) e de raízes (NR) em %, nos períodos 1, 2, 3 e 4 em três substratos, em "Sequoia".

Figura 20. Variação do teor de fósforo na parte aérea (PF) e nas raízes (PR) em %, nos períodos 1, 2, 3 e 4 em três substratos, em "Sequoia".

Figura 21. Variação do teor de potássio na parte aérea (KF) e nas raízes (KR) em %, nos períodos 1, 2, 3 e 4 em três substratos, em "Sequoia".

Figura 22. Variação do teor de cálcio na parte aérea (CaF) e nas raízes (CaR) em %, nos períodos 1, 2, 3 e 4 em três substratos, em "Sequoia".

Figura 23. Variação do teor de magnésio na parte aérea (MgF) e nas raízes (MgR) em %, nos períodos 1, 2, 3 e 4, em três substratos, em "Sequoia".

Figura 24. Variação do teor de nitrogênio na parte aérea (NF) e nas raízes (NR) em %, nos períodos 1, 2, 3 e 4, em três substratos, em "Guarani".

Figura 25. Variação do teor de fósforo na parte aérea (PF) e nas raízes (PR) em %, nos períodos 1, 2, 3 e 4, em três substratos, em "Guarani".

Figura 26. Variação do teor de potássio na parte aérea (KF) e nas raízes (KR) em %, nos períodos 1, 2, 3 e 4, em três substratos, em "Guarani".

Figura 27. Variação do teor de cálcio na parte aérea (CaF) e nas raízes (CaR) em %, nos períodos 1, 2, 3 e 4, em três substratos, em "Guarani".

Figura 28. Variação do teor de magnésio na parte aérea (MgF) e nas raízes (MgR) em %, nos períodos 1, 2, 3 e 4, em três substratos, em "Guarani".

Em alguns tratamentos, o potássio apresentou um aumento contínuo em Guarani (KF), quando crescido nos substratos "composto" e "humus", enquanto que no 'Sequoia' (KF) isto ocorreu no substrato "comercial". O aumento do teor de K até o 3º período e posteriormente a queda no KF e KR aconteceu em Guarani substrato "comercial", em 'Sequoia', no substrato "humus" e no "composto"

Este aumento do teor de K nas folhas no Guarani pode explicar o porquê do crescimento vegetativo. O aumento de massa de matéria fresca da parte aérea (MFF) não foi acompanhada pela massa de matéria seca da parte aérea, ou seja, houve aumento mais lento da MSF do que a de MFF. No 4º período esta diferença é muito grande, e pode ser explicado pelo aumento de turgor das matrizes, sendo comprovado pelo maior teor de K nas folhas acompanhado pelo Cá.

As relações N/P e K/Mg estão por volta de 10, o que concorda com o trabalho de BOULD (1964). Estas relações ocorreram nos dois cultivares mantidos em substratos, onde os teores de P e K são mais baixos. Esse valor da relação K/Mg são também detectados nos períodos finais da adaptação, pois o Mg na matriz (0,38%), já não é influenciado pelo alto teor existente na plântula na fase inicial do experimento, os quais são maiores ($\approx 1,40\%$).

O cálcio tende a aumentar nas folhas (CaF) no cultivar Guarani e a elevação de CaR acontece nos 3º e 4º períodos mas, no 'Sequoia' existe uma queda no CaF a partir

do 3º período, e no CaR a queda acontece no 1º período. Este aumento do teor do Ca no Guarani talvez devido ao aumento, se bem que não tão intenso quanto em Sequoia, do crescimento do sistema radicular, além do aumento natural do teor de cálcio em plantas de morango durante o seu ciclo biológico (JOHN et al., 1975).

