

sys 318038

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
FACULDADE DE AGRONOMIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FITOTECNIA

RESÍDUO AGRO-INDUSTRIAL "CASCA DE TUNGUE"  
COMO COMPONENTE DE SUBSTRATO PARA PLANTAS

Cirilo Gruszynski  
Engenheiro Agrônomo / UFRGS

Dissertação apresentada como um dos  
requisitos para obtenção do Grau de  
Mestre em Fitotecnia  
Área de Concentração Horticultura

Porto Alegre (RS), Brasil  
Janeiro de 2002



CIRILO GRUSZYNSKI  
Engenheiro Agrônomo - UFRGS

## DISSERTAÇÃO

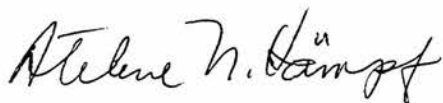
Submetida como parte dos requisitos  
para obtenção do Grau de

### MESTRE EM FITOTECNIA

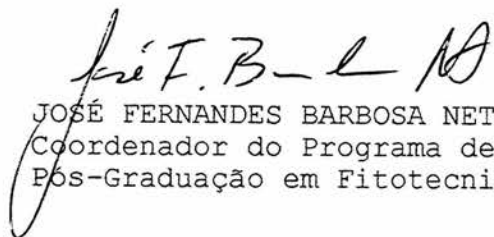
Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia  
Faculdade de Agronomia  
Universidade Federal do Rio Grande do Sul  
Porto Alegre (RS), Brasil

Aprovado em: 10.01.2002  
Pela Banca Examinadora

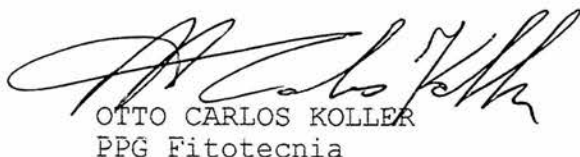
Homologado em: 25.02.2002  
Por



ATELENE NORMANN KÄMPF  
Orientadora-PPG Fitotecnia



JOSÉ FERNANDES BARBOSA NETO  
Coordenador do Programa de  
Pós-Graduação em Fitotecnia



OTTO CARLOS KOLLER  
PPG Fitotecnia



PEDRO ALBERTO SELBACH  
PPG Ciência do Solo



ROGÉRIO ANTONIO BELLÉ  
Departamento de Fitotecnia  
UFSM



GILMAR ARDUINO BETTIO MARODIN  
Diretor da Faculdade de  
Agronomia

## AGRADECIMENTOS

Sinergia é a associação simultânea de vários fatores que contribuem para uma ação coordenada, é a potencialização do serviço individual, quando o todo é maior do que as partes. Uma relação de sinergia bem define o trabalho de equipe do qual surgiram as idéias e as ações geradoras deste trabalho.

Agradeço à grande equipe de apoio, minha esposa Maristela e meu filho Pedro Augusto pelo incentivo e compreensão. A meus pais Alexandre e Cecy e irmãos André e Ana Cláudia e suas famílias, que novamente me acolheram em Porto Alegre.

Agradeço à minha equipe de trabalho, grande equipe, múltipla em suas habilidades e pontos de vista, os quais busquei ouvir, discutir e interiorizar. À Professora Atelene, orientadora, questionadora, lógica e ao mesmo tempo sensível, às vezes distante, mas sempre com seu espírito presente. Seu exemplo e sua bondade nos impregnam e nos guiam. Aos colegas Maria Helena Fermino e Rafael Henrique Schüür Daudt, sempre abertos à discussão e troca de opiniões, co-orientadores do dia-a-dia, atentos quando ficamos cegos e receptivos quando surgem malucas idéias. Ao laboratorista Idenir José de Conto, disponível, responsável e profissional, indispensável. Aos estagiários e funcionários do LAFLORES César, Liliam, Claudimar, exemplos de dedicação, responsabilidade e amizade. Ao Biólogo Valter Fraga Nunes, grande professor na produção de orquídeas, referência para a floricultura. Aos funcionários Antônio e José,

'engenheiros' da criatividade e do aproveitamento de materiais, auxiliares de avaliações e preparos de materiais, superando-se dia após dia.

Aos colegas de início de curso, Christiane Molinos da Silva, Raquel Paz da Silva, Fernanda Schneider, Luciane Oliveira, pelo material didático e importantes conselhos.

À Gilsane Lino Von Poser, da Faculdade de Farmácia da UFRGS, pelo apoio na fase inicial do trabalho.

À EMATER/RS pela disponibilização dos recursos financeiros para a realização desse trabalho.



# RESÍDUO AGRO-INDUSTRIAL “CASCA DE TUNGUE” COMO COMPONENTE DE SUBSTRATO PARA PLANTAS <sup>1</sup>

Autor: Cirilo Gruszynski

Orientadora: Atelene Normann Kämpf

## RESUMO

Casca de tungue (CT) é resíduo da indústria de óleo de tungue, composto pela casca do fruto e testa de sementes. Seu elevado teor de fibra e sua lenta decomposição sugerem seu potencial como componente para substratos. Estudos foram conduzidos com objetivo de descrever a performance da CT na produção de plantas em recipientes. Em uma primeira etapa, a CT com seis meses de compostagem foi dividida em cinco frações granulométricas. A CT apresentou características físicas e químicas distintas de acordo com o tamanho da partícula, com maior retenção de água e salinidade verificada na presença de partículas menores. Em uma segunda etapa, misturas de CT e casca de arroz carbonizada (CAC) foram avaliadas no enraizamento de estacas de crisântemos. A CAC foi um condicionador de drenagem adequado para CT. Mudanças enraizadas nas misturas contendo CT apresentaram, no entanto, formação de raízes curtas, numerosas e escurecidas, evidenciando a presença de compostos fenólicos, confirmados em teste qualitativo com  $\text{FeCl}_3$ ,  $\text{KOH}$  e gelatina. Estudos posteriores com tratamentos da CT com sulfato de ferro III ( $1 \text{ gL}^{-1}$ ) e mistura com vermiculita (14% v:v) mostraram ser possível reduzir o efeito dos compostos fenólicos, aumentando o comprimento de raízes de estacas de crisântemo. Na produção de mudas de alface, no entanto, somente a vermiculita apresentou efeito positivo no aumento da biomassa das plantas. Com base nestes resultados, cultivos de mudas de alface e de crisântemos em vaso foram realizados com misturas de CT e CAC+vermiculita (6:1 v:v), obtendo-se resultados superiores na proporção 1:3 (v:v).

---

<sup>1</sup>Dissertação de Mestrado em Fitotecnia. Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. (99 p.). Janeiro, 2002.

# RESIDUES OF *Aleurites fordii* Hemsl. (EUFORBIACEAE) AS A COMPONENT FOR PLANT SUBSTRATE.<sup>1</sup>

Author: Cirilo Gruszynski  
Adviser: Atelene Normann Kämpf

## ABSTRACT

Tung Husks (TH) is a by-product of the tung oil industry, composed of seed coats and seed walls. The high content of long lasting fibers suggests that TH should be appropriate to be mixed in substrates for potted plants. Some studies were conducted to verify the performance of TH on container plant production. In a first stage, samples of 6-month-aged TH were separated into five granulometric fractions. TH showed different physical and chemical characteristics according to grain size. Higher water retention and salinity were verified in the presence of finer particles. Based on the first results, mixtures of TH and carbonized rice hulls (CRH) were used as a rooting media for chrysanthemums. CRH showed to perform well as a drainage component for TH. Cuttings rooted in mixes containing TH, however, had short, numerous and darker roots, showing the presence of phenols, confirmed in a qualitative test with FeCl<sub>3</sub>, KOH and gelatin. Further studies using TH with Ferric Sulfate (1gL<sup>-1</sup>) and in mixes with vermiculite (14% v:v) demonstrated the possibility to reduce the phenols effect in plant growth, with an increase in chrysanthemums root length. In lettuce plugs, however, only vermiculite showed positive effects in total plant biomass increase. Based in these results, lettuce plugs and pot mums were produced in TH and CRH+vermiculite (6:1 v:v) mixes, with better results in 1:3 (v:v).

---

<sup>1</sup>Master of Science dissertation in Agronomy, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brazil. (99 p.). January, 2002.

## SUMÁRIO

	Página
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	3
2.1. O tungue .....	3
2.1.1. Aspectos botânicos e agrônômicos de <i>Aleurites fordii</i> Hemsl (Euphorbiaceae).....	6
2.2. Substratos .....	9
2.2.1. Características físicas.....	11
2.2.1.1. O substrato como meio poroso.....	11
2.2.1.2. Relação substrato/recipiente e o manejo dos substratos.....	16
2.2.2. Características químicas.....	17
2.2.2.1. Valor de pH .....	18
2.2.2.2. Capacidade de troca de cátions (CTC).....	20
2.2.2.3. Salinidade .....	21
2.2.3. Características biológicas .....	24
3. MATERIAIS E MÉTODOS .....	25
3.1. Preparo das Amostras.....	26
3.1.1. Origem dos resíduos. ....	26
3.1.2. Amostragem.....	26
3.2. Caracterização da casca de tungue .....	27
3.2.1. Estudo 1 – caracterização física e química da casca de tungue de acordo com a sua granulometria.....	27
3.2.2. Estudo 2 – resposta vegetal aos substratos com casca de tungue .....	29
3.2.2.1. Enraizamento de estacas de crisântemo.....	29
3.2.2.2. Cultivo pós-enraizamento .....	33
3.2.3. Estudo 3 – análise qualitativa para detecção de compostos fenólicos .....	34
3.3. Resposta vegetal ao tratamento da casca de tungue com sulfato de ferro e mistura com vermiculita .....	36
3.3.1. Estudo 1 - enraizamento de crisântemos em casca de tungue tratada com sulfato de ferro e misturada com vermiculita .....	36
3.3.2. Estudo 2 - casca de tungue tratada com sulfato de ferro e misturada com vermiculita na produção de mudas de alface em <i>plugs</i> .....	40
3.4. Misturas de casca de tungue com casca de arroz carbonizada e vermiculita como substrato para plantas.....	42

	Página
3.4.1. Estudo 1 - casca de tungue com casca de arroz carbonizada e vermiculita na produção de mudas de alface em <i>plugs</i> .....	43
3.4.2. Estudo 2 - casca de tungue com casca de arroz carbonizada e vermiculita na produção comercial de crisântemos em vaso.....	45
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	
4.1. Caracterização da casca de tungue .....	50
4.1.1. Estudo 1 – propriedades físicas e químicas da casca de tungue de acordo com a granulometria das partículas.....	50
4.1.2. Estudo 2 – resposta vegetal aos substratos com casca de tungue .....	57
4.1.2.1. Enraizamento de estacas de crisântemo.....	57
4.1.2.2. Cultivo pós-enraizamento .....	62
4.2.3. Estudo 3 – análise qualitativa para detecção de compostos fenólicos .....	63
4.2. Resposta vegetal ao tratamento da casca de tungue com sulfato de ferro e mistura com vermiculita .....	66
4.2.1. Estudo 1 - enraizamento de crisântemos em casca de tungue tratada com sulfato de ferro e misturada com vermiculita .....	66
4.2.2. Estudo 2 - casca de tungue tratada com sulfato de ferro e misturada com vermiculita na produção de mudas de alface em <i>plugs</i> .....	73
4.3. Misturas de casca de tungue com casca de arroz carbonizada e vermiculita como substrato para plantas.....	79
4.3.1. Estudo 1 - casca de tungue com casca de arroz carbonizada e vermiculita na produção de mudas de alface em <i>plugs</i> .....	79
4.3.2. Estudo 2 - casca de tungue com casca de arroz carbonizada e vermiculita na produção comercial de crisântemos em vaso.	85
4.4. Resultados e recomendações técnicas.....	91
<b>5. CONCLUSÕES</b> .....	92
<b>6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	93

## RELAÇÃO DE TABELAS

	Página
1. Valores recomendados de pH (em água) de acordo com o cultivo.....	19
2. Classificação da sensibilidade das culturas a diferentes níveis de concentração salina no substrato (Röber & Schaller <i>apud</i> Kämpf, 2000a).....	22
3. Interpretação de valores de condutividade elétrica (em $\text{dS m}^{-1}$ a $25^{\circ}\text{C}$ ) para vários métodos de extração (Cavins <i>et al.</i> , 2000).....	23
4. Solução nutritiva utilizada na adubação complementar de mudas de alface 'Elisa' em <i>plugs</i> .....	41
5. Escala de notas para estabilidade de torrão de <i>plugs</i> de alface produzidos em CACV e substrato VIDA e em CT corrigida ou não com Sulfato Férrico e/ou condicionada com vermiculita.....	41
6. Casca de tungue com e sem tratamento com sulfato de ferro III ( $1\text{gL}^{-1}$ ) em misturas com casca de arroz carbonizada com vermiculita (6:1 v:v), utilizados na produção de mudas de alface 'Elisa' em <i>plugs</i> . O substrato comercial VIDA foi utilizado como referencial.....	43
7. Misturas de casca de tungue (<5 mm) e casca com arroz carbonizada com vermiculita utilizadas na produção de crisântemo em vaso. O substrato Rendmax Crisântemo foi utilizado como referencial.....	45
8. Escala de notas para avaliação da qualidade das plantas de crisântemo produzidas em vasos com misturas de casca de tungue e casca de arroz carbonizada com vermiculita (6:1 v:v) e no substrato Rendmax Crisântemo.....	49
9. Distribuição gravimétrica das partículas da casca de tungue.....	50
10. Salinidade, valor de pH e capacidade de troca de cátions (CTC) das frações granulométricas da casca de tungue.....	52
11. Umidade, cinzas e teores totais de nutrientes na casca de tungue (<30mm) após seis meses de decomposição a céu aberto.....	54
12. Valores de densidade seca (DS), porosidade total (PT), espaço de aeração (EA), água disponível (AD) e água remanescente ( $\text{AR}_{100}$ ) nas frações granulométricas da casca de tungue.....	54
13. Efeito do tamanho da partícula da casca de tungue na impedância mecânica, avaliada em vasos de 10 cm altura (470 mL), com 5 cm de penetração (sonda cônica de 6 mm de diâmetro, <i>Chatillon Digital Force Gauge</i> , modo "peak C").....	56
14. Características químicas das misturas de casca de tungue (CT) com casca de arroz carbonizada (CAC) e do referencial CACV (6 CAC:1 vermiculita superfina v:v).....	58



15. Densidade seca (DS), porosidade total (PT), espaço de aeração (EA); água disponível (AD) e água remanescente (AR<sub>100</sub>) das misturas de casca de tungue (CT) com casca de arroz carbonizada (CAC) e do referencial CACV (6 CAC:1 vermiculita superfina v:v)..... 58
16. Parâmetros de avaliação de formação de biomassa de estacas enraizadas em casca de arroz carbonizada e cultivadas em argila expandida (<5mm) por 21 dias..... 63
17. Valores de pH e salinidade expressa como a concentração de KCl em gramas por litro de substrato (TTSS) nas misturas de casca de tungue tratado com sulfato de ferro e em mistura com vermiculita, e no referencial CACV (casca de arroz carbonizada + vermiculita, 6:1 v:v)..... 66
18. Macronutrientes minerais de casca de tungue avaliados em extrato de pasta saturada..... 67
19. Valores de densidade seca (DS), porosidade total (PT), espaço de aeração (EA), água disponível (AD) e água de microporos (AR<sub>100</sub>) nas misturas de casca de tungue (CT) com vermiculita (V) e com sulfato de ferro (Fe), e em CACV (mistura de casca de arroz carbonizada e vermiculita; 6:1), utilizada como referencial..... 68
20. Comprimento do sistema de raízes, qualidade por escala de notas, comprimento da parte aérea, matéria seca de raízes e matéria seca da parte aérea das estacas de crisântemo 'Golden Polaris' enraizadas nas misturas de casca de tungue (CT) com vermiculita (V) e com sulfato de ferro (Fe)..... 70
21. Percentual de germinação, utilizando como referência às plantas com os cotilédones abertos, nas misturas de casca de tungue (CT), com e sem sulfato de ferro (Fe) e vermiculita (V), e dos substratos VIDA e CACV (mistura de casca de arroz carbonizada e vermiculita; 6:1, v:v), utilizados como referenciais. Média seguida do desvio padrão..... 75
22. Indicadores de formação de biomassa das plantas de alface 'Elisa', nas misturas de casca de tungue (CT) com vermiculita (V) e com sulfato de ferro (Fe). Referenciais CACV (casca de arroz carbonizada:vermiculita 6:1 v:v) e substrato para hortaliças da empresa Vida Produtos Biológicos (VIDA)..... 77
23. Razão entre massa seca de raízes e massa seca da parte aérea e estabilidade de torrão dos *plugs* das mudas de alface 'Elisa' por escala de notas produzidos em misturas de casca de tungue (CT) com vermiculita fina (V) e sulfato de ferro III (Fe). Referenciais CACV (casca de arroz carbonizada:vermiculita 6:1 v:v) e substrato para hortaliças da empresa Vida Produtos Biológicos (VIDA)..... 78
24. Valores de densidade seca (DS), porosidade total (PT), espaço de aeração (EA), água disponível (AD) e água remanescente (AR<sub>100</sub>) nas misturas de CACV (casca de arroz carbonizada:vermiculita 6:1 v:v) e casca de tungue (CT), com e sem sulfato de ferro III [Fe<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>]. O substrato para hortaliças da empresa Vida Produtos Biológicos (VIDA) foi utilizado como referencial..... 81

25. Valores de pH e salinidade em gramas de sais dissolvidos por litro de substrato, nas misturas de CACV (casca de arroz carbonizada:vermiculita 6:1 v:v) e casca de tungue (CT), com e sem sulfato de ferro III  $[\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3]$ . O substrato para hortaliças da empresa Vida Produtos Biológicos (VIDA) foi utilizado como referencial..... 82
26. Percentual de germinação de alface 'Elisa' nas misturas de CACV (casca de arroz carbonizada:vermiculita 6:1 v:v) e casca de tungue (CT), com e sem sulfato de ferro III  $[\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3]$ . O substrato para hortaliças da empresa Vida Produtos Biológicos (VIDA) foi utilizado como referencial, utilizando como momento de contagem plantas com os cotilédones abertos. Média seguida do desvio padrão..... 82
27. Indicadores de desenvolvimento e estabilidade de torrão por escala de notas dos *plugs* de alface 'Elisa', nas misturas de CACV (casca de arroz carbonizada:vermiculita 6:1 v:v) e casca de tungue (CT), com e sem sulfato de ferro III  $[\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3]$ . O substrato para hortaliças da empresa Vida Produtos Biológicos (VIDA) foi utilizado como referencial..... 85
28. Valores de pH e salinidade nas misturas de casca de tungue (CT) e CACV (casca de arroz carbonizada: vermiculita fina, 6:1, v:v) e no substrato referencial Rendmax Crisântemo (Eucatex Agro)..... 87
29. Valores de densidade seca (DS), porosidade total (PT), espaço de aeração (EA), água disponível (AD) e água remanescente ( $\text{AR}_{100}$ ) em misturas de casca de tungue (CT) e CACV (casca de arroz carbonizada: vermiculita fina, 6:1, v:v) e no substrato referencial Rendmax Crisântemo (Eucatex Agro)..... 88
30. Valores de densidade de empacotamento no cultivo, calculada após o enchimento dos vasos e densidade de empacotamento na análise de laboratório (densidade úmida)..... 89
31. Indicadores de desenvolvimento e aspecto geral por escala de notas dos vasos de crisântemos 'Champagne Cherry', nas misturas avaliadas..... 90

## RELAÇÃO DE FIGURAS

	Página
1. Fruto de <i>Aleurites fordii</i> inteiro e aberto, mostrando sementes e partes constituintes do resíduo “casca de tungue”.....	1
2. Fruto inteiro, em corte e semente de <i>Aleurites fordii</i> (Barroso <i>et al.</i> , 1999).....	6
3. Vistas lateral e basal das sementes de <i>A. fordii</i> e corte transversal, mostrando suas partes anatômicas (Vaughan, 1970).....	7
4. Variação da disponibilidade de nutrientes para as plantas em solo e em substratos orgânicos segundo Handreck & Black (1999).....	19
5. Casca de tungue separada em diferentes frações granulométricas.....	28
6. Mudanças de crisântemo cobertas com filme de polietileno, no método de enraizamento denominado de “transpiração”.....	31
7. “Ensaio de raízes divididas”, desenvolvido com o objetivo de comparar a formação de biomassa de raízes de uma mesma planta nos substratos casca de tungue e casca de tungue com sulfato de ferro com detalhe da fixação da estaca pela espuma fenólica e conjunto pares de septos contendo as plantas ao final do período analisado.....	39
8. Escala de notas para estabilidade de torrão de <i>plugs</i> de alface produzidos em CACV (6 casca de arroz carbonizada: 1 vermiculita v:v) em substrato comercial para hortaliças da empresa Vida produtos biológicos e em CT corrigida ou não com Sulfato Férrico e/ou condicionada com vermiculita.....	42
9. Escala de notas para avaliação da estabilidade de torrão de <i>plugs</i> de alface produzidos no substrato VIDA (referencial) e em misturas de casca de tungue com casca de arroz carbonizada e vermiculita na produção de mudas de alface em <i>plugs</i> .....	44
10. Bancada utilizada para enraizamento dos vasos de crisântemo em vaso sob método de ‘transpiração’.....	46
11. Cultivo de crisântemos em vasos com sub-irrigação e solução nutritiva recirculante.....	47
12. Escala de notas para avaliação da qualidade das plantas de crisântemo produzidas em vasos com misturas de casca de tungue e casca de arroz carbonizada com vermiculita (6:1 v:v) e no substrato Rendmax Crisântemo (Eucatex Agro).....	49
13. Curvas de liberação de água conforme as frações granulométricas da casca de tungue.....	55
14. Amplitude de variação da impedância mecânica em kPa de acordo com o tamanho da partícula da casca de tungue, avaliada em vasos de 10 cm altura (470 mL), com 5 cm de penetração (sonda cônica de 6 mm de diâmetro, <i>Chatillon Digital Force Gauge</i> , modo “peak C”).....	56
15. Sistema de raízes desenvolvido em casca de arroz carbonizada e na mistura contendo 25%, em volume, de casca de tungue.....	60

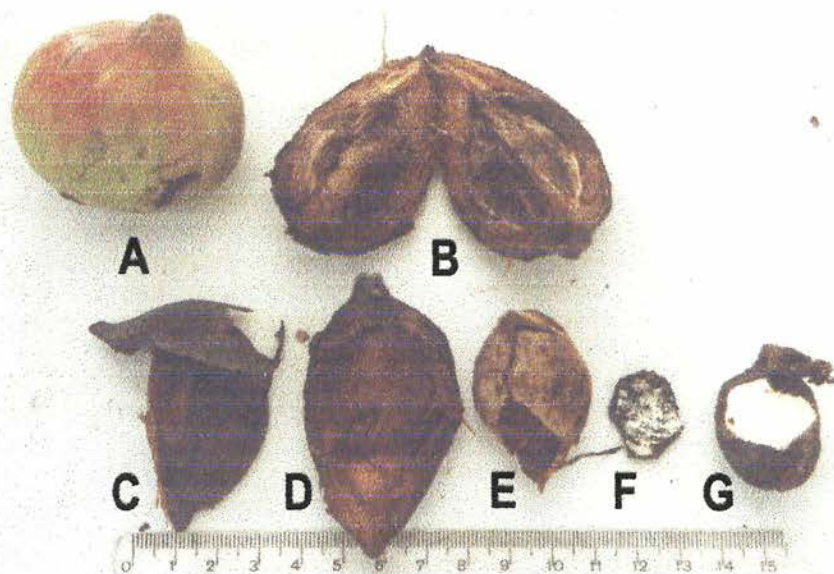


16. Número total e comprimento total estimado de raízes nas estacas enraizadas em misturas de casca de tungue e casca de arroz carbonizada.....	61
17. Relação entre comprimento do sistema de raízes e água disponível nos substratos com casca de tungue.....	62
18. Reação do extrato de casca de tungue na presença de cloreto férrico (FeCl <sub>3</sub> ) a 1%, hidróxido de potássio (KOH) a 3% e solução de gelatina a 1%, indicando a presença de compostos fenólicos, inclusive taninos.....	64
19. Escurecimento das nervuras nas folhas de crisântemo desenvolvido em substrato com 100% de casca de tungue.....	65
20. Torrão e sistema de raízes desenvolvido no “ensaio de raízes divididas”. A mesma estaca desenvolveu maior sistema de raízes na casca de tungue com sulfato de ferro (CTFe).....	71
21. Mudanças de crisântemo enraizadas nas misturas de casca de tungue com sulfato de ferro (CTFe), casca de tungue (CT), casca de tungue com sulfato de ferro e vermiculita (CTFeV), casca de tungue com vermiculita (CTV) e na casca de arroz carbonizada com vermiculita (CACV): com substrato e com as raízes lavadas.....	72
22. Curvas de liberação de água das misturas de casca de tungue (CT), com e sem sulfato de ferro e vermiculita, e dos substratos VIDA e CACV (mistura de casca de arroz carbonizada e vermiculita; 6:1, v:v), utilizados como referenciais.....	74
23. Sementes peletizadas de alface no início da germinação, com a emissão da radícula visível, e estabelecidas, com os cotilédones abertos.....	74
24. Sementes germinadas da sementeira até cada data de contagem em percentual do tratamento, considerando plantas com os cotilédones abertos. Cultivo em misturas de CACV (casca de arroz carbonizada:vermiculita 6:1 v:v) e casca de tungue (CT), com e sem Sulfato de Ferro III (Fe). O substrato para hortaliças da empresa Vida Produtos Biológicos (VIDA) foi utilizado como referencial.....	83
25. Mudanças de alface produzidas nas misturas de casca de tungue e CACV (casca de arroz carbonizada : vermiculita, 6:1 v:v) e no substrato para hortaliças da empresa Vida Produtos Biológicos (VIDA).....	84
26. Deposição de sais sobre as folhas inferiores de crisântemo cultivado em substrato comercial Rendmax Crisântemo (Eucatex Agro).....	87
27. Crisântemos produzidos nos substratos Rendmax Crisântemo (Eucatex Agro), casca de tungue (CT), CACV (6 casca de arroz carbonizada: 1vermiculita, v:v) e em CACV com 25% de casca de tungue (3CACV:1CT) e 12,5% de casca de tungue (7CACV:1CT).....	90

16. Número total e comprimento total estimado de raízes nas estacas enraizadas em misturas de casca de tungue e casca de arroz carbonizada.....	61
17. Relação entre comprimento do sistema de raízes e água disponível nos substratos com casca de tungue.....	62
18. Reação do extrato de casca de tungue na presença de cloreto férrico (FeCl <sub>3</sub> ) a 1%, hidróxido de potássio (KOH) a 3% e solução de gelatina a 1%, indicando a presença de compostos fenólicos, inclusive taninos.....	64
19. Escurecimento das nervuras nas folhas de crisântemo desenvolvido em substrato com 100% de casca de tungue.....	65
20. Torrão e sistema de raízes desenvolvido no “ensaio de raízes divididas”. A mesma estaca desenvolveu maior sistema de raízes na casca de tungue com sulfato de ferro (CTFe).....	71
21. Mudanças de crisântemo enraizadas nas misturas de casca de tungue com sulfato de ferro (CTFe), casca de tungue (CT), casca de tungue com sulfato de ferro e vermiculita (CTFeV), casca de tungue com vermiculita (CTV) e na casca de arroz carbonizada com vermiculita (CACV): com substrato e com as raízes lavadas.....	72
22. Curvas de liberação de água das misturas de casca de tungue (CT), com e sem sulfato de ferro e vermiculita, e dos substratos VIDA e CACV (mistura de casca de arroz carbonizada e vermiculita; 6:1, v:v), utilizados como referenciais.....	74
23. Sementes peletizadas de alface no início da germinação, com a emissão da radícula visível, e estabelecidas, com os cotilédones abertos.....	74
24. Sementes germinadas da sementeira até cada data de contagem em percentual do tratamento, considerando plantas com os cotilédones abertos. Cultivo em misturas de CACV (casca de arroz carbonizada:vermiculita 6:1 v:v) e casca de tungue (CT), com e sem Sulfato de Ferro III (Fe). O substrato para hortaliças da empresa Vida Produtos Biológicos (VIDA) foi utilizado como referencial.....	83
25. Mudanças de alface produzidas nas misturas de casca de tungue e CACV (casca de arroz carbonizada : vermiculita, 6:1 v:v) e no substrato para hortaliças da empresa Vida Produtos Biológicos (VIDA).....	84
26. Deposição de sais sobre as folhas inferiores de crisântemo cultivado em substrato comercial Rendmax Crisântemo (Eucatex Agro).....	87
27. Crisântemos produzidos nos substratos Rendmax Crisântemo (Eucatex Agro), casca de tungue (CT), CACV (6 casca de arroz carbonizada: 1vermiculita, v:v) e em CACV com 25% de casca de tungue (3CACV:1CT) e 12,5% de casca de tungue (7CACV:1CT).....	90

## 1. INTRODUÇÃO

A “casca de tungue” é um dos resíduos da indústria de óleo de tungue, composto por quatro partes básicas do fruto dessa planta – pericarpo, mesocarpo, endocarpo e testa de sementes (FIGURA 1). Sua retirada se faz antes da extração do óleo do endosperma, quando o fruto é descascado. Esse material vem sendo utilizado em Floricultura como condicionador de solo no cultivo de rosas e de crisântemos de corte. Seu elevado teor de fibras (50,6%, segundo Gengling, 2001) e sua lenta decomposição sugerem seu potencial como componente na fabricação de substratos para plantas.



**FIGURA 1 -** Fruto de *Aleurites fordii* inteiro (A) e aberto (B), mostrando sementes e partes constituintes do resíduo “casca de tungue”: epicarpo (C), mesocarpo (D), endocarpo (E) e testa de semente (F). Ao final semente quebrada, expondo o endosperma (G). Faculdade de Agronomia – UFRGS, Porto Alegre, 2001.

A disponibilidade anual média desse resíduo no Rio Grande do Sul, segundo as empresas beneficiadoras, é de 3.000 m<sup>3</sup>, o que seria suficiente para encher 2.300.000 vasos de 15 cm de diâmetro, se utilizado puro. Por ser oriunda de um processo de produção isento de defensivos agrícolas, a casca de tungue tem potencial como material componente de substratos para cultivos de mudas no sistema de agricultura orgânica.

