

# DESENVOLVIMENTO RADICULAR E PRODUÇÃO DE AVEIA PRETA ATÉ O ESTÁGIO DE GRÃO PASTOSO, CULTIVADA EM SOLUÇÃO NUTRITIVA COMPLETA COM ADIÇÃO DE SUBSTÂNCIAS HÚMICAS.

SILVA, Ricardo M. da<sup>1</sup>, JABLONSKI, André<sup>1</sup>, SIEWERDT, Lotar<sup>2</sup> & SILVEIRA JÚNIOR, Paulo<sup>3</sup>

EE - DEMIN - PPGEMM - UFRGS - <sup>2</sup> UFPEL/FAEM - Depto. Zootecnia - <sup>3</sup> UFPEL/IFM - Depto. de Matemática Estatística e Computação - Campus Universitário - Caixa Postal, 354 - CEP 96001 - 970 - Telefone: (0-xx-53) 2757270 e 2757346 - Pelotas/RS - Brasil.  
(Recebido para publicação em 21/09/99)

## RESUMO

O ensaio foi realizado em uma casa de vegetação, em 1998, na Faculdade de Agronomia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, sendo avaliadas as seguintes variáveis: altura das plantas, produção de matéria seca e proteína bruta, pelos caules e folhas da aveia preta comum (*Avena strigosa* Schreb.), comprimento, raio médio, superfície ocupada e matéria seca produzida pelas raízes. A forrageira foi cultivada em vasos com areia irrigada com solução nutritiva e quatro doses de substâncias húmicas (0, 10, 20 e 30mg.L<sup>-1</sup>), extraídas a partir dos carvões das minas do Capané (Palermo CE-4200 e Palermo CE-4700), Leão (Leão CE-5200) e Candiota (Candiota Camada Superior, Candiota Camada Superior, Candiota CE-3300 e Candiota CE-4700). Os resultados demonstraram que as substâncias húmicas influenciaram o crescimento da parte aérea e do sistema radicular aumentando em 50,90% a altura das plantas; em 170,52% a produção de matéria seca da parte aérea; em 281,73% a produção de proteína bruta da parte aérea; em 354,25% o comprimento das raízes; em 174,54% o peso das raízes secas; em 238,63% a superfície ocupada pelo sistema radicular e diminuindo o raio médio das raízes em 25,28%. As substâncias húmicas afetaram positivamente o desenvolvimento da parte aérea e do sistema radicular em todas as variáveis avaliadas. As substâncias húmicas provenientes dos sete tipos de carvões, atuaram de forma diferente sobre as seis variáveis avaliadas.

Palavras-chave: ácidos fúlvicos, ácidos húmicos, *Avena strigosa*, carvão.

## ABSTRACT

BLACK OATS FORAGE YIELD AND ROOT DEVELOPMENT AT SOFT-DOUGH GRAIN STAGE, GROWN WITH HUMIC COMPOUNDS ADDED TO A COMPLETE NUTRIENT SOLUTION. This work was carried out in 1998, under greenhouse conditions at Faculdade de Agronomia-UFRGS, by using a split-plot design with treatments arranged in randomized complete blocks, with six replications, to evaluate plant height, dry matter and protein yield of stems and leaves, length of roots, mean radius of roots, roots surface and dry matter yield of roots. Black oats forage (*Avena strigosa* Schreb.) was grown in pots with irrigated sand and four levels (0, 10, 20 and 30mg.L<sup>-1</sup>) 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). Results demonstrated that humic compounds had positive effect by increasing plant height in 50.90%; dry matter of stems and leaves in 170.52%; protein yield of stem and leaves in 281.73%; root length in 354.25%; root dry matter in 174.54%; occupied roots surface in 238.63%. Mean radius of roots decreased in 25.28%. It is concluded that humic compounds influenced black oats forage yield and roots development. Humic compounds from different raw materials influenced diversely the six variables that were analysed.

Key words: *Avena strigosa* - coal - dry matter - fulvic acid - humic acid.

