

PRODUÇÃO DE AVEIA PRETA COM SOLUÇÃO NUTRITIVA E ADIÇÃO DE SUBSTÂNCIAS HÚMICAS¹

Ricardo Muñoz da Silva²; André Jablonski³; Lotar Siewerdt⁴ & Paulo Silveira Júnior⁵

RESUMO: O experimento foi realizado no ano de 1997, em casa de vegetação, na Faculdade de Agronomia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), utilizando o desenho experimental de blocos casualizados em parcelas subdivididas com seis repetições. A aveia foi cultivada em areia irrigada, com solução nutritiva completa e quatro doses (0, 10, 20 e 30 mg.L⁻¹) de substâncias húmicas, extraídas a partir dos carvões das minas do **Capané** (Palermo CE-4.200 e Palermo CE-4.700), **Leão** (Leão CE-5.200) e **Candiota** (Candiota Camada Superior, Candiota Camada Superior, Candiota CE-3.300 e Candiota CE-4.700). Foram avaliadas as seguintes variáveis: matéria seca produzida pela parte aérea e pelas raízes, comprimento das raízes, raio médio das raízes e superfície ocupada pelas raízes. A utilização das substâncias aumentou em até 21,88% a produção de matéria seca da parte aérea; em até 109,2% o comprimento das raízes e em até 46,69% a superfície ocupada pelas raízes. Os resultados obtidos indicaram que as substâncias húmicas influenciaram o desenvolvimento da parte aérea e das raízes da aveia, e que as substâncias húmicas originadas de diversos carvões atuaram de forma diferente sobre os parâmetros das cinco variáveis analisadas.

Palavras-chave: ácidos húmicos e fúlvicos, *Avena strigosa*, carvão, comprimento, matéria seca, raio médio, raízes, superfície radicular.

BLACK OATS PRODUCTION AS AFFECTED BY HUMIC COMPOUNDS ADDITION TO A COMPLETE NUTRIENT SOLUTION¹

ABSTRACT: A greenhouse experiment was carried out in 1997, at Faculdade de Agronomia-UFRGS, using a split-plot experimental design with treatments arranged in randomized complete blocks, with six replications. Black Oats forage was grown in pots with irrigated sand and four levels (0, 10, 20 and 30 mg.L⁻¹) of humic compounds added to a complete nutrient solution. Humic substances were extracted from Capané (Palermo coals EC-4,200 and EC-4,700), Candiota (Candiota coals superior layer, inferior layer, EC-3,300 and EC-4,700) and Leão (Leão coal EC-5,200). Aerial part dry matter yield, length of roots, mean radius of roots, occupied roots surface and dry matter yield of roots were evaluated. Results showed that humic compounds influenced oats roots growing increasing mainly: aerial part dry matter yield in 21,88%; root length in 109,2%; occupied root surface in 46,69%. It is concluded that humic compounds affected black oats roots development. Humic compounds from different raw materials influenced diversely the five variables that were evaluated.

Key-words: *Avena strigosa*, coal, dry matter, length, mean radius, roots surface.

¹Trabalho parcialmente financiado pela FAPERGS e pela Fundação Banco do Brasil.

²Eng. Agr, Mestre, Doutorando do PPGEM - EE - UFRGS, Avenida Oswaldo Aranha, n. 99 s/513. E-mail: rmunoz@ppgem.ufrgs.br

³Geólogo, Doutor, Professor Adjunto, DEMIN - Escola de Engenharia - UFRGS.

⁴Eng. Agr, Doutor, Professor Titular. Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel - UFPEL.

⁵Eng. Agr, Doutor, Professor Titular. Estatístico, Instituto de Física e Matemática - UFPEL.

INTRODUÇÃO

A resposta das plantas aos ácidos húmicos e fúlvicos é dependente da espécie vegetal, das substâncias húmicas utilizadas, concentração, grau de purificação do material e das condições em que foram realizados os experimentos. Matérias-primas orgânicas diversas apresentam em sua composição ácidos húmicos e fúlvicos distintos e apresentam concentrações diferentes de ácidos húmicos e fúlvicos (BRUN, 1993). Estes ácidos orgânicos podem ser facilmente extraídos do carvão mineral, sendo baratos, não poluentes e apresentam eficiência no desenvolvimento de diversas culturas (XUDAN, 1986).

Segundo ADRIESSE (1988), a matéria orgânica presente no carvão pode ser utilizada na produção de fertilizantes organo-minerais, justificando o seu emprego em função do teor de ácidos húmicos presentes na mesma.

Do ponto de vista químico o material original do carvão é semelhante ao que constitui a matéria orgânica do solo, tais como celulose, hemicelulose, lignina e em menor quantidade proteínas, açúcares, pentosanas. Pectinas, taninos e substâncias betuminosas (graxas, ceras, resinas). Os grupos funcionais predominantes nas substâncias húmicas são os oxigenados, principalmente carboxílicos (COOH), hidroxilas (OH), carbonilas (C=O), metóxilas (OCH₃) e ocasionalmente esterres (COOR) e éteres (COC) (HAYES *et al.*, 1989).

FURTER *et al.* (1996) trabalhando com cinco dosagens de ácidos fúlvicos (0, 20, 50, 100 e 200 mg.L⁻¹) e obtiveram aumentos na produção de raízes frescas de até 164,71% para a beterraba cultivar Crimson Globe, de até 133,98% na abóbora cultivar Sugar Loaf, de até 45,41% para o melão da cultivar Honeydew, de até 89,59% para a cebola cultivar Texas Grano e de até 58,93% para o tomate Rossol. Para a produção de matéria seca da parte aérea foram obtidos aumentos na produção de até: 131,61% para a beterraba, 175,67% para a abóbora; 28,77% para o melão; 48,24% em cebola e 132,69% para o tomate.