Baseado na hipótese de que o resíduo agro-industrial casca de tungue (CT) pode ser utilizado na composição de substratos, sendo passíveis de controle eventuais fatores limitantes, esse trabalho tem como objetivo avaliar o potencial da CT semi-decomposta no enraizamento e produção de estacas de crisântemo e na produção de mudas de alface em plugs, possibilitando assim descrever o desempenho da CT na produção de plantas hortícolas em recipientes.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. O tungue.

Tungue é o nome comum de duas espécies de árvores de pequeno porte da família Euphorbiaceae, *Aleurites fordii* Hemsl. e *A. montana* (Lour.) Wils. (com propostas para reclassificação como *Vernicia fordii* e *V. montana* segundo Ling *et al.*, 1995). Essas espécies são cultivadas com objetivo de produzir sementes das quais se extrai, por prensagem e com o uso de solventes, um óleo denominado "óleo de tungue", internacionalmente conhecido como "tung oil" ou "wood oil" ("óleo de madeira"). Esse produto é utilizado principalmente na indústria de resinas e tintas, tendo como principal característica sua secagem rápida.

O tungue é nativo da Ásia, onde é cultivado predominantemente na China. É plantado comercialmente também na América do Sul, nos Estados Unidos e na África. "Tung" significa na língua chinesa "coração", nome inspirado no formato das folhas dessas plantas (Chang, 1983).

*A. montana* (Lour.) Wils, produzida predominantemente no sul da China, é também conhecida como *Mu tree* (Chang, 1983). Segundo De Geus (1973), porém, essa espécie tinha, na década de 70, maior área plantada em Malawi, no continente africano, onde o clima tropical favorecia seu cultivo. Segundo Duke (1983), outras espécies de *Aleurites* são utilizadas também para produzir óleo, geralmente de baixa qualidade: *A. cordata* (Thunberg) Mueller



(óleo-para-madeira-japonês), *A. molucanna* (árvore-de-lumbang ou noz-de-vela) e *A. trisperma* (árvore-de-lumbang leve). *A. molucanna* é citada por Pio Corrêa (*apud* Reitz, 1988) como produtora de amêndoas que contêm mais ou menos 60% de óleo graxo, bom combustível e excelente lubrificante, utilizado na fabricação de verniz, sabão e velas, entrando também na composição de um unguento anti-reumático; as flores e madeira têm aroma resinífero e as cascas são usadas para curtimento de couro.

Segundo Vaughan (1970) as sementes de *A. fordii* possuem em torno de 33% de óleo. Esse óleo contém uma alta percentagem de ácido oleostearico, sendo o único óleo vegetal produzido comercialmente que possui esse componente, ao qual é atribuída a alta qualidade do tungue como óleo de secagem rápida. List & Horhammer (*apud* Duke, 1983) afirmam que os teores de óleo na semente podem variar entre 30 e 40%, sendo esse composto por 75-80% de óleo alfa-esteárico, 15% oleico, 4% palmítico e 1% ácido esteárico. Taninos, fitoesteróis e uma saponina tóxica também são encontrados.

A torta de tungue, resíduo composto pelas sementes de tungue sem a testa, após a extração do óleo, possui em torno de 25% de proteína bruta, sendo tóxica para animais e utilizada somente como fertilizante (Vaughan, 1970).

A espécie cultivada na região colonial da Serra do Nordeste, no Rio Grande do Sul, é a *A. fordii*, de porte um pouco menor que *A. montana* e também mais rústica e adaptada ao clima frio. Com a industrialização centralizada na Cooperativa de Plantadores de Tungue Paulo Monteiro Barros Ltda., em Caxias do Sul, e na Indústria de Óleos Varella, em Fagundes Varela, a produção de tungue na safra 1999/2000 foi de aproximadamente 1.200 toneladas de frutos adquiridos pela Cooperativa e em torno de 350 toneladas adquiridos pela Óleos

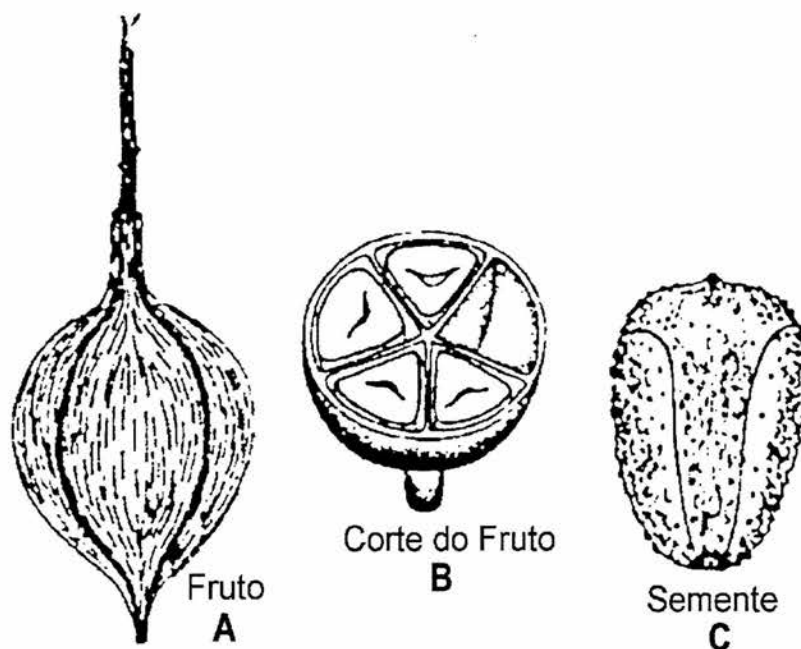
Varella, com a comercialização distribuída de junho a janeiro. Em 1996, segundo o IBGE, o Rio Grande do Sul produziu 1.359 toneladas do produto, o que representava 98% da produção nacional. Os principais municípios produtores são: Veranópolis (863 t), Cotiporã (182 t), São Valentim do Sul (52 t), Vila Flores (51 t), Nova Bréscia (34 t), Farroupilha (27 t), Ilópolis (17 t), Fagundes Varela (16 t), Nova Prata (15 t) Arvorezinha (14 t) e Caxias do Sul (13 t).

O sistema de cultivo do tungue no RS é extensivo. As plantas são distribuídas em meio a pastagens e aproveitando áreas impróprias para culturas anuais. A colheita é realizada à medida que os frutos, contendo de quatro a cinco sementes, caem no chão. Em geral, são necessárias duas ou mais operações de colheita, pois a maturação do tungue não é uniforme. Antes da comercialização, o material é colocado em sacos e deixado para secar em galpões, até alcançar umidade abaixo de 30%. Esse processo leva duas ou mais semanas e é realizado pelo produtor. A produtividade alcançada nos cultivos norte-americanos é de 4.500 kg a 5.000 kg de frutos por hectare (Duke, 1983). Segundo o IBGE (1996), a área cultivada no Rio Grande do Sul era de 365,37 hectares, com uma produtividade média alcançada de 3.719 kg de frutos por hectare.

No Brasil o cultivo é realizado predominantemente em pequenas propriedades com economia baseada na exploração da mão-de-obra familiar. Conforme dados do IBGE, em 1996 a totalidade da produção foi oriunda de propriedades com menos de 100 hectares e 74% do tungue no Rio Grande do Sul (RS) tiveram origem em propriedades com menos de 50 ha.

### 2.1.1. Aspectos botânicos e agronômicos de *Aleurites fordii* Hemsl (Euphorbiaceae).

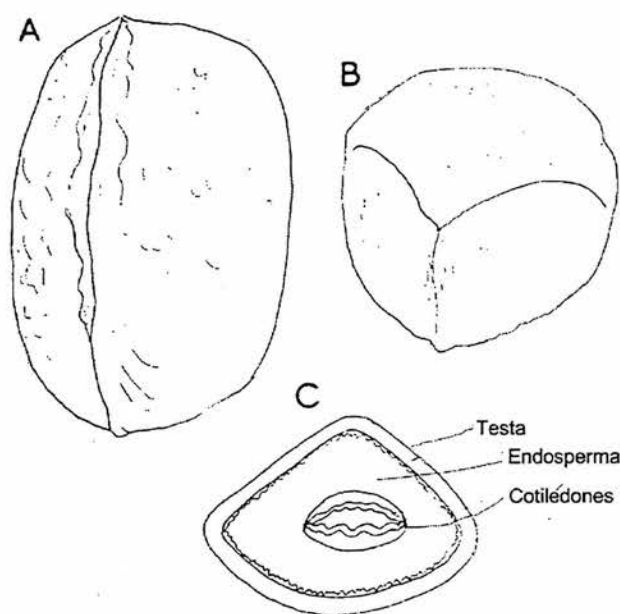
Reitz (1988) descreve *A. fordii* como árvore caducifolia de 3 a 9 metros de altura com ramos robustos, glabros, com superfície lenticelada e folhas glabras, ovadas ou cordadas de 7 a 12 cm de comprimento. Segundo esse autor, as flores do tungue aparecem antes das folhas, após o período de dormência hiberna, com pétalas brancas com estrias roxas e oito a dez estames. Segundo Barroso *et al.* (1999), os frutos (FIGURA 2) são do tipo drupóide, com pericarpo nitidamente diferenciado em epicarpo, mesocarpo e endocarpo. O epicarpo e o mesocarpo têm consistência fibrosa. O endocarpo tem textura coriácea, apresentando o espaço central dividido em falsos septos transversais, formando, em geral, quatro a cinco câmaras (podendo variar de uma a quinze), cada uma com uma semente.



**FIGURA 2** - Fruto inteiro (A), em corte (B) e semente (C) de *Aleurites fordii* (Barroso *et al.*, 1999).



As sementes de *A. fordii* têm entre 14 e 35 mm de comprimento. O formato é próximo a triangular na sua seção transversal, com superfície convexa (FIGURA 3). A testa ou “casca” é espessa (1 a 5 mm) e o endosperma de cor creme. O comprimento das fibras da testa pode atingir aproximadamente 880  $\mu\text{m}$ , o dobro do de *Ricinus*. (Vaughan, 1970).



**FIGURA 3 -** A e B - vistas lateral e basal das sementes de *A. fordii*; C - corte transversal da semente, mostrando suas partes anatômicas (Vaughan, 1970).

O tungue floresce em setembro e outubro no sul do Brasil, em ramos de crescimento da estação anterior. Segundo Duke (1983), *A. fordii* tem desenvolvimento ótimo em regiões com verões longos, quentes e com precipitação abundante (1.120 mm de chuva anual). De acordo com esse autor, o tungue necessita de 350 a 400 horas de frio ( $< 7,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) para a dormência hiberna, sem as quais as plantas tendem a produzir ramos inférteis a partir dos galhos principais. Essas árvores desenvolvem-se melhor em áreas de encosta bem drenadas, onde o risco de geada na primavera é reduzido, e em solo com valor de pH entre 6,0 a 6,5, tolerando entre 5,4 e 7,1.

A propagação pode ser realizada por sementes ou enxertia. Em cultivos comerciais intensivos, como os existentes nos Estados Unidos da América, a produção é realizada com plantas enxertadas, com copa selecionada de plantas matrizes mais produtivas, e com porta-enxerto originário de mudas de um ano produzidas a partir de sementes de plantas também selecionadas para esse fim. Isso gera maior uniformidade no cultivo e na maturação, além de maior teor de óleo nos frutos (Duke, 1983).

O sistema de produção do tungue no RS difere do sistema norte-americano, descrito em Duke (1983). Nas propriedades da Serra Gaúcha, as mudas são produzidas sem enxertia, muitas vezes a partir de plantas espontâneas, oriundas de frutos não colhidos que ficaram sob as árvores de produção. Não são também realizadas adubações e o custo direto se resume aos serviços de roçada sob as árvores, à colheita e ao ensacamento para a pré-secagem. Essa forma de cultivo resulta em menor produção por planta e em mais baixo teor de óleo no fruto. Assim, mesmo com o reduzido custo, o cultivo dessa planta tem se mostrado de menor rentabilidade em relação à fruticultura, olericultura e atividades agroindustriais, que concorrem na ocupação da mão-de-obra na região tradicional de cultivo.

A planta de tungue apresenta resistência a pragas e moléstias nas nossas condições ambientais e seu fruto é um produto de fácil armazenagem. O tungue é um cultivo perene de baixo custo de manutenção se comparado com a fruticultura. Essas características sugerem seu cultivo como alternativa de renda para grupos de pequenos produtores com dificuldade de inserção no mercado de produtos hortícolas, com solos impróprios para cultivos anuais e com disponibilidade de mão-de-obra. A sua produção pode ser enquadrada em um

sistema sustentável de agricultura, definida em Gliessman (2000) como "aquela agricultura que reconhece a natureza sistêmica da produção de alimentos, forragens e fibras, equilibrando, com equidade, preocupações relacionadas à saúde ambiental, justiça social e viabilidade econômica, entre os diferentes setores da população". Há, no entanto a necessidade de investimento na pesquisa de variedades mais produtivas e de aperfeiçoamento nas técnicas de cultivo.

## **2.2. Substratos.**

Entende-se como "substrato para plantas" o meio em que se desenvolvem as raízes das plantas cultivadas fora do solo *in situ* (Kämpf, 2000a). Considera-se, como sua função primordial, prover suporte às plantas nele cultivadas (Fermino, 1996; Kämpf, 2000a e Röber 2000) podendo ainda regular a disponibilidade de nutrientes (Kämpf, 2000a) e de água (Fonteno, 1996).

O solo mineral foi o primeiro material utilizado no cultivo em recipientes. Atualmente, a maior parte dos substratos é uma combinação de dois ou mais componentes, realizada para alcançar propriedades químicas e físicas adequadas às necessidades específicas de cada cultivo (Fonteno *et al.*, 1981).

A turfa, solo orgânico proveniente de áreas inundadas, é o material mais utilizado para compor substratos nos Estados Unidos, Canadá (Fonteno, 1996), e na maior parte dos países da União Européia. Segundo Carlile (1999), o fato de as turfeiras serem habitat natural de espécies de plantas carnívoras (*Drosera spp*; *Utricularia spp.*) e certos invertebrados (por exemplo *Curimopsis nigrita*; *Dolomedes fimbriatus*), além de seu papel como "arquivo" arqueológico e como reservatório de carbono na forma orgânica, tem sido argumento de grupos de defesa ambiental da Grã-Bretanha, Alemanha e Itália em campanhas contra a

sua exploração. Segundo esse autor, as pressões ambientalistas nesses três países têm levado a uma substituição da turfa por compostos orgânicos, mas somente nos substratos destinados ao mercado amador. A substituição da turfa por cascas de árvores, pedra-pome (*pumice*), fibra de coco (*coir*), argilas expandidas (vermiculita, cinasita), perlita e lã-de-rocha por parte dos produtores profissionais na última década deve-se, de acordo com Carlile (1999), somente à performance superior desses materiais.

Outras matérias-primas também são consagradas no uso em misturas para compor substratos para plantas, como a casca de arroz (*in natura*, carbonizada ou queimada), poliestireno expandido (*isopor*), espuma fenólica, areia, sub-produtos da madeira como serragem e maravalha, fibra de madeira, compostos de lixo domiciliar urbano e compostos de restos de poda, solo mineral, xaxim e vermicomposto (Kämpf, 2000a; Schie, 1999; Puchalski, 1999; Burger *et al.*, 1997; Fonteno, 1996; Verdonck, 1984).

A utilização de resíduos da agroindústria disponíveis regionalmente como componente para substratos pode propiciar a redução de custos, assim como auxiliar na minimização da poluição decorrente do acúmulo desses materiais no meio ambiente (Fermino, 1996).

Dentro dessa linha de pensamento, trabalhos como o de Backes (1988) e Grolli (1991), com composto de lixo urbano, Fermino (1996), com cascas de abacaxi, fibras, cascas e sementes de algodão (resíduos da indústria textil), aguapé, bagaço de cana, maravalha e serragem de *Pinus spp. in natura* e resíduos de papel (tipo “confete”) e também como o de Gauland (1997), estudando casca de arroz carbonizada e queimada como condicionadores em substratos de turfa, buscaram explorar resíduos disponíveis na região sul do Brasil para o fim de compor substratos agrícolas.

## 2.2.1. Características físicas

### 2.2.1.1. O substrato como meio poroso.

As propriedades físicas de um substrato estão centradas em dois aspectos: (1) as propriedades das partículas que compõem a fração sólida, em especial sua forma e tamanho, sua superfície específica e sua característica de interação com a água (molhabilidade) e (2) a geometria do espaço poroso formado entre essas partículas, que é dependente das propriedades das partículas e da forma de manuseio do material, em especial da densidade de empacotamento do substrato no recipiente, que determina a porosidade total e o tamanho dos poros.

A água é retida **na superfície** das partículas e **entre** as partículas. A retenção da água entre as partículas depende da geometria do espaço poroso, ou seja, da forma e tamanho dos poros. Segundo Nobel (1991) na matriz do substrato a água que é retida **entre** as partículas até o equilíbrio da força de coesão da água com a força da gravidade.

Dessa forma, a dimensão dos poros é importante para estabelecer o quanto um substrato é capaz de regular o fornecimento de água e ar às plantas (Handreck & Black, 1999).

Esses poros podem ser classificados como macroporos, mesoporos, microporos e ultramicroporos, segundo conceito que leva em consideração a **função**, estabelecido por Drzal *et al.* em 1999. Esses autores sugerem que os macroporos sejam os poros que não retêm água sob a força exercida pela gravidade, sendo esse espaço ocupado por ar e denominado de “espaço de aeração”. A força gravitacional depende da altura de substrato (definida pela altura no recipiente). Os mesoporos retêm água a tensões entre a tensão limite

para o espaço de aeração (estabelecida como uma coluna de água equivalente à metade da altura de substrato) e 30 kPa (300 hPa). Essa é considerada como a “água facilmente disponível” para as plantas. Os microporos retêm água a tensões entre 30 kPa e 1,5 MPa, sendo essa considerada como a reserva de água para as plantas. Os ultramicroporos caracterizam o espaço poroso que retém água a tensão maior que 1,5 MPa, considerada por esses pesquisadores como “água indisponível” para as plantas.

As tensões limite no substrato críticas à retirada de água pelas plantas não são padronizadas mundialmente. Os conceitos consagrados no Brasil e pelo Grupo de Trabalho da Comissão de Substratos para Plantas da ISHS (International Society for Horticultural Science) são os de De Boodt & Verdonck, publicados em 1972. Esses autores consideram como “espaço de aeração” o espaço relativo de poros que liberam água a tensões até 10 hPa (1kPa), sendo esses espaços considerados macroporos. A “água facilmente disponível” é retida entre tensões de 10 e 50 hPa e a “água tamponante” entre 50 e 100 hPa. De 10 a 100 hPa estaria, portanto, a “água disponível”. Haynes & Goh (1978) consideram água de microporos o volume de água retido a tensão maior que 100 hPa, conceituado também por Grolli (1991) como “água remanescente a 100 hPa”.

Avaliações da tensão da água durante cultivos em recipientes sugerem, no entanto, que esses valores são apenas referenciais. Conforme a espécie, o substrato e a situação de cultivo, os limites até surgirem sintomas de murcha são variáveis. Bellé (1998), estudando efeitos de sistemas de irrigação e de concentrações de adubação complementares na produção de gérbera em vaso de 11 cm de altura (capacidade 800 mL), encontrou tensões máximas entre 400hPa e 562 hPa nas plantas cultivadas com gotejamento sob níveis de



adubação de  $7 \text{ g L}^{-1}$ , sem que as plantas apresentassem sintomas de redução do turgor foliar. Testezlaf *et al.* (1999), monitorando a umidade em recipientes de 16,5 cm de altura (capacidade 3 L) através de tensiômetros, encontraram valores de tensão entre 63 e 93 hPa para azaléias e 88 e 337 hPa para crisântemos, quando as plantas apresentaram início de sintomas de murchamento, com as variações, dentro da espécie, devidas aos diferentes substratos de cultivo.

O estabelecimento do limite máximo de tensão no qual a água é considerada “disponível” para as plantas é baseado no *percentual de murcha permanente* (PMP). O PMP é o conteúdo de água no solo (ou substrato) no qual as plantas permanecem murchas durante a noite (ou em uma câmara úmida), sem retornar ao seu estado de hidratação a menos que sejam regadas (Kramer e Boyer, 1995). Handreck & Black (1999) utilizam a denominação *Ponto de Murcha Permanente* para definir o mesmo momento de murcha sem retorno. Em 1952, segundo Kramer & Boyer (1995), os pesquisadores Richards e Wadleigh concluíram que em um potencial da água no solo entre -1,5 e -2,0 MPa estava o PMP para muitas plantas cultivadas. Por esse motivo, -1,5 MPa foi definido **por conveniência** como o PMP. Esse potencial não seria, na realidade, uma constante do substrato, pois depende do potencial em que as células das folhas perdem seu turgor. É, portanto, um fator dependente da planta.

A definição de *água facilmente disponível* (AFD) como a faixa entre a capacidade de campo (e de recipiente) e o PMP, segundo Kramer & Boyer (1995), é também arbitrária para definir com precisão a situação real de disponibilidade hídrica nas plantas. Eles afirmam que do ponto de vista do vegetal, a disponibilidade de água depende da razão com que a água pode ser suprida às raízes em relação à demanda da planta por água. Ambos, suprimento

e demanda, são variáveis. A demanda da planta depende primariamente da transpiração, o que varia muito de acordo com o tipo e tamanho da planta e com as condições meteorológicas. O suprimento de água é relacionado com a densidade de raízes (comprimento de raízes por volume de solo) e da eficiência dessas raízes como superfície de absorção, o que depende da condutividade hidráulica das raízes e também da condutividade hidráulica do solo/substrato.

A condutividade hidráulica do substrato varia com as características de partícula, com a sua geometria porosa e com o seu conteúdo de água. À medida que ocorre o secamento do material o seu potencial da água se reduz, aumentando a resistência, pois os poros grandes, onde a força da capilaridade é relativamente menor, são esvaziados primeiro. Outro fator importante é a contração das raízes e do substrato com o secamento, o que tende a reduzir o contato substrato-raiz, aumentando as resistências à absorção. Baixas temperaturas e aeração deficiente também reduzem a permeabilidade das raízes, aumentando a resistência à entrada da água (Kramer & Boyer, 1995).

Raviv e colaboradores (1999), concordando com Kramer & Boyer (1995) sugerem que o volume de água e de nutrientes disponíveis depende mais do real fluxo de umidade no meio do que da quantidade de água no recipiente. Esse fluxo é afetado principalmente pelo valor da condutividade hidráulica naquele momento. O conhecimento da sua variação, juntamente com os valores da curva de retenção e conteúdo de água, é importante para um efetivo manejo da irrigação, que deve prover a quantidade de água para um ótimo aproveitamento pela planta. Baseando-se em experimentos recentes, Raviv e colaboradores (1999) ressaltam que significativas mudanças na real condutividade hidráulica, no fluxo de água e nutrientes são esperadas entre irrigações, mesmo que o conteúdo de umidade



seja mantido dentro do que é denominado *água facilmente disponível*. Em seu trabalho, os resultados sugerem que a *condutividade hidráulica do meio não saturado* indica com maior precisão a disponibilidade de água às raízes do que a *água facilmente disponível*, essa última estabelecida a uma predeterminada faixa de sucção sem levar em consideração as características hidráulicas do material.

Apesar desses vários pontos de vista, a determinação da curva de disponibilidade de água de um substrato, segundo Fermino (1996), é importante na medida em que informa o volume de água disponível às plantas dentro de cada faixa de tensão em uma determinada amostra. Maior volume de água disponível a baixas tensões representa menor gasto de energia pela planta para absorvê-la. Plantas submetidas a estresse moderado por falta de água ou salinidade excessiva são estimuladas a acumular e manter níveis elevados de solutos orgânicos no citoplasma, às custas de energia desviada de funções de crescimento. Esse acúmulo de solutos é uma forma de reduzir o potencial osmótico interno das células, e, assim, o potencial da água da planta como um todo, gerando um gradiente favorável à absorção de água. Esse fenômeno é denominado de ajuste osmótico (Taiz & Zeiger, 1991) ou condicionamento osmótico, e reduz a taxa de crescimento da planta.

#### **2.2.1.2. Relação substrato/recipiente e o manejo dos substratos.**

Fonteno (2000) aponta quatro fatores que afetam o *status* da água e do ar em recipientes: 1) o substrato (componentes e quantidades), 2) o recipiente, 3) as práticas de irrigação e 4) os procedimentos de manuseio dos substratos.

Em 1966, White & Mastalerz definiram “capacidade de recipiente”, abordando a importância da altura de substrato em um recipiente na definição do

volume de água retido após a irrigação. Segundo eles, mesmo como um furo adequado para saída da água, a força da gravidade na água livre atua apenas até o ponto de equilíbrio estático. A capacidade de recipiente é a percentagem, por volume, retida por um substrato em um recipiente com uma determinada altura, após saturação (tensão hídrica zero) deixando-se drenar na ausência de evapotranspiração, sendo esse o limite máximo de água para aquele substrato e para aquele tipo e profundidade de recipiente.

O conceito de capacidade de recipiente sugere que a composição e as matérias-primas dos substratos não são responsáveis, isoladamente, por determinar a disponibilidade de ar e água ao sistema radicular durante o cultivo.

A altura do recipiente limita a altura de substrato e, assim, a capacidade de recipiente, determinando o volume de macroporos ou espaço de aeração (Drzal, *et al.*, 1999). Práticas de irrigação utilizadas são da mesma forma essenciais na definição das características de porosidade, assim como a forma como o material é manejado antes da colocação da planta ou da semente (compactação, conteúdo de umidade, técnica de enchimento) (Fonteno, 1996).

Aumentando a densidade no empacotamento de uma mistura em um recipiente, aumenta-se o conteúdo de sólidos por unidade de volume. Em consequência, importantes propriedades físicas são modificadas. Considerando um mesmo material, maiores densidades de empacotamento reduzem a porosidade total, com maior influência sobre a redução no espaço de aeração e aumento da capacidade de recipiente (Milks *et al.*, 1989). Para evitar a limitação do crescimento das raízes, a impedância mecânica deve ser considerada no desenvolvimento e no uso dos substratos (Kämpf *et al.*, 1999).

A umidade do substrato antes do enchimento dos recipientes exerce influência na distribuição do tamanho dos poros. Quando água é adicionada a componentes secos, eles hidratam-se, aumentam de tamanho e tendem a formar agregados. Isso se traduz em maior espaço de aeração pela menor acomodação das partículas pequenas entre as grandes, fenômeno conhecido como “aninhamento”. Para misturas destinadas ao uso em plugs, a umidade de 67% é recomendada por Bailey e colaboradores (2000a). Para outros materiais o ponto de umidade ideal pode ser diferente. Também para Milks *et al.* (1989), a umidade do substrato no momento do preenchimento do recipiente aumenta o espaço de aeração, porém é a pouca a influência desse fator sobre a porosidade total. Resultados semelhantes foram obtidos por Blom & Piott (1992).

### **2.2.2. Características químicas**

As propriedades químicas dos substratos referem-se principalmente ao valor de pH, à capacidade de troca de cátions (CTC) e à salinidade. Tendo em vista que a nutrição das plantas é manejada pelo viveirista, utilizando adubações de base e complementares, a investigação do teor em nutrientes nos materiais puros e nas misturas só é realizada em casos especiais, quando houver interesse ou necessidade de quantificar os elementos presentes (Kämpf, 2000a).

### 2.2.2.1. Valor de pH

O valor de pH é definido como a atividade do íon hidrogênio, expressa como logaritmo negativo da sua concentração, e determina a acidez relativa de um meio. O pH é de grande importância para o crescimento da planta devido ao seu efeito na disponibilidade de nutrientes, em especial de microelementos (Waller & Wilson, 1984; Bailey *et al.* 2000b; Handreck & Black, 1999).

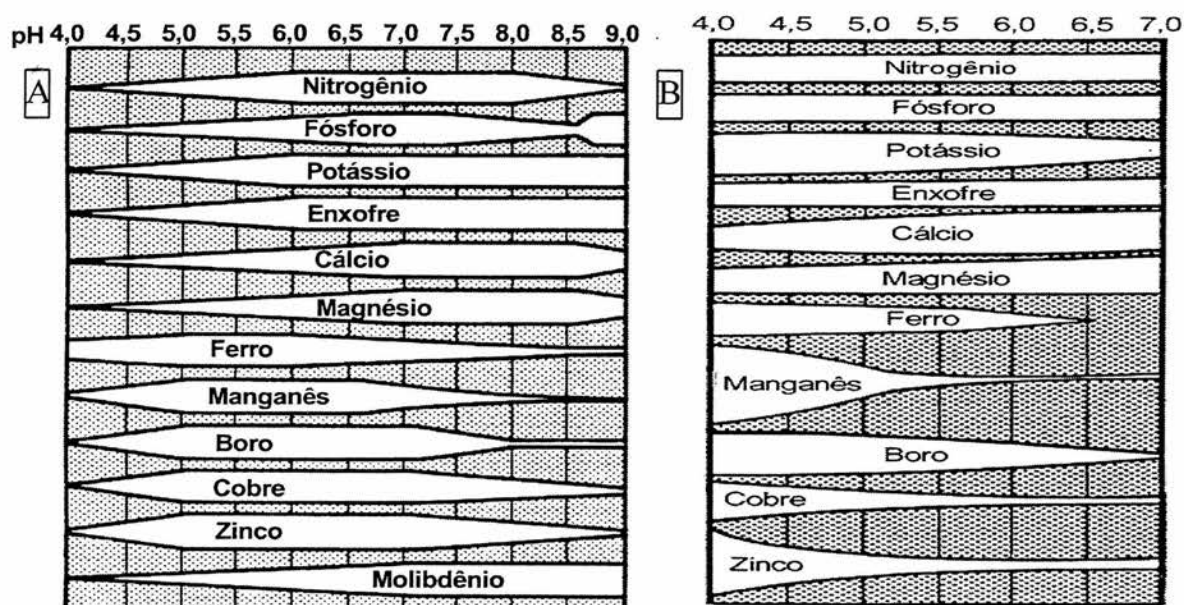
A faixa de valor de pH considerada como “ideal” para os cultivos varia de acordo com diversos autores (TABELA 1). Handreck & Black (1999), ressaltam, no entanto, que somente um valor dentro dessa faixa “ideal” não é suficiente, sendo necessário o suprimento equilibrado de micronutrientes, nitrogênio, fósforo, potássio e enxofre em fertilizantes e uma relação Cálcio/Magnésio entre 2 e 10 para um desenvolvimento adequado das plantas. Segundo esses autores, a baixa solubilidade do ferro em um valor de pH maior que 6,5 e a elevada solubilidade do manganês em valor de pH abaixo de 5,5 são os maiores problemas (FIGURA 4).

