



**GOVERNO DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL
SECRETARIA DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA
FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PESQUISA AGROPECUÁRIA**

ISSN 0104-9070

PESQUISA AGROPECUÁRIA GAÚCHA

PORTO ALEGRE

Pesq. Agrop. Gaúcha, Porto Alegre, v.13, n.1-2, p. 1-146, 2007.



FEPAGRO - DIVISÃO DE COMUNICAÇÃO RURAL

Publicação editada pelo **SETOR DE EDITORAÇÃO**

Rua Gonçalves Dias, 570 - Bairro Menino Deus

Fone: (51) 3288-8050 Fax: (51) 3233-7607

e-mail: editoracao@fepagro.rs.gov.br

PORTO ALEGRE - RS

CEP 90130-060

BRASIL

Tiragem: 550 exemplares

CATALOGAÇÃO NA FONTE

PESQUISA AGROPECUÁRIA GAÚCHA / Fundação Estadual de Pesquisa

Agropecuária; Secretaria da Ciência e Tecnologia.

Porto Alegre, RS - Brasil, 1995 -

Semestral – ISSN 0104-9070

2007, v. 13, n. 1-2, p. 1-146.

Inclui Seções de Agronomia, Veterinária, Zootecnia e Comunicado Técnico.

CDU 63(05)

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

PESQUISA AGROPECUÁRIA GAÚCHA. Porto Alegre: FEPAGRO, v.13, n.1-2, p. 1-146, 2007.

Os artigos publicados nessa revista estão indexados nas bases de dados:

-
- CAB INTERNATIONAL - CAB ABSTRACTS
 - AGRIS
 - DENWENT VETERINARY DRUG FILE
 - DENWENT CROP PROTECTION FILE
-

Solicitamos permuta de publicações

Solicitamos intercambio de publicaciones

We ask for publications exchange

FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - FEPAGRO

PESQUISA AGROPECUÁRIA GAÚCHA
ISSN 0104-9070

DIVISÃO DE COMUNICAÇÃO RURAL: Lauro Beltrão – Coordenador

COMISSÃO EDITORIAL: Alexandre de Carvalho Braga
Eduardo P. de Albuquerque
José Ricardo Pfeifer Silveira
Nídio Antonio Barni
Ronaldo Matzenauer – Presidente

ASSESSORIA DA COMISSÃO EDITORIAL:

BIBLIOTECÁRIA: Nêmera Arlindo Rodrigues - CRB-10/820

JORNALISTA: Hilda Gislaine Araújo de Freitas - MTb 6637

ESTAGIÁRIO: Diogo Aguiar Neumann

CAPA: Hisayo Esaka Beltrão

CONSULTORES CIENTÍFICOS DO PRESENTE NÚMERO:

Adilson Tonietto - FEPAGRO
Alexandre Costa Varella - EMBRAPA/Pecuária Sul
Algenor da Silva Gomes - EMBRAPA/Clima Temperado
Ana Maria Girardi-Deiro - EMBRAPA/Pecuária Sul
André Abichequer - FEPAGRO
Andréia Mara Rotta de Oliveira - UERGS
Auri Brackmann - UFSM/Depto. de Fitotecnia
Carlos Alberto Ceretta - UFSM/Depto. Solos
Carlos Antonio Saraiva Osório - FEPAGRO/Fertilidade do Solo
Dalvan José Reinert - UFSM/CCR/Depto. de Solos
Diva de Souza Andrade - Instituto Agronômico do Paraná
Eliana Gertrudes de Macedo Lemos - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias/Jaboticabal
Elizabeth Lisboa de Saldanha Souza - CPF/FEPAGRO
Fábio Kessler Dal Soglio - UFRGS/Depto. Fitossanidade
Francisco Amaral Villela - UFPEL
Gertrudes Corção - UFRGS/Depto. Microbiologia-ICBS
Gerzy Maraschin - FEPAGRO
Joao Carlos de Saibro - UFRGS/Agronomia
Julio Otavio Jardim Barcellos - UFRGS/Agronomia
Jussara Medeiros - UFRGS/Depto. de Botânica
Keigo Minami - ESALQ/USP
Maria Angélica M. Silveira - FEPAGRO
Marino José Tedesco - UFRGS/Agronomia
Moacir Berlato - UFRGS/Agronomia
Paulo Cezar Cassol - Udesc/Centro de Ciências Agroveterinárias
Renar João Bender - UFRGS/Depto. de Horticultura
Silvio Steinmetz - EMBRAPA/CPACT
Soeni Bellé - CEFET/BG
Solange Tonietto - FEPAGRO
Sueli Terezinha Van Der Sand - UFRGS/Depto. de Microbiologia-ICBS
Susana López - UFRGS/Agronomia
Valmir Duarte - UFRGS/Agronomia
Vivian Fisher - UFRGS/Agronomia/Depto. de Zootecnia
Zélia Castilhos - FEPAGRO



PESQUISA AGROPECUÁRIA GAÚCHA

ISSN 0104-9070

VOLUME 13 - NÚMEROS 1-2 - 2007

LISTA DOS AUTORES

Adilson Tonietto - 7,95	Jussara Medeiros - 39
Andréia Mara Rotta de Oliveira - 23,29	Laurie Fofonka Cunha - 11
Aristides Câmara Bueno - 11	Leonardo Araripe Crancio - 115
Bernadete Radin - 29	Leonardo Canellas - 125
Bruno Brito Lisboa - 29	Lia Rosane Rodrigues - 17
Carla Azambuja Centeno Bocchese - 29	Luciano Kayser Vargas - 29
Carlos Nabinger - 115	Luiz Augusto Salles das Neves - 79
Carlos Santos Gottschall - 125	Márcia dos Santos - 11
Carolina Wunsch - 131	Marcos Silveira Wrege - 11
Claudete Miranda Abreu - 79	Maria Helena Fermino - 7
Cristian André Prade - 39	Miguel Dall'agnol - 23
Dario Munt de Moraes - 79	Naylor Bastiani Perez - 23
Denílson Ribeiro Viana - 11	Nei Fernandes Lopes - 79
Eduardo Castro da Costa - 131	Nelson Sebastião Model - 95
Eduardo Tonet Ferreira - 125	Odoni Loris Pereira de Oliveira - 137
Eliane Villamil Bangel - 23	Otto Carlos Koller - 89
Ênio Rosa Prates - 131	Paulo César de Faccio Carvalho - 115
Evandro Neves Muniz - 137	Paulo Roberto Simonetto - 17
Evandro Zacca Ferreira - 137	Rainoldo Alberto Kochhann - 47, 61
Gilberto Omar Tomm - 47, 61, 69	Renato Borges de Medeiros - 105
Gilmário da Silva - 23	Renato Serena Fontaneli - 69
Hélio Radke Bittencourt - 125	Rodrigo Favreto - 95
Henrique Belmonte Petri - 89	Ronaldo Matzenauer - 11
Henrique Pereira dos Santos - 47, 61, 69	Rosa Trinidad Guerrero - 39
Ilsi Iob Boldrini - 115	Sergiomar Theisen - 89
Ivar Antonio Sartori - 89	Silvio Túlio Spera - 47, 61, 69
Jaime Ricardo Tavares Maluf - 11	Solange Machado Tonietto - 7
João Caetano Fioravango - 17	Telmo Focht - 105
José Ricardo Pfeifer Silveira - 29	Thércio M.S. Freitas - 137
Júlio Otávio Jardim Barcellos - 131	Yuri Regis Montanholi - 131
Jurandir Gonçalves de Lima - 89	



PESQUISA AGROPECUÁRIA GAÚCHA
ISSN 0104-9070

Volume 13

Números 1-2

2007

Sumário / Table of contents

Agronomia / Agronomy

Artigos científicos / Papers

Germinação de sementes de porta-enxertos de citros em três substratos

Germination of seedlings of citrus at three substrates

Adilson Tonietto, Solange Machado Tonietto, Maria Helena Fermino 7

Regime anual e estacional de horas de frio no Estado do Rio Grande do Sul, Brasil

Annual and seasonal regimen of chilling hours in Rio Grande do Sul State, Brazil

Ronaldo Matzenauer, Aristides Câmara Bueno, Jaime Ricardo Tavares Maluf, Marcos Silveira Wrege,

Denílson Ribeiro Viana, Márcia dos Santos e Laurie Fofonka Cunha 11

Antecipação e concentração da colheita da ameixa 'IRATI' tratada com ETEPHON

Earlier and more uniform harvest of 'IRATI' plums applying ETEPHON

João Caetano Fioravanço, Paulo Roberto Simonetto, Lia Rosane Rodrigues 17

Caracterização genética de rizóbios isolados de *Lotus corniculatus* L.

Genetic characterization of rhizobia isolated from *Lotus corniculatus* L.

Andréia Mara Rotta de Oliveira, Naylor Bastiani Perez, Miguel Dall'agnol,

Eliane Villamil Bangel, Gilmário da Silva 23

Seleção de antagonistas para o controle biológico de *Botrytis cinerea* em tomateiro sob cultivo protegido

Selection of antagonists for the biological control of *Botrytis cinerea* in tomato grown under protected cultivation

Carla Azambuja Centeno Bocchese, Bruno Brito Lisboa, José Ricardo Pfeifer Silveira,

Luciano Kayser Vargas, Bernadete Radin, Andréia Mara Rotta de Oliveira 29

Antagonismo *in vitro* de *Trichoderma harzianum*, *Trichoderma koningii* e *Paecilomyces variotti*

a fungos patogênicos do morangueiro

Study about filamentous fungi in the cultivation of strawberry plant in three crops under ecological planting

Jussara Medeiros, Rosa Trinidad Guerrero, Cristian André Prade 39

Efeito de sistemas de manejo em atributos químicos do solo

Effect of management systems in soil chemical attributes

Gilberto Omar Tomm, Henrique Pereira dos Santos, Silvio Tulio Spera, Rainoldo Alberto Kochhann 47

Efeito de sistemas de manejo em atributos físicos do solo

Effect of management systems in soil physical attributes

Silvio Tulio Spera, Henrique Pereira dos Santos, Gilberto Omar Tomm, Rainoldo Alberto Kochhann 61

Efeito de pastagens sobre o nível de fertilidade do solo em sistemas de produção

de grãos sob plantio direto após dez anos

Effect of pastures on soil fertility in crop production systems under no-tillage after ten years

Henrique Pereira dos Santos, Renato Serena Fontaneli, Silvio Tulio Spera, Gilberto Omar Tomm 69



Vigor de sementes e atividade bioquímica em plântulas de arroz submetidas a ácidos orgânicos
Vigor of seeds and biochemical activity in rice seedlings treated with organic acids
Luiz Augusto Salles das Neves, Dario Munt de Moraes, Nei Fernandes Lopes, Claudete Miranda Abreu 79

Raleio químico de tangerineira cv. 'Montenegrina' (*Citrus deliciosa* Tenore) com pulverizações de ETEPHON
Fruits thinning with growth regulators on 'Montenegrina' mandarins (*Citrus deliciosa* Tenore)
Ivar Antonio Sartori, Otto Carlos Koller, Sergiomar Theisen,
Henrique Belmonte Petri, Jurandir Gonçalves de Lima 89

Artigo de Revisão / Review

Sigatoka negra, fatores de ambiente e sistemas agroflorestais em bananais do Rio Grande do Sul, Brasil
Black Sigatoka, environmental factors and agroforestry systems in banana plantations of Rio Grande do Sul, Brazil
Rodrigo Favreto, Nelson Sebastião Model, Adilson Tonietto 95

Invasão, prevenção, controle e utilização do capim-annoni-2 (*Eragrostis plana* Nees) no Rio Grande do Sul, Brasil
Invasion, prevention, control and utilization of capim-annoni-2 (*Eragrostis plana* Nees) in Rio Grande do Sul, Brazil
Renato Borges de Medeiros, Telmo Focht 105

Controle de plantas nativas indesejáveis dos campos naturais do Rio Grande do Sul
Control of native undesirable species from Rio Grande do Sul natural pastures
Leonardo Araripe Crancio, Paulo César de Faccio Carvalho, Carlos Nabinger, Ilsi Job Boldrini 115

Comunicado Técnico / Note

Avaliação do Desempenho Reprodutivo de Novilhas de Corte Acasaladas aos 14, 18 e 26 Meses de Idade
Evaluation of reproductive performance of beef heifers mated at 14, 18 and 26 months of age
Carlos Santos Gottschall, Eduardo Tonet Ferreira, Leonardo Canellas, Hélio Radke Bittencourt 125

Avaliação das alterações bromatológicas do feno de campo nativo durante o armazenamento
Evaluation of the modifications in the chemical composition of natural pasture hay during storage
Carolina Wunsch, Júlio Otávio Jardim Barcellos, Ênio Rosa Prates,
Eduardo Castro da Costa, Yuri Regis Montanholi 131

Avaliação de métodos de adubação no estabelecimento de forrageiras cultivadas com semeadura direta em campo natural
Evaluation of fertilizing methods on the establishment of pasture species on native pasture by direct sowing
Odoni Loris Pereira de Oliveira, Evandro Neves Muniz, Thércio M.S. Freitas, Evandro Zacca Ferreira 137



Germinação de sementes de porta-enxertos de citros em três substratos

Adilson Tonietto¹, Solange Machado Tonietto² e Maria Helena Fermino³

Resumo - Avaliou-se a formação de porta-enxertos de citros em substratos compostos de casca de arroz queimada. O experimento foi conduzido na Fepagro Fruticultura, Taquari RS, utilizando-se três substratos (mistura, substrato comercial e casca de arroz queimada) e sementes de dois porta-enxertos (*Poncirus trifoliata* e *Citrus sunki*), semeados em tubetes (50 cm³) e cultivados em estufa. O delineamento utilizado foi o completamente casualizado, constituindo-se em um fatorial 3x2, com quatro repetições e oito sementes por parcela. A germinação das sementes e o diâmetro das plântulas não foram afetados pelo tipo de substrato. As plântulas atingiram maior altura no substrato formado pela mistura. A casca de arroz queimada é uma alternativa para compor substratos para a germinação de sementes de porta-enxertos de citros.

Palavras-chave: produção de mudas, casca de arroz queimada, porta-enxerto.

Germination of seedlings of rootstocks of citrus at three substrates

Abstract - It was evaluated the development of *Citrus* rootstock on substrates composed of burn rice husk. The experiment was carried out in the Fepagro Fruticultura, Taquari - RS, using three substrates (mix, comercial substrate and burn rice husk) and two rootstocks seeds (*Poncirus trifoliata* and *Citrus sunki*), placed in plugs (50 cm³) and cultivated in a greenhouse. The experimental design was completely randomized, in a factorial (3x2), with 4 replicates and 8 seeds per plot. The seeds germination and seedlings diameter were not affected by the substrate type. The seedlings reached the biggest height in the mix substrate. The burn rice husk is a alternative in the composition of substrates to seeds germination of *Citrus* rootstocks.

Key words: seedling production, burn rice husk, rootstock.

¹ Engenheiro Agrônomo, Dr. em Fruticultura, Pesquisador IV da Fepagro - Sede, Rua Gonçalves Dias, 570, Menino Deus, CEP 90130-060, Porto Alegre-RS. E-mail: adilson-tonietto@fepagro.rs.gov.br

² Engenheira Agrônoma, Dra. em Produção Vegetal, Pesquisadora Colaboradora da Fepagro - Sede, Rua Gonçalves Dias, 570, Menino Deus, CEP 90130-060, Porto Alegre-RS. E-mail: tonietto@universiabrasil.net

³ Engenheira Agrônoma, Dra. em Fitotecnia, Pesquisadora III da Fepagro - Sede, Rua Gonçalves Dias, 570, Menino Deus, CEP 90130-060, Porto Alegre-RS. E-mail: maria-fermino@fepagro.rs.gov.br

Recebido para publicação em 10/05/2006



Introdução

A partir da década de 1980, a produção de mudas passou a sofrer transformações tecnológicas. O cultivo em ambiente protegido e recipientes tornaram-se ferramentas fundamentais para o aumento dos rendimentos, praticidade e redução do tempo de formação de mudas na horticultura, fruticultura e espécies florestais. Junto com a técnica de cultivo em recipientes surgiu a necessidade do estudo de produtos para substituir o uso de solo.

Diversos materiais têm sido empregados como substratos, os quais são classificados, quanto à origem, em orgânicos, minerais e artificiais ou sintéticos. Segundo Schmitz (2000), no RS, na produção de mudas de citros, o substrato é normalmente formado por 60% de solo mineral e 40% de bagaço de tanino, estimando-se um consumo de 300 toneladas por ano de terra de barranco. Em mudas florestais, Calgaro (2000) cita que os viveiristas utilizam substrato formado por 80% de solo mineral e 20% de substrato industrial. Tradicionalmente os substratos eram formulados a partir de solo mineral, ao qual são acrescentados matéria orgânica, adubos e corretivos com a finalidade de obter um meio propício para o desenvolvimento da planta. A retirada do solo, principalmente do horizonte superficial, além de ser uma prática puramente extrativista e modificar negativamente a paisagem, torna o solo pobre, exigindo mais insumos para torná-lo apto ao cultivo. Devido a isto, a busca por materiais alternativos de baixo custo, de constante oferta e produzidos em grande quantidade é permanente.

No sul do Brasil, tanto a indústria processadora de madeira como a de beneficiamento de arroz produzem grande quantidade de resíduos, como a serragem, a maravalha e a casca de arroz queimada. Estes resíduos são importantes fontes de poluição e, como tal, o seu reaproveitamento é necessário para a diminuição das agressões ao ambiente, bem como para a continuidade do processo tecnológico.

O objetivo deste trabalho foi observar a germinação e o crescimento de plântulas de citros em substratos compostos com casca de arroz queimada (CAQ).

Material e métodos

O experimento foi conduzido na Fepagro Fruticultura – Centro de Pesquisa de Fruticultura de Taquari, Taquari/RS.

Foram utilizadas sementes dos porta-enxertos *Poncirus trifoliata* L. e *Citrus sunki* Hort, designados respectivamente, como ‘Trifoliata’ e ‘Sunki’.

Os frutos foram colhidos em 24/03/2003; suas sementes foram retiradas, lavadas e tratadas com Cuprocarb, 2 g/kg de sementes e então postas para secar em ambiente sombreado durante três dias. Após, as sementes foram envasadas em garrafas plásticas tipo PET de meio litro, transparentes e mantidas em geladeira durante 78 dias, sem controle de tem-

peratura. As garrafas foram previamente lavadas com hipoclorito de sódio 0,5% e postas a secar em estufa.

No dia 06/06/2003, as sementes foram semeadas em tubetes de 50 cm³ em três diferentes substratos: **a** – mistura de substrato comercial + casca de arroz queimada + vermicomposto (50%:40%:10% v/v); **b** – substrato comercial (Humosolo-Policultura e Minhocultura Rosa) e **c** – casca de arroz queimada (CAQ).

Este material foi mantido em túnel plástico sem controle de temperatura e umidade. Através do sistema de irrigação por aspersão, foram realizadas 4 regas diárias de 4 minutos cada uma.

As avaliações da germinação até 63 dias após a semeadura (DAS) foram semanais. Após 175 dias de cultivo, foram medidos a altura e o diâmetro das plântulas, com o auxílio de um paquímetro.

O experimento constituiu-se de um fatorial 3x2 (substratos e porta-enxertos) seguindo um delineamento completamente casualizado com 4 repetições e 8 unidades amostrais por parcela. Apenas os dados de porcentagem de germinação foram transformados para arc sen da raiz de x/100. Os dados foram analisados através do SANEST (ZONTA e MACHADO, 1984).

Resultados e discussão

Para a variável germinação observou-se, pelo teste F, que houve efeito significativo apenas para o fator porta-enxerto, obtendo-se 52,41 e 75,90% de germinação para ‘Trifoliata’ e ‘Sunki’, respectivamente. Shimitz et al. (1998), comparando três substratos, não verificaram diferença na germinação de sementes de ‘Trifoliata’ alcançando, aos 50 dias após a semeadura, entre 45,7 e 51,5% de germinação. Oliveira et al. (2003) obtiveram 95,7% de germinação para o ‘Trifoliata’, em papel filtro, utilizando sementes de frutos recém-colhidos. As sementes de ‘Trifoliata’ são consideradas mais sensíveis ao armazenamento (MUMFORD e PANGGABEAN, 1982) e apresentam perda significativa do poder germinativo em poucos dias (BUTTON et al., 1971). Esta característica pode ter ocasionado a diferença de germinação entre os experimentos citados e a baixa germinação encontrada neste trabalho.

A tangerina ‘Sunki’ não apresentou a perda de germinação observada em ‘Trifoliata’, indicando que as sementes deste porta-enxerto suportam maior período de armazenamento.

Notou-se que as garrafas onde as sementes permaneceram armazenadas estavam estufadas e ao serem abertas houve escape de gases. O fechamento das mesmas não permitiu a troca de gases com o exterior e há que se testar qual a interferência disto sobre a germinação das sementes.

Sobre o total de sementes de cada porta-enxerto, ‘Sunki’ atingiu mais de 50% de sementes germinadas aos 21 DAS, enquanto ‘Trifoliata’ atingiu aos 45 DAS (Tabela 1), indicando que ‘Sunki’ possui maior uniformidade de germinação.

GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE PORTA-ENXERTOS DE CITROS EM TRÊS SUBSTRATOS

Tabela 1 - Número de sementes germinadas e porcentagem de germinação de sementes dos porta-enxertos 'Sunki' e 'Trifoliata'. Taquari, 2003.

DAS *	Número de Sementes Germinadas					
	'SUNKI'			'TRIFOLIATA'		
	Semanal	Acumulado	Germinação (%)	Semanal	Acumulado	Germinação (%)
0	0	0	0	0	0	0
15	42	42	43,75	0	0	0
21	35	77	80,21	11	11	11,46
27	4	81	84,38	16	27	28,13
33	1	82	85,42	14	41	42,71
39	0	82	85,42	6	47	48,96
45	2	84	87,50	2	49	51,04
51	1	85	88,54	5	54	56,25
57	0	85	88,54	4	58	60,42
63	0	85	88,54	2	60	62,50
Total	85	85	88,54	60	60	62,50

* Dias Após a Semeadura.

Os três substratos mostraram-se eficientes para a germinação das sementes, portanto a casca de arroz queimada pode ser utilizada como substrato ou na composição de substratos para a germinação de sementes de citros. Para o Estado do Rio Grande do Sul, o uso da CAQ como componente ou como substrato para germinação pode retirá-la da condição de resíduo poluente e torná-la matéria-prima economicamente viável.

Para a variável altura, pelo teste F, verificou-se que não houve interação entre os fatores avaliados.

O porta-enxerto que alcançou a maior altura foi 'Trifoliata' (7,60 cm), enquanto o porta-enxerto Sunki atingiu 3,07 cm. Segundo Oliveira et al. (2001), a altura recomendada para o transplante é de 10 a 15 cm, que é alcançada entre 3 a 5 meses de cultivo. Desde a sementeira até a última avaliação, ultrapassou-se os cinco meses e os porta-enxertos não alcançaram a altura recomendada. O momento da sementeira coincidiu com o período de final de outono e entrada de inverno, caracterizado pela diminuição das temperaturas, o que pode ter reduzido a taxa de crescimento das plântulas. A sementeira logo após a coleta das sementes possivelmente tornaria viável a obtenção de plântulas maiores, além de maior percentual de germinação de sementes.

Quanto ao substrato, verifica-se na tabela 2 que a CAQ proporcionou altura do porta-enxerto inferior à mistura utilizada como substrato, sendo estatisticamente igual ao substrato comercial. As diferenças, embora estatisticamente significativas (0,69 cm), não são de grande importância biológica, pois podem ser facilmente eliminadas ou superadas ao longo do desenvolvimento das plantas.

Tabela 2 - Altura média de plântulas dos porta-enxertos de citros em diferentes substratos (Taquari, 2003).

SUBSTRATO	ALTURA (cm)
Mistura	5,67 a
Comercial	5,36 ab
Casca de Arroz Queimada	4,98 b

Médias seguidas por letras distintas diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5%. CV = 9,26%.

Segundo características descritas por Pompeu Jr. (1980), 'Trifoliata' e 'Sunki' apresentam, no viveiro, um vigor pequeno e médio, o que lhes confere respectivamente, um tamanho pequeno e grande. Observou-se, no entanto, que 'Sunki' teve um crescimento inferior a 'Trifoliata'. Isto pode ter ocorrido devido ao tamanho dos cotilédones, pois são eles os responsáveis pelo crescimento inicial das plântulas. Tendo 'Trifoliata' cotilédones maiores que 'Sunki', ele apresenta maior quantidade de reservas, podendo proporcionar crescimento mais rápido e suportar um período maior de carência nutricional.

Pela Tabela 3 observa-se que a maior quantidade de nutrientes encontra-se no substrato comercial, com exceção dos nutrientes K e Mn, onde a CAQ possui valores maiores.

Tabela 3 - Análise de pH e de nutrientes nos substratos estudados.

ANÁLISE QUÍMICA	SUBSTRATO		
	Mistura	Comercial	Casca de arroz queimada
pH	6,5	5,5	9,54
N (mg.L ⁻¹)	3800	4800	2300
P (mg.L ⁻¹)	2600	3700	1800
K (mg.L ⁻¹)	5800	4700	6000
Ca (mg.L ⁻¹)	0,43	1,21	0,10
Mg (mg.L ⁻¹)	0,2	0,30	0,09
B (mg.L ⁻¹)	7,14	10,09	5,66
Zn (mg.L ⁻¹)	71,18	107,22	29,37
Cu (mg.L ⁻¹)	16,3	26,5	4,6
Mn (mg.L ⁻¹)	377	326,9	397,7

Segundo Joaquim (1997), a toxidez por sais provoca necrose das folhas, desidratação, redução do crescimento, podendo causar a morte das plântulas. Desta forma, as plantas não deveriam apresentar um crescimento normal devido ao excesso de salinidade dos substratos. No entanto, as sementes germinaram e houve crescimento das plântulas, independentemente do substrato usado. Assim, supõe-se que os citros estudados apresentam alta exigência em nu-

trientes ou que o regime de irrigação possibilitou a lavagem de parte destes saís, reduzindo sua toxidez.

Kämpf (2000) classificou valores de pH em misturas a base de componentes orgânicos. Segundo esta classificação o pH 5,5 é considerado ótimo; 6,5, muito alto, e 9,54, extremamente alto. Desta forma, o substrato comercial apresenta o melhor valor de pH comparado aos outros substratos.

O substrato que proporcionou maior crescimento às plântulas foi a mistura que possui um nível intermediário de nutrientes e pH de 6,5, um ponto maior que o classificado como ótimo e meio ponto a menos que o recomendado para citros pela ROLAS (1994). Assim, verifica-se que os três substratos mantiveram o crescimento dos porta-enxertos durante o período experimental e, segundo as características químicas analisadas, o pH parece ter exercido maior influência sobre a variável altura.

No entanto, deve-se levar em conta que o espaço para o desenvolvimento das raízes era pequeno. Shmitz et al. (1998), utilizando solo + areia + resíduo decomposto de casca de acácia, produziram porta-enxertos de 'Trifoliata' com altura de 14,8 cm em 5 meses, dentro de recipientes com 150mL, maior que os obtidos neste experi-

mento. Há uma tendência natural das plantas em manter o equilíbrio entre a parte aérea e a radicular. Desta forma, o recipiente de 50 mL utilizado pode ter contribuído negativamente para o crescimento das plântulas.

Para o diâmetro observou-se que houve efeito significativo apenas para o fator porta-enxerto. O 'Trifoliata' alcançou o maior diâmetro (1,74 mm) comparado ao do 'Sunki' (1,18 mm). Schmitz et al. (1998) obtiveram plântulas com diâmetro entre 1,97 e 1,62 mm, para o porta-enxerto 'Trifoliata', dependendo do substrato utilizado.

Conclusões

Não houve efeito dos substratos sobre a germinação das sementes dos dois porta-enxertos, estando esta variável mais dependente da viabilidade das sementes de cada espécie.

O substrato constituído pela mistura proporcionou o maior crescimento das plântulas.

A casca de arroz queimada apresenta-se como uma alternativa para compor misturas na formulação de substratos para germinação de sementes de porta-enxertos de citros.

Referências

- BUTTON, J.; FORNMAN, C. H.; HACKLAND, B. A. Effect of some Pre-Sowing Treatments on the Germination of *Poncirus trifoliata* and Troyer Citrange Seeds. **Citrus and Sub-tropical Fruit Journal**, Johannesburg, v. 451, p.9-11, 1971.
- CALGARO, S. A. Demanda de Substrato no Setor Florestal. Substrato para Plantas: a Base da Produção Vegetal em Recipientes. IN: KÄMPF, A. N.; FERMINO, M. H. (Eds.). ENCONTRO NACIONAL SOBRE SUBSTRATOS PARA PLANTAS (ENSub), 1., jul. 1999, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: Genesis, 2000.
- JOAQUIM, D. **Produção de Mudanças de Citros em Condições Controladas**: Casa de Vegetação, Substratos e Recipientes. 1997. 105 f. Dissertação (Mestrado) – Produção Vegetal, Universidade Politécnica de Valência, Valência, 1997.
- KÄMPF, A. N. Seleção de Materiais para Uso Como Substrato. IN: _____; FERMINO, M. H. (Eds.). ENCONTRO NACIONAL SOBRE SUBSTRATOS PARA PLANTAS (ENSub), 1., jul. 1999, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: Genesis, 2000.
- MUMFORD, P. M.; PANGGABEAN, G. A. Comparison of the Effects of Dry Storage on Seeds of Citrus Species. **Seed Science and Technology**, Zurich, v.10, n.2, p. 257-266, 1982.
- OLIVEIRA, R. P. de. **Mudas de Citrus**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2001. 32 p. Sistemas de Produção, 1.
- _____. ; SCIVITTARO, W. B.; RADMANN, E. B. Procedimentos para o Armazenamento de Sementes de *Poncirus trifoliata* (L.) Raf. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 25, n. 3, p. 461-463, 2003.
- POMPEU Jr., J. Porta-Enxertos para Citros. In: RODRIGUEZ, O.; VIÉGAS, F. C. P. **Citricultura Brasileira**. Campinas: Fundação Cargil, 1980. p. 281-296.
- ROLAS. **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, 1994.
- SCHMITZ, E. H. A Demanda em Substrato para a Citricultura no RS. IN: KÄMPF, A. N.; FERMINO, M. H. (Eds.). ENCONTRO NACIONAL SOBRE SUBSTRATOS PARA PLANTAS (ENSub), 1., jul. 1999, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: Genesis, 2000.
- SCHMITZ, J. A. K.; SOUZA, P. V. DUTRA de; KOLLER, O. C.; KÄMPF, A. N. Germinação e Desenvolvimento de Plântulas de *Poncirus trifoliata* L. Raf. Cultivadas em Três Substratos. IN: REUNIÃO TÉCNICA DE FRUTICULTURA, 5., maio 1998, Veranópolis. **Anais...** Porto Alegre: FEPAGRO, 1998.109 p.
- ZONTA, E. P.; MACHADO, A. A. **SANEST**: Sistema de Análise Estatística para Microcomputadores. Pelotas: UFPel, 1984. Registrado na Secretaria Especial de Informática – SEI, número 066060, Categoria A.



Regime anual e estacional de horas de frio no Estado do Rio Grande do Sul

Ronaldo Matzenauer^{1,2}, Aristides Câmara Bueno¹, Jaime Ricardo Tavares Maluf³, Marcos Silveira Wrege⁴, Denílson Ribeiro Viana⁵, Márcia dos Santos⁵ e Laurie Fofonka Cunha⁵

Resumo - Determinou-se o regime anual e estacional de horas de frio nas diferentes regiões ecoclimáticas do Rio Grande do Sul, para temperaturas do ar abaixo de 7°C e 10°C, durante o período de 1956 a 2003. O número total de horas de frio durante o ano variou de 121 horas na região do Baixo Vale do Uruguai a 487 horas na região do Planalto Superior – Serra do Nordeste, para a temperatura abaixo de 7°C. Para a temperatura abaixo de 10°C, o regime anual variou de 387 a 1.114 horas, respectivamente nas mesmas regiões. O inverno, com maior número de horas de frio, apresentou uma variação de 100 a 337 horas de frio abaixo de 7°C, e de 296 a 682 horas abaixo de 10°C, respectivamente nas regiões do Baixo Vale do Uruguai e Planalto Superior – Serra do Nordeste. Os resultados comparativos de horas de frio nas estações de outono e primavera foram semelhantes nas diferentes regiões ecoclimáticas. No verão foi verificado um baixo número de horas de frio, e apenas para temperatura abaixo de 10°C.

Palavras-chave: agroclimatologia, regime térmico, clima.

Annual and seasonal regimen of chilling hours in Rio Grande do Sul State, Brazil

Abstract - It was determined annual and seasonal regimen of chilling hours below 7°C and 10°C in different climatic regions, in Rio Grande do Sul State, Brazil, between years of 1956 and 2003. The annual chilling hours varied from 121 hours in region of Baixo Vale do Uruguai, to 487 hours in Planalto Superior – Serra do Nordeste for temperature below 7°C. For temperature below 10°C, annual regimen of chilling hours varied from 387 hours to 1114 hours, respectively, in the same regions. In the winter, the chilling regimen varied from 100 to 337 hours for temperature below 7°C, and from 296 to 682 hours for temperature below 10°C, respectively in the regions of Baixo Vale do Uruguai and Planalto Superior – Serra do Nordeste. The comparative results of autumn and spring, show similar regimen of chilling hours in different regions. In the summer, were verified low values of chilling hours, and only for temperature below 10°C.

Key words: agroclimatology, thermal regimen, climate.

¹ Engenheiro. Agrônomo, pesquisador do Centro de Meteorologia Aplicada da FEPAGRO, Rua Gonçalves Dias, 570, Bairro Menino Deus, CEP 90130-060, Porto Alegre, RS.

² Bolsista do CNPq. E-mail: ronaldo-matzenauer@fepagro.rs.gov.br

³ Engenheiro Agrônomo, pesquisador convidado da FEPAGRO, Centro de Meteorologia Aplicada.

⁴ Engenheiro. Agrônomo, pesquisador da Embrapa Clima Temperado. Caixa Postal 403, CEP 96001-970, Pelotas, RS.

⁵ Estudante de Geografia da UFRGS, Bolsista do Centro de Meteorologia Aplicada da FEPAGRO.

Recebido para publicação em 01/11/2006



Introdução

A temperatura do ar é um elemento meteorológico fundamental na determinação da distribuição das espécies vegetais na superfície da Terra. Além disso, afeta diretamente o crescimento e o desenvolvimento das plantas, sendo responsável pela ativação de diversos processos fisiológicos dos vegetais. Algumas espécies frutíferas apresentam um período de repouso no qual as plantas paralisam o crescimento. Esta condição fisiológica é interrompida por períodos de exposição a baixas temperaturas, o que caracteriza este tipo de espécie como criófilas. A exigência em frio para quebrar este período de repouso invernal é variável entre espécies e cultivares.

Em algumas regiões de clima temperado e nas regiões de clima subtropical, sujeitas a invernos amenos, o frio pode ser insuficiente para provocar a quebra natural da dormência de alguns cultivares de espécies criófilas e, em decorrência, podem se manifestar diversas anomalias fisiológicas e fenológicas. Do ponto de vista agrônomo, as conseqüências mais drásticas da insuficiência do frio invernal resultam na diminuição da qualidade e da quantidade da produção de frutos (PEDRO JÚNIOR et al., 1979) e na diminuição do vigor e da longevidade da planta (LEDESMA, 1950).

O conhecimento do regime de horas de frio nas diferentes regiões ecoclimáticas (MALUF e CAIAFFO, 2001) é, portanto, de grande importância na avaliação da aptidão agrícola dos diferentes climas. Como o Estado do Rio Grande do Sul se encontra entre os paralelos 27° e 34° de latitude Sul, e 49° e 58° de longitude oeste, com regiões de altitudes superiores a 1.000 m, apresenta condições favoráveis ao cultivo de fruteiras de clima temperado. A quantificação das horas de frio e a identificação das regiões com maior potencial ao cultivo de espécies frutíferas em termos de exigência em frio possibilitam, além da identificação de novas áreas, o aperfeiçoamento dos trabalhos de zoneamentos agroclimáticos das diversas espécies, bem como o melhor aproveitamento das áreas favoráveis ao cultivo.

Conceitualmente, entende-se por horas de frio o somatório do número de horas iguais ou inferiores a um determinado valor de temperatura. Este somatório é característico para cada espécie e cultivar para cumprir o repouso invernal (MOTA, 1992). De acordo com Pascale e Aspiazu (1965), computa-se o resfriamento para as fruteiras de clima temperado como o acúmulo de horas de frio, quando a temperatura do ar decresce de um nível térmico estabelecido aos 7°C. O valor de 7°C é utilizado como temperatura base superior das horas de frio na maioria dos países produtores de frutas de clima temperado, sendo seu uso generalizado para a determinação das exigências em frio das espécies, bem como para o zoneamento agroclimático das disponibilidades de frio. Entretanto, diversos trabalhos têm demonstrado que temperaturas superiores a

7°C também são eficientes para a quebra de dormência de algumas espécies de frutíferas criófilas.

Diversos pesquisadores determinaram o regime de horas de frio no Estado do Rio Grande do Sul. Mota et al. (1974) estimaram o número de horas de frio efetivas inferiores a 7,2°C. Didoné et al. (1987) calcularam, a partir de gráficos do termógrafo, para o período 1970-79, o número de horas de frio abaixo de 7°C e 10°C, para os períodos maio-agosto e maio-setembro, para dezenove localidades do Rio Grande do Sul. Matzenauer et al. (2005) ampliaram e atualizaram o trabalho realizado por Didoné et al. (1987), aumentando a série histórica e o número de localidades analisadas. Mota (1992) publicou outro trabalho, no qual as horas de frio foram estimadas a partir de equações de regressão entre as horas de frio e a temperatura do mês mais frio. Damario et al. (1999) estimaram a disponibilidade de horas de frio para o Estado do Rio Grande do Sul, utilizando a metodologia de Damario et al. (1998), que utiliza a temperatura mínima média mensal de maio a setembro e a temperatura mínima média anual. Wrege et al. (2003) elaboraram o mapeamento do acúmulo de horas de frio do período de maio a setembro, no Rio Grande do Sul, disponibilizando um maior detalhamento espacial dos dados. Todos os trabalhos apresentados identificam com semelhança as regiões mais frias do estado. No entanto, os valores do número de horas de frio divergem entre si devido, provavelmente, às diferenças na metodologia utilizada. Nenhum dos trabalhos citados avaliou o regime de horas de frio nos demais meses do ano, considerando que o maior acúmulo de frio acontece no período de maio a setembro. Ocorre que a determinação das horas de frio em outros períodos do ano pode ser importante para a realização de outros trabalhos e, além disso, a caracterização nas diferentes estações do ano e do regime total anual, pode ser uma informação útil em estudos agroclimatológicos.

Desta forma, o objetivo deste trabalho foi determinar, através da análise de termogramas de uma série histórica longa, o regime anual e estacional de horas de frio abaixo de 7°C e 10°C, nas diferentes regiões ecoclimáticas do Estado do Rio Grande do Sul.

Material e métodos

Para a determinação do regime anual e estacional das horas de frio com temperaturas abaixo de 7°C e 10°C, nas diferentes regiões ecoclimáticas do Rio Grande do Sul (MALUF e CAIAFFO, 2001), foram cotados termogramas de 26 localidades do Estado do Rio Grande do Sul, obtidos no arquivo do Banco de Dados Meteorológicos pertencente ao Centro de Meteorologia Aplicada, da Fundação Estadual de Pesquisa agropecuária – FEPA-GRO/SCT-RS. Os locais, a localização geográfica e os períodos avaliados no trabalho estão relacionados na Tabela 1.

Tabela 1 - Localidades onde foram determinadas as horas de frio no Estado do Rio Grande do Sul e períodos avaliados.

Localidade	Região Ecoclimática	Coordenadas Geográficas			Período
		Altitude (m)	Latitude (graus e décimos)	Longitude (graus e décimos)	
Alegrete *	Campanha	130	-29,81	-55,85	1970-1998
Bagé	Campanha	175	-31,39	-53,93	1960-1989
Cachoeirinha	Depressão Central	5	-29,95	-51,12	1975-2003
Caxias do Sul	Serra do Nordeste	840	-29,14	-50,99	1985-2003
Cruz Alta	Planalto Médio	430	-28,60	-53,67	1973-1990
Encruzilhada do Sul	Serra do Sudeste	410	-30,55	-52,41	1958-2003
Erechim	Planalto Médio	760	-27,66	-52,31	1966-2003
Farroupilha	Serra do Nordeste	680	-29,20	-51,34	1963-2003
Guaíba	Depressão Central	50	-30,09	-51,67	1968-1993
Ijuí	Missioneira	280	-28,44	-54,00	1970-2003
Jaguarão	Grandes Lagoas	20	-32,55	-53,39	1970-1979
Júlio de Castilhos	Planalto Médio	490	-29,18	-53,69	1956-2002
Maquiné	Litoral	25	-29,66	-50,21	1958-2001
Passo Fundo	Planalto Médio	690	-28,23	-52,40	1970-1979
Quarai	Campanha	100	-30,39	-56,48	1977-2003
Rio Grande	Litoral	5	-32,00	-52,30	1956-1994
Santa Maria	Depressão Central	125	-29,67	-53,91	1963-1998
Santa Rosa	Médio Vale do Uruguai	330	-27,86	-54,45	1981-2003
Santana do Livramento **	Campanha	205	-30,87	-55,43	1966-2003
São Borja	Baixo Vale do Uruguai	90	-28,69	-55,96	1956-2003
São Gabriel	Depressão Central	120	-30,33	-54,26	1963-2003
Soledade	Planalto Médio	530	-28,82	-52,48	1973-1998
Taquari	Depressão Central	65	-29,79	-51,83	1963-2003
Uruguaiana	Campanha	80	-29,84	-57,08	1963-2002
Vacaria	Planalto Superior	915	-28,45	-50,95	1966-1994
Veranópolis	Serra do Nordeste	705	-28,89	-51,54	1956-2003

* Fechada no período 1987-1994. ** Fechada no período 1982-1998.

Este trabalho apresenta uma complementação do estudo realizado por Matzenauer et al. (2005), os quais determinaram as horas de frio no Rio Grande do Sul abaixo de 7°C e 10°C, para os períodos maio-agosto e maio-setembro. Neste trabalho, foi determinado o regime de horas de frio nos demais meses do ano (outubro a abril), fazendo-se o cálculo anual e estacional das horas de frio para as diferentes regiões ecoclimáticas do Rio Grande do Sul (MALUF e CAIAFFO, 2001). O trabalho surgiu a partir de uma demanda de pesquisadores da Embrapa Clima Temperado, visando o estudo das horas de frio nos demais meses do ano, para a identificação de áreas para a produção de mudas de morangueiro. Foram cotados termogramas do período 1956 a 2003 disponíveis no Banco de Dados, variando o mesmo entre locais, de acordo com cada série disponível, conforme apresentado na Tabela 1.

Para cada local e para cada nível de temperatura (< 7°C e < 10°C) realizaram-se os seguintes procedimentos:

1 – Calculou-se a média de horas de frio em cada dia do período compreendido entre 01 de outubro a 30 de abril. Os dados de 01 de maio a 30 de setembro foram os computados no trabalho de Matzenauer et al. (2005). Essa média foi obtida em relação à série de dados existentes.