O uso de substâncias húmicas extraídas de sete diferentes fontes orgânicas (carvões) aumentou: a produção total de forragem em até 32,27% (SILVA *et al.*, 1998a), em até 10,15% a produção de raízes frescas,

em até 16,79% a produção de raízes secas, em até 104,40% o comprimento das raízes; em até 46,69% a superfície ocupada pelas raízes e diminuiu em até 30,93% o raio médio das raízes da aveia preta após quatro cortes (SILVA *et al.*, 1998b). Por outro lado, aumentou em até 47,39% a produção total de forragem do azevém (SILVA *et al.*, 1998c), em até 39,61% a produção de matéria fresca de raízes, em até 49,23% a produção de matéria seca de raízes, em até 100,87% o comprimento das raízes, em até 68,00% a superfície ocupada pelas raízes e diminuiu em até 22,99% o raio médio das raízes do azevém após quatro cortes (SILVA *et al.*, 1998d). O uso de substâncias húmicas extraídas de carvão da mina do Capané (Palermo CE-4.200) na dose 30 mg.L⁻¹ elevou as produções de matéria seca do sistema radicular da alfaca em 240% e em 226,73% a produção de matéria seca da parte aérea, quando comparada com a testemunha (dose 0 mg.L⁻¹) (SILVA & JABLONSKI, 1995).

Segundo AYUSO *et al.* (1996), as substâncias húmicas originadas de diferentes fontes orgânicas (lodo de esgoto, composto orgânico, leonardita, turfa e ácidos húmicos comerciais), aumentaram a produção de matéria seca da parte aérea da cevada em 104,59%; a produção de matéria seca das raízes em 62,50%; em 25,65% o teor de nitrogênio da parte aérea e em 7,39% o das raízes; em 48,53% o teor de fósforo da parte aérea e em 80,28% o das raízes; em 32,50% o teor de Fe da parte aérea e em 8,89% o das raízes; em 27,85% o teor de manganês na parte aérea e em 15,28% o das raízes; em 136,36% o teor de cobre da parte aérea e em 130,30% o das raízes; em 49,06% a concentração de zinco da parte aérea e em 31,55% a do sistema radicular. Os resultados indicaram que as produções das raízes e da parte aérea assim como os teores de nitrogênio, ferro, manganês, cobre e zinco aumentaram com doses inferiores a 10 mg.L⁻¹. Já a absorção de fósforo respondeu a doses elevadas tendo ocorrido a maior absorção na dose máxima utilizada (100 mg.L⁻¹). Já o teor de K na parte aérea não foi afetado estatisticamente pela adição de substâncias húmicas, embora o seu teor nas raízes tenha aumentado em 10,59%. O crescimento da cevada e a absorção de nutrientes são estimulados por substâncias húmicas originadas de diferentes fontes orgânicas (lodo de esgoto, composto orgânico, leonardita, turfa e ácidos húmicos comerciais), em níveis de até 10 mg.L⁻¹, de acordo com AYUSO *et al.* (1996), sendo que em dosagens superiores a esta o crescimento da cevada

foi reduzido. A absorção de nitrogênio é estimulada em baixas dosagens, diminuindo com o aumento da dosagem utilizada. O oposto ocorre com o fósforo e a absorção de micronutrientes é inibida pela depressão, no crescimento do sistema radicular observado com dosagens superiores a 10 mg.L⁻¹.

O objetivo deste trabalho foi o de avaliar o desenvolvimento da parte aérea e das raízes da planta forrageira, aveia preta (*Avena strigosa* Schreb.) cultivada em solução nutritiva, sob diferentes concentrações de substâncias húmicas provenientes de diversas fontes de matéria orgânica (carvões).

MATERIAL E MÉTODOS.

Foram coletadas amostras representativas de carvão das seguintes minas em funcionamento no estado do Rio Grande do Sul: Candiota (Camada superior, Camada Inferior, CE-3.300 e CE-4.700), Capané (Palermo CE-4.200, CE-4.700), Leão (CE-5.200), onde CE = a concentração energética dos carvões, em kcal/kg. As amostras foram moídas até uma granulometria inferior a 0,025 mm e antes do processo de extração sofreram um tratamento prévio com HCl 0,5M. Estes carvões foram caracterizados, no Laboratório de Geoquímica Ambiental (LAGEAMB) do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais (PPGEM) da UFRGS através das análises Imediata: Teores de cinza (ABNT NBR 8289), umidade (ABNT NBR 8293), enxofre nas formas pirítico, sulfático e orgânico (ABNT NBR 8297) e enxofre total (ISO 334-1975), matéria volátil (ABNT NBR 8290) e carbono fixo (ABNT NBR 8289). As substâncias húmicas foram extraídas segundo o procedimento descrito por SILVA *et al.* (1999), no LAGEAMB-PPGEM-UFRGS utilizando KOH 1M após tratamento prévio com H₃PO₄ 0,5M e centrifugação a 3.000 rpm. Após a extração, foi feita a caracterização das substâncias húmicas extraídas quanto ao pH, a densidade, a concentração em g.L⁻¹ das substâncias húmicas, acidez titulável da matéria seca do extrato, teor de carbono, teor de nitrogênio e teor de cinzas (TEDESCO *et al.*, 1995).

O experimento foi semeado em 26.05.97, sendo utilizada a cultivar aveia preta comum, semeada na base de quarenta sementes por vaso plástico com 3,6 litros de capacidade, enchidos com areia lavada até 1 cm da borda dos vasos. O desenho experimental utilizado foi

o de blocos casualizados em parcelas subdivididas com seis repetições, sendo alocadas sete matérias-primas nas parcelas e as dosagens de substâncias húmicas nas subparcelas. Foi utilizada uma solução nutritiva com as seguintes concentrações: 78 mg.L⁻¹ de K, 70 mg.L⁻¹ de Cl, 24 mg.L⁻¹ de Mg, 32 mg.L⁻¹ S-SO₄, 15 mg.L⁻¹ de P, 63 mg.L⁻¹ de N, 60 mg.L⁻¹ de Ca, 5 mg.L⁻¹ de Fe-EDTA, 0,25 mg.L⁻¹ de Mn, 0,3 mg.L⁻¹ de Cu, 0,1 mg.L⁻¹ de Zn, 1,25 mg.L⁻¹ de B e 0,01 mg.L⁻¹ de Mo e foi aplicada utilizando dosadores plásticos. Os quatro níveis de substâncias húmicas foram os seguintes: T1= Solução nutritiva (SN) + 0 mg.L⁻¹ de substâncias húmicas (SH); T2 = SN + 10 mg.L⁻¹ de SH; T3 = SN + 20 mg.L⁻¹ de SH e T4 = SN + 30 mg.L⁻¹ de SH. As mg.L⁻¹ de substâncias húmicas são equivalentes em mg.L⁻¹ de carbono das substâncias húmicas, obtidas a partir da determinação do teor de carbono pelo método de Walkley Black, segundo TEDESCO *et al.* (1995). Foram feitos quatro cortes (25.07.97, 24.08.97, 23.09.97 e 23.10.97) e o material colhido em 23.10.97, foi separado entre parte aérea e sistema radicular. O material foi pesado sendo a parte aérea e 75% das raízes secos em estufa com ar forçado a 65 °C, sendo a seguir moído. A matéria seca total foi determinada por pesagem após permanência em estufa a 105 °C por uma hora. Uma fração equivalente a 25% do peso total das raízes frescas foi utilizada para determinação do respectivo comprimento (L) pelo método de TENNANT (1975), utilizando quadrículas de 1 cm e a fórmula = $11/14 \times l \times n^\circ$ de internódios \times matéria fresca de raízes. O raio médio das raízes foi obtido pela fórmula R^2 (raio elevado ao quadrado) = volume de raízes = (matéria verde) / $\rho \times L$ (L=comprimento das raízes). A superfície ocupada pelas raízes (S) foi calculada por meio da fórmula: $S = 2\rho \times R \times L$. Os dados obtidos foram analisados utilizando-se o programa SANEST para microcomputadores (ZONTA & MACHADO, 1995).
g.vaso⁻¹