Fonteno (1996) afirma que, além da possibilidade de ocorrer fitotoxicidade por excesso de manganês solúvel em valores de pH abaixo de 5,4, também aumenta o risco de toxidez do ferro, zinco e cobre, se esses estiverem presentes em quantidades significativas no substrato. No outro lado do espectro, Bailey *et al.*, 2000b, ressaltam que um valor de pH acima de 6,2 pode levar a problemas com deficiência de ferro em hortênsia e amor-perfeito, assim como deficiência de boro em amor-perfeito, alegria-de-jardim e petúnia.

**TABELA 1** – Valores recomendados de pH (em água) de acordo com o cultivo. Faculdade de Agronomia - UFRGS, Porto Alegre (RS), 2001.

Presença de solo mineral na mistura	Tipo de Cultivo	Valor de pH	Referência
sem	Cultivos em geral	5,5 e 6,3	Handreck & Black (1999)
	Cultivos em geral	5,4 e 6,0	Fonteno (1996)
	Cultivos em geral	5,4 a 6,4	Bailey <i>et al.</i> (2000b)
	Azaléias e hortênsias	< 5,4	Bailey <i>et al.</i> (2000b)
	Lírios	6,5 a 6,8	Fonteno (1996)
	Lisianthus	6,4	Handreck & Black (1999)
	Gerânios, sálvia e asters	5,8 a 6,3	Handreck & Black (1999)
	Samambaias, bromélias, azaléias e coníferas	4,5 a 5,0	Kämpf (2000a)
com	Cultivos em geral	6,2 e 6,8	Fonteno (1996)
	Cultivos em geral	6,0 a 6,7	Handreck & Black (1999)

Em substratos com solo mineral, valores mais elevados de pH são recomendados (TABELA 1). Bunt (1988) mostra a redução da disponibilidade de fósforo na presença de solo mineral no substrato. A acidez tem grande influência na disponibilidade desse nutriente às plantas; o fósforo combina-se com ferro e alumínio na forma de compostos insolúveis em pH abaixo de 7, com redução na quantidade desse nutriente na solução à medida que o pH se torna mais baixo.



**FIGURA 4** – Variação da disponibilidade de nutrientes para as plantas em solo (A) e em substratos orgânicos (B) segundo Handreck & Black (1999).

Diferentes valores de pH podem afetar atividades fisiológicas, como a germinação e o enraizamento. Puchalski (1999), avaliando o efeito do pH da água de irrigação sobre o enraizamento de *Hibiscus rosa-sinensis* em espuma fenólica, observou maior comprimento de raízes em valor de pH igual a 9,0 em relação a pH 6,0.

Para a avaliação desse parâmetro, podem ser utilizados como extratores a água deionizada (mais comum) ou soluções de KCl e CaCl<sub>2</sub> (Kämpf, 2000a). Para um mesmo material analisado, valores de pH em KCl diferem geralmente em uma unidade a menos do que quando em água (Fermino, 2000).

#### **2.2.2.2. Capacidade de Troca de Cátions (CTC).**

Um importante mecanismo que auxilia na regulação do fornecimento dos nutrientes de carga positiva para a planta é a capacidade de troca de cátions ou CTC (Bunt, 1988). A CTC é a quantidade de cargas eletrostáticas de superfície negativamente carregadas de um substrato por unidade de peso ou volume. Essas cargas são balanceadas por cátions (nutrientes de carga positiva) que ficam retidos em forma trocável nessas superfícies, em equilíbrio dinâmico com a solução (Handreck & Black, 1999; Fonteno, 1996; Rowel, 1994).

A CTC está relacionada diretamente com a capacidade de tamponamento do substrato às variações bruscas no valor de pH e na disponibilidade de nutrientes, sendo importante na redução das perdas de cátions por lixiviação (Fermino, 1996). Segundo Fonteno (1996), a CTC deve ser entre 6 e 15 meq 100 mL<sup>-1</sup>, para uma ampla reserva de nutrientes. Handreck & Black (1999), sugerem uma CTC entre 5 e 10 meq 100mL<sup>-1</sup>. Essas recomendações são referências, devendo-se considerar que a necessidade de maior CTC no



substrato está diretamente relacionada com a menor tecnologia de controle das condições nutricionais e de irrigação do cultivo por parte do produtor.

Como unidade de medida desse parâmetro, é também utilizado centimol de carga ( $\text{cmol}_c$ ) por massa ou volume. Ele equivale a miliequivalente de cátions por massa ou volume. Tendo em vista a grande variação na densidade dos substratos, a CTC deve ser expressa por volume, levando-se em conta o valor da densidade seca da amostra analisada (Kämpf, 2000a).

### **2.2.2.3. Salinidade**

Especialmente na utilização de materiais alternativos, em misturas não-industrializadas, é importante conhecer o nível de salinidade do substrato, a fim de evitar perdas na produção (Kämpf, 2000a).

A condutividade elétrica (CE) é um indicativo da concentração de sais ionizados na solução (Wilson, 1984) e fornece um parâmetro para a estimativa da salinidade do substrato. As plantas variam em sua tolerância a níveis de salinidade e estresse hídrico. Não eletrólitos, como a uréia, que também contribuem para o estresse osmótico, não são, no entanto, mensurados na CE imediatamente após sua aplicação (Waller & Wilson, 1984), mas somente após sua hidrolização.

A salinidade pode ser derivada da adubação de base ou do conteúdo natural de sais dos componentes utilizados na mistura (Kämpf, 2000b). Corretivos de acidez também elevam o nível de salinidade (Handreck & Black, 1999).

A partir da densidade do material (no estado de umidade em que é recebido para análise), do valor da CE e da temperatura do extrato, é possível avaliar a concentração salina com base em uma solução de referência de KCl

(Fermino, 1996). Essa avaliação é feita em extrato 1:10 (peso:volume), conforme metodologia descrita em Grolli (1991).

Röber & Schaller (1985) *apud* Kämpf (2000), elaboraram uma tabela de recomendação para substratos conforme três reações das culturas à concentração salina (TABELA 2).

**TABELA 2 -** Classificação da sensibilidade das culturas a níveis de concentração salina no substrato (Röber & Schaller *apud* Kämpf, 2000a).

Reação da Cultura	Níveis de salinidade	Salinidade *	Exemplos de culturas
Grupo 1: sensíveis	Baixo	0,5 a 1,0	Avenca, boca-de-leão, camélia, algumas bromélias e orquídeas
Grupo 2: tolerantes	Médio	1 a 2	Alamanda, begônia, gérbera, gladiolo, rosa, hibisco, zínia, copo-de-leite
Grupo 3: exigentes (em quantidade)	Alto	2 a 3	Hortênsia, crisântemo, gerânio

\* expressa em g KCl L<sup>-1</sup> de substrato

Cavins *et al.* (2000) fornecem uma tabela para a interpretação de valores de CE (em mS/cm) para vários métodos de extração (TABELA 3) utilizados por produtores e laboratórios nos Estados Unidos da América, de acordo com o tipo de cultivo.

Os sais dissolvidos tornam o potencial osmótico ( $\Psi_o$ ) da solução do substrato mais negativo. A planta deve superar esse potencial para absorver água (Handreck & Black, 1999).

Rowel (1994) propõe a seguinte equação, utilizando a condutividade elétrica (CE) avaliada em extrato de pasta saturada :

$$\Psi_o \text{ (MPa)} = -0,04 \times \text{CE (dS m}^{-1}\text{)}.$$



Cavins *et al.* (2000), sugerem que um substrato com CE (25°C) entre 2,0 e 3,5 dS m<sup>-1</sup>, em extrato saturado, apresenta salinidade adequada ao desenvolvimento da maioria dos cultivos (TABELA 3). Aplicando-se a equação de Rowel (1994) para extremo inferior dessa faixa de CE tem-se:

$$\Psi_o = -0,04 \cdot 2 \text{ dS m}^{-1} = -0,08 \text{ MPa ou } 800 \text{ hPa.}$$

Através da análise acima, pode-se concluir que o potencial osmótico, nos níveis de salinidade recomendados por Cavins *et al.* (2000), exerce uma influência superior a oito vezes a tensão considerada limite da “água disponível” pelos critérios de De Boot & Verdonck (1972).

Isso sugere que a redução no conteúdo relativo de água no substrato, concentrando a solução em contato com as raízes, tem grande efeito no estresse hídrico, demonstrando a necessidade de se conduzir o cultivo em condições próximas à capacidade de recipiente.

**TABELA 3** - Interpretação de valores de condutividade elétrica (em dS m<sup>-1</sup> a 25°C) para vários métodos de extração (Cavins *et al.*, 2000).

Método de Extração				Indicação
1:5	1:2	Extrato de Pasta Saturada	Lixiviado * (Pour Through)	
0 a 0,11	0 a 0,25	0 a 0,75	0 a 1,0	<b>Muito Baixo.</b> O nível de nutrientes pode não ser suficiente para sustentar um rápido crescimento
0,12 a 0,35	0,26 a 0,75	0,76 a 2,0	1,0 a 2,6	<b>Baixo.</b> Adequado para <i>seedlings</i> , forrações anuais e plantas sensíveis a salinidade
0,36 a 0,65	0,76 a 1,25	2,0 a 3,5	2,6 a 4,6	<b>Normal.</b> Faixa padrão para a maioria das plantas em crescimento. Limite superior para as sensíveis à salinidade
0,66 a 0,89	1,26 a 1,75	3,5 a 5,0	4,6 a 6,5	<b>Alto.</b> Vigor reduzido e crescimento podem ocorrer, especialmente durante épocas quentes.
0,9 a 1,10	1,76 a 2,25	5,0 a 6,0	6,6 a 7,8	<b>Muito Alto.</b> Pode resultar em danos devido à dificuldade na absorção de água, assim como crescimento reduzido. Sintomas incluem queima das bordas das folhas e murcha.
> 1,10	>2,25	>6,0	> 7,8	<b>Extremo.</b> A maioria dos cultivos sofrerá injúrias a esses níveis. Lixiviação imediata necessária.

\* devido a variabilidade desse método, os produtores devem sempre comparar seus resultados com o extrato saturado para estabelecer faixas aceitáveis

### 2.2.3. Características Biológicas

Alguns componentes da matéria orgânica, classificados sob o termo *fitotoxinas*, causam injúrias e eventualmente matam plantas quando presentes em substratos. Muitas cascas e serragens utilizadas contêm fitotoxinas, com variações de acordo com a espécie (Handreck & Black, 1999).

Booman (2000), produtor norte-americano, alerta sobre teores de tanino tóxico na casca de sequóia e de outras madeiras de lei. Trabalhos como o de Yates & Rogers (1981) e Ortega *et al.* (1996) demonstram a influência negativa de compostos fenólicos presentes em cascas de árvores na germinação e no desenvolvimento vegetal.

Casca de coníferas e serragens de madeira podem, no entanto, ter o nível de fitotoxinas reduzido através da compostagem, o que contribui igualmente para redução da relação C:N. (Handreck & Black, 1999). É importante, no entanto, que esse processo seja conduzido de forma aeróbia, a fim de evitar a formação de outros compostos prejudiciais ao desenvolvimento vegetal como ácido acético, e compostos fenólicos e alcalóides (Bilderback, 2000).

O tratamento com algumas substâncias pode minimizar o efeito de fitotoxinas. A utilização de sulfato de ferro para a complexação de taninos em serragem é uma prática utilizada por produtores da Califórnia (Booman, 2000). A adição de Polyvinylpyrrolidona (PVP) teve efeito na inativação de fitotoxinas fenólicas em extratos de casca de coníferas (Yates & Rogers, 1981).

Características biológicas favoráveis também podem estar presentes nas matérias-primas e nos substratos orgânicos. Alguns compostos e microorganismos antagônicos podem auxiliar na supressão de patógenos e a inoculação de micorrizas já é uma prática comercial (Koide *et al.*, 1999).

Solos minerais, no entanto, são potenciais inoculadores de patógenos nos cultivos quando utilizados nas misturas (Handreck & Black, 1999).

## 1. MATERIAIS E MÉTODOS

O presente trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Biotecnologia em Horticultura do Departamento de Horticultura e Silvicultura da Faculdade de Agronomia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre (latitude 30° 04' 15" Sul; longitude 51° 08' 22" Oeste, altitude 50 m) durante o período de março de 2000 a junho de 2001.

A seqüência do trabalho foi a seguinte:

- 1°. Amostragem e avaliação visual da casca de tungue (CT);
- 2°. Separação da CT em frações granulométricas e avaliação das características físicas e químicas.
- 3°. Preparo de substratos com CT e CAC e utilização no enraizamento de crisântemos.
- 4°. Determinação da presença de compostos fenólicos na CT através de testes qualitativos.
- 5°. Avaliação do uso de sulfato de ferro e mistura com vermiculita expandida na CT para redução nos efeitos fitotóxicos dos compostos fenólicos no enraizamento de crisântemos.
- 6°. Avaliação das misturas de CT com sulfato de ferro e vermiculita na produção de mudas de alface, buscando verificar qual o comportamento de uma espécie produzida a partir de sementes e considerada sensível a compostos fenólicos.

7°. Elaboração de misturas a partir de CT e CAC + vermiculita. Cultivo de mudas de alface e crisântemos em vaso.

### **3.1. Preparo das amostras**

#### **3.1.1. Origem dos resíduos**

A CT analisada foi obtida na propriedade do Sr. Egon Ramm – Linha Morro Agudo – Gramado, RS. O material teve origem na Cooperativa de Plantadores de Tungue Paulo Monteiro Barros Ltda. (Rua Moreira César, 454 - Caxias do Sul, RS - fone 54 224 1755) e foi fornecido pelo distribuidor Gilberto Zanchin (Rua dos Manacás, 651 - Caxias do Sul, RS – Fones 54 225 2913 e 54 9997 2229). A CT foi depositada a céu aberto ao final de setembro de 1999, tendo sido descarregada por caminhão em carga total de aproximadamente 23 m<sup>3</sup>, disposta em formato de silo (em leira).

#### **3.1.2. Amostragem**

Após seis meses de compostagem sem revolvimento, em 13 de março de 2000 retirou-se, através de corte vertical no meio da pilha, uma amostra de aproximadamente 300 litros (mensurada com sacos de 20 litros).

A amostra foi secada naturalmente ao ar, com revolvimento periódico para homogeneização, em bancadas da casa de vegetação do Laboratório de Biotecnologia em Horticultura até umidade próxima a 50 % (quando o material, ao ser comprimido na mão, não vertia água, porém formava torrão).

Esse material foi armazenado à sombra em sacos plásticos brancos fechados para ser utilizado nos estudos.

### 3.2. Caracterização da casca de tungue.

#### 3.2.1. Estudo 1 - caracterização física e química da casca de tungue de acordo com a sua granulometria.

A CT semidecomposta foi separada nas seguintes frações granulométricas, utilizando-se peneiras 4,75; 9,5 e 16 mm (FIGURA 5):

- a) < 4,75 mm;
- b) 4,75 - 9,5 mm;
- c) 9,5 -16 mm.
- d) < 9,5 mm;
- e) < 30 mm (amostra como recebida)

Em cada fração granulométrica foram avaliados o valor de pH (H<sub>2</sub>O 1:2,5 v:v), a salinidade e a densidade, com duas repetições, segundo os métodos descritos em Röber e Schaller (1985) e a capacidade de troca de cátions (CTC), conforme Tedesco *et al.* (1995).

A porosidade total, o espaço de aeração, a água disponível e a água remanescente foram mensuradas através de curvas de liberação de água (De Boodt e Verdonck, 1972) em funil de tensão, com método descrito em Calvete (1998), considerando-se:

a) Porosidade Total: volume total de água presente nas amostras saturadas (ponto de tensão zero);

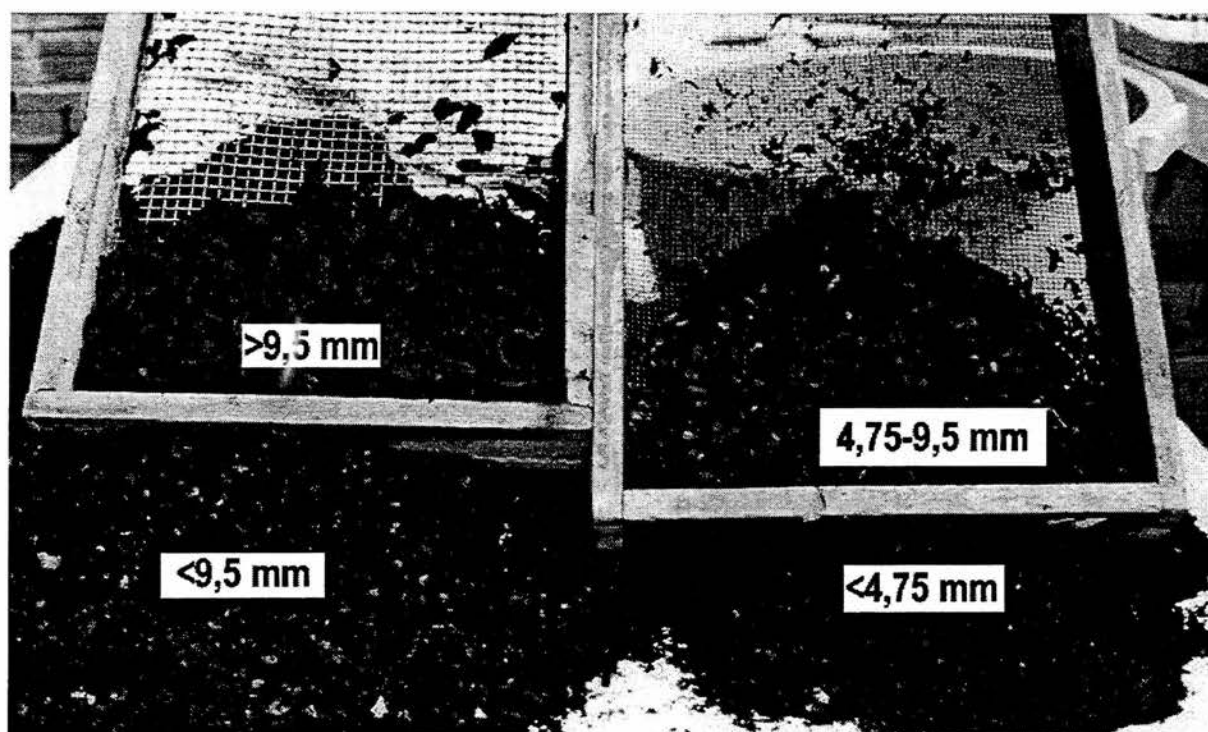
b) Espaço de Aeração: diferença entre a porosidade total e a umidade volumétrica na tensão de 10 hPa;

c) Água Facilmente Disponível: volume de água disponibilizado entre as tensões de 10 e 50 hPa;

d) Água Disponível: volume de água disponibilizado entre 10 e 100 hPa;

e) Água Tamponante: volume de água disponibilizado entre 50 e 100 hPa;

f) Água Remanescente: umidade que permanece no substrato após submetê-lo à tensão de 100 hPa. Constitui-se no volume de água denominado por Haynes e Goh (1978) de “água de microporos”.



**FIGURA 5** - Casca de tungue separada em diferentes frações granulométricas. Faculdade de Agronomia - UFRGS, Porto Alegre (RS), 2001.

Avaliou-se gravimetricamente a distribuição do tamanho de partículas conforme Drzal *et al.* (1999), utilizando amostras 100 g do material seco em estufa, com cinco repetições, em um agitador Ro-Tap a 160 rpm por três minutos, com peneiras de malha 0,5; 1,0 ;2,0; 4,75; 9,5 e 16 mm.

Com objetivo de verificar se as diferentes frações granulométricas de CT apresentam restrições quanto à resistência à penetração de raízes, a penetrabilidade da CT foi medida através da impedância mecânica (Kämpf *et*

*al.*,1999). Vasos plásticos com 10 cm de altura (470 mL) foram preenchidos com base na densidade de laboratório (Röber e Schaller, 1985), calculada anteriormente. A pressão requerida para penetrar verticalmente uma sonda metálica de ápice cônico, com 6 mm de diâmetro, 5 cm no material foi mensurada com um penetrômetro (Chatillon Digital Force Gauge) no modo “peak C” (pico de compressão). Nesse modo de leitura, o valor apresentado pelo aparelho representa o valor máximo capturado pelo aparelho levando em consideração 600 avaliações individuais por 120 milisegundos (Kämpf *et al.*,1999). A pressão (Q) foi calculada por  $Q=F/A$  (Bengough e Mullins, 1990), onde  $F$  é o valor mensurado em Newton pelo penetrômetro e  $A$  é a área da secção transversal da ponta da sonda.

Os teores totais de carbono orgânico, nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), magnésio (Mg), cálcio (Ca), enxofre (S), zinco (Zn), cobre (Cu), boro (B), manganês (Mn), ferro (Fe) e sódio (Na), foram determinados pelo Laboratório de Análises de Solos, Tecidos Vegetais e Água da Faculdade de Agronomia da UFRGS. As análises seguiram o procedimento padrão desse laboratório para compostos orgânicos, descrito em Tedesco *et al.* (1995) e os resultados, expressos com base na massa das amostras, foram convertidos em teor de nutrientes por litro de substrato utilizando-se a densidade seca.

### **3.2.2. Estudo 2 - resposta vegetal aos substratos com casca de tungue.**

#### **3.2.2.1. Enraizamento de estacas de crisântemo.**

Para buscar a melhoria das características físicas da CT, associando elevado espaço de aeração e água disponível e menor retenção de água em



microporos, foram realizadas misturas desse material com casca de arroz carbonizada (CAC). A CAC é um material de boa disponibilidade e baixo custo, possuindo elevado espaço de aeração e baixo volume de água remanescente a 100 hPa (Puchalski & Kämpf, 2000).

A eficiência das misturas de CT e CAC como substratos para enraizamento de estacas de crisântemo sob o método de transpiração foi avaliada através de estudo em casa de vegetação.

O método de propagação vegetativa denominado por produtores de "transpiração" consiste na condução do período de enraizamento das estacas sob filme de polietileno e/ou de "não tecido" de fibras de polipropileno (Novotex), colocado diretamente sobre as folhas do crisântemo (contínuo até o fechamento das laterais). A cobertura é posicionada após as operações de colocação das estacas e irrigação do substrato, sendo normalmente mantida por 15 a 20 dias (FIGURA 6). Esse método é utilizado em produções de pequeno e médio porte, principalmente no período de temperaturas mais amenas, em substituição ao tradicional uso de irrigação por nebulização (Gruszynski, 2001). A sua eficiência baseia-se na formação de um micro-ambiente úmido, próximo à saturação, junto às estacas, o que evita a desidratação destas. A condensação junto à parte superior da cobertura, com formação de gotas, permite um retorno de parte da água evapotranspirada ao substrato, o que reduz a necessidade de irrigação. No método de "transpiração", porém, o substrato não é mantido permanentemente em capacidade de recipiente, sendo indicada a utilização de misturas com maior retenção de água em relação ao método tradicional de enraizamento. A boa disponibilidade de umidade no substrato é importante, pois o principal acesso à

água pela estaca está na absorção realizada pela base da estaca, que está cravada no meio de propagação (Hartmann *et al*, 1997).

A CT, < 9 mm, foi utilizada em misturas com CAC nas seguintes proporções: 1:0, 3:1, 1:1, 1:3, 0:1 (v:v), constituindo cinco tratamentos. A mistura denominada de "CACV", composta de casca de arroz carbonizada e vermiculita superfina 6:1 (v:v), foi utilizado como referencial. Os tratamentos foram dispostos em quatro blocos ao acaso, sendo cada unidade experimental composta por 16 células com 5 cm de altura e 19 cm<sup>3</sup> de volume (bandejas de poliestireno expansível de 200 células), cada qual com uma estaca de crisântemo 'Golden Polaris', totalizando 384 estacas, além das bordaduras.

O material vegetativo foi proveniente da empresa Schoenmaker Van Zanten (Schoenmaker Van Zanten do Brasil - Rodovia 107, C.P. 38 – CEP 13830 000 – Santo Antônio de Posse, SP - fone 19 820 2400), tendo sido tratado no fornecedor com auxina em talco (AIB a 2.000 ppm) na base, como é prática usual nessa espécie. A massa fresca total das estacas por unidade experimental foi avaliada antes do plantio.



**FIGURA 6** - Mudanças de crisântemo cobertas com filme de polietileno, no método de enraizamento denominado por produtores de "transpiração". Faculdade de Agronomia - UFRGS, Porto Alegre (RS), 2001.

Os materiais CAC e CT foram corrigidos, antes da realização das misturas, com ácido sulfúrico (0,05M), com objetivo de reduzir a amplitude do pH inicial. Após a estaquia, o substrato foi irrigado com regador e a cobertura realizada, no dia seguinte, com filme de polietileno e sobre este uma manta de fibras de polipropileno não-tecido (Novotex Agro 50N, Fitesa, Porto Alegre, RS), visando a reduzir a incidência direta dos raios solares e a elevação excessiva da temperatura (monitorada por sensor colocado junto às mudas). Novas irrigações foram realizadas à medida que se fizeram necessárias. Nos períodos mais quentes o não-tecido era aspergido com água para que houvesse resfriamento do ambiente sob o filme plástico. Durante o período experimental, as estacas ficaram sob regime de dias longos, com iluminação artificial intermitente (15 minutos ligado e 30 minutos desligado) pelo período das 22 h as 2 h.

O estudo foi conduzido pelo período de 19 dias, em novembro de 2000, sendo a cobertura plástica retirada ao final do 15º dia.

Com objetivo de caracterizar as misturas, avaliou-se o valor de pH, salinidade e densidade seca segundo métodos propostos por Röber & Schaller (1985). Curvas de liberação de água (De Boodt & Verdonck, 1972), em funil de tensão, foram realizadas para avaliação da porosidade total, espaço de aeração, água disponível e água remanescente. Densidade de empacotamento no *plug* e espaço de aeração foram calculados, respectivamente, pela razão  $[(\text{massa de substrato})/(\text{volume do recipiente})]$  e pela diferença  $[(\text{massa do material saturado}) - (\text{massa após livre drenagem})]$ .

Como parâmetros de avaliação da formação de biomassa foram mensurados: comprimento máximo do sistema de raízes e da parte aérea; número e distribuição de raízes conforme comprimento.

O comprimento máximo do sistema de raízes constitui-se na distância entre o ponto superior de inserção de raízes (próximo das folhas) e a extremidade oposta do sistema de raízes, mensurada após a lavagem para retirada do substrato. O comprimento da parte aérea corresponde à distância entre o ápice da última folha ainda não aberta e o primeiro ponto de inserção de raízes.

O número e distribuição das raízes conforme comprimento foram determinados destacando-se as raízes adventícias e separando-as nas seguintes classes por comprimento: < 0,5 cm; 0,5 - 1,0 cm; 1 - 2 cm; 2 - 3 cm; 3 - 4 cm; 4 - 5 cm; 5 - 6 cm e 6 - 7 cm. Pela determinação do número e distribuição conforme comprimento foi estimado o comprimento total pela fórmula:

$$\text{Comprimento Total} = \sum [(\text{comprimento médio da classe}) \times (\text{número de raízes da classe})]$$

Procedeu-se a análise de variância dos resultados utilizando-se os programas SAS e SANEST.

### **3.2.2.2. Cultivo pós-enraizamento**

Em um segundo estudo, com objetivo de comparar o desempenho de estacas enraizadas em 1CT e em 1CAC, plantas desenvolvidas nesses materiais tiveram suas raízes lavadas para retirada dos resíduos de substrato e foram cultivadas em vasos com 11 cm de diâmetro superior e 7 cm altura (pt 11 - Pissardi Plásticos - Vila Jaguará - São Paulo, SP - fone 11 841 3796) preenchidos com 360 mL de argila expandida (cinasita) < 5 mm fertilizada com 2 gL<sup>-1</sup> do adubo de liberação lenta *Osmocote* (15% N; 4,4% P; 8,3% K; 3,5% Ca; 1,5% Mg; 3% S; 0,02% Bo; 0,05% Cu; 0,5% Fe; 0,1% Mn; 0,004% Mo; 0,05% Zn – 5 a 6 meses de liberação a 21°C – Fabricante: Scotts) e irrigada por capilaridade com solução nutritiva 30-2,2-25 (N-P-K) a 240 mg L<sup>-1</sup> de N (mantida em lâmina d'água constante de 1-2 cm), em delineamento de blocos ao acaso com oito blocos e



uma planta por vaso (parcela). Ao final de três semanas, as plantas foram colhidas e a formação de biomassa mensurada conforme os parâmetros: comprimento máximo do sistema de raízes, comprimento da parte aérea, massa fresca e seca da parte aérea e massa fresca e seca das raízes.

### **3.2.3. Estudo 3 - análise qualitativa para detecção de compostos fenólicos.**

Com base nos resultados obtidos no enraizamento de estacas de crisântemo, procedeu-se a uma análise qualitativa para identificar a presença de taninos e substâncias fenólicas na casca de tungue. Utilizou-se, além da CT (<9 mm) do estudo anterior, uma amostra com cerca de um mês de decomposição a céu aberto.

Devido à reduzida sensibilidade do método, não é possível detectar concentrações menores que 0,1% fenol PA.

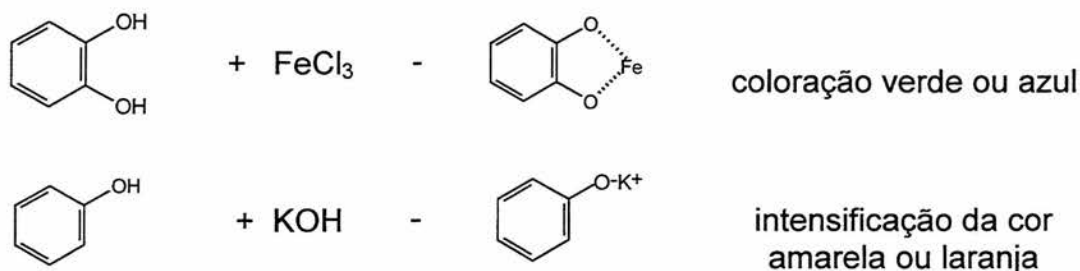
O procedimento de análise foi o seguinte (Von Poser, 2000):

#### **a) Para substâncias fenólicas.**

**Técnica de detecção:** reações coradas com os reagentes de detecção cloreto férrico ( $\text{FeCl}_3$ ), em solução aquosa a 1%, e hidróxido de potássio (KOH), solução aquosa a 3%.