O magnésio apresenta uma diminuição constante nos teores de MgF e MgR no Guarani, porém no Sequoia o MgF aumentou quando mantido no substrato "comercial", o qual apresentou o maior teor de Mg dentre os substratos. Esta queda é também devido ao alto teor de Mg existentes nas plântulas, tanto a nível foliar quanto radicular devido ao fato de que o substrato da fase de aclimação (vermiculita) apresenta alto teor de Mg. Entretanto, no 4º período há uma tendência de equilíbrio desse teor.

Pode-se também observar uma alta correlação entre teores de nutrientes nos substratos e os teores foliares e radiculares. As folhas apresentam teores superiores, pois este órgão é uma região de intenso metabolismo, com síntese de compostos orgânicos, o que torna os nutrientes mais necessários, especialmente em fase de crescimento intenso.

Outro detalhe a observar é o estado nutricional das plântulas no final da aclimação, quando os teores de P e K estão próximos do ideal (0,20 a 1,5%), os teores de Ca e Mg bastante altos (0,80 a 1,4%), enquanto o

teor de N um pouco mais baixo (2,0%) mas não o suficiente para mostrar uma deficiência visual, mas possivelmente "fome" oculta.

4.4. Considerações gerais

Os parâmetros fisiológicos analisados durante o desenvolvimento de plântulas dos cvs. Sequoia e Guarani, transferidos da fase de aclimação (substrato vermiculita, alta e constante umidade e baixa intensidade luminosa) para a fase de adaptação pré-campo (substratos diferenciados, irrigação intermitente e alta intensidade luminosa) demonstraram que os cultivares tem comportamentos fisiológicos diferentes.

O cv. Guarani mostrou-se superior ao Sequoia em vários parâmetros como massa de matéria fresca (MFF) e seca (MSF) da parte aérea, comprimento das raízes (COMR), número de folhas totalmente expandidas (NDF), principalmente no último período da fase de adaptação. Este é o período que precede imediatamente o transplante das matrizes para o campo. No cultivar Guarani os carboidratos de reserva foram consumidos na sua parte aérea; comparando-se os cultivares observa-se que o desenvolvimento foliar no cv. Guarani foi superior que no Sequoia, sendo que neste observou-se maior desenvolvimento radicular. Aliás, as massas de matéria fresca

(MFR) e seca (MSR) de raízes de Sequoia foram maiores do que no Guarani.

O desenvolvimento final das matrizes de Guarani foi superior ao de Sequoia. A contribuição da área foliar em Guarani foi maior que a das raízes. Por sua vez, em Sequoia, a contribuição da parte radicular para o desenvolvimento geral de suas matrizes foi significativa.

Ao contrário do cv. Sequoia, as raízes do cv. Guarani foram mais compridas, porém não volumosas, o que não lhe permite explorar melhor o substrato. Observações nos campos de produção de morango (não constante deste trabalho), tem mostrado que o cv. Guarani é mais precoce, desenvolvendo bem inicialmente, pois como suas raízes não exploram o solo de modo significativo, as mudas tendem a ter o ciclo biológico mais curto do que o cv. Sequoia, nas mesmas condições de cultivo.

Em relação ao amido, o seu teor no cv. Guarani foi maior nas raízes do que nas folhas no início da fase de adaptação (1º período de coleta), o que confirma serem as raízes o local de reserva do amido em morango e as folhas a sua região de síntese bioquímica pelo aparato fotossintetizador.

No cv. Sequoia o teor de amido foi maior no substrato "comercial" que apresentou menor crescimento de MSR e menor comprimento de raízes, em contrapartida, o menor teor

de amido foi obtido no "composto", que teve o maior desenvolvimento radicular. Com relação a folha, ocorreu aumento em amido, nas plântulas que apresentaram o maior aumento de MSF.

