

PESQUISA AGROPECUÁRIA GAÚCHA

ISSN 0104 - 9070

Volume 2

Número 2

1996

CONTEÚDO

Página

SEÇÃO: AGRONOMIA

- Progresso do melhoramento genético da soja no Estado do Rio Grande do Sul: I. Rendimento de grãos. RUBIN, S. de A.L.; SANTOS, O.S. dos 139
- Probabilidade de ocorrência de precipitação pluvial mensal igual ou maior que a evapotranspiração potencial para a estação de crescimento das culturas de primavera-verão no Estado do Rio Grande do Sul. AVILA, A.M.H. de; BERLATO, M.A.; SILVA, J.B. da; FONTANA, D.C. 149
- Composição do rendimento de grãos em genótipos de trigo argentino. CUNHA, G. R. da; VENTIMIGLIA, L.A.; HAAS, J.C.; GARCIA, R.; MacMANEY, M. 155
- Indução de calos em cultivares de aveia (*Avena sativa* L.). BERED, F.; SERENO, M.J.C. de M.; CARVALHO, F.I.F. de; LANGE, C.E.; DORNELLES, A.L.C.; HANDEL, C.L. 163
- Interação entre auxinas de síntese e fungos micorrízicos arbusculares: influência sobre o desenvolvimento vegetativo de plântulas de laranjeira azeda (*Citrus aurantium* L.). SOUZA, P.V.D. de; FONFRIA, M.A.; BERJON, M.A.; ORENGA, V.A. 167
- Repercussão de tratamentos acaricidas sobre inimigos naturais de pragas das plantas cítricas. CHIARADIA, L.A.; CRUZ, F.Z. da. 173
- Aumento da densidade de plantas de milho para regiões de curta estação estival de crescimento. ALMEIDA, M.L. de; SANGOI, L. 179
- Seletividade e controle de plantas daninhas dicotiledôneas por herbicidas aplicados em alfafa após o corte. PETRY, L.A.; FLECK, N.G.; SAIBRO, J.C. de. 185

SEÇÃO: VETERINÁRIA

- Resposta imune de bovinos revacinados com vacinas antiaftosa oleosas com e sem antígenos concentrados por hidróxido de alumínio. PETZHOLD, S.A.; PRADO, J.A.P.; RECKZIEGEL P.E.; TEIXEIRA, J.C.F.; WALD, V.B. 193

SEÇÃO: ZOOTECNIA

- Aumento do rendimento de grãos e de massa verde de milho para silagem pela aplicação de nitrogênio. ERNANI, P.R.; NASCIMENTO, J.A.L. do; FREITAS, É.G. de. 201

PESQUISA AGROPECUÁRIA GAÚCHA

ISSN 0104 - 9070

Volume 2

1996

Number 2

CONTENTS

Page

SECTION: AGRONOMY

- Genetic improvement of soybeans in the Rio Grande do Sul State: I. Grain yield. RUBIN, S. de A.L.; SANTOS, O.S. dos 139
- Probability of a monthly rainfall being equal to or greater than potential evapotranspiration during the growing season of spring-summer crops in the State of Rio Grande do Sul. AVILA, A.M.H. de ; BERLATO, M.A.; SILVA, J.B. da ; FONTANA, D.C. 149
- Yield composition in argentinian wheat genotypes. CUNHA, G.R. da ; VENTIMIGLIA, L.A.; HAAS, J.C.; GARCIA, R.; MacMANEY, M. 155
- Callus induction in oat (*Avena sativa* L.) genotypes. BERED, F.; SERENO, M.J.C. de M.; CARVALHO, F.I.F. de ; LANGE, C.E.; DORNELLES, A.L.C.; HANDEL, C.L. 163
- Synthetic auxins and arbuscular mycorrhizal fungi interaction: influence on vegetative growth of sour orange (*Citrus aurantium* L.) seedlings. SOUZA, P.V.D. de ; FONFRIA, M.A.; BERJON, M.A.; ORENGA, V.A. 167
- Effect of acaricide treatments on pest natural enemies of citrus plants. CHIARADIA, L.A.; CRUZ, F.Z. da 173
- Increase of plant population for corn grown in short growing season regions. ALMEIDA, M.L. de; SANGOI, L. 179
- Selectivity and broadleaf weed control with herbicide application after alfalfa cutting. PETRY, L.A.; FLECK, N.G.; SAIBRO, J.C. de. 185

SECTION: VETERINARY

- Immune response in revaccinated cattle with foot-and-mouth disease oil vaccines with or without aluminum hydroxide antigen concentration. PETZHOLD, S.A.; PRADO, J.A.P.; RECKZIEGEL P.E.; TEIXEIRA, J.C.F.; WALD, V.B. 193

SECTION: ANIMAL SCIENCE

- Yield increase of grain and silage corn due to nitrogen fertilization. ERNANI, P.R.; NASCIMENTO, J.A.L. do ; FREITAS, É.G. de. 201

SEÇÃO: AGRONOMIA

PROGRESSO DO MELHORAMENTO GENÉTICO DA SOJA NO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL: I. RENDIMENTO DE GRÃOS¹

SÉRGIO DE ASSIS LIBRELOTTO RUBIN², OSMAR SOUZA DOS SANTOS³

RESUMO – Experimentos foram conduzidos no Centro de Pesquisa de Sementes de Júlio de Castilhos, RS, no período de setembro de 1993 a maio de 1994, com o objetivo de mensurar o progresso em rendimento de grãos, obtido pelo melhoramento genético da soja no Rio Grande do Sul, em três ambientes diferenciados quanto ao manejo do solo e da cultura. Os tratamentos constaram de 21 cultivares de soja, escolhidas pelo alto potencial de rendimento de grãos e pela representatividade em área de cultivo, nos respectivos períodos em que foram utilizadas pelos sojicultores gaúchos. Os resultados evidenciaram que nos últimos 40 anos foi obtido ganho genético de 14,7 a 25,3 kg/ha/ano nos ambientes de menor e maior produtividade, respectivamente, com média de 19 kg/ha/ano ou 1,1% ao ano. Com a exclusão da antiga cultivar 'Amarela Comum', ocorreu ganho de 11,7 kg/ha/ano, no período aproximado de 30 anos. Porém, os ganhos em rendimento de grãos vem diminuindo com o decorrer do tempo, em função do alto potencial de rendimento já alcançado e da constante utilização do mesmo germoplasma básico nas hibridações. Com o surgimento de novas doenças no final da década de 1980, houve grande mudança da preferência varietal, com a substituição de cultivares derivadas de Hill e Hood por genótipos oriundos de Davis, principalmente pela sua resistência à podridão parda da haste (*Phialophora gregata*). A diferença em rendimento de grãos, entre os ambientes, evidenciou também significativo avanço proporcionado pelo uso de melhor tecnologia no manejo do solo e da cultura.

Palavras-chave: Soja, melhoramento genético, cultivar, rendimento de grão.

GENETIC IMPROVEMENT OF SOYBEANS IN THE RIO GRANDE DO SUL STATE: I. GRAIN YIELD

ABSTRACT – Experiments were carried out at the Seeds Research Center of Júlio de Castilhos (RS) from September of 1993 to May of 1994 to evaluate the progress in grain yield due to the soybean breeding programs in Rio Grande do Sul state, under three environmental conditions related to soil and crop management. The treatments included 21 soybean cultivars from different eras, chosen by their yield potential and their percentage of use by the soybean growers. The results show high progress in grain yield for the last 40 years. The genetic gain was 19 kg/ha/year or 1.1% per year, ranging from 14.7 to 25.3 kg/ha annually, within every environment. When the cultivar 'Amarela Comum' was excluded the gain was 11.7 kg/ha/year, for a 30 years period. However, the grain yield gain has been decreasing along the years probably because the soybean cultivars have reached high productivity level and also because there has been constant use of the same germplasm bank for hybridization, creating a genetic narrow base. With emergence of new diseases in the last decade, there were great changes on soybean varieties preference, changing from varieties derived from Hill and Hood cultivars to genotypes originated from Davis cultivar. The changing was driven by resistance to brown stem rot (*Phialophora gregata*). The great difference in grain yield among environments was due to better use of technology on soil and crop tillage.

Key words: Soybean, genetic gain, genotypes, grain yield.

1. Parte da Dissertação de Mestrado do primeiro autor apresentada ao curso de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM).
2. Eng. Agr., M.Sc. – FEPAGRO/ Centro de Pesquisa de Sementes – Júlio de Castilhos, Caixa Postal 3, 98130-000 Júlio de Castilhos – RS/BRASIL.
3. Eng. Agr., Dr. – Professor do Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal de Santa Maria, Caixa Postal 221, 97119-900 Santa Maria – RS/BRASIL. Recebido para publicação em 09/07/1996.

INTRODUÇÃO

Há mais de 40 anos, várias instituições de pesquisa vêm desenvolvendo programas para obtenção de cultivares de soja (*Glycine max* (L.) Merrill) no Rio Grande do Sul, tendo como principais objetivos alto potencial de rendimento de grãos e alta capacidade de adaptação às diferentes condições de ambiente. Estes esforços iniciaram no final da década de 40 e propiciaram o lançamento de diversas cultivares, iniciando com a 'Pioneira', desenvolvida pela Secretaria da Agricultura, em 1960 (FERES et al., 1982).

Resultados obtidos em vários locais, comparando cultivares no período de 1943/44 a 1957/58, evidenciaram o bom comportamento da cultivar 'Amarela Comum', que, no início da década de 60, ocupava mais de 80% da área cultivada no território gaúcho. Entretanto, necessitava-se de cultivares mais precoces e com melhores características para a colheita mecanizada, na sucessão com a cultura de trigo (ELIAS, 1959; SANTOS, 1975).

A premência de se encontrar cultivares mais precoces e com bom ideótipo de planta deu maior impulso aos programas de melhoramento genético, seja por introdução de cultivares de outros países ou pelo uso de cruzamentos artificiais e posterior seleção. O germoplasma proveniente do sul dos Estados Unidos foi o que melhor se adaptou às condições ecológicas do sul do Brasil. Enquanto o trabalho de hibridação e seleção de novas cultivares de soja tinha andamento, os agricultores rio-grandenses usavam as melhores cultivares introduzidas dos Estados Unidos, como 'Hill', 'Hood', 'Majós', 'Bragg', 'Davis', 'JEW 45', 'Hampton', 'Hardee' e 'Bienville', para substituírem a 'Amarela Comum' (VERNETTI et al., 1981).

Desde o ano agrícola 1969/70, quando foi criado o Ensaio Estadual de Variedades de Soja SA-IPEAS, até 1995, foram recomendadas 61 cultivares para o Rio Grande do Sul, ao mesmo tempo que 38 foram retiradas de recomendação. Das 13 cultivares recomendadas em 1969, apenas 'Bragg' e 'Davis' permanecem em cultivo. Apresentam "vida longa", também, as cultivares 'IAS 4' e 'IAS 5' lançadas em 1973. Além destas quatro cultivares, 17 outras estão ou estiveram recomendadas para cultivo por mais de dez anos. Somente as cultivares 'BR-32', 'CEP 26-Umbú', 'EMBRAPA 19' e 'EMBRAPA-5' foram retiradas de recomendação com menos de seis anos de cultivo, principalmente pela suscetibilidade a novas doenças.

Não é tarefa fácil estimar a contribuição do melhoramento genético ao rendimento de grãos, devido à interação existente com o ambiente. É difícil reproduzir, experimentalmente e com exatidão, um complexo cronológico de mudanças que tenham

ocorrido na combinação de genótipos e práticas agronômicas empregadas nas lavouras, ao longo de vários anos (SPECHT e WILLIAMS, 1984).

A eficiência ou os ganhos proporcionados por programas de melhoramento podem ser avaliados de diversas maneiras. Uma delas é através do número de cultivares lançadas e da área ocupada por elas. Conforme ABREU et al. (1994), este processo é falho porque a eficiência avaliada não é só do programa de melhoramento, mas também da difusão das novas cultivares, a qual, quase sempre, independe do melhorista.

Outra opção é o uso dos resultados dos experimentos de competição de cultivares, em uma determinada região. Este método tem a vantagem de utilizar dados já existentes, não necessitando de experimentos específicos (TOLEDO et al., 1990).

A avaliação do progresso genético também pode ser feita comparando-se cultivares de diferentes épocas, em ambiente comum. Este procedimento, segundo COX et al. (1988), é o mais direto dos vários métodos que têm sido usados para estimar o progresso do melhoramento genético. Experimentos comparando cultivares antigas e modernas têm sido usados em vários locais do mundo, nas culturas de trigo (COX et al., 1988; NEDEL, 1994), de feijão (ABREU et al., 1994) e de soja (VELOSO et al., 1977; LUEDDERS, 1977; BEN et al., 1978; BOERMA, 1979; WILCOX et al., 1979; COSTA e MIKUSINSKI-COSTA, 1981; SPECHT e WILLIAMS, 1984).

No Rio Grande do Sul, VELOSO et al. (1977), testando dez cultivares em solo com pH (água)=5,3, observaram que, na média, as cinco cultivares recomendadas para cultivo ('Hood', 'Bragg', 'Davis', 'Planalto' e 'IAS 4') foram 35% mais produtivas que 'Amarela Comum', 'Hill' e 'Majós', já não mais recomendadas. Já em solo com elevada acidez (pH água=4,2), BEN et al. (1978) relataram que as mesmas cinco cultivares mais recentes tiveram rendimento médio de grãos 39% superior à média das três fora de recomendação.

Resultados mais modestos foram encontrados por COSTA e MIKUSINSKI-COSTA (1981), em Guaíba-RS. Por três anos consecutivos, testando quatro cultivares recomendadas: 'Prata', 'Planalto', 'IAS 5' e 'Hardee', obtiveram 18% a mais, em rendimento de grãos, que quatro cultivares fora de recomendação: 'Hill', 'Hood', 'Majós' e 'Amarela Comum'. Salientaram que, em capacidade produtiva, os primeiros lugares ainda eram ocupados por cultivares provenientes do exterior e somente foram obtidos ganhos apreciáveis sobre a antiga cultivar 'Amarela Comum'.

No Paraná, TOLEDO et al. (1990) analisando experimentos da rede estadual de pesquisa por um período de cinco anos (1981-1986), encontraram ganhos

genéticos anuais de 1,8% e 1,3% para os genótipos dos grupos precoce e semiprecoce, respectivamente, que respondiam por 70% de todo o material cultivado naquele Estado. Concluíram que os ganhos obtidos são resultados dos esforços empreendidos na busca de melhores cultivares.

BOERMA (1979), trabalhando num período de três anos, na Georgia, EUA, com 18 cultivares dos grupos de maturação VI, VII e VIII, lançadas entre 1942 e 1973, encontrou aumento no rendimento de grãos de 21%, com média de 0,7% ao ano. A regressão linear do rendimento de grãos sobre os anos de lançamento das cultivares, indicou 13,7 kg/ha de aumento anual, de 1942 (lançamento de Ogden) até 1973 (lançamento de Cobb e Coker 338).

Resultados semelhantes foram obtidos por LUEDDERS (1977), com cultivares dos grupos de maturação I a IV, lançadas entre 1917 e 1971. Encontrou aumento no rendimento de grãos de 26% no primeiro ciclo e de 16% no segundo ciclo de seleção. Este aumento do potencial genético equivale a um ganho de 16,1 kg/ha/ano (SPECHT e WILLIAMS, 1984). Já WILCOX et al. (1979) encontraram ganho genético anual de 11,7 kg/ha, trabalhando por dois anos em vários locais do meio-oeste Americano, com cultivares dos grupos de maturação II e III, lançadas entre 1917 e 1974.

O ganho do melhoramento genético em soja, nos Estados Unidos, tem sido estimado entre 10 a 18 kg/ha/ano, baseado em comparações entre cultivares obsoletas e modernas (SPECHT e WILLIAMS, 1984). Estes autores, trabalhando durante três anos consecutivos (1977-79), com 240 cultivares dos grupos de maturação 00 a IV, lançadas entre 1902 a 1977, encontraram taxa anual média de ganho genético de 18,8 kg/ha nestes 75 anos, variando de 14 a 29 kg/ha entre os seis grupos de maturação. Uma porção significativa do total do progresso genético nestes 75 anos, ocorreu com o aumento de 15 a 25% do potencial genético de rendimento durante os anos 40, quando cultivares derivadas de introduções (PIs) foram substituídas pelas oriundas de hibridações. Conseqüentemente, o ganho médio anual, desde 1940, tem sido menor, de apenas 12,5 kg/ha (SPECHT e WILLIAMS, 1984). Este menor ganho pode estar influenciado pelo fato de que, nem sempre, o rendimento de grãos foi o critério para o lançamento de muitas destas cultivares. Algumas foram recomendadas por possuírem características agrônômicas desejáveis, como resistência ao acamamento, ou por serem resistentes a determinadas doenças. SPECHT e WILLIAMS (1984) afirmaram que, mesmo com objetivo principal de melhorar a resistência a doenças, não houve queda no rendimento de grãos das cultivares lançadas nos Estados Unidos entre 1940 e 1980.

Considerando-se todos os esforços na busca de

melhores cultivares de soja para o Rio Grande do Sul, objetivou-se neste estudo, mensurar o progresso genético do rendimento de grãos, através de experimentos comparativos entre os melhores e mais cultivados genótipos, nos diferentes períodos de cultivo, em ambientes diferenciados quanto ao manejo do solo e da cultura.

MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram instalados no Centro de Pesquisa de Sementes, da Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Sul – FEPAGRO, localizado no município de Júlio de Castilhos, na região fisiográfica do Planalto Médio Rio-grandense: 29° 13' 26" de latitude sul, 53° 40' 45" de longitude oeste e altitude de 514 metros. O solo, pertencente a Unidade de Mapeamento Passo Fundo, é classificado como Latossolo Vermelho Escuro distrófico (LE).

O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso, com cinco repetições. Os tratamentos constaram de 21 cultivares de soja, sendo seis precoces, seis de ciclo médio e nove semitardias/tardias, em três ambientes. As unidades experimentais (parcelas) constituíram-se de 10 m² de área total (quatro linhas com 5 m de comprimento espaçadas de 0,5 m entre si) e 4 m² de área útil (duas linhas centrais, desprezando-se 0,5 m em cada extremidade). Os ambientes foram assim caracterizados:

Ambiente 1 – com rotação e calagem, devido ao experimento ter sido implantado em área que recebeu calagem para elevar o pH em água a 6,0 (3,5 t/ha, em setembro de 1993) e com rotação de culturas, isto é, sem a presença da soja nos dois anos agrícolas precedentes. Em 1991/92, a área foi cultivada com feijão e em 1992/93 ficou em pousio.

Ambiente 2 – ambiente intermediário com relação à rotação e à calagem, em função de ter sido instalado em área com pH = 5,3 e que havia sido cultivada com soja no ano anterior (1992/93), mas ficara em pousio no ano agrícola 1991/92.

Ambiente 3 – sem rotação e sem calagem, por ter sido conduzido em solo que não recebe calcário há mais de 10 anos, com pH = 4,6 e que, por vários anos, vem sendo cultivado sistematicamente com soja.

A escolha das cultivares foi baseada na época em que foram recomendadas para cultivo no Rio Grande do Sul e na representatividade, tanto em produtividade, quanto em área de semeadura, no período em que estiveram ou estão em cultivo.

A 'Amarela Comum' (ciclo semitardio/tardio) representou as cultivadas antes da década de 1960. 'Hill' e 'Hood' (precoce), 'Bragg' e 'Davis' (ciclo médio), 'Bienville', 'Hardee' e 'Santa Rosa' (semitardio/tardio)

foram representativas da década de 1960. 'Pérola' e 'IAS 5' (precoce), 'IAS 4' e 'BR-4' (médio) e 'BR-1' (semitardio/tardio) as lançadas na década de 1970. 'Ivorá' (precoce), 'CEP12-Cambará' (médio), 'CEP20-Guajuvira' e 'Cobb' (semitardio/tardio) representaram a década de 1980, enquanto as cultivares 'FT-Saray' (precoce), 'RS 7-Jacuí' (ciclo médio), 'FT-Abyara' e 'BR-32' (semitardio/tardio) as lançadas para cultivo na década de 1990.

A adubação de manutenção foi a mesma para os três experimentos, com 220 kg/ha da fórmula 02-20-30, colocados a lanço e incorporados com uma gradagem, antes da semeadura.

A quantidade de sementes, por parcela, foi calculada para a densidade de 40 plantas/m². As sementes foram inoculadas, no momento da semeadura, com *Bradyrhizobium japonicum* (Kircher) Buchanan fornecido pelo laboratório de microbiologia da FEPAGRO-RS de Porto Alegre. A semeadura dos três experimentos foi manual e em sulcos, no dia 8 de novembro e a emergência ocorreu em 18 de novembro de 1993.

Para o controle de plantas daninhas, utilizou-se a mistura de herbicidas trifluralin + imazaquim, em pré-plantio incorporado, com 1,8 + 1,0 l/ha, respectivamente. Foram necessárias duas aplicações de inseticidas para controle de lagartas e percevejos, com produtos à base de permetrina e monocrotofós. A ocorrência de doenças foi acompanhada nos três experimentos, principalmente no período reprodutivo.

Em função da estiagem ocorrida na primeira quinzena de janeiro de 1994, foi necessária uma irrigação de 40 mm em cada experimento, utilizando-se equipamento de aspersão, nos dias 14, 15 e 16 de janeiro, para os experimentos 3, 1 e 2, respectivamente.

Os dados obtidos foram analisados através do pacote SOC (EMBRAPA, 1986), submetidos à análise da variância para o teste F, sendo as médias dos tratamentos comparadas pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade. As médias de rendimento de grãos, por décadas, foram analisadas pelo teste de Scheffé. Calcularam-se os ganhos genéticos anuais, obtidos por grupo de maturação e para todas as cultivares, através da análise de regressão linear para rendimento de grãos (variável dependente), nos respectivos anos (variável independente) de lançamento ou introdução das cultivares no Rio Grande do Sul.

Para efeito cronológico no cálculo do progresso genético (regressão linear), considerou-se 1950, como o ano em que a cultivar 'Amarela Comum' foi introduzida no Rio Grande do Sul, pelo fato de, a partir de então, terem sido efetivamente iniciados esforços para a obtenção de cultivares através de hibridações. Às cultivares oriundas dos Estados Unidos, atribuiu-se como da sua introdução no Rio Grande do Sul, o ano

em que se obteve a primeira referência de testes ou ensaios comparativos com outros genótipos: 'Hill' e 'Hood' (1961), 'Bienville' (1963), 'Hardee' (1964), 'Bragg' e 'Davis' (1966). 'Cobb', introduzida dos Estados Unidos, foi lançada em 1979. As cultivares 'Santa Rosa' (1966) e 'IAS 5' e 'IAS 4' (1973), foram selecionadas de material segregante provenientes de São Paulo e dos Estados Unidos, respectivamente, 'Pérola' (1973), 'BR-1' (1976), 'BR-4' (1979), 'Ivorá' (1980), 'CEP 12-Cambará' (1984), 'CEP 20-Guajuvira' (1988), 'RS 7-Jacuí' e 'BR-32' (1989), 'FT-Abyara' (1991) e 'FT-Saray' (1993) foram fruto de programas de melhoramento genético conduzidos integralmente no Sul do Brasil.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os ambientes foram analisados separadamente, em função da interação significativa obtida na análise conjunta.

O ambiente 1 (com rotação e calagem) apresentou produtividade de 3680 kg/ha, sendo que as cultivares de ciclo médio tiveram rendimento de 3973 kg/ha, 8% maior que as precoces com 3618 kg/ha e 11% maior que as semitardias/tardias com 3526 kg/ha (Tabela 1). Estes dados concordam com os observados por TRAGNAGO e BONETTI (1989), que, avaliando as cultivares recomendadas em Cruz Alta, por nove anos consecutivos, encontraram superioridade das de ciclo médio em seis anos.

Tiveram destaque as cultivares 'IAS 5', 'Ivorá' e 'FT-Saray' (precoces), 'Bragg', 'Davis', 'IAS 4', 'CEP 12-Cambará' e 'RS 7-Jacuí' (médias) e 'BR-1', 'CEP 20-Guajuvira', 'Cobb' e 'FT-Abyara' (semitardias/tardias). Todas produziram acima da média do experimento e foram estatisticamente equivalentes entre si. Neste ambiente, a cultivar 'BR-4' não teve bom desempenho, sendo inferior a 'CEP 12-Cambará', 'Bragg' e 'IAS 4'. Apresentou baixa performance a cultivar tardia 'BR-32', lançada recentemente, inferior a 'FT-Abyara'.

Como era esperado, a antiga cultivar 'Amarela Comum' foi a menos produtiva, diferindo da maioria das cultivares, com exceção de 'Santa Rosa', 'Hood' e 'Hill' lançadas na década de 1960, concordando com resultados encontrados em Passo Fundo por VELOSO et al. (1977). Das 12 cultivares do primeiro grupamento estatístico, somente 'Bragg' e 'Davis' foram lançadas na década de 1960.

No ambiente 2, a produtividade média foi 2930 kg/ha, 20% inferior a do ambiente 1. Neste ambiente, as cultivares de ciclo médio apresentaram rendimento de 3085 kg/ha, contra 2819 e 2899 kg/ha das precoces e semitardias/tardias, sendo 8 e 6% maior, respectivamente.

TABELA 1 – Rendimento de grãos (kg/ha) de 21 cultivares de soja em três ambientes, em Júlio de Castilhos-RS, 1993/94

Cultivar	Ambiente 1	Ambiente 2	Ambiente 3	Média
Hill	3.025 ef *	2.238 de	1.753 ef	2.339
Hood	3.049 ef	2.811 bcd	2.512 a	2.791
Pérola	3.651 bcd	2.602 bcd	2.327 abcd	2.860
IAS 5	4.289 a	3.160 ab	2.483 a	3.311
Ivorá	3.782 abc	3.091 ab	2.209 abcd	3.027
FT-Saray	3.910 abc	3.013 abc	2.395 abc	3.106
Média	3.618	2.819	2.280	2.906
Bragg	4.243 a	3.224 ab	1.687 fg	3.051
Davis	3.781 abc	2.930 bc	2.090 cd	2.934
IAS 4	4.059 ab	2.956 bc	2.128 bcd	3.048
BR-4	3.495 cde	3.141 ab	2.301 abcd	2.979
CEP 12-Cambará	4.244 a	3.160 ab	1.999 de	3.134
RS 7-Jacuf	4.017 abc	3.098 ab	2.185 abcd	3.100
Média	3.973	3.085	2.065	3.041
Amarela Comum	2.665 f	2.470 cde	1.426 g	2.187
Bienville	3.579 bcd	2.994 abc	2.259 abcd	2.944
Hardee	3.216 de	3.070 abc	2.086 cd	2.791
Santa Rosa	3.049 ef	1.960 e	1.379 g	2.129
BR-1	3.781 abc	2.775 bcd	2.035 de	2.864
CEP 20-Guajuvira	3.791 abc	3.160 ab	2.294 abcd	3.082
Cobb	3.824 abc	3.221 ab	2.114 bcd	3.053
FT-Abyara	4.288 a	3.582 a	2.322 abcd	3.397
BR-32	3.546 bcd	2.862 bc	2.445 ab	2.951
Média	3.526	2.899	2.040	2.822
Média geral	3.680	2.930	2.116	2.908
Prod. relativa	174	138	100	
C.V.%	9,4	12,5	11,0	

* Médias seguidas de mesma letra na coluna, não são significativamente diferentes pelo teste de Duncan a 5%.

Mais uma vez, 12 cultivares produziram acima da média do experimento e não diferiram estatisticamente entre si: 'IAS 5', 'Ivorá' e 'FT-Saray' do grupo precoce, 'Bragg', 'CEP 12-Cambará', 'BR-4' e 'RS 7-Jacuf' de ciclo médio e 'FT-Abyara', 'Cobb', 'CEP 20-Guajuvira', 'Hardee' e 'Bienville' do grupo semitardio/tardio (Tabela 1).

As cultivares precoces 'IAS 5', 'Ivorá' e 'FT-Saray' foram estatisticamente superiores a 'Hill'. Diferente dos outros dois ambientes foi o comportamento das cultivares de ciclo médio, que não diferiram entre si. Neste ambiente, a cultivar 'Hardee' teve produção equivalente às cultivares mais produtivas, ao contrário dos outros dois, quando não esteve entre as cultivares do primeiro grupamento estatístico. Salienta-se o bom desempenho relativo da cultivar 'Amarela Comum', que foi equivalente a maioria das cultivares do seu grupo de maturação, diferindo apenas de 'FT-Abyara', 'Cobb' e 'CEP 20-Guajuvira', as mais produtivas. A cultivar 'Santa Rosa' apresentou a menor produção, equivalente apenas à da cultivar 'Amarela Comum' e inferior às demais.

Ao contrário dos outros, no ambiente 3 (sem rotação e calagem) as cultivares precoces apresentaram produção média de 2280 kg/ha, 9,4% e 10,5% maior que as médias e semitardias/tardias, respectivamente. A média geral neste ambiente, foi 43% menor que a do ambiente 1 – com rotação e calagem, sendo 11 cultivares equivalentes entre si (Tabela 1).

Das cinco cultivares com maiores rendimentos, quatro foram do ciclo precoce: 'Hood', 'IAS 5', 'FT-Saray' e 'Pérola', e 'BR-32' do ciclo tardio. 'BR-32' foi a primeira colocada entre as semitardias/tardias, demonstrando tolerância à acidez, confirmando resultados obtidos em Passo Fundo, por BEN et al. (1992).

As cultivares 'Cobb', 'CEP 12-Cambará' e 'Bragg', que nos ambientes 1 e 2 sempre estiveram no primeiro grupamento estatístico, apresentaram reduções em produtividade, principalmente a cultivar 'Bragg', estatisticamente inferior a maioria das cultivares, com exceção de 'Hill', 'Amarela Comum' e 'Santa Rosa'. Estes dados confirmam resultados de outros autores (CANAL e ABRÃO, 1983; RUBIN e VARGAS, 1988;

BOARD e CALDWELL, 1991) que encontraram baixa tolerância à acidez nas cultivares 'Cobb', 'Bragg' e 'CEP 12-Cambará'. A cultivar 'CEP 12-Cambará' deve ter herdado esta característica da 'Bragg', seu ancestral materno.

Com relação aos três ambientes, somente seis cultivares estiveram sempre no primeiro grupamento estatístico em rendimento de grãos: 'FT-Abyara', 'IAS 5', 'FT-Saray', 'RS 7-Jacuí', 'CEP 20-Guajuvira' e 'Ivorá'. Dez cultivares tiveram produções acima de 3000 kg/ha, na média dos três ambientes. Pela ordem decrescente de rendimento foram: 'FT-Abyara', 'IAS 5', 'CEP 12-Cambará', 'FT-Saray', 'RS 7-Jacuí', 'CEP 20-Guajuvira', 'Cobb', 'Bragg', 'IAS 4' e 'Ivorá'. A cultivar 'BR-4', que no ambiente 1 teve rendimento de grãos abaixo da média, nos outros dois colocou-se entre as mais produtivas. As cultivares 'IAS 5' e 'Ivorá' (precoce), 'RS 7-Jacuí', 'CEP 12-Cambará' e 'IAS 4' (médias) e 'FT-Abyara' (tardia) também apresentaram as maiores produções na análise conjunta dos ensaios de cultivares recomendadas no Rio Grande do Sul, no ano agrícola 1993/94 (BERTAGNOLLI e BONATO, 1994).

As cultivares 'Amarela Comum', 'Hill' e 'Santa Rosa' apresentaram os menores rendimentos de grãos, à semelhança dos resultados encontrados por BEN et al. (1978) em Passo Fundo e COSTA e MIKUSINSKI-COSTA (1981), em Guaíba-RS.

Observaram-se grandes incrementos de produtividade em relação à 'Amarela Comum', na média dos ambientes, com 'FT-Abyara' produzindo 55% a mais, seguida de 'IAS 5' com 51%, 'CEP 12-Cambará' com 43% e 'FT-Saray' e 'RS 7-Jacuí' com 42%.

Houve grande incremento de produtividade com o lançamento das novas cultivares, principalmente nos ambientes 1 e 3, que contrastaram em rotação e calagem (Tabela 2).

No ambiente 1, observa-se aumento em rendimento de 48%, com ganho genético anual de 1,2%, nestes 40 anos de melhoramento. Há um substancial incremento de produtividade das cultivares nas décadas de 1960 e 1970 (28% e 44%) sobre a 'Amarela Comum', respectivamente, estabilizando-se nos últimos anos, com apenas 1% após 1970.

No ambiente 2, em função do bom desempenho da antiga cultivar 'Amarela Comum', houve menor significância do melhoramento, com ganho genético ao redor de 0,7% ao ano.

O ambiente 3 apresentou os maiores incrementos de produtividade com o lançamento das novas cultivares, apresentando ganho genético anual de 1,6%. Novamente, constata-se maior aumento de rendimento de grãos nas décadas de 1960 e 1970, de 38% e 58%, respectivamente. Resultados semelhantes foram obtidos por BEN et al. (1978) em solo com pH = 4,2, com 53% de incremento de produtividade na média de sete cultivares recomendadas em comparação com 'Amarela Comum'.

Na média dos três ambientes, o ganho genético no período foi 44%, ou seja de 1,1% ao ano. Os maiores aumentos de rendimento ocorreram nas décadas de 1960 e 1970, com 24% e 11%, respectivamente. Mas nos últimos 15 anos, desde o lançamento de 'IAS 5', 'Pérola', 'IAS 4', 'BR-4' e 'BR-1' em meados da década de 1970, foi de 4,1%, correspondendo a 0,3% ao ano.

Apesar do notável progresso do melhoramento

TABELA 2 – Rendimento de grãos por períodos de lançamento ou introdução no Rio Grande do Sul, de 21 cultivares de soja em três ambientes, em Júlio de Castilhos-RS, 1993/94

Década*	Ambiente 1	Ambiente 2	kg/ha			Produção Relativa(%)
			Ambiente 3	Média		
1950	2.665 c**	2.470 a	1.426 c	2.187 c	100	
1960	3.420 b	2.747 a	1.967 b	2.711 b	124	
1970	3.855 a	2.927 a	2.255 a	3.012 a	138	
1980	3.910 a	3.158 a	2.154 a	3.074 a	141	
1990	3.940 a	3.139 a	2.337 a	3.139 a	144	

* Década de 1950 ou antes de 1960 - Cultivar 'Amarela Comum'.

Década de 1960 - 'Hill', 'Hood', 'Bragg', 'Davis', 'Bienville', 'Hardee' e 'Santa Rosa'.

Década de 1970 - 'Pérola', 'IAS 5', 'IAS 4', 'BR-4' e 'BR-1'.

Década de 1980 - 'Ivorá', 'CEP 12-Cambará', 'CEP 20-Guajuvira' e 'Cobb'.

Década de 1990 - 'FT-Saray', 'RS 7-Jacuí', 'FT-Abyara' e 'BR-32'.

** Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente (Teste de Scheffé).

genético da soja nos principais países produtores do mundo, supõe-se que esta tendência possa ter um limite finito. Procedimentos tradicionais de criação de cultivares, que cruzam linhagens de elite, estão continuamente recombinando os genes que provieram de um limitado grupo de ancestrais, resultando num estreitamento da base genética das cultivares de soja (HARTWIG, 1973). As cultivares da década de 1990 também não apresentaram ganhos genéticos muito significativos em relação à década de 1970 (Tabela 2), porém mantiveram os elevados níveis de rendimento de grãos, igualmente como foi observado nos Estados Unidos por SPECHT e WILLIAMS (1984), os quais constataram que, mesmo com o objetivo de melhorar a resistência às doenças, não houve queda no rendimento com o lançamento das novas cultivares.

LUEDDERS (1977), trabalhando com cultivares dos grupos de maturação I a IV nos Estados Unidos, concluiu que os aumentos no rendimento de grãos foram 21% até 1933, 9% de 1938 a 1943, 14% de 1947 a 1953 e 6% de 1961 a 1971. Estes resultados também indicam que os ganhos genéticos em rendimento de grãos vêm diminuindo com o decorrer do tempo.

Com base em resultados obtidos em Passo Fundo, durante três anos agrícolas (1977-79), KASTER e BONATO (1981) mostraram que cultivares em uso na época apresentaram capacidade produtiva de 36 a 63% superior a 'Amarela Comum' e que a média de ganho de 'Bragg', 'Davis' e 'Santa Rosa' foi 42%, muito próxima aos 44% encontrados na média dos três ambientes, neste estudo (Tabela 2).

Os ganhos genéticos anuais em rendimento de grãos 1,2 e 1,6%, verificados nos ambientes 1 e 3 respectivamente, são bastante parecidos com os obtidos

no Paraná por TOLEDO et al. (1990), de 1,3 e 1,8%, para genótipos dos grupos semiprecoce e precoce, respectivamente.

Semelhante aos ganhos de 15 a 25% em rendimento de grãos obtidos nos Estados Unidos, com as primeiras cultivares originadas por hibridação no início dos anos 40 (SPECHT e WILLIAMS, 1984), foi a diferença de 24% encontrada na média das cultivares da década de 1960 sobre a 'Amarela Comum', representante das cultivadas antes de 1960. A mesma coincidência ocorre com a exclusão da 'Amarela Comum' da análise de regressão linear (Tabela 3), quando o ganho anual de rendimento de grãos baixou de 19,0 para 11,7 kg/ha, pois SPECHT e WILLIAMS (1984), excluindo as cultivares obtidas antes de 1940, verificaram que os ganhos genéticos anuais diminuíram de 18,8 para 12,5 kg/ha, o que caracteriza a semelhança dos ganhos genéticos encontrados no período pós-hibridações, nos Estados Unidos, com o período em que foram introduzidas no Estado as cultivares 'Hill', 'Hood', 'Bragg', 'Davis', 'Bienville' e 'Hardee', principalmente.

O ganho genético em rendimento de grãos de 19,0 kg/ha/ano, obtido no Rio Grande do Sul (Tabela 3), é praticamente idêntico aos obtidos por LUEDDERS (1977) e SPECHT e WILLIAMS (1984) nos Estados Unidos. Estes autores, testando cultivares lançadas desde o início do século até a década de 1970, encontraram ganho genético em rendimento de grãos de 16,1 e 18,8 kg/ha/ano, respectivamente.

Pela análise de regressão linear por grupos de maturação, encontrou-se ganho genético significativo apenas no semitardio/tardio, que contém a cultivar 'Amarela Comum', à qual foi atribuído 1950 como o ano da sua introdução no Rio Grande do Sul. Neste

TABELA 3 – Coeficientes de regressão (b) e coeficientes de determinação (r²) obtidos por regressão linear, das médias das cultivares de soja de diferentes anos de lançamento ou introdução no Rio Grande do Sul

Ambiente/ ciclo	Rendimento de grãos			
	(b)	(r ²)	(b)	(r ²)
	kg/ha/ano	%	kg/ha/ano	%
	Com 'Amarela Comum'		Sem 'Amarela Comum'	
Todos	19,0*	9	11,7*	9
Ciclo:				
Precoce	17,7	9	17,7	9
Médio	5,1	0,3	5,1	0,3
Semitardio/Tardio	22,7*	17	20,2	9
Ambiente:				
(1)	25,3**	42	16,0**	45
(2)	17,0**	30	9,3*	25
(3)	14,7**	30	9,9*	37

* e ** Significativamente diferentes de zero nos níveis de 5% e 1% de probabilidade, respectivamente.

grupo, obteve-se ganho genético anual de 22,7 kg/ha. O grupo precoce, no qual as cultivares 'Hill' e 'Hood' foram introduzidas em 1961, apresentou ganho genético de 17,7 kg/ha/ano. Apesar da análise de regressão não detectar significância estatística, estes valores indicam o grande avanço genético em rendimento de grãos conseguido nos últimos 30 anos, nas cultivares deste grupo. No ciclo médio, verificou-se o maior equilíbrio entre as cultivares, com ganho genético anual de 5,1 kg/ha, não significativo. Resultados semelhantes foram encontrados na Flórida, Estados Unidos e na Argentina por SALADO-NAVARRO et al. (1993), comparando as cultivares 'Bragg' e 'Davis' com 'Tracy-M', 'Jeff' e 'Braxton' lançadas em 1979 e 1980 no sul dos Estados Unidos, inclusive com rendimentos superiores de 'Bragg' e 'Davis' em alguns ambientes, principalmente na Argentina.

Diferenças no ganho genético em rendimento de grãos, entre grupos de maturação, também foram descritas por BOERMA (1979) na Georgia, Estados Unidos, com ganhos genéticos anuais de 10,4, 17,9 e 14,8 kg/ha, respectivamente para os grupos VI, VII e VIII, com cultivares lançadas entre 1942 e 1973.