## INTRODUÇÃO

De acordo com AYUSO *et al.* (1996), é praticamente impossível a reprodução em laboratório das condições naturais de crescimento das plantas sem a introdução de fatores que obscurecem o fator objeto de estudo. Por isso o meio hidropônico vem sendo utilizado para estudar a influência de fatores particulares sobre o desenvolvimento das plantas. Segundo CHEN *et al.* (1994), os grupamentos carboxílicos presentes nas substâncias húmicas são os maiores responsáveis pelas respostas obtidas com os ácidos húmicos. O efeito das substâncias húmicas sobre as espécies depende da origem, do tipo e concentração na solução nutritiva e da espécie vegetal e da variedade. Matérias primas orgânicas diferentes apresentam em sua composição ácidos húmicos e ácidos fúlvicos diversos. Fontes de substâncias húmicas distintas apresentam concentrações diferentes de ácidos húmicos e fúlvicos (BRUN, 1993; AYUSO *et al.*, 1996). Estas substâncias podem ser facilmente extraídas do carvão mineral de acordo com XUDAN (1986), sendo baratos, não poluentes e apresentam eficiência no desenvolvimento de diversas culturas. Este processo de extração e conversão de carvão em ácidos oxi-húmicos e oxi-fúlvicos está bem desenvolvido (VAN DE VENTER *et al.*, 1991). Estes produtos podem ser utilizados na recuperação de áreas degradadas, pois melhoram as propriedades que têm interesse no melhoramento das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo (AYUSO, 1996). FURTER *et al.* (1996), testaram cinco dosagens de ácidos fúlvicos (0, 20, 50, 100 e 200 mg.L<sup>-1</sup>) e obtiveram os seguintes aumentos na produção de raízes frescas: 164,71% para a beterraba cultivar Crimson Globe; 133,98% na abóbora variedade Sugar Loaf; 45,41% para o melão da variedade Honeydew; 89,59% para a cebola cultivar Texas Grano e 58,93% para o tomate da variedade Rossol. Para a produção de matéria seca da parte aérea foram obtidos os seguintes aumentos na produção: 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. A aveia está entre as plantas do grupo 2 da classificação de KRISTEWA (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. O uso de substâncias húmicas extraídas de sete diferentes fontes orgânicas (carvões) aumentou: a produção total de forragem em 32,27% (SILVA *et al.*, 1998a); em 10,15% a produção de raízes frescas; em 16,79% a produção de raízes secas; em 104,40% o comprimento do sistema

radicular; em 46,69% a superfície ocupada pelo sistema radicular e diminuiu em 30,93% o raio médio do sistema radicular da aveia preta após quatro cortes (SILVA *et al.*, 1998b). Por outro lado, aumentou em 47,39% a produção total do azevém (SILVA *et al.*, 1998c); aumentou em 39,61% a produção de matéria fresca de raízes; em 49,23% a produção de matéria seca de raízes; em 100,87% o comprimento do sistema radicular; em 68,00% a superfície ocupada pelo sistema radicular e diminuiu em 22,99% o raio médio do sistema radicular do azevém após quatro cortes (SILVA *et al.*, 1998d). O objetivo desta pesquisa foi o de avaliar a produção e a altura das plantas e o desenvolvimento do sistema radicular da aveia preta comum (*Avena strigosa* Schreb.) colhida em estágio de grão pastoso cultivada com solução nutritiva e quatro níveis de substâncias húmicas (0, 10, 20 e 30 mg.L<sup>-1</sup>) provenientes de sete fontes de matéria orgânica, visando gerar subsídios para justificar a implantação de uma unidade industrial para a produção de substâncias húmicas no Brasil e para a sua utilização em cultivos que utilizem como técnica de produção a hidroponia, a fertirrigação ou o gotejamento.

## MATERIAIS E MÉTODOS.

Foram coletadas amostras de carvão das minas de Candiota (Camada superior, Camada Inferior, CE-3300 e CE-4700), Capané (Palermo CE-4200, CE-4700) e Leão (CE-5200) em funcionamento no estado do Rio Grande do Sul. As amostras de carvão foram secas ao ar livre e acondicionadas em sacos plásticos e moídas até uma granulometria de 0,025mm. Os carvões foram caracterizados no LAGEAMB-PPGEM-UFRGS para 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). Os resultados nas análises foram semelhantes aos obtidos de SILVA *et al.* (1999). A seguir as amostras de carvão sofreram a extração com KOH 1M após dois tratamentos com ácido: o primeiro, com HCl visou a diminuição da concentração de íons metálicos e, o segundo com ácido fosfórico visou a liberação da matéria orgânica da matéria mineral. Após a extração foi feita a caracterização do extrato quanto a pH, densidade, concentração em g.L<sup>-1</sup>, acidez