Em relação aos nutrientes, deve-se considerar que o nitrogênio tanto foliar e das raízes aumentou ao longo dos 30 primeiros dias do desenvolvimento das plantas para logo em seguida diminuir. Esse comportamento estaria ligado aos processos de partição das várias formas químicas nitrogenadas, com intenso anabolismo proteico, levando a uma maior expansão das folhas. Entretanto, como não foi fornecido nitrogênio suplementar, houve uma queda do nutriente nas folhas, detectada aos 45 dias (4º período). Além disso, como as irrigações eram freqüentes, pode ter ocorrido lixiviação de determinadas formas de nitrogênio do substrato, cujo volume era limitado pelo recipiente plástico. Esta condição teria tornado o N menos disponível às plantas de Sequoia e Guarani.

O fósforo apresentou um comportamento semelhante ao nitrogênio, teve um aumento até o 3º período e depois apresentou uma diminuição. Os teores das raízes foram relativamente mais baixos do que os teores foliares, pois o fósforo é componente das reações de fornecimento de energia, sendo a parte aérea o local de mais intenso anabolismo, sendo justificada esta maior concentração de fósforo nas folhas e nas raízes, que seria usado também para fornecer energia para

os processos de absorção ativa, especialmente do P, apesar que nestes substratos os teores de fósforo foram elevados e o pH acima de 7,0 facilitaria a disponibilidade do fósforo às plantas e no último período houve uma diminuição do teor de fósforo, principalmente pelo efeito de diluição, o que é confirmado pela literatura, a diminuição do teor de fósforo com o passar do tempo em folhas de morango.

O potássio apresentou um teor maior no cv. Guarani, o que fica demonstrado pelo seu maior crescimento vegetativo, em consequência, para manter o nível de turgidez há necessidade de maior quantidade de K e nos substratos que apresentaram mais K, os teores foram superiores na parte aérea, o que demonstra também que houve consumo de luxo e durante a fase de adaptação o teor médio da planta varia conforme a quantidade no substrato; aqueles que apresentaram altos teores não diminuíram, ocorrendo o fato somente nos substratos que apresentaram teores menores.

Os níveis de cálcio nas plântulas foram sempre constantes no sistema radicular, o que demonstra o papel do cálcio de participante das membranas celulares, sendo o elemento que mantém estáveis estas estruturas, havendo na parte aérea oscilações em certos casos, diminuindo no final do período (cv. Sequoia); em outros ocorrem aumentos do teor de cálcio (cv. Guarani).

O magnésio apresentou uma queda nos teores com o passar do tempo, mas não atingindo o ponto de nível normal

de Mg nas folhas e raízes de morango; na fase de adaptação o sistema radicular apresentou teores mais elevados e no cv. Guarani os teores foliares foram superiores, pois este cultivar apresentou parte aérea mais desenvolvida quando comparado com o Sequoia. Estes teores mais elevados poderiam sugerir que o cv. Guarani apresenta uma maior quantidade de clorofila, o que tornaria este cultivar mais eficiente na conversão da luz e no aproveitamento dos nutrientes, o que foi demonstrado pela maior quantidade de massa de matéria fresca e seca.

5. CONCLUSÕES

Com base na discussão dos resultados, chegou-se às seguintes conclusões:

a) Os substratos "composto" e "humus" são os mais indicados para se fazer uma adaptação pré-campo quando não se dispõe de muito tempo entre aclimação e plantio a campo.

b) Na fase de adaptação pré-campo somente o controle nutricional da plântula de morango determinou a qualidade final das matrizes.

c) O cv. Sequoia na fase de adaptação transfere mais carboidratos de reserva para as raízes, enquanto o cv. Guarani usa-os na parte aérea e apresenta maior crescimento vegetativo.

d) O cv. Sequoia é mais exigente em termos de nutrientes, o valor de pH em torno de 7,0 é o ideal para o seu desenvolvimento.