Quando analisados separadamente, verificou-se que o ganho genético em rendimento de grãos foi significativo em todos os ambientes, maior no ambiente de maior produtividade, 25,3 kg, diminuindo para 17,0 e 14,7 kg/ha/ano, nos ambientes 2 e 3, respectivamente. Sem a cultivar 'Amarela Comum', os ganhos genéticos anuais diminuíram para 16,0, 9,3 e 9,9 kg/ha, respectivamente, em ordem decrescente de produtividade entre os ambientes.

A pequena estiagem ocorrida em janeiro e a boa distribuição de chuvas a partir de fevereiro/94, fizeram com que houvesse pouca intensidade de doenças, inclusive no ambiente 3, sem rotação e calagem. Em nenhuma cultivar houve alta incidência de qualquer tipo de doença, no período reprodutivo. Foi encontrada somente uma planta com sintomas da podridão parda da haste (*Phialophora gregata*), na cultivar 'IAS 4', no ambiente 2. O cancro da haste (*Diaphorte phaseolorum f. sp. meridionalis*) não ocorreu nos experimentos.

A não ocorrência das doenças podridão parda da haste e cancro da haste, nos três ambientes, possibilitou avaliar o potencial genético de cada cultivar, independentemente da ação destes patógenos. Porém, caso tivessem ocorrido, provavelmente haveria ganhos mais significativos com as cultivares de lançamento recente, conforme dados de BONATO e COSTAMILAN (1992) em Passo Fundo, comparando cultivares em áreas com baixa e alta infestação do fungo causador da podridão parda da haste, e de YORINORI (1993), sobre perdas causadas em cultivares suscetíveis ao cancro da

haste no Paraná, em 1991 e 1992. A ocorrência destas doenças no final da década de 1980 e início de 1990, principalmente a podridão parda da haste, fez com que houvesse grande mudança na preferência varietal no Rio Grande do Sul. Os sojicultores, que na década de 1980 usavam basicamente as cultivares 'IAS 5', 'BR-4', 'IAS 4', 'Bragg' e 'Cobb', derivadas de 'Hill' ou 'Hood', substituíram-nas por genótipos oriundos de 'Davis' (resistente à PPH), como 'RS 7-Jacuí', 'BR-16', 'OCEPAR 14' e outras, que ocupam atualmente ao redor de 50% da área com soja, no Estado.

CONCLUSÕES

A introdução e a criação das novas cultivares de soja proporcionaram, nos últimos 40 anos, ganhos genéticos em rendimento de grãos de 14,7 a 25,3 kg/ha/ano, para os ambientes de menor e maior produtividade, respectivamente, com média de 19 kg/ha/ano ou 1,1% ao ano. Com exclusão da cultivar 'Amarela Comum', verifica-se, ainda, ganho de 11,7 kg/ha/ano, nos últimos 30 anos de melhoramento genético.

Os ganhos genéticos em rendimento de grãos vêm diminuindo com o decorrer do tempo, em função do alto potencial já alcançado e da constante utilização do mesmo germoplasma básico nos cruzamentos artificiais.

Não foi detectado avanço genético relevante entre as cultivares de ciclo médio, justificando-se que 'Bragg' e 'Davis', introduzidas na década de 1960, ainda sejam recomendadas para cultivo no Rio Grande do Sul.

As diferenças em rendimento de grãos, entre os ambientes estudados, demonstraram o grande avanço proporcionado pelo uso de melhor tecnologia no manejo do solo e da cultura.

BIBLIOGRAFIA CITADA

- ABREU, A.F.B.; RAMALHO, M.A.P.; SANTOS, J.B.; MARTINS, L.A. Progresso do melhoramento genético do feijoeiro. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 29, n. 1, p. 105-112, 1994.
- BEN, J.R.; VELLOSO, J.A.R.O.; MARQUES, G.L.; TONELLO, J.P. Avaliação de cultivares de soja. In: REUNIÃO CONJUNTA DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO SUL, 6, 1978, Florianópolis. *Soja: resultados de pesquisa obtidos no Centro Nacional de Pesquisa de Trigo em 1977/78*. Passo Fundo: CNPT/EMBRAPA, 1978. p. 25-27.
- BEN, J.R.; NEDEL, J.L.; BONATO, E.R. Comportamento de genótipos de soja, em relação à acidez do solo. In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO SUL, 20, 1992, Chapecó. *Soja: resultados de pesquisa 1991/92*. Passo Fundo: CNPT/EMBRAPA, 1992, p. 58-65.
- BERTAGNOLLI, P.F.; BONATO, E.R. Análise conjunta dos ensaios de cultivares de soja recomendadas para o Rio Grande do Sul. I. Ensaio realizados na época preferencial de semeadura, em 1993/94. In: REUNIÃO DE PES-

- QUISA DE SOJA DA REGIÃO SUL, 22, 1994, Cruz Alta. 10 p. (mimeografado).
- BOARD, J.E.; CALDWELL, A.G. **Response of determinate soybean cultivars to low pH soils**. Baton Rouge: Louisiana Agricultural Experiment Station, 1991. 22 p. (Techn. Bulletin, n. 827).
- BOERMA, H.R. Comparison of past and recently developed soybean cultivars in maturity groups VI, VII e VIII. **Crop Science**, Madison, v. 19, p. 494-498, 1979.
- BONATO, E.R.; COSTAMILAN, L.M. Desempenho de cultivares e linhagens de soja em duas condições de ocorrência natural de *Phialophora gregata*. In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO SUL, 20, 1992, Chapecó. **Soja: resultados de pesquisa 1991/92**. Passo Fundo: CNPT/EMBRAPA, 1992. p. 66-70.
- CANAL, I.N.; ABRÃO, J.J.R. Comportamento de cultivares de soja a acidez do solo. In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO SUL, 11, 1983, Santa Maria. **Contribuição do Centro de Experimentação e Pesquisa**. Cruz Alta: CEP-FECOTRIGO, 1983. p. 218-229.
- COSTA, J.A.; MIKUSINSKI-COSTA, O. Rendimento de genótipos de soja de lançamento recente e fora de recomendação. In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO SUL, 9, 1981, Passo Fundo. **Contribuição do departamento de fitotecnia da Faculdade de Agronomia, UFRGS**. Porto Alegre, 1981. 3 p. (mimeografado).
- COX, T.S.; SHROYER, J.P.; BEN-HUI, L.; SEARS, R.G.; MARTIN, T.J. Genetics improvement in agronomic traits of hard red winter wheat cultivars from 1919 to 1987. **Crop Science**, Madison, v. 28, p. 756-760, 1988.
- ELIAS, A.M. A cultura da soja e as realizações da Secretaria da Agricultura. **Agronomia Sulriograndense**, Porto Alegre, v. 4, n. 1, p. 5-31, 1959.
- FERES, J.; HILGERT, E.R.; GOMES, J.E.S. Resumo do melhoramento da soja na Secretaria da Agricultura. **IPAGRO INFORMA**, Porto Alegre, n. 25, p. 5-8, 1982.
- HARTWIG, E.E. Varietal development. In: CALDWELL, B.E. (Ed.) **Soybeans: Improvement, production and uses**. Madison, American Society of Agronomy, 1973. p. 197-210.
- KASTER, M.; BONATO, E.R. Evolução da cultura do soja no Brasil. In: MIYASAKA, S.; MEDINA, J.C., (Eds.) **A Soja no Brasil**, Campinas: ITAL, 1981. p. 58-64.
- LUEDDERS, V.D. Genetic improvement in yield of soybeans. **Crop Science**, Madison, v. 17, p. 971-972, 1977.
- NEDEL, J.L. Progresso genético no rendimento de grãos de cultivares de trigo lançadas para cultivo entre 1940 e 1992. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 10, p. 1565-1570, 1994.
- RUBIN, S.A.L.; VARGAS, J.N.R. Avaliação de cultivares e linhagens de soja (*Glycine max* (L.) Merrill) com e sem calagem em Júlio de Castilhos, RS, em 1987/88. In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO SUL, 16, 1988, Santa Maria. **Resultados de pesquisa 1987/88**. Porto Alegre: IPAGRO/Secretaria da Agricultura, 1988. p. 113-122.
- SALADO-NAVARRO, L.R.; SINCLAIR, T.R.; HINSON, K. Changes in yield and seed growth traits in soybeans cultivars released in the Southern USA from 1945 to 1983. **Crop science**, Madison, v. 33, p. 1204-1209, 1993.
- SANTOS, O.S. **Comportamento de dez variedades de soja em diferentes ambientes do Estado do Rio Grande do Sul**. Viçosa, 1975. 71 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) Departamento de Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, UFV, 1975.
- SPECHT, J.E.; WILLIAMS, J.H. Contribution of genetic technology to soybean productivity- retrospect and prospect. In: FEHR, W.R. (Ed.) **Genetic contributions to yield gains in five major crop plants**. Madison, Crop Science Society of America, 1984. p. 49-74. (Special Publication, n. 7)
- TOLEDO, F.F.; ALMEIDA, L.A.; KIIHL, R.A.S.; MENOSSO, O.G. Ganho genético em soja no Estado do Paraná, via melhoramento. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 25, n.1, p. 89-94, 1990.
- TRAGNAGO, J.L.; BONETTI, L.P. Avaliação de cultivares de soja recomendadas para cultivo no Rio Grande do Sul - Cruz Alta, RS, 1987/88. In: CEP-FECOTRIGO. **Culturas de verão: resultados de pesquisa 1987/88**. Cruz Alta, 1989. p. 37-47.
- VELOSO, J.A.R.O.; DALL'AGNOLL, A.; TONELLO, J.P. Evolução das cultivares de soja. In: REUNIÃO CONJUNTA DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO SUL, 5, 1977, Pelotas. **Resultados de pesquisa em soja obtidos na EMBRAPA-CNPT EM 1976/77**. Passo Fundo: CNPT/EMBRAPA, 1977. p. 39-41.
- VERNETTI, F. J.; BONATTO, E.R. GASTAL, M.F.C.; DALLAGNOLL, A; RAUPP, A.A.A.; VELOSO, J.A.R.O. Melhoramento de cultivares no Brasil. I. No Estado do Rio Grande do Sul, 1.2.1- Pelo Instituto de Pesquisas Agropecuárias do Sul. In: MYIASAKA, S.; MEDINA, J.C. (Eds.) **A soja no Brasil**. Campinas: ITAL, 1981. p. 283-292.
- WILCOX, J.R.; SCHAPAUGH Jr., W.T.; BERNARD, R.L.; COOPER, R.L.; FEHR, W.R.; NIEHAUS, M.H. Genetic improvement of soybeans in the Midwest. **Crop Science**, Madison, v. 19, p. 803-805, 1979.
- YORINORI, J.T; CHARCHAR, M.J.D.; NASSER, L.C.B.; HENNING, A.A. Doenças da soja e seu controle. In: ARANTES, N.E.; SOUZA, P.I.M. (Ed.) **Cultura da soja nos cerrados**. Piracicaba: POTAFÓS, 1993. p. 333-397.

PROBABILIDADE DE OCORRÊNCIA DE PRECIPITAÇÃO PLUVIAL MENSAL IGUAL OU MAIOR QUE A EVAPOTRANSPIRAÇÃO POTENCIAL PARA A ESTAÇÃO DE CRESCIMENTO DAS CULTURAS DE PRIMAVERA-VERÃO NO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL¹

ANA MARIA HEUMINSKI DE AVILA², MOACIR A. BERLATO³, JOÃO BAPTISTA DA SILVA⁴, DENISE CYBIS FONTANA⁵

RESUMO – O estado do Rio Grande do Sul produz cerca de 25% da produção nacional de grãos. Com exceção do arroz, praticamente todas as outras culturas produtoras de grãos são feitas sem irrigação e, portanto, dependentes da precipitação pluvial. Uma maneira simples de avaliar a disponibilidade hídrica climática é através da comparação da precipitação pluvial com a evapotranspiração potencial. Este trabalho teve por objetivo calcular a probabilidade de ocorrência de precipitação pluvial igual ou maior do que a evapotranspiração potencial mensal média para a estação de crescimento das culturas de primavera-verão do Estado (setembro a maio). O estudo baseou-se em 27 estações meteorológicas, com séries históricas homogêneas, bem distribuídas em todo o Estado e com período de observação variando entre 49 a 78 anos. A probabilidade da precipitação pluvial mensal superar a evapotranspiração potencial decresce à medida que se aproxima o verão. Nos meses mais críticos para as culturas de primavera-verão em relação à água (dezembro, janeiro e fevereiro) essa probabilidade é igual ou menor do que 60% em grande parte do Estado, incluindo as principais regiões produtoras de grãos.

Palavras-chave: precipitação pluvial, probabilidade, culturas.

PROBABILITY OF A MONTHLY RAINFALL BEING EQUAL TO OR GREATER THAN POTENTIAL EVAPOTRANSPIRATION DURING THE GROWING SEASON OF SPRING-SUMMER CROPS IN THE STATE OF RIO GRANDE DO SUL

ABSTRACT – The state of Rio Grande do Sul is responsible for approximately 25% of the national grain production. With the exception of rice, practically all the others agricultural crops are grown without irrigation therefore depending on the natural rainfall regime. The simplest way of estimating the climatic water availability for crops is through comparison of the amount of rainfall with the potential evapotranspiration. Our objectives were to estimate the probability of rainfall being equal to or greater than the monthly average potential evapotranspiration during the growing season of the spring-summer crops in the state (September to May). Our study was based on 27 meteorological stations well distributed in the state and with a homogeneous historic series. The probability of monthly rainfall being greater than the potential evapotranspiration decreases as we approach the summer months. In the critical months according to the water availability (December, January and February), for the spring-summer crops, this probability is equal to or less than 60% in a great portion of the state, including the principal grain producing regions.

Key words: rainfall, probability, crops.

INTRODUÇÃO

O estado do Rio Grande do Sul contribui com cerca de 25% da produção de grãos do país. Com exceção do arroz, praticamente todas as outras culturas produtoras de grãos são feitas em condições não irrigada e, portanto, dependentes do regime de chuvas.

Embora a precipitação pluvial seja bem distribuída em todas as estações do ano (primavera 26%, verão 24%, outono 25% e inverno 25%), é a variabilidade interanual deste elemento meteorológico o principal fator limitante às culturas de primavera-verão do Estado (BERLATO, 1992).

Através do estudo do comportamento da precipitação pluvial e sua comparação com a evapotranspi-

ração potencial (ETP), pode-se avaliar, de forma aproximada, a disponibilidade hídrica climática para a agricultura. Diz-se que ocorre deficiência hídrica climática quando a precipitação não atende a demanda expressa pela evapotranspiração.

BERLATO e GONÇALVES (1978) e BERLATO et al. (1992) mostraram a existência de alta correlação entre o rendimento de grãos de soja e o índice hídrico constituído da razão entre a precipitação pluvial e a evapotranspiração potencial ou de referência. No primeiro destes trabalhos (BERLATO e GONÇALVES, 1978), os autores encontraram que bons rendimentos da soja eram obtidos sempre que a precipitação era, no mínimo, igual a evapotranspiração potencial, no subperíodo crítico dessa cultura, que no Rio Grande do Sul coinci-

1. Parte da dissertação de mestrado apresentada na Faculdade de Agronomia da UFRGS.

2. Bel. Met., M.Sc.

3. Eng. Agr., Dr. - Prof. Adjunto do Dep. de Forrageiras e Agrometeorologia da Fac. de Agronomia da UFRGS, Caixa Postal 776, 90001-970 Porto Alegre, RS/BRASIL. Bolsista do CNPq.

4. Eng. Agr., Dr. - Prof. Adjunto do Dep. de Matemática, Estatística e Computação da UFPel, Caixa Postal 354, 96001-970 Pelotas-RS/BRASIL.

5. Eng. Agr., Dr.ª - Prof.ª Adjunta do Dep. de Plantas Forrageiras e Agrometeorologia da Faculdade de Agronomia da UFRGS.

Recebido para publicação em 23/11/1995.

de quase sempre com os meses de janeiro e fevereiro.

Vários autores têm usado como método de cálculo de probabilidade de precipitação a função de distribuição gama (THOM, 1958, 1966; BERLATO, 1970; CONDE e ROJAS, 1980; ASSIS, 1993). BARGER e THOM (1949) sugeriram a distribuição gama incompleta como modelo teórico para aproximar as probabilidades de precipitação para períodos mensais ou menores, ou, até mesmo para períodos maiores, em regiões onde seja comum a ocorrência de valores baixos de precipitação. ÁVILA (1994) mostrou que a precipitação pluvial mensal do Rio Grande do Sul se ajusta adequadamente à distribuição gama incompleta.

O objetivo deste trabalho foi calcular a probabilidade de ocorrência de precipitação igual ou maior do que a evapotranspiração potencial mensal média para a estação de crescimento das culturas de primavera-verão (setembro a maio) no estado do Rio Grande do Sul

MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizadas séries históricas homogêneas de precipitação pluvial mensal, provenientes de 27 estações meteorológicas da rede do 8º Distrito de Meteorologia do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), representativas das condições climáticas do estado do Rio Grande do Sul e com período observação que va-

riou de 49 a 78 anos (Tabela 1 e Figura 1).

A evapotranspiração potencial (ETP) foi calculada pelo método de Thornthwaite (THORNTHWAITE e MATHER, 1957), usando valores normais de temperatura média mensal.

A probabilidade da precipitação pluvial mensal ser igual ou maior do que a evapotranspiração potencial foi calculada pela função gama incompleta utilizando os parâmetros dessa função determinados por ÁVILA (1994).

A distribuição geográfica das probabilidades no Estado foi representada por isolinhas definidas através de um algoritmo de interpolação espacial, usando o método Krigging (CRESSIE, 1991).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A distribuição geográfica das probabilidades da precipitação pluvial mensal relacionadas com a evapotranspiração potencial para a estação de crescimento das culturas de primavera-verão do estado do Rio Grande do Sul (setembro a maio) é apresentada nas Figuras 2, 3 e 4.

Observa-se que, nos meses de setembro e outubro, a probabilidade da precipitação pluvial superar a evapotranspiração potencial é relativamente alta (acima de 90% em setembro e acima de 70% em outubro) em gran-

TABELA 1 – Estações meteorológicas, coordenadas geográficas e período de observação

Locais	Altitude (m)	Latitude (S)	Longitude (W)	Período
Alegrete	121	29° 46' 47"	55° 07' 15"	1922-89
Bagé	216	31° 20' 13"	54° 06' 21"	1913-90
Caçapava do Sul	450	30° 30' 32"	53° 29' 22"	1915-90
Caxias do Sul	787	29° 10' 25"	51° 12' 21"	1913-90
Cruz Alta	730	28° 38' 21"	52° 31' 20"	1913-90
Encruzilhada do Sul	427	30° 32' 35"	52° 31' 20"	1914-90
Iraí	222	27° 11' 45"	53° 14' 01"	1936-90
Lagoa Vermelha	815	28° 25' 35"	51° 35' 51"	1915-90
Marcelino Ramos	414	27° 27' 40"	51° 54' 22"	1917-90
Palmeira das Missões	634	27° 53' 55"	53° 26' 45"	1915-90
Passo Fundo	667	28° 15' 39"	52° 24' 33"	1914-90
Piratini	345	31° 26' 54"	53° 06' 09"	1917-90
Porto Alegre	10	30° 01' 53"	51° 13' 19"	1913-90
Rio Grande	5	32° 01' 44"	52° 05' 40"	1913-90
Santana do Livramento	210	30° 53' 18"	55° 31' 56"	1913-90
Santa Maria	95	29° 41' 25"	53° 48' 42"	1913-90
Santiago	525	29° 11' 00"	54° 53' 10"	1915-89
Santa Vitória do Palmar	5	33° 31' 14"	53° 21' 47"	1913-90
Santo Ângelo	289	28° 18' 14"	54° 15' 52"	1915-90
São Borja	96	28° 39' 44"	56° 00' 15"	1914-90
São Francisco de Paula	912	29° 20' 00"	51° 43' 12"	1913-61
São Gabriel	124	30° 20' 17"	54° 99' 01"	1913-90
São Luiz Gonzaga	260	28° 32' 27"	54° 58' 18"	1913-90
Tapes	5	30° 50' 00"	51° 35' 00"	1923-90
Torres	6	29° 20' 34"	49° 43' 39"	1914-90
Uruguaiana	74	29° 45' 23"	57° 05' 12"	1913-90
Vacaria	960	28° 33' 00"	50° 42' 21"	1915-90

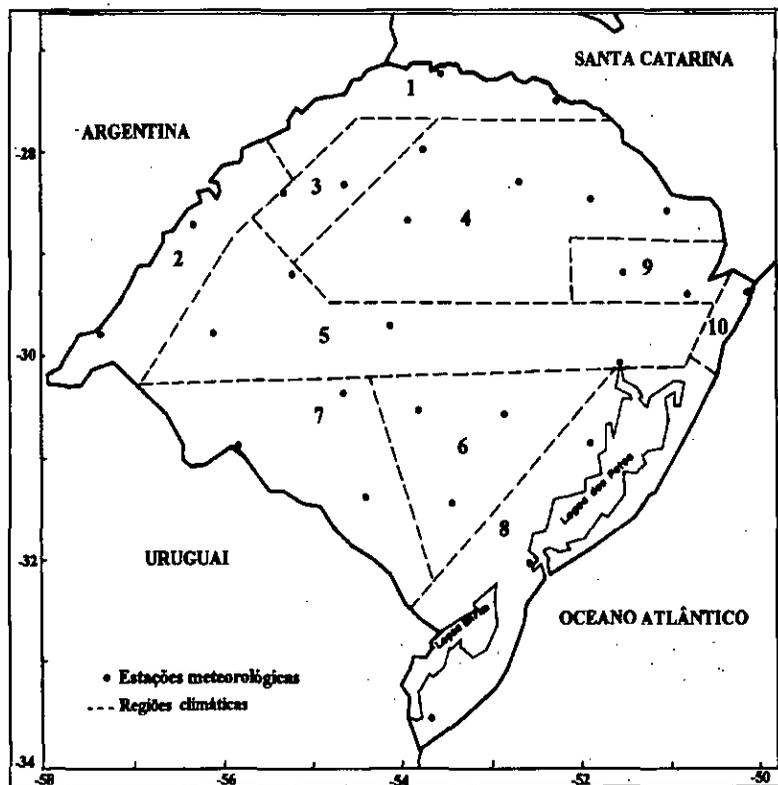


FIGURA 1 – Estações meteorológicas e regiões climáticas do estado do Rio Grande do Sul: 1. Alto Vale do Uruguai, 2. Baixo Vale do Uruguai, 3. Missões, 4. Planalto, 5. Depressão Central, 6. Serra do Sudeste, 7. Campanha, 8. Litoral Sul, 9. Serra do Nordeste, 10. Litoral Norte. Fonte: Adaptado de MACHADO (1950)

de parte do Estado (Figuras 2a e 2b). Esses dois meses representam o início do ano agrícola para as culturas de primavera-verão, com as atividades de preparo do solo e as primeiras semeaduras.

Em novembro, a probabilidade da precipitação pluvial superar a evapotranspiração potencial cai bastante. Apenas na metade norte do Estado essa probabilidade supera os 50% (Figura 2c). Novembro é mês central do período de semeadura recomendado pela pesquisa agrônoma para importantes culturas de primavera-verão, como é o caso, por exemplo, da soja.

Durante o período de semeadura e estabelecimento das culturas de primavera-verão as necessidades hídricas são inferiores à ETP ($K_c < 1,0$) (MATZENAUER, 1992). Mesmo assim, quando a probabilidade da precipitação superar a evapotranspiração potencial é muito baixa, como é o caso do mês de novembro, pode ocorrer deficiência hídrica nesse período do calendário agrícola.

Em dezembro, com a aproximação do solstício de verão, aumenta a radiação solar e a temperatura, aumentando conseqüentemente a demanda evaporativa da atmosfera. Como a precipitação pluvial apresenta pequena variação da primavera para o verão, isso se reflete na queda da probabilidade da precipitação pluvial superar a evapotranspiração potencial. Em grande parte do Estado a probabilidade de se ter precipitação pluvial

igual ou maior do que a evapotranspiração potencial em dezembro é inferior a 50%, e em regiões como o Litoral Sul, parte da Campanha e parte do Baixo Vale do Uruguai essa probabilidade é igual ou menor do que 30% (Figura 3a).

As probabilidades da precipitação pluvial superar a evapotranspiração em janeiro e fevereiro diminuem. Em grande parte do território rio-grandense, incluindo as principais regiões produtoras de grãos (Planalto Oeste, Missões, Vale do Uruguai e Depressão Central) a probabilidade da precipitação pluvial ser igual ou superior a evapotranspiração potencial é menor do que 60% (Figuras 3b e 3c). Em janeiro, em toda a região do Litoral Sul, praticamente toda a Campanha e parte do Baixo Vale do Uruguai a probabilidade é igual ou menor do que 40% (Figura 3b).

Dezembro, janeiro e fevereiro são os meses mais críticos do calendário agrícola do estado do Rio Grande do Sul. Estes são os meses mais quentes do ano, com máxima demanda evaporativa da atmosfera, e é nessa época que as principais culturas de primavera-verão estão no período de máximo crescimento vegetativo e reprodução, com o máximo consumo de água e máxima sensibilidade ao déficit hídrico. Nesse período, as necessidades hídricas das duas grandes culturas não irrigadas do Estado (*milho e soja*) são, em geral, maiores que a ETP ($K_c > 1,0$) (MATZENAUER, 1992).

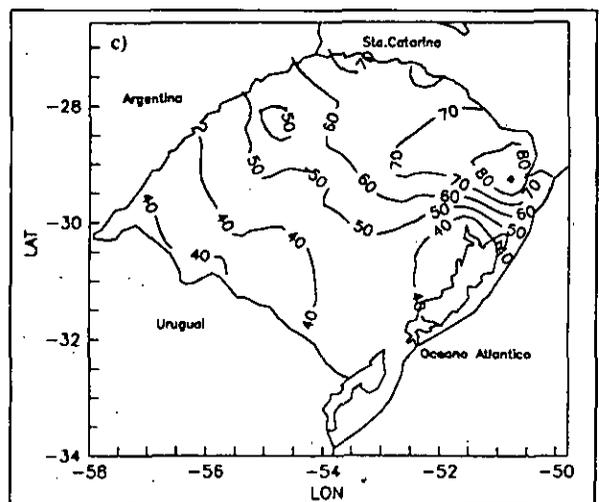
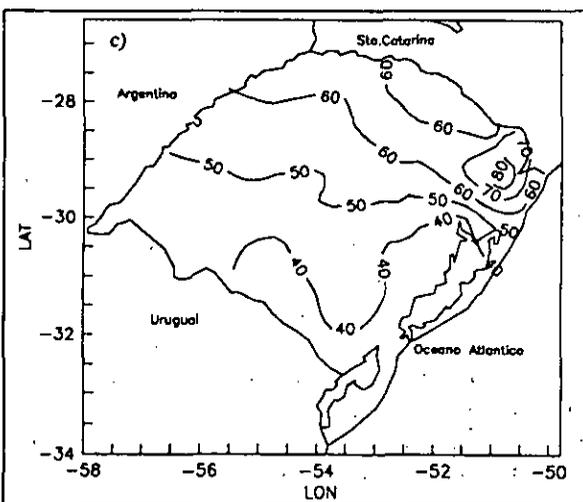
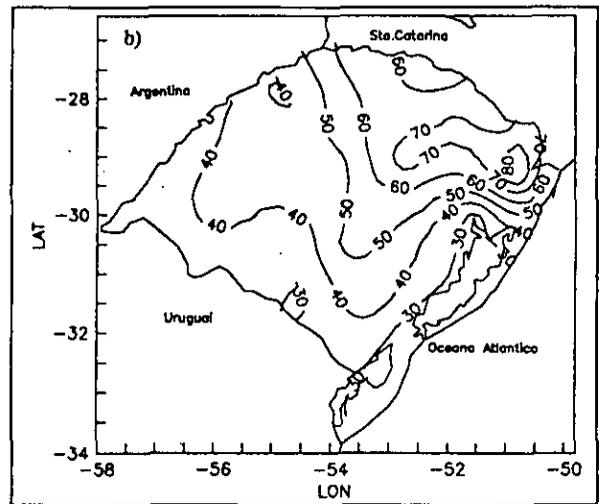
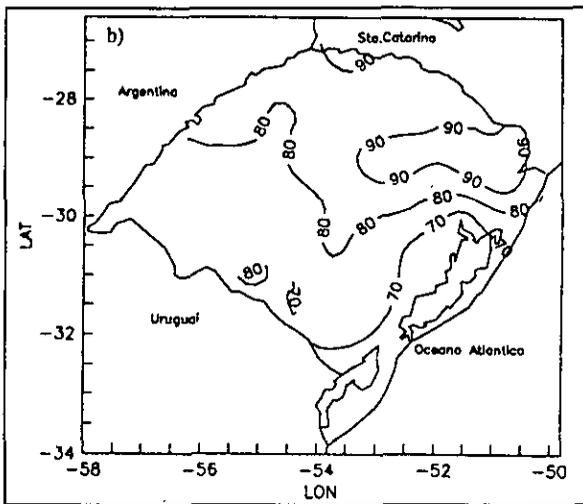
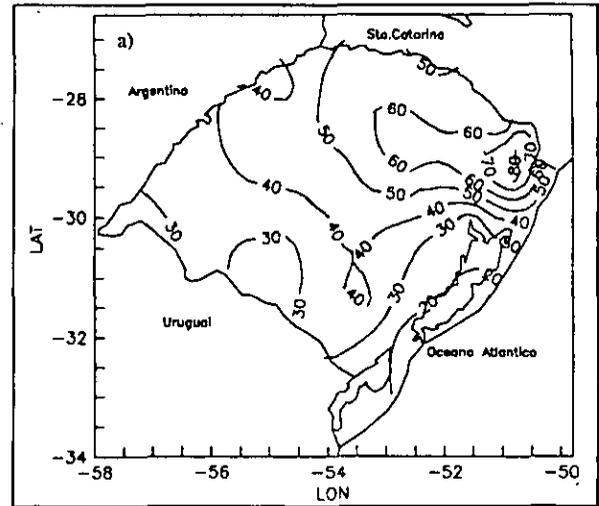
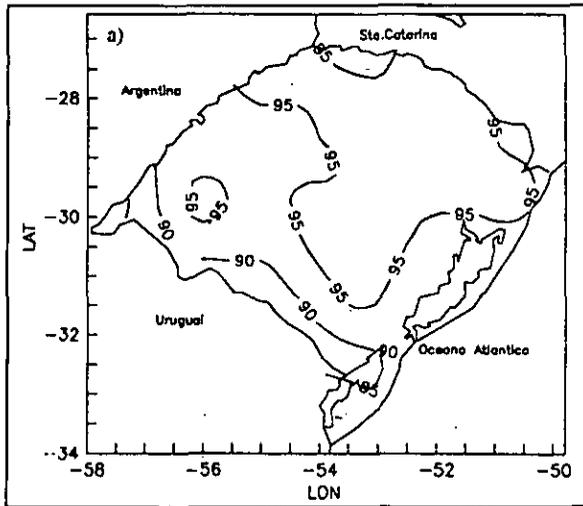


FIGURA 2 – Probabilidade de ocorrência de uma precipitação pluvial igual ou maior do que a evapotranspiração potencial para os meses de: a) setembro; b) outubro c) novembro, no estado do Rio Grande do Sul.

FIGURA 3 – Probabilidade de ocorrência de uma precipitação pluvial igual ou maior que a evapotranspiração potencial para os meses de a) dezembro b) janeiro c) fevereiro, no estado do Rio Grande do Sul.

PROBABILIDADE DE OCORRÊNCIA DE PRECIPITAÇÃO PLUVIAL MENSAL IGUAL OU MAIOR QUE A EVAPOTRANSPIRAÇÃO POTENCIAL PARA A ESTAÇÃO DE CRESCIMENTO DAS CULTURAS DE PRIMAVERA-VERÃO NO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL

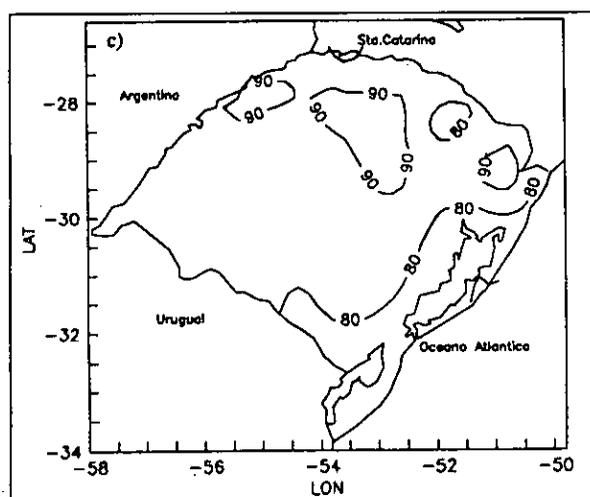
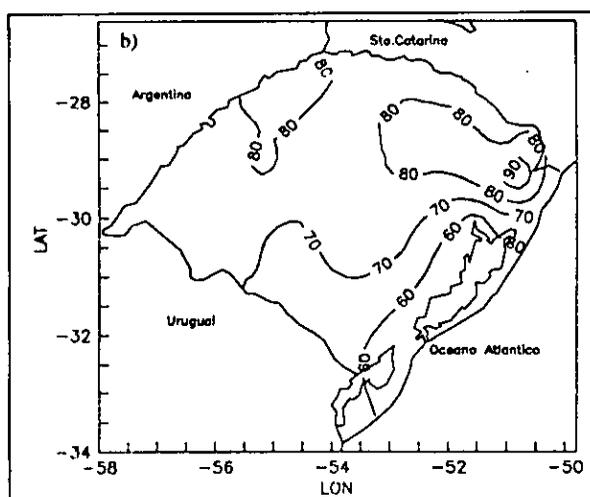
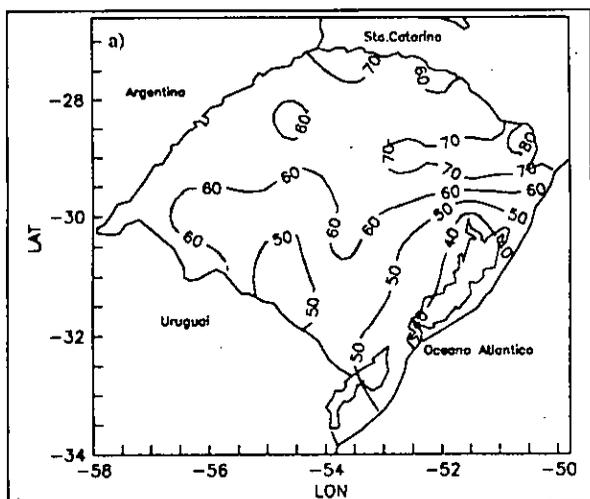


FIGURA 4 – Probabilidade de ocorrência de uma precipitação pluvial igual ou maior do que a evapotranspiração potencial para os meses de: a)março b)abril c)maio, no estado do Rio Grande do Sul

A baixa probabilidade da precipitação pluvial superar a evapotranspiração potencial é que determina a alta frequência de ocorrência de déficit hídrico nesses três meses do ano, ocasionando não só quebra de rendimento das culturas produtoras de grãos, mas também prejudicando o crescimento das pastagens, e com isso atingindo a pecuária.

Segundo BERLATO et al. (1996), a frequência de rendimento abaixo da média, nos últimos 20 anos, determinada por estiagens em dezembro, janeiro e fevereiro para as culturas de soja e milho foi de 30%.

De março a maio, principalmente por queda da demanda evaporativa da atmosfera, aumenta a probabilidade da precipitação pluvial superar a evapotranspiração potencial (Figuras 4a, 4b e 4c). Em mais da metade do Estado, abrangendo as regiões climáticas da Serra do Nordeste, Planalto, Missões, Vale do Uruguai e parte da Campanha, essa probabilidade é maior do que 60% em março (Figura 4a) e 70% em abril (Figura 4b). Em maio, com exceção do Litoral, todo o restante do território rio-grandense, tem probabilidade maior do que 80% da precipitação superar a evapotranspiração potencial (Figura 4c).

Abril e maio são meses do calendário agrícola em que ocorre a maturação e a colheita das principais culturas produtoras de grãos do Estado. Nesse período as necessidades hídricas caem drasticamente ($K_c < 1,0$) (MATZENAUER, 1992). Pela relativamente alta probabilidade da precipitação superar a evapotranspiração potencial (Figuras 4b e 4c), ocorre, com frequência, nesses dois meses do ano, excesso de umidade, o que pode prejudicar a maturação das plantas e as atividades de colheita.

CONCLUSÃO

A baixa probabilidade da precipitação pluvial superar a evapotranspiração potencial no verão (dezembro, janeiro e fevereiro) enfatiza a necessidade de planejamento quanto à épocas de semeadura das culturas de primavera-verão e, também, quanto à utilização de técnicas de irrigação.

BIBLIOGRAFIA CITADA

- ASSIS, F. N. Ajuste da função gama aos totais semanais de chuva de Pelotas-RS. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, Santa Maria, v.1, p.131-136, 1993.
- ÁVILA, A.M.H.de. *Regime de precipitação pluvial no estado do Rio Grande do Sul com base em séries de longo prazo*. Porto Alegre, UFRGS. 75p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia), Faculdade de Agronomia, UFRGS. 1994.
- BARGER, G. L. ; THOM, H. C. S. Evaluation of drought Hazard. *Agronomy Journal*, Madison, v.41, n.11, p. 519-526, 1949.
- BERLATO, M. A. *Análise de alguns elementos componen-*

- tes do agroclima do estado do Rio Grande do Sul.** Turrialba: IICA. 117f. Tese (Mestrado em Climatologia). IICA. 1970.
- BERLATO, M.A.; GONÇALVES, H.M. Relação entre o índice hídrico P/ETP e rendimento da soja [*Glycine max*(L.) Merr.]. **Agronomia Sul Rio-grandense**, Porto Alegre, v.14, n.2, p. 227-233, 1978.
- 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: UFRGS, 1992. p.11-24.
- BERLATO, M.A.; FONTANA, D.C.; GONÇALVES, H.M. Relação entre o rendimento de grãos de soja e variáveis meteorológicas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.27, n.5, p.675-702, 1992.
- BERLATO, M.A.; FONTANA, D.C.; OLIVEIRA, D. **Chuva e rendimento de grãos no Estado do Rio Grande do Sul**. 1996. (não publicado).
- CONDE, A.A.; ROJAS, A.C. de. **Probabilidades de chuvas para la Provincia de Entre Rios**. Entre Rios, 1980. 72p. (Série Técnica n.49).
- CRESSIE, N. **Statistical for spatial data**. New York: Willey & Sons, 1991. 900p. cap 9.
- MACHADO, P.F. **Contribuição ao estudo do clima do Rio Grande do Sul**. Rio de Janeiro: IBGE, 1950. 91p.
- MATZENAUER, R. **Evapotranspiração de plantas cultivadas e coeficientes de cultura**. In: BERGAMASCHI, H. (Coord.) **Agrometeorologia aplicada à irrigação**. Porto Alegre: UFRGS, 1992. p.33-47.
- THOM, H.C.S. A note on the Gamma Distribution. **Monthly Weather Review**, v.86, n.4, p. 117-122, 1958.
- THOM, H.C.S. **Some methods of climatological analysis**. Geneve: WMO, 1966. 53p. (Technical Note, 81).
- THORNTHWAITE, C.W.; MATHER, J.R. Instrutions and tables for computing potencial evapotranspiration and the water balance. **Publications in climatology**, Centerton, New Jersey, v.10, n.4, p.181-311, 1957.

COMPOSIÇÃO DO RENDIMENTO DE GRÃOS EM GENÓTIPOS DE TRIGO ARGENTINO¹

GILBERTO ROCCA DA CUNHA², LUIS ANTÔNIO VENTIMIGLIA³, JOÃO CARLOS HAAS³, ROBERTO GARCIA³, MIGUEL MacMANEY⁴

RESUMO – O rendimento de grãos em trigo é dado pelo produto entre o número de espigas por unidade de superfície, o número de grãos por espiga e a massa individual de grão. Para a composição de rendimento os genótipos utilizam estratégias diferenciadas, que envolvem mecanismos compensatórios entre os componentes de rendimento. Diante do exposto, o presente trabalho visou determinar as estratégias de composição de rendimento em alguns genótipos de trigo argentino: cv. 'Federal', 'LAJ 3239', 'LAJ 3254', 'LAP 2350' e 'T41'. O experimento foi conduzido em Pergamino, Bs. As., República Argentina (33°53'S, 60°34'W e altitude de 68 m), durante o período de julho a dezembro de 1992. Constatou-se que esses genótipos baseiam seu rendimento em diferentes estratégias e que há compensações entre os componentes numéricos de rendimento. De modo geral, 'Federal' baseia seu rendimento na eficiência de afilhamento; 'LAJ 3239', no índice de fertilidade da espiga; 'LAJ 3254', no número de afilhos por planta e na massa de grão; 'LAP 2350', no número de afilhos por planta, no índice de fertilidade da espiga e na massa de grão; e 'T41', no número de afilhos por planta e na eficiência do afilhamento.