Não foram estimados valores para dias com dados ausentes (sem registro). Portanto, o número de observações que geraram a média de horas de frio diária é diferente entre os dias do período.

2 – Calculou-se a soma de horas de frio de cada mês (Tabela 2).

3 – Calculou-se a soma de horas de frio de cada estação do ano e o total anual (Tabela 3).

Esta metodologia permitiu, portanto, a obtenção de valores reais de horas de frio, já que em estimativas a partir de funções matemáticas sempre ocorre um erro. Os dados foram espacializados, utilizando-se o programa Surfer 6.0.

A complementação do trabalho para todos os meses e nas diferentes estações do ano, bem como nas diferentes regiões ecoclimáticas, permite a obtenção de dados completos do regime de horas de frio no Estado do Rio Grande do Sul, podendo ser utilizado em diversos estudos agroclimáticos que necessitem desta informação.

Resultados e discussão

O regime anual médio de horas de frio no Estado do Rio Grande do Sul foi de 320 horas considerando tempe-

raturas abaixo de 7°C e 785 horas para a temperatura abaixo de 10°C (Tabela 2). Os valores extremos nas diferentes regiões ecoclimáticas variaram de 121 horas na região do Baixo Vale do Uruguai a 487 horas na região do Planalto Médio – Serra do NE, para temperatura abaixo de 7°C. Para a temperatura abaixo de 10°C, os valores variaram de 387 a 1114 horas respectivamente, nas mesmas regiões.

Além da região do Baixo Vale do Uruguai com o valor mais baixo de horas de frio, as regiões do Alto e Médio Vale do Uruguai, Litoral, Missioneira e Depressão Central, também apresentaram menores valores anuais de horas de frio. As regiões que apresentaram os maiores valores de horas de frio, além do Planalto Superior-Serra do Nordeste, foram a Campanha, Grandes Lagos, Planalto Médio e Serra do Sudeste. Os trabalhos realizados por Didoné et al. (1987) e Damario et al. (1999) também identificaram as mesmas regiões com maior ou menor regime de horas de frio no Rio Grande do Sul.

Para os resultados estacionais, verifica-se uma variação de zero no verão a 238 horas no inverno, para temperatura abaixo de 7°C na média estadual, sendo que para temperatura abaixo de 10°C os valores médios variaram de 3 horas no verão a 526 horas no inverno (Tabela 3). A estação de inverno apresentou o regime mais frio com 238 horas abaixo de 7°C e 526 horas abaixo de 10°C, representando, respectivamente, 74,4% e 67% do regime

anual de horas de frio. As estações de outono e primavera apresentaram valores iguais de 41 horas de frio abaixo de 7°C sendo semelhantes para temperatura abaixo de 10°C, respectivamente de 126 e 130 horas.

Nas Figuras de 1 a 8, estão espacializados os valores do número de horas de frio abaixo de 7°C e 10°C, para as estações de primavera, outono e inverno, e para o total anual. Para o verão os dados não foram espacializados, considerando o baixo número de horas de frio verificado na referida estação.

Conclusões

O Estado do Rio Grande do Sul apresenta regiões ecoclimáticas com grande variabilidade no regime de horas de frio.

Foram identificadas as regiões ecoclimáticas com maior potencial para o estabelecimento de fruteiras de clima temperado; as regiões com maior número de horas de frio são Planalto Superior – Serra do Nordeste, Planalto Médio, Região dos Grandes Lagos, Campanha e Serra do Sudeste.

A estação de inverno concentra cerca de 70% do regime anual de horas de frio no Estado do Rio Grande do Sul, sendo o restante distribuído de forma similar nas estações de outono e primavera.

Tabela 2 - Horas de frio abaixo de 7°C e 10°C, nas diferentes regiões ecoclimáticas do Estado do Rio Grande do Sul. Dados médios mensais e totais anuais.

Temperatura menor que 7°C	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
Alto e Médio Vale do Uruguai	0	0	0	2	9	37	62	21	8	2	0	0	140
Baixo Vale do Uruguai	0	0	0	1	12	34	43	23	8	0	0	0	121
Campanha	0	0	0	8	38	101	109	64	34	6	1	0	360
Depressão Central	0	0	0	2	23	66	74	36	21	2	0	0	224
Litoral	0	0	0	1	19	58	62	44	19	4	1	0	206
Missioneira	0	0	0	4	24	62	70	33	21	3	0	0	217
Planalto Médio	0	0	1	7	38	94	104	64	40	8	1	0	356
Planalto Superior – Serra do NE	0	0	1	14	59	112	134	91	58	15	3	1	487
Região das Grandes Lagoas	0	0	0	11	37	98	112	63	41	9	1	0	372
Serra do Sudeste	0	0	0	1	23	68	78	55	28	5	1	0	259
Média global	0	0	0	7	34	85	96	58	33	7	1	0	320

Temperatura menor que 10°C	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
Alto e Médio Vale do Uruguai	0	0	0	8	42	101	135	73	43	8	1	0	411
Baixo Vale do Uruguai	0	0	1	9	44	101	116	79	30	7	1	0	387
Campanha	0	0	4	34	104	205	218	159	96	30	7	1	858
Depressão Central	0	0	1	15	71	156	173	102	60	16	3	0	596
Litoral	0	0	1	12	65	134	139	125	60	21	6	1	563
Missioneira	0	0	2	16	68	132	158	102	62	18	3	0	561
Planalto Médio	0	1	5	30	104	200	214	157	108	35	8	1	862
Planalto Superior – Serra do NE	2	2	7	48	146	229	258	195	144	56	22	5	1114
Região das Grandes Lagoas	1	0	6	42	104	204	224	160	90	36	11	2	881
Serra do Sudeste	0	1	2	18	75	168	183	156	101	27	9	1	740
Média global	1	1	4	28	95	182	200	144	91	30	8	1	785

REGIME ANUAL E ESTACIONAL DE HORAS DE FRIO NO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL

Tabela 3 - Horas de frio abaixo de 7°C e 10°C, nas quatro estações do ano, nas diferentes regiões ecoclimáticas do Estado do Rio Grande do Sul.

Temperatura menor que 7°C	Verão	Outono	Inverno	Primavera
Alto e Médio Vale do Uruguai	0	11	120	10
Baixo Vale do Uruguai	0	13	100	8
Campanha	0	46	274	41
Depressão Central	0	25	176	23
Litoral	0	20	163	24
Missioneira	0	28	165	24
Planalto Médio	0	46	262	49
Planalto Superior – Serra do Nordeste	1	74	337	76
Região das Grandes Lagoas	0	48	273	51
Serra do Sudeste	0	24	201	33
Média global	0	41	238	41

Temperatura menor que 10°C	Verão	Outono	Inverno	Primavera
Alto e Médio Vale do Uruguai	0	50	309	52
Baixo Vale do Uruguai	0	53	296	38
Campanha	2	142	581	133
Depressão Central	1	86	430	79
Litoral	1	78	398	87
Missioneira	0	86	392	83
Planalto Médio	2	138	571	151
Planalto Superior – Serra do Nordeste	9	201	682	222
Região das Grandes Lagoas	3	152	588	137
Serra do Sudeste	2	95	507	137
Média global	3	126	526	130

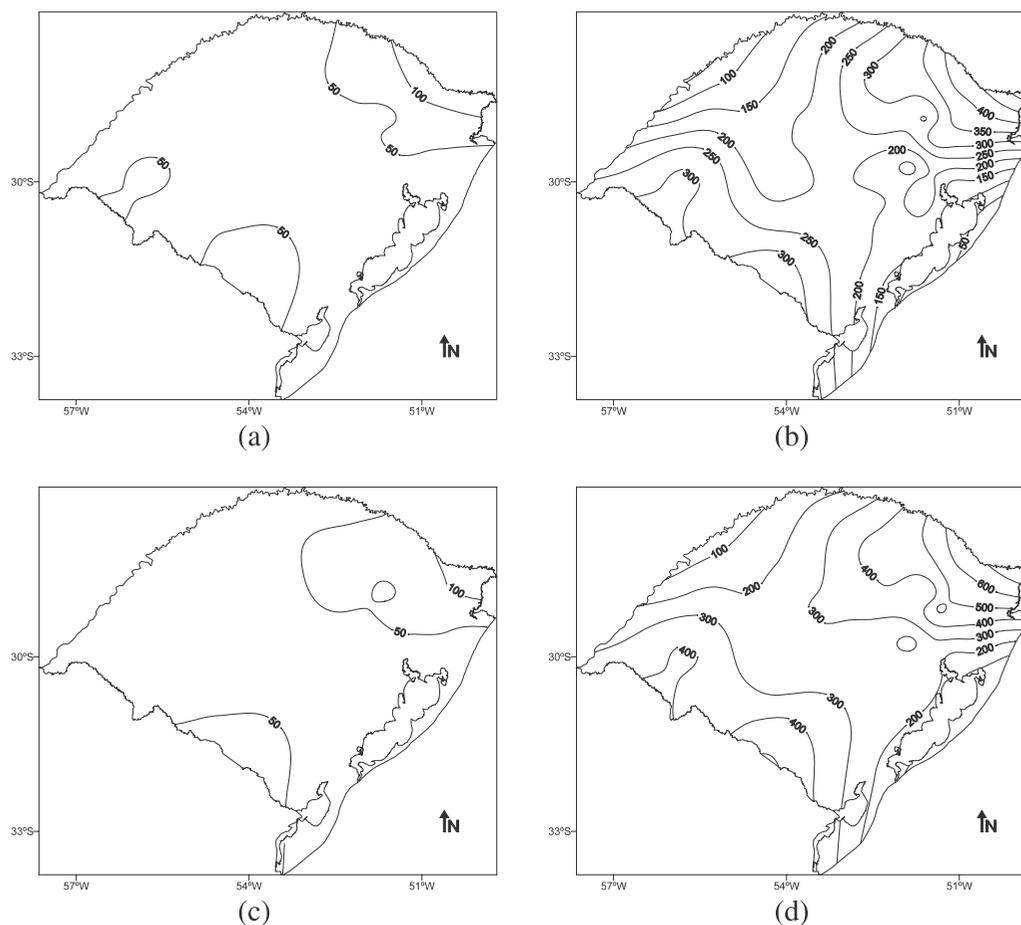


Figura 1 - Horas de frio abaixo de 7 °C no Rio Grande do Sul. Outono (a), inverno (b), primavera (c) e no ano(d).

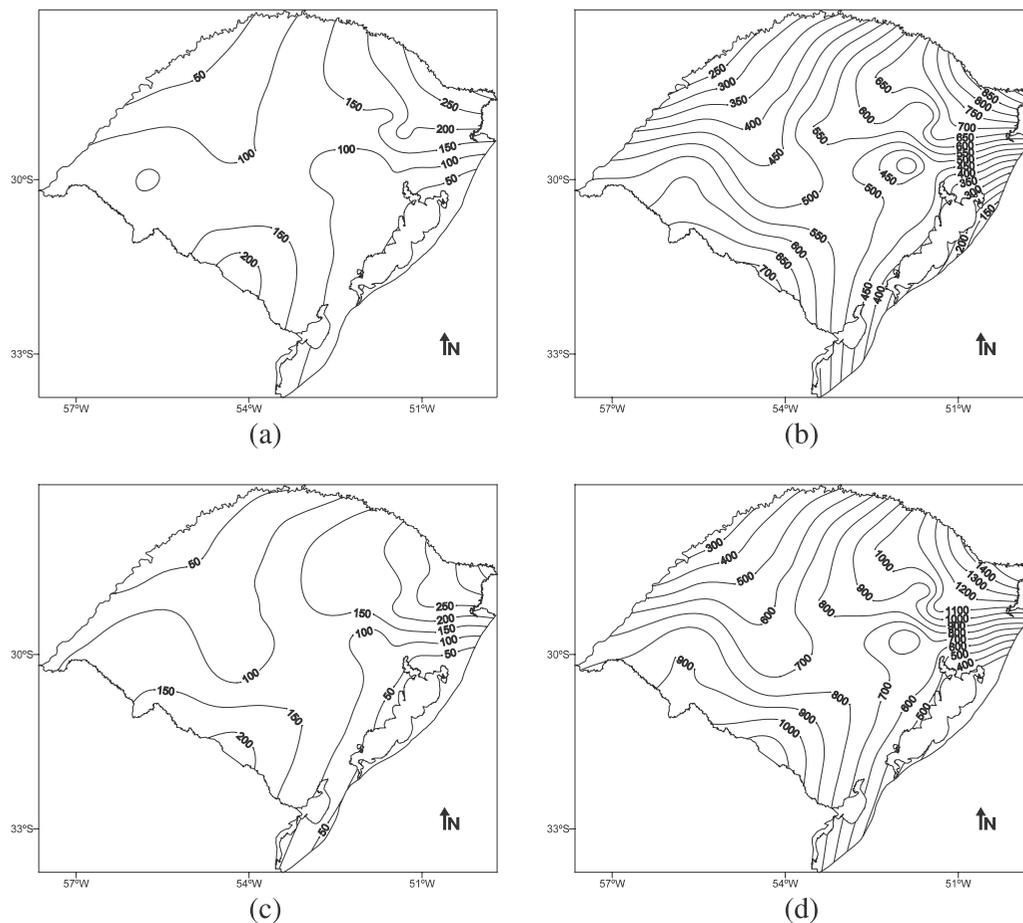


Figura 2 - Horas de frio abaixo de 10°C no Rio Grande do Sul. Outono (a), inverno (b), primavera (c) e no ano(d).

Referências

- DAMARIO, E.A.; PASCALE, A.J.; BUSTOS, C. Método Simplificado para la Estimación Agrometeorológica de “Horas de Frio” Anuales. **Revista da Faculdade de Agronomia**, Buenos Aires, v. 18, n. 1, p. 93-97, 1998.
- _____; _____. Disponibilidade de “Horas de Frio” em el Estado de Rio Grande do Sul. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 11.; REUNIÃO LATINOAMERICANA DE AGROMETEOROLOGIA, 2., 1999, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: EPAGRI, 1999. p. 136-142. CD ROM.
- DIDONÉ, I.A.; BUENO, A.C.; GESSINGER, G.L.; MALUF, J.R.T.; STEIGLEDER, J.P.K. Regime de Horas de Frio no Estado do Rio Grande do Sul. **Agronomia Sulriograndense**, Porto Alegre, v. 23, n. 2, p. 115-129, 1987.
- LEDESMA, N. R. Consecuencias del Frio Invernal Insuficiente em los Arboles de Follage Caduco. **Revista de la Facultad de Agronomia de La Plata**, La Plata, v. 27, n. 2, p. 181-196, 1950.
- MALUF, J.R.T.; CAIAFFO, M.R.R. Regiões ecoclimáticas do Estado do Rio Grande do Sul. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 12.; REUNIÃO LATINO-AMERICANA DE AGROMETEOROLOGIA, 3., 2001, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza, 2001. p.151-152. Água e Agrometeorologia no Novo Milênio.
- MATZENAUER, R.; BUENO, A. C.; CARGNELUTTI FILHO, A.; DIDONÉ, I. A.; MALUF, J. R. T.; HOFMANN, G.; TRINDADE, J. K. da; STOLZ, Á. P.; SAWASATO, J. T.; VIANA, D. R. Horas de frio no Estado do Rio Grande do Sul. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, Porto Alegre, v. 11, n. 1-2, p. 63-68, 2005.
- MOTA, F.S. Mapeamento de Horas de Frio para Indicação do Cultivo de Fruteiras Criófilas no Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, v. 14, n. 1, p. 83-88, 1992.
- _____; BEIRSDORF, M.I.C.; ACOSTA, M.J.C.; MOTTA, M.A.; WESTPHALEN, S.L. **Zoneamento Agroclimático do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. Brasília: EMBRAPA, 1974. 15 p. Circular, n. 50.
- PASCALE, A.J.; ASPIAZU, C. Regimen de Horas de Frio Durante el Inverno en Buenos Aires. **Revista de la Facultad de Agronomia y Veterinaria de Buenos Aires**, Buenos Aires, v. 16, n. 2, p. 63-82, 1965.
- PEDRO JÚNIOR, M. J.; ORTOLANI, A. A.; RIGITANO, O.; ALFONSI, R. R.; PINTO, H. S.; BRUNINI, O. Estimativa de Horas de Frio abaixo de 7°C e de 13°C para Regionalização da Fruticultura de Clima Temperado no Estado do São Paulo. **Bragantia**, Campinas, v. 38, n. 13, p. 123-130, 1979.
- WREGE, M. S.; HERTER, F.G.; STEIMETZ, S. Mapeamento das Horas de Frio para Frutíferas de Clima Temperado no Estado do Rio Grande do Sul. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 13., 2003, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: UNIFRA, SBA, UFSM, 2003, p. 473-474.



Antecipação e concentração da colheita da ameixa ‘Iratí’ tratada com Ethephon

João Caetano Fioravanco¹, Paulo Roberto Simonetto², Lia Rosane Rodrigues³

RESUMO - Com o objetivo de avaliar o efeito do ethephon na antecipação e diminuição do número de repasses durante a colheita da ameixa ‘Iratí’ foi realizado um experimento no Centro de Pesquisa da Região da Serra – FEPAGRO SERRA, em Veranópolis, RS. Utilizou-se o delineamento experimental completamente casualizado combinando, em um esquema fatorial 2 x 4 x 5, duas datas de aplicação, quatro concentrações de ethephon e cinco repasses para colheita. A calda foi aplicada diretamente sobre os frutos até o ponto de escorrimento, com o auxílio de um pulverizador costal. A aplicação de ethephon oito dias antes da colheita permitiu a retirada de maior quantidade de frutos no primeiro repasse em relação à aplicação feita quatro dias antes. As duas épocas de aplicação possibilitaram colher em torno de 80% dos frutos nos dois primeiros repasses. No primeiro repasse, a colheita de frutos foi maior nos tratamentos com ethephon, não havendo diferença significativa entre as concentrações. O peso médio dos frutos foi maior nos tratamentos 0, 120 e 240 mg/L e nos dois primeiros repasses.

Palavras-chave: *Prunus salicina*, ácido 2-cloroetilfosfônico, etileno.

Earlier and more uniform harvest of ‘Iratí’ plums applying Ethephon

ABSTRACT - In order to evaluate the effect of ethephon on the anticipation and decrease of picking number throughout the course of harvest time of ‘Iratí’ plum, an assay was conducted on the Centro de Pesquisa da Região da Serra - FEPAGRO SERRA, in Veranópolis, RS, Brazil. The statistical design was entirely randomized, in a factorial design 2 x 4 x 5, in which ethephon was applied in two dates and four concentrations. Ethephon was sprayed directly on the fruits, till they dropped, with a portable pulverizer. The application of ethephon eight days before harvest beginning resulted in higher amount of fruit in the first picking compared to the application four days before harvest beginning. In both time of spraying with ethephon the amount of fruits harvested in first and second picking together was approximately 80% of the total. In the first picking, the fruit harvest was higher when they were sprayed with ethephon, without significant statistical difference among concentrations. The average fruit weight was higher in the control treatment, 120 mg/l and 240 mg/l and in the two first picking.

Key words: *Prunus salicina*, 2-chloroethyl phosphonic acid, ethylene.

¹ Engenheiro Agrônomo, Dr., Pesquisador da FEPAGRO – Centro de Pesquisa da Região da Serra. Caixa Postal 44, CEP 95330-000 – Veranópolis-RS. Fone/fax (54) 3441 1374. E-mail: joao-fioravanco@fepagro.rs.gov.br

² Engenheiro Agrônomo, MSc., Pesquisador da FEPAGRO – Centro de Pesquisa da Região da Serra.

³ Engenheiro Agrônomo, Dr., Pesquisador da FEPAGRO – Centro de Pesquisa da Região da Serra.

Recebido para publicação em 27/09/2006



Introdução

O etileno é um hormônio vegetal associado a praticamente todas as etapas fenológicas do desenvolvimento e desempenha papel fundamental na indução da maturação e senescência de frutos climatéricos (TAIZ e ZEIGER, 1998; JACOMINO et al., 2002). Sua concentração aumenta nas flores após a polinização e nos frutos à medida que amadurecem (FELIPPE, 1986).

Várias substâncias são capazes de liberar etileno por meio de reação química, sendo o ácido 2-cloroetilfosfônico (ethephon) uma das mais utilizadas comercialmente. Ao ser aplicado sobre os frutos, o ethephon decompõe-se e libera etileno lentamente, estimulando, com o aumento de sua concentração, o amadurecimento dos mesmos (BLOMMAERT et al., 1975). De acordo com Felipe (1986), a liberação do etileno é uma simples reação base-catalisada e não envolve atividade enzimática da planta tratada.

Resultados positivos com a aplicação do ethephon em pré-colheita, para antecipar a colheita e/ou melhorar a coloração dos frutos, foram obtidos em várias culturas, como, por exemplo, macieira (COUEY e WILLIAMS, 1973; WANG e DILLEY, 2001), pessegueiro (STEMBRIDGE e RAFF, 1973), videira (POWERS et al., 1980), maracujazeiro (DOZIER et al., 1991) e cafeeiro (CARVALHO et al., 2003).

Na cultura da ameixeira, a exemplo de outras frutíferas, a aplicação de ethephon com o objetivo de antecipar a maturação, melhorar a coloração e diminuir o número de repasses para a colheita total dos frutos pode constituir-se em uma técnica relevante para a redução dos custos e o aumento da lucratividade. A colheita antecipada é economicamente vantajosa em cultivares precoces em virtude dos preços altos no início da safra, enquanto a redução do número de repasses para a colheita reduz os custos com mão-de-obra. A coloração da epiderme, por sua vez, é um dos principais atributos que o consumidor utiliza para avaliar a qualidade da fruta, preferindo os frutos de coloração mais intensa, associada a elevados teores de açúcares e baixa acidez.

O objetivo do trabalho foi avaliar o efeito de épocas de aplicação e concentrações de ethephon na antecipação e diminuição dos repasses durante a colheita de ameixas do cultivar precoce Irati.

Material e métodos

O experimento foi realizado no pomar do Centro de Pesquisa da Região da Serra (FEPAGRO SERRA), em Veranópolis, Serra do Nordeste do Estado do Rio Grande do Sul (latitude 28°56'14" Sul, longitude 51°31'11" Oeste e altitude 705 m). A temperatura média anual é de 17,5°C e a precipitação pluviométrica média de 1.639 mm (SIMONETTO e GRELLMANN, 2003). As condições cli-

máticas ocorridas durante o período de realização do experimento são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 - Precipitação total e médias das temperaturas mínimas e máximas registradas no Centro de Pesquisa da Região da Serra - FEPAGRO SERRA, em Veranópolis, RS, de janeiro de 2003 a março de 2004

Mês	Precipitação (mm)	Temperatura (°C)		
		Média das mínimas	Média das máximas	Média
Janeiro	102,2	15,6	27,0	21,3
Fevereiro	128,3	14,8	25,7	20,2
Março	107,5	14,2	25,5	19,8
Abril	135,0	14,3	24,4	19,4
Mai	158,1	8,7	16,4	12,5
Junho	80,9	9,5	19,5	14,5
Julho	155,1	6,7	16,5	11,6
Agosto	22,9	7,8	19,2	13,5
Setembro	213,6	12,3	21,8	17,0
Outubro	156,5	10,6	22,3	16,4
Novembro	150,4	13,1	23,5	18,3
Dezembro	34,8	14,5	26,8	20,7

O clima da região é o temperado (Cfb1), segundo a classificação de Köppen (MORENO, 1961), e o solo é do tipo Latossolo Vermelho Distroférico típico (LVdf1), de acordo com Streck et al. (2002).

O delineamento experimental foi completamente casualizado, em um esquema fatorial 2 x 4 x 5, onde foram combinadas duas épocas de aplicação (oito dias antes da data do início da colheita e quatro dias antes) com quatro concentrações de ethephon, produto comercial Ethrel (testemunha, 120, 240 e 480 mg/L) e cinco repasses até a colheita do total dos frutos. Foram utilizadas três repetições por tratamento e uma planta por unidade experimental.

As datas de aplicação de ethephon foram 04/11/04 (oito dias antes da colheita) e 08/11/04 (quatro dias antes), em plantas com cinco anos, em espaçamento 6 x 4 m. A calda foi aplicada diretamente sobre os frutos, até o ponto de escorrimento, com o auxílio de um pulverizador costal equipado com bico leque 80.04. No momento da aplicação, as ameixas apresentavam-se completamente desenvolvidas e a epiderme exibia coloração verde clara.

Os repasses foram efetuados nos dias 12/11/04, 16/11/04, 19/11/04, 23/11/04 e 30/11/04. As ameixas colhidas foram contadas e pesadas para calcular a porcentagem colhida em cada repasse e o peso médio.

Os dados foram submetidos ao teste de normalidade e de igualdade das variâncias e à análise de variância. As médias foram comparadas pelo teste de Duncan com 5% de probabilidade de erro.

Resultados e discussão

Quando dispostos em esquema fatorial 2 x 4 x 5, os dados do experimento não apresentaram distribuição normal. Uma análise de variância paramétrica foi viabiliza-

da apenas quando as observações de cada repasse e cada concentração foram analisadas separadamente.

A época de aplicação do ethephon influenciou significativamente a porcentagem de frutos colhidos no primeiro e segundo repasses. Nos demais, não houve influência de aplicação (Figura 1).

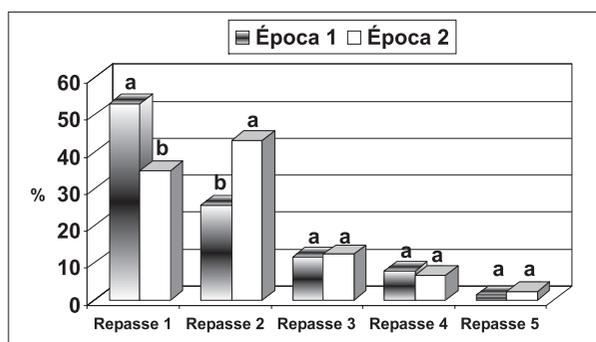


Figura 1 - Porcentagem de ameixas do cultivar precoce Irati colhidas a cada repasse, de acordo com a data de antecipação da aplicação do ethephon (quatro e oito dias antes da colheita), em Veranópolis, RS. Médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Duncan ao nível de 5 %, na comparação de médias a partir de análises de variância independentes por repasse

No primeiro repasse, quando o ethephon foi aplicado oito dias antes da data prevista para a primeira colheita, a porcentagem de frutos colhidos foi de 53,15%, significativamente superior à porcentagem colhida quando o ethephon foi aplicado quatro dias antes da data prevista para a primeira colheita, que foi de 35,16%. No segundo repasse, verificou-se o inverso, ou seja, quando o ethephon foi aplicado mais próximo da colheita, foram colhidos 43,31% das ameixas, proporção significativamente superior à porcentagem de 25,89%, obtida quando o ethephon foi aplicado oito dias antes da primeira coleta.

Os resultados confirmam a propriedade do ethephon em acelerar a mudança da coloração da epiderme dos frutos, demonstrada por Powers et al. (1980), Carvalho et al. (2003), Delú Filho et al. (2004) e Steffens et al. (2004). Além disso, a colheita de uma maior proporção de frutos já no primeiro repasse, favorecida pela aplicação de ethephon com oito dias de antecipação, permite o abastecimento do mercado no início da safra, quando a produção é melhor remunerada. A colheita de 17,99% a mais de frutos no primeiro repasse pode representar, ao final da safra, uma remuneração adicional significativa para o produtor. E, sobretudo, com a antecipação da colheita da ameixa, aumenta-se o período de comercialização dessa fruta, que é ofertada ao mercado por um curto período de tempo.

Na soma dos dois primeiros repasses, a quantidade de frutos colhidos foi de 79,04 e 78,47% para a aplicação oito ou quatro dias antes da primeira colheita, respectivamente. Isso mostra que a aplicação de ethephon quatro dias antes da colheita permite colher praticamente a mes-

ma quantidade de frutos nos primeiros repasses que a aplicação oito dias antes da colheita, mas com a desvantagem da colheita da maior parte dos frutos ocorrer no segundo repasse. Independentemente da época de aplicação, a maior parte dos frutos foi colhida oito dias após a aplicação, sugerindo ser esse o intervalo de tempo mais adequado entre a aplicação e o início da colheita da ameixa 'Irati', quando se pretende acelerar a mudança de cor e antecipar a colheita de maior parte dos frutos.

Blommaert et al. (1975) recomendaram a aplicação de ethephon 12 a 14 dias antes da colheita de ameixas, enquanto Rom e Scott (1971) obtiveram avanço na maturação de pêssegos com aplicações feitas 21 dias antes da colheita.

A influência da concentração de ethephon na quantidade de frutos colhidos em cada repasse pode ser observada na Figura 2. No primeiro repasse, a proporção de ameixas colhidas foi superior nos tratamentos que receberam ethephon em comparação com o tratamento testemunha, não havendo diferenças significativas entre as concentrações de ethephon. Isso demonstra que as três concentrações testadas são suficientes para induzir a ameixa 'Irati' a antecipar a mudança de coloração verde para vermelha, permitindo a colheita antecipada. Assim, deve-se dar preferência à menor concentração do produto (120 mg/L), para onerar menos a produção e evitar possíveis quedas de frutos em casos de interações ambientais com altas concentrações de etileno (TAIZ e ZEIGER, 1998).

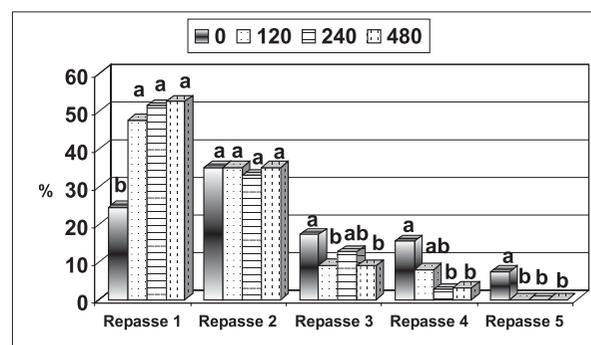


Figura 2 - Porcentagem de ameixas do cultivar precoce Irati colhidas a cada repasse, de acordo com as concentrações de ethephon aplicadas quatro e oito dias antes do início da colheita, em Veranópolis, RS. Médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Duncan ao nível de (5 %), na comparação de médias a partir de análises de variância independentes por repasse

No segundo repasse, por outro lado, não houve diferença entre os tratamentos com e sem ethephon. Esse resultado pode ser explicado pelo tempo transcorrido entre a aplicação e o repasse, no qual grande parte das ameixas do tratamento testemunha atingiu a coloração adequada para ser colhida.

Nos demais repasses, quando restava pequena quantidade dos frutos, o tratamento testemunha proporcionou

maior quantidade de frutos colhidos em comparação com os tratamentos com ethephon, na maioria das vezes. No último repasse, não havia mais frutos a serem colhidos dentre os tratados com ethephon, mas ainda havia 7,41% do total dos frutos do tratamento testemunha (Figura 2).

A porcentagem de frutos colhidos nos primeiros dois repasses nas ameixeiras tratadas com ethephon somente é alcançada pelo tratamento testemunha após três ou quatro repasses. Nesse aspecto, a aplicação de ethephon apresenta-se como alternativa para diminuir o número de repasses, o que pode representar uma economia importante de mão-de-obra durante a colheita e beneficiamento das ameixas.

Resultados semelhantes foram obtidos por Blommaert et al. (1975) em que o ethephon antecipou e uniformizou o amadurecimento de frutos do cultivar 'Santa Rosa', sem efeitos negativos aparentes sobre a qualidade do fruto no armazenamento.

A diferença na porcentagem de frutos colhidos entre os tratamentos com e sem ethephon no primeiro repasse, evidenciada na Figura 2, pode significar um maior retorno econômico para os agricultores, pois, normalmente, quanto mais antecipada é a comercialização, maior é o preço médio pago pela fruta, especialmente no caso da ameixa, produto muito valorizado no início da safra.

Foram observados efeitos significativos das interações entre época de aplicação e concentrações de ethephon e entre épocas de aplicação do ethephon e repasses sobre o peso médio dos frutos (Tabela 2). De um modo geral, nos tratamentos testemunha, 120 e 240 mg/L de ethephon, foram colhidos frutos com maior peso médio que no tratamento 480 mg/L. Isso pode ser atribuído ao efeito da maior concentração de ethephon, que acentuou a coloração vermelha tanto de ameixas grandes quanto pequenas, diminuindo a média do peso dos frutos.

Observou-se, também, que os frutos com maior peso médio foram colhidos nos primeiros dois repasses (Ta-

Tabela 2 - Peso médio, em g, de ameixas do cultivar precoce Irati tratadas com concentrações crescentes de ethephon, em Veranópolis, RS

	Dias entre a Aplicação e o Início da Colheita				
		Oito		Quatro	
Concentração de ethephon (mg/l)	0	42,5	ab	44,4	a
	120	42,8	ab	44,8	a
	240	44,8	a	43,5	ab
	480	41,1	b	41,0	b
Repasses	1ª	43,5	a	47,7	a
	2ª	43,2	ab	45,4	a
	3ª	40,1	c	42,3	b
	4ª	42,4	bc	38,9	c

Médias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem significativamente pelo teste de Duncan (5 %). Os pesos médios do último repasse não foram incluídos na análise estatística porque todos os frutos tratados com ethephon já tinham sido colhidos.

bela 2). Esse resultado parece bastante lógico, porque, normalmente, primeiramente são colhidos os frutos mais desenvolvidos.

Conclusões

A aplicação de ethephon oito dias antes da colheita da ameixa 'Irati' possibilita colher maior quantidade de frutos no primeiro repasse em comparação com a aplicação quatro dias antes.

A aplicação de ethephon oito e quatro dias antes da colheita permite colher em torno de 80% dos frutos nos dois primeiros repasses e diminui o número de passadas para a retirada do total de frutos.

A aplicação de ethephon aumentou a colheita de frutos no primeiro repasse em relação ao tratamento testemunha, não havendo diferença significativa entre as concentrações testadas.

O peso médio dos frutos foi maior nos tratamentos testemunha 120 mg/L e 240 mg/L e maior nos primeiros dois repasses.

Referências

- BLOMMAERT, K.L.J.; THERON, T.; STEENKEMPT, J. Earlier and More Uniform Ripening of Santa Rosa Plums Using Ethephon. **The Deciduous Fruit Grower**, Cape Town, v.29, n.7, p. 267-272, 1975.
- CARVALHO, G.R.; MENDES, A.N.G.; CARVALHO, L.F.; BARTHOLO, G.F. Eficiência do Ethephon na Uniformização e Antecipação da Maturação de Frutos de Cafeeiro (*Coffea arabica* L.) e na Qualidade da Bebida. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.27, n.1, p. 98-106, 2003.
- COUEY, H.M.; WILLIAMS, M.W. Preharvest Application of Ethephon on Scald and Quality of Stored 'Delicious' Apples. **HortScience**, Alexandria, v.8, n.1, p. 56-57, 1973.
- DELÚ FILHO, N.; RUFINI, J.C.M.; RAMOS, J.D.; MENDONÇA, V.; ARAÚJO NETO, S. E. de; PIO, L.A.; LIMA, L.C. de O. Antecipação da Colheita de Frutos da Tangerineira Ponkan sob Efeito de Ethephon. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 18., 2004, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: SBF, 2004. 1 CD ROM.
- DOZIER JR., W.A.; RODRIGUES-KABANA, R.; CAYLOR, A.W.; HIMELRICK, D.G.; McDANIEL, N.R.; McGUIRE, J.A. Ethephon Hastens Maturity of Passionfruit Grown as an Annual in a Temperate Zone. **HortScience**, Alexandria, v. 26, n. 2, p. 146-147, 1991.
- FELIPPE, G.M. Etileno. In: FERRI, M.G. (Org.). **Fisiologia Vegetal 2**. 2.ed. São Paulo: EPU, 1986. p. 163-192.
- JACOMINO, A.P.; KLUGE, R.A.; BRACKMANN, A.; CASTRO, P.R. de C. Amadurecimento e Senescência de Mamão com 1-Metilciclopropeno. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 59, n. 2, p. 303-308, 2002.
- MORENO, J.A. **Clima do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura, 1961. 42 p.
- POWERS, J.R.; SHIVELY, E.A.; NAGEL, C.W. Effect of Ethephon on Color of Pinot Noir Fruit and Wine. **American Journal of Enology and Viticulture**, Davis, v. 31, n.3, p. 203-205, 1980.
- ROM, R.C.; SCOTT, K.R. The effect of 2-chloroethylphosphonic Acid (Ethephon) on Maturation of a Processing Peach. **HortScience**, Alexandria, v. 6, n. 2, p. 134-135, 1971.



ANTECIPAÇÃO E CONCENTRAÇÃO DA COLHEITA DA AMEIXA 'IRATI' TRATADA COM ETHEPHON

SIMONETTO, P. R.; GRELLMANN, E. O. **Marmelo**: uma Alternativa Importante no Cultivo de Frutas. Porto Alegre: FEPAGRO, 2003. 10 p. Circular Técnica, 23.

STEFFENS, C.A.; GIEHL, R.F.H.; GUARIENTI, A.J.W.; STORK, L.; BRACKMANN, A. Maturação da Maçã 'Gala' Com a Aplicação Pré-colheita de Aminoetoxivinilglicine e Ethephon. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 18., 2004, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: SBF, 2004. 1 CD ROM.

STEMBRIDGE, G.E.; RAFF, J.W. Ethephon and Peach Fruit Develop-

ment. **HortScience**, Alexandria, v.8, n.6, p. 500-501, 1973.

STRECK, E.V.; KÄMPF, N.; DALMOLIN, R.S.D. et al. **Solos do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: UFRGS, 2002. 126 p.

TAIZ, L.; ZEIGER E. **Plant Physiology**, Massachusetts: Sinauer, 1998. 826 p.

WANG, Z.; DILLEY, D.R. Aminoetoxivinilglycine, Combined with Ethephon, Can Enhance Red Color Development without Over-Ripening Apples. **HortScience**, Alexandria, v. 36, n.2, p. 328-331, 2001.







¹Caracterização genética de rizóbios isolados de *Lotus corniculatus* L.

Andréia Mara Rotta de Oliveira², Naylor Bastiani Perez³, Miguel Dall'agnol⁴,
Eliane Villamil Bangel⁵ e Gilmário da Silva⁶

Resumo - Trinta e três isolados de *Rhizobium* sp obtidos a partir de nódulos de cornichão (*Lotus corniculatus* L.), coletados em diferentes regiões do Rio Grande do Sul, foram caracterizados pela técnica da PCR (reação em cadeia da polimerase), utilizando oligonucleotídeos específicos para a amplificação de seqüências repetitivas Box. Os isolados apresentaram perfis de amplificação distintos entre si e das estirpes de *Mesorhizobium loti*, SEMIA 806 e SEMIA 816, atualmente recomendadas para a produção de inoculantes para cornichão. O índice de similaridade genética determinado pelo coeficiente de Jaccard variou entre 0,5 e 0,9% indicando uma grande variabilidade entre os isolados. A análise de agrupamento dos isolados demonstrou a formação de três grupos, não tendo sido possível estabelecer relação entre o perfil de amplificação, grupos formados e origem geográfica dos isolados.

Palavras-chave: Cornichão, Box-PCR, Fixação Biológica de Nitrogênio, *Rhizobium* sp., variabilidade genética.

Genetic characterization of *Rhizobia* isolated from *Lotus corniculatus* L.

Abstract - Thirty three *Rhizobium* sp isolates obtained from birdsfoot trefoil (*Lotus corniculatus* L.) collected on different regions of Rio Grande do Sul were characterized using Box-PCR. The isolates presented distinct amplification profiles among then, as well as from the isolates recommended nowadays for the production of birdsfoot trefoil inoculants, SEMIA 806 and SEMIA 816. The genetic similarity index, determined by the Jaccard coefficient, ranged from 0.5 to 0.9%, pointing out to a large genetic variability among the isolates. The cluster analysis isolates showed a formation of tree large groups and was not possible to establish a relationship among the amplification profiles, groups formed and geographic origin of the isolates.

Key words: Birdsfoot trefoil, *Rhizobium* sp., genetic variability.

¹ Trabalho desenvolvido pelo primeiro autor, durante o período de bolsa Recém - Doutor - CNPq.

² Bióloga. Dra. UERGS, Rua Inconfidentes, 395, CEP 93340-140, Novo Hamburgo - RS.

³ Pesquisador EMBRAPA-Pecuária Sul, Prof. Dr. UERGS, BR153, km595, Caixa Postal 242. E-mail: naylor@cppsul.embrapa.br

⁴ Engenheiro Agrônomo Dr. Depto. de Plantas Forrageiras, UFRGS, Caixa Postal 776, CEP 90130-060, Porto Alegre - RS

⁵ Médico Veterinário MSc. FEPAGRO, Rua Gonçalves Dias, 570, CEP 900130-060, Porto Alegre - RS

⁶ Técnico de Laboratório. FEPAGRO, Rua Gonçalves Dias, 570, CEP 900130-060, Porto Alegre - RS

Recebido para publicação em 18/03/2006



Introdução

O cornichão (*Lotus corniculatus* L.), leguminosa perene de clima temperado, tem grande importância para a região Sul do Brasil, por ser adaptado às condições edafoclimáticas e por suas características desejáveis para corte ou pastejo (ARAÚJO e JACQUES, 1974). Além disso, o cornichão é uma forrageira que se destaca por sua tolerância à acidez e à baixa fertilidade do solo, sendo muito utilizado em misturas de espécies de inverno e para introdução sobre o campo nativo, proporcionando uma melhor distribuição da forragem ao longo do ano e aumentando a qualidade e a produção de massa seca (SOSTER et al., 2004; BROSE, 1994).

Uma das principais justificativas para o uso e a manutenção de leguminosas em pastagens, reside na capacidade dessas em obter nitrogênio, via fixação simbiótica, o que torna possível melhorar a produtividade e a qualidade protéica da forragem, quando estabelecida uma simbiose eficiente planta-rizóbio (SCHEFFER-BASSO et al., 2002).

Do ponto de vista taxonômico, a determinação de espécies de rizóbio associadas à família *Lotus* ainda não está bem estabelecida. Porém, em *L. corniculatus*, tem sido demonstrado que a nodulação ocorre por *Mesorhizobium loti* sin. *Rhizobium loti*, (JARVIS et al., 1997; SULIVAN et al., 1996; BARAIBAR et al., 1999; KWON, et al., 2005).

O conhecimento da ecologia, da capacidade simbiótica e da variabilidade genética de populações nativas de rizóbio é um pré-requisito para a seleção de novas estirpes, uma vez que, por serem altamente competitivas, dificultam o estabelecimento e a permanência de estirpes selecionadas introduzidas através de inoculantes (YOUNG, 1985; BRONFIELD et al. 1995; PERES et al., 1993; VANCE e GRAHAM, 1995; BRADIC, 2003).

Diferentes métodos moleculares estão disponíveis para a caracterização genética.

A caracterização genética de rizóbios por métodos moleculares, como RAPD, REP-PCR e PCR-RFLP, tem demonstrado que estas bactérias diferem na estrutura intra e interespecífica de suas populações, possibilitando o entendimento da variabilidade fenotípica de populações de rizóbios (BRUIJN, 1992; LUNGE et al., 1994; LAGUERRE et al., 1996; CHUEIRE et al., 2000; ANDRONOV et al. 2003, OLIVEIRA et al., 2002).