e) O cv. Guarani é menos exigente em termos de nutrientes e a faixa de pH de 5,5 a 7,0 propicia o melhor desenvolvimento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADDISCOTT, T.M. Potassium and the distribution of calcium and magnesium in potato plants. *Journal Science Food Agriculture*, London, 25: 1173-83, 1974.
- AGRICULTORES TROCAM UVA POR MORANGO. *Folha de São Paulo*. São Paulo, 13 abril 1992. *Folha Sudeste SP*, p.1.
- ALBREGTS, E.E. & HOWARD, C.M. Fertilizer rate and method of application on fruiting strawberry. *Proceedings of the Florida State Horticultural Society*, Dover, 100: 198-200, 1988.
- ALBREGTS, E.E.; HOWARD, C.M.; CHANDLER, C.K. Strawberry responses to K rate on a fine sand soil. *Hortscience*, Beltsville, 36(2): 135-8, 1991.
- AMORIN, H.V. Respiração. In: FERRI, M.G. *Fisiologia vegetal 1*. São Paulo, EDUSP, 1979. cap. 6, p.249-80.
- BANGERTH, F. Calcium-related physiological disorders of plants. *Annual Review of Phytopathology*, Palo Alto, 17: 97-122, 1979.

- BENTON JONES, J.; WOLBB, B.; MILL, H.A. Factors affecting plant composition. In: _____. Plant analysis handbook. Georgia, Micro-Macro Publ, 1991. cap. 7, p.45-88.
- BOULD, C. Leaf analyyysis as a guide to the nutrition of fruit crops: sand culture N, P, K, Mg experiments with strawberry (*Fragaria* spp.). Journal Science Food Agriculture, London, 15: 474-87, july 1964.
- BOXUS, P. Review on strawberry mass propagation. Acta Horticulturae, Cesena, 265(1): 309-20, may, 1988.
- BRINGHURST, R.S.; VOTH, V.; VANHOOK, D. Relationship of root starch content and chilling history to performance of California strawberry. Proceedings of the American Society for Horticultural Science, Geneva, 75: 373-81, 1960.
- CHILDERS, N.F., ed. The strawberry cultivars to marketing. Florida, Horticultural Publications, 1980. 514p.
- CHOW, K.K.; PRICE, T.V.; HANGER, B.C. Nutritional requirements for growth and yield of straweberry in deep flow hydroponic systems. Scientia Horticulturae, Amsterdan, 52: 95-104, 1992.
- CLARK, J.H. Reaction of the nutrient medium as affecting growth of strawberry plants. Proceedings of the American Society for Horticultural Science, Geneva, 39: 283-7, 1933.

- COOMBS, J.; HIND, G.; LEEGOO, R.C.; TIESZEN, L.L.; VONSHAK, A. Analytical techniques. In: _____, ed. *Techniques in bioproductivity and photosynthesis*. Exeter, Pergamo Press, 1987. cap. 17, p.219-28.
- COUTINHO, C.J. & CARVALHO, C.M. O uso da vermiculita na produção de mudas florestais. In: ENCONTRO NACIONAL DE REFLORESTADORES, 7, Curitiba, 1983. *Anais*. p.54-63.
- DAUBENY, H.A. Strawberry production trends in Canada. In; CHILDERS, N.F. *The strawberry cultivar to marketing*. Gainesville, Horticultural Publications, 1981. p.21-31.
- DESJARDINS, Y.; GOSSELIN, A.; YELLE, S. Acclimatization of ex vitro strawberry plantlets in CO₂-enriched environments and supplementary lighting. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, St. Joseph, 112(5): 846-51, 1987.
- ELZAM, O.E. & HODGES, T.K. Calcium inhibition of potassium absorption in corn roots. *Plant Physiology*, Rockville, 42: 1483-8, 1967.
- FABRI, A.; SUTTER, E.; DUNSTON, S.K. Anatomical changes in persistent leaves of tissue-cultured strawberry plants after removal from culture. *Scientia Horticulture*, Amsterdam, 28: 371-7, 1986.
- FERGUSON, I.B. Calcium in plant senescence and fruit ripening. *Plant Cell Environment*, 7: 577-89, 1984.
- GANMORE-NEUMANN, R. & KAFKAFI, U. The effect of root temperature and NO₃⁻/NH₄⁺ ratio on strawberry plants. I. growth, flowering and root development. *Agronomy Journal*, Bet. Dagan, 75(6): 941-7, june 1983.