Palavras-chave: componentes de rendimento, potencial de rendimento, *Triticum aestivum* L.

YIELD COMPOSITION IN ARGENTINIAN WHEAT GENOTYPES

ABSTRACT – Wheat grain yield is a result of the number of spikes per unit area, number of kernels per spike, and kernel weight. The degree of dependance of genotypes on each grain yield component is variable and usually there is compensation among them when quantifying the grain yield. A study was conducted to determine the relative importance of each yield component of some short cycle Argentinian wheat genotypes: cv. 'Federal', 'LAJ 3239', 'LAJ 3254', 'LAP 2350' and 'T41'. This study was conducted at Pergamino, Bs.As., Argentina (33°53'S, 60°34'W, and altitude 68 m) from July to December 1992. Differences in the relative importance of each wheat yield component and yield component compensation were observed among the genotypes. In general, the yield of genotypes is quantified as follows: 'Federal' is based on tillering efficiency; 'LAJ 3239' is based on spike fertility; 'LAJ 3254' is based on the number of tillers per plant and grain weight; 'LAP 2350' is based on the number of tillers per plant, spike fertility, and grain weight; and 'T41' is based on the number of tillers per plant and tillering efficiency.

Key words: yield components, yield potential, *Triticum aestivum* L.

INTRODUÇÃO

O potencial de rendimento de uma cultura tem a sua expressão limitada por interações entre as características de genótipo, os fatores de ambiente e as práticas de manejo adotadas durante o período de desenvolvimento da mesma.

Ao nível de genótipo, o potencial de rendimento de trigo tem sido aumentado através da criação e seleção de cultivares com maior índice de colheita – razão entre a matéria seca acumulada nos grãos e o total de matéria seca produzida na parte aérea da planta –, decorrente de uma maior participação de assimilados fotossintéticos para os grãos (AUSTIN et al., 1980 e 1989; GIFFORD et al., 1984; SLAFER e ANDRADE, 1989).

Algumas características relacionadas com a fisiologia da produção de grãos em trigo são apontadas como responsáveis pelo maior potencial de rendimento das

cultivares modernas, quando comparadas às antigas. Dentre estas, destaca-se o fato das cultivares modernas apresentarem um maior período de enchimento de grão, por atingirem a antese mais cedo, e a produção de um maior número de grãos por unidade de área, principalmente pelo aumento no número de grãos/espiga do que pelo aumento no número de espigas/m² (AUSTIN, 1982; AUSTIN et al., 1980 e 1989; SLAFER e ANDRADE, 1989; PERRY e D'ANTUONO, 1989).

Embora o potencial de rendimento de trigo não tenha sido aumentado por acréscimos significativos na massa individual de grãos, e sim pelo aumento no número de grãos/m², a antese delimita o começo de uma fase importante para o rendimento, isto é, o início do período de enchimento de grãos.

A síntese, a translocação e o acúmulo dos produtos de fotossíntese nos grãos são controlados geneticamente e influenciados pelo ambiente. A capacidade do destino, envolvendo tamanho e força, é um fator domi-

1. Trabalho realizado como um dos requisitos à conclusão do "II CURSO SOBRE INVESTIGACIÓN EN MANEJO DE TRIGO Y TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA", Convênio: INTA-CIMMYT, Pergamino, Bs. As., República Argentina, 1992.
2. EMBRAPA-Centro Nacional de Pesquisa de Trigo (CNPT), Caixa Postal 569, 99001-970 Passo Fundo, RS/BRASIL. Bolsista do CNPq.
3. INTA-Estación Experimental Agropecuária Pergamino, C.C. 31, 2700 - Pergamino, Bs.As., República Argentina.
4. PRODUSEM, C.C. 192, 2700-Pergamino, Bs.As., República Argentina.
Recebido para publicação em 30/01/1996.

nante na partição, que juntamente com a duração do período de enchimento de grãos pode determinar o índice de colheita (SNYDER e CARLSON, 1984; PRIHAR e STEWART, 1990).

O número de grãos/m² é uma medida da capacidade do destino para os carboidratos produzidos após a antese em trigo (SNYDER e CARLSON, 1984; THORNE e WOOD, 1987). Uma alta capacidade de afilhamento pode ser considerada uma característica desejável em trigo, sendo o rendimento correlacionado com a sobrevivência de colmos e não com o número máximo atingido, pois este afeta o número de grãos/m² (SHANAHAM et al., 1985). A capacidade das cultivares de trigo de ajustarem o tamanho do destino (número de grãos/m²) em função da plasticidade dos componentes de rendimento, número de espiguetas férteis/espiga, número de grãos/espiga e número de espigas/m², tem sido uma observação freqüente, entre outros trabalhos, cita-se LERNER e CERRI (1990), FONTANELI et al. (1991) e GARCIA et al. (1992).

Diante do exposto anteriormente, constata-se que o trigo, enquanto espécie de interesse econômico, tem o seu rendimento limitado pela capacidade dos destinos reprodutivos durante a fase de enchimento de grãos e não pela capacidade da fonte em gerar e translocar assimilados fotossintéticos para os mesmos.

Neste contexto, o presente trabalho teve por objetivo avaliar a composição de rendimento em diferentes genótipos de trigo argentino, através da análise dos componentes numéricos de rendimento, caracterizando a composição de rendimento de grãos em cada genótipo.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado durante o ano 1992, no Campo Experimental do "Criadero PRODUSEM", localizado no Partido de Pergamino, Ruta 8, km 234, Província de Buenos Aires, República Argentina, com coordenadas geográficas de 33°53' S de latitude, 60°34' W de longitude e 68 m de altitude.

O solo do campo experimental pertence à série Pergamino (Pe), sendo plano, profundo, bem drenado e de cor escura, caracterizado como um Argiudol Típico. A área tem sido utilizada para agricultura há 30 anos, sendo, nos últimos 4 anos, cultivada com trevo branco para semente e com trigo seguido de soja em 1991/92. A partir de amostras de solo coletadas em 20/07/92, segundo a análise efetuada pelo laboratório de solos da E.E.A.-INTA/Pergamino, as características para as profundidades de 0-20 cm e 20-40 cm, respectivamente, foram as seguintes: pH = 6,4 e 6,4; MO (%) = 2,6 e 1,2; N (%) = 0,128 e 0,060 e P (ppm) = 12 e 4.

O clima da região é do tipo temperado subúmido, com uma normal anual de precipitação pluvial de 919 mm e 16,2°C de temperatura média. A menor quantidade de chuva ocorre no período de outono/inverno; entretanto, em função de maior demanda evaporativa da atmosfera, há maior probabilidade de ocorrência de déficit hídrico no verão.

As temperaturas médias mensais variam de 9,5°C a 23,4°C, correspondendo aos meses de julho e de janeiro, respectivamente.

O estudo constou de um experimento com genótipos de trigo de ciclo precoce ("ciclo corto"). Foi utilizado um delineamento completamente casualizado (DCC) com 3 repetições, com as unidades experimentais medindo 16 m de comprimento por 2,75 m de largura. As parcelas estavam separadas, a cada grupo de 3, por um caminho transversal ao comprimento de 1,5 m, sendo que longitudinalmente, não havia separação entre as mesmas.

O preparo do solo foi nos moldes convencionais utilizado na região, compreendendo passadas de escarificador e de grade de disco seguida de rolo, e foi realizado em 20/07/92.

A sementeira foi feita em 23/07/92, com um espaçamento entre linhas de 12,5 cm, por meio de uma semeadora de parcelas experimentais marca Nordsten. Foi utilizada semente categorizada como original, empregando-se 100 kg/ha sementes, com vistas a obtenção de uma densidade de 300 plantas/m².

Os genótipos testados, de ciclo de maturação precoce ("ciclo corto"), compreenderam a cultivar comercial 'Federal' e as linhas avançadas; 'LAJ 3239'; 'LAJ 3254'; 'LAP 2350' e 'T41'.

Com vistas a minimizar os obstáculos à expressão do potencial de rendimento dos genótipos, foram realizados os seguintes tratamentos culturais.

– Tratamento de sementes: as sementes foram, previamente à sementeira, tratadas com Carboxim 50 g i.a./100 kg de sementes, visando o controle de patógenos transmitidos através das mesmas.

– Adubação nitrogenada: por ocasião do afilhamento, em 07/09/92, foi realizada uma adubação em cobertura na dose de 100 kg/ha de uréia.

– Controle de plantas daninhas: para o controle de plantas daninhas anuais de folhas largas, foi feita uma aplicação do herbicida metasulfuron-methyl (6,7 g/ha + 0,12 l óleo mineral/ha), em 09/09/92, com a cultura em fase de afilhamento.

Tendo em vista a obtenção de uma população de plantas menor do que a previamente estabelecida (300 plantas/m²), demarcou-se em cada parcela, 4 segmentos de 0,50 m de linha, com densidade de plantas da ordem de 240 plantas/m², que se constituíram em determinações componentes de cada repetição nas avaliações efetuadas.

A partir das observações efetuadas ao longo do ensaio e nas determinações de colheita realizada em 09/12/92, foram analisadas variáveis relacionadas com fenologia, densidade de plantas, componentes de rendimento, crescimento de grão e características agrônômicas, conforme segue:

1. Fenologia: Para o acompanhamento dos estádios de desenvolvimento da cultura utilizou-se a escala de Feekes (1940), modificada por LARGE (1954).

2. Densidade inicial de plantas (Do): (plantas/m²).

3. Número de colmos por metro quadrado ao final do afilhamento (NC): (colmos/m²).

4. Número de afilhos por planta ao final do afilhamento (NAP): (afilhos/planta).

5. Índice de eficiência de afilhamento (IEA): definido pela razão entre o número de espigas colhidas e o número de colmos ao final do afilhamento.

6. Massa da espiga em antese (MEA): (g).

7. Massa de matéria seca de grãos (MG): (g/m²).

8. Massa de matéria seca de 1000 grãos (MMG): (g).

9. Número de grãos por metro quadrado (NG): (grãos/m²).

10. Número de grãos por espiga (NGE): (grãos/espiga).

11. Índice de fertilidade de espiga (IFE): definido pela razão entre o número de espiguetas férteis (com pelo menos um grão) e o número total de espiguetas da espiga.

12. Estatura de plantas (EP): medida por ocasião da colheita, englobando a altura desde o solo até a extremidade das espigas (m).

13. Produção de biomassa aérea (PB): (g/m²).

14. Rendimento de grãos (RG): corrigido a 14 % de umidade: (kg/ha).

15. Índice de colheita (IC): definido pela razão (MG/PB).

16. Curva de crescimento de grão (mg/GD): com base na matéria seca de 100 grãos, obtidos de 10 espigas coletadas ao acaso em intervalos de 3 a 7 dias a partir da antese, descartando-se as 5 espiguetas basais e extraíndo-se os dois grãos externos das cinco espiguetas subsequentes, traçou-se as curvas de enchimento do grão, para cada genótipo, em função de graus-dia (Tb = 0°C) acumulados após a antese (GD).

As variáveis observadas foram submetidas à análise de variância e, quando houve significância ao nível de probabilidade de 0,05, a discriminação entre as médias das cultivares foi feita pelo teste de Tukey, ao nível de 0,05.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A discussão dos resultados será feita com base na avaliação das distintas estratégias utilizadas pelos

genótipos testados para a composição do rendimento econômico. Para tal, adotar-se-á o modelo intrínseco, a teoria da compensação entre os sucessivos componentes numéricos de rendimento.

Na Tabela 1 são apresentadas variáveis com potencialidade de influenciar o número de grãos por unidade de área no subperíodo delimitado pela emergência da cultura e o final do afilhamento.

O fato de não ter sido verificada significância estatística para a densidade inicial de plantas (Do), conforme se constata na Tabela 1, possibilitou que todos os genótipos testados tivessem a mesma chance de manifestar a sua potencialidade de afilhamento. Este aspecto merece ser considerado, uma vez que a densidade inicial de plantas interfere no número de afilhos que cada planta formará, conforme resultados obtidos por GARCIA et al. (1992), avaliando o efeito da densidade de semeadura sobre o rendimento de três cultivares de trigo.

Deste modo, observa-se, ainda na Tabela 1, que houve um comportamento diferencial entre os genótipos testados com relação ao número de colmos por unidade de área (NC) e conseqüentemente no número de afilhos por planta (NAP), no subperíodo que se estende da emergência das plantas até o final do afilhamento. Destacaram-se as linhas avançadas 'LAJ 3254' e 'LAP 2350' como os genótipos de maior potencial de afilhamento, entre os testados, configurando 'Federal', e 'T41' como um grupo intermediário, em relação a 'LAJ 3239', quanto a esta característica.

Este fato merece destaque, uma vez que 'Federal' têm sido considerada como uma cultivar de alta capacidade de afilhamento (GARCIA et al., 1992). Entretanto, conforme se discutirá na seqüência, a caracterização de 'Federal' como um material de alto potencial de afilhamento não se deve principalmente ao número de afilhos que forma por planta e sim a sua eficiência de afilhamento, ou seja, a alta capacidade de que os afilhos gerados produzam espigas, cresçam e se desenvolvam até a colheita.

Na Tabela 2, encontram-se os diferentes aspectos relacionados com os constituintes dos componentes de rendimento. A começar pelo índice de eficiência de

TABELA 1 – Densidade inicial de plantas (Do), número de colmos por m² (NC) e número de afilhos por planta (NAP) ao final do perfilhamento, em diferentes genótipos de trigo de ciclo precoce ("ciclo corto"). Pergamino, Bs.As., República Argentina, 1992

Genótipos	Do ¹	NC*	NAP*
	-----n°/m ² -----		---- n°/planta----
'FEDERAL'	241,3	980,0 bc	3,3 ab
'LAJ 3239'	234,7	826,7 c	2,3 b
'LAJ 3254'	236,0	1260,0 a	4,3 a
'LAP 2350'	238,7	1105,0 ab	4,0 a
'T41'	253,3	1085,0 ab	3,3 ab

¹A análise de variância não apresentou significância estatística ao nível de 0,05 de probabilidade.

* Médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey ao nível de 0,05 de probabilidade.

afilhamento (IEA), onde os genótipos 'LAJ 3254' e 'LAP 2350' que, pela Tabela 1, apresentam a maior densidade de colmos ao final do afilhamento (NC), destacaram-se como os de menor eficiência, IEA de 0,49 e 0,50, respectivamente. Ou seja, a metade dos colmos gerados pelos mesmos não chegaram a produzir espigas à colheita. Portanto, cabe investigar estratégias de manejo que possibilitem aproveitar o alto potencial de produção de afilhos dos genótipos 'LAJ 3254' e 'LAP 2350', fazendo com que os mesmos produzam espigas que cheguem até à colheita. Por outro lado, destaca-se a alta eficiência de afilhamento da cultivar 'Federal', com IEA e 0,72, configurando-se como maior IEA entre os genótipos testados, embora não se diferenciasse estatisticamente de LAJ 3239 e T 41.

Ainda na Tabela 2, observa-se o efeito da eficiência do afilhamento (IEA) sobre o número de espigas por m² (NE) no momento da colheita. Denota-se a formação de dois grupos entre os genótipos, em primeiro plano 'Federal' e 'T41', e no segundo grupo 'LAJ

O alto número de grãos por m² (NG) de 'LAJ 3239' deveu-se principalmente ao seu número de grãos por espiga (NGE), decorrente do seu alto índice de fertilidade de espiga (IFE), da ordem de 0,88, e não do número de espigas por m² (NE), pois quanto a este aspecto a mesma claramente situa-se no grupo inferior, equivalendo-se a 'LAP 2350' e inferior às demais.

Em termos de massa da matéria seca de 1000 grãos (MMG), destaca-se, dentro de um mesmo genótipo, a relação inversa com o número de grãos por espiga, ou seja, o genótipo que apresentou o maior valor de MMG, no caso 'LAJ 3254', apresentou o menor NGE. Este comportamento reflete a questão da competição pelos destinos reprodutivos de uma quantidade finita de fotoassimilados, ou, alternativamente, em função dos genótipos com maiores NGE terem este comportamento em decorrência da produção de grãos pelas espiguetas extremas (base e ápice) que potencialmente possuem um tamanho menor de grão.

Novamente na Tabela 2 se observa, no caso dos

TABELA 2 – Índice de eficiência de afilhamento (IEA), número de espigas por m², massa de matéria seca de espiga em antese (MEA), massa de matéria seca de grãos por m² (MG), massa de matéria seca de 1000 grãos (MMG), número de grãos por m² (NG), número de grãos por espiga (NGE) e índice de fertilidade de espiga (IFE) em diferentes genótipos de trigo de ciclo precoce ("ciclo corto"). Pergamino, Bs.As., República Argentina, 1992

Genótipos	IEA*	NE*	MEA*	MG ¹	MMG*	NG*	NGE*	IFE*
		(n°/m2)	(g)	(g/m2)	(g)	(n°/m2)	(n°/espi)	
'FEDERAL'	0,72 a	674,7 a	0,38 ab	684,4	33,8 ab	20260 ab	30,0 c	0,81 c
'LAJ 3239'	0,67 ab	546,7 b	0,41 ab	801,2	33,3 b	24030 a	44,0 a	0,88 a
'LAJ 3254'	0,49 c	590,7 ab	0,34 b	660,3	36,8 a	17970 b	30,3 c	0,83 b
'LAP 2350'	0,50 bc	522,7 b	0,45 a	669,2	35,9 ab	18650 b	35,7 b	0,87 a
'T41'	0,60 abc	660,0 a	0,34 b	656,3	33,3 b	19760 ab	30,0 c	0,80 c

¹A análise de variância não apresentou significância estatística ao nível de 0,05 de probabilidade.

* Médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey ao nível de 0,05 de probabilidade.

3239', 'LAP 2350' e 'LAJ 3254', este último podendo se comportar tanto como pertencente ao primeiro como ao segundo grupo. Este fato é reflexo, no caso de 'Federal', ao seu alto IEA, e no caso de 'LAJ 3254', ao seu alto potencial de produção de afilhos (NC e NAP).

Com respeito à massa de matéria seca de grãos produzida por m² (MG) não se obteve significância estatística entre os genótipos testados, dentro do nível de probabilidade de 0,05, previamente fixado para este trabalho. Para tal contribuíram as diferentes formas de composição de rendimento pelos materiais testados, conforme se discutiria na seqüência, a partir das variáveis constantes na Tabela 2.

Quanto ao número de grãos por m² (NG), destacou-se a linha avançada 'LAJ 3239', como a de maior NG, formando as demais dois grupos, 'LAJ 3254' e 'LAP 2350', claramente definidas como de menor NG e 'Federal' e 'T41', podendo se comportar tanto como a 'LAJ 3239', ou como as duas anteriores.

genótipos 'LAJ 3254' e 'T41', uma relação claramente definida, no tocante aos demais, quanto ao comportamento da massa de matéria seca de espiga em antese (MEA) e o número de grãos formados por espiga formados (NGE), se configurando num grupo de menor MEA e menor NGE.

Em termos de tamanho de grão, refletido pela massa de 1000 grãos (MMG), observa-se a superioridade clara da linha avançada 'LAJ 3254', cujo comportamento de crescimento de grão pode ser visto na Figura 1. Muito embora similar na forma em relação aos demais, este material sempre teve um maior tamanho de grão, o que é facilmente visualizável na Figura 1, onde a sua curva de crescimento de grão se destaca em relação às demais, que constituem um grupo a parte, refletindo a comparação de médias da MMG da Tabela 2.

Na Tabela 3 encontram-se as características agrônomicas dos genótipos, como a estatura de plantas

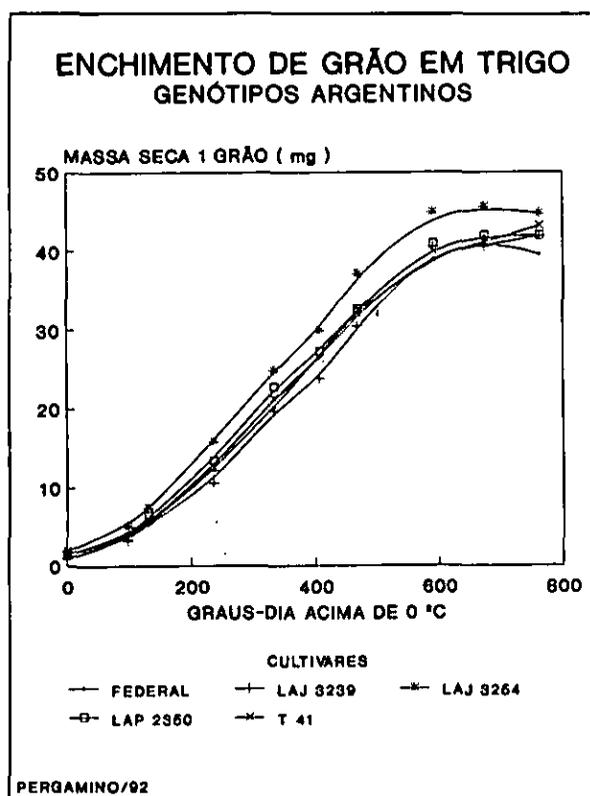


FIGURA 1 – Curvas de crescimento de grão em diferentes genótipos de trigo de ciclo precoce. Pergamino, Bs.As., República Argentina, 1992

(EP), a produção de biomassa (PB), o rendimento de grãos (RG) e o índice de colheita (IC). Ao nível de probabilidade de 0,05 obteve-se significância estatística somente para EP e IC. As linhas avançadas 'LAJ 3254', e 'LAP 2350' se configuraram nos genótipos de maior porte, em relação aos demais, embora este aspecto não tenha se convertido necessariamente em produção de biomassa (PB). Quanto ao índice de colheita (IC), os valores compreendidos entre 0,41 e 0,48, estão aquém do limite teórico para trigo de 0,60, postulado por AUSTIN et al. (1980), indicando que estes materiais não exploram completamente a capacidade de rendimento inerente

a esta característica. A comparação de médias permite a separação dos genótipos em dois grupos, quanto a IC, com superioridade da linha avançada 'LAJ 3239'.

Um aspecto marcante na Tabela 3 são os altos valores de RG para todos os genótipos testados, superando os valores de ensaios conduzidos no mesmo local em anos anteriores, cujos rendimentos apresentados por GARCIA et al. (1992), FONTANELI et al. (1991) e PRODUSEM (1992) se posicionaram aquém dos 6000 kg/ha. Os altos rendimentos podem ser explicados pelo fato de se ter demarcado quatro segmentos de 0,50 m de linha de plantas no interior de cada parcela, onde se fez a avaliação dos rendimentos e seus componentes, que apresentavam uma adequada população de plantas, de modo a permitir aos genótipos a expressão do seu potencial de rendimento. Este fato possibilitou que todos os genótipos superassem o nível de 500 espigas por m², considerado um marco para a obtenção de bons rendimentos. A superestimativa do rendimento, quando se avalia pequenas e homogêneas áreas de amostragem, em relação a áreas maiores, é esperada em função de não contemplar toda a variabilidade horizontal existente na área.

Fato similar foi observado por FONTANELI et al. (1991), no mesmo campo experimental, quando compararam o rendimento de trigo estimado de dois seguimentos de 0,50 m com o rendimento de uma amostra de 2,00 m², verificando uma redução no rendimento de 5.155 kg/ha para 3.500 kg/ha. Além do que, todas as espigas colhidas de cada um dos quatro seguimentos de 0,5 m de linha de plantas, foram trilhadas individualmente, sem que ocorresse perda de grãos.

A questão da alta densidade de espigas por m² associada ao fato de não haver perda de colheita, possibilitou a obtenção de altos valores no número de grãos por m², variando de 17970 a 24030 (Tabela 1), que se refletiram conseqüentemente nos rendimentos de grãos por ha, uma vez que o número de grãos por m², como é comumente aceito, é o principal componente determinante do rendimento em trigo.

As Figuras 2, 3 e 4 refletem as associações de compensação entre os componentes de rendimento.

TABELA 3 – Estatura de planta (EP), produção de biomassa (PB), rendimento de grãos (RG) e índice de colheita (IC) em diferentes genótipos de trigo de ciclo precoce ("ciclo curto"). Pergamino, Bs.As., República Argentina, 1992

Genótipos	EP*	PB ¹	RG ¹	IC*
	m	g/m ²	kg/ha	
'FEDERAL'	0,76 c	1648,2	7802,2	0,42 b
'LAJ 3239'	0,75 c	1691,0	9133,7	0,48 a
'LAJ 3254'	0,88 a	1599,9	7527,0	0,42 b
'LAP 2350'	0,86 ab	1575,3	7628,9	0,43 b
'T41'	0,79 bc	1613,2	7481,3	0,41 b

¹A análise de variância não apresentou significância estatística ao nível de 0,05 de probabilidade.

* Médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey ao nível de 0,05 de probabilidade.

CV-RG = 9,06 %

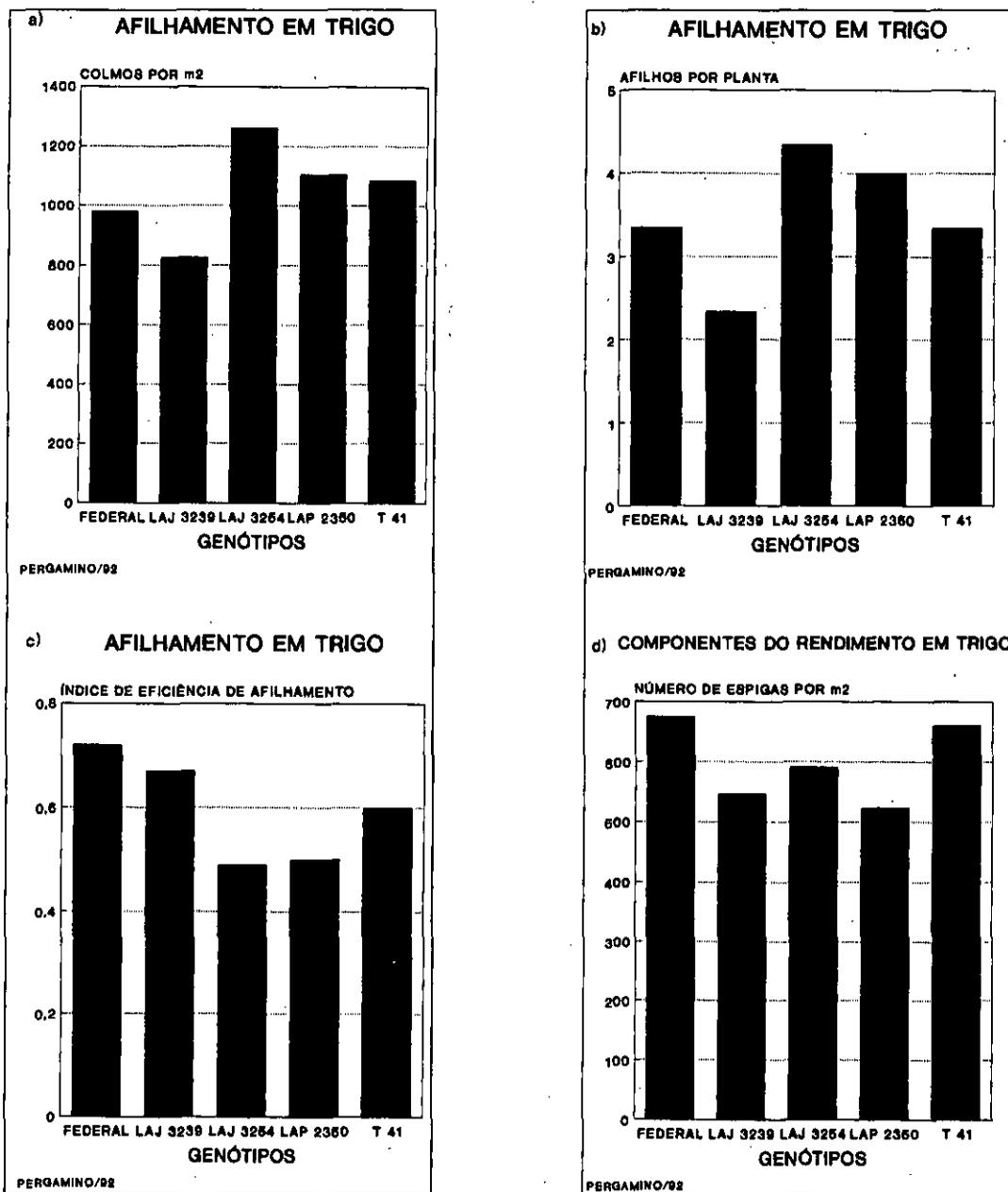


FIGURA 2 – Número de colmos por m² (a) e número de afilhos por planta (b), ao final do afilhamento, índice de eficiência de afilhamento (c) e número de espigas por m² (d) em diferentes genótipos de trigo de ciclo precoce. Pergamino, Bs.As., República Argentina, 1992

No caso da Figura 2, fica patente a importância da eficiência de afilhamento em produzir espigas, isto é, nas Figuras 2a e 2b se percebe que os genótipos 'Federal' e 'LAJ 3239' possuem uma menor densidade de colmos por m² que os demais, e em função de maiores índices de eficiência de afilhamento (Figura 2c) conseguem igualar ou superar os demais no importante componente do rendimento que é o número de espigas por m² (Figura 2d).

A Figura 3 denota a importância do índice de fertilidade da espiga (Figura 3b) na determinação do número de grãos por espiga (Figura 3a), com suas conseqüências no número de grãos por m² (Figura 3c), bem

como a relação inversa entre o número de grãos e a massa de grãos individuais, facilmente visualizável na Figura 3d, para o genótipo 'LAJ 3239', que por ter maior IFE, maior NGE e maior NG, possui menor MMG.

Na Figura 4, englobando as características agromômicas de estatura de planta, produção de biomassa, rendimento de grãos e o índice de colheita, observa-se a pequena variabilidade apresentada pelos materiais testados, exceto para a altura de planta, em que se configuram 'Federal' e 'LAJ 3239' como de porte mais baixo, além de uma tendência manifesta de 'LAJ 3239' em se destacar quanto ao rendimento de grãos e ao índice de colheita.

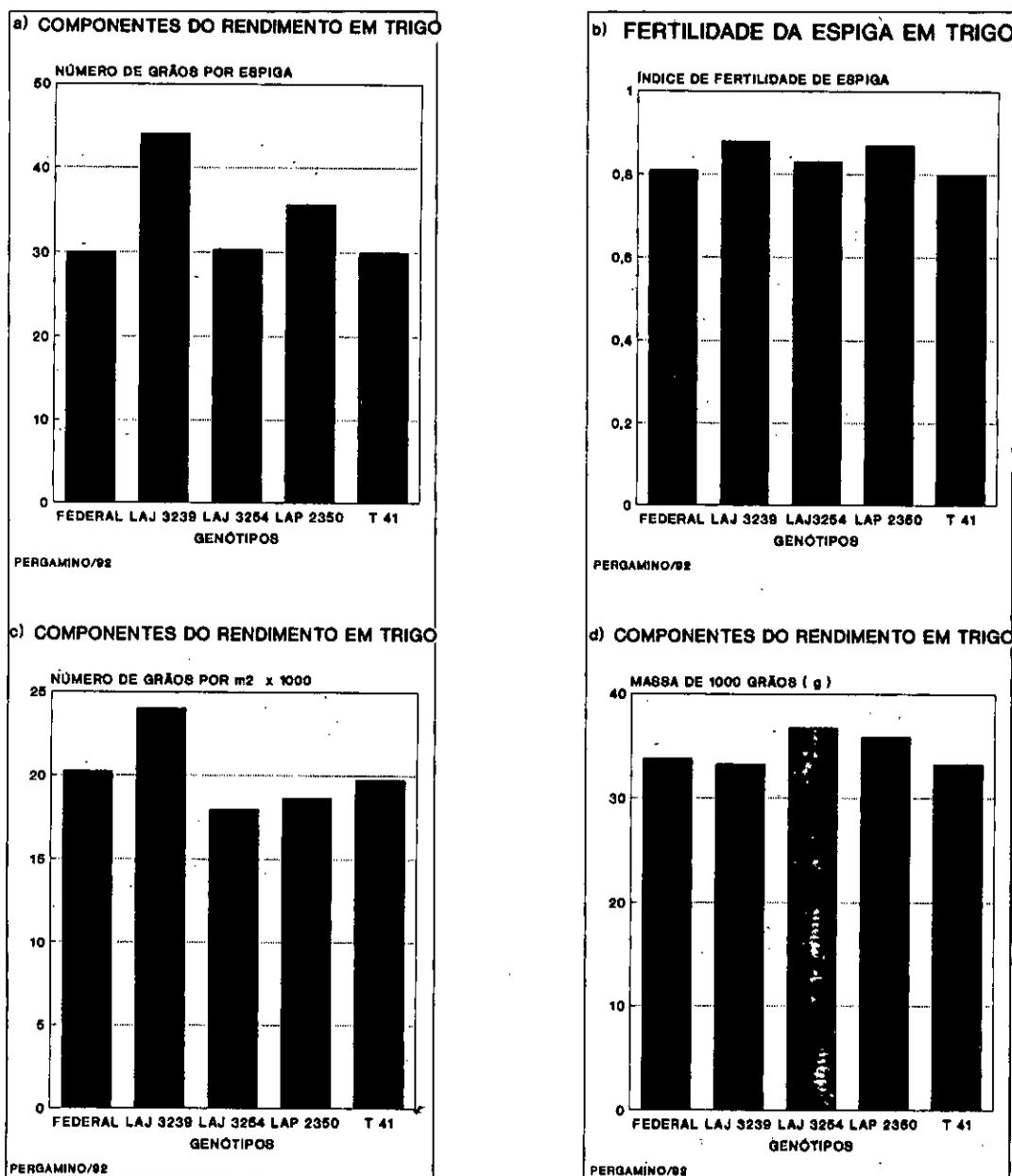


FIGURA 3 – Número de grãos por espiga (a), índice de fertilidade da espiga (b), número de grãos por m² (c) e massa da matéria seca de 1000 grãos (d) em diferentes genótipos de trigo de ciclo precoce. Pergamino, Bs.As., República Argentina, 1992

CONCLUSÃO

Os genótipos avaliados utilizam diferentes estratégias, existindo efeito de compensação entre os componentes, para a elaboração do rendimento de grãos.

BIBLIOGRAFIA CITADA

AUSTIN, R.B. Crop characteristics and the potential yield of wheat. *Journal of Agricultural Science*, Cambridge, v.98, n.2, p.447-453, 1982.
AUSTIN, R.B.; BINGHAM, J.; BLACKWELL, R.D.; EVANS, L.T.; FORD, M.A.; MORGAN, C.L.; TAYLOR,

M. Genetic improvements in winter wheat yields since 1990 and associated physiological changes. *Journal of Agricultural Science*, Cambridge, v.94, n.3, p.675-689, 1980.

AUSTIN, R.B.; FORD, M.A.; MORGAN, C.L. Genetic improvement in the yield of winter wheat: a further evaluation. *Journal of Agricultural Science*, Cambridge, v.112, n.3, p.295-301, 1989.

FONTANELI, R.S.; VALLEJO, R.A.; JARA, J.V.; VILLATORO, S.J.; CHAVEZ, T.B.; REINOZO, F.I.; PAGANINI, A. Evaluación del rendimiento de genótipos de trigo de ciclo corto en baja densidad de siembra. Pergamino: INTA/CIMMYT, 1991. 20p.

GARCIA, R.; MacMANEY, M.; VEGA, S.A. Efecto de

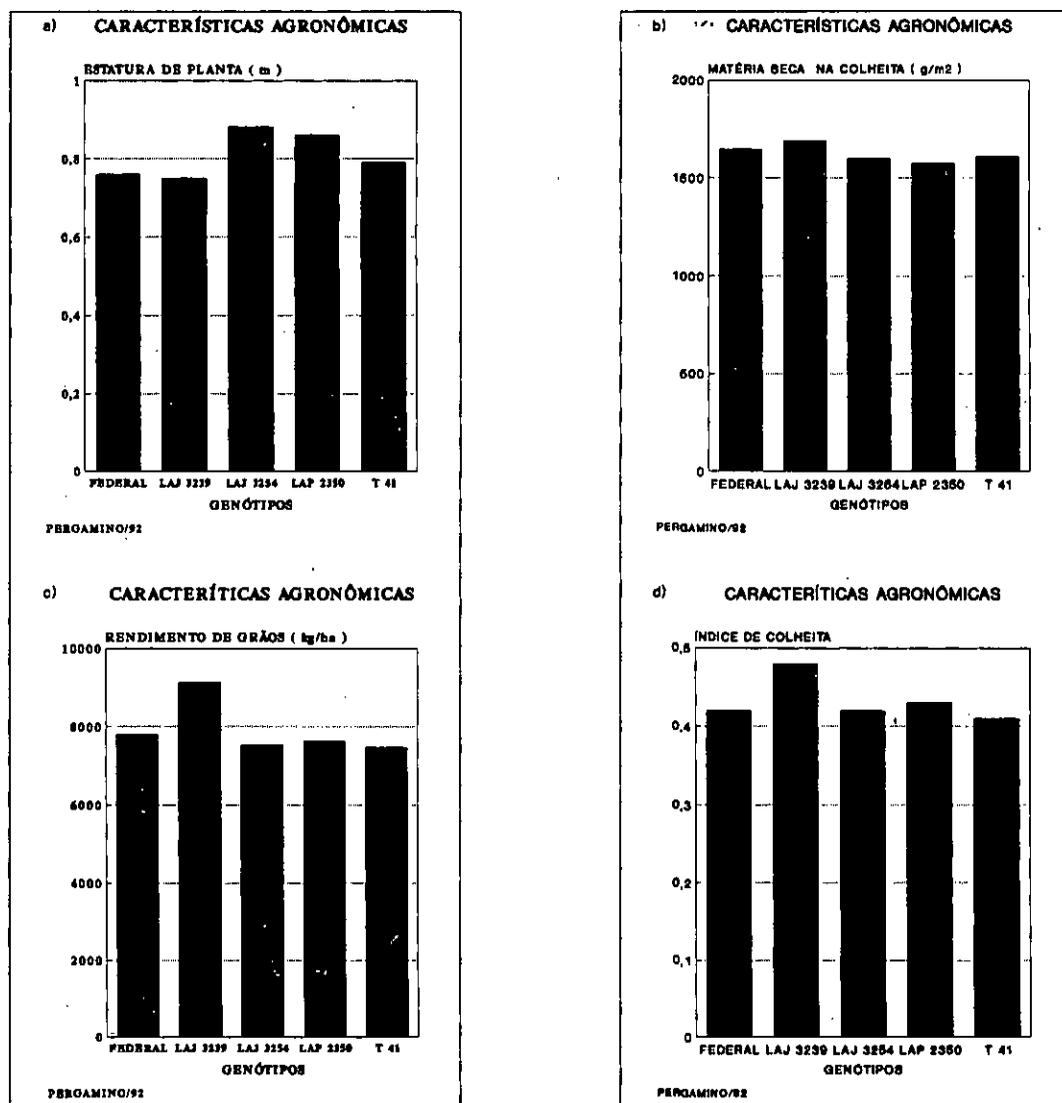


FIGURA 4 – Estatura de planta (a), produção de biomassa (b), rendimento de grãos (c) e índice de colheita (d) em diferentes genótipos de ciclo precoce. Pergamino, Bs.As., República Argentina, 1992

la densidad de siembra sobre el rendimiento de tres cultivares de trigo: PROINTA Isla Verde, PROINTA 'Federal' y Granero INTA. Pergamino: INTA-E.E.A. Pergamino, 1992. 8p. (Carpeta de Producción Vegetal, 10).

GIFFORD, R.M.; THORNE, J.H.; HITZ, W.D.; GIAQUINTA, R.T. Crop productivity and photoassimilate partitioning. *Science*, Washington, v.225, n.4664, p.801-808, 1984.

LARGE, E.C. Growth stages in cereals: illustration of the Feekes Scale. *Plant Pathology*, London, v.3, p.128-129, 1954.