titulável da matéria seca do extrato, teor de carbono e teor de nitrogênio e teor de cinzas (TEDESCO *et al.*, 1995) Os resultados obtidos estão próximos aos de SILVA *et al.* (1999). O experimento foi iniciado em 15.03.98 em casa de vegetação, com a semeadura de 40 sementes de aveia preta em vasos plásticos com 3,6 litros de capacidade, cheios com areia lavada até 1 cm da borda dos vasos. O desenho experimental utilizado foi o de blocos casualizados em parcelas divididas com seis repetições, sendo alocadas as sete matérias-primas nas parcelas e as dosagens nas subparcelas. A solução nutritiva utilizada foi a mesma utilizada e descrita em SILVA *et al.* (1999). Foram utilizados quatro tratamentos: T1 = Solução nutritiva (SN) + 0mg.L<sup>-1</sup> de substâncias húmicas (SH); T2 = SN + 10mg.L<sup>-1</sup> SH; T3 = SN + 20mg.L<sup>-1</sup> SH e T4 = SN + 30mg.L<sup>-1</sup> SH. As doses utilizadas de substâncias húmicas em mg/l, são equivalentes a mg.L<sup>-1</sup> de carbono das diferentes substâncias húmicas obtido a partir da determinação do teor de carbono pelo método de Walkley Black segundo TEDESCO *et al.* (1995). A forragem foi colhida em 15.05.98, havendo a separação entre parte aérea e sistema radicular. A parte aérea e 75% do sistema radicular foram secos em estufa com ar forçado a 65°C e, posteriormente, moídos. A matéria seca total, foi determinada em estufa a 105°C por uma hora. A parcela das raízes utilizada para determinação do comprimento (25%) foi armazenada em sacos plásticos para posterior determinação pelo método de TENNANT (1975), utilizando quadrículas de 1 cm e a fórmula =  $11/14 \cdot 1 \cdot n^\circ$  de internódios. matéria fresca de raízes. O raio médio das raízes foi obtido pela fórmula  $R_o^2 = \text{volume de raízes} = (\text{matéria fresca}) / \pi \cdot L$  (comprimento das raízes). A superfície ocupada pelas raízes (S) foi calculada por meio da fórmula:  $S = 2\pi \cdot R \cdot L$ . Os dados obtidos foram analisados estatisticamente pelo programa SANEST para microcomputadores (ZONTA e MACHADO, 1984).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise imediata comprova que as diversas matérias-primas apresentam composição diferentes (Tabela 1). Os teores purificados de ácidos húmicos e fúlvicos obtidos foram baixos e os extratos apresentaram uma alta acidez titulável em cmol de carga.kg<sup>-1</sup> como pode ser observado na Tabela 2.

TABELA 1. Resultados da análise imediata das sete matérias-primas (carvões) (% base seca)

AMOSTRAS	S <sub>t</sub>	S <sub>pir</sub>	S <sub>SO4</sub>	S <sub>o</sub>	
Candiota Camada Inferior	1,22	0,98	0,12	0,12	
Candiota Camada Superior	1,27	0,99	0,11	0,17	
Candiota Lavado CE-4.700	0,93	0,80	0,06	0,07	
Candiota Lavado CE-3.300	1,12	0,85	0,14	0,11	
Leão CE 5200	0,28	0,17	0,06	0,05	
Palermo CE 4700	0,62	0,35	0,15	0,12	
Palermo CE 4200	0,92	0,59	0,21	0,12	
AMOSTRAS	C <sub>fix</sub>	W <sub>t</sub>	W <sub>h</sub>	A	MV
Candiota C. Inferior	23,52	15,12	0,92	48,33	27,23
Candiota C. Superior	21,32	17,11	1,09	51,28	26,31
Candiota CE-4.700.	34,22	16,26	1,33	35,33	29,12
Candiota CE-3.300	25,89	16,37	2,14	43,53	28,44
Leão CE-5.200	33,35	17,81	1,06	30,39	35,20
Palermo CE-4.700	29,29	16,56	1,01	40,00	29,70
Palermo CE-4.200	26,57	16,30	1,07	43,00	29,36
St - enxofre total	S <sub>pir</sub> - enxofre pirítico	S <sub>SO4</sub> - enxofre sulfático			
S <sub>o</sub> - enxofre orgânico	W <sub>t</sub> - umidade total	W <sub>h</sub> - umidade higroscópica			
A - cinza	MV - matéria volátil	C <sub>fix</sub> - carbono fixo			

TABELA 2. Resultados das características físico-químicas dos extratos das substâncias húmicas obtidas (teores em % da matéria seca)

Amostras	pH	Concentração em g.L <sup>-1</sup>	Densidade	Produção%*
Candiota Camada Inferior	13,11	22,63	1,018	17,56
Candiota Camada Superior	12,38	22,53	1,018	17,23
Candiota Lavado CE-4.700.	12,16	25,35	1,021	21,49
Candiota Lavado CE-3.300.	13,05	23,12	1,019	18,76
Leão CE-5.200	12,32	24,58	1,020	12,46
Palermo CE-4.700	13,23	39,78	1,042	23,48
Palermo CE-4.200	12,80	35,53	1,039	22,28
Amostras	%C	%N	C:N	Cinzas %
Candiota Camada Inferior	43,41	0,85	51,07	48,53
Candiota Camada Superior	42,11	0,80	52,63	46,25
Candiota Lavado CE-4.700.	45,45	1,05	43,29	44,45
Candiota Lavado CE-3300.	44,12	0,97	45,48	46,12
Leão CE-5.200	44,77	0,41	109,19	49,17
Palermo CE-4.700	45,49	0,65	69,98	39,12
Palermo CE-4.200	44,18	0,57	77,51	40,13
Amostras	Acidez titulável	%ácidos húmicos	%ácidos fúlvicos	Total
Candiota Camada Inferior	463,49	3,38	1,97	5,35
Candiota Camada Superior	514,52	3,89	2,06	5,95
Candiota CE-4.700.	631,24	4,34	2,32	6,66
Candiota CE-3.300.	32,15	3,87	2,22	6,09
Leão CE-5.200	28,13	3,68	1,58	5,26
Palermo CE-4.700	47,59	5,62	2,46	8,08
Palermo CE-4.200	508,19	4,34	2,10	6,44