- GARTEL, W. Investigations into the potassium and magnesium contents of grapes. Keller, Weinburg, 1955. 375p.
- GROUT, B.W. & ASTON, M.J. Transplantin of cauliflowe plants regenerated from meristem culture. I. Water loss and water transfer related to changes in leaf wac and to xylem regeneration. Horticultural Reviews, New York, 17: 1-7, 1977.
- GROUT, B.W.W. & PRICE, F. The establishment of photosynthetic independence in strawberry cultures prior to transplanting. In: SIMPOSIUM FLORIZEL, 87. Arlan, 1987. Plant micropropagation in hosticultural industries, edited by Ducaté and others, 1987. p.55-60.
- HAYNES, R.J. & GOH, K.M. Effects of nitrogen and potassium applications on strawberry growth, yield and quality. Communications in Soil Science and Plant Analysis, Lincoln, 18(4): 457-71, 1987.
- IZQUIERDO, J. Una huerta para todos, manual de auto instrução. Santiago, FAO, 1990. 86p.
- JOHN, M.K.; DAUBENY, H.A.; MCELROY, F.D. Influence of sampling time on elemental composition of strawberry leaves and petioles. Journal of the American Society for Horticultural Science, St. Joseph, 100(5): 513-17, 1975.
- JUNG, T.S. & LEE, K.H. The effect of $\text{NH}_4:\text{NO}_3\text{-N}$ ratio on the growth, nitrogen concentration and Ca, Mg and K composition of strawberry grown in nutrient solution. Korean Society for Horticultural Science, Seoul, 7(1): 62-3, 1985.

- KONGSRUD, K.L. Nitrogen fertilization of the strawberry cultivar Bounty. Norsk Landbruks Forsking, Nespa Hedmark, 2(3): 265-71, 1988.
- KOTZÉ, W.A.G.; HAMAN, C.; SMIT, L. Fertilisation of strawberry. Deciduous Fruit Grower, Stehenbosch, 4(2): 60-4, 1990.
- KWONG, S.S. & BOYNTON, C. Time of sampling leaf age and leaf fraction as factors influencing the concentration of nutrient elements in strawberry leaves. Proceedings of the American Society for Horticultural Science, Geneva, 73: 168-3, 1959.
- KWONG, S.S. & BOYNTON, C. Effects of potassium and magnesium deficiencies, day length and temperature on the intermediary nitrogenous, constituents of the strawberry plant. Proceeding of the American Society for Horticultural Science, Geneva, 77: 380-5, 1961.
- LOCASCIO, S.J. & MARTIN, F.G. Nitrogen source and application timing for trickles irrigated strawberry. Journal of the American Society for Horticultural Science, Gainesville, 110(6): 320-3, 1985.
- MAAS, J.L.; GALLETTA, G.J.; STONER, G.D. Ellagic acid, anticarcinogen in fruits, especially in strawberry: a review. Hortscience, Beltsville, 26(1): 10-4, 1991.
- MARCHAL, J.; POURNIER, P.; MUNSCH, P. Fertilisation du fraisier à la Reunion. Fruits, Paris, 37(12): 773-82, 1982.