LERNER, S.E.; CERRI, A.M. Generación de macollo, espiguillas y flores en trigo (*Triticum aestivum* L.): efectos de la densidad de siembra. In: CONGRESSO NACIONAL DE TRIGO, 2., 1990, Pergamino. *Anais...* Pergamino: INTA, 1990. p.59-69.

PERRY, M.W.; D'ANTUONO, M.F. Yield improvements and associated characteristics introduced between 1860 and 1982. *Australian Journal of Agricultural Research*, Victoria, v.40, n.3, p.457-472, 1989.

PRIHAR, S.S.; STEWART, B.A. Using upper-bound slope through origin to estimate genetic harvest index. *Agronomy Journal*, Madison, v.82, n.6, p.1160-1165, 1990.

PRODUSEM. Departamento Investigación y Desarrollo. *Información técnica – trigo*. Pergamino, 1992. 57p.

SHANAHAN, J.F.; DONNELLY, K.J.; SMITH, D.H.; SMIKA, D.E. Shoot developmental properties associated with grain yield in winter wheat. *Crop Science*, Madison, v.25, n.5, p.770-774, 1985.

SLAFER, G.A.; ANDRADE, F.H. Genetic improvement in bread wheat (*Triticum aestivum*) yield in Argentina. *Field Crops Research*, Amsterdam, v.21, n.3/4, p.289-296, 1989.

SNYDER, F.W.; CARLSON, G.E. Selecting for partitioning of photosynthetic products in crops. *Advances in Agronomy*, London, v.37, p.47-72, 1984.

THORNE, G.N.; WOOD, D.W. Effects of radiation and temperature on tiller survival grain number and grain yield in winter wheat. *Annals of Botany*, London, v.59, n.4, p.413-426, 1987.

INDUÇÃO DE CALOS EM CULTIVARES DE AVEIA (*Avena sativa* L.)¹

FERNANDA BERED², MARIA JANE CRUZ DE MELO SERENO³, FERNANDO IRAJÁ FÉLIX DE CARVALHO⁴, CLÁUDIA ERNA LANGE⁵, ANA LÚCIA CUNHA DORNELLES⁶, CRISTINE LUISE HANDEL⁷

RESUMO – Nove genótipos de aveia (*Avena sativa* L.) foram cultivados *in vitro* com o objetivo de serem avaliados quanto à sua capacidade de formação de calos. Dois experimentos foram realizados, o primeiro testou diferentes meios de cultura (MS-MURASHIGE e SKOOG, 1962 suplementados com hormônios em doses distintas) e a variabilidade entre os genótipos e o segundo constou do cultivo *in vitro* dos genótipos no melhor meio. O explante utilizado foi o embrião imaturo, o qual foi medido com o objetivo de testar o tamanho médio adequado à calogênese. Todos os genótipos produziram calos, ocorrendo variabilidade entre eles para este caráter, a maioria dos calos evidenciou condição mista (organogênico/embriogênico). O tamanho médio de embrião que contribuiu para a maior indução de calos foi entre 1 e 3 mm, semelhante ao encontrado na literatura, e os meios A e B (com 2 e 4 mg/l de 2,4D¹ respectivamente) se mostraram os mais adequados na indução de calos em aveia.

Palavras-chave: Aveia, cultura de tecidos, *Avena sativa*

CALLUS INDUCTION IN OAT (*Avena sativa* L.) GENOTYPES

ABSTRACT – Nine oat genotypes were cultivated *in vitro* in order to estimate callus initiation capability. Two experiments were realized, first the culture medium were tested with different hormones dosages and the genotypes for variability, after, the cultivars were exposed to the best medium. The immature embryo were measured to test the adequate size to calogense and the data was similar to literature. All genotypes produced cali, and variability was observed among them concerning this character. Almost all cali revealed organogenic and embryogenic structures. The A and B medium (with 2 and 4 mg/l 2,4 D respectively) were adequated to cali induction in oat.

Key words: Oat, tissue culture, *Avena sativa*

INTRODUÇÃO

A tecnologia de cultura de tecidos tem revelado posição de destaque a medida que vem auxiliando o melhoramento genético de forma eficaz. A indução de calos e posterior regeneração de plantas podem proporcionar o desenvolvimento de diferentes técnicas como a micropropagação, indução e seleção de variantes genéticas (variação somaclonal e seleção *in vitro*) e transformação genética (JACKSON e DALE, 1988). Durante os últimos anos, tais técnicas têm sido estudadas e empregadas em diferentes cereais, servindo como ferramentas no melhoramento genético a campo (CUMMINGS et al., 1976). Em aveia (*Avena sativa* L.), o protocolo de cultivo *in vitro* vem sendo desenvolvido e estudado em diferentes cultivares (CUMMINGS et al., 1976; RINES e McCOY, 1981; BREGITZER et al., 1989; GRANDO et al., 1993). A aveia cultivada (*Avena sativa* L.) é atualmente um dos cereais em fran-

ca expansão na economia agrícola do Sul do Brasil. Segundo dados do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 1996), em 1990 foram plantados 197.266 hectares de aveia no Sul do Brasil, sendo que em 1994, 303.720 hectares foram destinados à esta finalidade. Tal fato reforça a necessidade de estudo de técnicas proveitosas ao melhoramento desta espécie.

Apesar do intenso trabalho dos pesquisadores na área de cultura de tecidos, o protocolo de cultivo *in vitro* é bastante específico em relação à espécie e ao genótipo, o que torna necessário o estabelecimento de uma metodologia adequada. Tal especificidade ocorre já que o caráter indução de calos é controlado geneticamente e, além disto, muitas podem ser as variáveis que devem ser ajustadas para o método de cultivo, tais como tipo de explante, reguladores de crescimento e condições de cultura, além da própria variabilidade entre genótipos (BHASKARAN e SMITH, 1990). Diferentes trabalhos têm demonstrado que ocorre variação entre os genótipos de aveia quanto à indução de

¹ Ácido 2,4 – diclorofenoxiacético

1. Parte da dissertação de mestrado da primeira autora.

2. Biól., M.Sc. – Departamento de Plantas de Lavoura da Faculdade de Agronomia da UFRGS, Caixa Postal 776, 90001-970 Porto Alegre - RS/BRASIL. Bolsista do CNPq.

3. Biól., Dr. – Professora do Departamento de Plantas de Lavoura da Faculdade de Agronomia da UFRGS. Bolsista do CNPq.

4. Eng. Agr., Ph.D. – Professor do Departamento de Plantas de Lavoura da Faculdade de Agronomia da UFRGS. Bolsista do CNPq.

5. Eng. Agr., M.Sc. – Pesquisador da FUNDACEP.

6. Eng. Agr., Dr. – Professor do Departamento de Horticultura e Silvicultura da Faculdade de Agronomia da UFRGS. Bolsista do CNPq.

7. Eng. Agr., M.Sc.

Recebido para publicação em 01/02/1996.

TABELA 1 – Meios de cultura testados para indução de calos em aveia no experimento 1

Meio básico MS	A	B	C
Reguladores de crescimento	2,0 mg/l 2,4D	4,0 mg/l 2,4D	0,2 mg/l 2,4D + 0,2 mg/l BAP

calos, embriogênese somática e regeneração de plantas, o que comprova a necessidade de testar cultivares de alto potencial para o melhoramento genético levando em consideração estes caracteres (CUMMINGS et al., 1976; GRANDO et al., 1993).

Considerando os fatores de ajuste do protocolo de cultivo *in vitro*, em aveia, o meio de cultura MS (MURASHIGE e SKOOG, 1962) tem sido o mais utilizado (CARTER et al., 1976; CUMMINGS et al., 1976; BREGITZER et al., 1989; GRANDO et al., 1993); por outro lado, a dose de 2,0 mg/l de 2,4D adicionada ao meio tem demonstrado ser a mais ajustada para a indução de calos (RINES e McCOY, 1981; GRANDO et al., 1993). O embrião imaturo de aveia, indubitavelmente, é o melhor explante a ser utilizado para cultivo (CUMMINGS et al., 1976; RINES e McCOY, 1981; HEYSER e NABORS, 1982), porém seu tamanho, condições fisiológicas e posição de contato com o meio também são fatores limitantes para o sucesso na indução de calos.

Após a obtenção de um protocolo de cultivo adequado, diferentes tipos de calos, em seu aspecto e potencial, podem ser identificados de acordo com a espécie. Em aveia os tipos de calos formados estão intimamente relacionados ao seu potencial de regeneração de planta via rotas morfogenéticas distintas (GRANDO et al., 1993). BREGITZER et al. (1989) descreveram o calo embriogênico de aveia como friável, semi-opaco e esbranquiçado, porém, a fase inicial de calogênese parece ser representada por calos aquosos com células vacuoladas não regeneráveis. Os objetivos deste trabalho foram: avaliar cultivares brasileiras de aveia quanto a sua capacidade de formação de calos; avaliar a dosagem de hormônio adequada para indução de calos; testar o tamanho médio de embrião imaturo adequado à calogênese e descrever o tipo de calo gerado por cultivo *in vitro* de aveia.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram escolhidos nove genótipos de aveia para serem cultivados *in vitro* (UFRGS7, UFRGS8, UFRGS9, UFRGS10, UFRGS11, UFRGS12, UPF7, UPF12 e GAF/PARK). Dois experimentos foram implementados, o primeiro testou diferentes meios (Tabela 1) e a variabilidade entre genótipos para o caráter indução de calos e o segundo constou do cultivo *in vitro* dos genótipos no melhor meio escolhido a partir do primeiro experimento.

As sementes foram coletadas em estágio de grão leitoso, não havendo seleção para tamanho do em-

brão imaturo. Após a desinfecção os embriões foram extraídos com auxílio de lupa e bisturi e colocados com o escutelo em contato com o meio de cultura. O meio utilizado foi o MS suplementado com 30 g/l de sacarose, 7 g/l de agar e 0,1 g/l de mio-inositol (MILACH et al., 1991). A este meio base foram acrescidas diferentes dosagens de reguladores de crescimento conforme descrição incluída na Tabela 1.

Experimento 1

Para cada meio foram empregadas oito placas de cada genótipo (repetições), contendo cada uma dez embriões imaturos. As placas foram colocadas em luz difusa a 25°C durante doze semanas com subcultivo a cada vinte e oito dias.

Experimento 2

Os genótipos foram cultivados no meio B onde foram utilizados vinte placas (repetições) de cada genótipo, cada uma contendo dez embriões. Devido à consulta feita à literatura, o cultivo ficou reduzido à oito semanas com subcultivo a cada quatro.

Análise Estatística

A indução de calos foi medida a partir da porcentagem de calos formados em cada placa. Foi realizado o delineamento completamente casualizado (DCC), utilizando protocolo, genótipo e sua interação simples como fontes de variação no primeiro experimento e genótipo no segundo. Foi feita uma análise de variância, complementada pelo teste de Duncan a 5%.

No experimento 2 os embriões foram medidos em comprimento com o auxílio de uma ocular graduada. Foi realizada uma análise de distribuição de frequências, sendo calculadas as médias, variâncias, desvios padrão e coeficientes de variação dos tamanhos de embriões que induziram a formação de calos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Todos os calos, independente do experimento, meio ou genótipo, em sua fase inicial de indução revelaram aspecto aquoso. Da mesma forma, o escutelo, o qual ficou em contato com o meio, necrosou em todos os embriões. A grande maioria dos calos evidenciou condição mista após subcultivos sucessivos. Parte era organogênica e esbranquiçada e parte embriogênica, amarela e friável. Tal descrição dos calos de aveia é semelhante àquela realizada por RINES e McCOY (1981) e HEYSER e NABORS (1982). A condição

mista dos calos também foi discutida por GRANDO et al. (1993), os quais, testando genótipos brasileiros de aveia, evidenciaram que o calo típico de aveia continha setores embriogênicos e organogênicos.

Experimento 1

A análise de variância para o caráter indução de

indução de calos. Em aveia o 2,4 D é o hormônio que melhor promove a indução de calos (CUMMINGS et al., 1976; RINES e McCOY, 1981; BREGITZER et al., 1989).

A comparação geral entre médias de porcentagem de indução de calos nos meios, avaliada pelo teste de Duncan, evidenciou dois grupos. Os meios A e B foram

TABELA 2 – Resumo da Análise de variância para indução de calos de aveia

Fontes de Variação	Experimento 1		Experimento 2	
	GL	QM	GL	QM
Meio	2	67245,21*	-	-
Genótipo (Gen.)	8	2174,59*	8	2884,59*
Meio x Gen.	16	710,65	-	-
Erro	254	671,28	128	1171,93
		CV(%) = 52,77		CV(%) = 47,70

* – significativo pelo teste de F ao nível de 5%

calos revelou a existência de diferenças significativas entre os meios e genótipos testados (Tabela 2), não ocorrendo interação significativa entre genótipo e meio. BHASKARAN e SMITH (1990) salientaram que existe resposta diferenciada ao cultivo *in vitro* de acordo com o genótipo em diferentes cereais. Os autores afirmam ainda que as condições ótimas de cultivo podem ser diferentes de acordo com a cultivar e a espécie. Diversos autores têm detectado diferenças significativas entre genótipos de aveia quanto à sua capacidade de formação de calos (RINES e McCOY, 1981; CUMMINGS et al., 1976; GRANDO et al., 1993). Por outro lado, o meio utilizado (principalmente a dosagem de hormônio diferenciada) é outro fator limitante para o sucesso do cultivo *in vitro*. Segundo BHASKARAN e SMITH (1990) a resposta dos explantes aos reguladores de crescimento é diferenciada de acordo com a espécie e cultivar, sendo necessário, muitas vezes, uma adequação do balanço auxina/citocinina para que haja

superiores e estatisticamente iguais (Tabela 3). A comparação entre as médias dos genótipos nos meios indicou a existência de classes distintas, revelando variabilidade entre os genótipos. A UPF 7, GAF/PARK e UFRGS 8 mostraram boa capacidade de indução de calos, enquanto que a UFRGS 9 demonstrou ter uma resposta inferior (Tabela 3).

Experimento 2

De acordo com os resultados obtidos no experimento 1, os meios A e B foram os mais adequados para a indução de calos em aveia. Devido à necessidade de escolha, o meio B foi selecionado para dar continuidade ao trabalho por proporcionar maiores médias.

Os genótipos, testados no meio B, apresentaram médias significativamente distintas pelo teste de Duncan a 5% (Tabela 2 e 4). A UFRGS 8 foi inferior, enquanto que a UPF 12, GAF/PARK, UPF 7 e UFRGS 7 produziram médias superiores (Tabela 4).

TABELA 3 – Porcentagem média de indução de calos em nove genótipos de aveia e meios testados no experimento¹

Genótipos	Meios			Média Geral
	A	B	C	
UFRGS 7	46,25	39,38	8,75	31,46bc
UFRGS 8	77,14	78,00	3,57	52,90 a
UFRGS 9	47,14	38,57	1,43	29,05 c
UFRGS 10	62,50	57,78	0	40,09 bc
UFRGS 11	51,43	60,36	0	37,26 bc
UFRGS 12	50,00	52,85	10,36	37,74 bc
UPF 7	81,11	75,66	38,88	65,22 a
UPF 12	70,37	77,00	0	49,12 ab
GAF/PARK	67,14	84,29	4,00	51,81 a
Média Geral	61,46 a	62,65 a	7,44 b	

Médias seguidas de mesma letra não diferem significativamente por Duncan a 5%.

TABELA 4 – Porcentagem de calos formados em nove genótipos de aveia cultivados em meio tipo B no experimento 2

Genótipo	Média
UPF 12	95,62 a
GAF/PARK	85,38 a
UPF 7	80,83 a
UFRGS 7	78,93 a
UFRGS 9	77,62 ab
UFRGS 10	76,84 ab
UFRGS 11	72,50 ab
UFRGS 12	71,00 ab

A GAF/PARK e UPF 7 permaneceram no grupo superior em ambos os experimentos. A UFRGS 8, superior no primeiro experimento, foi classificada como inferior no experimento seguinte. A mudança de ordenação de alguns genótipos pode ter ocorrido devido a efeitos aleatórios no momento de instalação do experimento. Por outro lado, os resultados obtidos são de extrema importância visto que muitos dos genótipos avaliados não têm sido ainda testados para o cultivo *in vitro*.

O aumento expressivo das médias de indução de calos comparando os dois experimentos é um exemplo típico dos avanços metodológicos obtidos com a repetição do trabalho. O tamanho médio de embrião que contribuiu para a maior indução de calos foi de 2,35 mm (Tabela 5). A GAF/PARK demonstrou induzir maior número de calos com menor tamanho médio de embrião e a UFRGS 10 com o maior (Tabela 5). A média geral corresponde à citada na literatura, a qual fica entre 1 e 3 mm (BREGITZER et al., 1989).

CONCLUSÕES

Existe variabilidade entre os genótipos de aveia testados quanto ao caráter indução de calos. Além disso, meios de cultura com diferentes concentrações de hormônios e tamanho de embrião são responsáveis por distintas manifestações deste caráter. O calo típico de aveia tem condição mista (parte organogênico e parte

embriogênico), sendo que em sua fase inicial possui aspecto aquoso.

BIBLIOGRAFIA CITADA

- BHASKARAN, S.; SMITH, R.H. Regeneration in cereal tissue culture: a review. *Crop Science*, Madison, v.30, p.1328-1336, 1990.
- BREGITZER, P.; SOMERS, D. A.; RINES, H. W. Development and characterization of friable, embryogenic oat callus. *Crop Science*, Madison, v.29, p.798-803, 1989.
- CARTER, O.; YAMADA, Y.; TAKAHASHI, E. Tissue culture of oats. *Nature*, London, v.214, p.1029-1030, 1967.
- CUMMINGS, D. P.; GREEN, C.E.; STUTHMAN, D. D. Callus induction and plant regeneration in oats. *Crop Science*, Madison, v.16, p.465-470, 1976.
- GRANDO, M.F.; EICHLER, L.; TANABE, C.R.; SANTOS, J.F.; SANTOS, C.M. Indução de calos e regeneração de plantas em três genótipos de aveia. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*, Londrina, v.5, n.2, p.139-144, 1993.
- HEYSER J. W.; NABORS, M. W. Long term plant regeneration, somatic embryogenesis and green spot formation in secondary oat (*Avena sativa* L.) callus. *Zeitschrift für Pflanzenphysiologie*, Stuttgart, v.107, p.153-160, 1982.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Serviço de disseminação de informações on line. Internet, 1996.
- JACKSON, J.A.; DALE, P.J. Callus induction, plant regeneration and an assessment of cytological variation in regenerated plants of *Lolium multiflorum* L. *Journal of Plant physiology*, Stuttgart, v.132, p.351-355, 1988.
- MILACH, S.C.K.; FEDERIZZI, L.C.; CARVALHO, F.I.F.; DORNELLES, A.L.C.; LANGE, C. Regeneração de plantas no cultivo de calos de genótipos brasileiros de trigo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.26, p.1947-1956.
- MURASHIGE, T.; SKOOG, F. A revised medium for rapid growth bioassays with tobacco tissue cultures. *Physiologia Plantarum*, Copenhagen, v.15, p.473-497, 1962.
- RINES, H.W.; McCOY, T.J. Tissue culture initiation and plant regeneration in hexaploid species of oats. *Crop Science*, Madison, v.21, p.837-842, 1981.

TABELA 5 – Tamanho médio (mm) de embriões adequados para indução de calos de aveia do experimento 2

Genótipos	Média (mm)	Desvio padrão	Variância	C.V.
UFRGS 7	1,92	13,99	195,85	36,38
UFRGS 8	2,21	17,02	289,38	38,57
UFRGS 9	2,02	17,32	299,38	42,94
UFRGS 10	2,86	12,80	163,78	22,40
UFRGS 11	2,45	11,78	138,69	23,69
UFRGS 12	2,36	12,91	166,44	27,32
UPF 7	2,77	14,42	207,72	26,01
UPF 12	2,63	19,34	373,73	36,77
GAF/PARK	1,92	10,92	119,06	28,42
Média Geral	2,35	14,50	217,16	31,43

INTERAÇÃO ENTRE AUXINAS DE SÍNTESE E FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES: INFLUÊNCIA SOBRE O DESENVOLVIMENTO VEGETATIVO DE PLÂNTULAS DE LARANJEIRA AZEDA

(*Citrus aurantium* L.)¹

PAULO VITOR DUTRA DE SOUZA², MANUEL AGUSTÍ FONFRIA³, MANUEL ABAD BERJON³, VICENTE ALMELA ORENGA³

RESUMO – Fungos micorrízicos arbusculares (*Glomus intraradices* Schenck & Smith) induziram maior crescimento radicular e aéreo, e maior conteúdo de P foliar em plântulas de laranjeira azeda (*Citrus aurantium* L.). A aplicação, via radicular, de ácido indolbutírico (AIB) na concentração de 2,0 g/l, mostrou-se ineficaz para estimular o crescimento das plântulas cultivadas em ausência de MVA, mas apresentou um efeito interativo positivo ao ser aplicado em plântulas micorrizadas. O tratamento com ácido naftalenoacético (ANA), na concentração de 0,5 g/l, mostrou-se ineficiente para estimular o crescimento tanto em plântulas não micorrizadas, como micorrizadas.

Palavras-chave: auxina de síntese, *Glomus intraradices*, *Citrus aurantium*.

SYNTHETIC AUXINS AND ARBUSCULAR MYCORRHIZAL FUNGI INTERACTION: INFLUENCE ON VEGETATIVE GROWTH OF SOUR ORANGE (*Citrus aurantium* L.) SEEDLINGS

ABSTRACT – Arbuscular mycorrhizae (*Glomus intraradices* Schenck & Smith) increased root and shoot growth, and P content in sour orange (*Citrus aurantium* L.) seedlings. The application of indolebutyric acid (IBA) at 2.0 g/l as root dip was ineffective in increasing growth to nonmycorrhizal seedlings, but applications to mycorrhizal seedlings had a positive interactive effect. The application of naphthaleneacetic acid (NAA) at 0.5 g/l was ineffective to both nonmycorrhizal and mycorrhizal seedlings.

Key words: synthetic auxin, *Glomus intraradices*, *Citrus aurantium*.

INTRODUÇÃO

A produção de mudas em recipientes e em casas de vegetação, apresenta certas vantagens sobre o cultivo feito diretamente no solo: permite maior duração do período de vendas, facilita o transporte e a manipulação, possibilita o controle dos fatores ambientais e de cultivo, aumenta a eficiência de produção, etc. (DICKKEY et al., 1978).

Entretanto, na produção de mudas em recipientes se empregam substratos de origem natural ou sintética (LANDI e NEGRONI, 1984), que se caracterizam por não apresentar fungos micorrízicos arbusculares. Micorrizas arbusculares (MA) são fungos benéficos que se associam simbioticamente às raízes das plantas incrementando a absorção nutricional e estimulando o crescimento destas (TOBAR et al., 1994; NEMEC e VU, 1990). No caso particular dos citros, que normalmente são altamente dependentes destes endófitos (POPE et al., 1983; GRAHAM e SYVERTSEN, 1985; CARDOSO et al., 1986; NEMEC, 1992, a), a ausência do fungo origina plantas com crescimento vegetativo mais lento, desuniforme, menos resistentes ao estresse do transplante (BUNT, 1988; DUTRA et al., 1995).

Fungos ectomicorrízicos evidenciaram capacida-

de de produzir auxinas, giberelinas e citocininas (CRAFT e MILLER, 1974; BARROSO et al., 1986; HANLEY e GREENE, 1987), mas a síntese de tais fitorreguladores pelas MA tem sido pouco estudada, devido à dificuldade de multiplicação deste fungo em meios artificiais de cultivo (COOPER, 1984). Contudo, há evidências de que os fitorreguladores estão correlacionados com a interação planta-MA, pois se encontrou um incremento na atividade citocinínica em plântulas de *Bouteloua gracilis* (ALLEN et al., 1980) e de laranjeira azeda (*Citrus aurantium* L.) (EDRISS et al., 1984), quando estas foram inoculadas com MA. Além do mais, se demonstrou que o *Glomus mosseae* é capaz de produzir substâncias com ação hormonal (BAREA e AZCÓN-AGUILAR, 1982).

No presente trabalho foi estudada a aplicação exógena de auxinas de síntese e a inoculação da laranjeira azeda (*Citrus aurantium* L.) com *Glomus intraradices* Schenck & Smith, em busca de uma interação entre estes fatores.

MATERIAL E MÉTODOS

Este estudo foi realizado na localidade de Alcanar

1. Extraído do trabalho apresentado para obtenção do título de Dr. em Agronomia – Universidad Politécnica de Valencia, Espanha.

2. Eng. Agr., Dr. – Faculdade de Agronomia da UFRGS, Depto. de Horticultura e Silvicultura, Caixa Postal 776, 90001-970 Porto Alegre, RS/BRASIL. Bolsista CNPq.

3. Eng. Agr., Dr. – Universidad Politécnica, ETSIA, Depto. de Producción Vegetal, 46020 Valencia, Espanha.

Recebido para publicação em 22/02/1996.

(Tarragona – Espanha), no ano de 1993, usando como porta-enxerto a laranjeira azeda (*Citrus aurantium* L.).

Este porta-enxerto foi semeado, em junho, em bandejas de plástico de 20 litros, contendo uma mistura de areia silfíca, perlita e turfa *Sphagnum* (3:2:1, v:v:v). Este meio de cultivo foi desinfestado com Vapam® (N-metilditiocarbamato de sódio, 400 ml/m³ de meio de cultivo), 60 dias antes de começar o experimento. O fertilizante utilizado na sementeira foi o Osmocote Plus® (fertilizante de liberação lenta à base de NPK, de 3-4 meses de duração, misturado ao substrato na quantidade de 2,5 kg/m³ de meio de cultivo). As bandejas foram mantidas em casa de vegetação coberta com polietileno, em condições semi-controladas.

Metade das plântulas foi inoculada, na sementeira, com o fungo endomicorrízico *Glomus intraradices* Schenck and Smith, usando uma mistura de raízes e solo rizosférico de alfafa (*Medicago sativa* L.). Aplicou-se 10 g/planta desta mistura, 3 cm abaixo da superfície do substrato, antes da sementeira. Uma mistura esterilizada de raízes e solo rizosférico de alfafa foi aplicada às plântulas não micorrizadas.

Em setembro, as plântulas foram transferidas para sacos de polietileno negro, com fundo perfurado, de 5 l de volume. O substrato de cultivo utilizado no experimento foi o mesmo empregado na sementeira. A irrigação foi realizada mediante gotejo, a cada dois dias, usando 665 cm³/planta. A fertilização, aplicada mediante fertirrigação, foi aplicada semanalmente, por planta, nas doses de 0,33 g de nitrato de cálcio; 0,15 g de nitrato de potássio; 0,07 g de fosfato monoamônico e 0,03g de Sequestrene® (à base de micronutrientes).

No transplante das plântulas fez-se a aplicação radicular de 2,0 g/l de ácido indolbutírico (AIB) e 0,5 g/l de ácido naftalenoacético (ANA). A diluição do AIB foi feita numa solução álcool/água (1:1, v:v) e a do ANA foi realizada com água destilada. O tratamento foi executado submergindo as raízes na solução durante 10 segundos. As plântulas testemunha foram tratadas com água destilada. Um espalhante adesivo (éter nonifenil polietileno glicol) foi adicionado em todos os tratamentos, na concentração de 0,01%.

Utilizou-se o delineamento experimental de blocos ao acaso, com dez plântulas por parcela e cinco repetições.

Nove meses após a sementeira, as plântulas foram coletadas para avaliação do desenvolvimento vegetativo. Efetuou-se a contagem das folhas e a medição das suas superfícies, mediante o emprego do medidor de área foliar LI-Cor LI-3000A Area Meter. A longitude foi medida tomando-se a distância desde a superfície do substrato até o meristema apical. O diâmetro do caule foi medido na região do colo, ao nível da superfície do substrato. O peso seco foi determinado, após manter as plântulas em estufa, à 65°C, até peso constante.

As raízes das plântulas inoculadas com MA foram examinadas para determinar seu nível de infecção. Em cada tratamento e repetição, coletaram-se duas raízes secundárias por planta, de 10 plantas. As raízes foram lavadas com água e cortadas em fragmentos de 1 cm de longitude. Noventa fragmentos por tratamento foram misturados, clarificados e tingidos para determinação da infecção micorrízica, segundo a técnica descrita por PHILLIPS e HAYMAN (1970). Elas foram montadas em lâminas de vidro e examinadas em microscópio óptico para determinar a presença e intensidade de hifas, vesículas e arbúsculos segundo o método descrito por NEMEC (1992, b). A porcentagem de infecção radicular foi calculada pelo número de raízes infectadas, em relação ao total de raízes analisadas. Para determinar a densidade de hifas, se atribuiu o valor 0 para ausência de estruturas; 1, para presença fraca; 2, para presença moderada; e 3, para presença intensa. A densidade de vesículas e arbúsculos também foi relacionada com uma escala de 0 a 3, onde se considerou como 0 a ausência de estruturas; 1, para 1 a 50 estruturas; 2, para 51 a 100; e 3, para mais de 100.

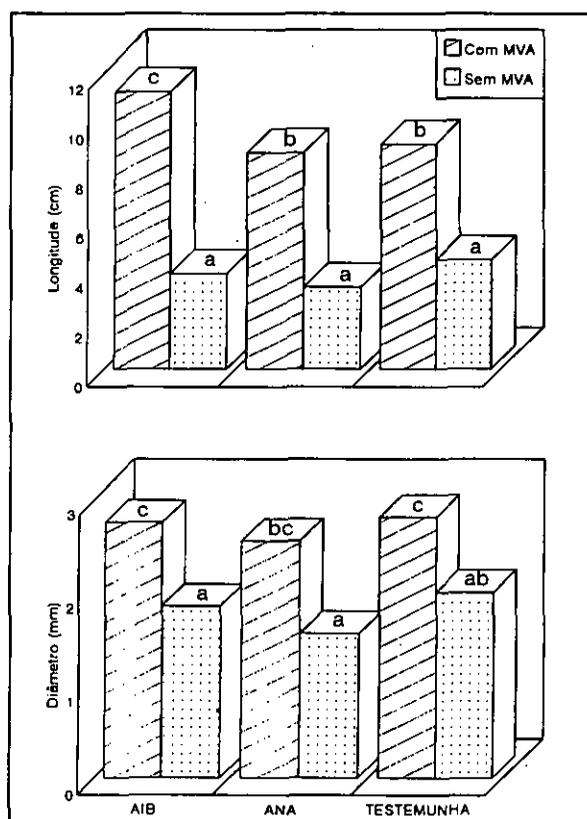


FIGURA 1 – Influência de auxinas de síntese e micorrizas arbusculares (*Glomus intraradices* Schenck & Smith) sobre a longitude e o diâmetro do caule ao nível do colo de plântulas de laranjeira azeda (*Citrus aurantium* L.). Letras diferentes entre barras indicam diferenças significativas ao nível de 5% de probabilidade

Para determinar os níveis foliares de P, as folhas foram lavadas segundo o método descrito por LABANAUSKAS (1966). Após a digestão, o P foi determinado por colorimetria de acordo com o método descrito por FISKE e SUBBAROW (1925).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O efeito das MA no desenvolvimento de plântulas de laranjeira azeda se mostra nas Figuras 1, 2 e 3.

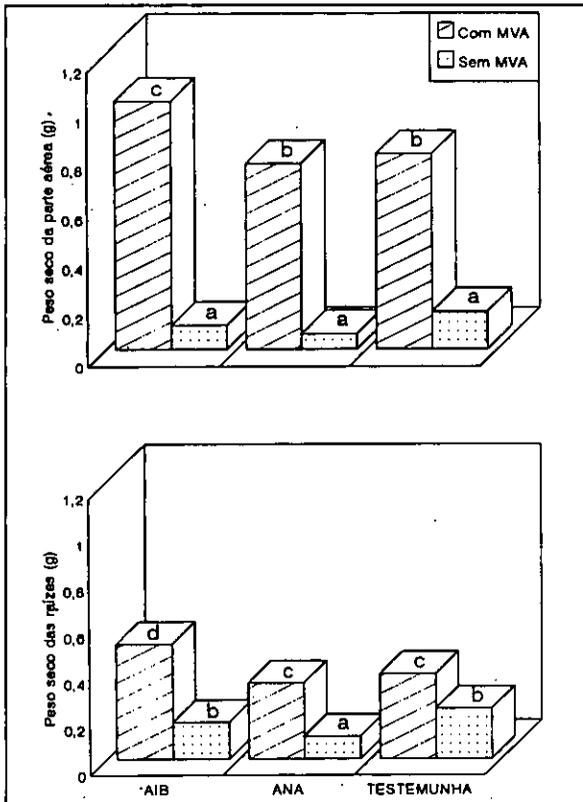


FIGURA 2 – Influência de auxinas de síntese e micorrizas arbusculares (*Glomus intraradices* Schenck & Smith) sobre o peso seco da parte aérea e raízes de plântulas de laranjeira azeda (*Citrus aurantium* L.). Letras diferentes entre barras indicam diferenças significativas ao nível de 5% de probabilidade

As plântulas micorrizadas alcançaram 9,0 cm de altura e 2,8 mm de diâmetro do colo, enquanto que em ausência do endófito mostraram um desenvolvimento fraco, com apenas 4,4 cm de longitude e 2,0 mm de diâmetro (Figura 1).

A aplicação de AIB à plântulas micorrizadas incrementou a altura das mesmas, alcançando 11,2 cm (Figura 1). Entretanto, na ausência de MA, o AIB não estimulou o crescimento das plântulas, mostrando assim um efeito interativo com as micorrizas. O diâmetro do caule, contudo, não foi afetado pelo AIB. O ANA, independentemente da presença de MA, não afetou o

crescimento das plântulas.

As plântulas não micorrizadas apresentaram um acúmulo muito pobre de matéria seca, apenas ligeiramente superior a 0,1 g na parte aérea e 0,20 g nas raízes (Figura 2). As plântulas micorrizadas, ao contrário, mostraram um peso seco de parte aérea da ordem de 0,8 g e um peso seco de raízes de 0,40 g, ao final do mesmo período.

O AIB aumentou o peso das partes aérea e radicular das plântulas micorrizadas, confirmando a interação entre o AIB e as MA, devido à ineficácia da auxina em ausência de MA (Figura 2). O ANA mostrou-se ineficaz em presença de MA, além de haver reduzido o peso seco das raízes nas plântulas não micorrizadas.

O número de folhas foi maior nas plântulas micorrizadas, como consequência do maior crescimento vegetativo (Figura 3). Enquanto as plântulas não micorrizadas mantiveram uma média de 4 folhas, as micorrizadas apresentaram ao redor de 11 folhas.

O AIB não afetou o número de folhas, enquanto que o ANA o reduziu nas plantas não micorrizadas (Figura 3).

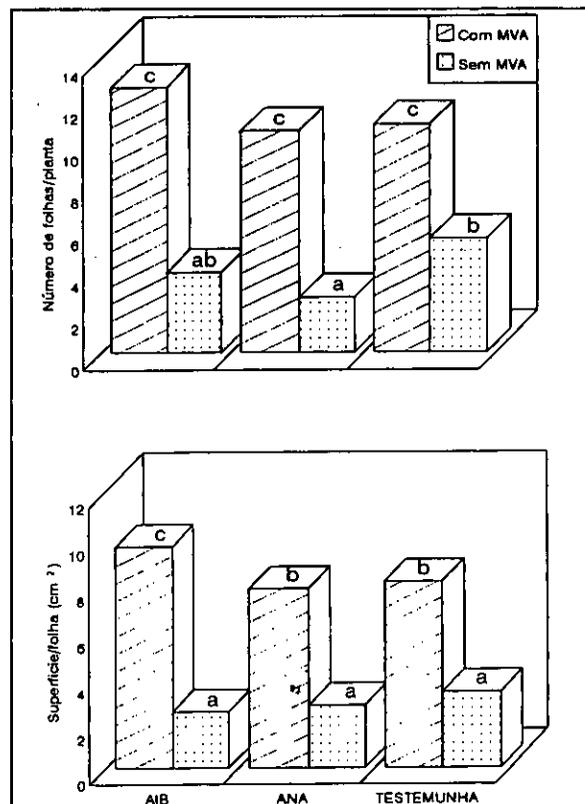


FIGURA 3 – Influência de auxinas de síntese e micorrizas arbusculares (*Glomus intraradices* Schenck & Smith) sobre o número de folhas por planta e sobre a superfície média por folha de plântulas de laranjeira azeda (*Citrus aurantium* L.). Letras diferentes entre barras indicam diferenças significativas ao nível de 5% de probabilidade

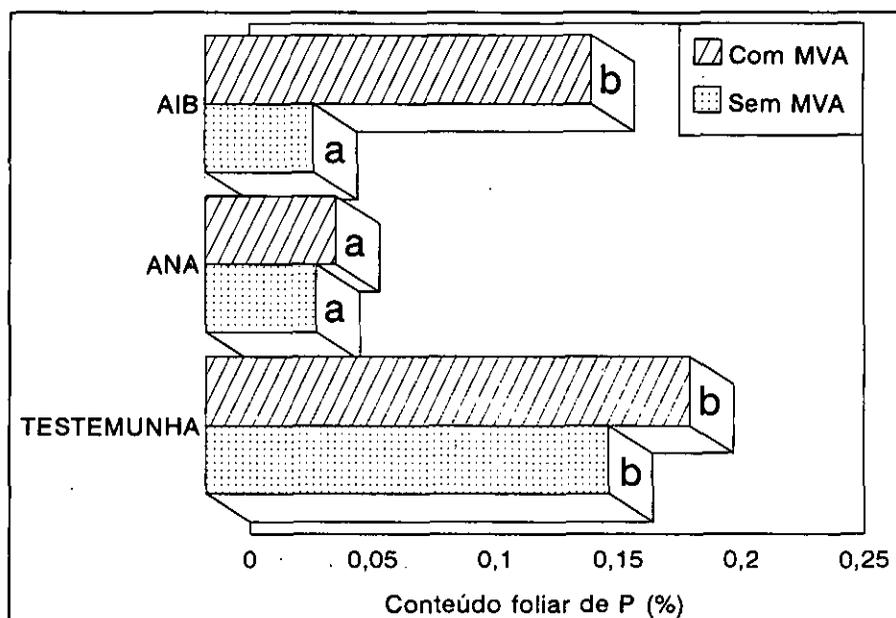


FIGURA 4 – Influência de auxinas de síntese e micorrizas arbusculares (*Glomus intraradices* Schenck & Smith) sobre o conteúdo foliar de P em plântulas de laranjeira azeda (*Citrus aurantium* L.). Letras diferentes entre barras indicam diferenças significativas ao nível de 5% de probabilidade

A área foliar também foi maior nas plântulas micorrizadas, alcançando os 8,0 cm². Em ausência de MA as plântulas apresentaram uma superfície média de 3,3 cm² por folha (Figura 3). A interação entre o AIB e as MA também foi detectada na área foliar, que nestas plântulas superou os 9,6 cm².

Os níveis foliares de P foram significativamente alterados pelas auxinas aplicadas e pelas MA (Figura 4). As plântulas testemunha mostraram conteúdos mais altos deste nutriente, seguidas pelas tratadas com AIB e com ANA, respectivamente. As MA proporcionaram um incremento da ordem de 38% nos conteúdos de P.

A interação auxina X MA mostrou-se altamente significativa para os níveis de P (Figura 4). Em presença de MA, as plântulas testemunha e as tratadas com AIB mostraram conteúdos semelhantes deste nutriente, sendo considerados normais a altos. O tratamento com ANA provocou uma redução dos mesmos, sendo considerados baixos. Em ausência de MA, a aplicação das auxinas causou uma redução nos níveis foliares de P, dando origem a níveis considerados muito baixos.

A porcentagem de raízes infectadas com MA foi incrementada pela aplicação de AIB, mas não pela aplicação de ANA (Tabela 1). Além disso, a densidade de estruturas tendeu a incrementar pela aplicação de AIB e reduzir pelo tratamento com ANA.

A dependência das plantas cítricas aos efeitos benéficos das MA está amplamente documentada na literatura (NEMEC, 1992,a; NEMEC, 1992,b). Este estudo do efeito desta classe de fungos sobre o desenvolvimento vegetativo de porta-enxertos de citros, demonstra um incremento no desenvolvimento vegetativo das plântulas cultivadas em presença das MA, confirmando os resultados obtidos por vários pesquisadores (NEMEC e VU, 1990; AN et al., 1993; DUTRA et al., 1995).

A verificação da ação das auxinas de síntese e sua interação com as MA, sobre o desenvolvimento da laranjeira azeda, entretanto, se constitui num aspecto interessante e que permite avançar no conhecimento da atividade destas MA. O efeito do AIB parece ser independente do efeito das MA, porque enquanto estas

TABELA 1 – Influência de auxinas de síntese sobre a intensidade de infecção micorrízica em raízes de laranjeira azeda (*Citrus aurantium* L.)