\*% da matéria seca da matéria-prima original

#### Altura das plantas.

A análise de variância apresentou significância para o efeito das doses de substâncias húmicas ( $P < 0,01$ ), com CV (A) = 2,93% e CV (B) = 3,45%. A análise de regressão polinomial para o efeito de doses apresentou significância para o efeito quadrático, tendo sido obtida a seguinte equação:  $Y = 41,88804 + 0,2801683X + 0,01241393X^2$  ( $R^2 = 1$ ). A adição de substâncias húmicas aumentou em 50,90% a altura das plantas (Figura 1) e os resultados obtidos sugerem o uso da dose  $30\text{mg.L}^{-1}$ . Fica evidente que estas substâncias aumentam a velocidade de crescimento das plantas e promovem o maior desenvolvimento das mesmas como observado anteriormente em um trabalho prévio realizado com milho por SILVA *et al.* (1999).

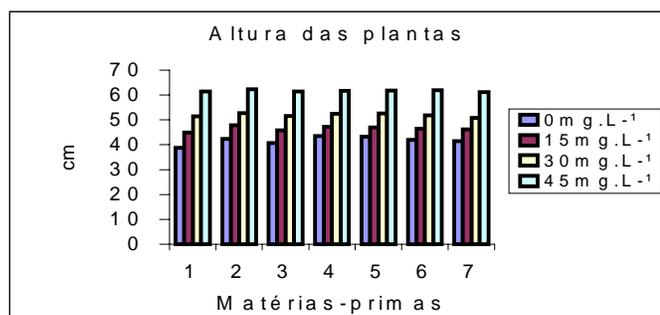


Figura 1. Variação na altura média das plantas de aveia preta, após 4 cortes em função das doses de substâncias húmicas e da fonte utilizada para a extração (1-Palermo CE-4.200; 2-Candiota CE-4.700; 3- Leão CE-5.200; 4- Candiota Camada Inferior; 5- Candiota Camada Superior; 6 Palermo CE-4.700 e 7- Candiota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

#### Produção total de matéria seca da parte aérea.

Foram significativos os efeitos das interações entre as variáveis matérias-primas x doses ( $P < 0,01$ ), com CV (A) = 1,54% e CV (B) = 4,06%. Os resultados das regressões

polinomiais da interação entre doses e matérias-primas encontram-se na Tabela 3, tendo sido obtida uma resposta quadrática para as dosagens em todas as matérias-primas. As curvas de regressão não apresentaram pontos de máxima dentro dos intervalos das doses utilizadas, pois a dose do ponto de máxima calculado por extrapolação, superou a dose máxima utilizada. Os resultados obtidos sugerem o uso da dose  $30\text{mg.L}^{-1}$  (Tabela 3). Estas dosagens aumentaram a produção de matéria seca da parte aérea (Figura 2) e a produção de matéria seca aumentou em 170,52% quando a dose utilizada passou de 0 para  $30\text{mg.L}^{-1}$ . Os coeficientes de determinação obtidos  $-R^2$  foram  $> 0,98$ . Os resultados concordam com diversos trabalhos que comprovaram o maior desenvolvimento da parte aérea em presença de substâncias húmicas (SILVA *et al.*, 1998a,c; SILVA *et al.*, 1999).

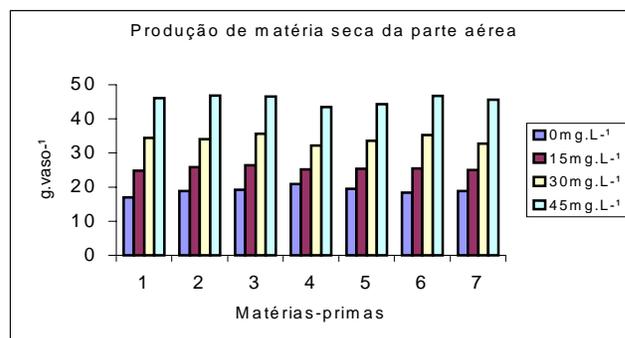


Figura 2. Variação na produção de matéria seca da parte aérea da aveia preta, após 4 cortes em função das doses de substâncias húmicas e da fonte utilizada para a extração (1-Palermo CE-4.200; 2- Candiota CE-4.700; 3- Leão CE-5.200; 4- Candiota Camada Inferior; 5- Candiota Camada Superior; 6- Palermo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

#### Produção total de proteína bruta da parte aérea.

Houve significância para os efeitos da interação entre

matérias-primas x doses ( $P < 0,01$ ), com CV (A) = 2,62% e CV (B) = 4,82%. A análise de regressão apresentou significância para o efeito linear para as matérias-primas Leão CE-5.200, Candiota Camada Inferior, Candiota Camada Superior, Palermo CE-4.700 e Candiota CE-3.300 e para as equações quadráticas não foram obtidos os pontos de máxima, pois as doses calculadas superaram em mais de 30mg.L<sup>-1</sup> a dose máxima utilizada (Tabela 3) e estes resultados sugerem o uso da dose 30mg.L<sup>-1</sup> (Figura 3 e Tabela 3). Estas dosagens aumentaram a produção de proteína bruta em 281,73%, quando a dose utilizada passou de 0 para 30mg.L<sup>-1</sup>. Os resultados concordam com outros trabalhos que comprovaram uma maior produção de proteína bruta em presença de substâncias húmicas, permitindo a obtenção de forragem com maior teor de proteína, devido a maior absorção deste elemento pelas plantas (RAUTHAN e SCHNITZER, 1981; AYUSO, 1996).