Embora a importância da caracterização de rizóbios para a seleção de novas estirpes para *Lotus corniculatus* esteja bastante fundamentada, poucos estudos têm sido realizados no Brasil nesse sentido. Este trabalho teve por objetivo determinar a variabilidade genética de rizóbios noduladores de cornichão isolados de plantas coletadas em áreas experimentais e em campo nativo sob diferentes condições de sucessão de vegetação nativa, utilizando marcadores Box-PCR.

Material e métodos

Isolamento de rizóbios - Os isolados foram obtidos a partir de nódulos de raízes de plantas de cornichão, coletadas em áreas experimentais de plantio de cornichão na região Metropolitana de Porto Alegre e em campo nativo nas regiões da Campanha e Depressão Central do Rio Grande do Sul. As coletas foram realizadas no ano de 2002 em áreas sob diferentes condições de sucessão de vegetação nativa (Tabela 1). Os isolamentos foram realizados em meio de cultivo agarizado, contendo extrato de levedura e manitol YM (VINCENT, 1970), acrescido de vermelho congo.

Tabela 1 - Isolados de *Rizobium* sp analisados por Box-PCR

Estirpe/Isolados	Local – Histórico da Área de Coleta
¹ USDA 3471	³ ATCC 33669; ⁴ NZP 2213
² SEMIA 806	⁵ FEPAGRO
SEMIA 816	FEPAGRO
RLc 1	Rio Pardo/Campo Nativo
RLc 2	Faz. Alqueire/Rio Pardo/Campo Nativo
RLc 3	Faz. Alqueire/Rio Pardo/Campo Nativo
RLc 7	EEA/Eldorado do Sul/ Solo preparado
RLc 8	EEA/Eldorado do Sul/ Solo preparado
RLc 9	EEA/Eldorado do Sul/ Experim. pastejado
RLc 10	EEA/Eldorado do Sul/ Experim. pastejado
RLc 11	EEA/Eldorado do Sul/ Experim. pastejado
RLc 12	EEA/Eldorado do Sul/ Solo preparado
RLc 13	EEA/Eldorado do Sul/ Solo preparado
RLc 14	EEZ/São Gabriel/ Campo Nativo
RLc 15	EEZ/São Gabriel/ Campo Nativo
RLc 16	EEZ/São Gabriel/ Campo Nativo
RLc F2 A	EEZ/ São Gabriel/ Campo Nativo
RLc N1	EEZ/São Gabriel/ Campo Nativo
RLc N3	EEZ/São Gabriel/ Campo Nativo
RLc N2	EEZ/São Gabriel/ Campo Nativo
RLc M1	EEZ/São Gabriel/ Campo Nativo
RLc M4	EEZ/São Gabriel/ Campo Nativo
RLc M6	EEZ/São Gabriel/ Campo Nativo
RLc P2	Guatambú/D. Pedrito/ Campo Nativo
RLc P4	Guatambú/D. Pedrito/ Campo Nativo
RLc P1 C	Guatambú/D. Pedrito/ Campo Nativo
RLc CN1	Colônia Nova/ Campo Nativo
RLc CN3	Colônia Nova/ Campo Nativo
RLc F1	EEZ/ São Gabriel/ Campo Nativo
RLc F3	EEZ/ São Gabriel/ Campo Nativo
RLc V1A	Guatambú/ Dom Pedrito/ Campo Nativo
RLc V2A	Guatambú/ Dom Pedrito/ Campo Nativo
RLc V1B	Guatambú/ Dom Pedrito/ Campo Nativo
RLc V2B	Guatambú/ Dom Pedrito/ Campo Nativo
RLc V1	Guatambú/ Dom Pedrito/ Campo Nativo
RLc V3	Guatambú/ Dom Pedrito/ Campo Nativo

¹ USDA = United States Department of Agriculture

² SEMIA = Seção de Microbiologia Agrícola

³ ATCC= American Type Culture Collection

⁴ NZP = Culture Collection of the Department for Scientific and Industrial Research

⁵ FEPAGRO = Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária

Caracterização por Box-PCR - O DNA dos isolados foi extraído de acordo com o método de Boucher et al. (1987) e amplificado com o oligonucleotídeo iniciador Box A1R (5'-CTACGGCAAGGCGACGCTGACG-3'), de acordo com o protocolo descrito por Bruijn

(1992), com modificações. As reações foram realizadas em um volume final de 25 ml, contendo 30 ng de DNA, 0,1 mM dNTPs (Amersham Pharmacia), 1,5 mM MgCl₂, 1 ml de BSA (0,085 mg/mL⁻¹), 1 mM do oligonucleotídeo iniciador, tampão de reação (10 mM Tris-HCl, 50 mM KCl), 1 U *Taq* DNA polimerase (Invitrogen). As amplificações foram desenvolvidas no termociclador Techne-Progene (Uniscience) com os seguintes ciclos: um ciclo inicial de 94°C, 7 min; 34 ciclos de 94°C, 1 min; 53°C, 1 min, e 65°C, 5 min; com um período de extensão final de 65°C, 10 min. Os produtos das amplificações foram submetidos à eletroforese em gel de agarose 1,5% (Invitrogen), corados com brometo de etídio, visualizados sob luz ultravioleta e documentados pelo sistema de fotodocumentação computadorizada EDAS 120 (Kodak).

Análise de agrupamento - As bandas produzidas por Box-PCR foram analisadas pelo programa NTSYS – pc 2.02 (ROHLF, 1990), para o qual foi determinada a similaridade genética utilizando o coeficiente de Jaccard e construídos os agrupamentos de acordo com o método UPGMA – Unweighted Pair-Group Method, arithmetic averages (CRISCI et al. 1983).

Resultados e discussão

A amplificação do DNA dos isolados com o oligonucleotídeo Box A1R (Figuras 1 e 2) gerou produtos entre 250 pb e 2.500 pb. A técnica de Box – PCR mostrou ser eficiente tanto para a diferenciação entre os isolados, quanto das estirpes atualmente recomendadas para a produção de inoculantes, SEMIAs 806 e 816 (Figura 1). Estes resultados se assemelham aos já obtidos por outros autores, que demonstraram que seqüências repetitivas BOX apresentam um grande poder de resolução para separarem isolados de rizóbio estreitamente relacionados (CHUEIRE et al., 2000; CARVALHO, 2003).

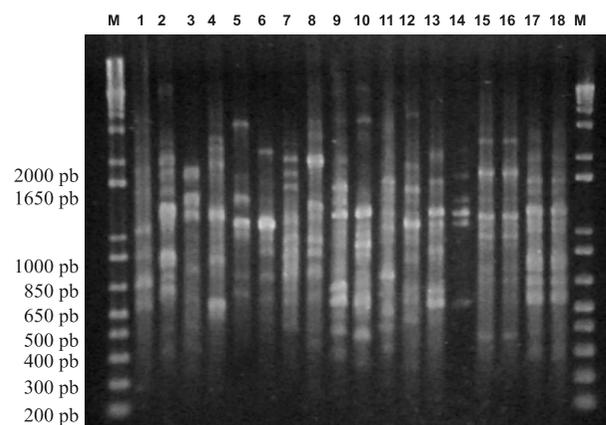


Figura 1 - Box PCR dos isolados. Marcador de peso molecular 1Kb Plus (M).1-18:USDA 3471,SEMIA 816,SEMIA 806, *RLc* 1, *RLc* 2, *RLc* 3, *RLc* 7, *RLc* 8, *RLc* 9, *RLc* 10, *RLc* 11, *RLc* 12, *RLc* 14, *RLc* F2A, *RLc* CN1, *RLc* V2B, *RLc* 15, *RLc* CN3.

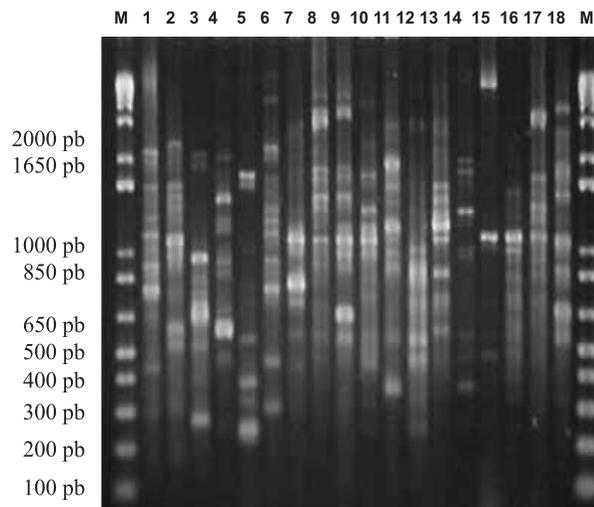


Figura 2 - Box PCR dos isolados. Marcador de peso molecular 1Kb Plus (M). 1-18: *RLc* V1, *RLc* F3, *RLc* M4, *RLc* P4, *RLc* 16, *RLc* V1B, *RLc* V1A, *RLc* PIC, *RLc* N3, *RLc* V2A, *RLc* 13, *RLc* V3, *RLc* N1, *RLc* M4, *RLc* N2, *RLc* M6, *RLc* F1, *RLc* P2.

Os isolados *RLc* CN1, proveniente de Colônia Nova, e *RLc* V2B, proveniente de Dom Pedrito, assim como *RLc* 15, de São Gabriel, e *RLc* CN3, de Colônia Nova, apresentaram perfis de amplificação idênticos entre si (Figura 1), sugerindo a possibilidade de uma origem comum. O isolado *RLc* 8, proveniente de Eldorado do Sul, apresentou um perfil bastante semelhante à estirpe SEMIA 816, atualmente recomendada para a produção de inoculantes para cornichão.

Além da possibilidade dos isolados serem variantes de uma mesma estirpe, a hipótese da transferência lateral de genes deve ser considerada, para os isolados que apresentaram o mesmo perfil de amplificação. Estudos demonstraram que a transferência lateral de genes tem contribuído de forma significativa para mudanças na estrutura genética de populações de rizóbios, aumentando sua diversidade ou tornando-as mais homogêneas (RAO et al.,1994; RUVKUN e AUSUBEL, 1980). Sullivan et al.(1995), em estudos realizados com estirpes de *R. loti*, isoladas de cornichão, constataram a transferência de genes simbióticos e de fixação do nitrogênio entre bactérias simbióticas nativas do solo, de estirpes que compunham inoculantes para populações nativas e destas últimas, para populações não-simbióticas. Utilizando a técnica de RFLP, os autores observaram a ocorrência de perfis idênticos entre as populações analisadas, quando hibridizadas com genes de fixação do nitrogênio.

A análise de agrupamento dos isolados demonstrou a formação de três grandes grupos, não tendo sido possível estabelecer relação entre estes e a origem geográfica dos isolados (Figura 3). O índice de similaridade genética determinado pelo coeficiente de Jaccard ficou entre 0,5 e 0,9% indicando uma grande variabi-

lidade genética entre os isolados. Considerando a similaridade dos isolados em relação à estirpe padrão USDA 3471 - *Mesorhizobium loti*, exceto os isolados RLc 16 e RLc N1 (0,5%), RLc V1A e RLc 3 (0,7%), todos apresentaram índices de similaridade igual ou acima de 0,8% (Figura 3).

Conclusão

Os isolados de rizóbio obtidos de nódulos de *Lotus corniculatus* (cornichão) de diferentes regiões do Estado do Rio Grande do Sul, apresentam grande variabilidade genética e a maioria apresentou perfil de Box-PCR distinto das estirpes recomendadas para inoculação dessa leguminosa.

Referências

ANDRONOV, E. E.; Z. TEREFEWORK, M. L.; ROUMIANTSEVA, N. I.; DZYUBENKO, O. P.; ONICHTCHOUK, O. N.; KURCHAK, A.; DRESLER-NURMI, J.; YOUNG, P. W.; SIMAROV, B. V.; LINDSTRÖM, K. Symbiotic and Genetic Diversity of *Rhizobium galegae* Isolates Collected from the *Galega orientalis* Gene Center in the Caucasus. **Applied Environmental Microbiology**, Washington, v.69, p.1067-1074, 2003.

ARAUJO, J. C. ; JACQUES, A. V. A. Características Morfológicas e Produção de Matéria Seca de Cornichão (*Lotus corniculatus* L.) Colhido em Diferentes Estádios de Crescimento e a Duas Alturas. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 3, n. 2, p. 138-147, 1974.

BARAIBAR, A.; FRIONI, L.; GUEDES M. E.; LJUNGGREN, H. Symbiotic Effectiveness and Ecological Characterization of Indigenous *Rhizobium loti* Populations in Uruguay. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 6, p. 1011-1017, 1999.

BOUCHER C. A.; VAN GEANGIGSEGEM, F.; BARBERIS, B. A.; et al. *Pseudomonas solanacearum* Genes Controlling Both Pathogenicity on Tomato and Hipersensitivity on Tobacco are Clustered. **Journal of Bacteriology**, Oxford, v.169, p.5626-5632, 1987.

BRADIC, M.; SIKORA, S.; REDZEPOVIC, S.; STAFI, Z. Genetic Identification of *Sinorhizobium meliloti*. **Food Technology and Biotechnology**, Croatia, v. 41, n. 1, p. 69-75, 2003.

BRONFIELD, E. S. P.; BARRAN, L. R.; WHEATCROFT, R. Relative Genetic Structure of a Population of *Rhizobium meliloti* Isolated Directly From Soil and From Nodules of Alfalfa (*Medicago sativa*) and Sweet Clover (*Melilotus alba*). **Molecular Ecology**, Oxford, v. 4, p.183-188, 1995.

BROSE, E. Seleção de Rizóbio para Trevo-Branco em Solo Ácido. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 2, p. 281-285, 1994.

_____. Seleção de Rizóbio para *Lotus pedunculatus* em Solo Ácido. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 27, n. 3, p. 409-415, 1992.

_____. Seleção de Rizóbio Tolerante a Al e Baixo pH. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 26, n. 1, p. 125-136, 1991.

BRUIJN. Use of Repetitive (Repetitive Extragenic Palindromic and Enterobacterial Repetitive Intergeneric Consensus) Sequences and the Polymerase Chain Reaction to Fingerprint The Genomes of *Rhizobium meliloti* Isolates and Other Soil Bacteria. **Applied and Environmental Microbiology**, Washington, v. 58, p. 2180-2187, 1992.

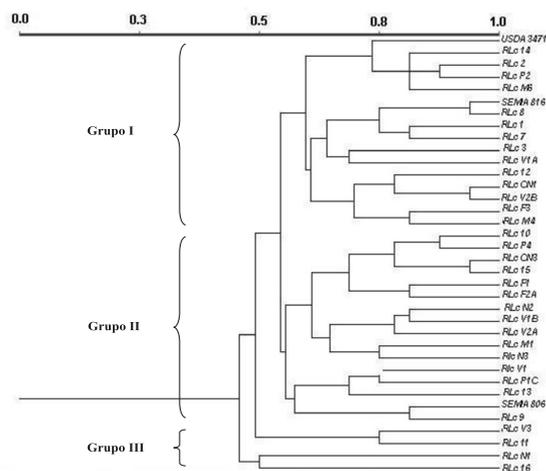


Figura 3 - Dendrograma baseado no método UPGMA, de acordo com perfis de amplificação gerados por BOX-PCR dos isolados de *Rhizobium* sp.

CARELLI, M.; GNOCCHI, S.; FANCELLI, S.; MENGONI, A.; PAFFETTI, D.; SCOTTI, C.; BAZZICALUPO, M. Genetic Diversity and Dynamics of *Sinorhizobium meliloti* Populations Nodulating Different Alfalfa Cultivars in Italian Soils. **Applied and Environmental Microbiology**, Washington, v.66, n.11, p. 4785-4789, 2000.

CARVALHO, F.G. Variabilidade de Isolados de Estirpes de *Bradyrhizobium* spp Recomendadas para a Cultura da Soja. Porto Alegre: UFRGS, 2003. 104 p. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) – Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo. Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2003.

CHUEIRE, L. M. O.; NISHI, C. Y. M.; LOUREIRO, M. F.; HUNGRIA, M. Identificação das Estirpes de *Bradyrhizobium* e *Rhizobium* Utilizadas em Inoculantes Comerciais para as Culturas da Soja e do Feijoeiro pela Técnica de PCR com Primers Aleatórios ou Específicos. **Agricultura Tropical**, Cuiabá, v. 4, p. 80-95, 2000.

CRISCI, J. V.; ARMENGOL, M.F.L. **Introducción a la Teoría Práctica de la Taxonomía Numérica**. Washington: Secretaria General de la Organización de los Estados da Americanos, 1983. 131 p.

JARVIS B. D. W.; VAN BERKUM P.; CHEN W. X.; NOUR S. M.; FERNANDEZ M. P.; CLEYET MAREL J. C.; GILLIS, M. Transfer of *Rhizobium loti*, *Rhizobium huakuii*, *Rhizobium ciceri*, *Rhizobium mediterraneum*, and *Rhizobium tianshanense* to *Mesorhizobium* gen. nov. **International Journal of Systematics Bacteriology**, Washington, v. 47, p. 895-898, 1997.

KWON, S. W. ; PARK, J. Y.; CHO, Y. H.; LEE, G.B.; KIM, J. S.; KANG, J.W. ; LIM, C. K.; PARKER, M. A. Phylogenetic Analysis of the Genera *Bradyrhizobium*, *Mesorhizobium*, *Rhizobium* and *Sinorhizobium* on the Basis of 16S rRNA Gene and Internally Transcribed Spacer Region Sequences. **International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology**, Washington, v. 55, n.1, p. 263-270, 2005.

LAGUERRE, G. et al. Typing of Rhizobia by PCR DNA Fingerprinting and PCR-Restriction Fragment Length Polymorphism Analysis of Chromosomal and Symbiotic Gene Regions: Application to *Rhizobium leguminosarum* and its Different Biovars. **Applied and Environmental Microbiology**, Washington, v. 62, p. 2029-2036, 1996.

LUNGE, V. R.; IKUTA, N.; FONSECA, A. S. K.; HIRIGROYEN, D.; STOLL, M.; BONATTO, S.; OZAKI, L.S. Identification and Inter-Re-

lationship Analysis of *Bradyrhizobium japonicum* Strains by Restriction Fragment Length Polymorphism (RFLP) and Random Amplified Polymorphic DNA (RAPD). **World Journal of Microbiology and Biotechnology**, Oxford, v.10, p. 648-652, 1994.

OLIVEIRA, A. M. R.; BANGEL, E. V.; SÁ, E. S. de; et. al. Caracterização Genética de Rizóbios da Coleção de Culturas SEMIA. In: FERTBIO 2002, REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 25.; REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 9.; SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 7.; REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 4., 2002, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro, 2002. 1 CD-ROM.

PAFFETTI, D.; SCOTTI, C.; GNOCCHI, S.; FANCELLI, S.; BAZZICALUPO, M. Genetic Diversity of an Italian *Rhizobium meliloti* Population from Different *Medicago sativa* Varieties. **Applied and Environmental Microbiology**, Washington, v. 62, n.7, p. 2279-2285, 1996.

PEREIRA, J. C.; VIDOR, C.; LOVATO, P. E.; PENTEADO, A.F. Simbiose entre *Rhizobium leguminosarum* bv. *phaseoli* Resistentes e Sensíveis a Antibióticos e Fungicidas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 26, n.7, p.1097-1105, 1991.

PERES, J. R. R.; MENDES, I. C.; SUHET, A. R.; VARGAS, M. A. T. Eficiência e Competitividade de Estirpes de Rizóbio para a Soja em Solos de Cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 17, p. 357-363, 1993.

PEREZ, N. B.; DALLAGNOL, M.; DALBOSCO, M.; OLIVEIRA, A. M. R.; BANGEL, E. V.; MEYER, J. V.; SILVA, G. da. Caracterização e Seleção de Estirpes de Rizóbio em Plantas de Cornichão. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 2003, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: INFOVIA, 2003. CD-ROM.

PEREZ, N.B. **Melhoramento Genético de Leguminosas de Clima Temperado**: Alfafa (*Medicago sativa* L.) e Cornichão (*Lotus corniculatus* L.) – para Aptidão ao Pastejo. Porto Alegre: UFRGS, 2003. 175 f. Tese (Doutorado) Programa de Pós-Graduação em Zootecnia – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2003.

RAO, J. R.; FENTON, M.; JARVIS, B. D. W. Symbiotic Plasmid Transfer in *Rhizobium leguminosarum* biovar *trifolii* and Competition Be-

tween the Inoculant Strain ICMP2163 and Transconjugant soil Bacteria. **Soil Biology and Biochemistry**, Elmsford, v. 26, p. 339- 351, 1994.

ROHLF, F. J.; NTSYS-pc. Numerical Taxonomy and Multivariate Analysis System, version 2.02. Exeter Software, New York, N.Y. 1990.

RUVKUN, G. B.; AUSUBEL, F. M. Interspecies Homology of Nitrogenase Genes. **Proceedings of the National Academy of Sciences of United State America**, Washington, v. 78, p. 229-233, 1980.

SCHEFFER-BASSO, S.M.; VENDRÚSCULO, M.C.; BAREA, K. et al. Comportamento de Leguminosas (*Adesmia*, *Lotus*, *Trifolium*) em Misturas com Festuca. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.31, n.6, p.2197-2203, 2002.

SOSTER, M. T. B.; SCHEFFER-BASSO, S. M.; DALL'AGNOL, M. Caracterização Morfofisiológica de Genótipos de Cornichão (*Lotus corniculatus* L.). **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 33, n. 6, p. 1654-1661, 2004.

SULLIVAN, J. T.; PATRICK, H. N.; LOWTHER, W. L.; SCOTT, D. B.; RONSON, C. W. Nodulating Strains of *Rhizobium loti* Arise Through Chromosomal Symbiotic Gene Transfer in the Environment. **Proceedings of the National Academy of Sciences of United State America**, Washington, v. 92, p. 8985-8989, 1995.

_____; BERTRAND, D. E.; VAN BERKUM, P.; RONSON, C. W. Four Unnamed Species of Nonsymbiotic Rhizobia Isolated from the Rhizosphere of *Lotus corniculatus* **Applied And Environmental Microbiology**, Washington, v. 62, n. 8, p. 2818-2825, 1996.

VANCE, C.P.; GRAHAM, P.H. Nitrogen Fixation in Agriculture: Application and Perspectives. In: TIKHONOVICH, I. A.; PROVOROV, N. A.; ROMANOV, V. I.; NEWTON, W.E. (Eds.). **Nitrogen Fixation: Fundamentals and Applications**. Netherlands: Kluwer, 1995. p.77-86.

VINCENT, J. M. **A Manual for the Practical Study of Root Nodule Bacteria**. Oxford: Blackwell, 1970. 164 p.

YOUNG, J. P. W. *Rhizobium* Population Genetics: Enzyme Polymorphism in Isolates From Peas, Clover, Beans and Lucerne Grown at the Same Site. **Journal of General Microbiology**, London, v. 131, p. 2399-2408, 1985.





Seleção de antagonistas para o controle biológico de *Botrytis cinerea* em tomateiro sob cultivo protegido¹

Carla Azambuja Centeno Bocchese², Bruno Brito Lisboa³, José Ricardo Pfeifer Silveira⁴,
Luciano Kayser Vargas⁵, Bernadete Radin⁶, Andréia Mara Rotta de Oliveira⁷

Resumo - Os isolados foram obtidos de amostras de tecido vegetal do filoplano e rizoplano de tomateiro e solo da região produtora do Rio Grande do Sul. Os testes *in vitro* foram baseados no método de culturas pareadas, na produção de compostos voláteis e no crescimento em meio de cultura contendo fungicida. Os testes *in vivo* avaliaram a eficiência dos dois melhores antagonistas selecionados *in vitro* por meio da incidência de *Botrytis cinerea* em flores de tomateiro, sob diferentes formas de aplicação. Os resultados obtidos evidenciaram que o isolado de *Gliocladium viride* apresenta potencial para o controle de *B. cinerea*, pois ocasionou uma redução de 62%, em relação ao tratamento de controle. Esse resultado foi similar ao encontrado pelo método de culturas pareadas, efetuado em laboratório, cujo percentual inibitório à *B. cinerea* foi de 58,14%. Já o isolado de *Trichoderma harzianum* não diferenciou-se significativamente do tratamento de controle.

Palavras-chave: controle biológico, mofo cinza, ambiente protegido.

Selection of antagonists for the biological control of *Botrytis cinerea* in tomato grown under protected cultivation

Abstract - The isolates were obtained from vegetal tissue, phylloplane-rhyzoplane of tomato and soil in the growing region of Rio Grande do Sul. "In vitro" tests were based in the method of paired crops culture, in the production of volatile compounds and growth in culture media containing fungicide. "In vivo" tests measured the efficiency of the two most efficient isolates selected by "in vitro" experiments through the evaluation of the incidence of *Botrytis cinerea* in tomato flowers under different forms of application. *Gliocladium viride* led to a 62% reduction and was considered a promising alternative for the biological control of *B. cinerea*. This result was similar to that obtained through the test of paired crops ran under laboratory conditions. In this test, the efficiency of *G. viride* was 58.14%. *Trichoderma harzianum* did not differ significantly from the control treatment.

Key words: Biological control, gray mold, environmental protection.

¹ Trabalho realizado com recursos do CNPq e FAPERGS.

² Eng. Agr. Dra., Bolsista do CNPq, UERGS/Prof., carla-bocchese@uergs.edu.br - Autor para correspondência.

³ Eng. Agr.B. Sc., FEPAGRO/Fitopatologia.

⁴ Eng. Agr. Dr., FEPAGRO/Fitopatologia.

⁵ Eng. Agr. Dr., FEPAGRO/Fitopatologia.

⁶ Eng. Agr. Dra., FEPAGRO/Centro de Meteorologia Aplicada.

⁷ Biol. Dra., UERGS/Prof.

Recebido para publicação em 13/03/2006



Introdução

A produção de tomates na safra e entressafra sob cultivo protegido oferece maior versatilidade e rendimento para os produtores, mas predispõe esta cultura a condições ideais para o desenvolvimento do mofo cinza, cujo agente *Botrytis cinerea* causa severas perdas de rendimento neste sistema de produção. A principal forma de controle ainda é a química, onde a grande variabilidade genética e esporulação deste patógeno representa alto risco para obtenção de resistência aos principais fungicidas (GHINI, 1996).

A incidência de *B. cinerea* é favorecida por temperaturas em torno de 20°C e alta umidade, coincidentes com o inverno e início da primavera no Rio Grande do Sul. As flores e folhas do tomateiro são altamente suscetíveis a *B. cinerea* e são os primeiros tecidos a exibirem as lesões. O dano econômico ocasionado por esse patógeno é oriundo das manchas necróticas nos frutos maduros, que os desqualificam para a comercialização, das infecções que circundam o caule e matam a planta antes da colheita (KIMATI et al., 1997).

Trichoderma sp., antagonista típico de solo, vem sendo testado para o controle de *Botrytis cinerea* em diferentes culturas. Zimand et al., (1996) verificaram que *T. harzianum* T39 reduziu a germinação e a alongação do tubo germinativo de *B. cinerea* em folhas de feijoeiro. Elad e Shitienberg (1996) demonstraram a efetividade de *T. harzianum* (T39) em adição a fungicidas no controle de *B. cinerea* em pepino. *Gliocladium roseum* vem sendo comercializado para controle de *B. cinerea* do morangueiro cultivado em casa de vegetação. Este antagonista tem se mostrado tão efetivo quanto os fungicidas quando aplicado no período do florescimento da cultura (VALDEBENITO-SANHUEZA et al., 1995). Utkhede et al., (2001) compararam a eficiência de tratamentos químicos e biológicos, em casa de vegetação, para o controle de *B. cinerea* em tomateiro. Os resultados obtidos por este pesquisador evidenciaram o potencial de *T. harzianum* para o controle de *B. cinerea* em cultivos protegidos.

A utilização de *Trichoderma* sp. e *Gliocladium* sp. como biocontroladores apresenta inúmeras vantagens: apresentam bom desempenho no controle de fungos fitopatogênicos, são inócuos ao ser humano, não apresentam impacto negativo ao meio ambiente, apresentam estruturas de reprodução de fácil propagação, principalmente em substratos naturais, apresentam uma meia-vida de prateleira formulada, razoavelmente longa e com boa viabilidade (MARIANO, 1993).

A grande maioria dos trabalhos publicados em controle biológico de doenças de plantas abrange uma seleção realizada em laboratório. A grande ênfase na rejeição dos testes de seleção “*in vitro*” é baseada em que, na maioria das vezes, os resultados não coincidem ou são totalmente discrepantes daqueles realizados “*in vivo*”, seja

em casa-de-vegetação, sob condições controladas, seja a campo (ANDREWS, 1992). Apesar das restrições quanto à eficácia da seleção de antagonistas “*in vitro*”, essa técnica ainda é bastante utilizada na detecção de potenciais biocontroladores em grandes populações (MARIANO, 1993). Ethur et al. (2005), utilizaram várias das metodologias preconizadas por Mariano (1993) para a seleção de fungos antagonistas a *Sclerotinia sclerotiorum* em pepineiro cultivado em estufa.

O objetivo deste trabalho foi selecionar isolados de *Trichoderma* sp. e *Gliocladium* sp. de culturas de tomateiro de diferentes localidades do Rio Grande do Sul, que possam reduzir a ação de *B. cinerea* e outros fungos fitopatogênicos na cultura do tomateiro em ambiente protegido, a fim de diminuir a utilização de fungicidas químicos e gerar um sistema alternativo de controle que apresente menor impacto ambiental.

Material e métodos

1 Obtenção de isolados de *Trichoderma* sp. e *Gliocladium* sp com potencial antagonístico a *Botrytis cinerea*

Os isolados *Trichoderma* sp. e *Gliocladium* sp. foram obtidos a partir de amostras de tecido vegetal do filoplano e rizoplano de plantas adultas de tomateiro e solo da região produtora do Rio Grande do Sul. O isolado de *B. cinerea* foi obtido de flores de tomateiro da localidade de Eldorado do Sul (RS). Os isolados de *Fusarium oxysporum* e *Septoria lycopersici* foram obtidos de amostras do rizoplano e filoplano, respectivamente, de plantas de tomateiro.

As flores, folhas e raízes de tomateiro foram inicialmente desinfestadas em solução de hipoclorito a 1%, por 1 minuto, seguido por imersão em água destilada autoclavada. Após, partes de folhas, raízes, e flores foram plaqueadas separadamente em BDA (meio Agar batata dextrose). Porções de 10 g de solo e substrato, separadamente, foram imersas em 50 mL de água destilada autoclavada e mantidas sob agitação por 10 minutos. Alíquotas de 100 mL desta solução foram espalhadas com auxílio de uma alça de Drigalski em placas contendo meio de cultura BDA. As colônias com as características morfológicas de *Trichoderma* sp., *Gliocladium* sp., *B. cinerea*, *F. oxysporum* e *S. lycopersici* foram repicadas isoladamente em placas de Petri contendo meio de cultura BDA para identificação segundo Domsch et al. (1980). Foram obtidos, inicialmente, 300 isolados, dentre os quais apenas 36 foram identificados como *Trichoderma harzianum* e *Gliocladium viride*.

A coleção de antagonistas e patógenos utilizada neste trabalho consta de 39 isolados (Tabela 1): *Trichoderma* sp. (23), *Gliocladium* sp. (13) oriundos, principalmente, da rizosfera, do solo e do substrato de culturas de tomateiro; Os isolados de *B. cinerea* (1), *F. oxysporum* (1) e *S. lycopersici* (1) foram obtidos, respectivamente, de flores com sintomas característicos do mofo cinzento, de amos-

tras de rizoplano e filoplano, com manchas necróticas, de plantas de tomateiro.

Tabela 1 - Coleção de isolados. Laboratório de Fitopatologia da FEPA-GRO. Porto Alegre, RS, 2003-2004.

Isolados	Número	Origem
<i>Gliocladium viride</i>	13	Porto Alegre
<i>Trichoderma harzianum</i>	8	Porto Alegre
<i>Trichoderma harzianum</i>	5	Viamão
<i>Trichoderma harzianum</i>	9	Eldorado do Sul
<i>Trichoderma harzianum</i>	1	Vacaria
<i>Botrytis cinerea</i>	1	Eldorado do Sul
<i>Fusarium oxysporum</i>	1	Eldorado do Sul
<i>Septoria lycopersici</i>	1	Eldorado do Sul

2 Identificação e preservação dos antagonistas aos fitopatógenos

Os isolados de *Trichoderma* sp. e de *Gliocladium* sp., selecionados em testes “*in vitro*”, foram identificados em nível de espécie, com o auxílio de microscópio estereoscópico e ótico, considerando-se a coloração da colônia, em meio BDA, e a morfologia dos conidióforos, fiálides e conídios, de acordo com a chave de Domsch et al. (1980), como *T. harzianum* e *G. viride*. Os isolados foram preservados em papel e em tubos com meio de cultura BDA para as repicagens durante o trabalho. A coleção foi mantida à temperatura de 4°C no Laboratório de Fitopatologia da FEPAGRO.

3 Seleção *in vitro* dos antagonistas (segundo metodologia de Mariano, 1993)

3.1 Avaliação do potencial antagonístico a *Botrytis cinerea*.

Esta avaliação foi precedida pela elaboração de uma curva de crescimento e plaqueamento diferencial, onde foram avaliadas as condições competitivas de ambos os fungos, a fim de que obtivessem no teste a igualdade de condições de crescimento. *B. cinerea* apresentou crescimento micelial mais lento em meio de cultura BDA que os antagonistas, necessitando de 216 horas de incubação à 23°C para obter 9 cm de diâmetro nas colônias. Os isolados de *T. harzianum* e *G. viride* obtiveram o mesmo crescimento em apenas 168 horas.

A avaliação do potencial de controle dos antagonistas *in vitro* foi realizada por meio do método de culturas pareadas. A aplicação deste método consistiu na deposição de dois discos de 5 mm de diâmetro, em placas com meio BDA, dispostos em dois pontos opostos e equidistantes das bordas das placas, contendo estruturas do provável antagonista e do fitopatógeno. Na montagem do pareamento houve antecipação de dois dias na deposição dos discos de *B. cinerea* nas placas com meio de cultura BDA, em vista de seu crescimento micelial em relação aos antagonistas. Após a colocação dos antagonistas nas placas estas foram incubadas

por 7 dias na temperatura de 23°C e fotoperíodo de 12 horas.

O tratamento de controle consistiu da deposição centralizada de um disco de 5 mm de diâmetro de meio contendo *B. cinerea* em placas com meio BDA. Os diâmetros das colônias do fitopatógeno foram medidos e comparados com o crescimento do tratamento de controle. O percentual de inibição de *B. cinerea* foi calculado do seguinte modo:

$$I (\%) = (1 - [\text{crescimento de } B. \text{cinerea} - \text{crescimento do controle}] \times 100)$$

O ensaio foi realizado com 36 isolados de antagonistas, 1 isolado de *B. cinerea* (controle), com 4 repetições (cada placa = 1 repetição), totalizando a avaliação de 148 placas.

A avaliação visual também foi realizada, após 10 dias de incubação, com base em escala, proposta por Bell et al. (1982), mostrada a seguir.

Escala:

Nota 1: Antagonista crescendo sobre toda a placa de Petri.

Nota 2: Antagonista crescendo sobre, aproximadamente, 75% da placa de Petri.

Nota 3: Antagonista crescendo sobre aproximadamente, 50% da placa de Petri.

Nota 4: Patógeno crescendo sobre, aproximadamente, 75% da placa de Petri.

Nota 5: Patógeno crescendo sobre toda a placa de Petri.

3.2 Avaliação do crescimento micelial e produção de conídios dos isolados de *T. harzianum* e *G. viride* em meio de cultura BDA

O crescimento micelial dos isolados de *T. harzianum* e *G. viride* foi avaliado por meio da medição do diâmetro das colônias crescidas em meio de cultura BDA, a 23°C e fotoperíodo de 12 horas, por 48 horas.

A produção de conídios dos isolados potencialmente antagonistas à *B. cinerea* foi avaliada, em condições semelhantes às anteriores, porém após 7 dias de incubação. O preparo da suspensão de conídios para a contagem foi realizado do seguinte modo: acrescentou-se um volume de 10 mL de água destilada esterilizada às placas de Petri e, com o auxílio de uma alça de Drigalsky, realizou-se uma remoção da massa micelial, com o objetivo de suspender os conídios na água. Após, 100 µL da suspensão homogeneizada foram utilizados para a contagem em Câmara de Neubauer.

Para este ensaio foram utilizados 36 isolados (1 isolado = 1 tratamento) com 4 repetições (1 placa = 1 repetição), totalizando a avaliação de 144 placas.

3.3 Avaliação do potencial antagonístico a outros fungos fitopatogênicos para cultura do tomateiro

A metodologia aplicada foi semelhante à descrita no item 3.1. A avaliação competitiva de *F. oxysporum* e *S. lycopersici* determinou que houvesse uma

antecipação de 48 horas no plaqueamento de *Septoria lycopersici* para a montagem do pareamento nas placas de Petri.

Neste ensaio foram utilizados apenas 9 isolados (isolado = 1 tratamento) representativos da coleção de antagonistas, 1 isolado de *F. oxysporum* e 1 de *S. lycopersic*. Foi elaborado com 20 tratamentos (1 tratamento = 1 isolado) com 4 repetições (1 repetição = 1 placa), totalizando a avaliação de 80 placas.

Os tratamentos de controle consistiram apenas na deposição centralizada de 1 disco de 5 mm de diâmetro de meio contendo *F. oxysporum* e *S. lycopersici*, separadamente, em placas com meio BDA.

3.4 Avaliação da compatibilidade entre os agentes de biocontrole selecionados

Em trabalhos recentes, Guetsky et al. (2001) preconizaram que a aplicação de mais de um antagonista, com diferentes requerimentos ecológicos, pode aumentar a eficiência e diminuir a variabilidade do controle biológico. Logo, aplicações simultâneas de *T. harzianum* e *G. virens* podem melhorar a eficiência do controle biológico para *B. cinerea* e de outros fungos patogênicos à cultura do tomate em ambiente protegido. Em vista da possibilidade da utilização de tratamentos com aplicação simultânea de dois antagonistas (no solo, sementes e foliar), fez-se necessária a avaliação do antagonismo entre os agentes de biocontrole selecionados. A metodologia foi similar à descrita no item 3.1, sendo que neste ensaio foram utilizados 5 isolados de *T. harzianum* e 3 isolados de *G. viride*.

Os tratamentos de controle consistiram apenas na deposição centralizada de 1 disco de 5 mm de diâmetro de meio contendo 1 isolado (*T. harzianum* ou *G. viride*) em placas com meio BDA. Todas as placas foram incubadas por 7 dias em temperatura de 23°C e fotoperíodo de 12 horas. Foi realizada a avaliação visual, após 10 dias de incubação, baseada na escala, proposta por Bell et al. (1982) (modificada pelos autores), mostrada a seguir.

Escala:

Nota 1: O isolado de *T. harzianum* cresce sobre, aproximadamente, 75% da placa de Petri; inibe 25% o crescimento de *G. viride*.

Nota 2: O isolado de *G. viride* cresce sobre, aproximadamente, 75% da placa de Petri; inibe 25% o crescimento de *T. harzianum*.

Nota 3: *T. harzianum* cresce 50% e *G. viride*, 50% da placa.

Nota 4: Formação de halo entre as duas colônias pareadas, sem a presença de conídios.

Este ensaio constou de 18 tratamentos (1 tratamento = 1 isolado de *T. harzianum* x 1 isolado de *G. viride*) e 8 tratamentos de controle, com 4 repetições (1 repetição = 1 placa), totalizando a avaliação de 104 placas.

3.5 Avaliação da capacidade dos antagonistas para produção de compostos voláteis

Os isolados representativos de antagonistas da coleção também foram testados para a avaliação da produção de metabólitos voláteis, com atuação sobre o desenvolvimento de *B. cinerea*. Neste ensaio foi utilizado o cultivo em placas de Petri sobrepostas contendo meio de cultura BDA, uma delas inoculada com o patógeno e outra com antagonista. As placas foram incubadas a 23°C com fotoperíodo de 12 horas, por 7 dias. A avaliação da capacidade dos antagonistas para produção de compostos voláteis foi realizada pela medição do diâmetro das colônias de *B. cinerea* crescidas no meio após o período de incubação e em contato com gases produzidos pelos possíveis antagonistas. Essa medição foi comparada com o controle, onde *B. cinerea* cresceu sem a presença de antagonistas.

Este ensaio constou de 10 tratamentos e 4 repetições, totalizando a avaliação de 40 placas.

4 Efeito de Benomil sobre o crescimento dos antagonistas testados (segundo metodologia de Ghini e Vitti, 1996)

Avaliou-se “*in vitro*” o efeito de Benomil (ingrediente ativo: 500 g/kg), fungicida comumente utilizado no controle de doenças do tomateiro em estufa, sobre o crescimento de *T. harzianum* e *G. viride*.

O fungicida foi testado a 0, 1, 2, 5 e 10 ppm do ingrediente ativo de Benomil, adicionado ao meio de BDA fundido ($\pm 45^\circ\text{C}$) e em seguida vertido em placas. Após a solidificação do meio, no centro de cada placa, foi colocado um disco de micélio de 5 mm de diâmetro, retirado das margens de colônias de *T. harzianum* e *G. viride* cultivados em BDA, com 10 dias de cultivo. As placas foram mantidas em temperaturas de laboratório ($\pm 25^\circ\text{C}$) sob fotoperíodo de 12 horas, por 48 horas, determinado-se os diâmetros médios das colônias. O ensaio constou de 40 tratamentos com 4 repetições, totalizando 196 placas.

5 Testes *in vivo*

5.1 Efeito de *T. harzianum* e *G. viride* na emergência e no desenvolvimento de plântulas de tomateiro

O experimento foi conduzido na Estação Experimental da FEPAGRO localizada em Eldorado do Sul (RS), em casa de vegetação. O experimento constou dos seguintes tratamentos: T0: Controle (sem aplicação de antagonistas na semente e substrato comercial Plantmax, sem esterilização); T1: TRIC -30 no substrato e sementes de tomateiro; T2: aplicação de GLIO -10 no substrato e sementes de tomateiro; T3: aplicação simultânea de TRIC -30 e GLIO -10 no substrato e sementes de tomateiro. Os tratamentos foram feitos com 4 repetições, sendo que cada um deles constou do plantio de 26 sementes de tomateiro. As sementes foram revestidas com uma

suspensão de 4×10^8 conídios mL^{-1} do(s) antagonista(s) acrescida de um agente adesivo (KLEIFELD e CHET, 1992). Ao substrato, foram adicionados 5 g de antagonista (cultivado em arroz), na concentração de 10^8 conídios g^{-1} , para cada 1 kg de substrato.

A avaliação foi feita pelo número de plantas emergidas após sete e dez dias de cultivo onde foram determinados altura da parte aérea (cm), comprimento da raiz (cm) e peso da matéria seca (g) de 10 plantas coletadas por repetição. A avaliação da altura de planta e comprimento de raiz foi realizada com o auxílio de régua milimetrada, medindo do colo da planta até a axila da última folha e do colo até o final da última radícula inserida na raiz principal, respectivamente. Já para a avaliação da matéria seca (raiz desidratada), as raízes das plantas foram lavadas em água corrente e acondicionadas, separadamente, em sacos de papel, e em seguida secas em estufa com temperatura regulada a 60°C , até o material atingir peso constante.

5.2 Persistência de *T. harzianum* e *G. viride* nas raízes de plântulas de tomateiro

O ensaio na casa de vegetação consistiu dos seguintes tratamentos:

(t0): Nenhum tratamento com os biocontroladores.