Auxinas de síntese	Infecção (%)	Estruturas de MA ^y		
		Hifas	Vesículas	Arbúsculos
AIB; 2,0 g/l	87,2a	1,95a	1,95a	2,12a
ANA; 0,5 g/l	64,6b	1,39b	1,34b	1,57b
Testemunha	68,3b	1,66ab	1,69a	1,84ab
Signif.	*	**	**	**

^y somente foram avaliadas as plântulas micorrizadas.

** P<0,01; *P<0,05.

incrementam a eficiência na absorção nutricional (BAREA, 1991), o AIB desempenha um papel fundamental no processo de iniciação radicular (JARVIS, 1986; KOSSUTH et al., 1981). Estes efeitos somados poderiam ser responsáveis pelo incremento do desenvolvimento vegetativo. Contudo, como o AIB é ineficaz em ausência de MA, está claro que há um efeito interativo entre ambos fatores. De acordo com HARTMANN et al. (1989), as raízes não respondem à aplicação de auxinas durante a fase de alongação celular. Isto justifica a ausência de resposta encontrada com o AIB, quando aplicado a plantas não micorrizadas.

Esta promoção do crescimento por parte do AIB em presença de MA também foi detectada com a ectomicorriza *Pisolithus tinctorius* em macieiras (GREENE et al., 1982). Além disso, o número de estruturas das MA se viu incrementado em plantas de *Vigna unguiculata* (L.) Walp. inoculadas e tratadas com AIB (GUNZE e HENNESSY, 1980), confirmando os resultados obtidos neste estudo.

Como o AIB e o ANA são hormônios de enraizamento (HALMANN, 1990), eles podem, como todas as auxinas, estimular ou inibir a alongação celular na raiz, dependendo da concentração empregada (MARUMO, 1988). Isto pode explicar a ausência de efeito ou, inclusive, alguma ação negativa sobre o desenvolvimento vegetativo, encontrado nas plantas tratadas com ANA.

Os efeitos das MA sobre o desenvolvimento das plantas podem ser diretos ou indiretos. As hifas, por exemplo, absorvem nutrientes, como o P, translocando-o à planta e, desta forma, incrementando diretamente o conteúdo nutricional (BAREA, 1991; AN et al., 1993). Um dos principais benefícios das MA consiste em aumentar a absorção deste nutriente (KRISHNA e BAJYARAJ, 1981), confirmando a resposta encontrada neste estudo.

CONCLUSÕES

– As MA proporcionaram maior desenvolvimento vegetativo e maior conteúdo foliar de P em plântulas de laranjeira azeda;

– O AIB se mostrou ineficaz em promover o crescimento de plântulas não micorrizadas, mas em presença do endófito interagiu com este incrementando significativamente a velocidade de crescimento;

– O ANA não estimulou o crescimento das plântulas.

BIBLIOGRAFIA CITADA

ALLEN, M. F.; MOORE, T. S.; CHRISTENSEN, M. Phytohormone changes in *Bouteloua gracilis* infected by vesicular-arbuscular mycorrhizae. I. Cytokinin increases in the host plant. *Canadian Journal of Botany*, Ottawa, v. 58, p. 371, 1980.

- AN, Z. Q.; SHEN, T.; WANG, H. G. Mycorrhizal fungi in relation to growth and mineral nutrition of apple seedlings. *Scientia Horticulturae*, Amsterdam, v. 54, p. 275-285, 1993.
- BAREA, J. M.; AZCÓN-AGUILAR, C. Production of plant growth-regulating substances by the vesicular-arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus mosseae*. *Applied and Environmental Microbiology*, Washington, v. 43, p. 810-813, 1982.
- BAREA, J. M. Vesicular-arbuscular mycorrhizae as modifiers of soil fertility. In: *ADVANCES IN SOIL SCIENCE*. New York: Springer-Verlag, 1991. v. 15, 40 p.
- BARROSO, J.; NEVES, H. C.; PAIS, M. S. Production of indole-3-ethanol and indole-3-acetic acid by the mycorrhizal fungus of *Ophrys lutea* (Orchidaceae). *New Phytologist*, Cambridge, v. 103, p. 745-749, 1986.
- BUNT, A. C. *Media and mixes for container-grown plants: a manual on the preparation and use of growing media for pot plants*. 2. ed. London: Unwin Hyman, 1988. 309 p.
- CARDOSO, E. J. B. N.; ANTUNES, V.; SILVEIRA, A. P. D.; OLIVEIRA, M. H. A. Eficiência de fungos micorrízicos vesículo-arbusculares em porta-enxertos de citros. *Revista Brasileira de Ciência do solo*, Campinas, v. 10, p. 25-30, 1986.
- COOPER, K. M. Physiology of VA Mycorrhizal Associations. In: POWEL, C. L.; BAGYARAJ, J. (Eds). *VA Mycorrhiza*. Boca Raton: CRC Press, 1984. p. 155-186.
- CRAFT, C. B.; MILLER, C. O. Detection and quantification of cytokinins produced by mycorrhizal fungi. *Plant Physiology*, Bethesda, v. 54, p. 586-588, 1974.
- DICKEY, R. D.; Mc ELWEE, E. W.; CONOVER, C. A.; JOINER, J. N. *Container growing of woody ornamental nursery plants in Florida*. Gainesville: Institut of Food and Agricultural Sciences, 1978. 122 p.
- DUTRA, P. V.; ALMELA, V.; PONS, J.; AGUSTÍ, M. Inoculación de patrones de cítricos con micorrizas vesiculares-arbusculares y su comportamiento en los suelos de vivero. *Phytoma España*, Valencia, n. 65, p. 17-22, 1995.
- EDRISS, M. H.; DAVIS, R. M.; BURGER, D. W. Increased growth responses of citrus by several species of mycorrhizal fungi. *HortScience*, Alexandria, v. 19, n. 4, p. 537-539, 1984.
- FISKE, C. H.; SUBBAROW, Y. The colorimetric determination of phosphorus. *Journal of Biological Chemistry*, Bethesda, v. 66, p. 375-400, 1925.
- GRAHAM, J. H.; SYVERTSEN, J. P. Host determinants of mycorrhizal dependency of citrus rootstocks seedlings. *New Phytologist*, Cambridge, v. 101, p. 667-676, 1985.
- GREENE, D. W.; MANNING, W. J.; COOLEY, D. R. Effect of the ectomycorrhizal fungus *Pisolithus tinctorius* and auxin rooting formulations on growth of 'Cortland' apple trees. *HortScience*, Alexandria, v. 17, n. 4, p. 655-656, 1982.
- GUNZE, C. M. B.; HENNESSY, C. M. R. Effect of host-applied auxin on development of endomycorrhiza in cowpeas. *Transactions of the British Mycological Society*, Londres, v. 74, n. 2, p. 247-251, 1980.

- HALMANN, M. Synthetic plant growth regulators. *Advances in Agronomy*, Manila, v. 43, p. 47-105, 1990.
- HANLEY, K. M.; GREENE, D. W. Gibberellin-like compounds from two ectomycorrhizal fungi and the GA₃ response on Scotch pine seedlings. *HortScience*, Alexandria, v. 22, p. 591-594, 1987.
- HARTMANN, H. T.; KESTER, D. E.; DAVIES, F. T. **Plants propagation: principles and practices**. 5. ed. Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 1989. p. 199-255.
- JARVIS, B. C. Endogenous control of adventitious rooting in non-woody cuttings. In: JACKSON, M. B. (Ed.) **New root formation in plants and cuttings**. Dordrecht: s. n. 1986. p. 191-222.
- KOSSUTH, S. V.; BIGGS, R. H.; WEBB, P. G.; PORTIER, K. M. Rapid propagation techniques for fruit crops. **Proceedings of the Florida State for Horticultural Society**, La Buena Vista, v. 94, p. 323-328, 1981.
- KRISHNA, K. R.; BAGYARAJ, D. J. Note on the effect of VA mycorrhiza and soluble phosphate fertilizer on sorghum. *The Indian Journal of Agricultural Sciences*, New Dehli, v. 51, p. 688-690, 1981.
- LABANAUSKAS, D. K. Effects of orange leaf-washing techniques on removal of surface contaminants and nutrients losses. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, Alexandria, v. 89, p. 201-205, 1966.
- LANDI, M. C.; NEGRONI, B. I substrati per le colture ortofloricole intensive. *Culture Protette*, v. 6, p. 17-26, 1984.
- MARUMO, S. Auxins. In: TAKAHASHI, N. **Chemistry of plant hormones**. Boca Raton: CRC Press, 1988. p. 9-56.
- NEMEC, S.; VU, J. C. V. Effects of soil phosphorus and *Glomus intraradices* on growth, nonstructural carbohydrates, and photosynthetic activity of *Citrus aurantium*. *Plant and Soil*, Dordrecht, v. 128, p. 257-263, 1990.
- NEMEC, S. *Glomus intraradix* effects on citrus rootstocks seedling growth in various potting media. *Journal of Agricultural Science*, Cambridge, v. 118, p. 315-323, 1992,a.
- NEMEC, S. Plant roots as mycorrhizal fungus inoculum for citrus grown in the field in Florida. *Advances in Horticultural Sciences*, Firenze, v. 6, p. 93-96, 1992,b.
- PHILLIPS, J.M.; HAYMAN, D.S. Improved procedures for cleaning roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. *Transactions of the British Mycological Society*, Londres, v. 55, p. 158-161, 1970.
- POPE, P. E.; CHANEY, W. R.; RHODER, J. D.; WOODHEAD, S. H. The mycorrhizal dependency of four hardwood tree species. *Canadian Journal of Botany*, Ottawa, v. 61, p. 412-417, 1983.
- TOBAR, R.; AZCÓN, R.; BAREA, J. M. Improved nitrogen uptake and transport from ¹⁵N-labelled nitrate by external hyphae of arbuscular mycorrhiza under water-stressed conditions. *New Phytologist*, Cambridge, v. 126, p. 119-122, 1994.

AGRADECIMENTOS

Este estudo foi financiado pela empresa VIVEROS GURBÍ S.A.T. (Alcanar-Tarragona-Espanha), mediante convênio de colaboração com a Universidad Politécnica de Valencia (Espanha) (convênio nº 60930028/70).

REPERCUSSÃO DE TRATAMENTOS ACARICIDAS SOBRE INIMIGOS NATURAIS DE PRAGAS DAS PLANTAS CÍTRICAS¹

LUÍS ANTÔNIO CHIARADIA², FERNANDO ZANOTTA DA CRUZ³

RESUMO – Para pesquisar a seletividade de acaricidas, sobre inimigos naturais de pragas dos citros, foi instalado em 1995 um ensaio na Estação Experimental da FEPAGRO em Viamão/RS, num pomar de cinco anos, formado por laranjeiras da variedade Valência. Utilizou-se delineamento em blocos casualizados, com quatro repetições. Os tratamentos e quantidade em gramas de i. a./100 litros de água foram: fempiroximate (5); cihexatim (25); abamectim + óleo mineral (0,54 + 189); acrinatrim (0,5); amitraz (37,5); enxofre (400); fempropatrim (15) e testemunha. Nas avaliações realizadas, uma três dias antes, e aos cinco, 12, 25 e 45 dias após a pulverização, utilizando-se um coletor de sucção, sobre a copa das árvores por cinco minutos, em duas árvores por parcela. Os artrópodes benéficos capturados foram contados em laboratório, usando lupa de até 40 aumentos. Na análise dos resultados, o enxofre apresentou destacada seletividade para os artrópodes, enquanto que o fempropatrim, manifestou a maior toxicidade.

Palavras-chave: acaricida, abamectim, acrinatrim, amitraz, cihexatim, enxofre, fempiroximate, fempropatrim, praga de planta, fruta cítrica

EFFECT OF ACARICIDE TREATMENTS ON PEST NATURAL ENEMIES OF CITRUS PLANTS

ABSTRACT – This research was carried out at the FEPAGRO Experiment Station (Viamão-RS) in 1995, to study the selectivity of acaricides on natural enemies, in a five-year-old orange orchard of cv. 'Valencia'. The design was randomized blocks with four replicates. The treatments and the quantities of a. i. at grams/100 liters of water, were: fenpyroximate (5); cyhexatin (25); abamectin + mineral oil (0.54 + 189); acrinathrin (0.5); amitraz (37.5); sulfur (400); fenprothrin (15); check. The estimates were done at three days before and at five, 12, 25, and 45 days after pulverization. The sampling was based on five-minute-suction at two trees per plot, with a suction collecting machine. The counting of beneficial arthropods captured, was done in laboratory, with a stereoscopic microscope adjusted for until 40 times. The sulfur showed prominence in selectivity for the arthropods whereas the fenprothrin showed higher toxicity.

Key words: acaricide, abamectin, acrinathrin, amitraz, cyhexatin, sulfur, fenpyroximate, fenprothrin, pest of three, citrus fruit

INTRODUÇÃO

Um dos fatores limitantes da cultura dos citros é o ataque de pragas, principalmente do “ácaro-da-falsa-ferrugem”, *Phyllocoptruta oleivora* (Ashmead, 1879) (Acari., Eriophyidae) e do “ácaro-da-leprose” *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes, 1939) (Acari., Tenuipalpidae). Estes artrópodes, considerados pragas “chaves” da citricultura, provocam redução na qualidade dos frutos, queda da produção, e outros danos, necessitando medidas permanentes de controle.

Surtos de pragas secundárias e rápida ressurgência de pragas, são atribuídas à redução populacional de inimigos naturais, decorrente da utilização sistemática e indiscriminada de pesticidas. A resistência fisiológica aos produtos também é uma provável consequência do uso inadequado dos agrotóxicos.

A necessidade de maior número de tratamentos fitossanitários e o uso de doses crescentes de ingre-

dientes ativos provocam maior poluição ambiental, ampliam os riscos de intoxicação e aumentam o custo de produção.

O “Manejo Integrado de Pragas” (MIP) dos citros harmoniza a utilização de meios e métodos de controle, que aumentam a eficiência, reduzem os custos e preservam o ambiente. Neste sentido, o uso de acaricidas seletivos e a rotação dos pesticidas utilizados, são técnicas recomendadas, economicamente viáveis e aceitas pelos produtores.

BITTENCOURT (1987), verificou a seletividade de defensivos, pelo número de predadores e parasitóides capturados sobre laranjeiras tratadas, utilizando um coletor de sucção portátil nas avaliações. Os levantamentos, exibiram a presença de 38,79% de ácaros predadores, 32,88% de aranhas e 21,05% de microhimenópteros.

A importância dos ácaros fitoseideos no controle de pequenos artrópodes pragas da citricultura é enfatizada por CHIAVEGATO (1991). Segundo este

1. Parte de Dissertação de Mestrado em Fitotecnia - Faculdade de Agronomia, UFRGS. Fevereiro/1996.

2. Eng. Agr., Pesquisador II - EPAGRI, Caixa Postal 791, 89801-970 Chapecó - SC/BRASIL.

3. Eng. Agr., Dr. - Professor Titular do Departamento de Fitossanidade, Faculdade de Agronomia da UFRGS, Caixa Postal 776, 90001-970 Porto Alegre - RS/BRASIL.

Recebido para publicação em 28/03/1996.

autor, espécies pertencentes aos gêneros *Euseius* e *Iphiseiodes* (Acari., Phytoseiidae), são os principais predadores dos ácaros *P. oleivora* e *B. phoenicis*.

GRAVENA (1991) cita os parasitóides pertencentes aos gêneros *Aspidiotiphagus* e *Aphytis* (Hym., Aphelinidae) e *Metaphycus* (Hym., Encyrtidae), como sendo inimigos naturais 'chaves', de cochonilhas que infestam plantas cítricas.

Segundo MORAES et al. (1995), as "joaninhas" *Pentilia egena* Muls., 1850, *Azya luteipes* Muls., 1850, *Cycloneda sanguinea* (L., 1763), *Rodolia cardinalis* (Muls., 1850), *Coccidophilus citricola* Brèthes, 1905, *Chilocorus* spp., *Stethorus* spp. e *Scymnus* spp. (Col., Coccinellidae), encontradas em pomares cítricos, exercem importante papel no controle de aleurodídeos, pulgões, cochonilhas e ácaros.

Ensaio para verificar a seletividade de acaricidas utilizados na citricultura foram conduzidos recentemente. Com este propósito, YAMAMOTO et al. (1992) instalaram experimentos em laboratório, semicampo e campo. Os autores constataram seletividade do abamectim (até 8,1 g/ha) e do enxofre (400 g/100 l de água), para coccinéldeos e larvas de crisopídeos. Utilizando o fempropatrim (15 g/100 l de água), observaram alta toxicidade para as "joaninhas" *P. egena* e *C. citricola*.

Utilizando esta mesma dosagem do fempropatrim, PAPA e NAKANO (1990) constataram drástica redução dos artrópodes benéficos na cultura dos citros. O restabelecimento das populações de sirfídeos, crisopídeos e "tesourinhas", ocorreu aos 14 dias e de "joaninhas" aos 30 dias. A população de aranhas não alcançou os níveis iniciais, até 64 dias após a pulverização.

O efeito do enxofre (400 g/100 l de água), sobre ácaros fitoseídeos presentes nos pomares cítricos, foi estudado por SATO et al. (1992). Os autores observaram que o produto foi tóxico para os ácaros, durante 48 dias, provocando redução populacional variando de 73,7% a 85,9%.

SATO et al. (1994), investigando a possível seletividade de alguns acaricidas para ácaros fitoseídeos, utilizaram os seguintes i. a., expressos em g/100 l de água: acrinatrim (0,5); fempiroximate (5); cihexatim (25) e enxofre (400). Todos os produtos provocaram redução populacional superior a 80%, até 8 dias.

Estudando o impacto do acrinatrim sobre predadores e parasitóides de pragas dos citros, NAKANO et al. (1994) constataram que concentrações de até 0,5 g do i. a./100 l de água, causaram redução inferior a 20% na população de crisopídeos, "joaninhas", aranhas, "percevejos", sirfídeos, microhimenópteros, e outros artrópodes benéficos.

Buscando informações capazes de aprimorar o "Manejo Integrado de Pragas", esta pesquisa teve por objetivo, verificar a seletividade fisiológica de alguns

acaricidas registrados para a citricultura e recomendados no Estado do Rio Grande do Sul, em relação aos predadores e parasitóides de pragas dos citros.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado na Estação Experimental da FEPAGRO em Viamão/RS, num pomar de laranjeiras da variedade 'Valência' (*Citrus sinensis* Osbeck, 1757), enxertadas sobre limão-cravo (*Citrus limonia* Osbeck, 1765). As árvores com 5 anos, espaçadas de 4 x 6 m, apresentavam altura média de 2 m. O solo do pomar, coberto com vegetação rasteira nativa, recebeu roçadas periódicas entre as linhas de árvores.

No delineamento estatístico, utilizou-se blocos ao acaso, com 8 tratamentos e 4 repetições. Cada parcela foi constituída por 10 árvores de tamanho aproximadamente uniforme. Os tratamentos utilizados, com os i. a. expressos em g/100 l de água foram: fempiroximate (5); cihexatim (25); abamectim + óleo mineral (0,54 + 189); acrinatrim (0,5); amitraz (37,5); enxofre (400); fempropatrim (15) e testemunha.

Para estimar a população de artrópodes benéficos, utilizou-se um coletor de sucção modelo Burkard, acionado por motor de 2 tempos, sugando a extremidade e porção longitudinal dos ramos de 2 árvores por parcela, durante 5 minutos. As avaliações foram realizadas em pré-aplicação (pré-amostragem), e após 5, 12, 25 e 45 dias da pulverização dos produtos. As amostras recolhidas foram transferidas para sacos plásticos previamente etiquetados, contendo aproximadamente 30 ml de álcool etílico a 70%. Em laboratório, o material foi separado de impurezas pelo auxílio de lupa de até 40 vezes de aumento e o número de predadores e parasitóides capturados, foi submetido a análise da variância. Na complementação da análise, utilizou-se o teste de Duncan ao nível de 5% de significância.

Para determinar a toxicidade dos acaricidas, utilizou-se a fórmula de ABBOTT (1925), que expressa o percentual de mortalidade em relação à testemunha. Utilizou-se uma classificação adaptada de YAMAMOTO et al. (1992), para enquadrar os produtos nas seguintes classes de toxicidade, de acordo com a mortalidade: inócuo (até 10%); baixa (10,01% a 40%); média (40,01% a 60%) e alta (acima de 60,01%).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O método de amostragem utilizado no ensaio, permitiu capturar expressivo número de inimigos naturais, pertencentes aos principais grupos de predadores e parasitóides de pragas das plantas cítricas. Nas 5 avaliações, foram coletados 12.290 espécimes, sendo 50,48% de aranhas, 27,18% de microhimenópteros, 17,64% de ácaros, 4,30% de "joaninhas" e 0,40% pertencentes a

outros grupos.

O número de inimigos naturais coletados durante o período experimental, registrados separadamente por avaliação e tratamento, estão expressos na Tabela 1.

O semelhante percentual de inimigos naturais

ácaros predadores, até 8 dias após a pulverização do pesticida.

A alta toxicidade apresentada pelo tratamento fempropatrim para os artrópodes benéficos, convergiu com as informações de PAPA e NAKANO (1990) e

TABELA 1 – Número de inimigos naturais capturados no ensaio, distribuídos por tratamento e amostragem. Estação Experimental da FEPAGRO em Viamão - RS, 09/02/95 a 29/03/95

Tratamentos	Avaliações					Totais
	Pré	5DAT	12DAT	25DAT	45DAT	
1-testemunha	345	513	577	345	455	2 235
2-femproximate	304	340	328	206	254	1 432
3-cihexatim	372	313	490	300	236	1 711
4-abamectim	314	215	422	287	252	1 490
5-acrinatrim	239	152	333	302	383	1 409
6-amitraz	344	204	211	222	161	1 142
7-enxofre	364	376	748	337	288	2 113
8-fempropatrim	329	80	67	147	135	758
Totais	2 611	2 193	3 176	2 146	2 164	12 290

DAT = Dias após o tratamento; Pré = Pré-amostragem.

capturados por tratamento, na pré-amostragem (Figura 1 A), sugere uniformidade na distribuição inicial dos indivíduos no campo. A análise da variância destes resultados, não apresentou diferença significativa para tratamentos, reforçando esta hipótese.

A percentagem de espécimes coletados por tratamento, 5 dias após a aplicação dos acaricidas (Figura 1 B), exibiu maior fração para a testemunha, indicando a ocorrência de efeito tóxico dos acaricidas. A análise da variância dos dados desta amostragem, apresentou diferença altamente significativa para tratamentos. A complementação da análise, agrupando as médias pelo teste de Duncan ao nível de 5% (Figura 2 A), exibiu o enxofre, femproximate, cihexatim, abamectim e amitraz com médias semelhantes, porém destaca o enxofre, que não diferiu estatisticamente da testemunha. O fempropatrim, salientou-se pela toxicidade provocada aos inimigos naturais.

Utilizando a fórmula de Abbott, constatou-se as seguintes taxas de mortalidade: enxofre 26,70%, femproximate 33,72%, cihexatim 38,98%, abamectim 58,08%, amitraz 60,23%, acrinatrim 70,37% e fempropatrim 84,40%. A toxicidade apurada, foi baixa para os 3 primeiros, média para o abamectim e alta para os outros produtos.

A alta toxicidade apurada para o acrinatrim, divergiu dos resultados obtidos por NAKANO et al. (1994), que estudando a seletividade do produto, constataram redução populacional inferior a 20% na população de inimigos naturais. Por outro lado, o resultado confirma as informações de SATO et al. (1994), que constataram redução superior a 80%, na população de

YAMAMOTO et al. (1992). Também, a seletividade observada para o enxofre, confirma os resultados obtidos por estes mesmos autores.

A baixa toxicidade inicial, verificada nos tratamentos femproximate e cihexatim, não confere com os resultados obtidos por SATO et al. (1994), embora estes autores tenham se referido ao efeito tóxico destes produtos, especificamente para ácaros fitoseídeos.

A taxa de mortalidade provocada nos inimigos naturais, alcançando 58,08% para o tratamento abamectim, não corresponde com as informações de YAMAMOTO et al. (1992), embora estes autores tenham estudado a seletividade do produto sobre coccinélídeos e larvas de crisopídeos.

Aos 12 dias após a pulverização dos pesticidas houve um aumento na percentagem de indivíduos capturados nos tratamentos com enxofre, acrinatrim, abamectim e cihexatim (Figura 1 C), em relação à amostragem anterior (Figura 1 B), sugerindo redução do efeito tóxico destes produtos. A análise da variância dos resultados desta avaliação mostrou diferença altamente significativa para tratamentos. Na complementação da análise, usando o teste de Duncan ao nível de 5% de significância (Figura 2 B), enxofre, cihexatim e abamectim apresentaram média que não diferiram estatisticamente da testemunha, porém o enxofre, numericamente, apresentou maior seletividade em relação aos demais produtos. O fempropatrim, estatisticamente, foi o mais prejudicial à população de artrópodes benéficos.

As taxas de mortalidade apuradas neste levantamento, foram de 15,07%, 26,86%, 42,28%, 43,15%, 63,43% e 88,36%, para cihexatim, abamectim,

acrinatrim, fempiroximate, amitraz e fempropatrim, respectivamente. Estas percentagens, enquadram os dois primeiros como sendo de baixa toxicidade, de toxicidade média, os dois intermediários e altamente tóxicos os dois últimos produtos. O tratamento enxofre, que apresentou acréscimo de 29,63% no número de indivíduos, em relação à testemunha, enquadrou-se como inócuo.

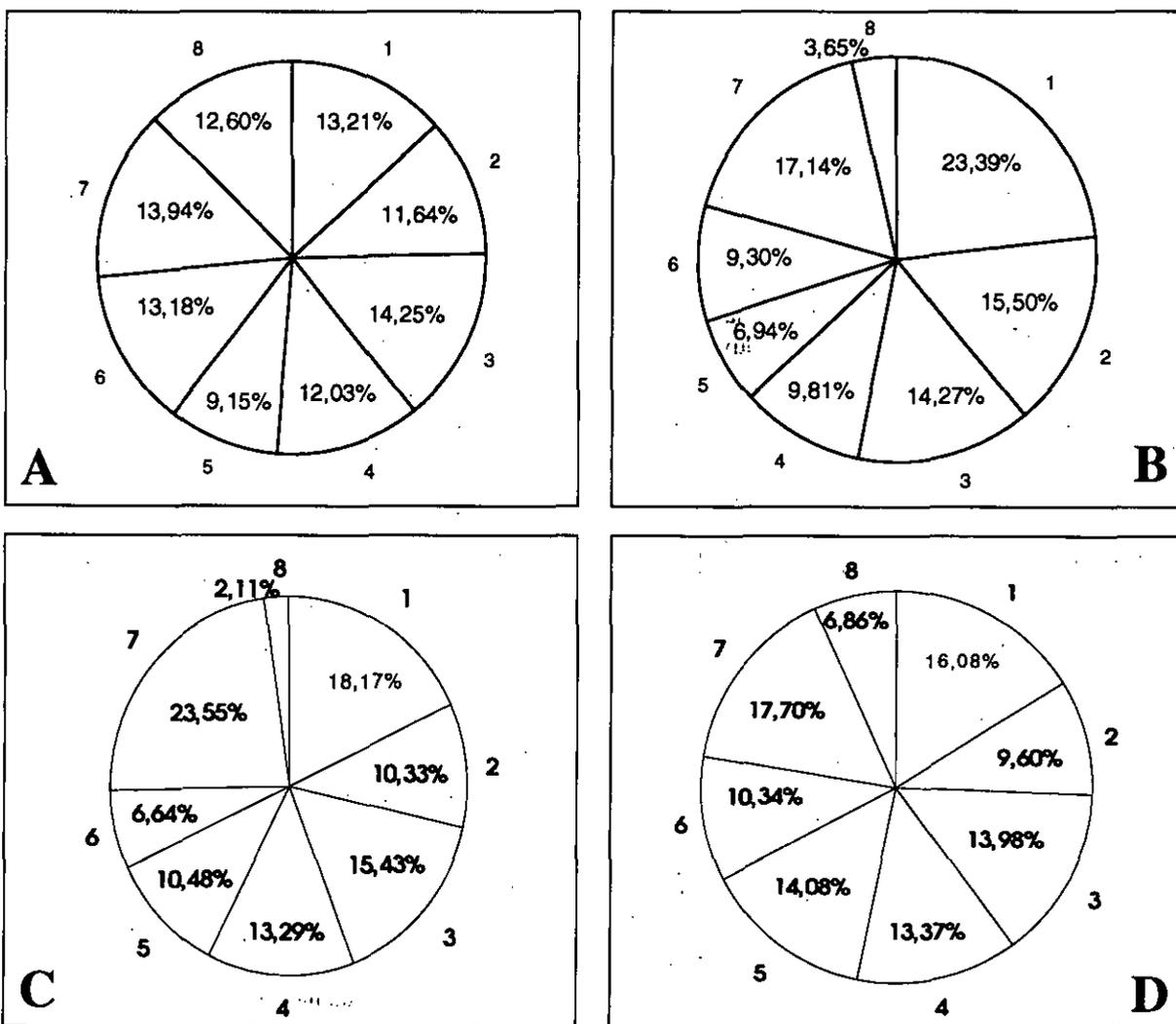
Este resultado, apesar de se reportar ao conjunto de inimigos naturais, diverge dos obtidos por SATO et al. (1992), que constataram efeito tóxico do acaricida para ácaros fitoseídeos até 48 dias.

As frações percentuais, correspondentes aos artrópodes coletados por tratamento aos 25 dias (Figura 1 D), mostra uma distribuição populacional mais uniforme, em relação à amostragem anterior, indicando tendência de retorno à distribuição verificada no início deste estudo. A análise da variância dos organismos capturados nesta avaliação, apresentou diferença signifi-

ficativa para tratamentos. A complementação desta análise, usando o teste de Duncan ao nível de 5% (Figura 2 C), exibiu numericamente os melhores resultados de seletividade, por ordem, para o enxofre, cihexatim, acrinatrim e abamectim. O fempropatrim, apresentando a menor média de artrópodes, destacou-se pela toxicidade para os inimigos naturais.

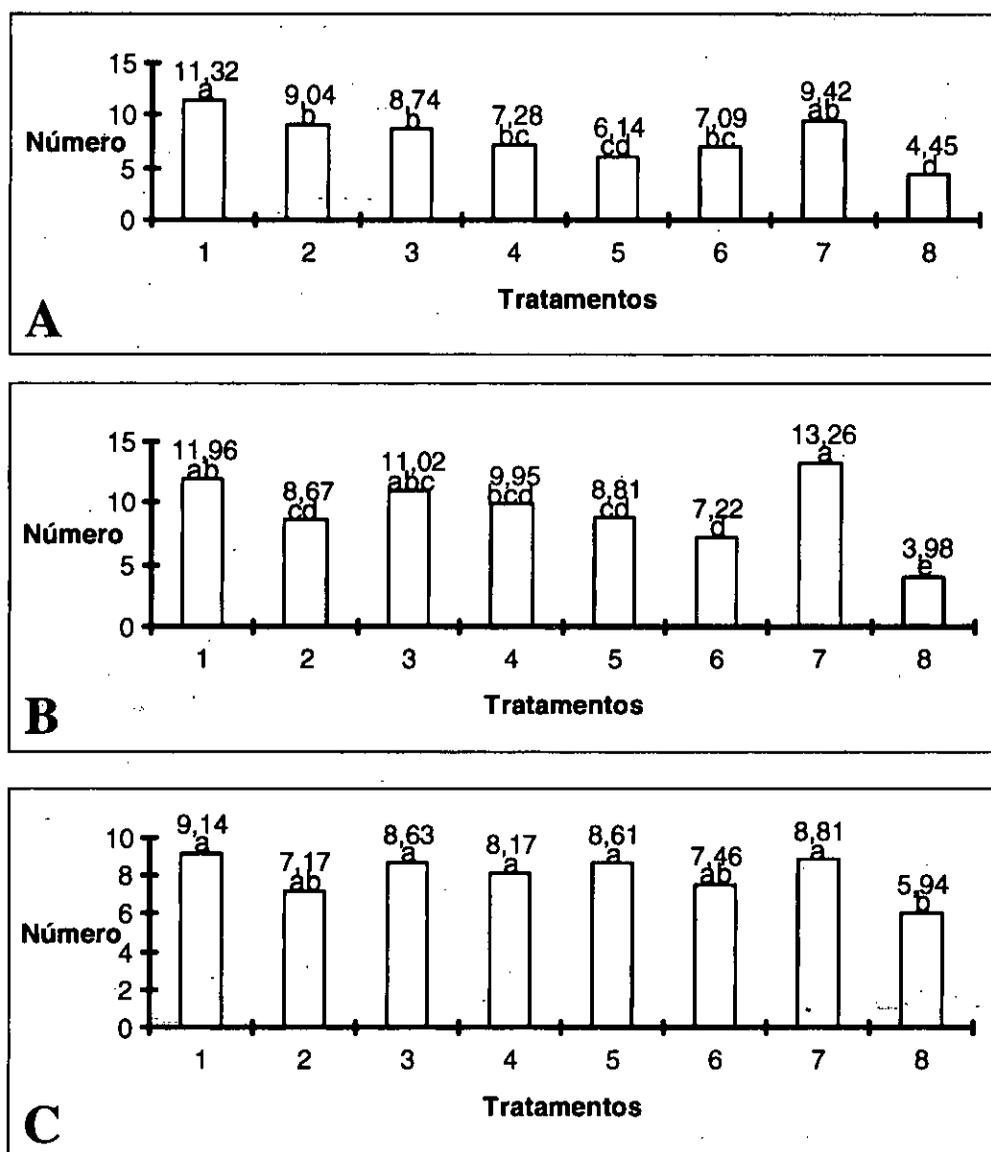
O fempiroximate e o fempropatrim, provocando taxas de mortalidade de 40,28% e 57,39%, respectivamente, foram os únicos acaricidas que apresentaram média toxicidade neste levantamento. Os demais produtos, classificaram-se como sendo de baixa toxicidade, exceção feita ao enxofre, que enquadrou-se como sendo inócuo para os artrópodes.

A análise da variância das informações obtidas com a amostragem realizada aos 45 dias, não apresentou diferença significativa para tratamentos, indicando uniformidade na distribuição dos inimigos naturais.



1 - testemunha; 2 - fempiroximate; 3 - cihexatim; 4 - abamectim; 5 - acrinatrim; 6 - amitraz; 7 - enxofre; 8 - fempropatrim. A =Pré-amostragem; B =5 DAT (Dias após a pulverização); C =12 DAT; D =25 DAT.

FIGURA 1- Distribuição percentual por tratamento, do número de artrópodes benéficos capturados na pré-aplicação dos acaricidas. Estação Experimental da FEPAGRO em Viamão - RS, 02/95 a 03/95



Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem pelo teste de Duncan ao nível de 5% de significância.

A = 5 DAT (Dias após a pulverização); B = 12 DAT; C = 25 DAT.

Tratamentos: 1- testemunha; 2- fempiroximate; 3- cihexatim; 4- abamectim; 5- acrinatrim; 6- amitraz; 7- enxofre; 8- fempropatrim.

FIGURA 2 – Número médio de parasitóides e predadores em X + 0,5, aos 5, 12 e 25 dias após a aplicação dos acaricidas. Estação Experimental da FEPAGRO em Viamão - RS, 03/95 a 03/95

Examinando as taxas de mortalidade provocadas na população de inimigos naturais, constatou-se baixa toxicidade inicial para o enxofre, cihexatim e fempiroximate. Nas amostragens seguintes (12 e 25 dias), o enxofre tornou-se inócuo, o cihexatim manteve a baixa toxicidade e o fempiroximate, apresentou média toxicidade.

O acrinatrim, com alta toxicidade inicial, enquadrou-se como sendo de média e baixa toxicidade nas avaliações seguintes. O abamectim, inicialmente exibindo média toxicidade, classificou-se como sendo de

baixa toxicidade, a partir de 12 dias. O amitraz, foi altamente tóxico até 12 dias e de baixa toxicidade aos 25 dias.

O fempropatrim, foi o produto que provocou o maior efeito deletério sobre a população de inimigos naturais. Este produto, apresentou-se altamente tóxico até 12 dias e mediamente tóxico aos 25 dias.

Dentre os predadores e parasitóides capturados durante o ensaio foram identificados as seguintes espécies: a) coccinélídeos – *Azya luteipes*, *Brachiacantha* sp., *Calloeneis* sp., *Coccidophilus citricola*, *Corinus coe-*

ruleus, *Cycloneda sanguinea*, *Diomus* sp., *Pentilia egena*, *Psyllobora* sp., *Rodolia cardinalis*, *Scymnus* sp., *Stethorus* sp. (Col., Coccinellidae); b) ácaros – *Amblyseius saopaulos* e *Ipheseiodes zuluagai* (Acari., Phytoseiidae); c) microhimenópteros parasitóides – *Ablerus* sp., *Encarsia* spp. (Hym., Aphelinidae), *Allobracon* sp., *Hormius* sp., (Hym., Braconidae), *Aprostocetus* sp. (Hym., Eulophidae), *Gonatocerus* sp. (Hym., Mymaridae), *Metaphycus* spp. (Hym., Encyrtidae) e *Signiphora* spp. (hym., Signiphoridae); d) aranhas – *Achaearanea* sp., *Anelosimus ethycus* (Araneae, Theridiidae), *Araneus* sp., *Argiope argentata*, *Eustala* sp., *Parawixia* sp. (Araneae, Araneidae), *Cheiracanthium inclusum* (Araneae, Miturgidae), *Chirotecia* sp., *Evophrys* sp. *Phiale* sp. (Araneae, Salticidae), *Misumenops pallida* (Araneae, Thomisidae), *Polybetes* sp. (Araneae, Heteropodidae) e *Tutaibo* sp. (Araneae, Linyphiidae).

CONCLUSÕES

- O enxofre, apresentou destacada seletividade para os artrópodes benéficos.
- O fempropatrim, mostrou expressiva toxicidade para a população de inimigos naturais.
- O melhor período para verificar a seletividade destes acaricidas, ocorreu até 12 dias após a pulverização.
- O expressivo número de predadores e parasitóides identificados caracterizam o elevado potencial de controle biológico das pragas da cultura dos citros.

BIBLIOGRAFIA CITADA

- ABBOTT, W. S. A method of computing the effectiveness of an insecticide. *Journal of Economic Entomology*, Lanham, v. 18, n. 2, p. 265-267, 1925.
- BITTENCOURT, M. A. L. **Repercussão de tratamentos fitossanitários sobre inimigos naturais de pragas de Citrus spp.** Porto Alegre, UFRGS, 1987, 81 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Fitossanidade, Faculdade de Agronomia, UFRGS, 1987.

- CHIAVEGATO, L. G. Ácaros da cultura dos citros. In: RODRIGUEZ, O.; VIÉGAS, F.; POMPEU JÚNIOR, J. et al. **Citricultura Brasileira**. 2.ed. Campinas: Fundação Cargill, 1991. v. 2, p. 601-641.
- GRAVENA, S. Manejo ambiental das pragas dos citros. **Laranja**, Cordeirópolis, v. 12, n. 2, p. 247-288, 1991.
- MORAES, L. A. H. de; PORTO, O. de M.; BRAUN, J. **Pragas dos citros**. Porto Alegre: FEPAGRO, 1995. 33 p. (BOLETIM FEPAGRO, 2).
- NAKANO, O.; VENDRAMIM, J. M. B.; MARQUES, G. B. C. et al. Efeito de Rufast 50 CE sobre artrópodes não-alvo na cultura dos citros. In: SIMPÓSIO DE CONTROLE BIOLÓGICO, 4., 1994, Gramado. **Anais...: sessão de pôsteres**. Pelotas: EMBRAPA/CPACT, 1994. p. 330.
- PAPA, G.; NAKANO, O. Efeito de acaricidas sobre os predadores presentes em pomar de citros. **Informativo CooperCitrus**, Bebedouro, n. 48, p. 28-31, 1990.
- SATO, M. E.; CERÁVOLO, L. C.; ROSSI, A. C. et al. Avaliação do efeito de acaricidas sobre ácaros (Phytoseiidae) e outros artrópodes em citros. In: SIMPÓSIO DE CONTROLE BIOLÓGICO, 4, 1994, Gramado. **Anais...: sessão de pôsteres**. Pelotas: EMBRAPA/CPACT, 1994. p. 329.
- SATO, M. E.; RAGA, A.; CERÁVOLO, L. et al. Efeito de acaricidas sobre *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes, 1939) (Acari: Tenuipalpidae) e ácaros predadores (família Phytoseiidae) em citros. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, v. 14, n. 2, p. 87-93, 1992.
- YAMAMOTO, P. T.; PINTO, A. de S.; PAIVA, P. E. B. et al. Seletividade de agrotóxicos aos inimigos naturais de pragas de citros. **Laranja**, Cordeirópolis, v. 13, n. 2, p. 709-755, 1992.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Dra. Angélica Maria Penteadó Dias, pela determinação dos microhimenópteros, Dr. Gilberto José de Moraes, pela determinação dos ácaros predadores e Dr. Arno Antônio Lise pela determinação das aranhas.