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da análise imediata das matérias-primas (Tabela I), comprovaram a grande heterogeneidade existente entre as matérias-primas e demonstraram que estas diversas matérias-primas produziram quantidades diferentes e concentrações distintas de ácidos húmicos e fúlvicos. As substâncias húmicas obtidas apresentam acidez titulável e relação C:N diferentes.

Produção total de matéria seca da parte aérea.

A análise de variância apresentou significância estatística para os efeitos da interação doses x matérias-primas, utilizadas como fontes de substâncias húmicas ($P < 0,01$) e apresentou um CV (A) = 1,26% e um CV (B) = 2,37%. As diferentes matérias-primas apresentaram médias de produção diferentes nas doses 10, 20 e 30 mg.L⁻¹ (Tabela I e Figura 1). Os resultados

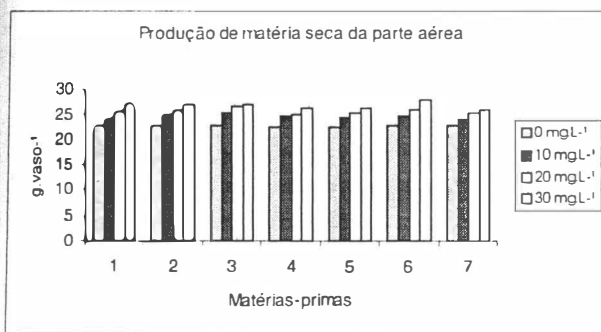


Figura 1. Variação na produção de matéria seca da parte aérea da aveia preta após 4 cortes em função das doses de substâncias húmicas utilizadas e da fonte utilizada para a extração (1- Palermo CE-4.200; 2- Candiota CE-4.700; 3- Leão CE-5.200; 4- Candiota Camada Inferior; 5- Candiota Camada Superior; 6- Palermo CE-4.700 e 7- Candiota CE-3.300).

utilizada. Para a matéria-prima Leão CE-5.200, porém, a dose mais efetiva foi 27,36 mg.L⁻¹. Em termos gerais, os resultados obtidos concordam com diversos trabalhos que comprovam o maior desenvolvimento da parte aérea em presença de substâncias húmicas (GOENADI & SUDHARAMA, 1995; SILVA & JABLONSKI, 1995; SILVA *et al.*, 1998a,c; SILVA *et al.*, 1999).

A magnitude dos valores dos acréscimos na produção de matéria seca da parte aérea foram inferiores aos observados em outros trabalhos. AYUSO *et al.* (1996), constataram aumentos de até 104,59% na produção de MS da parte aérea da cevada. SILVA & JABLONSKI (1995), constataram aumentos de até 226,73% na produção de MS da parte aérea do alface "Baba de Verão", com o uso de substâncias húmicas extraídas de um carvão da mina do Capané (Palermo CE-4.200) na dose 30 mg.L⁻¹. Também, SILVA *et al.* (1998c), constataram acréscimos de até 47,39% na produção total de matéria seca de forragem de azevém após quatro cortes. No mesmo sentido, SILVA *et al.* (1999), observaram acréscimos de até 125,53% na produção de forragem de milho com a adição de substâncias húmicas.

Os resultados obtidos confirmaram que a aveia preta é uma planta que pode ser enquadrada como uma planta de tipo 2 na classificação de KHRISTEWA (1953); cereais como cevada, aveia, trigo, arroz, milho, que reagem bem à adição de substâncias húmicas e apresentam resposta superior ou igual a 20%. Os cereais diminuem a sua resposta à medida que o seu estágio vegetativo avança. Durante o estágio inicial podem apresentar respostas equivalentes a de uma planta folhosa rica em glicídios (planta do tipo 1), com resposta superior ou igual a 50% ao uso de substâncias húmicas. Os resultados foram inferiores aos de alface que é uma planta de tipo 1, e ao milho e a cevada em estágio vegetativo e ao azevém que é uma forrageiras que apresenta resposta a adição de matéria orgânica na forma de composto, esterco ou vermicomposto e a adição de substâncias húmicas, tendo sido utilizada como indicadora na resposta destas substâncias em muitos trabalhos (BRUN, 1993; SILVA *et al.*, 1995c; FORTUN *et al.*, 1986ab).

das regressões polinomiais da interação, encontram-se na Tabela III, onde observa-se que os coeficientes de determinação são superiores a 89%. observa-se, também, nessa tabela uma resposta linear para as doses para as matérias-primas Palermo CE-4.200, Candiota Camada Inferior, Candiota Camada Superior, Palermo CE-4.700 e Candiota CE-3.300 e quadrática para Leão CE-5.200 e Candiota CE-4.700. Para as equações quadráticas foram determinados os pontos de máxima, tendo a matéria-prima Leão CE-5.200 apresentado o valor de 26,89 g.vaso⁻¹ na dose de 27,36 mg.L⁻¹ enquanto que a matéria-prima Candiota CE-4.700 não apresentou ponto de máxima no intervalo das doses utilizadas, pois a dose calculada superou a dose máxima (30 mg.L⁻¹) em 6,64 mg.L⁻¹. A produção de matéria seca da parte aérea em até 21,88% e a magnitude do aumento na produção dependeu da matéria-prima e da dose de substância húmica utilizada. Os resultados indicam que aumentou a matéria seca total da parte aérea com o acréscimo na dose das substâncias húmicas, sendo que para seis das matérias-primas não foi atingido o valor máximo, mesmo na dose mais alta