- MARSCHNER, H. Mineral nutrition in higher plants. Autin, The Greystone Press, 1986. 674p.
- MARTINEZ CARRASCO, R. & PUENTE, S. de la. Growth, yield and mineral nutrition of strawberry subjected to water stress at various stages of development. *Anales de Edafologia, Agrobiologia*, Salamanca, 38(11/12): 2195-206, 1979.
- MELLO, A.G.D. de. Efeito de recipientes e substratos no comportamento silvicultural de plantas de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden e do *Eucalyptus urophylla*. S.T. Blake. Piracicaba, 1989. 80p. (Mestrado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).
- MENGEL, K. & ARNEKK, W.W. Effect of potassium on the water potential, the pressure potential, the osmotic potential and cell elongation in leaves of *Phaseolus vulgaris*. *Plant Physiology*, Rockville, 54: 402-8, 1982.
- MENGEL, K. & KIRKBY, E.A. Principles of plant nutrition. Bern, International Potash Institute, 1987. 687p.
- MOLINO, M. de. I.M. & RUESTA, R.J.A. Mineral composition of strawberry plants at different stages in the growth cycle. *Anales de Edafologia y Agrobiologia*, Salamanca, 39(5/6): 1019-31, 1980.
- MONIZ, A.C. Composição química e estrutura dos minerais de argila. In: MONIZ, A.C., coord. Elementos de pedologia. São Paulo, Polígono, EDUSP, 1972. p.29-44.

- NIKITOCHKINA, T.D. Characteristics of nutrient absorption and localization in different organs of strawberry. *Pitanie Plodoyycch Rastenii*, Moscow, 5: 115-21, 1986. Apud: *Horticultural Abstracts*, Wallingford, 52(5): 393, May 1987. (Resumo)
- ORLANDER, G. & DUE, K. Location of hydraulic resistance in the soil-plant pathway in seedlings of *Pinus sylvestris* L. grown in peat. *Canadian Journal of Forest Research*, Ottawa, 16(1): 115-28, 1986.
- PAPADOULOS, I. Nitrogen fertilization of greenhouse-grown strawberries. *Fertilizer Research*, The Hague, 13(3): 269-76, 1987.
- PONS, A.L. Fontes e uso da matéria orgânica. *IPAGRO Informa*, Porto Alegre, 26: 111-47, 1983.
- QUAST, P. Supplying prick-out strawberry plants with mineral nutrients through various pricking-out substrates. *Mitterlungen des obsttouver suchsringes des alten landes*, Jark, 30(7): 245-50, 1983. Apud: *Horticultural Abstracts*, Wallingford, 53(10): 685, october 1983. (Resumo)
- RANCILACC, M.; NOURISSEAU, J.G.; NAVATEL, J.C.; ROUDRILLAC, P. Incidence de la multiplication in vitro sur le comportement du plant de fraiser en France. In: BOXUS, L. *In vitro culture of strawberry plants*. Luxemburg, Comission of the European Communities, 1987. p.55-78.
- ROBERTS, A.N. & KENWORTHY, A.L. Growth and composition of the strawberry plant in relation to root temperature and intensity of nutrition. *Proceeding of the American Society for Horticultural Science*, Geneva, 68: 157-8, 1959.

- ROM, R.C. & DANA, M.N. Development and nutrition of strawberry plants prior to fruit bud differentiation. Proceeding of the American Society for Horticultural Science, Geneva, 81: 265-73, 1962.
- RUSSEL, R.S. & GOH, K.M. Effects of nitrogen and potassium applications on strawberry growth, yield and quality. Communications in Soil Science and Plant Analysis, Lincoln, 18(4): 457-71, 1987.
- SARRUGE, J.R. & HAAG, H.P. Analises químicas em plantas. Piracicaba, ESALQ, 1974. 56p.
- SCOTT, D.H.; GALLETTA, G.J.; BRINGHURST, R.S. Progress in strawberry production and research in USA. Acta Horticultural, Cesena, 265(2): 637-43, maio 1988.
- SCHREVEENS, E.; LAMBERTS, D.; LETTANI, L.; VAN GILBERGEN, J. Strawberry growing in containers. In: INTERNATIONAL STRAWBERRY SYMPOSIUM, Cesena, 1989. Proceedings. p.303.
- SMITH, C.R. & CHILDERS, N.F. Controlled phosphorus, potassium, and magnesium studies with strawberry. Proceeding of the American Society for Horticultural Science, Geneva, 75: 360-6, 1960.
- SPURR, S.H. & BARNES, B.Y. Forest ecology. New York, The Ronald Press, 1973. 571p.
- SUTTER, E.G. & HUTZELL, M. Use of humidity tents and antitranspirant in the acclimatization of tissue-cultured plant to greenhouse. Scientia Horticulture, Amsterdam, 23: 303-12, 1984.