AUMENTO DA DENSIDADE DE PLANTAS DE MILHO PARA REGIÕES DE CURTA ESTAÇÃO ESTIVAL DE CRESCIMENTO

MILTON LUIZ DE ALMEIDA ¹, LUIS SANGOI ²

RESUMO – O presente trabalho foi conduzido em Lages, SC, objetivando avaliar os efeitos da utilização de densidades de planta superiores às recomendadas para a cultura do milho sobre o rendimento de grãos e seus componentes. As cultivares empregadas foram Cargill 901 (superprecoce) e XL 370 (precoce). As densidades testadas foram equivalentes a 57.500, 71.500 e 82.500 pl/ha. O aumento da densidade de 57.500 para 82.500 pl/ha não influenciou significativamente o rendimento de grãos do híbrido C 901, mas reduziu linearmente o rendimento do híbrido XL 370. O híbrido precoce produziu grãos mais pesados do que o híbrido superprecoce, na média das três densidades de plantas. Ambas as cultivares apresentaram decréscimo linear no número de grãos por espiga com o aumento na população. Tais decréscimos foram percentualmente maiores para o híbrido XL 370. O número de espigas por planta não foi afetado pelos tratamentos. Para os níveis de produtividade observados, o aumento na densidade de plantas não proporcionou aumento no rendimento de grãos.

Palavras-chave: *Zea mays*, cultivares, densidade de plantas.

INCREASE OF PLANT POPULATION FOR CORN GROWN IN SHORT GROWING SEASON REGIONS

ABSTRACT – This trial was conducted in Lages, SC, Brazil, with the purpose of evaluating the effects of using higher than recommended plant densities on corn yield and components. Two hybrids were used: Cargill 901 (very early) and XL 370 (early). Each hybrid was evaluated at three plant densities: 57,500, 71,500 and 82,500 pl/ha. Increasing plant population from 57,500 to 82,500 pl/ha did not affect grain yield of hybrid C 901 but it linearly reduced productivity of hybrid XL 370. Hybrid XL 370 presented heavier grains than hybrid C 901. Both cultivars linearly decreased number of grains per ear with the increase in plant density. The number of ears per plant was not affected by treatments. Within the level of productivity obtained in the experiment, increasing plant density above the values suggested currently did not promote any positive effect to corn grain yield.

Key words: *Zea mays*, plant density

INTRODUÇÃO

O número ideal de plantas na lavoura de milho depende de alguns fatores, tais como a disponibilidade de nutrientes, água e a cultivar a ser utilizada. Pelo fato de ter reduzida capacidade de produzir filhos férteis, o milho apresenta uma faixa muito estreita de densidade de plantas, na qual os rendimentos são máximos (MUNDSTOCK, 1977).

A capacidade de tolerar a competição entre plantas varia de acordo com a cultivar empregada. Pode-se dizer que, de uma maneira geral, as cultivares de ciclo mais curto desenvolvem menor número de folhas e estatura, apresentando menor auto-sombreamento. Com isto podem suportar maior número de plantas por unidade de área, em relação a cultivares de maior massa vegetativa (MUNDSTOCK e SILVA, 1989).

Com o surgimento de novas cultivares de milho, principalmente de ciclo mais curto e porte mais baixo, o potencial de resposta ao aumento da densidade é maior. Esta tendência pode ser acentuada no Planalto Catarinense, onde as condições de clima são distintas das regiões tradicionais de produção. Pelo fato de situar-se em altitudes superiores a 900 m acima do nível do

mar, a região dos Campos de Lages apresenta temperaturas amenas durante os meses de verão e menor estação de crescimento para culturas estivais. A amplitude térmica diária é freqüentemente superior a 10°C.

Sabe-se que muitas espécies apresentam uma resposta termoperiódica positiva, produzindo mais quando a variação de temperatura é maior (SALISBURY e ROSS, 1992). O milho parece apresentar este tipo de reação. Portanto, as condições térmicas da região são favoráveis à obtenção de rendimentos elevados, os quais normalmente requerem alta densidade de plantas.

Além disto, as baixas temperaturas verificadas nos meses de primavera podem limitar o crescimento vegetativo da planta (SANGOI, 1993). Neste sentido, ALDRICH et al. (1986) observou que híbridos utilizados no norte dos Estados Unidos apresentaram menor área foliar, menor estatura e exigiram maior densidade de plantas para maximizar o rendimento, quando semeados no início da estação de crescimento.

Tendo em vista que a recomendação de densidade de plantas para cultivares precoces de milho permaneceu entre 50.000 e 60.000 pl/ha no últimos anos, independente do surgimento de um grande número de novos híbridos de ciclo curto, e considerando-se as caracte-

1. Eng. Agr., M.Sc. – Prof. Departamento de Fitotecnia, Universidade do Estado de Santa Catarina, Caixa Postal 281, 88520-000 Lages - SC/BRASIL.

2. Eng. Agr., Ph.D. – Prof. Departamento de Fitotecnia, Universidade do Estado de Santa Catarina, Caixa Postal 281, 88520-000 Lages - SC/BRASIL.

Recebido para publicação em 20/05/1996.

terísticas térmicas favoráveis à utilização de densidades elevadas no Planalto Catarinense, propôs-se este experimento. O trabalho teve por objetivo avaliar os efeitos da utilização de densidades de plantas superiores às recomendadas atualmente pela pesquisa sobre o rendimento de grãos e componentes, em duas cultivares de milho de ciclo superprecoce e precoce.

MATERIAL E MÉTODOS

O ensaio foi conduzido durante o ano agrícola de 1993/94, no município de Lages, SC, localizado no Planalto Sul de Santa Catarina, cujas coordenadas geográficas são: 27°52'30" de latitude sul e 50°18'20" de longitude oeste. O referido município situa-se numa altitude de 930m e apresenta verões brandos com chuvas bem distribuídas (EMPASC, 1978). O solo da área experimental pertence a unidade de mapeamento Lages, classificada como cambissol, húmico, álico de textura argilosa (UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA, 1973).

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos completamente casualizados com parcelas subdivididas e três repetições. Na parcela principal foram testados dois híbridos: Cargill 901 (ciclo super precoce) e XL 370 (ciclo precoce). Nas subparcelas foram avaliadas três densidades de plantas: 60.000, 70.000 e 80.000 pl/ha. Em função das densidades obtidas no momento da colheita terem sido de 57.500, 71.500 e 82.500 pl/ha, adotar-se-á estes valores como indicativos das densidades dos tratamentos.

O preparo do solo foi o convencional, com uma aração e duas gradagens de nivelamento. A adubação de manutenção foi efetuada a lanço, antes da última gradagem, de acordo com os resultados da análise de solo realizada previamente na área, seguindo as recomendações da Rede Oficial de Laboratórios de Análise de Solo do Rio Grande do Sul e Santa Catarina (ROLAS) para a cultura do milho (SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO - REGIÃO SUL, 1989). Aplicou-se 20 kg de N/ha, 120 kg de P₂O₅/ha e 70 kg de K₂O/ha na base. Em cobertura foram aplicados 120 kg de N/ha quando as plantas estavam no estágio 2.0 da escala de GOMES e KARAZAWA (1984). As adubações de manutenção e cobertura foram determinadas objetivando alcançar rendimentos de grãos su-

periores a 6.000 kg/ha.

A semeadura foi realizada com saraquá, em 30 de outubro de 1993, colocando-se três a quatro sementes por cova. Em 18 de novembro, quando as plantas apresentavam entre duas a três folhas totalmente expandidas, foi realizado desbaste para ajustar as densidades aos valores preestabelecidos para cada tratamento. O espaçamento utilizado entre linhas foi de 1,0 metro. O espaçamento entre plantas dentro da linha foi de 17,4 cm, 14,0 cm e 12,1 cm para as densidades de planta de 57.500, 71.500 e 82.500, respectivamente. Imediatamente após a semeadura foi aplicado o herbicida Primextra (atrazine + metolachlor), na dose de 7,0 litros/ha do produto comercial. Plantas daninhas e pragas foram controladas subseqüentemente de forma que não comprometessem o desenvolvimento da cultura.

Cada subparcela foi constituída por quatro linhas de seis metros de comprimento. A área útil das mesmas, na qual o rendimento de grãos e seus componentes foram determinados, englobou as duas linhas centrais, descartando meio metro em cada extremidade da linha. As parcelas foram colhidas no início e em meados do mês de abril, para as cultivares C 901 e XL 370, respectivamente.

O balanço hídrico foi calculado para cada decêndio do período do experimento, segundo metodologia de Thornthwaite e Mather, para uma capacidade de armazenamento de 100 mm.

Os dados foram avaliados estatisticamente através da técnica da análise da variância. Quando alcançada significância estatística, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5% para o fator cultivar e pela análise de regressão para o fator densidade de plantas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O ano agrícola 1993/94 apresentou, em geral, características meteorológicas favoráveis ao crescimento e ao desenvolvimento do milho no Planalto Catarinense. A temperatura do ar apresentou comportamento típico da região, com média das máximas oscilando entre 24,2 e 25,3°C e a média das mínimas entre 14,2 e 16,4°C, durante o ciclo da cultura (Tabela 1). A precipitação pluvial ocorrida foi elevada e relativamente bem distribuída, apresentando apenas um período de restri-

TABELA 1 – Temperatura média máxima e média mínima (°C) dos subperíodos: emergência (EM)-6 folhas; 6 folhas-pendoamento; e pendoamento-maturação fisiológica (MF), de duas cultivares de milho, na média de três densidades de plantas. Lages/SC, 1993/94

Cultivar	EM-6 folhas		6 folhas-Pendoam.		Pendoam.-MF	
	Máx	Mín	Máx	Mín	Máx	Mín
Cargill 901	24,4	14,2	24,8	15,2	25,3	15,9
XL 370	24,4	14,2	25,1	14,9	25,3	16,4

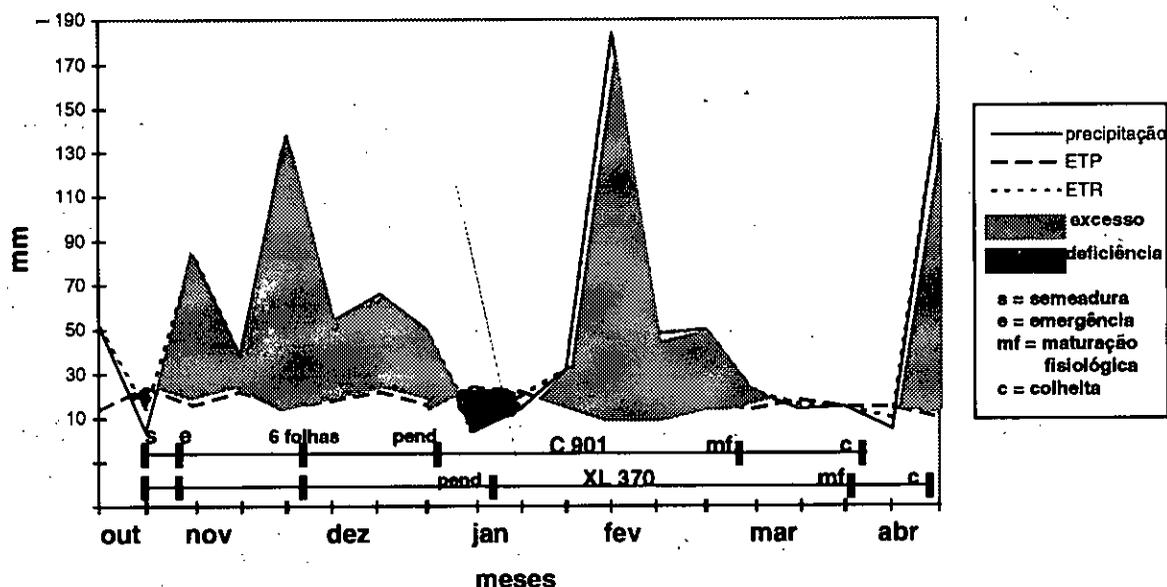


FIGURA 1 – Balanço hídrico de outubro de 1993 a abril de 1994, segundo metodologia proposta por Thornthwaite & Mather, capacidade de armazenamento de 100 mm, Lages, SC

ção hídrica na segunda quinzena de janeiro (Figura 1).

O rendimento de grãos foi significativamente afetado pela interação entre cultivares e densidade de plantas (Figura 2). O híbrido superprecoce Cargill 901 apresentou rendimento de grãos similar nas três densidades testadas, enquanto que o híbrido precoce XL 370 reduziu o rendimento de grãos linearmente com o incremento da densidade de plantas. O rendimento de grãos do híbrido C 901 foi numericamente superior ao do híbrido XL 370 em todas as densidades. Contudo, apenas na densidade de 82.500 pl/ha a diferença entre cultivares foi estatisticamente significativa. O decréscimo do rendimento do material precoce com o aumento da densidade de 57.500 para 82.500 pl/ha possivelmente se deveu a maior coincidência dos subperíodos pendamento-espigamento e início do enchimento de grãos daquela cultivar com o período de restrição hídrica (Figura 1). O aumento da densidade propicia maior cobertura do solo e maior índice de área foliar, incrementando o consumo de água, podendo causar maior estresse hídrico às plantas, especialmente em caso de estiagem na floração. Resultados similares foram relatados por MUNDSTOCK (1977) e VIANA et al. (1983).

As cultivares apresentaram diferenças significativas no peso de 1000 grãos, com o híbrido XL 370 (333 g) produzindo grãos 1,5% mais pesados do que o híbrido C 901 (328 g). O número de espigas por planta não foi influenciado pelos tratamentos testados, tendo-se obtido 1,09 espigas por planta na média das cultivares e densidades utilizadas no ensaio.

O número de grãos por espiga das cultivares decresceu de forma linear com o aumen-

to da densidade (Figura 3). Estes decréscimos foram percentualmente mais elevados no material precoce, cujas espigas produzidas na maior densidade apresentaram apenas 69% dos grãos obtidos na densidade de 57.500 pl/ha. O híbrido superprecoce produziu espigas com 19, 30 e 42% mais grãos do que o híbrido precoce nas densidades de 57.500, 71.500 e 82.500 pl/ha, respectivamente. Apesar de as diferenças numéricas entre cultivares terem sido consideráveis dentro de cada densidade, não foi observado efeito significativo de cultivar ou da interação entre cultivares e densidades.

Aparentemente, o número de grãos por espiga foi o componente que esteve mais associado com o rendimento final das cultivares. A maior coincidência da estiagem com o período de floração possivelmente li-

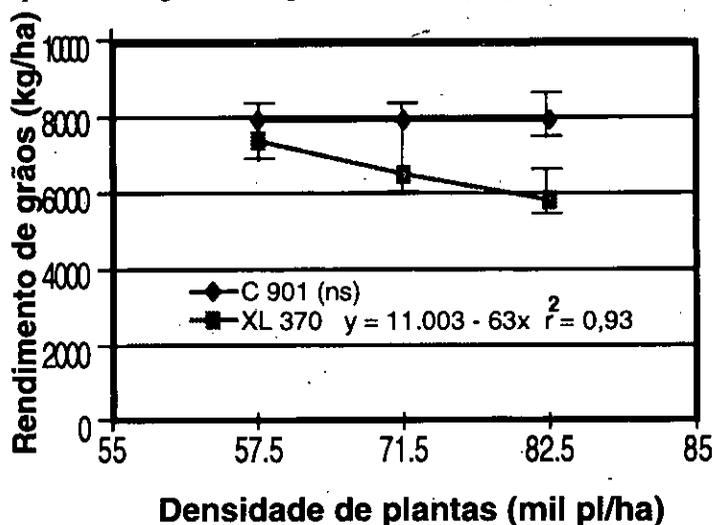


FIGURA 2 – Rendimento de grãos de duas cultivares de milho em função de densidade de plantas, Lages/SC, 1993/94

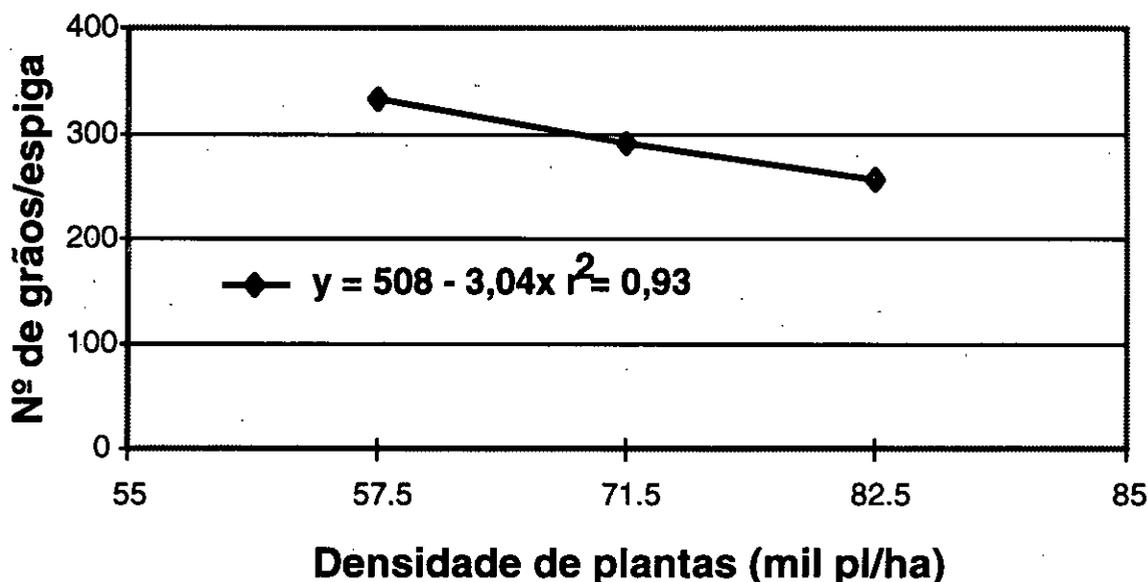


FIGURA 3 – Número de grãos por espiga, na média de duas cultivares de milho, em função de densidade de plantas, Lages/SC, 1993/94

mitou a produção de grãos por espiga da cultivar precoce, especialmente na densidade mais elevada. O milho é naturalmente uma planta protândrica, na qual a antese começa antes do início da emissão dos estigmas (CHENG e PAREDY, 1994). Sob condições de estagem, e principalmente com densidades elevadas, as diferenças na época de receptividade dos estigmas e liberação de pólen se acentuam. Nestes casos, o desenvolvimento da inflorescência masculina é priorizado pela planta, em detrimento da alongação dos estigmas, proporcionando prejuízos no processo de polinização (WESTGATE e BASSETI, 1991).

A região do Planalto Catarinense é considerada como tolerada para a cultura do milho pelo Zoneamento Agroclimático do Estado de Santa Catarina, pelo fato de apresentar um número de unidades térmicas aquém do ideal para o crescimento e desenvolvimento da planta (EMPASC, 1978). No entanto, os resultados obtidos no presente trabalho vêm demonstrar exatamente o contrário, tendo-se obtido na média das cultivares e densidades avaliadas produtividades superiores a 6.000 kg/ha. ESECHIE (1992), trabalhando numa região com temperatura média anual de 26,3 °C, em condições irrigadas e de bom nível nutricional, obteve rendimento máximo de 3.480 kg/ha. O autor justificou que os baixos rendimentos decorreram das condições térmicas poucos favoráveis, principalmente temperaturas elevadas no período de enchimento de grãos. Em regiões tropicais, elevada temperatura diminui a duração do subperíodo emergência-pendoamento e também o rendimento de grãos, mesmo na presença de elevados níveis de radiação (MUCHOW et al., 1990). Segundo estes autores, somente em locais com baixa temperatura e conseqüente maior período de crescimento do milho é possível obter mais que 1.600 g de grãos por m². Por-

tanto, as características térmicas do Planalto Catarinense, onde a temperatura média dos meses de verão oscila entre 19 e 22 °C, parecem ser adequadas à obtenção de rendimentos elevados, principalmente com a utilização de cultivares superprecoces e precoces, as quais necessitam uma menor soma térmica para concluírem o seu ciclo.

O presente trabalho não detectou aumento significativo no rendimento de grãos com a utilização de densidades superiores às recomendadas atualmente para a cultura do milho no Estado de Santa Catarina. No entanto, com o surgimento de novas cultivares com maior capacidade produtiva, aumentam as chances de resposta positiva do rendimento de grãos ao incremento na população de plantas. Esta tendência tem sido consistentemente demonstrada nos Estados Unidos por COX (1996), RUSSEL (1991) e CASTLEBERRY et al. (1984). Para trabalhos futuros, é importante que se teste uma faixa mais ampla de densidades de plantas, de forma que se possa melhor caracterizar as variações do rendimento através de mais pontos para a análise de regressão. Outro fator que merece ser considerado é o nível de adubação utilizado. É possível que a recomendação da ROLAS para a região Sul seja insuficiente para obtenção de rendimentos máximos com populações superiores a 60.000 pl/ha. Neste sentido, trabalho recente realizado no Canadá também sugere que densidades elevadas só devem ser utilizadas quando se aumenta o nível de adubação (LIANG et al., 1992).

CONCLUSÕES

– As cultivares reagiram diferentemente à utilização de densidades superiores às recomendadas para a cultura do milho no Estado de Santa Catarina. O au-

mento da densidade de plantas não interferiu sobre o rendimento de grãos do híbrido superprecoce C 901 e reduziu linearmente o rendimento de grãos do híbrido precoce XL 370.

– O número de grãos por espiga de ambas as cultivares foi reduzido com o aumento na densidade de plantas, sendo o decréscimo mais acentuado para o híbrido de ciclo precoce.

– Não houve efeito significativo dos tratamentos sobre o número de espigas produzidas por planta.

BIBLIOGRAFIA CITADA

- ALDRICH, S.R.; SCOTT, W.O.; HOEFT, R.G. **Modern corn production**. Champaign: A and L Publ., 1986. 386p.
- CASTLEBERRY, R.M.; CRUM, C.W.; KRULL, C.F. Genetic yield improvement of U.S. maize cultivars under varying fertility and climatic environments **Crop Science**, Madison, v.24, p.33-36, 1984.
- CHENG, P.C.; PAREDY, D.R. Morphology and development of the tassel and ear. In: FREELING, M.; WALBOT, V. **The maize handbook**. New York: Springer-Verlag, 1994. Cap. 3, p.37-47.
- COX, W.J. Whole-plant physiology and yield responses of maize to plant density. **Agronomy Journal**, Madison, v.88, p.489-496, 1996.
- EMPASC. **Zoneamento agroclimático do estado de Santa Catarina**. Florianópolis, 1978. 70p.
- ESECHIE, H.A. Effect of planting density on growth and yield of irrigated maize (*Zea mays*) in the Batinah Coast region of Oman. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v. 119, p.165-169, 1992.
- GOMES, I.; KARAZAWA, M. Como a planta de milho se desenvolve. In: IAPAR. **A cultura do milho no Paraná**, Londrina, 1984. Cap. 3, p.33-49.
- LIANG, B.C.; REMILLARD, M.; MACKENZIE, A.F. Effects of hybrids, population densities, fertilization and irrigation on grain corn (*Zea mays* L.) in Quebec. **Canadian Journal of Plant Science**, Quebec, v. 72, p.1163-1170, 1992.
- MUCHOW, R.C.; SINCLAIR, T.R.; BENETT, J.M. Temperature and solar radiation effects on potential maize yield across locations. **Agronomy Journal**, Madison, v. 82, p.338-343, 1990.
- MUNSDTOCK, C.M. **Densidade de semeadura de milho para o Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: UFRGS; ASCAR, 1977. 35p. (Boletim Técnico, 1).
- MUNSDTOCK, C.M.; SILVA, P.R.F. da. **Manejo da cultura do milho**. Porto Alegre:UFRGS, 1989. 76p. (Boletim Técnico).
- RUSSELL, W.A. Genetic improvement of maize yields. **Advances in Agronomy**, San Diego, v. 46, p. 245-298, 1991.
- SALISBURY, F.B.; ROSS, C.W. **Plant Physiology**. 4.ed. Belmont: Wadsworth Publishing Company, 1992. 681p.
- SANGOI, L. Aptidão dos campos de Lages para a produção de milho em diferentes épocas de semeadura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.28, p.51-63, 1993.
- SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO – REGIONAL SUL. **Recomendações de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. 2.ed. Passo Fundo: SCBS/EMBRAPA – CNPT, 1989. 128 p.
- UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA. **Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado de Santa Catarina**. Santa Maria: UFSM, 1973. 494 p.
- VIANA, A.C.; SILVA, A.F. da; MEDEIROS, J.B.; et al. **Cultura do milho**. Brasília: EMBRATER, 1983. p. 87-100.
- WESRGATE, M.E.; BASSETI, P. Heat and drought stress in corn: what really happens to the corn plant at pollination? In: ANNUAL CORN AND SORGHUM RESEARCH CONFERENCE, 45, 1991, Chicago. **Proceedings...**, Chicago 1991. p.12-28.

SELETIVIDADE E CONTROLE DE PLANTAS DANINHAS DICOTILEDÔNEAS POR HERBICIDAS APLICADOS EM ALFAFA APÓS O CORTE¹

LUIZ AUGUSTO PETRY², NILSON GILBERTO FLECK³, JOÃO CARLOS DE SAIBRO⁴

RESUMO – No período de outubro de 1993 a julho de 1994, foram testados treze herbicidas aplicados após o corte da alfafa, incluindo-se mais duas testemunhas: cultura não-infestada e infestada por plantas daninhas. O ensaio foi conduzido na Estação Experimental Agronômica da UFRGS, em Eldorado do Sul, RS. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos completos casualizados, com quatro repetições. As avaliações constaram da pesagem da matéria seca de alfafa e das plantas daninhas obtidas em quatro cortes, níveis de fitotoxicidade herbicida sobre a cultura e controle das espécies daninhas caruru (*Amaranthus deflexus* L.) e poaia-branca (*Richardia brasiliensis* Gomez), as plantas de maior ocorrência na área experimental. Paraquat + diuron (400 + 200 g/ha), imazethapyr (100 g/ha) e flumetsulam (120 g/ha) foram os tratamentos que apresentaram melhor desempenho quando todas as variáveis foram consideradas conjuntamente.

Palavras-chave: Controle químico, fitotoxicidade, herbicida, dicotiledônea, planta daninha, *Medicago sativa*

SELECTIVITY AND BROADLEAF WEED CONTROL WITH HERBICIDE APPLICATION AFTER ALFALFA CUTTING

ABSTRACT – From October 1993 to July 1994, there were tested thirteen herbicides that were applied after the first cutting of alfalfa plants, including plus two control treatments: weedy and weed free plots. The experiment was carried out at the Agronomic Experimental Station, Federal University of Rio Grande do Sul, located in Eldorado do Sul, RS, Brazil. It was used a randomized complete block design with four replications. Treatment effects were evaluated in terms of dry matter of alfalfa forage and of weeds obtained from four cuttings, alfalfa injury, and control level of pigweed (*Amaranthus deflexus* L.) and Brazil pusley (*Richardia brasiliensis* Gomez). Paraquat + diuron (400 + 200 g/ha), imazethapyr (100 g/ha) and flumetsulam (120 g/ha) showed the best overall performance, when all agronomic parameters were considered.

Key words: Chemical control, herbicide injury, broadleaf weeds, *Medicago sativa*

INTRODUÇÃO

Um dos maiores entraves para que a alfafa seja cultivada de forma mais extensiva no estado do Rio Grande do Sul é a falta de alternativas para o controle das plantas daninhas, especialmente das espécies dicotiledôneas. Atualmente, seu cultivo limita-se quase que exclusivamente à pequena propriedade rural, onde, no manejo das plantas daninhas, raramente utiliza-se o controle químico.

Em alfafais já estabelecidos, após o corte há um estímulo à germinação das sementes e ao desenvolvimento de plantas de espécies daninhas, motivados pela exposição do solo e das plantas emergidas à ação da radiação solar.

Os danos provocados pela competição exercida por essas plantas vão além da redução no rendimento de matéria seca de alfafa (TAYLOR, 1987) ou da produção de sementes (DAWSON e RINCKER, 1982; DELGADILLO e LAZARTE, 1989, ASKARIAN et al., 1993). A presença de outras espécies além da alfafa,

na forragem colhida, também prejudica a qualidade do produto pela diminuição dos teores de proteína bruta (CORDS, 1973), ou mesmo por sua rejeição pelos animais devido à redução da palatabilidade (MARTEN et al., 1987).

DUTT et al. (1979) observaram aumento do consumo de matéria seca e de proteína bruta digestíveis por bovinos leiteiros, alimentados com feno de alfafa, como resultado do controle das plantas daninhas com uso de herbicida. O efeito dessas plantas na qualidade da forragem depende das espécies presentes e da quantidade e do grau de sua maturação em relação à alfafa (WADDINGTON, 1978). Segundo este pesquisador, a qualidade do feno de alfafa pode ou não ser reduzida, porém nunca é aumentada pela presença de plantas daninhas.

MATERIAL E MÉTODOS

O ensaio foi conduzido a campo na Estação Experimental Agronômica da UFRGS, no município de

1. Apoio financeiro do CNPq.

2. Eng. Agr. – Estudante de Pós-graduação da Faculdade de Agronomia da UFRGS, Departamento de Plantas Forrageiras e Agrometeorologia, Caixa Postal 776, 90001-970 Porto Alegre, RS/BRASIL.

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

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

Recebido para publicação em 12/06/1996.

Eldorado do Sul, RS, região fisiográfica da Depressão Central, sobre solo de textura franco-arenosa, classificado com plintossolo (CAMARGO et al., 1987).

O solo foi preparado através de aração e gradagem, acompanhado da correção com calcário e adubações com fósforo e potássio, conforme recomendações da **Comissão de Fertilidade do Solo RS/SC** (1989). A semeadura foi realizada a lâncço, em 01 de outubro de 1993, utilizando-se o equivalente a 10 kg/ha de sementes da cv. Crioula inoculadas com *Bradyrhizobium* sp. O delineamento experimental utilizado foi de blocos completos casualizados com quatro repetições. As parcelas foram dimensionadas em 2,5 m x 4,0 m, apresentando área útil de 3m². Na pulverização dos tratamentos herbicidas foi utilizado equipamento costal, vazão com pressão constante, bicos do tipo leque 11004, pressão de 160 kPa e volume de calda equivalente a 250 litros por hectare.

Como a ênfase maior dos tratamentos visava o controle de espécies dicotiledôneas, a área experimental foi tratada com haloxyfop-metil (Verdict a 1,5 l/ha) no dia 29 de outubro de 1993, para controle das infestantes gramíneas. No dia 27 de dezembro, ou seja, 88 dias após a semeadura, foi realizado o corte da alfafa a cerca de 8 cm do solo, ocasião em que as plantas apresentavam-se em floração e, dois dias após o corte, as parcelas foram

pulverizadas com os herbicidas que constam na Tabela 1. Além deles, foram utilizadas duas testemunhas, uma não-infestada e outra infestada naturalmente por plantas daninhas dicotiledôneas. As duas principais espécies que ocorreram na área experimental foram caruru (*Amaranthus deflexus* L.) e poaia-branca (*Richardia brasiliensis* Gomez).

Nas avaliações de fitotoxicidade herbicida sobre as plantas da cultura, realizadas aos 8, 16, 28 e 36 dias após a aplicação dos tratamentos (DAT), utilizou-se escala percentual, cujo valor zero significava ausência de danos aparentes e o valor 100 morte total das plantas de alfafa. Os níveis de controle das espécies daninhas caruru e poaia foram avaliados aos 20 e 28 DAT, sendo que o valor zero significava nenhum controle e o valor 100 controle total sobre a espécie.

O peso de matéria seca dos componentes da forragem: alfafa, caruru, poaia, outras plantas daninhas e material morto foi obtido através de quatro cortes realizados aos 139, 168, 223 e 266 dias após a emergência da alfafa, correspondendo respectivamente, a 54, 83, 138 e 181 DAT. O material colhido das parcelas foi subamostrado, procedida a separação dos seus componentes que eram secos em estufa a 65°C até alcançarem peso constante e então pesados.

A análise dos dados seguiu modelo proposto para

TABELA 1 – Tratamentos herbicidas utilizados no ensaio de controle de ervas dicotiledôneas em alfafa, EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 1993/94

Nome comum ¹	Grupo químico	Formulação ² e concentração	Dose i.a. (g/ha)	Dose p.c. (kg ou l/ha)
Bentazon	Tiadiazinas	SA 600 g/l	900	1,5
Clomazone	Isoxazolidinonas	CE 500 g/l	750	1,5
Chlorimuron	Sulfoniluréias	GD 250 g/kg	20	0,08
Diuron	Uréias	PM 800 g/kg	1600	2,0
Flumetsulam	Sulfonamidas	SC 120 g/l	120	1,0
Glyphosate	Glicinas	SA 360 g/l	900	2,5
Imazaquin	Imidazolinonas	SA 150 g/l	150	1,0
Imazethapyr	Imidazolinonas	SA 100 g/l	100	1,0
Linuron	Uréias	SC 450 g/l	900	2,0
Napropamide	Acetamidas	PM 500 g/kg	2500	5,0
Oxadiazon	Oxadiazolinonas	CE 250 g/l	1000	4,0
Paraquat	Bipiridílios	SA 200 g/l	400	2,0
Paraquat +	Bipiridílios	SC 400+	400+	2,0
Diuron	Uréias	200 g/l	200	

¹ - Nomes comerciais e fabricantes: Basagran (BASF), Gamit (FMC), Classic (DU PONT), Karmex (DU PONT), Scorpion (DOWELANCO), Glifosato Nortox (NORTOX), Scepter (CYANAMID), Pivot (CYANAMID), Afalon (AGREVO), Devrinol (ZENECA), Ronstar (RHODIA), Gramoxone (ZENECA), Gramocil (ZENECA), respectivamente.

² - Formulações: SA: solução aquosa

CE: concentrado emulsional

GD: grânulos dispersíveis

PM: pó molhável

SC: suspensão concentrada

blocos completos casualizados e as médias foram testadas pelo teste de Duncan a 5%. As variáveis níveis de controle das plantas daninhas e fitotoxicidade sobre a cultura, expressos em porcentagem, foram transformados através da $\sqrt{x+0,5}$ para realização da análise de variância.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados quanto à fitotoxicidade, matéria seca de alfafa e de plantas daninhas e controle das duas principais espécies daninhas presentes na área experimental são apresentados a seguir.

Fitotoxicidade à cultura

Na Tabela 2, pode-se observar os resultados obtidos nas avaliações de fitotoxicidade herbicida sobre a alfafa. Verifica-se que apenas os herbicidas paraquat + diuron aos 28 DAT, e imazethapyr e paraquat + diuron aos 36 DAT, não diferiram da testemunha capinada. De uma maneira geral, os efeitos negativos sobre a cultura reduziram-se acentuadamente com o decorrer do tempo. A tolerância da alfafa ao imazethapyr neste ensaio não difere dos resultados relatados por MALIK et al. (1993) e WILSON (1994).

Já glyphosate, clomazone e paraquat destacaram-se como aqueles que apresentaram maior grau de fitotoxicidade, pois aos 36 DAT os níveis ainda superavam

20% de dano.

Segundo PETERS e LINSKOTT (1988), paraquat só pode ser aplicado quando a alfafa estiver dormente ou logo após o corte e antes da rebrota. O fato da alfafa cv. 'Crioula' apresentar, por ocasião do corte, elevado número de pequenas hastes vegetativas localizadas abaixo da altura de corte, impossibilita na prática que a aplicação desse herbicida não provoque danos à cultura.

Já a tolerância apresentada pela alfafa à mistura formulada paraquat + diuron, contrasta com os danos causados pelo paraquat aplicado isoladamente, pois as doses deste herbicida foram as mesmas em ambos os tratamentos. A mistura paraquat + diuron apresenta ação inicial antagônica, pelo fato do primeiro componente ser dependente da fotossíntese para atuar nas plantas, enquanto o segundo composto reduz a atividade fotossintética, proporcionando ao paraquat uma ação mais lenta, distribuindo-se melhor através da planta e aumentando posteriormente o controle das espécies daninhas (GREEN, 1989). Pelos resultados, é provável que a alfafa conseguiu neutralizar os efeitos iniciais drásticos do paraquat quando aplicado em mistura com diuron, ao contrário da aplicação isolada de paraquat.

Matéria seca de alfafa

Através dos resultados apresentados na Tabela 3, verifica-se que os rendimentos de forragem, obtidos no primeiro corte, foram relativamente baixos, provavel-

TABELA 2-- Fitotoxicidade de herbicidas às plantas de alfafa quando aplicados após o corte da cultura, EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 1993/94

Tratamentos	8 DAT	16 DAT	28 DAT	36 DAT ¹
Níveis de dano (%) ²				
Bentazon	15 gh	12 ef	8 efg	7 cd*
Clomazone	41 bc	30 b	28 b	21 b
Chlorimuron	29 cde	14 def	9 efg	10 bcd
Diuron	26 def	22 bcd	19 bc	13 bc
Flumetsulam	32 cd	28 b	23 b	12 bcd
Glyphosate	60 a	61 a	53 a	41 a
Imazaquin	26 def	15 cdef	12 cdef	10 bcd
Imazethapyr	10 hi	9 fg	5 gh	3 def
Linuron	23 defg	11 fg	7 fg	7 cde
Napropamide	17 fg	9 fg	8 fg	7 cd
Oxadiazon	19 efg	21 bcde	17 bcde	15 bc
Paraquat	53 ab	26 bc	22 bc	21 b
Paraquat + diuron	8 i	6 g	1 hi	1 ef
Testemunha capinada	0 j	0 h	0 i	0 f
C.V. (%)	15,1	16,7	22,1	27,6

*- Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem significativamente pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade.

¹ - Época da avaliação em dias após tratamento.

² - Níveis de dano: 100% morte total das plantas de alfafa
0% sem danos aparentes à alfafa

TABELA 3 – Matéria seca da forragem de alfafa tratada com herbicidas, aplicados após o corte, EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 1993/94

Tratamentos	Datas de corte das plantas				Total
	21/02/94 (54 DAT)	22/03/94 (83 DAT)	16/05/94 (138 DAT)	28/06/94 (181 DAT) ¹	
	-----kg/ha-----				
Bentazon	600 b	711 bcd	884	777	2972 bc
Clomazone	599 b	874 abcd	972	873	3318 abc
Chlorimuron	727 ab	806 bcd	1080	862	3475 abc
Diuron	640 b	697 bcd	972	752	3061 bc
Flumetsulam	836 ab	1033 ab	1211	888	3968 ab
Glyphosate	775 ab	752 bcd	1026	902	3455 abc
Imazaquin	711 b	830 bcd	1029	874	3444 abc
Imazethapyr	788 ab	1013 abc	1174	942	3917 ab
Linuron	659 b	601 d	1049	854	3163 bc
Napropamide	656 b	713 bcd	1143	756	3268 abc
Oxadiazon	656 b	826 bcd	1033	846	3361 abc
Paraquat	609 b	616 cd	742	754	2721 c
Paraquat + diuron	950 a	1228 a	1176	936	4290 a
Testemunha capinada	725 ab	789 bcd	1051	744	3309 abc
Testemunha infestada	628 b	671 bcd	945	881	2825 bc
C.V. (%)	19,9	28,9	18,6 NS	18,8 NS	18,7

* - Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem significativamente, pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade.

¹ - Dias após tratamento

mente devido, ao fato que as plantas de alfafa se desenvolveram na presença de uma alta infestação de plantas daninhas dicotiledôneas. Esta situação de interferência se estendeu da sementeira até o corte que antecedeu a pulverização dos tratamentos, ocasião em que a alfafa participou com apenas 25% no material colhido, sendo os 75% restantes basicamente compostos por plantas daninhas.

No primeiro corte, paraquat + diuron proporcionou o melhor rendimento; entretanto, este resultado não se diferenciou dos obtidos na testemunha capinada, ou em chlorimuron, flumetsulam, glyphosate e imazethapyr. Apesar do glyphosate ter provocado sintomas de fitotoxicidade elevados até os 36 DAT (Tabela 2), seu rendimento não se diferenciou da testemunha capinada.