Tabela I - Resultados da análise imediata das matérias primas testadas (% base seca) e das características físico-químicas dos extratos de substâncias húmicas obtidas (teores em % da matéria seca)

Amostras	S _t	S _{pir}	S _{SO4}	S _o	C _{fix}	W _t	W _h	A	MV
Candiota C. Inf.	1,18	0,98	0,07	0,13	23,05	16,13	1,92	48,03	27,00
Candiota C. Sup.	1,26	0,98	0,11	0,17	20,30	16,15	2,41	51,18	26,11
Candiota CE-4700	0,93	0,79	0,06	0,08	34,07	16,46	1,90	35,03	29,00
Candiota CE-3300	1,01	0,83	0,08	0,10	26,74	16,17	1,49	43,43	28,34
Leão CE-5200	0,26	0,17	0,04	0,05	34,01	17,01	1,80	30,09	34,10
Palermo CE-4700	1,00	0,35	0,55	0,10	28,09	16,36	1,58	41,00	29,33
Palermo CE-4200	0,59	0,39	0,08	0,12	26,05	16,80	1,55	43,04	29,36
Amostras	pH		Conc. g.L ⁻¹		Densidade		Produção%*		
Candiota Camada Inferior	13,54		22,85		1,018		17,66		
Candiota Camada Superior	12,18		22,63		1,018		17,39		
Candiota CE-4700	12,06		26,65		1,018		21,08		
Candiota CE-3300	12,11		25,42		1,019		19,54		
Leão CE-5200	12,54		26,18		1,019		10,26		
Palermo CE-4700	13,60		53,78		1,057		22,68		
Palermo CE-4200	13,70		43,98		1,045		23,58		
Amostras	%C		%N		C:N		Cinzas-%		
Candiota Camada Inferior	42,39		0,83		51,07		47,77		
Candiota Camada Superior	40,01		0,79		50,65		45,94		
Candiota CE-4700	44,56		1,01		44,11		44,35		
Candiota CE-3300	43,34		0,93		46,60		46,37		
Leão CE-5200	44,87		0,39		115,05		48,79		
Palermo CE-4700	44,34		0,54		82,11		40,78		
Palermo CE-4200	43,83		0,53		82,69		38,74		
Amostras	Acidez titulável		%ácidos húmicos		%ácidos fúlvicos		Total		
Candiota Camada Inferior	465,59		3,48		1,94		5,42		
Candiota Camada Superior	504,62		3,92		2,06		5,98		
Candiota CE-4700	621,94		4,44		2,52		6,96		
Candiota CE-3300	552,45		3,97		2,22		6,19		
Leão CE-5200	658,23		3,88		1,38		5,24		
Palermo CE-4700	527,79		5,52		2,26		7,78		
Palermo CE-4200	481,01		3,14		1,96		5,10		

S_t - enxofre total S_{pir} - enxofre pirítico S_{SO4} - enxofre sulfático
 S_o - enxofre orgânico W_t - umidade total W_h - umidade higroscópica
 A - cinza MV - matéria volátil C_{fix} - carbono fixo
 *% da matéria seca da matéria prima original

Produção de matéria seca das raízes.

Houve significância estatística para os efeitos de doses, matérias-primas e para a interação matérias-primas x doses ($P < 0,01$), com CV (A) = 2,11% e CV (B) = 3,44%. Na Tabela II e na Figura 2 são mostradas as médias de produção das raízes para cada matéria-

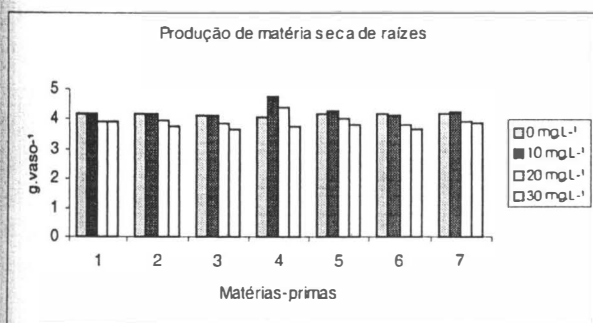


Figura 2. Variação na produção de matéria seca das raízes da aveia preta após 4 cortes em função das doses de substâncias húmicas utilizadas e da fonte utilizada para a extração (1- Palermo CE-4.200; 2- Candiota CE-4.700; 3- Leão CE-5.200; 4- Candiota Camada Inferior; 5- Candiota Camada Superior; 6- Palermo CE-4.700 e 7- Candiota CE-3.300).

prima e dentro de cada nível de dose. Os resultados das regressões polinomiais da interação encontram-se na Tabela III, onde observa-se que os coeficientes de determinação são superiores a 80%. Observa-se, também, nessa tabela resposta linear para as dosagens para as matérias-primas Palermo CE-4.200, Palermo CE-4.700, Candiota CE-3.300 e Candiota CE-4.700 e quadrática para as matérias-primas Leão CE-5200, Candiota Camada Inferior e Candiota Camada Superior. Foram calculados os pontos de máxima nessas equações, tendo a matéria-prima Leão CE-5200 apresentado o valor de 4,12 g.vaso⁻¹ na dose 3,49 mg de carbono das substâncias húmicas por litro, enquanto que a matéria-prima Candiota Camada Inferior apresentou 4,65 g.vaso⁻¹ na dose 13,26 mg.L⁻¹ e a matéria-prima Candiota Camada Superior 4,21 g.vaso⁻¹ na dose de 6,91 mg.L⁻¹. Os resultados indicam que aumentou a produção de matéria seca de raízes em três das sete matérias-primas avaliadas com o acréscimo na dose das substâncias húmicas, tendo sido atingido o valor máximo nestas três matérias-primas e a produção aumentou em até 16,67% (Tabela I e Figura 1). Já para as outras quatro matérias-primas avaliadas o uso de substâncias húmica reduziu a produção de matéria seca de raízes em até 12,38% (Tabela I e Figura

1). Em termos gerais, os resultados obtidos concordam com diversos trabalhos que comprovam que as substâncias húmicas afetam o desenvolvimento radicular e que este efeito depende da fonte de matéria-prima utilizada, da dose utilizada e que a resposta ocorre até uma determinada dosagem. Após uma certa dose específica para cada espécie e para cada variedade, as substâncias húmicas presentes na solução apresentam uma carga de grupamentos carboxílicos e hidroxilas fenólicas superior aos nutrientes presentes na solução nutritiva e de acordo com RAUTHAN & SCHINITZER (1981), estes nutrientes se tornam menos disponíveis para as raízes das plantas, inibindo o desenvolvimento das mesmas.