(t1): Inoculação de GLIO – 10 nas sementes de tomateiro.

(t2): Inoculação de TRIC – 30 nas sementes de tomateiro.

(t3): Inoculação simultânea de GLIO – 10 e TRIC – 30 nas sementes de tomateiro.

As sementes foram revestidas com uma suspensão de 4×10^8 conídios mL^{-1} do(s) antagonista(s) acrescida de um agente adesivo (KLEIFELD e CHET, 1992).

Os 4 tratamentos foram realizados, com 4 repetições, sendo que cada um deles constou da avaliação de 40 radículas oriundas de 20 plântulas de tomateiro, após 15 dias da emergência. Duas radículas de cada plântula foram removidas e desinfestadas, com hipoclorito a 1%, durante 2 minutos. Após foram transferidas para placa de Petri contendo BDA mais tetraciclina (250mq/L), sendo dispostas 5 radículas por placa. As avaliações foram efetuadas aos 4 dias de incubação a 23°C , fotoperíodo de 12 horas, pela contagem do número de radículas com crescimento dos antagonistas, sendo posteriormente determinada a média de incidência. Os antagonistas foram repicados para placas contendo BDA para o procedimento de identificação segundo Domsch et al. (1980).

5.3 Efeito dos tratamentos com *T. harzianum* e *G. viride* na incidência de *B. cinerea* em flores planta¹

O ensaio em estufa consistiu dos seguintes tratamentos:

Testemunha: Nenhum tratamento com os biocontroladores.

G. viride (T1): Biocontrolador no substrato, semente e cova (plantio).

G. viride (T2): Biocontrolador apenas em pulverizações foliares semanais 7 dias após o plantio.

G. viride (T3): Biocontrolador no substrato, semente, cova (plantio) e nas pulverizações semanais foliares.

T. harzianum (t1): Biocontrolador no substrato, semente e cova (plantio).

T. harzianum (t2): Biocontrolador apenas em pulverizações foliares semanais 7 dias após o plantio.

T. harzianum (t3): Biocontrolador no substrato, semente, cova (plantio) e nas pulverizações foliares semanais.

Os tratamentos foram repetidos 4 vezes, sendo que cada um deles constou de 12 plantas de tomateiro. As sementes foram revestidas com uma suspensão de 4×10^8 conídios/ mL do(s) antagonista(s) acrescida de um agente adesivo (KLEIFELD e CHET, 1992). No substrato, foram adicionados 5 g de antagonista (cultivado em arroz), na concentração de 10^8 conídios/ g , para cada 1 kg de substrato. As aplicações dos antagonistas (3×10^8 conídios mL^{-1}) foram feitas com pulverizador costal, a partir da emergência, em intervalos de sete dias.

A avaliação foi realizada por meio de 2 coletas aleatórias, a primeira após 15 dias e a segunda 30 dias do início do florescimento, de 10 flores parcela⁻¹. As flores coletadas foram removidas, assepticamente, e transferidas para placa contendo BDA mais tetraciclina (250mg/L), sendo dispostas 5 flores por placa. As avaliações foram efetuadas aos 4 dias de incubação a 23°C , fotoperíodo de 12 horas, pela contagem do número de flores com crescimento do patógeno, sendo posteriormente determinada a média de incidência.

6 Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância e para comparação de médias empregou-se o Teste Tukey, utilizando o programa computacional SAS.

Resultados e discussão

A inibição de *B. cinerea* por *T. harzianum* em relação ao tratamento de controle variou de 42,31 a 74,41% (Tabela 2). Os isolados de *T. harzianum* que apresentaram maior efeito inibitório foram: TRIC – 30 (74,41%), TRIC – 36 (72,49%), TRIC – 35 (70,42%), TRIC – 17 (70,42%) e TRIC – 33 (70,42%). Já os isolados de *G. viride* apresentaram uma menor variação, de 50,74 a 60,06%. Os melhores isolados de *G. viride* para o controle de *B. cinerea* foram: GLIO – 12 (60,06%), GLIO – 7 (60,06%), GLIO – 10 (58,14%) e GLIO – 6 (57,70%).

As notas da avaliação visual foram feitas após um período de 10 dias, quando foi possível observar o crescimento dos melhores isolados de *T. harzianum* e *G. viride* sobre a colônia de *B. cinerea*, o que pode justificar a ausência de correlação entre o percentual de inibição contra *B. cinerea* e as notas da avaliação visual do antago-

Testes *in vitro*

Tabela 2 - Ação inibitória contra *Botrytis cinerea* (%) e notas da avaliação visual do antagonista em presença do patógeno; crescimento micelial (diâmetro da colônia) e produção de conídios em meio de cultura BDA.

Isolados	% Inibição <i>Botrytis cinerea</i>	5%	Avaliação visual (nota)	Crescimento micelial	Produção de conídios X 50.000 mL ⁻¹
TRIC – 30	74,41	a	1	6,96	bcd
TRIC – 36	72,49	ab	2	6,70	cde
TRIC – 35	70,42	abc	2	7,23	abcd
TRIC – 17	70,42	abc	2	4,13	hijkl
TRIC – 33	70,42	abc	2	7,5	abc
GLIO – 12	60,06	abc	2	3,66	klm
TRIC – 37	62,58	abcd	2	5,93	ef
GLIO – 7	60,06	abcde	2	4,43	hji
TRIC – 11	59,62	abcdef	2	4,83	gh
TRIC – 29	58,14	abcdef	2	7,23	abcd
GLIO – 10	58,14	abcdef	1	5,96	ef
TRIC – 15	58,14	abcdef	2	4,43	hji
GLIO – 6	57,70	abcdef	1	5,96	ef
TRIC – 31	57,59	abcdef	2	6,60	de
TRIC – 21	57,70	abcdef	1	4,86	gh
TRIC – 32	57,11	abcdef	1	7,46	abc
TRIC – 19	57,11	abcdef	1	4,6	ghi
TRIC – 3	57,11	abcdef	2	3,83	ijkl
GLIO – 13	56,66	bcdef	2	2,93	m
GLIO – 14	56,66	bcdef	2	4,16	hijkl
TRIC – 34	56,66	bcdef	2	7,63	ab
TRIC – 18	56,22	bcdef	2	4,90	gh
GLIO – 4	56,22	bcdef	2	5,33	fg
GLIO – 5	56,22	bcdef	2	4,13	hijkl
TRIC – 8	56,22	bcdef	1	7,83	a
GLIO – 1	55,14	bcdef	2	4,46	hij
TRIC – 14	54,64	cdef	2	3,76	jkl
TRIC – 24	53,70	cdef	2	4,86	gh
GLIO – 2	53,66	cdef	2	4,3	hijk
GLIO – 9	51,19	def	1	3,46	lm
TRIC – 16	51,19	def	2	5,33	fg
GLIO – 11	50,74	def	2	3,5	klm
TRIC – 23	50,30	def	1	4,76	gh
TRIC – 22	46,26	def	1	4,23	hijkl
TRIC – 26	43,35	ef	2	4,6	ghi
TRIC – 20	42,31	f	2	4,16	hijkl

*Médias seguidas de mesma letra não diferem pelo teste de Tukey a 5%.

Escala:

Nota 1: Antagonista crescendo sobre toda a placa de Petri.

Nota 2: Antagonista crescendo sobre, aproximadamente, 75% da placa de Petri.

Nota 3: Antagonista crescendo sobre aproximadamente, 50% da placa de Petri.

Nota 4: Patógeno crescendo sobre, aproximadamente, 75% da placa de Petri.

Nota 5: Patógeno crescendo sobre toda a placa de Petri.

Codificação dos isolados:

As abreviações TRIC e GLIO correspondem a isolados de *Trichoderma harzianum* e *Gliocladium viride*, respectivamente. Os números são utilizados para diferenciá-los dentro da coleção, uma vez que cada isolado apresenta diferenças genéticas frente a outro isolado da mesma espécie.

nista em presença do patógeno. Os dados obtidos com a avaliação visual foram decisivos para a seleção de um grupo de isolados para os demais testes “*in vitro*”. Os isolados selecionados, que obtiveram a nota 1, foram: TRIC – 30, GLIO – 10, TRIC – 8, TRIC – 32, GLIO – 9, TRIC – 23, TRIC – 21, TRIC – 19 e GLIO – 6.

Os dados referentes ao crescimento micelial (diâmetro da colônia [cm]) e produção de conídios (Tabela 2) não apresentaram correlação significativa com a ação inibitória dos isolados de *T. harzianum* e *G. viride* à *B. cinerea*. Dentre os isolados de *G. viride*, GLIO – 10, destacou-se dos demais tanto no crescimento micelial (5,95

cm) como na produção de conídios (18,33 x 50.000 conídios/mL), obtendo os maiores valores dentro da sua espécie. O isolado de *T. harzianum*, TRIC – 30, apesar de apresentar o maior valor inibitório sobre *B. cinerea*, em relação ao crescimento micelial e produção de conídios obteve valores intermediários quando comparado com os demais isolados.

A inibição do crescimento de *S. lycopersici* e *F. oxysporum*, dois patógenos que ocasionam danos de relevância na cultura do tomateiro, pelos isolados de *T. harzianum* e *G. viride* (Tabela 3) variou de 22,29 a 49,32% e 13,63 a 44,15%, respectivamente. O isolado TRIC – 32

SELEÇÃO DE ANTAGONISTAS PARA O CONTROLE BIOLÓGICO DE
Botrytis cinerea EM TOMATEIRO SOB CULTIVO PROTEGIDO

obteve o maior percentual de inibição tanto contra *S. lycopersici* (49,32%) como para *F. oxysporum* (44,15%). O isolado TRIC – 30 apresentou um nível médio de inibição contra *S. lycopersici* (33,77%) e um baixo nível de inibição contra *F. oxysporum* (13,63%). Entretanto, na avaliação visual obteve nota 2 nos percentuais de inibição ocasionados à *F. oxysporum* e *S. lycopersici*. O isolado GLIO – 10 também apresentou nível médio de inibi-

ção em relação a *S. lycopersici* (27,02%) e em relação a *F. oxysporum* (31,16%). As avaliações visuais do pareamento de GLIO – 10 com isolados dos patógenos, evidenciaram baixa eficiência no controle de *S. lycopersici* e alta para *F. oxysporum*. Segundo Fokkema (1996), o sucesso dos antagonistas é determinado não somente por sua ação antagonônica direta, mas também pela possível duração da interação entre antagonista e patógeno.

Tabela 3 - Ação inibitória de isolados de *Trichoderma harzianum* e *Gliocladium viride* contra *Septoria lycopersici* e *Fusarium oxysporum* (%) e notas da avaliação visual do antagonista em presença do patógeno.

Tratamentos	Inibição (%)		Avaliação Visual (Nota)	Inibição (%)		Avaliação Visual (Nota)
	<i>Septoria lycopersici</i>			<i>Fusarium oxysporum</i>		
TRIC – 30	33,77	ab	2	13,63	c	2
GLIO – 10	27,02	ab	3	31,16	abc	1
TRIC – 8	43,91	ab	1	31,81	abc	3
TRIC – 32	49,32	a	2	44,15	a	1
GLIO – 9	24,04	ab	3	27,91	abc	3
TRIC – 23	38,51	ab	1	28,56	abc	2
TRIC – 21	47,29	ab	1	21,42	bc	3
TRIC – 9	45,26	ab	2	31,81	abc	1
GLIO – 6	22,29	b	2	37,01	ab	2

*Médias seguidas de mesma letra não diferem pelo teste de Tukey a 5%.

Escala:

Nota 1: Antagonista crescendo sobre toda a placa de Petri.

Nota 2: Antagonista crescendo sobre, aproximadamente, 75% da placa de Petri.

Nota 3: Antagonista crescendo sobre aproximadamente, 50% da placa de Petri.

Nota 4: Patógeno crescendo sobre, aproximadamente, 75% da placa de Petri.

Nota 5: Patógeno crescendo sobre toda a placa de Petri.

O crescimento micelial (diâmetro das colônias [cm]) de *B. cinerea* em presença de compostos voláteis oriundos de isolados de *T. harzianum* e *G. viride* (Tabela 4) apresentou redução de até 46,8%, obtido pelo isolado GLIO – 6, em relação ao tratamento controle. Os isolados que se destacaram na produção de compostos voláteis foram: GLIO – 6 (46,8%), TRIC – 19 (40,47%), TRIC – 21 (40,47%), TRIC – 23 (39,73%), GLIO – 9 (38,24%), TRIC – 32 (36%). Os isolados GLIO – 10 e TRIC – 30 demonstraram produzir baixa quantidade de compostos voláteis com efeito inibitório sob o crescimento micelial de *B. cinerea*.

A avaliação da compatibilidade entre os isolados de *T. harzianum* e *G. viride* (Tabela 5), pelo método de cul-

turas pareadas, demonstrou que podem existir relações antagonônicas mesmo dentre os agentes biocontroladores. O isolado de *T. harzianum*, TRIC – 19, apresentou redução de 25% em seu crescimento micelial quando pareado, com os três isolados de *G. viride*. Outra reação de incompatibilidade para crescimento micelial simultâneo foi observado com o isolado de *T. harzianum*, TRIC – 21, que apresentou formação de halo e inexistência de conídios quando pareado com os isolados de *G. viride*. Os demais isolados testados apresentaram compatibilidade, pois houve uniformidade no crescimento micelial entre os isolados, quando pareados em placas contendo meio de cultura BDA. Além disso, não foram observadas reações antagonônicas entre eles. Segundo Guetsky et al. (2002), a introdução de 2 ou mais agentes biocontroladores na filosfera, com diferentes requerimentos ecológicos, poderá facilitar e aumentar a consistência do controle da doença sem afetar a eficácia dos biocontroladores. Entretanto, de acordo com os resultados obtidos, deve ser testada previamente a compatibilidade entre eles, uma vez que podem apresentar reações antagonônicas.

Como as doenças associadas à filosfera não são de ocorrência isolada, o uso de bioagentes deve ser integrado com outras práticas agrícolas. Muitas dessas práticas interferem com o bioagente diretamente e/ou alteram o equilíbrio da comunidade microbiana do filoplano (MELO, 1996). Deste modo, tornou-se necessária a seleção de isolados com maior resistência aos produtos mais utilizados na cultura, como o Benomil, recomendado para

Tabela 4 - Crescimento micelial de *Botrytis cinerea* em culturas desenvolvidas em presença de metabólitos voláteis

Tratamentos	Diâmetro das colônias	
Controle	6,72	a'
TRIC – 30	6,30	ab
GLIO – 10	5,07	bc
TRIC – 8	4,32	cd
TRIC – 32	4,30	cd
GLIO – 9	4,15	cd
TRIC – 23	4,05	cd
TRIC – 21	4,00	cd
TRIC – 19	4,00	cd
GLIO – 6	3,57	d

de isolados de *Trichoderma harzianum* e de *Gliocladium viride*.

Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente pelo Teste de Tukey a 5%.

Tabela 5 - Compatibilidade entre os isolados de *Trichoderma harzianum* e *Gliocladium viride* pelo método de culturas pareadas.

<i>Trichoderma harzianum</i> Isolado n°	<i>Gliocladium viride</i> Isolado n°	Nota
GLIO - 6	TRIC - 19	2
GLIO - 6	TRIC - 21	4
GLIO - 6	TRIC - 23	3
GLIO - 6	TRIC - 30	3
GLIO - 6	TRIC - 32	3
GLIO - 9	TRIC - 19	2
GLIO - 9	TRIC - 21	4
GLIO - 9	TRIC - 23	3
GLIO - 9	TRIC - 30	3
GLIO - 9	TRIC - 32	3
GLIO - 10	TRIC - 19	2
GLIO - 10	TRIC - 21	4
GLIO - 10	TRIC - 23	3
GLIO - 10	TRIC - 30	3
GLIO - 10	TRIC - 32	3

A avaliação visual da compatibilidade foi baseada na seguinte escala de notas:
Nota 1: O isolado de *Trichoderma harzianum* cresce sobre, aproximadamente, 75% da placa de Petri; inibe 25% o crescimento de *Gliocladium viride*.

Nota 2: O isolado de *Gliocladium viride* cresce sobre, aproximadamente, 75% da placa de Petri; inibe 25% o crescimento de *Trichoderma harzianum*.

Nota 3: *Trichoderma harzianum* cresce 50% e *Gliocladium viride*, 50% da placa de Petri.

Nota 4: Formação de halo entre as duas colônias pareadas, sem a presença de conídios.

o controle de *S. lycopersici*, *Stemphylium solani*, *B. cinerea*, *F. oxysporum*, *Verticillium alboatrum*, e *Sclerotium rolfsii*. A concentração de Benomil recomendada para o controle de patógenos foliares em tomateiro é de 0,7g /L

(COMPÊNDIO DE DEFENSIVOS AGRÍCOLAS, 1999), o que equivale a 350 mg/L do ingrediente ativo.

A avaliação do crescimento micelial de *T. harzianum* e *G. viride* em meio BDA com diferentes concentrações de Benomil (Tabela 6) demonstrou que houve diferenças significativas entre os isolados quanto à resistência a esse fungicida. Os isolados GLIO - 10 e TRIC - 30, obtidos em cultivos de tomate a campo, apresentaram o maior nível de resistência ao fungida em relação aos demais isolados, cujos percentuais de redução no crescimento micelial, em concentrações de 10 mg/L do ingrediente ativo do Benomil, foram de 29,77% e 35,75%, respectivamente. Os isolados TRIC - 19 e TRIC - 32, também obtidos em cultivos de tomate à campo, apresentaram nível intermediário de resistência ao fungicida. Os percentuais de redução no crescimento, na concentração de 10 ppm, foram de 70,23% e 55,46%, respectivamente. Por outro lado, os isolados GLIO 6, GLIO 9, TRIC 21 e TRIC 23, também oriundos de cultivos de tomate sob ambiente protegido, apresentaram uma inibição de aproximadamente 50% do crescimento micelial na concentração de 2 mg/L do ingrediente ativo, e 100% na concentração de 5 mg/L. Estes resultados podem estar associados ao fato de que Benomil não é comumente recomendado para cultivos sob ambiente protegido, o que não promoveu uma pressão de seleção em favor das estirpes fúngicas resistentes, permitindo a sobrevivência das sensíveis.

Tabela 6 - Diâmetro das colônias de *Trichoderma harzianum* e *Gliocladium viride* crescidas em meio BDA contendo diferentes concentrações de Benlate 500 (Ingrediente ativo: Benomil, 500g /kg).

Isolados	Concentração de Benomil (ppm)/ litro de BDA									
	0 ppm		1 ppm		2 ppm		5 ppm		10 ppm	
GLIO - 6	9,0	Aa	8,75	Aa	4,52	Eb	0	Cc	0	Dc
GLIO - 9	8,97	Aa	8,87	Aa	5,62	Db	0	Cc	0	Dc
GLIO - 10	9,0	Aa	8,95	Aa	8,85	Aa	7,52	Ab	6,32	Ac
TRIC - 19	8,97	Aa	8,70	Aa	8,52	Bb	7,67	Ac	2,67	Cd
TRIC - 21	8,97	Aa	8,77	Aa	4,60	Eb	0	Cc	0	Dc
TRIC - 23	8,95	Aa	8,80	Aa	4,05	Fb	0	Cc	0	Dc
TRIC - 30	8,95	Aa	8,82	Aa	8,80	Aa	7,52	Ab	5,75	Bc
TRIC - 32	8,87	Aa	8,77	Aa	7,67	Cb	5,65	Bc	3,95	Cd

Médias de mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5%.

A aplicação de *T. harzianum* e de *G. viride* no substrato para produção da mudas de tomateiro, conforme dados apresentados na Tabela 7, não mostrou incremento significativo para as variáveis analisadas. No experimento, as plantas estavam em condições controladas, livres de patógenos, em substrato homogêneo e com nutrientes suficientes para seu desenvolvimento. O efeito dos antagonistas sobre a emergência e o crescimento das plântulas de tomateiro não foi evidenciado, possivelmente, devido ao fato de a absorção de nutrientes ter ocorrido de forma semelhante pelas plantas tratadas com antagonistas e pelas plantas do tratamento de controle. *T. harzianum* e *G. viride* promovem o crescimento das plantas quando estas estão submetidas a algum estresse biológico ou edáfico, pois

conferem tolerância a vários fatores de estresse às plantas (HARMAN, 2000). Outro ponto a ser considerado seria que o período de ocorrência da interação entre o biocontrolador e a planta é bem maior do que 15 dias, utilizado neste trabalho, para ocasionar diferenças significativas nas variáveis analisadas. Além disso, o lote, o nível de infecção e o tipo de microrganismo presente nas sementes também poderiam afetar a eficiência do desempenho dos antagonistas (LUZ, 1993). As sementes de tomate, utilizadas neste trabalho, eram certificadas, com uma baixa incidência de patógenos que pudessem prejudicar a emergência das mesmas, o que justifica a inexistência de aumento na taxa de emergência de plântulas em relação ao tratamento de controle.

SELEÇÃO DE ANTAGONISTAS PARA O CONTROLE BIOLÓGICO DE
Botrytis cinerea EM TOMATEIRO SOB CULTIVO PROTEGIDO

Testes *in vivo*

Tabela 7 - Efeito de isolados de *Trichoderma harzianum* e de *Gliocladium viride*, TRIC – 30 e GLIO – 10 inoculados no substrato sobre o desenvolvimento de tomateiros; médias do número de plantas emergidas após sete e dez dias; altura da parte aérea; comprimento da raiz e peso da matéria seca de 10 plantas coletadas. Eldorado do Sul, RS, 2004.

Variável analisada	Dias após plantio	Controle	<i>Trichoderma</i> TRIC – 30	<i>Gliocladium</i> GLIO – 10	TRIC+GLIO
Nºde plantas/emerg	7 dias	9,5 a	7,4 a	7,4 a	6,9 a
Nºde plantas/emerg *	15 dias	21 a	21,4 a	22,0 a	23,4 a
Altura da planta (cm)	15 dias	8,5 a	8,3 a	8,0 a	8,1 a
Medida da raiz(cm)	15 dias	2,0 a	1,60 a	1,50 a	2,19 a
Peso seco g	15 dias	0,09 a	0,08 a	0,08 a	0,09 a

* O número máximo de emergência seria 26, correspondente a todas as sementes que foram plantadas. Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente pelo Teste de Tukey a 5%.

A incidência de *T. harzianum* e *G. viride*, nas radículas das plântulas de tomateiro oriundas de sementes inoculadas (Tabela 8), apresentou diferença significativa em relação ao tratamento de controle. Não foi evidenciada diferença na incidência entre os dois antagonistas em radículas, oriundas de sementes inoculadas. A desinfestação com hipoclorito de sódio a 1%, durante 2 minutos, demonstrou que os antagonistas já haviam

colonizado a maioria dos tecidos superficiais do sistema radicular, no período de 15 dias.

A incidência de *B. cinerea* na cultura do tomateiro foi observada durante todo o período de florescimento, com intensidade variável. A ocorrência de mofo cinza em flores de tomateiro variou dependendo do tratamento utilizado. A maior incidência de *B. cinerea* ocorreu no tratamento de controle.

Tabela 8 - Incidência de *Trichoderma harzianum* e *Gliocladium viride* nas radículas de plântulas de tomateiro.

Tratamentos	% Incidência de <i>T. harzianum</i> e <i>G. viride</i>	
t0: Nenhum tratamento com os biocontroladores;	1,32	B
t1: Inoculação de GLIO – 10 nas sementes de tomateiro;	9,5	A
t2: Inoculação de TRIC – 30 nas sementes de tomateiro;	7,75	A
t3: Inoculação simultânea de GLIO – 10 e TRIC – 30 nas sementes de tomateiro	8,75	A

Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente pelo Teste de Tukey a 5%.

O teste *in vivo* utilizando isolados de *T. harzianum* e de *G. viride*, TRIC – 30 e GLIO – 10, respectivamente, sob formas diferenciadas de aplicação (Tabela 9), evidenciou a eficiência de GLIO – 10 na redução da incidência de *B. cinerea* em flores de tomateiro. Não foram observadas frutificações de *G. viride* em flores e frutos de tomateiros nas parcelas tratadas, característica que evidencia o potencial desse organismo para o controle de *B. cinerea* em tomateiros sob cultivo protegido. Os tratamentos t2 e t3, utilizando o isolado de *G. viride* GLIO – 10, apresentaram uma redução de 62%, em relação ao tratamento de controle, na incidência de *B. cinerea* em flores de tomateiros. Esse resultado foi similar ao encontrado pelo método de culturas pareadas, efetuado em laboratório, cujo percentual inibitório contra *B. cinerea* foi de 58,14%. Já no tratamento t1, que envolvia apenas aplicações no substrato, sementes e cova de plantio não ocorreu indução de resistência, uma vez que não foi eficiente para controlar o patógeno. Provavelmente, o sucesso deste antagonista foi determinado, principalmente, por sua ação antagônica direta nos órgãos mais suscetíveis ao patógeno. Logo, neste trabalho, a forma preferencial de aplicação de antagonistas, para o controle de *B. cinerea* em tomateiro sob cultivo protegido, são as pulverizações semanais a partir do florescimento.

Os tratamentos utilizando isolado de *T. harzianum*, TRIC – 30, não diferenciaram-se do tratamento controle sob nenhum modo de aplicação. Ghini e Vitti (1993) também não obtiveram controle de *B. cinerea* em morango com o uso de *T. harzianum* selecionado de solo cultivado com a cultura e efetivo na inibição do patógeno *in vitro*. Gulliano et al. (1991), comparando a utilização de *Trichoderma* spp. em controle biológico e integrado de *B. cinerea* em tomate, observaram que *Trichoderma* spp. sozinho, usado em pulverizações foliares, não apresentou controle consistente da doença. No entanto, obteve controle completo da doença e redução, acima de 50%, do número de aplicações, quando utilizou a mistura de dicarboximida + thiram ou a alternância dessa mistura com *Trichoderma* spp. Em trabalhos posteriores, esses autores aplicaram simultaneamente isolados de *Trichoderma* spp. (com resistência ao fungicida) e Benomil e obtiveram um controle promissor. Elad e Shitienberg (1996) também demonstraram a efetividade de *T. harzianum* em adição a fungicidas no controle de *B. cinerea* em pepino. O isolado selecionado neste trabalho também pode ter efeito sob *B. cinerea*, quando utilizado em controle integrado, uma vez que apresenta, dentre os demais testados, bom nível de resistência a este fungicida. Outra possibilidade para aumentar a eficiência do isolado de *T. harzianum* seria o enriquecimento

Tabela 9 - Efeito dos tratamentos com isolados de *Trichoderma harzianum* e *Gliocladium viride*, TRIC – 30 e GLIO– 10, na incidência de *Botrytis cinerea* em flores de tomateiro. Eldorado do Sul, RS. 2005.

Tratamentos	Botões florais necrosados por <i>B. cinerea</i>
Testemunha	12,29 a
<i>Gliocladium viride</i> (t1)	9,542 a
<i>Gliocladium viride</i> (t2)	4,717 b
<i>Gliocladium viride</i> (t3)	4,708 b
<i>Trichoderma harzianum</i> (t1)	11,92 a
<i>Trichoderma harzianum</i> (t2)	11,13 a
<i>Trichoderma harzianum</i> (t3)	11,50 a

Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente pelo Teste de Tukey a 5%.

Testemunha: Nenhum tratamento com os biocontroladores.

Gliocladium viride (t1): Biocontrolador no substrato, semente e cova (plântio); *Gliocladium viride* (t2): Biocontrolador apenas em pulverizações foliares semanais 7 dias após o plantio.

Gliocladium viride (t3): Biocontrolador no substrato, semente, cova (plântio) e nas pulverizações foliares.

Trichoderma harzianum (t1): Biocontrolador no substrato, semente e cova (plântio).

Trichoderma harzianum (t2): Biocontrolador apenas em pulverizações foliares semanais 7 dias após o plantio.

Trichoderma harzianum (t3): Biocontrolador no substrato, semente, cova (plântio) e nas pulverizações foliares;

do filoplano com nutrientes, que, além de agir diretamente sobre as microbiotas antagonista e patogênica, pode incitar mudanças no próprio hospedeiro.

A utilização de *G. viride* para o controle de *B. cinerea* em tomateiros sob cultivo protegido, de acordo com os

resultados deste trabalho, apresenta grande potencial para tornar-se importante alternativa para os produtores de tomates em estufas, uma vez que *B. cinerea* adquire resistência a fungicidas com maior frequência nestas condições de ambiente.

Referências

- ANDREWS, J. H. Biological Control in Phyllosphere. **Annual Review of Phytopathology**, Davis, v. 30, p. 603-635, 1992.
- BELL, D. K.; WELLS, H. D.; MARKHAM, C. R. *In vitro* Antagonism of *Trichoderma* Species Against Six Fungal Plant Pathogens. **Phytopathology**, St. Paul, v.72, p. 370-382, 1982.
- COMPÊNDIO DE DEFENSIVOS AGRÍCOLAS: Guia Prático de Produtos Fitossanitários para Uso Agrícola. 6. ed. Cidade: Andrei, 1999.
- DOMSCH, K. H.; GAMS, W.; ANDERSON, T. H. **Compendium of Soil Fungi**. London: Academic Press, 1980. 630 p.
- ELAD, Y.; SHITINBERG, D. *Trichoderma harzianum* T39 (Trichodex) Integrated With Fungicides for the Control of Grey Mould of Strawberry, Vegetable Greenhouse-Crops and Grapes. In: WENHUA, T.; COOK, R. S.; ROVIRA, A. (Eds). **Advances in Biological Control of Plant Diseases**, p.310-319, 1996.
- ETHUR, L. Z.; BLUME, E.; MUNIZ, M.; DA SILVA, A. C. F.; STEFANO, D. R.; DA ROCHA, E. K. Fungos Antagonistas a Sclerotinia sclerotiorum em Pepineiro Cultivado em Estufa. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 30, p. 127-133, 2005.
- FOKKEMA, N. J. Perspectives for Biocontrol of Diseases Affecting Aerial Plant Surfaces. In: CONGRESSO NACIONAL DE LA SOCIEDAD ESPAÑOLA DE FITOPATOLOGIA, 8., 1996. Córdoba: Sociedad Española de Fitopatología, 1996. p. 237-239.
- GHINI, R. Ocorrência de Resistência em Linhagens de *Botrytis cinerea*, no Estado de São Paulo. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 21, n. 2, p. 285-288, 1996.
- GHINI, R.; VITTI, A. J. Controle Integrado de *Botrytis cinerea* na Cultura do Morango. **Summa Phytopathology**, Jaboticabal, v. 19, p. 10-13, 1993.
- GUETSKY, R.; SHTIENBERG, D.; ELAD, Y.; DINOOR, A. Combining Biocontrol Agents to Reduce the Variability of Biological Control. **Phytopathology**, St. Paul, v. 91, p.621-627. 2001.
- GUETSKY, R.; SHTIENBERG, D.; ELAD, Y.; FISCHER, E.; DINOOR, A. Improving Biological Control by Combining Biocontrol Agents Each with Several Mechanisms of Disease Suppression. **Phytopathology**, St. Paul, v. 92, p.976-985. 2002.
- GULLIANO, M. L.; ALOI, C.; BENZI, D.; GARIBALDI, A. Biological and Integrated Control of Grey Mold of Vegetal Crops. In: INTERNATIONAL TRICHODERMA AND GLIOCLADIUM WORKSHOP, 4., 1991. Belgrate: Torino University, 1991. p. 149. Abstr.
- HARMAN, G. E. Myths and Dogmas of Biocontrol. **Plant Disease**, St. Paul, v.84, n.4, 2000.
- KLEIFELD, O.; CHET, I. *Trichoderma harzianum*: Interaction with Plants and Effect on Growth Response. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 144, n.2, p.267-272, 1992.
- KIMATI, H.; AMORIM, L.; BERGAMIN FILHO, A. *et al.* **Manual de Fitopatologia**. 3. ed. São Paulo: Ceres, 1997. v. 2.
- LUZ, W. C. Microbiolização de Sementes para o Controle de Doenças de Plantas. **Revisão Anual de Fitopatologia**, Passo Fundo, v.1, p.33-77, 1993.
- MARIANO, R. L. R. Métodos de Seleção “in vitro” para Controle Microbiológico. **Revisão Anual de Fitopatologia**, Passo Fundo, v. 1. p. 360-409, 1993.
- MELO, I. S. *Trichoderma* e *Gliocladium* como Bioprotetores de Plantas. **Revisão Anual de Fitopatologia**, Passo Fundo, v. 4, p. 261-295, 1996.
- UTKHEDE, R.; BOGDANOFF, C.; McNEVIN, J. Effects of Biological and Chemical Treatments on Botrytis Stem Canker and Fruit Yield of Tomato Under Greenhouse Conditions. **Canadian Journal of Plant Pathology**, Ontario, v.23, p. 253-259, 2001.
- VALDEBENITO-SANHUEZA, R. M.; SUTTON, J. C.; PERAZZOLO, I.; CZERMAINSKI, A. B. C. Biocontrole de *Botrytis cinerea* em Morangueiros Cultivados em Estufa. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 20, p.362, 1995. Abstr.
- ZIMAND, G.; ELAD, Y.; CHET, I. Effect of *Trichoderma harzianum* on *Botrytis cinerea* Pathogenicity. **Phytopathology**, St. Paul, v.86, p.1255-1260, 1996.

Antagonismo *in vitro* de *Trichoderma harzianum*, *Trichoderma koningii* e *Paecilomyces variotti* a fungos patogênicos do morangueiro¹

Jussara Medeiros², Rosa Trinidad Guerrero³, e Cristian André Prade⁴

Resumo - O morangueiro é cultivado no Rio Grande do Sul predominantemente em pequenas propriedades, para consumo *in natura* e na indústria. O objetivo deste trabalho foi isolar e selecionar de morangueiro fungos possíveis antagonistas aos patógenos, identificar os patógenos que ocorrem e determinar *in vitro* a ação antagonística aos patógenos. Foram isolados fungos filamentosos do solo, epífitos e endófitos de morangueiros, em três lavouras sob manejo ecológico, nos municípios de Feliz e Alto Feliz. Foram coletados solo, folhas e flores de plantas sem sintomas de doenças, mensalmente, de abril a novembro de 2002. As espécies identificadas foram: *Alternaria alternata*, *Aspergillus niger*, *Athelia* sp., *Cladosporium cladosporioides*, *Epicoccum purpurascens*, *Fusarium* sp., *Gliocladium roseum*, *Paecilomyces variotti*, *Penicillium commune*, *Phomopsis obscurans*, *Torula* sp., *Trichoderma harzianum*, *Trichoderma koningii*, *Trichoderma viride*, *Xylaria* sp. Testes *in vitro* mostraram atividade antagonística de *T. harzianum* e *T. koningii* a *A. alternata* e *P. obscurans*; *P. variotti* foi antagonístico a *A. alternata*.

Palavras-chave: morangueiro, antagonismo, patógenos, biocontrole, manejo ecológico, *Trichoderma*.

Study about filamentous fungi in the cultivation of strawberry plant in three crops under ecological planting

Abstract - The strawberry plant is cultivated in Rio Grande do Sul predominantly in small properties, for consumption *in natura* and industrial. This study aimed to isolate and to select fungi possibly antagonist towards the pathogens, to identify the occurring pathogens and to determine *in vitro* the antagonistic action to the pathogens. The filamentous fungi from the soil, epiphytes and endophytes from strawberry trees have been isolated, in three crops under ecological management, in the cities of Feliz and Alto Feliz. Soil, leaves and flowers of plants without symptoms of diseases have been collected, monthly, from April to November of 2002. The following species have been identified: *Alternaria alternata*, *Aspergillus niger*, *Athelia* sp., *Cladosporium cladosporioides*, *Epicoccum purpurascens*, *Fusarium* sp., *Gliocladium roseum*, *Paecilomyces variotti*, *Penicillium commune*, *Phomopsis obscurans*, *Torula* sp., *Trichoderma harzianum*, *Trichoderma koningii*, *Trichoderma viride*, *Xylaria* sp. *In vitro* tests have showed antagonistic activity of *T. harzianum* and *T. koningii* to *A. alternata* and *P. obscurans*; *P. variotti* has been antagonistic to *A. alternata*.

Key words: strawberry plant, antagonism, pathogens, ecological management, *Trichoderma*.

¹ Parte da Tese de Doutorado da primeira autora apresentada à Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

² Bióloga, M. Sc, Doutoranda em Botânica, UFRGS. E-mail: jussaracm@terra.com.br.

³ Bióloga, Dra, Professora do Departamento de Botânica da UFRGS. E-mail: guerrerort.yahoo.com.br.

⁴ Biólogo, Doutorando em Botânica, UFRGS.

Recebido para publicação em 08/03/2006

Introdução

No Brasil, a cultura do morangueiro vem sendo desenvolvida em pequenas propriedades com o emprego de mão-de-obra intensiva, constituindo-se em uma ótima alternativa de agregação de renda para propriedades familiares. A produção nacional estimada é de 40 mil toneladas de frutos por ano e está em expansão (AGRIANUAL, 2001).

Apesar das boas perspectivas de mercado, o desenvolvimento da cultura do morangueiro tem sido fortemente limitado pela ocorrência de pragas e doenças, principalmente de origem fúngica (SECCHI, 1992; DIAS, 1999 b; AGRIANUAL, 2001).

Segundo Fortes (2005), as principais doenças fúngicas do morangueiro são: antracnose, micosfarella, mofo cinzento, mancha de *Dendrophoma*, verticilose, fusariose, podridão mole e oídeo.

Para produzir e comercializar os morangos, os produtores aplicam diferentes pesticidas em todo o ciclo da cultura (VALDEBENITO-SANHUEZA et al., 1997). O morango é um dos frutos que apresenta os maiores níveis de resíduos de pesticidas (DIAS, 1999a).

Nos últimos anos têm aumentado no Rio Grande do Sul as alternativas de cultivos sob manejo ecológico, com resultados positivos na redução dos agentes fúngicos causadores de doenças como *Mycosphaerella fragariae*, *Phomopsis obscurans* e *Botrytis cinerea*. Nestas lavouras são admitidos somente calda bordalesa, sulfocálcica e insumos biofertilizantes, adotando um manejo onde o solo e os recursos naturais disponíveis localmente são tratados de maneira adequada.

A ocorrência de uma doença em nível epidêmico indica, segundo Cook e Baker (1983), que alguns dos seguintes aspectos da rede biológica não estão em equilíbrio: 1) o patógeno é geneticamente homogêneo e altamente virulento, está em alta densidade de inóculo, ou não está em equilíbrio com os antagonistas; 2) os fatores abióticos do meio são mais favoráveis ao patógeno do que ao hospedeiro e/ou aos antagonistas; 3) a planta hospedeira é geneticamente homogênea, altamente suscetível e é cultivada continuamente ou de maneira extensiva; 4) os antagonistas estão ausentes ou em baixas populações, seus produtos de ação antimicrobiana são perdidos no solo ou inativados por outros microrganismos.

Segundo Bettiol (1997), no ambiente da filósfera ocorreu uma evolução simultânea das plantas e dos microrganismos associados, com a manutenção de um equilíbrio responsável pelo controle biológico natural de doenças da parte aérea.

Segundo Andrews (1981), as mudanças das comunidades microbianas causadas por produtos químicos têm implicações ecológicas importantes, como quebra da estrutura trófica, ciclagem de nutrientes e alteração da severidade das doenças devido à eliminação dos antagonistas.

No caso de patógenos veiculados pelo solo, a ocorrência de doenças em plantas indica a existência de um desequilíbrio biológico no solo. Assim, para obter um controle satisfatório dessas doenças, há necessidade de conhecer as interações que existem nesse ambiente (BETTIOLO e GHINI, 1995).

Cook e Baker (1983) explicam que, em um solo natural, a biomassa do patógeno disponível para infecção decresce mais rapidamente do que em um solo estéril. O decréscimo de biomassa ou a alta taxa de morte do patógeno resulta da soma de muitos fatores de estresse biológico sobre os propágulos, como parasitismo e predação por antagonistas, germinação fora da época seguida por inanição e lise, gasto mais rápido de reservas endógenas devido ao estresse subletal imposto por outros microrganismos (PAPAVISAS e LUMSDEN, 1980).

A diversidade biológica dos organismos do solo é destacada por Altieri (2002) como um componente importante da sanidade e estabilidade do agroecossistema. Segundo este autor, uma ampla diversidade de organismos cria um sistema em que a competição pelas fontes e nichos e a dinâmica predador/presa ajudam a limitar as populações de bactérias, fungos e nematóides fitoparasitas, assim como os problemas causados por insetos.

Este trabalho se propôs a estudar os fungos filamentosos da parte aérea e do solo de lavouras de morangueiro em cultivo orgânico, com os objetivos de:

- 1) Isolar e identificar fungos endófitos, epífitas e do solo de morangueiro, possíveis antagonistas aos patógenos;
- 2) Identificar os fungos fitopatogênicos que afetam as lavouras em foco;
- 3) Detectar a ocorrência de ação antagonística dos isolados frente aos patógenos.

Material e métodos

Em três lavouras sob cultivo orgânico nos municípios de Feliz (lavouras 1 e 2) e Alto Feliz (lavoura 3) foram coletadas folhas mensalmente de abril a novembro de 2002. Em agosto, foram coletadas flores. Tanto as folhas como as flores foram extraídas de plantas sem sintomas de doenças. Em abril, setembro e novembro, foram coletadas amostras de solo.

No laboratório, para o isolamento de fungos epífitas as 20 folhas coletadas foram pesadas, sendo 50 g de folhas mergulhadas em frasco Erlenmeyer com 450 mL de água destilada esterilizada e agitados manualmente por quatro minutos. Quando as 20 folhas pesaram menos de 50 g, a quantidade de água foi diminuída para manter a proporção peso de folhas e volume de água. Do líquido de lavagem, após agitação, foram realizadas diluições sucessivas até obter-se a diluição 10^{-3} . Desta solução foram retiradas alíquotas de 0,2 mL, transferidas para cinco placas contendo meio de cultura batata-dextrose-água

(200 g de batata, 20 g de glicose, 15 g de ágar e 1.000 mL de água destilada esterilizada) (BDA) com 50 g/l de ácido láctico (para inibir o crescimento bacteriano) e espalhadas com o auxílio de alça de Drigalsky. As placas foram seladas, identificadas e incubadas a $\pm 25^{\circ}\text{C}$ e fotoperíodo de 12 horas. Após três dias, iniciaram-se os isolamentos dos micélios desenvolvidos, em câmara de fluxo laminar onde fragmentos de hifas foram transferidos para placas, incubados por três a sete dias para melhor individualização das colônias. Posteriormente, as colônias foram transferidas para tubos de ensaio contendo meio BDA inclinado. Cada isolado foi armazenado em geladeira a $\pm 6^{\circ}\text{C}$, em duplicata.

Para o isolamento de fungos endófitos, foram destacados 10 folíolos centrais das 20 folhas lavadas, usadas para o isolamento de epífitas e flores. Em câmara de fluxo laminar os folíolos e as flores foram desinfetados com hipoclorito de sódio (1%) durante um minuto, com álcool 70% por um minuto e lavados três vezes com água destilada estéril. O excesso de água foi retirado pela deposição do material entre duas folhas de papel-filtro esterilizado. Em seguida foram cortados quatro segmentos não contíguos de cada limbo e das pétalas. Os 40 segmentos foram colocados em 10 placas (4 unidades por placa) contendo meio BDA com 50 g/L de ácido láctico. As placas foram vedadas, identificadas e incubadas a $25^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ com fotoperíodo de 12 horas. Após três dias iniciou-se o isolamento dos fungos desenvolvidos. Fragmentos de hifas de cada colônia foram repicados para placas contendo BDA e após para tubos de ensaio e estocados em geladeira a $\pm 6^{\circ}\text{C}$.