Por ocasião do segundo corte, manteve-se a tendência constatada no anterior. Apresentaram melhores rendimentos os herbicidas paraquat + diuron, flumetsulam, imazethapyr e clomazone. As diferenças de rendimento entre os tratamentos para os demais cortes tenderam a diminuir, de forma que nas duas últimas amostragens não se evidenciaram diferenças significativas entre os tratamentos. Quanto à produção total de matéria seca de alfafa destacam-se os rendimentos superiores a 3900 kg/ha proporcionados pelos herbicidas paraquat+diuron, flumetsulam e imazethapyr. Por outro lado, os menores rendimentos totais de forragem foram constatados com bentazon, paraquat e na testemunha

infestada por ervas. O herbicida bentazon, embora seletivo para alfafa, não apresentou nível elevado de controle às duas principais espécies infestantes.

Enquanto o efeito de interferência das ervas dicotiledôneas mostrou redução aproximada de 15% na comparação entre as testemunhas capinada e infestada, o tratamento com paraquat+diuron apresentou rendimento total da alfafa 30% superior à testemunha capinada e 52% acima da testemunha infestada. Essa superioridade em relação à testemunha capinada, pode ser atribuída a danos causados às plantas de alfafa pela dificuldade operacional da capina, uma vez que a sementeira foi feita a lanço e, somando-se a isto, a competição exercida pelas plantas daninhas com a cultura até o momento em que foram controladas.

Controle das plantas daninhas

Os resultados das observações realizadas aos 20 e 28 DAT que estabeleceram os níveis percentuais de controle de caruru e poaia, encontram-se na Tabela 4.

Flumetsulam foi o herbicida que apresentou melhor resultado no controle de *Amaranthus deflexus*, não se diferenciando da testemunha capinada. Paraquat + diuron nas avaliações de 20 e 28 DAT e diuron aos 20 DAT apresentaram níveis de controle superiores a 70%. Durante o período avaliado, os demais tratamentos apresentaram níveis insatisfatórios de controle para essa

TABELA 4 – Eficiência de herbicidas aplicados após o corte da alfafa no controle de plantas daninhas, EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 1993/94

Tratamentos	<i>Amaranthus deflexus</i> (caruru)		<i>Richardia brasiliensis</i> (poaia)	
	20 DAT ¹	28 DAT	20 DAT	28 DAT
	Níveis de controle (%) ²			
Bentazon	1 fg	1 gh	1 g	1 ef*
Clomazone	1 fg	1 gh	20 f	17 e
Chlorimuron	6 e	4 gh	2 g	1 ef
Diuron	70 bc	67 cd	92 ab	91 ab
Flumetsulam	84 ab	89 ab	70 abcd	82 abc
Glyphosate	29 d	24 f	56 cde	52 cd
Imazaquin	7 e	3 gh	57 de	56 cd
Imazethapyr	6 e	6 g	39 e	39 d
Linuron	5 ef	6 g	78 abcd	81 abc
Napropamide	2 efg	1 gh	1 g	1 ef
Oxadiazon	34 d	35 ef	59 bcde	53 cd
Paraquat	59 c	48 de	77 abcd	62 abc
Paraquat + diuron	78 b	71 bc	91 abc	95 ab
Testemunha infestada	0 g	0 h	0 g	0 f
Testemunha capinada	100 a	100 a	100 a	100 a
C.V. (%)	16,6	20,4	21,4	21,6

* – Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem significativamente pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade.

¹ – Época da avaliação em dias após tratamento.

² – Níveis de dano: 100% morte total das plantas daninhas 0% sem danos aparentes

espécie.

De uma maneira geral, os resultados obtidos no controle de *Amaranthus deflexus* não se assemelham àqueles apresentados por LORENZI (1994). O principal motivo para isto foi, provavelmente, a remoção da parte aérea desta espécie por ocasião do corte da forragem, realizado 2 dias antes da aplicação dos herbicidas. Por outro lado, para alguns dos tratamentos herbicidas, a ação pode ter sido insatisfatória devido ao estágio de desenvolvimento das plantas daninhas ser muito tardio para alcançar efeito eficiente. Geralmente, para a maioria dos herbicidas com atividade seletiva em pós-emergência, requer-se o tratamento das plantas daninhas numa fase jovem e, portanto, suscetível. Entretanto, com *Richardia brasiliensis* que apresenta hábito de crescimento mais prostrado, constatou-se menor remoção da parte aérea, observando-se aos 20 DAT que diuron, flumetsulam, linuron, paraquat e paraquat + diuron a controlaram em níveis superiores a 70%, não se diferenciando da testemunha capinada. Desses tratamentos, apenas paraquat aos 28 DAT apresentou controle inferior à testemunha capinada (Tabela 4).

Matéria seca de plantas daninhas

Os herbicidas imazethapyr, flumetsulam e paraquat + diuron proporcionaram os melhores resultados no controle das plantas daninhas no primeiro corte, dife-

renciando-se da testemunha infestada e mostrando participação na forragem total colhida inferior a 2,2%, valor este obtido com imazethapyr ao se comparar o total colhido de 806 kg de M.S./ha com os 18 kg de M.S./ha de plantas daninhas, (Tabelas 3 e 5).

No segundo corte, exceção aos herbicidas clomazone e oxadiazon, todos os demais compostos foram eficientes e não se diferenciaram da testemunha capinada.

Já no terceiro corte não se observaram diferenças significativas, provavelmente pela heterogeneidade na ocorrência das plantas daninhas entre as parcelas, o que proporcionou um elevado coeficiente de variação. Nessa ocasião, constata-se que, em valores absolutos, os tratamentos testemunha capinada, diuron e paraquat+diuron foram os que mostraram menores pesos para infestantes. No último corte, realizado 182 dias após a aplicação dos herbicidas, a participação das plantas daninhas no material colhido foi, em média, inferior a 2,3% do total, (Tabelas 3 e 5). Os resultados obtidos nos quatro cortes com os tratamentos flumetsulam, diuron e paraquat + diuron relacionam-se com as observações dos níveis de controle efetuadas aos 28 DAT. Já imazethapyr apresentava nessa ocasião níveis muito baixos, que não se relacionaram posteriormente com os resultados de matéria seca total das plantas daninhas.

O herbicida paraquat, apesar dos níveis de contro-

TABELA 5 – Matéria seca de plantas daninhas presente em alfafa, tratada com herbicidas após o corte, EEA/UFRGS, Eldorado do Sul, RS, 1993/94

Tratamentos	Datas de corte das plantas				Total
	21/02/94 (54 DAT)	22/03/94 (83 DAT)	16/05/94 (138 DAT)	28/06/94 (181 DAT) ¹	
	-----kg/ha-----				
Bentazon	105 bc	50 ab	150	20	325
Clomazone	85 abc	83 bc	42	10	220
Chlorimuron	45 ab	49 ab	48	18	160
Diuron	42 ab	25 a	19	7	93
Flumetsulam	16 a	54 ab	24	15	110
Glyphosate	47 ab	22 a	96	12	177
Imazaquin	44 ab	30 a	59	19	152
Imazethapyr	18 a	32 a	39	15	104
Linuron	77 abc	35 ab	121	14	247
Napropamide	137 c	41 ab	40	12	230
Oxadiazon	63 abc	102 c	54	7	226
Paraquat	64 abc	62 abc	230	18	374
Paraquat + diuron	21 a	26 a	13	9	69
Testemunha capinada	11 a	13 a*	11	3	38
Testemunha infestada	83 b	62 abc	52	12	209
C.V. (%)	84,7	62,5	178,6 NS	70,1 NS	82 NS

* - Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem significativamente pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade.

¹ - Dias após tratamento

le aparente alcançados até os 28 DAT (Tabela 4), foi o tratamento que permitiu maior reinfestação por plantas daninhas. Este resultado pode estar associado à ação de contato do herbicida e à fitotoxicidade causada à alfafa, causando morte de folhas e hastes, o que reduziu a capacidade competitiva da cultura, aliado à ausência de efeito residual no solo.

CONCLUSÕES

Os herbicidas paraquat + diuron, imazethapyr e flumetsulam, aplicados após o corte da alfafa, são aqueles que apresentam melhor desempenho quando são avaliados conjuntamente os parâmetros, controle de plantas daninhas dicotiledôneas, seletividade à cultura e rendimento de forragem.

BIBLIOGRAFIA CITADA

- ASKARIAN, M.; HAMPTON, J. G.; HARRINGTON, K. C. Control of weeds, and particularly white clover (*Trifolium repens* L.), in lucerne (*Medicago sativa* L.) grown for seed production. *Journal of Applied Seed Production*, Palmerston North, v.11, p.51-55, 1993.
- CAMARGO, M. N.; KLAMT, E.; KAUFFMAN, J. H. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. *Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo*, v.12, n.1, p.11-33, 1987.
- COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO - RS/SC. Re-
- comendações 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. 128p.
- CORDS, H. P. Weeds and alfalfa hay quality. *Weed Science*, Champaign, v.21, n.5, p.400-401, 1973.
- DAWSON, J. H.; RINCKER, C. M. Weeds in new seedlings of alfalfa (*Medicago sativa* L.) for seed production competition and control. *Weed Science*, Champaign, v.30, n.1, p.20-35, 1982.
- DELGADILLO, J.; LAZARTE, L. Control de malezas em producción de semilla de alfalfa (*Medicago sativa* L.). *Periódico Forrages y Semillas Forrajeras*. Cochabamba, v.8, p.3-6, 1989.
- DUTT, T. E.; HARVEY, R. G.; FAWCETT, R. S.; et al. Forage quality and animal performance as influenced by quackgrass (*Agropyron repens*) control in alfalfa (*Medicago sativa* L.) with pronamide. *Weed Science*, Champaign, v.27, n.1, p.127-132, 1979.
- GREEN, J. M. Herbicide antagonism at the whole plant level. *Weed Technology*, Champaign, v.3, n. 2, p.217-226, 1989.
- LORENZI, H. (Coord.). **Manual de identificação e controle de plantas daninhas: plantio direto e convencional**. 4. ed. Nova Odessa: Plantarum, 1994. 336p.
- MALIK, N.; BOWES, G. G.; WADDINGTON, J. Residual herbicides for weed control in established alfalfa (*Medicago sativa*) grown for seed. *Weed Technology*, Champaign, v.7, n. 2, p.483-490, 1993.
- MARTEN, G. C.; SHEAFFER, C. C.; WYSE, D. L. Forage nutritive value and palatability of perennial weeds.

- Agronomy Journal**, Madison, v.79, n.6, p.980-986, 1987.
- PETERS, E. J.; LINSKOTT, D. L. Weeds and weed control. In: **Alfalfa and alfalfa improvement**. Madison: Academic Press; American Society of Agronomy, 1988. p.705-717. (Agronomy, 29).
- TAYLOR, A. J. Influence of weed competition on autumn-sown lucerne in South-eastern Australia and the field comparison of herbicides and mowing weed control. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, East Melbourne, v.27, n.6, p.825-832, 1987.
- WADDINGTON, J. The effects of weed control practices on alfalfa forage quality. In: **INTERNATIONAL GREEN CROP DRYING CONGRESS, 2.**, 1978, Saskatchewan. **Proceedings...** Saskatchewan. p.130-137, 1978.
- WILSON, R. Effect of imazethapyr on legumes and the effect of legumes on weeds. **Weed Technology**, Champaign, v.8, n.3, p.536-540, 1994.

SEÇÃO: VETERINÁRIA

RESPOSTA IMUNE DE BOVINOS REVACINADOS COM VACINAS ANTIAFTOSA OLEOSAS COM E SEM ANTÍGENOS CONCENTRADOS POR HIDRÓXIDO DE ALUMÍNIO¹

SYLIO ALFREDO PETZHOLD², JOSÉ ANTÔNIO PIRES PRADO³, PAULO ESTANISLÁO RECKZIEGEL², JOÃO CARLOS FREITAS TELXEIRA³, VERA BEATRIZ WALD⁴

RESUMO – A resposta imune induzida por três diferentes vacinas antiaftosa oleosas foi comparada em bovinos revacinados. As vacinas utilizadas foram: 1) vacina oleosa referência (VOR) sem hidróxido de alumínio; 2) VOR com hidróxido de alumínio (VOAl) e 3) vacina oleosa com antígeno 10 vezes concentrado por hidróxido de alumínio (VO10x). Cada vacina experimental foi aplicada em um grupo de 9 bovinos, recebendo cada animal a dose de 5 ml por via intramuscular. Os anticorpos neutralizantes induzidos pelas vacinas foram quantificados através de testes de vírus neutralização (VN) aos 30, 90, 180, 360 e 450 dias pós-revacinação (DPR). Aos 450 DPR os bovinos foram inoculados com o vírus O₁ Campos para avaliar a proteção à generalização pódal (PGP) conferida pelas vacinas. A concentração do antígeno 10 vezes, a adição de hidróxido de alumínio, ou mesmo a soma destes dois fatores não foram suficientes para caracterizar diferença significativa ($P > 0,05$) entre as três formulações avaliadas.

Palavras-chave: imunologia, bovino, febre aftosa, hidróxido de alumínio, vacina oleosa.

IMMUNE RESPONSE IN REVACCINATED CATTLE WITH FOOT-AND-MOUTH DISEASE OIL VACCINES WITH OR WITHOUT ALUMINUM HYDROXIDE ANTIGEN CONCENTRATION

ABSTRACT – The immune response of three different formulations of foot-and-mouth disease (FMD) oil adjuvanted vaccines in revaccinated cattle was compared. The vaccines used were: 1) standard oil vaccine (VOR) without aluminum hydroxide (HAl); 2) VOR with HAl (VOAl) and 3) oil vaccine containing antigen ten times concentrated by aluminum hydroxide (VO10x). Each vaccine was used in a group of 9 animals, and each animal received a dose of vaccine (5 ml) via intramuscular route. Neutralizing antibodies were evaluated by virus neutralization tests (VN) at days 30, 90, 180, 360 and 450 post-revaccination (DPR). At 450 DPR all groups were challenged with O₁ Campos strain to evaluate protection against generalization (PG) induced by the vaccines. The aluminum hydroxide included in VOR; the antigen concentrating (10x) or the antigen concentration (10x) plus the addition of HAl was not enough to characterize significant difference ($P > 0.05$) between the three vaccine formulations evaluated.

Key words: immunology, cattle, foot-and-mouth disease, aluminum hydroxide, oil vaccine.

INTRODUÇÃO

A Febre Aftosa (FA) é uma enfermidade vesicular, infecto-contagiosa, que afeta os animais biungulados e tem como agente etiológico o vírus da febre aftosa

(VFA), pertencente à família *Picornaviridae*, gênero *Aftovirus* (TALBOT e BROWN, 1972; COOPER et al., 1978). A FA causa graves perdas diretas e indiretas à comunidade rural e a todos os segmentos a ela relacionados, com conseqüente impacto político e sócio-eco-

1. Parte da tese apresentada no CONGRESSO DE MEDICINA VETERINÁRIA DO CONE SUL, 1., 1994.

2. Méd. Vet., M.Sc. – FEPAGRO/CPVDF, Estrada Municipal do Conde 6000, 92990-000 Eldorado do Sul – RS/BRASIL.

3. Biól. – FEPAGRO/CPVDF.

4. Méd. Vet., M.Sc. – Profª da Faculdade de Veterinária da Universidade Federal do Rio Grande de Sul, Av. Bento Gonçalves 9090, 91540-000 Porto Alegre – RS/BRASIL.

Recebido para publicação em 28/04/1997.

nômico negativo. Os efeitos danosos refletem-se na produção animal e na economia de uma maneira geral, devido aos bloqueios, restrições comerciais, aviltamento de preços e ações políticas, atingindo desta forma a comercialização nacional e internacional de animais, seus produtos e subprodutos.

As vacinas constituem-se em uma das grandes estratégias para o controle e erradicação de enfermidades infecciosas (BROWN, 1984; CASAS OLASCOAGA et al., 1988), principalmente quando associadas a medidas sanitárias adequadas. Em 1937, na Alemanha, surgiu a primeira vacina eficaz contra a FA, denominada vacina de Schmidt-Waldmann (WALDMANN et al., 1937); era uma vacina aquosa, utilizando o hidróxido de alumínio como adjuvante. Em 1963 foi elaborada a primeira vacina antiaftosa oleosa (CUNLIFFE e GRAVES, 1963), que desde o início de sua utilização, mostrou-se superior às vacinas aquosas constituídas por adjuvante a base de hidróxido de alumínio associado ou não à saponina (RIVENSON et al., 1972; AUGÉ DE MELLO et al., 1975; BARTELING e VREESWIJK, 1991).

O hidróxido de alumínio foi utilizado para concentrar antígenos destinados a vacinas antiaftosa oleosas (VO), que foram avaliadas em diferentes espécies animais e analisadas sob diversos aspectos como: diferentes proporções entre fase oleosa e fase aquosa; distintas concentrações de antígeno ou ainda com doses reduzidas (SÓLYOM et al., 1977; RIVENSON et al., 1982; ABARACÓN et al., 1982,a; ABARACÓN et al., 1982,b; MARCOVECCHIO et al., 1983). Estes experimentos tiveram por objetivos: comparar adjuvantes, concentrar vírus, reduzir a dose vacinal e avaliar a melhor proporção entre fases aquosa e oleosa, havendo em alguns casos a "sugestão" de efeito sinérgico entre o hidróxido de alumínio e o vesículo oleoso. Não ficou devidamente esclarecido se a concentração do antígeno por hidróxido de alumínio influi na eficácia da VO para bovinos quando utilizada a dose usual de 5 ml.

Em um experimento anterior, PETZHOLD et al. (1996) constataram que em bovinos primovacinais com vacinas antiaftosa oleosas, a concentração do antígeno em 10 vezes ou a adição do hidróxido de alumínio na VO não incrementaram significativamente os índices de anticorpos neutralizantes detectados. Por outro lado a concentração do antígeno em 10 vezes associada à adição de hidróxido de alumínio incrementou significativamente o título de anticorpos neutralizantes detectados.

Este estudo avaliou três VO experimentais para verificar a influência das variáveis presença de HAI, concentração antigênica ou ação simultânea destes dois fatores, na indução da resposta imune de bovinos revacinados. Assim o presente experimento dá seqüência aos anteriormente citados visando determinar o efeito de diferentes formulações da VO em bovinos revacinados.

MATERIAL E MÉTODOS

Local

Os experimentos a campo e provas laboratoriais foram executados no Centro de Pesquisa Veterinária Desidério Finamor (CPVDF) - Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária (FEPAGRO) - Secretaria da Ciência e Tecnologia - RS/Brasil. A prova de Proteção à Generalização Podal (PGP) foi executada pelo Ministério da Agricultura - LARA - Porto Alegre.

Animais

Revacinaram-se bovinos oriundos do rebanho do CPVDF, com 21 a 30 meses de idade, utilizados à primovacinação por PETZHOLD et al. (1996).

Vírus

As amostras de vírus utilizadas para a elaboração das vacinas experimentais e para as provas de vírus neutralização foram: O₁ Campos-Brasil/58, A₂₄ Cruzeiro-Brasil/55, A Venceslau-Brasil/76 e C₃ Indaial-Brasil/71 (ALONSO FERNÁNDEZ et al., 1981).

Vacinas

Utilizaram-se as mesmas vacinas experimentais aplicadas por PETZHOLD et al. (1996) para a avaliação dos animais primovacinais. Vacina 1: vacina oleosa referência (VOR); vacina 2: VOR com hidróxido de alumínio (VOAl) e vacina 3: vacina oleosa com antígeno 10 vezes concentrado por hidróxido de alumínio (VO10x). A vacina 2 diferenciava-se da 1 pela presença do hidróxido de alumínio; a vacina 3 diferenciava-se da 2 por utilizar uma concentração antigênica 10 vezes maior e, diferenciava-se da 1 por conter concomitantemente hidróxido de alumínio e antígeno 10 vezes concentrado.

Vacinações

Ao acaso, separaram-se os animais em três grupos de nove, reservando-se um tipo de vacina para cada grupo; cada bovino foi vacinado individualmente com uma dose de 5 ml, por via intramuscular profunda no terço cranial do pescoço e revacinado, com a mesma vacina utilizada na primovacinação, aos 180 dias pós vacinação (DPV).

Coletas de Sangue

Os animais foram sangrados aos 30, 90, 180, 360 e 450 dias pós revacinação (DPR) para a obtenção de soro. Em todas estas amostras, foi pesquisada a presença de anticorpos anti VIA, proteína associada à infecção viral (ALONSO FERNÁNDEZ et al., 1984).

Imunidade Conferida

Acompanhou-se a indução, duração e queda dos níveis de anticorpos circulantes estimulados pelas três vaci-

nas experimentais. Quantificaram-se estes anticorpos frente aos vírus utilizados na produção das vacinas, por vírus neutralização (VN), através da prova de microneutralização (FERREIRA, 1976), calculando-se seus índices pelo método de Spearman-Kärber apud OPS (1987). As avaliações das diferentes vacinas foram efetuadas levando-se em conta os índices de VN dos soros frente a todas as amostras de vírus (O₁ Campos, A₂₄ Cruzeiro, A Venceslau e C₃ Indaial), em todos os tempos de sangria, ou seja, aos 30, 90, 180, 360 e 450 DPR. Aos 450 DPR conferiu-se a eficácia das vacinas experimentais através da PGP (VIANNA FILHO et al., 1993), desafiando-se os animais frente ao vírus O₁ Campos.

Delineamento Experimental

Para cada vacina (VOR; VOAI; VO10x) foram sorteados 9 animais. As diferentes amostras de soro de cada animal foram avaliadas quanto a níveis de anticorpos circulantes, frente aos quatro subtipos de vírus já citados. Utilizou-se o delineamento em parcela subdividida, sendo considerada como parcela principal as vacinas e subparcelas os tempos de sangria.

Análise Estatística

Os índices de VN obtidos são apresentados através da média aritmética e desvio padrão. Para fins de análise estatística, foram transformados em $1/\sqrt{y}$, com o objetivo de diminuir a heterogeneidade da variância e assimetria da distribuição dos dados.

A análise dos índices de VN foi feita empregando-se o Modelo Linear Generalizado de acordo com o seguinte modelo matemático:

$$Y_i = \mu + V_i + B_j(i) + \delta_{ij} + T_k + VT_{ik} + e_{ijk}$$

onde:

Y = índice de VN.
 μ = média geral da característica na população.

TABELA 1 – Proteção à Generalização Podal (PGP) de bovinos revacinados com três vacinas antiaftosa oleosas experimentais frente ao vírus O₁ Campos aos 450 dias pós-revacinação

VACINA	n	PROTEGIDOS	
		n	%
VOR ¹	9	3	33,33
VOAI ²	9	3	33,33
VO10x ³	8	6	75,00

$$\chi^2 = 3,87 \quad GL = 2 \quad P = 0,144$$

¹ VOR = Vacina oleosa referência

² VOAI = Vacina oleosa com hidróxido de alumínio

³ VO10x = Vacina oleosa com antígeno 10 vezes concentrado por hidróxido de alumínio.

V_i = efeito das vacinas.

B_j(i) = efeito dos bovinos dentro de cada vacina.

δ_{ij} = erro pela variação dos bovinos dentro das vacinas.

T_k = efeito dos dias.

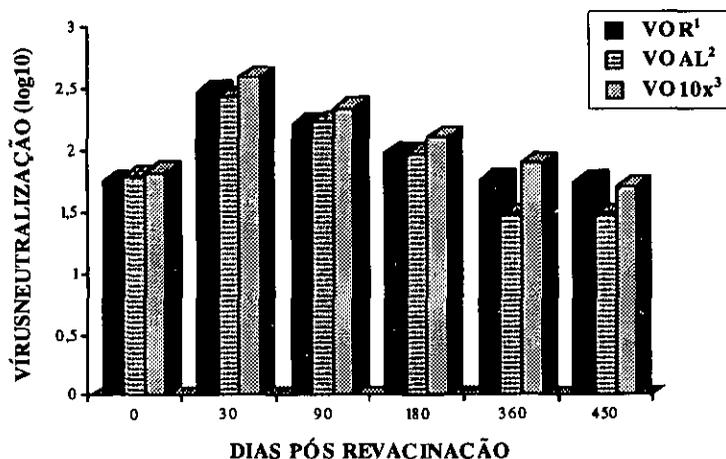
VT_{ik} = efeito da interação das vacinas com os dias.

e_{ijk} = erro experimental (aleatório).

Aos 450 DPR realizaram-se as provas de PGP, utilizando-se o teste do qui-quadrado para comparar as vacinas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os títulos de anticorpos induzidos pelas vacinas, à revacinação, medido pelos índices de VN estão apresentados na Figura 1. Durante o período do experimento (30 DPR a 450 DPR) não se evidenciou diferença



¹ VOR = vacina oleosa referência.

² VOAI = vacina oleosa com hidróxido de alumínio.

³ VO10x = vacina oleosa com antígeno 10 vezes concentrado por hidróxido de alumínio.

FIGURA 1 – Índices de virusneutralização de bovinos revacinados com vacinas antiaftosa oleosas experimentais com e sem antígenos concentrados por hidróxido de alumínio

significativa ($P > 0,05$) entre as três vacinas testadas.

Ao longo do experimento foi pesquisada a presença de anticorpos anti VIA nos soros de todos os animais, não sendo detectada a sua presença.

O Anexo I, ao final, fornece os valores que deram origem a Figura 1.

A Tabela 1 contém os resultados obtidos com as VO experimentais, expressados através da PGP aos 450 DPR. Após a agressão dos bovinos com o vírus O₁ Campos, não foi constatada diferença significativa entre as vacinas.

No presente experimento, em animais revacinados, não foi observada diferença significativa entre os índices de VN induzidos pelas três VO utilizadas ($P > 0,05$), ao contrário do observado por PETZHOLD et al. (1996) em animais primovacinaos onde constatou-se diferença significativa entre as respostas induzidas pela VOR e VO10x, indicando que a concentração do antígeno 10 vezes e a concomitante presença do hidróxido de alumínio incrementam significativamente o título de anticorpos neutralizantes de bovinos primovacinaos com vacinas antiaftosa oleosas.

As provas de PGP realizadas aos 450 DPR também não evidenciaram diferença estatisticamente significativa ($P > 0,05$) entre as VO, apesar da VO10x ter protegido 6 de 8 bovinos e as demais VO terem protegido 3 de 9 bovinos. Neste caso, deve ser considerada a variabilidade estatística das PGP, a qual poderia ser reduzida utilizando-se um número maior de animais. Em FA, a imunidade é devida principalmente aos anticorpos neutralizantes (PARKHOUSE, 1993; ZAMORANO e SADIR, 1994), o que permite sugerir que os índices de VN aqui obtidos constituem-se em um forte indicativo de que a repetição das PGP com maior número de animais confirmará o resultado já observado.

A resposta secundária frente a um estímulo antigênico é mais rápida e mais intensa do que a resposta primária (ABBAS et al., 1991), situação também observada com vacinas antiaftosa (PAY, 1973; BERGER et al., 1975; PIADC e CPFA, 1975; AUGÉ DE MELLO et al., 1975; AUGÉ DE MELLO e GOMES, 1977; BLACK et al., 1984).

PAY (1973), BERGER et al. (1975) e AUGÉ DE MELLO et al. (1989) demonstraram, em bovinos vacinados contra a FA, que mesmo com imunógenos de baixa qualidade podem ser obtidos sensibilização e efeito "booster" satisfatórios, evidenciando que pequenas massas antigênicas são capazes de promover a sensibilização necessária para uma boa resposta secundária.

Em concordância com os autores acima citados, PAY (1984) e BLACK et al. (1984) sugeriram que a sensibilização chega a níveis de saturação com doses antigênicas muito baixas, que segundo RWEYEMAMU et al. (1984) oscilam entre 0,042 µg e 0,254 µg.

As observações supracitadas compatibilizam-se

com a explicação de ABBAS et al. (1991), segundo a qual a resposta primária é resultante da ativação de células B sem qualquer estímulo prévio, enquanto que a resposta secundária é originada pela estimulação de clones expandidos de células de memória, cujas imunoglobulinas de membrana têm afinidade aumentada pelo antígeno sensibilizador (maturação de afinidade) o que explica porquê as "doses ótimas de antígeno" necessárias ao estímulo anamnésico são menores.

No presente experimento, todas as amostras de vírus utilizadas nas vacinas continham uma massa antigênica superior a 2 µg por dose. Tendo em vista a dose de antígeno utilizada, considerou-se que todos os bovinos receberam uma quantidade de imunógeno suficiente para sensibilizá-los de maneira similar. Como consequência tiveram uma boa resposta secundária, dificultando mais do que nos primovacinaos a constatação de diferenças nestas respostas.

Em bovinos revacinados, os experimentos de RWEYEMAMU et al. (1984), BLACK et al. (1984) e McKERCHER et al. (1985) mostraram uma ausência de relação entre dose de antígeno e níveis de anticorpos neutralizantes, ao aplicar-se imunobiológicos com pequenas variações entre massas antigênicas. Esta relação somente tornou-se evidente após a aplicação de massas antigênicas com grandes diferenças (mais de 100 vezes). Tais constatações coincidem com as observações de INTA e PIADC (1978) que não detectaram diferença significativa no grau de proteção induzido por vacinas com antígeno 1 vez e 20 vezes concentrado.

Nas condições de trabalho de PAY e PARKER (1977), RWEYEMAMU et al. (1982), RWEYEMAMU et al. (1984), PAY (1984), PAY e HINGLEY (1987), aos 21 DPV cada log. 10 de massa antigênica correspondeu a uma alteração no índice de anticorpos neutralizantes aproximada aos 0,50 log. 10. Já entre os 14 e 30 DPR, BLACK et al. (1984) encontraram uma correspondência em torno de 0,30 log. 10. Com base nestes dados, ibidem, sugeriram que a resposta anamnésica é menos dependente da dose de antígeno do que a resposta primária.

As observações dos autores supracitados são compatíveis com os resultados ora obtidos, onde não se evidenciou diferença estatisticamente significativa entre as respostas secundárias induzidas pelas diferentes VO utilizadas. Em síntese, as obras aqui citadas indicam que a resposta secundária é mais sensível, mais rápida, mais intensa e menos variável do que a resposta primária. A estes fatos atribuiu-se a equivalência das respostas imunes induzidas, em bovinos revacinados, pelas VOR, VOAl e VO10x. A pequena concentração antigênica da VO10x em relação a VOR e VOAl foi provavelmente um fator que contribuiu para a observação dos presentes resultados.

Constatou-se que os índices de VN obtidos pelas

VOR e VOAI foram quase idênticos ao longo do período de acompanhamento da revacinação (450 dias). Igualmente aos 450 DPR as PGP das VOR e VOAI foram iguais. Verificou-se, portanto, que o efeito aditivo de poder adjuvante entre o hidróxido de alumínio e o veículo oleoso, ao contrário do observado na primovacinação, em nenhum momento foi sugestivo. Isto indica que nas presentes condições, em bovinos revacinados, o referido efeito não ocorreu ou tornou-se imperceptível após a sensibilização prévia.

Neste caso, a fraca ou possível ausência na soma de ações entre os adjuvantes constitui-se em mais uma

ção antigênica similar em todos os animais; 2) menor variabilidade da resposta secundária dos bovinos em relação a resposta primária; 3) concentração antigênica insuficiente (10 vezes) para induzir títulos de anticorpos neutralizantes que caracterizem diferença estatística e 4) a ausência de efeito aditivo perceptível entre o HAI e o adjuvante oleoso em bovinos revacinados.

CONCLUSÕES

Concluiu-se que, em bovinos revacinados com vacinas antiaftosa oleosas:

- 1) A concentração do antígeno 10 vezes, a adição

Anexo I

Índices de virusneutralização (log. 10) de bovinos revacinados, obtidos com vacinas oleosas experimentais elaboradas com os vírus O₁ Campos, A₂₄ Cruzeiro, A Venceslau e C₃ Indaial

VACINA	n	30 DPR ¹		90 DPR		180 DPR		360 DPR		450 DPR		TOTAL	
		\bar{y} ⁵	s	\bar{y}	s								
VOR ²	36	2,47	0,53	2,21	0,44	1,98	0,42	1,76	0,42	1,74	0,50	1,99	0,58
VOAI ³	36	2,43	0,64	2,24	0,51	1,97	0,39	1,48	0,34	1,48	0,45	1,97	0,58
VO10x ⁴	36	2,59	0,65	2,34	0,53	2,11	0,34	1,90	0,40	1,70	0,43	2,13	0,57

¹DPR = dias pós revacinação

²VOR = vacina oleosa referência.

³VOAI = vacina oleosa com hidróxido de alumínio.

⁴VO10x = vacina oleosa com antígeno 10 vezes concentrado por hidróxido de alumínio.

⁵Média geral dos índices de virusneutralização frente aos quatro vírus utilizados.

razão que, provavelmente, auxiliou para a analogia das respostas imunes secundárias induzidas pelas três VO utilizadas neste experimento.

Com relação ao local de aplicação das vacinas, no presente estudo não foram verificadas alterações perceptíveis, por observação externa, em nenhum bovino, o que vai ao encontro das constatações de ABARACÓN et al. (1982,a). Já RIVENSON et al. (1972), utilizando a via subcutânea constataram uma forte reação no ponto de inoculação da vacina, sugerindo ser possível diminuir esta reação utilizando-se uma dose menor, baixando a proporção de HAI ou diminuindo a percentagem de óleo mineral. RECKZIEGEL et al. (1994) observaram, em carcaças de bovinos, que as reações teciduais locais produzidas pela VO com HAI foram maiores do que as produzidas pela VO sem a presença deste gel. Assim, devido a possível intensificação de reações teciduais locais, provocadas pela adição de HAI em VO, recomenda-se que antes de seu uso, na espécie para a qual se destina, sejam feitos experimentos que avaliem o comportamento do gel utilizado e a proporção mais conveniente em relação ao adjuvante oleoso.

Para concluir, aqui sintetiza-se e agrupa-se as razões anteriormente citadas que podem ter contribuído para estes achados: 1) a obtenção de uma sensibiliza-

ção de hidróxido de alumínio ou ainda a ação concomitante destes dois fatores não incrementaram significativamente suas respostas imunes.

2) Não houve efeito aditivo perceptível entre o hidróxido de alumínio e o adjuvante oleoso.

BIBLIOGRAFIA CITADA

- ABARACÓN, D.; MESQUITA, J.A.; GIACOMETTI, H.; SALLÚA, S.; PÉREZ RAMA, R. Preparación de vacuna antiaftosa con adjuvante oleoso usando antígenos adsorbidos sobre hidróxido de alumínio. *Boletín Centro Panamericano de Fiebre Aftosa*, Rio de Janeiro, v. 45/46, p. 43-46, 1982,a.
- ABARACÓN, D.; MESQUITA, J.A.; SALLÚA, S.; PÉREZ RAMA, R. Emulsificante montanide 888 para preparación de vacuna antiaftosa con adjuvante oleoso. *Boletín del Centro Panamericano de Fiebre Aftosa*, Rio de Janeiro, v. 45/46, p. 51-53, 1982,b.
- ABBAS, A.K.; LICHTMANN, A.H.; POBER, J.S. *Cellular and molecular immunology*. Philadelphia: W. B. Saunders, 1991, cap. 9, p. 186-203.
- ALONSO FERNÁNDEZ, A.; SÖNDAHL, M.S.; GIACOMETTI, H.; FERREIRA, M.E.V. *Identification of foot-and-mouth disease via antibodies*. Rio de Janeiro: Centro Panamericano de Fiebre Aftosa, 1984. 31 p. (Manuales Tecnicos, 6).