Comprimento das raízes

A análise de variância mostrou significância estatística para os efeitos de doses, matérias-primas e para a interação matérias-primas x doses ($P < 0,01$), com um CV (A) = 2,07% e um CV (B) = 5,67%. As médias de produção das raízes para cada matéria-prima e dentro de cada nível de dose encontram-se na Tabela II

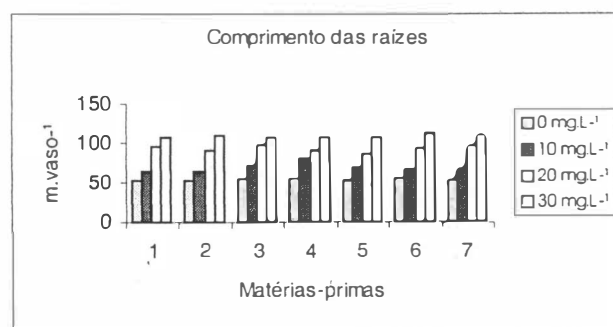


Figura 3. Variação no comprimento das raízes da aveia preta após 4 cortes em função das doses de substâncias húmicas utilizadas e da fonte utilizada para a extração (1- Palermo CE-4.200; 2- Candiota CE-4.700; 3- Leão CE-5.200; 4- Candiota Camada Inferior; 5- Candiota Camada Superior; 6- Palermo CE-4.700 e 7- Candiota CE-3.300).

e na Figura 3. Já os resultados das regressões polinomiais da interação encontram-se na Tabela III, tendo ocorrido resposta linear para todas as substâncias húmicas extraídas das diversas matérias-primas, onde observa-se que os coeficientes de determinação são superiores a 95%. Os resultados indicam que dosagens de até 30 mg.L⁻¹ promovem o alongamento das raízes (Tabela II e Figura 3), demonstrando um efeito positivo sobre o crescimento das raízes, tendo sido obtido um

Tabela II. Equações de regressão para doses de substâncias húmicas provenientes de diferentes matérias primas, para parâmetros da parte aérea e de raízes de aveia preta.

Produção total de matéria seca da parte aérea (g/vaso)*			
Matéria-prima	Equações	P**	R ² (%)
Palermo CE-4700	$Y = 22,91 + 0,162X$	**	99,0
Candiota CE-4.700	$Y = 22,92 + 0,223X - 0,00305X^2$	**	99,0
Leão CE-5.200	$Y = 22,86 + 0,295X - 0,005395X^2$	*	100,0
Candiota C. Inferior	$Y = 22,977 + 0,108X$	**	90,0
Candiota C. Superior	$Y = 22,79 + 0,121X$	*	98,0
Palermo CE-4.200	$Y = 22,82 + 0,144X$	**	100,0
Candiota CE-3.300	$Y = 23,00 + 0,107X$	**	98,0
Produção de matéria seca das raízes (g/vaso)*			
Palermo CE-4700	$Y = 4,223620 - 0,0182980X$	**	95,0
Candiota CE-4.700	$Y = 4,226860 - 0,0146940X$	**	86,0
Leão CE-5.200	$Y = 4,111380 + 0,0046380X - 0,0006630X^2$	*	96,0
Candiota C. Inferior	$Y = 4,120320 + 0,082412X - 0,0031860X^2$	**	92,0
Candiota C. Superior	$Y = 4,176780 + 0,0108980X - 0,0007890X^2$	*	88,0
Palermo CE-4.200	$Y = 4,19150 - 0,009850X$	**	85,0
Candiota CE-3.300	$Y = 4,237280 - 0,0126120X$	**	81,0
Comprimento das raízes (m/vaso)*			
Palermo CE-4.700	$Y = 51,30187451 + 202,5138770X$	**	99,0
Candiota CE-4.700	$Y = 50,15863672 + 192,2247998X$	**	98,0
Leão CE-5.200	$Y = 54,92204307 + 183,0249326X$	**	96,0
Candiota C. Inferior	$Y = 58,19518125 + 166,5962070X$	**	96,0
Candiota C. Superior	$Y = 51,55468359 + 1,799004736X$	**	100,0
Palermo CE-4.200	$Y = 50,53194453 + 196,1881221X$	**	0,97
Candiota CE-3.300	$Y = 51,97677510 + 195,1081074X$	**	0,98
Raio médio das raízes (mm)*			
Palermo CE-4700	$Y = 0,29954 - 0,003206X$	**	99,0
Candiota CE-4.700	$Y = 0,30166 - 0,003074X$	**	98,0
Leão CE-5.200	$Y = 0,29894 - 0,004846X + 0,0000650X^2$	**	99,0
Candiota C. Inferior	$Y = 0,29675 - 0,004165X - 0,0000525X^2$	**	99,0
Candiota C. Superior	$Y = 0,29928 - 0,002932X$	**	99,0
Palermo CE-4.200	$Y = 0,30461 - 0,004139X + 0,0000315X^2$	*	97,0
Candiota CE-3.300	$Y = 0,30391 - 0,004469X - 0,0000445X^2$	**	98,0
Superfície ocupada pelas raízes (cm ² /vaso)*			
Palermo CE-4700	$Y = 995,781344 + 15,9931442X$	*	99,0
Candiota CE-4.700	$Y = 987,392128 + 15,6509315X$	**	99,0
Leão CE-5.200	$Y = 1003,2715 + 22,01741X - 0,253449X^2$	*	98,0
Candiota C. Inferior	$Y = 1028,202355 + 28,241178X - 0,481249X^2$	**	96,0
Candiota C. Superior	$Y = 1002,102754 + 13,1666035X$	**	100,0
Palermo CE-4.200	$Y = 992,852778 + 15,3506477X$	**	98,0
Candiota CE-3.300	$Y = 1009,035649 + 15,3748235X$	**	98,0

*X = dose de substância húmica utilizada (0, 10, 20 e 30 mg de C/L).

**P<0,01 = ** e P<0,05 = *.

Tabela III. Dados médios das interações doses de substâncias húmicas provenientes de diferentes matérias-primas, para parâmetros da parte aérea e de raízes de aveia preta.