Para o isolamento de fungos do solo em cada lavoura, foi retirada uma alíquota de 10 g de solo e colocada em 90 mL de água destilada estéril. O líquido foi agitado para homogeneização e diluído em série, até obter-se a diluição 10^{-3} . Desta solução, foi transferido 0,2 mL para placas de Petri contendo meio de cultura BDA com 50 g de ácido láctico e espalhado com o auxílio de alça de Drigalsky. As placas foram vedadas, identificadas e incubadas por três dias a $25^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ e fotoperíodo de 12 horas. A partir do terceiro dia, foram retirados fragmentos de hifas das colônias em desenvolvimento, repicados para placas e da colônia desenvolvida fez-se novo repique para a obtenção das culturas axênicas em tubos de ensaio e mantidos no refrigerador a $\pm 6^{\circ}\text{C}$.

Para o isolamento de fungos fitopatogênicos, foram coletadas folhas e morangos com sintomas de doenças. No laboratório, em câmara de fluxo laminar, fragmentos do material foram desinfetados com álcool 70% por um minuto, hipoclorito de sódio por um minuto e lavados em água destilada esterilizada três vezes. Após a assepsia, foram plaqueados em meio de cultura BDA para desenvolvimento do patógeno. As placas inoculadas foram mantidas à temperatura de $25^{\circ}\text{C} \pm 2$ e fotoperíodo de 12 horas. Após obtida a cultura axênica, os isolados foram

transferidos para tubos de ensaio e estocados em geladeira a $\pm 6^{\circ}\text{C}$.

A identificação dos isolados foi estabelecida com base nas características culturais e morfológicas das estruturas de reprodução. Foram consultadas chaves de identificação e descrições de Ellis (1971), Domsch et al. (1980), Onions et al. (1981), Alexopoulos et al. (1996), Barnett e Hunter (1998), e Maas (1998). A coloração das culturas foi descrita segundo Villalobos-Domingues e Villalobos (1947).

As observações e medições ao microscópio foram feitas entre lâmina e lamínula, sendo o material corado com floxina 5% e hidratado com KOH 3%. Sempre que necessário, foram feitos microcultivos para uma melhor visualização das estruturas fúngicas. Para isto, depositou-se uma gota de meio de cultura BDA (70 g de batata, 3,5 g de açúcar, 7,5 g de ágar e 1000 mL de água destilada esterilizada) ainda quente sobre lâmina e após ter esfriado foi inoculado com um fragmento de micélio. Em seguida cobriu-se o material com lamínula e colocou-se em câmara climatizada a 25°C e fotoperíodo de 12 horas. Após 15 a 24 horas, o material foi observado ao microscópio.

Para avaliar a velocidade de crescimento dos isolados, discos de 8 mm de diâmetro de colônias em crescimento ativo foram colocados no centro de placas de Petri contendo meio BDA. As placas foram lacradas com filme plástico e incubadas a $\pm 25^{\circ}\text{C}$ e fotoperíodo de 12 horas. No terceiro, sétimo e décimo quarto dias foram medidos dois diâmetros perpendiculares entre si. Foram avaliadas três placas por isolado e o teste foi repetido três vezes. A velocidade de cada isolado foi determinada pela média dos diâmetros obtidos nas três placas durante o período de avaliação. As colônias foram consideradas de crescimento lento ou moderado quando mediram respectivamente até 3,0 cm ou até 4,5 cm em sete dias. O crescimento em sete dias de 4,6 cm em diante foi considerado rápido.

1 Teste de antagonismo

Para o confronto direto do patógeno e do possível antagonista, foi adotada a técnica de disco de ágar (MARIANO, 1993): em placas de Petri de 9 cm de diâmetro contendo meio BDA, foram colocados dois discos de cada isolado, a uma distância de três cm entre si e das bordas. Os discos inoculados mediram 8 mm e foram obtidos da zona de crescimento ativo de culturas provenientes dos isolados estocados. A repicagem das culturas de *A. alternata*, e *P. obscurans* foi realizada 48 horas antes da repicagem do outro fungo pareado. As placas foram lacradas com filme plástico e incubadas a temperatura de 25°C e fotoperíodo de 12 horas. A testemunha consistiu de placas contendo somente o patógeno. Foram feitas cinco repetições por antagonista/patógeno.

Para a avaliação, as culturas foram observadas a cada 24 horas. Quando houve o contato dos micélios do anta-

gonista e do patógeno, foram medidos dois diâmetros transversais dos patógenos e estes valores foram transformados em médias. Os isolados foram confrontados conforme a tabela 1.

Tabela 1 - Isolados confrontados:

<i>Trichoderma harzianum</i> (B44) x <i>Alternaria alternata</i> (H6)
<i>Trichoderma harzianum</i> (B44) x <i>Phomopsis obscurans</i> (H13)
<i>Trichoderma harzianum</i> (F36) x <i>Alternaria alternata</i> (H6)
<i>Trichoderma harzianum</i> (F36) x <i>Phomopsis obscurans</i> (H13)
<i>Trichoderma koningii</i> (A14) x <i>Alternaria alternata</i> (H6)
<i>Trichoderma koningii</i> (A14) x <i>Phomopsis obscurans</i> (H13)
<i>Gliocladium roseum</i> (C42) x <i>Alternaria alternata</i> (H6)
<i>Gliocladium roseum</i> (C42) x <i>Phomopsis obscurans</i> (H13)
<i>Paecilomyces variotti</i> (D55) x <i>Alternaria alternata</i> (H6)
<i>Paecilomyces variotti</i> (D55) x <i>Phomopsis obscurans</i> (H13)

Para a detecção de metabólitos voláteis foi utilizada a técnica de papel celofane, também chamada de método da placa sobreposta (MARIANO, 1993). No centro de placas de Petri de 9 cm contendo meio BDA, foram inoculados individualmente: *A. alternata* (isolado H6), *P. obscurans* (isolado H13); os potenciais antagonistas: *T. harzianum* (isolados B44 e F36), *T. koningii* (isolado A14), *Gliocladium roseum* (isolado C42) e *P. variotti* (isolado D55). Após três dias, as tampas das placas foram substituídas por círculos de papel celofane esterilizados e confrontadas com outra placa contendo o fitopatógeno. As duas partes foram unidas por fita adesiva. O controle consistiu de confronto do patógeno e placa com meio e papel celofane, sem o antagonista. As culturas foram incubadas a 25°C e fotoperíodo de 12 horas por três dias. Foram feitas cinco repetições por antagonista/patógeno. A avaliação foi realizada pela medida de dois diâmetros das colônias testadas e da testemunha. As médias das medidas foram comparadas pelo teste de Duncan a 5%.

Resultados e discussão

Foram obtidos 301 isolados de fungos nas três lavouras, sendo 60 o número de isolados identificados, apresentados na Tabela 2. As colônias de micélio estéril foram estocadas em geladeira para estudos posteriores.

Entre os fungos isolados do solo e da parte aérea de plantas sem sintomas, a maioria são saprófitas ao morangueiro. Apenas *Phomopsis obscurans* foi isolado tanto de plantas sem sintomas como de manchas foliares. Esta espécie foi citada por Maas (1998) como um patógeno cosmopolita do morangueiro, sendo a causa de danos severos em algumas áreas como o sul dos Estados Unidos. No Brasil, a doença é considerada de menor importância conforme Duarte Filho (1999) e Tanaka et al. (2000); entretanto, Fortes (2005) coloca a doença entre as principais da cultura. As manchas foliares causadas por *P. obscurans* foram constatadas nas três lavouras ao longo de todo o ciclo da cultura, na frequência de uma a duas plantas infectadas em cada dez sadias. Nos meses de setem-

Tabela 2 - Fungos do solo (s), epifitas (ep) e endófitos (en) coletados de abril a novembro de 2002 em lavouras de produção de morangos nos municípios de Feliz e Alto Feliz

Fungos identificados	Locais		
	Lavoura 1	Lavoura 2	Lavoura 3
<i>Epicochum purpurascens</i>	2 (ep)	0	0
<i>Trichoderma harzianum</i>	2 (ep,s)	1 (s)	1 (en)
<i>Trichoderma koningii</i>	1 (ep)	0	0
<i>Aspergillus niger</i>	9 (ep,en)	12 (ep,en,s)	7 (en,s)
<i>Penicillium commune</i>	1 (ep)	3 (ep,s)	1 (ep)
<i>Gliocladium roseum</i>	0	0	2 (ep,en)
<i>Cladosporium cladosporioides</i>	0	0	1 (ep)
<i>Paecilomyces variotti</i>	0	0	1 (ep)
<i>Alternaria alternata</i>	0	6 (en)	0
<i>Phomopsis obscurans</i>	0	1 (ep)	0
<i>Pestalotiopsis longisetula</i>	2 (en)	0	0
<i>Xylaria</i> spp.	1 (en)	0	0
<i>Fusarium</i> sp.	0	0	2 (ep)
<i>Torula herbarum</i>	1 (s)	0	0
<i>Athelia</i> sp.	1 (ep)	0	0
<i>Trichoderma viride</i>	0	1 (ep)	1 (en)
Totais	20	24	16

bro e outubro foi observado o mofo cinzento em morangos da lavoura 3. Em laboratório foi confirmada a presença de *Botrytis cinerea* neste material.

Nos três locais, a prática de sanitização utilizada pelos produtores consistiu da retirada e eliminação das folhas e morangos com sintomas de doenças. Os sintomas de *P. obscurans* em folhas foram raros (uma ou duas plantas em cada dez) e após a sanitização não se observou sintomas nas plantas vizinhas ou aumento de sintomas na planta sanitizada. Em morangos maduros, a ocorrência de *Botrytis cinerea* foi muito baixa (um morango contaminado em vinte).

As medidas de erradicação que visam a eliminação ou a redução da quantidade de inóculo do patógeno presente em uma área, planta, ou parte de uma planta são recomendadas por vários autores (SECCHI, 1992; MAAS, 1998; DIAS, 1999b; TANAKA et al., 2000; CAFÉ FILHO e LOBO JÚNIOR, 2000). Segundo estes autores, estas práticas exercem um bom controle de doenças. Deve ser considerado que sua execução requer maior número de mão-de-obra, o que pode ser um fator social e econômico positivo, já que demanda empregos e reduz custos. Segundo o AGRICULTOR (2005), o custo com fungicidas para a lavoura de morangueiro em 2004 foi de R\$ 8.000,00 por hectare. Outro aspecto benéfico é a eliminação de riscos à saúde do agricultor, do consumidor e ao ambiente.

Outra ocorrência rara em morangos maduros foi *Rhizopus* sp., observado em frutos trazidos do campo e mantidos à temperatura ambiente. Segundo Tanaka et al. (1997), este fungo depende de fermentos para invadir o morango e não se desenvolve em temperaturas inferiores a 8-10 °C, as mesmas usadas em armazenamento sob refrigeração.

A análise estatística dos confrontos diretos com *Phomopsis obscurans* mostra que o isolado A14 de *Tricho-*

derma koningii exerceu antagonismo sobre *P. obscurans* (Tabela 3).

Os isolados de *Gliocladium roseum* e de *Paecilomyces variotti* não mostraram efeito antagônico a *P. obscurans*.

O confronto do patógeno com os isolados F36 e B44 não constam na tabela 2 porque não houve crescimento do patógeno, já que *T. harzianum* cresceu sobre este, caracterizando o antagonismo por competição de espaço.

Tabela 3 - Diâmetro médio das colônias de *Phomopsis obscurans* em culturas pareadas com *Gliocladium roseum* (C42), *Paecilomyces variotti* (D55) e *Trichoderma koningii* (A14). Porto Alegre/RS. 2004.

Tratamentos	Médias (cm)
<i>G. roseum</i>	5,90 a
<i>P. variotti</i>	5,10 a
Testemunha	4,94 a
<i>T. koningii</i>	2,22 b

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si ao nível de 5% pelo teste de Duncan.

Os resultados da avaliação dos confrontos diretos com *Alternaria alternata* mostram que os isolados de *Paecilomyces variotti*, *Trichoderma koningii* e *T. harzianum* reduziram significativamente o crescimento de *A. alternata* (Tabela 4). A única exceção foi o isolado de *Gliocladium roseum*, que não se diferenciou estatisticamente da testemunha. O isolado F36 (*T. harzianum*) mostrou o maior efeito inibitório.

Tabela 4 - Diâmetro médio das colônias de *Alternaria alternata* em culturas pareadas com *Gliocladium roseum* (C42), *Paecilomyces variotti* (D55), *Trichoderma koningii* (A14) e *Trichoderma harzianum* (B44 e F36). Porto Alegre/RS.2004.

Tratamentos	Médias (cm)
Controle	7,72 a
<i>G. roseum</i>	5,46 ab
<i>P. variotti</i>	4,84 bc
<i>T. koningii</i>	4,82 bc
<i>T. harzianum</i> (B44)	4,00 bc
<i>T. harzianum</i> (F36)	2,92 c

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si ao nível de 5% pelo teste de Duncan.

Na literatura, há relatos de antagonismo por parasitismo de *T. harzianum* e *T. koningii* a vários patógenos, destacando-se Chérif e Benhamou (1990), Menendez e Godeas (1998), Valim-Labres (2001) e Melo e Faull (2004). Conforme Agrios (1997), espécies de *Trichoderma* estão entre os fungos micoparasitas mais comuns e com principal menção à espécie *T. harzianum*.

Em plantas de morangueiro, foi observado por Elad et al. (1981) que a severidade da infecção por *R. solani* foi reduzida de 18 a 46% com a aplicação de *T. harzianum* ao solo do viveiro.

Elad e Shtienberg (1996) citados por Washington et al. (1999) relatam que a pulverização de um fungicida combinado com *T. harzianum* controlou efetivamente o mofo cinzento sobre morangos e outras culturas.

Washington et al. (1999) testaram a campo na cultura do morangueiro a eficiência da pulverização de sete fungicidas, dois extratos de algas, um óleo vegetal e um isolado de *Trichoderma* sp. no controle de *Botrytis cinerea*, *Coletotrichum acutatum*, *Phytophthora acutatum*, *Rhizopus stolonifer* e *Gnomonia comari*. Este autor observou que o tratamento com *Trichoderma* sp. reduziu o mofo cinzento entre 29 e 63%.

Em casa de vegetação e a campo, foi testado em morangueiro por Sutton e Peng (1993) o efeito de suspensões conidiais de *T. viride*, *Gliocladium roseum* e *Penicillium* sp. sobre o mofo cinzento. Foi observado que todos os três antagonistas suprimiram a esporulação de *B. cinerea* em folhas sob diferentes temperaturas e níveis de umidade. No Rio Grande do Sul, Valdebenito-Sanhueza et al. (1997) testaram isolados de *G. roseum* selecionados no Canadá, em pulverizações semanais durante a floração e frutificação de morangueiro e observaram redução da perda de morangos na colheita e em pós-colheita, que atingiu 73,1% e 47,9% respectivamente.

Quanto aos metabólitos voláteis, no presente trabalho não foi verificada a produção por nenhum dos isolados testados que interferisse sobre *Phomopsis obscurans* e *Alternaria alternata* (Tabelas 5 e 6). Resultados diferentes foram encontrados por Melo e Faull (2004). Estes autores verificaram que os isolados de *T. koningii* mostraram alta eficiência, superior aos isolados de *T. harzianum* para produzir metabólitos que inibiram *Rhizoctonia solani*. Valim-Labres (2001) constatou que os metabólitos voláteis de *T. harzianum* e *Gliocladium viride* influenciaram negativamente o crescimento de *Septoria lycopersici* e diminuíram a produção de esclerócios de *Sclerotinia sclerotiorum*; *T. harzianum* também interferiu no crescimento de *Alternaria solani*.

A não-ocorrência de metabólitos voláteis atuantes sobre os patógenos, verificada no presente trabalho, pode ser explicada pela variabilidade natural que ocorre nas espécies, como foi constatado por Bettucci et al. (1988). Estes autores, em estudo sobre o controle de fungos de madeira por *Trichoderma* spp. e *Gliocladium virens*, concluíram que nem todas as linhagens de uma mesma espécie são igualmente eficientes no antagonismo.

Tabela 5 - Diâmetro médio das colônias de *Phomopsis obscurans* sob a ação de metabólitos voláteis de *Trichoderma koningii* (A14), *Trichoderma harzianum* (B44 e F36), *Paecilomyces variotti* (D55) e *Gliocladium roseum* (C42).

Tratamento	Médias (cm)
Testemunha	7,56 a
<i>T. koningii</i>	7,33 a
<i>T. harzianum</i> (F36)	6,96 a
<i>T. harzianum</i> (B44)	6,73 a
<i>P. variotti</i>	6,23 a
<i>G. roseum</i>	4,80 a

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si ao nível de 5% pelo teste de Duncan.

Tabela 6 - Diâmetro médio das colônias de *Alternaria alternata* sob a ação de metabólitos voláteis de *Paecilomyces variotti* (D55), *Trichoderma koningii* (A14), *Trichoderma harzianum* (B44 e F36), e *Gliocladium roseum* (C42).

Tratamentos	Médias (cm)
<i>P. variotti</i>	5,36 a
<i>T. koningii</i>	5,23 a
<i>T. harzianum</i>	5,10 a
<i>T. harzianum</i>	4,83 a
<i>G. roseum</i>	4,76 a
Controle (sem confronto com antagonista)	4,73 a

Valores seguidos da mesma letra, na coluna, não diferem entre si ao nível de 5% pelo teste de Duncan.

Conclusões

Nas condições em que este trabalho foi realizado, os resultados obtidos permitem concluir que nas lavouras ocorreram os fungos, *Gliocladium roseum*, *Trichoderma harzianum*, *Trichoderma koningii*, *Trichoderma viride*, *Epicoccum purpurascens*, reconhecidos na literatura como antagonistas de fungos patógenos do morangueiro e/ou

Referências

AGRIANUAL. Anuário da Agricultura Brasileira. Morango. São Paulo: Argos Comunicação, 2000. p. 439.

_____. Anuário da Agricultura Brasileira. Morango. São Paulo: Argos Comunicação, 2005. p.428-429.

AGRIOS, G.N. **Plant Pathology**. 4. ed. San Diego: Academic Press, 1997. 635 p.

ALEXOPOULOS, C.J.; MIMS, C.W.; BLACKWELL, M. **Introductory Mycology**. 4. ed. New York: John Wiley, 1996. 869 p.

ALTIERI, M. **Agroecologia: Bases Científicas para uma Agricultura Sustentável**. Guaíba: Editora Agropecuária, 2002. 592 p.

ANDREWS, J. H. Effect of Pesticides on Non-Target Micro-Organisms on Leaves. In: BLAKEMAN, J.P. **Microbial Ecology of the Phylloplane**. London: Academic Press, 1981. 502 p.

BARNETT, H. L.; HUNTER, B. B. **Illustrated Genera of Imperfect Fungi**. 4. ed. Saint Paul: American Phytopathological Society, 1998. 218 p.

BETTIOL, W. Biocontrole na Filosfera: Problemas e Perspectivas. **Revisão Anual de Patologia de Plantas**, Passo Fundo, v. 5, p. 59-97, 1997.

_____. ; GHINI, R. Controle Biológico. In: BERGAMIN FILHO, A.; KIMATI, H.; AMORIM, L. (Eds.). **Manual de Fitopatologia**. 3. ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 1995. 919 p.

BETTUCCI, L.; LUPO, S.; SILVA, S. Control Growth of Wood-Rotting Fungi by non Volatile Metabolites from *Trichoderma* spp. and *Gliocladium virens*. **Criptogamic Mycology**, v. 9, p. 157-166, 1988.

CAFÉ FILHO, A. C.; LOBO JÚNIOR, M. Manejo de Fatores Físicos e Culturais para Controle de Patógenos de Solo. **Revisão Anual de Patologia de Plantas**, Passo Fundo, v. 8, p. 267-301, 2000.

CHÉRIF, M.; BENHAMOU, N. Cytochemical Aspects of Chitin Breakdown during the Parasitic action of a *Trichoderma* sp. on *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis licopersici*. **Phytopathology**, Saint Paul, v. 80, n.12, p. 1406-1414, 1990.

COOK, R.S.; BAKER, K.E. The Nature and Practice of Biological

outras culturas. Os fungos patogênicos que ocorreram foram *Phomopsis obscurans*, *Botrytis cinerea* e *Rhizopus* sp.

O confronto direto *in vitro* demonstrou a atividade antagonística dos isolados de *Trichoderma koningii* e *Trichoderma harzianum* sobre *Alternaria alternata* e *Phomopsis obscurans*; *Paecilomyces variotti* foi antagônico a *Alternaria alternata*.

A confirmação dos resultados obtidos neste trabalho de pesquisa por novos experimentos a campo poderá possibilitar a utilização destes fungos como agentes de biocontrole auxiliares na obtenção do equilíbrio entre antagonistas e patógenos.

Para maior conhecimento das populações de fungos que ocorrem nas lavouras de morangueiro são necessárias mais pesquisas que considerem a variação sazonal destas populações em diferentes locais.

Sugere-se a continuidade e o uso mais extensivo dos métodos de manejo utilizados pelos agricultores ecológicos, já que os resultados obtidos têm demonstrado que uma agricultura não poluidora e sustentável é possível em curto ou médio prazo.

Control of Plant Pathogens. Saint Paul: American Phytopathological Society, 1983. 539 p.

DÍAS, M.S.C. Doenças do Morangueiro. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 20, n. 198, p. 69-74, 1999a.

DIAS, M.S.C. Principais Doenças da Cultura do Morangueiro. In: DUARTE FILHO, J. et al. **Morango: Tecnologia de Produção e Processamento**. Caldas: EPAMIG, 1999b. p. 39-49.

DOMSCH, K.H.; GAMS, W.; ANDERSON, T.H. **Compendium of Soil Fungi**. London: Academic Press, 1980. 630 p.

DUARTE FILHO, J. et al. **Morango: Tecnologia de Produção e Processamento**. Caldas: EPAMIG, 1999. 279 p.

ELAD, Y.; CHET, I.; HENS, Y. Biological Control of *Rhizoctonia solani* in Strawberry Fields by *Trichoderma harzianum*. **Plant Soil**, Dordrecht, v. 60, p. 245-254, 1981.

ELLIS, M.B. **Dematiaceous hyphomycetes**. Surrey: Commonwealth Agricultural Bureaux, 1971. 608 p.

FORTES, J. **Sistema de Produção de Morango**. Disponível em: <http://www.epact.embrapa.br/sistemas/morango.htm>. Acesso em: 9 de abr. 2005.

MAAS, J.L. **Compendium of Strawberry Diseases**. 2. ed. Saint Paul: APS Press, 1998. 98 p.

MARIANO, R.L.M. Métodos de Seleção *in vitro* para o Controle Microbiológico de Patógenos de Plantas. In: **Revisão Anual de Patologia de Plantas**, Passo Fundo, v. 1, p. 369-409, 1993.

MELO, I.S.; FAULL, J.L. Parasitism of *Rhizoctonia solani* by Strains of *Trichoderma* sp. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 57, n. 1, 2000. Disponível em: <http://www.scielo.br>. Acesso em: 15 jul.2004.

MENENDEZ, A. B.; GODEAS, A. Biological Control of *Sclerotinia sclerotiorum* Attacking Soybean Plants: Degradation of the Cell Walls of this Pathogen by *Trichoderma harzianum* (BAFC 742). **Mycopathologia**, Dordrecht, v. 142, p. 153-160, 1998.

ONIONS, A.H.S.; ALLSOPP, D.; EGGINS, H.O.W. **Smith's Introduction to Industrial Mycology**. London: Edward Arnold, 1981. 398 p.

- PAPAVISAS, G.C.; LUMSDEN, D. Biological Control of Soilborne Fungal Propagules. *Annuals Review of Phytopathology*, St. Paul, v. 18, p. 389-413, 1980.
- SECCHI, V.A. **Controle Integrado de Pragas e Doenças do Morangueiro**. 3. ed. Porto Alegre: EMATER/RS, 1992. 66 p.
- SUTTON, J. C.; PENG, G. Biocontrol of *Botrytis cinerea* in Strawberry Leaves. *Phytopathology*, Saint Paul, v. 86, n. 6, p. 615-621, 1993.
- TANAKA, M. A. S.; BETTI, J. A.; KIMATI, H. Doenças do Morangueiro. In: KIMATI et al. **Manual de Fitopatologia: Doenças das Plantas Cultivadas**. São Paulo: Ceres, 1997. v.2, 774 p.
- TANAKA, M. A. de S.; BETTI, J.A.; PASSOS, F.A. Doenças do Morangueiro. In: _____. **Manejo Integrado de Pragas e Doenças do Morangueiro**. Campinas: Secretaria da Agricultura e Abastecimento, 2000. 61 p.
- VALDEBENITO-SANHUEZA, R. M.; SUTTON, J. C.; PERAZZO-LO, I. et al. Biocontrole de *Botrytis cinerea* em Morangueiros Cultivados em Estufa. *Fitopatologia Brasileira*, Brasília, v. 22, n.1, p. 69-73, 1997.
- VALIM-LABRES, M.E. **Controle Biológico de *Septoria lycopersici* e de outros Fungos Fitopatogênicos à Cultura do Tomateiro (*Lycopersicon esculentum*) por *Trichoderma harzianum* e *Gliocladium vi-ride***. Porto Alegre: UFRGS, 2001. Tese (Doutorado em Fitotecnia). Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2001.
- VILLALOBOS-DOMINGUES, C.; VILLALOBOS, J. **Atlas de los Colores**. Buenos Aires: El Ateneo, 1947. 112p.
- WASHINGTON, W.S.; ENGLEITNER, S.; BOONTGES, G. Effect of Fungicides, Seaweed Extracts, Tea Tree Oil and Fungal Agents on Fruit Rot and Yield in Strawberry. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, v. 39, n. 4, p. 487-494, 1999.



Efeito de sistemas de manejo em atributos químicos do solo

Gilberto Omar Tomm¹, Henrique Pereira dos Santos², Silvio Tulio Spera³,
Rainoldo Alberto Kochhann¹

Resumo - Após nove anos de condução de um experimento em Latossolo Vermelho Distrófico típico, em Passo Fundo, RS, avaliaram-se os atributos químicos deste solo em quatro sistemas de manejo de solo: 1) plantio direto (PD), 2) cultivo mínimo (CM), 3) preparo convencional de solo com arado e grade de discos (PCD), 4) preparo convencional de solo com arado de aivecas e grade de discos (PCA). Também foram utilizados para a avaliação três sistemas de rotação de culturas: sistema I (trigo/soja), sistema II (trigo/soja e ervilhaca/milho), e sistema III (trigo/soja, ervilhaca/milho e aveia branca/soja). Em novembro de 2001, após a colheita das culturas de inverno, foram coletadas amostras de solo compostas nas profundidades 0-5, 5-10, 10-15 e 15-20 cm. O delineamento experimental foi em blocos completos ao acaso, com parcelas subdivididas e três repetições. A parcela principal (4 x 90 m) foi constituída pelos sistemas de manejo de solo, e as subparcelas (4 x 10 m), pelos sistemas de rotação de culturas. Os valores de pH e os teores de P extraível e K disponível diferiram entre os sistemas de manejo de solo. Os teores de P, K e MO, na camada 0-5 cm, foram mais elevados nos sistemas conservacionistas (CM e PD), em relação àqueles observados nos tipos de preparo convencional de solo (PCD e PCA). Os teores de MO, P e K foram mais elevados na camada 0-5 cm, quando comparados com os observados em 15 a 20 cm de profundidade, em todos os sistemas de manejo de solo e de rotação de culturas, enquanto para pH ocorreu o contrário. Nos sistemas conservacionistas houve acidificação do solo. O rendimento de grãos de aveia branca, soja e trigo cultivado em PD e CM foi superior a aveia branca, soja e trigo cultivados em PCD e PCA. O menor rendimento de grãos de soja e trigo ocorreu quando em monocultura.

Palavras-chave: manejo de solo, C orgânico, pH do solo, disponibilidade de P.

Effect of management systems in soil chemical attributes

Abstract - Soil chemical attributes were assessed after nine years on a typical Dystrophic Red Latosol located in Passo Fundo, State of Rio Grande do Sul, Brazil. Four soil management systems – 1) no-tillage, 2) minimum tillage, 3) conventional tillage using a disk plow followed by use of a disk harrow, and 4) conventional tillage using a moldboard plow followed by use of a disk harrow – and three crop rotation systems [I (wheat/soybean), II (wheat/soybean and common vetch/corn), and III (wheat/soybean, common vetch/corn, and white oat/soybean)] were evaluated. In November 2001 after winter crops were harvested compound soil samples were collected at the following depths (cm): 0-5, 5-10, 10-15, and 15-20. A randomized complete block design, with split-plots and three replicates, was used. The main field plots (4 x 90 m) were formed by soil management systems, while the subplots (4 x 10 m) consisted of crop rotation systems. The values of pH and concentration of extractable P, and exchangeable K was affected by soil management. Higher contents of soil organic matter, extractable P, and exchangeable K were observed in the 0-5 cm layer for the conservation tillage systems (minimum tillage and no-tillage), as compared to the conventional tillage systems (disk plow and moldboard plow). The values of soil organic matter, P, and K were higher in the 0-5 cm layer, when compared to the ones observed in the 15-20 cm layer, in all soil management and cropping systems, while the opposite occurred with pH. Soil acidification was detected under both conservation tillage systems. The yield of white oat, wheat and soybean grown under no-tillage and minimum tillage was more than the yield obtained for white oat, wheat and soybean after conventional tillage systems (disk plow and moldboard plow). The lowest soybean and wheat yield obtained in monoculture.

Key words: soil management, organic C, soil pH, disponibility of P.

¹ Engenheiro Agrônomo, Ph.D., Embrapa – Centro Nacional de Pesquisa de Trigo (CNPT), Caixa Postal 451, CEP 99001-970, Passo Fundo (RS). E-mail: tomm@cnpt.embrapa.br; rainoldo@cnpt.embrapa.br

² Engenheiro Agrônomo, Dr., Embrapa – Centro Nacional de Pesquisa do Trigo. Bolsista CNPq-PQ. E-mail: hpsantos@cnpt.embrapa.br

³ Engenheiro Agrônomo, M.Sc., Embrapa – Centro Nacional de Pesquisa do Trigo. Doutorando do Curso de Sistema de Produção da UPF/FAMV. E-mail: spera@cnpt.embrapa.br

Recebido para publicação em 24/03/2006



Introdução

O plantio direto (PD) foi introduzido no Brasil, no início da década de setenta, como um método alternativo de manejo de solo, para controlar a erosão nas lavouras cultivadas com a sucessão de culturas de trigo e soja na Região Sul do país (KOCHHANN e DENARDIN, 2000). Entretanto, somente a partir do início da década de oitenta é que o PD passou a ser conceituado como sistema de exploração agropecuário que envolve diversificação de espécies, em rotação de culturas estabelecidas mediante mobilização de solo exclusivamente na linha de semeadura, mantendo-se resíduos vegetais das culturas anteriores na superfície do solo.

A permanência desses resíduos vegetais na superfície do solo, após alguns anos, tem causado modificações nas propriedades químicas, físicas e biológicas do solo, em comparação ao preparo convencional de solo com arado de discos (PCD) (MUZILLI, 2002).

As modificações nas propriedades químicas entre PD e PCD foram relatadas por Rheinheimer et al. (1998), De Maria et al. (1999) e Silveira e Stone (2001), com base em experimentos de longa duração, porém sem rotação de culturas. Existem relativamente poucos trabalhos de longa duração comparando PD e PCD sob sistemas de rotação de culturas (MUZILLI, 2002; SIDIRAS e PAVAN, 1985; SANTOS et al., 1995; SALET, 1998; CIOTTA et al., 2002). Além disso, são raros os trabalhos que comparam sistemas de manejo de solo, no que se refere às propriedades químicas.

O PD promoveu acúmulo de matéria orgânica, carbono, fósforo, potássio, cálcio e magnésio na camada superficial do solo, em relação às camadas mais profundas (SÁ, 1993; BAYER e BERTOL, 1999; DE MARIA et al., 1999; SILVEIRA e STONE, 2001; AMADO et al., 2001; CIOTTA et al., 2002). Por outro lado, o PCD promove a diminuição rápida da matéria orgânica e, conseqüentemente, a emissão de CO₂ aumenta. Com a evolução desse sistema, ocorre acidificação do solo, tendo como conseqüência a diminuição de pH e o aumento de alumínio tóxico (SALET, 1994).

No PD, ocorreu acúmulo de determinados nutrientes nos centímetros superficiais, decorrente da aplicação de fertilizantes, da mineralização dos nutrientes presentes dos resíduos vegetais depositados na superfície e da maior capacidade de troca de cátions dessas camadas em virtude do maior teor de matéria orgânica e de carbono orgânico (BAYER e BERTOL, 1999; DE MARIA et al., 1999; BAYER et al., (2000); CIOTTA et al., 2002). Em sistemas adequados de rotação de culturas sob PD, o nível do solo tende a se aproximar do nível da floresta, em virtude da cobertura vegetal. Porém, o acúmulo superficial de P normalmente é mais acentuado do que o dos demais nutrientes, por causa da baixa mobilidade de P no solo (BAYER e MIELNICZUK, 1997). Isso pode alterar

a distribuição de nutrientes no perfil do solo em PD, influenciando a disponibilidade e o aproveitamento desses nutrientes pelas plantas.

O trabalho teve como objetivo avaliar o efeito de práticas culturais na fertilidade do solo, após nove anos de cultivo, em Passo Fundo, RS.

Material e métodos

O experimento foi conduzido em área da Embrapa Trigo, município de Passo Fundo, RS, desde 1985, em Latossolo Vermelho Distrófico típico (STRECK et al., 2002), com textura muito argilosa e relevo suave ondulado. Antes da instalação do experimento, foram conduzidas no local lavouras de trigo no inverno e de soja no verão, sob preparo convencional de solo desde 1975. A evolução da fertilidade e da matéria orgânica foi avaliada de 1993 a 2001.

Os tratamentos foram constituídos por quatro sistemas de manejo de solo (SMS): 1) plantio direto (PD), 2) preparo de solo com implemento de hastes para cultivo mínimo – escarificador (CM), 3) preparo convencional de solo com arado de discos mais grade de discos (PCD) e 4) preparo convencional de solo com arado de aivecas mais grade de discos (PCA). Também foram utilizados três sistemas de rotação de culturas (SRC): sistema I (trigo/soja), sistema II (trigo/soja e ervilhaca/milho) e sistema III (trigo/soja, ervilhaca/milho e aveia branca/soja). Um fragmento de floresta subtropical com araucárias, adjacente ao experimento, também foi amostrado, com o mesmo número de repetições, e admitido como referencial do estado físico e químico do solo antes de ser submetido às alterações antrópicas, situando-se 150 m da área estudada, com relevo suave ondulado e 5% de declive. O delineamento experimental usado foi em blocos completos ao acaso, com parcelas subdivididas e três repetições. A parcela principal foi constituída pelos sistemas de manejo de solo, e a subparcela, pelos sistemas de rotação de culturas. A parcela principal media 360 m² (4 m de largura por 90 m de comprimento), e a subparcela, 40 m² (4 m de largura por 10 m de comprimento).

Em novembro de 1985, antes da semeadura das culturas de inverno, para instalação do experimento, a camada de solo de 0-20 cm foi amostrada, e os resultados das análises foram: pH em água = 4,8; Al trocável = 12,0 mmol/dm³; Ca + Mg trocáveis = 49,0 mmol/dm³; matéria orgânica = 34,0 g/kg; P extraível = 23,0 mg/kg; e K disponível = 104 mg/kg. Na instalação do experimento, o solo foi escarificado por meio de escarificador com hastes rígidas (Jumbo) e submetido à correção de acidez com 7,0 t/ha de calcário dolomítico (PRNT 90%), visando a elevar o pH em água a 6,0. O calcário foi aplicado em duas vezes: metade antes da aração (arado de discos) e metade antecedendo a gradagem (grade niveladora de discos). A adubação de manutenção foi baseada na mé-

EFEITO DE SISTEMAS DE MANEJO EM ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO

dia dos valores observados nas análises químicas da área experimental. Valores de pH, Al, Ca, e Mg trocáveis, matéria orgânica, P extraível e K trocável, nas camadas

0-5, 5-10, 10-15 e 15-20 cm, determinado após as culturas de inverno, em quatro SMSs e três SRCs, em 1993, são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 - Valores de pH em água, de alumínio, de cálcio, de magnésio trocáveis, de matéria orgânica, de fósforo extraível, potássio trocável, em Latossolo Vermelho Distrófico típico, determinado após culturas de inverno, em quatro sistemas de manejo de solo e três sistemas de rotação de culturas, em 1993

Sistema de manejo de solo e de rotação de culturas	Profundidade (cm)			
	0-5	5-10	10-15	15-20
			pH (1:1)	
Plantio direto	5,43	5,32	5,34	5,33
Preparo convencional de solo com arado de discos	5,57	5,57	5,56	5,45
Preparo convencional de solo com arado de discos	5,37	5,39	5,36	5,32
Cultivo mínimo	5,55	5,45	5,47	5,45
			Al (mmol _c /dm ³)	
Plantio direto	0,3	0,4	0,5	0,5
Preparo convencional de solo com arado de discos	0,3	0,2	0,2	0,4
Preparo convencional de solo com arado de discos	0,4	0,4	0,5	0,5
Cultivo mínimo	0,2	0,3	0,5	0,5
			Ca (mmol _c /dm ³)	
Plantio direto	48	45	44	42
Preparo convencional de solo com arado de discos	46	47	47	43
Preparo convencional de solo com arado de discos	41	41	40	39
Cultivo mínimo	49	47	48	44
			Mg (mmol _c /dm ³)	
Plantio direto	23	23	23	23
Preparo convencional de solo com arado de discos	23	25	25	24
Preparo convencional de solo com arado de discos	22	21	22	22
Cultivo mínimo	24	23	25	25
			Matéria orgânica (g/kg ¹)	
Plantio direto	38	30	28	28
Preparo convencional de solo com arado de discos	31	31	29	27
Preparo convencional de solo com arado de discos	29	30	29	27
Cultivo mínimo	36	32	28	27
			P (mg /kg)	
Plantio direto	34,5	18,8	12,2	7,9
Preparo convencional de solo com arado de discos	17,7	17,1	13,9	8,2
Preparo convencional de solo com arado de discos	13,5	11,9	9,3	8,9
Cultivo mínimo	28,0	21,9	12,5	7,7
			K (mg/kg)	
Plantio direto	277	178	134	97
Preparo convencional de solo com arado de discos	211	158	132	91
Preparo convencional de solo com arado de discos	217	165	135	98
Cultivo mínimo	277	197	139	97
			pH (1:1)	
Rotação de culturas I	5,44	5,47	5,47	5,42
Rotação de culturas II	5,59	5,47	5,44	5,40
Rotação de culturas III	5,49	5,40	5,42	5,37
			Al (mmol _c /dm ³)	
Rotação de culturas I	0,3	0,3	0,3	0,4
Rotação de culturas II	0,3	0,3	0,5	0,5
Rotação de culturas III	0,5	0,3	0,3	0,5
			Ca (mmol _c dm ⁻³)	
Rotação de culturas I	45	47	44	43
Rotação de culturas II	45	45	44	42
Rotação de culturas III	47	44	45	42
			Mg (mmol _c /dm ³)	
Rotação de culturas I	21	23	23	23
Rotação de culturas II	23	23	24	24
Rotação de culturas III	23	23	24	23
			Matéria orgânica (g/kg)	
Rotação de culturas I	33	30	29	27
Rotação de culturas II	33	30	29	27
Rotação de culturas III	34	31	29	27
			P (mg /kg)	
Rotação de culturas I	26,6	22,2	11,4	7,3
Rotação de culturas II	21,1	16,3	12,8	8,4
Rotação de culturas III	23,9	16,9	11,6	8,4
			K (mg/kg)	
Rotação de culturas I	240	198	163	126
Rotação de culturas II	244	177	136	95
Rotação de culturas III	249	166	126	87

Sistemas de rotação de culturas: I: trigo/soja; sucessão II: trigo/soja e ervilhaca/milho; e sucessão III: trigo/soja, ervilhaca/milho e aveia branca/soja.

Em novembro de 2001, após a colheita ou o manejo das culturas de inverno, foram coletadas com pá-de-corte amostras de solo compostas (duas subamostras por parcela), aproximadamente 1,0 kg de solo por parcela, nas profundidades 0-5, 5-10, 10-15 e 15-20 cm, seguindo o método descrito por Sociedade, 2004. As análises (pH em água, P, K, matéria orgânica, Al e Ca + Mg) seguiram a metodologia descrita por Tedesco et al. (1985).

Os SMSs e os SRCs foram comparados para cada atributo químico de solo, em uma determinada profundidade de amostragem. As profundidades de amostragem de solo foram comparadas no mesmo SMS ou SRC. Todas as comparações foram realizadas por meio de contrastes com um grau de liberdade (STEEL e TORRIE, 1980). A significância dos contrastes foi dada pelo teste F, levando-se em conta o desdobramento dos graus de liberdade do erro. Foi efetuada análise de variância do rendimento de grãos de soja (dentro de cada ano e na média conjunta dos anos de 1997/98 a 2002/03), de trigo (dentro de cada

ano e na média conjunta dos anos de 1988 a 1997), de aveia branca (dentro de cada ano e na média conjunta dos anos de 1990 a 1997) e de milho (dentro de cada ano e na média conjunta dos anos de 1997/98 a 2000/01). Considerou-se o efeito tratamento (diferentes SMSs e SRCs) como fixo, e o efeito ano, como aleatório. As médias foram comparadas entre si, pelo teste de Duncan, ao nível de 5% de probabilidade.

Resultados e discussão

Sistemas de manejo de solo

O pH de todos os tratamentos, após nove anos de cultivos (Tabela 2), para todas as camadas e para todos os sistemas de manejo de solo (SMS), apresentou valores absolutos menores do que os verificados inicialmente, na instalação do experimento (Tabela 1). Isso ainda evidencia o efeito residual das 7,0 t/ha de calcário aplicadas em 1985 (pH: 4,8). Entre todos os SMSs observaram-se

Tabela 2 - Valores de pH em água e de alumínio trocável, em Latossolo Vermelho Distrófico típico, avaliados após nove anos de cultivos, em quatro camadas e diferentes sistemas de manejo de solo

Sistema de manejo de solo	Profundidade (cm)											
	0-5				5-10			10-15			15-20	
	0-5	5-10	10-15	15-20	0-5	5-10	10-15	15-20	0-5	5-10	10-15	
	pH (1:1)				Contraste entre profundidades (P > F)							
PD	5,08	5,11	5,22	5,29	ns	ns	**	ns	*	ns		
PCD	5,28	5,27	5,27	5,30	ns	ns	ns	ns	ns	ns		
PCA	5,24	5,21	5,23	5,27	ns	ns	ns	ns	ns	ns		
CM	5,17	5,13	5,17	5,27	ns	ns	*	ns	**	**		
FST	4,30	4,40	4,23	4,23	ns	ns	ns	ns	ns	ns		
	Contraste entre manejo											
PD x PCD	**	**	ns	*								
PD x PCA	**	**	ns	ns								
PD x CM	**	**	ns	ns								
PD x FST	**	**	**	*								
PCD x PCA	ns	ns	ns	ns								
PCD x CM	*	**	ns	*								
PCD x FST	**	**	**	**								
PCA x CM	**	**	ns	ns								
PCA x FST	**	*	**	**								
CM x FST	**	**	**	**								
	Al (mmol _c /dm ³)				Contraste entre profundidades (P > F)							
PD	7,9	10,9	9,7	9,0	ns	ns	ns	ns	ns	ns		
PCD	8,2	8,1	8,1	7,9	ns	ns	ns	ns	ns	ns		
PCA	8,5	9,8	9,3	9,5	ns	ns	ns	ns	ns	ns		
CM	7,2	9,2	9,4	8,1	*	*	ns	ns	ns	ns		
FST	29,1	26,8	36,1	37,8	ns	ns	ns	ns	*	ns		
	Contraste entre manejo											
PD x PCD	ns	*	ns	ns								
PD x PCA	ns	ns	ns	ns								
PD x CM	ns	ns	ns	ns								
PD x FST	**	**	**	**								
PCD x PCA	ns	ns	ns	ns								
PCD x CM	ns	ns	ns	ns								
PCD x FST	**	**	**	**								
PCA x CM	ns	ns	ns	ns								
PCA x FST	**	**	**	**								
CM x FST	**	**	**	**								

ns = não significativo; * = nível de significância de 5%; ** = nível de significância de 1%.