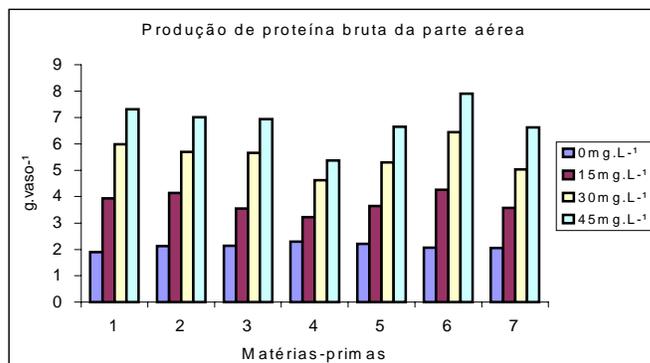


Figura 3. Variação na produção de proteína bruta na parte aérea da aveia preta, após 4 cortes em função das doses de substâncias húmicas e da fonte utilizada para a extração (1-Palermo CE-4.200; 2-Candiota CE-4.700; 3-Leão CE-5.200; 4-Candiota Camada Inferior; 5-Candiota Camada Superior; 6-Palermo CE-4.700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

TABELA 3. Resultados médios das variáveis da parte aérea e equações de regressão para doses de substâncias húmicas das diversas matérias-primas comprimento, matéria seca, raio médio e superfície ocupada pelo sistema radicular, pontos de máxima e a dose calculada nestes pontos

Carvões	Equações*	P**	P <sub>max</sub> ***	Dose****
Matéria seca da parte aérea (g.vaso <sup>-1</sup> )				
Palermo CE-4200	Y = 18,326 + 0,620X + 0,01096X <sup>2</sup> (R <sup>2</sup> =1)	**	-	-
Candiota CE-4700	Y = 19,031 + 0,486X + 0,01446X <sup>2</sup> (R <sup>2</sup> =1)	**	-	-
Leão CE-5200	Y = 19,098 + 0,636X + 0,00933X <sup>2</sup> (R <sup>2</sup> =1)	**	-	-
Candiota C. Inferior	Y = 21,005 + 0,224X + 0,01742X <sup>2</sup> (R <sup>2</sup> =1)	**	-	-
Candiota C. Superior	Y = 19,560 + 0,454X + 0,01242X <sup>2</sup> (R <sup>2</sup> =1)	**	-	-
Palermo CE-4700	Y = 17,048 + 0,676X + 0,00971X <sup>2</sup> (R <sup>2</sup> =1)	**	-	-
Candiota CE-3300	Y = 19,038 + 0,382X + 0,01654X <sup>2</sup> (R <sup>2</sup> =1)	**	-	-
Proteína bruta da parte aérea (g.vaso <sup>-1</sup> )				
Palermo CE-4200	Y = 2,034 + 0,2526X - 0,00187X <sup>2</sup> (R <sup>2</sup> =0,99)	**	-	67,54
Candiota CE-4700	Y = 2,136 + 0,2141X - 0,00173X <sup>2</sup> (R <sup>2</sup> =0,99)	**	-	61,88
Leão CE-5200	Y = 2,099 + 0,1651X (R <sup>2</sup> =0,99)	**	-	-
Candiota C. Inferior	Y = 2,284 + 0,1064X (R <sup>2</sup> =0,99)	**	-	-
Candiota C. Superior	Y = 2,207 + 0,1498X (R <sup>2</sup> =1)	**	-	-
Palermo CE-4700	Y = 1,940 + 0,1933X (R <sup>2</sup> =1)	**	-	-
Candiota CE-3300	Y = 2,051 + 0,1515X (R <sup>2</sup> =1)	**	-	-
Matéria seca (g.vaso <sup>-1</sup> )				
Palermo CE-4200	Y = 5,655 + 0,228X + 0,0038X <sup>2</sup> (R <sup>2</sup> =1)	**	-	-
Candiota CE-4700	Y = 6,535 + 0,109X + 0,0066X <sup>2</sup> (R <sup>2</sup> =1)	**	-	-
Leão CE-5200	Y = 5,827 + 0,324X (R <sup>2</sup> =1)	**	-	-
Candiota C. Inferior	Y = 6,536 + 0,029X + 0,0077X <sup>2</sup> (R <sup>2</sup> =0,99)	*	-	-
Candiota C. Superior	Y = 6,331 + 0,107X + 0,0058X <sup>2</sup> (R <sup>2</sup> =1)	**	-	-
Palermo CE-4700	Y = 6,369 + 0,101X + 0,0068X <sup>2</sup> (R <sup>2</sup> =1)	**	-	-
Candiota CE-3300	Y = 5,602 + 0,140X + 0,0061X <sup>2</sup> (R <sup>2</sup> =1)	**	-	-
Comprimento (m.vaso <sup>-1</sup> )				
Palermo CE-4200	Y = 103,288 + 7,115X + 0,1480X <sup>2</sup> (R <sup>2</sup> =1)	**	-	-
Candiota CE-4700	Y = 108,511 + 4,865X + 0,2149X <sup>2</sup> (R <sup>2</sup> =1)	**	-	-
Leão CE-5200	Y = 108,200 + 7,565X + 0,1231X <sup>2</sup> (R <sup>2</sup> =0,99)	**	-	-
Candiota C. Inferior	Y = 109,094 + 3,672X + 0,2127X <sup>2</sup> (R <sup>2</sup> =1)	*	-	-
Candiota C. Superior	Y = 100,494 + 5,844X + 0,1659X <sup>2</sup> (R <sup>2</sup> =1)	**	-	-
Palermo CE-4700	Y = 104,662 + 5,933X + 0,1815X <sup>2</sup> (R <sup>2</sup> =1)	**	-	-
Candiota CE-3300	Y = 97,306 + 4,907X + 0,2086X <sup>2</sup> (R <sup>2</sup> =0,99)	**	-	-
Superfície ocupada (m <sup>2</sup> .vaso <sup>-1</sup> )				
Palermo CE-4200	Y = 16,642 + 1,308X (R <sup>2</sup> =1)	**	-	-
Candiota CE-4700	Y = 18,118 + 0,862X + 0,0134X <sup>2</sup> (R <sup>2</sup> =1)	**	-	-
Leão CE-5200	Y = 17,792 + 1,263X (R <sup>2</sup> =1)	**	-	-
Candiota C. Inferior	Y = 18,384 + 0,604X + 0,0173X <sup>2</sup> (R <sup>2</sup> =1)	*	-	-
Candiota C. Superior	Y = 17,246 + 0,874X + 0,0110X <sup>2</sup> (R <sup>2</sup> =1)	*	-	-
Palermo CE-4700	Y = 17,177 + 1,008X + 0,0093X <sup>2</sup> (R <sup>2</sup> =1)	*	-	-
Candiota CE-3300	Y = 15,925 + 0,939X + 0,0108X <sup>2</sup> (R <sup>2</sup> =1)	*	-	-