Produção total de matéria seca da parte aérea*				
Matéria-prima	0 mg	10 mg	20 mg	30 mg
Palermo CE-4.200	22,902A	24,21B	25,58AB	27,25AB
Candiota CE-4.700	22,870A	25,00AB	26,02AB	26,93AB
Leão CE-5.200	22,832A	25,34A	26,53A	26,88AB
Candiota B. Inferior	22,590A	24,74AB	24,92B	26,12B
Candiota B. Superior	22,560A	24,28AB	25,34AB	26,24B
Palermo CE-4.700	22,808A	24,78AB	25,96AB	27,80A
Candiota CE-3.300	22,854A	24,20B	25,32AB	26,04B
Produção de matéria seca de raízes em gramas,				
Matéria Prima	0 mg	10mg	20 mg	30 mg
Palermo CE-4200	4,165A	4,160B	3,940B	3,910A
Candiota CE-4700	4,154A	4,180B	3,952B	3,740A
Leão CE-5200	4,095A	4,140B	3,890B	3,670A
Candiota B, Inferior	4,076A	4,760A	4,360A	3,770A
Candiota B, Superior	4,150A	4,286B	4,000B	3,820A
Palermo CE-4700	4,177A	4,120B	3,840B	3,660A
Candiota CE-3300	4,186A	4,220B	3,920B	3,866A
Comprimento das raízes em centímetros				
Matéria Prima	0 mg	10mg	20 mg	30 mg
Palermo CE-4200	5270,4797	6473,8103B	9407,6320A	10832,1432A
Candiota CE-4700	5305,2797	6416,53135B	9035,2723A	10839,8594A
Leão CE-5200	5435,9013	7056,5203AB	9853,4787A	10604,4129A
Candiota B, Inferior	5413,8898	8138,6980A	9061,8914A	10659,3656A
Candiota B, Superior	5284,8785	6793,1230AB	6905,9233B	10649,9527A
Palermo CE-4700	5379,9776	6705,0761AB	9331,595A	11254,9340A
Candiota CE-3300	5331,0142	6727,9249AB	9541,4971A	10896,7604A
Raio médio das raízes em milímetros				
Matéria Prima	0 mg	10mg	20 mg	30 mg
Palermo CE-4200	0,3020A	0,2742A	0,2266BC	0,2114A
Candiota CE-4700	0,3012A	0,2756 A	0,2322ABC	0,2132A
Leão CE-5200	0,2972A	0,2622BC	0,2228C	0,2138A
Candiota B, Inferior	0,2982A	0,2560C	0,2388A	0,2176A
Candiota B, Superior	0,3016A	0,2684AB	0,2368AB	0,2144A
Palermo CE-4700	0,3000A	0,2704AB	0,2282ABC	0,2072A
Candiota CE-3300	0,3018A	0,2700AB	0,2260BC	0,2120A
Superfície ocupada pelo sistema radicular em cm ²				
Matéria Prima	0 mg	10mg	20 mg	30 mg
Palermo CE-4200	1000,673A	1115,537B	1338,049AB	1438,191A
Candiota CE-4700	1003,913A	1110,600B	1317,452AB	1456,660A
Leão CE-5200	1014,936A	1163,106B	1377,235A	1424,025A
Candiota B, Inferior	1014,108A	1304,774A	1358,242A	1456,409A
Candiota B, Superior	1001,380A	1136,349B	1262,443B	1398,236A
Palermo CE-4700	999,479A	1138,875B	1338,227AB	1466,133A
Candiota CE-3300	1010,427A	1141,740B	1354,445AB	1452,019A

Teste de Tukey aplicado nas colunas e letras diferentes indicam variação dentro da mesma coluna.

aumento de até 109,2% no comprimento das raízes. Estes resultados estão de acordo com diversos trabalhos que comprovam o maior desenvolvimento das raízes em presença de substâncias húmicas (RAUTHAN & SCHINITZER, 1981; PINTON *et al.*, 1992; HARPER *et al.*, 1995; SILVA & JABLONSKI 1995; SILVA *et al.*, 1998b,d; SILVA *et al.*, 1999).

Raio médio das raízes

Houve significância estatística para os efeitos de doses, matérias-primas e para a interação matérias-primas x doses ($P < 0,01$), com um CV (A) = 0,76% e um CV (B) = 2,48%. Na Figura 4 são mostradas as médias de produção das raízes para cada matéria-prima e dentro de cada nível de dose e os resultados mostram

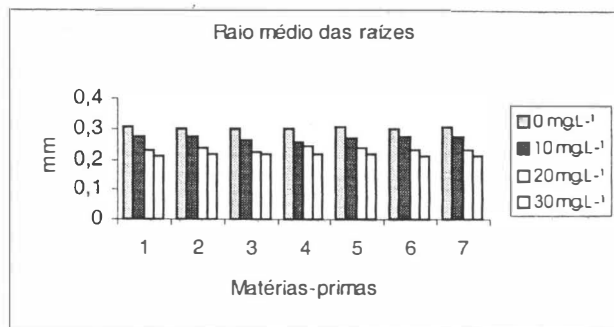


Figura 4. Variação no raio médio das raízes da aveia preta após 4 cortes em função das doses de substâncias húmicas utilizadas e da fonte utilizada para a extração (1- Palermo CE-4.200; 2-Candiota CE-4.700; 3- Leão CE-5.200; 4- Candiota Camada Inferior; 5- Candiota Camada Superior; 6- Palermo CE-4.700 e 7- Candiota CE-3.300).

diferenças entre matérias primas nas doses de 10 e 20 mg.L⁻¹ (Tabela II). Os resultados das regressões polinomiais da interação encontram-se na Tabela III, onde observa-se que os coeficientes de determinação são superiores a 96%. Observa-se, também, nessa tabela resposta linear para as dosagens para as matérias-primas Palermo CE-4.700, Candiota Camada Superior e Candiota CE-4.700 e quadrática para as matérias-primas Leão CE-5200, Candiota Camada Inferior, Candiota CE-3300 e Palermo CE-4.200. O ponto de máxima (maior raio) foi obtido na dose 0 mg em todas as matérias-primas. A utilização de substâncias húmicas diminuiu em até 31% o raio médio das raízes. Os resultados obtidos concordam com diversos trabalhos que comprovam a produção de raízes com um menor raio médio em presença de substâncias húmicas (SILVA & JABLONSKI, 1995; SILVA *et al.*, 1998b,d; SILVA *et al.*, 1999).