PD: plantio direto; PCD: preparo convencional de solo com arado de discos; PCA: preparo de solo com arado de aivecas; CM: cultivo mínimo; e FST: floresta subtropical.

diferenças quanto ao valor de pH em cada uma das profundidades de amostragem. Nas camadas 0-5 cm e 5-10 cm, os valores de pH, dos sistemas de preparo convencional de solo com arado de discos (PCD) e com arado de aivecas (PCA), foram superiores em relação a plantio direto (PD) e cultivo mínimo (CM). O decréscimo do pH no PD e no CM pode estar relacionado à decomposição do material orgânico, com provável liberação de ácidos orgânicos e do efeito acidificante decorrente da utilização contínua de adubos nitrogenados solúveis de fontes amoniacais. Porém, isso não afetou o rendimento de grãos das espécies cultivadas sob sistemas conservacionistas (aveia branca, milho, soja e trigo), que foi maior do que nos preparos convencionais de solo. Na floresta subtropical (FST), a acidez foi maior para todas as profundidades analisadas, quando comparadas como os SMSs. Resultados semelhantes, em parte, encontrados por Silveira e Stone (2001), em Latossolo Vermelho Perférico, verificaram que preparo convencional de solo com arado apresentou valor de pH mais elevado do que preparo convencional com grade e PD, nas camadas 0-10 e 10-20 cm, e resultados encontrados por Santos et al. (1995), em Latossolo Vermelho Distrófico típico, mostraram diferenças no valor de pH para a seqüência aveia branca/soja, cevada/soja e ervilhaca/milho, na qual PCD foi superior a PD, nas camadas 0-5 cm e 5-10 cm.

Para PD e CM, houve diferenças significativas de valores de pH de solo entre as profundidades estudadas (Tabela 2). O valor de pH em PD aumentou da camada 0-5 cm para a camada 15-20 cm. Isso indica que no PD houve acidificação na camada superficial do solo. Esses resultados estão de acordo com os obtidos por Salet (1994), Paiva et al. (1996) e Ciotta et al. (2002). De acordo com Ernani et al. (2001), a dissolução dos fertilizantes fosfatados e a nitrificação dos nitrogenados amoniacais ou amídicos podem contribuir para a acidificação da camada superficial de solo, principalmente quando se consideraram longos períodos de cultivo sem aplicação de calcário ou quando elevadas doses desses fertilizantes foram aplicadas. Por sua vez, o revolvimento de solo com aração e gradagens no preparo convencional dilui a acidez originada por fertilizantes em toda a camada arável. Sidiras e Pavan (1985), em Latossolo Roxo Distrófico e em Terra Roxa Estruturada, verificaram que o valor de pH diminuiu da superfície (0-10 cm) para a subsuperfície (10-20 cm). Na camada 5-10 cm, PD e CM apresentaram menor valor de pH que na camada 15-20 cm.

O valor de Al trocável de solo (Tabela 2), em todos os SMSs e em todas as profundidades, foi maior após nove anos do que em 1993 (Tabela 1). O aumento no teor de Al é consequência da acidificação. Observou-se, nesse caso, que a calagem realizada em 1985 perdeu, em parte, o efeito. Houve diferença entre o valor de Al de solo, em todos os SMSs, para todas as profundidades avaliadas, somente em relação a FST. Verificou-se que FST apre-

senta maior valor de Al em relação a todos os SMSs estudados. Esse maior valor de Al do solo da FST, em relação aos demais tratamentos, se deve ao fato de ter o solo estudado em condições naturais, apresentado teor de Al mais elevado que nos demais tratamentos, nos quais a calagem neutralizou o Al, bem como reduziu a saturação do mesmo. A explicação para isso é que não foi aplicado calcário na FST para corrigir a acidez e, conseqüentemente, as bases ou os ácidos não foram neutralizados. O PD mostrou valor maior de Al que PCD, na camada 5-10 cm. De acordo com Salet (1994), a provável complexação desse elemento químico pelos compostos orgânicos, gerados no processo de decomposição dos resíduos vegetais, pode ter menor efeito tóxico em PD, em relação a PCD, em decorrência dos ligantes orgânicos. Espera-se que PD aumente o nível de matéria orgânica do solo, elevando o estoque de N e beneficiando sua estrutura, com menor densidade, maior aeração e porosidade, uma vez que um solo com estrutura física adequada oferece melhores condições para as operações de semeadura e evita o aparecimento de fatores físicos que prejudicam o desenvolvimento de plantas. No presente trabalho, as espécies cultivadas sob preparo convencional de solo têm apresentado menor rendimento de grãos do que sob sistemas conservacionistas (Santos et al., 2000; Santos e Lhamby, 2001; Santos et al., 2003). Santos et al. (1995) observaram diferenças para valor de Al, em que PCD foi superior a PD, em dois sistemas de rotação de culturas (cevada/soja, ervilhaca/milho e aveia branca/soja; ervilhaca/milho, aveia branca/soja e cevada/soja), na camada 0-5 cm, respectivamente. Dados similares foram obtidos por Silveira e Stone (2001), em Latossolo Vermelho Perférico, verificando que os valores de Al em PD, no preparo convencional de solo com grade aradora e em PCA foram mais elevados do que somente no preparo convencional de solo com arado, na camada 0-10 cm.

O valor de Al em CM aumentou da camada 0-5 cm para a camada 10-15 cm. Para se comparar a condição original, FST apresentou maior teor de Al na camada 5-10 cm, em relação à camada 15-20 cm. Entretanto, PD, PCD e PCA não diferiram entre profundidades quanto a esse elemento. Sidiras e Pavan (1985) observaram que o Al aumentou entre 3 a 6%, da camada 0-10 cm para 4 a 7% na camada 10-20 cm, respectivamente, enquanto Santos et al. (1995) não encontraram diferenças significativas no valor de Al entre as camadas estudadas.

Os teores de Ca + Mg trocáveis do solo (Tabela 3), em todas as camadas dos SMSs, são considerados altos, em relação às seqüências das culturas tradicionais da região (SOCIEDADE, 2004). Contudo, esses teores foram menores que os observados nas camadas estudadas, após nove anos de cultivo (Tabela 1). A acidez do solo da área experimental havia sido corrigida com calcário dolomítico dezoito anos antes da referida avaliação. A aplicação de calcário dolomítico forneceu Ca e Mg em quantida-

des necessárias adequadas para elevar os níveis acima dos pontos críticos exigidos pelas espécies vegetais componentes dos SMSs e da rotação de culturas, cujos níveis são 40 e 10 mmol_c/dm³, respectivamente (SOCIEDADE, 2004). Santos et al. (1995) obtiveram teores de Ca + Mg trocáveis de solo, na camada 0-5 cm, mais elevados que os obtidos antes do início do experimento, na camada 0-20 cm. Como era de se esperar, em todos os SMSs e profundidades, o teor de Ca + Mg, foi superior a FST. Porém, os mesmos SMSs não diferiram entre si para esses elementos químicos.

Somente em PCD os teores de Ca + Mg trocáveis aumentaram da camada 0-5 cm para a camada 15-20 cm. Para os demais SMSs e em FST, não houve diferença significativa entre as profundidades de solo. Resultados semelhantes foram encontrados por Ciotta et al. (2002), em Latossolo Bruno Alíco, verificando que maiores concentrações dos teores de Ca e Mg trocáveis na superfície do solo em PD, enquanto o solo em PCD apresentou con-

centrações praticamente uniformes no perfil do solo.

O teor de matéria orgânica – MO (Tabela 3), em algumas camadas e em SMS, foi superior ao registrado há nove anos (Tabela 1). No PD, foi observado acúmulo de MO nas camadas próximas à superfície do solo, indicando que esse manejo de solo pode contribuir para o aumento do nível de MO e, conseqüentemente, da fertilidade de solo. Dados similares foram obtidos por Santos et al. (1995), nos primeiros anos de adoção do PD, observando-se tendência à elevação dos níveis de MO nas camadas próximas à superfície do solo. De acordo com Salet (1994), o PD apresenta maior teor de MO superficial e, como conseqüência, maior concentração de substâncias húmicas solúveis. De acordo com Wiethölter (2000), o aumento do nível de MO deverá também elevar o teor total de N do solo, uma vez que o teor de N da matéria orgânica vegetal é relativamente constante (5%). Houve diferenças entre as médias dos SMSs para o teor de MO, na camada 0-5 cm. Na camada 0-5 cm, PD apresentou teor de MO maior que

Tabela 3 - Valores de cálcio + magnésio trocáveis e de matéria orgânica, em Latossolo Vermelho Distrófico típico, avaliados após nove anos de cultivos, em quatro camadas e diferentes sistemas de manejo de solo

Sistema de manejo de solo	Profundidade (cm)									
	0-5	5-10	10-15	15-20	0-5	0-5	0-5	5-10	5-10	10-15
					x	x	x	x	x	x
					5-10	10-15	15-20	10-15	15-20	15-20
	Ca + Mg (mmol _c /dm ³)				Contraste entre profundidades (P > F)					
PD	50,9	46,1	47,9	50,5	ns	ns	ns	ns	ns	ns
PCD	49,1	51,1	51,1	52,9	ns	ns	*	ns	ns	ns
PCA	47,8	47,5	48,0	47,8	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CM	49,9	48,2	48,2	50,9	ns	ns	ns	ns	ns	ns
FST	18,8	18,5	6,1	4,1	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	Contraste entre manejo									
PD x PCD	ns	ns	ns	ns						
PD x PCA	ns	ns	ns	ns						
PD x CM	ns	ns	ns	ns						
PD x FST	**	**	**	**						
PCD x PCA	ns	ns	ns	ns						
PCD x CM	ns	ns	ns	ns						
PCD x FST	**	**	**	**						
PCA x CM	ns	ns	ns	ns						
PCA x FST	**	**	**	**						
CM x FST	**	**	**	**						
	Matéria orgânica (g/kg)				Contraste entre profundidades (P > F)					
PD	38	32	28	27	**	**	**	ns	ns	ns
PCD	30	30	29	29	ns	ns	ns	ns	ns	ns
PCA	29	29	28	28	ns	*	*	ns	ns	ns
CM	35	32	30	28	**	**	**	ns	*	ns
FST	37	38	36	39	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	Contraste entre manejo									
PD x PCD	**	ns	ns	ns						
PD x PCA	**	ns	ns	ns						
PD x CM	**	ns	ns	ns						
PD x FST	ns	ns	ns	ns						
PCD x PCA	ns	ns	ns	ns						
PCD x CM	ns	ns	ns	ns						
PCD x FST	ns	ns	ns	ns						
PCA x CM	ns	ns	ns	ns						
PCA x FST	ns	ns	ns	ns						
CM x FST	ns	ns	ns	ns						

ns = não significativo; * = nível de significância de 5%; ** = nível de significância de 1%.

PD: plantio direto; PCD: preparo convencional de solo com arado de discos; PCA: preparo de solo com arado de aivecas; CM: cultivo mínimo; e FST: floresta subtropical.

CM, PCD e PCA. O teor de MO no PD esteve relativamente próximo da FST, que seria a referência da condição original do solo. Esse resultado sugere que PD contribuiu para a manutenção da MO na superfície e, após vários anos, provavelmente para o aumento da capacidade de suprimento de nitrogênio do solo. Resultados semelhantes foram obtidos por Santos et al. (1995), verificando teor de MO maior em PD em relação a PCD, na camada 0-5 cm, e por De Maria et al. (1999), em Rhodic Ferralsol, observando teor de MO superior em PD, em comparação a CM e a PCD, na camada 0-5 cm.

Na Tabela 3, observou-se que houve diferenças no nível de MO entre as profundidades em PD, em PCA e em CM, decrescendo da camada 0-5 cm para a camada 15-20 cm. Tendência semelhante foi observada por Sá (1993), com redução de 53 para 35 g/kg¹, e por Santos et al. (1995), com redução variando de 27-33 para 23-25 g/kg¹. A manutenção do nível de MO em valores mais elevados

na camada superficial do solo, principalmente nos sistemas conservacionistas, decorre do acúmulo de resíduos vegetais sobre a superfície sob PD, pela ausência de incorporação física através do revolvimento do solo, praticado em PCD, o que diminui a taxa de mineralização em PD. Para o PCD e para a FST, não se observou diferença entre as profundidades quanto ao nível de MO.

O teor de P extraível de solo, em todas as camadas e todos os sistemas de manejo de solo, foi superior ao valor considerado crítico (9,0 mg/kg) nesse tipo de solo para o crescimento e desenvolvimento de culturas tradicionais (SOCIEDADE, 2004) (Tabela 4). O teor de P, em algumas camadas e em SMS, foi mais elevado que o teor avaliado em 1993 (Tabela 1). Provavelmente, isso se deve à aplicação superficial desse nutriente, à baixa mobilidade no solo e ao não-revolvimento das camadas cultivadas. Na análise estatística, entre os SMSs, houve diferenças no teor de P em todas as profundidades estudadas.

Tabela 4 - Valores de fósforo extraível e de potássio trocável, em Latossolo Vermelho Distrófico típico, avaliados após nove anos de cultivos, em quatro camadas e diferentes sistemas de manejo de solo

Sistema de manejo de solo	Profundidade (cm)				Profundidade (cm)					
	0-5	5-10	10-15	15-20	0-5 x 5-10	0-5 x 10-15	0-5 x 15-20	5-10 x 10-15	5-10 x 15-20	10-15 x 15-20
	P (mg/kg)				Contraste entre profundidades (P > F)					
PD	36,2	36,7	18,1	10,7	ns	**	**	**	**	ns
PCD	24,1	19,9	17,1	14,3	ns	**	**	ns	*	ns
PCA	19,7	17,4	15,5	12,1	*	**	**	ns	**	ns
CM	29,1	28,2	19,1	10,7	ns	**	**	**	**	**
FST	3,8	5,0	2,8	2,8	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	Contraste entre manejo									
PD x PCD	**	**	ns	*						
PD x PCA	**	**	ns	ns						
PD x CM	**	**	ns	ns						
PD x FST	**	**	**	*						
PCD x PCA	ns	ns	ns	ns						
PCD x CM	*	**	ns	*						
PCD x FST	**	**	**	**						
PCA x CM	**	**	ns	ns						
PCA x FST	**	*	**	**						
CM x FST	**	**	**	*						
	K (mg/kg)				Contraste entre profundidades (P > F)					
PD	227	194	161	132	ns	**	**	ns	**	ns
PCD	200	160	145	119	*	**	**	ns	*	ns
PCA	217	176	146	127	**	**	**	*	**	ns
CM	240	196	158	125	*	**	**	*	**	ns
FST	54	55	31	25	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	Contraste entre manejo									
PD x PCD	ns	*	ns	ns						
PD x PCA	ns	ns	ns	ns						
PD x CM	ns	ns	ns	ns						
PD x FST	**	**	**	**						
PCD x PCA	ns	ns	ns	ns						
PCD x CM	**	*	ns	ns						
PCD x FST	**	**	**	**						
PCA x CM	ns	ns	ns	ns						
PCA x FST	**	**	**	**						
CM x FST	**	**	**	**						

ns = não significativo; * = nível de significância de 5%; ** = nível de significância de 1%.

PD: plantio direto; PCD: preparo convencional de solo com arado de discos; PCA: preparo de solo com arado de aivecas; CM: cultivo mínimo; e FST: floresta subtropical.

Nas camadas 0-5 cm e 5-10 cm, o teor de P em PD e CM foi superior a PCD, PCA e FST. O menor teor de P encontrado sob FST reflete a sua baixa disponibilidade natural em latossolos (BRASIL, 1973). Dados similares foram obtidos por Santos et al. (1995), na comparação de PD com PCD, por De Maria et al. (1999), na relação de PD com CM e com PCD, por Matowo et al. (1999), comparando PD com CM, e por Ciotta et al. (2002), na relação de PD com PCD, na camada 0-5 cm. Por outro lado, na última camada estudada, PCD mostrou maior teor de P que PD, CM e FST. O acúmulo de P na camada superficial nos sistemas de manejo conservacionistas decorre do pouco revolvimento de solo por ocasião da incorporação de sementes e de fertilizantes e da baixa mobilidade desse nutriente no solo (WIETHÖLTER, 2000).

Os SMSs estudados diferiram quanto ao teor de P na maioria das profundidades estudadas, diminuindo da camada 0-5 cm para a camada 15-20 cm. Esse comportamento foi mais evidente em PD e em CM que em PCD e em PCA, determinando diferenças de 2,7 a 3,4 vezes superiores no teor de P extraído na camada de 0-5 cm, em relação à camada 15-20 cm. Resultados semelhantes foram registrados para acúmulo de P em PD, na camada 0-5 cm, em relação à camada 15-20 cm, com 36 *versus* 28 mg/kg¹ (DE MARIA et al., 1999) e com 88 *versus* 15 mg/kg¹ (MATOWO et al., 1999). Além disso, em áreas após longo período sob PD, a adição sucessiva de fertilizantes fosfatados, associada à intensa atividade microbiana na camada superficial do solo coberta por resíduos vegetais, pode favorecer a penetração desse nutriente pelo movimento de compostos orgânicos de P no perfil de solo (DICK, 1983). Segundo Sidiras e Pavan (1985), o acúmulo de P próximo à superfície do solo decorre das aplicações anuais de fertilizantes fosfatados, da liberação de P durante a decomposição dos resíduos vegetais e da menor fixação de P, em razão do menor contato desse elemento com os constituintes inorgânicos de solo, pela não incorporação de resíduos vegetais através do revolvimento do solo em PD (WISNIEWSKI e HOLTZ, 1997). Para FST, não houve diferença entre as profundidades com relação ao teor de P.

O teor de K trocável, em todas as camadas e todos os SMSs (Tabela 4), foi superior ao valor considerado crítico (80 mg/kg) para o crescimento e desenvolvimento das culturas tradicionais (SOCIEDADE, 2004). Por outro lado, o teor de K observado nas duas camadas mais profundas (10-15 cm e 15-20 cm) e em todos os SMSs manteve-se acima do teor encontrado na avaliação de 1993 (Tabela 1). O teor de K trocável diferiu significativamente entre alguns SMSs. Como era de se esperar, os SMSs mostraram, em todas as camadas estudadas, teor superior a FST. Além disso, CM apresentou maior teor de K trocável, nas camadas 0-5 cm e 5-10 cm, que PCD. Por sua vez, PD foi superior a PCD somente na camada 5-10 cm. Resultados semelhantes foram obtidos por De Ma-

ria et al. (1999), na comparação de PD e CM com PCD, na camada 0-5 cm.

Houve diferença significativa do teor de K na maioria das profundidades estudadas, diminuindo o valor da camada 0-5 cm, em relação à camada mais profunda (15-20 cm). Essa tendência foi mais evidente em PD e em CM que em PCD e em PCA, ou seja, 1,72 a 1,92 vez superior no teor de K, na camada 0-5 cm, em comparação à camada 15-20 cm. Dados similares foram registrados por De Maria et al. (1999) (23 *versus* 19 mg/kg¹). Em FST, não houve diferença significativa entre as profundidades para o teor de K trocável. Nos sistemas conservacionistas, os fertilizantes à base de K são depositados na superfície ou na linha de semeadura e, além disso, os resíduos vegetais são deixados na superfície, o que faz com que esse elemento se acumule nas camadas mais superficiais do solo.

Sistemas de rotação de culturas

Nessa avaliação, todos os sistemas de rotação de culturas (SRC) estudados apresentaram valores de pH, Ca + Mg trocáveis, P extraível e K trocável maiores que FST, enquanto para os valores de Al trocável ocorreu o inverso (Tabelas 5 e 6). Por outro lado, não houve diferença significativa entre os valores de pH, Al trocável, Ca + Mg trocáveis e MO para diferentes SRCs. Isso indica que as espécies componentes dos sistemas de rotação não promoveram alterações na concentração de nutrientes presentes no solo. Todavia, a monocultura trigo/soja, na profundidade de 0-5 cm, apresentou maior teor de P, em relação ao sistema trigo/soja, ervilhaca/milho e aveia branca/soja, e, na mesma camada, o teor de potássio foi maior no sistema trigo/soja e ervilhaca/milho do que na monocultura trigo/soja (Tabela 6). Essa diferença entre os SRCs pode ser explicada, em parte, pelo fato de a ervilhaca ser estabelecida como cultura de cobertura de solo e sem aplicação de adubação de manutenção. Resultado similar foi obtido por Santos e Tomm (1999), verificando teor maior de P na monocultura trigo/soja, na camada 0-5 cm, sob PD, em comparação aos SRCs: trigo/soja e aveia branca/soja; trigo/soja, ervilhaca/milho e aveia branca/soja; e trigo/soja, ervilhaca/milho, cevada/soja e aveia branca/soja. Nesse caso, houve acúmulo de P do solo na primeira camada estudada, em razão da adubação de manutenção anual.

Os SRCs diferiram quanto aos valores de pH, P e K do solo entre algumas profundidades (Tabelas 5 e 6). Em todos os SRCs, os valores de pH somente aumentaram da camada 0-5 cm para a camada 15-20 cm. Para os teores de P e K ocorreu o contrário, ou seja, diminuíram da camada 0-5 cm para a camada 15-20 cm. Acúmulos similares de P e de K na camada 0-5 cm, em relação à camada 15-20 cm, foram relatados por Sá (1993), Matowo et al. (1999) e Santos e Tomm (1998, 1999). Na seqüência trigo/soja, ervilhaca/mi-

lho e aveia branca/soja, o teor de Al aumentou da camada 0-5 cm para 5-10 cm e diminuiu nas camadas mais profundas. Na Tabela 5, verificara-se que, para os teores de Ca + Mg, não houve diferença significativa entre as profundidades estudadas. Os valores de pH, Al e Ca + Mg refletem diferenças na distribuição de calcário na camada arável, em virtude dos SRCs. Na seqüência trigo/soja e ervilhaca/milho, o nível de MO decresceu da camada 0-5 cm para a camada 15-20 cm, concordando com Santos e Tomm (1998, 1999) e Santos et al. (1995), que sob plantio direto, observaram que os níveis de MO decresceram progressivamente da camada 0-5 cm para a camada 15-20 cm. Os valores de MO, P e K refletem as diferenças de seu acúmulo na superfície da camada arável, em razão da diferença na proporção de revolvimento do solo nos distintos SMSs. Os resultados observados comprovam o efeito benéfico da rotação de culturas na ciclagem e

na distribuição de nutrientes no solo. Na floresta subtropical, não se constataram diferenças significativas quanto à distribuição de elementos químicos e ao nível de MO nas camadas avaliadas. Ao se compararem os valores dos atributos químicos dos SRCs com FST, verificou-se que o uso do solo com agricultura incluindo correções e fertilização induz a melhorias relevantes em sua fertilidade química. No caso estudado, a MO manteve-se nos mesmos níveis, discordando da tendência de que a agricultura reduz a MO.

Efeitos dos SMSs e de SRC no rendimento de grãos das culturas

Apesar do pH de PCD e PCA ter sido superior aos de PD e CM, nas camadas, 0-5 e 5-10 cm, isso não afetou o rendimento de grãos das espécies cultivadas sob sistemas conservacionistas que foi maior do que nos preparos convencionais do solo. Para Al trocável,

Tabela 5 - Valores de pH em água, de alumínio e de cálcio + magnésio trocáveis, em Latossolo Vermelho Distrófico típico, avaliados após nove anos de cultivos, em quatro camadas e diferentes sistemas de rotação de culturas

Sistema de manejo de solo	Profundidade (cm)									
	0-5	5-10	10-15	15-20	0-5 x 5-10	0-5 x 10-15	0-5 x 15-20	5-10 x 10-15	5-10 x 15-20	10-15 x 15-20
	pH (1:1)				Contraste entre profundidades (P > F)					
I	5,16	5,17	5,20	5,28	ns	ns	*	ns	*	ns
II	5,19	5,20	5,24	5,31	ns	ns	*	ns	*	ns
III	5,19	5,20	5,22	5,27	ns	ns	*	ns	**	ns
FST	4,30	4,40	4,23	4,23	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	Contraste entre rotação									
I x II	ns	ns	ns	ns						
I x III	ns	ns	ns	ns						
I x FST	**	**	**	**						
II x III	ns	ns	ns	ns						
II x FST	**	**	**	**						
III x FST	**	**	**	**						
	Al (mmol _c /dm ³)				Contraste entre profundidades (P > F)					
I	8,8	10,0	9,4	8,8	ns	ns	ns	ns	ns	ns
II	7,9	9,1	8,9	8,4	ns	ns	ns	ns	ns	ns
III	7,6	9,6	9,2	8,7	*	*	ns	ns	ns	ns
FST	29,1	26,8	36,1	37,8	ns	ns	ns	ns	*	ns
	Contraste entre rotação									
I x II	ns	ns	ns	ns						
I x III	ns	ns	ns	ns						
I x FST	**	**	**	**						
II x III	ns	ns	ns	ns						
II x FST	**	**	**	**						
III x FST	**	**	**	**						
	Ca + Mg (mmol _c /dm ³)				Contraste entre profundidades (P > F)					
I	47,0	47,4	47,3	49,7	ns	ns	ns	ns	ns	ns
II	49,8	48,8	49,5	51,5	ns	ns	ns	ns	ns	ns
III	49,7	48,1	48,8	50,2	ns	ns	ns	ns	ns	ns
FST	18,8	18,5	6,1	4,1	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	Contraste entre rotação									
I x II	ns	ns	ns	ns						
I x III	ns	ns	ns	ns						
I x FST	**	**	**	**						
II x III	ns	ns	ns	ns						
II x FST	**	**	**	**						
III x FST	**	**	**	**						

ns = não significativo; * = nível de significância de 5%; ** = nível de significância de 1%.

Sistema I: trigo/soja; sistema II: trigo/soja e ervilhaca/milho; sistema III: trigo/soja, ervilhaca/milho e aveia branca/soja; e FST: floresta subtropical.

ocorreu o inverso para PD, na camada 5-10 cm, em relação ao PCD. A cultura que poderia ser prejudicada em desempenho agrônômico seria a soja; porém, na análise conjunta dos anos (1997/98 a 2002/03), o rendimento de grãos de soja (Tabela 7) cultivada sob PD (2.852 kg/ha) e CM (2.893 kg/ha) foi superior ao de soja cultivada sob PCD (2.696 kg/ha¹) e PCA (2.666 kg/ha). O rendimento de grãos de soja (Tabela 8) cultivada após trigo (2.866 kg/ha) no sistema II foi superior ao de soja cultivada após aveia branca (2.799 kg/ha) e após trigo (2.804 kg/ha) no sistema II e após trigo (2.636 kg/ha) no sistema I. O menor rendimento de grãos de soja ocorreu quando em monocultura. O maior teor de P da monocultura de soja, em comparação com trigo/soja e ervilhaca/milho, não foi suficiente para elevar o rendimento de grãos acima do da soja em rotação de verão. Pelo observado, outros fatores impe-

dem as espécies de expressarem seu potencial, como por exemplo o não uso de rotação de culturas, como pode ter sido o caso de soja e de trigo. Na análise conjunta de 1988 a 1997, realizada por Santos et al. (2000), houve diferença entre os sistemas de rotação de culturas para trigo. O SRC com dois invernos sem trigo mostrou rendimento de grãos mais elevado do que sob monocultura e sob um inverno sem trigo (Tabela 9). O menor rendimento de grãos de trigo ocorreu na monocultura desse cereal. Trabalhos mais antigos, revelaram que, quando a monocultura era praticada durante anos seguidos, evidenciava-se a liberação de alguns compostos durante a decomposição dos resíduos vegetais, que se acumulavam no solo até atingirem concentrações inibidoras do crescimento da própria planta (ALMEIDA, 1988; SANTOS e REIS, 2001. Na média do período (1990 a 1997), do trabalho conduzi-

Tabela 6 - Valores de matéria orgânica, de fósforo extraível e de potássio trocável, em Latossolo Vermelho Distrófico típico, avaliados após nove anos de cultivos, em quatro camadas e diferentes sistemas de rotação de culturas

Sistema de manejo de solo	Profundidade (cm)											
	0-5				5-10				10-15			
	0-5	5-10	10-15	15-20	0-5	5-10	10-15	15-20	0-5	5-10	10-15	15-20
	Matéria orgânica (g /kg)				Contraste entre profundidades (P > F)							
I	31	30	29	28	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	
II	33	31	30	28	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns	
III	33	31	29	29	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	
F	38	39	37	40	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	
	Contraste entre rotação											
I x II	ns	ns	ns	ns								
I x III	ns	ns	ns	ns								
I x F	ns	ns	ns	ns								
II x III	ns	ns	ns	ns								
II x F	ns	ns	ns	ns								
III x F	ns	ns	ns	ns								
	P (mg /kg)				Contraste entre profundidades (P > F)							
I	31,3	28,4	18,5	13,8	ns	**	**	*	**	ns		
II	26,8	26,2	16,6	12,5	ns	**	**	**	**	ns		
III	25,2	24,1	17,6	11,0	ns	**	**	**	**	**		
F	3,8	5,0	2,8	2,8	ns	ns	ns	ns	ns	ns		
	Contraste entre rotação											
I x II	ns	ns	ns	ns								
I x III	*	ns	ns	ns								
I x F	**	**	**	**								
II x III	ns	ns	ns	ns								
II x F	**	**	**	**								
III x F	**	**	**	**								
	K (mg /k)				Contraste entre profundidades (P > F)							
I	199	170	154	129	**	**	**	ns	**	*		
II	229	194	159	135	**	**	**	**	**	ns		
III	223	178	147	119	**	**	**	**	**	**		
F	54	55	31	25	ns	ns	ns	ns	ns	ns		
	Contraste entre rotação											
I x II	*	ns	ns	ns								
I x III	ns	ns	ns	ns								
I x F	**	**	**	**								
II x III	ns	ns	ns	ns								
II x F	**	**	**	**								
III x F	**	**	**	**								

ns = não significativo; * = nível de significância de 5%; ** = nível de significância de 1%.

Sistema I: trigo/soja; sistema II: trigo/soja e ervilhaca/milho; sistema III: trigo/soja, ervilhaca/milho e aveia branca/soja; e F: floresta.

EFEITO DE SISTEMAS DE MANEJO EM ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO

Tabela 7 - Efeito de sistema de manejo de solo no rendimento de grãos de soja, cultivar BR-16, em 1997, BRS 137, de 1998 e 1999, e BRS 154, de 2000 a 2002. Passo Fundo, RS

Ano	Manejo de solo				Média
	PD	PCD	PCA	CM	
..... Rendimento de grãos (kg/ha)					
1997/98	2.803 Ac	2.770 Ab	2.746 Aab	2.731 Ac	2.762 c
1998/99	2.126 Ae	2.196 Ac	2.223 Ac	2.272 Ad	2.204 e
1999/00	3.106 Ab	2.853 Bb	2.748 Cab	3.132 Ab	2.960 b
2000/01	3.536 Aa	3.250 Ba	2.948 Ca	3.560 Aa	3.324 a
2001/02	2.591 Ad	2.408 Bc	2.540 Abb	2.773 Ac	2.578 d
2002/03	2.952 Ab	2.698 Ab	2.788 Aa	2.887 Ab	2.831 bc
Média	2.852 A	2.696 B	2.666 B	2.893 A	2.777

PD: plantio direto.

PCD: preparo convencional de solo com arado de discos, no inverno e semeadura direta, no verão.

PCA: preparo convencional de solo com arado de aivecas, no inverno e semeadura direta, no verão.

CM: cultivo mínimo.

Médias seguidas da mesma letra, minúscula na vertical e maiúscula na horizontal, não apresentam diferenças significativas, a 5% de probabilidade, pelo teste de Duncan.

Tabela 9 - Efeito de sistemas de rotação de culturas no rendimento de grãos de trigo, em 1988 e em 1989, cultivar BR-14, de 1990 a 1993, cultivar BR-23, e de 1994 a 1997, cultivar Embrapa 16. Passo Fundo, RS

Ano	Sistema de rotação			Média
	Monocultura	Um inverno sem trigo	Dois invernos sem trigo	
..... Rendimento de grãos (kg/ha)				
1988	2.006 Ac ¹	2.088 Ac	2.048 Ag	2.047 e
1989	2.970 Aa	2.919 Ab	2.925 Ad	2.938 bc
1990	2.527 Bb	2.968 Ab	3.105 Ac	2.866 c
1991	2.532 Bb	3.089 Ab	3.216 Ab	2.946 b
1992	3.158 Ca	4.076 Ba	4.724 Aa	3.986 a
1993	1.012 Be	2.248 Ac	2.443 Ae	1.901 e
1994	2.663 Bb	3.210 Ab	3.395 Ab	3.089 b
1995	1.988 Bc	2.059 Bcd	2.637 Ae	2.228 d
1996	1.526 Cd	1.829 Bd	2.274 Af	1.876 f
1997	1.648 Bd	1.714 Be	1.975 Ag	1.779 f
Média	2.203 C	2.620 B	2.874 A	2.566

¹Médias seguidas da mesma letra, minúscula na vertical e maiúscula na horizontal, não apresentam diferenças significativas, a 5% de probabilidade, pelo teste de Duncan.

Tabela 11 - Efeito de sistemas de manejo de solo no rendimento de grãos de milho, híbrido C 901, de 1997/98 a 2000/01. Passo Fundo, RS

Ano	Manejo de solo				Média
	PD	PCD	PCA	CM	
..... Rendimento de grãos (kg/ha)					
1997/98	7.517 A c	6.019 B c	6.225 B b	7.092 A b	6.713 c
1998/99	9.019 A b	6.861 B a	7.201 B a	8.718 A a	7.950 b
1999/00	7.536 A c	6.746 B b	6.639 B b	7.012 B b	6.983 c
2000/01	9.886 A a	7.350 B a	7.384 B a	9.196 A a	8.454 a
Média	8.490 A	6.744 C	6.862 C	8.005 B	7.525

PD: plantio direto.

PCD: preparo convencional de solo com arado de discos, no inverno, e semeadura direta, no verão.

PCA: preparo convencional de solo com arado de aivecas, no inverno, e semeadura direta, no verão.

CM: cultivo mínimo, no inverno, e semeadura direta, no verão.

Médias seguidas de mesma letra, minúscula na vertical e maiúscula na horizontal, não apresentam diferenças significativas, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Duncan.

Tabela 8 - Efeito de rotação de culturas no rendimento de grãos de soja, cultivar BR-16, em 1997, BRS 137, de 1998 e 1999, e BRS 154, de 2000 a 2002. Passo Fundo, RS

Ano	Sistema de rotação				Média
	Sistema I: soja/trigo	Sistema II: soja/trigo milho/ervilhaca	Sistema III: soja/aveia branca, soja/trigo e milho/ervilhaca	Sistema III: soja/trigo milho/ervilhaca e soja aveia branca	
..... Rendimento de grãos (kg/ha)					
1997/98	2.636 Cc	2.932 Ac	2.789 Bc	2.692 Bc	2.762 c
1998/99	2.153 Ae	2.269 Ae	2.187 Ae	2.208 Ad	2.204 e
1999/00	2.703 Cc	3.167 Ab	3.098 Ab	2.870 Bb	2.960 b
2000/01	3.036 Ba	3.421 Aa	3.422 Aa	3.416 Aa	3.324 a
2001/02	2.427 Bd	2.720 Ad	2.466 Bd	2.699 Ac	2.578 d
2002/03	2.865 Ab	2.689 Bd	2.830 Ac	2.941 Ab	2.831 bc
Média	2.636 C	2.866 A	2.799 B	2.804 B	2.777

Sistema I: trigo/soja.

Sistema II: trigo/soja e ervilhaca/milho ou sorgo, em 2001.

Sistema III: trigo/soja, ervilhaca/milho ou sorgo, em 2001 e aveia branca/soja.

Médias seguidas da mesma letra, minúscula na vertical e maiúscula na horizontal, não apresentam diferenças significativas, a 5% de probabilidade, pelo teste de Duncan.

Tabela 10 - Efeito de sistemas de manejo de solo no rendimento de grãos de aveia branca, de 1990 a 1994, cultivar UFRGS 7, em 1995, cultivar UPF 16, e em 1996 e 1997, cultivar UFRGS 14. Passo Fundo, RS

Ano	Manejo de solo				Média
	PD	PCD	PCA	CM	
..... Rendimento de grãos (kg/ha)					
1990	4.271 A	3.787 B	3.989 AB	4.262 A	4.077
1991	3.515 A	3.175 C	3.234 C	3.419 B	3.336
1992	3.303 A	3.197 B	3.070 C	3.321 A	3.223
1993	2.520 A	2.541 A	2.430 A	2.844 A	2.584
1994	2.796 A	2.427 B	2.432 B	2.669 A	2.581
1995	2.256 A	1.797 B	1.751 B	2.213 A	2.004
1996	2.165 A	2.109 A	1.992 A	2.098 A	2.091
1997	2.845 A	2.638 A	2.554 A	2.679 A	2.679
Média	2.959 A	2.709 B	2.682 B	2.938 A	2.822

PD: plantio direto.

PCD: preparo convencional de solo com arado de discos.

PCA: preparo convencional de solo com arado de aivecas.

CM: cultivo mínimo marca JAN.

Médias seguidas da mesma letra maiúscula, na horizontal, não apresentam diferenças significativas, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Duncan.

Tabela 12 - Efeito de sistemas de manejo de solo no rendimento de grãos de trigo, em 1988 e em 1989, cultivar BR-14, de 1990 a 1993, cultivar BR-23, e de 1994 a 1997, cultivar Embrapa 16. Passo Fundo, RS

Ano	Manejo de solo				Média
	PD	PCD	PCA	CM	
..... Rendimento de grãos de trigo (kg/ha)					
1988	2.183 Ad ²	1.905 Ad	1.906 Ac	2.194 Ad	2.047 e
1989	2.909 Ac	3.013 Ab	2.871 Ab	2.959 Ac	2.938 bc
1990	3.167 Ab	2.429 Cc	2.789 Bb	3.082 Ab	2.866 c
1991	2.968 Ac	2.971 Ab	2.886 Ab	2.957 Ac	2.946 b
1992	4.151 Aa	4.031 Aa	3.820 Ba	3.942 Aba	3.986 a
1993	2.318 Ad	1.665 Be	1.379 Be	2.243 Ad	1.901 e
1994	3.407 Ab	2.776 Bb	2.853 Bb	3.322 Ab	3.090 b
1995	2.385 Ad	2.181 Ac	2.101 Ac	2.244 Ad	2.228 d
1996	1.868 Ae	1.874 Ade	1.810 Acd	1.953 Ad	1.876 f
1997	1.910 Ae	1.790 Ae	1.702 Ad	1.714 Ae	1.779 f
Média	2.727 A	2.463 B	2.412 B	2.661 A	2.566

¹PD: plantio direto; PCD: preparo convencional de solo com arado de discos; PCA: preparo convencional de solo com arado de aivecas; e CM: cultivo mínimo.

²Médias seguidas da mesma letra, minúscula na vertical e maiúscula na horizontal, não apresentam diferenças significativas, a 5% de probabilidade, pelo teste de Duncan.

do por Santos e Lhamby (2001), o rendimento de grãos de aveia branca (Tabela 10) em PD (2.959 kg/ha) e CM (2.938 kg/ha) foi superior ao rendimento em PCD (2.709 kg/ha) e PCA (2.682 kg/ha). Na análise conjunta realizada por Santos et al. (2003), o rendimento de grãos de milho (Tabela 11) cultivado sob PD (8.490 kg/ha) foi superior ao obtido sob CM (8.005 kg/ha), sob PCD (6.744 kg/ha) e sob PCA (6.862 kg/ha). Ainda no trabalho de Santos et al. (2000), o rendimento de grãos de trigo (Tabela 12) mais elevado ocorreu em PD (2.727 kg/ha) e no CM (2.661 kg/ha), em comparação com PCD (2.463 kg/ha) e PCA (2.412 kg/ha).

Pelo verificado nesse trabalho, o nível de MO em PD foi similar a FST, na camada 0-5 cm, que seria o ponto de referência do estado natural do solo. Isso por si mostra esse sistema de manejo de solo próximo da sustentabilidade. Deve ser considerado que isso por sua vez foi reflexo do acúmulo dos resíduos vegetais deixado na superfície do solo, pelas espécies componentes dos SRCs. Além disso, antecedendo o milho ou o sorgo, foi cultivada a ervilhaca, sem adubação de manutenção, que recicla e incorpora N ao sistema. Por sua vez, o milho foi semeado após ervilhaca ainda em fase vegetativa, sendo dessecada posteriormente com herbicida de pré ou pós-emergência. Além disso, nesse período de estudo, não foi aplicado N em cobertura na cultura de milho.