\*X = Doses de substâncias húmicas (0, 10, 20 e 30mg.L<sup>-1</sup>).

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

\*\*\*P<sub>max</sub> = ponto de máxima.

\*\*\*\*Dose calculada = em mg.L<sup>-1</sup>.

### Produção de matéria seca das raízes.

Houve significância para o efeito da interação entre matérias-primas x doses ( $P < 0,01$ ) com um CV (A) = 2,23% e um CV (B) = 6,56%. A análise de regressão apresentou uma resposta linear para as doses na matéria-prima Leão CE-5200 e significância para o efeito quadrático em todas as outras seis matérias-primas e não foram obtidos os pontos de máxima para as equações quadráticas, pois os termos de X e X<sup>2</sup> apresentam sinal de adição (Tabela 3). Os resultados sugerem o uso da dose 30mg.L<sup>-1</sup> (Tabela 3 e Figura 4). Estas dosagens aumentaram a produção de matéria seca das raízes em 174,54% quando a dose utilizada passou de 0 para 30mg.L<sup>-1</sup>. Os coeficientes de determinação obtidos -R<sup>2</sup>- foram > 0,99 (Tabela 3). Os resultados concordam com diversos trabalhos que comprovaram o maior desenvolvimento das raízes em presença de substâncias húmicas e demonstram que o maior desenvolvimento das raízes normalmente ocasiona um maior desenvolvimento da parte aérea das plantas (SILVA *et al.*, 1998b,d; SILVA *et al.*, 1999).

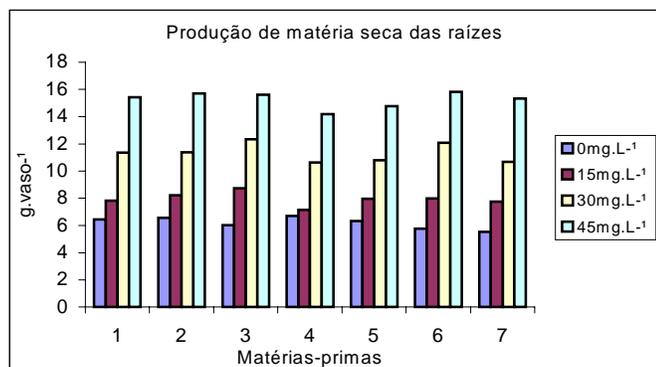


Figura 4. Variação na produção de matéria seca das raízes da aveia preta, após 4 cortes em função das doses de substâncias húmicas e da fonte utilizada para a extração (1- Palermo CE-4.200; 2-Candiota CE-4.700; 3-Leão CE-5.200; 4-Candiota Camada Inferior; 5-Candiota Camada Superior; 6-Palermo CE-4.700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