**Método:** fazer a extração com 0,5g de amostra em 20 ml de água em banho-maria fervente por 15 minutos. Esfriar, filtrar e dividir em três tubos de ensaio (reação I, II e branco). Adicionar gotas dos reagentes de detecção ( $\text{FeCl}_3$  e KOH). O desenvolvimento de cor verde ou azul com  $\text{FeCl}_3$  e aparecimento e/ou intensificação da cor amarela ou laranja com KOH indicam a presença de

compostos fenólicos, como por exemplo, flavonóides, taninos, ácidos fenólicos, e também algumas cumarinas ou quinonas, decorrentes das seguintes reações:



### b) Para taninos:

**Técnica de detecção:** precipitação com gelatina.

**Técnica de caracterização:** reação de cor com cloreto férrico.

#### Fundamento das técnicas:

I – Detecção - taninos são compostos fenólicos que precipitam proteínas (ex. gelatina);

II – Caracterização - a complexação de hidroxilas com Fe<sup>+2</sup> leva ao desenvolvimento de substâncias de coloração azulada ou esverdeada, conforme a estrutura da molécula.

**Método:** Em copo de becker, extrair em banho-maria fervente cerca de 1g do vegetal com água (20ml), por 30 minutos. Após resfriamento, filtrar com algodão e dividir em 3 partes (I, II e Branco), em tubos de ensaio:

I - Detecção - reação da gelatina: Adicionar cerca de 1ml de solução de gelatina 1%. Observar a formação de turvação ou precipitado devido à reação com compostos fenólicos (reação positiva).

II - Caracterização - reação com sais de ferro: adicionar gotas de FeCl<sub>3</sub> 1% (sol. aquosa). Desenvolvimento de cor azulada indica taninos hidrolisáveis e

cor verde indica taninos condensados, devido à complexação de hidroxilas com  $\text{Fe}^{+2}$ .

Branco – para referência de comparação, amostra sem os reagentes de detecção.

Foram realizadas duas repetições, com as amostras distribuídas em ordenação definida por sorteio. Utilizou-se, como controle do procedimento, amostra de casca de acácia-negra (*Acacia mearnsii*, Willd. – Leguminosae), planta utilizada para a extração industrial de tanino, e fenol analítico a 1%.

### **3.3. Resposta vegetal ao tratamento da casca de tungue com sulfato de ferro e mistura com vermiculita.**

#### **3.3.1 Estudo 1 - enraizamento de estacas de crisântemo em casca de tungue tratada com sulfato de ferro e misturada com vermiculita.**

Baseado na hipótese de os compostos fenólicos presentes em CT serem complexados por íons ferro e/ou adsorvidos nas partículas da vermiculita expandida, avaliou-se o enraizamento de estacas de crisântemo em misturas contendo CT tratada com  $1,5 \text{ g L}^{-1}$  de sulfato de ferro III [ $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ ] e CT em mistura com 14,3 % em volume de vermiculita expandida fina, tendo o substrato denominado de “CACV”, composto de casca de arroz carbonizada e vermiculita fina na proporção em volume 6:1 como referencial do procedimento de enraizamento. Foi utilizado o método de “transpiração”, conforme descrito em 3.2.2.

Estabeleceram-se os dois fatores: sulfato de ferro e vermiculita, dispostos em quatro tratamentos: CT sem sulfato de ferro (CT), CT com sulfato de



ferro (CTFe), mistura em partes por volume de 6 CT sem sulfato de ferro:1 vermiculita (CTV) e 6 CT com sulfato de ferro:1 vermiculita (CTFeV).

No preparo dos tratamentos, dividiu-se o volume total de CT (< 5 mm) em duas sub-amostras, sendo uma tratada com 1,5 g de sulfato férrico por litro de substrato, diluído em água deionizada.

O volume de água foi calculado pela seguinte equação, buscando atingir a umidade gravimétrica de 65%:

$$aa = \left( \frac{uf \times msi}{msf} \right) - ui$$

Sendo:

aa= água a ser adicionada em litro por quilo de substrato;

ui = umidade gravimétrica inicial do substrato em  $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ ;

uf= umidade gravimétrica final desejada em  $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ ;

msi= matéria seca inicial (1-ui);

msf= matéria seca final (1-uf).

A segunda sub-amostra foi corrigida com ácido sulfúrico (0,05 M), diluído no mesmo volume anterior, buscando obter valor de pH equivalente. Com base no número de equivalentes-grama contidos em ambos os corretivos, considerou-se a igualdade de poder de neutralização: 1 g de  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 = 16,7 \text{ mL}$  de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  0,1N (0,05M).

As sub-amostras foram novamente divididas pela metade, sendo uma dessas partes misturada com vermiculita fina.

O estudo foi conduzido em um delineamento com quatro blocos ao acaso, sendo cada unidade experimental composta por 18 células com 5 cm de altura e  $19 \text{ cm}^3$  de volume (bandejas de poliestireno expansível de 200 células),

cada qual com uma estaca de crisântemo 'Golden Polaris', totalizando 360 estacas, além das bordaduras.

O material vegetativo, proveniente da empresa Schoenmaker Van Zanten, possuía tratamento de auxina em talco (AIB a 2.000 ppm) na base, como é prática usual. Durante o período experimental as estacas ficaram sob regime de dias longos, com iluminação artificial intermitente pelo período das 22h às 2 h.

O estudo foi conduzido durante 17 dias, em maio de 2001, com a cobertura retirada ao final do 15º dia.

Com objetivo de caracterizar as misturas, foram realizadas análises físicas e químicas conforme descrito no estudo 3.2.2.

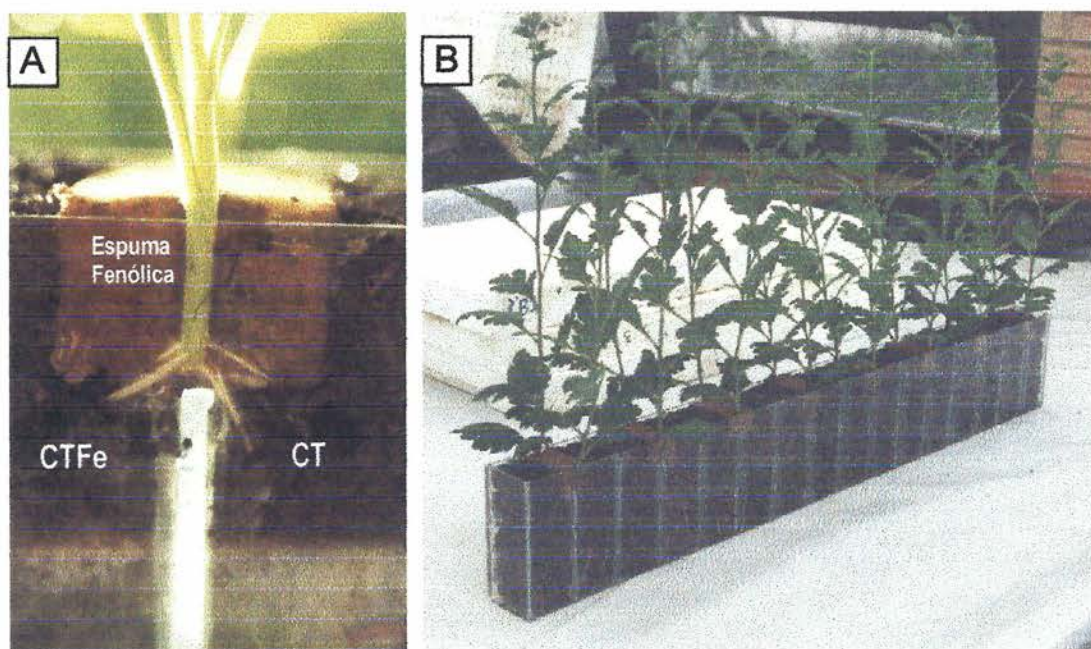
A disponibilidade de nutrientes da CT, antes da correção, foi avaliada em extrato de pasta saturada, de acordo com procedimento descrito em Fonteno (1996). A solução (ou extrato) foi analisada no Laboratório de Análise de Solos, Tecidos Vegetais e Água da Faculdade de Agronomia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, segundo método descrito em Tedesco *et al.* (1995), para fósforo, potássio, cálcio, magnésio e nitrogênio nas formas amoniacal e nítrica.

Como parâmetros de avaliação de formação de biomassa das estacas, ao final do estudo foram mensurados: comprimento máximo do sistema de raízes e da parte aérea (conforme 3.2.2); massa seca de raízes e da parte aérea.

A análise de variância dos resultados e análises de correlação entre propriedades do substrato e parâmetro de formação de biomassa das plantas foram realizadas utilizando os programas SANEST e SAS.

Com o objetivo de complementar os resultados obtidos nesse estudo e visualizar a formação de raízes de uma mesma planta de crisântemo em CT com e sem tratamento com sulfato de ferro (CTFe e CT), 16 estacas de crisântemo

foram enraizadas e cultivadas por 30 dias em um ensaio denominado de “ensaio de raízes divididas” (ERD). O ERD (FIGURA 7B) consistiu em uma caixa de vidro com oito conjuntos de dois compartimentos, coberta externamente com papel alumínio para impedir a entrada de luz. Os compartimentos, preenchidos por substratos diferentes, eram separados por septos dois centímetros mais baixos que a borda. Sobre os septos colocou-se um bloco de espuma fenólica, sendo as estacas fixadas entre o vidro e a espuma, permitindo que as raízes se desenvolvessem nos dois substratos (FIGURA 7A). As plantas foram irrigadas por aspersão e os compartimentos possuíam o fundo vazado, permitindo a livre drenagem de eventual excesso de água. Não foi realizada adubação durante o cultivo.



**FIGURA 7 –** “Ensaio de raízes divididas”, desenvolvido com o objetivo de comparar a formação de biomassa de raízes de uma mesma planta nos substratos casca de tungue (CT) e casca de tungue com sulfato de ferro (CTFe): (A) detalhe da fixação da estaca pela espuma fenólica; (B) conjunto pares de septos contendo as plantas ao final do período analisado. Faculdade de Agronomia - UFRGS, Porto Alegre (RS), 2001.

### **3.3.2. Estudo 2 - casca de tungue tratada com sulfato de ferro e misturada com vermiculita na produção de mudas de alface em *plugs*.**

Os mesmos tratamentos do estudo anterior (3.3.1) foram utilizados na produção de mudas de alface, com o objetivo de avaliar a germinação e o desenvolvimento dessa espécie em CT e a resposta aos tratamentos da CT com sulfato de ferro e em mistura com vermiculita. A alface foi escolhida por ser sensível a compostos fenólicos, conforme indicam Yates & Rogers (1981) e Ortega *et al.* (1996).

O substrato para hortaliças da empresa Vida Produtos Biológicos (VIDA) foi utilizado como referencial do procedimento de produção juntamente com o substrato denominado de "CACV" (6 CAC: 1 vermiculita , v:v).

O estudo com dois fatores (sulfato de ferro e vermiculita) foi conduzido em um delineamento com quatro blocos ao acaso. As unidades experimentais foram constituídas por 18 células com 5 cm de altura e 19 cm<sup>3</sup> de volume (bandejas de poliestireno expansível de 200 células) com uma semente peletizadas de alface 'Elisa' (Sakata/Agroflora Sementes) por célula, totalizando 432 células úteis, mais bordaduras.

O ciclo de cultivo teve a duração de 38 dias, durante os meses de maio e junho de 2001. A irrigação foi por aspersão (regador) e adubações com solução nutritiva (TABELA 4) foram realizadas ao 17<sup>o</sup> e ao 24<sup>o</sup> dia após plantio .



**TABELA 4** - Solução nutritiva utilizada na adubação complementar de mudas de alface 'Elisa' em *plugs*. Faculdade de Agronomia - UFRGS, Porto Alegre (RS), 2001.

Para 1000 litros de água (g)	Produto Comercial	N mg L <sup>-1</sup>	P mg L <sup>-1</sup>	K mg L <sup>-1</sup>	Ca mg L <sup>-1</sup>	Mg mg L <sup>-1</sup>	S mg L <sup>-1</sup>	Micro-nutrientes	
600	Kristalon branco	90	13,1	149,9	-	10,9	12	0,15 B; 0,024 Mo; 0,06 Cu*; 0,24 Mn*; 0,42 Fe*; 0,15 Zn*.	
388	Nitrato de cálcio	60	-	-	73,72	-	-		
157	Fosfato monopotássico (PA) KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	-	35,9	45,1	-	-	-		
TOTAL		150	49	195	73,72	10,9			
RELAÇÃO		1	0,33	1,3	0,49	0,07	-	-	
Valor de pH		5,8							
CE (25°C) em dS m <sup>-1</sup>		1,55							

\*EDTA

Quantificou-se o percentual de plântulas germinadas e estabelecidas ao 3º, 4º, 5º e 14º dia. Ao final do estudo, a formação de biomassa das plantas foi avaliada através dos seguintes parâmetros: comprimento máximo do sistema de raízes (conforme 3.2.2.1, p. 33), massa seca e fresca da parte aérea e massa seca e fresca de raízes. A estabilidade de torrão por escala de notas (considerando-se a coesão do torrão ao retirar-se a planta do recipiente) foi avaliada conforme escala descrita na TABELA 5 e FIGURA 8.

Com objetivo de caracterizar as misturas, foram realizadas análises físicas e químicas conforme descrito no estudo 3.2.2.

**TABELA 5** - Escala de notas para estabilidade de torrão de *plugs* de alface produzidos em CACV e substrato VIDA e em CT corrigida ou não com sulfato férrico e/ou condicionada com vermiculita. Faculdade de Agronomia - UFRGS, Porto Alegre (RS), 2001.

Qualidade	Notas	Estabilidade de Torrão
Pior	1	30% ou mais do torrão fica retido no recipiente.
↓	3	Torrão se destaca do recipiente, porém não permanece coeso.
melhor	5	Todo o torrão é destacado do recipiente e mais de 90% dele permanece coeso.



**FIGURA 8** - Escala de notas para estabilidade de torrão de *plugs* de alface produzidos em CACV (6 casca de arroz carbonizada: 1 vermiculita v:v) em substrato comercial para hortaliças da empresa Vida produtos biológicos e em CT corrigida ou não com Sulfato Férrico e/ou condicionada com vermiculita. Faculdade de Agronomia - UFRGS, Porto Alegre (RS), 2001.

Ao final do cultivo, procedeu-se à análise de variância conforme descrito no estudo 3.3.1.

### **3.4. Misturas de casca de tungue com casca de arroz carbonizada e vermiculita como substrato para plantas.**

A casca de arroz é um material com boa disponibilidade e baixo custo no Rio Grande do Sul. As propriedades físicas das misturas de casca de arroz carbonizada (CAC) e CT e os resultados do experimento 3.2.2.1 sugerem a utilização de CT em proporção igual ou menor que 25% em volume. A utilização de vermiculita na mistura também apresentou resultado favorável ao desenvolvimento vegetal. O desempenho de misturas de casca de tungue com casca de arroz carbonizada e vermiculita foi avaliado em dois estudos.



### 3.4.1. Estudo 1 - casca de tungue com casca de arroz carbonizada e vermiculita na produção de mudas de alface em *plugs*.

O desempenho de misturas de CT com CAC e vermiculita na composição de substratos para a produção de mudas de alface em *plugs* foi avaliado em estudo em quatro blocos casualizados com nove tratamentos (especificados na TABELA 6). As parcelas experimentais foram compostas por 16 células de 5 cm de altura e 15 cm<sup>3</sup> de volume (bandejas de polietileno 150 células - MECPREC LTDA, fone 21 446 5644), com uma semente de alface 'Elisa' por unidade, totalizando 576 células mais bordaduras.

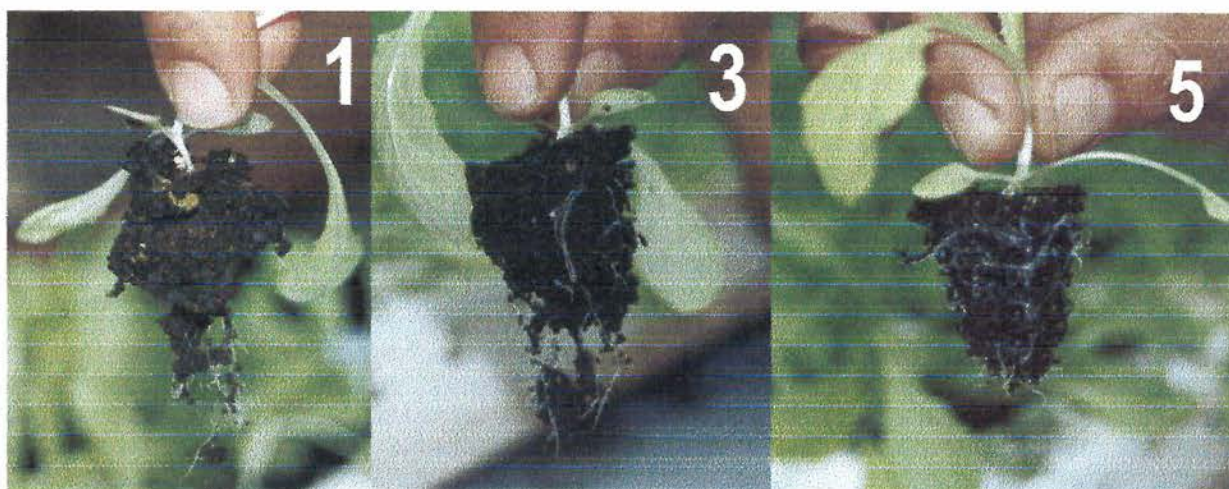
No substrato CACV e em CT sem sulfato de ferro, foi realizado ajuste de pH utilizando ácido sulfúrico (4,5 mL de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,05 M por litro de substrato para CACV e 17 mL para CT), buscando um valor de pH equivalente às misturas com sulfato de ferro.

O cultivo foi conduzido por 37 dias, entre maio e junho de 2001, com irrigação por aspersão (regador). Adubações com solução nutritiva (TABELA 4; p. 41) foram realizadas ao 16<sup>o</sup>, 23<sup>o</sup> e 30<sup>o</sup> dia após plantio.

**TABELA 6 -** Casca de tungue com e sem tratamento com sulfato de ferro III (1 gL<sup>-1</sup>) em misturas com casca de arroz carbonizada com vermiculita (6:1 v:v), na produção de mudas de alface 'Elisa' em *plugs*. O substrato comercial VIDA foi utilizado como referencial.

Número	Composição	Símbolo
1	6 Casca de Arroz Carbonizada:1Vermiculita	CACV
2	7CACV:1casca de tungue	7CACV:1CT
3	3CACV: 1casca de tungue	3CACV:1CT
4	1casca de tungue	CT
5	6 Casca de Arroz Carbonizada:1Vermiculita com sulfato de ferro (0,25 gL <sup>-1</sup> )	CACVFe
6	7CACV:1casca de tungue com sulfato de ferro	7CACV:1CTFe
7	3CACV:1 casca de tungue com sulfato de ferro	3CACV:1CTFe
8	1 casca de tungue com sulfato de ferro	CTFe
Referencial	Substrato para hortaliças da empresa Vida Produtos Biológicos, composto de casca de pinus, vermiculita e lodo da indústria de celulose	VIDA

Quantificou-se o percentual de plântulas germinadas e estabelecidas ao 3º, 4º, 5º e 14º dia. Ao final do estudo, a formação de biomassa das plantas foi avaliada através dos seguintes parâmetros: comprimento máximo do sistema de raízes, massa seca e fresca da parte aérea e massa seca e fresca de raízes. A estabilidade de torrão por escala de notas (considerando-se a coesão do torrão ao retirar-se a planta do recipiente) foi avaliada conforme escala descrita na TABELA 5 (p. 41) e ilustrada na FIGURA 9.



**FIGURA 9** - Escala de notas para avaliação da estabilidade de torrão de *plugs* de alface produzidos no substrato VIDA (referencial) e em misturas de casca de tungue com casca de arroz carbonizada e vermiculita na produção de mudas de alface em *plugs*. Faculdade de Agronomia - UFRGS, Porto Alegre (RS), 2001.

Com objetivo de caracterizar as misturas, foram realizadas análises físicas e químicas conforme descrito no estudo 3.2.2 e procedeu-se a análise de variância e de correlações com os programas SAS e SANEST.

### 3.4.2. Estudo 2 - casca de tungue com casca de arroz carbonizada e vermiculita na produção comercial de crisântemos em vaso.

O desempenho de misturas de casca de tungue tratada com sulfato de ferro III e casca de arroz carbonizada + vermiculita na composição de substratos para cultivo de mini-crisântemos em vaso, com sub-irrigação, foi avaliado em um estudo em quatro blocos casualizados, com cinco tratamentos e cinco vasos de 11 cm de diâmetro superior, 7 cm de altura e 360 cm<sup>3</sup> de substrato, com três estacas de crisântemo 'Champagne Cherry' por parcela, totalizando 100 vasos e 300 plantas, realizado de março a junho de 2001.

Na TABELA 7 estão especificadas as misturas do substrato denominado "CACV", composto por CAC + vermiculita, e CT que foram avaliadas. O substrato comercial Rendmax Crisântemo (Eucatex Agro – São Paulo, fone: 11 3049 2400) foi utilizado como referencial.

**TABELA 7** - Misturas de casca de tungue (< 5 mm) e casca de arroz carbonizada com vermiculita utilizadas na produção de crisântemo em vaso. O substrato Rendmax Crisântemo foi utilizado como referencial. Faculdade de Agronomia - UFRGS, Porto Alegre (RS), 2001.

Número	Composição	Símbolo
1	6 Casca de Arroz Carbonizada :1Vermiculita superfina (v:v)	CACV
2	7CACV:1casca de tungue	7CACV:1CT
3	3CACV:1casca de tungue	3CACV:1CT
4	1casca de tungue	CT
Referencial	Rendmax Crisântemos – Eucatex Agro	RENDFMAX

A CT e o substrato CACV foram corrigidos com sulfato férrico antes das misturas, conforme resultados obtidos no estudo 3.3.1, e adubados com o fertilizante PG-Mix (Hydro Fertilizantes – 14% N; 7% P; 15% K; 8% S, 0,4% Mg,



0,03% B; 0,2% Mo 0,12% Cu; 0,16%) na dosagem de um grama por litro de substrato. O substrato RENDMAX foi utilizado na sua apresentação comercial.

Com objetivo de caracterizar as misturas, foram realizadas análises físicas e químicas conforme descrito no estudo 3.2.2.

a) Fase de enraizamento e fase vegetativa.

O enraizamento foi conduzido sob método de "transpiração" em regime de dias longos, com iluminação artificial intermitente pelo período das 22 h às 2 h, durante 21 dias. A retirada da cobertura foi realizada ao 10º dia, e a primeira aplicação de redutor de crescimento ( *B-Nine* – *daminozide*  $500 \text{ gL}^{-1}$  - a  $1,5 \text{ gL}^{-1}$  ) um dia após.

O desponte (retirada do broto apical) foi realizado conforme descrito em Gruszynski (2001) ao 17º dia, quando as estacas nos diversos tratamentos apresentavam enraizamento adequado. Esse procedimento foi seguido de irrigação até a saturação do substrato com solução de  $1 \text{ gL}^{-1}$  de nitrato de cálcio comercial (CE  $1,2 \text{ dS m}^{-1}$ ,  $155 \text{ mg L}^{-1}$  de nitrogênio, Hydro Fertilizantes Ltda). Durante esse período, os vasos foram dispostos aleatoriamente sobre a bancada (FIGURA 10).



**FIGURA 10** -Bancada utilizada para enraizamento de estacas de crisântemo nos vasos sob método de 'transpiração'. Faculdade de Agronomia - UFRGS, Porto Alegre (RS), 2001.

b) Fase generativa.

Ao final do 21<sup>o</sup> dia, os vasos foram separados em blocos e transferidos para calhas galvanizadas, cada calha com cinco vasos espaçados entre si em 20 cm, constituindo uma unidade experimental (FIGURA 11). Esses recipientes foram colocados sobre círculos de feltro de poliéster com 2 mm de espessura (Manta de Bidin, BBA *nonwovens*, fone 11 3079 9942). Anteparos de feltro (1 cm de espessura) foram posicionados na calha, entre os vasos, visando a homogeneizar a distribuição da água. Os dias naturalmente curtos (com menos de 12 horas de luz), dispensaram o controle artificial do fotoperíodo com cobertura preta.



**FIGURA 11**– Cultivo de crisântemos em vasos com sub-irrigação e solução nutritiva recirculante. Faculdade de Agronomia - UFRGS, Porto Alegre (RS), 2001.

A irrigação foi realizada por capilaridade em sistema recirculante (“fechado”), com a solução nutritiva (TABELA 4, p. 41) bombeada ao extremo mais elevado da calha, passando por dois filtros, um de discos (Arkal - 300  $\mu$ m) e



outro de fibra de celulose (Kuno - 5  $\mu\text{m}$ ), e recolhida ao final para o reservatório. O sistema era acionado automaticamente, por um temporizador eletrônico, de três a seis vezes ao dia pelo período de um minuto, sendo programado de acordo com as condições meteorológicas.

A solução nutritiva utilizada na irrigação manteve a relação 1:0,3:1,3 estabelecida por Penningsfeld *apud* Vidalie (1983), com 150  $\text{mg L}^{-1}$  de nitrogênio, 49  $\text{mg L}^{-1}$  de fósforo e 195  $\text{mg L}^{-1}$  de potássio, e foi utilizada até o início da abertura dos botões florais. Após esse período utilizou-se água sem adição de nutrientes.

O cultivo foi realizado com luz complementar fornecida por três lâmpadas mistas de 250W suspensas a 1,5 metros acima das plantas, controladas com um relé fotoelétrico e um temporizador, buscando manter luminosidade de um mínimo de 15.000 lux das 7:00h às 18:00 h.

Durante a fase generativa do cultivo, foram realizadas duas aplicações foliares semanais do biofertilizante supermagro (Burg & Mayer, 1999) a 2,5% em mistura de tanque com 4  $\text{mL L}^{-1}$  de Quimifol P30 (5% N, 13,1%  $\text{P}_2\text{O}_5$ ), e três aplicações de regulador de crescimento (*B-Nine*), a primeira na quarta semana, com concentração de 3  $\text{g L}^{-1}$  e a segunda e a terceira aplicação na quinta e na sétima semanas, a 2  $\text{g L}^{-1}$ .

Nos vasos de crisântemo avaliaram-se os parâmetros: qualidade por escala de notas, número de hastes e número de inflorescências por vaso e altura da parte aérea. A qualidade por escala de notas (TABELA 8, FIGURA 12) levou em consideração a auto-sustentação das hastes e a simetria das plantas no vaso (número similar de hastes e inflorescências entre as três plantas do vaso).



A análise de variância e de correlações foi realizada utilizando os programas SAS e SANEST.

**TABELA 8** - Escala de notas para avaliação da qualidade das plantas de crisântemo produzidas em vasos com misturas de casca de tungue e casca de arroz carbonizada com vermiculita (6:1 v:v) e no substrato Rendmax Crisântemo (Eucatex Agro). Faculdade de Agronomia - UFRGS, Porto Alegre (RS), 2001.

Qualidade	Notas	Qualidade dos vasos
Pior ↓ melhor	1	Vasos com uma das plantas com número de inflorescências inferior às demais, plantas com auto-sustentação deficiente.
	5	Vasos com todas as plantas com número similar de inflorescências, porém com auto-sustentação deficiente.
	9	Vasos com todas as plantas com número similar de inflorescências e com auto-sustentação adequada (plantas não pendiam para os lados).



**FIGURA 12** - Escala de notas para avaliação da qualidade das plantas de crisântemo produzidas em vasos com misturas de casca de tungue e casca de arroz carbonizada com vermiculita (6:1 v:v) e no substrato Rendmax Crisântemo (Eucatex Agro). Faculdade de Agronomia - UFRGS, Porto Alegre (RS), 2001.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. Caracterização da casca de tungue.

#### 4.1.1. Estudo 1 - propriedades físicas e químicas da casca de tungue de acordo com a granulometria das partículas.

A CT com seis meses de compostagem apresentou cerca de 80% de partículas menores que 9,5 mm em massa (TABELA 9), com uma quantidade significativa de “pó”, ou seja, partículas menores que 0,5 mm (22% da matéria seca em massa). A fração <4,75 mm apresentava predominantemente fragmentos de fibras do mesocarpo, enquanto partículas entre 4,75 e 9,5 mm eram em grande parte pedaços quebrados de testas de sementes, pedaços do endocarpo e alguns fragmentos do mesocarpo. As partículas maiores que 9,5 mm (11,5%), representaram testa de sementes vazias e partes do mesocarpo pouco decompostas.

**TABELA 9** - Distribuição gravimétrica das partículas da casca de tungue. (n=5). Faculdade de Agronomia - UFRGS, Porto Alegre (RS), 2001.

tamanho da partícula (mm)	% da massa seca	desvio padrão	acumulado %
<0,50	21,8	1,5	21,8
0,50 –1,00	8,5	1,2	30,3
1,00 – 2,00	12,0	1,4	42,3
2,00 – 4,75	22,0	1,3	64,3
4,75 - 9,50	24,2	0,9	88,5
9,50 -16	8,3	2,7	96,8
>16	3,2	3,5	100,0

Entre as propriedades analisadas da CT, apenas o valor de pH não apresentou variação de acordo com a granulometria das partículas, ficando próximo a 7,0 em todas amostras (TABELA 10). Este valor é considerado elevado para muitas plantas, pois reduz a disponibilidade de certos nutrientes, como o ferro e o boro (Handreck & Black, 1999; Styer & Koranski, 1997; Fonteno, 1996).