Referências

- ALMEIDA, F.S. **A Alelopatia e as Plantas**. Londrina: IAPAR, 1988. 60 p. IAPAR. Circular, 53.
- AMADO, T.J.C.; BAYER, C.; ELTZ, F.L.F.; BRUM, A.C.R. Potencial de Culturas de Cobertura em Acumular Carbono e Nitrogênio do Solo no Plantio Direto e a Melhoria da Qualidade Ambiental. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 25, n. 3. p. 189-197, 2001.
- BAYER, C.; BERTOL, I. Características Químicas de um Cambissolo Húmico Afetadas por Sistemas de Preparo com Ênfase à Matéria Orgânica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 23, n.3, p. 687-694, 1999.
- BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Nitrogênio Total de um Solo Submetido a Diferentes Métodos de Preparo e Sistemas de Cultura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 21, n. 2, p. 235-239, 1997.
- BAYER, C.; MIELNICZUK, J.; AMADO, T.J.C.; MARTIN-NETO, L.; FERNANDES, S.V. Organic Matter Storage in a Sandy Clay loam Acrisol Affected by Tillage and Cropping Systems in Southern Brazil. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 54, n. 1-2, p. 101-109, 2000.
- BRASIL. Ministério da Agricultura. Departamento Nacional de Pesquisa Agropecuária. Divisão de Pesquisa Pedológica. **Levantamento de Reconhecimento dos Solos do Estado do Rio Grande do Sul**. Recife, 1973. 431 p. Boletim Técnico, 30.
- CIOTTA, M. N.; BAYER, C.; ERNANI, P. R. ; FONTOURA, S. M. V.; ALBUQUERQUE, J. A. ; WOBETO, C. Acidificação de Latossolo sob Plantio Direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 26, n. 4, p. 1055-1064, 2002.
- DE MARIA, I. C.; NNABUDE, P. C.; CASTRO, O. M. Long-Term Tillage and Crop Rotation Effects on soil Chemical Properties of a Rhodic Ferralsol in Southern Brazil. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 51, n. 1, p. 71-79, 1999.
- DICK, W. Organic Carbon, Nitrogen, and Phosphorus Concentrations and pH in Soil Profiles as Affected by Tillage Intensity. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 47, n. 1, p. 102-107, 1983.
- ERNANI, P.R.; STECKLING, C.; BAYER, C. Características Químicas de Solo e Rendimento de Massa Seca de Milho em Função do Método de Aplicação de Fosfatos, em dois Níveis de Acidez. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 25, n. 4, p. 939-946, 2001.
- KOCHHANN, R. A.; DENARDIN, J. E. **Implantação e Manejo do Sistema Plantio Direto**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2000. 36 p. Documentos, 20.
- MATOWO, P. R.; PIERZYNSKI, G. M. ; WHITNEY, D. ; LAMOND, R.E. Soil Chemical Properties as Influenced by Tillage and Nitrogen Source, Placement, and Rates after 10 years of Continuous Sorghum. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 50, n. 1, p. 11-19, 1999.
- MUZILLI, O. Manejo da Matéria Orgânica no Sistema Plantio Direto. **Informativo Agrônomo**, Piracicaba, n.100, p. 6-10, 2002.
- PAIVA, P. J. R.; VALE, F.R.; FURTINI NETO, A.E.; FAQUIN, V. Acidificação de um Latossolo Roxo do Estado do Paraná sob Diferentes Sistemas de Manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 20, n. 1, p. 71-75, 1996.
- RHEINHEIMER, D. S.; KAMINSKI, J.; LUPATINI, G. C.; SANTOS, J. S. Modificações em Atributos Químicos de Solo Arenoso sob Sistema Plantio Direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 22, n. 4, p. 713-721, 1998.
- SÁ, J.C. M. Manejo da Fertilidade do Solo no Sistema Plantio Direto. In: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Trigo. **Plantio Direto no Brasil**. Passo Fundo, 1993. p. 37-60.

Conclusões

Os valores de pH, de MO e de P diferiram entre os sistemas de manejo do solo.

Os teores de P e K foram maiores nos sistemas conservacionistas (PD e CM) do que no preparo convencional (arado de discos e de aivecas), na camada 0-5 cm do solo.

Os teores de MO, P e K diminuíram da camada 0-5 cm para a camada 15-20 cm, em todos os SMSs e SRCs. Para pH ocorreu o contrário.

Na camada superficial (0-5 cm) dos sistemas conservacionistas (PD e CM) e dos sistemas de rotação de culturas houve acidificação do solo.

FST não diferiu significativamente entre as camadas de solo amostradas quanto aos valores de acidez, matéria orgânica, Ca + Mg, P e K disponível.

Na média das safras e independentemente de rotação, a aveia branca, a soja e o trigo cultivado sob plantio direto e sob cultivo mínimo apresentaram maior rendimento de grãos que a aveia branca, a soja e o trigo cultivados sob preparo convencional de solo com arado de discos ou com arado de aivecas.

A rotação de culturas com um cultivo de verão (milho ou sorgo) propicia maior rendimento de grãos de soja, em comparação com os demais sistemas estudados. O menor rendimento de grãos de soja ocorreu em monocultura.

- SALET, R.L. **Dinâmica de Íons na Solução de um Solo Submetido ao Sistema Plantio Direto**. 1994. 111 p. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- _____.; **Toxidez de Alumínio no Sistema Plantio Direto**. 1998. 109 p. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- SANTOS, H. P. dos; LHAMBY, J. C. B. Rendimento de Grãos de Aveia Branca em Sistemas de Manejo de Solo. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, Porto Alegre, v. 7, n. 2, p. 227-235, 2001.
- _____.; _____.; PRESTES, A. M.; LIMA, M. R. Efeito de Sistemas de Manejos de Solo e de Rotação de Culturas de Inverno no Rendimento de Grãos de Trigo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n.12, p. 2355-2361, 2000.
- _____.; REIS, E. M. Rotação de Culturas. In: _____.; _____. **Rotação de Culturas em Plantio Direto**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2001. Cap. 1, p. 11-132.
- _____.; TOMM, G. O. Rotação de Culturas para Cevada, após Dez anos: Efeitos na Fertilidade do Solo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 28, n. 4, p. 573-580, 1998.
- _____.; _____. Rotação de Culturas para Trigo, após Quatro anos: Efeitos na Fertilidade do Solo em Plantio Direto. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 29, n. 2, p. 259-265, 1999.
- _____.; _____.; LHAMBY, J.C.B. Plantio Direto *versus* Convencional: Efeito na Fertilidade do Solo e no Rendimento de Grãos em Rotação de Culturas com Cevada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 9, n. 3, p. 449-454, 1995.
- _____.; _____.; KOCHHANN, R. A. Rendimento de Grãos de Milho em Função de Diferentes Sistemas de Manejo de Solo e de Rotação de Culturas. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 9, n. 3, p. 251-256, 2003.
- SIDIRAS, N.; PAVAN, M. A. Influência do Sistema de Manejo do Solo no seu Nível de Fertilidade. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 9, n. 3, p. 249-254, 1985.
- SILVEIRA, P. M.; STONE, L. F. Teores de Nutrientes e de Matéria Orgânica Afetados pela Rotação de Culturas e Sistemas de Preparo do Solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 25, n. 1, p. 387-394, 2001.
- SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO. Núcleo Regional Sul. Comissão de Química e Fertilidade do Solo. **Manual de Adubação e de Calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 10. ed. Porto Alegre: Comissão de Química e Fertilidade do solo, 2004. 394 p.
- STEEL, G. D.; TORRIE, J. H. **Principles and Procedures of Statistics: a Biometrical Approach**. 2. ed. New York, McGraw-Hill, 1980. 633 p.
- STRECK, E.V.; KÄMPF, N.; DALMOLIN, R.S.D.; KLAMT, E.; NASCIMENTO, P.C.; SCHNEIDER, P. **Solos do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: UFRGS, 2002. 126 p.
- TEDESCO, M. J.; VOLKWEISS, S. J.; BOHNEN, H. **Análise de Solos, Plantas e outros Materiais**. Porto Alegre: UFRGS, 1985. 32 p. Boletim Técnico, 5.
- WIETHÖLTER, S. Manejo da Fertilidade do Solo no Sistema Plantio Direto: Experiência nos Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 25.; REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 8.; SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 6.; REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 3., 2000, Santa Maria. **Fertbio 2000: Biodinâmica do Solo**. Santa Maria: UFSM, 2000. CD.ROM.
- WISNIEWSKI, C.; HOLTZ, G. P. Decomposição da Palhada com Liberação de Nitrogênio e Fósforo numa Rotação Aveia-Soja sob Plantio Direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 32, n. 11, p. 1191-1197, 1997.





Efeito de sistemas de manejo em atributos físicos do solo

Silvio Tulio Spera¹, Henrique Pereira dos Santos²,
Gilberto Omar Tomm³ e Rainoldo Alberto Kochhann³

Resumo - O manejo inadequado de solo pode levar à formação de camada compactada próxima à superfície. Após dezesseis anos de instalação de experimento em Latossolo Vermelho Distrófico típico, em Passo Fundo, RS, avaliou-se atributos físicos de solo em quatro sistemas de manejo de solo: plantio direto (PD); cultivo mínimo (CM); preparo convencional de solo com arado de discos e grade de discos (PCD); preparo convencional de solo com arado de aivecas e grade de discos (PCA) - e três sistemas de rotação de culturas: sistema I (trigo/soja); sistema II (trigo/soja e ervilhaca/milho) e sistema III (trigo/soja, ervilhaca/milho e aveia branca/soja). O delineamento experimental foi em blocos completos ao acaso, com parcelas subdivididas, e três repetições. As parcelas foram constituídas pelos sistemas de manejo de solo, e as subparcelas, pelos sistemas de rotação de culturas. O PD mostrou maior densidade de solo que PCA, CM e floresta subtropical. A floresta subtropical apresentou porosidade total e macroporosidade maiores que as dos solos sob diversos sistemas de manejo e de rotações de culturas estudados, enquanto para densidade e microporosidade ocorreu o contrário. A densidade do solo aumentou da camada 0-5 cm para 10-15 cm, em todos os sistemas de manejo e de rotações estudados, enquanto para porosidade total e macroporosidade ocorreu o inverso.

Palavras-chave: rotação de culturas, densidade do solo, porosidade total, sucessão trigo-soja.

Effect of management systems in soil physical attributes

Abstract - Inadequated soil tillage can induce the formation of compacted layer near soil surface. Soil physical attributes were assessed after sixteen years of distinct soil management on a typical dystrophic red latosol located in Passo Fundo, Rio Grande do Sul State, Brazil. Four soil tillage systems – no-tillage, minimum tillage, conventional tillage using a disk plow plus disk harrow, and conventional tillage using a moldboard plow plus disk harrow – and three crop rotation systems - system I (wheat/soybean), system II (wheat/soybean and common vetch/corn), and system III (wheat/soybean, white oat/soybean, and common vetch/corn) were evaluated. A randomized complete block design, with split-plots and three replicates, was used. The main plots were soil tillage systems, while the split consisted of crop rotation systems. Soil cores were also collected in a fragment of subtropical forest adjacent to the experiment. No-tillage showed higher soil density than conventional tillage using a moldboard plow plus disk harrow, minimum tillage, and subtropical forest. The subtropical forest showed the highest total porosity and macroporosity, as compared to the all soil tillage systems and crop rotation systems, and the lowest bulk density and microporosity. Soil bulk density was increased from the top layer (0-5 cm) to deeper layer (10-15 cm) in all soil tillage systems and rotation systems and presented the lowest total porosity and macroporosity.

Key words: crop rotation, soil bulk density, soil porosity, soybean-wheat crops.

¹ Engenheiro Agrônomo – M.Sc, Embrapa – Centro Nacional de Pesquisa de Trigo (CNPT), Caixa Postal 451, CEP 99001-970, Passo Fundo (RS). Doutorando do Curso de Produção Vegetal da UPF/FAMV. E-mail: spera@cnpt.embrapa.br

² Engenheiro Agrônomo – Dr., Embrapa – Centro Nacional de Pesquisa de Trigo. Bolsista CNPq-PQ. E-mail: hpsantos@cnpt.embrapa.br

³ Engenheiro Agrônomo – Ph.D., Embrapa – Centro Nacional de Pesquisa de Trigo. E-mail: tomm@cnpt.embrapa.br; rainoldo@cnpt.embrapa.br
Recebido para publicação em 24/03/2006



Introdução

Entre os sistemas de manejo de solo praticados no Sul do Brasil, o sistema plantio direto destaca-se como o mais conservacionista, devido à mínima mobilização de solo, rotação de culturas requerida e manutenção de resíduos culturais na superfície do solo que promove. A crescente conscientização da eficiência técnica, econômica e ambiental promovida por esse sistema tem proporcionado sua adoção em cerca de quatro milhões de hectares no Rio Grande do Sul (FEBRAPDP, 2003). A continuidade do plantio direto em sistemas agrícolas anuais produtores de grãos tem despertado atenção para uma aparente degradação estrutural do solo, constatada por dados de pesquisa que demonstram elevação da densidade do solo e redução na porosidade. Tem sido verificado que esse problema é originário do pé-de-arado remanescente do preparo convencional, que persiste por vários anos após a adoção do sistema plantio direto (BERTOL et al., 2004). Atualmente muitos produtores, usuários de sistema plantio direto, tornaram a lavrar ou a escarificar o solo sob alegação de que a compactação tem sido a mais importante causa de redução de rendimento das culturas.

O manejo inadequado pode levar à formação de camada compactada próximo à superfície do solo. Esse fato tem sido apontado como um dos principais indicadores de degradação e causa de decréscimo da produtividade de culturas. A camada compactada é consequência do revolvimento de solo, trânsito de máquinas, tipo de equipamento, sistemas de manejo, presença de resíduos vegetais e condições hídricas no momento de preparo (STONE e SILVEIRA, 2001).

O preparo de solo por meio de grade aradora foi, no passado, o mais usado na Região Sul do Brasil. O uso contínuo desse implemento levou à formação de camadas compactadas sub-superficiais, denominadas pé-de-grade. O arado de aivecas era pouco usado, pois requeria mais tempo e energia nas operações de preparo de solo, embora tenha tendência de apresentar maior produtividade de milho (KLUTHCOUSKI, 1998), em comparação ao preparo convencional de solo com grade aradora e ao plantio direto.

O sistema plantio direto tem contribuído para a sustentabilidade de sistemas de produção agrícolas intensivos, por manter o solo coberto com resíduos vegetais, minimizando os efeitos da erosão (ALBUQUERQUE et al., 1995). Entretanto, após algum tempo de adoção, apresenta na camada superficial valores mais elevados de densidade de solo, e microporosidade e menores valores de macroporosidade e porosidade total (ALBUQUERQUE et al., 2001; STONE e SILVEIRA, 2001). Kochhann et al. (1999), entretanto, sustentam que a suposição de que a continuidade do sistema plantio direto implicaria em problemas de degradação estrutural do solo na camada superficial nem sempre é comprovada.

Derpsch et al. (1991) constataram que a densidade de solo é maior e a porosidade total e a macroporosidade são menores sob plantio direto, em comparação com preparo convencional com arado de discos. Porém, de acordo com Reeves (1995), com o passar dos anos a densidade de solo sob plantio direto pode diminuir, em razão do aumento do nível de matéria orgânica na camada superficial.

Compactação de solo tem sido verificada em latossolos do Rio Grande do Sul independentemente de estarem sendo manejados sob sistema plantio direto, cultivo mínimo ou preparo convencional. Spera et al. (2000) observaram valores de densidade do solo semelhantes em lavouras manejadas sob sistema plantio direto com rotação de culturas que incluem pastagens anuais de inverno e em preparo convencional com aração e gradagem. Esses dados indicam que problemas relacionados à compactação de solo não ocorrem apenas no sistema plantio direto e evidenciam que há probabilidade de serem remanescentes do preparo convencional antecedente.

A rotação de culturas, pela introdução de espécies com sistema radicular agressivo e pelo acúmulo de resíduos orgânicos de diferentes naturezas e quantidades, pode também alterar os atributos físicos do solo. Albuquerque et al. (1995) verificaram que a densidade de solo na profundidade de 0 a 8,5 cm é maior e a porosidade total é menor na sucessão soja/trigo que nos sistemas de rotação de culturas que incluíam aveia branca (*Avena sativa* L.), ervilhaca (*Vicia villosa* Roth.) e milho (*Zea mays* L.), independentemente do sistema de manejo de solo adotado. Esse fato foi atribuído à presença de aveia branca que, com seu sistema radicular de elevada densidade, contribuiu para a reestruturação do solo.

Este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito de distintos sistemas de manejo de solo e rotação de culturas sobre alguns atributos físicos de solo nas condições edafoclimáticas da região subtropical úmida do Sul do Brasil.

Material e métodos

O experimento foi conduzido em área do Centro Nacional de Pesquisa de Trigo, em Passo Fundo, RS, no período de 1986 a 2001, em Latossolo Vermelho Distrófico típico (STRECK et al., 2002). Antes da instalação do experimento, foram conduzidas no local lavouras de trigo no inverno e de soja no verão, sob preparo convencional de solo desde 1975.

Os tratamentos foram constituídos por quatro sistemas de manejo de solo: 1) plantio direto (PD); 2) preparo de solo com implemento de hastes para cultivo mínimo – escarificador (CM); 3) preparo convencional de solo com arado de discos mais grade de discos (PCD); 4) preparo convencional de solo com arado de aivecas mais grade de discos (PCA) e três sistemas de rotação de culturas: sistema I (trigo/soja); sistema II (trigo/soja e ervilhaca/milho) e sistema III (trigo/soja, ervilhaca/milho e aveia

branca/soja). Um fragmento de floresta subtropical com araucárias, adjacente ao experimento, também foi amostrado com o mesmo número de repetições, admitindo-se como referencial do estado estrutural do solo antes das alterações antrópicas.

O delineamento experimental usado foi blocos ao acaso, com parcelas subdivididas e três repetições. A parcela principal foi constituída pelos sistemas de manejo, e a subparcela, pelos sistemas de rotação de culturas. Cada parcela principal mediu 360 m² (4 m de largura por 90 m de comprimento) e cada subparcela mediu 40 m² (4 m de largura por 10 m de comprimento).

Em maio de 2001, após a colheita das culturas de verão, foram coletadas três amostras indeformadas de solo por subparcela, nas profundidades 0-5 e 10-15 cm. Para determinar densidade do solo e porosidade total, foi usado o método do anel volumétrico. A microporosidade foi considerada como conteúdo volumétrico de água equilibrada na mesa de tensão a 60 cm de coluna de água, e a macroporosidade calculada por diferença entre a porosidade total e a microporosidade segundo Embrapa (EMBRAPA, 1997).

Os sistemas de manejo de solo e os sistemas de rotação de culturas foram comparados, para cada atributo físico de solo, em uma determinada profundidade de amostragem. As profundidades de amostragem foram comparadas em um mesmo sistema de manejo de solo e sistema de rotação de culturas. Todas as comparações foram realizadas por meio de contrastes com um grau de liberdade (STEEL e TORRIE, 1980). A significância dos contrastes foi dada pelo teste F, levando-se em conta o desdobramento dos graus de liberdade do erro. As médias dos rendimentos de grãos de cada cultura foram comparadas pelo teste de Duncan ao nível de 5% de probabilidade.

Resultados e discussão

Sistemas de manejo de solo

O solo sob plantio direto (PD) mostrou maior densidade do solo quando comparado com a maioria dos sistemas de manejo estudados nas duas profundidades. A floresta, que ainda preserva a condição estrutural original do solo, apresentou menor densidade de solo em relação a todos os sistemas de manejo estudados (Tabela 1). Derpsch et al. (1991) observaram em Latossolo Vermelho Distroférrico de Londrina, PR, maior densidade de solo no PD, na camada 0-5 cm, em comparação com PCD. Resultados semelhantes ao presente trabalho foram obtidos por Albuquerque et al. (2001), em Nitossolos Vermelhos, no município Lages, SC, nos quais PD apresentou na média das profundidades estudadas maior densidade de solo do que no PCD e na floresta. Da Ros et al. (1997) em Latossolo Vermelho em Cruz Alta, RS, verificaram menor densidade de solo nos tratamentos submetidos ao PCD em relação ao PD, em todas as camadas estudadas.

Stone e Silveira (2001), estudando um Latossolo Vermelho Distroférrico, em Santo Antônio de Goiás, GO, observaram que PD apresentou densidade superior ao PCD, ao preparo somente com arado de disco e ao preparo somente com grade na camada 0-10 cm.

Após dezesseis anos, era de esperar que o valor da densidade de solo diminuísse nos sistemas conservacionistas (REEVES, 1995), porém isso não aconteceu, apesar da matéria orgânica do solo, nesse experimento (avaliada em 1993) ter sido maior no PD (38 g kg⁻¹) em relação ao PCD (31 g kg⁻¹) e ao PCA (29 g kg⁻¹) na camada 0-5 cm (SANTOS e TOMM, 2003). Dados similares foram obtidos por Anjos et al. (1994), estudando sistemas de manejo de solo, em três tipos de solos distróficos: Latossolo, Cambissolo e Argissolo, onde verificaram que, nas médias desses solos, a floresta apresentou menor densidade de solo que no PCD e no PD na camada 0-20 cm.

Tabela 1 - Valores de densidade de solo e de porosidade total nas camadas de solo 0-5 e 10-15 cm de profundidade, em quatro sistemas de manejo de solo e em floresta subtropical (Embrapa Trigo, Passo Fundo, RS, 2004)

Sistema de manejo	Profundidade (cm)		
	0-5	10-15	0-5 x 10-15
	Densidade de solo (Mg m ⁻³)		Contraste entre profundidades (P > F)
PD	1,30	1,41	**
PCD	1,27	1,34	*
PCA	1,25	1,35	**
CM	1,26	1,35	ns
FST	0,88	1,02	ns
	Contraste entre sistemas		
PD x PCD	**	ns	
PD x PCA	**	*	
PD x CM	*	ns	
PD x FST	**	**	
PCD x PCA	ns	ns	
PCD x CM	*	ns	
PCD x FST	*	**	
PCA x CM	*	*	
PCA x FST	*	**	
CM x FST	**	**	
	Porosidade total (m ³ m ⁻³)		Contraste entre profundidades (P > F)
PD	0,50	0,46	*
PCD	0,51	0,49	**
PCA	0,52	0,49	**
CM	0,52	0,49	*
FST	0,67	0,62	ns
	Contraste entre sistemas		
PD x PCD	**	ns	
PD x PCA	ns	ns	
PD x CM	ns	ns	
PD x FST	**	**	
PCD x PCA	ns	ns	
PCD x CM	ns	ns	
PCD x FST	*	**	
PCA x CM	ns	ns	
PCA x FST	**	**	
CM x FST	**	**	

ns = não-significativo; * = nível de significância de 5%; ** = nível de significância de 1%.

PD: plantio direto; PCD: preparo convencional de solo com arado de discos; PCA: preparo de solo com arado de aivecas; CM: cultivo mínimo; FST: floresta sutropical.

Houve diferença significativa para densidade do solo entre as profundidades avaliadas em três sistemas de manejo, exceto na floresta e CM (Tabela 1). A densidade de solo aumentou da camada 0-5 cm para 10-15 cm em todos os sistemas de manejo estudados. Como a densidade do solo é uma característica usada na avaliação do estado estrutural do solo, não houve indícios de severa compactação (na camada superficial 0-5 cm) nos sistemas de manejo, pois estes valores estiveram abaixo dos níveis críticos para latossolos que, de acordo com Resende (1995), e são maiores que $1,40 \text{ Mg m}^{-3}$. Derpsch et al. (1986), Trein et al. (1991) e Albuquerque et al. (2001) observaram, em PD, maior densidade de solo na camada superficial, decrescendo com a profundidade. Neste estudo, a menor densidade do solo verificada na camada 0-5 cm pode ser atribuída à presença de maior quantidade de matéria orgânica e resíduos vegetais em superfície que, em razão de apresentarem menor peso específico, conferem menor densidade ao solo da camada.

O PD apresenta menor porosidade total quando comparado com o PCD na camada 0-5 cm, em todos os sistemas de manejo, nas duas profundidades estudadas (Tabela 1). Dados similares foram obtidos por Albuquerque et al. (2001). Porém, contrariando os resultados do presente estudo, Da Ros et al. (1997) observaram menor porosidade total sob preparo convencional com aração e gradagem do que sob PD em duas camadas de solo, e Anjos et al. (1994), estudando diferentes sistemas de manejo de solo e floresta subtropical, não encontraram diferenças entre os tratamentos para porosidade total na camada 0-20 cm.

Para porosidade total houve diferença entre as duas profundidades de amostragem em todos os sistemas de manejo de solo estudados, com exceção da floresta (Tabela 1). A porosidade total é maior na camada 0-5 cm do que na 10-15 cm, provavelmente pelo maior nível de matéria orgânica do solo resultante da deposição de restos culturais, independentemente do tipo de manejo de solo (DE-POLLI et al., 1996).

O plantio direto apresentou maior valor para microporosidade do que PCD, PCA, CM e floresta, na camada 0-5 cm. A microporosidade do CM foi maior que as de PCD, PCA e floresta na mesma camada. Além disso, a floresta apresentou menor valor de microporosidade em relação a PCD e PCD na camada 0-5 cm. Stone e Silveira (2001) observaram que PD e preparo somente com grade apresentaram maior valor para microporosidade na camada 0-10 cm.

O plantio direto mostrou redução do valor de microporosidade da camada 0-5 cm para a 10-15 cm, enquanto PCD e PCA apresentaram incremento nesse valor (Tabela 2). Albuquerque et al. (1995), Andreola et al. (2000) e Stone e Silveira (2001), estudando sistemas de manejo de solo, não encontraram diferenças para os valores de microporosidade entre as camadas de solo.

A floresta apresentou maior valor para macroporosidade do que os sistemas de manejo de solos em ambas as camadas estudadas (Tabela 2). Como esperado, o solo na floresta possui maior volume de macroporos do que nos sistemas de manejo de solo estudados. Na camada 0-5 cm, PD mostrou menor valor de macroporosidade que PCD. Albuquerque et al. (2001) encontraram em floresta maior valor de macroporosidade do que PD nas camadas 0-5 cm e 10-15 cm, respectivamente. Stone e Silveira (2001) verificaram em preparo com arado e grade, preparo com arado e preparo com grade maiores valores de macroporosidade que PD, na camada 0-10 cm.

Na Tabela 2 são mostradas as diferenças para macroporosidade entre os sistemas de manejo de solo PD e PCD. O valor da macroporosidade diminuiu da camada 0-5 cm para a 10-15 cm na maioria dos solos sob cultivo. Trein et al. (1991) verificaram em PD maior macroporosidade

Tabela 2 - Valores de microporosidade e de macroporosidade, nas camadas de solo 0-5 e 10-15 cm de profundidade, em quatro sistemas de manejo de solo e em floresta subtropical (Embrapa Trigo, Passo Fundo, RS, 2004)

Sistema de produção	Profundidade (cm)		
	0-5	10-15	0-5 x 10-15
	Microporosidade ($\text{m}^3 \text{m}^{-3}$)		Contraste entre profundidades (P > F)
PD	0,41	0,40	**
PCD	0,37	0,40	*
PCA	0,38	0,41	**
CM	0,39	0,40	ns
FST	0,34	0,33	ns
	Contraste entre sistemas		
PD x PCD	**	ns	
PD x PCA	**	*	
PD x CM	*	ns	
PD x FST	**	**	
PCD x PCA	ns	ns	
PCD x CM	*	ns	
PCD x FST	*	**	
PCA x CM	*	*	
PCA x FST	*	**	
CM x FST	**	**	
	Macroporosidade ($\text{m}^3 \text{m}^{-3}$)		Contraste entre profundidades (P > F)
PD	0,09	0,07	*
PCD	0,14	0,09	**
PCA	0,15	0,08	**
CM	0,13	0,09	*
FST	0,33	0,29	ns
	Contraste entre sistemas		
PD x PCD	**	ns	
PD x PCA	ns	ns	
PD x CM	ns	ns	
PD x FST	**	**	
PCD x PCA	ns	ns	
PCD x CM	ns	ns	
PCD x FST	*	**	
PCA x CM	ns	ns	
PCA x FST	**	**	
CM x FST	**	**	

ns = não-significativo; * = nível de significância de 5%; ** = nível de significância de 1%.

PD: plantio direto; PCD: preparo convencional de solo com arado de discos; PCA: preparo de solo com arado de aivecas; CM: cultivo mínimo; FST: floresta subtropical.

na camada 0-7,5 cm do que na camada 7,5-15,0 cm. A macroporosidade na floresta não apresentou diferença entre as camadas estudadas (Tabela 2).

Os atributos físicos de solo avaliados são interdependentes; assim, os efeitos do manejo de solo sobre os mesmos valem para todos. Observa-se em PD tendência de ocorrerem maiores valores para densidade do solo e macroporosidade, e menores valores de porosidade total e macroporosidade, em ambas camadas estudadas (Tabelas 1 a 2). A área onde se instalou o experimento foi submetida, durante longo período, ao preparo convencional com aração e gradagens. Isso pode explicar a diferença entre os valores de cada atributo físico, verificada entre as camadas 0-5 e 10-15 cm. Normalmente, no Rio Grande do Sul, a profundidade de mobilização do solo pelo preparo convencional de solo raramente se aprofundava abaixo de 10 cm (KOCHHANN et al., 1999).

Nesse trabalho, não houve intenção, entretanto, de estabelecer comparações entre as alterações promovidas pelos tratamentos e o estado natural do solo observado na condição de floresta, uma vez que o experimento foi instalado em área que já encontrava-se submetida à ação antrópica, sendo, portanto, impossível avaliar as alterações dos tratamentos promovidas nas condições originais de estruturação. Os dados de condição original, porém, são úteis para se balizar até que ponto os valores dos atributos físicos poderiam atingir para uma completa recuperação da estrutura.

Sistemas de rotação de culturas

Os sistemas de rotação de culturas não apresentaram diferenças entre si na densidade de solo (Tabela 3). Por serem atividades antrópicas, os sistemas de rotação de culturas mostraram maior densidade do solo que a floresta em ambas as camadas. No sistema I (trigo/soja), uma sucessão de culturas com caráter de monocultura, a densidade de solo foi maior que no sistema II (trigo/soja e ervilhaca/milho) na camada 0-5 cm. Albuquerque et al. (1995) verificaram que a monocultura trigo/soja apresentou igualmente maior densidade de solo do que as seqüências trigo/soja e aveia preta + ervilhaca/milho e trigo/soja, aveia preta/soja e aveia preta/soja na camada 0-5 cm. Isso pode ter ocorrido em virtude da presença de aveia preta nas duas últimas seqüências, que, em razão do sistema radicular mais desenvolvido, favorece o restabelecimento de agregados de solo. De acordo com Reinert (1993), cada espécie cultivada tem efeito diferenciado sobre a densidade de solo, em virtude dos respectivos sistema radicular e tipo e quantidade de resíduo vegetal remanescente; assim, podem contribuir ou não para a conservação e restauração da estrutura. A densidade do solo encontrada nos sistemas de rotação de culturas sugere que não houve indícios de severa compactação de solo, embora os valores observados na superfície situem-se próximos do valor consi-

derado, por Resende (1995), como crítico para latossolos argilosos, com grau de saturação hídrica abaixo de 50%.

Stone e Silveira (2001), estudando seis diferentes rotações de culturas, verificaram densidade do solo mais elevada na camada 0-10 cm nas monoculturas e em rotação sem presença de milho ou adubo verde, e Albuquerque et al. (1995) observaram que a monocultura trigo/soja propiciou maior valor de densidade do solo na camada 1,0-8,6 cm que os demais sistemas de rotação, indicando que a produção de maior quantidade de biomassa contribuiu para a redução da densidade do solo.

Na Tabela 3 observam-se as diferenças para a densidade do solo entre as camadas de solo dos sistemas de rotação de culturas estudados. Assim como no presente trabalho, Spera et al. (2002), estudando sistemas mistos de produção, em Passo Fundo, RS, observaram menor valor de densidade do solo na camada 0-5 cm em relação à camada 10-15 cm. Stone e Silveira (2001), estudando sistemas de rotação de culturas, não encontraram diferenças entre as médias para esse atributo.

Houve diferenças na porosidade total entre os sistemas de rotação de culturas I e II. Nos sistemas de rotação de culturas, a porosidade total do solo foi menor que na

Tabela 3 - Valores densidade de solo e de porosidade total, nas camadas de solo 0-5 e 10-15 cm de profundidade, em três sucessões de culturas e em floresta subtropical (Embrapa Trigo, Passo Fundo, RS, 2004)

Sistema de rotação de culturas	Profundidade (cm)		
	0-2	10-15	0-2 x 10-15
	Densidade de solo (Mg m ⁻³)		Contraste entre profundidades (P > F)
Rotação I	1,30	1,38	**
Rotação II	1,25	1,35	**
Rotação III	1,27	1,36	**
FST	0,88	1,02	ns
	Contraste entre sistemas		
I x II	**	ns	
I x III	ns	ns	
I x FST	**	**	
II x III	ns	ns	
II x FST	**	**	
III x FST	*	**	
	Porosidade total (m ³ m ⁻³)		Contraste entre profundidades (P > F)
Rotação I	0,50	0,49	**
Rotação II	0,52	0,49	**
Rotação III	0,51	0,48	**
FST	0,67	0,62	ns
	Contraste entre sistemas		
I x II	**	ns	
I x III	ns	ns	
I x FST	**	**	
II x III	ns	ns	
II x FST	**	**	
III x FST	**	**	

ns = não-significativo; * = nível de significância de 5%; ** = nível de significância de 1%.

Sistemas de rotação de culturas: sucessão I: trigo/soja; sucessão II: trigo/soja e ervilhaca/milho; sucessão III: trigo/soja, ervilhaca/milho e aveia branca/soja; FST: floresta subtropical.

floresta em ambas as camadas (Tabela 3). Por outro lado, o sistema I mostrou menor porosidade total do que o sistema II na camada 0-5 cm. Albuquerque et al. (1995) observaram em monocultura trigo/soja menor porosidade total em comparação com as demais rotações estudadas. Stone e Silveira (2001) compararam a porosidade total para as rotações milho/feijão, milho/feijão e arroz/feijão, arroz consorciado com calopogônio/feijão, e soja/trigo/soja/feijão/arroz/feijão; somente no primeiro sistema constataram porosidade total mais elevada na camada 0-10 cm em relação a soja/trigo.

As diferenças de densidade do solo entre as camadas estudadas para todos os sistemas de rotação refletiram-se na porosidade total (Tabela 3). Assim, a porosidade total do solo foi maior na camada 0-5 cm do que na 10-15 cm, refletindo as alterações na densidade do solo. Spera et al. (2002) também verificaram, em sistemas mistos de produção, redução da porosidade total na camada 10-15 cm relação à 0-5 cm. Albuquerque et al. (1995) e Stone e Silveira (2001) não encontraram diferença para o valor de porosidade entre as profundidades estudadas; entretanto, no presente estudo o histórico de uso do solo difere das condições dos referidos trabalhos, pois neste a área foi submetida ao preparo com arado e grade por mais de 30 anos, apresentando evidente pé-de-grade na camada 10-15 cm.

Na floresta foram encontrados os menores valores de microporosidade em comparação aos sistemas de rotação de culturas estudados e não houve diferenças entre o valor de microporosidade nos sistemas de rotação de culturas (Tabela 4). Dados similares foram obtidos por Albuquerque et al. (1995), estudando sistemas de rotação de culturas da mesma região. As seqüências trigo/soja, ervilhaca/milho e aveia branca/soja apresentaram diferenças para microporosidade entre as camadas estudadas. Nesse caso, a microporosidade foi maior na camada 10-15 cm. Albuquerque et al. (1995) não encontraram, nos sistemas de rotação de culturas e em floresta, diferenças entre as profundidades para microporosidade.

Ao contrário da microporosidade, na floresta foram observados maiores valores de macroporosidade em comparação aos sistemas de rotação de culturas (Tabela 4). Isso demonstra que há melhor distribuição de macroporos em solo sob floresta. Stone e Silveira (2001) encontraram maior macroporosidade na camada 0-10 cm dos sistemas milho/feijão, milho/feijão e arroz/feijão, e arroz consorciado com calopogônio, e menor na monocultura soja/trigo. Albuquerque et al. (1995) não encontraram diferenças para macroporosidade entre sistemas de rotação.

Foram constatadas diferenças de macroporosidade entre as camadas estudadas dos sistemas de rotação de culturas (Tabela 4). Isso indica que a macroporosidade está mais sujeita a mudanças impostas pelo manejo do que a microporosidade. A macroporosidade foi menor na

camada 10-15 cm. Resultados similares foram obtidos por Spera et al. (2002) com sistemas mistos de produção, no qual a macroporosidade foi menor na camada 10-15 cm. Para floresta, não houve diferença para macroporosidade entre as profundidades estudadas. Albuquerque et al. (1995) não encontraram diferenças entre as profundidades e entre os sistemas de rotação de culturas para macroporosidade.

Efeitos no rendimento de culturas

O aumento da densidade do solo e a redução da porosidade total podem ser considerados como indicadores de degradação estrutural e de presença de compactação; entretanto, maior densidade do solo e menor microporosidade na camada 0-5 cm do PD em comparação aos demais sistemas de manejo (Tabela 1) não estão afetando negativamente o rendimento de culturas. Trigo, soja e milho tenderam a apresentar maior rendimento de grãos sob manejos conservacionistas de solo (Tabela 5). Valores significativamente diferentes para rendimento ocorreram sob diferentes rotações de culturas (Tabela 6). Verifica-se que os maiores rendimentos de trigo e de milho foram obtidos em sistemas de rotação de culturas com duas safras sem milho e

Tabela 4 - Valores de microporosidade e de macroporosidade, nas camadas de solo 0-2 e 10-15 cm de profundidade, em três sucessões de culturas e em floresta subtropical (Embrapa Trigo, Passo Fundo, RS, 2004)

Sistema de rotação de culturas	Profundidade (cm)		
	0-2	10-15	0-2 x 10-15
	Microporosidade (m ³ m ⁻³)		Contraste entre profundidades (P > F)
Rotação I	0,39	0,41	ns
Rotação II	0,39	0,40	ns
Rotação III	0,39	0,40	*
FST	0,34	0,33	ns
	Contraste entre sistemas		
I x II	ns	ns	
I x III	ns	ns	
I x FST	**	**	
II x III	ns	ns	
II x FST	**	**	
III x FST	**	**	
	Macroporosidade (m ³ m ⁻³)		Contraste entre profundidades (P > F)
Rotação I	0,12	0,07	**
Rotação II	0,14	0,09	**
Rotação III	0,12	0,08	**
FST	0,33	0,29	ns
	Contraste entre sistemas		
I x II	ns	ns	
I x III	ns	ns	
I x FST	**	**	
II x III	ns	ns	
II x FST	**	**	
III x FST	**	**	

ns = não-significativo; * = nível de significância de 5%; ** = nível de significância de 1%.

Sistemas de rotação de culturas: sucessão I: trigo/soja; sucessão II: trigo/soja e ervilhaca/milho; sucessão III: trigo/soja, ervilhaca/milho e aveia branca/soja; FST: floresta subtropical.

Tabela 5 - Rendimento de grãos de culturas (ou biomassa seca) em diferentes sistemas de manejo de solo (Embrapa Trigo, Passo Fundo, RS, 2004)

Sistema de manejo de solo	Cultura de inverno (safra 2000)			Cultura de verão (safra 2000/2001)		
	Trigo	Aveia branca	Ervilhaca*	Soja	Milho	Sorgo
PD	2.565a	3.791 ^{ns}	2.702 ^{ns}	3.536a	9.886a	7.235 ^{ns}
PCD	2.354bc	3.818	2.873	3.250ab	7.551b	6.490
PCA	2.282c	3.861	2.655	2.948b	7.384b	6.580
CM	2.543ab	3.739	3.357	3.560a	9.197a	7.230
C.V. (%)	13,9	7,1	14,2	11,6	8,6	6,8

Médias seguidas das mesmas letras na coluna não diferem entre si pelo teste de Duncan (5%). *Kg ha⁻¹ de biomassa seca.

Tabela 6 - Rendimento de grãos de culturas em diferentes sistemas de rotação de culturas (Embrapa Trigo, Passo Fundo, RS, 2004)

Sistemas de rotação de culturas	Trigo	Soja	Milho
Sistema I (trigo/soja em monocultura)	1.612c	3.036b	-
Sistema II (trigo/soja e ervilhaca/milho)	1.817b	3.421a	8.176b
Sistema III (trigo/soja, ervilhaca/milho e aveia branca/soja)	2.014a	3.424a	8.733a
C.V. (%)	13,9	11,6	8,6

trigo. Derpsch et al. (1986) verificaram maior densidade do solo em plantio direto em comparação com cultivo mínimo e preparo convencional de solo; porém, os rendimentos de trigo e soja obtidos foram maiores sob plantio direto. Assim, concluíram que o não-revolvimento do solo, combinado com a rotação de culturas é eficiente na redução dos efeitos da compactação de solos.

A densidade do solo ainda tem sido o atributo mais usado para avaliação de compactação de solos em ensaios sobre manejo de solo, mas, por ser uma medida estática, não é sensível para detectar a condição física do solo. Normalmente esse parâmetro é afetado por uma combinação tanto de fatores de ponderação desconhecida quanto de natureza mecânica, biológica, física e química, além de oferecer valor único para diferentes condições estruturais do solo (McGARRY et al., 2000). Assim, fatores de outra natureza podem estar afetando mais o rendimento de culturas do que os atributos físicos.

Referências

ALBUQUERQUE, J. A.; REINERT, D. J.; FIORIN, J. E.; RUEDELL, J.; PETRERE, C.; FONTINELLI, F. Rotação de Culturas e Sistemas de Manejo do Solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 19, n. 1, p. 115-119, 1995.

_____; SANGOI, L.; ENDER M. Efeitos da Integração Lavoura-Pecuária nas Propriedades Físicas do Solo e Características da Cultura do Milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 25, n. 3, p. 717-723, 2001.

ANDREOLA, F.; COSTA, L. M.; OLSZEWSKI, N. Influência da Cobertura Vegetal de Inverno e da Adubação Orgânica e, ou, Mineral sobre as Propriedades Físicas de uma Terra Roxa Estruturada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 24, n. 4, p. 857-865, 2000.

ANJOS, J. T.; UBERTI, A. A. A.; VIZZOTTO, V. J.; LEITE, G. B.; KRIEGER, M. Propriedades Físicas em Solos sob Diferentes Sistemas de Uso e Manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.18, n. 1, p. 139-145, 1994.

BERTOL, I.; ALBUQUERQUE, J. A.; LEITE, D.; AMARAL, A. J.; ZONDAN JUNIOR, W. A. Propriedades Físicas do Solo sob Preparo

Conclusões

O sistema plantio direto apresentou maior densidade de solo que os demais sistema de manejo e que a floresta na camada superficial.

O solo sob floresta apresentou maiores porosidade total e macroporosidade e menores densidade do solo e microporosidade que os sistemas de manejo de solo e os sistemas de rotação de culturas.

A densidade de solo foi menor na camada 0-5 cm do que na camada 10-15 cm na maioria dos sistemas de manejo de solo e de rotação de culturas, enquanto para a porosidade total e macroporosidade ocorreu o inverso.

A densidade do solo sob rotação de culturas foi menor que sob monocultura trigo/soja (Sistema I), indicando efeito benéfico dessa prática agrícola sobre a estrutura de solo.

O PD, apesar de apresentar maior densidade do solo que os demais sistemas de manejo na camada superficial, não induziu redução no rendimento de grãos.

Convencional e Semeadura Direta em Rotação e Sucessão de Culturas, Comparadas às do Campo Nativo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 28, n. 1, p.155-163, 2004.

DA ROS, C. O.; SECCO, D.; FIORIN, J. E.; PETRERE, C.; CADORE, M.A.; PASA, L. Manejo do Solo a partir de Campo Nativo: Efeito sobre a Forma e Estabilidade da Estrutura ao Final de Cinco Anos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 21, n. 2, p. 241-247, 1997.

DE-POLLI, H.; GUERRA, J. G. M.; ALMEIDA, D. L.; FRANCO, A. A. Adubação Verde: Parâmetros para Avaliação de sua Eficiência. In: CASTRO FILHO, C.; MUZILLI, O. **Manejo Integrado de Solos em Microbacias Hidrográficas**. Londrina: IAPAR, 1996. p. 225-242.

DERPSCH, R.; ROTH, C.H.; SIDIRAS, N.; KÖPKE, U. **Controle da Erosão no Paraná, Brasil: Sistemas de Cobertura do Solo, Plantio Direto e Preparo Conservacionista do Solo**. Eschborn: GTZ, 1991. 272 p.

DERPSCH, R.; SIDIRAS, N.; ROTH, C. H. Results of Studies Made from 1977 to 1984 to Control Erosion by Cover Crops and No-Tillage Techniques in Paraná, Brazil. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 8, n. 2, p. 253-263, 1986.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de Métodos de Análise de Solos**. 2. ed. Brasília, 1997. 212 p. EMBRAPA CNPS. Documentos, 1.