Superfície ocupada pelas raízes

A análise de variância detectou significância estatística para os efeitos de doses, matérias-primas e para a interação matérias-primas e doses ($P < 0,01$), com um CV (A) = 1,77% e um CV (B) = 3,87%. As médias de produção das raízes para cada matéria-prima e dentro de cada nível de dose são apresentados na Tabela II e na Figura 5. Esta variável é consequência do raio médio das raízes e da produção de raízes frescas (produção de matéria verde). A adição de substâncias húmicas diminuiu o raio médio das raízes em até 31%

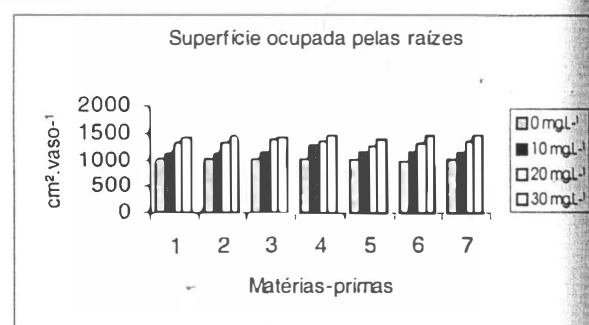


Figura 5. Variação na Superfície ocupada pelas raízes da aveia preta após 4 cortes em função das doses de substâncias húmicas utilizadas e da fonte utilizada para a extração (1- Palermo CE-4.200; 2- Candiota CE-4.700; 3- Leão CE-5.200; 4- Candiota Camada Inferior; 5- Candiota Camada Superior; 6- Palermo CE-4.700 e 7- Candiota CE-3.300).

e aumentou a produção de matéria verde das raízes em até 32,25%. A superfície ocupada pelas raízes foi afetada pelas matérias-primas utilizadas e pelas doses de substâncias húmicas utilizadas, conforme pode ser observado pelos resultados das regressões polinomiais da interação que encontram-se na Tabela III, onde observa-se que os coeficientes de determinação são superiores a 95%. Observa-se, também, nessa tabela resposta linear para as dosagens para as matérias-primas Palermo CE-4.700, Candiota CE-4.700, Candiota Camada Superior, Palermo CE-4.200, Candiota CE-3300 e quadrática para as matérias-primas Leão CE-5200 e Candiota Camada Inferior. matéria-prima Leão CE-5200 não apresentou ponto máximo no intervalo das doses utilizadas e a dose calculada superou a dose máxima em 13,44 mg.L⁻¹ enquanto que a matéria-prima Candiota Camada Inferior apresentou ponto de máxima de 1.442,45 cm².vaso⁻¹ na dose de 29,34 mg.L⁻¹. As dosagens utilizadas promoveram um aumento de até 46,69% na superfície ocupada pelas raízes. Estes resultados concordam com

diversos trabalhos que comprovam um maior desenvolvimento das raízes em cultivos em solução nutritiva que utilizem areia como substrato (BRUN, 1993; GOENADI & SUDHARAMA, 1995; SILVA & ABLONSKI, 1995; AYUSO *et al.*, 1996; SILVA *et al.*, 1998b,d; SILVA *et al.*, 1999).

Considerações gerais

Em diversos trabalhos observaram-se que substâncias húmicas diferentes produzem resultados diferentes em experimentos com plantas (BRUN, 1993; AYUSO *et al.*, 1996; SILVA *et al.*, 1998b,d; SILVA *et al.*, 1999). No presente trabalho foram utilizadas matérias-primas com características físico-químicas diferentes, que deram origem, a partir do processo de extração com KOH, à substâncias húmicas distintas. Estas substâncias húmicas produziram efeitos diferentes nas diversas variáveis avaliadas (SILVA *et al.*, 1999). Em geral, o efeito direto das substâncias húmicas são mais evidentes em um meio hidropônico, que em condições de solo (AYUSO *et al.*, 1996).

Os mecanismos de estimulação de ácidos húmicos e fúlvicos sobre o alongamento do sistema radicular e sobre o desenvolvimento da parte aérea em cultivos hidropônicos não foram investigados neste estudo. Entretanto, outros trabalhos têm sugerido a existência de diversos mecanismos. Segundo STROVIC *et al.* (1982), desde 1917 já se sabe que estas substâncias apresentam uma ação sobre as plantas semelhante às auxinas e em 1982 foram isolados ácidos húmicos que apresentaram efeito semelhante à giberelinas em *Raphanus sativus*. Existem substâncias promotoras do crescimento em ácidos húmicos e de acordo com CASENAVE de SANFILLIPO *et al.* (1990), possivelmente correspondendo ao ácido indolacético ou a seus precursores. Atividade inibitória de altas doses foi mais marcada durante a germinação que durante o processo de crescimento. O efeito inibitório causado pela alta concentração de ácidos húmicos pode ser devido a uma ação semelhante a auxinas como inibidores de crescimento. Eles ainda constataram a existência de uma quantidade significativa de substâncias semelhantes a giberelinas livres e conjugadas. SAMSON e VISSER (1989) e IRINTOTO *et al.* (1993), demonstraram que a permeabilidade da membrana plasmática pode ser alterada por estes

ácidos, o que aumenta a absorção dos nutrientes, devido a interação entre as substâncias húmicas e carreadores do plasmalema. As substâncias húmicas afetam a atividade da ATPase microsomal e do tonoplasto de acordo com PINTON *et al.* (1992), confirmando as observações feitas por MAGGIONI *et al.* (1987). Já MATO *et al.* (1972) demonstraram que ácidos húmicos e fúlvicos afetam as funções enzimáticas das plantas. Eles observaram que concentrações de ácidos húmicos e fúlvicos entre 0 e 10 mg.L⁻¹ aumentam a atividade de IAA oxidase. Já doses entre 10 a 40 mg.L⁻¹ diminuí a atividade da IAA oxidase. Já POLO *et al.* (1985) determinaram um aumento de até 22,92% na área de cloroplastos das células das raízes do azevém perene.

CONCLUSÕES

As substâncias húmicas aumentaram a produção de matéria seca da parte aérea, o comprimento das raízes e a superfície ocupada pelas raízes da aveia preta.

A adição de substâncias húmicas diminuiu o raio médio em todas as matérias-primas avaliadas e a produção de matéria seca de raízes para as matérias-primas Palermo CE-4.700, Candiota CE-4.700, Palermo CE-4.200 e Candiota CE-3.300.