### Comprimento das raízes.

Houve significância para o efeito da interação matérias primas x doses ( $P < 0,01$ ), com CV (A) 2,44% e CV (B) = 6,35%. A análise de regressão apresentou significância para o efeito quadrático para todas as matérias-primas, mas não foram obtidos os pontos de máxima para as equações quadráticas, pois os termos de X e X<sup>2</sup> apresentam sinal de adição (Tabela 3). Os resultados indicam o uso da dose 30mg.L<sup>-1</sup> (Tabela 3 e Figura 5). Estas dosagens aumentaram em 354,25% o comprimento do sistema radicular quando a dose de substâncias húmicas adicionada passou de 0 para 30mg.L<sup>-1</sup>. Os coeficientes de determinação -R<sup>2</sup>- obtidos foram > 0,99. Estas substâncias apresentam efeitos positivos sobre o metabolismo das plantas e estimulam o crescimento das raízes. Os resultados obtidos concordam com diversos trabalhos que comprovaram o maior desenvolvimento do sistema radicular em presença de substâncias húmicas (SILVA e JABLONSKI, 1995b; SILVA *et al.*, 1998a,b,c).

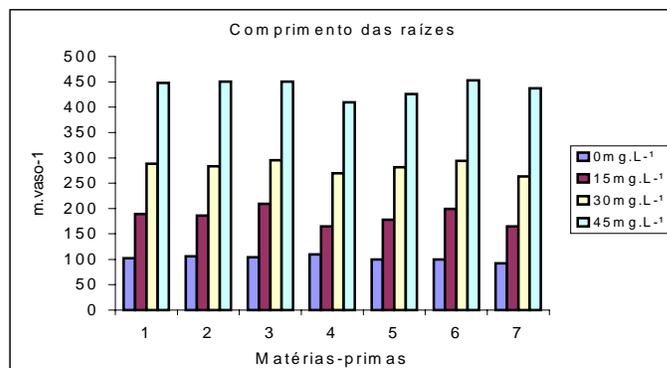


Figura 5. Variação no comprimento das raízes da aveia preta, após 4 cortes em função das doses de Substâncias húmicas e da fonte utilizada para a extração (1- Palermo CE-4.200; 2- Candiota CE- 4.700; 3- Leão CE-5.200; 4- Candiota Camada Inferior; 5- Candiota Camada Superior; 6- Palermo CE-4.700 e 7-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

### Raio médio das raízes.

A análise de variância apresentou significância para o efeito de doses ( $P < 0,01$ ), com CV (A) = 0,87% e CV (B) = 1,30%. Pela análise de regressão para doses foi obtida significância para o efeito linear com a seguinte equação:  $Y = 0,026782 - 0,0002259X$  ( $R^2 = 0,99$ ). Os resultados sugerem o uso da dose 30 mg.L<sup>-1</sup> quando o objetivo for a produção de raízes com o menor raio (Tabela 4). Estas dosagens diminuíram o raio médio do sistema radicular em 25,28% (Figura 6). Os resultados concordam com diversos trabalhos que comprovaram a produção de raízes com menor raio médio, aumentando desta forma a eficiência destas raízes produzidas com adição de substâncias húmicas (SILVA *et al.*, 1998b,d; SILVA *et al.*, 1999).

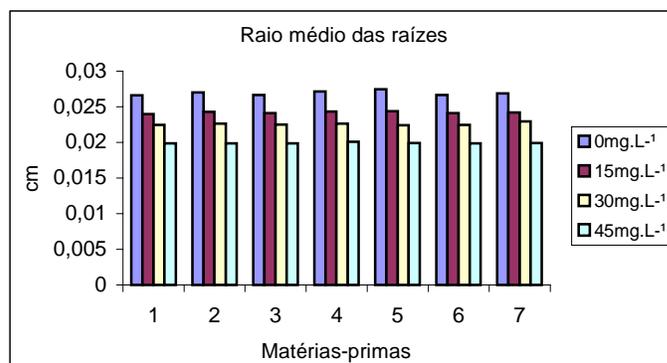


Figura 6. Variação no raio médio das raízes da aveia preta, após 4 cortes em função das doses de Substâncias húmicas e da fonte utilizada para a extração (1- Palermo CE-4.200; 2- Candiota CE- 4.700; 3- Leão CE-5.200; 4- Candiota Camada Inferior; 5- Candiota Camada Superior; 6- Palermo CE-4.700 e 7- Candiota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

### Superfície ocupada pelas raízes.

Foi significativo o efeito da interação matérias-primas e doses ( $P < 0,01$ ) com um CV (A) = 2,04% e um CV (B) = 6,30%. A análise de regressão apresentou significância para o efeito linear para as matérias-primas Leão CE-5.200 e Palermo CE-4.700 e significância para o efeito quadrático para as outras cinco matérias-primas, mas não foram obtidos os pontos de máxima para as equações quadráticas, pois os termos de X e X<sup>2</sup> apresentam sinal de adição (Tabela 3). Os coeficientes de determinação -R<sup>2</sup>- foram  $> 0,99$ . Os resultados sugerem o uso da dose 30mg.L<sup>-1</sup> (Tabelas 3 e Figura 7). Estas dosagens aumentaram em 238,63% a superfície ocupada pelo sistema radicular quando a dosagem de substâncias húmicas foi elevada de 0 para 30mg.L<sup>-1</sup>. Estas substâncias possibilitaram um maior desenvolvimento das raízes em cultivos em solução nutritiva que utilizem areia como substrato (BRUN, 1993; AYUSO *et al.*, 1996; SILVA *et al.*, 1998b,d; SILVA *et al.*, 1999).

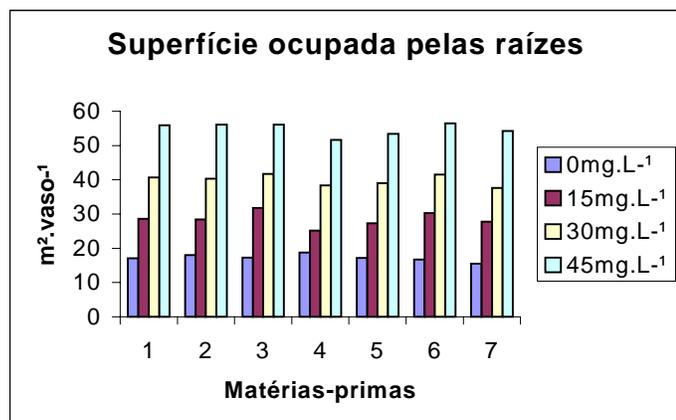


Figura 7. Variação na superfície ocupada pelas raízes da aveia preta, após 4 cortes em função das doses de Substâncias húmicas e da fonte utilizada para a extração (1- Palermo CE-4.200; 2- Candiota CE- 4.700; 3- Leão CE-5.200; 4- Candiota Camada Inferior; 5- Candiota Camada Superior; 6- Palermo CE-4.700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

### CONCLUSÕES

As substâncias húmicas aumentam a altura, a produção de matéria seca da parte aérea, o comprimento das raízes, a produção de raízes, a superfície ocupada pelas raízes e diminuem o raio médio das raízes da planta forrageira aveia preta.

As substâncias húmicas extraídas de sete tipos de carvões apresentam efeitos diferentes sobre as variáveis avaliadas.

### AGRADECIMENTOS

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

### 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).
- CHEN, Y., MAGEN, H., RIOV, J. Humic substances originating from rapidly decomposing organic matter: properties and effects on plant growth. In: **Humic Substances in the Global Environment and Implications on Human Health**, ed. SENESI, N., MIANO, T. M. Elsevier: New York, 1994, p. 427-443.
- FURTER, M., DEKKER, J., HENNING, J. A. G. Stimulation of seedling growth by coal-derived oxfulvic acid. Part I. **Journal of the Southern African Society for Horticultural Sciences**, v. 6 n. 2, p. 95-96, 1996.
- KHRISTEWA, L. A. The participation of humic acids and their practical use in the Ukraine. **INTERNATIONAL PEAT CONGRESS**, 2, **Proceedings...** 1953. Leningrad: Soviet Union Academy of Sciences/Peat International Society, 1953, Edinburgh: R. A. Robertson. p. 543-558, 1953.
- RAUTHAN, B. S., SCHNITZER, 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.
- 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**. 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.
- SILVA, R. M. da, JABLONSKI, A., SIEWERDT, L. SILVEIRA JÚNIOR, P. Crescimento da parte aérea e do sistema radicular do milho cultivado em solução nutritiva adicionada de substâncias húmicas. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 5 n. 2, p. 101-110, 1999.
- TEDESCO, M. J., GIANELLO, C., BISSANI, C. A., BOHNEN, H., VOLKWEISS, S. J. Análises de solo, planta e outros materiais. Porto Alegre: UFRGS. Faculdade de Agronomia. Departamento de Solos, **Boletim Técnico n° 5**, 2ª edição. 1995, 174p.
- TENNANT, D. A test of a modified line intersect method of estimating root length. **Journal of Ecology**, London, v. 63 p. 995-1000, 1975.
- VAN DE VENTER, H. A., FURTER, M., DEKKER, J., CRONJE, I. J. Stimulation of seedling root growth by coal-derived sodium humate. **Plant and Soil**, Utrecht, n. 138, p. 17-21, 1991.
- XUDAN, X. The effect of foliar application of fulvic acid on water use, nutrient uptake and yield in wheat. **Australian Journal of Agricultural Research**, Melbourne, v. 37: p. 343-350, 1986.
- ZONTA, E. P.; MACHADO, A. D. **SANEST. Sistema de Análise Estatística para microcomputadores**, Pelotas, RS, 1984, 75 p.