- SWARTZ, H.S.; GALLETTA, G.J.; ZIMMERMAN, R.H. Field performance and phenotypic stability of tissue culture-propagated strawberry. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, St. Joseph, 106: 667-73, 1981.
- WARDLE, E.; DOBBS, E.B.; SHORT, K.C. In vitro acclimatization of aseptically cultured plantlets to humidity. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, St. Joseph, 108: 386-9, 1983.
- WARMAN, P.R. & FAIRCHILD, S. The effects of endosulfan and fertilizer source on soil fertility. I. Potato, cabbage and strawberry tissue composition. *Plant and Soil*, The Hague, 74: 189-202, 1983.

APÉNDICE.

Apêndice 1. Resultados de análise de variância com aplicação do teste "F" para o cultivar Sequoia.

Variável	C.V.	G.L.	Q.M.
MFF	Substrato	2	70,1201**
	R(A)	6	7,3764
	Período	2	603,4944
	S x P	4	21,9463**
	R(B)	12	4,8086
MFR	Substrato	2	14,4032**
	R(A)	6	1,1845
	Período	2	154,3985**
	S x P	4	2,6563
	R(B)	12	1,1657
MSF	Substrato	2	1,8131*
	R(A)	6	0,2982
	Período	2	20,5573**
	S x P	4	0,6501**
	R(B)	12	0,1412
MSR	Substrato	2	0,0953*
	R(A)	6	0,0135
	Período	2	1,2725**
	S x P	4	0,0238
	R(B)	12	0,0149

Continua...

Apêndice 1. Continuação.

Variável	C.V.	G.L.	Q.M.
COMF	Substrato	2	12,7410**
	R(A)	6	0,8525
	Período	2	115,9401**
	S x P	4	3,0359**
	R(B)	12	0,5282
COMR	Substrato	2	110,9523**
	R(A)	6	1,5134
	Período	2	281,8921**
	S x P	4	4,4562
	R(B)	12	2,7464
NDF	Substrato	2	5,6078*
	R(A)	6	1,0685
	Período	2	30,9411**
	S x P	4	0,0939
	R(B)	12	1,4519
NF	Substrato	2	0,2111*
	R(A)	6	0,0265
	Período	2	0,8378**
	S x P	4	0,0539
	R(B)	12	0,0519
Nr	Substrato	2	0,9821*
	R(A)	6	0,1732
	Período	2	0,6343
	S x P	4	0,4854
	R(B)	11	0,3156

Continua...

Apêndice 1. Continuação.

Variável	C.V.	G.L.	Q.M.
Pr	Substrato	2	0,0000
	R(A)	6	0,0030
	Período	2	0,0140**
	S x P	4	0,0035
	R(B)	12	0,0023
Pf	Substrato	2	0,0153
	R(A)	6	0,0018
	Período	2	0,0151**
	S x P	4	0,0051
	R(B)	12	0,0025
Kr	Substrato	2	6,0114**
	R(A)	6	0,0846
	Período	2	0,7725**
	S x P	4	0,2247
	R(B)	12	0,1310
Kf	Substrato	2	2,8502**
	R(A)	6	0,2562
	Período	2	0,5405
	S x P	4	0,4394
	R(B)	12	0,2431
Car	Substrato	2	0,0097
	R(A)	6	0,0039
	Período	2	0,0106
	S x P	4	0,0028
	R(B)	12	0,0038

Continua...

Apêndice 1. Continuação.