A salinidade natural apresentada pela CT, avaliada como concentração total de sais solúveis, variou de 0,31 a 0,44 g de sais (como KCl) por litro de substrato (TABELA 10). Estes valores são baixos, e adequados ao cultivo mesmo das espécies mais sensíveis (Penningsfeld, 1983). Elevada correlação com a densidade dos materiais ( $r^2 = 0,97$ ;  $p < 1\%$ ) foi encontrada. Esta relação é esperada, pois a densidade é utilizada na fórmula de cálculo deste parâmetro (Grolli, 1991). A baixa salinidade provavelmente é resultado da forma de compostagem, a céu aberto e com o material exposto à constante lixiviação pela água da chuva. Os valores de condutividade elétrica mostram que uma menor salinidade está relacionada com a presença de partículas maiores, o que é justificado pela menor área superficial relativa disponível às trocas e por um menor grau de decomposição/humificação.

Os valores de CTC de todas as frações (TABELA 10) são considerados adequados ao cultivo (Fonteno, 1996; Handreck & Black, 1999). Diferenças significativas podem ser observadas entre o tratamento 4,75-9,5 mm, com predominância de testas de semente e os tratamentos <4,75 mm e 9,5-16 mm, com maior quantidade de fibras do mesocarpo. A fração 4,75-9,5 apresenta maior quantidade de fragmentos da testa das sementes, mais lenhosos e de mais difícil decomposição. O menor grau de humificação resulta em menor quantidade relativa de colóides orgânicos e menor CTC.

O método de análise utilizado (Tedesco *et al.* 1995), pela qual o material é moído e peneirado em malha 2 mm, justifica o valor de CTC similar encontrado nas frações 9,5-16 mm e <4,75. O esperado seria uma menor CTC em 9,5-16 mm, onde encontramos partículas maiores, com menor área de contato para trocas.

**TABELA 10** - Salinidade, valor de pH e capacidade de troca de cátions (CTC) das frações granulométricas da casca de tungue (n=2). Faculdade de Agronomia - UFRGS, Porto Alegre (RS), 2001.

Fração Granulométrica	Salinidade (1:10 m:v)		pH H <sub>2</sub> O (1:2,5)	CTC cmolc L <sup>-1</sup> (pH natural)
	como g de KCl L <sup>-1</sup> substrato	Condutividade Elétrica dS m <sup>-1</sup> (25°C)		
< 4,75 mm	0,44 a	0,200 a	7,0 ±0,0	499 a
4,75- 9,5 mm	0,39 b	0,198 a	7,0 ±0,0	395 b
9,5- 16 mm	0,31 c	0,175 b	7,1 ±0,0	513 a
<9,5 mm	0,44 a	0,193 a	7,0 ±0,0	479 ab
<30 mm ("como recebido")	0,43 a	0,189 ab	7,0 ±0,0	457 ab

Médias seguidas de mesma não diferem entre si pelo teste Tukey (p<5%)

A casca de tungue apresentou relação C:N de 28:1, indicando que provavelmente a imobilização de nitrogênio por microorganismos não é uma restrição à utilização da CT como substrato. Segundo Handreck & Black (1999), em valor próximo a 30:1 compostos orgânicos irão, na maior parte dos casos, prover nitrogênio suficiente para que não haja imobilização pelos microorganismos responsáveis pela decomposição. Autores como Kalburtji *et al.* (1999), ressaltam, no entanto, que a relação C:N é uma referência válida, porém relações C:N baixas não indicam, necessariamente, que o resíduo é de rápida decomposição, liberando assim grandes quantidades de nutrientes. Segundo eles, a velocidade de decomposição é muito dependente da composição orgânica; altas concentrações de fenóis, como lignina e tanino, tornam o processo lento, pois polifenóis são de degradação mais demorada que polímeros de carboidratos.

A lenta decomposição da CT sugere a presença de polifenóis em sua composição.

A casca de tungue (< 30 mm) apresentou teores totais de 13 g kg<sup>-1</sup> de N, 0,7 g kg<sup>-1</sup> de P e 30 g kg<sup>-1</sup> de K (TABELA 11). Gengling (2001) cita valores de 10 g kg<sup>-1</sup> de N, 0,8 g kg<sup>-1</sup> de fósforo e 70 g kg<sup>-1</sup> de potássio na matéria seca da casca de tungue, quantidades referentes ao material não exposto a processo de decomposição. O menor teor de potássio mensurado em CT decomposta sugere a possibilidade de ter havido uma maior perda relativa deste elemento por lixiviação durante o processo de compostagem. Kalburtji *et al.* (1999), em trabalho com resíduos de *Lespedeza cuneata*, constaram ser o potássio facilmente lixiviado, correlacionando a redução no seu teor com a precipitação ocorrida no período.

O efeito do tamanho das partículas é mais evidente nas propriedades físicas (TABELA 12). Avaliando-se as frações <4,75 mm; 4,75-9,5 mm e 9,5-16 mm verifica-se que o maior fracionamento, ou seja, a divisão em partículas menores, aumentou a porosidade total (PT), que variou entre 0,72 e 0,94 cm<sup>3</sup> cm<sup>-3</sup>. A densidade, com valores entre 151 e 179 kg m<sup>-3</sup>, teve relação inversa com a PT. O esperado seria uma maior densidade com a menor porosidade, ou seja, com o maior volume de sólidos por volume. Esse resultado sugere que o método de avaliação da porosidade não foi eficiente na mensuração dos poros internos das partículas maiores, especialmente dos fragmentos do mesocarpo. Estes fragmentos, presentes em maior quantidade em 9,5-16mm, devem ter permanecido com ar entre as fibras no momento da saturação, fazendo com que este parâmetro fosse subestimado.



**TABELA 11** - Umidade, cinzas e teores totais de nutrientes na casca de tungue (< 30mm) após seis meses de decomposição a céu aberto. Na terceira coluna os valores foram transformados para teores em volume através da multiplicação pela densidade seca da amostra ( $197 \text{ g L}^{-1}$ ) (n=2).. Faculdade de Agronomia - UFRGS, Porto Alegre (RS), 2001.

Avaliações	em massa seca	em volume
Cinzas	150 $\text{g kg}^{-1}$	29,5 $\text{g L}^{-1}$
Carbono orgânico	370 $\text{g kg}^{-1}$	72,9 $\text{g L}^{-1}$
Nitrogênio	13 $\text{g kg}^{-1}$	2,6 $\text{g L}^{-1}$
Fósforo	0,7 $\text{g kg}^{-1}$	0,14 $\text{g L}^{-1}$
Potássio	30 $\text{g kg}^{-1}$	5,9 $\text{g L}^{-1}$
Cálcio	4,7 $\text{g kg}^{-1}$	0,93 $\text{g L}^{-1}$
Magnésio	3,2 $\text{g kg}^{-1}$	0,63 $\text{g L}^{-1}$
Enxofre	0,6 $\text{g kg}^{-1}$	0,12 $\text{g L}^{-1}$
Ferro	4 $\text{g kg}^{-1}$	0,79 $\text{g L}^{-1}$
Cobre	16 $\text{mg kg}^{-1}$	3,2 $\text{mg L}^{-1}$
Zinco	49 $\text{mg kg}^{-1}$	9,7 $\text{mg L}^{-1}$
Manganês	207 $\text{mg kg}^{-1}$	41 $\text{mg L}^{-1}$
Sódio	396 $\text{mg kg}^{-1}$	78,4 $\text{mg L}^{-1}$
Boro	52 $\text{mg kg}^{-1}$	10,3 $\text{mg L}^{-1}$
Umidade - amostra seca a 75 °C	1,37 $\text{kg kg}^{-1}$ (58 %)	270 $\text{g L}^{-1}$

Os nutrientes e cinzas são expressos com base no material seco.

**TABELA 12** - Valores de densidade seca (DS), porosidade total (PT), espaço de aeração (EA), água disponível (AD) e água remanescente ( $AR_{100}$ ) nas frações granulométricas da casca de tungue (n=2). Faculdade de Agronomia - UFRGS, Porto Alegre (RS), 2001.

Fração Granulométrica	DS $\text{kg m}^{-3}$	PT $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$	EA $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$	AD $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$	$AR_{100}$ $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$
< 4,75 mm	179 a	0,94 a	0,37 ab	0,21 a	0,35 ab
4,75-9,5 mm	163 b	0,85 a	0,44 a	0,08 d	0,33 b
9,5-16 mm	151 b	0,72 b	0,34 b	0,10 c	0,28 c
<9,5 mm	184 a	0,90 a	0,38 ab	0,14 b	0,37 ab
<30 mm ("como recebido")	178 a	0,89 a	0,38 ab	0,14 b	0,38 a

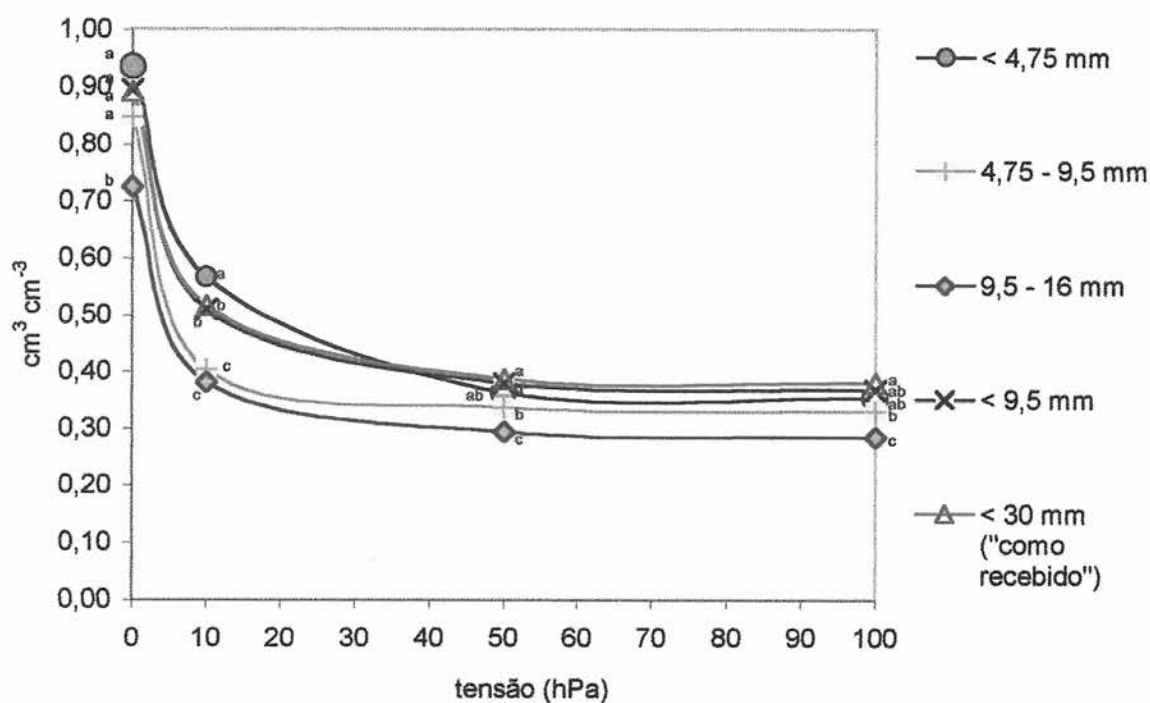
Médias seguidas de mesma não diferem entre si pelo teste Tukey ( $p < 5\%$ )  
Valores em itálico podem estar subestimados pelo método utilizado.

A análise das frações <30 mm, <9,5 mm e < 4,75 mm sugere que a retirada das partículas maiores reduz a retenção de água em microporos, com



aumento da água disponível. As curvas de liberação de água da CT <9,5 mm e <30 mm foram, no entanto, muito parecidas. A pequena quantidade de partículas >9,5 mm (11,5% em massa) não foi suficiente para alterar este padrão (FIGURA 13).

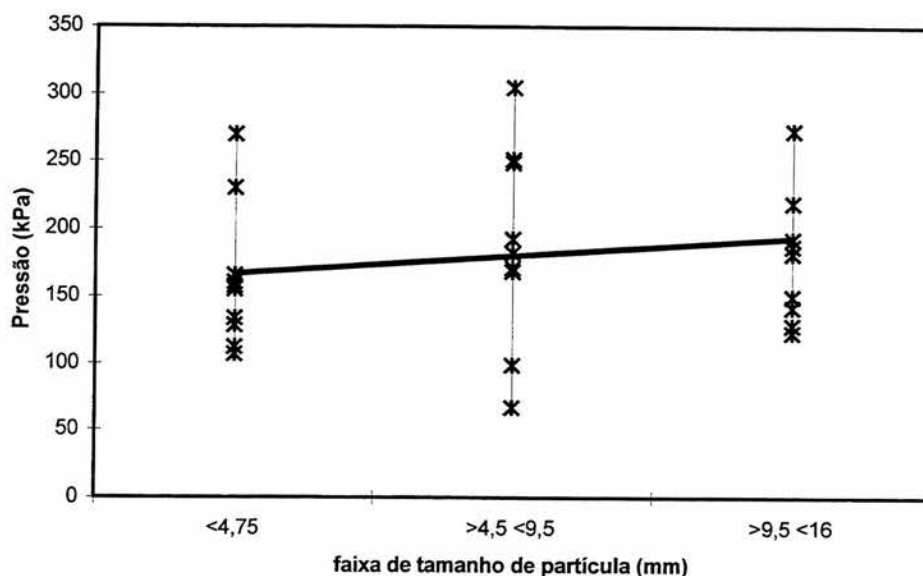
A impedância mecânica da CT em todos os tratamentos, nas densidades avaliadas em laboratório, pode ser considerada como intermediária pelo Soil Survey Manual (USDA, 1993), variando entre 162 kPa e 212 kPa (TABELA 13). Houve aumento na média dos valores mensurados de resistência à penetração com o aumento do tamanho da partícula. Maior amplitude entre as medições foi observada em 4,75-9,5 mm, onde grande parte dos fragmentos rígidos da testa das sementes estava presente (FIGURA 14).



**FIGURA 13** - Curvas de liberação de água conforme as frações granulométricas da casca de tungue (n=2).. Médias separadas pelo teste Tukey (p<5%). Faculdade de Agronomia - UFRGS, Porto Alegre (RS), 2001.

**TABELA 13.** Efeito do tamanho da partícula da casca de tungue na impedância mecânica, avaliada em vasos de 10 cm altura (470 mL), com 5 cm de penetração (sonda cônica de 6 mm de diâmetro, *Chatillon Digital Force Gauge*, modo "peak C" ). Faculdade de Agronomia - UFRGS, Porto Alegre (RS), 2001.

Média(n=10)	<4,75 mm	4,5-9,5mm	9,5-16mm	>9,5mm	>30mm
Densidade seca (kg cm <sup>-3</sup> )	179	163	151	184	178
Impedância mecânica (kPa)	162,01	187,67	174,57	195,96	211,73



**FIGURA 14 -** Amplitude de variação da impedância mecânica em kPa de acordo com o tamanho da partícula da casca de tungue, avaliada em vasos de 10 cm altura (470 mL), com 5 cm de penetração (sonda cônica de 6 mm de diâmetro, *Chatillon Digital Force Gauge*, modo "peak C" ). Faculdade de Agronomia - UFRGS, Porto Alegre (RS), 2001.

Elevada umidade após drenagem a 100hPa é uma característica da CT. De acordo com Bierbaum *et al.* (1999), elevada capacidade retenção de água é uma possível vantagem para reduzir a perda de água e nutrientes por lixiviação. No entanto, a excessiva retenção de água em microporos pode limitar a utilização da CT em recipientes rasos ou *plugs*. Os resultados obtidos indicam a necessidade de misturar CT com materiais de melhor drenagem, como a casca de arroz carbonizada, para melhorar esta característica limitante.

#### **4.1.2. Estudo 2 – resposta vegetal aos substratos com casca de tungue.**

##### **4.1.2.1. Enraizamento de estacas de crisântemo.**

Os valores de pH das misturas de CT e CAC situaram-se entre 6,0 e 7,1. O referencial CACV apresentou valor 6,8 (TABELA 14). O valor de pH nas misturas foi tamponado pela CT, que exerceu maior influência nesta característica química que a CAC. Isso pode ser explicado pela maior capacidade de troca de cátions (CTC) da casca de tungue (400 a 500  $\text{cmol}_c \text{L}^{-1}$  a pH 7,0) em comparação com CAC. Fermino *et al.* (2000) encontraram CTC de 2,48  $\text{cmol}_c \text{L}^{-1}$  para CAC (pH 6,6).

A salinidade, avaliada pelo teor total de sais solúveis (TTSS) em  $\text{gL}^{-1}$  como KCl, situou-se entre 0,65 e 1,62 (TABELA 14), sendo os valores inferiores referentes à CAC e os superiores à CT. Estes valores, mais elevados que os normalmente encontrados nestes materiais, são devidos ao corretivo utilizado (ácido sulfúrico 0,05 M; 12,5  $\text{mL L}^{-1}$  de CT e 7,7  $\text{mL L}^{-1}$  de CAC e CACV). A CAC e CT, antes da correção, apresentavam 0,90 e 0,48  $\text{gL}^{-1}$  como KCl, respectivamente. O referencial CACV apresentou concentração salina de 1,07  $\text{g L}^{-1}$ . Comportamento similar foi verificado na avaliação da salinidade através da condutividade elétrica, com valores entre 0,33  $\text{dS m}^{-1}$ , para 1CAC, e 0,56  $\text{dS m}^{-1}$ , para 1CT (TABELA 14).

Foram encontrados valores de densidade seca entre 142 e 208  $\text{kg m}^{-3}$ , para CAC e CT respectivamente. Não houve correlação entre a densidade e a porosidade total, como propõem Hannan *et al.* (1981), sugerindo que o aumento na densidade está relacionado com uma maior densidade de partícula de CT em relação à CAC. O referencial CACV apresentou densidade de 157  $\text{kg m}^{-3}$

(TABELA 15). Todos os valores são baixos e adequados para o cultivo em recipientes de volume e altura reduzida (Kämpf, 2000a).

**TABELA 14-** Características químicas das misturas de casca de tungue (CT) com casca de arroz carbonizada (CAC) e do referencial CACV (6 CAC:1 vermiculita superfina v:v); referencial não incluído na análise de regressão. [n=2]. Faculdade de Agronomia - UFRGS, Porto Alegre (RS), 2001.

Substrato	%CT	Salinidade (1:10 m:v)		pH H <sub>2</sub> O (1:2,5)
		como g KCl L <sup>-1</sup> de substrato	condutividade elétrica dS m <sup>-1</sup> (25°C)	
CT	100	1,62	0,562	6,0
3 CT:1CAC	75	1,34	0,483	6,1
1 CT:1CAC	50	1,12	0,453	6,3
1 CT:3CAC	25	1,01	0,421	6,5
CAC	0	0,65	0,335	7,3
R <sup>2</sup>	-	0,98	0,96	0,97
p>F	-	0,0001	0,0002	0,0002
resposta	-	Linear	Linear	Quadr.
<b>CACV (referencial)</b>	<b>0</b>	<b>1,07</b>	<b>0,361</b>	<b>6,8</b>

**TABELA 15-** Densidade seca (DS), porosidade total (PT), espaço de aeração (EA); água disponível (AD) e água remanescente (AR<sub>100</sub>) das misturas de casca de tungue (CT) com casca de arroz carbonizada (CAC) e do referencial CACV (6 CAC:1 vermiculita superfina v:v). Referencial não incluído na análise de regressão. [n=2]. Faculdade de Agronomia - UFRGS, Porto Alegre (RS), 2001.

Substrato	% de CT	DS kg m <sup>-3</sup>	PT cm <sup>3</sup> cm <sup>-3</sup>	EA cm <sup>3</sup> cm <sup>-3</sup>	AD* cm <sup>3</sup> cm <sup>-3</sup>	AR <sub>100</sub> cm <sup>3</sup> cm <sup>-3</sup>
CT	100	208	0,93	0,35	0,18	0,39
3 CT:1CAC	75	194	0,92	0,45	0,15	0,32
1 CT:1CAC	50	178	0,87	0,44	0,16	0,27
1 CT:3CAC	25	164	0,89	0,47	0,21	0,21
CAC	0	142	0,91	0,58	0,17	0,16
R <sup>2</sup>	-	0,99	0,64	0,85	-	0,99
p>F	-	0,0001	0,01	0,0003	>0,5	0,0001
resposta	-	Linear	Quadr.	Linear	-	Linear
<b>CACV (referencial)</b>	<b>0</b>	<b>157</b>	<b>0,85</b>	<b>0,51</b>	<b>0,17</b>	<b>0,17</b>

\* análise de regressão para AD somente com as misturas contendo CT; R<sup>2</sup> = 0,99; p<5%, quadrática.

Os dados referentes à resposta de liberação de água (TABELA 15), revelam relações diretas entre o aumento do teor de CT e o aumento da água retida em microporos, com redução no espaço de aeração.

A densidade de empacotamento das misturas nos *plugs* (dados não apresentados) teve correlação com a determinação em laboratório ( $r^2 = 0,94$ ;  $p < 1\%$ ), demonstrando a validade do método em estimar a variação deste parâmetro. Os valores foram em média 30,5% inferiores nos *plugs*, o que provavelmente está relacionado à dificuldade de acomodação do substrato devido ao efeito das paredes do recipiente, em forma de pirâmide invertida.

Os valores de espaço de aeração, avaliados no *plug*, variaram entre  $0,21 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$  em 1CAC e  $0,35 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$  em 1CT (variação linear,  $R^2 = 0,91$ ;  $p < 1\%$ ). A determinação no *plug* foi correlacionada positivamente com a avaliação em laboratório ( $r^2 = 0,78$ ;  $p < 1\%$ ). Os valores de espaço aeração encontrados no *plug* são adequados ao cultivo de crisântemos. Paul & Lee (1976), em seu estudo relacionado à produção de crisântemos em diferentes condições de EA, concluíram que um valor entre 10 e 15% em volume já propicia condições adequadas para o desenvolvimento desta espécie.

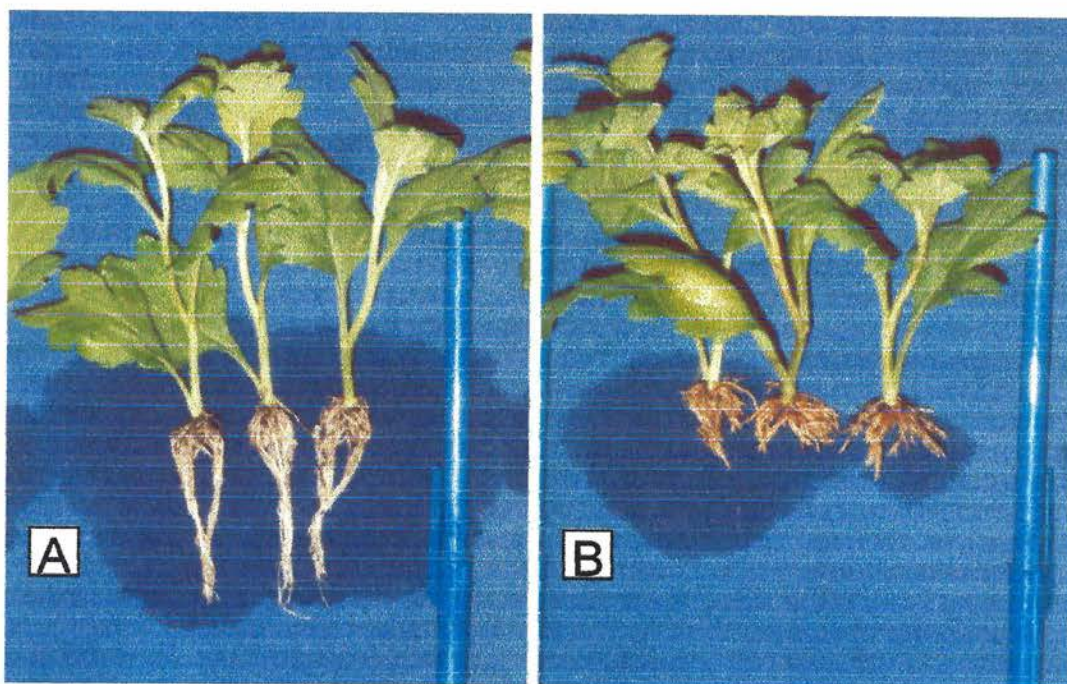
O percentual de estacas com emissão de raízes e com condições de transplante foi de 100%, indicando que o método de 'transpiração' é eficiente. Não houve relação entre os parâmetros de desenvolvimento avaliados e a massa inicial das unidades experimentais, indicando que a classificação das estacas para a formação dos blocos foi adequada e que o tempo de cultivo foi suficiente para que diferenças se tornassem sem significância.

Plantas enraizadas no substrato referencial CACV apresentaram desempenho similar a 1CAC ( $p < 5$ ).

A morfologia das raízes nos substratos que continham CT foi diferente da apresentada no referencial e em 1CAC. Na CT as raízes desenvolveram-se em maior número, mas foram mais curtas e mais escuras (FIGURAS 15 e 16),

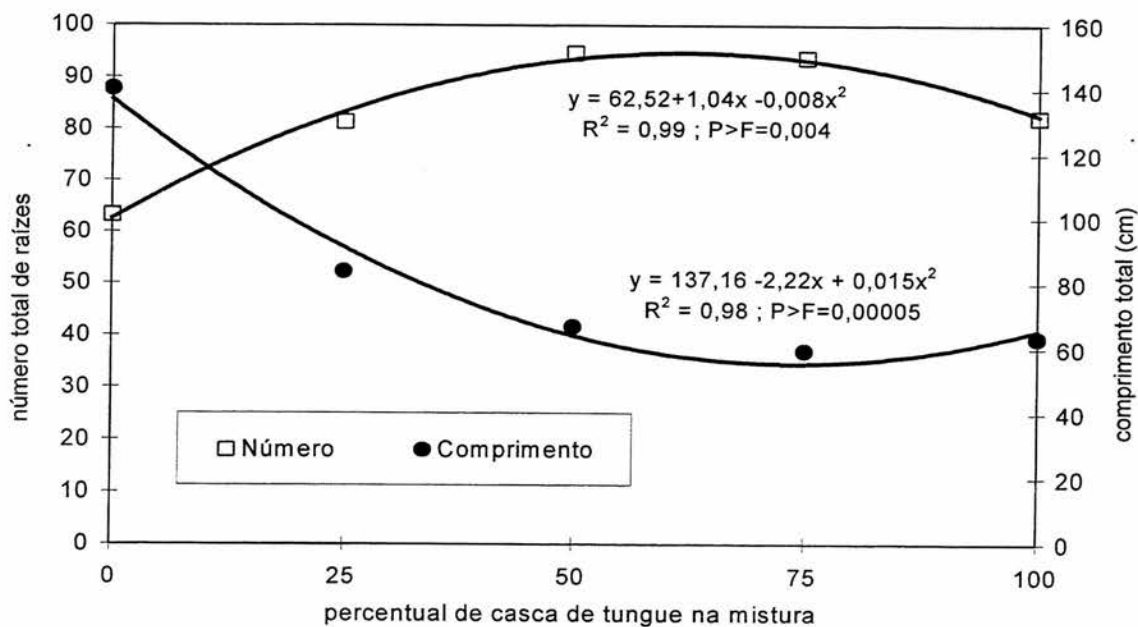


não preenchendo totalmente o torrão. Houve também uma maior propensão à oxidação (escurecimento) dos tecidos da raiz após um período fora da água nos tratamentos com CT (fator não quantificado). Isto indica a presença de compostos que interferem no desenvolvimento do sistema de raízes. Um sistema de raízes mais denso e compacto, como o desenvolvido na presença da CT, pode facilitar a operação de transplante e ser favorável ao cultivo. O comprimento máximo do sistema de raízes foi inversamente relacionado com o número de raízes ( $r^2 = -0,63$ ;  $p > |r^2| = 0,001$ ).



**FIGURA 15** - Sistema de raízes desenvolvido em (A) casca de arroz carbonizada e na (B) mistura contendo 25%, em volume, de casca de tungue . Faculdade de Agronomia - UFRGS, Porto Alegre (RS), 2001.





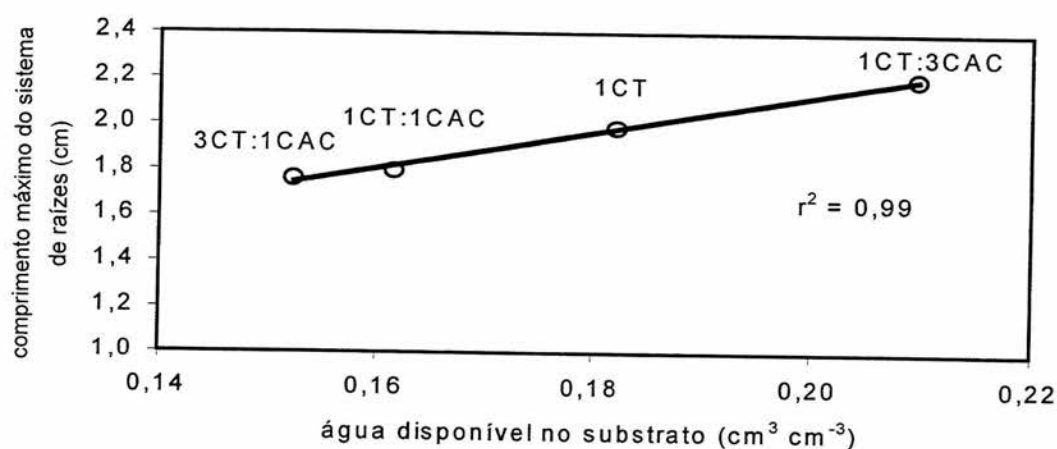
**FIGURA 16** - Número total e comprimento total estimado de raízes nas estacas enraizadas em misturas de casca de tungue e casca de arroz carbonizada. [n=40]. Faculdade de Agronomia - UFRGS, Porto Alegre (RS), 2001.

Entre as misturas contendo CT (1CT, 3CT:1CAC, 1CAC:1CT e 1CT:3CAC) o tratamento com 25% de CT apresentou desempenho superior considerando o comprimento máximo do sistema de raízes e comprimento total de raízes. Não foi constatada diferença no comprimento da parte aérea.

As variações do valor de pH, da salinidade, da densidade, da porosidade total, do espaço de aeração e da água retida em microporos não foram suficientes ( $|r^2| < 0,5$ ) para explicar, por sua ação isolada, as diferenças encontradas na formação de biomassa de raízes das estacas de crisântemo.