FEDERAÇÃO BRASILEIRA DE PLANTIO DIRETO NA PALHA - FEBRAPDP. Expansão da área Cultivada em Plantio Direto no Brasil. Disponível em: <http://www.febrapdp.org.br/pd_area_estados.htm>. Acesso em: 20 ago. 2003.

KLUTHCOUSKI, J. **Efeito do Manejo em alguns Atributos de um Latossolo Roxo sob Cerrado e nas Características Produtivas do Milho, Soja, Arroz e Feijão após Oito Anos de Plantio Direto**. Piracicaba: ESALQ, 1998. 180p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Universidade de São Paulo, Piracicaba.

KOCHHANN, R. A.; DENARDIN, J. E.; FAGANELLO, A. **É necessária a Descontinuidade do Sistema Plantio Direto após Dez anos de Adoção?** Passo Fundo: Embrapa Trigo, 1999. 10 p. Comunicado Técnico Online, 43. Disponível em: <www.cnpt.embrapa.br/biblio/p_co43.htm>. Acesso em: 19 set. 2003.

McGARRY, D.; BRIDGE, B. J.; RADFORD, B. J. Constrasting soil Physical Properties after Zero and Traditional Tillage of an Alluvial Soil in the Semi-Arid Tropics. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 53, n. 1, p.105-115, 2000.

REEVES, D. W. Soil Management under No-Tillage: Soil Physical Aspects. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DO SISTEMA PLANTIO DIRETO, 1., Passo Fundo, 1995. **Resumos...** Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 1995. p. 127-130.

REINERT, D. J. **Recuperação da Agregação pelo Uso de Leguminosas e Gramínea em Solo Podzólico Vermelho-Amarelo**. Santa Maria: UFSM, 1993. 62 p.

RESENDE, P. C. S. **Resistência Mecânica e sua Variação com a Umidade e com a Densidade do Solo em Latossolo Vermelho-Escuro do Cerrado**. Botucatu: UNESP, 1995. 64 p. Dissertação (Mestrado em Solos) – Faculdade de Ciências Agrárias.

SANTOS, H. P.; TOMM, G. O. Disponibilidade de Nutrientes e Teor de Matéria Orgânica em Função de Sistemas de Cultivo e de Manejo de Solo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 33, n. 3, p. 477-486, 2003.

SPERA, S. T.; SANTOS, H. P. dos; FONTANELI, R. S.; TOMM, G. O. Efeitos de Sistemas de Produção de Grãos Envolvendo Pastagens sob Plantio Direto nos Atributos Físicos de Solo. In: Embrapa Trigo. **Soja: Resultados de Pesquisa 2001/2002 e 2002/2003**. Passo Fundo, 2003. p.235-248. Embrapa Trigo. Documentos, 39. Trabalho apresentado na 30. Reunião de Pesquisa de Soja da Região Sul, Cruz Alta, RS, 2002.

_____; _____.; LLAMBY, J.C.B.; SPERA, M.R.N. Efeito de Sistemas de Rotação de Culturas sobre a Densidade e Porosidade do Solo em Plantio Direto, em Passo Fundo, RS. In: REUNIÃO SUL-BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO, 3., 2000, Pelotas. **Resumos Expandidos...** Pelotas: SBCS, NRS, 2000. p. 300-308. CD-ROM.

STONE, L. F. ; SILVEIRA, P. M. Efeitos do Sistema de Preparo e da Rotação de Culturas na Porosidade e Densidade do Solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 25, n. 2, p. 395-401, 2001.

STEEL, G. D.; TORRIE, J. H. **Principles and Procedures of Statistics: a Biometrical Approach**. 2. ed. New York: McGraw-Hill, 1980. 633 p.

STRECK, E. V. ; KÄMPF, N. ; DALMOLIN, R. S. D.; KLAMT, E. ; NASCIMENTO, P. C. ; SCHNEIDER, P. **Solos do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2002. 126 p.

TREIN, C. R.; COGO, N. P.; LEVIEN, R. Métodos de Preparo do Solo na Cultura do Milho e Ressemeadura do Trevo, na Rotação Aveia + Trevo/Milho, após Pastejo Intensivo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 15, n. 1, p. 105-111, 1991.



Efeito de pastagens sobre o nível de fertilidade do solo em sistemas de produção de grãos sob plantio direto após dez anos

Henrique Pereira dos Santos¹, Renato Serena Fontaneli²,
Silvio Tulio Spera³ e Gilberto Omar Tomm⁴

Resumo - O objetivo do presente estudo foi avaliar a fertilidade de um Latossolo Vermelho Distrófico típico, em Passo Fundo, RS, dez anos após o estabelecimento de quatro sistemas de produção de grãos e de pastagens sob plantio direto: sistema I -- trigo/soja, aveia branca/soja e ervilhaca/milho; sistema II – trigo/soja, aveia branca/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca/milho; sistema III – pastagem perene de estação fria (festuca + trevo branco + trevo vermelho + cornichão); sistema IV – pastagem perene de estação quente (pensacola + aveia preta + azevém + trevo branco + trevo vermelho + cornichão); e sistema V – alfalfa para feno, que foi acrescentado como tratamento adicional, com repetições em áreas contíguas ao experimento, em 1994. As áreas sob os sistemas III, IV e V retornaram ao sistema I a partir do verão de 1996. Os sistemas I, II, III, IV e V elevaram o nível de matéria orgânica e os teores de P extraível e de K trocável, principalmente na camada de solo 0-5 cm. Nos sistemas I, II, III, IV e V, os níveis de matéria orgânica e os teores de Al trocável, P extraível e de K trocável diminuíram da camada 0-5 cm para a camada 15-20 cm, enquanto para os valores de pH e de Ca e Mg trocáveis ocorreu o inverso.

Palavras-chave: rotação de culturas, integração lavoura-pecuária, pastagem anual, pastagem perene.

Effect of pastures on soil fertility in crop production systems under no-tillage after ten years

Abstract - The objective of this study was to assess the soil fertility on a typical dystrophic Red Latosol (Typic Haplorthox) located in Passo Fundo, State of Rio Grande do Sul, Brazil, ten years after the introduction of mixed production systems, using production systems integrating grain production with pastures under no-tillage. Four production systems were evaluated: system I (wheat/soybean, white oat/soybean, and common vetch/corn); system II (wheat/soybean, white oat/soybean, and grazed black oat + grazed common vetch/corn); system III [perennial-cool season pastures (fescue + white clover + red clover + birdsfoot trefoil)]; system IV [perennial-warm season pastures (bahiagrass + black oat + rye grass + white clover + red clover + birdsfoot trefoil)]; and system V (alfalfa as hay crop), which was established in an adjacent area in 1994. The areas under systems III, IV, and V returned to system I after the summer of 1996. The systems I, II, III, IV e V increased the soil contents of organic matter, extractable P, and exchangeable K, mainly at 0-5 cm depth. The systems I, II, III, IV e V organic matter, exchangeable Al, extractable P, and exchangeable K levels decreased from the 0-5 cm layer to the 20-30 cm layer, while the opposite occurred with pH and exchangeable Ca and Mg contents.

Key words: crop rotation, ley farming, annual pasture, perennial pasture.

¹ Engenheiro Agrônomo, Dr., Embrapa-Centro Nacional de Pesquisa de Trigo (Embrapa Trigo), Caixa Postal 451, CEP 99001-970 Passo Fundo (RS). E-mail: hpsantos@cnpt.embrapa.br. Bolsista CNPq-PQ.

² Engenheiro Agrônomo, Ph.D., Embrapa Trigo, e Professor Titular da UPF-FAMV. E-mail: renatof@cnpt.embrapa.br. Bolsista CNPq-PQ.

³ Engenheiro Agrônomo, M.Sc., Embrapa Trigo. Doutorando do Curso de Sistema de Produção da UPF/FAMV. E-mail: spera@cnpt.embrapa.br

⁴ Engenheiro Agrônomo, Ph.D., Embrapa Trigo. E-mail: tomm@cnpt.embrapa.br

Recebido para publicação em 24/03/2006



Introdução

O conjunto de práticas que constituem a agricultura conservacionista representa notável progresso no desenvolvimento agrícola das últimas duas décadas no Brasil. A redução ou eliminação do revolvimento para preservar os resíduos vegetais sobre a superfície do solo, a ampliação da biodiversidade por meio de rotação de culturas e cultivos múltiplos, o uso de plantas de cobertura, a integração lavoura-pecuária e os sistemas agroflorestais constituem os pilares de sustentação de um modelo holístico de produção, principalmente pelos seus benefícios na proteção do solo, da água, do ar e da biota em terras cultivadas.

No contexto da agricultura conservacionista, uma das modalidades mais eficazes para garantir a sustentabilidade e combater os problemas da degradação ambiental é o plantio direto, que hoje ocupa aproximadamente 70 milhões de hectares em todo o mundo. Nesse sistema de manejo de solo, tem sido observado acúmulo de matéria orgânica, Ca, Mg, P e K, principalmente na camada superficial do solo (SÁ, 1993; DE MARIA et al., 1999; MATOWO et al., 1999; SANTOS e TOMM, 1999; SILVEIRA e STONE, 2001). Ademais, tem sido verificada, igualmente na camada superficial, acidificação do solo (SALET, 1994; PAIVA et al., 1996).

Nesse contexto, a integração lavoura-pecuária sob plantio direto destaca-se como uma estratégia promissora para desenvolver sistemas de produção menos intensivos no uso de insumos e mais sustentáveis a longo prazo. Tem sido relatado que o uso de pastagens perenes pode beneficiar as culturas produtoras de grãos subsequentes, em razão da melhoria da fertilidade do solo, por meio da reciclagem de nutrientes, adicionando N ao solo via leguminosas (GIACOMINI et al., 2003).

Este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito de sistemas de produção de grãos e de pastagens anuais de inverno e pastagens perenes, sob sistema plantio direto, após dez anos de cultivo, sobre os atributos de fertilidade de solo.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido no Centro Nacional de Pesquisa de Trigo (Embrapa Trigo), município de Passo Fundo, RS (longitude 28° 15' S, latitude 52° 24' W e altitude 684 m), no período de 1993 a 2002, em Latossolo Vermelho Distrófico típico (STRECK et al., 2002), textura muito argilosa e relevo suave-ondulado.

Os tratamentos consistiram em quatro sistemas de produção integrando culturas de grãos: aveia branca (*Avena sativa* L.), milho (*Zea mays* L.), soja (*Glycine max* (L.) Merrill) e trigo (*Triticum aestivum* L.); forrageiras anuais de inverno: aveia preta (*Avena strigosa* Schreb.), azevém (*Lolium multiflorum* L.) e ervilhaca (*Vicia sativa* L.); e

forrageiras perenes: alfafa (*Medicago sativa* L.), cornichão (*Lotus corniculatus* L.), festuca (*Festuca arundinacea* Schreb.), pensacola (*Paspalum notatum* Flüggé), trevo branco (*Trifolium repens* L.) e trevo vermelho (*Trifolium pratense* L.). Compararam-se os seguintes sistemas: sistema I – trigo/soja, aveia branca/soja e ervilhaca/milho; sistema II – trigo/soja, aveia branca/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca/milho; sistema III – pastagem perene de estação fria (festuca + trevo branco + trevo vermelho + cornichão); sistema IV – pastagem perene de estação quente (pensacola + trevo branco + trevo vermelho + cornichão); e sistema V – alfafa para feno, acrescentado como tratamento adicional, com repetições em áreas contíguas ao experimento, em 1994. As áreas sob os sistemas III, IV e V retornaram ao sistema I, a partir do verão de 1996. Todas as espécies, tanto no inverno como no verão, foram estabelecidas sob plantio direto.

Em abril de 1993, antes da semeadura das culturas de inverno, foram coletadas amostras de solo em cada parcela, à profundidade de 0-20 cm, e os valores médios observados foram: argila = 480 g kg⁻¹; pH = 6,0; Al trocável = 0,5 mmol dm⁻³; Ca + Mg trocáveis = 102,8 mmol dm⁻³; matéria orgânica = 23,0 g kg⁻¹; P extraível = 5,3 mg kg⁻¹; e K trocável = 60 mg kg⁻¹. Três anos antes da instalação do experimento, foi efetuada calagem com calcário dolomítico, baseada no método SMP (pH 6,0). As parcelas semeadas com alfafa foram corrigidas novamente com 6,0 t ha⁻¹ de calcário (PRNT 100%), para elevar o pH para 6,5, aplicadas em duas vezes: metade antes da aração (arado de discos) e metade antecedendo a gradagem (grade de disco). Um fragmento de floresta subtropical com araucárias, adjacente ao experimento, também foi amostrado, com o mesmo número de repetições, e admitido como referencial do estado de fertilidade do solo antes de este ser submetido às alterações antrópicas.

A adubação de manutenção foi baseada na média dos valores observados nas análises químicas da área experimental. Amostras de solo foram coletadas após cada três anos, depois da colheita das culturas de verão. Em maio de 2002, após a colheita das culturas de verão, foram coletadas amostras de solo compostas de duas subamostras por parcela, em cada uma das seguintes profundidades: 0-5 cm, 5-10 cm, 10-15 cm e 15-20 cm. As análises (pH em água, P extraível, K trocável, matéria orgânica, Al trocável e Ca + Mg trocáveis) seguiram os métodos descritos por Tedesco et al. (1985).

O delineamento experimental adotado foi em blocos ao acaso, com quatro repetições e parcelas de 400 m². Os diversos sistemas de produção integrando forrageiras anuais de inverno e forrageiras perenes com culturas produtoras de grãos foram comparados para cada atributo de fertilidade de solo em uma determinada profundidade de amostragem. As profundidades de amostragem de solo foram comparadas em cada sistema de produção estudado. Todas as comparações foram realizadas por meio de

EFEITO DE PASTAGENS SOBRE O NÍVEL DE FERTILIDADE DO SOLO EM SISTEMAS DE PRODUÇÃO DE GRÃOS SOB PLANTIO DIRETO APÓS DEZ ANOS

contrastes com um grau de liberdade (STEEL e TORRIE, 1980). A significância dos contrastes foi dada pelo teste F, levando-se em conta o desdobramento dos graus de liberdade do erro.

Resultados e discussão

Após quatro anos de cultivo, o atributo pH do solo (Tabela 1), para todas as camadas e sistemas de produção, apresentou valores absolutos menores do que os verificados nas camadas estudadas (0-5 cm: 5,96; 5-10 cm:

6,29; 10-15 cm: 6,48; e 15-20 cm: 6,27) (SANTOS et al., 2001). Em todos os sistemas estudados, observou-se perda gradual do efeito residual da calagem, que foi realizada antes do estabelecimento deste experimento. Em todos os sistemas, houve acidificação da camada 0-5 cm, requerendo nova calagem após dez anos, para possibilitar o cultivo eficiente de leguminosas (SOCIEDADE, 2004). Resultados semelhantes foram obtidos por Santos e Tomm (1996), por Paiva et al. (1996) e por Ciotta et al. (2002). A nitrificação dos nitrogenados amoniacais ou amídicos provavelmente contribuíram para a acidifica-

Tabela 1 - Valores médios de pH em água e de alumínio trocável, avaliados após as culturas de verão de 2002, em quatro camadas de solo e para diferentes sistemas de produção

Sistema de produção	Profundidade (cm)				Contraste entre profundidades (P > F)					
	0-5	5-10	10-15	15-20	0-5 x 5-10	0-5 x 10-15	0-5 x 15-20	5-10 x 10-15	5-10 x 15-20	10-15 x 15-20
	pH (água 1:1)				Contraste entre profundidades (P > F)					
Sistema I	5,54	5,72	5,98	5,97	ns	**	**	*	*	ns
Sistema II	5,58	5,48	5,97	6,06	ns	**	**	**	**	ns
Sistema III	5,43	5,51	5,92	6,13	ns	**	**	**	**	*
Sistema IV	5,20	5,56	6,10	5,98	**	**	**	**	**	ns
Sistema V	5,58	5,83	6,06	6,04	*	**	**	ns	ns	ns
Floresta (F)	4,63	4,73	4,50	4,43	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	Contrastes entre sistemas									
I x II	ns	ns	ns	ns						
I x III	ns	ns	ns	ns						
I x IV	ns	ns	ns	ns						
I x V	ns	ns	ns	ns						
I x F	**	**	*	**						
II x III	**	ns	ns	ns						
II x IV	**	ns	ns	ns						
II x V	ns	ns	ns	ns						
II x F	**	**	*	**						
III x IV	ns	ns	ns	ns						
III x V	**	ns	ns	ns						
III x F	**	ns	*	**						
IV x V	**	ns	ns	ns						
IV x F	**	ns	*	*						
V x F	**	**	*	**						
	Al (mmol _c dm ⁻³)				Contrastes entre profundidades (P > F)					
Sistema I	1,03	0,48	0,16	0,27	**	**	**	ns	ns	ns
Sistema II	1,92	1,21	0,32	0,16	ns	**	**	*	**	ns
Sistema III	2,90	2,52	0,75	0,63	ns	**	**	**	**	ns
Sistema IV	3,54	2,40	0,56	0,70	ns	**	**	*	*	ns
Sistema V	1,50	1,46	0,91	2,13	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Floresta (F)	11,30	17,50	27,95	30,63	ns	**	**	*	*	ns
	Contrastes entre sistemas									
I x II	ns	ns	ns	ns						
I x III	ns	ns	ns	ns						
I x IV	*	ns	ns	ns						
I x V	ns	ns	ns	ns						
I x F	**	**	**	**						
II x III	ns	ns	ns	ns						
II x IV	ns	ns	ns	ns						
II x V	ns	ns	ns	ns						
II x F	**	**	**	**						
III x IV	ns	ns	ns	ns						
III x V	ns	ns	ns	ns						
III x F	**	**	**	**						
IV x V	ns	ns	ns	ns						
IV x F	**	**	**	**						
V x F	**	**	**	**						

ns = não significativo; * = nível de significância de 5%; ** = nível de significância de 1%. I: trigo/soja, aveia branca/soja e ervilhaca/milho; II: trigo/soja, aveia branca/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca/milho; III: trigo/soja, aveia branca/soja e ervilhaca/milho após pastagem perene de estação fria; IV: trigo/soja, aveia branca/soja e ervilhaca/milho após pastagem perene de estação quente; V: trigo/soja, aveia branca/soja e ervilhaca/milho após alfafa; e F: floresta subtropical.

ção da camada superficial de solo, principalmente quando se consideraram longos períodos de cultivo sem aplicação de calcário ou quando elevada dose de fertilizante foi aplicada (PAIVA et al., 1996; FRANCHINI et al., 2000; ERNANI et al., 2001).

Apenas na camada superficial houve diferença significativa entre os sistemas estudados para os valores de pH do solo. Os sistemas II (trigo/soja, aveia branca/soja e aveia preta + ervilhaca/milho) e V (trigo/soja, aveia branca/soja e ervilhaca/milho após alfafa) mostraram valores de pH superiores aos dos sistemas III (trigo/soja, aveia branca/soja e ervilhaca/milho após pastagem perene de estação fria) e IV (trigo/soja, aveia branca/soja e ervilhaca/milho após pastagem perene de estação quente) na camada 0-5 cm. Provavelmente, as leguminosas (cornichão, trevo branco e trevo vermelho) utilizadas para pastagem perene de estação fria ou de estação quente, nos sistemas III e IV, podem ter perdido mais Ca trocável do que a ervilhaca dos sistemas II e V, de 1993 a 2002. Por sua vez, a floresta subtropical, que ainda preserva a condição edáfica original, apresentou valor de pH menor do que os de todos os sistemas na maioria das camadas estudadas. O valor de pH do solo nos sistemas estudados, exceto no sistema II, aumentou gradativamente da camada 0-5 cm para a camada 10-15 cm. Provavelmente, deva ter ocorrido nitrificação da camada superficial pelo não – revolvimento do solo. Santos e Tomm (1996), estudando durante 4 anos e meio os sistemas de rotação de culturas para trigo sob plantio direto, em Latossolo Bruno álico do Paraná, observaram que o pH aumentou da camada 0-5 cm (4,8) para a camada 15-20 cm (5,2).

Parte da resposta positiva das culturas à calagem pode ocorrer pelo aumento de absorção de N pelas plantas, tendo em vista que a diminuição da acidez proporciona ambiente mais favorável à atividade de microrganismos decompositores liberando N e outros nutrientes (EDMEADES et al., 1981).

O valor de Al trocável do solo (Tabela 1), em todas as camadas amostradas e sistemas de produção estudados, foi mais elevado do que na avaliação de maio de 1998 (0-5 cm: 0,54; 5-10 cm: 0,09; 10-15 cm: 0,00; e 15-20 cm: 0,14 mmol_c dm⁻³) (SANTOS et al., 2001). O aumento no teor de Al é consequência da acidificação. Somente na primeira camada avaliada houve diferença significativa entre os sistemas estudados. O valor de Al trocável do solo no sistema IV (trigo/soja, aveia branca/soja e ervilhaca/milho após pastagem perene de estação quente) foi maior do que o obtido no sistema I (trigo/soja, aveia branca/soja e ervilhaca/milho) na camada 0-5 cm. Provavelmente, as leguminosas (cornichão, trevo branco e trevo vermelho) utilizadas para pastagem perene de estação quente, no sistema IV, podem ter perdido mais Ca trocável do que a ervilhaca do sistema I, de 1993 a 2002, o que alteraria o valor de Al. Para as demais camadas, não houve diferença para o valor de Al trocável entre os sis-

temas estudados. Santos e Tomm (1998; 1999), Franchini et al. (2000) e Santos et al. (2003), usando sistemas de rotação de culturas, em Latossolo Bruno álico, em Latossolo Roxo distrófico e em Latossolo Vermelho Distrófico típico, sob plantio direto, respectivamente, não observaram diferença significativa para o valor de Al trocável nas camadas estudadas. Ademais, a floresta subtropical apresentou Al trocável do solo superior ao de todos os sistemas estudados, por não ter recebido calagem.

Nos cinco sistemas de produção, exceto no sistema V, foram observadas diferenças significativas no nível de Al trocável entre as profundidades de amostragem de solo. Nos sistemas I, II, III e IV, o valor de Al trocável do solo diminuiu da camada 0-5 cm para a camada 10-15 cm. Esses valores de Al estão relacionados aos de pH. Além disso, o sistema IV favoreceu maior acidificação, pois há relação entre o aumento do nível de Al trocável e a diminuição do pH. Santos e Tomm (1996) obtiveram dados semelhantes somente em um sistema de rotação de culturas para trigo sob plantio direto, em Latossolo Bruno álico, no Paraná (trigo/soja: de 10,4 mmol_c dm⁻³ para 4,9 mmol_c dm⁻³). Em trabalho conduzido por Sidiras e Pavan (1985), usando sistemas de rotação de culturas incluindo trigo sob plantio direto em Latossolo Roxo distrófico, em Rolândia, PR, e em Terra Roxa Estruturada, em Londrina, PR, os resultados foram inversos, ou seja, houve incremento no teor de Al trocável da camada 0-10 cm para a 10-20 cm.

Nesta avaliação e em todos os sistemas de produção estudados, houve diminuição do valor de pH e aumento do teor de Al trocável na camada 0-5 cm, em relação ao observado em maio de 1998, cujos valores foram de 5,95-6,30 e 0,13-0,63 mmol_c dm⁻³, respectivamente (SANTOS et al., 2001), caracterizando acidificação nos primeiros centímetros do solo. Isso pode ser atribuído à aplicação de fertilizantes nitrogenados em todos os sistemas e à mineralização de resíduos culturais na superfície do solo (SALET, 1994).

Os valores de Ca e Mg trocáveis do solo (Tabela 2), em todas as camadas, são considerados elevados para o crescimento e desenvolvimento de culturas tradicionais da região (SOCIEDADE, 2004). Entretanto, os valores de Ca + Mg estiveram abaixo do observado quatro anos antes, em todas as camadas estudadas (0-5 cm: 92 mmol_c dm⁻³; 5-10: 95 mmol_c dm⁻³; 10-15 cm: 99 mmol_c dm⁻³; e 15-20 cm: 94 mmol_c dm⁻³) (SANTOS et al., 2001). A aplicação de calcário dolomítico, antes da instalação do experimento, forneceu Ca e Mg em quantidades adequadas para que ultrapassassem o nível crítico exigido pelas espécies vegetais dos sistemas estudados, que são 40 e 10 mmol_c dm⁻³, respectivamente (SOCIEDADE, 2004).

O sistema I superou o sistema II em teor de Ca trocável do solo na camada 0-5 cm. Provavelmente aveia preta + ervilhaca, no sistema I, podem ter retirado mais Ca via pastagem do que a ervilhaca do sistema I, que perma-

EFEITO DE PASTAGENS SOBRE O NÍVEL DE FERTILIDADE DO SOLO EM SISTEMAS DE PRODUÇÃO DE GRÃOS SOB PLANTIO DIRETO APÓS DEZ ANOS

neceu como cobertura de inverno, de 1993 a 2002. O sistema V apresentou teor de Ca trocável mais elevado do que o dos sistemas I, II, III e IV nas camadas 0-5 cm, 5-10 cm e 10-15 cm. Isso pode ser atribuído à aplicação de calcário, em 1994, no sistema V, o que não foi efetuado nos demais sistemas. Assim, o sistema V foi superior ao sistema II para teor de Mg trocável do solo nas camadas 0-5 cm, 5-10 cm e 10-15 cm. Além disso, o sistema V apresentou teor de Mg trocável mais elevado do que o do sistema I na camada 5-10 cm, provavelmente em razão da calagem em 1994. Resultados semelhantes foram ob-

tidos por Franchini et al. (2000), em estudos de sistemas de rotação de culturas em dois tipos de solo, no Paraná. Na floresta subtropical, evidentemente, os teores de Ca e de Mg trocáveis foram menores em relação aos de todos os sistemas de produção na maioria das camadas estudadas. Silveira e Stone (2001), estudando sistemas de rotação de culturas, em Latossolo Vermelho distrófico perférico, durante cinco anos, observaram teores de Ca + Mg trocáveis mais elevados nos dois sistemas soja/trigo (29,7 mmol_c dm⁻³) e soja/trigo/soja/feijão/arroz/feijão (27,2 mmol_c dm⁻³), em comparação com os sistemas ar-

Tabela 2 - Valores médios de cálcio e magnésio trocáveis, avaliados após as culturas de verão de 2002, em quatro camadas de solo e para diferentes sistemas de produção

Sistema de produção	Profundidade (cm)											
	0-5				5-10				10-15			
	0-5	5-10	10-15	15-20	0-5	5-10	10-15	15-20	0-5	5-10	10-15	
	Ca (mmol _c dm ⁻³)				Contrastes entre profundidades (P > F)							
Sistema I	49	53	58	55	*	**	**	**	ns	ns		
Sistema II	43	48	55	54	*	**	**	**	**	ns		
Sistema III	48	50	58	59	ns	**	**	**	**	ns		
Sistema IV	45	49	58	56	*	**	**	**	**	ns		
Sistema V	59	63	65	61	ns	*	ns	ns	ns	ns		
Floresta (F)	34	23	11	7	*	**	**	ns	*	ns		
	Contrastes entre sistemas											
I x II	*	ns	ns	ns								
I x III	ns	ns	ns	ns								
I x IV	ns	ns	ns	ns								
I x V	**	**	*	ns								
I x F	**	**	**	**								
II x III	ns	ns	ns	ns								
II x IV	ns	ns	ns	ns								
II x V	**	**	**	ns								
II x F	*	**	**	**								
III x IV	ns	ns	ns	ns								
III x V	**	**	*	ns								
III x F	**	**	**	**								
IV x V	**	**	*	ns								
IV x F	**	**	**	**								
V x F	**	**	**	**								
	Mg (mmol _c dm ⁻³)				Contrastes entre profundidades (P > F)							
Sistema I	29	30	31	33	ns	*	**	ns	*	ns		
Sistema II	27	28	32	31	ns	**	**	*	*	ns		
Sistema III	29	31	36	37	ns	**	**	**	**	ns		
Sistema IV	30	31	36	35	ns	**	**	**	**	ns		
Sistema V	34	36	37	37	ns	ns	ns	ns	ns	ns		
Floresta (F)	26	14	9	6	*	**	**	ns	ns	ns		
	Contrastes entre sistemas											
I x II	ns	ns	ns	ns								
I x III	ns	ns	ns	ns								
I x IV	ns	ns	ns	ns								
I x V	ns	*	ns	ns								
I x F	ns	**	**	**								
II x III	ns	ns	ns	*								
II x IV	ns	ns	ns	ns								
II x V	**	**	*	ns								
II x F	ns	**	**	**								
III x IV	ns	ns	ns	ns								
III x V	ns	*	ns	ns								
III x F	ns	**	**	**								
IV x V	ns	ns	ns	ns								
IV x F	ns	**	**	**								
V x F	*	**	**	**								

ns = não significativo; * = nível de significância de 5%; ** = nível de significância de 1%. I: trigo/soja, aveia branca/soja e ervilhaca/milho; II: trigo/soja, aveia branca/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca/milho; III: trigo/soja, aveia branca/soja e ervilhaca/milho após pastagem perene de estação fria; IV: trigo/soja, aveia branca/soja e ervilhaca/milho após pastagem perene de estação quente; V: trigo/soja, aveia branca/soja e ervilhaca/milho após alfafa; e F: floresta subtropical.

roz/feijão ($22,6 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$) e arroz consorciado com calopogônio/feijão ($22,4 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$) na camada 0-10 cm.

Em todos os sistemas de produção, exceto no sistema V e na floresta subtropical, foram verificadas diferenças significativas para a maioria das profundidades de amostras quanto aos teores de Ca e Mg trocáveis do solo, com exceção das duas camadas mais profundas. Nos sistemas I, II, III e IV, os teores de Ca e Mg trocáveis aumentaram da camada 0-5 cm para a camada 10-15 cm, enquanto para floresta subtropical ocorreu o inverso. Apesar, desses sistemas serem conduzidos sob plantio direto, provavelmente houve maiores perdas desses elementos químicos pela enxurrada na camada superficial do que nas demais camadas. Santos e Tomm (1996), estudando sistemas de rotação de culturas para trigo, em Latossolo Bruno álico, após 4 anos e meio no Paraná, nas mesmas profundidades, obtiveram dados semelhantes para o teor de Ca + Mg trocável (de $70,0$ para $85,9 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$). Por outro lado, Silveira e Stone (2001), avaliando sistemas de rotação de culturas para arroz e feijão, no estado de Goiás, observaram valores de Ca + Mg que decresciam de $25,4$ para $24,8 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$, respectivamente, na camada 0-10 cm em relação aos da camada 10-20 cm. No presente estudo, o sistema V não diferiu entre as profundidades de amostragem para o teor de Mg trocável.

O valor de matéria orgânica do solo (Tabela 3), em todas as camadas e sistemas de produção em 2002, foi superior ao valor registrado quatro anos antes (0-5 cm: 32 g kg^{-1} ; 5-10 cm: 25 g kg^{-1} ; 10-15 cm: 23 g kg^{-1} ; e 15-20 cm: 24 g kg^{-1}) (SANTOS et al., 2001). Isso, pode ser devido à menor taxa de decomposição dos resíduos vegetais, o que aumenta a fertilidade de solos ácidos com cargas dependentes de pH associado à matéria orgânica. Na maioria dos estudos sob plantio direto, tem sido observado acúmulo de matéria orgânica nas camadas próximas à superfície do solo. Por sua vez, esse acúmulo de matéria orgânica no sistema plantio direto aumenta a força iônica da solução de solo na camada superficial (SALET, 1994). A menor atividade iônica do alumínio explica, em parte, a não – ocorrência de toxicidade de alumínio.

Nos sistemas de produção estudados, em duas das quatro camadas houve diferenças significativas entre os níveis médios de matéria orgânica do solo. O sistema V foi superior aos sistemas II e IV para o nível de matéria orgânica nas camadas 10-15 cm e 15-20 cm. Além disso, o sistema V apresentou nível mais elevado de matéria orgânica do que o sistema III na camada 15-20 cm. Provavelmente, a aração e a gradagem por ocasião da aplicação de calcário, no sistema V, para o cultivo da alfafa, uniformizou o nível de matéria orgânica do solo, tornando o mesmo mais elevado nessas camadas de solo. Santos et al. (2003), estudando sistemas de produção de grãos com pastagens anuais de inverno, no mesmo tipo de solo do presente ensaio, verificaram que o nível de matéria orgânica do sistema trigo/soja, pastagem de aveia preta +

ervilhaca/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca/milho (36 g kg^{-1}) e do sistema trigo/soja, pastagem de aveia preta/soja e pastagem de aveia preta/soja (29 g kg^{-1}) foi superior ao do sistema trigo/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca/milho (32 e 27 g kg^{-1}) nas camadas 0-5 cm e 5-10 cm, respectivamente. Pelo observado, com o passar dos anos, as pastagens perenes de estação fria e de estação quente, juntamente com a alfafa para feno, tornaram-se semelhantes, em valores de matéria orgânica, aos sistemas de produção de grãos ou com pastagens anuais de inverno na maioria das camadas estudadas. Todavia, houve, em todos os sistemas estudados, acúmulo de matéria orgânica, principalmente na camada 0-5 cm. Por sua vez, a floresta subtropical foi superior a todos os sistemas estudados para o nível de matéria orgânica na camada 0-5 cm. Além disso, a floresta subtropical apresentou nível de matéria orgânica mais elevado do que o sistema II na camada 5-10 cm.

Foram observadas diferenças no nível de matéria orgânica na maioria das camadas de solo em todos sistemas de produção e na floresta subtropical. O nível de matéria orgânica do solo diminuiu da camada superficial para a camada mais profunda. Como todos os sistemas foram conduzidos sob plantio direto, exceto o sistema V, que foi preparado convencionalmente para incorporação de calcário, em 1994, ao acumular resíduo vegetal na superfície, apresentaram maior nível de matéria orgânica nessa camada em relação às demais. Resultado semelhante entre comportamento dos níveis de matéria orgânica da camada 0-5 cm para a camada 15-20 cm foram obtidos por Sá (1993), de 53 para 35 g kg^{-1} , por Santos e Tomm (1999), de $72-74$ para $69-71 \text{ g kg}^{-1}$, e por Santos et al. (2003), de $32-36$ para $23-24 \text{ g kg}^{-1}$, em sistemas de rotação de culturas para trigo sob plantio direto. A manutenção do nível de matéria orgânica em valores mais elevados apenas na camada superficial do solo decorre do acúmulo de resíduos vegetais sobre a superfície do solo sob plantio direto, resultante da ausência de incorporação física destes por meio do revolvimento, que é praticado no preparo convencional de solo, a qual diminui a taxa de mineralização. Resultados similares foram obtidos por Bayer e Mielniczuk (1997).

O teor de P extraível do solo (Tabela 3) nas camadas 0-5 cm e 5-10 cm, em todos os sistemas estudados, foi superior ao valor considerado crítico ($9,0 \text{ mg kg}^{-1}$), nesse tipo de solo, para crescimento e desenvolvimento de culturas tradicionais (SOCIEDADE, 2004). O teor de P na floresta subtropical foi inferior a esse nível, atestando a melhoria advinda de fertilizantes. O teor de P extraível do solo em todos os sistemas estudados aumentou nas camadas 0-5 cm e 5-10 cm em relação ao teor medido em 1998, cujos valores foram $15,3$, e $8,1 \text{ mg kg}^{-1}$, respectivamente (SANTOS et al., 2001). Conforme tem sido observado, o plantio direto provoca alterações nas propriedades químicas do solo, as quais, por sua vez, refle-

EFEITO DE PASTAGENS SOBRE O NÍVEL DE FERTILIDADE DO SOLO EM SISTEMAS DE PRODUÇÃO DE GRÃOS SOB PLANTIO DIRETO APÓS DEZ ANOS

tem-se na fertilidade e na eficiência de uso de nutrientes pelas espécies (SÁ, 1993; PAIVA et al., 1996). A rotação de culturas tem importante papel na ciclagem de nutrientes, uma vez que as espécies vegetais diferem entre si no que se refere à quantidade e à qualidade de resíduos fornecidos, à eficiência de absorção de íons e à exploração de diferentes profundidades de solo pelo sistema radical (MENGEL e KIRKBY, 1979).

Houve diferenças significativas entre os sistemas de produção estudados para o valor do P extraível do solo nas camadas 0-5 cm e 5-10 cm. O teor de P extraível do

solo foi maior nos sistemas I e V do que no sistema III na camada 0-5 cm. Além disso, o sistema V foi superior ao sistema IV na mesma camada. Por sua vez, o sistema II apresentou maior teor de P extraível do solo do que os sistemas III e IV nas camadas 0-5 cm e 5-10 cm. Provavelmente, houve mais acúmulo de P nos solos, nos sistemas I e II, que vinham sendo adubados (adubação de manutenção) duas vezes ao ano, desde 1993, do que os sistemas III e IV, com somente uma vez ao ano. A partir do verão de 1996/97, todos os sistemas foram adubados com a mesma quantidade de fertilizante. Resultados si-

Tabela 3 - Valores médios de matéria orgânica e de fósforo extraível, avaliados após as culturas de verão de 2002, em quatro camadas de solo e para diferentes sistemas de produção

Sistema de produção	Profundidade (cm)									
	0-5	5-10	10-15	15-20	0-5 x 5-10	0-5 x 10-15	0-5 x 15-20	5-10 x 10-15	5-10 x 15-20	10-15 x 15-20
	Matéria orgânica (g kg ⁻¹)				Contrastes entre profundidades (P > F)					
Sistema I	44	32	28	28	**	**	**	**	**	ns
Sistema II	44	31	28	27	**	**	**	**	**	ns
Sistema III	45	33	29	27	**	**	**	*	**	ns
Sistema IV	44	31	28	27	**	**	**	**	**	ns
Sistema V	46	34	31	30	**	**	**	**	**	*
Floresta (F)	58	36	30	26	*	**	**	ns	ns	ns
	Contrastes entre sistemas									
I x II	ns	ns	ns	ns						
I x III	ns	ns	ns	ns						
I x IV	ns	ns	ns	ns						
I x V	ns	ns	ns	ns						
I x F	**	ns	ns	ns						
II x III	ns	ns	ns	ns						
II x IV	ns	ns	ns	ns						
II x V	ns	ns	*	*						
II x F	**	*	ns	ns						
III x IV	ns	ns	ns	ns						
III x V	ns	ns	ns	*						
III x F	**	ns	ns	ns						
IV x V	ns	ns	*	*						
IV x F	**	ns	ns	ns						
V x F	**	ns	ns	ns						
	P (mg kg ⁻¹)				Contrastes entre profundidades (P > F)					
Sistema I	30,3	16,5	6,3	4,5	**	**	**	**	**	ns
Sistema II	34,0	21,2	6,9	5,0	**	**	**	**	**	ns
Sistema III	21,2	12,2	6,5	4,5	**	**	**	*	**	ns
Sistema IV	23,4	12,0	5,3	4,3	**	**	**	**	**	ns
Sistema V	34,5	16,9	7,1	4,6	**	**	**	**	**	ns
Floresta (F)	6,3	3,4	2,6	2,0	**	**	**	ns	*	ns
	Contrastes entre sistemas									
I x II	ns	ns	ns	ns						
I x III	*	ns	ns	ns						
I x IV	ns	ns	ns	ns						
I x V	ns	ns	ns	ns						
I x F	**	**	*	**						
II x III	**	**	ns	ns						
II x IV	**	**	ns	ns						
II x V	ns	ns	ns	ns						
II x F	**	**	*	**						
III x IV	ns	ns	ns	ns						
III x V	**	ns	ns	ns						
III x F	**	ns	*	**						
IV x V	**	ns	ns	ns						
IV x F	**	ns	ns	**						
V x F	**	**	**	**						

ns = não significativo; * = nível de significância de 5%; ** = nível de significância de 1%. I: trigo/soja, aveiabranca/soja e ervilhaca/milho; II: trigo/soja, aveia branca/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca/milho; III: trigo/soja, aveia branca/soja e ervilhaca/milho após pastagem perene de estação fria; IV: trigo/soja, aveia branca/soja e ervilhaca/milho após pastagem perene de estação quente; V: trigo/soja, aveia branca/soja e ervilhaca/milho após alfafa; e F: floresta subtropical.

Tabela 4 - Valores médios de potássio trocável, avaliados após as culturas de verão de 2002, em quatro camadas de solo e para diferentes sistemas de produção

Sistema de produção	Profundidade (cm)									
	0-5	5-10	10-15	15-20	0-5	0-5	0-5	5-10	5-10	10-15
					x 5-10	x 10-15	x 15-20	x 10-15	x 15-20	x 15-20
	K (mg kg ⁻¹)				Contrastes entre profundidades (P > F)					
Sistema I	263	165	110	77	**	**	**	**	**	*
Sistema II	219	137	90	65	**	**	**	**	**	*
Sistema III	208	119	68	44	**	**	**	**	**	*
Sistema IV	206	113	73	54	**	**	**	**	**	ns
Sistema V	290	214	148	103	**	**	**	**	**	**
Floresta (F)	106	73	59	38	*	**	**	ns	*	ns
	Contrastes entre sistemas									
I x II	*	ns	ns	ns						
I x III	**	**	**	**						
I x IV	**	**	**	*						
I x V	ns	**	**	**						
I x F	**	**	*	**						
II x III	ns	ns	ns	*						
II x IV	ns	ns	ns	ns						
II x V	**	**	**	**						
II x F	**	*	ns	*						
III x IV	ns	ns	ns	ns						
III x V	**	**	**	**						
III x F	**	ns	ns	ns						
IV x V	**	**	**	**						
IV x F	**	ns	ns	ns						
V x F	**	**	**	**						

ns = não significativo; * = nível de significância de 5%; ** = nível de significância de 1%. I: trigo/soja, aveia branca/soja e ervilhaca/milho; II: trigo/soja, aveia branca/soja e pastagem de aveia preta + ervilhaca/milho; III: trigo/soja, aveia branca/soja e ervilhaca/milho após pastagem perene de estação fria; IV: trigo/soja, aveia branca/soja e ervilhaca/milho após pastagem perene de estação quente; V: trigo/soja, aveia branca/soja e ervilhaca/milho após alfafa; e F: floresta subtropical.

milares foram obtidos por Santos e Tomm (1999) e por Santos et al. (2003), usando sistemas de rotação de culturas ou sistemas de produção de grãos com pastagens anuais de inverno, respectivamente. Ademais, a floresta subtropical mostrou menor teor de P extraível do que todos os sistemas de produção na maioria das camadas estudadas, indicando baixa disponibilidade desse nutriente no solo em condições naturais, em razão da natureza oxidante (que retém o P nos óxidos de Fe e Al) do Latossolo Vermelho distrófico (BRASIL, 1973).

Todos os sistemas de produção avaliados diferiram significativamente quanto ao teor de P extraível em cada profundidade de amostragem. Em todos os sistemas, o teor de P extraível na camada 0-5 cm foi 5,4 a 7,5 vezes maior do que o valor registrado na camada 15-20 cm. Sob plantio direto, o fertilizante fosfatado praticamente permanece imóvel e concentrado onde é depositado, diminuindo a possibilidade de adsorção específica pelas partículas do solo, mas aumentando a probabilidade de ser carregado enquanto partícula de fertilizante. Resultados semelhantes foram obtidos em outros estudos em plantio direto: Sá (1993) observou redução com a profundidade de 87,8 para 6,4 mg kg⁻¹; Matowo et al. (1999), de 87,7 para 14,6 mg kg⁻¹; