

# PESQUISA AGROPECUÁRIA GAÚCHA

## ISSN 0104 - 9070

Volume 3	Número 2	1997
CONTEÚDO		Página
<b>SEÇÃO: AGRONOMIA</b>		
-Disponibilidade hídrica para a cultura da alfafa nas diferentes regiões ecoclimáticas do Estado do Rio Grande do Sul. BERGAMASCHI, H.; ARAGONÉS, R.S.; SANTOS, A.O. ....		99
-Resposta de <i>Brachiaria humidicola</i> à inoculação de micorrizas arbusculares e à aplicação de fontes e doses de fósforo. COSTA, N.de L.; COSTA, R.S.C.da; LEÔNIDAS, F. das C.; PAULINO, V.T. ....		109
-Toxidez por cobre em vinhedos. GIOVANNINI, E. ....		115
-Ação do herbicida glyphosate em função da água usada como diluente e da adição de sulfato de amônio à calda de aspersão. FLECK, N.G.; VARGAS, L.; VIDAL, R.A.; SILVEIRA, C.A. da. ....		119
- Interferência de papuã ( <i>Brachiaria plantaginea</i> (Linck) Hitchc.) e de espécies daninhas dicotiledôneas em soja. CUNHA, M.M. da; FLECK, N.G.; VARGAS, L. ....		125
-Produção de fumo virgínia afetada por micorrizas arbusculares e pH do solo. RHEINHEIMER, D. dos; KAMINSKI, J.; BORTOLUZZI, É.C. ....		133
-Avaliação das características agrônômicas em populações R <sub>3</sub> de aveia geradas pela cultura de tecidos. GRANDO, M.F.; AUGUSTIN, L.; TOMASINI, S.V.; NEGRÃO, C. ....		139
-Relação entre seleção <i>in vitro</i> e em plântula para resistência à <i>Bipolaris sorokiniana</i> em trigo. LUJÁN OVIEDO de CRISTALDO, R.M. de; CARVALHO, F.I.F.de; KOHLI, M.M.; BARBIERI, R.L.; FEDERIZZI, L.C.; PIEROBOM, C. ....		147
-Avaliação de grãos ardidos em 32 híbridos de milho em Campo Erê-SC. PACHECO, A.C.; DITTRICH, R.C. ....		153
-Acumulação de nutrientes no feijoeiro. POZZEBON, E.J.; CARLESSO, R.; KONIG, O.; PESSOA, A.C. dos S.; KELLING, C.R.S. ....		157
-Efeitos de partes de plantas de aveia-preta ( <i>Avena strigosa</i> Schreb.) e de sistemas de adubação nitrogenada sobre o desenvolvimento e produtividade do milho ( <i>Zea mays</i> L.) estabelecido em semeadura direta. FLECK, N.G.; NEVES, R.; VIDAL, R.A.; VARGAS, L. ....		163
-Épocas de maturação de tangerinas na depressão central do Rio Grande do Sul. SARTORI, I.A.; RECKZIEGEL, V.P.; KOLLER, O.C.; BENDER, R.J.; SCHWARZ, S.F. ....		171
-A cianamida hidrogenada, o óleo mineral e o extrato de alho na quebra de dormência e produção da ameixeira 'Shiro' em Texcoco - México. MARODIN, G.A.B.; ROMÁN, A.E.B. ....		177
-Atratividade de armadilhas coloridas à <i>Gyropsylla spegazziniana</i> (LIZER, 1917) (HOMOPTERA, PSYLLIDAE). CHIARADIA, L.A.; MILANEZ, J.M. ....		183
-Método de seleção de plantas de milho para tolerância ao encharcamento do solo. PORTO, M.P. ....		187
<b>SEÇÃO: RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS</b>		
-Tamanho de partículas do sedimento produzido por erosão em entressulcos sob diferentes coberturas do solo e por erosão em sulcos em um solo podzólico vermelho-escuro. BRAIDA, J.A.; CASSOL, E.A. ....		191
-Sedimentos transportados pela enxurrada relacionados à cobertura e rugosidade superficial do solo e taxa de descarga. BERTOL, I.; COGO, N.P.; MIQUELLUTI, D.J. ....		199
<b>SEÇÃO: VETERINÁRIA</b>		
-Importância das leveduras na mastite bovina. LANGONI, H.; CABRAL, K. DE G.; TONIN, F.B.; GIMENES, S. DE M. ....		207

# PESQUISA AGROPECUÁRIA GAÚCHA

## ISSN 0104 - 9070

Volume 3

1997

Number 2

### CONTENTS

Page

#### SECTION: AGRONOMY

- Water availability for alfalfa crop in different ecoclimatic regions of the State of Rio Grande do Sul. BERGAMASCHI, H.; ARAGONÉS, R.S.; SANTOS, A.O. .... 99
- Responses of *Brachiaria humidicola* to arbuscular mycorrhizal inoculation and sources and levels of phosphate fertilization. COSTA, N. de L.; COSTA, R.S. C. da, LEÔNIDAS, F. das C.; PAULINO, V.T. .... 109
- Copper toxicity in vineyards. GIOVANNINI, E. .... 115
- Herbicide action of glyphosate as a function of water used as diluent and of ammonium sulphate added to spray solution. FLECK, N.G.; VARGAS, L.; VIDAL, R.A.; SILVEIRA, C.A. da. .... 119
- Interference of alexandergrass (*Brachiaria plantaginea* (Linck) Hitchc.) and of some broadleaf weeds in soybean. CUNHA, M.M. da; FLECK, N.G.; VARGAS, L. .... 125
- Yield of flue-cured tobacco effected by mycorrhizal and soil pH. RHEINHEIMER, D. dos; KAMINSKI, J.; BORTOLUZZI, É.C. .... 133
- Evaluation of agronomic traits in R, oat population produced by tissue culture. GRANDO, M.F.; AUGUSTIN, L.; TOMASINI, S.V.; NEGRÃO, C. .... 139
- Relationship between *in vitro* and seedling selection for resistance to spot blotch (*Bipolaris sorokiniana*) in wheat. LUJÁN OVIEDO de CRISTALDO, R.M. de L.; CARVALHO, F.I.F. de; KOHLI, M.M.; BARBIERI, R.L.; FEDERIZZI, L.C.; PIEROBOM, C. .... 147
- Spoiled grains evaluation in 32 maize hybrids in Campo Erê-SC. PACHECO, A.C.; DITTRICH, R.C. .... 153
- Nutrient accumulation in drybeans. POZZEBON, E.J.; CARLESSO, R.; KONIG, O.; PESSOA, A.C. dos S.; KELLING, C.R.S. .... 157
- Effects of forage oats plant parts (*Avena strigosa* Schreb.) and of nitrogen fertilizing systems on development and grain yield on corn (*Zea mays* L.) established in no-till. FLECK, N.G.; NEVES, R.; VIDAL, R.A.; VARGAS, L. .... 163
- Harvesting periods for tangerines in the depressão central region of southern Brazil. SARTORI, I.A.; RECKZIEGEL, V.P.; KOLLER, O.C.; BENDER, R.J.; SCHWARZ, S.F. .... 171
- Effect of hydrogenated cyanamide, garlic extract and mineral oil on dormancy bud break and production of plum 'Shiro' in Texcoco-Mexico. MARODIN, G.A.B.; ROMÁN, A.E.B. .... 177
- Atractiveness of *Gyropsylla spegazziniana* (LIZER, 1917) (HOMOPTERA, PSYLLIDAE) to colourful traps. CHIARADIA, L.A.; MILANEZ, J.M. .... 183
- Method of selection for tolerance to soil waterlogging in maize plants. PORTO, M.P. . 187

#### SECTION: RENEWABLE NATUAL RESOURCES

- Particle size of sediment yielded by interrill erosion under different soil residue cover and by rill erosion on a paleudult sandy loam soil. BRAIDA, J.A.; CASSOL, E.A. . 191
- Size-distribution of eroded sediments in the runoff water as affected by residue mulch, surface roughness, and discharge rate. BERTOL, I.; COGO, N.P.; MIQUELLUTI, D. J. .... 199

#### SECTION: VETERINARY

- Role of yeasts in bovine mastitis. LANGONI, H.; CABRAL, K. DE G.; TONIN, F.B.; GIMENES, S. DE M. .... 207

# SEÇÃO: AGRONOMIA

---

## DISPONIBILIDADE HÍDRICA PARA A CULTURA DA ALFAFA NAS DIFERENTES REGIÕES ECOCLIMÁTICAS DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL<sup>1</sup>

HOMERO BERGAMASCHI<sup>2</sup>, RICARDO SITYÁ ARAGONÉS<sup>3</sup>, ANTONIO ODAIR SANTOS<sup>4</sup>

**RESUMO** – Embora o Rio Grande do Sul seja o estado brasileiro maior produtor de alfafa, as suas condições climáticas limitam o desempenho desta importante forrageira. A ocorrência de estiagens do final da primavera ao final do verão é considerado fator decisivo, pois se trata do período com melhores condições térmicas para crescimento e produção de forragem desta leguminosa. Desta forma, o presente trabalho objetivou realizar uma análise comparativa das disponibilidades hídricas para a alfafa, ao longo do ano, nas diferentes regiões ecoclimáticas do Rio Grande do Sul. Foi usada uma série homogênea de dados do período 1980/90, de onze estações agrometeorológicas das respectivas regiões ecoclimáticas do Estado. Foi calculada a evapotranspiração máxima da alfafa (ET<sub>m</sub>) e calculados balanços hídricos seriados, em base decendial, adotando-se uma capacidade de água disponível no solo de 75 mm. O total anual médio de evapotranspiração máxima para alfafa foi menor na Serra do Sudeste (1194 mm) e maior no Baixo Vale do Uruguai (1832 mm). A maior frequência de déficit hídrico ocorreu no verão, sobretudo, em função da maior demanda hídrica da cultura. Em todas as regiões, o total anual de déficit hídrico foi superior a 100 mm. Litoral Norte e Planalto Superior – Serra do Nordeste evidenciaram maior razão entre evapotranspiração real e evapotranspiração máxima (ET<sub>r</sub>/ET<sub>m</sub>), portanto menor deficiência de água à cultura. A região do Baixo Vale do Uruguai demonstrou a menor razão ET<sub>r</sub>/ET<sub>m</sub> e o maior total anual de déficit hídrico para alfafa, que foi de 419 mm no período analisado.

*Palavras-chave:* alfafa, deficiência hídrica, água, irrigação, evapotranspiração.

## WATER AVAILABILITY FOR ALFALFA CROP IN DIFFERENT ECOCLIMATIC REGIONS OF THE STATE OF RIO GRANDE DO SUL

**ABSTRACT** – Although having the highest alfalfa production in Brazil, the state of Rio Grande do Sul has highly limiting climatic conditions for this important forrage crop. The occurrence of drought periods from the end of spring to the end of summer, can be considered the most important problem in this aspect, since the thermal conditions for growth and biomass production by this crop are totally appropriated in that period. A comparative analysis of water availability for alfalfa was performed, taking into account an homogeneous data base of an eleven years period (1980/90), collected in eleven weather stations representing the ecoclimatic regions of Rio Grande do Sul. The maximum evapotranspiration (ET<sub>m</sub>) of alfalfa was estimated and serial water balances were calculated, for ten days periods, adopting a soil water storage capacity of 75 mm. The annual average maximum evapotranspiration for alfalfa ranged from 1194 mm (Serra do Sudeste region) to 1832 mm (Baixo Vale do Uruguai region). The highest frequency of water deficits occurred during the summer season, which can be related to the highest atmospheric evaporative demand in that period. The annual amount of water deficit for alfalfa is over than 100 mm in all over the State. Litoral Norte and Planalto Superior – Serra do Nordeste regions showed the lowest water deficits and the highest ET<sub>r</sub>/ET<sub>m</sub> ratio, while the highest annual amount of water deficit (419 mm) and the lowest ET<sub>r</sub>/ET<sub>m</sub> ratio occurred in Baixo Vale do Uruguai region.

*Key words:* alfalfa, water deficit, water, irrigation, evapotranspiration.

1. Parcialmente financiado pela FAPERGS
  2. Eng. Agr., Dr. – Prof. da Faculdade de Agronomia/UFRGS. Caixa Postal 776 – 91501-970 Porto Alegre – RS/BRASIL. E-mail: homerobe@vortex.ufrgs.br. Bolsista do CNPq.
  3. Acadêmico de agronomia pela UFRGS, bolsista de iniciação científica CNPq/UFRGS.
  4. Eng. Agr., M.Sc. – Pesquisador do Instituto Agrônomo de Campinas, Campinas – SP, doutorando em fitotecnia/agrometeorologia pela UFRGS.
- Recebido para publicação em 08/08/1996.

## INTRODUÇÃO

O Estado do Rio Grande do Sul é responsável pela maior parte da produção e área cultivada com alfafa no Brasil. Tradicionalmente, o cultivo desta leguminosa tem-se concentrado em pequenas propriedades das regiões coloniais, onde é maior a demanda imediata para alimentação animal, sobretudo de suínos e gado leiteiro, sendo fornecida como forragem verde ou feno.

Por razões de valor comercial, aliados às qualidades de excelente fonte protéica de ampla utilização na nutrição animal, a alfafa desperta interesse e tende a se expandir em outras regiões, dentro e fora do Rio Grande do Sul. No entanto, esta expansão é limitada tanto por aspectos climáticos como edáficos. SAIBRO (1985) destacou, como principais limitadores do rendimento e da persistência dos alfafais no Estado, a acidez do solo aliada a níveis tóxicos de Al e Mn, a baixa disponibilidade de P e N da maioria dos solos e a ocorrência de estiagens no período de primavera-verão. As exigências da cultura quanto a elevados teores de nutrientes e ausência de acidez no solo também explicam o fato da mesma ainda estar concentrada em áreas restritas da Encosta Inferior da Serra do Nordeste, do Alto e Médio Vale do Uruguai e da Região Missioneira, geralmente em solos jovens cujas características químicas oferecem menores limitações.

As técnicas de correção e fertilização do solo tem possibilitado expandir a cultura para locais e solos anteriormente considerados não adequados ao cultivo da alfafa. Entretanto, embora este problema de solo possa estar superado, persiste a limitação climática, que demanda nova abordagem e cujas soluções talvez não sejam tão imediatas e simples.

Diversos trabalhos de pesquisa têm demonstrado os efeitos das condições hídricas sobre o desenvolvimento e rendimento de alfafa. Muitos deles enfocam o aspecto produção de sementes, conforme descreveu MEDEIROS (1995). Segundo este autor, a produção de sementes de alfafa no Rio Grande do Sul pode ser prejudicada por déficit hídrico. Porém, com base nos seus resultados, MEDEIROS (1995) também destacou limitações por freqüentes excessos de precipitações, associados a elevadas temperaturas e umidade do ar, causando baixa qualidade das sementes. Baseado neste aspecto, o autor recomendou estudos para identificar regiões potencialmente aptas à produção de sementes de alfafa no Estado.

Por outro lado, na maioria dos trabalhos enfocando limitações de natureza climática para a alfafa, maior atenção tem sido dada aos efeitos de déficit hídrico sobre a produção de forragem (ou de matéria

seca), tanto em nível nacional como internacional. A diminuição do rendimento da alfafa no Rio Grande do Sul, em decorrência do déficit hídrico em alfafa, foi referida por SILVA (1973) e PAIM et al. (1975).

CUNHA (1991) ajustou modelo de resposta do rendimento da alfafa a diferentes lâminas de água (precipitação mais irrigação), para as condições da Depressão Central do Rio Grande do Sul. Para o período de primavera-verão, o rendimento de matéria seca teve aumento, segundo uma função quadrática. Em um período com precipitação pluvial ocorrida de 500,5 mm, portanto próxima à condição climática do local (456,5 mm), houve um incremento de 125% no rendimento de matéria seca de alfafa devido à suplementação hídrica.

Avaliações envolvendo a adaptação climática de culturas, em determinados locais ou regiões, necessitam duas informações básicas: as necessidades da espécie (ou cultivares, se for o caso) e as disponibilidades do clima regional. Em se tratando de uma cultura forrageira, suas exigências hídricas poderão ser quantificadas através da evapotranspiração máxima (ET<sub>m</sub>), que, em termos simples, representa a necessidade de água da espécie cultivada com adequada densidade de plantas e sem limitação de fertilidade e umidade no solo (PERRIER, 1985).

CUNHA (1991) e SANTOS (1993) desenvolveram trabalhos de campo quantificando a ET<sub>m</sub> da alfafa (cultivar crioula), na Depressão Central do Rio Grande do Sul, num período de três anos. Foram verificadas variações acentuadas de ET<sub>m</sub> ao longo do ano, em função da demanda evaporativa da atmosfera. Por isso, os maiores valores de ET<sub>m</sub> ocorreram no período de final de primavera e verão, eventualmente chegando a 10 mm/dia. O consumo de água também variou no período compreendido entre cada corte efetuado, acompanhando a evolução do índice de área foliar. No período de primavera-verão, a ET<sub>m</sub> e os coeficientes de cultura (K<sub>c</sub>) aumentaram até aproximadamente 30 dias após o corte, estabilizando após.

A partir de resultados experimentais, diversas informações de caráter mais aplicado foram publicadas (CUNHA et al., 1993; CUNHA et al., 1994; SANTOS et al., 1996). Também foram desenvolvidos estudos mais básicos, servindo de suporte a outros trabalhos, dentre os quais uma avaliação de métodos para a estimativa de ET<sub>m</sub> da alfafa a partir de elementos meteorológicos, para as condições do Estado (CUNHA, 1991; SANTOS, 1993; SANTOS et al., 1994). Verificou-se que a estimativa de ET<sub>m</sub>, independente do estágio de desenvolvimento das plantas, ou seja, sem considerar a variação devida à evolução da área foliar, apresenta resultados

satisfatórios para períodos de cinco dias ou mais. Dentre os métodos testados, o do tanque "classe A"/FAO e o método de PENMAN (1948) – este com o saldo de radiação estimado sobre alfafa – tiveram melhor desempenho nas estimativas da ET<sub>m</sub> da cultura. A evapotranspiração de referência calculada segundo PENMAN (1948), com saldo de radiação sobre alfafa, superestima a ET<sub>m</sub> da cultura em apenas 3%, para intervalos a partir de cinco dias. Em estimativas decendiais o coeficiente de determinação foi próximo a 0,8 (SANTOS et al., 1994).

Este trabalho teve por objetivo avaliar as disponibilidades de água para a cultura da alfafa nas diferentes regiões ecoclimáticas do Estado do Rio Grande do Sul, através da estimativa de ocorrência de deficiências e de excessos hídricos à cultura ao longo do ano. Buscou-se, com isto, identificar problemas e potencialidades para o cultivo desta importante leguminosa forrageira, com relação ao aspecto de suprimento hídrico, em função da demanda de água da cultura e das disponibilidades de cada região. Em razão da variabilidade climática e ecológica do território gaúcho, tomou-se por base a divisão do Estado em regiões ecoclimáticas segundo RIO GRANDE DO SUL (1994), adotando-se uma localidade como representativa de cada unidade territorial.

## MATERIAL E MÉTODOS

Dados meteorológicos foram obtidos em estações da Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária (FEPAGRO/SCT) e do Oitavo Distrito de Meteorologia do Instituto Nacional de Meteorologia (8<sup>o</sup> DISME/INMET). Foram usados dados diários de onze localidades do Rio Grande do Sul, de modo a caracterizar cada uma das Regiões ecoclimáticas do Estado (Figura 1). Empregou-se séries homogêneas de dados, englobando o período de 1980 a 1990. A partir deste conjunto de dados, foram calculadas médias ou totais decendiais de radiação solar global (actinógrafo a 1,5 m acima do solo), temperatura e umidade relativa do ar (em abrigo a 1,5 m acima do solo gramado), velocidade do vento (anemômetro de conchas a 2 m acima do solo) e precipitação pluvial (pluviômetro a 1,5 m acima do solo). Em alguns casos, havendo lacunas nas séries históricas, foram utilizados dados de estações meteorológicas localizadas, mais próximo possível, dentro da mesma região ecoclimática. A eventual falta de dados de radiação solar global, foi preenchida por estimativa a partir da duração do brilho solar (heliógrafo a 1,5 m acima do solo). Pela inexistência de uma série representativa da região da Encosta Inferior da Serra do Nordeste, foram tomados dados de Taquarí, por esta se encontrar próxima ao limite da região e das suas áreas tradicionais de produção de alfafa.



FIGURA 1 – Regiões Ecoclimáticas do Estado do Rio Grande do Sul (RIO GRANDE DO SUL, 1994)

O cálculo da evapotranspiração máxima da cultura (ETm) foi feito pelo método de PENMAN (1948), com saldo de radiação estimado para a cultura da alfafa CUNHA (1991). Este método foi descrito e avaliado por SANTOS et al. (1994), na comparação de diversos modelos de estimativa da ETm em alfafa, tendo-se comportado como um dos mais eficientes. A partir de totais de precipitação pluvial e de evapotranspiração pluvial, foram calculados balanços hídricos seriados, em base decendial, pelo método de THORNTHWAITE e MATHER (1955). Para isto, foi considerada uma única capacidade de armazenamento de água disponível no solo (CAD) de 75 mm. A partir desses balanços, foram obtidos totais para cada decêndio e totais médios anuais de evapotranspiração real (ETr), deficiência hídrica, excesso hídrico e da razão ETr/ETm.

A partir de totais decendiais, obtidos no balanço hídrico, foram determinadas as frequências de ocorrência (em percentagens) de excessos hídricos nas seguintes classes: zero, 1 a 20 mm, 21 a 40 mm, 41 a 60 mm, 61 a 80 mm, e mais de 80 mm. O mesmo foi feito para deficiências hídricas, nas classes: zero, 1 a 40 mm, 41 a 80 mm, 81 a 120 mm, 121 a 160 mm, 161 a 200 mm, e mais de 200 mm. Igualmente, foram

calculadas as frequências para a razão ETr/ETm nas classes: 0,1 a 0,2, 0,3 a 0,4, 0,5 a 0,6, 0,7 a 0,8 e 0,9 a 1.

Para cada região ecoclimática, o cálculo das frequências de ocorrência dos diferentes níveis de deficiência e excesso hídrico e da razão ETr/ETm foi feito dentro de cada mês, porém a partir do agrupamento dos totais decendiais de cada parâmetro.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 apresenta os valores médios anuais dos parâmetros derivados dos balanços hídricos seriados, calculados em base decendial, para o período de 1980 a 1990, para a cultura da alfafa nas diferentes Regiões ecoclimáticas do Estado do Rio Grande do Sul. A análise da série histórica indicou o Baixo Vale do Uruguai como região com o maior total anual de deficiência hídrica para alfafa. As Regiões do Planalto Superior – Serra do Nordeste e Litoral (esta representada pela estação de Osório-Maquiné) foram as regiões com menores totais de deficiência hídrica para a cultura. O maior excesso hídrico anual foi verificado na Depressão Central, enquanto que o menor excesso ocorreu na Campanha.

**TABELA 1 – Valores médios dos diferentes parâmetros do balanço hídrico seriado (mm), em base decendial, para a cultura da alfafa em diferentes Regiões Ecoclimáticas do Rio Grande do Sul . Período 1980 a 1990**

REGIÃO	ESTAÇÃO	P	ETm	ETr	DEF	EXC	ETr/ETm *	ETr/ETm **
Depressão Central	Santa Maria	1398	1366	1112	144	229	0,920	0,829
Litoral	Osório	1254	1515	1197	139	17	0,921	0,924
Planalto Sup. – Serra Nord.	Veranópolis	1359	1484	1229	132	147	0,929	0,880
Planalto Médio	Júlio de Cast.	1456	1671	1273	285	167	0,877	0,635
Encosta Infer. Serra Nord.	Taquari	1329	1425	1152	192	178	0,900	0,772
Alto e Médio Vale Uruguai	Santa Rosa	1445	1466	1209	149	145	0,928	0,818
Missioneira	Ijuí	1392	1451	1173	170	136	0,914	0,733
Baixo Vale do Uruguai	São Borja	1350	1832	1240	419	31	0,826	0,614
Campanha	Quaraí	1018	1541	1136	246	0	0,865	0,794
Serra do Sudeste	Encruzilhada	1047	1194	937	144	117	0,910	0,730
Região das Grandes Lagoas	Rio Grande	977	1289	1032	171	42	0,890	0,861

P = precipitação pluvial; ETm = evapotranspiração máxima (alfafa); ETr = evapotranspiração real; DEF = deficiência hídrica;

EXC = excesso hídrico; \* média anual; \*\* média de dezembro, janeiro e fevereiro.

Pode-se observar, pela Tabela 1, que a razão ETr/ETm anual foi elevada em todo o Estado do Rio Grande do Sul, com tendência semelhante à deficiência hídrica na comparação das regiões ecoclimáticas. A média de ETr/ETm dos meses de dezembro a fevereiro, porém, é menor do que a anual em todo o Estado, caracterizando esta época como a de menor disponibilidade hídrica para a cultura da alfafa no Estado. Este parâmetro, restrito ao verão, também caracteriza o Baixo Vale do Uruguai como região mais seca, sendo Litoral e Planalto Superior – Serra do Nordeste as menos secas. Este índice ETr/ETm significa o quanto a exigência da cultura, representada pela ETm, é atendida pelas precipitações naturais, ressalvadas as limitações próprias do método do balanço hídrico. Por este critério, verifica-se que a razão ETr/ETm de dezembro a fevereiro é próxima de 0,9 nas duas regiões menos secas, ficando pouco superior a 0,6 no Baixo Vale do Uruguai.

A menor razão ETr/ETm nos meses de verão e a maior deficiência hídrica na Região do Baixo Vale do Uruguai podem ser explicados pela maior ETm, ou seja, pela maior necessidade hídrica da cultura nos meses de máxima demanda evaporativa atmosférica, a qual a planta busca atender.

Os totais anuais de deficiência hídrica indicam quanta água falta para atender a exigência da cultura, em nível ótimo. Verifica-se que estes totais variam de pouco mais de 100 mm no nordeste do Estado até mais de 400 mm no Baixo Vale do Uruguai.

A Figura 2 apresenta a variação da precipitação pluvial e da ETm da alfafa nas regiões de maior e menor deficiência hídrica. Pode-se observar que a precipitação oscila em todo o ano, sem uma tendência homogênea, enquanto que a ETm tem variação periódica, de acordo com as alterações dos elementos que compõem a demanda evaporativa da atmosfera. De junho-julho a dezembro-janeiro a ETm praticamente triplicou, o que explica a maior ocorrência de deficiências hídricas nos meses de final de primavera-verão, justamente na época em que a cultura tem maior potencial de produção de forragem no Estado. Na Região do Baixo Vale do Uruguai a cultura tem maior demanda de água ao longo de todo o ano, chegando em torno de 80 mm por decêndio no início do verão. Sabe-se que, em períodos de estiagens, o consumo de água das culturas é maior, em função do aumento da demanda evaporativa da atmosfera (CUNHA, 1991; SANTOS, 1993). Estes autores detectaram picos de consumo de água de até 10 mm por dia em condições de elevada demanda evaporativa, quando a alfafa estava com máxima área foliar. Portanto, os valo-

res de ETm (médios de onze anos) apresentados na Figura 2 deverão ser mais elevados em períodos secos, sobretudo nos meses de verão.

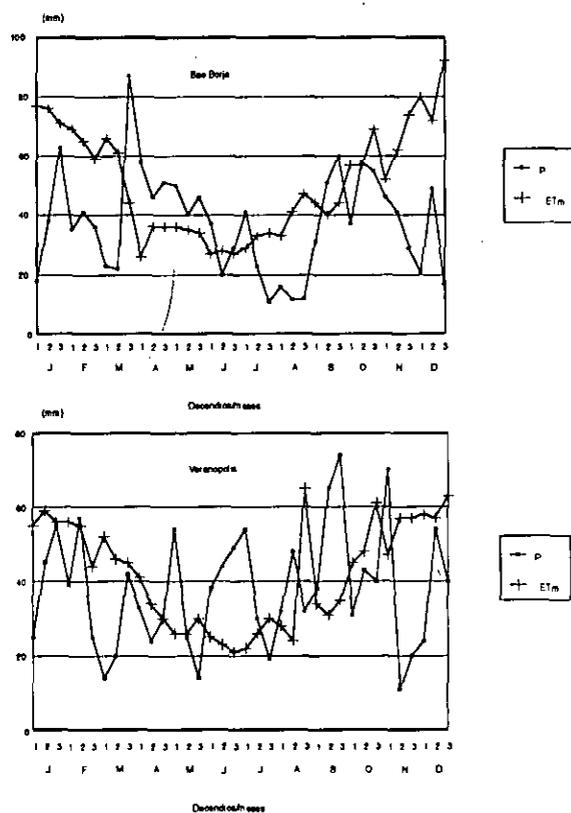


FIGURA 2 – Precipitação pluvial (P) e evapotranspiração máxima da alfafa (ETm), em base decendial, nas Regiões Ecoclimáticas do Baixo Vale do Uruguai (São Borja) e Planalto Superior – Serra do Nordeste (Veranópolis), Período 1980 a 1990

A maior probabilidade de ocorrência de déficit hídrico nos meses de verão, para o Rio Grande do Sul, foi descrita por BERLATO (1992), em função da maior demanda evaporativa atmosférica nesta estação, demonstrando maiores percentuais nas localidades mais ao sul e a oeste do Estado e menores nas áreas a norte e nordeste.

A necessidade de água da alfafa apresentou variação regional semelhante à distribuição da radiação solar global descrita por BERGAMASCHI e DIDONÉ (1981), o que pode estar relacionado ao próprio método de PENMAN (1948) utilizado para estimar a ETm, em cujo cálculo é dada maior ponderação ao saldo de radiação. Com isso, a parte oeste-sudoeste do Rio Grande do Sul, em específico a Região do Baixo Vale do Uruguai, mostra-se mais problemática à produção de

biomassa de alfafa, em função de déficit hídrico, sobretudo nos meses de final de primavera e verão, embora todo o Estado demonstre limitações neste sentido, o que está de acordo com SILVA (1973), PAIM et al. (1975) e CUNHA (1991). Por outro lado, em função de verão mais seco, é possível que aquela parte do Estado seja mais aptas à produção de sementes de alfafa, conforme sugeriu MEDEIROS (1995).

Nas Figuras 3 a 7 está representada a distribuição das freqüências de ocorrência de deficiência hídrica, excesso hídrico e da razão ETr/ETm, ao longo do ano, de algumas regiões tomadas como mais importantes a uma análise mais detalhada.

Com base na Tabela 1, pode-se realizar uma avaliação comparativa das regiões ecoclimáticas e identificar como extremas, quanto à disponibilidade hídrica, a Região do Planalto Superior – Serra do Nordeste (menos seca) e o Baixo Vale do Uruguai (mais seca).

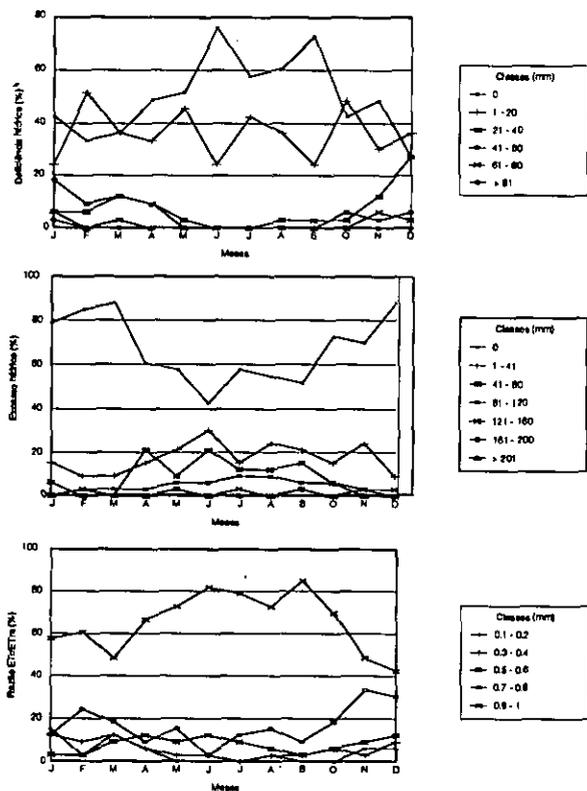


FIGURA 3 – Freqüência de ocorrência de deficiência, excesso hídrico e razão ETr/ETm para a alfafa, na Região Ecoclimática do Planalto Superior – Serra do Nordeste (Veranópolis). Período 1980 a 1990

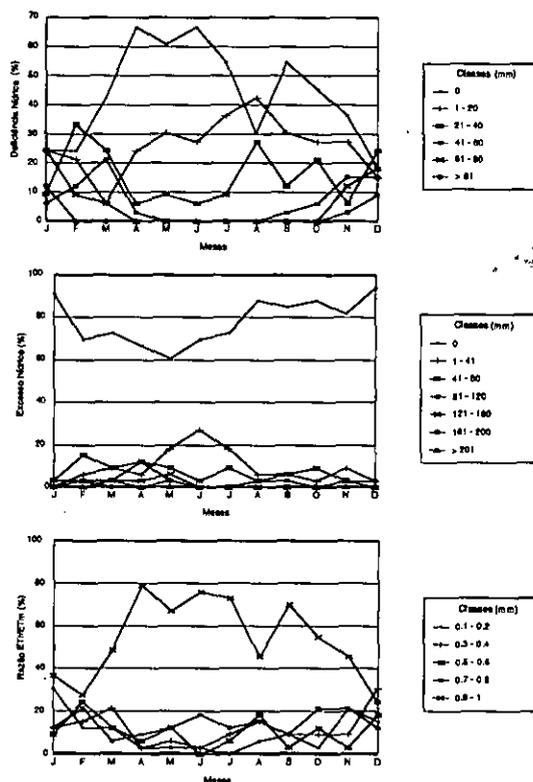


FIGURA 4 – Freqüência de ocorrência de deficiência, excesso hídrico e razão ETr/ETm para a alfafa, na Região Ecoclimática do Baixo Vale do Uruguai (São Borja). Período 1980 a 1990

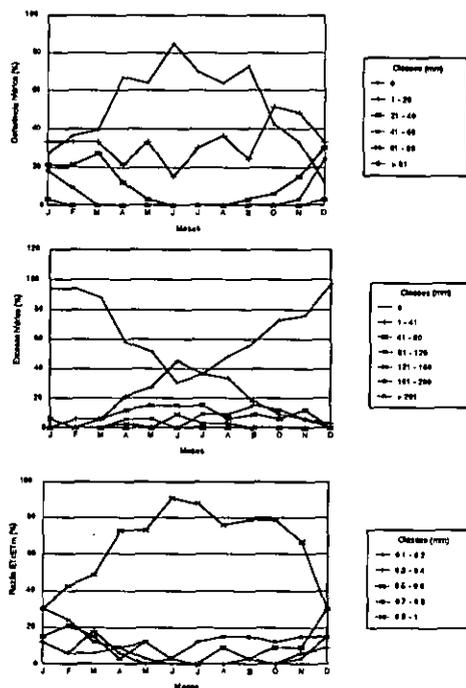


FIGURA 5 – Freqüência de ocorrência de deficiência, excesso hídrico e razão ETr/ETm para a alfafa, na Região Ecoclimática do Alto e Médio Vale do Uruguai (Santa Rosa). Período 1980 a 1990

DISPONIBILIDADE HÍDRICA PARA A CULTURA DA ALFAFA NAS DIFERENTES REGIÕES ECOCLIMÁTICAS DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL

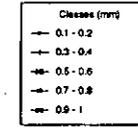
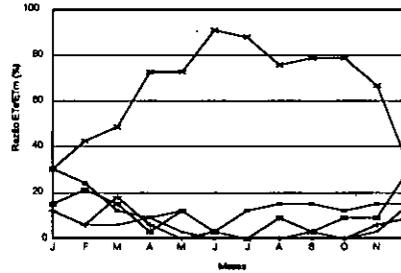
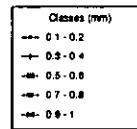
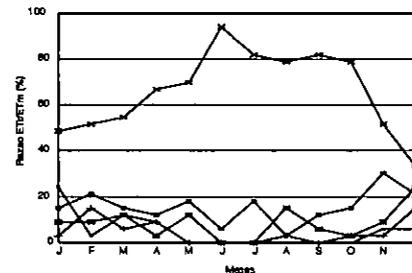
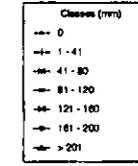
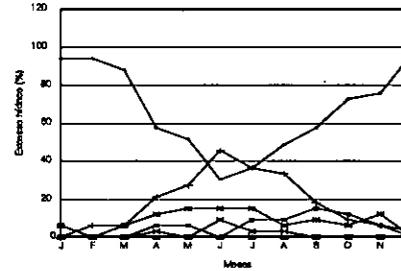
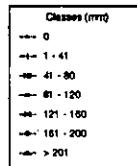
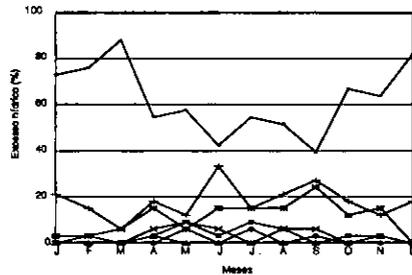
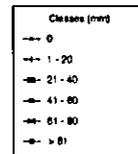
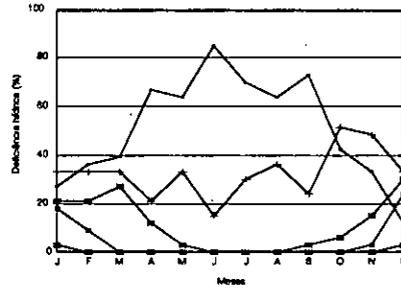
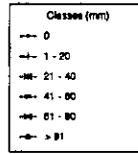
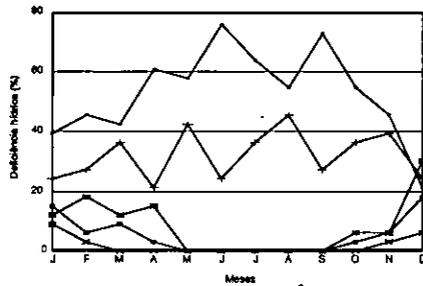


FIGURA 6 – Frequência de ocorrência de deficiência, excesso hídrico e razão ETr/ETm para a alfafa, na Região Ecoclimática Missioneira (Ijuí). Período 1980 a 1990

FIGURA 7 – Frequência de ocorrência de deficiência, excesso hídrico e razão ETr/ETm para a alfafa, na Região Ecoclimática da Encosta Inferior da Serra do Nordeste (Taquari). Período 1980 a 1990

Em todas as regiões assinaladas existe probabilidade de ocorrer deficiências ou excessos hídricos, em qualquer época do ano. Porém, em todas elas as deficiências foram maiores e mais frequentes no período de primavera-verão, que também é a época de máximo potencial de produção da alfafa no Estado, em função das condições térmicas e de radiação solar incidente. Também existe probabilidade de ocorrência de excessos hídricos em qualquer época do ano, mas com maior frequência e níveis mais elevados nos meses de outono-inverno.

Em geral, a razão ETr/ETm é elevada nos meses de outono-inverno, com alta frequência de valores acima de 0,9. No período de primavera-verão diminui a frequência deste nível elevado e aumenta a probabilidade de ocorrência de níveis menores desta razão.

Na comparação das duas regiões extremas, com maior e menor déficit hídrico (Baixo Vale do Uruguai e Planalto Superior – Serra do Nordeste, respectivamente) é possível visualizar diferenças no tempo e no espaço quanto aos três parâmetros indicadores da disponibilidade hídrica: deficiência, excesso e ra-

zão ETr/ETm (Figuras 3 e 4). Nesta confrontação por regiões e épocas do ano fica evidente, mais uma vez, que a disponibilidade hídrica para o cultivo da alfafa no Estado está associada, ao menos em grande parte, às variações da demanda evaporativa da atmosfera. Por outro lado, as oscilações no regime de precipitação ao longo do ano explicam a maior parte das variações nas diferentes classes de frequência de déficits e excessos de água, como demonstra a Figura 2.

Pelas Figuras 5 a 7 é possível observar que nas áreas mais produtoras de alfafa no Estado, situadas nas Regiões do Alto e Médio Vale do Uruguai, Missioneira e Encosta Inferior da Serra do Nordeste, a estação de outono-inverno se caracteriza por baixos níveis de deficiência, com predominância de excessos hídricos, a exemplo do que ocorre nas demais regiões ecoclimáticas. Ao contrário, nos meses de primavera-verão ocorrem menores excessos e níveis mais elevados de déficit hídrico. Obviamente, as três regiões assinaladas estão em situação intermediária às duas extremas analisadas anteriormente, tanto em termos de déficits como de excessos hídricos.

A razão ETr/ETm das regiões produtoras de alfafa no Rio Grande do Sul se mantém acima de 0,9 na maior parte do ano, diminuindo na época de maior demanda hídrica, do final de primavera ao final do verão (Figuras 5 a 7). Pelos dados da Tabela 1, observa-se que as três regiões apresentam a razão ETr/ETm entre 0,7 e pouco mais de 0,8 nos meses de dezembro a fevereiro, indicando que entre 20 a 30% da demanda hídrica da cultura não são atendidos pela precipitação natural, nestes meses. Também se observa flutuações nas frequências de ocorrência dos diferentes níveis de excesso e déficit hídrico, o que pode ser explicado pela variação, ao longo do ano, da precipitação pluvial e da demanda evaporativa da atmosfera, conforme os dois exemplos mostrados na Figura 2.

Considerando a alta resposta da alfafa ao suprimento de água no período de primavera-verão (CUNHA, 1991), pode-se confirmar a limitação que a mesma enfrenta por déficit hídrico no Estado, conforme assinalaram SILVA (1973), PAIM et al. (1975) e SAIBRO (1985), mesmo nas regiões mais produtoras. Convém ressaltar, porém, que esta análise tomou por base uma única capacidade de armazenamento de água disponível no solo: 75 mm. Sabe-se que, em alguns solos mais profundos e com melhores condições físicas e químicas, a alfafa poderá ter uma maior quantidade de água disponível, reduzindo tanto deficiências como excessos hídricos. Por outro lado, pela expansão da cultura no Estado, também existe a possibilidade de cultivo em solos mais rasos e/ou com condições internas que restrinjam ainda mais o armazenamento de água ou o desenvolvimento radicular da cultura, deste modo, submetendo-a a níveis mais severos de excesso ou déficit hídrico.

Um estudo considerando a real capacidade de armazenamento de água de cada solo poderia propiciar maior exatidão a uma análise deste tipo, no sentido de melhor quantificar as possíveis limitações hídricas da cultura. Entretanto, a metodologia adotada parece suficientemente adequada para diversas finalidades e aplicações práticas, como na avaliação comparativa de regiões em trabalhos de zoneamento da cultura para produção de forragem ou sementes, bem como em diagnósticos de problemas e fatores limitantes, ou mesmo na estimativa da ordem de grandeza das necessidades hídricas da cultura para planejamento de irrigação ou outras práticas afins.

## CONCLUSÕES

1. No Estado do Rio Grande do Sul, a cultura da alfafa tem menor demanda de água no início do inverno e maior no início do verão, numa razão aproximada de 1:3.

2. A alfafa enfrenta deficiências hídricas no período de primavera-verão e excessos hídricos no outono-inverno, em todo o Estado do Rio Grande do Sul.

3. O Baixo Vale do Uruguai é a Região com maior déficit hídrico para a alfafa, ficando as Regiões a nordeste do Estado, Planalto Superior-Serra do Nordeste e Litoral (parte norte desta), com as menores deficiências hídricas.

4. Nas Regiões da Encosta Inferior da Serra do Nordeste, Alto e Médio Vale do Uruguai e Missioneira, que concentram a maior parte da produção de alfafa no Estado do Rio Grande do Sul, a precipitação de final de primavera-verão deixa de atender, em média, 20 a 30% da demanda hídrica da cultura, havendo excessos hídricos no período de outono-inverno.

## BIBLIOGRAFIA CITADA

- BERGAMASCHI, H.; DIDONÉ, I. A. Distribuição da radiação global no estado do Rio Grande do Sul. *Agronomia Sulriograndense*, Porto Alegre, v.17, n.1, p.139-148. 1981.
- BERLATO, M. A. As condições de precipitação pluvial no Estado do Rio Grande do Sul e os impactos das estiagens na produção agrícola. In: BERGAMASCHI, H. (Coord.). *Agrometeorologia aplicada à irrigação*. Porto Alegre, Editora da Universidade/UFRGS. 1992, p. 11-24.
- CUNHA, G. R. *Evapotranspiração e função de resposta à disponibilidade hídrica em alfafa*. Porto Alegre: UFRGS, 1991. 197 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, UFRGS, 1991.
- CUNHA, G. R.; PAULA, J. R. F.; BERGAMASCHI, H.; SAIBRO, J. C.; BERLATO, M. A. Coeficiente de cultura em alfafa. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, Santa Maria, v. 1, p. 87-94, 1993.
- CUNHA, G. R.; PAULA, J. R. F.; BERGAMASCHI, H.; SAIBRO, J. C.; BERLATO, M. A. Evapotranspiração e eficiência no uso da água em alfafa. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, Santa Maria, v. 2, p. 23-27, 1994.
- MEDEIROS, R. B. de. *Modelos de semeadura de alfafa (Medicago sativa L.) e suas relações com o desenvolvimento vegetativo e reprodutivo*. Porto Alegre: UFRGS, 1995. 236 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, UFRGS, 1995.
- PAIM, N. R.; SAIBRO, J. C.; BARRETO, I. L. Influência de densidades e métodos de semeadura no estabelecimento de alfafa (*Medicago sativa L.*) em solo ácido recuperado da Depressão Central no Rio Grande do Sul. I. Produção, índice de crescimento da cultura e índice de área foliar. *Revista da Faculdade de Agronomia, UFRGS*. Porto Alegre, v. 1, n. 1, p. 97-144, 1975.
- PENMAN, H.L. Natural evaporation from open water, bare soil and grass. *Proceedings of Royal Society of London*, Série A, London, v. 193, p. 120-145, 1948.
- PERRIER, A. Updated evapotranspirations and crop water requirements definitions. In: PERRIER, A.; RIOU, C. Les

DISPONIBILIDADE HÍDRICA PARA A CULTURA DA ALFAFA NAS DIFERENTES REGIÕES ECOCLIMÁTICAS DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL

- besoins en eau des cultures – crop water requirements.** Paris: INRA Publications, 1985. p. 881-883.
- RIO GRANDE DO SUL. Macrozoneamento agroecológico e econômico do Estado do Rio Grande do Sul.** Secretaria da Agricultura e Abastecimento; Centro Nacional de Pesquisa de Trigo. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura e Abastecimento; EMBRAPA, Centro Nacional de Pesquisa de Trigo, 1994. 2 v.
- SAIBRO, J. C.** Produção de alfafa no Rio Grande do Sul. In: **SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGEM, 7.**, Piracicaba, 4-6 setembro, 1984. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1985. p. 61-106.
- SANTOS, A. O.** **Evapotranspiração máxima da alfafa na Depressão Central do Rio Grande do Sul.** Porto Alegre: UFRGS, 1993. 106 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, UFRGS, 1993.
- SANTOS, A. O.; BERGAMASCHI, H.; CUNHA, G. R.** Avaliação de métodos para estimativa da evapotranspiração máxima da alfafa. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 2, p. 37-42, 1994.
- SANTOS, A. O.; BERGAMASCHI, H.; CUNHA, G. R.** Necessidades hídricas da alfafa: coeficientes de cultura (Kc) no período pós-corte. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 4, n. 1, p. 37-40, 1996.
- SILVA, V. P. S.** **Efeito da aplicação de calcário, fósforo e potássio no estabelecimento e produção de alfafa (*Medicago sativa* L) num solo laterítico brunovermelhado eutrófico.** Porto Alegre: UFRGS, 1973. 101 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Solos, Faculdade de Agronomia, UFRGS, 1973.
- THORNTHWAITE, C. W.; MATHER, J. R.** The water budget and its use in irrigation. **Yearbook of Agriculture**, Washington, p. 346-358, 1955.

## RESPOSTA DE *Brachiaria humidicola* À INOCULAÇÃO DE MICORRIZAS ARBUSCULARES E À APLICAÇÃO DE FONTES E DOSES DE FÓSFORO

NEWTON DE LUCENA COSTA<sup>1</sup>, ROGÉRIO S.C. DA COSTA<sup>1</sup>, FRANCISCO DAS CHAGAS LEÔNIDAS<sup>1</sup>, VALDINEI TADEU PAULINO<sup>2</sup>

**RESUMO** – Os efeitos da inoculação de quatro espécies de micorrizas arbusculares (MA) (*Gigaspora margarita*, *Scutellospora heterogama*, *Acaulospora muricata* e *Glomus mosseae*) e duas doses de fósforo (0 e 22 kg de P/ha) e da inoculação de *A. muricata* e doses de fosfato natural de Araxá (0, 44 e 88 kg de P/ha) sobre o rendimento de matéria seca (MS) e absorção de nitrogênio e fósforo de *Brachiaria humidicola*, foram avaliados em experimentos conduzidos em casa-de-vegetação, em Latossolo Amarelo, textura argilosa, previamente esterilizado. Independentemente da adubação fosfatada, *S. heterogama* e *A. muricata* foram os fungos mais efetivos, em termos de produção de MS e absorção de fósforo. Os maiores teores de nitrogênio foram obtidos com a inoculação de *G. margarita* e *G. mosseae*, na ausência de adubação fosfatada e com *A. muricata* quando na presença desta. A colonização radicular foi favorecida pela adubação fosfatada, sendo os maiores valores verificados com a inoculação de *G. margarita* e *S. heterogama*. A inoculação de MA e a aplicação de fosfato de rocha, isoladas ou conjuntamente, promoveram acréscimos significativos no rendimento de MS e absorção de fósforo e nitrogênio. A aplicação de fosfato de rocha aumentou a eficiência de resposta à inoculação de MA, não sendo detectado efeito significativo de doses de fósforo. As taxas de colonização radicular não foram afetadas pela aplicação de fosfato de rocha.

**Palavras-chave:** matéria seca, nitrogênio, fósforo, raiz

## RESPONSES OF *Brachiaria humidicola* TO ARBUSCULAR MYCORRHIZAL INOCULATION AND SOURCES AND LEVELS OF PHOSPHATE FERTILIZATION

**ABSTRACT** – The effects of four arbuscular mycorrhizal (AM) fungi species (*Gigaspora margarita*, *Scutellospora heterogama*, *Acaulospora muricata* and *Glomus mosseae*) and two levels of phosphorus (0 and 22 kg of P/ha) and the inoculation of *A. muricata* and Araxá rock phosphate levels (0, 44 and 88 kg of P/ha) on dry matter (DM) yield, and nitrogen (N) and phosphorus (P) contents and uptake by plants of *Brachiaria humidicola* were evaluated under greenhouse conditions, utilizing a clayey Yellow Latosol (Oxisol), previously sterilized. Independently of P level, *S. heterogama* and *G. margarita* affected significantly DM yields and P contents. Higher N concentrations were obtained with the inoculation of *G. margarita* and *G. mosseae*, in the absence of phosphate, whereas in the presence of phosphate, plants inoculated with *A. muricata* presented the highest N contents. Root colonization was increased by phosphate addition, mainly on the inoculations with *G. margarita* and *S. heterogama*. The AM inoculation, alone or combined with rock phosphate fertilization, promoted significant increments on DM yields and N and P contents and uptake. There were no significant effects of P levels. Rock phosphate fertilization improved the efficiency of response to AM inoculation, and a synergistic effect was observed. The root colonization was not affected by rock phosphate fertilization.

**Key words:** dry matter yield, nitrogen, phosphorus, root

## INTRODUÇÃO

A formação, manejo e persistência de pastagens cultivadas na Amazônia tem como um dos principais fatores limitantes os níveis extremamente baixos de fósforo total e disponível no solo. Ademais, devido a alta capacidade de fixação de fósforo nesses solos, quantidades consideráveis devem ser adicionadas para satisfazer os requerimentos interno e externo das plantas forrageiras. Face aos altos custos dos fertilizantes fosfatados, métodos alternativos de fertilização são de-

sejáveis e devem ser buscados, visando um manejo mais racional e econômico das pastagens. Nesse contexto, o aproveitamento das potencialidades das associações micorrízicas é uma alternativa de grande importância para aumentar a disponibilidade de fósforo e sua absorção pelas plantas.

A colonização das raízes por micorrizas arbusculares (MA) resulta em modificações na fisiologia, bioquímica e nutrição mineral da planta hospedeira, especialmente no favorecimento da absorção, translocação e utilização de nutrientes e água. Em ge-

1. Eng. Agr., M.Sc. – EMBRAPA/Centro de Pesquisa Agroflorestal de Rondônia (CPAF-Rondônia), Rodovia BR 364 – km 5,5, Caixa Postal 483, 78900-970 Porto Velho – RO/BRASIL.

2. Eng. Agr., Ph.D. – Instituto de Zootecnia, Nova Odessa – SP/BRASIL.  
Recebido para publicação em 01/10/1996.

ral, os efeitos das micorrizas arbusculares (MA) sobre o crescimento das plantas se manifestam pela atuação de um ou vários mecanismos, tais como: aumento da superfície de absorção de nutrientes; maior longevidade das raízes absorventes; melhor utilização de formas de nutrientes pouco disponíveis para as plantas não colonizadas; alterações na relação água-solo-planta; redução de efeitos adversos do pH, toxidez de alumínio e aumento na produção de fitohormônios (LOPES et al., 1983; ZAMBOLIM e SIQUEIRA, 1985).

Nos solos de baixa fertilidade natural, notadamente naqueles deficientes em fósforo, as associações com MA apresentam efeitos benéficos mais acentuados (MOSSE, 1973). RHODES e GERDEMANN (1975) observaram que plantas colonizadas absorviam  $^{32}\text{P}$  colocado até 8 cm de distância da superfície da raiz, devido as hifas externas do fungo funcionarem como extensão do sistema radicular, podendo absorver nutrientes além da zona dos pêlos radiculares e da zona de depleção (1 a 2 mm) que se desenvolve ao redor das raízes. HOWELER et al. (1982) relacionando a produção de matéria seca obtida pela mandioca com o fósforo disponível no solo, observaram níveis críticos de 190 e 15 ppm de fósforo (Bray II), respectivamente para plantas não inoculadas e inoculadas por MA.

O melhoramento da fertilidade do solo através da aplicação de fosfatos naturais evidenciam ainda mais os efeitos positivos das MA. Segundo BAREA et al. (1975) as plantas colonizadas, por apresentarem menores valores de  $K_m$ , são capazes de baixar o nível de fósforo na solução para valores inferiores aos do produto de solubilidade de compostos pouco solúveis. Deste modo, as MA ao aumentarem a absorção de fósforo solúvel, estimulam a dissociação química do fosfato para manter o equilíbrio deste na solução do solo (BAREA e ÁZCON-AGUILAR, 1983).

Os efeitos positivos da micorrização sobre o crescimento e absorção de fósforo em gramíneas forrageiras dos gêneros *Brachiaria*, *Andropogon*, *Panicum* e *Sorghum* foram relatados em diversos trabalhos (SANO, 1984; SALINAS et al., 1985; SAIF, 1987; COSTA e PAULINO, 1990). No entanto, essas respostas são condicionadas às interrelações entre características do solo, espécies de gramíneas e de fungos micorrízicos (POWELL, 1977).

O presente trabalho teve por objetivo avaliar os efeitos da inoculação de MA, doses e fontes de fósforo sobre o rendimento de forragem e composição química de *Brachiaria humidicola*.

## MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos em casa-de-vegetação, utilizando-se um Latossolo Amarelo, textura argilosa, com as seguintes características químicas:

pH = 4,6; Al = 2,4 cmol/dm<sup>3</sup>; Ca + Mg = 1,4 cmol/dm<sup>3</sup>; P = 2 mg/kg e K = 81 mg/kg.

O solo foi coletado na camada arável (0 a 20 cm), destorroado e peneirado em malha de 6 mm, sendo a seguir esterilizado em autoclave à 110°C, por uma hora, com intervalo de 24 horas, durante três dias consecutivos, a vapor fluente e pressão de 1,5 atm.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados com três repetições. No Experimento I, os tratamentos foram constituídos por quatro espécies de MA (*Gigaspora margarita*, *Scutellospora heterogama*, *Acaulospora muricata* e *Glomus mosseae*) e duas doses de fósforo (0 e 22 kg de P/ha), enquanto que no Experimento II, os tratamentos consistiram da inoculação de *A. muricata* e três doses de fosfato de rocha (0, 44 e 88 kg de P/ha), aplicado sob a forma de fosfato natural de Araxá (28% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> total, 6% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> solúvel e 43% de CaO).

Cada unidade experimental constou de um vaso com capacidade para 3,0 kg de solo seco. A inoculação das MA foi realizada adicionando-se 10 g de inóculo/vaso (raiz + esporos + solo), contendo aproximadamente 500 esporos/50 g de solo, o qual foi colocado numa camada uniforme cerca de 5 cm abaixo do nível de plantio. Aplicou-se 5 ml de uma suspensão de solo livre de esporos e micélios, a fim de assegurar a presença de outros microrganismos naturais do solo. As doses de fósforo foram aplicadas sob a forma de superfosfato triplo, sendo uniformemente misturadas com o solo. O plantio foi realizado com sementes previamente lavadas com hipoclorito de sódio. Após o desbaste, deixou-se quatro plantas/vaso. O controle hídrico foi feito diariamente através da pesagem dos vasos, mantendo-se o solo em 80% de sua capacidade de campo.

Após dez semanas de cultivo, as plantas foram cortadas rente ao solo, postas para secar em estufa à 65°C, por 72 horas, sendo a seguir pesadas e moídas em peneira de 2,0 mm. As concentrações de fósforo e nitrogênio foram determinadas segundo a metodologia descrita por TEDESCO (1982). As taxas de colonização radicular foram avaliadas através da observação, ao microscópio, de 25 fragmentos de raízes com 2 cm de comprimento, clarificadas com KOH e tingidas por azul de tripano em lactofenol, segundo a técnica de PHILLIPS e HAYMAN (1970).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Experimento I

A análise estatística revelou significância ( $P < 0,05$ ) para a interação MA x doses de fósforo sobre os rendimentos de matéria seca (MS) de *B. humidicola*. Na ausência de adubação fosfatada, a inoculação com *A. muricata* proporcionou o maior rendimento de MS, o

qual não diferiu ( $P > 0,05$ ) daqueles verificados com *S. heterogama* ou com a aplicação de 22 kg de P/ha. Já, na presença de adubação fosfatada, *A. muricata* foi o fungo mais efetivo, fornecendo produções de MS 365% superiores às obtidas no tratamento testemunha (Tabela 1). Do mesmo modo, COSTA et al. (1994), avaliando os efeitos da inoculação de *G. margarita*, *G. etunicatum* e *A. muricata* em *Paspalum coryphaeum*, verificaram diferenças significativas na efetividade das espécies de MA, em função da aplicação ou não de adubação fosfatada (0 e 22 kg de P/ha). Segundo KRUCKELMANN (1975), as plantas apresentam grande variabilidade quanto a susceptibilidade à formação de micorrizas,

a qual parece ser controlada geneticamente, podendo ocorrer especificidade até mesmo a nível de cultivares.

As taxas de colonização radicular registradas com a inoculação de *G. margarita* e *S. heterogama*, independentemente da adubação fosfatada, foram significativamente superiores ( $P < 0,05$ ) às obtidas com os demais fungos micorrízicos (Tabela 1). Resultados semelhantes foram relatados por COSTA et al. (1994) com *P. coryphaeum*. Segundo GREEN et al. (1976), geralmente as espécies dos gêneros *Gigaspora* e *Scutellospora* ocorrem em uma faixa maior de pH, apresentando melhor adaptação a solos ácidos que as de *Glomus*.

TABELA 1 – Rendimento de matéria seca e taxas de colonização radicular de *Brachiaria humidicola*, em função da inoculação de micorrizas arbusculares e doses de fósforo

Tratamentos	Matéria seca (g/vaso)	Colonização radicular (%)
Testemunha	2,3 h	–
<i>G. margarita</i> (M <sub>1</sub> )	4,6 fg	49,3 cd
<i>S. heterogama</i> (M <sub>2</sub> )	5,8 def	52,0 bc
<i>A. muricata</i> (M <sub>3</sub> )	6,3 cde	41,4 e
<i>G. mosseae</i> (M <sub>4</sub> )	3,5 g	43,1 e
M <sub>1</sub> + Fósforo	7,2 c	57,4 a
M <sub>2</sub> + Fósforo	8,9 b	55,2 ab
M <sub>3</sub> + Fósforo	10,7 a	48,3 d
M <sub>4</sub> + Fósforo	6,8 cd	50,2 cd
Fósforo <sup>1</sup>	5,4 efg	–

– Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si ( $P > 0,05$ ) pelo teste de Tukey

<sup>1</sup> = 22 kg de P/ha

Os teores e quantidades absorvidas de nitrogênio e fósforo foram significativamente afetados ( $P < 0,05$ ) pela adubação fosfatada e inoculação de MA (Tabela 2). Na ausência de adubação fosfatada, *G. margarita* e *G. mosseae* proporcionaram as maiores concentrações de nitrogênio, enquanto que na presença desta, os maiores valores foram registrados com a inoculação de *A. muricata*. Já, plantas colonizadas por *S. heterogama* e *A. muricata*, independentemente da fertilização fosfatada, apresentaram maiores teores e conteúdos de fósforo. As maiores quantidades absorvidas de nitrogênio foram obtidas com a inoculação de *A. muricata*, na presença de adubação fosfatada, enquanto que na sua ausência, não se detectou efeito significativo ( $P > 0,05$ ) para espécies de MA. Conforme SIQUEIRA (1983), a micorrização, geralmente, implica em aumento na taxa

fotossintética, respiração e transpiração, o que pode afetar positivamente a absorção de nutrientes da solução do solo. CRESS et al. (1979) verificaram que raízes colonizadas por micorrizas possuem um sistema de absorção de fósforo altamente eficiente, caracterizado por alto valor de V<sub>máx</sub> (velocidade máxima de absorção), e baixo k<sub>m</sub> (constante de Michaelis-Menten = concentração de fósforo na qual se obtém a metade da V<sub>máx</sub>), para plantas crescendo em baixos níveis de fósforo disponível no solo. Deste modo, as plantas micorrizadas são capazes de diminuir o nível de fósforo na solução do solo para valores inferiores aos do produto de solubilidade de compostos pouco solúveis, estimulando a dissociação química do fosfato para manter o equilíbrio de fósforo na solução do solo (BAREA et al., 1975).

**TABELA 2 – Teores e quantidades absorvidas de nitrogênio e fósforo em *Brachiaria humidicola*, em função da inoculação de micorrizas arbusculares e doses de fósforo**

Tratamentos	Nitrogênio		Fósforo	
	%	mg/vaso	%	mg/vaso
Testemunha	1,7 cde	39,1 d	0,13 f	2,99 f
<i>G. margarita</i> (M <sub>1</sub> )	2,3 ab	105,8 bc	0,15 ef	6,90 def
<i>S. heterogama</i> (M <sub>2</sub> )	1,5 ef	87,0 c	0,18 cde	10,44 cd
<i>A. muricata</i> (M <sub>3</sub> )	1,2 f	75,6 cd	0,20 bc	7,56 de
<i>G. mosseae</i> (M <sub>4</sub> )	2,1 abc	73,5 cd	0,16 def	5,60 ef
M <sub>1</sub> + Fósforo	1,9 bcde	136,8 b	0,19 bcd	13,68 c
M <sub>2</sub> + Fósforo	1,6 def	142,4 b	0,22 ab	19,58 b
M <sub>3</sub> + Fósforo	2,5 a	267,5 a	0,25 a	26,75 a
M <sub>4</sub> + Fósforo	2,0 bcd	136,0 b	0,18 cde	12,24 c
Fósforo <sup>1</sup>	1,7 cde	91,8 c	0,16 def	8,64 de

– Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si (P > 0,05) pelo teste de Tukey

1 = 22 kg de P/ha

### Experimento II

Os rendimentos de *B. humidicola*, em função dos tratamentos aplicados estão apresentados na Tabela 3. A inoculação de MA proporcionou um incremento de 133% na produção de forragem, em comparação com o tratamento testemunha. A aplicação de fosfato de rocha incrementou significativamente (P < 0,05) os rendimentos de MS, sendo os maiores valores, independentemente da dose utilizada, registrados nas plantas micorrizadas. Resultados semelhantes foram relatados por HOWELER (1983) avaliando o efeito de MA, na presença ou não de adubação fosfatada, em *Andropogon gayanus* cv. Planaltina. Segundo ÁZCON-AGUILAR e BAREA (1978), bactérias solubilizadoras de fosfatos estão presentes na rizosfera micorrízica atuando sinergisticamente com os endófitos. Deste modo, as MA ao incrementarem a absorção de fósforo, favorecem a dissociação química do fosfato insolúvel visando estabilizar a concentração deste na solução do solo (BAREA e ÁZCON-AGUILAR, 1983). JEHNE (1980) observa que as espécies de MA apresentam especificidade em relação às fontes de fósforo aplicadas, o que pode afetar

diretamente a eficiência destas. MIRANDA et al. (1984) verificaram interação significativa entre doses de fósforo e inoculação de MA, a qual foi explicada, em parte, pela melhor eficiência de absorção de fósforo e transformação em rendimento de MS das plantas de sorgo inoculadas, na dose de 25 ppm de fósforo, devido a ausência de diferenças significativas entre as doses de 25 e 50 ppm de fósforo, quando as plantas foram micorrizadas.

As taxas de colonização radicular não foram afetadas (P > 0,05) pela aplicação de fosfato de rocha (Tabela 3). Provavelmente, este fato foi consequência da aplicação de doses relativamente pequenas de fósforo (20 a 30 kg P/ha), já que, geralmente a adubação fosfatada, notadamente com fontes solúveis, diminui a formação de micorrizas, bem como a proliferação de esporos (MOSSE, 1973). Da mesma forma, COSTA et al. (1989) não detectaram efeito depressivo da aplicação de fosfato natural de Patos de Minas (30 kg de P/ha) sobre a colonização de raízes de aveia forrageira inoculadas com *Glomus macrocarpum*. No entanto, a adição de superfosfato triplo (30 kg de P/ha) reduziu significativamente as taxas de colonização radicular.

**TABELA 3 – Rendimento de matéria seca e taxas de colonização radicular de *Brachiaria humidicola*, em função da micorrização e aplicação de fosfato de rocha**

Tratamentos	Matéria seca (g/vaso)	Colonização radicular (%)
Testemunha	4,57 e	–
Micorriza (M)	10,65 d	59,3 a
Fosfato de Rocha (FR <sub>1</sub> ) (44 kg de P/ha)	13,71 c	–
Fosfato de Rocha (FR <sub>2</sub> ) (88 kg de P/ha)	15,25 b	–
M + FR <sub>1</sub>	16,80 ab	67,2 a
M + FR <sub>2</sub>	17,96 a	60,1 a

– Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si (P > 0,05) pelo teste de Tukey

As maiores concentrações de nitrogênio foram obtidas no tratamento testemunha e com a aplicação de 44 kg de P/ha, os quais não diferiram entre si ( $P > 0,05$ ) (Tabela 4). As plantas micorrizadas, independentemente da adubação fosfatada, apresentaram os menores teores de nitrogênio, como consequência do efeito de diluição deste nutriente, à medida que os rendimentos de MS aumentaram. As maiores quantidades absorvidas de nitrogênio e fósforo foram obtidas com a aplicação de fosfato de rocha, associada à inoculação de MA, não sendo, contudo, constatado efeito significativo ( $P > 0,05$ ) de doses. Já, plantas fertilizadas com 88 kg de P/ha, na presença de MA, forneceram a maior concentração de fósforo (Tabela 4). MOSSE (1977) observou que plantas micorrizadas de milho,

suplementadas com pequenas doses de fósforo, apresentavam melhor crescimento e absorção de nutrientes. O aumento na área de solo explorado parece ser o principal mecanismo responsável pelo aumento da absorção de nutrientes. GERDEMANN e TRAPPE (1974) verificaram que as hifas do fungo que colonizavam o córtex estendem-se no solo adjacente, podendo atingir distâncias consideráveis (16 cm) da superfície da raiz, aumentando, deste modo, a interface raiz-solo, além de fazer a comunicação das raízes absorventes com zonas não esgotadas em nutrientes. Para SIQUEIRA (1983) a micorrização, geralmente, implica em aumento na taxa fotossintética, respiração e transpiração, o que pode exercer efeitos positivos sobre a absorção de nutrientes disponíveis na solução do solo.

**TABELA 4 – Teores e quantidades absorvidas de nitrogênio e fósforo em *Brachiaria humidicola*, em função da micorrização e aplicação de fosfato de rocha**

Tratamentos	Nitrogênio		Fósforo	
	%	mg/vaso	%	mg/vaso
Testemunha	1,43 a	65,35 e	0,117 e	5,34 e
Micorriza (M)	1,15 c	122,48 d	0,132 d	14,05 d
Fosfato de Rocha (FR <sub>1</sub> ) (44 kg de P/ha)	1,37 a	187,82 c	0,144 cd	19,74 c
Fosfato de Rocha (FR <sub>2</sub> ) (88 kg de P/ha)	1,29 b	196,72 bc	0,151 bc	23,02 bc
M + FR <sub>1</sub>	1,31 b	220,08 a	0,158 b	26,54 ab
M + FR <sub>2</sub>	1,26 b	226,29 a	0,172 a	30,89 a

– Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si ( $P > 0,05$ ) pelo teste de Tukey

## CONCLUSÕES

### Experimento I

1 – A inoculação de MA promoveu acréscimos significativos na produção de matéria seca e teores de nitrogênio e fósforo de *B. humidicola*;

2 – Independentemente da adubação fosfatada, *S. heterogama* e *A. muricata* foram os fungos mais efetivos, em termos de produção de forragem e teores de fósforo;

3 – Os maiores teores de nitrogênio foram obtidos com a inoculação de *G. margarita* e *G. mosseae*, na ausência de adubação fosfatada e com *A. muricata* na presença desta;

4 – A colonização radicular foi favorecida pela

adubação fosfatada, sendo as maiores percentagens verificadas com a inoculação de *G. margarita* e *S. heterogama*.

### Experimento II

1 – A inoculação de MA e a aplicação de fosfato de rocha, isoladas ou conjuntamente, promoveram acréscimos significativos no rendimento de matéria seca e absorção de fósforo e nitrogênio de *Brachiaria humidicola*;

2 – A aplicação de fosfato de rocha aumentou a eficiência de resposta à inoculação de MA, não sendo detectado efeito significativo de doses de fósforo;

3 – As taxas de colonização radicular não foram afetadas pela aplicação de fosfato de rocha.

**BIBLIOGRAFIA CITADA**

- ÁZCON-AGUILAR, G.; BAREA, J.M. Effects of interaction between different culture fractions of "phosphobacteria" and *Rhizobium* on mycorrhizas infection growth and nodulation of *Medicago sativa*. *Canadian Journal of Microbiology*, Ottawa, v. 24, p. 520-524, 1978.
- BAREA, J.M.; ÁZCON-AGUILAR, G. Mycorrhizas and their significance in nodulating nitrogen-fixing plants. *Advances in Agronomy*, New York, v. 36, p. 1-54, 1983.
- BAREA, J.M.; ÁZCON, R.; HAYMAN, D.S. Possible synergistic interactions between *Endogone* and phosphate-solubilizing bacteria in low phosphate soils. In: SANDERS, F.E.; MOSSE, B.; TINKER, P.B. (Eds.) *Endomycorrhizas*. London: Academic Press, 1975. p. 373-389.
- COSTA, N. de L.; DIONÍSIO, J.A.; ANGHINONI, I. Influência de fungos micorrízicos vesículo-arbusculares, fontes e doses de fósforo sobre o crescimento da aveia forrageira. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 24, n. 6, p. 979-986, 1989.
- COSTA, N. de L.; PAULINO, V.T. Efeito de micorrizas vesículo-arbusculares sobre o crescimento e absorção de fósforo de gramíneas e leguminosas forrageiras tropicais. In: KELLER-GREIN, G. (Ed.) REUNIÓN DE LA RED INTERNACIONAL DE EVALUACIÓN DE PASTOS TROPICALES - AMAZONIA, 1., Lima, 1990. *Memórias...* Cali: CIAT, 1990. v. 2, p. 773-775.
- COSTA, N. de L.; PAULINO, V.T.; COSTA, R.S.C. da; LEÔNIDAS, F. das C. Eficiência de micorrizas vesículo-arbusculares e da adubação fosfatada em *Paspalum coryphaeum* FCAP-08. In: REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 5., Florianópolis, 1994. *Anais...*, Florianópolis: UFSC, 1994. p. 82.
- CRESS, W.A.; THRONEBERRY, G.O.; LINDSY, D.L. Kinetics of phosphorus absorption by mycorrhizal and non-mycorrhizal tomato roots. *Plant Physiology*, Lancaster, v. 64, p. 484-487, 1979.
- GERDEMANN, J.W.; TRAPPE, J.M. The endogonaceae in the Pacific Northwest. *Mycologia Memoir*, Paris, v. 5, n. 1, p. 1-76, 1974.
- GREEN, N.E.; GRAHAM, S.O.; SCHENCK, N.C. The influence of pH on the germination of vesicular-arbuscular mycorrhiza spores. *Mycologia*, New York, v. 68, p. 929-934, 1976.
- HOWELER, R.H. La función de las micorrizas vesículo-arbusculares en la nutrición fosforica de yuca. *Suelos Ecuatoriales*, Bogotá, v. 13, n. 2, p. 51-61, 1983.
- HOWELER, R.H.; CADAVID, L.F.; BURCKHARDT, E. Response of cassava to VA mycorrhizal inoculation and phosphorus application in greenhouse and field experiments. *Plant and Soil*, The Hague, v. 69, p. 327-339, 1982.
- JEHNE, W. Endomycorrhizas and the productivity of tropical pastures: the potential for improvement and its practical realization. *Tropical Grasslands*, Melbourne, v. 14, p. 202-209, 1980.
- KRUCKELMANN, H.W. Effects of fertilizers, soils, soil tillage and plant species on the frequency of *Endogone* chlamydospores and mycorrhizal infection in arable soils. In: SANDERS, F.E.; MOSSE, B.; TINKER, P.B. (Eds.) *Endomycorrhizas*. London: Academic Press, 1975. p. 511-526.
- MIRANDA, J.C.C. de; SOUZA, D.M.G. de; MIRANDA, L. N. de. Influência de fungos endomicorrízicos vesículo-arbusculares na absorção de fósforo e no rendimento de matéria seca de plantas de sorgo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Piracicaba, v. 6, n. 1, p. 19-23, 1984.
- MOSSE, B. Advances in the study of vesicular-arbuscular mycorrhiza. *Annual Review of Phytopathology*, Palo Alto, v. 11, p. 171-196, 1973.
- MOSSE, B. Plant growth responses to vesicular-arbuscular mycorrhiza. X. Response of *Stylosanthes* and maize to inoculation in unsterile soil. *New Phytologist*, London, v. 78, p. 277-288, 1977.
- LOPES, E.S.; SIQUEIRA, J.O.; ZAMBOLIM, L. Caracterização das micorrizas vesicular-arbuscular (MVA) e seus efeitos no crescimento das plantas. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Piracicaba, v. 7, n. 1, p. 1-19, 1983.
- PHILLIPS, J.M.; HAYMAN, D.S. Improved procedure for clearing roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment for infection. *Transactions of the British Mycological Society*, Cambridge, v. 55, p. 158-161, 1970.
- POWELL, C.L. Mycorrhizas in Hill Country soils. II. Effects of several mycorrhizal fungi on clover growth in sterile soils. *Nature*, London, v. 264, p. 436-438, 1977.
- RHODES, L.H.; GERDEMANN, J.W. Phosphate uptake zones of mycorrhizal and non-mycorrhizal onions. *New Phytologist*, London, v. 75, p. 755-761, 1975.
- SAIF, S.R. Growth response of tropical forage plant species to vesicular-arbuscular mycorrhizal. I. Growth, mineral uptake and mycorrhizal dependency. *Plant and Soil*, The Hague, v. 97, p. 25-35, 1987.
- SALINAS, J.G.; SANZ, J.I.; SIEVERDING, E. Importance of VA mycorrhizal for phosphorus supply to pasture plants in tropical oxisols. *Plant and Soil*, The Hague, v. 84, p. 347-360, 1985.
- SANO, S.M. Influência de endomicorrizas nativas do cerrado no crescimento de plantas. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Piracicaba, v. 8, n. 1, p. 25-29, 1984.
- SIQUEIRA, J.O. **Nutritional and edaphic factors affecting spore germination, germ tube growth, and root colonization by the vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi**. Gainesville: University of Florida, 1983. Thesis Ph.D. - Soil Microbiology. 124 p.
- TEDESCO, J.M. Extração simultânea de N, P, K, Ca e Mg em tecido de plantas por digestão com H<sub>2</sub>O H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Porto Alegre, UFRGS, 1982. 23 p. (Informativo Interno, 1).
- ZAMBOLIM, L.; SIQUEIRA, J.O. **Importância e potencial das associações micorrízicas para a agricultura**. Belo Horizonte: EPAMIG, 1985. 36 p. (Documentos, 26).

## TOXIDEZ POR COBRE EM VINHEDOS

EDUARDO GIOVANNINI<sup>1</sup>

**RESUMO** – A aplicação de produtos fitossanitários à base de cobre em viticultura vem sendo empregada há muitos anos. No Rio Grande do Sul o uso de calda bordalesa (com 1% de  $\text{CuSO}_4$ ), obrigatoriamente, faz parte do sistema de produção de uva. Vem sendo constatados teores altos de Cu nos solos de vinhedo e teores altos nas folhas das videiras que recebem tais tratamentos. Até o momento não foram relatados sintomas de toxidez na videira nestas condições, somente ocorrendo problemas quando se replanta vinhedo. Visando evitar futuros danos às videiras, aos solos e à água subterrânea, novas formas de aplicação do produto deverão ser adotadas, como aspersões em baixo volume e em menores concentrações. Calagem e aplicações maciças de matéria orgânica são práticas que podem ser usadas para minimizar o problema. Em alguns casos, suspender ou reduzir as aplicações de produtos à base de Cu, pode ser necessário.

**Palavras-chave:** uva, viticultura, *Vitis*, cobre, Cu, toxidez, solo, tratamento fitossanitário

### COPPER TOXICITY IN VINEYARDS

**ABSTRACT** – The use of copper based phytosanitary products in viticulture is being done for long years. In Rio Grande do Sul the Bordeaux mixture (with 1%  $\text{CuSO}_4$ ) is, always, part of the production system for grapes. High levels of soil and leaf copper are being detected in vineyards where it is used. Up to now, no symptoms of copper toxicity on vines have been reported, except for vineyard replanting. Aiming to avoid future damage to vines, soils and subterranean water, new forms of application of the product should be adopted, like low volume application and with lower concentration. Liming and massive manure applications are practices that might be used to minimize the problem. In some cases, quit or reduce applications of copper based products might be necessary.

**Key words:** grape, viticulture, *Vitis*, copper, Cu, toxicity, soil, phytosanitary applications

## INTRODUÇÃO

A aplicação de fungicidas à base de cobre em viticultura tem mais de cem anos. Na região da Serra Gaúcha sua utilização é parte fundamental dos tratamentos fitossanitários, sob forma de calda bordalesa. O uso sistemático deste produto em altas concentrações e altos volumes de aplicação, repetido por diversas vezes ao ano, pode afetar a composição química dos solos.

## DESENVOLVIMENTO

### Cobre nos solos

O Cu faz parte de algumas rochas que dão origem a solos. Os principais minerais primários que o contêm são o  $\text{CuS}$  e a mica (como impureza). Os teores totais médios de Cu em rochas são, em mg/kg: arenito, 30; basalto, 100; granito, 10. Nos solos varia de 10 a 80 mg/kg fazendo parte da estrutura interna ou adsorvido às superfícies de minerais e compostos orgânicos, e na sua fase líquida (KRAUSKOPF, 1972).

Na solução do solo, apresenta-se na forma de íon divalente  $\text{Cu}^{++}$  e de complexos solúveis. A quase totalidade do Cu nos solos (até 99%) ocorre na forma de com-

plexos orgânicos. Desse modo a atividade microbiana no solo – que resulta em produção de compostos solúveis – favorece sua solubilidade. O íon  $\text{Cu}^{++}$  é adsorvido à superfície de óxidos de Fe e Al e da matéria orgânica, formando ligações de grande estabilidade ditas “complexos de superfície”. Vários fatores afetam a solubilidade deste nos solos. O aumento de pH provoca maior adsorção, diminuindo os teores na solução. Quanto maiores os teores de óxidos e de matéria orgânica, maior a capacidade de adsorver e portanto, menores as quantidades na solução (MALAVOLTA, 1976).

### Absorção pelas plantas

As plantas absorvem o Cu na sua forma iônica bivalente, ou como compostos orgânicos solúveis. Na planta é pouco móvel, porém nas bem supridas há uma translocação das folhas velhas para as novas. Por ser constituinte de várias enzimas é essencial para o metabolismo da planta. Sua deficiência causa diminuição nas reações de oxido-redução das quais faz parte das enzimas, como as oxidases do ácido ascórbico, lactase, oxidase da diamina, oxidase do citocromo, polifenoloxidase e oxidase do ácido indolacético. Acumula-se nos cloroplastos sendo constituinte da plastocianina, essen-

1. Eng. Agr., M.Sc. - Curso Superior de Tecnologia em Viticultura e Enologia, Escola Agrotécnica Federal Presidente Juscelino Kubitschek, Av. Oswaldo Aranha 540, 95700-000 Bento Gonçalves - RS/BRASIL.

Recebido para publicação em 04/10/1996.

cial para a fotossíntese. Plantas deficientes têm uma menor síntese proteica e menor atividade fotossintética (MALAVOLTA, 1976; FERRI, 1985).

#### Toxidez por cobre em videira

O problema de toxidez por Cu agrava-se com o aumento da acidez do solo (BEYERS e TERBLANCHE, 1971). Essa manifesta-se em solos cultivados com videira há muito tempo. Sua assimilação pela planta varia em função do pH, da CTC e do teor de matéria orgânica do solo. Esse problema é mais comum em solos ácidos, aumentando ainda mais onde a CTC for pequena. O Cu pode se combinar com a matéria orgânica formando complexos organo-metálicos que limitam sua assimilabilidade e sua mobilidade no solo. O Cu é fortemente retido nos horizontes superficiais. Os sintomas de toxidez aparecem, em geral, ao se replantar um vinhedo em solo onde tenha sido arrancado um vinhedo velho. O excesso de Cu provoca uma redução no crescimento da planta, atingindo em maior grau o sistema radicular que tem seu desenvolvimento muito reduzido. O Cu se acumula nas raízes e não migra para as partes aéreas, sendo portanto, difícil diagnosticar seu excesso por análise foliar (DELAS, 1984). Os altos teores verificados nas folhas são decorrentes de aplicações de calda bordalesa.

Corrige-se este mal com aplicação de calcário. Em alguns casos, porém, isto não é suficiente, necessitando aplicações maciças de matéria orgânica que formarão compostos húmicos combinados ao Cu, que irão diminuir sua atividade e favorecer sua migração em profundidade no caso de solos arenosos. Nessa situação há o risco de se provocar contaminação do lençol freático. Uma maneira de prevenir-se a contaminação dos solos é suspender ou reduzir as aplicações de produtos a base de Cu (CHAMPAGNOL, 1984; DELAS, 1984).

Manifestações de toxidez por Cu são: clorose nas folhas semelhante à causada por Fe; manchas necróticas e secamento com posterior queda das folhas. Nas plantas intoxicadas os teores de N, Ca e Mg aumentam e o teor de K diminui (MALAVOLTA, 1976).

O teor de Cu no tecido da videira é afetado por vários fatores, dentre os quais a aplicação de fertilizantes e o pH do solo. Doses crescentes de N causam decréscimos no teor foliar de Cu na cv. Sterling (SPIERS e BRASWELL, 1993). Videiras crescendo em solo com pH 4,8 tem um teor de Cu foliar superior às videiras em solo de pH 6,7 (HIMELRICK, 1991).

As características genéticas e o estágio fenológico podem afetar o teor de Cu no tecido. No pecíolo, podem se verificar teores entre 4 e 86 mg/kg do início ao final do ciclo e no limbo entre 3 e 2736 mg/kg (GIL et al., 1973; FREGONI, 1977; FREGONI e BAVARESCO, 1984; MIELE et al., 1991; MARSON, 1992). Essa variação nos teores observados é devida aos teores dife-

rentes nos diversos solos avaliados, às características genéticas das cultivares, aos tratamentos fitossanitários empregados e às partes da videira analisadas.

A faixa nutricional ótima para Cu na folha de videira varia de acordo com a metodologia usada. Está entre 5 e 40 mg/kg na metodologia usada na Itália (FREGONI, 1982) e entre 3 e 20 mg/kg, na folha completa ao início da maturação, na metodologia sul-africana (CONRADIE e TERBLANCHE, 1980). No Rio Grande do Sul, ainda não foi estabelecido um padrão.

Os sintomas de toxidez na folha não se manifestam de forma muito clara, exceto em algumas cvs. como a 'Folha de figo' onde as pulverizações são mesmo desaconselhadas. O excesso de Cu antagoniza o Fe, provocando sintomas de deficiência deste elemento, como necrose foliar, deficiente vingamento floral e conseqüente desavinho, queda de bagos, bem como diminuição da expansão vegetativa e do aparelho radicular da planta (NOGUEIRA e FRÁGUAS, 1984).

As pulverizações com calda bordalesa são responsáveis pelos teores altos de Cu encontrados nos tecidos de videira por diversos pesquisadores (TRUCHOT et al., 1979), sendo maiores nas cultivares que recebem maior número de tratamentos (MIELE, 1987; TONIETTO, 1994). Em vinhedos de 'Cabernet Sauvignon', GIOVANNINI (1995) encontrou teores foliares de Cu variando de 1011 mg/kg a 6869 mg/kg, o que classificou, de acordo com os parâmetros da África do Sul e de Michigan, em teores tóxicos todos os vinhedos. Nestes vinhedos os teores no solo variaram entre 5,3 mg/kg e 596,7 mg/kg de Cu. O pH desses solos variava entre 4,5 e 6,5 e seus teores de argila entre 20% e 33%.

O sulfato de cobre e o enxofre são os únicos fungicidas admitidos nos sistemas de agricultura biológica. No entanto, mesmo esses vem tendo suas aplicações limitadas em alguns países, como Suíça e Alemanha, a no máximo 5 kg/ha/ano. Essa quantidade corresponde a duas aplicações de calda bordalesa em dosagens baixo-médias por ano (MORANDO et al., 1997). O resíduo de Cu nos solos, certamente, é o aspecto mais negativo do emprego prolongado de fungicidas cúpricos, fazendo necessário que se pesquisem novas formas de aplicação, bem como o comportamento desse elemento nos diversos tipos de solo e clima.

RENAN (1994) estudou a possibilidade de contaminação de águas subterrâneas com Cu em vinhedos recebendo calda bordalesa há dez anos, não encontrando teores acima do normal em nenhum dos casos. Entretanto, verificou teores altos nas folhas atingindo desde 753 mg/kg até 9845 mg/kg, diretamente relacionados ao número de aplicações. Nos solos pesquisados encontrou altas concentrações de Cu no horizonte superficial, chegando até 34,2 mg/kg. Nesse caso o extrator utilizado foi DTPA e os teores atingiram tal valor após aplicações repetidas de calda bordalesa.

Concentrações altas de Cu nos solos causam uma redução na população microbiana e na de minhocas, com conseqüente diminuição de disponibilidade de nutrientes às plantas (EDWARDS e BATER, 1992).

### CONCLUSÕES

- 1) A aplicação de calda bordalesa pode determinar teores elevados de Cu nos solos e nos tecidos vegetais.
- 2) Quantidades elevadas de Cu nos solos podem prejudicar culturas futuras assim como contaminar o lençol freático.
- 3) Quando os teores de Cu no solo, atingirem valores considerados tóxicos ao meio ambiente, suspender ou reduzir as aplicações de produtos à base de Cu pode ser necessário.
- 4) Aplicações em baixo volume de calda, uso de cultivares mais resistentes a moléstias, calagem e aplicações maciças de matéria orgânica são práticas que podem ser utilizadas para reduzir os problemas determinados pelo excesso de Cu no solo.

### BIBLIOGRAFIA CITADA

- BEYERS, E.; TERBLANCHE, J.H. Identification and control of trace elements deficiencies. III: Copper deficiency. *The Deciduous Fruit Grower*, Capetown, n. 21, p.199-202, 1971.
- CHAMPAGNOL, F. *Elements de physiologie de la vigne et de viticulture generale*. Montpellier: Déhan, 1984. 351p.
- CONRADIE, W.J.; TERBLANCHE, J.H. Leaf analysis of deciduous fruit trees and grape vines – summer rainfall area. Pretoria: Department of Agricultural Technical Services, 1980. 2 p.
- DELAS, J. Les toxicités metalliques dans les sols acides. *Le Progrès Agricole et Viticole*, Montpellier, v. 101, n. 4, p. 96-101, 1984.
- EDWARDS, C.A.; BATER, J.E. The use of earthworms in environmental management. *Soil Biology and Biochemistry*, Exeter, v. 24, n. 12, p. 1683-1689, 1992.
- FERRI, M.G. *Fisiologia vegetal*. São Paulo: EDUSP, 1985. v. 1.
- FREGONI, M. *Nutrizione e fertilizzazione della vite*. Bologna: Edagricole, 1977. 418 p.
- FREGONI, M. Vademècum sulle carenze e tossicità degli elementi meso e micronutritivi della vite. *Vignevini*, Bologna, v. 9, n. 3, p. 19-25, 1982.
- FREGONI, M.; BAVARESCO, L. Il rame nel terreno e nella nutrizione della vite. *Vignevini*, Bologna, v. 11, n. 5, p. 37-49, 1984.
- GIL, S.; RODRIGUEZ, J.; GONZÁLEZ, S.; SUÁREZ, D.; URZÚA, H. Evolución estacional de nutrientes minerales en las hojas de vid (*Vitis vinifera* L.). *Agricultura Técnica*, Santiago, v. 33, n. 3, p.45-53, 1973.
- GIOVANNINI, E. *Estado nutricional de vinhedos de 'Cabernet Sauvignon' na Serra Gaúcha*. Porto Alegre, UFRGS, 1995. 108 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, UFRGS. 1995.
- HIMELRICK, D.G. Growth and nutritional responses of nine grape cultivars to low pH soil. *Hortscience*, Alexandria, v. 26, n. 3, p. 269-271. 1991.
- KRAUSKOPF, K.B. Geochemistry of micronutrients. MORVEDT, J.J.; GIORDANO, P.M.; LINDSAY, W.L. (Eds) *Micronutrients in agriculture*. Madison: Soil Science Society of America, 1972. p. 7-36.
- MALAVOLTA, E. *Manual de química agrícola*. São Paulo: Ceres, 1976. 528 p.
- MARSON, P. *Concentração e extração de nutrientes em diferentes partes da videira cv. Concord*. Porto Alegre, UFRGS, 199 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, UFRGS. 1992.
- MIELE, A. Teores de manganês e de cobre no mosto de uvas Isabel e Concord. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 22, n. 9/10, p. 897-901, 1987.
- MIELE, A.; VOLKWEISS, S.J.; TONIETTO, J. Estado nutricional de vinhedos de Concord e de Isabel segundo a análise de pecíolo. In: SIMPÓSIO LATINO-AMERICANO DE VITICULTURA E ENOLOGIA, 3.; CONGRESSO BRASILEIRO DE VITICULTURA E ENOLOGIA, 6.; JORNADA LATINO-AMERICANA DE VITICULTURA E ENOLOGIA, 4., Garibaldi/Bento Gonçalves, 1991. *Anais... Bento Gonçalves, EMBRAPA/ABTVE/OIV*, 1991. p. 132 (Resumo).
- MORANDO, A.; MORANDO, P.; BEVIONE, D.; LEMBO, S. Vite e rame. *Vignevini*, Bologna, v. 24, n. 7/8, 1997, p. 53-57.
- NOGUEIRA, D.J.P.; FRÁGUAS, J.C. *Nutrição das videiras. Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, v. 10, n. 117, p. 29-47, 1984.
- RENAN, L. Effect of long-term application of copper on soil and grape copper (*Vitis vinifera*). *Canadian Journal of Soil Science*, Ottawa, v. 74, n. 3, p. 345-347, 1994.
- SPIERS, J.M.; BRASWELL, J.H. Nitrogen rate and source affects leaf elemental concentration and plant growth in muscadine grapes. *Journal of Plant Nutrition*, New York, v. 16, n. 8, p. 1546-1554, 1993.
- TONIETTO, J. Diagnóstico nutricional das videiras Isabel e Concord através da análise foliar. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Cruz das Almas, v. 16, n. 1, p. 185-14, 1994.
- TRUCHOT, R.; SIMON, G.; GRIMAL, P.de.; BESSIL, R. Variations des concentrations de zinc, cuivre et manganèse dans le raisin. *Annales des Falsifications et de l'Expertise Chimique*, Paris, v. 72, n. 771, p. 15-24, 1979.

## ACÇÃO DO HERBICIDA GLYPHOSATE EM FUNÇÃO DA ÁGUA USADA COMO DILUENTE E DA ADIÇÃO DE SULFATO DE AMÔNIO À CALDA DE ASPERSÃO<sup>1</sup>

NILSON G. FLECK<sup>2</sup>, LEANDRO VARGAS<sup>3</sup>, RIBAS A. VIDAL<sup>4</sup>, CRISTIANE A. DA SILVEIRA<sup>5</sup>

**RESUMO** – Prováveis efeitos negativos do pH elevado e de sais presentes na água usada para aspersão sobre a atividade herbicida podem ser superados através da adição de substâncias como ácidos e/ou compostos nitrogenados. O objetivo desse trabalho foi avaliar o efeito de águas com diferentes origens e o da adição de sulfato de amônio na atividade do herbicida glyphosate. Os tratamentos foram as doses de 90 a 180 g/ha e. a. de glyphosate, com e sem sulfato de amônio (1,25% p/v), diluídas nas águas minerais Fonte Azul, Fonte Ijuí, Fonte Sarandi e água destilada, aplicados sobre a aveia-preta. Acrescentou-se ainda um tratamento testemunha sem aplicação herbicida. A fitotoxicidade foi avaliada aos 5, 11 e 19 dias pós aplicações. Como resultados, constatou-se nas três avaliações que a dose de 180 g/ha de glyphosate causou maior fitotoxicidade do que a de 90 g/ha, o que se repetiu para matéria seca. Também duas das avaliações indicaram que adição de sulfato de amônio à calda aumentou a ação do herbicida. Apenas na última avaliação, a água Fonte Sarandi originou maior atividade de glyphosate sobre aveia-preta do que as águas Fonte Azul e destilada. Fica demonstrado que a atividade herbicida de glyphosate não é grandemente afetada pelo tipo de diluente empregado, mas que a adição de sulfato de amônio aumenta sua fitotoxicidade.

*Palavras-chave:* Adjuvantes, água mineral, sais, aveia forrageira.

### HERBICIDE ACTION OF GLYPHOSATE AS A FUNCTION OF WATER USED AS DILUENT AND OF AMMONIUM SULPHATE ADDED TO SPRAY SOLUTION

**ABSTRACT** – Probable negative effects of high pH and of salts present in spray solution on herbicide activity may be overcome through addition of substances such as acids and/or nitrogenous compounds. The objective of this research was to evaluate the effect of waters from different origins, and of addition of ammonium sulphate, on herbicide action of glyphosate. Treatments consisted of glyphosate rates of 90 and 180 g/ha a. e., with and without ammonium sulphate (1.25% p/v), that were diluted in mineral waters Fonte Azul, Fonte Ijuí, Fonte Sarandi, and distilled water, and applied over oat plants. Phytotoxicity was evaluated at 5, 11, and 19 days after applications. As results, it was observed for the three evaluations that glyphosate rate of 180 g/ha caused higher toxicity than did 90 g/ha, what was repeated for oat dry matter. Also, two evaluations indicated that addition of ammonium sulphate to spray solution increased herbicide activity. Only at the latest evaluation Fonte Sarandi water originated higher glyphosate action on oats than Fonte Azul and distilled waters. It is demonstrated that herbicide activity of glyphosate is not greatly affected by the type of diluent employed, but that addition of ammonium sulphate increases its phytotoxicity.

*Key words:* adjuvants, mineral water, salts, *Avena strigosa*.

### INTRODUÇÃO

Considerando que as plantas daninhas representam um fator importante que afeta a produção agrícola, é necessário que se utilizem sistemas de manejo dessas espécies eficientes, econômicos e seguros ao ambiente para se manter uma agricultura sustentável. A indústria química conseguiu desenvolver produtos modernos, com características avançadas, e que permitem, na prática, o prosseguimento da filosofia do sistema de plantio direto, ou seja, a possibilidade de semear culturas num solo praticamente não revolvido por operação de cultivo mecânico.

As moléculas herbicidas possuem características químicas que lhes conferem capacidade de reação com íons presentes na água de aspersão, os quais podem imobilizar essas moléculas, reduzindo sua atividade nas plantas. Por outro lado, adjuvantes são substâncias adicionadas à calda herbicida com a finalidade de otimizar suas características. A adição de adjuvantes à calda herbicida, visando melhorar suas características químicas, é prática comum na agricultura moderna. Em geral, a adição de adjuvantes aumenta a absorção foliar dos herbicidas (WANAMARTA e PENNER, 1989). As substâncias que atuam como adjuvantes são as mais variadas e, entre elas, incluem-se os adubos nitrogenados.

1. Trabalho realizado com apoio financeiro da FAPERGS.

2. Eng. Agr., Ph. D. – Prof. Aposentado do Departamento de Plantas de Lavoura, Faculdade de Agronomia da UFRGS, Caixa Postal 776, 91501-970 Porto Alegre – RS/BRASIL. Bolsista do CNPq.

3. Eng. Agr., M. Sc. – Bolsista Recém-Mestre da FAPERGS, Faculdade de Agronomia da UFRGS.

4. Eng. Agr., Ph. D. – Prof. Adjunto do Departamento de Plantas de Lavoura, Faculdade de Agronomia da UFRGS.

5. Acadêmica da Faculdade de Agronomia, Bolsista de iniciação científica do CNPq.

Recebido para publicação em 09/10/1996.

O efeito negativo do pH elevado (alcalino) e de sais presentes na calda pode ser superado através da adição de determinadas substâncias como ácidos e/ou substâncias nitrogenadas. O exato mecanismo pelo qual isso ocorre, ou qual a quantidade a ser utilizada, ainda não são totalmente conhecidos. No entanto, a utilização dessas substâncias, geralmente aumenta a eficiência dos herbicidas e pode proporcionar redução na dose utilizada.

Já se constatou que o sulfato de amônio aumenta o controle de plantas daninhas propiciado pelo glyphosate (NALEWAJA e MATYSIAK, 1991). O sulfato de amônio é referido em aumentar a toxicidade do glyphosate por neutralizar o antagonismo decorrente de sódio e de cálcio (NALEWAJA e MATYSIAK, 1992b). De outro modo, o antagonismo do bicarbonato de sódio ao herbicida sethoxydim também foi superado através da adição de nitrato de amônio à solução (NALEWAJA et al., 1989). Da mesma forma, o sulfato de amônio aumentou a absorção e a translocação de sethoxydim (SMITH e VANDEN BORN, 1992). Foi constatado ainda que sais de amônio apresentam sinergismo em mistura ao sethoxydim (NALEWAJA et al., 1994). O sulfato de amônio incrementou a absorção de imazetapyr e seu efeito aumentou ainda mais quando o herbicida foi aplicado em baixas doses (GRONWALD et al., 1993). O amônio compete com o cálcio e impede que esse se complexa com a molécula de glyphosate e a imobilize (THELEN et al., 1995). A adição de sulfato de amônio na calda previne o antagonismo ocasionado ao glyphosate pelos íons presentes na água, evitando a formação de sais de cálcio e de magnésio de glyphosate, os quais são pouco absorvidos pelas plantas (PENNER, 1989). O efeito do sulfato de amônio foi demonstrado ser superior ao do nitrato de amônio (GRONWALD et al., 1993).

O sulfato de amônio parece aumentar a fitotoxicidade do glyphosate mesmo quando o veículo usado é água destilada (NALEWAJA e MATYSIAK, 1993b). Ele atua sobre a cutícula e a membrana celular (TUCKER et al., 1994), também estimula as ATPases na membrana plasmática, as quais são responsáveis pelo bombeamento de prótons do interior para o exterior da célula (GRONWALD et al., 1993). Combinações de glyphosate com nitrogênio líquido também aumentaram o controle de plantas de centeio. Já em espécies perenes, adubos nitrogenados apenas aumentaram inicialmente o dano causado, mas elas se recuperaram completamente após 6 semanas (SALISBURY et al., 1991).

Deste modo, a eficiência do glyphosate geralmente é aumentada pela adição de surfactantes e outros adjuvantes à solução de aspersão. Em particular, é fornecida indicação na literatura de que pode ser

esperado aumento no desempenho do herbicida quando em combinação com sulfato de amônio. As referências mostram que doses situadas geralmente na faixa de 2,5 a 3 kg/ha de sulfato de amônio melhoraram o controle das diversas espécies testadas (CONN e DECK, 1991; DONALD, 1988, SALISBURY et al., 1991). O antagonismo ao glyphosate, decorrente dos íons contidos na água usada como diluente, tem sido superado com adição de sulfato de amônio a 2% p/v na calda herbicida (GRONWALD et al., 1993).

Estas informações sugerem que baixas doses de glyphosate podem prover níveis aceitáveis de controle, desde que o sulfato de amônio esteja incluído como adjuvante na calda de aspersão (SALISBURY et al., 1991). O objetivo deste trabalho foi avaliar em águas de diferentes origens o efeito da adição de sulfato de amônio sobre a ação fitotóxica do glyphosate em aveia-preta.

## MATERIAL E MÉTODOS

Um experimento foi realizado em vasos, em telado, junto ao Departamento de Plantas de Lavoura da Faculdade de Agronomia da UFRGS, no município de Porto Alegre, RS. O delineamento experimental utilizado foi completamente casualizado, com os tratamentos arranjados em esquema fatorial (quatro águas x duas doses herbicidas x com e sem sulfato de amônio = 16 tratamentos) com três repetições. Foram estudadas duas doses de glyphosate (90 e 180 g/ha e. a.) aplicadas com três águas minerais, Fonte Azul (pH 9,4), Fonte Ijuí (pH 9,4) e Fonte Sarandi (pH 9,8), adquiridas no mercado, mais água destilada (água padrão, pH 5,3). Cada um desses tratamentos foi aspergido com e sem sulfato de amônio (2,5 kg/ha). Os tratamentos herbicidas estão listados na Tabela 1. A ordem de adição dos elementos em cada tipo de água foi em primeiro lugar o sulfato de amônio, objetivando a imobilização de possíveis sais antagonísticos à ação do glyphosate, e posteriormente adicionou-se o herbicida. As concentrações herbicidas na calda corresponderam a 0,125 e 0,25% v/v (90 e 180 g/ha e. a. de glyphosate). A aveia-preta "Comum RS" (*Avena strigosa* Schreb.) foi a espécie utilizada como reagente.

A semeadura da aveia foi realizada em 10/07/95, utilizando-se vasos com capacidade para 1000 ml, contendo solo adubado conforme recomendação de análise. Após a emergência das plantas, ocorrida em 20/07/95, foi procedido um desbaste, mantendo-se cinco plantas por vaso. Os tratamentos herbicidas foram aplicados em 24/08/95, quando a maioria das plantas encontrava-se no estágio de um a três filhos. Para tal, foi utilizado aspersor costal de precisão,

**TABELA 1 – Tratamentos testados para controle de plantas de aveia-preta (*Avena strigosa*), Faculdade de Agronomia da UFRGS, Porto Alegre, RS, 1995**

Águas utilizadas para aspersão <sup>1</sup>	Doses do herbicida Glyphosate		Sulfato de amônio adicionado (1,25 % p/v) <sup>2</sup>
	(g/ha e. a.)	(l/ha p. c.)	
Destilada	90	0,25	sim
Destilada	90	0,25	não
Destilada	180	0,50	sim
Destilada	180	0,50	não
Fonte Azul	90	0,25	sim
Fonte Azul	90	0,25	não
Fonte Azul	180	0,50	sim
Fonte Azul	180	0,50	não
Fonte Ijuí	90	0,25	sim
Fonte Ijuí	90	0,25	não
Fonte Ijuí	180	0,50	sim
Fonte Ijuí	180	0,50	não
Fonte Sarandi	90	0,25	sim
Fonte Sarandi	90	0,25	não
Fonte Sarandi	180	0,50	sim
Fonte Sarandi	180	0,50	não

<sup>1</sup> As águas minerais usadas foram aquelas comumente encontradas no mercado.

<sup>2</sup> Corresponde a 2,5 kg/ha.

mantendo-se pressão constante durante a aplicação, fixada em 140 kPa. O gás pressurizador utilizado foi nitrogênio. O aspersor esteve munido de bicos propiciando jato leque, da série 110.03, que proporcionaram volume de calda de 200 l/ha.

As avaliações dos efeitos herbicidas foram realizadas aos 5, 11 e 19 dias após a aspersão dos tratamentos (DAT) (Tabela 2). A avaliação de danos foi realizada visualmente, utilizando-se escala percentual, onde nota zero significou nenhum efeito aparente de dano à aveia, e nota cem representou morte completa das plantas. Tais avaliações foram realizadas por dois avaliadores de forma independente. Posteriormente, as notas foram somadas e calculadas as médias, com os dados previamente transformados para  $\sqrt{x+1}$ , realizou-se à análise de variância. Constatada significância estatística, comparou-se as médias pelo teste de Duncan ao nível de 5% de probabilidade. Aos 21 DAT foi realizado a colheita das plantas para determinação da matéria seca da parte aérea (Tabela 2). Para isso, realizou-se o corte das plantas rente ao solo, as quais foram colocadas em estufa para secar, a aproximadamente 60°C, até atin-

gir peso constante, quando foi procedida a pesagem do material. Essa variável também foi analisada estatisticamente de modo similar ao descrito anteriormente.

## RESULTADO E DISCUSSÃO

A análise de variância não detectou interações significativas, houve diferenças somente dentro de cada fator, ou seja efeito simples. Na avaliação de fitotoxicidade, realizada aos 5 DAT (Tabela 2), a análise estatística também não detectou diferenças entre as águas. Contudo, houve diferenças para doses herbicidas, onde a de 180 g/ha de glyphosate proporcionou fitotoxicidade superior à de 90 g/ha, e também entre presença e ausência de sulfato de amônio, sendo que o uso do aditivo proporcionou aumento na atividade herbicida. Já na avaliação procedida aos 11 DAT, também não ocorreu diferenças entre as águas, e nem para adição de sulfato de amônio. Contudo, ocorreu diferença entre doses herbicidas, onde 180 g/ha de glyphosate mostrou-se novamente superior à 90 g/ha.

**TABELA 2 – Avaliações dos efeitos de doses do herbicida glyphosate, de águas utilizadas como veículo de aspersão e de sulfato de amônio adicionado à calda, no controle de aveia-preta, Faculdade de Agronomia da UFRGS, Porto Alegre, RS, 1995**

Fatores e tratamentos	pH da água	Fitotoxicidade (%) <sup>1</sup>			Matéria seca da parte aérea (mg/planta)	
		5 DAT <sup>2</sup>	11 DAT	19DAT	21 DAT	
<b>Tipos de água</b>						
Fonte Azul	9,4	22 a <sup>3</sup>	42 a	52 b	510 a	
Fonte Ijuí	9,4	22 a	42 a	57 ab	409 a	
Fonte Sarandi	9,8	29 a	49 a	60 a	453 a	
Destilada	5,3	25 a	43 a	45 c	524 a	
<b>Doses herbicidas</b>						
90 g/ha e. a. (0,251/ha)	–	17 b	31 b	24 b	656 a	
180 g/ha e. a. (0,50 l/ha)	–	31 a	58 a	83 a	29 b	
<b>Sulfato de amônio (2,5 kg/ha)</b>						
Sem adição	–	21 b	45 a	50 b	467 a	
Com adição	–	28 a	43 a	56 a	480 a	
CV(%)	–	3	5	2	17	

<sup>1</sup> Dados transformados para  $\sqrt{x+1}$ .

<sup>2</sup> Dias após aspersão dos tratamentos.

<sup>3</sup> Médias seguidas da mesma letra, comparadas nas colunas, não diferem estatisticamente pelo teste de Duncan ao nível de 5% de probabilidade.

A última avaliação de fitotoxicidade ocorreu aos 19 DAT, quando se detectou tanto diferenças entre as águas, como para adição de sulfato de amônio e doses de herbicida. A água Fonte Sarandi foi a que mais incrementou a atividade do glyphosate, diferindo das demais, exceto da Fonte Ijuí. Já a água Fonte Azul apresentou posição intermediária, sem diferir também da água Fonte Ijuí; contudo, mostrando ação mais intensa do que água destilada. Por outro lado, a água destilada foi a que originou menor nível de controle de aveia-preta, resultado não esperado, pois teoricamente a água destilada teria menor teor de sais capazes de inibir a atividade do glyphosate e desse modo a fitotoxicidade deveria ser superior às demais. Com relação às doses herbicidas, novamente a de 180 g/ha de glyphosate proporcionou fitotoxicidade superior à de 90 g/ha. A adição de sulfato de amônio, igualmente aumentou a ação do herbicida.

Nas avaliações de matéria seca (mg/planta) não ocorreram diferenças nem entre as águas e nem para uso de sulfato de amônio. No entanto, constatou-se diferença entre as doses do herbicida, onde a maior delas provocou maior redução da matéria seca das plantas.

Esses resultados demonstram que as águas diluentes tiveram reduzida influência sobre a atividade

do herbicida. Somente aos 19 DAT verificou-se que os tratamentos que utilizaram águas minerais como diluentes apresentaram fitotoxicidade superior àquela de água destilada. Isso indica, ou que as águas minerais aumentaram a atividade do glyphosate, ou que a água destilada reduziu ou que ambos os efeitos tenham ocorrido simultaneamente. Também foi constatado nesta avaliação que o tratamento com a água Fonte Sarandi proporcionou fitotoxicidade superior ao com água Fonte Azul, evidenciando que a água Fonte Sarandi deve possuir algum elemento que proporcionou aumento da fitotoxicidade.

Algumas pesquisas têm demonstrado aumento da fitotoxicidade herbicida pela presença de cátions monovalentes (sódio, potássio e amônio) nas soluções; enquanto, por outro lado, tem ocorrido redução de atividade pela presença de sais de cátions divalentes e trivalentes (zinco, ferro e alumínio) (SANDBERG et al., 1978; STAHLMAN e PHILLIPS, 1979; WILLS e MCWHORTER, 1985). Com relação à presença de cálcio, os resultados são bastante contraditórios, referindo-se aumento, diminuição ou manutenção da fitotoxicidade do glyphosate (SANDBERG et al., 1978; STAHLMAN e PHILLIPS, 1979; WILLS e MCWHORTER, 1985). Isso demonstra que o efeito de

certos fons pode ser positivo ou negativo, sugerindo que ao menos um dos elementos presentes nestas águas poderia estar potencializando ou inibindo a atividade do glyphosate. No entanto, a avaliação de matéria seca (21 DAT) não confirmou os resultados obtidos na última avaliação de fitotoxicidade (19 DAT). Com isso, a maior fitotoxicidade observada aos 19 DAT aparentemente não é relevante já que vem consolidar apenas em parte diferenças entre as águas, que não foram constatadas nas demais avaliações. Ou que o espaço de dois dias, entre a última avaliação de fitotoxicidade e o levantamento de matéria seca, não foram suficientes para salientar o efeito fitotóxico, sobre peso seco, já que neste período foram pesadas partes vivas e mortas, juntas no mesmo material, o que confunde bastante, permitindo conclusões utilizando apenas os números af gerados. Todos os tratamentos com águas minerais foram superiores numericamente ao obtido pela água destilada, chegando a água Fonte Ijuí alcançar 21,9% (409 mg/planta) a menos que o obtido pela água destilada (524 mg/planta).

Outro fator importante que pode estar afetando o comportamento herbicida relaciona-se às características da planta reagente. As plantas possuem diferentes características químicas nas folhas, como pH e composição das ceras epicuticular e da cutícula. Existem diferenças entre as espécies na composição da cutícula que conferem maior ou menor capacidade de retenção e absorção de herbicida (NALEWAJA et al., 1992). O pH da solução mostra influência sobre a cutícula e a ionização das moléculas (WANAMARTA e PENNER, 1989). Com isso, o incremento da fitotoxicidade do glyphosate pelo sulfato de amônio, por exemplo, pode diferir, dependendo da espécie daninha a ser controlada. Assim, esse adjuvante eliminou o antagonismo do cálcio à toxicidade do herbicida para trigo e girassol, mas neutralizou apenas parcialmente tal efeito para *Kochia scoparia* e soja (NALEWAJA e MATYSIAK, 1992a). Esses fatores, aliados às características do diluente, do herbicida e do ambiente podem originar situações singulares.

Com relação à dose herbicida, ficou evidenciado que 90 g/ha de glyphosate foi insuficiente para controlar com eficiência plantas de aveia-preta, provocando apenas 24% de fitotoxicidade na última avaliação (Tabela 2). Já a dose de 180 g/ha foi suficiente para proporcionar um controle eficaz (83% de fitotoxicidade). Pode-se observar que, mesmo na menor dose, não ocorreu interação significativa desse fator e da água utilizada como diluente, pois seria de esperar maior efeito negativo das águas minerais com a menor dose. Esse efeito relaciona-se com a concentração herbicida na calda. Quanto maior o volume de calda, maior a proporção de fons de sais para cada molécula do herbicida; com isso, a probabilidade de associação da molécula herbicida com

os fons é aumentada. SANDBERG et al. (1978) avaliaram diferentes volumes de calda, constatando menor fitotoxicidade do glyphosate nos maiores volumes de diluente. Tal efeito pode ser superado pelo aumento da concentração herbicida e/ou através da redução do volume do diluente.

A adição do sulfato de amônio aumentou a atividade do glyphosate; porém, ocorreu diferença estatística somente nas avaliações visuais de fitotoxicidade, sendo que, na produção de matéria seca não se constataram diferenças entre o uso ou não de sulfato de amônio (Tabela 2). Isso demonstra que adição do sulfato de amônio incrementou a fitotoxicidade do glyphosate sobre a aveia-preta, porém esse fator não chegou a afetar de forma significativa a produção de matéria seca das plantas. Na literatura há indicação de que adição de 3,3 kg/ha de sulfato de amônio afeta levemente a fitotoxicidade do glyphosate e que doses acima de 9,7 kg/ha reduziram a atividade do herbicida (SALISBURY et al., 1991). Também são encontrados resultados de que os adjuvantes contendo sais de amônio, além de prevenirem a formação de complexos herbicidas no veículo de aspersão, podem aumentar diretamente a fitotoxicidade herbicida pela formação de compostos mais eficientes do que a formulação herbicida original (NALEWAJA e MATYSIAK, 1993a). Cátions monovalentes, tais como amônio, aumentam a absorção e a translocação do glyphosate e, em consequência, sua toxicidade herbicida. De outro modo, os depósitos folhares originados da aspersão do glyphosate aplicado com sulfato de amônio podem conter cristais diferenciados que se relacionam com o aumento da toxicidade do herbicida (NALEWAJA et al., 1992). No caso presente, não ocorreu interação significativa entre a menor dose e a adição de sulfato de amônio, fato que seria esperado caso existisse algum efeito negativo a ser superado.

## CONCLUSÕES

– A atividade do herbicida glyphosate, mesmo em dose reduzida, não é grandemente afetada pelo tipo de diluente empregado, mesmo quando se utilizam águas minerais como veículo.

– A adição de sulfato de amônio aumenta somente a fitotoxicidade do herbicida, porém não chega a afetar a produção de matéria seca das plantas tratadas.

– A dose de 180 g/ha de glyphosate é suficiente para controlar com eficiência aveia-preta no estágio de um a três afilhos, enquanto 90 g/ha mostram-se insuficientes para alcançar tal finalidade.

## BIBLIOGRAFIA CITADA

CONN, J. S.; DECK, R. E. Bluejoint reedgrass (*Calamagrostis canadensis*) control with glyphosate and

- additives. *Weed Technology*, Champaign, v. 5, n. 3, p. 521-524, 1991.
- DONALD, W. W. Established foxtail barley, *Hordeum jubatum*, control with glyphosate plus ammonium sulfate. *Weed Technology*, Champaign, v. 2, n. 3, p. 364-368, 1998.
- GRONWALD, J. W.; JOURDAN, S. W.; WYSE, D. L.; SOMERS, D. A.; MAGNUSSON, M. U. Effect of ammonium sulfate on absorption of imazethapyr by quackgrass (*Elytrigia repens*) and maize (*Zea mays*) cell suspension cultures. *Weed science*, Champaign, v. 41, n. 3, p. 325-334, 1993.
- NALEWAJA, J. D.; MANTHEY, F. A.; SZELEZNIAK, E. F.; ANYSKA, Z. Sodium bicarbonate antagonism of sethoxydim. *Weed Technology*, Champaign, v. 3, n. 4, p. 654-658, 1989.
- NALEWAJA, J. D.; MATYSIAK, R. Salt antagonism of glyphosate. *Weed Science*, Champaign, v. 39, n. 4, p. 622-628, 1991.
- NALEWAJA, J. D.; MATYSIAK, R. 2, 4-D and salt combinations affect glyphosate phytotoxicity. *Weed Technology*, Champaign, v. 6, n. 2, p. 322-327, 1992, a.
- NALEWAJA, J. D.; MATYSIAK, R. Species differ in response to adjuvants with glyphosate. *Weed Technology*, Champaign, v. 6, n. 3, p. 561-566, 1992, b.
- NALEWAJA, J. D.; MATYSIAK, R. Spray carrier salts affect herbicide toxicity to Kochia (*Kochia scoparia*). *Weed Technology*, Champaign, v. 7, n. 1, p. 154-158, 1993, a.
- NALEWAJA, J. D.; MATYSIAK, R. Optimizing adjuvants to overcome glyphosate antagonistic salts. *Weed Technology*, Champaign, v. 7, n. 2, p. 337-342, 1993, b.
- NALEWAJA, J. D.; MATYSIAK, R.; FREEMAN, T. P., Spray droplet residual of glyphosate in various carriers. *Weed Science*, Champaign, v. 40, n. 4, p. 576-589, 1992.
- NALEWAJA, J. D.; MATYSIAK, R.; SZELEZNIAK, E. F. Sethoxydim response to spray carrier chemical properties and environment. *Weed Technology*, Champaign, v. 8, n. 3, p. 591-597, 1994.
- PENNER, D. The impact of adjuvants on herbicide antagonism. *Weed Technology*, Champaign, v. 3, n. 2, p. 227-231, 1989.
- SALISBURY, C. D.; CHANDLER, J. M.; MERKLE, M. G. Ammonium sulfate enhancement of glyphosate and SC-0224 control of Johnsongrass (*Sorghum halepense*). *Weed Technology*, Champaign, v. 5, n. 1, p. 18-21, 1991.
- SANDBERG, C. L.; MEGGITT, W. F.; PENNER, D. Effect on diluent volume and calcium on glyphosate phytotoxicity. *Weed Science*, Champaign, v. 26, n. 5, p. 476-479, 1978.
- SMITH, A. M.; VANDEN BORN, W. H. Ammonium sulfate increases efficacy of sethoxydim through increased absorption and translocation. *Weed Science*, Champaign, v. 40, n. 3, p. 351-358, 1992.
- STAHLMAN, P. W.; PHILLIPS, W. M. Effects of water quality and spray volume on glyphosate phytotoxicity. *Weed Science*, Champaign, v. 27, n. 1, p. 38-41, 1979.
- THELEN, K. D.; JACKSON, E. P.; PENNER, D. The basis for hard-water antagonism of glyphosate activity. *Weed Science*, Champaign, v. 43, n. 4, p. 541-548, 1995.
- TUCKER, T. A.; LANGELAND, K. A.; CORBIN, F. T. Absorption and translocation of <sup>14</sup>C-imazapyr and <sup>14</sup>C-glyphosate in alligatorweed *Alternanthera philoxeroides*. *Weed Technology*, Champaign, v. 8, n. 1, p. 32-36, 1994.
- WANAMARTA, G.; PENNER, D. Foliar absorption of herbicides. *Review Weed Science*, Champaign, v. 4, p. 215-232, 1989.
- WILLS, G. D.; McWHORTER, C. G. Effect of inorganic salts on the toxicity and translocation of glyphosate and MSMA in purple nutsedge (*Cyperus rotundus*). *Weed Science*, Champaign, v. 33, n. 6, p. 755-761, 1985.

## INTERFERÊNCIA DE PAPUÃ (*Brachiaria plantaginea* (Linck) Hitchc.) E DE ESPÉCIES DANINHAS DICOTILEDÔNEAS EM SOJA<sup>1</sup>

MARCOS M. DA CUNHA<sup>2</sup>, NILSON G. FLECK<sup>3</sup>, LEANDRO VARGAS<sup>2</sup>

**RESUMO** – Foi realizado um experimento a campo, em Eldorado do Sul, RS, no ano agrícola de 1994/95 para avaliar a influência de classes de espécies daninhas (poaceas e dicotiledôneas) na redução do rendimento de soja, em função do método e da época de controle. O preparo do solo e a semeadura foram realizados do modo convencional. O delineamento experimental foi de blocos casualizados, em que os tratamentos foram uma testemunha infestada, e outra onde as plantas de soja foram arrancadas aos 14 dias após a emergência (DAE) e a poacea infestante (papuã, *Brachiaria plantaginea*) controlada quimicamente. Os demais tratamentos foram de controle químico do papuã ou do controle geral das invasoras, feitos química ou mecanicamente, realizados aos 14, 21 e 28 DAE. Foram avaliadas a cobertura do solo e a matéria seca produzida por plantas daninhas e de soja em duas épocas. Os maiores valores de cobertura do solo e de produção de matéria seca de plantas daninhas foram obtidos para as espécies dicotiledôneas, no tratamento onde as plantas de soja e de papuã foram eliminadas. Com o passar do tempo, as plantas daninhas mostraram redução na cobertura do solo, enquanto que a produção de matéria seca aumentou. Todos os tratamentos de controle de ervas superaram a testemunha infestada em rendimento de grãos, sem diferirem entre si. O controle de plantas daninhas aplicado entre a 2ª e a 4ª semanas após a emergência da soja não reduz o rendimento de grãos. O papuã foi o principal responsável pela redução do rendimento. A presença de espécies dicotiledôneas é diminuída pela presença de papuã, que provoca o desaparecimento de algumas delas.

**Palavras-chave:** Controle mecânico, controle químico, competição biológica.

## INTERFERENCE OF ALEXANDERGRASS (*Brachiaria plantaginea* (Linck) Hitchc.) AND OF SOME BROADLEAF WEEDS IN SOYBEAN

**ABSTRACT** – A field experiment was carried out in Eldorado do Sul, RS, during the 1994/95 growing season, in order to evaluate the influence of weed classes (grasses and broadleaves) in reducing soybean yield, as a function of time of their control. Soil preparation and soybean seeding were performed in the conventional way. The experimental design was randomized blocks; where check treatments consisted of one weedy check and another in which soybean plants were pulled out 14 days after emergence (DAE) and Alexandergrass (*Brachiaria plantaginea*) was chemically controlled. Additional treatments consisted of chemical control of Alexandergrass alone or of general control of weeds, performed chemical or mechanically at 14, 21, or 28 DAE. Soil covering by weeds and dry matter produced were evaluated two times. The highest values of soil covering and of weed dry matter production were obtained where soybean and Alexandergrass were eliminated. As time progressed, weeds showed reduction in soil covering; nevertheless, dry matter production increased. All treatments that included weed control overcame the weedy check in grain yield; however, they did not differ among them. Results show that weed control applied between second and fourth week after soybean emergency preserve crop yield, that Alexandergrass is the main responsible by yield decrease, and, also that the presence of broadleaf weeds is reduced by Alexandergrass occurrence, causing disappearance of some species.

**Key words:** Mechanical control, chemical control, biological competition.

## INTRODUÇÃO

Dentre os fatores que reduzem o rendimento de grãos na cultura da soja, incluem-se as plantas daninhas. Essa interferência para ser eliminada, requer práticas sistemáticas de controle (COBLE, 1989). Tais medidas tem-se utilizado de herbicidas cada vez mais eficientes e específicos. Porém, a utilização continuada desse

método tem levado os agricultores a desconsiderar casos da real necessidade de sua aplicação. Dessa maneira, perderam-se referenciais importantes, como época crítica de competição, presença e densidade de determinadas espécies ou de grupos de espécies que pouco interferem com a cultura. A aplicação de produtos herbicidas em grande número de situações torna-se até desnecessária.

1. Parte da dissertação do primeiro autor, apresentada como requisito para a obtenção do título de Mestre em Fitotecnia junto ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia da UFRGS, Porto Alegre, RS.

2. Eng. Agr. – Aluno do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Faculdade de Agronomia, UFRGS, Porto Alegre, RS/BRASIL.

3. Eng. Agr., Ph.D. – Pesquisador Associado, Departamento de Plantas de Lavoura, Faculdade de Agronomia, UFRGS, Caixa Postal 776, 91501-970 Porto Alegre – RS/BRASIL. Bolsista do CNPq.

Recebido para publicação em 06/01/1997.

Assim como as espécies daninhas demonstram diferenças na sua capacidade de interferir, também sua densidade influencia no potencial que afeta o rendimento de grãos de soja. Experimentos envolvendo densidades de plantas daninhas tem sido citados em grande quantidade na literatura (ZIMDAHL, 1980).

Conforme KARAN (1993), a espécie daninha papuã (*Brachiaria plantaginea*) somente reduz significativamente o rendimento de grãos de soja quando presente em densidades superiores a cinco plantas/m<sup>2</sup>. Com o mesmo objetivo, FLECK (1995), avaliou a relação do rendimento de grãos de soja à infestação de *Brachiaria plantaginea*. Os resultados mostraram um relacionamento linear negativo. Para uma população de 70 plantas/m<sup>2</sup>, a redução do rendimento de grãos de soja já foi de 40 %, acima dessa densidade, a perda adicional de produtividade foi da ordem de 4,8 % para cada incremento de 100 plantas/m<sup>2</sup> da erva até o limite estudado de 780 plantas/m<sup>2</sup>.

No sul do Brasil, como constatado por FLECK e CANDEMIL (1995), as espécies daninhas poaceas apresentam maior capacidade de ocasionar dano do que as dicotiledôneas, provocando assim maior redução no rendimento de grãos. As plantas daninhas, além de competir com a cultura competem também entre si. Nesse sentido, MARTINS (1994), constatou o desaparecimento de *Bidens pilosa* L. e de *Raphanus raphanistrum* L. quando em convivência com a cultura de soja e com uma comunidade infestante dominada por papuã (*Brachiaria plantaginea*).

Também outros parâmetros, além da densidade, tem sido usados na determinação do relacionamento entre as plantas daninhas e de soja. Resultados obtidos por SIMS e OLIVER (1990) mostram que as interferências mútuas de *Sorghum halepense*, *Senna obtusifolia* e soja foram bem correlacionadas quando avaliadas a matéria seca, o índice de área foliar e o rendimento de grãos de soja. De modo semelhante, OLIVER et al. (1976) observaram que parâmetros como índice de área foliar, produção de matéria seca e taxa de crescimento da cultura estiveram bem correlacionados e foram similares na determinação da redução do rendimento. Analisando o processo de tomada de decisão para controle ou não de plantas daninhas, SPADOTTO et al. (1992) mostraram, através de análise de regressão, uma relação negativa altamente significativa entre acúmulo total de matéria seca e rendimento de grãos de soja.

Outro aspecto importante a destacar nas relações entre plantas daninhas e cultivadas refere-se ao período do ciclo dessas últimas em que ocorre a competição. O conhecimento desse período irá determinar a época mais conveniente para execução das práticas de controle. Experimentos tem sido realizados pro-

curando definir o período crítico de competição. No caso do Brasil, o primeiro trabalho com a cultura da soja foi relatado por BLANCO et al. (1973), que situou o intervalo de 45 dias (cerca de 6 semanas) após a emergência, como o período em que a cultura deveria ser mantida livre de competição. Por outro lado, CHEMALE e FLECK (1982), investigando a competição de *Euphorbia heterophylla* com três cultivares de soja em dois períodos de ocorrência (45 e 115 dias após a emergência da soja), constataram interação entre densidades da erva e períodos de competição. Na convivência entre essas espécies apenas durante a fase vegetativa (45 dias), houve uma redução do rendimento de soja somente sob a infestação máxima da espécie daninha de 54 plantas/m<sup>2</sup>. Num estudo sobre interferência, VAN ACKER et al. (1993) procuraram estabelecer o período crítico de competição relacionando as perdas percentuais que ocorreram entre os estádios de crescimento e o número de dias após a emergência da soja. Com base nesses resultados, os autores sugerem que a eliminação de plantas daninhas não controladas ou que escaparam às medidas de controle devam ser feitas até o estágio R<sub>1</sub>, ou aproximadamente 30 dias após a emergência. Para as condições do sul do Brasil, esse estágio (R<sub>1</sub>) ocorre em torno dos 35 dias após a emergência das plantas de soja (COSTA, 1982).

Por fim, pode-se acrescentar que a interferência de plantas daninhas na cultura de soja é uma função contínua do período de tempo em que cultura e espécies daninhas convivem (WAX e STOLLER, 1984). Assim, podem ser determinados níveis de convivência, entre plantas daninhas e cultivadas (OLIVER, 1988). Conforme enfatiza ZOSCHKE (1994), a supressão da vegetação indesejável deve ocorrer em determinados períodos e em níveis suficientes, porém, sem afetar negativamente a produtividade da cultura. Desse modo, o controle das espécies daninhas deve delimitar-se entre o máximo necessário e o mínimo possível.

Há, portanto, dois pontos distintos a determinar. O primeiro é o limite competitivo, determinado a campo através de pesquisa, avaliando-se as espécies daninhas infestantes e a duração do período competitivo, estabelecendo-se o nível de competição ou a duração da interferência, acima da qual o rendimento de grãos é reduzido significativamente. O segundo ponto é o econômico, determinado pelas perdas de rendimento que excedem o custo do controle (OLIVER, 1988).

Esse trabalho teve como objetivo avaliar a influência de classes de plantas daninhas (poaceas e dicotiledôneas) na redução do rendimento de grãos de soja, em função do método e da época de seu controle. Procurou-se detectar a necessidade ou não de recomendar o controle de espécies da classe das dicotiledôneas.

## MATERIAL E MÉTODOS

Durante a estação de crescimento de 1994/95, foi conduzido um experimento a campo na Estação Experimental Agronômica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (EEA/UFRGS), em Eldorado do Sul, RS. O solo foi preparado mecanicamente, do modo convencional. A cultivar de soja utilizada como reagente foi a FT-Abyara, semeada em 27 de outubro, utilizando-se uma semeadora com linhas espaçadas de 0,5 m. As sementes foram depositadas a uma profundidade aproximada de 4 cm e em número médio de 25 por metro linear.

A emergência das plantas de soja ocorreu 7 dias após a semeadura. A população média de plantas, avaliada 14 dias após a emergência (DAE), foi de 38 por m<sup>2</sup>. A colheita foi realizada manualmente, em 17 de abril de 1995, aos 165 dias após sua emergência.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados com quatro repetições. As parcelas mediram 2,5 m x 5,0 m, perfazendo uma área de 12,5 m<sup>2</sup>, e contiveram cinco fileiras de soja. Dentre os tratamentos testados incluiu-se uma testemunha infestada pela população natural de plantas daninhas ocorrentes na área, presente durante todo o ciclo da cultura, a qual esteve constituída por espécies dicotiledôneas e por uma gramínea (papuã). Acrescentou-se também um tratamento onde as plantas de soja foram arrancadas aos 14 DAE e as de papuã foram controladas quimicamente nesta mesma época, mantendo-se apenas infestação de espécies dicotiledôneas. Além desses tratamentos testemunhas, incluíram-se mais os seguintes: controle mecânico (capina manual) ou químico (herbicidas) do papuã e das dicotiledôneas, realizados aos 14, 21 e 28 DAE; e, controle químico apenas de papuã, realizado nas mesmas épocas.

O herbicida utilizado para controlar papuã foi haloxyfop-methyl, na dose de 120 g/ha. Para controlar todas as espécies infestantes (papuã e dicotiledôneas), foi utilizada a mistura formulada de fluazifop-p-butyl + fomesafen, na dose de 250+250 g/ha. As aplicações herbicidas foram realizadas em pós-emergência das plantas da cultura e das daninhas, em cobertura total. Por ocasião das aplicações desses produtos, as plantas de soja encontravam-se com duas, três e quatro folhas aos 14, 21 e 28 DAE, respectivamente.

Em avaliações realizadas aos 14, 21 e 28 DAE, foram constatadas as seguintes espécies daninhas e respectivas populações nas parcelas testemunhas infestadas: *Brachiaria plantaginea* (papuã), 50, 102 e 320 plantas/m<sup>2</sup>; *Richardia brasiliensis* (poaia-branca), 56, 62 e 42 plantas/m<sup>2</sup>; *Spergula arvensis* (gorga), 27, 30 e 20 plantas/m<sup>2</sup>; *Stachys arvensis* (orelha-de-

urso), 12, 13 e 7 plantas/m<sup>2</sup>; *Amaranthus* spp. (caruru), 6, 6 e 14 plantas/m<sup>2</sup>; e outras espécies, 3, 3 e 5 plantas/m<sup>2</sup>, totalizando, respectivamente 154, 216 e 408 plantas/m<sup>2</sup>.

Foram realizadas amostragens para determinação da matéria seca das plantas de soja e das espécies daninhas em duas épocas: 15 de dezembro (42 DAE) e 05 de janeiro (63 DAE). As áreas amostradas para coleta das plantas de soja e das espécies daninhas foram de 0,5 m x 1,0 m (0,5 m<sup>2</sup>) em cada parcela. O material coletado constava da parte aérea das plantas de soja e também das espécies daninhas, as quais foram cortadas rente ao solo. Esse material foi posto a secar em estufa à temperatura de 65°C até atingir peso constante, sendo pesado.

Através do método "ponto quadrado" ou "transecta", foi determinada a cobertura do solo fornecida pelas plantas de soja e pelas espécies daninhas. Este método consiste numa avaliação quantitativa, sendo largamente utilizado em avaliações de presença e frequência de espécies forrageiras em pastagens mistas, conforme descrito por WARREN WILSON (1959). Essas determinações foram realizadas em duas épocas: 7 de dezembro (34 DAE) e 22 de dezembro (49 DAE). As determinações de cobertura pelo método foram realizadas com auxílio de um cordão com 5 m de comprimento, previamente marcado em intervalos de 20 cm. Esse cordão foi então estendido sobre a parcela, a cerca de 20 cm acima do dossel das plantas, e em cada marca era colocado um arame perpendicular até atingir o solo, de modo a contatar ou não as plantas adjacentes. As plantas contatadas eram então identificadas e anotada cada espécie. Essa operação foi executada duas vezes sobre cada parcela, dispondo-se o cordão no sentido diagonal, formando um X, e marcando-se assim 50 pontos, os quais foram posteriormente transformados em valores percentuais representativos do índice de cobertura do solo.

O rendimento de grãos de soja foi determinado numa área amostrada de 1,5 m x 3,0 m (4,5 m<sup>2</sup>), englobando as três fileiras centrais das parcelas. Por ocasião da pesagem dos grãos foi determinada a sua umidade e, posteriormente, os pesos foram ajustados para 13 % de umidade, sendo os resultados finais expressos em kg/ha.

As variáveis determinadas no experimento foram submetidas à análise da variância através do teste F. Quando se detectou significância entre as médias dos tratamentos, foi procedida comparação dessas diferenças através do teste de Duncan, ao nível de 5 % de probabilidade. Os dados obtidos para as avaliações relativas às plantas de soja e ao rendimento de grãos não foram transformados, porém os relativos às plantas daninhas sofreram transformação para raiz quadrada de x+1.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados encontrados nas avaliações de cobertura do solo pelo método do ponto quadrado e pela produção de matéria seca das plantas daninhas mostraram similaridade de comportamento. No entanto, houve diferenças entre os tratamentos testados, tendo-se formado, basicamente, quatro agrupamentos quanto aos parâmetros avaliados (Tabela 1).

Para cobertura do solo dada pelas plantas daninhas, o maior índice obtido ocorreu no tratamento

em que as plantas de papuã foram eliminadas e as de soja arrancadas precocemente (Tabela 1). Nesse tratamento, quando se compara a segunda avaliação com a primeira, constata-se um aumento de 1,27 vezes (Tabela 1).

Por sua vez, ao se relacionar a primeira com a segunda época, nos tratamentos em que o papuã foi eliminado quimicamente e na testemunha infestada, constata-se que ao invés de crescimento no índice de ocupação do solo pelas plantas daninhas, houve redução (Tabela 1).

**TABELA 1 – Avaliações de cobertura do solo por plantas daninhas, realizadas através do método do ponto quadrado, e de produção de matéria seca realizadas em duas épocas, EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 1994/95**

Tratamentos de controle de plantas daninhas	Épocas de aplicação (DAE) <sup>1</sup>	Cobertura do solo(%)		Matéria seca(g/m <sup>2</sup> )	
		1ª época (34 DAE)	2ª época (49 DAE)	1ª época (42 DAE)	2ª época (63 DAE)
Controle químico de papuã	14	19 c <sup>3</sup>	11 c <sup>3</sup>	17 c	46 c
Controle químico de papuã	21	16 c	8 c	20 c	50 c
Controle químico de papuã	28	21 c	10 c	16 c	33 c
Controle químico de papuã e de dicotiledôneas	14	0 d	0 d	0 d	0 d
Controle químico de papuã e de dicotiledôneas	21	0 d	0 d	0 d	0 d
Controle químico de papuã e de dicotiledôneas	28	0 d	0 d	0 d	0 d
Controle mecânico de papuã e de dicotiledôneas	14	0 d	0 d	0 d	0 d
Controle mecânico de papuã e de dicotiledôneas	21	0 d	0 d	0 d	0 d
Controle mecânico de papuã e de dicotiledôneas	28	0 d	0 d	0 d	0 d
Controle químico de papuã <sup>2</sup>	14	55 a	70 a	77 a	337 a
Testemunha infestada por papuã e dicotiledôneas	–	35 b	23 b	33 b	106 b
Coefficientes de variação (%)		14,4	20,3	19,1	17,5

<sup>1</sup> Dias após a emergência das plantas de soja.

<sup>2</sup> As plantas de soja foram arrancadas aos 14 DAE.

<sup>3</sup> Médias seguidas da mesma letra, comparadas nas colunas, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Duncan ao nível de 5% de probabilidade.

Essa diminuição da ocupação do solo pelas plantas daninhas foi maior onde o papuã foi eliminado do que na testemunha infestada por papuã e por espécies dicotiledôneas.

Essa ocorrência deveu-se ao fato de que o papuã, entre as demais espécies, apresentou menor redução em cobertura do solo da primeira para a segunda época, na testemunha infestada. Essa poacea diminuiu sua participação na variável em 22 %, enquanto as dicotiledôneas a reduziram em cerca de 45 % (Tabela 2).

Deste modo, na primeira época de avaliação, aos 34 DAE, a cobertura do solo pelo papuã na testemunha infestada ocupou 70 % do espaço, contra 30 %

das espécies dicotiledôneas (Tabela 2). Nesta situação, constata-se que o papuã exerceu maior interferência sobre as espécies dicotiledôneas do que a própria soja. Observa-se que, para a segunda avaliação de cobertura do solo, aos 49 DAE, essa diferença acentuou-se ainda mais (77 % para papuã e apenas 23 % para as espécies dicotiledôneas) (Tabela 2). Verifica-se que todas as espécies dicotiledôneas diminuíram sua participação, tendo algumas inclusive desaparecido (caruru e orelha-de-urso). O desaparecimento de espécies dicotiledôneas em comunidades dominadas pelo papuã também foi fato constatado por MARTINS (1994).

**TABELA 2 – Evolução da cobertura do solo, por espécie daninha, avaliadas na testemunha infestada por papuã e dicotiledôneas, obtidos pelo método do ponto quadrado, e peso de matéria seca de plantas daninhas, EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 1994/95**

Épocas de avaliação (DAE) <sup>1</sup>	Espécies daninhas						Total
	Papuã	Poaia-branca	Gorga	Caruru	Orelha-de-urso	Outras	
	<b>Cobertura do solo (%)</b>						
34	23	6,0	2,0	1,0	0,5	0,5	33,0
49	18	3,0	0,5	0	0	2,0	23,5
	<b>Matéria seca (g/m<sup>2</sup>)</b>						
42	23,2	5,3	2,5	0	0	2,9	33,9
63	86,4	13,2	0	0,5	0,6	6,2	106,9

<sup>1</sup> Dias após a emergência das plantas de soja.

Para ALMEIDA et al. (1986), o papuã é uma espécie daninha que, além de competitiva, também mostra efeito alelopático, podendo inibir o desenvolvimento de outras espécies.

Nos tratamentos em que plantas de soja e de papuã estiveram ausentes, as espécies dicotiledôneas puderam crescer intensamente, pois tiveram à sua disposição todos os recursos do meio necessários (Tabela 1). Nessa situação, vale destacar especialmente o desenvolvimento de poaia-branca e das outras espécies dicotiledôneas (Tabela 2). Os índices levantados demonstram o efeito de interferência exercido tanto pela cultura como pelo papuã sobre as espécies dicotiledôneas.

Quanto à produção de matéria seca pelas plantas daninhas, verifica-se que nos tratamentos em que se realizou controle químico de papuã, e na testemunha in-

festada, houve incremento na variável quando se compara a primeira e a segunda épocas (Tabela 1).

As espécies dicotiledôneas aumentaram seu peso em 140 %, em média, nos tratamentos onde havia presença de soja, porém onde as plantas de soja foram arrancadas aos 14 DAE esse incremento foi de 337 %. Dessa forma, observa-se que as plantas de soja exerceram forte competição, sobre as espécies dicotiledôneas. Também WILLARD et al. (1994) constataram que *Euphorbia heterophylla*, quando em competição com soja, teve seu crescimento diminuído entre 77 e 82 %. Isto demonstra a habilidade competitiva exercida por essa cultura sobre certas espécies daninhas. Para WAX e STOLLER (1984), a soja apresenta-se como competidora eficiente com as plantas daninhas, especialmente quando cresce sob adequadas condições de manejo.

**TABELA 3 – Avaliações de cobertura do solo por plantas de soja, realizadas através do método do ponto quadrado, e de produção de matéria seca realizadas em duas épocas, EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 1994/95**

Tratamentos de controle de plantas daninhas	Épocas de aplicação (DAE) <sup>1</sup>	Cobertura do solo (%)		Matéria seca (g/m <sup>2</sup> )	
		1º época (34 DAE)	2º época (42 DAE)	1º época (42 DAE)	2º época (63 DAE)
Controle químico de papuã	14	59 a <sup>3</sup>	73 cd <sup>3</sup>	141 ab <sup>3</sup>	326 bc <sup>3</sup>
Controle químico de papuã	21	56 ab	76 bc	180 a	382 ab
Controle químico de papuã	28	51 abc	68 d	122 b	345 bc
Controle químico de papuã e de dicotiledôneas	14	50 bc	83 ab	147 ab	420 a
Controle químico de papuã e de dicotiledôneas	21	55 ab	76 bc	156 ab	368 ab
Controle químico de papuã e de dicotiledôneas	28	52 abc	72 cd	140 ab	351 bc
Controle mecânico de papuã e de dicotiledôneas	14	56 ab	82 b	142 ab	392 ab
Controle mecânico de papuã e de dicotiledôneas	21	56 ab	84 a	156 ab	375 ab
Controle mecânico de papuã e de dicotiledôneas	28	51 abc	81 ab	115 b	421 a
Controle químico de papuã <sup>2</sup>	14	-	-	-	-
Testemunha infestada por papuã e dicotiledôneas	-	46 c	68 d	137 ab	293 c
Coefficientes de variação (%)		10,4	6,8	20,2	12,6

<sup>1</sup> Dias após a emergência das plantas de soja.

<sup>2</sup> As plantas de soja foram arrancadas aos 14 DAE.

<sup>3</sup> Médias seguidas da mesma letra, comparadas nas colunas, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Duncan ao nível de 5% de probabilidade.

Na testemunha infestada onde, além de soja e de espécies dicotiledôneas, também havia presença de papuã, o crescimento total das plantas daninhas foi intermediário (211 %) (Tabela 1). Nessa situação, papuã representava a maior fração da matéria seca de plantas daninhas, 68 e 81%, quando da primeira e segunda avaliações, respectivamente; as espécies dicotiledôneas contribuíram com 32 e 19 %, respectivamente (Tabela 2).

Ao se comparar a cobertura do solo fornecida pelas plantas daninhas e a matéria seca produzida, constata-se o modo plástico de resposta dessas espécies; enquanto a primeira variável sofreu redução, a segunda apresentou incremento (Tabela 2). Este comportamento, também foi observado por RADOSEVICH (1987) e MARTINS (1994). Quanto às avaliações envolvendo as plantas de soja, constatou-se haver perdas e prejuízos crescentes, conforme ocorreu atraso na aplicação das medidas de controle às plantas daninhas (Tabela 3). O controle mecânico mostrou ser o método onde essa redução foi menos expressiva, o que, provavelmente, se deveu ao fato dessa medida de controle ser de resposta imediata. ROBINSON (1978) sugere que o controle mecânico, pode ser benéfico, no aumento da matéria seca de uma cultura devido à eliminação de competição, favorecendo o crescimento da cultura pelo aumento da aeração do solo, infiltração da água e redução da evaporação, entre outros. A avaliação através do método do ponto quadrado (Tabela 3) indicou que nos três sistemas de controle, o atraso na aplicação das medidas diminuiu a cobertura do solo pelas plantas de soja, mostrando que elas já estavam sendo afetadas pela interferência das plantas daninhas. Quando da primeira avaliação, os valores não foram muito diferentes; contudo, para a segunda época (49 DAE), essas diferenças se acentuaram.

Comparando-se ainda a primeira com a segunda avaliação, através da técnica do ponto quadrado, verifica-se um pequeno aumento da cobertura do solo pelas

plantas de soja nos tratamentos em que foi adotado o controle mecânico. Essa resposta pode ser devida ao balanço geralmente positivo entre os efeitos favoráveis e negativos verificados nesse método de controle, conforme referido por FLECK e VIDAL (1993) e ROBINSON (1978).

Na avaliação do rendimento de grãos, verificou-se que todos os tratamentos de controle às plantas daninhas superaram a testemunha infestada, independente da época de aplicação das medidas de controle (Tabela 4).

Contudo, eles não diferiram entre si, demonstrando que medidas de controle aplicadas até a quarta semana após a emergência das plantas de soja não causam redução significativa ao rendimento de grãos em decorrência da interferência das plantas daninhas. Estes resultados coincidem com aqueles referidos por outros autores (BLANCO et al., 1973; BARRENTINE, 1974; COBLE, 1989; CHEMALE e FLECK, 1982; VAN ACKER et al., 1993). Do mesmo modo, os diferentes sistemas ou métodos de controle não afetaram o rendimento de grãos. De modo similar, FLECK e CANDEMIL (1995) não constataram diferença entre métodos de controle (químico e mecânico) em seu trabalho.

A infestação de papuã e espécies dicotiledôneas na testemunha infestada reduziu o rendimento de grãos da soja em níveis que variaram entre 57 e 60 %. Essas reduções são bastante similares às encontradas por FLECK (1995) para o mesmo local, o qual relatou um valor médio de perda de 58,7 % em decorrência da interferência por papuã.

Os rendimentos obtidos nas parcelas que permaneceram infestadas apenas por espécies dicotiledôneas foram semelhantes àqueles alcançados para controle geral de ervas, seja por via química ou mecânica. Esses resultados estão de acordo com as conclusões de FLECK e CANDEMIL (1995), de que as espécies dicotiledôneas apresentam potencial de dano menor do que o das poaceas.

**TABELA 4 – Rendimento de grãos de soja e produtividade relativa obtidos em função de tratamentos de controle de plantas daninhas, EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 1994/95**

Tratamentos de controle de plantas daninhas	Épocas de aplicação (DAE) <sup>1</sup>	Rendimento de grãos (kg/ha)	Produtividade relativa (%)
Controle químico de papuã	14	3892 a <sup>3</sup>	172
Controle químico de papuã	21	3911 a	173
Controle químico de papuã	28	3866 a	171
Controle químico de papuã e de dicotiledôneas	14	3840 a	170
Controle químico de papuã e de dicotiledôneas	21	3968 a	176
Controle químico de papuã e de dicotiledôneas	28	3932 a	174
Controle mecânico de papuã e de dicotiledôneas	14	3829 a	169
Controle mecânico de papuã e de dicotiledôneas	21	3913 a	173
Controle mecânico de papuã e de dicotiledôneas	28	3739 a	165
Controle químico de papuã <sup>2</sup>	14	–	–
Testemunha infestada por papuã e dicotiledôneas	–	2254 b	100
Coeficiente de variação (%)		14,3	

<sup>1</sup> Dias após a emergência das plantas de soja.

<sup>2</sup> As plantas de soja foram arrancadas aos 14 DAE.

<sup>3</sup> Médias seguidas da mesma letra, comparadas na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Duncan ao nível de 5% de probabilidade.

## CONCLUSÕES

As plantas daninhas controladas entre a 2ª e 4ª semanas após a emergência da soja não reduzem o rendimento de grãos;

As espécies daninhas dicotiledôneas, ocorrentes na intensidade observada, não causam redução na produtividade de soja;

A espécie poacea papuã é a principal responsável pela redução da produtividade de grãos, quando sua presença, em comunidades mistas é superior a 70 % em ocupação do espaço;

A infestação de papuã reduz a presença de ervas dicotiledôneas, inclusive provocando o desaparecimento de algumas delas, como o caruru e a orelha-de-urso.

## BIBLIOGRAFIA CITADA

- ALMEIDA, F. S.; VOSS, M.; LEITE, C. R. Efeitos alelopáticos e de competição da *Brachiaria plantaginea* na soja. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE HERBICIDAS E PLANTAS DANINHAS, 1986, Campo Grande, Resumos...Campinas: Sociedade Brasileira de Herbicidas e Plantas Daninhas, 1986. p. 5-6.
- BARRENTINE, W. L. Common cocklebur competition in soybeans. *Weed Science*, Champaign, v. 22, n. 6, p. 600-603, 1974.
- BLANCO, H. G.; OLIVEIRA, D. A.; ARAUJO, J. B. M.; GRASSI, N. Observações sobre o período em que as plantas daninhas competem com a soja (*Glycine max*(L.) Merrill). *O Biológico*, v. 39, n. 2, p. 31-35, 1973.
- CHEMALE, V. M.; FLECK, N. G. Avaliação de cultivares de soja (*Glycine max* (L.) Merrill) em competição com *Euphorbia heterophylla* L. sob três densidades e dois períodos de ocorrência. *Planta Daninha*, Brasília, v. 5, n. 2, p. 36-45, 1982.
- COBLE, H. D. Using economic thresholds for weeds in soybeans. In: WORLD SOYBEAN RESEARCH CONFERENCE, 4., 1989, Buenos Aires. *Proceedings...* Buenos Aires, 1989. t. 4, p. 1607-1612.
- COSTA, J. A. *Características dos estádios de desenvolvimento da soja*. Campinas: Fundação Cargill, 1982. 30 p.
- FLECK, N. G. Redução da produtividade da soja por interferência de papuã e benefício alcançado através do controle de sua infestação. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 20., 1995, Florianópolis. *Resumos...* Florianópolis: SBCPD, 1995. p. 100-102.
- FLECK, N. G.; CANDEMIL, C. R. G. Interferência de plantas daninhas na cultura da soja (*Glycine max* (L.) Merrill). *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 25, n. 1, p. 27-32, 1995.
- FLECK, N. G.; VIDAL, R. A. Efeitos das capinas e de outros tratamentos no rendimento do girassol. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 28, n. 1, p. 107-113, 1993.
- KARAN, D. Efeitos de densidades de plantas daninhas na cultura da soja. V. *Brachiaria plantaginea*. In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO CENTRAL DO BRASIL, 14., 1992, Campo Grande. *Ata...* Londrina: CNPSoja, 1993. p. 40.
- MARTINS, D. Interferência de capim-marmelada na cultura da soja. *Planta Daninha*, Brasília, v. 12, n. 2, p. 93-99, 1994.
- OLIVER, L. R. Principles of weed threshold research. *Weed Technology*, Champaign, v. 2, n. 4, p. 398-403, 1988.
- OLIVER, L. R.; FRANS, R. E.; TALBERT, R. E. Field competition between tall morningglory and soybeans. I. Growth analysis. *Weed Science*, Champaign, v. 24, n. 5, p. 482-488, 1976.
- RADOSEVICH, S. R. Methods to study interactions among crops and weeds. *Weed Technology*, Champaign, v. 1, n. 3, p. 190-198, 1987.
- ROBINSON, R. G. Production and culture; weed control. In: CARTER, J. F. *Sunflower science and technology*. Madison: American Society of Agronomy, 1978. p. 89-144.
- SIMS, B. D.; OLIVER, L. R. Mutual influence of seedling johnsongrass (*Sorghum halepense*), sicklepod (*Cassia obtusifolia*), and soybeans (*Glycine max*). *Weed Science*, Champaign, v. 38, n. 2, p. 139-147, 1990.
- SPADOTTO, C. A.; MARCONDES, D. A. S.; SILVA, C. A. R.; DAMASENO, S. Avaliação de parâmetros para o monitoramento da interferência de plantas daninhas na cultura da soja (*Glycine max* L.). *Planta Daninha*, Brasília, v. 10, n. 1/2, p. 33-38, 1992.
- VAN ACKER, R. C.; SWANTON, C. J.; WEISE, S. F. The critical period of weed control in soybeans (*Glycine max* (L.) Merrill). *Weed Science*, Champaign, v. 41, n. 2, p. 194-200, 1993.
- WARREN WILSON, J. Analysis of the distribution of foliage area in grassland. In: IVINS, J. D. (Ed.) *The measurements of grassland productivity*. London: Butterworths Scientific Publications, 1959. p. 51-61.
- WAX, L. M.; STOLLER, E. W. Aspects of weed-crop interference related to weed control practices. WORLD SOYBEAN RESEARCH CONFERENCE, 3., 1984, Buenos Aires. *Proceedings...* Boulder: Westview Press, 1984. p. 1116-1129.
- WILLARD, T. S.; GRIFFIN, J. L.; REYNOLDS, D. S.; SAXTON, A. M. Interference of wild poinsettia (*Euphorbia heterophylla*) with soybean (*Glycine max*). *Weed Technology*, Champaign, v. 8, n. 4, p. 679-683, 1994.
- ZIMDAHL, R. L. *Weed crop competition: a review*. Corvallis: International Plant Protection Center, 1980, 196 p.
- ZOSCHKE, A. Toward reduced rates and adapted weed management. *Weed Technology*, Champaign, v. 8, n. 2, p. 376-386, 1994.

## PRODUÇÃO DE FUMO VIRGÍNIA AFETADA POR MICORRIZAS ARBUSCULARES E pH DO SOLO

DANILO DOS SANTOS RHEINHEIMER<sup>1</sup>, JOÃO KAMINSKI<sup>2</sup>, ÉDSON CAMPANHOLA BORTOLUZZI<sup>3</sup>

**RESUMO** – A inoculação com fungos micorrízicos arbusculares (FMA) tem melhorado a qualidade de mudas e incrementado o crescimento dessas quando transplantadas para a lavoura. Objetivando avaliar a influência da micorrização e do pH do solo na formação de mudas e na produção de folhas de fumo, conduziu-se dois experimentos em casa de vegetação na Universidade Federal de Santa Maria – RS; com a variedade de fumo virgínia “NFK 326”. No experimento I, formação de mudas, usou-se três valores de pH e dois níveis de inoculação com FMA e oito repetições. De quatro repetições, avaliou-se os parâmetros morfológicos radiculares, a colonização e a intensidade micorrízica (CM e ICM) e a massa seca da parte aérea e das raízes. No experimento II, as mudas restantes foram transplantadas para vasos com 7 kg de solo com pH 4,7, 5,0 e 5,4 e conduzidas até a maturação de todas as folhas. Avaliou-se a CM e a ICM, a massa seca de folhas, de caule e de raízes. Na formação das mudas, a elevação do pH do solo de 4,7 para 5,0 e 5,4 proporcionou aumentos de 41 e 81% no comprimento, 40 e 72% na superfície e 31 e 44% na massa seca radicular. A elevação do pH do solo para a produção de folhas teve pouca influência na produtividade final. A inoculação das mudas com FMA foi benéfica, tanto para sua formação quanto para a produção de folhas, quando em pH 4,7 e 5,0. Mudas inoculadas originárias de solo sem Al trocável, diminuíram a produção final de folhas se transplantadas para solo com pH inferior.

*Palavras-chave:* *Nicotiana tabacum*, micorriza, alumínio, sementeira.

### YIELD OF FLUE-CURED TOBACCO EFFECTED BY MYCORRHIZAL AND SOIL pH

**ABSTRACT** – The inoculation with vesicular mycorrhizal fungi (VMF) increase of the quality seedling and yield crops. The objective this study were to evaluate the influence of VMF and soil pH in the seedling formation and leaf yield production of flue-cured tobacco. The seedling formation in soil with three levels of pH (4.7, 5.0, and 5.4) and with and without VMF. Eight seedling was conducted by treatment. In four seedling, root morphology, mycorrhizal infection and dry matter was evaluated. The other four was transplanted to pot contend 7 kg of soil with three levels of pH (4.7, 5.0, and 5.4). The plants was cultivated until leaf maturation. In the nursery, the raise of soil pH improved quality of tobacco seedling production. The inoculation of mycorrhizal increase the root length, root surface area, and dry matter of the seedling in lower soil pH, and leaf dry matter when transplanted by lower soil pH. Seedling growing in soil without exchangeable Al produced highest leaf dry matter, independent of mycorrhizal or field soil pH. Seeding inoculated with VMF in high soil pH, decreasing leaf dry matter when transplant to lower field soil pH.

*Key words:* *Nicotiana tabacum*, mycorrhizal, aluminum, nursery, field.

## INTRODUÇÃO

O cultivo do fumo exige a formação de mudas em sementeira e transplante para a produção de folhas em lavouras, por isso as características edáficas podem ser diferentes àquelas da origem da muda.

Na sementeira é, ainda, recomendado o uso de biocidas para o controle de patógenos, o que acarreta, também, a eliminação de microorganismos benéficos, como os fungos micorrízicos arbusculares (FMA). Por isso, as mudas obtidas nestas condições podem apresentar crescimento reduzido, apresentando-se raquíticas e cloróticas (MENGE et al., 1982), o que é corrigido pela adição de fertilizantes, especialmente os nitrogenados e fosfatados. As mudas, geralmente, apresentam ampla área foliar e pequeno crescimento

radicular, dificultando o seu estabelecimento quando transplantadas para a lavoura.

Nestes casos, a inoculação com FMA, ou a manutenção de propágulos viáveis na sementeira, produz mudas mais robustas (SIQUEIRA et al., 1993; SIQUEIRA e COLOZZI-FO, 1986, com cafeeiro), que toleram condições edáficas desfavoráveis, como de pH e disponibilidade de fósforo, quando transplantadas, por causa da ampliação da superfície de absorção, além de modificações bioquímica-fisiológicas (KOIDE e SCHREINER, 1992; SMITH e GIANINAZZI-PEARSON, 1988). Tem-se verificado com outras espécies que, quando submetidas a algum tipo de estresse nutricional, elas aumentam a sua dependência micorrízica e parecem controlar o caráter da simbiose, que é moldada pelos fatores ambientais, e quanto mais

1. Eng. Agr., M. Sc. – Prof. Assistente do Departamento de Solos do Centro de Ciências Rurais da UFSM, 97119-900 Santa Maria – RS/BRASIL. Bolsista CNPq. Danilo@creta.ccr.ufsm.br.

2. Eng. Agr., Dr. – Prof. Titular do Departamento de Solos do Centro de Ciências Rurais da UFSM. Bolsista CNPq.

3. Estudante de Agronomia da UFSM. Bolsista da FAPERGS.

Recebido para publicação em 01/11/1996.

cedo ocorrer a colonização das raízes, maiores serão os benefícios do hospedeiro (RHEINHEIMER e KAMINSKI, 1994; SIQUEIRA e COLOZZI-FO, 1986).

Por outro lado, em grande número de sementeiras de fumo observaram-se baixos valores de pH do solo e presença de alumínio trocável (BORTOLUZZI et al., 1992), o que contribui para o pequeno crescimento radicular (FOY, 1974; ABRUNA et al., 1970), além de alterar os parâmetros cinéticos de absorção de fósforo (maiores Km e Cmin), diminuindo a capacidade absorviva de planta (PETRY et al., 1994; CASTELLS et al., 1985). RHEINHEIMER et al. (1994) constataram que as injúrias causadas pelo estresse de alumínio nos primeiros 15 dias de desenvolvimento do fumo virgínia comprometeram a produção final desta cultura em mais de 50%. Porém, mudas produzidas em substrato isento de alumínio trocável suportaram estresses moderados de toxidez de alumínio e apresentaram maior potencial de produção de folhas.

Este trabalho tem por objetivo avaliar a influência da micorrização e do pH do solo na formação de mudas e na produção de folhas do fumo virgínia.

## MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido em casa de vegetação na Universidade Federal de Santa Maria, envolvendo dois experimentos onde utilizaram-se amostras superficiais de um solo podzólico vermelho-amarelo textura arenosa/argilosa e a cultura do fumo virgínia (*Nicotiana tabacum* L.) variedade "NFK 326".

No experimento I, produção de mudas, o solo foi seco ao ar, tamisado em malha 4 mm e fumigado com

brometo de metila (8mL/35 kg de solo) com reposição da microvida através de filtrado de solo isento de propágulos micorrízicos. O solo foi dividido em três porções iguais, nas quais se adicionaram quantidades de calcário suficientes para elevar o pH do solo a 4,7, 5,0 e 5,4 (Tabela 1). O solo destas porções permaneceu incubado com umidade equivalente a 90% da capacidade de campo por 30 dias. Após esse período, o solo foi novamente seco ao ar e envasado em copos plásticos com capacidade de 400 gramas. Na metade dos copos de cada valor de pH, adicionou-se 100 esporos de FMA nativos por copo cujas espécies predominantes foram *Glomus clarum*, *Glomus étunicatum* e *Acaulospora bireticulata*, considerando-a como tratamento inoculado (M) e a outra metade como não inoculado (NM). Assim, os tratamentos constituíram um bifatorial 3x2, três valores de pH do solo (4,7; 5,0 e 5,4), com e sem micorriza, com oito repetições e distribuídos em delineamento experimental inteiramente casualizado. Em todos os copos adicionou-se adubação complementar contendo, em mg/kg de solo, 100 de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 100 de N, 200 de K, 2 de Zn, 1 de Cu e 0,5 de B, em solução aquosa.

Em cada copo cultivou-se uma planta de fumo até a fase de transplante (mudas com 3-4 folhas), repondo-se a água evapotranspirada diariamente. Nesta fase, em quatro copos por tratamento, avaliaram-se a massa seca da parte aérea e das raízes, o comprimento (TENNANT, 1975), o raio médio e a superfície radicular, a relação comprimento de raízes/massa seca da parte aérea, a colonização (CM) (GIOVANNETTI e MOSSE, 1980) e a intensidade micorrízica (ICM) (RHEINHEIMER e KAMINSKI, 1995).

TABELA 1 – Características químicas do solo utilizado nos experimentos após a adição de calcário e adubação complementar. Média de quatro repetições. Santa Maria, RS

Calagem t/ha	pH água	Ca+Mg mmol/dm <sup>3</sup>	Al		P —mg/dm <sup>3</sup> —	K
			mmol/dm <sup>3</sup>	%		
0	4,7	19,2	13,3	44	20,2	190
2	5,0	29,7	7,9	21	20,2	147
5	5,4	46,4	2,9	6	22,8	138

No experimento II, produção de folhas, o solo foi mantido no estado natural e adicionou-se calcário a fim de obter os mesmos valores de pH do experimento I. O solo de cada valor de pH foi acondicionado em vasos plásticos com capacidade para 7 kg, com quatro repetições. Nestes foram transplantadas as quatro mudas de cada tratamento produzidas anteriormente. Durante o transplante, o copo plástico foi cortado e a muda com o torrão foi introduzida no centro do vaso. Usou-se o mesmo delineamento experimental e a mesma quanti-

dade de nutrientes do experimento I. Deste modo, obteve-se um bifatorial 3 x 6, três valores de pH e seis origem de mudas, com 4 repetições.

Durante toda fase de desenvolvimento das plantas de fumo foram efetuados tratamentos culturais de acordo com as recomendações técnicas e procedimentos adotados na produção de mudas. Após a capação química dos botões florais iniciou-se a coleta semanal das folhas maduras, necessitando-se seis semanas para que todas as folhas fossem colhidas. Durante a coleta, separou-se

as folhas, o caule e as raízes, que após secas em estufas a 70°C, determinou-se a massa seca. No sistema radicular avaliou-se a CM e a ICM, de modo similar ao experimento I.

Os dados foram submetidos a análise de variância a 5% de significância e aplicou-se teste de comparação de médias Duncan. Os valores de CM foram previamente transformados em arco seno  $\sqrt{x/100}$ .

### RESULTADOS E DISCUSSÃO

A sementeira, quando de solo fumigado e sem a reposição dos FMA, limitou a colonização micorrízica

(CM < 7% e ICM 2 – Tabela 2), por causa da eficiência da fumigação do solo, que também dificilmente elimina totalmente a população nativa de FMA. Nos tratamentos NM, a elevação do pH do solo pela calagem proporcionou melhor desenvolvimento do sistema radicular, especialmente, pela neutralização do alumínio trocável (ABRUNA et al., 1970; FOY, 1974). Em solo com pH 4,5 as mudas apresentaram pouco desenvolvimento, não atingindo a fase de transplante. A diminuição na saturação em alumínio de 44 para 21 e 6%, resultou em aumentos de 41 e 81% no comprimento, 40 e 72% na superfície e 31 e 44% na massa seca radicular, respectivamente (Tabela 2 e 3).

**TABELA 2 – Comprimento, raio médio e superfície radicular de mudas de fumo devido a diferentes níveis de pH do solo e inoculação com fungos micorrízicos arbusculares. Média de quatro repetições. Santa Maria, RS**

pH sementeira	Comprimento (m)		raio médio (mm)		superfície (cm <sup>2</sup> )	
	NM <sup>1</sup>	M	NM	M	NM	M
4,7	13,52 bC	22,98 aA	0,23 bA	0,25 aA	187 bC	363 aB
5,0	19,07 bB	25,27 aA	0,23 bA	0,26 aA	262 bB	401 aA
5,4	24,53 aA	15,83 bB	0,21 bB	0,23 aB	321 aA	231 bC
Coefficiente de variação (%)	5,78		3,12		5,74	

<sup>1</sup> NM = não inoculado e M = inoculado com FMA  
Médias seguidas pela mesma letra, minúscula para inoculação e maiúscula para pH do solo, não diferem estatisticamente pelo teste Duncan a 5%.

**TABELA 3 – Massa seca da parte aérea e de raízes, colonização e intensidade micorrízica de mudas de fumo devido a diferentes valores de pH do solo e inoculação com fungos micorrízicos arbusculares. Média de quatro repetições. Santa Maria, RS**

pH Sementeira	MS parte aérea (g/planta)		MS raízes (g/planta)		colonização (%)	
	NM <sup>1</sup>	M	NM	M	NM	M
4,7	0,23 bB	0,68 aB	0,16 bB	0,28 aB	4 bA(2)	54 aA(3)
5,0	0,75 bA	1,00 aA	0,21 bA	0,38 aA	7 bA(2)	55 aA(3)
5,4	0,64 aA	0,63, aB	0,23 aA	0,17 bC	4 bA(2)	41 aA(2)
Coefficiente de variação (%)	12,27		8,04		24,74	

<sup>1</sup> NM = não inoculado e M = inoculado com FMA  
Números entre parênteses indicam a escala de intensidade de 1 a 5, onde 1 = ausência de colonização e 5 = córtex densamente colonizado e com ampla produção de arbúsculos.  
Médias seguidas pela mesma letra, minúscula para inoculação e maiúscula para pH do solo, não diferem estatisticamente pelo teste Duncan a 5%.

A reposição dos FMA aumentou o estabelecimento do fungo no sistema radicular, atingindo colonização de 54,3 e 54,7%, para pH 4,7 e 5,0, respectivamente, e ICM 3 (Tabela 3). Isto garantiu um grande aumento na superfície radicular, aliado às hifas externas, o que aumenta o volume de solo explorado, “garimpendo” o fós-

foro além da zona de depleção, cujo resultado final é a maior acumulação de massa seca pela muda (Tabela 3). Embora com maior comprimento radicular (L), a relação entre o L e a massa seca total das mudas foi menor nas inoculadas, diminuindo de 35 para 24, de 20 para 18 e de 28 para 20, nos valores de pH 4,7, 5,0 e 5,4,

respectivamente. Esta alteração é esperada, pois haverá uma redistribuição dos fotoassimilados, permitindo que a planta invista mais no crescimento da parte aérea em relação ao sistema radicular (RHEINHEIMER et al., 1994; SMITH e GIANINAZZI-PEARSON, 1988; ERNANI et al., 1994). As mudas inoculadas produzidas em pH 4,7 e 5,0 atingiram o estágio de transplante vinte dias antes das não inoculadas, além disso, apresentaram maior índice de sobrevivência e melhor desenvolvimento quando transplantadas, por causa do maior comprimento e superfície radicular (SUGGS et al., 1994).

Já no solo com pH 5,4, a inoculação com FMA, embora tenha permitido CM de 40,7% e ICM 2, diminuiu o comprimento, a superfície e a massa seca de raízes em relação às não micorrizadas, inclusive, esses parâmetros foram inferiores aos obtidos em pH 4,7. Isto evidencia que o maior benefício do fungo à planta ocorre quando esta é cultivada em ambiente desfavorável ao seu desenvolvimento, e que em condições edáficas adequadas, a simbiose deixa de ser obrigatória, como foi observado por RHEINHEIMER e KAMINSKI (1994) com capim-pensacola.

**TABELA 4 – Colonização e intensidade micorrízica de plantas de fumo devido a diferentes origens das mudas e valores de pH do solo. Média de quatro repetições. Santa Maria, RS**

Origem da muda <sup>1</sup>	colonização(%)			intensidade <sup>2</sup>		
	4,7	5,0	5,5	4,7	5,0	5,5
NM-4,7	100	100	100	5	5	5
M-4,7	96	99	99	5	5	5
NM-5,0	100	100	98	5	5	5
M-5,0	100	100	98	5	5	5
NM-5,4	100	99	98	5	5	5
M-5,4	99	100	99	5	5	5

<sup>1</sup> Mudanças produzidas no primeiro experimento, NM = não inoculado e M = inoculado com FMA, em pH 4,7, 5,0 e 5,4.

<sup>2</sup> Escala de intensidade de 1 a 5, onde 1 = ausência de colonização e 5 = córtex densamente colonizado e com ampla produção de arbúsculos.

**TABELA 5 – Massa seca de caule e de raízes de fumo virgínia devido às diferentes origens das mudas e pH do solo. Média de quatro repetições. Santa Maria, RS**

Origem da muda <sup>1</sup>	MS caule (g/planta)			MS raízes (g/planta)		
	4,7	5,0	5,5	4,7	5,0	5,5
NM-4,7	8,27 bAB	7,74 bB	9,10 aA	13,19 aB	15,04 aA	12,93 aB
M-4,7	10,67 aAB	11,35 aA	9,46 aB	14,23 aA	13,56 bA	13,02 aA
NM-5,0	9,83 aA	9,69 aA	9,61 bA	11,26 bC	15,23 aA	13,78 aB
M-5,0	10,74 aB	10,6 aB	13,11 aA	14,32 aA	15,27 aA	14,02 aA
NM-5,4	11,19 aA	11,65 aA	11,47 aA	17,33 aA	17,94 bA	17,58 aA
M-5,4	11,25 aA	11,83 aA	11,68 aA	13,16 bC	19,23 aA	16,93 aB
Coefficiente de variação(%)	4,85			5,17		

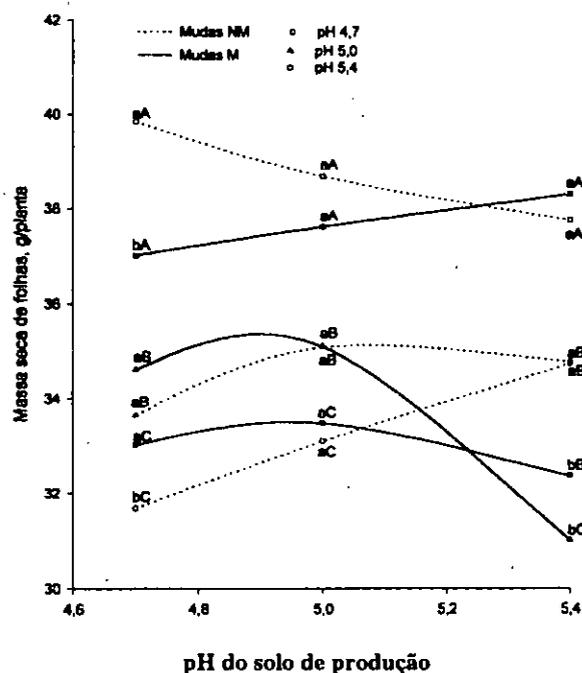
<sup>1</sup> Mudanças produzidas no primeiro experimento, NM = não inoculado e M = inoculado com FMA, em pH 4,7, 5,0 e 5,4.

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula para inoculação na muda e maiúscula para pH do solo de produção, não diferem estatisticamente pelo teste Duncan a 5%.

No final do período de produção de folhas, todos os tratamentos apresentaram CM próximas a 100% e ICM 5 (Tabela 4), independente do pH do solo e da pré-colonização do fungo nas mudas, ou do pH do solo de produção. Isto deve ter ocorrido porque os FMA nativos encontrados nestes solos apresentam alto potencial de infecção.

A elevação do pH do solo nos vasos para a produção de folhas teve pouca influência no aumento da produtividade do fumo, mas foi significativo para as mudas NM - 4,7 e M - 5,4. No entanto, independente da micorriza, mudas produzidas em substrato com baixa saturação em alumínio tiveram alta produção de massa seca de folhas (Figura 1), cuja mesma tendência foi

observada para caule e raízes (Tabela 5). Isto evidencia que mudas estressadas pelo alumínio dificilmente se recuperam inteiramente quando transplantadas para o local definitivo. Neste sentido, RHEINHEIMER et al. (1994) observaram que as plantas de fumo submetidas ao estresse de alumínio, nos primeiros 15 dias, quando transferidas para ambiente isento de alumínio, não recuperaram seu sistema radicular, apresentando comprimento e massa seca inferiores às plantas que cresceram na ausência de alumínio. Pois além de diminuir a taxa de crescimento radicular, o estresse com alumínio altera a cinética de absorção de fósforo, elevando o Km e Cmin (PETRY et al., 1994), indicando a necessidade de doses mais elevadas do fósforo no solo e limitando o seu potencial de sobrevivência quando transplantado para o local definitivo.



Médias seguidas pela mesma letra, minúscula para pH da sementeira, não diferem estatisticamente pelo teste de média de Duncan à 5%. Coeficiente de variação 9,32%.

**FIGURA 1** – Massa seca de folhas de fumo virgínia em função do pH do solo de produção, para mudas formadas em solo com três valores de pH (4,7, 5,0 e 5,4) e inoculadas ou não com fungos micorrízicos

As mudas inoculadas e formadas em pH 4,7 produziram maior massa seca de folhas que as não inoculadas quando transplantadas para áreas com solo de mesmo pH. Já a resposta foi menor quando o solo que recebeu esta muda apresentava pH 5,0 e, negativa em pH 5,4 (Figura 1 e Tabela 5). Isto demonstra que plantas submetidas a estresses nutricionais se beneficiam da

associação micorrízica, e por isso se tornam mais dependentes da associação, do que as plantas que crescem sob melhores condições de solo. Pois na ausência do estresse, a presença do fungo no sistema radicular pode atuar com um dreno de fotoassimilados mudando o caráter da simbiose, o que deve ter ocorrido nesta situação. Assim, as mudas inoculadas e produzidas em pH 5,4, favorável ao desenvolvimento do fumo (ABRUNA et al., 1970) e que foram transplantadas para solo com mesmo pH, tiveram rendimento equivalentes às não inoculadas, mas quando transplantadas para solo com alta saturação em alumínio reduziram o rendimento em mais de 10% (Figura 1).

## CONCLUSÕES

Com base nas avaliações realizadas neste trabalho, pode-se concluir:

1 – A elevação do pH do solo melhorou a qualidade das mudas de fumo;

2 – a inoculação com FMA foi benéfica para a produção de mudas em baixo pH e parasítica em pH 5,4, e o benefício na produção de folhas só se manteve quando transplantadas para solos também com baixo pH;

3 – a elevação do pH do solo na produção de folhas teve pouco efeito no rendimento, e mudas produzidas no solo com presença de A1 trocável não se recuperaram e apresentaram baixo rendimento de folhas, mesmo quando transplantadas para solos com pH mais elevados;

4 – as maiores produções de folha foram obtidas quando as mudas foram produzidas em solo sem a presença de A1 trocável, independente da inoculação com FMA ou do pH do solo no local definitivo;

5 – mudas produzidas em solo com presença de A1 trocável e inoculadas com FMA diminuíram a produção de folhas, comparativamente às não inoculadas, quando transplantadas para solos com pH maiores que 5,0;

6 – mudas produzidas em solo sem A1 trocável e inoculadas com FMA diminuíram a produção de folhas, comparativamente às não inoculadas, quando transplantadas para solos com baixos pH.

## BIBLIOGRAFIA CITADA

- ABRUNA, F. R.; VICENTE-CHANDLER, J.; PEARSON, R. W.; SILVA, S. Crop response to soil acidity factors in Ultisols and Oxisols Tobacco. *Soil Science Society American Proceeding*, Madison, v. 34, p. 629-635, 1970.
- BORTOLUZZI, E. C.; RHEINHEIMER, D. S.; BARTZ, H. R. Atividade microbiana na cultura do fumo na região fumageira de Santa Maria – RS. In: *JORNADA DE PESQUISA DA UFSM*, Santa Maria, 2., 1992. *Anais ...*, Santa Maria: UFSM, 1992, p. 295.

- CASTELLS, A. J.; BARROS, N. F.; NOVAIS, R. F.; SANT'ANNA, R.; NEVES, J. C. L. Absorção de fósforo como critério de seleção de genótipos de soja quanto a tolerância ao alumínio. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 20, n. 1, p. 1163-1170, 1985.
- ERNANI, P. R.; SANTOS, J. C. P.; KAMINSKI, J.; RHEINHEIMER, D. S. Prediction of phosphorus uptake by a mechanistic model in a low phosphorus highly weathered soil as affected by micorrizae inoculation. *Journal of Plant Nutrition*, New York, v. 17, n. 6, p. 1067-1078, 1994.
- FOY, C. D. Effects of aluminium on plant growth. In: CLARSON, E. W. (Ed.). *The plant root and its environment*. Charlottesville: University Free of Virginia, 1974, p. 601-642.
- GIOVANNETTI, M.; MOSSE, B. An evaluation of techniques for measuring vesicular-arbuscular mycorrhizal infection in roots. *New Phytologist*, Oxford, v. 84, p. 489-500, 1980.
- KOIDE, R. T.; SCHREINER, R. P. Regulation of the vesicular-arbuscular mycorrhizal symbiosis. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, Palo Alto, v. 43, p. 557-581, 1992.
- MENGE, J. A.; JARREL, W. M.; LABANAUSKAS, C. K.; OJALA, J. C.; HUSZAR, C.; JOHNSON, E. L.; SILBERT, D. Predicting mycorrhizal dependence of Troyer Citrange on *Glomus Fasciculatum* in California citrus soils and nursery mixes. *Soil Science Society American Journal*, Madison, v. 46, p. 762-768, 1982.
- PETRY, C.; RHEINHEIMER, D. S.; KAMINSKI, J.; PESSOA, A. C. S.; CASSOL, L. C. Influência do estresse de alumínio em plantas de fumo: II. Efeito nos parâmetros cinéticos de absorção de fósforo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v. 18, p. 69-72, 1994.
- RHEINHEIMER, D. S.; KAMINSKI, J. Intensidade de colonização do córtex radicular e sua relação com a absorção de fósforo pelo capim-pensacola. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 25, n. 2, p. 223-228, 1995.
- RHEINHEIMER, D. S.; KAMINSKI, J. Resposta do capim-pensacola à adubação fosfatada e à micorrização em solo com diferentes valores de pH. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v. 18, p. 201-205, 1994.
- RHEINHEIMER, D. S.; PETRY, C.; KAMINSKI, J.; BARTZ, H. R. Influência do estresse de alumínio em plantas de fumo: I. Efeitos no sistema radicular, na absorção de fósforo e cálcio e no acúmulo de massa seca. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v. 18, p. 63-68, 1994.
- SIQUEIRA, J. O.; COLOZZI-Fo, A. Micorrizas vesicular-arbuscular em mudas de cafeeiro. II: Efeito do fósforo no estabelecimento e funcionamento da simbiose. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v. 7, p. 207-211, 1986.
- SIQUEIRA, J. O.; COLOZZI-Fo, A.; SAGGIN-JÚNIOR, O. J.; GUIMARÃES, P. T. G.; OLIVEIRA, E. Crescimento de mudas e produção de cafeeiro sob influência de fungos micorrízicos e superfosfato. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v. 17, p. 53-60, 1993.
- SMITH, S. E.; GIANINAZZI-PEARSON, V. Physiological interactions between symbionts in vesicular-arbuscular mycorrhizal plants. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, Palo Alto, v. 39, p. 221-244, 1988.
- SUGGS, C. W.; LINEBERGER, B. W.; SEABOCH, T. R.; PEEL, H. B.; WHELESSE, J. D. Tobacco transplants. Part 5. Production in polyethylene covered greenhouse tunnels. *Tobacco Science*, v. 38, p. 62-67, 1994.
- TENNANT, D. A test of a modified line intercept method of estimating root length. *Journal Ecology Applied*, London, v. 63, p. 995-1001, 1975.

## AVALIAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS EM POPULAÇÕES R<sub>3</sub> DE AVEIA GERADAS PELA CULTURA DE TECIDOS

MAGALI FERRARI GRANDO<sup>1</sup>, LIZETE AUGUSTIN<sup>2</sup>, SÉRGIO VALENTE TOMASINI<sup>3</sup>, CLEDI NEGRÃO<sup>4</sup>

**RESUMO** – Técnicas de cultura de tecidos têm sido empregadas para gerar mutações genéticas úteis ao melhoramento de plantas. Nesse trabalho foi avaliada a 3ª geração de plantas regeneradas a partir de calos cultivados *in vitro* (somaclones R<sub>3</sub>). O ensaio foi estabelecido no campo experimental da Faculdade de Agronomia da Universidade de Passo Fundo. Foram semeados 19 somaclones da geração R<sub>3</sub> da cultivar UPF 12 e 2 somaclones da cultivar CTC 2, bem como as respectivas testemunhas. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados em 3 repetições sendo as parcelas de 1 m<sup>2</sup>, com 250 sementes cada (5 linhas com 50 sementes/linha). As avaliações realizadas foram em relação a dias de emergência à floração, estatura da planta, hábito de crescimento, peso do hectolítro, rendimento de grãos, peso de mil sementes e rendimento industrial. Foram observadas variações úteis nas sete características e variações negativas em 4 características avaliadas nos somaclones da UPF-12. Todos os somaclones UPF 12 apresentaram pelo menos alteração em uma das características avaliadas. Os somaclones da cultivar CTC 2 não apresentaram variações negativas, apresentando alterações positivas em somente 3 características (data de floração, peso do hectolítro e peso de mil sementes).

*Palavras-chave:* Aveia, melhoramento vegetal, mutação *in vitro*

### EVALUATION OF AGRONOMIC TRAITS IN R<sub>3</sub> OAT POPULATION PRODUCED BY TISSUE CULTURE

**ABSTRACT** – Tissue culture technic is been used to generate useful genetic mutation for breeding program. In this work it was evaluated the third generation of *in vitro* callus regenerated plant (R<sub>3</sub> somaclones). The assay was established in experimental field. It were seeded 19 somaclones of UPF 12 cultivar, 2 somaclones of CTC 2 cultivar as well as the controls. The experiment was carried out randomized with 3 repetitions of 1m<sup>2</sup> parcels with 250 seeds (5 rows with 50 seeds/row). It were analysed days to flowering, plant heigth, growth habit, test weight, 1000 seeds weight, grain yield and groat percentage. It was observed positive (useful) variation to these seven traits valued from UPF 12 tissue culture derived lines compared to the control. There were only negative variation for four characters. Hundred percent of evaluated UPF 12 somaclones showed variation at least in one measured trait. The CTC 2 somaclones showed positive variation on three traits (days to flowering, test weight and 1000 seeds weight) and did not showed negative alterations.

*Key words:* Oat, genetic variability, *in vitro* mutation

### INTRODUÇÃO

A aveia (*Avena sativa*) constitui-se numa cultura de grande importância dentro do sistema agrícola do sul do Brasil, sendo cultivada tanto para alimentação humana como animal. Através do programa de melhoramento a Universidade de Passo Fundo lançou 17 cultivares de aveia no mercado. No entanto, o sucesso do melhoramento está, em grande parte, na dependência da variabilidade herdável disponível na população.

A estreita base genética desta cultura, principalmente em relação a algumas características, justifica o uso de novas metodologias para induzir alterações no material genético. A técnica de cultura de tecidos está sendo empregada para gerar mutações úteis ao programa de melhoramento. Estas modificações induzidas *in vitro* se manifestam como mutações herdáveis entre a progênie de plantas regeneradas e são definidas como variações somaclonal (LARKING e SCOWCROFT,

1981). As mutações ocorrem principalmente durante o processo de indução de uma massa celular desorganizada e mitoticamente instável denominada de calo (EVANS et al., 1984).

Vários mecanismos podem dar origem a variação somaclonal incluindo mutações de ponto, amplificação e deleção gênica, alterações em genes nucleares e citoplasmáticos, alterações cromossômicas numéricas e estruturais, ativação de transposons, rearranjos somáticos, alteração no padrão de metilação do DNA, bem como perturbações na sua replicação (SCOWCROFT e LARKIN, 1983; PHILLIPS et al., 1990). Esta natureza variável justifica a existência de alguns mutantes que derivam exclusivamente da variação somaclonal *in vitro* (LINDSEY e JONES, 1989). Mais de 15% das plantas regeneradas produzem progênies mutantes as quais geralmente não apresentam mosaicismos, muito comum quando outros métodos mutacionais são empregados (TABARES et al., 1991).

1. Biol., M.Sc. – Professora da Universidade de Passo Fundo. FAMV, Caixa Postal 511, 99001-970 Passo Fundo – RS/BRASIL.

2. Eng. Agr., M.Sc. – Professora da Universidade de Passo Fundo. Faculdade de Agronomia – Laboratório de Biotecnologia Vegetal, Caixa Postal 566, 99001-970 Passo Fundo – RS/BRASIL.

3. Acadêmico de Agronomia: Bolsista do CNPq/ RHAÉ.

4. Acadêmica de Agronomia. Estagiária.

Recebido para publicação em 05/02/1997.

Independente dos mecanismos pelos quais os eventos mutacionais ocorrem, existem evidências suficientes de que estas variações incluem diversos tipos de alterações herdáveis e agronomicamente desejáveis (MOHMAND e NABORS, 1990). Variantes somaclonais úteis foram relatadas em diferentes espécies de plantas como cana-de-açúcar (HEINZ et al., 1977), batata (SHEPARD et al., 1980; SECOR e SHEPARD, 1981) e tomate (EVANS et al., 1984), apresentando alterações em características morfológicas e agrônomicas, bem como resistência à moléstias. Modificações em características qualitativas e quantitativas foram observadas em plantas cereais regeneradas *in vitro*, tais como milho, arroz e trigo (BAJAJ, 1989; LARKING et al., 1984). Alterações na fertilidade, tamanho da espiga, peso de sementes e teor de proteína da semente de trigo (LARKIN et al., 1984), plantas somaclonais de arroz resistente a *xantomonas oryzae* (SUN et al., 1986) e com alteração na data de florescimento, estatura, perfilhamento e vigor (PACHÓN, 1988, citado por TABARES et al., 1991) foram já relatadas na literatura. DAHLEEN et al. (1991) observaram aumento de produtividade em

aveia, bem como variações positivas e negativas em outras características como: estatura de planta, dias de emergência à floração, número e peso de sementes, área da folha bandeira e percentagem de proteína no grão.

Este trabalho objetiva avaliar a 3ª geração de autofecundação de somaclones de duas cultivares de aveia geradas pela cultura de tecidos. Busca também selecionar variantes úteis ao melhoramento vegetal.

## MATERIAL E MÉTODOS

Foram semeadas no Campo Experimental da Faculdade de Agronomia da Universidade de Passo Fundo 21 somaclones da 3ª geração ( $R_3$ ) de autofecundação de plantas regeneradas de calos cultivados *in vitro*, sendo 19 somaclones da cultivar UPF 12 e 2 somaclones da cultivar CTC 2, bem como as respectivas testemunhas. A Figura 1 mostra as etapas do desenvolvimento dos somaclones usados neste experimento. Os somaclones utilizados sofreram uma pré-seleção na geração  $R_1$  e foram avaliados para algumas características na geração  $R_2$  como mostra a Figura 2.

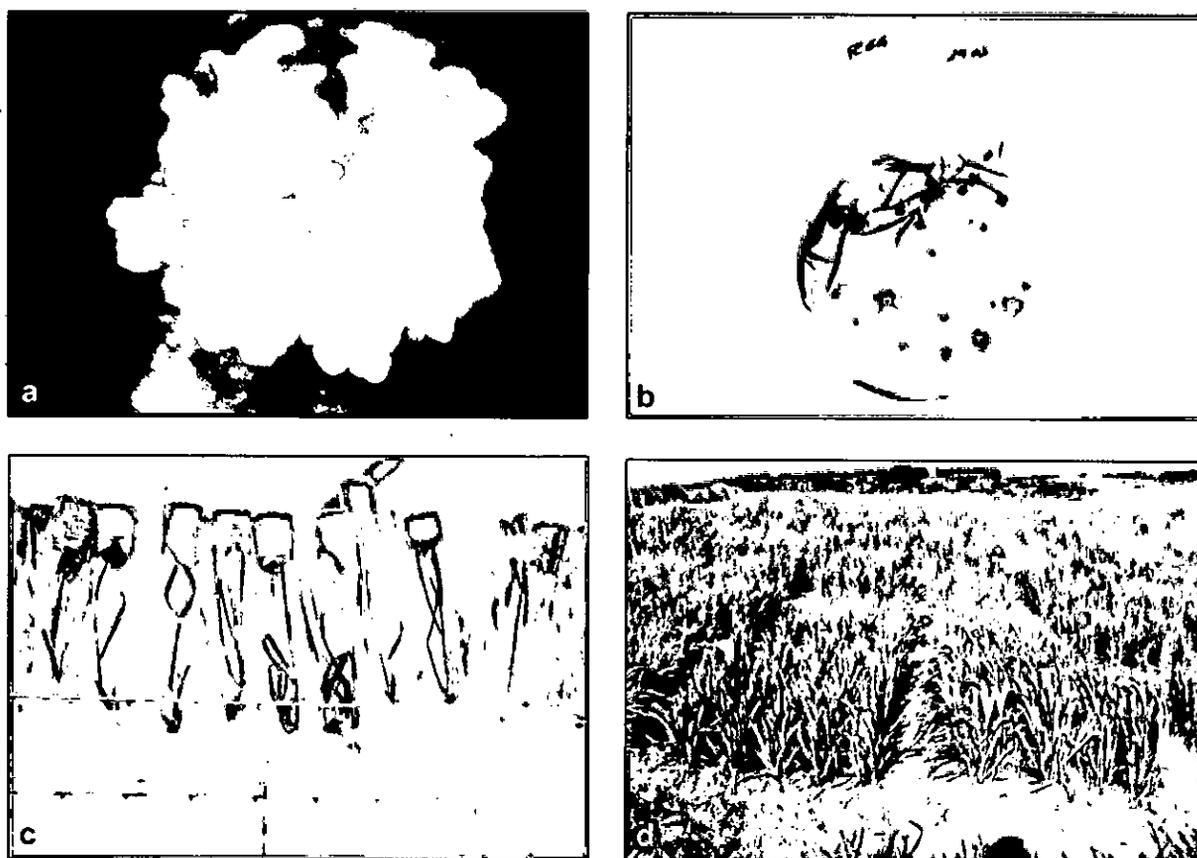


FIGURA 1 – Processo de criação dos somaclones: a) calos induzidos a partir de embriões imaturos cultivados em meio de cultura contendo 2,4-D; b) regeneração de brotos a partir dos calos; c) enraizamento das plântulas e geração das plantas somaclones RO; d) somaclones R3 conduzidos ao nível de campo para avaliação das mutações induzidas

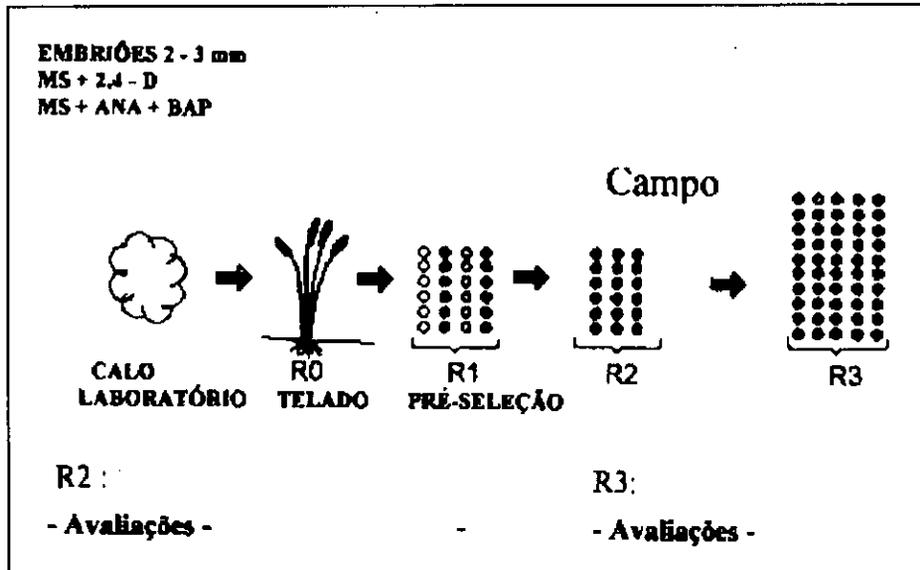


FIGURA 2 – Esquema de obtenção e avaliação dos somaclones. Plantas R<sub>0</sub> são diretamente obtidas a partir de calos. As sementes dessas plantas dão origem a geração R<sub>1</sub>, na qual se faz uma pré-seleção de plantas que morfologicamente se diferenciam do controle. Diferentes avaliações são realizadas nas populações R<sub>2</sub> e R<sub>3</sub> devido ao tamanho da população

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, em 3 repetições, sendo as parcelas de 1 m<sup>2</sup>, com 250 sementes cada (5 linhas com 50 sementes/linha).

Foram realizadas as seguintes avaliações: dias de emergência à floração, estatura de plantas, hábito de crescimento, peso do hectolítro (PH), rendimento de grãos (kg/ha), peso de mil sementes (PMS) e rendimento industrial (%). Para avaliar hábito de crescimento

foram designados os valores 4 para plantas de hábito prostrado, 3 para plantas de hábito semi-prostrados, 2 para hábito semi-ereto e 1 para hábito ereto de crescimento. A característica rendimento industrial diz respeito a percentagem do peso dos grãos descascados em relação aos grãos com casca, indicando a percentagem do peso que é relativo a solidez do grão sem a palha. Os dados foram submetidos a análise de variância e ao teste de comparação de médias Duncan a 5% de significância.

### RESULTADOS E DISCUSSÃO

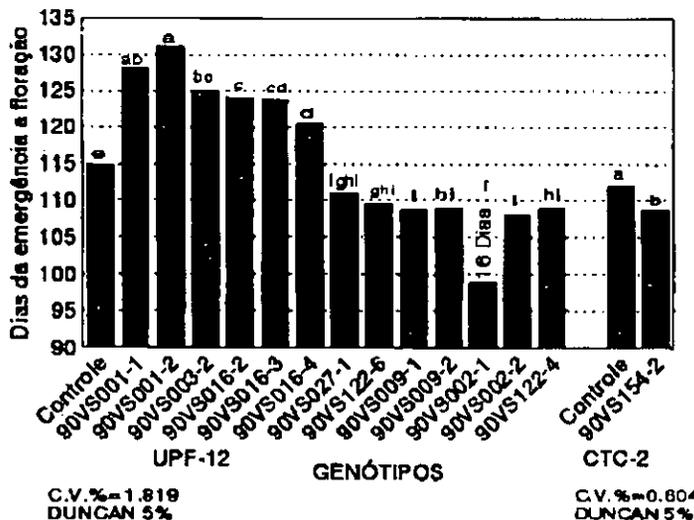


FIGURA 3 – Resultados referentes a dias de emergência à floração do somaclones R<sub>3</sub> das cultivares UPF 12 e CTC 2

A análise quanto a dias de emergência à floração demonstrou que os somaclones 90VS027-1, 90VS122-6, 90VS009-1, 90VS009-2, 90VS002-2, 90VS002-1 e 90VS122-4 foram mais precoces que a Testemunha UPF 12 (Figura 3). O somaclone 90VS002-1 foi 16 dias mais precoce que a testemunha. Seis somaclones deste mesmo genótipo foram mais tardios. Os genótipos 90VS001-2, 90VS001-1 e 90VS003-2 foram mais tardios, concordando com os resultados obtidos no ano anterior (EICHLER et al., 1993). Nas figuras somente são mostrados os resultados dos somaclones que apresentaram variações para a característica em questão. Em relação ao genótipo CTC 2, o somaclone 90VS154-2 foi mais precoce. A criação de genótipos mais precoces é desejável devido a possibilidade de utilização da aveia em sistemas de rotação de culturas.

Dos 19 somaclones da UPF 12 avaliados, somente 4 não diferiram da testemunha no que diz respeito à estatura de plantas (Figura 4). O restante dos materiais foram significativamente mais baixos. Os somaclones 90VS016-2, 90VS016-4 e 90VS016-3 apresentaram uma estatura de 88,2, 87,3 e 83,1 cm, respectivamente, portanto 38 cm, em média, a menos que a testemunha.

Estes mesmos somaclones se destacaram no ano anterior por esta característica. A redução da estatura de planta é desejável e tem sido constatada em vários experimentos realizados em nosso laboratório. Plantas de baixa estatura também foram obtidas de regenerantes de arroz (PACHÓN, 1988, citado por TABARES et al., 1991) e aveia (DAHLEEN et al., 1991).

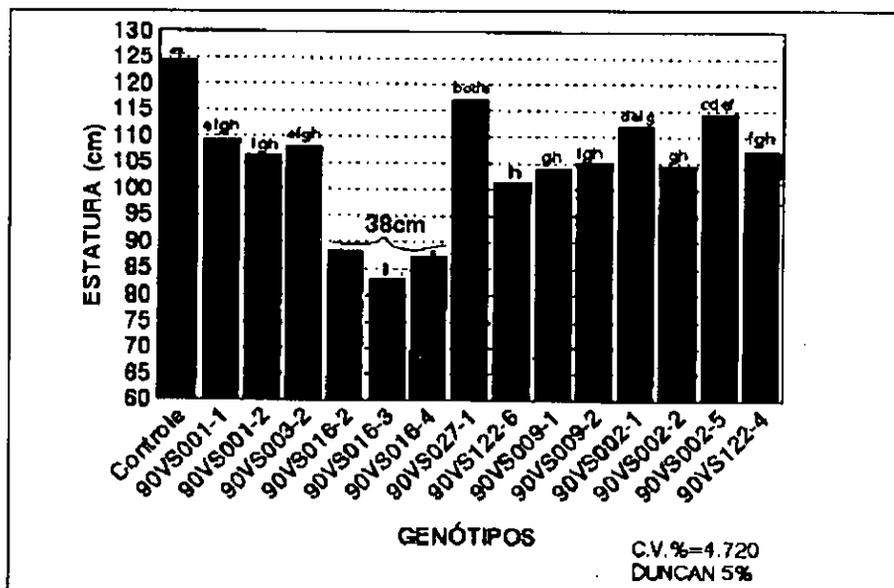


FIGURA 4 – Resultados referentes a estatura (cm) dos somaclones R 3 da cultivar UPF 2

Como a característica estatura tem se mostrado facilmente alterável pelo processo de cultivo *in vitro* esta metodologia poderia ser aplicada a genótipos e linhagens que apresentam bom potencial de rendimento mas que apresentam o problema de acamamento devido a alta estatura de planta.

dicou variação nos somaclones 90VS001-1, 90VS001-2 e 90VS003-2 os quais apresentaram hábito ereto, e os somaclones 90VS016-2, 90VS016-3 e 90VS016-4 apresentaram hábito prostrado e semi-prostrado em relação a testemunha que possui hábito semi-ereto. Tais variações não foram observadas nos materiais da cultivar CTC 2.

A análise do hábito de crescimento (Figura 5) in-

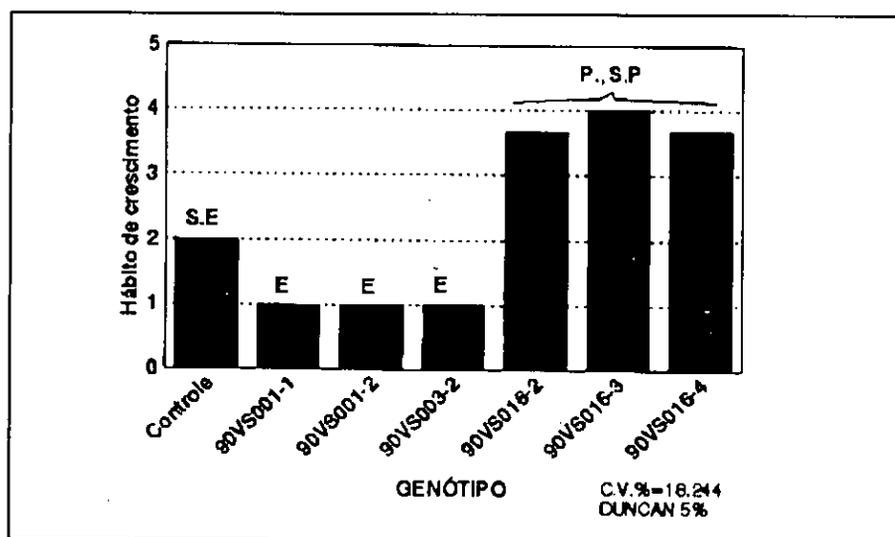


FIGURA 5 – Resultados referentes ao hábito de crescimento dos somaclones R 3 da cultivar UPF 12

O alto valor do PH tem sido uma exigência das empresas na comercialização de aveia destinada a alimentação humana. O somaclone 90VS002-1 apresentou peso hectolítro (PH) (46,20 kg/hl) muito superior ao da testemunha UPF 12 (31,11/kg/hl). Os materiais

90VS011-1, 90VS015-1, 90VS016-3, 90VS027-1 e 90VS027-2 também apresentaram PH significativamente maior que a testemunha, concordando com os dados do ano anterior (Figura 6). O somaclone 90VS154-2 teve PH superior a cultivar CTC 2.

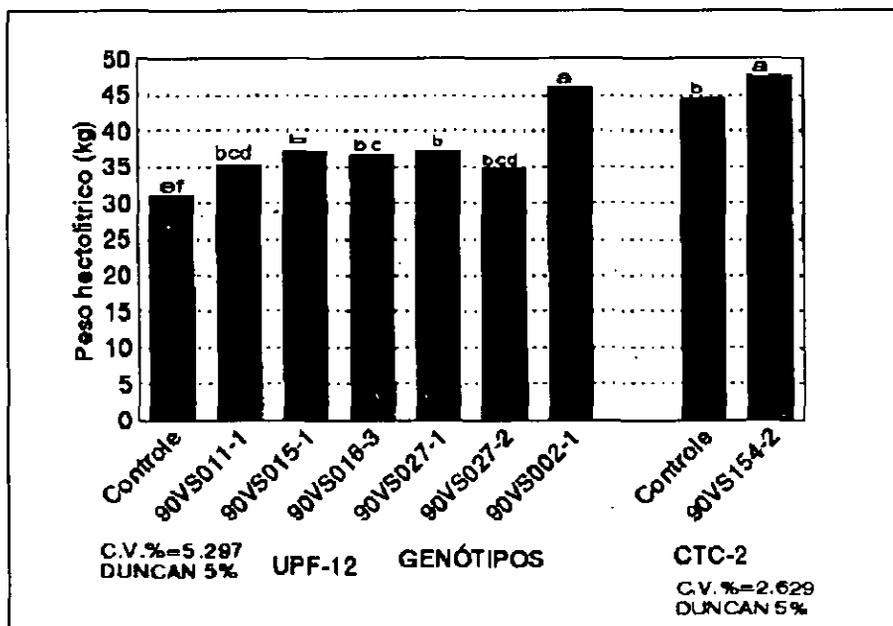


FIGURA 6 – Resultados referentes ao peso hectolítro (PH) dos somaclones R 3 das cultivares UPF 12 e CTC 2

Quanto ao caráter rendimento de grãos (Figura 7) os somaclones 90VS002-6 e 90VS002-1 produziram, respectivamente, 2.664 e 2.562 kg/ha superando a testemunha UPF 12, que produziu, em média, 1.792 kg/ha. No ano anterior, o somaclone 90VS002-6 produziu quase o dobro da testemunha e manteve sua superioridade

neste ensaio. Para esta característica houve também variações negativas pois alguns somaclones apresentaram menor rendimento que a testemunha. O aumento do rendimento de grãos é uma característica extremamente desejável e determinada por genes de ação quantitativa.

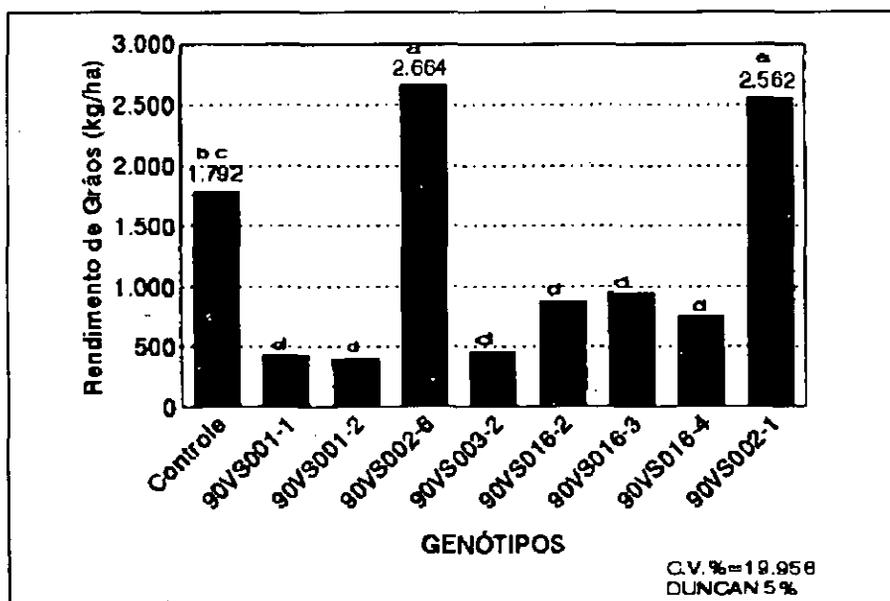


FIGURA 7 – Resultados referentes ao rendimento de grãos dos somaclones R 3 das cultivar UPF 12

Os somaclones 90VS002-1, 90VS002-5, 90VS016-2, 90VS016-3 e 90VS016-4 apresentaram peso de mil sementes (PMS) superior à testemunha UPF 12. Estes três últimos somaclones destacaram-se no ano anterior por esta

característica. Os somaclones 90VS001-1, 90VS001-2 e 90VS003-2 tiveram, como no ano anterior, menor PMS. O somaclone 90VS0154-2 da CTC 2 apresentou PMS maior que a testemunha, como mostra a Figura 8.

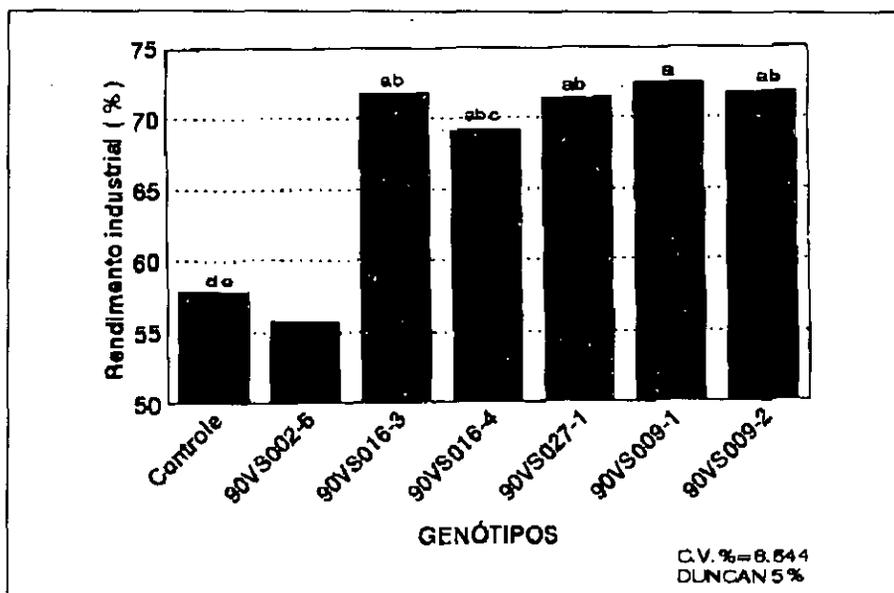


FIGURA 8 – Resultados referentes ao peso de mil sementes dos somaclones R3 das cultivares UPF 12 e CTC 2

Quanto ao rendimento industrial (Figura 9) os somaclones, ou se igualaram as testemunhas ou superaram as mesmas. Os somaclones 90VS016-3, 90VS016-4, 90VS027-1, 90VS009-1, 90VS009-2 apresentaram uma percentagem média de 13,48%

superior à testemunha UPF 12. Tais variações não foram observadas no genótipo CTC 2. O aumento do peso do grão em relação à casca leva a uma valorização do grão destinado ao processamento da aveia para o consumo humano.

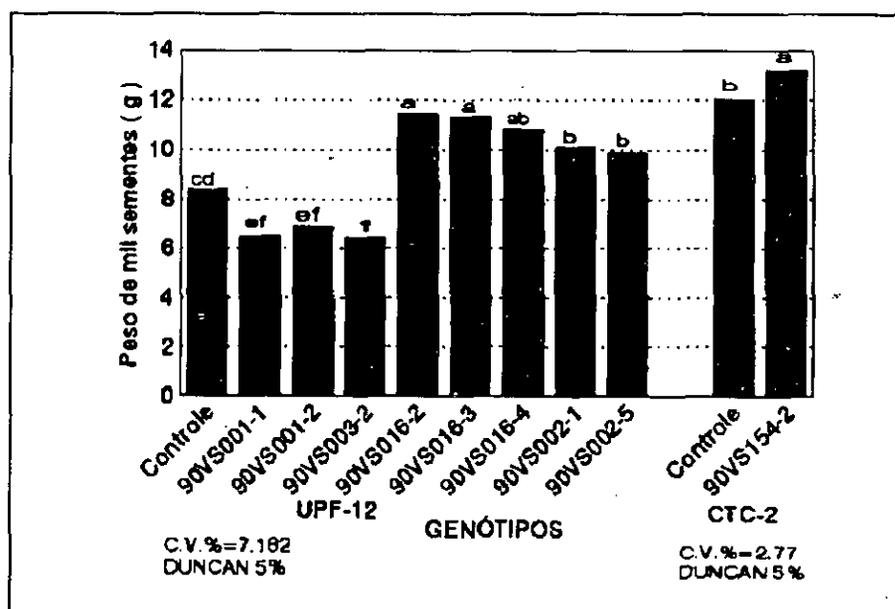


FIGURA 9 – Resultados referentes ao rendimento industrial (RI) dos somaclones R 3 da cultivar UPF 12

Em geral foram observadas variações úteis nas sete características avaliadas para genótipo UPF 12, somente havendo variações negativas para 4 características (dias da emergência à floração, hábito de crescimento, rendimento de grãos e PMS). 100% dos somaclones deste genótipo mostraram pelo menos uma característica alterada. Apenas um dos 19 somaclones da UPF 12 (90VS002-6) teve apenas uma característica mutada: produção de grãos. Outros somaclones apresentaram pelo menos 2 características modificadas.

Os somaclones da cultivar CTC 2 mostraram variações positivas para precocidade, PH e PMS, não apresentando características negativas.

A metodologia de cultivo *in vitro* empregada se mostrou eficiente na indução de mutações agronomicamente úteis. A escolha de bons genótipos para indução de calos aumenta a probabilidade de produzir materiais variantes com potencial de competição com genótipos de elite nos ensaios do programa de melhoramento de aveia. A técnica de obtenção de calos para indução de variação somaclonal pode ser usada para introduzir um caráter desejado em uma cultivar ou linhagem.

Seis linhagens somaclonais derivadas deste experimento foram repassadas para o ensaio preliminar do programa de melhoramento (90VS002-1, 90VS002-6, 90VS011-1, 90VS015-1, 90VS027-1, 90VS0154-2). As plantas que apresentaram mutações neste experimento estão sendo avaliadas a nível cromossômico e molecularmente para sistemas enzimáticos em eletroforese.

## CONCLUSÕES

A técnica de indução de variação somaclonal pela cultura de tecidos é uma metodologia viável para promover alterações em características quantitativas úteis ao melhoramento vegetal.

## BIBLIOGRAFIA CITADA

- BAJAJ, Y.P.S. Induction and cryopreservation of somaclonal variation in wheat and rice. In: MUJEEB-KASLA.; SITCH, L.A. *Review of advances in plant biotechnology*. 1989. p. 159-203.
- DAHLEEN, L.S.; STUTHMAN, D.D. AND RINES, H.N. Agronomic traits variation in oat lines derived from tissue culture. *Crop Science*, v. 31, p. 90-94, 1991.
- EICHLER, L.; GRANDO, M. F.; TOMASINI, S.; HECKLER, J.P. Avaliação das características morfológicas e fenológicas, de somaclones R<sub>2</sub> de aveia. In: REUNIÃO DA COMISSÃO SULBRASILEIRA DE PESQUISA DE AVEIA, 13., 1993, Ijuí. *Resultados ...* Ijuí, 1993. p. 32 -36.
- EVANS, D.A.; SHARP, W. R.; MEDINA - FILHO, M. P. Somaclonal and gametoclonal variation. *American Journal of Botany*, v. 71, n. 6, p. 759-774, 1984.
- HEINZ, D. J.; KRISHAMURTHI, M.; NICKELL, L. G.; MARETZKI, A. Cell, tissue and organ culture in sugarcane. In: REINERT, J. A.; BAJAJ, Y. P. S. *Plant cell, tissue and organ culture*. Spring - Verlag, Berlin: 1977, p. 3-17.
- LARKING, P. J.; RYAN, S.A.; BRETTELL, R.I.S.; SCOWCROFT, W.R. Heritable somaclonal variation in wheat. *Theory Applied Genetic*, v. 64, p. 443-445, 1984.
- LARKING, P. J.; SCOWCROFT, W.R. Somaclonal variation - a novel source of variability from cell cultures for plant improvement. *Theory Applied Genetic*, v. 60, p. 197-214, 1981.
- LINDSEY, K.; JONES, M.G.K. Consecuencias del cultivo de tejidos: variabilidad e inestabilidad. In: LINDSEY, K.; JONES, M. G. K. *Biociencia Vegetal Agrícola*. Espana: Acribia, 1989. p. 63-85.
- MOHMAND, A.S.; NABORS, M. W. Somaclonal variant plants of wheat derived from mature embryo explant of three genotypes. *Plant Cell Reproduction*. v. 8, p. 558-560, 1990
- PHILLIPS, R. L.; KAEPLER, S.M.; PESCHKE, V.M. Do we understand somaclonal variation? In: NIJKAMP, H. J. J.; VAN-DERPLAS, L. H. N.; VAN AARTNIJK, J. *Progress in plant cellular and molecular biology*. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF PLANT TISSUE CELL AND CULTURE, 7., 1990. *Proceedings...* Netherland: Kluwer, 1990. p. 131-141.
- SECOR, G.; SHEPARD, J. F. Variability of protoplast derived potato clones. *Crop Sciences*. n. 21, p. 102-105, 1981.
- SCOWCROFT, W.R.; LARKING, P.J. Somaclonal variation: a new option for plant. In: VASIL, I. K. ; SCOWCROFT, W. R.; FREY, K. J. *Plant Improvement and somatic cell genetics*. New York: Academic Press, 1983. p. 159-178.
- SHEPARD, J.F.; BIDNEY, D.; SHAHIN, E. Potato protoplasts in crop improvement. *Science*, v. 208, p.17-24, 1980.
- SUN, L. H.; SHE, J. M.; LU, X. F. *In vitro* selection of *Xanthomonas oryzae*- resistant mutants in rice. I. Induction of resistant callus and screening regenerated plants. *Acta Genet. Sin.*, v. 13, p. 188-193, 1986.
- TABARES, E.; PACHÓN, J.; ROCA, W. M. Variación somaclonal y su aplicación al mejoramiento de cultivos. In: ROCA, W. M. ; MROGINSKI, L. A. *Cultivos de tejidos en la agricultura*. Colombia: Ciat. Cali, 1991. p. 339-359.

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos a Eng. Agr. Dr<sup>a</sup>. Sandra Milach pelo apoio ao desenvolvimento das técnicas geradoras dos materiais usados neste experimento. O projeto foi parcialmente financiado pela FINEP, CNPq (BIC) e FAPERGS (BIC).

## RELAÇÃO ENTRE SELEÇÃO *IN VITRO* E EM PLÂNTULA PARA RESISTÊNCIA À *Bipolaris sorokiniana* EM TRIGO

ROSA MARIA DE LUJÁN OVIEDO DE CRISTALDO<sup>1</sup>, FERNANDO IRAJÁ FÉLIX DE CARVALHO<sup>2</sup>, MAN MOHAN KOHL<sup>3</sup>, ROSA LÍA BARBIERI<sup>4</sup>, LUIZ CARLOS FEDERIZZI<sup>5</sup>, CARLOS PIEROBOM<sup>6</sup>

**RESUMO** – Doze genótipos de trigo (*Triticum aestivum* L.) foram avaliados *in vivo* e *in vitro* para resistência à helmintosporiose, moléstia induzida pelo fungo *Bipolaris sorokiniana*, com o objetivo de verificar a existência de uma correlação entre a resposta apresentada por calos e por plântulas. A partir de dois isolados foram obtidos filtrados tóxicos para serem adicionados ao meio de cultura onde se desenvolveram os calos de trigo; também foram produzidas suspensões de esporos para serem pulverizados a plântulas. A reação dos calos foi quantificada através do crescimento daqueles expostos aos filtrados em comparação aos que não receberam este tratamento. A resposta das plântulas foi medida pela porcentagem de lesões necróticas presentes nas folhas. Foi verificado que um menor crescimento de calo correspondeu a uma maior porcentagem de lesões em plântulas.

*Palavras-chave:* *Bipolaris sorokiniana*, *Triticum aestivum*, filtrados tóxicos, cultura de tecidos.

### RELATIONSHIP BETWEEN *IN VITRO* AND SEEDLING SELECTION FOR RESISTANCE TO SPOT BLOTCH (*Bipolaris sorokiniana*) IN WHEAT

**ABSTRACT** – Twelve wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes were assessed, *in vitro* and *in vivo*, for resistance to spot blotch induced by *Bipolaris sorokiniana*, with the objective of verify correlation between calli and seedling responses. Toxic filtrates were obtained from two fungal isolates and added to the culture medium where the wheat callus developed; spore suspensions were also produced and applied to wheat seedlings. The callus reaction was quantified by the difference between growth of those exposed to the filtrates and the untreated cheks. The response of the seedlings was measured by the percentage of necrotic lesions present on the leaves. A smaller callus growth corresponded to a higher percentage of lesions on the seedling leaves.

*Key words:* *Bipolaris sorokiniana*, *Triticum aestivum*, toxic filtrates, tissue culture.

### INTRODUCTION

The spot blotch of wheat induced by *Bipolaris sorokiniana* diminishes seed germination, increases premature seedling mortality, dries the aerial photosynthetic parts, prevents the formation of cariopsis, develops lesions in the form of stains on the leaves and glumes, and rot in the roots and stalk base resulting in yield reduction (CHRISTENSEN, 1925). The fungus is found in the plant tissues, and in the soil (MERONUK and PEPPER, 1968). The pathogen multiplies mainly in the residues of the host species and on the wild and cultivated grasses, carrying inoculum from one year to another (DIEHL, 1982; REIS, 1982). Reaction to spot blotch fungus depends on the pathogen specialization (MEHTA, 1981,b), moisture during incubation (LUZ, 1982), and temperature

(LUZ and BERGSTROM, 1986). *B. sorokiniana* produces toxins which are essential for spot blotch development in rye, wheat and oat seedlings (LUDWING, 1957). These toxins act as an inhibitor of the electron transfer process in the oxidative phosphorylation in the mitochondria, affecting cellular respiration (TANIGUCHI and WHITE, 1967).

The use of tissue culture allows easier analysis of the host-pathogen interaction that may help breeders to select disease resistant cultivars. A great advantage of this technique is the control of the variable effects of the environment which is reduced in field studies caused by the variation between locations and yearly climatic fluctuations. Furthermore, *in vitro* cultures allow the use of a great number of genotypes in a relatively small space. An *in vitro* selection combining tissue culture

1. Eng. Agr., Ph.D. – Ministerio de Agricultura, Assuncion, Paraguay.
  2. Eng. Agr., Ph.D. – Departamento de Fitotecnia, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas (UFPEL), Caixa Postal 354, 96001-970 Capão do Leão – RS/BRASIL. Autor para correspondência.
  3. Eng. Agr., Ph.D. – Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT), Montevideo, Uruguay.
  4. Biol., M.Sc. – Curso de Pós-Graduação em Genética e Biologia Molecular, Instituto de Biologia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre, RS/BRASIL.
  5. Eng. Agr., Ph.D. – Departamento de Plantas de Lavoura, Faculdade de Agronomia da UFRGS, Caixa Postal 776, 91501-970 Porto Alegre – RS/BRASIL.
  6. Eng. Agr., Ph.D. – Departamento de Fitossanidade, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, UFPEL, 96001-970 Capão do Leão – RS/BRASIL.
- Recebido para publicação em 10/06/1997

with the use of toxins or pathogen toxin filtrates may be successful if the disease resistance is expressed at a cellular level (DAUB, 1986). Thus, the resistance mechanisms should not depend on organized structures or organized tissues, such as flowers or cuticle (MEREDITH, 1984). The manifestation of resistance or susceptibility should be easily identifiable among the individuals exposed to selection. Furthermore, the existence of a correlation between resistance to a pathogen and resistance to its toxin is a fundamental requirement for the use of phytotoxins in *in vitro* cultures (BEHNKE, 1980).

The use of *B. sorokiniana* toxic filtrates applied to young wheat and oat calli has been shown as an efficient approach to identify resistant genotypes, by evaluation of callus growth (CRISTALDO, 1993; BARBIERI, 1995; HANDEL, 1996). This study was developed to test the correlation between the *in vitro* and *in vivo* responses of 12 wheat cultivars to *B. sorokiniana*.

## MATERIAL AND METHODS

Twelve wheat genotypes, selected for their known resistance or susceptibility to the spot blotch pathogen, were assessed in field trials during several years. The fungal isolates were obtained from wheat grains from the cultivars IAC 5 -Maringá and Trigo BR 35 infected with *B. sorokiniana* and showing the most characteristic symptom of the disease: a black point.

### *In vitro* selection

The toxin filtrates were obtained from the colonies of the purified isolates using the methodology described by ALAM (1989) (Figure 1).

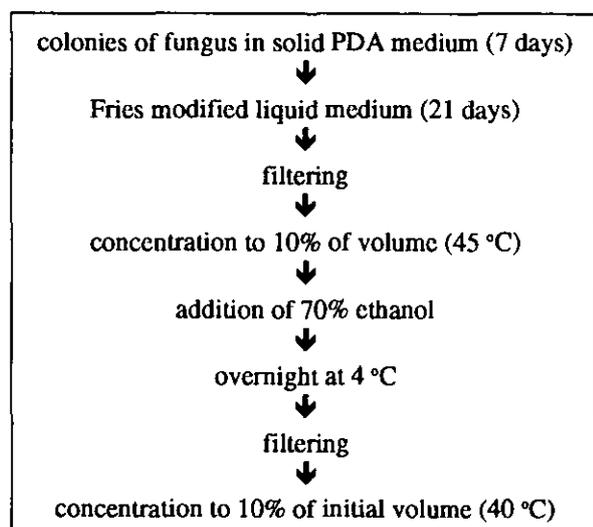


FIGURE 1 – Scheme for obtaining *B. sativum* toxin filtrates from the isolates IAC 5 - Maringá and Trigo BR 35

Immature wheat embryos were used as controls. After being removed, they were placed on Petri dishes containing the callus induction medium MS (MURASHIGE and SKOOG, 1962) with 2.0 mg/l of 2.4-D (dichlorophenolacetic acid), 3% saccharose and 0.8% carrageen. The calli were kept in this medium for four weeks at a temperature of  $25^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ . After this period, they were cut in pieces of approximately 1.0 mm and transferred to the MS maintenance and callus growth medium with 0.5 mg/l of 2.4-D, 3% saccharose and 0.8% carrageen, containing toxin filtrates of the fungus in the ratios of 1:8 or 1:16. The plates were placed under the light and temperature conditions mentioned above. The calli were measured twice: when placed in the growth and maintenance medium and after four weeks. The difference between these two measurements was considered as the measurement of callus growth.

### Seedling selection

The fungal isolates Trigo BR 35 and IAC 5 -Maringá were placed in Petri dishes containing PDA medium covered with a damp filter paper. The plates were kept at  $24^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$  in the dark, for three weeks.

The conidial suspension was prepared by adding 1 ml of sterilized distilled water to the plates containing the spores and agitating until the spores were detached from the paper surface. This concentrated conidial suspension was diluted to obtain the concentration used in inoculation studies. Dilutions were carried out in an Erlenmeyer flask with 400 ml of sterilized distilled water. The suspension was added until reaching a concentration  $1 \times 10^5$  conidia per ml of solution. A drop of the emulsifying agent Tween 20 for each 200 ml of suspension was added. The standardization of the inoculum concentration was done by counting the conidia in a Neubauer chamber (MATSUMURA, 1991).

This experiment was conducted in a growth chamber. The 12 wheat genotypes were sown, after disinfection, in plastic vases containing sterilized vermiculite. Germinated seeds were thinned to four seedlings per vase and were watered periodically with the nutritive solution (4.2 g of  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ; 1.4 g of  $\text{K}_2\text{HPO}_4$ ; 5.8 g of  $\text{KNO}_3$  and  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ , diluted in 10 liters of water) and kept in the growth cabinet at a temperature of  $20 \pm 1^{\circ}\text{C}$ , with a 12 hour photoperiod, until reaching the stage of three expanded leaves. At this stage, the vases were put in a damp chamber (metal cabinet completely closed with plastic) and inoculated with the spore suspension from Trigo BR 35 and IAC 5 -Maringá isolates, while the controls were treated with sterilized distilled water (LINDEN, 1989; MATSUMURA, 1991).

A continuous 10 pounds pressure jet spray obtained with a compressor motor was used to ensure uniform inoculation. The plants were sprayed until their leaves were completely covered with the suspension. After

inoculation, half of the plants were kept in these chambers for 18 hours and the other half for 36 hours under relative humidity near to saturation point ( $\pm 100\%$ ) at a temperature of  $24 \pm 2^\circ \text{C}$ . The incubated plants were then transferred to the growth chamber at the same temperature and  $\pm 70\%$  relative humidity, for six days, when the infection indexes were scored (MATSUMURA, 1991).

Assessment of the disease intensity was carried out by considering the percentage of necrotic lesion on the second leaf of each seedling (JAMES, 1971).

#### Experimental Design

The experiment with the callus and the toxin filtrates was carried out in an  $3 \times 12 \times 3$  factorial design; three toxins (Trigo BR 35 toxin, IAC 5-Maringá toxin and control), 12 genotypes and three replications. Each replication was made up of a plate with 10 calli. The analysis was done considering the mean of each replication.

The test with seedlings and fungal spore suspension was in a  $2 \times 2 \times 12 \times 3$  factorial design: two isolates (Trigo BR 35 and IAC 5-Maringá), two incubation periods (18 and 36 hours of nearly 100% relative humidity) and 12 genotypes in three replications. Each replication was made up of three vases with four seedlings. The evaluations (% of infected leaf area) were made only on the second leaf of each plant. The mean of each replication was used in the analysis without transformation of the data.

### RESULTS AND DISCUSSION

The results were obtained from the analysis of two experiments; one using *B. sorokiniana* toxin filtrates in tissue culture, and the other carried out in the growth chamber with seedlings and spore suspension from the same isolates.

The first provided data on the genetic variability among the wheat genotypes using fungal toxin filtrates, while the second allowed an seedling assessment of trait resistance or susceptibility to the spot blotch. Correlations between the responses at *in vitro* callus and seedling reaction were established.

#### Genotype response to the toxin action

The genotypes were distinct in their callus production potential and had different response in the presence of toxins from different origins (such as IAC 5-Maringá and Trigo BR 35). The genotypes sensitive to the presence of toxins showed different reactions to the Trigo BR 35 and IAC 5-Maringá toxins, while the resistant genotypes had a similar response to both toxins.

The growth measurement of the calli from 12 genotypes treated with the IAC 5-Maringá and Trigo BR 35 toxins at 1:16 dilution were significantly different among each other and in relation to the control treatment. The toxins delayed the callus growth, where the genotypes BH 1146, Mitacoré and IA 815 were the most affected, producing callus growth 50% inferior in size, when compared with the callus of the same genotypes without toxin. CEP 76146, CNT 1, line 290 and line 291 developed callus growth varying between 60 and 80%, while IA 7968, LD 7813 and line 293 had callus growth greater than 90% compared to the treatment without toxins. On the other hand, the callus development of line 289 and line 294 were similar to those observed on the callus without toxins (Table 1). The genotypes were classified in four distinct groups. Genotypes 289 and 294 were considered resistant; IA 7968, LD 7831 and 293 as moderately resistant; genotypes CEP 76146, CNT 1, 290 and 291 as moderately susceptible and BH 1146, IA 815 and Mitacoré as susceptible (Table 1).

TABLE 1 – Response of 12 wheat genotypes to 1:16 dilution toxins from *Bipolaris sorokiniana* isolated from IAC 5-Maringá and Trigo BR 35

Genotype	Callus growth					
	control (mm)	with IAC 5 toxin (mm)	%** of control	with BR 35 toxin (mm)	%** of control	host class***
BH1146	1.67 g*	0.69 g	42	0.36 g	22	S
Mitacoré	2.44 ef	1.13 f	47	0.77 gf	31	S
IA815	2.33 f	1.20 f	51	0.95 f	41	S
291	3.42 bc	2.50 cd	73	2.44 bc	71	MS
290	2.85 de	2.10 e	74	1.89 e	67	MS
CEP76146	1.24 g	1.02 f	82	0.93 f	75	MS
CNT1	3.10 cd	2.54 cd	82	1.99 de	64	MS
293	2.89 de	2.63 c	91	2.40 bcd	83	MR
LD7831	2.51 ef	2.27 de	91	2.27 cde	90	MR
IA7968	3.02 cd	2.76 c	92	2.74 b	91	MR
289	3.63 ab	3.66 b	100	3.65 a	100	R
294	4.02 a	4.07 a	100	3.91 a	97	R

C.V.(%) = 5.8

\* measurements followed by the same letter did not differ significantly at 5% by Tukey's test

\*\* growth percentage in relation to the treatment without toxin

\*\*\* phenotypic classification of the host according to scale established for percentage callus growth relative to the control without toxin: R (resistant) > 95%, MR (moderately resistant) = 80% to 94%, MS (moderately susceptible) = 60% to 79%, and S (susceptible) < 60%

No interaction among the tested genotypes and the toxins was observed. Trigo BR 35 toxin, however, caused a more intense reaction than the IAC 5-Maringá toxin showing differences in aggressiveness among the isolates. The difference in aggressiveness of these isolates was clearly visible among moderately susceptible and susceptible genotypes, especially in CNT 1 and BH 1146, than among the resistant or moderately resistant genotypes. Furthermore, the resistant and moderately resistant genotypes did not have differentiated response to the toxins of the same isolates.

Callus growth treated with the 1:8 dilution was lower than that observed in the 1:16 dilution. All genotypes, those with a resistance, susceptible or intermediate reaction, drastically reduced the growth of their callus obtained in the 1:16 dilution. The only exception was CNT 1 where callus size remained unchanged in both dilutions. Besides smaller calli, the genotypes developed calli with a lot of necrosis. The toxin dilution of 1:8 did not allow genotype classification among host reaction (resistance and/or susceptibility) groups. Furthermore, genotypes IA 7968 and LD 7813, considered moderately resistant

at 1:16 dilution had callus growth close to genotypes considered susceptible, such as IA 815 and Mitacoré, especially in the presence of the Trigo BR 35 toxin. Genotypes 289, 293, 290, CEP 76146 and BH 1146, with reactions ranging from resistant to moderately susceptible with 1:16 dilution behaved the same at 1:8 dilution. However, CNT 1 had similar reaction for both 1:8 and 1:16 dilutions and along with genotype 294 were considered the most resistant genotypes in the experiment (Table 2).

Significant differences were detected in the means of the two dilutions. There were also distinct effects among the toxin within each dilution, with Trigo BR 35 toxin having a more drastic effect than IAC 5-Maringá toxin (Table 2). As in the case of 1:16 dilution, no interaction was observed among the toxins and the genotypes of 1:8 dilution level. However, the toxins showed their differences in aggressiveness, with the toxin from Trigo BR 35 isolate being more aggressive than that extracted from the IAC 5-Maringá isolate. Lack of genotype x isolate interaction is indicative of absence of fungal specialization among isolates studied.

**TABLE 2 - Percentage of callus growth exposed to two dilutions (1:8 and 1:16) of two toxin filtrates (IAC 5 Maringá and Trigo BR 35) relative to the growth of toxin free control**

Genotypes	1:16 dilution		1:8 dilution	
	IAC5-Maringá isolate	BR 35 isolate	IAC5-Maringá isolate	BR 35 isolate
BH1146	42	22	53	23
Mitacoré	47	31	11	6
IA815	51	41	9	9
291	73	71	-	-
290	74	67	23	21
CEP67146	82	75	41	40
CNT1	82	64	63	46
293	91	83	47	32
LD7831	91	90	26	11
IA7869	92	91	16	13
289	100	100	30	21
294	100	97	35	31

**Evaluation of seedling response**

The seedling reaction caused by inoculation with the conidial suspension of the IAC 5-Maringá and Trigo BR 35 isolates demonstrated significant differences among genotypes at both levels of incubation (18 and 36 hours) (Table 3).

Seedlings incubated for 18 hours, under high relative humidity conditions, allowed classification of genotypes in two categories: resistant, such as 294 or susceptible, such as IA 815 and Mitacoré (Table

3). On the other hand, 36 hours of incubation period allowed identification of more than two classes. The isolates IAC 5-Maringá and Trigo BR 35 allowed the ranking of the tested genotypes in the categories: resistant (294, 293 and CNT 1); moderately resistant (289, 290 IA 7968 and CEP 76146); moderately susceptible (BH 1146 and LD 7831), and susceptible (IA 815 and Mitacoré). The differences in reaction were more intense in the presence of the Trigo BR 35 isolate.

**TABLE 3 – Percentage of seedling infection on 12 wheat genotypes after 18 and 36 hours incubation period, inoculated with two *B. sorokiniana* isolates**

Genotypes	IAC 5- Maringá		BR 35	
	Isolate 18 horas*	suspension 36 horas*	isolate 18 horas*	suspension 36 horas*
BH1146	1.2 bc**	16.6 bcd	2.9 b	20.0 c
CEP76146	0.6bc 7.5	de 3.1	b 13.3	cd
CNT1	0.4 bc	5.7 de	0.2 b	10.8 de
IA7968	1.1 bc	8.3 bc	0.2 b	17.1 c
IA815	15.0 a	26.7 b	23.3 a	36.6 b
LD7831	2.7 bc	17.1 bcd	3.2 b	18.3 c
Mitacoré	17.7 a	40.0 a	26.2 a	50.4 a
289	3.5 bc	15.0 cd	3.2 b	15.0 c
290	5.4 b	15.0 cd	5.5 b	13.0 cde
293	0.6 bc	1.7 e	0.3 b	1.5 e
294	0.2 c	1.5 e	0.2 b	2.3 de
means	b*** 4.4	b 14.1	a 6.2	a 18.00

C.V.(%) = 23.6

\* percentage of seedling infection on the second leaf

\*\* means followed by the same letter did not differ significantly at 5% by Tukey's test

\*\*\* measurements preceded by the same letter did not differ significantly at 5% by Tukey's test

#### Relationship between *in vitro* and seedling selection

A correlation analysis to check the existence of a possible relationship among the genotypes selected by the *in vitro* toxins and those classified by isolate conidial suspension was carried out (Table 4).

Significant and negative correlation coefficients (0.47 to -0.68) were observed between the toxin dilution

and the incubation period under high relative humidity. Thus, a bigger callus growth was related to a lower seedling infection. The highest correlation (-0.68) was observed for the 1:8 dilution and 36 hours of incubation period. On the other hand, the correlation coefficient detected for the 1:16 dilution and 36 hours of incubation (-0.51) was similar to the coefficient of the 1:8 dilution and 18 hours of incubation (-0.52) (Table 4).

**TABLE 4 – Correlation matrix between callus in 1:8 and 1:16 dilutions of *B. sorokiniana* toxins and the percentage of seedling infection assessed after 18 hours and 36 hours of incubation period**

	1:16 dilution	1:8 dilution	18 hours	36 hours
1:16 dilution	1.00			
1:8 dilution	0.87*	1.00		
18 hours	-0.47*	-0.52*	1.00	
36 hours	-0.51*	-0.68*	0.85	1.00

P(0.05)

The experiments carried out *in vitro* and *in vivo* showed a small but significant and negative correlation, based on callus growth in toxin filtrate and seedling infection measured in percentage of lesions. Other parameters, such as number and size of lesions, and chlorosis were not considered. The latter is an important factor to determine the degree of susceptibility (MEHTA, 1981,a). Thus, genotypes with few and small lesions, without chlorosis, would be considered resistant, while the genotypes with the same number of lesion but with pronounced chlorosis would belong to a distinct class.

However, the significance of the correlations indicated that there were correspondence between the *in vitro* response of the callus growth and the seedling reaction to infection.

#### CONCLUSIONS

*In vitro* selection of wheat callus for resistance to spot blotch, using fungal toxin filtrates, was shown to be a relatively simple and highly feasible technique. Considering the elimination of the pathogen in the

filtrate under controlled environmental conditions, the assessment criteria of the callus exposed to a 1:16 dilution of the toxin filtrates allowed an accurate screening of the genotypes according to their seedling reaction to the pathogen.

A smaller callus growth corresponded to a higher percentage of lesions on the seedling leaves, determining a negative correlation among *in vitro* and *in vivo* selection. The existence of this correlation allows, therefore, the use of phytotoxins of *B. sorokiniana* as possible selection procedure in wheat callus tissue to determinate its resistance to the disease.

## REFERENCES

- ALAM, B.K. Genetic regulation of host-selective toxin production; characterization of necrosis minus mutant of *Pyrenophora tritici-repentis* (DIED.) Drech. which has lost the ability to produce host-selective toxins in wheat. Columbia: University of Missouri, 1989. 128 p. Thesis (Ph.D.), University of Missouri, 1989.
- BARBIERI, R.L. Genética da resistência ao *Helminthosporium sativum* em trigo: uso de filtrados tóxicos em cultura de tecidos. Porto Alegre:UFRGS, 1995. 47 p. Dissertação (Mestrado) – Genética e Biologia Molecular, Departamento de Genética, Instituto de Biociências, UFRGS, 1995.
- BEHNKE, M. General resistance to late blight of *Solanum tuberosum* plants regenerated from callus resistant to culture filtrates of *Pyrenophora infestans*. *Theoretical and Applied Genetics*, Berlin, v. 56, p. 151-152, 1980.
- CHRISTENSEN, J. J. Physiologic specialization and mutation in *Helminthosporium sativum*. *Phytopathology*, St. Paul, v. 15, p. 785-795, 1925.
- CRISTALDO, R.M.L.O. Uso de filtrados tóxicos para avaliar a resistência ao fungo *Helminthosporium sativum* em trigos hexaplóides *in vitro*. Porto Alegre: UFRGS, 1993. 129 p. Tese (Doutorado) – Fitotecnia, Departamento de Plantas de Lavoura, Faculdade de Agronomia, UFRGS, 1993.
- DAUB, M. Tissue culture and the selection of resistance to pathogens. *Annual Review of Phytopathology*, Stanford, v. 23, p. 159-181, 1986.
- DIEHL, J. Podridão comum. In: TRIGO no Brasil. Campinas: Fundação Cargill, v.2, cap. 12, p. 501-508, 1982.
- HANDEL, C.L. Avaliação *in vitro* da resistência à helmintosporiose em aveia através do uso de filtrados tóxicos do fungo e do inseticida Methomyl. Porto Alegre: UFRGS, 1996. 69 p. Dissertação (Mestrado) – Fitotecnia, Departamento de Plantas de Lavoura, Faculdade de Agronomia, UFRGS, 1996.
- JAMES, W.C. An illustrated series of assessment keys for plant diseases their preparation and usage. *Canadian Plant Disease Survey*, Ottawa, v. 51, n. 2, p. 20-73, 1971.
- LINDEN, A.R. Alterações na patogenicidade, morfologia e atividade isoesterásica de *Helminthosporium sativum* decorrentes de passagens sucessivas por duas cultivares de trigo. Porto Alegre: UFRGS, Faculdade de Genética, UFRGS, 1989. 116 p. Dissertação (Bacharelado) – Genética, Departamento de Genética, Instituto de Biociências, UFRGS, 1989.
- LUDWING, R. A. Toxin production by *Helminthosporium sativum* P.K. & B. and its significance in disease development. *Canadian Journal of Botany*, Ottawa, v. 35, p. 291-303, 1957.
- LUZ, W.C. Influência do período de umidificação pós-inoculação na reação de cultivares de trigo a mancha foliar (*Cochliobolus sativus*). *Fitopatologia Brasileira*, Brasília, v. 7, p. 111-115, 1982.
- LUZ, W.C.; BERGSTROM, G.C. Temperature-sensitive development of spot blotch in spring wheat cultivars differing in resistance. *Fitopatologia Brasileira*, Brasília, v. 11, p. 197-204, 1986.
- MATSUMURA, A.T. Variabilidade intraespecífica quanto a patogenicidade, características de cultura e padrão isoesterásico em populações naturais de *Bipolaris sorokiniana* (*Helminthosporium sativum*). Porto Alegre: UFRGS, 1991. 262 p. Tese (Doutorado) – Genética, Departamento de Genética, Instituto de Biociências, UFRGS, 1991.
- MEHTA, Y. R. Produção de conídios, período de esporulação e extensão da lesão por *Helminthosporium sativum* nas folhas bandeiras de trigo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 16, n. 1, p. 77-99, 1981.a.
- MEHTA, Y. R. Identification of races of *Helminthosporium sativum* of wheat in Brazil. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 16, n. 3, p. 331-336, 1981.b.
- MEREDITH, C.P. Selecting better crops from cultured cells. IN: STADLER GENETICS SYMPOSIUM 16., 1986, Columbia. *Gene manipulation in plant improvement*. New York: Plenum Press, 1984. p. 149-172. 1984.
- MERONUCK, R.A.; PEPPER, E.H. Clamidospore formation in conidia of *Helminthosporium sativum* *Phytopathology*, St. Paul, v. 58, p. 866. 1968.
- MURASHIGE, T.; SKOOG, F. A revised medium for rapid growth bioassays with tobacco tissue cultures. *Physiologia Plantarum*, Copenhagen, v. 15, p. 473-497, 1962.
- REIS, E. M. Levantamento de plantas cultivadas, nativas e invasoras hospedeiras de fungos causadores de podridões radiculares em cereais de inverno e em outras culturas. *Summa Phytopathologica*, Jaguariúna, v. 8, p. 134-140, 1982.
- TANIGUCHI, E.; WHITE, G.A. Site of action of the phytotoxin helminthosporal. *Biochemistry and Biophysical Research Communications*, New York, v. 28, p. 879-885, 1967.

## AVALIAÇÃO DE GRÃOS ARDIDOS EM 32 HÍBRIDOS DE MILHO EM CAMPO ERÊ-SC

ARMANDO CORRÊA PACHECO<sup>1</sup>, RENATO CÉSAR DITTRICH<sup>2</sup>

**RESUMO** – A qualidade do milho comercial em Santa Catarina vem merecendo maior atenção devido a sua importância como componente de rações para animais e para alimentação humana. O “grão ardido” é um complexo de sintomas em grãos de milho que pode indicar a presença de fungos. No município de Campo Erê (SC), 32 híbridos foram avaliados para intensidade de grãos ardidos e apresentaram um gradiente de 5,29% até 41,74%. Foram identificados e quantificados entre os principais fungos veiculados aos grãos: *F. moniliforme* com 53,25% e *D. maydis* com 56,75%.

*Palavras-chave:* *Zea mays*, *Fusarium moniliforme*, *Diplodia maydis*

### SPOILED GRAINS EVALUATION IN 32 MAIZE HYBRIDS IN CAMPO ERÊ-SC

**ABSTRACT** – The sanity of maize in Santa Catarina has deserved more attention due to its importance as a component of animal ration and for human feed. The “grão ardido” is one of the symptom complex of fungi presence that can reduce the quality of maize. In Campo Erê – SC, 32 hybrids were evaluated for intensity of infected grains and they presented a gradient that varied from 5.29% to 41.74%. *F. moniliforme* (53.25%) and *D. maydis* (56.75%) were the principal fungi found infecting the kernels.

*Key words:* *Zea mays*, *Fusarium moniliforme*, *Diplodia maydis*.

## INTRODUÇÃO

Os problemas relacionados com a qualidade do grão de milho produzido no Oeste de Santa Catarina vem chamando a atenção de produtores e de agro-indústrias, interessadas no produto como componente de rações para animais e alimentação humana.

Os sintomas de grãos de milho ardidos, podem indicar a presença de fungos que depreciam a qualidade do milho, reduzindo seu valor nutritivo e/ou podendo conter micotoxinas que podem contaminar alimentos e rações (WHITE, 1994). Em Santa Catarina, as doenças de espiga causadas principalmente por *Fusarium moniliforme* e *Diplodia* spp. tem alta prevalência. WHITE, (1994), observou que a severidade de *F. moniliforme* e *D. maydis* pode variar de ano para ano, de propriedade para propriedade, na mesma propriedade com diferentes épocas de semeadura e entre cultivares, dependendo principalmente de condições climáticas. O período de suscetibilidade das espigas a estes patógenos ocorre logo após a liberação dos estigmas e diminui com o amadurecimento das mesmas (KOEHLER, 1959). Diferenças entre genótipos para resistência a doenças de espigas tem sido registradas por pesquisadores (WARREN, 1978; HART et al., 1984; DE LEÓN e PANDEY, 1989). Considerando a possibilidade de comporta-

mentos diferenciados entre cultivares procurou-se quantificar a reação de híbridos de milho com ocorrência de grãos ardidos e identificar os principais agentes causais envolvidos.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no município de Campo Erê-SC, com altitude média de 900 m, na safra de 1995/96. O delineamento foi de blocos ao acaso com quatro repetições em parcelas de 9,6 m<sup>2</sup>, constituídas de duas linhas de 6,0 m cada, espaçadas de 0,80 m e de 0,40 m entre covas na linha, com duas plantas por cova, equivalente a 62.500 plantas/ha. A fertilização do solo foi feita com 80, 30 e 20 kg/ha de NPK, cujas fontes foram uréia, superfosfato triplo e cloreto de potássio. O nitrogênio foi aplicado 50% na semeadura, em 18/10/95 e 50% em cobertura, 35 dias após.

Os grãos ardidos foram separados, pelos sintomas visuais, conforme critérios estabelecido na portaria nº 11 de 12/04/96 (BRASIL, 1996), a partir de uma amostra de 250 g de grãos de milho por parcela, pesados, corrigidos para 13% de umidade e transformados em percentagem. Paralelamente foram quantificados e identificados os microorganismos presentes.

A incidência de fungos nos grãos ardidos foi obtida em 400 sementes de uma amostra homogênea do

1. Eng. Agr., M.Sc. – EPAGRI/Centro de Pesquisa para Pequenas Propriedades, Caixa Postal 791, 89801-970 Chapecó – SC/BRASIL.

2. Eng. Agr., M.Sc. – EPAGRI, Caixa Postal 562, 88034-901 Florianópolis – SC/BRASIL.

Recebido para publicação em 26/06/1997.

experimento. As sementes foram distribuídas sobre papel mata-borrão embebido com uma solução de 0,2% de herbicida 2,4 D e incubadas por sete dias a 20/25°C em regime de 12 horas de escuro e 12 horas de luz. Os fungos foram identificados pela análise direta das sementes, com auxílio de esteromicroscópio e microscópio composto, sendo os dados transformados em porcentagem.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados apresentados na Tabela 1, mostram a incidência de grãos ardidos, com média experimental de 14,46%. Observa-se entretanto que as incidências variaram de 5,29% a 41,74%, sendo que entre 5,29% e 12,78% não houve diferença estatística significativa pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade.

**TABELA 1 – Avaliação da ocorrência de grãos ardidos, em 32 híbridos comerciais de milho em Campo Erê-SC, safra 1995/96**

Cultivares	Ciclo	Médias (%)
Novartis Veloz	Superprecoce	5,29
Braskalb XL 330	Superprecoce	5,60
Dinamilho 766	Superprecoce	6,06
Pioneer 3069	Superprecoce	6,25
Pioneer 3072	Superprecoce	6,58
Braskalb XL 212	Precoce	6,93
Colorado 6255	Normal	7,12
Pioneer 3063	Precoce	7,28
Agroeste AS-22	Precoce	8,12
Cargill 805	Superprecoce	8,57
Novartis Densus	Superprecoce	8,60
Braskalb XL 510	Superprecoce	9,94
Agrocerec 519	Precoce	11,08
Ocepar 705	Normal	12,71
Agrocerec 122	Precoce	12,78
NovartisG 740	Superprecoce	13,83
Novartis G85	Precoce	14,04
Cargill 808	Superprecoce	14,38
Agromen 2003	Precoce	15,57
Cargill 901	Superprecoce	16,18
Ocepar 720	Normal	16,76
Pioneer 3232	Normal	17,08
Dinamilho 556	Precoce	17,60
Agromen 2012	Superprecoce	19,27
Braskalb XL 370	Semiprecoce	20,11
Agromen 2010	Precoce	20,30
Zeneca 8392	Superprecoce	20,53
Agromen 1035	Normal	22,09
Cargill 956	Precoce	22,61
Cargill 855	Superprecoce	23,23
Agrocerec 215	Precoce	24,58
Agrocerec 1043	Normal	41,74
<b>Média Geral</b>		<b>14,46</b>
<b>CV %</b>		<b>34,28</b>

Na Tabela 2, são mostrados os principais fungos, identificados e quantificados a partir de sementes de milho com sintomas de ardido, onde se ressaltam a alta incidência de *Fusarium* e de *Diplodia*.

**TABELA 2 – Percentual médio da flora microbiana em grãos de milho ardido em 32 híbridos produzidos em Campo Erê-SC, safra 1995/96**

Microorganismos	Incidência (%)
<i>Aspergillus flavus</i>	0,50
<i>Diplodia maydis</i>	56,75
<i>Fusarium moniliforme</i>	53,25
<i>Penicillium</i> sp.	29,00

Esses resultados indicam a existência de condições ambientais que aliada a outros fatores, como suscetibilidade dos híbridos, mostram-se favoráveis a ocorrência de podridões de espiga, causadas por *Fusarium* e *Diplodia*.

Infelizmente por inexistência de informações meteorológicas do local, fica prejudicado uma melhor análise dos resultados em relação ao ambiente. Pode-se afirmar entretanto, que no período de cultivo do milho choveu suficientemente bem, pois o material que mais produziu, obteve rendimento médio de 10.389 kg/ha.

O fator ambiente em condições de estresse para as plantas pode torná-las suscetíveis a podridões de *Fusarium*, segundo GENDLOFF et al. (1986). Nas condições de Campo Erê é possível que um dos principais fatores de estresse das plantas esteja associado a altitude, que no local é de 900 m, uma vez que há indícios de que a importância deste fungo nas podridões de espigas, cresce com o aumento da altitude (DELBONI, 1997).

Enquanto que os fungos *Fusarium* spp, são considerados fitopatógenos oportunistas que dependem de ferimentos e ou de estresses das plantas para infectá-las, *D. maydis* é tido como patogênico, que independe daquelas condições (KOEHLER, 1959).

Os altos índices de ocorrência de *D. maydis* estão associados também, possivelmente, ao alto potencial de inóculo deste fungo no ambiente, uma vez que o local do experimento vem sendo cultivado com milho há vá-

rios anos. Os sistemas de cultivo de milho nesta região, tem baixo percentual de rotação de culturas, privilegiando a perenização e o aumento de inóculo em restos vegetais infectados. A importância desses restos culturais foi mostrada por FLETT e WEHNER (1991), que encontraram um efeito linear entre a severidade de podridão de espigas por *D. maydis* e a massa de restos culturais de milho colocada sobre o solo.

Os resultados deste trabalho confirmam que entre os híbridos testados ocorre diferenças de reações às doenças de espiga, permitindo estabelecer um gradiente de comportamento, que deve ser considerado por produtores e técnicos.

### BIBLIOGRAFIA CITADA

- BRASIL. Portaria n. 11 de 12 de abril de 1996. Estabelece critérios complementares para classificação do milho. *Diário Oficial da União*, Brasília, n. 72, p.6231, 15 abril 1996. Seção 1.
- DELBONI, J.S. **Resultados de experimentação Agroceres, Não-Me-Toque, 1997.** (Comunicação pessoal)
- DE LEÓN, C; PANDEY, S. Improvement of resistance to ear and stalk rots and agronomic traits in tropical maize gene pools. *Crop Science*, Madison, v. 29, p. 12-17, 1989.
- FLETT, B.C.; WEHNER, F.C. Incidence of *Stenocarpella* and *Fusarium* cob rots in monoculture maize under different tillage systems. *Journal of Phytopathology*, Berlin, v. 133, p. 327-333, 1991.
- GENDLOFF, E.H.; ROSSMAN, E.C.; CASALE, W.L.; ISLEIB, T.G.; HART, L.P. Components of resistance to *Fusarium* ear rot in field corn. *Phytopathology*, Saint Paul, v. 76, p. 684-688, 1986.
- HART, L.P.; GENDLOFF, E.; ROSSMAN, E.C. Effect of corn genotypes on ear rot infection by *Gibberella zeae*. *Plant Disease*, Saint Paul, v. 68, p. 296-298, 1984.
- KOEHLER, B. *Corn ear in Illinois*. Urbana: Illinois Agricultural Experimental Station, 1959. 87 p. (Illinois Agric. Exp. St. Bulletin, 639).
- WARREN, H.L. Comparison of normal and high-lysine maize inbreds for resistance to kernel rot caused by *Fusarium moniliforme*. *Phytopathology*, Sant Paul, v. 68, p. 1331-1335, 1978.
- WHITE, D.G. Preharvest mycotoxins in corn: an overview. In: ANNUAL ILLINOIS CORN BREEDERS SCHOOL, 30., 1994, Champaign. **Summary...** Champaign: University of Illinois at Urbana, 1994. p.1-6.

## ACUMULAÇÃO DE NUTRIENTES NO FEIJOEIRO

EDER JOÃO POZZEBON<sup>1</sup>, REIMAR CARLESSO<sup>2</sup>, OSVALDO KONIG<sup>3</sup>, ANTÔNIO CARLOS DOS SANTOS PESSOA<sup>4</sup>, CLAUDIO RENATO SCHLESSNER KELLING<sup>1</sup>

**RESUMO** – O objetivo deste experimento foi avaliar, na cultura do feijoeiro, a acumulação de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) e a exportação de nutrientes do solo via grãos e restos culturais em resposta à irrigação, fertirrigação e aplicação de micronutrientes. O experimento foi instalado em solo Podzólico vermelho-amarelo em Santa Maria, RS. O delineamento experimental foi de blocos casualizados com seis tratamentos e seis repetições. Determinou-se a acumulação de N, P e K aos 49 e 71 dias após a emergência (etapas R7 e R9). A exportação e acumulação de N, P e K foram altamente influenciadas pela irrigação. A utilização da irrigação ocasionou uma remoção, pelos grãos, de 92,8 kg/ha de N, 15,9 kg/ha de P e 60,9 kg/ha de K. Considerando a produção de palhada mais grãos a remoção de nutrientes foi de 117,6 kg/ha de N, 18,7 kg/ha de P e 87 kg/ha de K.

*Palavras-chave:* microelemento, fertilizante, macronutriente, matéria seca.

## NUTRIENT ACCUMULATION IN DRYBEANS

**ABSTRACT** – The objective of this experiment was to evaluate the accumulation and exportation of nitrogen (N), phosphorus (P) and potassium (K) in drybean shoots and grains in response to irrigation, fertirrigation with N and seed micronutrient application. The experiment was conducted on a loam Podzolic soil, in Santa Maria, RS. A complete randomized block design was the experimental layout with six treatments and six repetitions. The accumulation of N, P and K was determined at 49 (anthesis) and 71 (physiological maturity) days after emergency. The exportation and accumulation of N, P and K were highly influenced by irrigation. The use of irrigation resulted in a exportation of 92.8 kg/ha of N, 15.9 kg/ha of P and 60.9 kg/ha of K by crop grains. The cumulative nutrient exportations through grains and shoots were of 117.6 kg/ha of N, 18.7 kg/ha of P and 87.0 kg/ha of K.

*Key words:* micronutrient, fertilizer, macronutrient, biomass.

## INTRODUÇÃO

Na Região Sul do Brasil uma das principais características do sistema de produção da cultura do feijão é a retirada das plantas inteiras para a realização da trilha sem a reposição dos restos culturais sobre a área cultivada. Conseqüentemente, os nutrientes acumulados na parte aérea do feijoeiro são removidos tornando a cultura altamente associada com a diminuição da fertilidade do solo. A cultura do feijão é normalmente cultivada em pequenas propriedades em que predomina baixo nível tecnológico, freqüentemente realizada em áreas íngremes ou em cultivos consorciados que impedem a mecanização. Muitas práticas de cultivo como a semeadura, adubação, calagem, controles fitossanitários e de ervas daninhas são normalmente realizadas de maneira menos adequada devido a dificuldade de mecanização, sendo esta um dos fatores responsáveis pela baixa produtividade da cultura. A colheita mecanizada dificilmente é realizada devido às próprias característi-

cas da planta que, pela baixa altura de inserção das vagens ou hábito prostrado da planta, não favorece o uso de colhedoras automotrizes combinadas.

As práticas de colheita não tendem a apresentar alterações significativas nos próximos anos. Desta forma é importante a avaliação da acumulação de nutrientes na parte aérea do feijoeiro em resposta a tecnologias disponíveis aos produtores, tais como: irrigação; parcelamento do nitrogênio (N) via fertirrigação (aplicação de fertilizantes via água de irrigação) e; o uso de micronutrientes. De acordo com RAIJ (1991), devido às pequenas quantidade de micronutrientes exigidas pelas culturas, as deficiências dos micronutrientes são usualmente observadas após as deficiências dos macronutrientes. Entretanto, em solos onde são realizados cultivos sucessivos de feijão, somente com a aplicação de macronutrientes e calagem, ocorre um aumento da deficiência de micronutrientes.

Segundo HEDGE e SRINIVAS (1990) a irrigação exerce influência sobre a acumulação de nutrientes na

1. Eng. Agr. – Aluno do curso de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola

2. Eng. Agr., Ph.D. – Professor Titular do Departamento de Engenharia Rural da Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, Campus Universitário – Faixa de Camobi, km 09, Caixa Postal 221, 97105-900 Santa Maria – RS/BRASIL. Bolsista do CNPq. (autor para correspondência)

3. Eng. Agr., M.Sc. – Professor Adjunto do Departamento de Engenharia Rural.

4. Eng. Agr., M.Sc. – Aluno do Curso de Pós-graduação em Solos e Nutrição de Plantas, Universidade Federal de Viçosa. Viçosa – MG/BRASIL.

Recebido para publicação em 03/07/1997.

cultura do feijoeiro. Irrigações mais frequentes aumentam a quantidade total de N acumulado na planta, bem como a sua distribuição no interior da planta, principalmente devido a maior produção de matéria seca. A utilização da fertirrigação, segundo MAIA (1989), também aumenta o acúmulo de matéria seca nas plantas de feijão, além de resultar em um aumento na produtividade de grãos. PESSOA et al. (1996) observaram aumento nas quantidades totais de N, fósforo (P) e potássio (K) acumulados pelo feijoeiro sob irrigação em relação ao cultivo sem irrigação.

Os efeitos da adubação usualmente são menos evidenciados quando não ocorrer deficiência de água no solo. Entretanto, os benefícios da irrigação são maiores quando o solo é fértil ou convenientemente adubado (MORAES, 1988). SILVA et al. (1977) observaram, para as condições de cultivo do feijoeiro no Rio Grande do Sul, uma tendência de aumento de produtividade quando a aplicação de N foi parcelada 1/3 na sementeira e 2/3 aos 20 dias após a emergência (DAE).

A utilização de micronutrientes na cultura do feijoeiro é recomendada em áreas de baixa fertilidade ou em locais onde utiliza-se cultivos sucessivos com somente a aplicação de N, P e K. Os micronutrientes aumentam a produtividade da cultura e, conseqüentemente, a exportação de macro e micronutrientes. NICOLOSO e SANTOS (1990) verificaram que sementes tratadas com inoculante mais molibdênio e associadas com 10 kg/ha de N na sementeira e 20 kg/ha de N

em cobertura, apresentaram rendimento de grãos equivalente a aplicação de 10 kg/ha de N na sementeira e 40 kg/ha de N em cobertura. Este experimento foi conduzido com o objetivo de quantificar a acumulação e exportação de N, P e K pelas folhas, talos e grãos no feijoeiro cultivado em condições de irrigação, fertirrigação e aplicação de micronutrientes.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em área do Departamento de Engenharia Rural da Universidade Federal de Santa Maria, em Santa Maria, RS. A área utilizada apresenta solo Podzólico vermelho-amarelo, de textura média, possuindo as seguintes características químicas: pH em água (1:1) = 5,1; P = 10,8 mg/kg; MO = 28 g/kg; Al = 0,96 Cmol<sub>c</sub>/kg; Mg = 1,86 Cmol<sub>c</sub>/kg; Ca = 2,6 Cmol<sub>c</sub>/kg; Mg = 1,86 Cmol<sub>c</sub>/kg (analisados conforme TEDESCO et al., 1985).

Os tratamentos consistiram de seis combinações do uso da irrigação por aspersão, modo de aplicação do N em cobertura e aplicação de micronutrientes via semente. Na Tabela 1 são apresentados os seis tratamentos utilizados e a decomposição dos tratamentos em cinco contrastes ortogonais. Foi utilizado o delineamento experimental em blocos casualizados. Utilizou-se seis repetições por tratamento sendo as parcelas compostas de 10 linhas de plantas, com comprimento de seis metros.

TABELA 1 – Descrição dos tratamentos e decomposição dos tratamentos em contrastes ortogonais

TRATAMENTOS				CONTRASTES (coeficientes)				
Número	Irrigação	Microelementos	Cobertura	C1	C2	C3	C4	C5
T1	Não	Não	Convencional	2	0	1	0	0
T2	Não	Sim	Convencional	2	0	-1	0	0
T3	Sim	Não	Convencional	-1	1	0	0	1
T4	Sim	Sim	Convencional	-1	1	0	0	-1
T5	Sim	Não	Fertirrigação	-1	-1	0	1	0
T6	Sim	Sim	Fertirrigação	-1	-1	0	-1	0

A correção da acidez do solo e adubação de manutenção foi realizada de acordo com os resultados da análise do solo seguindo a recomendação da COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO – RS/SC (1989). Utilizou-se conforme a descrição dos tratamentos 40 kg/ha de K<sub>2</sub>O e 20 kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> na forma de cloreto de potássio e superfosfato triplo. A adubação de cobertura nitrogenada foi aplicada nas parcelas com aplicação em cobertura convencional do N (tratamentos T1, T2, T3 e T4), na forma de uréia, na dosagem de 85 kg/ha de N aos 12 dias após a emergência (DAE). Esta mesma do-

sagem de N, diluída em água, foi aplicada parcelada nos tratamentos com fertirrigação (T5 e T6), sendo 1/3 aplicados aos 12, 24 e 30 DAE. Os micronutrientes foram aplicados nas sementes na dosagem de 3,5 g/kg de sementes em formulação composta de 38% de zinco, 9% de molibdênio, 2% de boro e 0,5% de cobalto, de nome comercial Biocrop Feijão.

A sementeira foi realizada no dia 27 de setembro de 1991 com a cultivar de feijão BR-IPAGRO 1, de nome comercial Macanudo, em linhas espaçadas em 40 cm e, após o desbaste, deixou-se aproximadamente 12

plantas por metro linear. A irrigação das parcelas foi realizada através de um sistema de microaspersão. O limite inferior de disponibilidade hídrica utilizado, na camada de 0-20 cm de profundidade, foi de 60 kPa de tensão de água no solo, medida através de tensiômetros.

A massa seca da parte aérea foi determinada após colocação do material em estufa a 75°C até atingir massa constante e a massa seca dos grãos foi corrigida para 13% de umidade. A concentração de N, P e K foi determinada nas folhas e talos aos 49 DAE (etapa R7 – formação das vagens) e, nos talos, folhas e sementes aos 71 DAE (etapa R9 – maturação fisiológica), colhendo-se um metro linear de plantas. As amostras foram previamente secas e moídas em moinho tipo faca, provido de peneira de aço inoxidável de 30 mesh. Amostras de 0,20 g foram submetidas a digestão com ácido sulfúrico, seguindo TEDESCO et al. (1985). A concentração de N nos tecidos foi realizada por titulação com ácido sulfúrico 0,0025N, após ser destilado em destilador de arraste de vapores semi-micro Kjeldahl. A concentração de K foi determinada por fotometria de chama e a de P por fotocolometria. A quantidade de N, P e K acumulada foi determinada com base na concentração do nutriente no tecido e a produção de matéria seca correspondente. Para a determinação do rendimento de grãos foram colhidas as plantas inteiras e posteriormente procedeu-se a trilha em trilhadora estacionária. A análise da variância foi realizada em nível de significância de 5%. Foram efetuadas análises de covariância dos dados de matéria seca visando corrigir o efeito da coleta desigual do número de plantas.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram observadas diferenças na acumulação de N na parte aérea do feijoeiro (Figura 1) somente para o contraste C1 aos 49 DAE (formação das vagens – etapa R7). A utilização da irrigação ocasionou um acréscimo de 71,2% na acumulação de N na parte aérea. Evidenciando, assim, a importância de uma boa disponibilidade hídrica para uma maior absorção e acumulação de nutrientes. Este aumento na acumulação pela irrigação foi devido a maior produção de matéria seca e a maior concentração de N na parte aérea, conforme resultados determinados no mesmo experimento por POZZEBON et al. (1996). A irrigação também proporcionou incrementos na acumulação de P em 63,2% (3,6 kg/ha de P) e de K em 67,3% (17,3 kg/ha de K). A utilização de micronutrientes nas sementes associado a fertirrigação (contraste C4) proporcionou uma redução na acumulação de P e K na parte aérea das plantas (Figura 1), não sendo observado efeito da utilização de micronutrientes na acumulação de N. Estas diferenças ocorreram devido a menor massa seca de folhas e talos e menor teor desses nutrientes na planta. Resultados semelhantes de acumulação de N e P na parte aérea das plantas também foram relatados por HAAG et al. (1967), COBRA NETO

et al. (1971) e PESSOA et al. (1996). Entretanto, a acumulação de K observada neste experimento foi menor do que a relatada por HAAG et al. (1967) e COBRA NETO et al. (1971). Isto foi devido, basicamente, a menor concentração de K observada na planta.

A acumulação de nutrientes na parte aérea do feijoeiro (Figura 1) aos 71 DAE (maturação fisiológica – etapa R9), apresentou um comportamento semelhante em resposta a irrigação a acumulação observada na etapa R7. No entanto, uma menor porcentagem de incremento na acumulação de nutrientes foi observado nas plantas submetidas a irrigação quando comparadas com a etapa R7. Isto ocorreu porque as plantas apresentam maior taxa de acumulação até o final do florescimento. Na maturação fisiológica as plantas irrigadas apresentavam poucas folhas, sendo a maioria secas e amareladas. Entretanto, no tratamento sem irrigação as plantas apresentaram um prolongamento no ciclo e, na maturação fisiológica apresentavam retenção de folhas verdes e emissão de novas folhas, flores e vagens, evidenciando a continuidade da absorção e acumulação de nutrientes.

Nos tratamentos não irrigados, devido ao déficit hídrico ter ocorrido principalmente até a etapa R7, houve menor acúmulo de massa seca e menor absorção de nutrientes. Desta

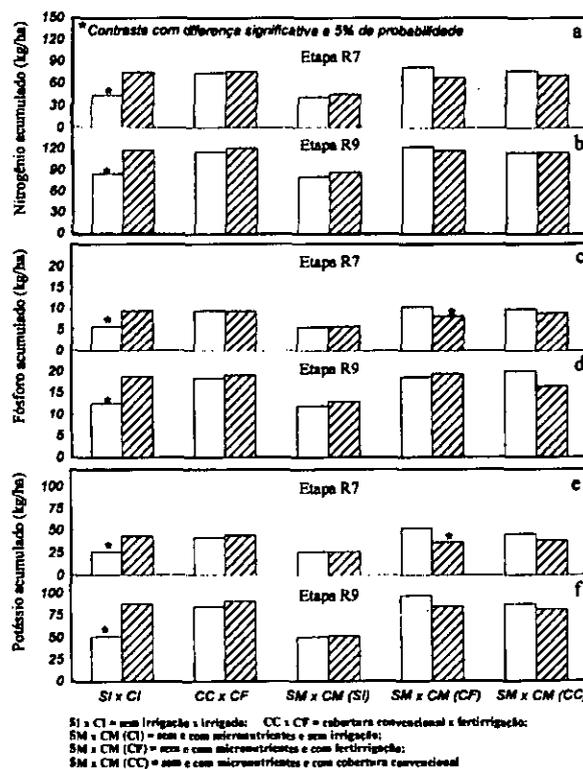


FIGURA 1 – Acumulação de nitrogênio, fósforo e potássio na parte aérea do feijoeiro na fase de formação das vagens (etapa R7) e na maturação fisiológica (etapa R9) para os contrastes, Santa Maria, RS

forma os nutrientes permaneceram mais disponíveis no solo para as etapas seguintes promovendo maior crescimento nas fases subsequentes quando as precipitações foram mais uniformemente distribuídas. A irrigação proporcionou um incremento de 41,7%, 50,8% e 72,2% na acumulação de N, P e K, respectivamente. COBRA NETO et al. (1971) obteve resultados semelhantes de acumulação de nutrientes (101,6 kg/ha de N, 9,1 kg/ha de P e 92,6 kg/ha de K).

Na maturação fisiológica a quantidade de nutrientes acumulada na parte aérea das plantas de feijão é mais importante, considerando o enfoque deste trabalho, pois esta diretamente relacionada com a exportação de nutrientes da área cultivada. Isto deve-se, basicamente ao sistema de cultivo utilizado pela maioria dos agricultores que é baseado no arranquio ou cortê das plantas e transporte para o exterior da área para posterior trilha. Um dos fatores que também pode aumentar a quantidade de nutrientes exportados é a antecipação da colheita pela retirada da área cultivada de plantas verdes com maior número de folhas. Avaliando separadamente a acumulação de nutrientes nas folhas e talos das plantas de feijoeiro na etapa R9, observou-se uma maior acumulação de N nas folhas, acumulação equilibrada de P nas folhas e talos e maior acumulação de K nos talos. Estes resultados indicam que quando a colheita for realizada após o desfolhamento completo do feijoeiro reduz a exportação de nutrientes principalmente do N e P.

Uma maior acumulação de N, P e K nos grãos (Figura 2) foi observada nas plantas irrigadas (contraste C1). Embora neste experimento avaliou-se somente a acumulação de N, P e K, o arranquio das plantas para a realização da trilha ocasiona, também, a exportação de outros nutrientes essenciais ao crescimento e desenvolvimento das plantas, normalmente não adicionados ao solo via adubação de manutenção. Uma menor acumulação de P foi observado com a utilização de micronutrientes nas sementes e aplicação convencional de N em cobertura (contraste C5).

Plantas irrigadas não apresentaram diferenças na acumulação de N, P e K nos grãos com a aplicação convencional do N em cobertura ou utilização da fertirrigação (contraste C2). Além disso, sem a utilização da irrigação a aplicação de micronutrientes nas sementes não ocasionou aumento na acumulação de N, P e K nos grãos (contraste C3). Observou-se maior acúmulo e exportação de N, P e K nos tratamentos irrigados, devido principalmente a maior produtividade, o que também é relatado por PESSOA et al. (1996).

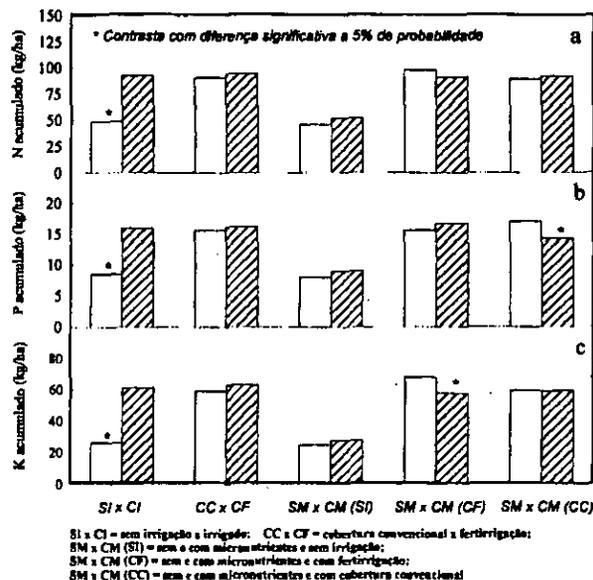


FIGURA 2 – Acumulação de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) nos grãos do feijoeiro na maturação fisiológica (etapa R9) para os cinco contrastes, Santa Maria, RS

A acumulação de nutrientes na parte aérea do feijoeiro bem como a exportação de nutrientes devido a retirada pelas plantas está linearmente relacionada ao rendimento de grãos (Figura 3). Observou-se também uma tendência de aumento na acumulação de P e K na parte aérea das plantas entre as etapas R7 e R9 com o aumento no rendimento de grãos. A relação entre o rendimento de grãos e a acumulação de N, P e K nos grãos é linear e aumenta com o aumento na produtividade (Figura 4). Entretanto, em relação a acumulação de N, P e K na parte aérea do feijoeiro observou-se uma menor acumulação de K, uma maior acumulação de P e uma semelhante acumulação de N. Estes resultados indicam que a exportação de K da área cultivada pode ser enormemente reduzida com a redistribuição dos restos de trilha sobre o terreno. Entretanto, a quantidade de K exportado não é influenciada pelo nível de produtividade da cultura, sendo o P principalmente exportado através dos grãos. A quantidade de N, P e K removida pela cultura foi superior à aplicada no solo pela adubação, assim, se não forem repostos os restos culturais na lavoura e realizada a adubação para restituir essas perdas, o solo pode ter uma redução progressiva da fertilidade. A quantidade de nutrientes exportados pelos grãos está na dependência do rendimento de grãos da cultura. HAAG et al. (1967) encontraram exportação pelos grãos de 34,1 kg/ha de N, 3,3 kg/ha de P e 20,2 kg/ha de K considerando uma produção de 1000 kg de grãos por hectare. Já COBRA NETO et al. (1971) obtiveram quantidades exportadas pelos grãos de 37,7 kg/ha de K.

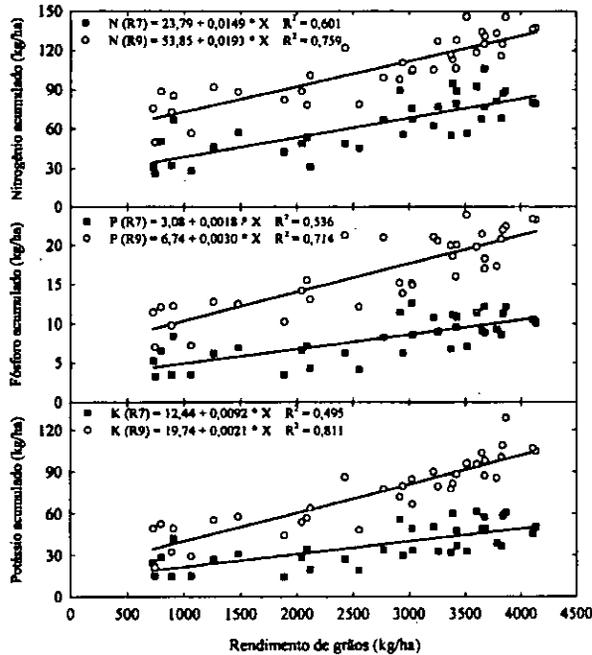


FIGURA 3 – Relação entre a acumulação de nitrogênio, fósforo e potássio na parte aérea do feijoeiro e o rendimento de grãos na formação das vagens (R7) e maturação fisiológica (R9), Santa Maria, RS

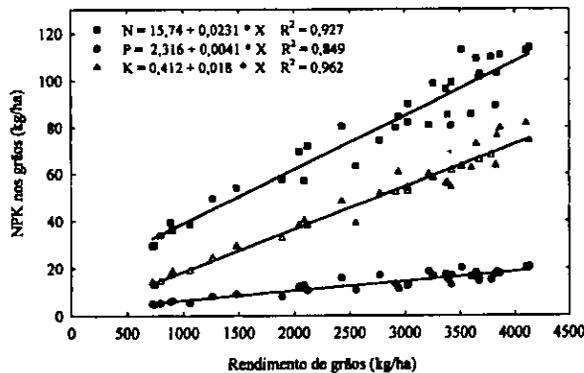


FIGURA 4 – Relação entre a acumulação de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) nos grãos do feijoeiro e o rendimento de grãos, Santa Maria, RS

### CONCLUSÕES

O potássio é exportado da área cultivada em menor quantidade que o fósforo e o potássio quando, após a trilha, os restos culturais da cultura do feijoeiro são recolocados sobre a área cultivada.

A utilização da irrigação ocasiona maior acumulação e exportação de nutrientes pela parte aérea das plantas e sementes do feijoeiro

A redistribuição sobre o solo dos restos da cultura do feijoeiro após a trilha reduz a quantidade de fertilizantes a ser aplicado no solo em cultivo subsequente.

### BIBLIOGRAFIA CITADA

- COBRA NETO, A.; ACCORSI, W.R.; MALAVOLTA, E. Estudos sobre a nutrição do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L. var Roxinho). Anais da Escola Superior de Agricultura Luis de Queiroz, Piracicaba, v. 28, 1971, p. 257-273.
- COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO – RS/SC. Recomendação de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. 2.ed. Passo Fundo, SBCS-Núcleo Regional Sul/EMBRAPA-CNPT, 1989. 128 p.
- HAAG, H.P.; MALAVOLTA, E.; GARGANTINI, H.; BLANCO, H.G. Absorção de nutrientes pela cultura do feijoeiro. Bragantia, Campinas, v. 26, n. 30, p. 381-91, 1967.
- HEGDE, D.M.; SRINIVAS, K. Plant water relations and nutrient uptake in French bean. Irrigation Science, Springer-Verlag, v. 11, p. 51-56, 1990.
- MALA, P.C.S. Fertilização por sistemas de irrigação por aspersão convencional na cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) Piracicaba: ESALQ, 1989. 81 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 1989.
- MORAES, J.F.V. Calagem e adubação. In: ZIMERMANN, M.J. de O. (Coord.) A cultura do feijoeiro: aspectos que afetam a produtividade. Piracicaba: Associação Brasileira para a Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1988. p. 261-301.
- NICOLOSO, F. T.; SANTOS, O S Efeitos do nitrogênio mineral, molibdênio e inoculação com Rhizobium no feijoeiro comum. Revista do Centro de Ciências Rurais, Santa Maria, v. 20, n. 1-2, p. 23-55, 1990.
- PESSOA, A.C.S.; KELLING, C.R.S.; POZZEBON, E.J.; KÖNIG, O. O. Concentração e acumulação de nitrogênio, fósforo e potássio pelo feijoeiro cultivado sob níveis de irrigação. Ciência Rural, Santa Maria, v. 26, n. 1, p. 69-74, 1996.
- POZZEBON, E.J.; CARLESSO, R.; KELLING, C.R.S., PESSOA, A.C.S. Concentração de nitrogênio, fósforo e potássio na parte aérea do feijoeiro em resposta à irrigação, fertirrigação e micronutrientes. Ciência Rural, Santa Maria, v. 26, p. 191-196, 1996.
- RAIJ, B. van. Fertilidade do solo e adubação. Piracicaba: Ceres, POTAFOS, 1991.
- SILVA, M.I. da; DARIVA, T.; KAMINSKY, J.; XAVIER, F.M. Efeitos de níveis e épocas de aplicação de nitrogênio na produção do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) Revista do Centro de Ciências Rurais, Santa Maria, v. 7, n. 4, p. 395-401, 1977.
- TEDESCO, M.J.; VOLKWEISS, S.J.; BOHNEN, H. Análise de solo, plantas e outros materiais. Porto Alegre: Faculdade de Agronomia/Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1985. 188 p. (Boletim Técnico, 5).

**EFEITOS DE PARTES DE PLANTAS DE AVEIA-PRETA (*Avena strigosa* Schreb.) E DE SISTEMAS DE ADUBAÇÃO NITROGENADA SOBRE O DESENVOLVIMENTO E PRODUTIVIDADE DO MILHO (*Zea mays* L.) ESTABELECIDO EM SEMEADURA DIRETA**

NILSON G. FLECK<sup>1</sup>, RODRIGO NEVES<sup>2</sup>, RIBAS A. VIDAL<sup>3</sup>, LEANDRO VARGAS<sup>4</sup>

**RESUMO** – O sistema de semeadura direta de culturas de verão requer a utilização de espécies de inverno com a finalidade de cobrir o solo e fornecer palha ao sistema, sendo a aveia-preta a principal espécie utilizada no Rio Grande do Sul para esta finalidade. Com o objetivo de avaliar o desenvolvimento e a produtividade do milho estabelecido sobre partes de aveia-preta e de sistemas de adubação nitrogenada, realizou-se um experimento na Estação Experimental Agrônômica da UFRGS, em Eldorado do Sul, RS, na safra 1996/97. Os tratamentos constaram de quatro sistemas de pré-semeadura do milho (milho semeado sobre restos de plantas inteiras, partes radicais e partes aéreas de plantas de aveia-preta, e na ausência de resteva desta espécie), bem como de quatro sistemas de adubação nitrogenada (0/0, 30/90, 60/60 e 0/120 kg/ha de N na base/cobertura, respectivamente). A semeadura do milho sobre partes ou plantas inteiras de aveia-preta provocou reduções na emergência, na massa seca aos 15 dias após a emergência (DAE) e na estatura das plantas de milho aos 15 e 28 DAE. Os melhores resultados para massa seca e estatura das plantas de milho aos 15 e 28 DAE foram obtidos com a utilização de 60/60 kg/ha de nitrogênio, na média das coberturas vegetais. Já para as variáveis estatura final, área foliar e rendimento de grãos não houve diferenças entre as formas de parcelamento da adubação nitrogenada, sendo os valores alcançados com a aplicação do nitrogênio superiores aos obtidos na ausência do mesmo. Conclui-se que a presença de diferentes partes de aveia-preta reduz o desenvolvimento inicial das plantas de milho, não reduzindo o rendimento de grãos da cultura quando esta recebe adubação nitrogenada.

*Palavras – chave:* *Avena strigosa* S., alelopatia, plantio direto.

**EFFECTS OF FORAGE OATS PLANT PARTS (*Avena strigosa* Schreb.) AND OF NITROGEN FERTILIZING SYSTEMS ON DEVELOPMENT AND GRAIN YIELD ON CORN (*Zea mays* L.) ESTABLISHED IN NO-TILL**

**ABSTRACT** – Maximum benefits of no-tilled summer crops are obtained when winter species are used to cover the soil with straw to prevent soil erosion. Forage oats is the main species utilized as cover crop in Rio Grande do Sul State, Brazil. One experiment was conducted at Experimental Estation of UFRGS, in Eldorado do Sul, RS, during 1996/97, with the objective to evaluate corn yield and development when established on forage oats plant parts and with nitrogen fertilizing systems. Treatments consisted of four cover systems established before corn seeding (corn seeding on whole oats plant straw, oat roots, oat shoots, and bare soil); as well as four nitrogen fertilizer systems (0/0, 30/90, 60/60 and 0/120 kg/ha of N at start/dressing, respectively). Corn seeding on oat plant parts or on whole oat plants reduced corn emergence, corn dry matter at 15 days after emergency (DAE), and corn height at 15 and 28 DAE. The best results for dry matter and height of corn plants at 15 and 28 DAE were obtained with 60/60 kg/ha of N, as averages of all cover systems. For the variables corn height at harvesting, leaf area, and grain yield there were no differences between nitrogen fertilizer systems, with best results obtained with nitrogen application, as compared to the treatment without nitrogen. It is concluded that the presence of different oat plant parts decrease initial development of corn plants, but do not reduce grain yield when the crop receives nitrogen.

*Key words:* *Avena strigosa* S., allelopathy, no-till.

## INTRODUÇÃO

Atualmente, no Estado do Rio Grande do Sul, existe interesse crescente no sistema de semeadura direta, devido à permanente cobertura do solo neste sistema evitar perdas por erosão, promover melhoria nas condições químicas, físicas e biológicas do solo, resultando

num melhor desenvolvimento das espécies cultivadas em sucessão. Para esta finalidade, a aveia-preta (*Avena strigosa* S.) e a aveia-branca (*Avena sativa* L.) são as principais espécies mais utilizadas (PÖTTKER e ROMAN, 1994).

No entanto, com o acúmulo de resíduos vegetais na superfície do solo e conseqüente aumento da ativi-

1. Eng. Agr., Ph.D. – Prof. Aposentado do Departamento de Plantas de Lavoura, Faculdade de Agronomia da UFRGS. Caixa Postal 776, 91501-970 Porto Alegre – RS/BRASIL. Bolsista do CNPq.

2. Eng. Agr. – Aluno do Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Faculdade de Agronomia da UFRGS.

3. Eng. Agr., Ph.D. – Prof. Adjunto do Depto. de Plantas de Lavoura, Faculdade de Agronomia da UFRGS. Bolsista do CNPq.

4. Eng. Agr. – Aluno do Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Faculdade de Agronomia da UFRGS.

Recebido para publicação em 14/08/1997.

dade biológica, as reações de mineralização do material orgânico e as transformações do N-amoniaco são intensas. Além disso, deve-se considerar a relação C/N dos resíduos influenciando as taxas de mineralização e de imobilização do nitrogênio pelos microrganismos no solo e a relação oferta/demanda desse nutriente para as culturas (SÁ, 1993). De forma geral, materiais ricos em lignina, que é o principal constituinte dos tecidos duros de relação C/N alta como a palha dos cereais, apresentam menores taxas de decomposição do que os materiais menos lignificados (VELLOSO e ROMAN, 1993).

Nestas condições, torna-se fundamental o ajuste de sistemas adequados de aplicação da adubação nitrogenada na cultura do milho que reduza os problemas oriundos da presença de cobertura morta de elevada relação C/N. PÖTTKER e ROMAN (1994), trabalhando com doses de nitrogênio, encontraram que os menores efeitos depressivos da palha de aveia-preta sobre o rendimento do milho foram obtidos quando a adubação nitrogenada de cobertura aumentou de 0 para 50, 100 e 200 kg/ha. Porém SÁ (1989), estudando o efeito da adubação nitrogenada na produtividade do milho em semeadura direta após aveia-preta, na região dos Campos Gerais do Estado do Paraná, observou que a resposta ao nitrogênio aplicado em cobertura foi inferior ao nitrogênio aplicado na semeadura. Segundo o autor, doses mais elevadas de nitrogênio na semeadura resultam numa redução da deficiência inicial de nitrogênio para as plantas de milho, decorrente da imobilização do nitrogênio durante a decomposição dos resíduos de aveia-preta.

De outro modo, reveste-se de importância o conhecimento de possíveis efeitos alelopáticos depressivos ocasionados pela decomposição de resíduos vegetais deixados sobre o solo, quando se avalia o sistema de semeadura direta. A manutenção dos resíduos de culturas sobre o terreno, tal como é praticado na semeadura direta, é a situação em que os efeitos alelopáticos estão sendo usados com maior êxito na agricultura. Por isso, na escolha da seqüência de culturas das rotações e/ou sucessões deve-se levar em consideração o efeito de aleloquímicos oriundos da cultura anterior sobre a que lhe segue (ALMEIDA, 1988). Em tal sistema de semeadura, assume importância os efeitos alelopáticos das substâncias liberadas por exudação radicular, lixiviados dos resíduos da parte aérea ou produzidos na decomposição de ambas as partes da planta no solo (PATTERSON, 1986; BRAGAGNOLO e MIELNICZUK, 1990).

Segundo CHANDRAMOHAN et al. (1973), a decomposição de matéria orgânica, particularmente de resíduos vegetais, resulta na produção de grande número de ácidos fenólicos, compostos considerados de elevado potencial alelopático. Existem inúmeros trabalhos que demonstram a influência de restos culturais sobre a

germinação e o desenvolvimento inicial das culturas sucessoras. PUTNAM (1985), refere que o potencial alelopático das plantas está presente em todos os seus tecidos, podendo variar com o composto e a quantidade do aleloquímico em função da parte da planta envolvida. De acordo com RUEDELL (1995), o manejo mecânico e/ou químico das culturas de inverno, antes da implantação do milho, mais especificamente nos casos da aveia-preta e do azevém, deve ser realizada em torno de 20 a 30 dias antes da semeadura da cultura. Evita-se assim, possíveis efeitos alelopáticos ou mesmo de resíduos dos herbicidas utilizados na dessecação da espécie antecessora.

DUKE e FAY (1977) identificaram escopoletina e outros compostos alelopáticos entre as substâncias exudadas por raízes de aveia, as quais são capazes de inibir o desenvolvimento de plantas de *Brassica kaber*. Da mesma forma, extratos de aveia e soja causaram decréscimo de 61% no comprimento da radícula e raízes secundárias, bem como, redução de 74% na germinação da cultura do milho (MARTIN et al., 1990).

O presente experimento objetivou investigar o desenvolvimento do milho estabelecido sobre partes de plantas de aveia-preta e o parcelamento do nitrogênio na base/cobertura, quando a cultura foi implantada em semeadura direta pós-dessecação da cobertura vegetal com herbicida.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado a campo, com suplementação hídrica de irrigação por aspersão, durante o período de julho de 1996 a fevereiro de 1997, na Estação Experimental Agronômica (EEA) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). A EEA/UFRGS localiza-se no município de Eldorado do Sul, região fisiográfica da Depressão Central do Rio Grande do Sul caracterizada por apresentar clima subtropical úmido. O solo pertence à unidade de mapeamento São Jerônimo, classificado como Podzólico Vermelho-Escuro distrófico (Paleudult) (ESPÍRITO SANTO, 1988).

Os tratamentos foram arranjados no delineamento experimental de blocos completamente casualizados, com quatro repetições, dispostos em esquema fatorial. Os sistemas de adubação nitrogenada na cultura do milho, utilizados como fator A, foram os seguintes: aplicação de 0/0, 30/90, 60/60 e 0/120 kg/ha de nitrogênio na base/cobertura, respectivamente. O adubo foi distribuído a lanço na base e, em linhas, em cobertura. A adubação nitrogenada, em cobertura, foi dividida em duas aplicações: a primeira realizada quando o milho se encontrava com quatro ou cinco folhas e a segunda, com oito ou nove folhas. Como fator B, utilizou-se vários sistemas de pré-semeadura do milho: 1- milho semeado sobre plantas inteiras; 2- milho semeado sobre partes

aéreas; 3- milho semeado sobre partes radicais de plantas de aveia-preta; e 4- semeadura do milho na ausência de resteva dessa espécie (correspondente ao pousio).

Na etapa inicial do experimento (1º de julho de 1996) foi implantada mecanicamente a cultura da aveia-preta (*Avena strigosa* S.) na densidade de 300 plantas/m<sup>2</sup>, com espaçamento de 0,2 m entre fileiras. Após 35 dias da emergência efetuou-se eliminação das plantas de aveia-preta com o objetivo de manter a área em sistema de pousio, utilizando-se o herbicida glyphosate na dose de 540 g/ha e.a. (1,5 l/ha p.c.). A adubação nitrogenada, em cobertura, nesta cultura foi aplicada aos 40 dias após a emergência, utilizando-se 54 kg/ha de nitrogênio (equivalente a 120 kg/ha de uréia).

A dessecação da aveia-preta mantida na área adicional, para posterior semeadura da cultura do milho, foi efetuada quando as plantas encontravam-se no estágio de floração (06 de outubro de 1996). Esta dessecação foi executada através da aplicação do herbicida paraquat na dose de 400 g/ha (2,0 l/ha p.c.). Três dias após a aplicação do herbicida, as plantas de aveia-preta foram cortadas ao nível do solo, com o auxílio de uma segadora motorizada. Logo após o corte a palha das plantas foi transferida para outras parcelas, de acordo com os tratamentos propostos. A produção média de fitomassa da parte aérea de aveia-preta foi de 4000 kg/ha de massa seca.

O milho (híbrido 'XL-220') foi semeado mecanicamente numa densidade de 60.000 plantas/ha (seis plantas/m<sup>2</sup>), com espaçamento de 0,8 m entre fileiras. A semeadura foi realizada no dia 09 de outubro de 1996 e a colheita no dia 19 de fevereiro (ciclo de 125 dias). A adubação do solo foi realizada de acordo com a análise

química e constou da distribuição de 150 kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 100 kg/ha de K<sub>2</sub>O. Cada unidade experimental foi constituída de quatro fileiras de plantas, totalizando 24 m<sup>2</sup> de área total e 16 m<sup>2</sup> de área útil.

Os efeitos dos tratamentos, por sua vez, foram estimados através da avaliação da emergência, aos 7 dias após a semeadura do milho; massa seca e estatura das plantas de milho, aos 15 e 28 dias após a emergência (DAE), determinadas em 10 plantas por parcela; e finalmente da área foliar, estatura final e rendimento de grãos de milho (umidade 13 %).

Os efeitos dos tratamentos foram testados pela análise de variância e as diferenças entre médias, através do teste de Duncan. Em ambas as análises utilizou-se o nível de 5 % de probabilidade.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da análise de variância demonstraram diferenças significativas para algumas variáveis, tanto entre métodos de adubação nitrogenada quanto para os sistemas utilizados em pré-semeadura do milho. Para o rendimento de grãos houve interação significativa entre os dois fatores estudados.

Quanto à emergência de plantas de milho, constatou-se que ocorreram diferenças significativas entre os sistemas de pré-semeadura utilizados, sendo que o maior número de plantas foi obtido na ausência de partes de plantas de aveia-preta. Na presença do sistema radical de aveia-preta não houve decréscimo significativo de plantas emergidas porém, na semeadura sobre plantas inteiras ou partes aéreas de plantas de aveia-preta houve reduções significativas nesta variável (Tabela 1).

**TABELA 1 – Emergência de plantas de milho em função de diferentes sistemas de pré-semeadura, na média de métodos de adubação nitrogenada, EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 1996/97**

Sistemas de pré-semeadura	Emergência	
	Número de plantas/2 m	%
Ausência de partes de plantas de aveia-preta (testemunha)	11 a <sup>1</sup>	100
Presença das plantas inteiras de aveia-preta	9 b	82
Presença das partes aéreas	9 b	82
Presença dos sistemas radicais	10 ab	91
CV (%)	19,1	

<sup>1</sup> Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem significativamente pelo teste de Duncan, ao nível de 5%.

Resultados semelhantes aos anteriores foram obtidos por ocasião da avaliação da massa seca inicial das plantas de milho aos 15 DAE. Já na avaliação procedida aos 28 DAE não houve diferenças significativas en-

tre testemunha e os demais sistemas de pré-semeadura. Este fato demonstra que houve uniformização no desenvolvimento das plantas de milho com o passar do tempo (Tabela 2).

**TABELA 2 – Massa seca das plantas de milho avaliada aos 15 e 28 dias após a emergência, com a cultura semeada em diferentes sistemas de pré-semeadura, na média de quatro métodos de adubação nitrogenada, EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 1996/97**

Sistemas de pré-semeadura	Massa seca <sup>1</sup>			
	15 DAE		28 DAE	
	g/planta	%	g/planta	%
Ausência de partes de plantas de aveia-preta (testemunha)	2,0 a <sup>2</sup>	100	38 a	100
Presença das plantas inteiras de aveia-preta	1,7 b	85	40 a	105
Presença das partes aéreas	1,5 b	75	32 a	84
Presença dos sistemas radicais	1,8 ab	90	38 a	100
CV (%)	29,4		36,9	

<sup>1</sup> Da parte aérea das plantas, referida em dias após a emergência.

<sup>2</sup> Médias seguidas da mesma letra, nas colunas, não diferem significativamente pelo teste de Duncan, ao nível de 5%.

Pressupõe-se a ocorrência de algum efeito físico ocasionado pela presença da palha de aveia-preta sobre a emergência do milho, ou um efeito devido à liberação de substâncias alelopáticas pelas raízes da aveia, visto que no tratamento em que as partes aéreas da aveia foram removidas também ocorreram decréscimos na emergência e na matéria seca do milho aos 15 DAE. Outro fator que pode ter causado decréscimo no desenvolvimento inicial das plantas de milho é a imobilização de nitrogênio pelos microorganismos para decomposição da palha de alta relação C/N encontrada nos restos culturais das plantas de aveia-preta, conforme referido por HEINZMANN (1985) e DERPSCH (1985).

De acordo com ALMEIDA (1981), a cobertura morta desempenha papel importante no sistema de semeadura direta, por proteger o solo da erosão e servir como um elemento isolante, formando uma barreira física capaz de protegê-lo de drásticas variações de temperatura. Neste sentido, torna-se importante a relação

C/N apresentada pelo resíduo, sendo que palhas de cereais mostram menores taxas de decomposição devido à alta relação C/N (VELLOSO e ROMAN, 1993).

Possivelmente, a inibição verificada no desenvolvimento inicial do milho não seja unicamente devida à elevada relação C/N da palha de aveia-preta, mas também derive de uma interferência negativa causada pela exudação de aleloquímicos ou pela decomposição do sistema radical das plantas de aveia. Este fato pode ser observado na menor estatura das plantas de milho observada aos 15 e 28 DAE, quando os valores obtidos na presença de partes de plantas de aveia-preta, inclusive sistema radical, foram inferiores ao da testemunha (Tabela 3). Entretanto, a semeadura do milho logo após a dessecação (3 dias) provavelmente contribuiu para esta inibição. Desta forma, o efeito de sistemas de pré-semeadura sobre a emergência e desenvolvimento inicial do milho não podem ser considerados conclusivos.

**TABELA 3 – Estatura das plantas de milho avaliada aos 15 e 28 dias após a emergência, com a cultura semeada em diferentes sistemas de pré-semeadura, na média de quatro métodos de adubação nitrogenada, EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 1996/97**

Sistemas de pré-semeadura	Estatura de planta <sup>1</sup>			
	15 DAE		28 DAE	
	cm	%	cm	%
Ausência de partes de plantas de aveia-preta (testemunha)	18 a <sup>2</sup>	100	32 a	100
Presença das plantas inteiras de aveia-preta	14 b	78	26 b	81
Presença das partes aéreas	14 b	78	26 b	81
Presença dos sistemas radicais	14 b	78	25 b	78
CV (%)	8,8		10,9	

<sup>1</sup> Referida em dias após a emergência.

<sup>2</sup> Médias seguidas da mesma letra, nas colunas, não diferem significativamente pelo teste de Duncan, ao nível de 5%.

Para eliminar possíveis efeitos depressivos de produtos dessecantes e de aleloquímicos produzidos durante a decomposição dos resíduos vegetais, RUEDELL (1995) recomenda que o manejo mecânico e/ou químico das culturas de inverno, mais especificamente nos casos da aveia-preta e do azevém, para implantação do milho, deve ser realizado em torno de 20 a 30 dias antes da semeadura da cultura. DIAS e FLECK (1982), trabalhando com soja e feijão, e SALAZAR e APPLEBY (1982, a, b), pesquisando com milho e sorgo relatam que os herbicidas paraquat e glyphosate, aplicados ao solo nas doses recomendadas, podem ser utilizados seguramente se aplicados antecedendo, no momento ou alguns dias após a semeadura, desde que antes da emergência das culturas, porém sem que ocorra contato direto destas com as sementes (fato que descarta a interferência direta do herbicida). Já PATTERSON (1986) afirma que aleloquímicos podem ser liberados pela decomposição de partes de plantas ou mesmo exudados pelas raízes. Neste sentido, DUKE e FAY (1977) iden-

tificaram escopoletina e outros compostos alelopáticos entre as substâncias exudadas por raízes de aveia.

Em relação aos métodos de adubação nitrogenada no milho, é possível constatar que tanto para estatura inicial quanto para massa seca ocorreram incrementos nas variáveis à medida que aumentou a adubação nitrogenada de base (Tabelas 4 e 5). Este comportamento deve estar relacionado diretamente com a alta relação C/N da cobertura anterior, visto que para ocorrer decomposição dos restos culturais da aveia-preta os microrganismos promovem imobilização do nitrogênio mineral, resultando em menor disponibilidade deste nutriente para as plantas de milho.

Esse fato é confirmado por MUZILLI et al. (1989) e AITA et al. (1994), os quais relatam que em palha de aveia, os microrganismos do solo, ao utilizarem o carbono da palha para biossíntese e como fonte de energia, imobilizam o nitrogênio mineral do solo, diminuindo, em consequência, sua disponibilidade para o milho.

**TABELA 4 – Massa seca das plantas de milho avaliada aos 15 e 28 dias após a emergência, com a cultura semeada em quatro sistemas de adubação nitrogenada, na média de quatro sistemas de pré-semeadura, EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 1996/97**

Níveis de nitrogênio (kg/ha)		Massa seca <sup>1</sup>			
		15 DAE		28 DAE	
Semeadura	Cobertura	g/planta	%	g/planta	%
60	60	2,5 a <sup>2</sup>	192	60 a	316
30	90	2,0 b	154	40 b	211
0	120	1,3 c	100	29 c	153
0	0	1,3 c	100	19 d	100
CV (%)		29,4		36,9	

<sup>1</sup> Da parte aérea das plantas, referida em dias após a emergência.

<sup>2</sup> Médias seguidas da mesma letra, nas colunas, não diferem significativamente pelo teste de Duncan, ao nível de 5%.

Percebe-se ainda que os menores valores (Tabelas 4 e 5) foram obtidos na ausência de nitrogênio na base devido à competição promovida pelos microrganismos

por este nutriente ocorrer nos estádios iniciais de desenvolvimento da cultura, quando se torna importante a disponibilidade de nitrogênio.

**TABELA 5 – Estatura das plantas de milho avaliada aos 15 e 28 dias após a emergência, com a cultura semeada em quatro sistemas de adubação nitrogenada, na média de quatro sistemas de pré-semeadura, EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 1996/97**

Níveis de nitrogênio (kg/ha)		Estatura <sup>1</sup>			
		15 DAE		28 DAE	
Semeadura	Cobertura	cm	%	cm	%
60	60	17 a <sup>2</sup>	131	32 a	133
30	90	16 b	123	28 b	117
0	120	13 c	100	25 c	104
0	0	13 c	100	24 c	100
CV (%)		8,7		10,9	

<sup>1</sup> Referida em dias após a emergência.

<sup>2</sup> Médias seguidas da mesma letra, nas colunas, não diferem significativamente pelo teste de Duncan, ao nível de 5%.

Com relação às determinações mais tardias (área foliar aos 80 DAE e estatura final das plantas de milho aos 120 DAE) é possível perceber que

não ocorreram diferenças significativas entre os métodos de adubação que incluam nitrogênio (Tabela 6).

**TABELA 6 – Área foliar e estatura final de plantas de milho semeado sob diferentes métodos de adubação nitrogenada, na média de quatro sistemas de pré-semeadura, EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 1996/97**

Níveis de nitrogênio (kg/ha)		Área foliar 80 DAE		Estatura final 120 DAE	
Semeadura	Cobertura	cm <sup>2</sup>	%	cm	%
60	60	6909 a <sup>1</sup>	223	230 a	121
30	90	6811 a	220	230 a	121
0	120	6923 a	224	220 a	116
0	0	3092 b	100	190 b	100
CV (%)		13,4		4,4	

<sup>1</sup> Médias seguidas da mesma letra, nas colunas, não diferem significativamente pelo teste de Duncan, ao nível de 5%.

Analisando-se o rendimento de grãos da cultura, constata-se que os menores valores foram obtidos na ausência da adubação nitrogenada, independente do sistema de pré-semeadura utilizado. Percebe-se, ainda, que a aplicação total da adubação nitrogenada em cobertura (0/120 kg/ha) proporcionou, na ausência de partes de

plantas de aveia-preta (testemunha), valores superiores às demais formas de aplicação. Já na presença de partes de plantas de aveia não ocorreram diferenças significativas entre os sistemas de parcelamento de nitrogênio na semeadura e em cobertura (60/60, 30/90 e 0/120 kg/ha) (Tabela 7).

**TABELA 7 – Rendimento de grãos de milho semeado sob diferentes sistemas de adubação nitrogenada e de sistemas de pré-semeadura, EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 1996/97**

Níveis de nitrogênio (kg/ha)		Sistemas de pré-semeadura do milho em aveia-preta dessecada							
Semeadura	Cobertura	Testemunha (pousio)		Plantas inteiras		Partes aéreas		Partes radicais	
		kg/ha	%	kg/ha	%	kg/ha	%	kg/ha	%
60	60	A 8258 b <sup>1</sup>	130	A 7182 a	113	A 7526 ab	118	A 7267 a	114
30	90	A 8095 b	127	A 7523 a	118	A 8028 ab	126	A 8267 a	130
0	120	A 9848 a	155	B 6871 a	108	B 8183 a	129	B 7511 a	118
0	0	A 6354 c	100	B 4953 b	78	A 6652 b	105	B 3571 b	56
CV (%)		13,5							

<sup>1</sup> Médias antecedidas das mesmas letras maiúsculas, nas linhas, e seguidas das mesmas letras minúsculas, nas colunas, não diferem significativamente pelo teste de Duncan, ao nível de 5%.

Percebe-se ainda (Tabela 7) que, na ausência da adubação nitrogenada, os menores rendimentos de grãos foram obtidos nos sistemas de pré-semeadura que incluam a presença das partes radicais da aveia-preta (tratamentos plantas inteiras e partes radicais), o que leva a crer que esta redução deva-se à presença desta parte das plantas. Especula-se que este efeito proceda, basicamente, da elevada relação C/N nas raízes das plantas de aveia, o que causa alta imobilização do nitrogênio pelos microrganismos no solo e conseqüente deficiência para a cultura do milho. De acordo com HEINZMANN (1985) e DERPSCH et al. (1985), a

aveia-preta apresenta relação C/N de 28 e 31 para as partes aérea e radical, respectivamente, o que resulta em maior imobilização do nitrogênio durante a decomposição desses resíduos e, conseqüentemente, menor disponibilidade deste nutriente às plantas de milho.

Outra causa provável para o referido comportamento decorreria da liberação, ao meio, de aleloquímicos oriundos das partes radicais destas plantas, o que inibiria o desenvolvimento inicial da cultura quando não suprida por nitrogênio. Segundo JACOBI (1997), vários genótipos de aveia foram capazes de produzir e exudar aleloquímicos, possivelmente escopoletina, a qual ini-

biu o desenvolvimento normal de plantas de azevém e trigo. Ainda segundo este autor, os genótipos de aveia mantiveram seu potencial alelopático durante seu ciclo de vida, originando resíduos que apresentaram fitotoxicidade a plantas de papuã e soja.

Os efeitos negativos observados na ausência do nitrogênio não ocorreram nos demais casos devido à adubação nitrogenada utilizada ter suprido as plantas com nitrogênio, o que evitou e/ou contornou o efeito negativo inicial originado pelos fatores citados como causas do desempenho observado.

### CONCLUSÃO

A aplicação de nitrogênio mineral na semeadura promoveu incremento no desenvolvimento inicial do milho cultivado sobre partes de plantas de aveia-preta. No decorrer do ciclo, o milho sem aplicação de nitrogênio na semeadura (0/120 kg/ha na base/semeadura) apresentou recuperação no desenvolvimento, não sendo afetado o rendimento de grãos pelo sistema de adubação nitrogenada.

### BIBLIOGRAFIA CITADA

- AITA, C.; CERETTA, C.A.; THOMAS, A.L.; PAVINATO, A.; BAYER, C. Espécies de inverno como fonte de nitrogênio para o milho no sistema de cultivo mínimo e feijão em plantio direto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v. 18, n. 1, p. 101-108, 1994.
- ALMEIDA, F.S.de. Controle de ervas. In: IAPAR. *Plantio direto no estado do Paraná*. Londrina, 1981. 244 p.
- ALMEIDA, F.S.de. A alelopatia e as plantas. Londrina: IAPAR, 1988. 60 p.
- BRAGAGNOLO, N.; MIELNICZUK, J. Cobertura do solo por resíduos de oito seqüências de culturas e seu relacionamento com a temperatura e umidade do solo, germinação e crescimento inicial do milho. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v. 14, n. 1, p. 89-98, 1990.
- CHANDRAMOHAN, D.; PURUSHOTHAMAN, D.; KOTHANDRAMAN, R. Soil phenolics and plant growth inhibition. *Plant and Soil*, The Hague, v. 39, p. 303-308, 1973.
- DERPSCH, R.; SIDIRAS, N.; HEINZMANN, F.X. Manejo do solo com coberturas verdes de inverno. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 20, n. 7, p. 761-773, 1985.
- DIAS, C.A.; FLECK, N.G. Efeitos dos herbicidas glifosato e paraquat, aplicados ao solo, sobre a emergência de feijão e soja e de algumas espécies daninhas. *Planta Daninha*, Campinas, v. 5, n. 1, p. 23-34, 1982.
- DUKE, W.B.; FAY, P.K. An assessment of allelopathic potential in *Avena* germ plasm. *Weed Science*, Champaign, v. 25, n. 3, p. 224-228, 1977.
- ESPÍRITO SANTO, F.R.C. *Distribuição de óxidos de Fe em uma catena de solos derivados de granito na região fisiográfica da Depressão Central do Estado do Rio Grande do Sul*. Porto Alegre: UFRGS, 1988. 141 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia), Faculdade de Agronomia, UFRGS. 1988.
- HEINZMANN, F.X. Resíduos culturais de inverno e assimilação de nitrogênio por culturas de verão. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 20, n. 9, p. 1021-1030, 1985.
- JACOBI, U.S. *Avaliação do potencial alelopático de genótipos de aveia*. Porto Alegre, 1997. 165 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1997.
- MARTIN, V.L.; McCOY, E.L.; DICK, W.A. Allelopathy of crop residues influences corn seed germination and early growth. *Agronomy Journal*, Madison, v. 82, n. 3, p. 555-560, 1990.
- MUZILLI, O.; OLIVEIRA, E.L.; CALEGARI, A. Economia de nitrogênio pela adubação verde. In: —. *Adubação do milho*. Campinas: Fundação Cargill, 1989. 87 p.
- PATTERSON, D.T. Allelopathy. In: CAMPER, N.D. *Research methods in weed science*. 3.ed. Champaign: Southern Weed Science Society, 1986. p. 111-134.
- PÖTTKER, D.; ROMAN, E.S. Efeito de resíduos de culturas e do pousio de inverno sobre a resposta do milho ao nitrogênio. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 29, n. 5, p. 763-770, 1994.
- PUTNAM, A.R. Weed allelopathy. In: DUKE, S.O. *Weed pathology: reproduction and ecophysiology*. Boca Raton: CRC Press, 1985. v. 1, p. 131-156.
- RUEDELL, J. *Plantio direto na região de Cruz Alta*. Cruz Alta: FUNDACEP/BASF, FUNDACEP/FECOTRIGO, 1995. 134 p.
- SÁ, J.C.M.de. Efeito de doses e épocas de aplicação de nitrogênio na produção de milho, após resteva de aveia-preta (*Avena strigosa*), sob plantio direto. In: *RESULTADOS DE PESQUISA 88/89*. Ponta Grossa: Fundação ABC, 1989. (Boletim Técnico, 4).
- SÁ, J.C.M.de. Manejo da fertilidade do solo no sistema plantio direto. In: CNPT-EMBRAPA; FUNDACEP-FECOTRIGO; FUNDAÇÃO ABC. *Plantio direto no Brasil*. Passo Fundo, 1993. p. 37-60.
- SALAZAR, L.C.; APPLEBY, A.P. Germination and growth of grasses and legumes from seeds treated with glyphosate and paraquat. *Weed Science*, Champaign, v. 30, n. 3, p. 235-237, 1982,a.
- SALAZAR, L.C.; APPLEBY, A.P. Herbicidal activity of glyphosate in soil. *Weed Science*, Champaign, v.30, n. 4, p. 463-466, 1982,b.
- VELLOSO, J.A.R.O.de; ROMAN, E.S. Controle cultural, coberturas mortas e alelopatia em sistemas conservacionistas. In: CNPT-EMBRAPA, FUNDACEP-FECOTRIGO, FUNDAÇÃO ABC. *Plantio direto no Brasil*. Passo Fundo, 1993. p. 77-84.

## ÉPOCAS DE MATURAÇÃO DE TANGERINAS NA DEPRESSÃO CENTRAL DO RIO GRANDE DO SUL<sup>1</sup>

IVAR ANTONIO SARTORI<sup>2</sup>, VITOR PAULO RECKZIEGEL<sup>3</sup>, OTTO CARLOS KOLLER<sup>4</sup>, RENAR JOÃO BENDER<sup>5</sup>, SERGIO FRANCISCO SCHWARZ<sup>6</sup>

**RESUMO** – Com objetivo de proporcionar sugestões de escalonamento de produção de tangerinas para o consumo *in natura*, estão sendo avaliadas variedades de tangerineiras da coleção de citros da Estação Experimental Agronômica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, localizada à latitude 30°29'S e longitude 51°06'W, num solo Podzólico Vermelho Amarelo. Foram avaliados os teores de sólidos solúveis totais (SST), acidez titulável (AT), percentagem de suco, relação SST/AT, que em tangerinas maduras deve ser superior a 8:1. Após avaliação durante cinco anos, determinou-se como a época mais apropriada para a colheita das tangerinas 'Lee', o período compreendido entre 15 de abril a 30 de junho; para as tangerinas 'Cravo', o período de 15 de maio a 31 de julho; para a colheita das tangerinas 'Facket', de 01 de junho a 31 de agosto e para a colheita das tangerinas 'King', o período de 01 a 31 de outubro. Com avaliação de quatro anos considerou-se ótimo para a colheita das tangerinas 'Clementina', o período de 01 de abril a 31 de maio. Com três anos de avaliação, considerou-se ótimo para a colheita de tangerinas 'Oneco', de 01 de junho a 31 de julho e para as tangerinas 'Montenegrina', de 15 de julho a 15 de outubro.

*Palavras-chave:* Citrus spp., ponto de colheita.

### HARVESTING PERIODS FOR TANGERINES IN THE DEPRESSÃO CENTRAL REGION OF SOUTHERN BRAZIL

**ABSTRACT** – With the objective to recommend varieties with different ripening times, a collection of tangerine trees at the Agronomic Experiment Station of the Federal University of Rio Grande do Sul, RS, southern Brazil (30°29'S – 51°06'W) has been under evaluation over a five-year period. Fruit samples were picked every two weeks and analysed for total soluble solids (TSS), titratable acidity (TA), the TSS/TA ratio and the percentage of juice. Results indicate that the best periods to harvest highest quality fruits of the evaluated tangerine varieties are as follows: after over a five-year period of evaluation it was concluded that 'Lee' tangerines should be harvested not earlier than April 15<sup>th</sup> and not later than June 30<sup>th</sup>; 'Cravo' between May 15<sup>th</sup> and July 31<sup>st</sup>; cv. 'Facket' should not be harvested before June 1<sup>st</sup> and after August 31<sup>st</sup> and 'King' tangerines, between October 1<sup>st</sup> and 31<sup>st</sup>. 'Clementine' tangerines, sampled for four years, should be harvested from April 1<sup>st</sup> until May 31<sup>st</sup>, while 'Oneco' and 'Montenegrina' sampled only for three seasons, have been recommended to be harvested between June 1<sup>st</sup> and July 31<sup>st</sup>, and between July 15<sup>th</sup> and October 15<sup>th</sup>, respectively.

*Key words:* Citrus spp., harvest date.

### INTRODUÇÃO

A produção de tangerinas para o consumo fresco é de grande importância, principalmente para a região da Depressão Central do Estado do Rio Grande do Sul. Nesta região, segundo DORNELLES (1980), a produção comercial concentra-se, principalmente, nos vales dos rios Taquari e Caf, que se caracterizam pela predominância de pequenas propriedades rurais.

Segundo a classificação de Köppen, o clima do Rio Grande do Sul pode ser classificado como subtropical

de inverno – Cfa, condição climática que, de acordo com AGUSTÍ e ALMELA (1991), favorece a produção de frutos com maior teor de sólidos solúveis totais, em especial, os açúcares, e melhor coloração da casca, em comparação com regiões mais quentes.

A maturação dos frutos cítricos é caracterizada por uma fase de reduzida taxa de crescimento. Neste estágio ocorre a mudança da cor da casca, em consequência da degradação enzimática das clorófilas e da síntese de carotenóides no flavedo. Este estágio caracteriza-se também pelo aumento dos teores de sólidos solúveis totais

1. Pesquisa apoiada pela FINEP, FAPERGS, CNPq/PROPESQ-UFRGS.
  2. Estudante – Faculdade de Agronomia da UFRGS, Av. Bento Gonçalves 7712, Caixa Postal 776, 91501-970 Porto Alegre – RS/BRASIL. Bolsista de Iniciação Científica na FAPERGS.
  3. Estudante – Faculdade de Agronomia da UFRGS, Bolsista de Iniciação Científica CNPq/PROPESQ-UFRGS.
  4. Eng. Agr., Dr. – Professor do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Faculdade de Agronomia da UFRGS, Caixa Postal 776 – 91501-970 Porto Alegre – RS/BRASIL. Bolsista de Pesquisa 1A do CNPq.
  5. Eng. Agr., Ph.D. – Professor do Departamento de Horticultura e Silvicultura, Faculdade de Agronomia da UFRGS, Caixa Postal 776, 91501-970 Porto Alegre – RS/BRASIL. E-mail: rjbe@vortex.ufrgs.br
  6. Eng. Agr., M.Sc. – Professor do Departamento de Horticultura e Silvicultura, Faculdade de Agronomia da UFRGS, Caixa Postal 776 – 91501-970 Porto Alegre – RS/BRASIL. E-mail: schwarz@vortex.ufrgs.br.
- Recebido para publicação em 29/08/1997.

(SST), sobretudo açúcares e de compostos nitrogenados, aminoácidos principalmente, e uma concomitante redução dos ácidos orgânicos (AGUSTÍ et al., 1995).

Segundo RODRIGUEZ (1987), em climas frios, a determinação do ponto de colheita baseando-se na mudança de coloração da casca é mascarada pela aceleração da redução de clorofila e o aumento dos pigmentos carotenóides na casca dos frutos. Estas alterações na pigmentação não permitem que se estabeleça uma boa correlação entre cor da casca e a maturação interna do fruto.

JONES et al. (1962) determinaram que há diferenças significativas para os teores de SST, acidez titulável (AT) e para a relação SST/AT, entre frutos colhidos na mesma data, porém em anos diferentes. Mesmo assim, apesar das variações anuais HALPERN e ZUR (1988) concluíram que a maioria das variedades de citros têm uma época adequada de colheita, na qual o percentual do SST é ótimo.

Conforme MARCHI (1993), o aumento dos carboidratos ocorre durante toda a fase de crescimento e maturação dos frutos, estando diretamente relacionado à intensidade do processo fotossintético que, por sua vez, depende da temperatura e da intensidade da luz. Quanto aos ácidos orgânicos, eles são sintetizados no ciclo dos ácidos tricarbóxílicos e, alterações nas concentrações, durante os estádios pré-colheita, dependem da intensidade do metabolismo.

AGUSTÍ e ALMELA (1991) afirmam que a síntese dos ácidos orgânicos é intensa nos dois primeiros estádios de desenvolvimento do fruto, mantendo-se, em valores absolutos, constantes até o final do estágio de maturação. Contudo, com o aumento do tamanho final do fruto ocorre uma redução na concentração destes ácidos por efeito de diluição. Este decréscimo em concentração de AT, concomitantemente com o incremento dos SST, durante todo o desenvolvimento do fruto resulta em um incremento da relação SST/AT, que pode servir de parâmetro para indicar o ponto de maturação comercial.

Nos estudos realizados por Kefford e Chandler, citados por CHITARRA e CHITARRA (1979), foi observado um crescente aumento da relação SST/AT seguido de um pequeno decréscimo com o avanço do período de avaliações, constituindo-se no índice mais representativo da maturação dos frutos.

Segundo SALIBE (1977), os frutos para o consumo *in natura* devem apresentar uma relação SST/AT acima de 8 e um teor de suco acima de 35%. JONES et al. (1962) consideram como maduros e aptos para o consumo frutos que apresentam uma relação de SST/AT entre 8,8 e 15,4. DAVIS e ALBRIGO (1994), na Flórida, apontam a faixa de 7 a 9:1 como o ponto inicial de colheita para tangerinas e laranjas. Como a preferência dos brasileiros é para frutos mais doces, KOLLER (1994) aconselha que a colheita de frutas cítricas para o mercado interno seja iniciada quando a relação de SST/AT for de no mínimo 8:1.

No Estado do Rio Grande do Sul, a colheita da maioria das cultivares de tangerineiras concentra-se num período bastante curto, notadamente entre os meses de maio a setembro, provocando uma baixa remuneração

ao produtor. Tendo em vista esta concentração do período de colheita, objetivou-se no presente trabalho avaliar cultivares precoces e tardias de tangerineiras no sentido de ampliar o período de colheita para melhor distribuir a oferta de frutos para o mercado *in natura*.

## MATERIAIS E MÉTODOS

A coleta de frutos foi realizada no pomar da coleção de citros da Estação Experimental Agronômica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, no município de Eldorado do Sul. O solo é classificado como Podzólico Vermelho Amarelo, da unidade de Mapeamento São Jerônimo. Os tratamentos culturais foram uniformes e realizados periodicamente de acordo com as recomendações para a cultura. A adubação foi realizada conforme SIQUEIRA (1987).

Foram avaliadas neste experimento tangerineiras das cultivares: Clementina (*Citrus clementina*); Lee [(*C. clementina*) x (*C. tangerina* x *C. paradisi*)]; Cravo, Oneco e Facket (*C. reticulata*); Montenegrina (*C. deliciosa*) e King (*C. nobilis*) enxertadas sobre limoeiro 'Cravo' (*C. limonia*), plantadas no espaçamento de 8 x 5 m.

As amostras de frutos para análises foram colhidas quinzenalmente durante o período de março a novembro dos anos de 1992 a 1996. De cada 5 plantas por cultivar colheu-se um fruto em cada quadrante de acordo com as recomendações de Sites e Reitz, citados por CHITARRA e CHITARRA (1979) de por MARS et al. (1994).

As amostras foram acondicionadas em sacos plásticos e mantidas em câmara fria a 7 °C até o momento da análise no Laboratório do Departamento de Horticultura e Silvicultura da Faculdade de Agronomia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Foram realizadas as seguintes determinações: peso total dos frutos através de balança semi-analítica; peso do resíduo (bagaço + semente + casca); rendimento em suco obtido através de extração mecânica, calculando-se o rendimento de suco em função do peso da amostra e peso do bagaço, sendo o resultado expresso em percentagem de suco. A acidez titulável total (AT), expressa em percentagem de ácido cítrico anídrico, foi determinada por titulação com solução de NaOH 0,1N usando-se indicador fenolftaleína. Os sólidos solúveis totais (SST) foram determinados com o uso de sacarímetro. A relação SST/AT foi calculada através da divisão dos valores absolutos de SST pelos valores absolutos de AT.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

As evoluções da relação SST/AT e da percentagem de suco das tangerinas Lee' (Figura 1), 'Cravo' (Figura 2), 'Facket' (Figura 3), e 'King' (Figura 4), foram avaliadas por 5 anos; das tangerinas 'Clementina' (Figura 5), foram avaliadas por 4 anos; e das tangerinas 'Oneco' (Figura 6) e 'Montenegrina' (Figura 7), foram avaliadas apenas por três anos e serviram de base para a elaboração da Figura 8. A relação SST/AT de 8:1 foi tomada como indicadora do início da maturação para todas as cultivares (KOLLER, 1994).

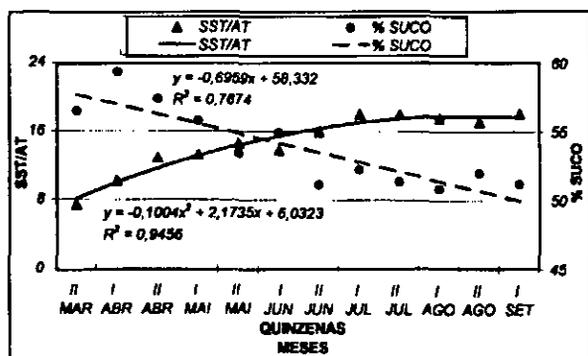


FIGURA 1 – Evolução da relação sólidos solúveis totais/acidez titulável (SST/AT) e da percentagem de suco de tangerinas ‘Lee’, avaliadas durante 5 anos, da Estação Experimental Agronômica da UFRGS, Eldorado do Sul, RS

A identificação da fase final de maturação variou conforme o comportamento particular de maturação de cada cultivar. Nas tangerineiras ‘Lee’ (Figura 1) e ‘Facket’ (Figura 3) a relação SST/AT de 16:1, aponta um excessivo avanço da maturação; nesta condição o sabor fica alterado de modo a não ser mais o característico para a cultivar. Nas tangerinas ‘Clementina’

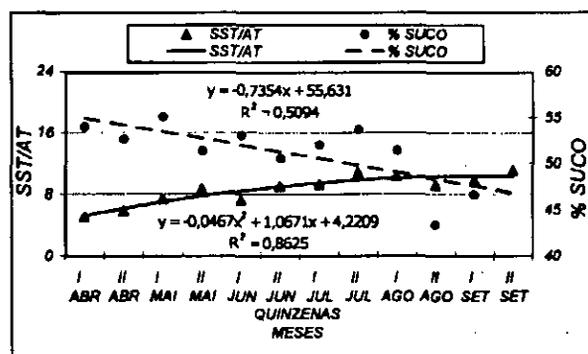


FIGURA 2 – Evolução da relação sólidos solúveis totais/acidez titulável (SST/AT) e da percentagem de suco de tangerinas ‘Cravo’, avaliadas durante 5 anos, da Estação Experimental Agronômica da UFRGS, Eldorado do Sul, RS

(Figura 5), ‘Cravo’ (Figura 2) e ‘Oneco’ (Figura 6), o fator limitante do consumo é a redução do volume do suco, tomando-se como valor mínimo aceitável uma percentagem de suco próxima a 40%. O período de colheita da tangerina ‘Montenegrina’ (Figura 7) foi delimitado quando a relação SST/AT começou a apresentar uma redução nos valores nominais. Esta redução dos valores pode ser observada também na curva de regressão em que há uma inflexão, mesmo que não muito acentuada. A tangerina ‘King’ (Figura 4) apresenta, a partir de novembro, uma abscisão generalizada dos frutos, que porventura ainda não tenham sido colhidos, sendo por isso, considerado como o final do período de colheita.

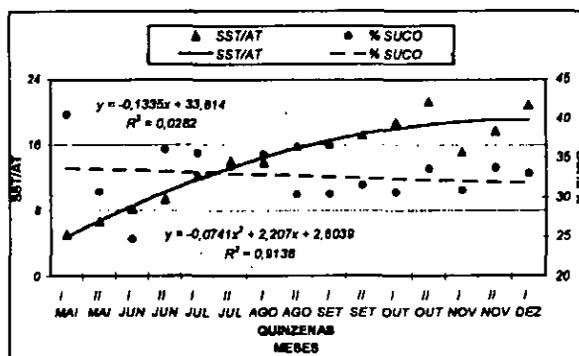


FIGURA 3 – Evolução da relação sólidos totais/acidez titulável (SST/AT) e da percentagem de suco de tangerinas ‘Facket’ avaliadas durante 5 anos, da Estação Experimental Agronômica da UFRGS, Eldorado do Sul, RS

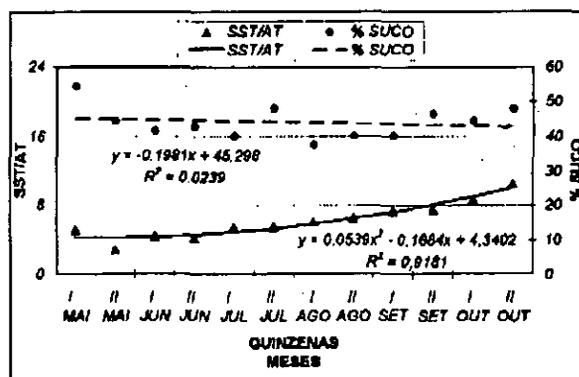


FIGURA 4 – Evolução da relação sólidos totais/acidez titulável (SST/AT) e da percentagem de suco de tangerinas ‘King’ avaliadas durante 5 anos, da Estação Experimental Agronômica da UFRGS, Eldorado do Sul, RS

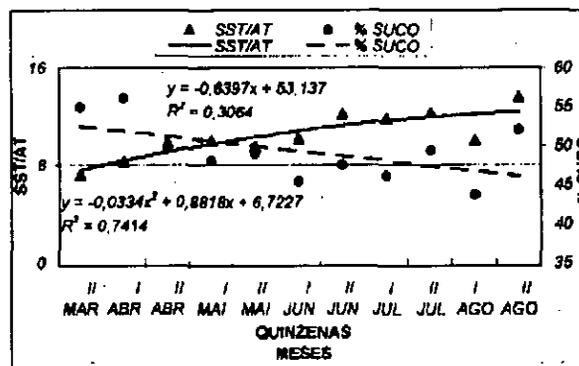


FIGURA 5 – Evolução da relação sólidos solúveis totais/acidez titulável (SST/AT) e da percentagem de suco de tangerinas ‘Clementina’, avaliadas durante 5 anos, da Estação Experimental Agronomia da UFRGS, Eldorado do Sul, RS

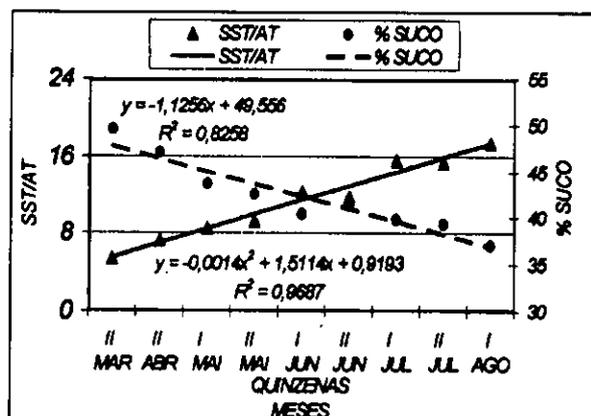


FIGURA 6 – Evolução da relação sólidos solúveis totais/acidez titulável (SST/AT) e da porcentagem de suco de tangerinas ‘Oneco’, avaliadas durante 5 anos, da Estação Experimental Agronômica da UFRGS, Eldorado do Sul, RS

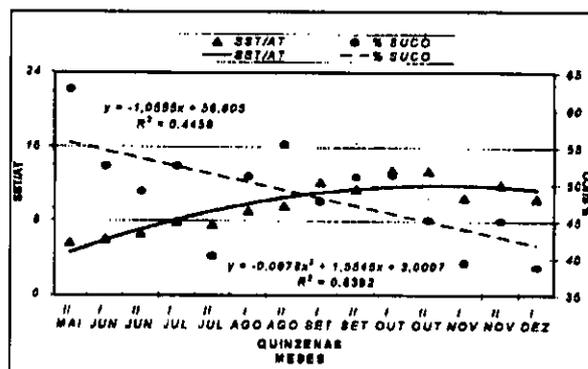


FIGURA 7 – Evolução da relação sólidos solúveis totais/acidez titulável (SST/AT) e da porcentagem de suco de tangerinas ‘Montenegrina’, avaliadas durante 3 anos, da Estação Experimental Agronômica da UFRGS, Eldorado do Sul, RS

Desde o início até o final da maturação (Tabela 1), os teores de SST, nas sete cultivares de tangerineiras variaram de 8,36 a 12,55% e a relação SST/AT variou

de 7,91 a 15,97 concordando com os parâmetros de maturação citados por JONES et al. (1962), SALIBE (1977), DAVIS e ALBRIGO (1994) e KOLLER (1994).

TABELA 1 – Características químicas do suco no início, ponto médio e final de maturação, das tangerinas ‘Clementina’, ‘Lee’, ‘Cravo’, ‘Oneco’, ‘Facket’, ‘Montenegrina’ e ‘King’ na EEA-UFRGS em Eldorado do Sul, RS

CULTIVAR	PERÍODO DE ANÁLISE	PERÍODO DE AVALIAÇÃO	Teor de SST (%)	Teor de AT (%)	SST/AT	Teor de SUCO (%)
CLEMENTINA	1993 a 1996	INÍCIO 01/04	9,45	1,15	8,29	56,09
		MEIO 01/05	10,39	1,04	10,00	48,07
		FIM 31/05	10,55	1,05	10,17	45,45
LEE	1992 a 1996	INÍCIO 15/04	8,36	0,64	12,87	57,37
		MEIO 15/05	9,05	0,60	14,58	53,37
		FIM 30/06	9,50	0,57	15,97	51,10
CRAVO	1996 a 1996	INÍCIO 15/05	8,63	1,06	8,28	45,17
		MEIO 15/06	9,44	1,15	10,12	51,78
		FIM 31/07	9,03	0,71	13,91	42,40
ONECO	1994 a 1996	INÍCIO 01/06	8,50	0,96	9,24	43,70
		MEIO 15/06	9,20	0,78	9,24	40,43
		FIM 31/07	10,80	0,70	15,60	41,30
FACKET	1992 a 1996	INÍCIO 01/06	12,25	1,50	8,17	24,72
		MEIO 15/07	11,22	0,82	14,03	33,98
		FIM 31/08	12,55	0,75	15,70	30,32
MONTENEGRINA	1994 a 1996	INÍCIO 15/97	9,76	1,28	7,91	52,44
		MEIO 01/09	10,88	0,98	12,26	46,67
		FIM 15/10	12,55	0,90	13,50	45,20
KING	1992 a 1996	INÍCIO 01/10	9,83	1,13	8,67	44,59
		MEIO 15/10	10,04	1,05	9,60	45,89
		FIM 31/10	10,25	0,97	10,53	47,19

MESES		MAR		ABR		MAI		JUN		JUL		AGO		SET		OUT		NOV	
CULTIVAR	ANO	I	II																
CLEMENTINA	93-96	*	●	■	■	■	■	▲	◆										
LEE	92-96		*	●	■	■	■	■	■	▲	◆								
CRAVO	92-96				*	●	■	■	■	■	■	▲	◆						
ONECO	94-96					*	●	■	■	■	■	▲	◆						
FACKET	92-96					*	●	■	■	■	■	■	■	▲	◆				
MONTENAGRINA	94-96								*	●	■	■	■	■	■	■	▲	◆	
KING	92-96											*	●	●	■	■	▲	◆	

- \* Fruto ainda se apresenta verde, mas já com teor de suco;
- Fase inicial de maturação, palatável mas, sem coloração;
- Período de maturação plena do fruto;
- ▲ Fase final de maturação;
- ◆ Período em que o fruto passou da maturação.

FIGURA 8 – Épocas de maturação das tangerineiras ‘Clementina’, ‘Lee’, ‘Cravo’, ‘Oneco’, ‘Facket’, ‘Montenegrina’ e ‘King’ na Estação Experimental Agronômica da UFRGS, situada em Eldorado do Sul, RS

O teor de AT apresentou variação decrescente, em praticamente todas as cultivares avaliadas, com algumas oscilações, provavelmente devido às condições climáticas no momento da colheita.

O conteúdo de suco dos frutos das sete cultivares de tangerineiras avaliadas, durante a fase de maturação, variou de 24,72 a 57,37%. Apenas a tangerineira ‘Facket’, apresentou uma variação nos teores de suco de 24,72 a 33,98% não atingindo, portanto os índices mínimos de 35% e de 47,3% considerados adequados para cítricos por SALIBE (1977) e JONES et al. (1962), respectivamente. Em função deste parâmetro as tangerineiras ‘Facket’ podem ser consideradas impróprias para o cultivo na Depressão Central do Rio Grande do Sul, pois seus frutos não atingem os níveis mínimos dos parâmetros considerados importantes para a indicação do ponto de colheita para o consumo *in natura*.

Uma amostragem ainda nas safras futuras permitirá estabelecer curvas padrão de maior precisão para cada uma das variáveis analisadas, o que poderá vir a auxiliar significativamente para o estabelecimento de índices mínimos para o ponto de colheita. Por outro lado, uma série maior de anos de avaliação deverá permitir também estabelecer o início da safra de cada cultivar para a região da Depressão Central sob condições normais de clima.

### CONCLUSÕES

Tendo por base os valores estabelecidos de percentagem de suco e da relação SST/AT as cultivares de tangerineiras avaliadas deveriam ser colhidas, na

Depressão Central do Rio Grande do Sul, nos seguintes períodos de modo a garantir um padrão mínimo de qualidade: a cv. ‘Clementina’ no período compreendido entre 01 de abril à 31 de maio; a cv. ‘Lee’ de 15 de abril à 30 de junho; a cv. ‘Cravo’ de 15 de maio à 31 de julho; a cv. ‘Oneco’ de 01 de junho à 31 de julho; a cv. ‘Facket’ de 01 de junho à 31 de agosto; a cv. ‘Montenegrina’ de 15 de julho à 15 de outubro e a cv. ‘King’ de 01 de à 31 de outubro.

Ainda com base neste acompanhamento de parâmetros qualitativos é possível concluir que a tangerina ‘Facket’ é pouco adequada ao consumo em fresco, pois não atingiu o termo mínimo de suco.

### BIBLIOGRAFIA CITADA

- AGUSTÍ, M.; ALMELA, V. Aplicación de fitorreguladores en citricultura. Barcelona: AEDOS, 1991. 263 p.
- AGUSTÍ, M.; ALMELA, V.; AZNAR, M.; JUAN, M.; ERES, V. Desarrollo y tamaño final del fruto en los agrios. Valencia: Generalitat Valenciana, 1995. 80p. (Divulgación Técnica, 32).
- CHITARRA, A. B.; CHITARRA, M. I. F. Componentes físicos e químicos da laranja ‘Valência’ (*Citrus sinensis* L. Obsek) em diversos estágios de maturação In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 5., Pelotas, 1979. Anais... Pelotas: Sociedade Brasileira de Fruticultura, 1979. v. 2, p. 563-86.
- DAVIS, F. S.; ALBRIGO, L. G. Citrus. Florida: University of Florida, 1994. 254 p.
- DORNELLES, C. M. M. Citricultura do Rio Grande do Sul. In: RODRIGUES, O.; VIÉGAS, F. Citricultura Brasileira. Campinas: Fundação Cargill, 1980. p. 1-29.

- HALPERN, P.; ZUR, A. Total soluble solids in citrus varieties harvested at various stages of ripening. In: INTERNATIONAL CITRUS CONGRESS, 6., Tel-Aviv, 1988. *Proceedings...* Tel-Aviv: International Citrus Society, 1988. p. 1777-83.
- JONES, W. W.; EMBLETON, T. W.; CREE, C. B. Temperature effects on acid Brix ratio in 'Washington Navel' oranges. *California Citrograf*, California, v. 47, 1962. p. 132-134.
- KOLLER, O. C. *Citricultura: laranja, limão e tangerina*. Porto Alegre: Rigel, 1994. 446 p.
- MARCHI, R. J. *Determinação das curvas de maturação de laranja 'pera' na região de Bebedouro, SP*. Jaboticabal: UNESP, 1993. 129 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, UNESP, 1993.
- MARS, M.; ABDERRAZAKR, R.; MARRAKCHI, M. Effects de la date de récolte, de l'orientation des et de leur position dans la frondason. *Fruits*, Paris, v. 49, n. 4, p. 269-78.
- RODRIGUES, O. *Ecofisiologia dos citros*. In: CASTRO, P. R. C.; FERREIRA, S. O.; YAMADA, T. *Ecofisiologia da produção agrícola*. Piracicaba: Associação Brasileira de Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1987. p. 149-64.
- SALIBE, A. A. *Curso de especialização em fruticultura: cultura dos citros*. 3. ed. Recife: SUDENE/UFRPe, 1977. 188 p.
- SIQUEIRA, O. J. F. *Recomendações técnicas para adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina*. Passo Fundo: EMBRAPA/CNPT, 1987. p. 74-75.

## A CIANAMIDA HIDROGENADA, O ÓLEO MINERAL E O EXTRATO DE ALHO NA QUEBRA DE DORMÊNCIA E PRODUÇÃO DA AMEIXEIRA 'SHIRO' EM TEXCOCO – MÉXICO

GILMAR ARDUINO BETTIO MARODIN<sup>1</sup>, ALBERTO ENRIQUE BECERRIL ROMÁN<sup>2</sup>

**RESUMO** – A percentagem de produção de gemas vegetais e florais, a percentagem de queda de gemas e a produção da ameixeira híbrida 'Shiro' foram avaliadas em pomar do Colégio de Pós-graduados de Texcoco – México, no período de janeiro a julho de 1995. Foram aplicados, logo após a poda de inverno, no estágio de gema dormente, os seguintes tratamentos: 1) Cianamida Hidrogenada (CH) 0,245%; 2) CH 0,245% + Óleo Mineral (OM) 2%; 3) CH 0,245% + Extrato de alho (E.A.) 3%; 4) CH 0,245% + E.A. 4%; 5) E.A. 3% + O.M. 2%; 6) E.A. 4% + O.M. 2%; 7) E.A. 3%; 8) E.A. 4%; 9) O.M. 2% e 10) Tratamento testemunha, com aplicação de água. A aplicação foi realizada com pulverizador costal manual, gastando-se em média 1,25 litros de calda por planta. A percentagem de gemas vegetais brotadas foi significativamente superior, no tratamento de CH 0,245% + O.M. 2%, em relação a todos os tratamentos. Houve uma antecipação média de 20 dias na brotação das plantas submetidas a este tratamento, em comparação ao tratamento testemunha. A percentagem final de floração foi maior nas plantas que receberam tratamentos com a cianamida, que também apresentaram menor percentual de gemas caídas e a maior produção por planta. Houve uma antecipação de colheita de 15 dias para os tratamentos com a cianamida e de 4 dias para os demais, exceto nas plantas tratadas apenas com O.M. 2%. O óleo mineral sozinho não diferiu da comparação com o tratamento testemunha. Os tratamentos com extrato de alho, aplicados isoladamente ou associados ao O.M. 2%, não foram efetivos para estimular brotação das gemas vegetativas e florais, assim como não reduziram a queda de gemas, resultando em uma produção similar à testemunha.

*Palavras-chave:* *Prunus* spp., brotação induzida

### EFFECT OF HYDROGENATED CYANAMIDE, GARLIC EXTRACT AND MINERAL OIL ON DORMANCY BUD BREAK AND PRODUCTION OF PLUM 'SHIRO' IN TEXCOCO-MEXICO

**ABSTRACT** – The objectives of the present study were to evaluate the effects of hydrogenated cyanamide ( $H_2CN_2$ ), garlic extract (G.E.), and mineral oil (M.O.), applied alone or in mixture, on the percentage of bud break, on the control of bud drop, and yields of the plum hybrid 'Shiro'. The experiment was conducted at the Graduate College, in Texcoco – México, from January to July of 1995. The following treatments were sprayed at dormant bud stadium, immediately after winter pruning, using a hand driven sprayer: 1)  $H_2CN_2$  0,245%; 2)  $H_2CN_2$  0,245% + Mineral Oil (M.O.) 2%; 3)  $H_2CN_2$  0,245% + G.E. 3%; 4)  $H_2CN_2$  0,245% + G.E. 4%; 5) G.E. 3% + M.O. 2%; 6) G.E. 4% + M.O. 2%; 7) G.E. 3%; 8) G.E. 4%; 9) M.O. 2%; and 10) Control, not treated. Each tree was sprayed with approximately 1.25 lt of solution. The percentage of vegetative bud break, was significantly higher in plants of treatment 2 which also anticipated bud break for about 20 days in comparison to the control plants. All the treatments containing  $H_2CN_2$  resulted in higher percentages of flowering. These treatments also had the smallest percentage of bud drop and the highest yields per plant. They anticipated fruit ripening. M.O. alone did not have any effect on the time of ripening. The treatments containing G.E. applied singularly or in combination with 2% M.O. did not have any significant effect on vegetative of flower buds dormancy break. These treatments did not reduce bud drop and yields were similar to that of control plants.

*Key words:* *Prunus* spp., bud drop, ripening

## INTRODUÇÃO

A prática da quebra de dormência é empregada em diversas frutíferas temperadas com o objetivo principal de estimular e uniformizar a brotação das gemas vegetativas e florais. Esta prática é também uma opção para melhorar a polinização e obter colheitas antecipadas, além de, em condições excepcionais, viabilizar a produção de mais de uma safra por ano.

Nos últimos anos diversos produtos e combinações têm sido utilizados para este fim, destacando-se compostos a base de sais de dinitro, óleo mineral, nitrato de potássio, (PASQUAL e PETRI, 1985), mais recentemente cianamida hidrogenada e thidiazuron, associados ao óleo mineral (ARAÚJO et al., 1991; MARODIN et al., 1992; FRANCISCONI et al., 1992).

A busca de alternativas de produtos que estimulem a brotação de gemas em locais de invernos amenos

1. Eng. Agr., M.Sc. – Estudante de Doutorado, Professor Assistente da Faculdade da Agronomia da UFRGS, Caixa Postal 776, 91501-970 Porto Alegre – RS/ BRASIL.

2. Eng. Agr., Ph.D. – Professor de Fruticultura do Colégio de Pós-graduados, Carretera, México-Texcoco, km 35,5, Texcoco/MÉXICO.  
Recebido para publicação em 16/09/1997.

é de suma importância, já que atualmente há uma dependência quase exclusiva da aplicação da cianamida hidrogenada. No intuito de obter produtos alternativos, alguns autores demonstraram que extratos ou a pasta de alho podem estimular a brotação das gemas de gládifolos (HOSOKI et al., 1986), de uvas (KUBOTA et al., 1990) ou da ameixeira 'Santa Rosa' (SANCHEZ, 1992).

O cultivo da ameixeira é tradicional em diversos países de clima temperado, com plantios de cultivares européias (*Prunus domestica*). Em regiões de clima subtropical, com o plantio de cultivares asiáticas ou híbridas (*Prunus salicina* e *Prunus ceracifera*), o cultivo da ameixeira também adquiriu importância econômica. Mesmo que estas cultivares apresentem uma menor exigência de frio, frequentemente ocorrem problemas de brotação, resultando em falhas de polinização, queda de gemas e reduzida produção (SANCHEZ, 1992; MENDOZA, 1979).

No México há uma área expressiva cultivada com ameixeiras, sendo as principais cultivares 'Methley', 'Santa Rosa' e 'Shiro'. Dependendo do somatório de horas frio de cada inverno, ocorre uma brotação deficiente nestes materiais, sendo comum a utilização de estimuladores.

O presente trabalho teve por objetivo avaliar a eficiência, no ano de sua aplicação, da utilização da cianamida hidrogenada e do extrato de alho, associado ou não ao óleo mineral, na brotação de gemas vegetativas e floríferas e na produção da ameixeira 'Shiro', em Texcoco – Estado do México.

## MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado no Campo Experimental do Colegio de Postgraduados de Texcoco, Estado do México, México, localizado a uma altitude de 2241 metros. A temperatura média anual é de 15 °C e a precipitação média é de 643 mm. O clima é denominado de temperado de altitude, com chuvas de verão e inverno seco. O número de unidades de frio (UF) no período de dezembro à março de 1995, calculado pelo biofenômetro, instalado a poucos metros do pomar, conforme modelo de Richardson et al. (1986), totalizou 324 UF. Foram utilizadas plantas da cultivar 'Shiro' com 13 anos de idade, espaçadas de 2,5 x 4,0 m, enxertadas sobre uma seleção clonal de 'Myrabolano'. Trata-se de um híbrido de *Prunus Salicina*, *Prunus simonii*, *Prunus ceracifera* e *Prunus munsoniana*. A cultivar 'Shiro' é vigorosa, de porte aberto, brotação irregular, com frutos de epiderme e polpa amarela, de maturação precoce, com cerca de 125 dias da floração à colheita (MENDOZA, 1979).

O pomar foi mantido com irrigações sistemáticas, em sulcos nas fileiras, de janeiro à março. As

linhas de plantio permaneceram capinadas e as entrelinhas ceifadas durante todo o ciclo vegetativo.

O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso, com quatro repetições, uma planta por parcela e 10 tratamentos.

Logo após a poda de inverno realizada em fevereiro, foram aplicados por pulverização com costal manual, os seguintes tratamentos; 1) Cianamida hidrogenada (CH) 0,245%; 2) CH 0,245% + óleo mineral (O.M.) 2%; 3) CH 0,245% + Extrato de alho (E.A.) 3%; 4) CH 0,245% + E.A. 4%; 5) E.A. 3% + O.M. 2%; 6) E.A. 4% + O.M. 2%; 7) E.A. 3%; 8) E.A. 4%; 9) O.M. 2% e, 10) Testemunha, aplicação de água.

Os produtos foram aplicados em 15/02/95, no estágio fenológico de gema dormente (A), gastando-se 1,25 litros de calda por planta. Como fonte de cianamida hidrogenada foi utilizado o Dormex (49% i.a.) e de óleo mineral, a Citrolina. O extrato de alho foi obtido através da liquidificação dos bulbilhos após retirada das escamas, com posterior filtragem e diluição em água a 50%. Foram marcados quatro ramos mistos por planta, nos quais foram feitas as contagens das gemas vegetativas e florais em início de brotação e floração, aos 31, 57 e 85 dias depois da aplicação (DDA). Avaliou-se a percentagem de brotação nos três períodos referidos acima e a percentagem de queda de gemas florais aos 85 DDA. Também foram determinados os principais estádios fenológicos: inchamento das gemas florais, início da floração (5% flores abertas), plena floração (85% flores abertas), final de floração, frutos fixados, ponto de raleio e plena colheita.

Para Verificar a significância das diferenças obtidas entre os tratamentos, procedeu-se a análise de variância através do F-Teste ao nível de 5% de probabilidade. No caso de significância, efetuou-se comparações de médias pelo teste de Duncan a 5%. Os dados originais das variáveis expressas em porcentagem foram transformadas em arco-seno  $\sqrt{x}$ .

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A aplicação da cianamida hidrogenada na concentração de 0,245%, isolada ou associada ao óleo mineral ou ao extrato de alho, causou uma antecipação da florada em aproximadamente 20 dias e da colheita em 15 dias, em relação ao tratamento testemunha. Os tratamentos com extrato de alho provocaram uma antecipação da florada em 9 dias, mas a colheita foi antecipada em apenas 4 dias (Tabela 1). Quando aplicados junto com óleo mineral, o efeito foi maior, 12 dias de antecipação na florada e 6 dias na colheita. A floração induzida que resulta na antecipação da colheita traz, na maioria dos casos, ganhos expressi-

vos ao produtor. A antecipação da flórida, no entanto, deve ser realizada em locais livres de geadas tardias (MARODIN et al., 1991). Para a planta, uma brotação antecipada e uniforme, proporciona um maior enfolhamento por um período mais longo, o que, provavelmente conduz a um acúmulo de reservas e possibilidades de grandes produções no ciclo seguinte.

A mistura de CH 0,245% com O.M. 2% provo-

cou o maior percentual de brotação vegetativa, desde a primeira avaliação aos 31 DDA, até a avaliação final aos 85 DDA. Os resultados obtidos com este tratamento foram similares ao tratamento de CH 0,245% + E.A., 3%, avaliado aos 57 DDA. Todos os tratamentos com extrato de alho, isolado ou associado ao óleo mineral não resultaram em incremento na brotação das gemas vegetativas, assim como a aplicação isolada de O.M. 2% (Tabela 2).

**TABELA 1 - Época dos estádios fenológicos observados e do raleio, na ameixeira 'Shiro', nos diversos tratamentos, em Texcoco-México, 1995**

Tratamentos	Inchamento das Gemas	Início Floração	Plena Floração	Final Floração	Ponto de Raleio	Início de Maturação
1.CH. 245%	15/03	20/03	30/03	05/04	20/04	17/06
2.CH.245%+OM.2%	12/03	17/03	28/03	01/04	18/04	17/06
3.CH.245%+E.A.3%	13/03	18/03	30/03	03/04	18/04	17/06
4.CH.245%+E.A.4%	13/03	18/03	30/03	03/04	18/04	17/06
5.E.A. 3%+O.M. 2%	18/03	25/03	14/04	20/04	08/05	26/06
6.E.A. 4%+O.M. 2%	18/03	25/03	14/04	20/04	08/05	26/06
7.E.A. 3%	22/03	28/03	16/04	22/04	10/05	28/06
8.E.A. 4%	22/03	28/03	16/04	22/04	10/05	28/06
9.O.M. 2%	25/03	01/04	18/04	24/04	12/05	30/06
10. Testemunha	01/04	06/04	22/04	28/04	15/05	02/07

Avaliando-se a intensidade de floração, aos 31, 57 e 85 DDA foi determinado que em todos os tratamentos onde estava a cianamida, houve superioridade em relação aos demais tratamentos. Na avaliação final, aos 85 DDA, o percentual de flores abertas, em relação ao número total de gemas contadas nos 4 ramos, foi de aproximadamente 35% para os tratamentos com a cianamida e de 10% para os demais tratamentos (Tabela 2). Esta intensidade de floração, teoricamente deveria resultar em elevada carga de frutos o que não ocorreu, devido a falta de coincidência de floração com a cultivar polinizadora 'Methley'. Todos os tratamentos com extrato de alho, assim como O.M. 2%, não diferiram do tratamento testemunha. SANCHEZ (1992), trabalhando com a ameixeira 'Santa Rosa', concluiu que as misturas de óleo mineral 4% com extrato de alho 2, 4 ou 8%, ou somente o extrato de alho a 4%, resultaram nos tratamentos mais efetivos para incrementar a brotação das gemas florais. Provavelmente para 'Shiro', a concentração de extrato de alho deva ser maior, pois trata-se de uma cultivar de difícil brotação natural nas condições da região central do México.

O percentual de gemas caídas aos 85 DDA, em relação ao número total de gemas contadas antes da aplicação dos tratamentos, foi menor nos tratamentos em que estava presente a cianamida (Tabela 3). Enquanto que nesses tratamentos, o percentual de queda ficou em torno de 40%, nos demais observou-se queda de gemas superior a 66%. DIAZ (1987), que também observou níveis semelhantes de queda de gemas, conclui que esta é provocada pela falta de frio para terminar o repouso, em particular nos pessegueiros e ameixeiras e que o sintoma se manifesta com a queda de gemas florais, duas a três semanas antes da brotação. Normalmente as gemas vegetativas não são afetadas. RYUGO (1988), afirma que, quando as plantas não recebem frio suficiente, as gemas florais podem abortar, enquanto que as vegetativas brotam lentamente, originando folhas pequenas. Provavelmente a falta de uma brotação mais intensa e uniforme, pode ser resultado de problemas nutricionais, eventualmente consequência de uma deficiente ou má formação do sistema vascular das gemas com os ramos, culminando com a queda.

**TABELA 2 – Percentagem de brotação de gemas vegetativas e florais aos 31, 57 e 85 dias após a aplicação dos produtos (DAA) em ameixeira 'Shiro'. Texcoco – México, 1995**

	Brotação Vegetativa (%)			Floração (%)		
	31 DAA	57 DAA	85 DAA	31 DAA	57 DAA	85 DAA
1. CH.245%	7,7 bc	18,4 b	19,6 b	22,8 a	31,6 a	32,5 a
2. CH.245% + O.M. 2%	23,0 a	26,3 a	27,7 a	23,8 a	31,3 a	34,3 a
3. CH.245% + E.A. 3%	12,1 b	19,4 ab	20,4 b	28,7 a	35,9 a	36,6 a
4. CH.245% + E.A. 4%	13,9 b	18,3 b	19,3 b	25,0 a	31,3 a	33,4 a
5. E.A. 3% + O.M. 2%	2,3 cd	15,1 b	16,3 b	2,9 b	10,6 b	11,8 b
6. E.A. 4% + O.M. 2%	1,2 cd	15,1 b	16,3 b	2,5 b	8,8 b	9,7 b
7. E. A. 3%	1,8 cd	15,8 b	18,7 b	1,4 b	10,9 b	11,4 b
8. E. A. 4%	2,1 cd	15,1 b	15,4 b	1,5 b	8,7 b	8,8 b
9. O.M. 2%	2,8 cd	15,9 b	16,7 b	2,2 b	11,2 b	11,3 b
10. Testemunha	0,9 d	14,8 b	15,6 b	1,2 b	13,2 b	13,3 b

Médias seguidas de letra diferente na coluna diferem entre si pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade.

Quanto às variáveis de produção, número e o peso de frutos colhidos por planta (Tabela 3), observou-se que os quatro tratamentos com cianamida foram maiores que nos demais tratamentos. Apesar da superioridade, os valores foram muito baixos, devido a falta de polinização, pela antecipação da florada de 'Methley'. Mesmo assim, os tratamentos sem cianamida na combinação, produziram 4 a 5 vezes menos. Na variável peso médio dos frutos, também foi possível determinar superioridade dos tratamentos com a cianamida, que no entanto, não diferiram

dos tratamentos com extrato de alho a 3 ou 4% e O.M. 2%. No presente experimento constatou-se que, mesmo as plantas que produziram pouco apresentaram frutos muito pequenos, resultado provavelmente de uma brotação desuniforme e tardia. MENDONZA (1979) também já havia constatado este fato com as cultivares de ameixeiras 'Apple', 'Shiro' e 'Prune Roja'. Estas ameixeiras apresentaram uma abscisão de gemas florais antes da época de brotação e uma formação de frutos pequenos depois da queda das pétalas, mas o autor não estabeleceu a causa.

**TABELA 3 – Percentagem de queda de gemas (média de 4 ramos marcados ao acaso), número e peso de frutos colhidos por planta e peso médio dos frutos em ameixeira 'Shiro'. Texcoco – México, 1995**

Tratamentos	Queda de Gemas Florais (%)	Produção de Frutos		Peso Médio (g)
		nº/Planta	kg/Planta	
1. CH.245%	45,8 b	51,5 a	2,5 a	48,8 a
2. CH.245% + O.M. 2%	34,2 b	58,3 a	3,0 a	49,8 a
3. CH.245% + E.A. 3%	43,5 b	46,8 a	2,3 a	48,0 a
4. CH.245% + E.A. 4%	44,0 b	71,8 a	3,4 a	46,5 ab
5. E.A. 3% + O.M. 2%	70,1 a	12,3 b	0,6 b	47,3 a
6. E.A. 4% + O.M. 2%	69,0 a	9,3 b	0,4 b	46,9 a
7. E.A. 3%	67,4 a	10,0 b	0,4 b	41,2 c
8. E.A. 4%	69,9 a	12,3 b	0,5 b	42,3 bc
9. O.M. 2%	68,2 a	11,5 b	0,5 b	42,5 bc
10. Testemunha	66,8 a	10,5 b	0,4 b	42,5 bc

Médias seguidas de letras diferentes na coluna diferem entre si pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade.

### CONCLUSÕES

1. Os tratamentos com a cianamida hidrogenada 0,245%, aplicados isolada ou em combinação com o extrato de alho a 3 e 4% ou ao óleo mineral 2%, anteciparam a brotação e a colheita em 15 dias ou mais.
2. A mais elevada percentagem de brotação vegetativa foi alcançada com a mistura de cianamida 0,245% + óleo mineral 2%.
3. Os tratamentos que incluíam a cianamida hidrogenada resultaram em maior intensidade de floração, menor queda de gemas florais e maior produção por planta, em comparação ao tratamento testemunha.
4. Os tratamentos com extrato de alho, aplicados de forma isolada ou associados ao óleo mineral 2%, não foram efetivos para estimular brotação das gemas vegetativas e floríferas, assim como não reduziram a queda de gemas, resultando em uma produção similar à testemunha.

### BIBLIOGRAFIA CITADA

- ARAÚJO, M.M.; FORTES, G.R.L.; SANTOS FILHO, B. Thidiazarun: uma alternativa para superar a dormência de gemas de macieira (*Malus domestica*, Borkh). *Revista Brasileira de Fruticultura*, Cruz das Almas, v. 13, n. 3, p. 249-253, 1991.
- DIAS, D.H.M. *Requerimento de frio en frutales caducifolios*. México: INIFAP-SARH, 1987. 54 p. (Tema Didático, 2).
- FRANCISCONI, A.H.D.; BARRADAS, C.I.N.; MARODIN, G.A.B. Efeito de óleo mineral, cianamida hidrogenada e thidiazuron na quebra de dormência e produção da pereira (*Pyrus communis* L.) cv. 'Packham's Triumph'. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Cruz das Almas, v. 4, n. 1, p. 161-166, 1992.
- HOSOKI, T.; SAKAI HAMANDA, M.; TAKITAMI, K. Breaking bud dormancy in corms and trees with sulfide compounds in garlic and horseradish. *HortScience*, Alexandria, v. 21, n. 1, p. 114-116, 1986.
- KUBOTA, N.; TORYU, K.; SHIMAMURA, K. Breaking bud dormancy in grapevines by sulfide compounds of garlic (*Allium sativum*). In: INTERNATIONAL HORTICULTURAL CONGRESS, 23., 1990, Firenze. *Abstracts of contributed papers...* Wageningen: ISHS, 1990. (Abstracts 1903).
- MARODIN, G.A. B.; LUCCHESI, O.A.; MANFROI, V. Efeito da aplicação da cianamida hidrogenada e do óleo mineral na quebra de dormência e antecipação de colheita do pessegueiro 'Premier'. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Cruz das Almas, v. 13, n. 3, p. 165-171, 1991.
- MARODIN, G.A.B.; FRANCISCONI, A.H.D.; GALLOIS, E.S.P. Efeito de produtos químicos, na quebra de dormência e produção da pereira (*Pyrus communis* L.) cv. 'Packham's Triumph'. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Cruz das Almas, v. 14, n. 1, p. 155-160, 1992.
- MENDOZA, C.A. *Evaluación de la intensidad de poda en cuatro variedades de ciruelo japonés (Prunus salicina L.)*. Texcoco, 1979. 86 f. Dissertação (Mestrado em Fruticultura) - Colegio de Postgraduados - Centro de Fruticultura, Texcoco, 1979.
- PASQUAL, M.; PETRI, J.L. Quebra de dormência das fruteiras de clima temperado. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, v. 11, n. 124, p. 56-62, 1985.
- RICHARDSON, E.A.; ANDERSON, J.L.; CAMPBELL R.H. The omnidata biophenometer (TA45-P): a chill unit and growing degree hour accumulator. *Acta Horticulturae*, Wageningen, n. 184, p. 95-100, 1986.
- RYUGO, K. *Fruit Culture: it science and arte*. California: Willey & Sons, 1988. 344 p.
- SANCHEZ, E.S. *Evaluación del extrato de ajo como estimulador de la brotación en ciruelo japonés, Prunus salicina L. 'Santa Rosa'*. Texcoco, 1992. 63 f. Dissertação (Mestrado em Fruticultura) - Colegio de Postgraduados - Centro de Fruticultura, Texcoco, 1992.

**ATRATIVIDADE DE ARMADILHAS COLORIDAS À *Gyropsylla spegazziniana*  
(LIZER, 1917) (HOMOPTERA, PSYLLIDAE)**

LUÍS ANTÔNIO CHIARADIA <sup>1</sup>, JOSÉ MARIA MILANEZ <sup>2</sup>

**RESUMO** – O objetivo desta pesquisa foi estudar a atratividade de armadilhas coloridas à *Gyropsylla spegazziniana* (Lizer, 1917) (Hom., Psyllidae). O ensaio foi instalado numa lavoura de erva-mate (*Ilex paraguariensis*) com três anos, situada em Chapecó, SC. O delineamento experimental foi em blocos casualizados com cinco tratamentos e seis repetições no tempo. Os tratamentos constaram de bandejas pintadas com esmalte sintético “Coral”, nas cores: branca (001); amarela-escura (016); amarela-clara (01679); verde-clara (01862); e vermelha (019). Nas bandejas instaladas entre as plantas sobre um suporte de madeira com 1,30 m de altura, foram colocados dois litros de água e algumas gotas de detergente. As amostras foram recolhidas 24 horas depois e levadas ao Laboratório da Epagri-CPPP, onde com o auxílio de microscópio estereoscópio de até 40 aumentos, procedeu-se a contagem dos psilídeos capturados. As armadilhas de coloração vermelha e amarela-escura foram as mais atrativas, e podem ser utilizadas em estudos de monitoramento e flutuação populacional desta praga.

*Palavras-chave:* *Ilex paraguariensis*, *Gyropsylla spegazziniana*, armadilhas, atrativo

**ATTRACTIVENESS OF *Gyropsylla spegazziniana* (LIZER, 1917)  
(HOMOPTERA, PSYLLIDAE) TO COLOURFUL TRAPS**

**ABSTRACT** – This research was carried out in Chapecó, western of Santa Catarina, Brazil, to study the attractiveness to *Gyropsylla spegazziniana* (Lizer, 1917) (Hom., Psyllidae) to colourful traps in three-year-old *Ilex paraguariensis* orchard. The design was randomized blocks with six replicates in time. The five treatments consisted of trays painted with five different colours of “Coral” synthetic oil as follows: white (001); yellow-dark (016); yellow-light (01679); green-light (01862); and red (019). Colourful trays filled with water and detergent were installed between trees on a wood support with 1.30 m high. After 24 hours samples were collected and brought to laboratory of Epagri-CPPP. Psyllids were counted under stereoscopic microscope adjusted to forty times magnification. The red and yellow-dark traps showed more attractive than others and can be used for monitoring of this kind of insect pest.

*Key words:* *Ilex paraguariensis*, *Gyropsylla spegazziniana*, traps, attractiveness

## INTRODUÇÃO

A “erva-mate” *Ilex paraguariensis* Saint Hilaire, espécie da família das Aquifoliaceae, ocorre nas regiões sub-tropicais e temperadas da América do Sul, entre os paralelos 18 e 30 graus de latitude. A principal utilização desta essência florestal, consiste no beneficiamento das folhas e hastes destinadas ao preparo de chás.

A implantação de ervais em plantios puros favorece as pragas, que segundo IEDE e MACHADO (1989), na Região Sul do Brasil ultrapassa a uma centena de espécies, muitas ainda não identificadas. As principais pragas citadas por estes mesmos autores são: “ampola-da-erva-mate” *Gyropsylla spegazziniana* (Lizer, 1917) (Homoptera, Psyllidae); “broca-da-erva-mate” *Hedypathes betulinus* (Klug., 1825) (Coleoptera, Cerambycidae); “cochonilha-de-cera” *Ceroplastes*

*grandis* Hempel, 1900 (Homoptera, Coccidae); e “lagarta-da-erva-mate” *Hylesia* sp. (Lepidoptera, Hemileucidae).

De acordo com PRAT KRICUN (1993) e TRUJILLO (1995), a “ampola-da-erva-mate” é uma “praga chave” na Argentina, sendo necessário seu permanente monitoramento e controle. No Brasil, a população deste inseto aumentou nos últimos anos provocando elevados prejuízos aos produtores. Devido ao hábito desta praga alimentar-se nas brotações, as folhas hipertrofiam-se produzindo o sintoma conhecido por “ampola”, estrutura que abriga as ninfas, onde permanecem se alimentando até alcançar a fase adulta. Como resultado do ataque, as folhas deformadas geralmente caem, reduzindo o rendimento da cultura (GALLO et al., 1988).

Estudar *G. spegazziniana* em condições de campo é uma tarefa difícil. Este homóptero, que mede aproxi-

1. Eng. Agr., M.Sc. – EPAGRI / CPPP – Centro de Pesquisas para Pequenas Propriedades, Caixa Postal 791, Fone (049) 723-4877 – Ramal 359, Fax (049) 723-0600, E-mail: cPPP@epagri.rct-sc.br, 89901-970 Chapecó – SC/BRASIL.  
2. Eng. Agr., Ph.D. – EPAGRI / CPPP – Centro de Pesquisas para Pequenas Propriedades, Caixa Postal 791, Fone (049) 723-4877- Ramal 367, Fax (049) 723-0600, E-mail: cPPP@epagri.rct-sc.br, 89901-970 Chapecó – SC/BRASIL.

Recebido para publicação em 18/09/1997.

madamente dois milímetros de comprimento e apresenta coloração verde, possui o último par de patas adaptadas para saltar, e geralmente foge quando alguém se aproxima. Por outro lado, os sintomas do ataque são verificados com o crescimento das folhas, quando o controle da praga não evita o dano.

A amostragem de homópteros utilizando armadilhas coloridas foi utilizada por LARA et al. (1977) para estimar as populações em citros, e por RAMALHO e ALBUQUERQUE (1979), para monitorar populações de *Empoasca kraemeri* Ross & Moore, 1957 (Homoptera, Cicadellidae), na cultura do feijão.

O objetivo deste trabalho foi verificar a atratividade de armadilhas coloridas à *G. spegazziniana*, visando desenvolver um método de amostragem e monitoramento da praga.

## MATERIAIS E MÉTODOS

O ensaio foi instalado no mês de março de 1997, em um erval de propriedade da Empresa Ouro Verde, localizado no Distrito de Marechal Bormann, Município de Chapecó, Estado de Santa Catarina. As árvores com três anos, implantadas no espaçamento de 2,5 X 1,5 m, apresentavam altura média de 1,80 metros. O erval era mantido livre de ervas daninhas pela aplicação periódica de herbicidas.

O delineamento experimental adotado foi blocos ao acaso com cinco tratamentos e seis repetições realizadas no tempo, com intervalos de três dias. Os tratamentos constituíram-se de bandejas confeccionadas em folhas de flandres, medindo 0,35 x 0,45 x 0,05 m, e pintadas internamente com esmalte sintético marca "Coral", nas seguintes cores: branca (001); amarela-escura (016); amarela-clara (01679); verde-clara (01862); e vermelha (019). As bandejas foram instaladas entre as

filas de árvores, sobre um suporte de madeira com 1,30 m de altura. Nas bandejas foram colocados dois litros de água e algumas gotas de detergente. Para evitar transbordamento das bandejas decorrente de chuvas, foi feita uma pequena abertura na lateral, três centímetros acima do fundo, as quais foram protegidas com pano para evitar a saída de insetos.

Os insetos capturados 24 horas após a instalação das bandejas foram transportados para o Laboratório de Fitossanidade, do Centro de Pesquisa para Pequenas Propriedades, da EPAGRI de Chapecó/SC, onde com o auxílio de um microscópio estereoscópio foi feita a triagem e contagem dos psilídeos coletados. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (Teste F) e as médias comparadas pelo teste de Tukey.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise da variância do número dos insetos capturados no ensaio apresentou diferença altamente significativa entre os tratamentos. Na complementação da análise pela comparação múltipla de médias utilizando o teste de Tukey a 1% de probabilidade, as armadilhas de coloração vermelha e amarela-escura foram as mais atrativas para esta espécie de homóptero (Figura 1), com destaque para a armadilha de coloração vermelha. As armadilhas de coloração branca e amarela-clara foram as menos atrativas para estes insetos.

O resultados obtidos neste ensaio são semelhantes com os apurados por LARA et al. (1977) e RAMALHO e ALBUQUERQUE (1979), os quais verificaram que tonalidades da cor amarela-escura foram as mais atrativas para algumas espécies de homópteros presentes nas culturas de citros e feijão, respectivamente, embora sejam espécies pertencentes a famílias diferentes.

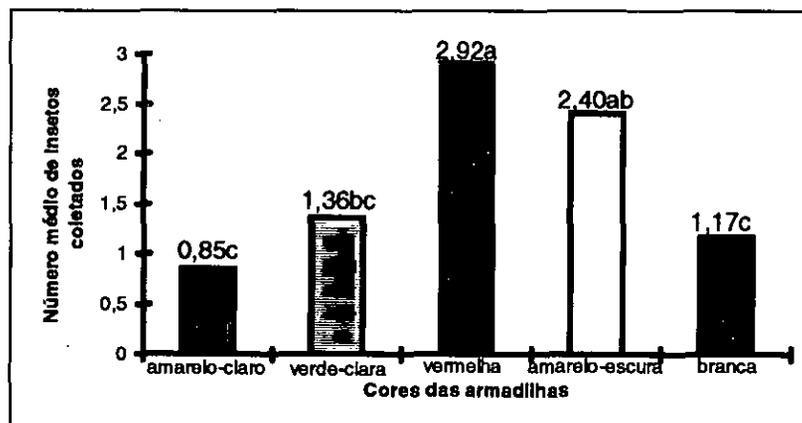


FIGURA 1 – Número médio de insetos capturados por tratamento. Dados transformados em raiz quadrada de  $X + 0,5$ . Chapecó/SC, março de 1997 (Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade.)

## CONCLUSÃO

Pelos resultados obtidos conclui-se que é viável o uso de armadilhas de coloração vermelha e amarelo-escura (Coral-019 e 016), para o monitoramento e estudos da flutuação populacional de *G. spegazziniana* em condição de campo.

## BIBLIOGRAFIA CITADA

- IEDE, E. T.; MACHADO, D. C. Pragas da erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hill.) e seu controle. *Boletim de Pesquisa Florestal*, Curitiba, n. 18/19, 1989. p. 51-60.
- GALLO, D.; NAKANO, O.; SILVEIRA NETO, S. et al. *Manual de entomologia agrícola*. Ceres: São Paulo, 1988. 649 p.
- LARA, F. M.; BORTOLI, S. A. de; OLIVEIRA, E. A. Flutuações populacionais de alguns insetos associados aos *Citrus* sp. e suas correlações com fatores meteorológicos. *Científica*, São Paulo, v. 5, n. 2, 1977. p. 134-143.
- PRAT KRICUN, S. D. *Yerba mate: técnicas actualizadas de cultivo*. Missiones: E. E. A. Cerro Azul, 1993. 14 p.
- RAMALHO, F. S.; ALBUQUERQUE, M. M. Influência de tonalidades da cor amarela nas armadilhas d'água para a captura da cigarrinha *Empoasca kraemeri* Ross & Moore, 1975, *Ciência e Cultura*, São Paulo, v. 31, n. 3, 1979. p. 305-306.
- TRUJILLO, M. R. Agroecosistema yerbatero de alta densidad: plagas y enemigos naturales. In: WINGE, H.; FERREIRA, A. G.; MARIATH, J. E. de A. et al. *Erva-mate: biologia e cultura no cone sul*, Porto Alegre: Ed. UFRGS, 1995. p. 129-134.

# MÉTODO DE SELEÇÃO DE PLANTAS DE MILHO PARA TOLERÂNCIA AO ENCHARCAMENTO DO SOLO

MARILDA PEREIRA PORTO<sup>1</sup>

**RESUMO** – A maioria das espécies vegetais cultivadas é prejudicada pela falta ou por baixa disponibilidade de oxigênio no solo, quando os espaços livres (macroporos) estão ocupados pela água. A característica principal dos solos de várzeas da Região Sul do Brasil, que ocupam, aproximadamente, 6,8 milhões de ha cultivados, preferencialmente, com arroz irrigado é o seu hidromorfismo. A umidade excessiva está associada à formação de lençol freático próximo à superfície, devido ao relevo plano e à presença de horizonte B impermeável, ocasionando má drenagem natural. Reações do milho ao excesso de umidade desses solos já foram determinadas e métodos de melhoramento estão sendo utilizados para desenvolver germoplasma tolerante. Este trabalho apresenta uma metodologia simples, de fácil execução, que permite selecionar plantas jovens de milho, quanto à tolerância ao excesso de umidade, pelo exame de seu sistema radicular. As determinações de densidade e umidades volumétrica e gravimétrica obtidas em copos plásticos, com volume ocupado de 160 cm<sup>3</sup> de solo, comparados com valores de campo (Planossolo-Unidade de mapeamento Pelotas) permitiram concluir que o “método dos copos” é adequado para a triagem de plantas jovens de milho.

*Palavras-chave:* *Zea mays* L., umidade do solo.

## METHOD OF SELECTION FOR TOLERANCE TO SOIL WATERLOGGING IN MAIZE PLANTS

**ABSTRACT** – Most of the cultivated species (crops and forrages) is damaged by the lack of or low availability of oxygen in the soil, a consequence of the water filling of the macropores. The area of the low plains of Brazil Southern Region (Rio Grande do Sul, Santa Catarina and Parana States) is approximately 6.8 millions hectares and most of these soils is dedicated to irrigated rice crop. The main characteristic of these soils is hydromorphism. The excess of humidity is associated with a water table near the soil surface, as a result of the plain relief and of an impermeable B horizon, both impairing natural drainage after excessive rainfall. Reaction of maize plants to water excess in the soil have already been evaluated and breeding methods are being employed to develop tolerant germplasm. This work presents a simple methodology, easy to carry out, that is useful to select maize plantlets (20 days old) tolerant to soil waterlogging, through the examination of their root systems. The determinations of density and of volumetric and gravimetric humidities on 160 cm<sup>3</sup> of soil contained in plastic cups, compared with field collected data (Albaqualf) allowed to infer that the “cups method” is adequate to be used in screening young maize plants tolerant to excessive soil water.

*Key words:* *Zea mays* L., soil humidity.

## INTRODUÇÃO

As espécies vegetais cultivadas apresentam ampla variação de comportamento, quando submetidas a condições extremas de estresse ambiental. O melhoramento genético pode manipular essa variabilidade, para o desenvolvimento de germoplasma tolerante a condições específicas de estresse. Para isso, é necessária a utilização de metodologia que permita uma avaliação segura dos fatores limitantes e das reações das plantas a eles submetidas.

A maioria das espécies vegetais cultivadas tem seu desenvolvimento e produção prejudicadas, em solos mal drenados. Há um consenso geral de que a principal causa deste prejuízo é a falta de oxigênio no solo, devido a ocupação dos espaços livres pela água. No entanto, ou-

tros fatores contribuem para o desequilíbrio fisiológico das plantas, nessas condições, tais como: baixa disponibilidade de água e de minerais, causada por um decréscimo na permeabilidade das raízes; desequilíbrio de hormônios relacionados com as raízes; decréscimo de nitrogênio disponível no solo; incremento de compostos tóxicos no solo e na planta e aumento das populações de organismos patogênicos.

YU et al. (1969) estudaram a reação de diversas espécies vegetais sob prolongadas condições de encharcamento, concluindo que, quando o solo estava saturado, a difusão de oxigênio através da água era muito reduzida. Contudo, algumas plantas foram supridas de oxigênio por aeração interna, através de espaços intracelulares (aerênquimas). Deste modo, o suprimento de oxigênio foi, em parte, dependente da porosidade

1. Eng. Agr., M.Sc. – Pesquisadora da EMBRAPA/Centro de Pesquisa Agropecuária de Clima Temperado (CPACT), Caixa Postal 403, 96001-970 Pelotas – RS/BRASIL.

Recebido para publicação em 07/11/1997.

das raízes e, segundo os autores, esta característica estava associada à tolerância ao excesso de água no solo, por períodos prolongados.

Depois de uma ampla revisão sobre o assunto, KAWASE (1981) concluiu que existem claras evidências de que as plantas tolerantes ao encharcamento possuem um sistema de transporte de oxigênio, para as raízes, bem mais desenvolvido do que as não tolerantes.

Segundo MACHADO e MAGNAVACA (1991), outras características importantes, em plantas tolerantes, são a eficiência na absorção e utilização da amônia, o aumento da porosidade das raízes, a formação de aerênquimas e o aumento do número de raízes adventícias.

Também, SILVA (1986) realizou ampla revisão sobre os efeitos negativos do encharcamento, em culturas anuais, e sobre as estratégias de melhoramento para superá-los, argumentando que o conjunto de práticas culturais adequadas, associado ao uso de cultivares tolerantes, poderá proporcionar o desenvolvimento da agricultura em áreas hoje consideradas impróprias, abrindo uma fronteira agrícola de elevada produtividade e estabilidade.

Os efeitos do encharcamento sobre diversas espécies cultivadas já são amplamente conhecidos, mas para a cultura do milho, as informações são escassas e contraditórias.

ALI (1976), em teste de campo, concluiu que o encharcamento prejudica, significativamente, a produção de grãos de milho e que as reduções dependem do tempo de encharcamento e do estágio de desenvolvimento das plantas. Vários autores relataram que o maior dano e, conseqüentemente, a redução de produção de milho acontece quando o estresse ocorre no início do estágio vegetativo (JOSHI e DASTANE, 1966; RITTER e BEER, 1969; CHAUDHARY et al., 1975; SINGH e GHILDYAL, 1980; KANWAR et al., 1988; MUKHTAR et al., 1990).

LOPES et al. (1988) consideram que as pesquisas conduzidas a campo, para determinação de tolerância à deficiência de oxigênio no solo, são necessárias, mas de difícil execução, já que existem fatores, nas relações solo-água-clima-planta, que não podem ser quantificados, nem controlados adequadamente. Por isso, métodos de seleção, em condições artificialmente controladas, são utilizados como ferramentas auxiliares do trabalho de melhoramento genético de plantas.

CAETANO et al. (1977,b) e SCHEEREN et al. (1995) utilizaram vasos com solo encharcado, para descrever os sintomas desse estresse em trigo e avaliar a reação de diferentes cultivares ao mesmo.

Em 1977, CAETANO et al. (1977,a) usaram, para selecionar plantas em populações híbridas, a semeadura em copos plásticos furados e mantidos em bandejas

com água, onde desenvolveram-se as raízes. Os autores observaram grandes diferenças no sistema radicular de plantas provenientes de vários cruzamentos. Houve uma correlação positiva entre as plantas que apresentaram um bom desenvolvimento radicular, nessas condições, e a sua sobrevivência e produção. Aquelas com pouco desenvolvimento de raízes ou morreram, ou apresentaram clorose e amarelecimento semelhantes aos de plantas cultivadas em solo com excesso de umidade.

Os solos de várzea da Região Sul do Brasil ocupam uma área aproximada de 6.800.000 ha e são cultivados, preferencialmente, com arroz irrigado. Segundo KLAMT et al. (1985), a característica dominante nestes solos é a má drenagem ou hidromorfismo. A umidade excessiva dos solos de várzea está associada a um lençol freático próximo à superfície, devido ao relevo plano e à presença de camada impermeável no subsolo (horizonte B).

Este trabalho tem como objetivo apresentar uma metodologia simples, chamada "método dos copos", que permite selecionar plantas jovens de milho, para tolerância ao excesso de umidade, pelo exame do seu sistema radicular.

Os resultados aqui apresentados não pretendem enumerar os genótipos tolerantes, mas, apenas, mostrar a exequibilidade do método.

## MATERIAL E MÉTODOS

### 1. Teste preliminar.

Para quantificar a densidade e a percentagem de umidade do solo nos copos, foi realizado um experimento, em casa-de-vegetação. Foram testados sete tratamentos de volumes de solo, de 120 a 180 cm<sup>3</sup> (variando de 10 em 10 cm<sup>3</sup>), em delineamento inteiramente casualizado, com 20 copos plásticos de 200 cm<sup>3</sup> por tratamento, perfurados na base e colocados em bandeja com lâmina de água permanente.

Após quatro dias de encharcamento foram medidos, em laboratório:

– Umidade gravimétrica – diferença entre o peso do solo encharcado e do solo seco em estufa, a 105 °C., expressa em percentagem;

– Densidade do solo – relação entre o peso do solo seco e o seu volume;

– Umidade volumétrica – produto entre a umidade gravimétrica e a densidade do solo, expressa em percentagem.

### 2. Descrição do método.

O "Método dos Copos", como está sendo chamada a metodologia a seguir descrita, utiliza copos plásticos, descartáveis, de 200 cm<sup>3</sup>, perfurados na base em quatro pontos, com orifícios de 4 mm de diâmetro (Figura 1). Estes copos são identificados próximo à borda

superior, com etiquetas adesivas. São preenchidos de 160 a 180 cm<sup>3</sup> de seu volume com uma mistura de solo peneirado, corrigido com calcário e adubo orgânico e mineral, de acordo com a necessidade da cultura. Todos os copos devem conter a mesma quantidade de solo; por isso, é necessário pesá-los depois de enchê-los, mantendo-os com umidade constante.

Os copos com solo são colocados em bandejas (de 20 a 24 copos por bandeja), mantidas com 4 cm de lâmina de água (Figura 2). Nessas condições, faz-se a semeadura de uma semente por copo, com o embrião voltado para cima, a uma profundidade de 2 cm, aproximadamente.

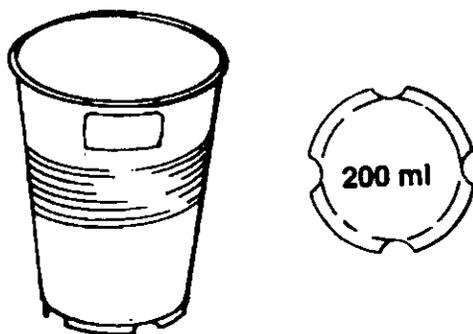


FIGURA 1 – Copo plástico, perfurado na base

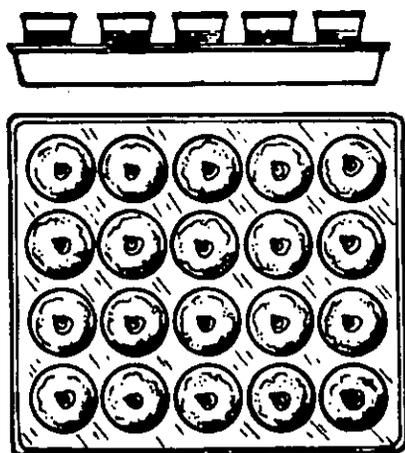


FIGURA 2 – Bandejas com copos com solo na semeadura

Mantém-se as bandejas em ambiente controlado (casa-de-vegetação), até o estágio de desenvolvimento da 2ª folha (cerca de 4 a 5 dias após emergência), quando são descartados os copos sem plantas. Então, as bandejas, com os copos com plântulas, podem ser colocadas fora da estufa, para que o desenvolvimento das plantas ocorra sob condições naturais, evitando-se, assim, os efeitos de sombreamento. Outra possibilidade é mantê-las sob condições controladas, para tomar medidas e re-

alizar pesagens da parte aérea e das raízes, principalmente em períodos de baixa temperatura ambiente. O importante é manter as bandejas sempre com o mesmo nível de água.

No período de 20 a 30 dias da emergência é realizado o exame visual e feitas as medições do sistema radicular, nas plantas que conseguiram desenvolvê-lo pelos orifícios dos copos (Figura 3).

Se o objetivo do trabalho é obter germoplasma tolerante, as plantas selecionadas deverão ser transplantadas para a área experimental. Desta forma, foram selecionados os genótipos que participaram do programa de melhoramento de milho para várzeas da EMBRAPA-CPACT, a partir de 1988/89.



FIGURA 3 – Planta de milho selecionada

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Através dos testes realizados utilizando o “método dos copos”, na busca de genótipos de milho tolerantes ao excesso de umidade, as variações de reação das plantas jovens de milho, até agora observadas, foram: a) apodrecimento de sementes antes de completar a germinação; b) morte da planta logo após esgotarem-se as reservas da semente; c) impossibilidade de desenvolver o sistema radicular no ambiente encharcado; d) paralisação do crescimento da parte aérea, devido ao apodre-

cimento das raízes; e) clorose e necroses nas folhas; f) engrossamento das raízes principais e dos pêlos radiculares; g) bom desenvolvimento do sistema radicular dentro da água, passando as raízes pelas perfurações dos copos, e proporcional desenvolvimento da parte aérea.

No trabalho realizado com o objetivo de determinar a similaridade das condições de umidade nos copos com a dos solos hidromórficos, verificou-se que a densidade obtida situou-se na faixa de 1,1 a 1,2 g/cm<sup>3</sup>. A maior densidade ocorreu quando foram ocupados 160 cm<sup>3</sup> dos copos com solo. Normalmente, os solos de várzeas possuem uma densidade média de 1,6 g/cm<sup>3</sup> (GOMES et al., 1992), mas, nos copos, é impraticável trabalhar com estes valores.

Quanto às umidades volumétrica e gravimétrica, os valores não variaram significativamente com a variação dos volumes de solo nos copos e as médias alcançadas foram de 40% e 35%, respectivamente.

Segundo GOMES et al. (1992), os valores de porosidade total do Planossolo – Unidade de mapeamento Pelotas, nos horizontes Ap e A2, são 49,8% e 35,4% respectivamente. Observou-se que, trabalhando com os valores de umidade obtidos nos copos, foram simuladas as condições que as plantas de milho enfrentam em solo encharcado, com ocupação quase total dos poros pela água. Esta é a condição básica para o teste no “método dos copos”.

## CONCLUSÕES

Os resultados obtidos com a metodologia dos copos, comparados com valores obtidos no campo, permitiram concluir que é possível simular as condições de solo saturado de umidade, em copos plásticos, com volume ocupado de 160 cm<sup>3</sup>, colocados em bandejas com lâmina de água.

A variação da reação do germoplasma testado no programa de melhoramento de milho do CPACT indica que o “método dos copos” é adequado para a triagem de plantas jovens de milho tolerantes ao encharcamento.

## BIBLIOGRAFIA CITADA

- ALI, M. Effect of stages and duration of flooding on grain yield of hybrid maize. *Indian Journal of Agronomy*, New Delhi, v. 21, n. 4, p. 477-478, 1976.
- CAETANO, V.R.; CAETANO, V.R.; LUZ, W.C. Observações no sistema radicular de trigo em solo encharcado. In: REUNIÃO ANUAL CONJUNTA DE PESQUISA DE TRIGO, 9., 1977, Londrina. *Sanidade*. Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 1977, a. v. 4, p. 171-175.
- CAETANO, V.R.; CAETANO, V.R.; LUZ, W.C. Observações sobre o comportamento de trigo em solo encharcado e reação à temperatura e umidade relativa do ar. In: REUNIÃO ANUAL CONJUNTA DE PESQUISA DE TRIGO, 9., 1977, Londrina. *Sanidade*. Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 1977, b. v. 4, p. 176-182.
- CHAUDHARY, T.N.; BHATNAGAR, V.K.; PRIHAR, S.S. Corn yield and nutrient uptake as affected by water table depth and soil submergence. *Agronomy Journal*, Madison, v. 67, p. 745-749, 1975.
- GOMES, A.S.; CUNHA, N.G.; PAULETTO, E.A.; SILVEIRA, R.J.C.; TURATTI, A.L. Solos de várzeas – uso e manejo: problema físico e perspectiva de solução. In: FEDERACITE. *Solos e irrigação*. Porto Alegre: UFRGS; FEDERACITE, 1992. p. 64-79.
- JOSHI, M.S.; DASTANE, N.G. Studies in excess water tolerance of crop plants. II. Effect of different durations of flooding at different stages of growth under different layouts on growth. *Indian Journal of Agronomy*, New Delhi, v. 11, p. 70-79, 1966.
- KANWAR, R.S.; BAKER, J.L.; MUKHTAR, S. Excessive soil water effects at various stages of development on the growth and yield of corn. *Transactions of the ASAE*, St. Joseph, v. 31, n. 1, p. 133-141, 1988.
- KAWASE, M. Anatomical and morphological adaptation of plants to waterlogging. *Hortscience*, v. 16, n. 1, p. 8-12, 1981.
- KLAMT, E.; KAMPF, N.; SCHNEIDER, P. Solos de várzea no estado do Rio Grande do Sul. Porto Alegre: UFRGS, 1985, 42 p. (Boletim Técnico de Solos, 4).
- LOPES, M.A.; PARENTONI, S.N.; MAGNAVACA, R. Adaptaciones morfológicas y fisiológicas en plantas de mayz sometidas a deficiencia de oxígeno en el suelo. In: SEMINÁRIO MEJORAMIENTO PARA TOLERANCIA A FACTORES AMBIENTALES ADVERSOS EN EL CULTIVO DEL MAYZ, 3., 1988, Quito. San José: IICA-BID, 1988. p. 106-124.
- MACHADO, A.T.; MAGNAVACA, R. *Estresse ambiental: o milho em perspectiva*. Rio de Janeiro: AS-PTA, 1991. 47 p.
- MUKHTAR, S.; BAKER, J.L.; KANWAR, R.S. Corn growth as affected by excessive soil water. *Transactions of the ASAE*, St. Joseph, v. 33, n. 2, p. 437-442, 1990.
- RITTER, W.F.; BEER, C.E. Yield reduction by controlled flooding of corn. *Transactions of the ASAE*, St. Joseph, v. 12, n. 1, p. 46-50, 1969.
- SCHERREN, P.L.; CARVALHO, F.I.F. de; FEDERIZZI, L.C. Resposta do trigo aos estresses causados por baixa luminosidade e/ou excesso de água no solo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 30, n. 8, p. 1041-1048, 1995.
- SILVA, A.R. da. Tolerância ao encharcamento. In: SIMPÓSIO SOBRE ALTERNATIVAS AO SISTEMA TRADICIONAL DE UTILIZAÇÃO DAS VÁRZEAS DO RIO GRANDE DO SUL, 1., 1984, Porto Alegre. *Trabalhos apresentados...* Brasília: PROVÁRZEAS/PROFIR, 1986. p. 166-181.
- SINGH, R.; GHILDYAL, B.P. Soil submergence effects on nutrient uptake, growth and yield of five corn cultivars. *Agronomy Journal*, Madison, v. 75, n. 5, p. 737-741, 1980.
- YU, P.T.; STOLZY, L.H.; LETEY, J. Survival of plants under prolonged flooded conditions. *Agronomy Journal*, Madison, v. 61, p. 844-847, 1969.

# SEÇÃO: RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS

## TAMANHO DE PARTÍCULAS DO SEDIMENTO PRODUZIDO POR EROSÃO EM ENTRESSULCOS SOB DIFERENTES COBERTURAS DO SOLO E POR EROSÃO EM SULCOS EM UM SOLO PODZÓLICO VERMELHO-ESCURO<sup>1</sup>

JOÃO ALFREDO BRAIDA<sup>2</sup>, ELEMAR ANTONINO CASSOL<sup>3</sup>

**RESUMO** – O tamanho de partículas do sedimento é uma das características que afetam seu transporte e deposição. Para a formulação de modelos de predição da produção de sedimentos pelo processo erosivo, é necessário conhecer a distribuição de tamanho de partícula do sedimento. Em dois trabalhos realizados no Centro de Pesquisa de Florestas e Conservação do Solo, da FEPAGRO, em Santa Maria, RS, em solo Podzólico Vermelho-Escuro franco arenoso, determinou-se o tamanho de partículas do sedimento. Em um experimento, sobre erosão em entressulcos, parcelas de 0,50 x 0,75 m, montadas sobre solo recém preparado, com declividade média de 0,17 m/m, receberam doses médias de 0,00, 0,05, 0,10, 0,20, 0,40 e 0,80 kg/m<sup>2</sup> de palha de trigo e de palha de milho, em quatro repetições. Sobre essas parcelas aplicou-se chuva simulada com intensidade média de 67 mm/h e duração de 90 minutos, durante os quais coletou-se amostras de enxurrada para determinação do tamanho de partículas. Em um segundo experimento, sobre erosão em sulcos, vazões de 10, 20, 30, 40 e 50 dm<sup>3</sup>/min foram aplicadas, durante 40 minutos, em sulcos pré-formados com cinco metros de comprimento no sentido do declive, em solo recém-preparado, com declividade média de 0,116 m/m. O tamanho médio dos sedimentos produzidos pela erosão em entressulcos decresceu exponencialmente com o aumento da cobertura do solo. Na erosão em sulcos, não se observou efeito significativo da vazão aplicada sobre o tamanho das partículas, porém os sedimentos decresceram de tamanho com o tempo de aplicação de água nos sulcos. O tamanho médio de partículas, dado pelo índice D<sub>50</sub>, do sedimento produzido pela erosão em entressulcos foi de 0,250 mm e na erosão em sulcos foi de 0,325 mm.

*Palavras-chave:* sedimentação, partícula, erosão, sulco, entressulco, erosão hídrica do solo

## PARTICLE SIZE OF SEDIMENT YIELDED BY INTERRILL EROSION UNDER DIFFERENT SOIL RESIDUE COVER AND BY RILL EROSION ON A PALEUDULT SANDY LOAM SOIL

**ABSTRACT** – Sediment particle size is a characteristic that affects the particles transportability and deposition in the erosion process. It is necessary to know the particle size distribution in order to build a model to predict the sediment yield during an erosion process. Two field experiments were conducted at the Forest and Soil Conservation Research Center, from FEPAGRO, in Santa Maria, State of Rio Grande do Sul, Brazil, on a Paleudult sandy loam soil, to determine the particle size distribution, from interrill and rill erosion processes. In the first experiment, residues of wheat and corn were applied as a surface cover on small interrill-plots of 0.50 x 0.75 m, at amounts of 0.00, 0.05, 0.10, 0.20, 0.40 and 0.80 kg/m<sup>2</sup>, in four replications on freshly tilled soil, with an average land slope of 0.17 m/m. A simulated rainfall with intensity of 67 mm/h was applied during 90 minutes, when runoff samples were taken to determine the sediment particle size distribution. In a second field experiment, concentrated flow rates of 10, 20, 30, 40 and 50 dm<sup>3</sup>/min were

1. Artigo extraído da dissertação de mestrado do primeiro autor, realizada sob a orientação do segundo autor, apresentada e aprovada no Curso de Pós-Graduação em Ciência do Solo do Programa de Pós-Graduação em Agronomia da UFRGS. Trabalho realizado com recursos parciais da FAPERGS e apresentado no XXV Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, Viçosa – MG, de 23 a 29 de julho de 1995.

2. Eng. Agr., M.Sc. – Prof. do Curso de Agronomia do Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná (CEFET-PR), Rodovia PR 469, km 1, Caixa Postal 571, 85503-390 Pato Branco – PR/BRASIL. E-mail: Braidaja@cefet.whiteduck.com.br

3. Eng. Agr., PhD. – Pesquisador da Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária, Rua Gonçalves Dias 570, 90130-060 Porto Alegre – RS/BRASIL, e Prof. Adjunto do Departamento de Solos da Faculdade de Agronomia da UFRGS, Av. Bento Gonçalves 7712, 90001-970 Porto Alegre, RS/BRASIL. E-mail: cassolea@vortex.ufrgs.br. Bolsista de Pesquisa do CNPq.

Recebido para publicação em 30 de julho de 1996.

applied during 40 minutes, on four replications of preformed 5 m long rills in a freshly tilled soil with an average land slope of 0.116 m/m. The median size of the sediment yielded in the interrill soil erosion process decreased exponentially with the increase of the soil surface cover by crop residues. In the rill erosion process, the median size sediment particles decreased with the time from the beginning of the flow application. However, it was not observed any statistically significant difference in the median size of the particle sediment with the increase in the flow rates. The median size of sediment particle given by the  $D_{50}$  index was 0.250 mm in the interrill erosion process and 0.325 mm in the rill erosion process.

*Key words:* sedimentation, particle, erosion, rill, interrill, soil erosion by water

## INTRODUÇÃO

A erosão do solo constitui-se em um processo de desagregação, transporte e deposição de partículas da massa do solo pelos agentes erosivos. No caso da erosão hídrica, esses agentes são as gotas da chuva e o escoamento superficial (ELLISON, 1947).

A carga de sedimentos transportada pelo fluxo superficial na erosão hídrica depende de variáveis hidráulicas como a taxa de descarga, a velocidade e a profundidade do fluxo, e de características das partículas do sedimento como o tamanho e a densidade (FOSTER et al., 1985). Essas características determinam a transportabilidade das partículas, influenciando os processos de transporte e de deposição dos sedimentos (YOUNG, 1980).

Vários fatores determinam o tamanho de partículas do sedimento transportado, incluindo a textura do solo, densidade de partículas, composição mineralógica do solo, tipo e conteúdo de matéria orgânica, rugosidade superficial, relevo, uso anterior e a forma de atuação do agente erosivo (MEYER et al., 1980; YOUNG, 1980; FOSTER, 1982).

A erosão em solos coesivos produz sedimentos formados por uma combinação de partículas primárias e secundárias (agregados), numa proporção variável com a intensidade e duração da chuva. Em solos não coesivos os sedimentos produzidos são compostos principalmente por partículas primárias (SWANSON e DEDRICK, 1967).

A desagregação pelo impacto das gotas da chuva produz partículas menores que as produzidas pelo fluxo superficial concentrado de água (ELLISON, 1947). ALBERTS et al. (1980) observaram que o fluxo concentrado em sulcos transportou uma maior proporção de partículas grandes em relação ao fluxo laminar dos entressulcos. Segundo os autores, esse fato deve-se às diferenças entre os mecanismos de desagregação e transporte em cada uma dessas áreas.

Nas áreas entre os sulcos, onde a desagregação é realizada exclusivamente pelo impacto das gotas da chuva, o processo erosivo é seletivo pois pode ser limitado pela capacidade de transporte do fluxo superficial ou pela taxa de desagregação, dependendo da declividade dessas áreas. Já nos sulcos, tanto a desagregação

como o transporte de partículas são feitos pelo fluxo concentrado, havendo uma maciça remoção das partículas desagregadas, sem seletividade (MEYER et al., 1975; FOSTER, 1982).

Para a erosão em entressulcos, MEYER et al. (1980) não observaram efeitos da duração da chuva e da cobertura do solo pelo dossel das plantas sobre o tamanho de partícula do sedimento. Entretanto, GABRIELS e MOLDENHAUER (1978) observaram que a percentagem dos agregados maiores diminuiu com o tempo de chuva, enquanto que a percentagem de agregados menores aumentou. ROCKENBACH (1992) verificou uma tendência semelhante.

GILLEY et al. (1986), trabalhando com palha de milho, observaram que o aumento da taxa de cobertura do solo resultou numa redução do tamanho de partículas do sedimento produzido por erosão em entressulcos. Entretanto ROCKENBACH (1992), que empregou palha de trigo em estudo de erosão em entressulcos, não observou efeito da taxa de cobertura do solo sobre o tamanho médio de partícula do sedimento.

No caso da erosão em sulcos, ALBERTS et al. (1980), GIASSON (1992) e GIASSON e CASSOL (1996), não observaram efeitos da taxa de descarga do sulco sobre o tamanho médio de partícula do sedimento. Entretanto, FOSTER et al. (1982) observaram um aumento do tamanho de partícula quando aumentou a taxa de descarga do sulco e não observaram efeitos significativos de diferentes condições de preparo do solo.

O presente trabalho foi realizado com o objetivo de caracterizar o tamanho médio de partículas do sedimento produzido por erosão em entressulcos sob diferentes coberturas do solo por resíduos vegetais e por erosão em sulcos com diferentes taxas de descarga, em um solo Podzólico Vermelho-Escuro, franco arenoso, do Estado do Rio Grande do Sul.

## MATERIAL E MÉTODOS

Os trabalhos experimentais foram desenvolvidos no Centro de Pesquisa de Florestas e Conservação do Solo (antiga Estação Experimental de Silvicultura), da Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária (FEPAGRO) do Rio Grande do Sul, localizada no município de Santa Maria (RS), entre as latitudes 29°30' e

29°45' Sul e longitudes 54°00' e 54°15' a Oeste de Greenwich. O solo da área experimental é um Podzólico Vermelho-Escuro franco arenoso (ABRÃO et al., 1988).

Na Tabela 1 encontram-se algumas características físicas e químicas da camada superficial (0 – 20 cm) do solo da área experimental.

**TABELA 1 – Algumas características físicas e químicas do horizonte superficial do solo da área experimental**

Argila (<0,002mm) <sup>(1)</sup> (kg/kg) .....	0,144
Silte (0,002 – 0,050mm) <sup>(1)</sup> (kg/kg) .....	0,101
Areia (0,050 – 2,00mm) <sup>(1)</sup> (kg/kg) .....	0,755
Areia muito fina (0,105 – 0,050mm) <sup>(1)</sup> (kg/kg) .....	0,080
Areia fina (0,25 – 0,105mm) <sup>(1)</sup> (kg/kg) .....	0,283
Areia média (0,50 – 0,25mm) <sup>(1)</sup> (kg/kg) .....	0,310
Areia grossa (1,00 – 0,50mm) <sup>(1)</sup> (kg/kg) .....	0,076
Areia muito grossa (2,00 – 1,00mm) <sup>(1)</sup> (kg/kg) .....	0,006
D <sub>50</sub> das partículas do solo disperso (mm) .....	0,194
Densidade do solo <sup>(1)</sup> (kg/m <sup>3</sup> ) .....	1,510
Densidade da partícula <sup>(1)</sup> (kg/m <sup>3</sup> ) .....	2,650
Porosidade total <sup>(1)</sup> (m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> ) .....	0,4302
Teor de matéria orgânica <sup>(2)</sup> (kg/kg) .....	0,0102
pH em água <sup>(2)</sup> .....	4,51
Capacidade de Troca de Cátions <sup>(2)</sup> (mmol <sub>c</sub> /kg) .....	38
Teor de Al <sup>(2)</sup> (mmol <sub>c</sub> /kg) .....	6
Teor de Ca <sup>(2)</sup> (mmol <sub>c</sub> /kg) .....	12
Teor de Mg <sup>(2)</sup> (mmol <sub>c</sub> /kg) .....	6

<sup>(1)</sup> Determinações efetuadas conforme procedimentos de EMBRAPA (1979).

<sup>(2)</sup> Determinações efetuadas conforme procedimentos de TEDESCO et al. (1985).

#### *Erosão em entressulcos*

O tamanho de partículas do sedimento produzido por erosão em entressulcos foi determinado em um experimento realizado em fevereiro e março de 1993. Nesse experimento foram avaliadas as relações entre a erosão em entressulcos e a cobertura do solo por diferentes quantidades de palha de trigo e palha de milho. Maiores detalhes desse trabalho encontram-se em BRAIDA (1994). Daquele trabalho, será tratado aqui apenas a parte referente à distribuição do tamanho de partículas do sedimento, obtidas a partir de amostras de enxurrada coletadas em todas as parcelas experimentais, em cinco momentos durante a aplicação de chuva simulada.

Palha de trigo e palha de milho foram picadas em fragmentos com cerca de 7,5 cm e distribuídas em parcelas de 0,50 x 0,75 m, sobre o solo recentemente preparado por uma aração e duas gradagens realizadas no sentido do declive. As quantidades de palha utilizadas foram de 0,00, 0,05, 0,10, 0,20, 0,40 e 0,80 kg/m<sup>2</sup>, aplicadas em quatro repetições para cada tipo de palha. As parcelas eram delimitadas por uma chapa metálica nas laterais e na extremidade superior, e por uma calha na extremidade inferior. A declividade média das parcelas era de 0,17 m/m. Foi

aplicada uma chuva simulada de intensidade média de 67 mm/h e de duração de 90 minutos.

Antes da aplicação da chuva, as parcelas experimentais foram fotografadas para a determinação da cobertura do solo pelo método proposto por MANNERING e descrito por LOPES (1984). Durante a simulação da chuva, toda a enxurrada proveniente das parcelas foi coletada em potes plásticos colocados sob a saída da calha existente na extremidade inferior das parcelas. Os potes foram trocados a cada três minutos nos 15 minutos iniciais da chuva e, depois, a cada dois minutos.

Para a avaliação do tamanho de partícula do sedimento foram utilizadas as amostras de enxurrada coletadas nos intervalos de 3 a 6, 9 a 12, 19 a 21, 39 a 41 e 79 a 81 minutos. Nos tratamentos com 0,40 e 0,80 kg/m<sup>2</sup> de palha foram utilizadas as amostras dos intervalos 3 a 9, 9 a 15, 19 a 23, 39 a 43 e 78 a 83 minutos, em função da pequena quantidade de sedimentos.

A separação das partículas, em oito classes de tamanho, foi realizado por peneiração úmida das amostras em laboratório. Foram utilizadas peneiras com abertura de malha de 2,00, 1,00, 0,50, 0,25, 0,105, 0,053 e 0,037 mm. A peneiração úmida com peneiras com malha de abertura maior ou igual a 0,25 mm foi realizada

com agitação mecânica vertical durante cinco minutos. O material que passou pela peneira com malha de abertura de 0,25 mm foi separado por peneiração manual com as restantes peneiras sobrepostas. O material que passou pela peneira com malha de abertura de 0,037 mm, foi coletado em baldes plásticos para a sedimentação das partículas, que foi acelerada pela adição de uma solução de alúmen de potássio à 3%.

#### *Erosão em sulcos*

O tamanho de partículas do sedimento produzido por erosão em sulcos foi avaliado em um experimento realizado em agosto de 1993 (BRAIDA, 1994), no qual foram aplicadas vazões de 10, 20, 30, 40 e 50 dm<sup>3</sup>/min de água em sulcos pré-formados sobre solo recém-preparado. Os sulcos tinham cinco metros de comprimento no sentido do declive e 0,50 m de largura, com seção transversal triangular com profundidade de 0,05 m. A declividade média dos sulcos era de 0,116 m/m. Foram realizadas quatro repetições dos testes, com duração de quarenta minutos, durante os quais foram medidas as taxas de descarga e a velocidade superficial do fluxo e coletadas amostras de enxurrada para a determinação da concentração e do tamanho de partículas do sedimento na enxurrada. Neste trabalho serão utilizadas apenas os dados referentes à distribuição do tamanho de partículas do sedimento.

As amostras para a determinação do tamanho de partículas foram coletadas aos 2, 11, 24 e 39 minutos do início dos testes. Essas amostras foram levadas para o laboratório, onde foram separadas em nove classes de tamanho, de modo semelhante ao utilizado para as amostras de erosão em entressulcos. Nesse caso, porém, foram usadas peneiras com malha de abertura de 4,76, 2,00, 1,00, 0,50, 0,25, 0,105, 0,053, 0,037 mm e a peneiração úmida com agitação mecânica vertical foi

usada para as peneiras com malha com abertura maior ou igual a 0,50 mm.

#### *Tamanho médio de partículas do sedimento*

A quantidade relativa de sedimentos em cada classe de tamanho, para os dois tipos de sedimentos, foi obtida dividindo-se a massa de partículas secas da classe pela soma total das massas de partículas secas em todas as classes de tamanho. Com esses dados foi calculado o índice  $D_{50}$ , que é o indicador do diâmetro médio das partículas e representa o tamanho para o qual 50% das partículas são maiores e 50% são menores.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### *Sedimentos produzidos por erosão em entressulcos*

A taxa de cobertura do solo, proporcionada por diferentes quantidades de palha de trigo e palha de milho picadas, são apresentadas na Tabela 2. Os resultados mostram que para uma mesma quantidade, existem diferenças na cobertura do solo proporcionada por palha de milho e palha de trigo. Isto ocorre principalmente nas menores quantidades pois, nesses casos, a palha de milho é composta por um menor número de peças que a palha de trigo. Através da análise de regressão dos dados, obteve-se as seguintes relações matemáticas entre a quantidade de palha e a fração coberta da superfície.

Para palha de milho:

$$CS = 1 - e^{(-6,05 \cdot MR)} \quad (r^2 = 0,74^{**}) \quad [1]$$

Para palha de trigo:

$$CS = 1 - e^{(-7,91 \cdot MR)} \quad (r^2 = 0,78^{**}) \quad [2]$$

onde:

CS = cobertura do solo (m<sup>2</sup>/m<sup>2</sup>);

e = base do logaritmo natural; e,

MR = massa de resíduos (kg/m<sup>2</sup>).

**TABELA 2 – Cobertura de solo (CS) em entressulcos em função do tipo e da quantidade de palha (MR) na superfície do solo. Médias de quatro repetições**

Quantidade de Palha (kg/m <sup>2</sup> )	Cobertura do Solo	
	Palha de Trigo	Palha de Milho
0,00	0,00a	0,00a
0,05	0,42a	0,18b
0,10	0,62a	0,37b
0,20	0,78a	0,69b
0,40	0,93a	0,88a
0,80	0,99a	0,98a
Média	0,62a	0,52b

(1) Médias seguidas da mesma letra, na linha, não diferem estatisticamente pelo teste de Duncan à 5%.

Palha de Trigo:  $CS = 1 - e^{(-6,05 \cdot MR)}$ ;  $r^2 = 0,74$

Palha de Milho:  $CS = 1 - e^{(-7,91 \cdot MR)}$ ;  $r^2 = 0,78$

Relações semelhantes as apresentadas nas expressões [1] e [2] foram também obtidas por LOPES et al. (1987), AMADO et al. (1989) e CARVALHO et al. (1990). Entretanto esses autores trabalharam com o processo global de erosão hídrica, não apenas para erosão em entressulcos, como é o caso do presente estudo.

O tamanho de partículas do sedimento produzido

por erosão em entressulcos, expresso pelo índice  $D_{50}$ , é apresentado na Tabela 3, para cada tipo e quantidade de palha, nos cinco instantes de amostragens. A análise de variância mostrou que o índice  $D_{50}$  não variou com o tipo de resíduo vegetal, mas que variou em função da quantidade de resíduo vegetal e com a cobertura do solo proporcionada.

**TABELA 3 – Tamanho médio de partículas do sedimento oriundo da erosão em entressulcos, dado pelo índice  $D_{50}$ , em função do tipo e da quantidade de resíduo vegetal e do tempo de chuva (t). Média de quatro repetições**

Palha	Quant. (kg/m <sup>2</sup> )	Tempo (min)					Média
		05	10	20	40	80	
		$D_{50}$ (mm)					
	0,00	0,260	0,286	0,300	0,283	0,255	0,277
T	0,05	0,259	0,262	0,266	0,262	0,259	0,262
R	0,10	0,234	0,244	0,237	0,237	0,246	0,240
I	0,20	0,217	0,235	0,241	0,241	0,246	0,236
G	0,40	0,212	0,245	0,242	0,220	0,215	0,227
O	0,80	0,241	0,242	0,240	0,238	0,250	0,242
	Média	0,237	0,252	0,254	0,247	0,245	0,247
	0,00	0,278	0,301	0,300	0,278	0,250	0,281
M	0,05	0,260	0,283	0,282	0,280	0,246	0,270
I	0,10	0,267	0,271	0,254	0,280	0,264	0,267
L	0,20	0,250	0,260	0,231	0,257	0,235	0,247
H	0,40	0,229	0,245	0,215	0,217	0,206	0,222
O	0,80	0,224	0,228	0,227	0,247	0,242	0,233
	Média	0,251	0,265	0,252	0,260	0,240	0,253
	Média geral	0,244	0,259	0,253	0,253	0,242	0,250

O aumento da quantidade de resíduo vegetal na superfície do solo reduziu significativamente o tamanho médio dos sedimentos transportados pelo fluxo superficial em entressulcos. A análise de regressão dos dados mostrou que o tamanho médio de partícula do sedimento da erosão em entressulcos correlacionou-se melhor com a cobertura do solo do que com a quantidade de resíduo aplicada. Dessa análise obteve-se a seguinte expressão:

$$D_{50} = 0,280 \cdot e^{(-0,203 \cdot CS)} \quad (r^2 = 0,87^{**}) \quad [3]$$

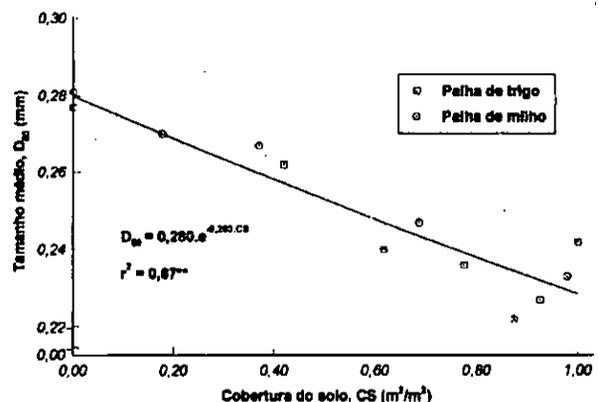
onde:

$D_{50}$  = tamanho médio de partícula do sedimento (mm);

$e$  = base do logaritmo natural; e,

CS = cobertura do solo (m<sup>2</sup>/m<sup>2</sup>).

A relação gráfica obtida com a Equação [3] é mostrada na Figura 1.



**FIGURA 1 – Tamanho médio de partículas do sedimento, produzido por erosão em entressulcos, em função da cobertura do solo por palha de trigo e palha de milho**

AMADO (1985) utilizou expressão semelhante a da Equação [3] para relacionar o tamanho médio dos sedimentos e a cobertura do solo. GILLEY et al. (1986) também verificaram redução do tamanho médio dos sedimentos com o aumento da cobertura do solo. Em contrapartida, ROCKENBACH (1992) não verificou tal tendência, provavelmente porque trabalhou com quantidades máximas de 0,083 kg/m<sup>2</sup> de palha de trigo, quantidade muito semelhantes às menores quantidades utilizadas no presente trabalho.

A redução do índice D<sub>50</sub>, produzida pelo aumento da quantidade de resíduo vegetal na superfície do solo, pode estar associada a uma diminuição da capacidade de transporte do fluxo superficial. Nas parcelas com resíduo vegetal na superfície do solo, as taxas de perdas de água mantiveram-se menores que as das parcelas sem resíduo (Figura 2), provavelmente porque a cobertura do solo reduziu o selamento superficial, mantendo taxas de infiltração de água no

solo mais elevadas durante todo o tempo de duração dos testes. Além disso, os resíduos vegetais na superfície do solo constituem um obstáculo ao livre escoamento da água, reduzindo sua velocidade e, conseqüentemente, sua capacidade de transporte. FOSTER (1982) salienta que a capacidade de transporte do fluxo superficial em entressulcos depende da taxa de precipitação pluviométrica que excede a taxa de infiltração de água, da declividade e comprimento do declive em entressulcos e da profundidade do fluxo, sendo grandemente ampliada pelo impacto das gotas de chuva. Assim, em superfícies depressionais ou com obstáculos, como os provocados pela presença de resíduos de trigo e de milho, a capacidade de transporte do fluxo em entressulcos é grandemente reduzida. De outra parte, quanto maior a quantidade de resíduo na superfície do solo, menor a ação das gotas de chuva sobre o fluxo, o qual, portanto, tem sua capacidade de transporte diminuída.

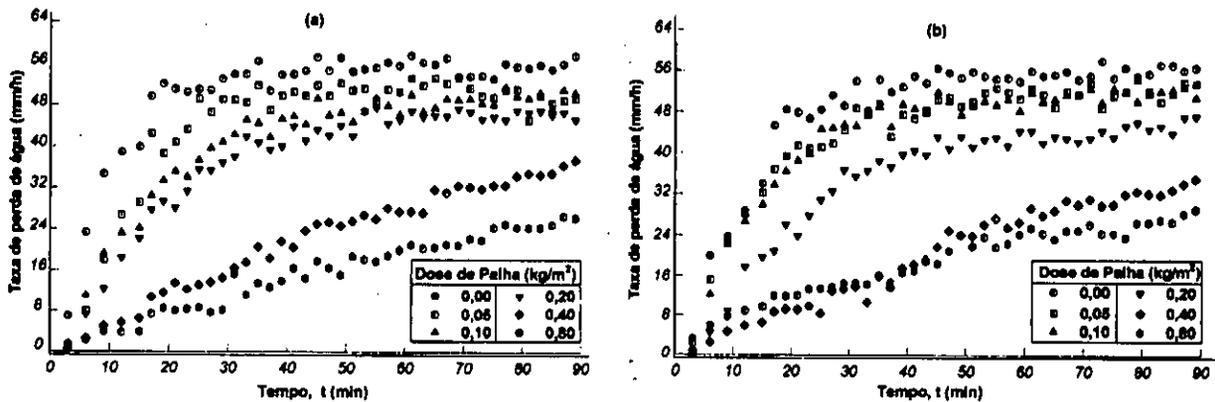


FIGURA 2 – Taxas de perdas de água nos entressulcos, em função do tempo, para diferentes quantidades de palha distribuídas sobre o solo. Médias de quatro repetições. a) Palha de trigo e b) Palha de milho

**Sedimentos produzidos por erosão em sulcos**

O tamanho médio de partículas do sedimento, dado pelo índice D<sub>50</sub>, oriundo da erosão em sulcos é apresentado na Tabela 4, para cada vazão, em quatro momentos de amostragem e na média de quatro repetições. A

análise da variância dos dados revelou não haver variação significativa do índice D<sub>50</sub> com o aumento da vazão aplicada aos sulcos. Entretanto, verificou-se variação significativa do D<sub>50</sub> com o transcorrer do tempo de aplicação de água nos sulcos.

TABELA 4 – Tamanho médio de partículas do sedimento oriundo da erosão em sulcos, dado pelo índice D<sub>50</sub>, em função da vazão aplicada e do tempo de aplicação (t). Médias de quatro repetições

Vazão (dm <sup>3</sup> /min)	tempo (min)				Média
	02	11	24	39	
			D <sub>50</sub> (mm)		
10	0,354	0,332	0,330	0,304	0,330
20	0,348	0,325	0,311	0,334	0,330
30	0,333	0,326	0,310	0,328	0,324
40	0,352	0,326	0,316	0,293	0,322
50	0,337	0,316	0,312	0,306	0,318
Média	0,345	0,325	0,316	0,313	0,325

D<sub>50</sub> = 0,3144 • e<sup>(0,1844t)</sup>; r<sup>2</sup> = 0,56\*\*

Da mesma forma que ALBERTS et al. (1980), GIASSON (1992), e GIASSON e CASSOL (1996), não foram verificados efeitos significativos das vazões aplicadas sobre o tamanho médio de partículas do sedimento erodido nos sulcos. Entretanto, na média, observou-se uma tendência de redução do tamanho médio de partículas com o aumento da vazão aplicada aos sulcos. Essa tendência contraria os resultados obtidos por FOSTER et al. (1982), que verificou aumento no tamanho médio de partícula do sedimento com o aumento da vazão do sulco. Porém, esses autores empregaram vazões de até 220 dm<sup>3</sup>/min, quatro vezes maior que as mais altas utilizadas no presente estudo.

A tendência de redução do tamanho médio das partículas do sedimento com o aumento da vazão no sulco pode estar relacionada à baixa coesão das partículas do solo em estudo. Assim, nas vazões maiores, a maior tensão cisalhante e turbulência do fluxo podem ter produzido um maior fracionamento das partículas secundárias do solo, resultando em sedimentos com partículas de menor tamanho.

Para todas as vazões estudadas, o tamanho médio das partículas do sedimento produzido na erosão em sulcos, foi maior no início dos testes. Através da análise de regressão dos dados, chegou-se a uma relação que, para as condições estudadas expressa a relação entre o tamanho médio das partículas e o tempo de aplicação do fluxo extra nos sulcos, sendo dada por:

$$D_{50} = 0,3144 \cdot e^{(0,1844t)} \quad (r^2 = 0,56^{**}) \quad [4]$$

onde:

$D_{50}$  = tamanho médio de partícula do sedimento produzido por erosão em sulcos (mm);  
 $e$  = base do logaritmo natural; e,  
 $t$  = tempo de aplicação de água nos sulcos (min).

A relação apresentada na expressão [4] é válida para as condições particulares do presente trabalho. Essa relação, juntamente com os pontos experimentais, é apresentada graficamente na Figura 3. No início dos testes as taxas de erosão nos sulcos foram mais elevadas, em função de que o fluxo estava atuando sobre o solo desagregado pelo recente preparo do mesmo. Assim, no início dos testes o fluxo tem uma maior facilidade de remover partículas maiores da massa do solo, que tenham sido desagregadas durante o preparo do solo. À medida que o processo erosivo avança, as partículas erodidas tornam-se menores, pois são produzidas quase que exclusivamente pela ação cisalhante do fluxo que está atuando sobre o perímetro molhado do sulco. Essa tendência também foi observada por GIASSON e CASSOL (1996).

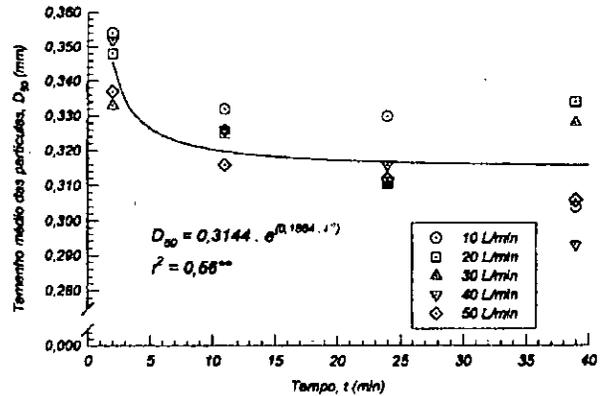


FIGURA 3 – Tamanho médio de partícula do sedimento, produzido por erosão em sulcos, em função do tempo de aplicação de água

#### Sedimento produzido em entressulcos vs. em sulcos

Considerando o índice  $D_{50}$  médio de 0,250 mm para as partículas do sedimento produzido pela erosão em entressulcos (Tabela 3), e de 0,325 mm obtido na erosão em sulcos (Tabela 4), verifica-se que ambos são superiores ao índice  $D_{50}$  das partículas do solo original disperso, que é de 0,194 mm (Tabela 1). Portanto, em ambos os casos, os sedimentos devem ter sido compostos por uma combinação de partículas primárias e secundárias.

ALBERTS et al. (1980) observou que o fluxo em entressulcos transportou sedimentos de menor tamanho que o fluxo concentrado em sulcos. No presente estudo, considerando apenas as parcelas sem cobertura do solo no experimento de erosão em entressulcos, obteve-se um índice  $D_{50}$  de 0,279 mm (Tabela 3), que é menor do que aquele observado no experimento em sulcos, que foi igual a 0,325 mm (Tabela 4).

Na erosão em entressulcos, o efeito repetitivo do impacto das gotas de chuva sobre os agregados do solo tendem a produzir sedimentos de menor tamanho que o produzido pela ação cisalhante do fluxo concentrado nos sulcos. Além disso, segundo FOSTER (1982) a capacidade de transporte do fluxo concentrado nos sulcos é muito maior que a do fluxo laminar nos entressulcos e, portanto, pode transportar partículas maiores.

#### CONCLUSÕES

1. O tamanho médio de partícula do sedimento produzido por erosão em entressulcos decresceu exponencialmente com o aumento da cobertura do solo por resíduos vegetais;
2. A variação na vazão aplicada nos sulcos não alterou o tamanho médio de partículas do sedimento produzido por erosão em sulcos;

3. A erosão em entressulcos produziu sedimentos com tamanho médio de partícula menor que a erosão em sulcos; e,

4. Tanto a erosão em entressulcos como a erosão em sulcos produziram sedimentos com  $D_{50}$  maior que o das partículas do solo original disperso.

### BIBLIOGRAFIA CITADA

- ABRÃO, P.U.R.; GIANLUPPI, D.; AZOLIM, M.A.D. **Levantamento semidetalhado dos solos da estação experimental de silvicultura de Santa Maria**. Porto Alegre: Instituto de Pesquisas de Recursos Naturais Renováveis, 1988. 75 p. (Publicação IPRNR, n. 21).
- ALBERTS, E.E.; MOLDENHAUER, W.C.; FOSTER, G.R. Soil aggregates and primary particles transported in rill and interrill flow. *Soil Science Society of America Journal*, Madison, v. 44, p. 590-595, 1980.
- AMADO, T.J.C. **Relações da erosão hídrica do solo com doses e formas de manejo do resíduo cultural de soja**. Porto Alegre: UFRGS: 1985. 104 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia, UFRGS. 1985.
- AMADO, T.J.C.; COGO, N.P.; LEVIEN, R. Eficácia relativa do manejo do resíduo cultural de soja na redução das perdas de solo por erosão hídrica. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v. 13, n. 2, p. 251-257, 1989.
- BRAIDA, J.A. **Relações da erosão em entressulcos com resíduos vegetais em cobertura e erosão em sulcos em um solo Podzólico vermelho-escuro**. Porto Alegre: UFRGS, 1994. 152 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia, UFRGS. 1994.
- CARVALHO, F.L.C.; COGO, N.P.; LEVIEN, R. Eficácia relativa de doses e formas de manejo do resíduo cultural de trigo na redução da erosão hídrica do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v. 14, n. 2, p. 227-234, 1990.
- ELLISON, W.D. Soil erosion studies. *Agricultural Engineering*, St Joseph, v. 28, p. 145-146, 197-201, 245-248, 297-300, 349-351, 402-405, 442-444, 1947.
- EMBRAPA. **Manual de métodos de análise do solo**. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura. 1979, 247 p.
- FOSTER, G.R. Modeling the erosion process. In: HAAN, C.T. (Ed). **Hydrologic modeling of small watersheds**. St. Joseph: ASAE, 1982. cap. 8, p. 297-380. (ASAE Monograph, n. 5)
- FOSTER, G.R.; OSTERKAMP, W.R.; LANA, L.J. Effect of discharge rate on rill erosion. St. Joseph, ASAE, 1982. 22 p. (Paper n. 82-2572)
- FOSTER, G.R.; YOUNG, R.A.; RÖMKENS, M.J.M.; ONSTAD, C.A. Processes of soil erosion by water. In: FOLLETT, R.F.; STWART, B.A. **Soil erosion and crop productivity**. Madison, American Society of Agronomy, 1985. Cap. 9, p. 137-162.
- GABRIELS, D.; MOLDENHAUER, W.C. Size distribution of eroded material from simulated rainfall: effect over a range of texture. *Soil Science Society of America Journal*, Madison, v. 42, p. 954-958, 1978.
- GIASSON, É. **Relações da erosão em sulcos com vazões e doses de resíduos vegetais incorporados no solo**. Porto Alegre, UFRGS: 1992. 108 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia, UFRGS. 1992.
- GIASSON, É.; CASSOL, E.A. Relações da erosão em sulcos com vazões aplicadas e doses de resíduos de trigo incorporados a um plintossolo franco-argilo-arenoso. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v. 20, n. 1, p. 117-125, 1996.
- GILLEY, J.E.; FINKNER, S.C.; SPOMER, R.G.; MIELKE, L.N. Size distribution of sediment as affected by corn residue. *Transactions of the American Society of Agricultural Engineers*, St. Joseph, v. 29, n. 5, p. 1273-1277, 1986.
- LOPES, P.R.C. **Relações da erosão com tipos e quantidades de resíduos culturais espalhados uniformemente sobre o solo**. Porto Alegre, UFRGS: 1984. 116 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia, UFRGS. 1984.
- LOPES, P.R.C.; COGO, N.P.; LEVIEN, R. Eficácia relativa de tipo e quantidade de resíduos culturais espalhados uniformemente sobre o solo na redução da erosão hídrica. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v. 11, n. 1, p. 71-75, 1987.
- MEYER L.D.; FOSTER, G.R.; RÖMKENS, M.J.M. Source of soil eroded by water from upland slopes. In: **PRESENT AND PROSPECTIVE TECHNOLOGY FOR PREDICTING SEDIMENT YIELDS AND SOURCES**. Washington: USDA-Agricultural Research, 1975. p. 177-189. (ARS- S-40)
- MEYER, L. D.; HARMON, W. C.; McDOWELL, L.L. Sediment sizes eroded from crop row sideslopes. *Transactions of the American Society of Agricultural Engineers*, St. Joseph, v. 23, p. 891-898, 1980.
- ROCKENBACH, C. A. **Erosão em entressulcos sob diferentes coberturas por resíduos de trigo em um solo Podzólico Vermelho Amarelo sob chuva simulada**. Porto Alegre, UFRGS: 1992. 108 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia, UFRGS. 1992.
- SWANSON, N. P.; DEDRICK, A. R. Soil particles and aggregates transported in water runoff under various slope conditions using simulated rainfall. *Transactions of the American Society of Agricultural Engineers*, St. Joseph, v. 10, p. 246-247, 1967.
- TEDESCO, M. J.; VOLKWEISS, S.J.; BOHNEN, H. **Análises de solo, plantas e outros materiais**. Porto Alegre, Departamento de Solos, Faculdade de Agronomia, UFRGS, 1985. 188 p. (Boletim Técnico, n. 5)
- YOUNG, R.A. Characteristics of eroded sediment. *Transactions of the American Society of Agricultural Engineers*, St Joseph, v. 23, p. 1139-1142, 1980.

### AGRADECIMENTOS

À direção e funcionários do Centro de Pesquisa de Florestas e Conservação do Solo da FEPAGRO, em Santa Maria – RS, pela cessão da área e do simulador de chuvas e pelo auxílio na realização dos trabalhos de campo e laboratório, de maneira especial ao funcionário Paulo Pedrolo e ao Eng. Agr. Dalro Castaman.

# SEDIMENTOS TRANSPORTADOS PELA ENXURRADA RELACIONADOS À COBERTURA E RUGOSIDADE SUPERFICIAL DO SOLO E TAXA DE DESCARGA<sup>1</sup>

ILDEGARDIS BERTOL<sup>2</sup>, NEROLI PEDRO COGO<sup>3</sup>, DAVID JOSÉ MIQUELLUTI<sup>4</sup>

**RESUMO** – O conhecimento da quantidade e distribuição de tamanho dos sedimentos disponíveis ao transporte pela enxurrada, influenciados pelo cultivo do solo, é importante no planejamento conservacionista. O efeito do tipo e quantidade de resíduos culturais, cobertura e rugosidade superficial do solo e taxa de descarga, sobre a velocidade da enxurrada e distribuição de tamanho dos sedimentos erodidos, foi avaliado no campo sob chuva simulada entre 1992 e 1994. Utilizou-se um solo podzólico vermelho amarelo, com declividade média de 0,066 m/m, em Eldorado do Sul (RS). Os tratamentos consistiram de semeadura direta, escarificação e aração+gradagem, na presença e ausência de resíduos culturais de milho e trigo. O índice  $D_{50}$  aumentou com o aumento da taxa de descarga, até determinado valor de tamanho dos sedimentos, diminuindo após esse tamanho, independente da cobertura e rugosidade do solo. Isto ocorreu porque quando todos os sedimentos previamente separados da massa do solo já haviam sido transportados, a enxurrada teve que dispende parte da energia para a separação e transporte de novos sedimentos, o que fez com que diminuísse o diâmetro médio dos novos sedimentos presentes no fluxo. Para uma dada taxa de descarga, os valores de  $D_{50}$  diminuíram com o aumento da cobertura e rugosidade.

*Palavras-chave:* Erosão do solo, índice  $D_{50}$ , cobertura do solo, taxa de descarga.

## SIZE-DISTRIBUTION OF ERODED SEDIMENTS IN THE RUNOFF WATER AS AFFECTED BY RESIDUE MULCH, SURFACE ROUGHNESS, AND DISCHARGE RATE

**ABSTRACT** – Knowing the amount and size-distribution of sediments transported in the runoff water is important for both erosion studies and farm planning. The effect of type and amount of crop residues, mulch cover, surface roughness, and runoff rate on the size-distribution of eroded sediments, as evaluated by the  $D_{50}$  index, was investigated in a field study using simulated rainfall, in Eldorado do Sul-RS, Brazil, during the period of 1992 to 1994. The soil used in the experiment was a red-yellow podzolic, clay loam in texture, with 0.066 m/m slope. Treatments consisted of no-till, chisel plow, and plow-and-disk all of them in the presence and absence of cornstalk and wheat straw. The  $D_{50}$  index increased with runoff discharge up to a given size of eroded sediments and decreased thereafter, regardless of mulch cover and surface roughness. This was explained in terms of amount of sediments readily available for transport and in terms of available runoff energy to detach new sediments. For a given runoff rate, the  $D_{50}$  index values decreased with mulch cover and surface roughness.

*Key words:* soil erosion,  $D_{50}$  index for eroded sediments, mulch cover, runoff rate.

## INTRODUÇÃO

A utilização do solo com culturas anuais, especialmente quando submetido continuamente ao preparo convencional, aumenta a quantidade de sedimentos disponíveis ao transporte pelo escoamento superficial. O conhecimento da quantidade, distribuição de tamanho e características físicas desses sedimentos é de grande importância para a seleção de práticas conservacionistas adequadas à redução da erosão hídrica e poluição das águas e à recuperação de solos fisicamente degradados.

O diâmetro dos sedimentos transportados na enxurrada é influenciado pelo tipo de processo erosivo

(ALBERTS et al., 1980), tipo de solo (LU et al., 1989), cobertura e rugosidade superficial do solo (COGO et al., 1983;) e inclinação do declive (GILLEY et al., 1987).

O aumento da cobertura do solo diminui a velocidade do fluxo superficial (COGO, 1981; BERTOL, 1995), diminuindo acentuadamente sua capacidade de transporte de sedimentos (COGO et al., 1983). Os resíduos culturais representam, ainda, uma barreira física ao escoamento da água sobre a superfície do solo, induzindo a deposição dos sedimentos transportados pelo fluxo. Isto acarreta uma diminuição na quantidade de sedimentos de maior diâmetro e um aumento relativo na quantidade de sedimentos de menor diâmetro transportados pelo escoamento superficial (COGO et al.,

1. Trabalho desenvolvido com recursos parciais do Departamento de Solos da UFRGS e da FAPERGS/RS.

2. Eng. Agr., Dr. – Prof. do Departamento de Solos do CAV/UEDESC, Av. Luiz de Camões 2090, Caixa Postal 281, 88520-000 Lages – SC/BRASIL. Bolsista de pesquisa do CNPq.

3. Eng. Agr., Ph. D. – Prof. Adjunto do Departamento de Solos da UFRGS, Av. Bento Gonçalves 7712, Caixa Postal 776, 91501-970 Porto Alegre – RS/BRASIL. Bolsista de pesquisa do CNPq.

4. Eng. Agr., Prof. do Departamento de Engenharia Rural do CAV/UEDESC, Av. Luiz de Camões 2090, Caixa Postal 281, 88520-000 Lages – SC/BRASIL. Recebido para publicação em 03/05/1997.

1983; LOPES et al., 1987). LOPES et al. (1987) constataram que os resíduos de soja, trigo e milho não diferiram quanto ao índice  $D_{50}$  dos sedimentos transportados pelo escoamento superficial.

As condições de superfície do solo influenciam a distribuição de tamanho dos sedimentos transportados pelo escoamento superficial. Em solo descoberto, uma alta rugosidade superficial induzida pelo preparo diminui o índice  $D_{50}$  dos sedimentos, enquanto que em condições de baixa rugosidade predominam sedimentos de maior diâmetro presentes no fluxo (COGO et al., 1983).

Em condições de lavoura, a distribuição de tamanho dos sedimentos transportados pelo escoamento superficial é influenciada pela cobertura e rugosidade superficial do solo. Quando a superfície do solo apresenta baixa rugosidade, a cobertura é relativamente mais eficaz na diminuição do tamanho dos sedimentos erodidos do que quando a superfície apresenta alta rugosidade, na qual o efeito da cobertura é relativamente menos importante do que o efeito da rugosidade (COGO et al., 1983).

O objetivo do estudo foi avaliar a influência da cobertura e rugosidade superficial do solo e da taxa de descarga sobre a distribuição de tamanho dos sedimentos transportados pela enxurrada sob chuva simulada.

## MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido num solo podzólico vermelho-amarelo com textura franco arenosa no horizonte superficial, localizado na Estação Experimental Agrônômica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, em Eldorado do Sul – RS, no período de 1992 a 1994. O solo apresentava declividade média de 0,066 m/m e, na camada de 0-10 cm de profundidade, 200 g/kg de argila, 560 g/kg de areia, 240 g/kg de silte, 21 g/kg de matéria orgânica, 0,38 m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup> de porosidade total e densidade aparente de 1,59 kg/dm<sup>3</sup>.

A área experimental foi preparada com uma aração mais três gradagens e semeada com aveia em maio de 1992. Após a colheita da aveia, em novembro de 1992, foi semeado milho em semeadura direta, no sentido paralelo ao declive, com espaçamento de um metro entre fileiras e cinco plantas por metro linear. Em abril de 1993, o milho foi colhido, tendo produzido 12 t/ha de resíduo cultural da parte aérea.

A unidade experimental, constituída de uma parcela com 3,5 x 11 m, foi instalada conforme consta em IAPAR EMBRAPA (1975). Utilizaram-se doze parcelas e, para a aplicação das chuvas simuladas, um simulador de chuva de braços rotativos (SWANSON, 1975).

Sobre o resíduo de milho recém-colhido e uniformemente distribuído sobre a superfície do solo, foram efetuados os seguintes tratamentos de preparo do solo, em duas repetições: a) **semeadura direta, com o resí-**

**duo cultural de milho (SDIc/rm)** – as 12 t/ha do resíduo de milho foram mantidas na superfície e o solo não foi mobilizado, resultando numa cobertura de 95 % da superfície do solo; b) **semeadura direta, sem o resíduo cultural de milho (SDIs/rm)** – o resíduo de milho foi quase que totalmente removido manualmente da superfície, permanecendo cerca de 0,5 t/ha de pequenas peças do resíduo; as soqueiras da cultura foram mantidas e o solo não foi mobilizado, resultando numa cobertura de 43 % da superfície do solo, ocasionada por frágeis resíduos; c) **escarificação, com o resíduo cultural de milho (ESCCc/rm)** – as 12 t/ha do resíduo de milho foram mantidas na superfície e o solo foi preparado com um escarificador a 15-20 cm de profundidade no sentido longitudinal ao declive. A distância entre as hastes do escarificador foi de 30 cm, resultando numa cobertura de 78 % da superfície do solo após o preparo; d) **escarificação, sem o resíduo cultural de milho (ESCCs/rm)** – o resíduo de milho foi quase que totalmente removido manualmente da superfície do solo, permanecendo cerca de 0,5 t/ha de pequenas peças do resíduo; as soqueiras da cultura foram mantidas e o solo foi preparado como no tratamento (c), resultando numa cobertura de 15 % da superfície do solo após o preparo; e) **aração+gradagem, com remoção e posterior retorno do resíduo cultural de milho (A+Gc/rm)** – o resíduo de milho foi quase que totalmente removido manualmente da superfície do solo e as soqueiras da cultura foram mantidas. O preparo do solo foi executado com uma aração a 15-20 cm de profundidade, mais uma gradagem a 10-12 cm de profundidade, no sentido longitudinal ao declive. Após o preparo, todo o resíduo de milho anteriormente removido foi recolocado uniformemente sobre as parcelas, resultando numa cobertura de 96 % da superfície do solo; f) **aração+gradagem, sem o resíduo cultural de milho (A+Gs/rm)** – o resíduo de milho foi quase que totalmente removido manualmente da superfície do solo, permanecendo cerca de 0,5 t/ha e as soqueiras da cultura foram mantidas. O preparo do solo foi executado como no tratamento (e) e o resíduo removido não retornou à superfície, resultando numa cobertura de 6 % da superfície do solo.

Em maio de 1993, após o final dos testes de chuva simulada sobre os tratamentos de preparo do solo recém-descritos, foi semeado o trigo, em semeadura direta. Em novembro de 1993, o trigo foi colhido, tendo produzido 2,6 t/ha de resíduo cultural da parte aérea. Após a colheita do trigo, foram novamente efetuados os tratamentos de preparo do solo, em duas repetições: a) **semeadura direta, com o resíduo cultural de trigo (SDIc/rt)** – nestas parcelas, havia sido retirado o resíduo de milho do cultivo anterior, como descrito no tratamento “SDIs/rm”. As 2,6 t/ha do resíduo de trigo recém-colhido foram mantidas na superfície e o solo não foi mobilizado, resultando numa cobertura de 90 % da

superfície do solo; **b) semeadura direta, sem o resíduo cultural de trigo (SDIs/rt)** – nestas parcelas, o resíduo de trigo do tratamento acima descrito “SDIc/rt” foi quase que totalmente removido manualmente da superfície do solo após o teste de chuva simulada, permanecendo cerca de 0,2 t/ha de pequenas peças do resíduo e o solo não foi mobilizado, resultando numa cobertura de 18 % da superfície do solo; **c) escarificação, com os resíduos culturais de trigo+milho (ESCc/rt+m)** – nestas parcelas, haviam ainda cerca de 2,7 t/ha do resíduo de milho remanescente do cultivo anterior. Este resíduo, mais as 2,6 t/ha do resíduo de trigo recém-colhido, foi mantido na superfície do solo, o qual foi preparado como descrito no tratamento “ESCc/rm”, resultando numa cobertura de 71 % da superfície do solo após o preparo; **d) escarificação, sem os resíduos culturais de trigo+milho (ESCs/rt+m)** – nestas parcelas, o resíduo de milho do cultivo anterior já havia sido retirado por ocasião do teste de chuva simulada e, agora, foi quase que totalmente removido manualmente também o resíduo recém-colhido de trigo, permanecendo cerca de 0,2 t/ha de pequenas peças do resíduo, mantendo-se também as soqueiras da cultura. O solo foi preparado como no tratamento “ESCs/rm”, resultando numa cobertura de 6 % da superfície do solo após o preparo; **e) aração+gradagem, com remoção e posterior retorno dos resíduos culturais de trigo+milho (A+Gc/rt+m)** – as cerca de 4 t/ha do resíduo de milho remanescente do cultivo anterior e as 2,6 t/ha do resíduo de trigo recém-colhido foram inicialmente removidas manualmente, mantendo-se apenas as soqueiras da cultura na superfície. O solo foi então preparado como no tratamento “A+Gc/rm” e os resíduos de trigo+milho foram recolocados uniformemente sobre a superfície das parcelas após o preparo, resultando numa cobertura de 90 % da superfície do solo; **f) aração+gradagem, sem os resíduos culturais de trigo+milho (A+Gs/rt+m)** – nestas parcelas, o resíduo de milho do cultivo anterior já havia sido removido por ocasião do teste de chuva simulada e, agora, foi removido também o resíduo de trigo recém-colhido, mantendo-se apenas as soqueiras da cultura na superfície. O solo foi então preparado como no tratamento “A+Gs/rm” e os resíduos de trigo+milho não retornaram à superfície, resultando numa cobertura de 1 % da superfície do solo após o preparo.

Ambos os experimentos receberam a seguinte série de chuva simulada, com intensidade constante de 64 mm/h e durações variáveis: 1) primeira chuva, com duração suficiente para que a enxurrada alcançasse taxa constante; 2) dez a quinze minutos após o término da primeira chuva, aplicou-se a segunda chuva, com duração de dez minutos; e 3) imediatamente após o término da segunda chuva, aplicou-se a terceira

chuva, com duração de sessenta minutos ininterruptos, simultaneamente à aplicação de seis níveis de fluxo extra de água limpa, com duração de dez minutos cada um. Esta chuva teve seis segmentos, com duração de dez minutos cada um, com o objetivo de estimar comprimentos de declive mais longos (SWANSON e DEDRICK, 1966).

A umidade do solo foi determinada em amostras coletadas nas parcelas experimentais imediatamente antes da aplicação das chuvas. Durante a aplicação das chuvas e dos fluxos extras de água, coletaram-se amostras de enxurrada de três em três minutos e mediu-se sua taxa de descarga para posterior quantificação das perdas de solo e água, medindo-se ainda a velocidade da enxurrada, como descrito por COGO (1981). A percentagem de cobertura do solo foi determinada pelo método descrito por HARTWIG e LAFLÉN (1978) e a rugosidade superficial do solo obtida pelo método descrito por KUIPERS (1957), ambas determinadas após o preparo do solo. O índice  $D_{50}$ , o qual representa um tamanho de sedimentos erodidos em que 50 % da massa é constituída de partículas maiores e 50 % de partículas menores do que tal tamanho, foi determinado graficamente. No gráfico, traçou-se uma linha partindo do 50 % de massa acumulada de sedimentos (na ordenada) até o ponto de intersecção com a curva correspondente a cada tipo de preparo e de resíduo superficial do solo e, deste ponto, traçou-se uma linha vertical até as classes de tamanho de sedimentos (na abscissa), obtendo-se assim o índice  $D_{50}$  (Amado, 1985). Para a obtenção da distribuição de tamanho dos sedimentos erodidos, foi utilizado um conjunto de peneiras com aberturas de malha de 2,00, 1,00, 0,50, 0,25, 0,125, 0,053 e 0,037 mm de diâmetro, de tal modo que os sedimentos estudados apresentavam um diâmetro variando de < 0,037 a > 2,00 mm.

Os dados foram interpretados utilizando análise de regressão linear e não-linear simples e análise da variância.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O preparo do solo executado com escarificador ocasionou uma diminuição de 18 % na cobertura após a colheita do milho e 21 % após a colheita do trigo, em relação à semeadura direta, quando os resíduos culturais foram mantidos na superfície (Tabela 1). Esta diferença na diminuição da percentagem de cobertura do solo ocasionada pela escarificação, entre os dois resíduos, é explicada pela quantidade de resíduo existente na superfície do solo antes do preparo, 12 t/ha do resíduo de milho e 2,6 t/ha do resíduo de trigo, além da diferença de constituição física entre eles, conforme argumentado por BERTOL et al. (1997).

**TABELA 1 – Valores médios de cobertura e rugosidade superficial após o preparo do solo e velocidade do escoamento superficial durante o período de taxa constante da primeira chuva, em diferentes preparos do solo após os cultivos de milho e trigo, na presença e ausência dos resíduos culturais**

Preparo do solo	Após a colheita do milho		Após a colheita do trigo	
	Resíduos mantidos na superfície	Resíduos removidos da superfície	Resíduos mantidos na superfície	Resíduos removidos da superfície
Cobertura superficial do solo (%)				
Semeadura direta	95Aa	43Ba	90Aa	18Ba
Escarificação	78Ab	15Bb	71Ab	6Bb
Aração+gradagem	96Aa	6Bc	90Aa	1Bc
Coefficiente de variação	3,6		1,6	
Rugosidade superficial do solo (cm)				
Semeadura direta	1,60Ac	0,47Bc	1,27Ac	1,02Bc
Escarificação	5,03Aa	4,23Bb	4,04Ab	4,00Ab
Aração+gradagem	4,23Bb	4,95Aa	4,37Ba	4,56Aa
Coefficiente de variação, %	8,3		2,6	
Velocidade do escoamento superficial (m/s)				
Semeadura direta	0,008Bb	0,064Ab	0,040Bb	0,073Ac
Escarificação	0,013Bab	0,048Ac	0,029Bc	0,086Ab
Aração+gradagem	0,018Ba	0,150Aa	0,048Ba	0,150Aa
Coefficiente de variação, %	5,1		5,6	

Letra maiúscula na horizontal compara tratamento de resíduo dentro da condição preparo e letra minúscula na vertical compara tratamento de preparo dentro da condição resíduo, em cada cultura separadamente, pelo teste de Duncan ao nível de 5 % de probabilidade.

O resíduo de milho era constituído por peças grandes e rígidas, dificultando a incorporação, enquanto que o resíduo de trigo compunha-se de peças pequenas e flexíveis, facilitando sua incorporação pelos equipamentos de preparo do solo. Quando os resíduos foram manualmente removidos, restando apenas fragmentos frágeis na superfície do solo, a diminuição da cobertura ocasionada pela escarificação foi da ordem de 65 % após a colheita do milho e 67 % após a colheita do trigo, em relação à semeadura direta. Neste caso, a diferença na diminuição da cobertura ocasionada pela escarificação é explicada, principalmente, pela diferença na cobertura existente antes do preparo, a qual era de 43 % após o milho e 18 % após o trigo (Tabela 1). Em geral, a diminuição na cobertura do solo é explicada pela semi-incorporação dos resíduos ocasionada pela operação de escarificação. Os resíduos de milho ocasionaram maior cobertura do solo do que os resíduos de trigo+milho, tanto na sua presença quanto ausência sobre a superfície. Isto é explicado pela maior quantidade do resíduo de milho (12 t/ha) do que da mistura dos resíduos de trigo (2,6 t/ha) e de milho remanescente do cultivo anterior (4 t/ha).

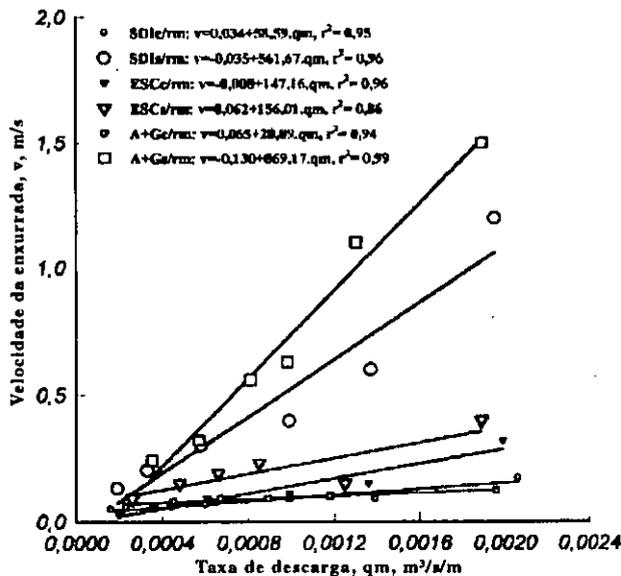
Em ambos os cultivos, a rugosidade superficial foi maior na presença do que na ausência dos resíduos culturais, em todos os tratamentos de preparo do solo estudados, com exceção da aração+gradagem (Tabela 1). Na semeadura direta, o aumento da rugosidade foi ocasionado unicamente pelo efeito dos resíduos culturais sobre a superfície do solo. Na escarificação, no entanto, isto ocorreu devido ao efeito combinado do preparo e dos resíduos. Na aração+gradagem, a rugosidade diminuiu na presença dos resíduos em relação a sua ausência. Isto ocorreu porque, ao serem distribuídos após o preparo sobre a superfície do solo, os resíduos ocuparam as depressões do microrelevo, obstruindo-as e diminuindo a rugosidade superficial. Dentre todos os tratamentos, a semeadura direta apresentou a menor rugosidade, explicada pela ausência de preparo do solo e ocorrência de consolidação num período de tempo relativamente longo, a partir da instalação da área experimental, o que está de acordo com dados obtidos por COGO (1981) e BERTOL (1995).

Em geral, a velocidade da enxurrada foi influenciada pela cobertura e rugosidade superficial durante o período de taxa constante de descarga (Tabela 1), con-

cordando com dados obtidos por COGO (1981) e AMADO (1985). A semeadura direta e a escarificação foram mais eficazes do que a aração+gradagem na diminuição da velocidade da enxurrada, apesar da baixa rugosidade superficial existente na semeadura direta. Isto é explicado pela elevada cobertura do solo ocasionada pelos resíduos culturais na semeadura direta e, na escarificação, pela cobertura e rugosidade, combinadamente. Os resíduos culturais e a rugosidade armazenam água na forma de detenção e retenção superficial, oferecendo uma barreira física e retardando o fluxo. A remoção manual quase que completa dos resíduos, tanto de milho quanto de trigo+milho, criou condições para um aumento da velocidade do escoamento superficial em todos os tratamentos de preparo do solo. Esse aumento foi mais expressivo na aração+gradagem, explicado pelo aumento do escoamento em sulcos na superfície do solo descoberto. Neste tratamento, a remoção dos resíduos culturais de milho e trigo+milho da superfície do solo, com conseqüente aumento na velocidade

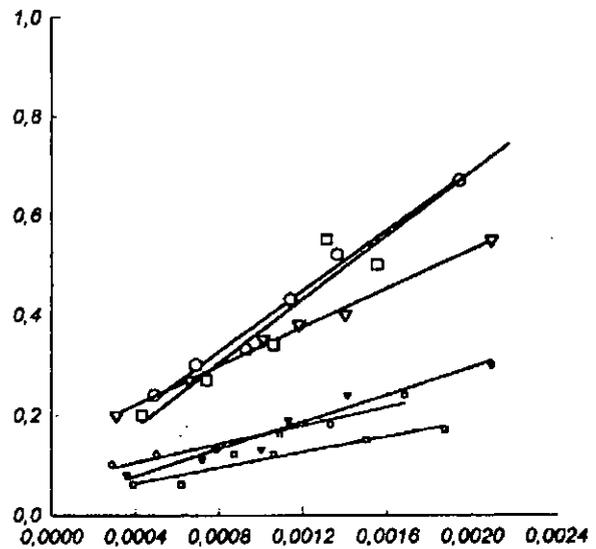
do escoamento superficial, provocou um aumento no índice  $D_{50}$  dos sedimentos transportados, concordando com dados obtidos por LOPES et al. (1987).

A velocidade da enxurrada aumentou linearmente com o aumento da taxa de descarga, em todos os tratamentos estudados (Figuras 1 e 2), o que foi também constatado por COGO (1981) e BERTOL (1995). Isto ocorreu porque o aumento no comprimento do declive proporcionou aumento no volume e, conseqüentemente, na velocidade do escoamento superficial. Na presença dos resíduos culturais, a aração+gradagem foi o tratamento mais eficaz na diminuição da velocidade do escoamento superficial com o aumento da taxa de descarga. Isto se deve ao fato de que os resíduos, presentes sobre a superfície rugosa, contribuíram para aumentar a capacidade de armazenagem superficial e a taxa de infiltração de água no solo, além de serem um impedimento físico ao escoamento da água. Na ausência dos resíduos, no entanto, este tratamento foi o menos eficaz na redução da velocidade da enxurrada, em função do



SDIc/rm: semeadura direta com resíduo de milho; SDIs/rm: semeadura direta sem resíduo de milho; ESCc/rm: escarificação com resíduo de milho; ESCs/rm: escarificação sem resíduo de milho; A+Gc/rm: aração+gradagem com resíduo de milho; A+Gs/rm: aração+gradagem sem resíduo de milho.

**FIGURA 1** – Relação da velocidade média do escoamento superficial,  $v$ , com a taxa média de descarga,  $qm$ , durante a aplicação dos fluxos extras de água, em diferentes tratamentos de preparo do solo após o cultivo do milho, na presença e ausência do resíduo cultural



SDIc/rt: semeadura direta com resíduo de trigo; SDIs/rt: semeadura direta sem resíduo de trigo; ESCc/rt+m: escarificação com resíduos de trigo+milho; ESCs/rt+m: escarificação sem resíduos de trigo+milho; A+Gc/rt+m: aração+gradagem com resíduos de trigo+milho; A+Gs/rt+m: aração+gradagem sem resíduos de trigo+milho

**FIGURA 2** – Relação da velocidade média do escoamento superficial,  $v$ , com a taxa média de descarga,  $qm$ , durante a aplicação dos fluxos extras de água, em diferentes tratamentos de preparo do solo após o cultivo do trigo, na presença e ausência dos resíduos culturais

aumento da taxa de descarga, equivalente ao aumento do comprimento de declive, tanto após a colheita do milho quanto do trigo.

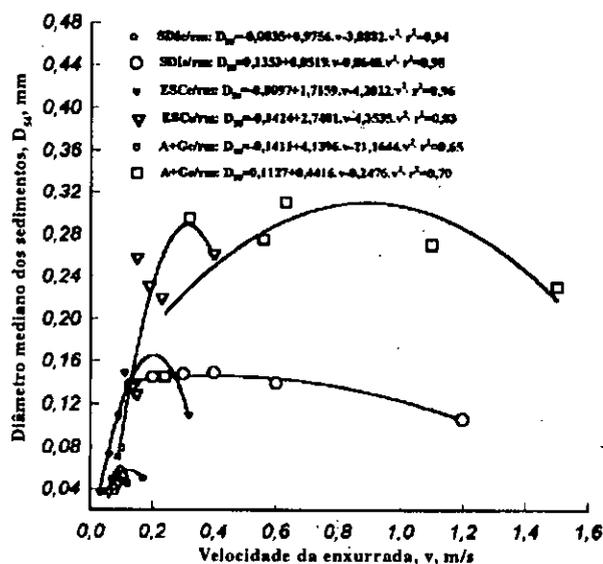
A taxa de aumento da velocidade da enxurrada, expressa pelo coeficiente angular da equação linear no tratamento aração+gradagem, foi cerca de 30 vezes maior na ausência do resíduo de milho do que na sua presença (Figura 1), enquanto na ausência dos resíduos de trigo+milho ela foi cerca de quatro vezes maior do que na sua presença (Figura 2). Isto é explicado, em parte, pelo provável selamento superficial ocasionado pelo impacto das gotas da chuva sobre a superfície descoberta do solo na aração+gradagem, diminuindo sua capacidade de infiltração e aumentando o sulcamento e, ainda, pela ausência de impedimento físico ao fluxo superficial. Na semeadura direta, por outro lado, o resíduo cultural mantido sobre a superfície do solo diminuiu a velocidade da enxurrada em aproximadamente dez vezes após o milho (Figura 1) e cerca de três vezes após o trigo (Figura 2), com um aumento de aproximadamente cinco vezes na taxa de descarga. Isto indica que os resíduos culturais, quando presentes sobre a superfície do solo, foram mais eficazes na aração+gradagem do que na semeadura direta, em termos de diminuição da velocidade do escoamento superficial, em ambos os cultivos. Isto pode ser explicado, principalmente, pelo provável aumento da porosidade total, especialmente dos grandes poros, quando o solo foi mobilizado por uma aração e apenas uma gradagem, mantendo, ainda, uma rugosidade relativamente alta na superfície do solo. A porosidade e a rugosidade, que possivelmente mantiveram uma alta taxa de infiltração de água no solo, foram preservadas pela presença da cobertura sobre a superfície, a qual, ainda, foi protegida contra o selamento superficial. Contribuiu para isto o fato de que a superfície do solo descoberto (resíduos removidos), na semeadura direta, se encontrava mais consolidada e menos rugosa do que na aração+gradagem, em ambos os cultivos, facilitando o aumento da velocidade da enxurrada.

Considerando a média dos tratamentos semeadura direta e aração+gradagem, a taxa de aumento da velocidade do escoamento superficial, expressa pelo coeficiente angular da equação linear, foi diminuída em cerca de 94 % na presença do resíduo de milho (Figura 1), enquanto na presença dos resíduos de trigo (semeadura direta) e de trigo+milho (aração+gradagem) (Figura 2), esta redução foi da ordem de 72 %, em relação à ausência dos respectivos resíduos. Isto demonstra a eficácia da cobertura por resíduos culturais na diminuição da velocidade do escoamento superficial nestes dois tipos de preparo do solo, refletindo-se na diminuição da erosão hídrica, conforme constatado por BERTOL et al. (1997).

O índice  $D_{50}$  dos sedimentos transportados pelo escoamento superficial foi influenciado pela velocidade

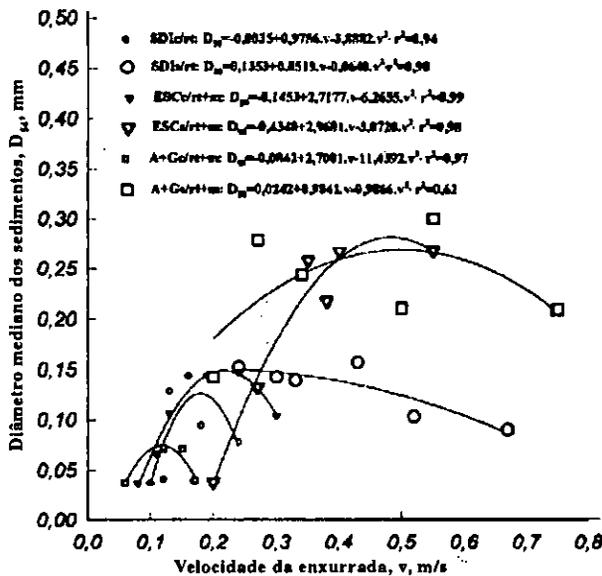
de do escoamento, tipo de preparo e cobertura superficial do solo (Figuras 3 e 4). A presença dos resíduos culturais sobre a superfície do solo determinou uma expressiva diminuição do índice  $D_{50}$  dos sedimentos transportados pelo escoamento superficial em relação à ausência quase que completa dos referidos resíduos, em todos os tratamentos de preparo do solo estudados. Isto foi ocasionado pelo efeito físico dos resíduos na diminuição da velocidade do fluxo, uma vez que, em ambos os cultivos, a velocidade máxima do escoamento superficial foi da ordem de 0,3 m/s na presença dos resíduos, enquanto na ausência do resíduo de milho ela foi de aproximadamente 1,6 m/s (Figura 3) e de trigo+milho da ordem de 0,8 m/s (Figura 4). A diminuição da velocidade do fluxo pelo efeito dos resíduos culturais implica numa redução da capacidade da enxurrada de desagregar e transportar sedimentos de maior tamanho, os quais, quando presentes no fluxo, são filtrados pelos resíduos.

Após o cultivo do milho (Figura 3), a semeadura direta sem o resíduo ocasionou perda de sedimentos com  $D_{50}$  máximo da ordem de 0,15 mm quando a velocidade da enxurrada era de 0,3 m/s. Na presença do resíduo, no



SDIc/rm: semeadura direta com resíduo de milho; SDIs/rm: semeadura direta sem resíduo de milho; ESCc/rm: escarificação com resíduo de milho; ESCs/rm: escarificação sem resíduo de milho; A+Gc/rm: aração+gradagem com resíduo de milho; A+Gs/rm: aração+gradagem sem resíduo de milho.

FIGURA 3 – Relação do índice  $D_{50}$  dos sedimentos transportados pelo escoamento superficial,  $D_{50}$ , com a velocidade média do fluxo,  $v$ , em diferentes tratamentos de preparo do solo após o cultivo do milho, na presença e ausência do resíduo cultural



SDIc/rt: semeadura direta com resíduo de trigo; SDIs/rt: semeadura direta sem resíduo de trigo; ESCc/rt+m: escarificação com resíduos de trigo+milho; ESCs/rt+m: escarificação sem resíduos de trigo+milho; A+Gc/rt+m: aração+gradagem com resíduos de trigo+milho; A+Gs/rt+m: aração+gradagem sem resíduos de trigo+milho.

**FIGURA 4 –** Relação do índice  $D_{50}$  dos sedimentos transportados pelo escoamento superficial,  $D_{50}$ , com a velocidade média do fluxo,  $v$ , em diferentes tratamentos de preparo do solo após o cultivo do trigo, na presença e ausência dos resíduos culturais

entanto, o valor do  $D_{50}$  não ultrapassou 0,05 mm na velocidade da enxurrada de 0,1 m/s. Portanto, na semeadura direta, a ausência do resíduo ocasionou um aumento de três vezes no  $D_{50}$  máximo, quando o aumento da velocidade da enxurrada foi de dez vezes, enquanto na escarificação o  $D_{50}$  atingiu um valor máximo cerca de 1,6 vezes maior na ausência do que na presença do resíduo, com a velocidade da enxurrada cerca de 1,5 vezes maior. No tratamento aração+gradagem, no entanto, o  $D_{50}$  atingiu um valor máximo cerca de quatro vezes maior na ausência do que na presença do resíduo, com uma velocidade da enxurrada aproximadamente nove vezes maior. Assim, após o cultivo do milho, o resíduo cultural foi mais eficaz na diminuição do  $D_{50}$  máximo na aração+gradagem do que nos demais tratamentos de preparo do solo. Isto ocorreu porque, na ausência do resíduo, a quantidade de sedimentos de maior diâmetro colocados à disposição do escoamento superficial, pela ação do preparo do solo, provavelmente foi maior na aração+gradagem do que nos demais sistemas de preparo do solo. Além disso, na ausência do resíduo, a co-

bertura do solo foi menor na aração+gradagem do que nos demais tratamentos (Tabela 1), o que possivelmente contribuiu para aumentar o selamento e o escoamento superficial da água.

Após o cultivo do trigo (Figura 4), a ausência dos resíduos culturais na semeadura direta ocasionou um  $D_{50}$  máximo cerca de 1,2 vezes maior do que na presença dos resíduos, enquanto a velocidade da enxurrada foi cerca de 1,7 vezes maior. Na escarificação, o  $D_{50}$  atingiu um valor máximo cerca de duas vezes maior na ausência do que na presença dos resíduos, enquanto a velocidade da enxurrada foi aproximadamente 2,5 vezes maior. No tratamento aração+gradagem, o valor máximo atingido pelo  $D_{50}$  foi cerca de cinco vezes maior na ausência do que na presença dos resíduos, enquanto a velocidade da enxurrada atingiu valores aproximadamente cinco vezes maiores na presença do que na ausência dos resíduos. Portanto, do mesmo modo como ocorreu após o milho, após o trigo a presença dos resíduos culturais foi mais eficaz na diminuição do  $D_{50}$  máximo no tratamento aração+gradagem do que nos demais, explicado do mesmo modo como no caso do cultivo do milho.

Em todos os tratamentos estudados, o índice  $D_{50}$  dos sedimentos transportados no fluxo aumentou com o aumento da velocidade do escoamento superficial até determinado valor, dependendo do tipo de preparo, quantidade de resíduo e cobertura do solo, diminuindo a partir dessa velocidade. Após o cultivo do milho (Figura 3), o  $D_{50}$  aumentou até as velocidades aproximadas de 0,10, 0,20 e 0,10 m/s na presença do resíduo e 0,30, 0,30 e 0,90 m/s na sua ausência, respectivamente nos tratamentos semeadura direta, escarificação e aração+gradagem, decrescendo após essas velocidades. Nestes mesmos tratamentos de preparo, após o cultivo do trigo (Figura 4), o aumento do  $D_{50}$  ocorreu até as velocidades aproximadas de 0,15, 0,20 e 0,10 m/s na presença dos resíduos e 0,30, 0,50 e 0,50 m/s na sua ausência, também decrescendo após essas velocidades. Isto pode ser explicado pelo fato de que, enquanto haviam sedimentos separados da massa do solo e disponíveis para o transporte, eles foram transportados em tamanhos cada vez maior na medida em que aumentaram o volume e a velocidade do fluxo. Quando todos os sedimentos previamente separados da massa do solo já haviam sido transportados, o escoamento superficial teve que dispender parte da energia para a separação de novos sedimentos e, ainda, transportá-los. Isto fez com que diminuísse o diâmetro médio dos novos sedimentos presentes no fluxo.

Na presença dos resíduos culturais, o diâmetro médio dos sedimentos transportados apresentou uma queda mais acentuada do que na ausência dos referidos resíduos, após ter atingido o valor máximo discutido anteriormente, variável com o tipo de preparo do solo,

com exceção do tratamento escarificação. Isto mostra que, após ter transportado os sedimentos disponíveis, o escoamento superficial teve uma determinada quantidade de energia dissipada nos resíduos culturais e, conseqüentemente, menor quantidade de energia livre para separar novos sedimentos da massa do solo e transportá-los. Na ausência dos resíduos culturais, no entanto, essa queda no diâmetro médio dos sedimentos transportados foi em geral menos acentuada, com exceção da escarificação após o cultivo do milho, pois toda a energia do fluxo foi utilizada para a separação e transporte de novos sedimentos da massa do solo.

### CONCLUSÕES

1. O preparo do solo executado com escarificador diminui a cobertura e aumenta a rugosidade superficial em relação à semeadura direta, tanto na presença quanto na ausência dos resíduos culturais; no entanto, isto em geral não se reflete na diminuição da velocidade do escoamento superficial e do índice  $D_{50}$  de sedimentos transportados pelo fluxo, quando a operação de preparo é executada no sentido paralelo ao declive.

2. A velocidade do escoamento superficial aumenta linearmente com o aumento da taxa de descarga, independentemente do tipo de preparo do solo e das condições de cobertura e rugosidade superficial; a taxa de aumento da velocidade do escoamento superficial na semeadura direta e aração+gradagem é maior na ausência do que na presença dos resíduos culturais e, ainda, é maior nestes tratamentos do que na escarificação quando o preparo do solo é executado no sentido paralelo ao declive.

3. O índice  $D_{50}$  de sedimentos transportados pelo escoamento superficial aumenta com o aumento da taxa de descarga, em geral até determinado valor de tamanho dos sedimentos, diminuindo após esse valor limite, independentemente do tipo de preparo do solo e das condições de cobertura e rugosidade superficial; a taxa de diminuição do índice  $D_{50}$  dos sedimentos presentes no fluxo, após ter atingido um valor máximo de diâmetro, em geral é maior na presença do que na ausência dos resíduos culturais.

### BIBLIOGRAFIA CITADA

ALBERTS, E.E.; MOLDENHAUER, W.C.; FOSTER, G.R. Soil aggregates and primary particles transported in rill and interrill flow. *Soil Science Society of America Journal*, Madison, v. 44, p. 590-595, 1980.

AMADO, T.J.C. *Relações da erosão hídrica do solo com níveis e formas de manejo do resíduo cultural de soja*. Porto Alegre: UFRGS, 1985. 104 p. Dissertação

(Mestrado em Agronomia) – Conservação do Solo, Faculdade de Agronomia, UFRGS. 1985.

BERTOL, I. *Comprimento crítico de declive para preparos conservacionistas de solo*. Porto Alegre: UFRGS, 1995. 185 p. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) – Conservação do Solo, Faculdade de Agronomia, UFRGS. 1995.

BERTOL, I.; COGO, N.P.; LEVIEN, R. Erosão hídrica em diferentes preparos do solo logo após as colheitas de milho e trigo, na presença e ausência dos resíduos culturais. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v. 21, n. 3, 1997. (No prelo)

COGO, N.P. *Effect of residue cover, tillage induced roughness, and slope length on erosion and related parameters*. West Lafayette: Purdue University, 1981. 346 p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Conservação do Solo, Faculdade de Agronomia, Purdue University. 1981.

COGO, N.P.; MOLDENHAUER, W.C.; FOSTER, G.R. Effect of crop residue, tillage-induced roughness, and runoff velocity on size distribution of eroded soil aggregates. *Soil Science Society of America Journal*, Madison, v. 47, p. 1005-1008, 1983.

GILLEY, J.E.; FINKNER, S.C.; VARVEL, G.E. Size distribution of sediment as affected by surface residue and slope length. *Transactions of the American Society of Agricultural Engineering*, St. Joseph, v. 30, n. 5, p.1419-1424, 1987.

HARTWIG, R.O.; LAFLEN, J.M. A meterstick method for measuring crop residue cover. *Journal Soil Water Conservation*, Ankeny, v. 33, p. 90-91, 1978.

IAPAR; EMBRAPA. *Recomendações gerais do encontro sobre uso do simulador de chuva em pesquisa de conservação do solo no Brasil*. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE PESQUISA DE EROSÃO COM SIMULADORES DE CHUVA, 1975, Londrina. *Anal...* Londrina: EMBRAPA, 1975. p. 107-120.

KUIPERS, H. A relief meter of soil cultivation studies. *Journal of Agricultural Science*, Groningen, v. 5, p. 255-262, 1957.

LOPES, P.R.C.; COGO, N.P.; LEVIEN, R. Influência da cobertura vegetal morta na redução da velocidade da enxurrada e na distribuição de tamanho dos sedimentos transportados. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v. 11, p. 193-197, 1987.

LU, J.Y.; CASSOL, E.A.; MOLDENHAUER, W.C. Sediment transport relationships for sand and silt loam soils. *Transactions of the American Society of Agricultural Engineering*, St. Joseph, v. 32, n. 6, p.1923-1931, 1989.

SWANSON, N.P. *Suggestions for use of the rotating boom field plot rainfall simulator to obtain data for application of the soil loss equation*. Entre-Rios: FAO, 1975. 6 p. (Report of FAO consultant)

SWANSON, N.P.; DEDRICK, A.R. Simulation of increased slope length on small runoff plots. *American Society of Agricultural Engineering*, St. Joseph, Paper 66-211, 1966.

# SEÇÃO: VETERINÁRIA

## IMPORTÂNCIA DAS LEVEDURAS NA MASTITE BOVINA

HELIO LANGONI<sup>1</sup>, KENIO DE GOUVÊA CABRAL<sup>2</sup>, FLAVIA BECHELLI TONIN<sup>3</sup>, SANDRA DE MORAES GIMENES<sup>3</sup>

**RESUMO** – foram analisadas 8752 amostras de leite bovino, sendo 7902 e 850 provenientes de vacas com mastites subclínicas e clínicas, respectivamente. As amostras foram cultivadas em agar sangue bovino e agar McConkey, incubadas a 37 °C por 96 horas e examinadas macroscopicamente a cada 24 horas. Isolou-se *Candida albicans* em 3,6% e 4,03%, *Candida krusei* em 1,59% e 1,91% e *Geotricum candidum* em 1,51% e 1,09% dos casos de mastite subclínica e clínica, respectivamente. A prevalência destes agentes foi similar ( $P>0,02$ ), nos casos subclínicos e clínicos. Estes resultados ressaltam a importância das leveduras na gênese da mastite bovina.

*Palavras-chave:* mamite, levedura, bovino

## ROLE OF YEASTS IN BOVINE MASTITIS

**ABSTRACT** – 8752 bovine milk samples, 7902 from cows with subclinical and 850 with clinical mastitis, were cultured in bovine Blood-agar and McConkey-agar, incubated at 37 °C for 96 hours and macroscopically examined every 24 hours. *Candida albicans* was isolated from 3.6% of subclinical and 4.03% of clinical mastitis cases. *Candida krusei* was identified in 1.59% and 1.91% of subclinical and clinical mastitis cases, respectively. Also *Geotricum candidum* was isolated from 1.51% and 1.09% of clinical and subclinical cases. The prevalence of these agents was similar ( $P>0.02$ ), both in subclinical and clinical cases. These results emphasize the importance of yeasts in the genesis of bovine mastitis.

*Key words:* mastitis, yeasts, bovine

## INTRODUÇÃO

A mastite bovina é considerada como a maior causa de prejuízos à criação de gado leiteiro, tendo em vista as perdas proporcionadas pela queda na produção, qualidade do leite e gastos com tratamentos. Esta situação faz com que diferentes autores estudem a múltipla etiologia desta afecção, na qual bactérias como os estafilococos e os estreptococos se destacam como principais agentes desta enfermidade.

Os fungos, embora menos estudados são também agentes importantes na mastite bovina e desempenham papel relevante. Muitos deles exigem meios especiais para isolamento, estudo detalhado de suas característi-

cas, bem como os aspectos quanto ao seu tratamento, pois não são sensíveis aos antimicrobianos comuns. Existem, inclusive, relatos de que leveduras do gênero *Candida* sp. utilizam a penicilina e a tetraciclina como fonte de nitrogênio (HOFFMAN et al., 1965). Acredita-se, ainda, que esta levedurose seria causada pela alergia medicamentosa, com sensibilização local provocada pelo desequilíbrio microbiano ou destruição da microbiota bacteriana antagônica às leveduras (RIMBAUD e RIOUX, 1955).

*Candida* sp. é apontada por vários autores como agente de mastite, sendo o de maior incidência entre os agentes fúngicos. HOFFMAN et al. (1965) registraram maior frequência de *Candida albicans*, *Candida krusei*

1. Méd. Vet. – Professor Adjunto da disciplina de Zoonoses, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da UNESP, Departamento de Higiene Veterinária e Saúde Pública, Fone/Fax: (014) 821-2121 ramal 2270, Distrito de Rubião Júnior, 18600-000 Botucatu – SP/BRASIL.

2. Méd. Vet. – Mestrando da Área de Vigilância Sanitária, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da UNESP, Botucatu – SP/BRASIL.

3. Méd. Vet. – Residente do Laboratório de Zoonoses, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da UNESP, Botucatu – SP/BRASIL.

Recebido para publicação em 17/11/1997.

e *Candida tropicalis*. SHARMA et al. (1977) observaram a incidência de 4,35% e 6,13% de fungos na etiologia de mastites clínicas e subclínicas respectivamente, isolando além de *Candida albicans*, *Cryptococcus neoformans*, *Aspergillus terreus*, *Aspergillus niger* e *Trichosporum* sp. A participação das leveduras nas infecções intramamárias foi verificada ainda por MÓS et al. (1978), BENESI et al. (1983), MARDAMOOTOO (1983) e por LANGONI et al. (1985), com o isolamento de *Candida lusitanae*, *Candida rugosa*, *Candida tropicalis* e *Candida krusei*, respectivamente.

A participação de leveduras do Gênero *Candida* na etiologia das mastites é apontada também por FERREIRO et al. (1985) no Rio Grande do Sul, que ponderaram ser este Gênero o mais prevalente nos casos de mastite micótica, em estudo realizado em nove municípios da Grande Porto Alegre. BANSAL et al. (1990) revelaram a participação de *Candida krusei* em 2,98% das amostras examinadas. COSTA et al. (1995) relataram ainda o isolamento de leveduras em 3,65% das 872 amostras de leite examinadas.

PIANTA (1994), em surto de mastite envolvendo 14 animais com isolamento de *Candida albicans* em todas as amostras examinadas, ressaltou a participação de leveduras na etiologia desta enfermidade, salientando a possível transmissão por instrumento de infusão mamária ou pelo uso prolongado ou inadequado de antibióticos.

**TABELA 1 – Prevalência de isolamento de agentes leveduriformes em 7902 e 850 amostras de leite bovino de vacas com mastite subclínica e clínica**

MASTITE	Nº	%
Clínica	59	7,03
Subclínica	529	6,70
<b>Total</b>	<b>588</b>	<b>13,73</b>

**TABELA 2 – Prevalência de agentes leveduriformes em 7902 e 850 amostras de leite bovino de vacas com mastite subclínica e clínica, segundo o agente isolado**

MASTITE	CLÍNICA		SUBCLÍNICA		
	AGENTE	nº	%	nº	%
	<i>Candida albicans</i>	34	4,03	284	3,60
	<i>Candida krusei</i>	16	1,91	126	1,59
	<i>Geotricum candidum</i>	9	1,09	119	1,51
<b>Total</b>		<b>59</b>	<b>7,03</b>	<b>529</b>	<b>6,70</b>

Os resultados confirmam a importância das leveduras na mastite bovina, com o isolamento em 7,03% e 6,7% dos casos de mastite clínica e subclínica respectivamente. Destaca-se ainda, a participação do gênero *Candida* sp. como o mais importante, reforçando os re-

sultados de outros autores que o apontaram também como principal agente de mastite de origem fúngica (HOFFMAN et al., 1965; SHARMA et al., 1977; RICHARD et al., 1980; YEO e CHOI, 1982; FERREIRO et al., 1985; PIANTA, 1994).

## MATERIAL E MÉTODOS

Foram analisadas 8752 amostras de leite bovino, sendo 7902 e 850 provenientes de vacas com mastite subclínica e clínica respectivamente, oriundas de diferentes regiões do Estado de São Paulo. As amostras foram cultivadas em meios de agar sangue bovino a 10% e em agar McConkey, incubadas a 37 °C por 96 horas, e examinadas macroscopicamente a cada 24 horas. As colônias isoladas foram estudadas microscopicamente pela técnica de Gram e caracterizadas bioquimicamente segundo CARTER e COLE JÚNIOR (1990).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

As Tabelas 1 e 2 mostram as frequências de isolamentos dos agentes leveduriformes nos casos de mastite subclínica e clínica, verificando-se que as mesmas foram similares nas duas situações ( $P > 0,02$ ).

## CONCLUSÕES

Levando-se em consideração os resultados obtidos e os encontrados na literatura consultada, ressalta-se a importância dos agentes fúngicos nas mastites bovinas, devendo-se levar em consideração os aspectos de diagnóstico microbiológico para o seu isolamento, uma vez que há necessidade de um período maior de incubação para o desenvolvimento de suas colônias quando se comparam com a flora bacteriana aeróbica.

## BIBLIOGRAFIA CITADA

- BANSAL, B.K.; SINGH, K.B.; JAND, S.K. Incidence of clinical mastitis in dairy animals. **Indian Journal of Dairy Science**, New Delhi, v. 43, p. 355-358, 1990.
- BENESI, F.J.; BIRGEL, E.H.; GANDRA, C.R.P. Mamite bovina causada por levedura - *Candida albicans*. In: SEMANA DE VETERINÁRIA, 2. , 1983, São Paulo. Resumos... São Paulo: USP, 1983, p. 67.
- CARTER, G.R.; COLE JUNIOR, J.R. **Diagnostic Procedures in veterinary bacteriology and mycology**. 5. ed. New York: Academic Press, 1990. 620 p.
- COSTA, E.O.; BENITES, N.R.; MELVILLE, P.A. Estudo etiológico da mastite bovina. **Revista Brasileira de Medicina Veterinária**, Rio de Janeiro, v. 17, p. 156-158, 1995.
- FERREIRO, L.; FERREIRO, C.L.R.; BANGEL JR., J.J.; SOARES, H.C.; MOOJEN, V.; FERNANDES, J.C.T. Mastite bovina na grande Porto Alegre, RS-Brasil: agentes etiológicos isolados durante o período 1982-1985. **Arquivos da Faculdade de Veterinária da UFRGS**, Porto Alegre, n. 13, p. 81, 1985.
- HOFFMAN, W.; IMMER, J.; LANZ, F. Die Pilz Mastitis beim Rind. **Wiener Tierärztlicher Wochenschrift**, Vienna, v. 52, p. 385-391, 1965.
- LANGONI, H.; CORRÊA, C.N.M.; CORRÊA, W.M. Mastites bovinas por *Candida* e *Klebsiella*. **Revista Brasileira de Medicina Veterinária**, Rio de Janeiro, v. 7, p. 203-204, 1985.
- MARDAMOOTOO, P. Isolation, characterization and aetiology of yeast (*Candida tropicalis*) from three quarters of a lactating cow. **Tropical Veterinary Journal**, Ibadan, v. 1, p. 58-62, 1983.
- MÓS, E.N.; BIRGEL, E.H.; ARAUJO, W.P.; MENDES, M.J.S. Mamite bovina devido a levedura do gênero *Candida*. **Revista da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo**, São Paulo, v. 15, p. 161-164, 1978.
- PIANTA, C. Mastite bovina causada por *Candida albicans*. In: CONGRESSO PANAMERICANO DE CIÊNCIAS VETERINÁRIAS, 14. , 1994, Acapulco. **Proceedings...** Acapulco, 1994. p. 31.
- RICHARD, J.L.; MCDONALD, J.S.; FICHTNER, R.E.; ANDERSON, A.J. Identification of yeasts from infected bovine mammary glands and their experimental infectivity in cattle. **American Journal of Veterinary Research**, Schaumburg, v. 41, p. 1991, 1980.
- RIMBAUD, P.; RIOUX, J.A. Les monilioses au cours des traitements par les antibiotiques. conceptions pathogéniques. **Presse Medicale**, Paris, v. 63, p. 701, 1955.
- SHARMA, S.D.; RAI, P.; SAXENA, S.C. A survey of mycotic infections of udder in clinical and subclinical cases of mastitis in cows and buffaloes. **Indian Veterinary Journal**, Madras, v. 54, p. 284-287, 1977.
- YEO, S.C.; CHOI, W.P. Studies on yeast-like fungi associated with bovine mastitis. **Korean Journal of Veterinary Research**, Seoul, v. 22, p. 121, 1982.

## AGRADECIMENTOS

Para Maria José Biazotto de Camargo e Wagner Costa Carreira, pelo apoio técnico.