A variação das médias do comprimento máximo do sistema de raízes depende ( $r^2=0,99$ ;  $p < 1\%$ ) da disponibilidade de água a tensões entre 10 e 100hPa (água disponível), havendo aumento do comprimento do sistema de raízes à medida que aumentou a água disponível nos substratos contendo CT (FIGURA

17). Isto indica a forte atuação deste fator no desenvolvimento das raízes e concorda com Hartmann *et al* (1997), que ressaltam a importância da disponibilidade de água livre no substrato durante a fase de enraizamento. Pode ser levantada a hipótese de, nas misturas com CT, a solução do substrato estar saturada com os compostos fitotóxicos presentes no tungue. Desta forma haveria um aumento da concentração de compostos fitotóxicos na rizosfera à medida que ocorresse a absorção de água pelas plantas. Nas misturas com menor água disponível, a água retirada pela planta seria suprida mais lentamente pelas regiões do substrato com maior conteúdo de umidade, o que poderia elevar a concentração de compostos fitotóxicos na rizosfera em relação aos materiais com maior água disponível.



**FIGURA 17** - Relação entre comprimento máximo do sistema de raízes e água disponível nos substratos com casca de tungue. Faculdade de Agronomia - UFRGS, Porto Alegre (RS), 2001.

#### 4.1.2. Cultivo pós-enraizamento

Mudas de crisântemo provenientes dos tratamentos 1CT e 1CAC, apesar das diferenças morfológicas iniciais apresentadas no sistema de raízes, não diferiram quanto ao comprimento máximo do sistema de raízes, comprimento

da parte aérea, massa fresca e seca da parte aérea e das raízes (TABELA 16). As estacas enraizadas em 1CT foram mais fáceis de ser transplantadas e suas raízes, mais numerosas, distribuíram-se melhor no substrato (propriedade não quantificada). As raízes das estacas enraizadas em CAC, mais longas no momento do transplante, tenderam a ficar agrupadas no centro do vaso, o que pode ter gerado maior competição por nutrientes entre raízes da mesma planta.

**TABELA 16** - Parâmetros de avaliação da formação de biomassa de estacas enraizadas em casca de arroz carbonizada e cultivadas em argila expandida (<5mm) por 21 dias. [n=8]. Faculdade de Agronomia - UFRGS, Porto Alegre (RS), 2001.

Substrato de Enraizamento	Raiz			Parte Aérea		
	Massa fresca g	Massa seca g	Comprimento máximo do sistema de raízes cm	Massa fresca g	Massa seca g	Altura cm
CT	5,3	0,23	9,2	23,7	1,90	19,8
CAC	4,9	0,22	8,5	24,5	1,91	19,6
p>F	0,44	0,48	0,10	0,65	0,93	0,78
CV (%)	17,3	14,6	8,0	13,8	14,3	7,3

#### 4.2.3. Estudo 3 - análise qualitativa para detecção de compostos fenólicos.

As análises qualitativas com FeCl<sub>3</sub>, KOH e solução de gelatina, realizadas em CT com um mês de decomposição, detectaram a presença de substâncias fenólicas, entre elas tanino (FIGURA 18). A coloração esverdeada em presença do cloreto férrico indica serem os taninos condensados, derivados da catequina. Santos & Mello (1999) afirmam que os taninos condensados ou proantocianidinas são encontrados em diversas espécies de gimnospermas e angiospermas.

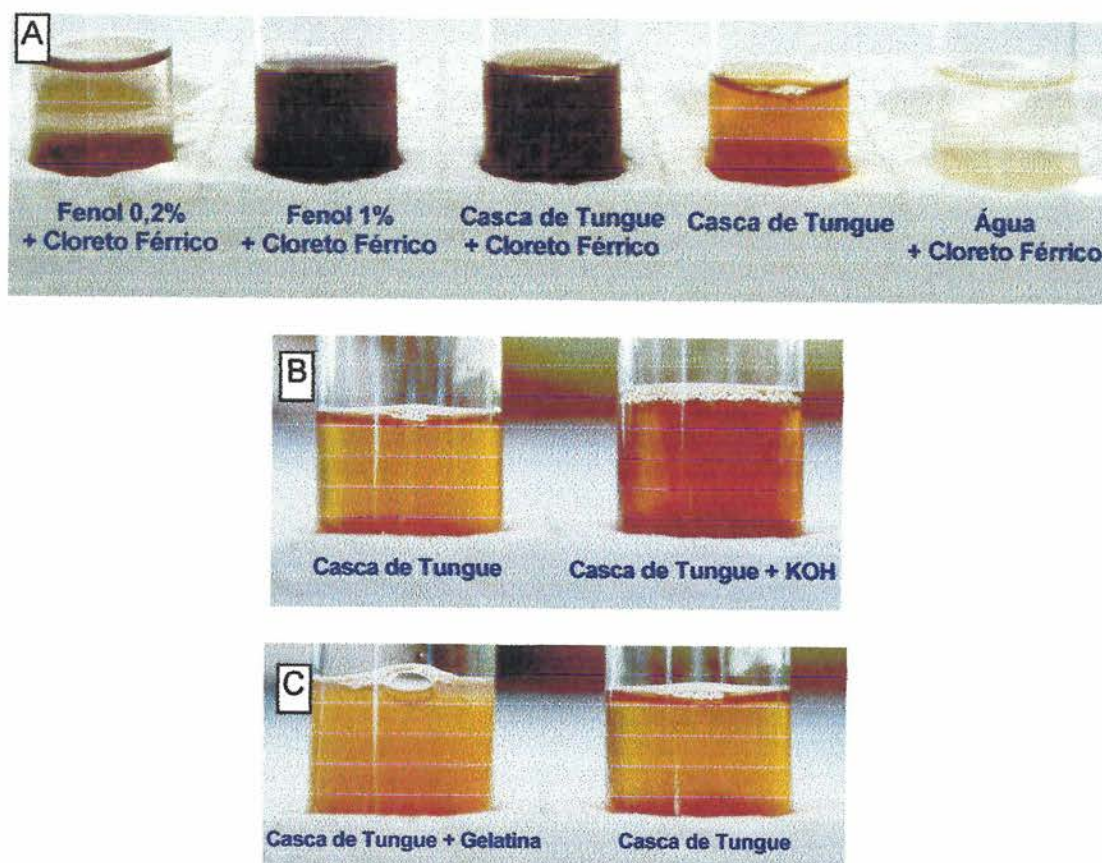


FIGURA 18 - Reação do extrato de casca de tungue na presença de (A) cloreto férrico ( $\text{FeCl}_3$ ) a 1%, (B) hidróxido de potássio (KOH) a 3% e (C) solução de gelatina a 1%, indicando a presença de compostos fenólicos, inclusive taninos. Faculdade de Agronomia - UFRGS, Porto Alegre (RS), 2001.

Não foi possível detectar este grupo de substâncias no material decomposto por seis meses a céu aberto, que estava armazenado por nove meses em sacos plásticos. Este resultado sugere uma redução na concentração com a maior decomposição do material e pela exposição a condições de lixiviação pela chuva. Yates & Rogers (1981) verificaram a redução no teor de compostos fenólicos da casca de coníferas com o tempo de compostagem, havendo menor inibição da germinação de alface e maior crescimento de crisântemos com a redução no teor de polifenóis. Ortega *et al.* (1996), analisando a utilização de casca de *Quercus suber* como componente para substratos, constataram a



interferência deste tipo de compostos no desenvolvimento de diversas espécies hortícolas.

Segundo Booman (2000), a serragem de sequóia da Califórnia (*Sequoia sempervirens*), utilizada em substratos, é freqüentemente fitotóxica devido ao seu teor de tanino solúvel; os taninos solúveis em alta concentração inibem o crescimento da ponta das raízes e, se translocados dentro do caule, as nervuras das folhas tornam-se escuras. Sintomas similares aos descritos acima foram observados nas plantas de crisântemo desenvolvidas na presença de CT (FIGURA 19).

Lege *et al.*, analisando compostos fenólicos em genótipos de algodão, destacam que além dos taninos condensados, os ácidos fenólicos precursores desta substância podem estar presentes em concentrações consideráveis nos tecidos vegetais, sendo também possíveis responsáveis por efeitos atribuídos exclusivamente aos seus derivados metabólicos.



**FIGURA 19** - Escurecimento das nervuras nas folhas de crisântemo desenvolvido em substrato com 100% de casca de tungue. Faculdade de Agronomia - UFRGS, Porto Alegre (RS), 2001.

Os resultados obtidos e as referências encontradas em literatura sugerem que a resposta das plantas de crisântemo à CT nas misturas avaliadas no experimento anterior está ligada à presença de compostos fenólicos existentes nesse material.

#### 4.2. Resposta vegetal ao tratamento da casca de tungue com sulfato de ferro e mistura com vermiculita.

##### 4.2.1 Estudo 1 – enraizamento de crisântemos em casca de tungue tratada com sulfato de ferro e misturada com vermiculita.

Os valores de pH das misturas avaliadas ficaram entre 5,4 e 5,9 (TABELA 17), com valores superiores encontrados na ausência de sulfato de ferro III (sulfato férrico). Estes valores encontram-se próximos à faixa 5,5 e 6,0, recomendada por Ball & Higgins (1998) para produção de crisântemos em substratos sem solo mineral.

**TABELA 17** - Valores de pH e salinidade expressa como a concentração de KCl em gramas por litro de substrato (TTSS) nas misturas de casca de tungue (CT) com vermiculita (V) e com sulfato de ferro (Fe) e em CACV (mistura de casca de arroz carbonizada e vermiculita; 6:1, v:v), utilizada como referencial. [n=2]. Faculdade de Agronomia - UFRGS, Porto Alegre (RS), 2001.

	Sem vermiculita		Com vermiculita		referencial
	Com sulfato de ferro	Sem sulfato de ferro	Com sulfato de ferro	Sem sulfato de ferro	CACV
PH	5,6 b	5,9 c	5,4 a	5,9 c	5,6
Salinidade	3,00 d	1,72 b	2,66 c	1,57 a	1,86

Interação sulfato de ferro x vermiculita significativa ( $p < 1\%$ )  
Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey ( $p < 1\%$ ),  
CACV não incluída na análise

O sulfato de ferro e o ácido sulfúrico atuaram na elevação da salinidade do substrato, tendo-se encontrado valores de salinidade de até  $3 \text{ gL}^{-1}$  (TABELA 17). O sulfato de ferro teve maior influência nesse fator. O referencial apresentou



o menor valor de salinidade, devido principalmente à menor quantidade de corretivo utilizado ( $0,35 \text{ g L}^{-1}$  de sulfato de ferro). A salinidade de CT antes da correção era de  $1,36 \text{ g L}^{-1}$ .

A análise de nutrientes disponíveis em CT, avaliados em extrato de pasta saturada, apresentou níveis de nitratos e de potássio considerados muito altos, fósforo em nível alto e cálcio e magnésio em níveis baixos, considerando os valores de referência da Universidade de Michigan (Bailey *et al.*, 2000a). (TABELA 18). A condutividade elétrica do extrato ( $25^\circ \text{ C}$ ) foi  $4,14 \text{ dS m}^{-1}$ , valor restritivo para cultivos em *plugs* segundo Styer & Koranski (1997). Este valor é superior ao encontrado no estudo das diferentes frações granulométricas (estudo 4.4.1, p. 55), indicando o estado mais avançado de decomposição deste material. As características físicas, no entanto, não apresentam alteração. A maior salinidade encontrada nesta sub-amostra pode ser explicada pela ausência de lixiviação na CT durante o armazenamento em sacos plásticos (12 meses), visto que ambas as sub-amostras fazem parte da mesma amostra, homogeneizada antes do início dos trabalhos. O estudo da granulometria, no entanto, foi realizado logo após o período de compostagem a céu aberto, quando CT estava sujeita a constante perda de sais pela água da chuva.

**TABELA 18** - Macronutrientes minerais de CT avaliados em extrato de pasta saturada. Laboratório de Análises, Departamento de Solos. UFRGS, Porto Alegre (RS). (n=2)

Nutrientes	mg L <sup>-1</sup>
Nitrogênio N- $\text{NH}_4^+$	1,2
Nitrogênio N- $\text{NO}_3^- + \text{NO}_2^-$	322
Fósforo - P	18
Potássio - K	1500
Cálcio - Ca	33
Magnésio - Mg	3,3

O valor original, fornecido em  $\text{PO}_4^{-3}$ , foi convertido em P pela multiplicação por 0,33, referente à massa molecular relativa do átomo fósforo.

Os substratos contendo CT não apresentaram diferenças significativas ( $p < 1\%$ ) em relação à densidade seca, porosidade total e água remanescente ( $AR_{100}$ ). Os valores médios de densidade ( $193 \text{ kg m}^{-3}$ ) e de porosidade total ( $0,91 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ ) estão dentro das faixas de densidade (60 a  $250 \text{ kg m}^{-3}$ ) e porosidade total ( $0,85$  a  $0,95 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ ) recomendadas por Armstrong & McIntyre (2000) para misturas de enraizamento de flores de corte (TABELA 19).

**TABELA 19** - Valores de densidade seca (DS), porosidade total (PT), espaço de aeração (EA), água disponível (AD) e água de microporos ( $AR_{100}$ ) nas misturas de casca de tungue (CT) com vermiculita (V) e com sulfato de ferro (Fe) e em CACV (mistura de casca de arroz carbonizada e vermiculita; 6:1, v:v), utilizada como referencial. (n=2). Faculdade de Agronomia - UFRGS, Porto Alegre (RS), 2001.

Fator	Tratamentos	DS $\text{kg m}^{-3}$	PT $\text{cm}^3 \text{ cm}^{-3}$	EA $\text{cm}^3 \text{ cm}^{-3}$	AD $\text{cm}^3 \text{ cm}^{-3}$	$AR_{100}$ $\text{cm}^3 \text{ cm}^{-3}$
$\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$	CT e CTV	192 a	0,91 a	-	0,18 a	0,38 a
	CTFe e CTFeV	195 a	0,92 a		0,18 a	0,37 a
Vermiculita	CT e CTFe	191 A	0,91 A	-	0,16 B	0,37 A
	CTV e CTFeV	196 A	0,92 A		0,20 A	0,38 A
$\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ X Vermiculita	CT	NS	NS	0,39 a	NS	NS
	CTFe			0,38 a		
	CTV			0,32 b		
	CTFeV			0,36 ab		
CV	-	2,1%	0,5%	2,0%	5,0%	1,8%
referencial	CACV	142	0,87	0,54	0,15	0,18

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste  $t$  (fatores isolados) e teste Tukey (interação),  $p < 1\%$   
NS = diferença não significativa pelo teste  $t$ ,  $p < 1\%$

O espaço de aeração, entre  $0,32$  e  $0,39 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ , foi elevado em todas as misturas, tendo sido encontrados valores inferiores ( $0,32$  e  $0,36 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ ) nos tratamentos com vermiculita. Demonstra-se redução no espaço de aeração e aumento na água disponível com a adição desse condicionador à CT (TABELA 19). Milks *et al.* (1989), estudando misturas de turfa e vermiculita, constataram o inverso do apresentado neste experimento, com o aumento do espaço de aeração e redução na água disponível com o aumento da proporção de vermiculita na mistura. Essas mudanças estavam também associadas a uma redução na porosidade total e aumento na água indisponível (retida a tensão

maior que 1,5 MPa). Esses autores utilizaram vermiculita com partículas menores que 0,63 mm. O condicionador utilizado no presente estudo, em misturas com CT, apresentava apenas 6,5% das partículas menores que 0,71 mm (em massa).

O percentual de enraizamento foi de 97,8%, com a morte de seis estacas no tratamento 1CT e duas no tratamento 1CTFeV.

O tratamento com sulfato de ferro foi eficiente no aumento do comprimento máximo do sistema de raízes (TABELA 20), sugerindo ação deste tratamento sobre os compostos fenólicos presentes em CT. Resultados similares são descritos por Booman (2000), que faz referência à utilização de sulfato de ferro em serragem de sequóia para composição do substrato UC, da Universidade da Califórnia. Segundo esse autor, essa substância reage com o tanino solúvel presente neste material, precipitando-o. O tanino em concentração elevada, de acordo com Booman (2000), inibe o crescimento da ponta das raízes.

Outros autores relatam a ação de fenóis no desenvolvimento vegetal. Weaver (1972) sugere que compostos fenólicos, como os ácidos cafeico e clorogênico e o catecol, interagem com as auxinas para induzir a iniciação das raízes. Taiz & Zeiger, no entanto, afirmam que os ácidos cafeico e ferúlico podem atuar como inibidores de germinação e crescimento e Einhelig *et al. apud* Kramer & Boyer (1995) verificaram que o tratamento de raízes de sorgo com compostos fenólicos (ácido ferúlico ou cumárico) reduziu a absorção de água e aumentou o estresse hídrico. Ortega *et al.* (1996), tornando mais clara a questão, sugerem que a ação inibidora ou estimuladora de desenvolvimento vegetal dos compostos fenólicos está diretamente relacionada a sua concentração.

No ensaio de raízes divididas, o efeito positivo do tratamento da CT com sulfato de ferro no desenvolvimento das raízes pôde ser verificado em análise visual (FIGURA 20).

As estacas enraizadas nas misturas contendo vermiculita tiveram um comprimento médio de 4,14 cm, superior às estacas em CT e CTFe, com média de 2,69 cm (TABELA 20). Este maior crescimento de raízes está provavelmente associado ao aumento no volume de água disponível nas misturas de CT com este condicionador, fator de importância comprovada no experimento anterior. Existe também a hipótese de ter havido redução da atividade dos compostos fenólicos pela sua adsorção nas superfícies de troca da vermiculita.

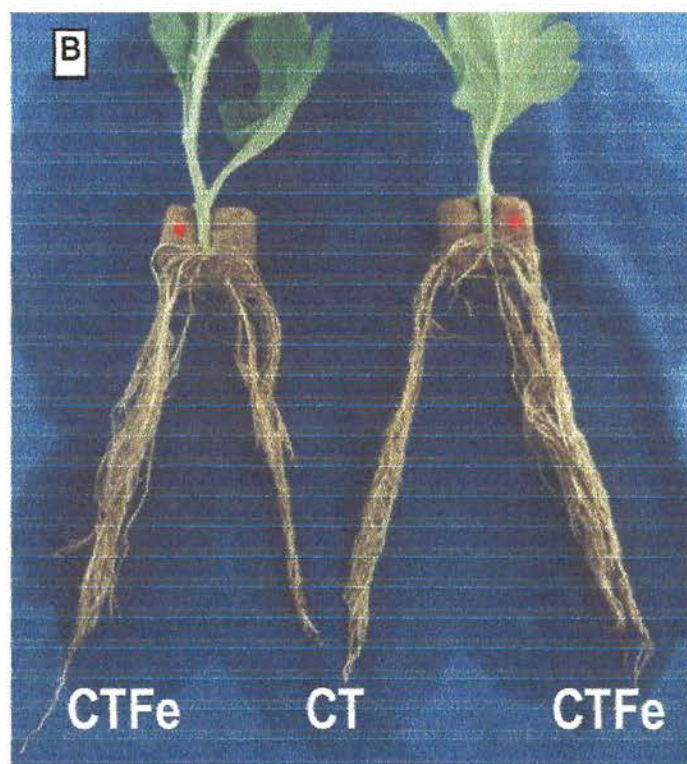
**TABELA 20** - Comprimento máximo do sistema de raízes, qualidade por escala de notas, comprimento da parte aérea, matéria seca de raízes e matéria seca da parte aérea das estacas de crisântemo 'Golden Polaris' enraizadas nas misturas de casca de tungue (CT) com vermiculita (V) e com sulfato de ferro (Fe) e em CACV (mistura de casca de arroz carbonizada e vermiculita; 6:1, v.v), utilizada como referencial. [n=72]. Faculdade de Agronomia - UFRGS, Porto Alegre (RS), 2001.

Fator	Tratamento	Comprimento máximo do sistema raízes (cm)	Comprimento da parte aérea (cm)	Massa seca raízes (mg planta <sup>-1</sup> )	Massa seca parte aérea (g planta <sup>-1</sup> )
Fe <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	CT e CTV	2,99 b	7,62 a	127 a	2,7 a
	CTFe e CTFeV	3,84 a	7,61 a	136 a	2,8 a
Vermiculita	CT e CTFe	2,69 B	7,20 B	133 A	2,7 A
	CTV e CTFeV	4,14 A	8,03 A	131 A	2,8 A
CV	-	3,3%	2,8%	16,1%	11,6%
referencial	CACV	5,55	7,19	134	2,7

Interação sulfato de ferro X vermiculita não significativa pelo teste *t*, p<1%  
Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste *t*, p<1%

Não foi detectada diferença entre massa seca do sistema de raízes, o que indica que a presença de raízes mais curtas está provavelmente associada a um maior número de unidades, como foi constatado no experimento anterior (4.1.2.1).

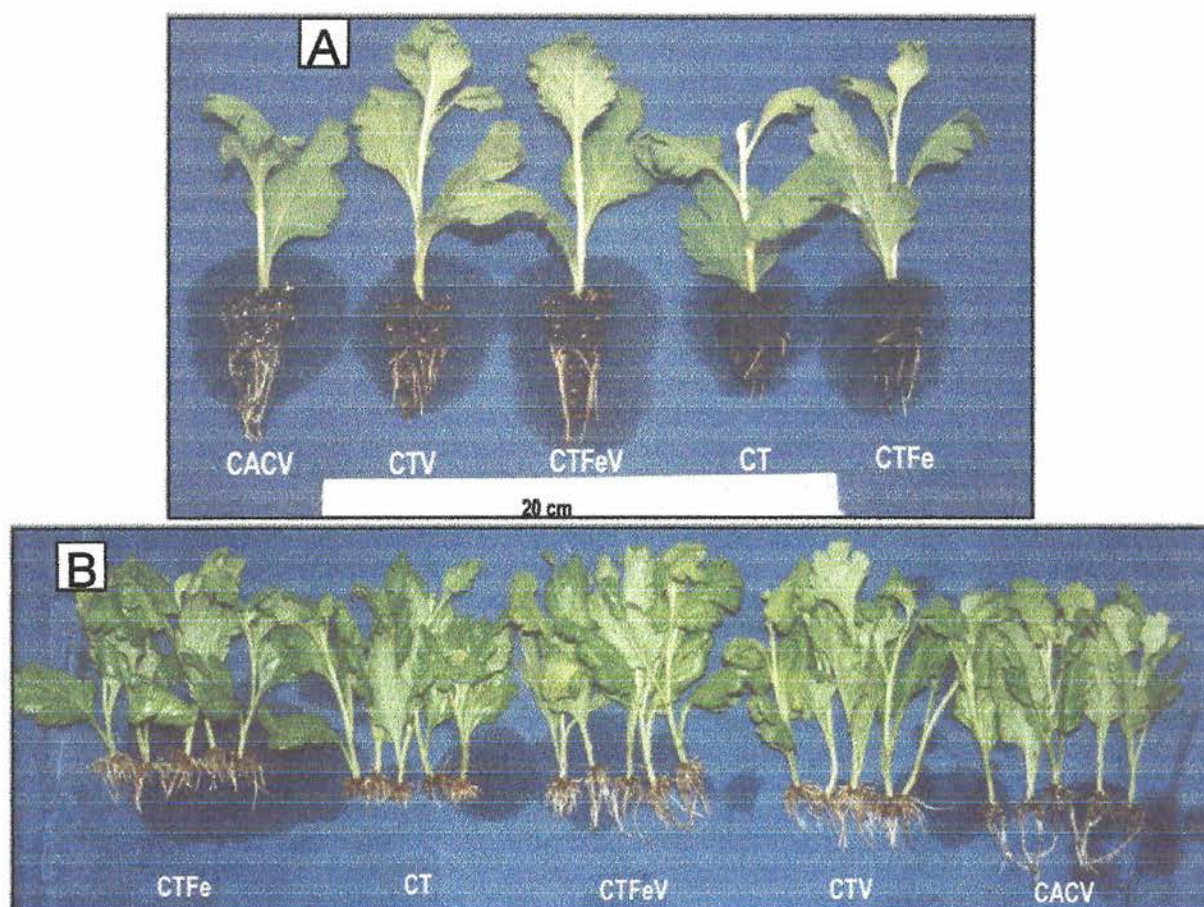




**FIGURA 20** - Torrão (A) e sistema de raízes (B) desenvolvido no “ensaio de raízes divididas”. A mesma estaca desenvolveu maior sistema de raízes na casca de tungue com sulfato de ferro (CTFe). Faculdade de Agronomia - UFRGS, Porto Alegre (RS), 2001.



A presença de vermiculita nas misturas influenciou significativamente o crescimento da parte aérea das mudas (TABELA 20). As plantas desenvolvidas na presença de vermiculita eram mais altas ao fim do experimento, apresentando, porém, pontas finas e estioladas. Este crescimento é dependente da água disponível nos tratamentos ( $r^2 = 0,89$ ;  $p < 5\%$ ). Não foi detectada, no entanto, diferença significativa na massa seca da parte aérea.



**FIGURA 21** - Mudanças de crisântemo enraizadas nas misturas de casca de tungue com sulfato de ferro (CTFe), casca de tungue (CT), casca de tungue com sulfato de ferro e vermiculita (CTFeV), casca de tungue com vermiculita (CTV) e na casca de arroz carbonizada com vermiculita (CACV):(A) com substrato, (B) com raízes lavadas. Faculdade de Agronomia - UFRGS, Porto Alegre (RS), 2001.

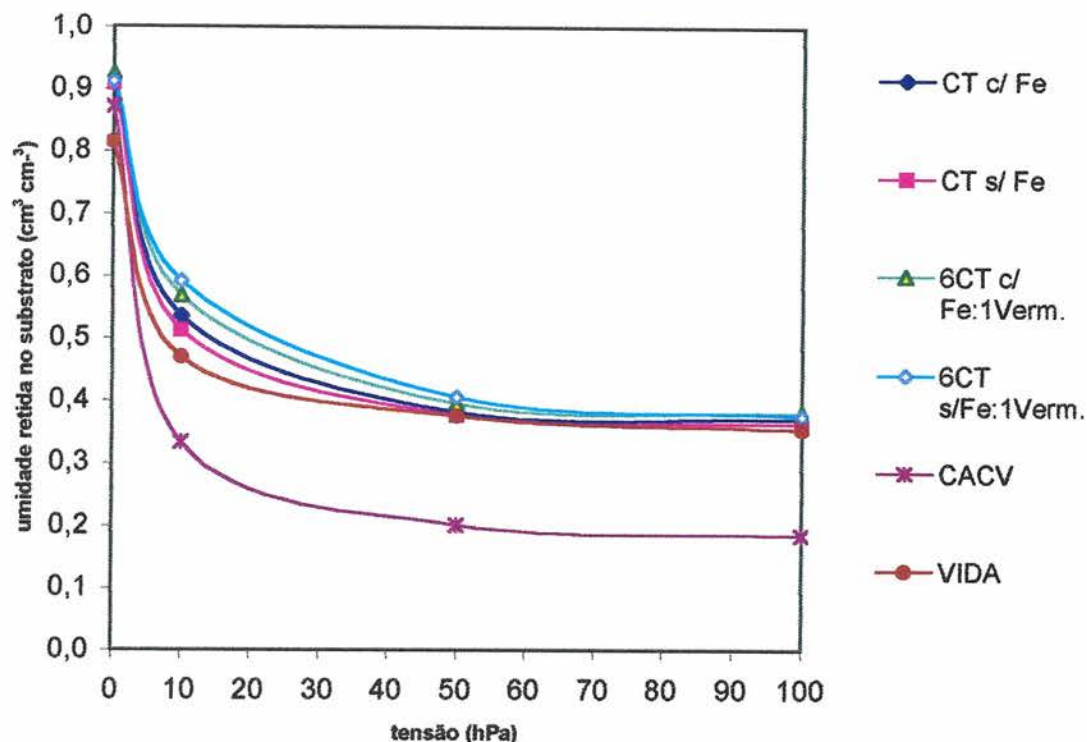
#### 4.2.2. Estudo 2 - casca de tungue tratada com sulfato de ferro e misturada com vermiculita na produção de mudas de alface em *plugs*.

As misturas avaliadas no experimento anterior para enraizamento de crisântemos foram utilizadas na produção de mudas de alface. O substrato da empresa Vida Produtos Biológicos (VIDA) para produção de mudas de hortaliças, elaborado a partir de casca de *Pinus* compostada e de resíduo orgânico (lodo) da indústria de celulose foi utilizado como referencial. Este substrato apresentou valor de pH igual a 6,7, superior ao das demais misturas, e elevada salinidade, equivalente a 4,72 gramas de KCl por litro de substrato. Níveis de salinidade no substrato entre 4,0 e 5,0 gL<sup>-1</sup> são considerados muito altos segundo Kämpf (2000b).

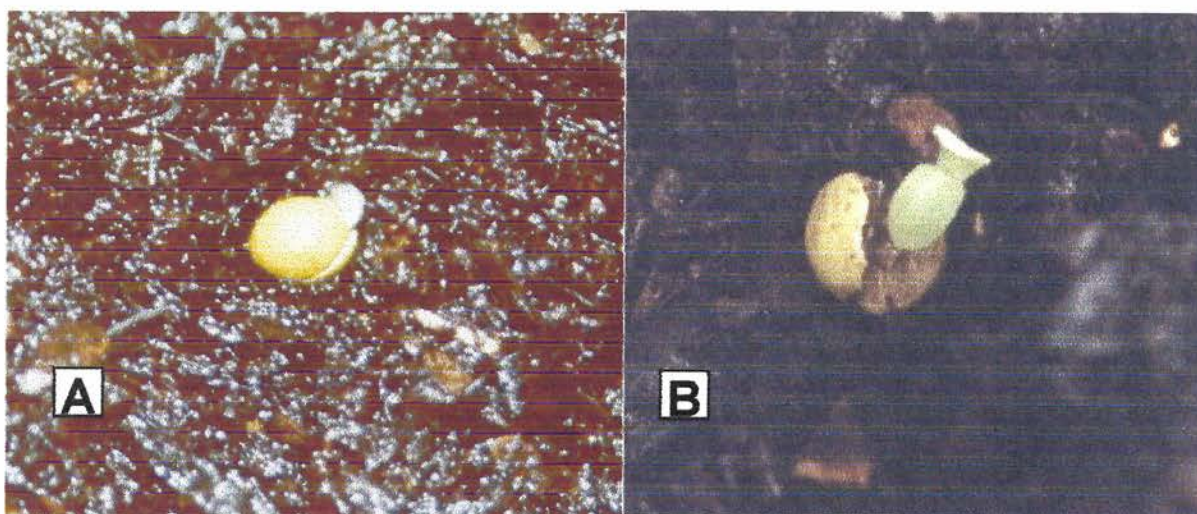
Em relação às propriedades físicas, o substrato VIDA apresentou porosidade elevada (0,81 cm<sup>3</sup>cm<sup>-3</sup>), com espaço de aeração (a 10hPa) correspondendo a 35% do volume e AR<sub>100</sub> também com 35% do volume. A quantidade relativa de água disponível presente nesta mistura foi inferior às demais, equivalendo a 0,11 cm<sup>3</sup>cm<sup>-3</sup> (FIGURA 22). A densidade seca deste material foi de 354 kg m<sup>-3</sup>, acima do valor recomendado por Kämpf (2000a) para o cultivo em células e bandejas (entre 100 e 200 kg m<sup>-3</sup>).

A germinação média, considerando todo o estudo, foi de 95%. A radícula pôde ser visualizada sem instrumentos cerca de 12 horas após a semeadura. O estabelecimento, considerado por Larcher (1995) como o ponto em que a raiz está fixa no substrato e os cotilédones estão abertos (FIGURA 23), ocorreu predominantemente entre o 3º. e o 4º. dia (TABELA 21).





**FIGURA 22** - Curvas de liberação de água das misturas de casca de tungue (CT), com e sem sulfato de ferro e vermiculita, e dos substratos VIDA e CACV (mistura de casca de arroz carbonizada e vermiculita; 6:1, v:v), utilizados como referenciais. [n=2]. Faculdade de Agronomia - UFRGS, Porto Alegre (RS), 2001.



**FIGURA 23** - Sementes peletizadas de alfaca no início da germinação, com a emissão da radícula visível (A), e estabelecidas, com os cotilédones abertos (B). A "germinação" foi avaliada pelo número de plantas na fase "B". Faculdade de Agronomia - UFRGS, Porto Alegre (RS), 2001.

A germinação no referencial VIDA e nas misturas com sulfato de ferro foi mais lenta, com nenhuma semente germinada e estabelecida ao terceiro dia em VIDA, 11% em CTFe e 13% em CTFeV. O tratamento CT tinha, nesta ocasião, 17% e CTV 18% de plântulas já estabelecidas (TABELA 21). Esta diferença pode ser explicada pela diminuição no potencial da água devido à maior salinidade em VIDA ( $4,72 \text{ gL}^{-1}$ ) e nos substratos com Sulfato de Ferro ( $3,00 \text{ gL}^{-1}$  em CTFe e  $2,66 \text{ gL}^{-1}$  em CTFeV). O menor potencial na solução do substrato reduz o gradiente de potencial entre semente-solução, e, assim, a velocidade de hidratação das sementes. Não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos em relação ao percentual de germinação de plântulas normais a partir do quinto dia.

**TABELA 21** - Percentual de germinação, utilizando como referência às plantas com os cotilédones abertos, nas misturas de casca de tungue (CT), com e sem sulfato de ferro (Fe) e vermiculita (V), e dos substratos VIDA e CACV (mistura de casca de arroz carbonizada e vermiculita; 6:1, v:v), utilizados como referenciais. Média seguida do desvio padrão [n=72]. Faculdade de Agronomia - UFRGS, Porto Alegre (RS), 2001.

		3° dia	4° dia	5° dia	14° dia
CT Fe		11%± 8%	90%± 5%	94%± 5%	94%± 5%
CT		17%± 5%	90%± 5%	93%± 7%	93%± 7%
6CTFe:1V		13%± 11%	90%± 8%	94%± 5%	96%± 5%
6CT:1V		18%± 11%	93%± 5%	94%± 5%	94%± 5%
referenciais	CACV	15%± 7%	90%± 5%	93%± 3%	94%± 5%
	VIDA	0%	89%± 6%	93%± 7%	96%± 3%
<b>MÉDIA</b>		<b>12%</b>	<b>91%</b>	<b>94%</b>	<b>95%</b>

Todos os substratos foram eficientes em desenvolver mudas de alface, sugerindo que esta espécie apresenta menor sensibilidade aos compostos fenólicos que o crisântemo. Ortega *et al.* (1996), estudando o comportamento de diferentes espécies hortícolas em ensaios de fitotoxicidade de substratos à base

de cascas, afirmam que, apesar de a alface ser particularmente sensível no que se refere à germinação, o crescimento de sua radícula depende do nível de fenóis. Segundo esses autores, níveis elevados têm efeito inibitório e níveis baixos estimulam o crescimento; isso pode ser atribuído ao efeito auxínico que substâncias fenólicas têm em concentrações específicas, podendo, conforme a estrutura química, causar aumentos superiores aos do ácido indol-acético no crescimento radicular.

O sulfato de ferro apresentou efeito negativo no desenvolvimento das plantas, evidenciando-se redução da massa da parte aérea nos tratamentos com esta substância (TABELA 22). Maior relação massa seca de raiz/massa seca da parte aérea (R/PA), um indicador de estresse segundo Kramer & Boyer (1995), foi encontrada em substratos com sulfato de ferro ( $0,145 \text{ mg mg}^{-1}$ ) em relação aos sem esta substância ( $0,131 \text{ mg mg}^{-1}$ ). Nas misturas contendo CT, R/PA foi dependente da salinidade das misturas ( $0,96$ ;  $p < 5\%$ ). Styer & Koranski (1997) classificam a alface como uma planta sensível à salinidade e a níveis elevados de ferro solúvel. A redução no crescimento causada pela elevada salinidade provavelmente está relacionada tanto a efeitos metabólicos resultantes do acúmulo de sais nas células como à redução na disponibilidade de água no substrato (Kramer & Boyer, 1995).

Os efeitos negativos encontrados com a adição de sulfato de ferro podem estar também relacionados com a redução na solubilidade de fósforo pela formação de complexos de ferro e fósforo (Handreck & Black, 1999). A baixa disponibilidade de fósforo produz um crescimento reduzido, sendo uma técnica utilizada por produtores para produzir plantas compactas (Fonteno, 1996; Styer & Koranski, 1997). Handreck & Black (1999) classificam também a alface como



planta sensível a elevados níveis de ferro disponível. Não foram detectados, porém, sintomas foliares de toxidez.

Concentrações menores de sulfato de ferro poderiam, no entanto, ser testadas para o cultivo desta espécie na CT.

O referencial CACV apresentou uma R/PA bastante superior aos demais tratamentos, com grande desenvolvimento de raízes, explicado principalmente pelo elevado espaço de aeração ( $0,54 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ ), e também pelo menor desenvolvimento da parte aérea devido à reduzida disponibilidade de nitrogênio na solução (não analisada). A casca de arroz carbonizada é pobre neste elemento (Souza & Ferreira, 2000), assim como a vermiculita. A relação R/PA foi dependente do espaço de aeração ( $r^2=0,88$ ,  $p<5\%$ ), considerando todos os tratamentos avaliados.

**TABELA 22** - Indicadores de formação de biomassa das plantas de alface 'Elisa', nas misturas de casca de tungue (CT) com vermiculita (V) e com sulfato de ferro (Fe). Referenciais CACV (casca de arroz carbonizada:vermiculita 6:1 v:v) e substrato para hortaliças da empresa Vida Produtos Biológicos (VIDA). [n=72]. Faculdade de Agronomia - UFRGS, Porto Alegre (RS), 2001.

Fator	Tratamento	Compr. máximo do sistema raízes cm	Massa fresca raízes mg planta <sup>-1</sup>	Massa seca raízes mg planta <sup>-1</sup>	Massa fresca da parte aérea mg planta <sup>-1</sup>	Massa seca parte aérea mg planta <sup>-1</sup>
Fe <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	CT e CTV	6,5 a	92 a	4,9 a	883 a	38 a
	CTFe e CTFeV	6,4 a	89 a	4,8 a	761 b	33 b
Vermiculita	CT e CTFe	6,3 B	81 B	4,5 B	761 B	33 B
	CTV e CTFeV	6,7 A	101 A	5,2 A	883 A	38 A
CV	-	3,1%	9,9%	8,6%	6,2%	6,2%
Referenciais	CACV	7,7	116	6,2	747	35
	VIDA	6,7	67	3,8	735	32

Interação sulfato de ferro X vermiculita não significativa pelo teste *t*,  $p<1\%$   
Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste *t*,  $p<1\%$

**TABELA 23** - Razão entre massa seca de raízes e massa seca da parte aérea e estabilidade de torrão dos *plugs* das mudas de alface 'Elisa' por escala de notas produzidos em misturas de casca de tungue (CT) com vermiculita fina (V) e sulfato de ferro III (Fe). Referenciais CACV (casca de arroz carbonizada:vermiculita 6:1 v:v) e substrato para hortaliças da empresa Vida Produtos Biológicos (VIDA); nota 0 = não forma torrão, nota 3= torrão se rompe ao ser retirado, nota 5 = torrão retirado inteiro [n=72]. Faculdade de Agronomia - UFRGS, Porto Alegre (RS), 2001.

Fator	Tratamentos	Torrão por escala de notas	Razão raiz / parte aérea $mg\ mg^{-1}$
$Fe_2(SO_4)_3$	CT e CTV	4,4 a**	0,131 b*
	CTFe e CTFeV	4,3 a**	0,145 a*
Vermiculita	CT e CTFe	3,9 B**	0,139 A*
	CTV e CTFeV	4,7 A**	0,138 A*
CV	-	8,9%	7,5%
Referenciais	CACV	3,7	0,177
	VIDA	2,9	0,118

Interação sulfato de ferro X vermiculita não significativa pelo teste  $t$ ,  $p < 1\%$

\*\*Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste  $t$ ,  $p < 1\%$

\*Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste  $t$ ,  $p < 2\%$

A vermiculita teve influência positiva no desenvolvimento das mudas. Plantas produzidas na CT condicionada com vermiculita tinham comprimento médio do sistema de raízes de 6,7 cm enquanto na ausência deste condicionador o comprimento foi de 6,3 cm. A média da massa seca da parte aérea e das raízes foi cerca de 15% superior na presença deste condicionador. (TABELA 22). Esta resposta pode estar associada ao aumento na água disponível e a uma interferência na ação dos compostos fenólicos, possivelmente adsorvidos pela vermiculita.

Os substratos de CT condicionados com vermiculita proporcionaram melhor estabilidade de torrão em relação aos demais, com nota média 4,7 (escala de 1 a 5) contra 3,9 sem a presença do condicionador (TABELA 23). Entre as misturas contendo CT, este fator foi dependente da massa seca de raízes ( $r^2=0,96$ ;  $p < 5\%$ ). Levando, porém em consideração os substratos referenciais, a correlação foi baixa ( $r^2=0,45$ ). Isto sugere que fatores relacionados aos componentes das misturas têm grande influência. A maior estabilidade de torrão

está ligada à interação entre as partículas da CT e da vermiculita, favorecendo melhor agregação do substrato, aliada ao maior desenvolvimento radicular.

O referencial VIDA apresentou uma baixa formação de biomassa em relação aos demais substratos, avaliada pela massa seca de raízes ( $3,8 \text{ mg planta}^{-1}$ ) e parte aérea ( $33 \text{ mg planta}^{-1}$ ) (TABELA 22). O crescimento inferior em VIDA pode ser explicado pela elevada densidade do material ( $354 \text{ kg m}^{-3}$ ), menor espaço de aeração ( $0,35 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ ), reduzida água disponível ( $0,11 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ ) e elevada salinidade ( $4,72 \text{ gL}^{-1}$ ), o que está relacionado à utilização de lodo de indústria em sua composição.

Plantas desenvolvidas na mistura referencial CACV apresentaram massa seca de raízes 18% maior que a mistura CTV, porém 12,5% menos massa seca da parte aérea (diferenças significativas pelo teste Tukey,  $p < 1\%$ ).

### **4.3. Misturas de casca de tungue com casca de arroz carbonizada e vermiculita como substrato para plantas.**

#### **4.3.1. Estudo 1 – casca de tungue com casca de arroz carbonizada e vermiculita na produção de mudas de alface em *plugs*.**

As misturas de CT e CACV avaliadas apresentaram porosidade elevada, entre  $0,86$  e  $0,90 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ , com valores superiores em CT e inferiores em CACV. O aumento na porosidade total com mistura de CT à CACV refletiu-se principalmente em uma elevação na água retida em microporos que, nas misturas sem sulfato de ferro, aumentou de  $0,22 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$  em CACV para  $0,25 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$  com a adição de 25% de CT na mistura (TABELA 24). O aumento do volume de CT em mistura com CACV, nas proporções avaliadas, provocou também uma pequena, mas não significativa (Duncan,  $p < 5\%$ ), elevação no espaço de aeração,

de 0,45 para 0,46  $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$  e redução na água disponível de 0,20  $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$  em CACV para 0,18  $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$  nas misturas com a proporção 3CACV:1CT.

A interação apresentada na avaliação da  $AR_{100}$  deve-se provavelmente a fatores relacionados ao erro experimental, sendo a diferença entre os valores pouco significativa do ponto de vista de resposta da planta (TABELA 24).

Os substratos com 100 % CT tiveram o maior espaço de aeração (0,39  $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ ) e o maior volume de água retida em microporos (0,33  $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$  em CTFe e 0,34  $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$  em CT) entre os tratamentos, com valores próximos ao da referência VIDA ( $EA=0,35 \text{ cm}^3 \text{cm}^{-3}$  e  $AR_{100}=0,35 \text{ cm}^3 \text{cm}^{-3}$ ). O referencial, porém, encerrou menor volume de água disponível (0,11  $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ ).

O valor de pH nas misturas corrigidas com ácido sulfúrico variou entre 6,1 e 6,5 e, nas com sulfato de ferro, entre 5,8 a 6,3 (TABELA 25). A maior acidez nos substratos com  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$  indica que o poder de correção efetivo do ácido sulfúrico utilizado era um pouco inferior ao teórico, o que pode ter sido causado por perdas por volatilização durante a diluição e o armazenamento.

A salinidade foi inferior nas misturas sem sulfato de ferro, com valores entre 1,09 e 1,22  $\text{g L}^{-1}$ . Valores dentro desta faixa foram encontrados em CACVFe e 7CACV:1CTFe. Nos tratamentos com maior quantidade de CT (25% CT e 100% CT), quando utilizado o sulfato de ferro, foi detectada salinidade de 1,26  $\text{g L}^{-1}$  e 1,98  $\text{g L}^{-1}$  (TABELA 25).

A germinação média no experimento foi de 97% (TABELA 26). Não foram observadas tendências em relação aos fatores estudados, sugerindo que as diferenças observadas foram resultado da variabilidade natural. A germinação, considerando como referência a abertura dos cotilédones, ocorreu predominantemente entre o terceiro e o sexto dia (FIGURA 24).

**TABELA 24** - Valores de densidade seca (DS), porosidade total (PT), espaço de aeração (EA), água disponível (AD) e água remanescente (AR<sub>100</sub>) nas misturas de CACV (casca de arroz carbonizada:vermiculita 6:1 v:v) e casca de tungue (CT), com e sem Sulfato de Ferro III [Fe<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>]. O substrato para hortaliças da empresa Vida Produtos Biológicos (VIDA) foi utilizado como referencial. [n=64]. Faculdade de Agronomia - UFRGS, Porto Alegre (RS), 2001.

Fator	Tratamento	DS kg m <sup>-3</sup>	PT cm <sup>3</sup> cm <sup>-3</sup>	EA cm <sup>3</sup> cm <sup>-3</sup>	AD cm <sup>3</sup> cm <sup>-3</sup>	AR <sub>100</sub> cm <sup>3</sup> cm <sup>-3</sup>
Fe <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	sem Fe		0,89 A	0,44 A	0,19 A	
	com Fe		0,88 A	0,44 A	0,19 A	
Misturas de CT com CACV	CACV	202 a	0,86 b	0,45 a	0,20 a	
	7CACV: 1CT	207 a	0,88 a	0,46 a	0,19 b	
	3CACV: 1 CT	204 a	0,89 a	0,46 a	0,18 b	
	CT	207 a	0,90 a	0,38 b	0,18 b	
	Resposta	-	Quadrática	Quadrática	Quadrática	
	R <sup>2</sup> e p>F	NS	0,98 e 0,01	0,99 e 0,007	0,99 e 0,002	
Fe <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> X Misturas	CACV s/ Fe					0,22 d (A)
	7CACV: 1CT s/ Fe	Interação	Interação	Interação	Interação	0,24 c (A)
	3CACV: 1 CT s/ Fe	NS	NS	NS	NS	0,25 b (A)
	CT s/ Fe					0,34 a (A)
	Resposta					Linear
	R <sup>2</sup> e p>F					0,99 e 0,046
	CACV c/ Fe					0,20 d (B)
	7CACV: 1CT c/Fe	Interação	Interação	Interação	Interação	0,24 c (A)
	3CACV: 1 CT c/ Fe	NS	NS	NS	NS	0,25 b (A)
	CT c/Fe					0,33 a (B)
	Resposta					Linear
	R <sup>2</sup> e p>F					0,96 e 0,00001
CV		1,5%	1,3%	3,2%	3,5%	0,8%
referencial	VIDA	354	0,81	0,35	0,11	0,35

Médias seguidas de mesma letra **maiúscula** não diferem entre si pelo teste Duncan, p<5% p/ fator Fe<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>

Médias seguidas de mesma letra **minúscula** não diferem entre si pelo teste Duncan, p<5%) p/ fator Misturas.

**NS** = não significativo, p<5%.

Todos os substratos avaliados foram capazes de desenvolver mudas comercialmente aceitáveis e adequadas ao transplante ao final do experimento (FIGURA 25). A utilização do sulfato de ferro teve efeito negativo em relação à correção do valor de pH com ácido sulfúrico, com redução média de 9,1% na massa seca de raízes e 6,8% na massa seca da parte aérea. Este efeito foi semelhante ao resultado obtido no experimento 4.2.2 (p.80). O comprimento máximo do sistema de raízes e a estabilidade de torrão formado foi semelhante em relação ao fator Sulfato de Ferro (TABELA 27).



**TABELA 25** - Valores de pH e salinidade em gramas de sais dissolvidos por litro de substrato, nas misturas de CACV (casca de arroz carbonizada:vermiculita 6:1 v:v) e casca de tungue (CT), com e sem Sulfato de Ferro III [Fe<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>]. O substrato para hortaliças da empresa Vida Produtos Biológicos (VIDA) foi utilizado como referencial. [n=64]. Faculdade de Agronomia - UFRGS, Porto Alegre (RS), 2001.

	Fe <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	pH H <sub>2</sub> O (1:2,5 v:v)		Salinidade (1:10 m:v) g L <sup>-1</sup> como KCl	
		SEM	COM	SEM	COM
Misturas	CACV	6,5 a (A)	6,3 a (B)	1,20 ab (A)	1,15 c (A)
	7CACV: 1CT	6,1 c (A)	6,0 b (B)	1,14 bc (A)	1,19 c (A)
	3CACV: 1 CT	6,1 c (A)	5,8 c (B)	1,09 b (B)	1,26 b (A)
	CT	6,2 b (A)	5,9 c (B)	1,22 a (B)	1,98 a (A)
Resposta R <sup>2</sup> e p>F	Quadrática 0,89 e 0,00003	Quadrática 0,99 e 0,00003	Quadrática 0,99 e 0,003	Quadrática 0,99 e 0,005	
CV		0,6%		2,4%	
VIDA (referencial)		6,7		4,72	

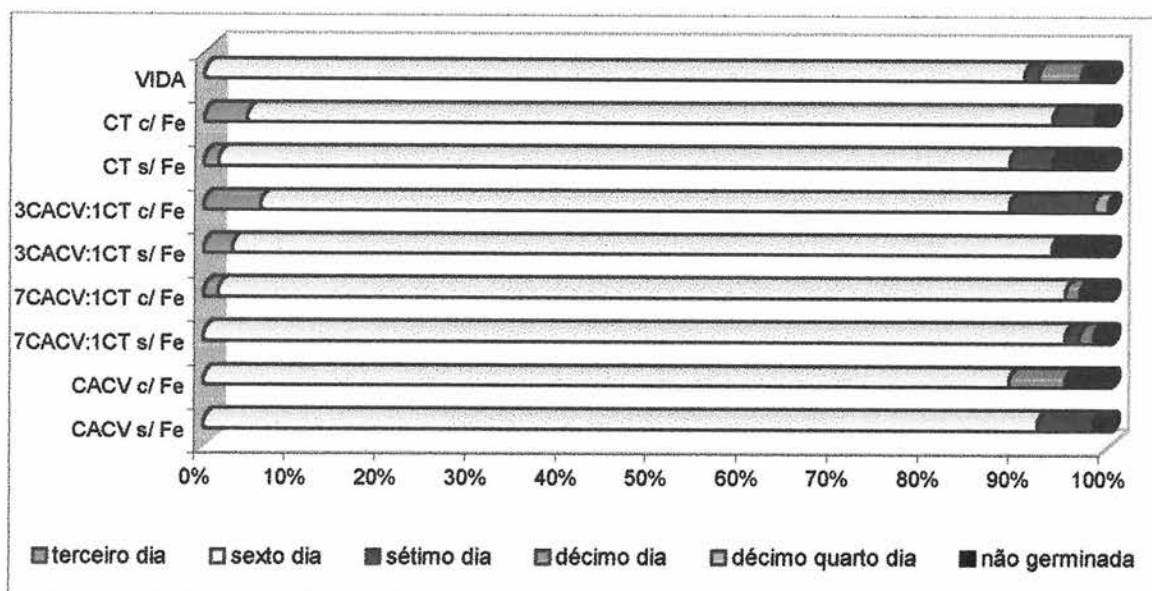
Interação Fe<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> x Misturas significativa, p<5%

Médias seguidas de mesma letra **minúscula** (coluna) não diferem entre si pelo teste Duncan, p<5%, fator misturas dentro de Fe<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>.

Médias seguidas de mesma letra **maiúscula** (linha) não diferem entre si pelo teste Duncan, p<5%, fator Fe<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> dentro de misturas.

**TABELA 26** - Percentual de germinação de alface 'Elisa' nas misturas de CACV (casca de arroz carbonizada:vermiculita 6:1 v:v) e casca de tungue (CT), com e sem sulfato de ferro III [Fe<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>]. O substrato para hortaliças da empresa Vida Produtos Biológicos (VIDA) foi utilizado como referencial. Média seguida do desvio padrão [n=64]. Faculdade de Agronomia - UFRGS, Porto Alegre (RS), 2001.

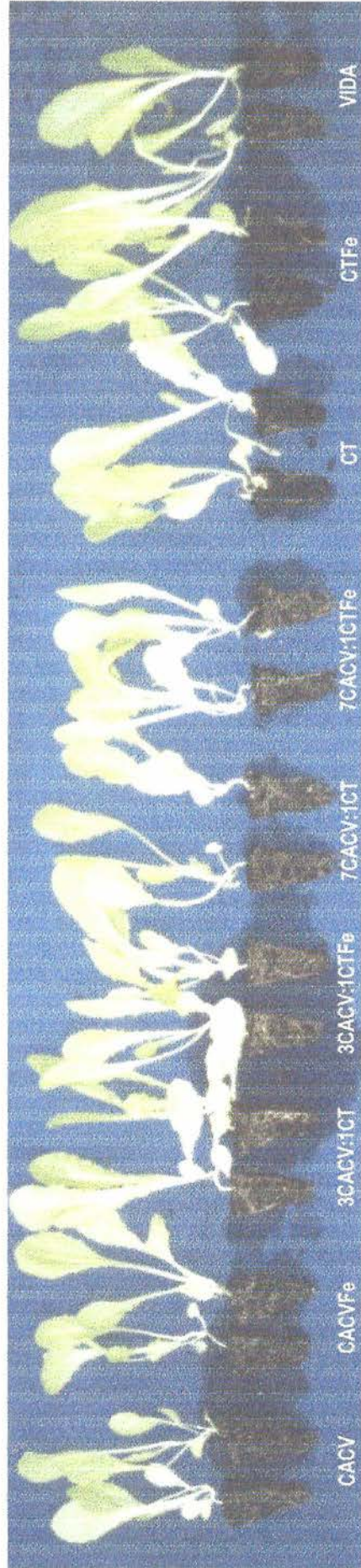
Fe <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	SEM		COM	
	Média (%)	Desvio Padrão (%)	Média (%)	Desvio Padrão (%)
CACV	98	3	95	6
7CACV: 1CT	94	9	100	0
3CACV: 1 CT	98	3	97	6
CT	94	0	98	3
VIDA (referencial)	97	6		
<b>Média Geral</b>		<b>97</b>		



**FIGURA 24 -** Sementes germinadas da sementeira até cada data de contagem em percentual do tratamento, considerando plantas com os cotilédones abertos. Cultivo em misturas de CACV (casca de arroz carbonizada:vermiculita 6:1 v:v) e casca de tungue (CT), com e sem Sulfato de Ferro III (Fe). O substrato para hortaliças da empresa Vida Produtos Biológicos (VIDA) foi utilizado como referencial. [n=64]. Faculdade de Agronomia - UFRGS, Porto Alegre (RS), 2001.

Plantas desenvolvidas em 1CT tiveram um sistema de raízes mais curto, porém com maior massa que 1CACV (TABELA 27). A presença de 12,5 e 25% de CT na mistura estimulou a formação de um sistema de raízes mais denso e ramificado, com o mesmo comprimento de CACV (9 cm), demonstrando o efeito favorável deste componente em estimular o enraizamento. A maior quantidade de raízes favoreceu a formação do torrão, havendo relação entre as médias da massa seca de raízes e a estabilidade de torrão ( $r^2=0,92$ ;  $p<1\%$ ).

A mistura 1CACV:3CT propiciou maior crescimento da parte aérea (TABELA 27), o que pode ser explicado pelo maior fornecimento de nitrogênio presente na CT. Iersel *et al.* (1998), trabalhando com *plugs* de petúnia, impatiens, salvia e vinca, demonstraram a importância do nitrogênio no desenvolvimento das plantas nesta fase da produção, sugerindo que o crescimento nesta fase de cultivo é determinado pela disponibilidade deste nutriente, desde que os demais não estejam em níveis de deficiência.



**FIGURA 27** - Mudras de alface produzidas nas misturas de casca de tungue e CACV (casca de arroz carbonizada : vermiculita, 6:1 v:v) e no substrato para hortaliças da empresa Vida Produtos Biológicos (VIDA).

Pode-se também supor que a concentração dos compostos fenólicos (não mensurada) esteja, nesta proporção de mistura, em um nível que estimule o desenvolvimento desta espécie, conforme situação constatada por Ortega *et. al* (1996).

**TABELA 27** - Indicadores de desenvolvimento e estabilidade de torrão por escala de notas dos *plugs* de alface 'Elisa', nas misturas de CACV (casca de arroz carbonizada:vermiculita 6:1 v:v) e casca de tungue (CT), com e sem Sulfato de Ferro III [Fe<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>]. O substrato para hortaliças da empresa Vida Produtos Biológicos (VIDA) foi utilizado como referencial. [n=64]. Faculdade de Agronomia - UFRGS, Porto Alegre (RS), 2001.

Fator	Tratamentos	Comprimento do sistema de raízes cm	Estabilidade de torrão por escala de notas	Massa seca da parte aérea mg planta <sup>-1</sup>	Massa seca de raízes mg planta <sup>-1</sup>
Fe <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	sem Fe	8,3 A	4,11 A	39,4 A	5,9 A
	com Fe	8,2 A	4,05 A	35,8 B	5,5 B
Misturas de CT com CACV	1CACV	9,0 a	3,33 b	25,7 c	3,6 c
	7CACV: 1CT	9,1 a	4,10 a	39,6 b	6,3 b
	3CACV: 1 CT	9,0 a	4,55 a	44,8 a	7,0 a
	1CT	6,0 b	4,34 a	40,3 ab	5,9 b
	Resposta R <sup>2</sup> e p>F	Quadrática 0,99 e 0,0006	Quadrática 0,99 e 0,0002	Quadrática 0,97 e 0,00001	Quadrática 0,95 e 0,00001
CV		4,7 %	11,1%	11,4 %	8,9 %
referencial	VIDA	7,4	3,74	37,4	4,4

Interação Fe<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> X Misturas não significativa, p<5%.  
Médias seguidas de mesma letra **maiúscula** não diferem entre si pelo teste Duncan, p<5%, p/ fator Fe<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>  
Médias seguidas de mesma letra **minúscula** não diferem entre si pelo teste Duncan, p<5%, p/ fator Misturas.

#### 4.3.2. Estudo 2 – casca de tungue com casca de arroz carbonizada e vermiculita na produção comercial de crisântemo em vaso.

Os valores de pH ao início do cultivo variaram entre 5,3 e 5,4 nas misturas com CT, 6,2 em CACV e 5,8 no substrato referencial RENDMAX. As misturas de CT e CACV, ao final do cultivo, tinham um valor de pH entre 5,5 e 5,8, aproximando-se do valor da solução utilizada na irrigação (pH 5,8). O substrato RENDMAX, no entanto, apresentou uma pequena elevação de pH (6,2), o que



pode ter sido resultado da ação de corretivo utilizado na fábrica, que ainda não se houvesse solubilizado totalmente ao início do cultivo (TABELA 29).

O valor de salinidade ao início do cultivo variou entre 1,87 e 3,66 gL<sup>-1</sup>. Os tratamentos 1CT e RENDMAX apresentaram valores acima de 3,0 gL<sup>-1</sup>, limite máximo da faixa considerada adequada para crisântemos e outras plantas exigentes (entre 2 e 3 gL<sup>-1</sup>) segundo os critérios de Röber & Schaller (1985). O tratamento 1CT apresentou este valor elevado devido à correção com sulfato de ferro, somado à adubação de base, sendo a salinidade original do material equivalente a 1,36 g L<sup>-1</sup> como KCl. A maior salinidade do RENDMAX é devida à adubação adicionada na indústria.