As substâncias húmicas extraídas de diferentes carvões afetaram de forma diversa as cinco variáveis avaliadas: produção de matéria seca da parte aérea e das raízes, comprimento, raio médio e superfície ocupada pelas raízes.

AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul (FAPERGS), à Fundação Banco do Brasil e a Empresa Joaquim Oliveira S.A. Participações (JOSAPAR), pelo apoio financeiro a este projeto.

Ao Departamento de Solos da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, pelo apoio dado a este trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AYUSO, M.; HERNANDEZ, T.; GARCIA, C.; PASCUAL, J. A. Stimulation of barley growth and nutrient absorption by humic substances originating from various organic materials. **Bioresource and Technology**, Oxford, UK, v. 57 n.3, p. 251-257, 1996.
- BRUN, G. Pouvoir complexant des matières humiques effets sur l'alimentation minerale des vegetaux, Toulouse, France: Institut National Polytechnique de Toulouse, Specialite: Traitement des matières premières vegetales, 1993, 139 p. **Thèse (doctorat)**.
- CASENAVE DE SANFILIPPO, E., ARGÜELLO, J. A., ABDALA, G., ORIOLI, G. A. Content of auxin, inhibitor and gibberellin like substances in humic acids. **Biologia Plantarum (PRAHA)**, Praha, v. 32 n.5, p. 346-352, 1990.
- FORTUN, C., RAPSCH, S., ASCASO, C. Action of humic acid preparations on leaf development, mineral elements contents and chloroplast ultrastructure of ryegrass plants. **Photosynthetica**, v. 19 n. 3, p. 294-299, 1985.
- FORTUN, C., POLO, A., MOLINERO, A. Acción de los ácidos húmicos de turbas compostadas sobre el crecimiento y contenido mineral de plantas de rye-grass. **Agrochimica**, Pisa, v. 30 n. 1-2, p. 83-92, 1986a.
- FORTUN, C., ALMENDROS, G. POLO, A. Efecto de fracciones de tipo húmico extraídas de paja de trigo compostada sobre el crecimiento y contenido mineral de plantas de rye-grass. **Agrochimica**, Pisa, v. 30 n. 3, p. 229-240, 1986b.
- FURTER, M.; DEKKER, J.; HENNING, J. A. G. Stimulation of seedling growth by coal-derived oxifulvic acid. Part I. **Journal of the Southern African Society for Horticultural Sciences**, v. 6 n. 2, p. 95-96, 1996.
- GOENADI, D. H.; SUDHARAMA, I. M., Shoot initiation by humic acids of selected tropical crops grown in tissue culture. **Plant and cell response**, Berlin, v. 15 n. 1-2, p. 59-62, 1995.
- HARPER, S. M.; EDWARDS, D. G.; KERVEN, L.; ASHER, C. L. Effect of organic acid fraction extracted from *Eucalyptus camaldulensis* leaf on root elongation of maize *Zea mays* in presence and absence of aluminum. **Plant and soil**, Utrecht, v. 171, p. 189-192, 1995.
- HAYES, M. H. B. MACCARTHY, P. MALCOLM L. SWIFT, R. S. **Humic Substances II. In Search of Structure**. 1989. West Sussex, UK: John Wiley & Sons Ltd. 1989. 733p.
- KHRISTEWA, L. A. **The participation of humic acids and their practical use in the Ukraine**. INTERNATIONAL PEAT CONGRESS, Leningrad, 1953, Edinburgh: R. A. Roberts 1953, p. 543-558.
- MAGGIONI, A.; VARANINI, Z.; NARDI, PINTON, R. Action of soil humic matter on plant roots: stimulation of ion uptake and effects (Mg²⁺ + K⁺) ATPase activity. **Science of Total Environment**, Boston, v. 62, p. 355-387, 1987.
- MATO, M. C.; OLMEDO, M. G.; MÉNDEZ, J. Inhibition of indolacetic acid-oxidase by humic acids fractionated on sephadex. **Science of Biology Biochemistry**, Exeter, v. 4, p. 475-492, 1972.
- PINTON, R.; VARANINI, Z.; VIZZOTTO, MAGGIONI, A. Soil humic substances affect transport properties of tonoplast vesicles isolated from oat roots. **Plant and soil**, Utrecht, v. 142, p. 203-210, 1992.
- RAUTHAN, B. S.; SCHINITZER, M. Effects of a fulvic acid on the growth and nutrient content of cucumber (*Cucumis sativus*) plants. **Plant and soil**, Utrecht, v. 63, p. 491-495, 1981.
- SAMSON, G.; VISSER, S. A. Surface-active effect of humic acids on potato cell membrane properties. **Soil Biology Biochemistry**, Exeter, v. 21, p. 337-347, 1989.

SILVA, R. M., JABLONSKI. A . Uso de ácidos húmicos e fúlvicos em solução nutritiva na produção de alface. **EGATEA: Revista da Escola de Engenharia**, Porto Alegre, v. 23 n. 2, p. 71-78, 1995.

SILVA, R. M., JABLONSKI. A., SIEWERDT, L., SILVEIRA JÚNIOR, P. Produção de aveia: Efeito de diferentes fontes e doses de substâncias húmicas no cultivo em casa de vegetação. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 35. Botucatu. **Anais...** Botucatu: FMVZ-UNESP-SBZ. p. 67-69, 1998a.

SILVA, R. M., JABLONSKI. A., SIEWERDT, L., SILVEIRA JÚNIOR, P. Desenvolvimento do sistema radicular da aveia sob influência de diferentes fontes e dosagens de substâncias húmicas. IN: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 35. Botucatu. **Anais...** Botucatu: FMVZ-UNESP-SBZ. p. 412-414, 1998b.

SILVA, R. M., JABLONSKI. A., SIEWERDT, L., SILVEIRA JÚNIOR, P. Produção de azevém: Efeito de diferentes fontes e doses de ácidos húmicos e fúlvicos no cultivo em casa de vegetação. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 35. Botucatu. **Anais...** Botucatu: FMVZ-UNESP-SBZ. p.354-356, 1998c.

SILVA, R. M., JABLONSKI. A., SIEWERDT, L., SILVEIRA JÚNIOR, P. Desenvolvimento do sistema radicular do azevém sob influência de diferentes fontes e dosagens de substâncias húmicas. IN: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 35. Botucatu. **Anais...** Botucatu: FMVZ-UNESP-SBZ. p. 357-359, 1998d.