- ALONSO FERNÁNDEZ, A.; VIANNA FILHO, Y.L.; DURINI, L.A.E.; SUTMÖLLER, P. Los virus de fiebre aftosa usados en la producción y control de vacunas en América del Sur. **Boletín del Centro Panamericano de Fiebre Aftosa**, Rio de Janeiro, v. 43/44, p. 21-28, 1981.
- AUGÉ DE MELO, P.; ASTUDILLO, V.; GOMES, I.; CAMPOS GARCIA, J.T. Aplicación en el campo de vacuna antiaftosa oleosa e inactivada: vacunación y revacunación de bovinos jóvenes. **Boletín del Panamericano de Fiebre Aftosa**, Rio de Janeiro, v. 19/20, p. 31-38, 1975.
- AUGÉ DE MELLO, P.; GOMES, I.; BAHNEMANN, H.G. La vacunación de bovinos jóvenes con una vacuna antiaftosa de adyuvante oleoso. **Boletín del Centro Panamericano de Fiebre Aftosa**, Rio de Janeiro, v. 55, p. 3-8, 1989.
- AUGÉ DE MELLO, P.; GOMES, I. Respuesta anamnésica en bovinos a la revacunación con vacuna antiaftosa con adyuvante oleoso. **Boletín del Centro Panamericano de Fiebre Aftosa**, Rio de Janeiro, v. 27/28, p. 49-54, 1977.
- BARTELING, S.J.; VREESWIJK, J. Developments in foot-and-mouth disease vaccines. **Vaccine**, Surrey, v. 9, p. 75-88, 1991.
- BERGER, J.; SCHERMBRUCKER, C.G.; PAY, T.W.F. The immune response obtained with quadrivalent FMD vaccines in kenyan cattle. **Bulletin Office International des Epizooties**, Paris, v. 83, n. 3/4, p. 327-336, 1975.
- BLACK, L.; RWEYEMAMU, M.; BOGE, A. Revaccination response of cattle as a function of the 140 S foot-and-mouth disease antigen dose. **Journal of Comparative Pathology**, Edinburgh, v. 94, n. 3, p. 417-424, 1984.
- BROWN, F. Synthetic viral vaccines. **Annual Review of Microbiology**, Palo Alto, v. 3, p. 221-235, 1984.
- CASAS OLASCOGA, R.; AUGÉ DE MELLO, P.; BERGMANN, I. Perspectivas para nuevas vacunas en América Latina y en el Caribe. **Boletín del Centro Panamericano de Fiebre Aftosa**, Rio de Janeiro, v. 54, p. 7-20, 1988.
- COOPER, P.D.; AGOL, V.I.; BACHRACH, H.L.; BROWN, F.; GHENDON, Y.; GIBBS, A.J.; GILLESPIE, J.H.; LONBERG-HOLM, K.; MANDEL, B.; MELNICK, J.L.; MOHANTY, S.B.; POVEY, R. C.; RUECKERT, R.R.; SCHAFFER, F. L.; TYRREL, D.A.J. Picornaviridae: second report. **Intervirology**, Basel, v.10, p.165-180, 1978.
- CUNLIFFE, H.R.; GRAVES, J.H. Formalin-treated foot-and-mouth disease virus: comparison of two adjuvants in cattle. **Canadian Journal of Comparative Medicine and Veterinary Science**, Ottawa, v. 27, p. 193-197, 1963.
- FERREIRA, M.E.V. Prueba de microneutralización para estudios de anticuerpos de la fiebre aftosa. **Boletín del Centro Panamericano de Fiebre Aftosa**, Rio de Janeiro, v. 21/22, p. 17-29, 1976.
- INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGIA AGROPECUARIA (INTA); CENTRO DE ENFERMEDADES ANIMALES DE PLUM ISLAND (PIADC). Vacuna antiaftosa con adyuvante oleoso: estudio cooperativo **Boletín del Centro Panamericano de Fiebre Aftosa**, Rio de Janeiro, v. 31/32, p. 29-34, 1978.
- MARCOVECCHIO, F.E.; RIVENSON, S.; BORCA, M.V.; GAGGINO, O. Selección de emulsiones por su poder inmunogénico contra la fiebre aftosa en cobayos. **Revista de Medicina Veterinaria**, Santiago do Chile, v. 64, n. 5/6, p. 337-339, 1983.
- McKERCHEER, P.D.; MOORE, D.M.; MORGAN, D.O.; ROBERTSON, B.H.; CALLIS, J.J.; KLEID, D.G.; SHIRE, S. J.; YANSURA, D.G.; DOWBENKO, D.; SMALL, B. Dose-reponse evaluation of a genetically engineered foot-and-mouth disease virus polypeptide immunogen in cattle. **American Journal of Veterinary Research**, Schaumburg, v. 46, n. 3, p. 587-590, 1985.
- ORGANIZACION PANAMERICANA DE LA SALUD; ORGANIZACION MUNDIAL DE LA SALUD; BANCO INTERAMERICANO DE DESARROLLO. **Producción, control de calidad y uso de vacunas con adyuvante oleoso contra la fiebre aftosa**. Washington D.C.: Terra Nova, 1987. 260 p.
- PARKHOUSE, R. M. E. **Foot-and-mouth disease virus: immunology and cell biology**. Compton: Institute for Animal Health, 1993. p. 91-92.
- PAY, T.W.F. The effect of the antigen dose on the immune responses following primary and secondary foot and mouth disease vaccination of cattle. **Foot and Mouth Disease Bulletin**, Surrey, v.12, p. 3, 1973.
- PAY, T.W. F. Factors influencing the performance of foot-and-mouth disease vaccines under field conditions. In: **Applied Virology**, 1984, p. 73-86.
- PAY, T.W.F.; HINGLEY, P.J. Correlation of 140 S antigen dose with the serum neutralizing antibody response and the level of protection induced in cattle by foot-and-mouth disease vaccines. **Vaccine**, Surrey, v. 5, p. 60-64, 1987.
- PAY, T.W.F.; PARKER, M.J. Some statistical and experimental design problems in the assessment of FMD vaccine potency. **Developments in Biological Standardization**, London, v. 35, p. 369-383, 1977.
- PETZHOLD, S.A.; PRADO, J.A.P.; RECKZIEGEL, P.E.; TEIXEIRA J.C.F.; WALD, V.B. Vacinas antiaftosa oleosas com e sem antígenos concentrados por hidróxido de alumínio: resposta imune de bovinos primovacinados. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, Porto Alegre, v. 2, n. 1, p. 111-118, 1996.
- PIADC (Plum Island Animal Disease Center); CPFA (Centro Panamericano de Fiebre Aftosa) Vacunas contra la fiebre aftosa. II. Estudios sobre la duración de la inmunidad en bovinos y porcinos. **Boletín del Centro Panamericano de Fiebre Aftosa**, Rio de Janeiro, v. 19/20, p. 17-23, 1975.
- RECKZIEGEL, P.E.; TEIXEIRA, J.C.F.; PETZHOLD, S.A.; PRADO, J.A.P.; SANTOS, D.; HILLEBRAND, G.; BECKER, A.S. Influência da via de inoculação da vacina antiaftosa no peso de carcaça de bovinos pluri-vacinados. In: CONGRESSO ESTADUAL DE MEDICINA VETERINÁRIA, 12., CONGRESSO DE MEDICINA VETERINÁRIA DO CONE SUL, 1., 1994, Porto Alegre. Sociedade de Veterinária do Rio Grande do Sul - SOVERGS, 1994. (Informação obtida durante a explanação do autor; dados não publicados disponíveis no CPVDF / FEPAGRO).
- RIVENSON, S.; IBARRA, O.; GAGGINO, O.P.; LAPORTE,

- O.; GARCIA OLANO, H.; PIZZI, J.C.; MARANGUNICH, L. Estudio comparativo con un nuevo tipo de vacuna antiaftosa oleosa en bovinos. **Revista de Investigaciones Agropecuarias**, Buenos Aires, Série 4, v. 9, n. 2, p. 53-80, 1972.
- RIVENSON, S.; MARCOVECCHIO, F.E.; ZABAL, O.; SADIR, A.M.; BORCA, M.V.; LAPORTE, O. Ensayos comparativos en cobayos y bovinos de una vacuna antiaftosa emulsionada con adyuvante oleoso sintético y hidróxido de aluminio. **Gaceta Veterinaria**, Buenos Aires, v. 44, n. 367, p. 74-83, 1982.
- RWEYEMAMU, M.M.; BLACK, L.; BOGE, A.; THORNE, A.C.; TERRY, G.M. The relationship between the 140 S antigen dose in aqueous foot-and-mouth disease vaccines and the serum antibody response of cattle. **Journal of Biological Standardization**, London, v.12, p.111-120, 1984.
- RWEYEMAMU, M.M.; BLACK, L.; NICHOLLES, M.J.; BSARAB, O.; O'REILLY, K.J. The response of cattle to FMD vaccination. In: CONFERENCE OF THE FOOT AND MOUTH DISEASE COMMISSION, 16., 1982, Paris. **Proceedings...** Paris: O.I.E., 1982. p. 383-396.
- SÓLYOM, F.; FAZEKAS, A.; CZELLENG, F.; MAKAR, A.; ROITH, J. Efficiency testing of foot-and-mouth disease vaccines prepared from strain "C" with different adjuvants. **Developments in Biological Standardization**, London, v. 35, p. 113-115, 1977.
- TALBOT, P.; BROWN, F. A model for foot-and-mouth disease virus. **Journal of General Virology**, London, v.15, p.163-170, 1972.
- VIANNA FILHO, Y.L.; ASTUDILLO, V.; GOMES, I.; FERNÁNDEZ, G.; ROZAS, C.E.E.; RAVISON, J. A.; ALONSO, A. Potency control of foot-and-mouth disease vaccine in cattle: comparison of the 50% protective dose and protection against generalization. **Vaccine**, Surrey, v.11, n.14, p.1424-1428, 1993.
- WALDMANN, O.; KOBE, Z.; PYL, G. Die aktive immunisierung des rindes gegen maul-und-klauenseuche mittels formolimpfstoff. **Zentralblatt für Bakteriologie, Parasitenkunde und Infektionskrankheiten**, Stuttgart, v.138, p. 401-412, 1937.
- ZAMORANO, P. I.; SADIR, A. M. Nuevas vacunas contra el virus de la fiebre aftosa. **Revista de Medicina Veterinaria**, Buenos Aires, v. 75, n. 5, p. 340-346, 1994.

SEÇÃO: ZOOTECNIA

AUMENTO DO RENDIMENTO DE GRÃOS E DE MASSA VERDE DE MILHO PARA SILAGEM PELA APLICAÇÃO DE NITROGÊNIO

PAULO ROBERTO ERNANI¹, JOÃO ANTÔNIO LOPES DO NASCIMENTO², ÉDISON GOMES DE FREITAS²

RESUMO – O presente trabalho objetivou avaliar o efeito da aplicação de N no rendimento de grãos e de massa verde (MV) de milho para silagem. O experimento foi conduzido em Lages, de 1992 a 1995, num Latossolo bruno com 42 g/kg de MO, que vinha sendo cultivado há onze anos. As doses de N (0, 40, 80, 120 e 160 kg/ha) foram aplicadas sobre a superfície do solo, na forma de uréia, 1/3 na semeadura e o restante 45 dias após. O rendimento de milho (grãos ou massa verde) aumentou com a aplicação de N em todas as safras. Na análise conjunta dos anos, o rendimento máximo de grãos (7,5 t/ha) e de MV para silagem (51,1 t/ha) foi obtido pela adição de 102 e 131 kg/ha de N respectivamente; o incremento no rendimento ocasionado pelo N foi, entretanto, de apenas 23 e 15% respectivamente.

Palavras-chave: nitrogênio, milho, silagem

YIELD INCREASE OF GRAIN AND SILAGE CORN DUE TO NITROGEN FERTILIZATION

ABSTRACT – This study aimed to evaluate the effect of N addition on corn yield produced for grain and for silage. The experiment was conducted in Lages, Southern Brazil, from 1992 to 1995, in an Oxisol with 42 g/kg of organic matter, previously cropped for eleven years. Nitrogen rates (0, 40, 80, 120, and 160 kg/ha) were applied annually, as urea, over the soil surface, split (1/3 + 2/3) respectively at planting time and 45-days after. Corn yield (grain and green matter) increased with increases on N applied in all years. The amount of N necessary to promote maximum yield either for grain (7.5 t/ha) or for green matter for silage (51.1 t/ha) was 102 and 131 kg/ha respectively. Yield increment due to N addition was, however, only 23 and 15% respectively.

Key words: nitrogen, corn, silage

INTRODUÇÃO

A quantidade de N a ser aplicada ao solo depende da exigência de cada cultura e do balanço entre as reações de mineralização e de perdas de N no solo (imobilização, volatilização, lixiviação, etc).

A mineralização da matéria orgânica (MO) é afetada pelo substrato orgânico, pelas condições físicas e químicas do solo, e pela atividade dos microorganismos. A quantidade de N mineralizada é influenciada, portanto, pelo teor e grau de estabilidade da MO (POTTKER e TEDESCO, 1979) e de resíduos de culturas anteriores, pela relação C/N (HEINZMANN, 1985; AULAKH

et al., 1991), composição bioquímica (SCHOMBERG et al., 1994; QUEMADA e CABRERA, 1995) e origem (KLAUSNER et al., 1990; AULAKH et al., 1991; SCHOMBERG et al., 1994; MCKENNEY et al., 1995) dos resíduos culturais, pelos sistemas de cultura (TEIXEIRA et al., 1994; LORY et al., 1995) e de preparo de solo utilizados (DOU et al., 1995), e pela incorporação ou não desses resíduos com o solo (AULAKH et al., 1991; SCHOMBERG et al., 1994). A atividade dos microorganismos do solo é afetada principalmente pelo pH, umidade (SCHOMBERG et al., 1994), e temperatura do solo (SCHOMBERG et al., 1994; FISK e SCHMIDT, 1995). Como muitos desses fatores

1. Eng. Agr., Ph.D. - Prof. do curso de Agronomia da UDESC, Caixa Postal 281, 88502-970 Lages-SC/BRASIL. Bolsista do CNPq.

2. Eng. Agr., M.Sc. - Pesquisador da EPAGRI, Caixa Postal 181, 88502-970 Lages - SC/BRASIL.

Recebido para publicação em 26/08/1996.

interagem, a quantidade de N liberada do solo para as plantas é muito variável (TEIXEIRA et al., 1994; FISK e SCHMIDT, 1995) e difícil de ser estimada (FISK e SCHMIDT, 1995).

Vários modelos e índices químicos tem sido avaliados para prever a quantidade de N liberada a partir da matéria orgânica do solo (SMITH e STANFORD, 1971; STANFORD e SMITH, 1978; O'KEEFE et al., 1986; SMITH et al., 1994). Esses modelos ou índices ainda não geraram resultados práticos que contemplem diferentes situações de lavoura principalmente porque ocorrem muitas reações com o N no solo a curto e médio prazo. As quantidades de N recomendadas para cada região, espécie vegetal, tipo e intensidade de uso do solo, nível tecnológico, sistema de cultivo, e expectativa de produtividade, continuam sendo obtidas, portanto, através de curvas de resposta, em experimentos de campo.

O presente trabalho objetivou avaliar o efeito da aplicação de N ao solo no rendimento de milho, destinado à produção de grãos ou de massa verde para silagem, num solo com médio teor de MO que vinha sendo cultivado durante onze anos na região do planalto catarinense.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no município de Lages (SC), durante três safras agrícolas (1992/1993 a 1994/1995), sobre um Latossolo bruno que vinha sendo cultivado nos últimos onze anos com milho ou com pastagem perene. O solo da área experimental apresentava pH-H₂O = 5,1; P-Mehlich = 2,9 mg/kg; K = 54 mg/kg; MO = 42 g/kg; Al trocável = 0,9 cmol_c/kg; e Ca + Mg = 7,4 cmol_c/kg.

Os tratamentos consistiram de doses crescentes de N: 0, 40, 80, 120 e 160 kg/ha. O N foi aplicado anualmente, na forma de uréia, sendo 1/3 na semeadura e o restante aproximadamente 45 dias após, sobre a superfície do solo, sem incorporação.

Fósforo e K foram incorporados em todas as unidades experimentais até a profundidade de 10-12 cm, pela passagem de enxada rotativa, por ocasião do preparo do solo para a semeadura. Utilizou-se, anualmente, o equivalente a 100 kg/ha de P₂O₅, e 100 ou 150 kg/ha de K₂O respectivamente nas parcelas destinadas à produção de grãos e de silagem.

Usou-se a cultivar Agrocere 303 em todas as safras, sempre semeada na segunda quinzena do mês de novembro. As unidades experimentais mediam 5,0 x 6,0 m e nelas o milho foi semeado em fileiras, distanciadas de 1,0 m nas subparcelas com milho para grãos, e de 0,7 m naquelas com milho para silagem, perfazendo uma população aproximada, após o desbaste, de 5x10⁴ e de 7x10⁴ plantas/ha respectivamente. Usou-se quatro repetições por tra-

tamento, distribuídas no delineamento experimental de blocos ao acaso, com parcelas subdivididas.

Para constituir a área útil de cada parcela (12 m² para grãos e 14,4 m² para silagem), descartou-se um metro em cada extremidade das linhas centrais e as linhas laterais inteiras. Determinou-se o rendimento de grãos, corrigido para 13% de umidade, o rendimento de massa verde para silagem, e o teor de N nas folhas do milho destinado à produção de grãos. A colheita do material destinado à produção de silagem e a coleta de folhas para análises foram efetuadas quando o milho estava no estágio de grão farináceo.

Para a determinação de N nas folhas, o tecido vegetal foi digerido com mistura de ácido sulfúrico concentrado e água oxigenada (130 volumes), sem mistura de digestão, a quente, conforme proposto por ADLER e WILCOX (1985). O N foi determinado por arraste de vapores em aparelho semi-micro-Kjehdahl.

Nas parcelas destinadas à produção de grãos, os restos culturais de milho da safra anterior foram deixados sobre a superfície do solo e posteriormente incorporados com esse, por ocasião do preparo do solo, no dia da semeadura; nas parcelas cultivadas com milho para silagem, os resíduos culturais da parte aérea do milho foram retirados da área experimental no dia em que foi feita a colheita do milho-grão. Nos meses em que a área experimental não esteve com a cultura do milho, o solo permaneceu em pousio, sem nenhum cultivo.

As avaliações estatísticas foram feitas através de análises de regressão polinomial entre as doses de N aplicadas e cada um dos parâmetros avaliados, nas quais testou-se a significância dos coeficientes de regressão. Como não houve interação entre ano e dose de N, a análise de regressão foi feita utilizando-se o delineamento de blocos ao acaso, para cada ano e para o conjunto dos anos. Para as avaliações nas quais os coeficientes de regressão foram significativos, a dose de N necessária para máximo rendimento foi obtida calculando-se a derivada da equação, igualando a resultante a zero, e calculando essa nova equação. Esse valor foi introduzido na equação de regressão, cuja resolução permitiu a obtenção do rendimento máximo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O rendimento de grãos de milho aumentou com a aplicação de N ao solo em todas as safras (Figura 1). A resposta à aplicação de N foi sempre quadrática e a quantidade de N necessária para proporcionar o rendimento máximo de grãos foi de 95 kg/ha na primeira safra e de 110 kg/ha nas duas safras subsequentes (Figura 1); quando os rendimentos dos três anos foram analisados conjuntamente, foi necessário 102 kg/ha de N para promover o rendimento máximo de grãos (7,5 t/ha).

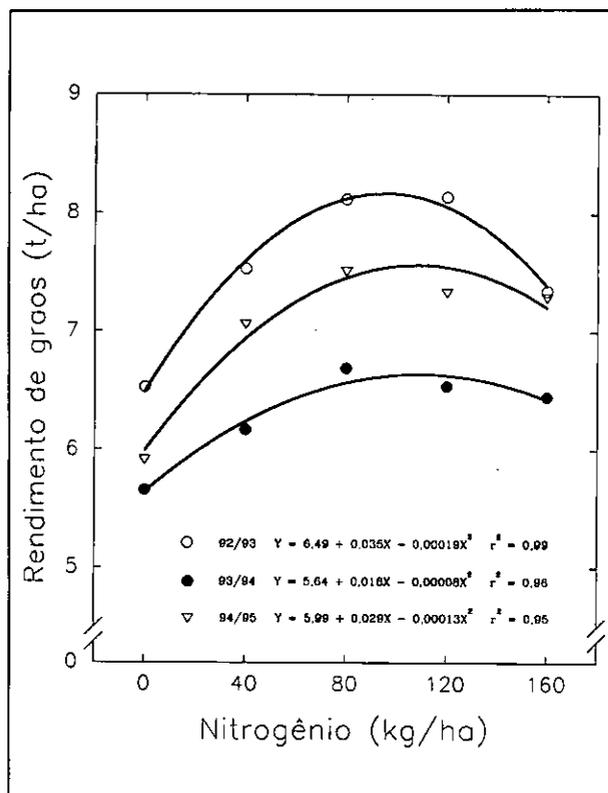


FIGURA 1 – Rendimento de grãos de milho em três safras agrícolas, num Latossolo do Planalto Catarinense, em função da aplicação de quantidades crescentes de nitrogênio ao solo. Média de quatro repetições

Essa mesma dose de N (102 kg/ha) foi obtida por SANGOI e ALMEIDA (1994), na região do planalto catarinense, no segundo ano de cultivo de milho num Cambissolo com 57 g/kg de MO, num ano de precipitação pluviométrica normal. A recomendação da Comissão de Fertilidade do Solo dos estados do RS e SC para o milho cultivado em solos com MO entre 36 e 45 g/kg, faixa onde se enquadra esse solo, é de 120 kg/ha de N (COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO, 1995), e, portanto, similar à obtida no presente trabalho.

Os rendimentos de grãos foram bons. As produtividades máximas foram de 8,1, 6,6 e 7,6 t/ha respectivamente para cada uma das safras 92/93, 93/94 e 94/95 (Figura 1). Os rendimentos mais baixos ocorreram na safra 93/94 e foram ocasionados por uma estiagem verificada durante os estádios de florescimento e enchimento de grãos da cultura do milho.

O incremento no rendimento de grãos de milho pela aplicação de N, entretanto, não foi muito alto. O rendimento de grãos no tratamento sem N variou de 80 a 85% do rendimento máximo obtido em cada uma das safras (81% na análise conjunta dos anos), mostrando que o N não foi um nutriente extremamente limitante à produção de grãos nesse solo. As altas pro-

dutividades na ausência de N (superiores a 5,5 t/ha) evidenciam uma boa capacidade de suprimento de N pelo solo, pois as respostas do milho a N normalmente são bem maiores do que as obtidas no presente trabalho (MELGAR et al., 1991; TEIXEIRA et al., 1994). POTKER e TEDESCO (1979), verificaram que a quantidade média de N mineralizada durante trinta semanas em amostras não cultivadas dessa unidade de solo foi de 4 mg/kg/semana, em estudo de laboratório.

Apesar da baixa resposta a N, a aplicação desse nutriente para o milho cultivado nesse solo é economicamente interessante para o agricultor. O preço atual (agosto de 1996) da uréia e do milho é respectivamente de R\$ 300,00 e R\$ 130,00 por tonelada. A adição de 100 kg/ha de N via uréia, necessária para o máximo rendimento médio no presente trabalho, resultaria num custo adicional de R\$ 66,00 por hectare e num incremento médio de receita de R\$ 180,00 por hectare (aumento de 1.400 kg/ha de milho), resultando num benefício líquido adicional de R\$ 114,00 por hectare (1,0 Real = 1,0 USA dólar, em agosto de 1996).

O rendimento de massa verde de milho (MV) destinado à produção de silagem também aumentou com a aplicação de N (Figura 2). O rendimento de MV aumentou quadraticamente com o aumento da

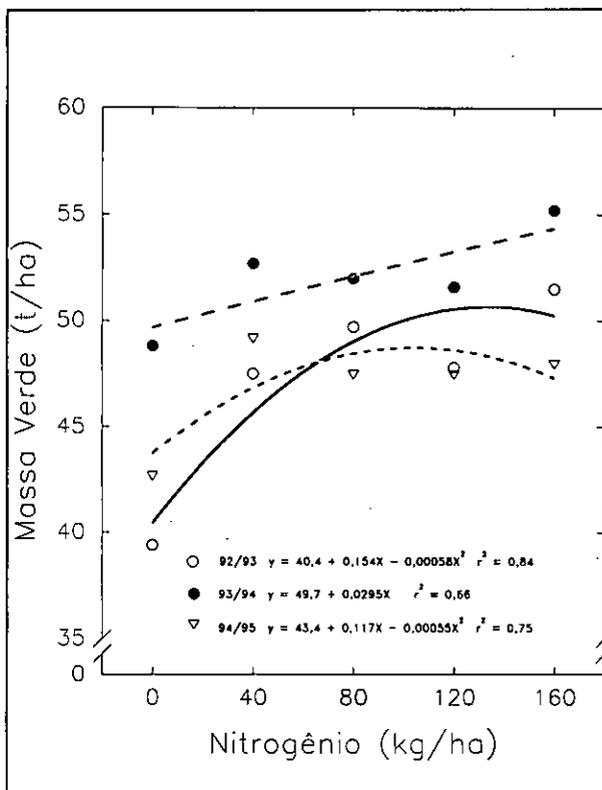


FIGURA 2 – Rendimento de massa verde de milho para silagem em três safras agrícolas, num Latossolo do Planalto Catarinense, em função da aplicação de quantidades crescentes de nitrogênio ao solo. Média de quatro repetições

dose de N aplicada nas safras 92/93 e 94/95, e linearmente na safra 93/94. A resposta do milho para silagem até doses mais elevadas de N na safra 93/94, em relação às demais safras, ocorreu, provavelmente, devido à menor liberação de N a partir da matéria orgânica do solo em decorrência da estiagem ocorrida nesse ano agrícola.

O rendimento de massa verde de milho variou de 39 a 55 t/ha, e é similar ao obtido por outros pesquisadores (JOKELA, 1992; MEEK et al., 1994). O rendimento máximo de massa verde no primeiro e no terceiro ano (≈ 50 t/ha) foi obtido respectivamente pela aplicação de 130 e 105 kg/ha de N; na análise conjunta das três safras, a produtividade máxima (51,1 t/ha) seria obtida pela aplicação de 131 kg/ha de N. Essas quantidades se assemelham aos 120 kg/ha de N recomendados no extremo sul do Brasil (RS e SC) para o milho cultivado nesse solo para produção de silagem (COMISSÃO, 1995), mas são inferiores aos 170 kg/ha obtido por pesquisadores norte-americanos (STALEY e PERRY, 1995).

O milho para silagem necessitou de maior quantidade de N do que o milho para grãos (Figuras 1 e 2). Esse fenômeno ocorreu, provavelmente, em função da

maior população de plantas presente nas áreas destinadas à silagem (70 mil/ha) do que nas destinadas para grãos (50 mil/ha).

A percentagem de matéria seca no material destinado à produção de silagem não foi afetada estatisticamente pela aplicação de N. Ela foi de 32% nas duas primeiras safras e de 36% na safra 94/95 (Dados não mostrados). A concentração de N nas folhas de milho destinado à produção de grãos não foi afetada pela aplicação de N ao solo em nenhuma das safras (Tabela 1), o que confirma o bom suprimento de N pela matéria orgânica.

CONCLUSÕES

1 – A aplicação de N aumentou a produtividade do milho nas três safras, porém o incremento máximo proporcionado pelo N foi de apenas 23% no rendimento de grãos e de 15% no rendimento de massa verde para silagem;

2 – Para a obtenção da produtividade máxima, o milho destinado à produção de massa verde para silagem necessitou da aplicação de 28% a mais de N que o milho destinado à produção de grãos.

TABELA 1 – Concentração de nitrogênio nas folhas de milho coletadas nas parcelas destinadas à produção de grãos em três safras agrícolas em função da aplicação de quantidades crescentes de N ao solo. Média de quatro repetições

N aplic. kg/ha	Safras			Médias
	92/93	93/94	94/95	
0	1,25	1,70	1,39	1,45
40	1,61	1,90	1,60	1,70
80	1,75	2,02	1,67	1,81
120	1,81	2,08	1,90	1,93
160	1,78	2,10	1,98	1,95
Médias	1,64	1,96	1,71	1,77

Os coeficientes de regressão não foram estatisticamente significativos ao nível de $P = 0,05$ em nenhuma das safras.

BIBLIOGRAFIA CITADA

- ADLER, P.R.; WILCOX, G.E. Rapid perchloric acid digest methods for analysis of major elements in plant tissue. *Communication in Soil Science and Plant Analysis*, New York, v. 16, n. 3, p. 1153-1163, 1985.
- AULAKH, M.S.; DORAN, J.W.; WALTERS, D.T.; MOSIER, A.R.; FRANCIS, D.D. Crop residue type and placement effects on denitrification and mineralization. *Soil Science Society of America Journal*, Madison, v. 55, n. 4, p. 1020-1025, 1991.
- COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO - RS/SC. Recomendações de adubação e de calagem para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina. 3. ed. Passo Fundo: SBCS - Núcleo Regional Sul, 1995. 224p.
- DOU, Z.; FOX, R.H.; TOTH, J.D. Seasonal soil nitrate dynamics in corn as affected by tillage and nitrogen source. *Soil Science Society of America Journal*, Madison, v. 59, n. 3, p. 858-864, 1995.
- FISK, M.C.; SCHMIDT, S.K. Nitrogen mineralization and microbial biomass nitrogen dynamics in three alpine tundra communities. *Soil Science Society of America Journal*, Madison, v. 59, n. 4, p. 1036-1043, 1995.
- 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.
- JOKELA, W.E. Nitrogen fertilizers and dairy manure effects on corn yield and soil nitrate. *Soil Science Society of America Journal*, Madison, v. 56, n. 1, p. 148-154, 1992.
- KLAUSNER, S.D.; SUHET, A.R.; DUXBURY, J.M. Estimating nitrogen mineralization in a "cerrado" dark-red latosol by laboratory incubation, and the effect of soil sample disturbance. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*

- leira, Brasília, v. 25, n. 4, p. 617-623, 1990.
- LORY, J.A.; RANDALL, G.W.; RUSSELLE, M. Crop sequence effects on response of corn and soil inorganic nitrogen to fertilizer and manure nitrogen. *Agronomy Journal*, Madison, v. 87, p. 884-887, 1995.
- McKENNEY, D.J.; WUANG, S.W.; DRURY, C.F.; FINDLAY, W.I. Denitrification, immobilization, and mineralization in nitrate limited and nonlimited residue-amended soil. *Soil Science Society of America Journal*, Madison, v. 59, n. 1, p. 118-124, 1995.
- MEEK, B.D.; CARTER, D.L. WESTERMANN, D.T.; PECKENPAUGH, R.E. Root-zone mineral nitrogen changes as affected by crop sequence and tillage. *Soil Science Society of America Journal*, Madison, v. 58, n. 5, p. 1464-1469, 1994.
- MELGAR, R.J.; SMYTH, T.J.; CRAVO, M.S.; SÁNCHEZ, P.A. Doses e épocas de aplicação de fertilizante nitrogenado para o milho em latossolo da Amazônia central. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v. 15, n. 3, p. 289-296, 1991.
- O'KEEFE, B.E; AXLEY, J.; MEISINGER, J.J. Evaluation of nitrogen availability indexes for a sludge compost amended soil. *Journal of Environmental Quality*, Madison, v. 15, n. 2, p. 121-128, 1986.
- POTTKER, D.; TEDESCO, M.J. Efeito do tipo e tempo de incubação sobre a mineralização da matéria orgânica e nitrogênio total em solos do Rio Grande do Sul. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v. 3, n. 1, p. 20-24, 1979.
- QUEMADA, M.; CABRERA, M.L. CERES-N Model predictions of nitrogen mineralized from cover crop residues. *Soil Science Society of America Journal*, Madison, v. 59, n. 4, p. 1059-1065, 1995.
- SANGOI, L.; ALMEIDA, M.L. Doses e épocas de aplicação de nitrogênio para a cultura do milho num solo com alto teor de matéria orgânica. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 29, n. 1, p. 13-24, 1994.
- SMITH, S.J.; STANFORD, F. Evaluation of a chemical index of soil nitrogen availability. *Soil Science*, Baltimore, v. 111, n. 4, p. 228-232, 1971.
- SMITH, C.J.; CHALK, P.M.; CRAWFORD, D.M.; WOOD, J.T. Estimating gross nitrogen mineralization and immobilization rates in anaerobic and aerobic soil suspensions. *Soil Science Society of America Journal*, Madison, v. 58, n. 6, p. 1652-1660, 1994.
- SCHOMBERG, H.H.; STEINER, J.L.; UNGER, P.W. Decomposition and nitrogen dynamics of crop residues: residue quality and water effects. *Soil Science Society of America Journal*, Madison, v. 58, n. 2, p. 372-381, 1994.
- STALEY, T.E.; PERRY, H.D. Mayze silage utilization of fertilizer and soil nitrogen on a Hill-land Ultisol relative to tillage method. *Agronomy Journal*, Madison, v. 87, p. 835-842, 1995.
- STANFORD, F.; SMITH S.J. Oxidative release and potentially mineralizable soil nitrogen by acid permanganate extraction. *Soil Science*, Baltimore, v. 126, n. 4, p. 210-218, 1978.
- TEIXEIRA, L.A.J.; TESTA, V.M.; MIELNICZUK, J. Nitrogênio do solo, nutrição e rendimento de milho afetados por sistemas de cultura. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v. 18, n. 2, p. 207-214, 1994.

INSTRUÇÕES AOS AUTORES

A revista **PESQUISA AGROPECUÁRIA GAÚCHA** aceita para publicação trabalhos técnico-científicos, relatos de caso e revisões de conjunto inéditos, de interesse agropecuário, ainda não encaminhados a outra revista para o mesmo fim. As opiniões e conceitos emitidos nos trabalhos são de inteira responsabilidade dos autores. Todavia, a Comissão Editorial, junto à Assessoria Científica, reserva-se o direito de sugerir ou solicitar modificações.

NORMAS PARA PUBLICAÇÃO

1. O artigo, redigido em português, deve ser encaminhado em três (3) vias (original e duas cópias), acompanhado de ofício assinado por todos os autores. O artigo deverá ser mecanografado, com fonte tamanho 12, numa só face de papel tamanho A4 (21,0 x 30,0 cm), com espaço duplo, margem direita de 2,5 e margem esquerda de 3,0 cm. As páginas (no original) devem ser numeradas e rubricadas pelos autores. Trabalhos redigidos em espanhol ou inglês também poderão ser aceitos.

2. No caso de aceitação do trabalho, após a análise da assessoria científica e da comissão editorial, o artigo, na sua versão final, deverá ser encaminhado em disquete 3 1/2" e uma via impressa em papel. Utilizar preferentemente fonte do tipo *Times New Roman*, tamanho 12, e processador de texto *WORD 6.0 for Windows*.

3. Padronizar os trabalhos utilizando códigos de nomenclatura reconhecidos internacionalmente. Os nomes científicos e outros latinos deverão ser escritos em itálico; os nomes de cultivares agrônomicas e hortícolas serão escritos entre aspas simples. Escrever em negrito o que se desejar destacar (ou sublinhar). Como norma, o título e os cabeçalhos do artigo serão em caixa alta e em negrito.

4. Usar somente abreviações de unidades do Sistema Internacional (SI).

5. As abreviações não convencionais devem ser explicadas, quando aparecem pela primeira vez no texto.

6. Separar os valores das unidades de medida por um espaço (35 kg). Usar a barra diagonal (25 kg/ha; 25 kg/m²/s) em lugar de expoentes negativos.

7. Os números devem ser em algarismos arábicos para medidas exatas, séries de quantidades e os usados em apresentações estatísticas. Onde a fluência do texto exigir, se escreverá por extenso. Escrever números de quatro algarismos sem espaço ou ponto (2000). Em números de cinco ou mais algarismos, usar espaço (20 000). Em tabelas, os números de quatro dígitos terão um espaço para se alinhar com os de cinco dígitos.

8. Evitar o uso de ponto em abreviaturas: FEPAGRO, UFRGS, EMBRAPA, etc.

9. Utilizar símbolos para os elementos e compostos químicos, quando apropriados, especialmente se houver muita repetição.

10. Usar nomes comuns de princípios ativos e formulações químicas em vez de nomes comerciais, que, se usados, deverão ser identificados como tais e em nota de rodapé salientar que a Fepagro e os autores não estão recomendando o produto.

ORGANIZAÇÃO DO TEXTO

A apresentação do artigo constará de:

- **TÍTULO.** Deve ser claro, breve e conciso, informando o conteúdo do trabalho. Apresentá-lo em caixa alta e negrito, sem ponto final. Poderá ser seguido do número 1 (um) em exponencial (por exemplo: **ANÁLISE DE CULTIVARES¹**) para chamada de rodapé indicando se é parte de tese, apresentado em congresso, etc.

- **AUTORES.** Iniciando na margem esquerda, os nomes serão escritos em caixa alta, por extenso e em seqüência, separados por vírgula e com numeração sobrescrita para identificar, no rodapé, sua profissão, grau de especialização, instituição a que pertence e endereço.

- **RESUMO e ABSTRACT.** Deve ser suficientemente informativo para que o leitor identifique o conteúdo e interesse do trabalho. Não deverá ultrapassar 150 palavras. Logo após o resumo/abstract, indicar as *Palavras-chave /Key words* para indexação. As palavras, sugeridas pelo(s) autor(es), poderão ser modificadas de acordo com as indicações do THESAGRO (lista remissiva para indexação de termos de agropecuária elaborado, de acordo com normas internacionais, pelo Ministério da Agricultura), através da revisão pelo Serviço de Documentação e Informação da Fepagro. Antes do Abstract, colocar a versão de título em inglês.

- O texto principal constará dos seguintes tópicos: **INTRODUÇÃO** (incluindo também revisão de literatura e objetivos), **MATERIAL E MÉTODOS**, **RESULTADOS E DISCUSSÃO**, **CONCLUSÕES** e **BIBLIOGRAFIA CITADA**. Os agradecimentos, sempre que necessários, serão apresentados no final, devendo ser sucintos.

- **BIBLIOGRAFIA CITADA.** A normalização da bibliografia será feita de acordo com a Norma NB-66 de 1989 da Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT.

A bibliografia será ordenada alfabeticamente, pelo sobrenome do primeiro autor. Indica-se o autor com entrada pelo último sobrenome (em caixa alta), seguido

da inicial do(s) prenome(s), exceto para nomes de origem espanhola, onde entram os dois últimos sobrenomes. Para distinguir trabalhos diferentes de mesma autoria, será levada em conta a ordem cronológica, segundo o ano da publicação. Se num mesmo ano houver mais de um trabalho do(s) mesmo(s) autor(es), acrescentar uma letra ao ano, separada por vírgula (ex., 1996, a ; 1996, b). Separam-se os diferentes autores por ponto e vírgula (;). Na referência, a segunda e demais linhas subseqüentes iniciarão sob a terceira letra.

Recomenda-se, na medida do possível, evitar a colocação de *apud* (citado por).

Exemplos quanto ao tipo de material a ser referenciado:

a. LIVROS

SOARES, F.; BURLAMAQUI, C.K. **Pesquisa científica: uma introdução, técnicas e exemplos**. 2.ed. São Paulo: Formar, 1972. 352p.

b. CAPÍTULO DE LIVRO

HAM, A.W. Microscopia e biologia de células. In: *Histologia*. 7.ed. Rio de Janeiro: Guanabara, 1977. p.2-20.

JANICK, J. Competição entre população de plantas. In: VEGA, M.R. **A ciência da horticultura**. Rio de Janeiro: USAID, 1996. p.277-296.

SHELLER, W.H. Alimentação prática dos suínos. In: BASTOS, D. **Os suínos**. Belo Horizonte: Agrominas, 1987. Cap. 9, p.235-254.

c. TESES, DISSERTAÇÕES

1. Dissertação ou tese, publicada:

SILVA FILHO, G.N. **Flutuação populacional de microorganismos em solos submetidos a diferentes sistemas de manejo**. Porto Alegre: UFRGS, 1984. 153p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Microbiologia do Solo, Faculdade de Agronomia, UFRGS. 1984.

2. Dissertação ou tese, não-publicada:

PRECOMANN, D.B. **A embolia cerebral cardiogênica nas doenças cérebro-vasculares isquêmicas: estudo clínico tomográfico**. Porto Alegre, 1996. 185p. Tese (Doutorado em Cardiologia) - Instituto de Biociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

d. ARTIGOS DE PERIÓDICOS

MADALENA, F.E.; LEMOS A.M.; TEODORO, R.L.; LUCENA, A.J. Dairy production and reproduction in Holstein-Friesian x Guzera crosses. **Revista Brasileira de Genética**, Ribeirão Preto, v. 15, n. 3, p.585-593, 1990.

Obs.: Para evitar desuniformidade nas abreviaturas de periódicos, recomenda-se escrever seus títulos por extenso.

e. BOLETINS E RELATÓRIOS

VILHORDO, B.W.; MÜLLER, L. **Caracterização botânica de algumas variedades de feijão (*Phaseolus***

vulgaris L.) pertencentes a cinco grupos comerciais. Porto Alegre: IPAGRO, 1979. 72p. (Boletim Técnico, 4).

IPRNR. Seção de Conservação do Solo. **Relatório Anual**. Porto Alegre, 1990. 45p.

f. TRABALHOS DE REUNIÕES E CONGRESSOS

ORLANDO FILHO, L.; LEME, E.J. de M. A utilização agrícola dos resíduos da agroindústria canvieira. In: **SIMPÓSIO SOBRE FERTILIZANTES NA AGRICULTURA BRASILEIRA**, 2., 1984, Brasília. Anais... Brasília: EMBRAPA, 1984. p. 451-475.

Dentro do texto: As citações bibliográficas serão indicadas pelo sobrenome do autor, em caixa alta, e a seguir o ano da publicação, separado por vírgula quando dentro do parênteses. Exemplos: um autor (SILVA, 1993), dois autores (SILVA e BASTOS, 1994), mais de dois, usa-se et al., (SILVA et al., 1994), se for citado mais de um trabalho, separam-se por ponto e vírgula (SILVA e BASTOS, 1994; SILVA et al., 1994; ROSSER e MASTER, 1996, a; ROSSER e MASTER, 1996, b).

Quando se fizer referência no texto ao(s) autor(es), ou iniciar a frase mencionando-o(s), somente o ano ficará entre parênteses. Exemplos: "SILVA (1993) estudou ...", "SILVA e BASTOS (1994) determinaram que ...", CAMPOS et al. (1996) chegaram a conclusão ...".

TABELAS E FIGURAS

As Tabelas e Figuras devem ser numeradas de forma independente, com números arábicos. As Tabelas e Figuras já devem ser incorporadas dentro do texto. Caso não seja possível, o autor deverá assinalar onde deseja que se coloquem, tanto Tabelas quanto Figuras, mediante uma anotação entre dois parágrafos em espaço de uma linha em branco no texto. Será respeitada essa colocação, sempre que as necessidades de composição assim o permitirem.

As **TABELAS** terão o título acima, escrito em negrito, sem ponto final e apresentado de forma concisa e explicativa. A palavra **TABELA** também será em negrito, em caixa alta, seguida de traço após o número: **TABELA 1** - . Ao pé das Tabelas poderão constar notas explicativas.

As **FIGURAS** terão o título abaixo, escrito em negrito, sem ponto final. A palavra **FIGURA** também será em negrito, em caixa alta, seguida de traço após o número: **FIGURA 3** - . Ao pé das Figuras, acima do título, poderão constar notas explicativas.

Caso não seja possível a incorporação dentro do texto ao mecanografar, as figuras devem ser preparadas, em ordem de preferência, por impressora de computador laser ou jato de tinta; papel branco com tinta preta; papel vegetal com nanquim.

As **fotografias**, em branco e preto, e em papel com brilho e bem contrastadas, mostrando o essencial, devem ser identificadas no verso. Excepcionalmente, po-

derão ser aceitas fotos em cor (ou slides), sempre que as mesmas sejam indispensáveis. Neste caso, será cobrada uma taxa do(s) autor(es).

Para a impressão, tanto as figuras, quanto as fotografias, quando apresentadas em separado do texto poderão ser reduzidas à metade ou um terço de seu tamanho original, sendo necessário levar-se em conta este aspecto para não perder a visibilidade de seus detalhes.

RELATOS DE CASO

Deverão conter os seguintes tópicos: Título, **RESUMO**, *Palavras-chave*, Título em inglês, **ABSTRACT**, *Key words*, **INTRODUÇÃO**, **DESCRIÇÃO DO CASO**, **RESULTADOS E DISCUSSÃO**, **CONCLUSÕES** e **BIBLIOGRAFIA CITADA**. Os diferentes tópicos seguem as mesmas normas descritas anteriormente.

REVISÃO DE CONJUNTO; ARTIGO DE REVISÃO ou ATUALIZAÇÃO

O autor para apresentar uma revisão de conjunto (denominada também de artigo de revisão ou atualização) deve ter um objetivo claro e relevante, com o intuito de apresentar conclusões sobre o trabalho. É um estudo de um assunto particular onde se reúnem, analisam e discutem informações já publicadas. O autor de uma revisão de conjunto deve procurar não esquecer nenhum dos trabalhos anteriores que fizeram evoluir o assunto ou que o fariam evoluir, se tivessem sido levados em consideração. Deverá conter: Título, **RESUMO**, *Palavras-chave*, Título em inglês, **ABSTRACT**, *Key words*, **INTRODUÇÃO**, **DESENVOLVIMENTO** (abordagem do tema em si), **CONCLUSÕES** e **BIBLIOGRAFIA CITADA**.