Ao final do cultivo, todas as misturas de CACV e CT apresentaram valores de salinidade menores, entre 0,67 e 1,05 g L<sup>-1</sup> como KCl. Analisando a salinidade através da condutividade elétrica, forma que não considera a densidade da amostra, verificou-se que houve uma estabilização em valores entre 0,3 e 0,4 dS m<sup>-1</sup>. A redução na salinidade indica a retirada de nutrientes pelas plantas além do fornecido pela fertirrigação. Este déficit provavelmente ocorreu nas últimas três semanas, quando as plantas foram irrigadas somente com água. Esta prática tem o objetivo de aumentar a durabilidade das inflorescências e é realizada em plantas bem supridas por nutrientes durante o cultivo (Gruszynski, 2001). O substrato RENDMAX manteve, mesmo assim, nível de salinidade equivalente a 2,49 g L<sup>-1</sup> ao final do cultivo, muito acima dos demais tratamentos. As plantas desenvolvidas neste material apresentaram acúmulo de sais na superfície das folhas inferiores e sobre o substrato (FIGURA 26). A salinidade



inicial teve relação negativa com o número de inflorescências ( $r^2=-0,88$ ;  $p<5\%$ ), indicando que a salinidade inicial elevada foi prejudicial à diferenciação dos botões florais das plantas de crisântemo.



**FIGURA 26** - Deposição de sais sobre as folhas inferiores de crisântemo cultivado em substrato comercial Rendmax Crisântemo (Eucatex Agro). Faculdade de Agronomia - UFRGS, Porto Alegre (RS), 2001.

**TABELA 28** - Valores de pH e salinidade em misturas de casca de tungue (CT) e CACV (casca de arroz carbonizada: vermiculita fina, 6:1, v:v) e no substrato referencial Rendmax Crisântemo (Eucatex Agro),  $n=2$ . Faculdade de Agronomia - UFRGS, Porto Alegre (RS), 2001.

Substrato	Salinidade (1:10 m:v)				pH H <sub>2</sub> O (1:2,5 v:v)	
	g L <sup>-1</sup> de substrato como KCl		condutividade elétrica dS m <sup>-1</sup> a 25°C		Início do cultivo	Final do Cultivo
	Início do cultivo	Final do Cultivo	Início do cultivo	Final do Cultivo	Início do cultivo	Final do Cultivo
CACV	1,87 e	0,80 d	0,93 e	0,36 c	6,2 a	5,5 d
7CACV:1CT	2,16 d	0,67 e	1,00 d	0,33 d	5,4 c	5,8 b
3 CACV:1CT	2,51 c	0,94 c	1,05 c	0,37 b	5,3 d	5,5 d
CT	3,66 a	1,05 b	1,21 a	0,31 e	5,3 d	5,7 c
Resposta	Linear	Linear	Linear	-	Quadrática	-
R <sup>2</sup> e p>F	0,99 e 0,0003	0,64 e 0,0003	0,96 e 0,0003	0,45 e 0,0009	0,92 e 0,0004	<10,20l e 0,014
CV	2,3%	1,2%	1,1%	1,0%	0,6%	0,6%
Rendmax (referencial)	3,13 b	2,49 a	1,15 b	0,71a	5,80 b	6,2 a

médias separadas pelo teste Duncan,  $p<5\%$ .

O aumento da proporção de CT na mistura com o substrato CACV aumentou a densidade e alterou a economia hídrica da mistura com redução no espaço de aeração e aumento na retenção de umidade tanto como água disponível (AD) como água de microporos (AR<sub>100</sub>) (TABELA 29). As diferenças nas propriedades físicas de CACV e suas misturas neste estudo em relação ao anterior devem-se à granulometria da vermiculita utilizada. A utilização de vermiculita fina (75%, em massa, das partículas entre 3,35 e 1,4 mm) elevou o espaço de aeração e reduziu a retenção de água se comparado à utilização do mesmo volume de vermiculita superfina (80% das partículas menores que 1,4 mm).

A densidade efetiva ao início do cultivo, ou densidade de empacotamento, e a densidade úmida avaliada em laboratório pelo método descrito em Grolli (1991), com a qual foram calculadas as curvas de retenção de água, tiveram valores próximos, com maior disparidade em CT (TABELA 30).

**TABELA 29** - Valores de densidade seca (DS), porosidade total (PT), espaço de aeração (EA), água disponível (AD) e água de microporos (AR<sub>100</sub>) em misturas de casca de tungue (CT) e CACV (casca de arroz carbonizada: vermiculita fina, 6:1, v:v) e no substrato Rendmax Crisântemo (Eucatex Agro). [n=2]. Faculdade de Agronomia - UFRGS, Porto Alegre (RS), 2001.

Substrato	DS <i>kg m<sup>-3</sup></i>	PT <i>cm<sup>3</sup> cm<sup>-3</sup></i>	EA <i>cm<sup>3</sup> cm<sup>-3</sup></i>	AD <i>cm<sup>3</sup> cm<sup>-3</sup></i>	AR <sub>100</sub> <i>cm<sup>3</sup> cm<sup>-3</sup></i>
CACV	136 e	0,89 a	0,57 a	0,14 bc	0,18 e
7CACV:1CT	152 d	0,89 a	0,54 a	0,15 b	0,20 d
3 CACV:1CT	160 c	0,92 a	0,53 a	0,16 b	0,23 c
CT	198 b	0,91 a	0,37 b	0,19 a	0,35 b
Resposta	<i>Linear</i>	-	<i>Linear</i>	<i>Linear</i>	<i>Linear</i>
R <sup>2</sup> e p>F	0,97 e 0,0003	<10,301 e > 0,05	0,99 e 0,001	0,97 e 0,001	0,99 e 0,0002
CV	1,4%	2,3%	4,2%	3,0%	1,0%
Rendmax (referencial)	224 a	0,82b	0,32 c	0,14 c	0,36 a

médias separadas pelo teste Duncan, p< 5%.

**TABELA 30** - Valores de densidade de empacotamento no cultivo, calculada após o enchimento dos vasos e densidade de empacotamento na análise de laboratório (densidade úmida). [n=3]. Faculdade de Agronomia - UFRGS, Porto Alegre (RS), 2001.

Substrato	Densidade de empacotamento no cultivo $kg\ m^{-3}$	Densidade de empacotamento da análise $kg\ m^{-3}$
CACV	344 c	356 d
7CACV:1CT	377 bc	383 dc
3 CACV:1CT	407 b	424 c
CT	494 a	532 a
Resposta	<i>Linear</i>	<i>Linear</i>
R <sup>2</sup> e p>F	0,97 e 0,00005	0,98 e 0,0004
CV	4,3%	2,1%
Rendmax (referencial)	505 a	483 b

médias separadas pelo teste Duncan, p< 5%.

Todas as misturas desenvolveram plantas comercialmente aceitáveis. No substrato 1CT ocorreu a morte de cinco plantas devido à ocorrência do fungo *Sclerotinia sclerotiorum* Lib. A morte de plantas somente neste material, associada ao resultado inferior em relação à altura, ramos, inflorescências e aspecto geral (TABELA 31), sugere que os crisântemos nele cultivados se desenvolveram em condições de estresse. Um desenvolvimento inferior do sistema radicular foi visualmente constatado (FIGURA 27).

A mistura contendo 25% de CT foi superior, desenvolvendo plantas com mais ramos e mais inflorescências por vaso. No aspecto geral estes vasos tiveram um desempenho intermediário, pois muitas plantas não apresentaram sustentação adequada. Este fato poderia ter sido contornado pela realização de um desponte mais precoce e pela utilização de uma dosagem maior de redutor de crescimento (*B-Nine*) na fase inicial para a obtenção de plantas mais compactas. O momento do desponte e as aplicações de *B-Nine* foram determinados considerando as condições médias do cultivo, que incluía as plantas em CT, de desenvolvimento mais lento. O melhor desempenho no aspecto geral por escala de notas foi do referencial, que é um material de maior densidade e com partículas maiores, o que facilitou a fixação da planta (TABELA 31).





**FIGURA 27** - Crisântemos produzidos nos substratos Rendmax Crisântemo (Eucatex Agro), casca de tungue (CT), CACV (6 casca de arroz carbonizada: 1vermiculita, v:v) e em CACV com 25% de casca de tungue (3CACV:1CT) e 12,5% de casca de tungue (7CACV:1CT). Faculdade de Agronomia - UFRGS, Porto Alegre (RS), 2001.

**TABELA 31** - Indicadores de desenvolvimento e aspecto geral por escala de notas dos vasos de crisântemos 'Champagne Cherry', nas misturas avaliadas. [n=20]. Faculdade de Agronomia - UFRGS, Porto Alegre (RS), 2001.

Médias	Altura cm	Ramos n°	Inflorescências n°	aspecto geral por escala de notas
CACV	20,4 a	13,8 ab	90,6 ab	6,2 b
7CACV:1CT	20,3 a	14,4 ab	90,1 ab	7,8 ab
3CACV:1CT	20,4 a	14,8 a	93,2 a	7,4 ab
CT	17,7 b	12,6 b	72,9 c	3,6 c
Resposta	<i>Linear</i>	<i>Quadrática</i>	<i>Quadrática</i>	<i>Quadrática</i>
R <sup>2</sup> e p>F	0,96 e 0,0004	0,99 e 0,07	0,99 e 0,03	0,96 e 0,02
CV	3,8 %	7,2 %	4,9 %	18,1%
Rendmax (referencial)	20,8 a	12,8 b	83,7 b	8,2 a

médias separadas pelo teste Duncan, p< 5%.

#### 4.4. Resultados e recomendações técnicas

Apresentam-se resumidamente os resultados e as observações realizadas durante esse trabalho, com o objetivo de fornecer subsídios à utilização da casca de tungue como componente para substratos:

1) As partículas < 9 mm compõem a fração predominante na CT, após seis meses de compostagem a céu aberto. Esta fração apresenta espaço de aeração adequado ao cultivo da maior parte das espécies comerciais em *plugs* e em vasos, porém apresenta elevado volume de água retida em microporos e baixo volume de água disponível. Maior volume de água disponível é encontrado na fração < 5 mm.

1) A casca de arroz carbonizada é um condicionador eficiente para CT, reduzindo a retenção de água em microporos.

2) A CT apresenta compostos fenólicos, incluindo tanino. O efeito destas substâncias sobre o crescimento das plantas depende de sua concentração na solução do substrato e varia de acordo com a espécie vegetal cultivada.

3) A adição de sulfato de ferro, na dose de  $1\text{gL}^{-1}$  de CT, é eficiente na redução do efeito dos compostos fenólicos na produção de crisântemos, porém provoca redução de 7 a 13% na formação de biomassa (massa seca) em mudas de alface.

4) A mistura de vermiculita à CT (14% em volume) reduz a ação dos compostos fenólicos e aumenta o volume de água disponível, proporcionando maior crescimento de mudas de crisântemo e alface.

5) A mistura de CT com casca de arroz carbonizada + vermiculita (6:1 v:v) na proporção 1:3 (v:v) é eficiente como substrato para produção comercial de crisântemos em vaso (470 mL) e para mudas de alface em *plugs* (15 mL).



## 5. CONCLUSÕES

A casca de tungue pode ser utilizada como componente de substrato para produção de crisântemos e mudas de alface em *plugs*. Quando mais avançado seu estágio de decomposição maior o prejuízo em sua estrutura física, com a redução na porosidade e espaço de aeração e o aumento na retenção de água em microporos. A maior decomposição por outro lado favorece a melhoria química, com redução de compostos fenólicos e aumento na disponibilidade de nutrientes.

A elevada retenção de água em microporos e a presença de compostos fenólicos, características restritivas ao desenvolvimento vegetal encontradas na casca de tungue quando utilizada como componente para substrato, podem ser superadas através da utilização de condicionadores de elevada drenagem e pela utilização de sulfato de ferro e/ou vermiculita na composição da mistura.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARMSTRONG, H.; McINTYRE, J. (Ed.) **International substrate manual**. Doetinchem: Elsevier, 2000. 94 p.

BACKES, M. A **Composto de lixo urbano como substrato para plantas ornamentais**. 1990. 78 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1990.

BAILEY, D. A.; FONTENO W.C; NELSON, P. V. **Greenhouse substrates and fertilization**. Raleigh: North Carolina State University, 2000a. Disponível em: <<http://www.ces.ncsu.edu/depts/hort/floriculture/plugs/ghsubfert.pdf>>. Acesso em: 15 ago. 2000.

BAILEY, D. A.; NELSON, P. V.; FONTENO W.C. **Substrates pH and water quality**. Raleigh: North Carolina State University, 2000b. Disponível em: <<http://www.ces.ncsu.edu/depts/hort/floriculture/plugs/ph.pdf>>. Acesso em: 15 ago. 2000.

BALL, V.; HIGGINS, E. *Dendranthema (Chrysanthemum)*. In: BALL, V.(Ed.). **Ball RedBook**. 16. ed. Batavia:Ball, 1998. p.447-473.

BARROSO, G. M.; MORIM, M.P.; PEIXOTO, A.L.; ICHASO, C.L.F. **Frutos e sementes: morfologia aplicada à sistemática de dicotiledôneas**. Viçosa: Editora da Universidade Federal de Viçosa, 1999. 443 p.

BELLÉ, S. **Efeito de sistemas de irrigação e de concentrações de adubação complementar na produção de gerbera em vaso**. 1998. 115 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Faculdade de Agronomia. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1998.

BENGOUGH, A. G., MULLINS, C.E. Mechanical impedance to root growth: a review of experimental techniques and root growth responses. **Journal of Soil Sciences**, Oxford, n.41, p.341-358, 1990.

BIERNBAUM, J.; ARGO, W.R.; YELANICH M.V. Water and nutrient management in peat-based media – a program review and perspective. **Acta Horticulturae**, Wageningen, n. 481, v. 1, p. 103-110, 1999.

BILDERBACK, T. **Pine bark storage and handling**. Raleigh: North Carolina State University, 2000. Disponível em: <[http://www.ces.ncsu.edu/depts/hort/nursery/substrates/storage\\_hand.htm](http://www.ces.ncsu.edu/depts/hort/nursery/substrates/storage_hand.htm)>. Acesso em: 15 ago. 2000.

BLOM, T.J.; PIOTT, B.D. Preplant moisture content and compaction of peatwool using two irrigation techniques on potted chrysanthemums. **Journal of the American Society for Horticultural Science**. Alexandria, n.117, v.2, p. 220-223, 1992.

BOOMAN, J. Evolution of California substrates used in ornamental horticulture. In: KÄMPF, A.N.; FERMINO, M.H. (ed.). **Substratos para plantas: a base da produção vegetal em recipientes**. Porto Alegre: Genesis, 2000. p. 23-42.

BUNT, A. C. **Media and mixes for container-grown plants**. London:Unwin and Hyman, 1988. Cap. 4: Principles of nutrition.

BURG, I.C.; MAYER, P.H. (Org.) **Alternativas ecológicas para prevenção e controle de pragas e doenças**. 7. ed. rev. Francisco Beltrão: ASSESOAR, 1999. 153 p.

BURGER, D. W.; HARTZ, T. K.; FORISTER, G. W. Composted green waste as a container medium amendment for the production of ornamental plants. **HortScience**, Alexandria, v. 32, n. 1, p. 57-60, 1997.

CALVETE, E. O. **Concentração de sacarose *in vitro* e seleção de substratos para aclimatização *ex vitro* de morangueiro cv. Campinas (*Fragaria x ananassa* Duch.)**. Porto Alegre, 1998. 108f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1998.

CARLILE, W.R. The effects of the environment lobby on the selection and use of growing media. **Acta Horticulturae**, Wageningen, n. 481, v.2, p. 587-596, 1999.

CAVINS, T.J.; WHIPKER B. E.; FONTENO, W.C.; HARDEN, B.; McCALL, I.; GIBSON, J. L. Monitoring and managing pH and EC using the PourThru Extraction Method. **Horticulture Information Leaflet / NCSU**, Raleigh, n.590, 2000. Disponível em: <<http://www2.ncsu.edu/unity/lockers/project/hortsublab/>>. Acesso em: 20 set. 2000.

CHANG, C. **In search of China`s future**. San Francisco: I.B.C., 1983.

De BOODT, M; VERDONCK, O. The physical properties of the substrates in horticulture. **Acta Horticulturae**, Wageningen, v. 26, p.37-44, 1972.

De GEUS, J. G. **Fertilizer guide for the tropics and subtropics**. Zurich: Centre d'Etude de Azote, 1973. Cap. Oil crops: tung oil.

DRZAL, M.S.; CASSEL, D.K.; FONTENO, W.C. Pore fraction analysis: a new tool for substrate testing. **Acta Horticulturae**, Wageningen, n. 481, v. 1, p. 43-53, 1999.

DUKE, J.A. **Handbook of energy crops**. Lafayette: Purdue University: Center for New Crops & Plant Production, 1983. Disponível em: <[http://www.newcrop.hort.purdue.edu/newcrop/duke\\_energy/](http://www.newcrop.hort.purdue.edu/newcrop/duke_energy/)> Acesso em: 14 mar. 2000.

FERMINO, M.H. **Aproveitamento de Resíduos Industriais e Agrícolas como Alternativas de Substratos Hortícolas**. 1996. 90 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia. Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1996.

FERMINO, M.H.; TRENTIN, A.L.; KÄMPF, A.N. Caracterização física e química de materiais alternativos para composição de substratos para plantas: 1. Resíduos industriais e agrícolas. In: KÄMPF, A.N.; FERMINO, M.H. (ed.). **Substratos para plantas: a base da produção vegetal em recipientes**. Porto Alegre: Genesis, 2000. p. 241-248.

FONTENO, W.C.; CASSEL, D.K.; LARSON, R.A. Physical properties of three container media and their effect on poinsettia growth. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v.106, n. 6, p. 736-741, 1981.

FONTENO, W.C. Growing media: types and physical/chemical properties. In: REED, D.W. (ed.) **A Growers Guide to Water, Media, and Nutrition for Greenhouse Crops**. Batavia: Ball, 1996. p.93-122.

GAULAND, D.C.S.P. **Relações hídricas em substratos à base de turfas sob uso dos condicionadores casca de arroz carbonizada ou queimada**. 1997. 107 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1997.

GENGLING, L. **World fertilizer use manual: tung**. Beijing: Chinese Academy of Horticultural Sciences. Disponível em: <<http://www.fertilizer.org/PUBLISH/PUBMAN/tung.htm>>. Acesso em 14 mar. 2000.

GLIESSMAN, S.R. **Agroecologia: processos ecológicos em agricultura sustentável**. Porto Alegre: Editora da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2000.

GROLLI, P. R. **Composto de lixo domiciliar urbano como condicionador de substratos para plantas arbóreas**. 1991. 126 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1991.

GRUSZYNSKI, C. **Produção comercial de crisântemos: vaso, corte e jardim**. Guaíba: Agropecuária, 2001. 166 p.

HANDRECK, K.; BLACK, N. **Growing media for ornamental plants and turf**. Sydney: University of New South Wales Press, 1999. 448 p.

HANNAN, J. J.; OLYMPIOS, C; PITTAS, C. Bulk density, porosity, percolation and salinity control in shallow, freely draining, potting soils. **Journal of the American Society of Horticultural Science**, Alexandria, n. 106 v.6, p.772-746, 1981.

HARTMANN H.T.; KESTER, D. E.; DAVIES, F.T. **Plant propagation: principles and practices**. New Jersey: Prentice Hall, 1997. 770 p.

HAYNES, R.J.; GOH, K.M. Evaluation of potting media for commercial nursery production of container-grown plants: IV - Physical properties of a range amendment peat-based media. **New Zealand Journal of Agricultural Research**, Wellington, v. 21, p. 449-456, 1978.

IBGE. **Sistema IBGE de recuperação automática**. Brasília: SIDRA. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br>>. Acesso em: 19 abr. 2000. (Dados referentes ao censo agropecuário de 1996).

IERSEL, M.W. van; BEVERLY, R.B.; THOMAS, P.A.; LATIMER, J.G.; MILLS, H.A. Fertilizer effects on the growth of Impatiens, Petunia, Salvia, and Vinca plug seedlings. **HortScience**, Alexandria, v.33, n.4, p.678-682, 1998.

KALBURTJI, K.L; MOSJIDIS, J.A.; MAMOLOS, A.P. Litter dynamics and tannin sericea lespedeza plants under field conditions. **Plant and Soil**, The Hague, v.208, p.271-281, 1999.

KÄMPF, A. N.; HAMMER, P. A.; KIRK, T. Effect of packing density on the mechanical impedance of root media. **Acta Horticulturae**, Wageningen, n.481, v.2, p.689-694, 1999.

KÄMPF, A. N. Substrato. In: KÄMPF, A. N. (Coord.) **Produção comercial de plantas ornamentais**. Guaíba: Agropecuária, 2000a. 254p.

KÄMPF, A.N. Seleção de materiais para uso como substrato. In: KÄMPF, A.N.; FERMINO, M.H. (ed.). **Substratos para plantas: a base da produção vegetal em recipientes**. Porto Alegre: Genesis, 2000b. p 209-215.

KOIDE, R. T. ; LANDHERR, L. L. ; BESMER, Y.L.; DETWEILER, J. M.; HOLCOMB, E. J. Strategies for mycorrhizal inoculation of six annual bedding plant species. **HortScience**, Alexandria, v.34, n.7, p.1217-1220, 1999.

KRAMER, P.J.; BOYER, J.S. **Water Relations of Plants and Soils**. San Diego: Academic Press, 1995.

LARCHER, W. **Physiological plant ecology: ecophysiology and stress physiology of functional groups**. Berlin: Springer, 1995. Cap. 5: Environmental influences on growth and development – germination and establishment: to be or not to be. p. 290-293.

LEGE, K.E.; COTHREN, J.T.; SMITH, C.W. Phenolic acid and condensed tannin concentrations of six cotton genotypes. **Environmental and Experimental Botany**, Doetinchen, v.35, n.2, p.241-249, 1995.



LING, J.; ZHANG, X.; CHEN, Y. **The comparative wood anatomy of *Vernicia fordii*, *Vernicia montana* and *Aleurites moluccana* (Euphorbiaceae)**. Beijing: College of Life Science, Peking University, 1995. Abstract. Disponível em: <<http://www.pku.edu.cn/academic/xb/95/95-6-16.htm>>. Acesso em: 14 mar. 2000.

MILKS, RR.; FONTENO, RA; LARSON, RA. Hidrology of horticultural substrates: III. Predicting air and water content of limited-volume plug cells. **Journal of the American Society for Horticultural Science**. Alexandria, v.144, n.1. p.57-61,1989.

NOBEL, P. S. **Physicochemical and environmental plant physiology**. San Diego: Academic Press, 1991. 635 p.

ORTEGA, M.C.; MORENO, M.T.; ORDOVÁS, J.; AGUADO, M.T. Behavior of different horticultural species in phytotoxicity bioassays of bark substrates. **Scientia Horticulturae**, Doetinchen, v. 66, p. 125-132, 1996.

PAUL, J.L.; LEE, C.I. Relation between growth of chrysanthemums and aeration of various container media. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 101, p. 500-503, 1976.

PENNINGSFELD, F. Kultursubstrate für den gartenbau besonders in Deutschland: ein kritischer überblick. **Plant and Soil**, The Hague, v.75, p.269-281, 1983.

PUCHALSKI, L. E. **Sistema de produção de mudas em plugs: propagação vegetativa de hibisco, *Hibiscus rosa-sinensis* L.** 1999. 61 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia. Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1999.

PUCHALSKI, L.E.A.; KÄMPF, A.N. Efeito da altura do recipiente sobre a produção de mudas de *Hibiscus rosa-sinensis* L. em plugs. In: KÄMPF, A.N.; FERMINO, M.H. (ed.). **Substratos para plantas: a base da produção vegetal em recipientes**. Porto Alegre: Genesis, 2000. p 209-215.

RAVIV, M; WALLACH, R.; SILBER, A.; MEDINA, Sh.; KRASNOVSKY, A. The effect of hydraulic characteristics of volcanic materials on yield of roses grown in soilless culture. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, n. 124, v.2, p.205-209, 1999.

REITZ, R. **Flora Illustrada Catarinense: Euforbiáceas (EUFO)**. Florianópolis: EMPASC, 1988. 408 p.

RÖBER, R. Substratos hortícolas: possibilidades e limites de sua composição e uso; exemplos da pesquisa, da indústria e do consumo. In: KÄMPF, A.N.; FERMINO, M.H. (ed.). **Substratos para plantas: a base da produção vegetal em recipientes**. Porto Alegre: Genesis, 2000. p 209-215.

RÖBER, R., SCHALLER, K. **Pflanzenernährung im gartenbau**. Stuttgart: Ulmer, 1985.

ROWEL, D.L. **Soil science: methods & applications**. Essex:Longman, 1994. 350 p.

SANTOS, S. da C.; MELLO, J.C.P. de. Taninos. In: SIMÕES, C.M.O.; SCHENKEL, E.P.; GOSMANN, G.; MELLO, J.C.P. de; MENTZ, L.A.; PETROVICK, P.R.(Org.). **Farmacognosia: da planta ao medicamento**. 2. ed. Porto Alegre: Editora da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1999. p. 517-544.

SCHIE, W. van. Standardization of substrates. **Acta Horticulturae**, Wageningen, n.481, v.1, p.71-77, 1999.

SOUZA, F.X. de; FERREIRA, F. da S. Características de materiais orgânicos para composição de substratos na produção de mudas e cultivo de plantas envasadas. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE SUBSTRATOS PARA PLANTAS, 2., 2000, Florianópolis. **Resumos**. Florianópolis: Câmara Setorial de Flores e Plantas Ornamentais, 2000. p.16-17.

STYER, R.C.; KORANSKI, D.S. **Plug & transplant production: a grower's guide**. Batavia: Ball, 1997. 374 p.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant physiology**. Redwood City: Benjamin & Cummings, 1991. Cap 13: Surface protection and secondary defence compounds: phenolics compounds.

TEDESCO, M. J.; VOLKWEISS, S. J.; BOHNEN, H. **Análises de solos, plantas e outros materiais**. Porto Alegre: Departamento de Solos da UFRGS, 1995. (Boletim Técnico, 5).

TESTEZLAF, R.; LARSEN, C.; YEAGER, T.H.; ZAZUETA, F.S. Tensiometric monitoring of container substrate moisture status. **HortTechnology**, Alexandria, v. 9, n. 1 p. 105-109, 1999. Disponível em: <<http://www.ashs.org/request.asp?JournalID=2&ArticleID=41&Type=2>>. Acesso em: 19 ago. 2000.

USDA. **Soil survey manual**. Washington: United States Department of Agriculture, 1993. (Handbook, 18).

VAUGHAN, J.G. **The structure and utilization of oil seeds**. London: Chapman and Hall, 1970. 279 p.

VERDONCK, O. F. Reviewing and evaluation of new materials used as substrates. **Acta Horticulturae**, Wageningen, n.150, p.155-160, 1984.

VIDALIE, M. **Producción de flores y plantas ornamentales**. Madrid: Mundi-Prensa, 1983. 263 p.

VON POSER, G. L. **Screening fitoquímico**. Porto Alegre: Faculdade de Farmácia da UFRGS, 2000. 2f. Material da disciplina de farmacognosia.

WALLER, P. L.; WILSON, G.C.S. Evaluation of growing media for consumer use. **Acta Horticulturae**, Wageningen, n. 150, p. 51-58, 1984.

WEAVER, R.J. **Plant growth substances in agriculture**. San Francisco: Freeman, 1972. Cap. 5: Rooting and Propagation.

WHITE, J.W.; MASTALERZ, J.W. Soil moisture as related to "Container Capacity". **Proceedings of the American Society for Horticultural Science**, Beltsville, v.89, n.1, p.758-765, 1966.

WILSON, G.C.S. Analytical analyses and physical properties of horticultural substrates. **Acta Horticulturae**, Wageningen, n. 150, p. 19-32, 1984.

YATES L. ROGERS, M.N. Effects of time, temperature, and nitrogen source on the composting of hardwood bark for use as a plant growing medium. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 106, p. 589-593, 1981.

## VITA

Cirilo Gruszynski, filho do advogado Alexandre Henrique Gruszynski e da assistente social Cecy Becker Gruszynski nasceu em 19 janeiro de 1968 em Porto Alegre, Rio Grande do Sul. De origem urbana, porém extremamente curioso em relação à vida animal e vegetal, na infância colecionava insetos e investigava plantas nas viagens de lazer com sua família, sempre apoiado por seu pai, um homem de conhecimentos profundos em muitas áreas, inclusive na biologia.

Quando criança imaginava-se veterinário. Concluiu mais tarde que a agronomia seria um caminho mais abrangente. Fez o 1º. grau no Colégio Seigné e o 2º. grau no Colégio Nossa Senhora do Rosário, ambos na capital gaúcha. Ingressou em 1985 na Faculdade de Agronomia da UFRGS, investindo seus créditos opcionais e estágios de férias na área de zootecnia. Ao final do curso voltou-se, no entanto para a iniciação científica no setor de solos e no estágio em armazenagem de grãos na CESA.

Formou-se em 22 de junho de 1989, partindo no dia seguinte para o trabalho em uma propriedade agrícola do Canadá. Deste país, com uma mochila nas costas, seguiu para os EUA e México. Voltou em dezembro, dois dias antes de prestar as provas para o concurso público da EMATER/RS, na qual ingressou em 1990. Neste ano participou do Curso de Extensão em

Paisagismo oferecido pela UFRGS, entrando em uma área da Agronomia que o fascinava.

Na EMATER, trabalhou por sete meses em Santa Maria do Herval e, em fevereiro de 1991, foi transferido para Gramado, ao ser inaugurado oficialmente o escritório neste município.

Em Gramado casou-se com Maristela e juntos geraram Pedro Augusto.

Na EMATER atendia principalmente produtores dedicados à horticultura, em especial à olericultura. Nesta área concentrou seus interesses, tanto no conhecimento teórico como na prática como produtor.

A partir de 1997 iniciou com agricultores de Gramado um trabalho em floricultura, “garimpando” informações em livros, periódicos, internet, visitas, etc. Desta busca resultou seu livro *Produção Comercial de Crisântemos*, publicado em 2001.

Em 1997 foi também escolhido para realizar mestrado, em seleção interna na EMATER. A efetivação desta oportunidade, no entanto, só ocorreu em 2000, quando acolhido pela Prof<sup>a</sup>. Atelene N. Kämpf no Programa de Pós Graduação em Fitotecnia da UFRGS.

Apesar de já ser pai, ter plantado muitas árvores e ter escrito um livro, sabe que há muito ainda a ser feito.

“Trata-se de avançar sem que já exista o caminho,  
*caminante, no hay camino... se hace el camino al andar...*”

Edgar Morin