Variável	C.V.	G.L.	Q.M.
Mgf	Substrato	2	0,1521
	R(A)	6	0,0527
	Período	2	0,2420**
	S x P	4	0,0606*
	R(B)	11	0,0157
Caf	Substrato	2	0,1176*
	R(A)	6	0,0201
	Período	2	0,0029
	S x P	4	0,0262
	R(B)	12	0,0147
Mgr	Substrato	2	0,0181
	R(A)	6	0,0198
	Período	2	0,3414**
	S x P	4	0,0397**
	R(B)	12	0,0043

** Significativo ao nível de 1% pelo teste Tukey.

* Significativo ao nível de 5% pelo teste Tukey.

Apêndice 2. Resultado de - análise de variância com aplicação do teste "F" para o cultivar Guarani.

Variável	C.V.	G.L.	Q.M.
MFF	Substrato	2	50,4334
	R(A)	6	18,7901
	Período	2	1843,2883**
	S x P	4	9,2733
	R(B)	12	19,2405
MFR	Substrato	2	2,1939
	R(A)	6	0,8237
	Período	2	86,3763**
	S x P	4	0,6331
	R(B)	12	1,4602
MSF	Substrato	2	0,8395
	R(A)	6	0,5144
	Período	2	42,9589**
	S x P	4	0,0855
	R(BB)	12	0,2978
MSR	Substrato	2	0,0261
	R(A)	6	0,0145
	Período	2	0,9464*B
	S x P	4	0,0230
	R(B)	12	0,0136

Continua...

Apêndice 2. Continuação.

Variável	C.V.	G.L.	Q.M.
COMR	Substrato	2	66,4538**
	R(A)	6	3,4485
	Período	2	571,5765**
	S x P	4	3,3176
	R(B)	12	5,3739
COMF	Substrato	2	1,9727
	R(A)	6	1,4886
	Período	2	188,9657**
	S x P	4	1,6741
	R(B)	11	1,2925
NDF	Substrato	2	5,8515
	R(A)	6	3,8656
	Período	2	88,8948**
	S x P	4	2,2043
	R(B)	12	2,0489
Nr	Substrato	2	0,6171**
	R(A)	6	0,0417
	Período	2	0,1821
	S x P	4	0,0348
	R(B)	12	0,0821
Nf	Substrato	2	0,1462
	R(A)	6	0,0633
	Período	2	0,3349*
	S x P	4	0,0236
	R(B)	12	0,0768

Continua...

Apêndice 2. Continuação.

Variável	C.V.	G.L.	Q.M.
Pr	Substrato	2	0,0053
	R(A)	6	0,0038
	Período	2	0,0014
	S x P	4	0,0007
	R(B)	11	0,0029
Pf	Substrato	2	0,0146
	R(A)	6	0,0227
	Período	2	0,0220
	S x P	4	0,0151
	R(B)	12	0,0211
Car	Substrato	2	0,0056
	R(A)	6	0,0187
	Período	2	0,0144
	S x P	4	0,0411
	R(B)	12	0,0812
Caf	Substrato	2	0,1211
	R(A)	6	0,0834
	Período	2	0,0357
	S x P	4	0,0174
	R(B)	12	0,0416
Kr	Substrato	2	3,2202**
	R(A)	6	0,1765
	Período	2	0,4110
	S x P	4	0,6791
	R(B)	11	0,2186

Continua...

Apêndice 2. Continuação.

Variável	C.V.	G.L.	Q.M.
Kf	Substrato	2	3,6321**
	R(A)	6	0,2727
	Período	2	0,0237
	S x P	4	0,1965
	R(B)	11	0,4065
Mgr	Substrato	2	0,0150
	R(A)	6	0,0253
	Período	2	0,0919
	S x P	4	0,1326
	R(B)	10	0,0576
Mgf	Substrato	2	0,3101*
	R(A)	6	0,0449
	Período	2	0,3289**
	S x P	4	0,0171
	R(B)	12	0,0571

** Significativo ao nível de 1% pelo teste Tukey.

* Significativo ao nível de 5% pelo teste Tukey.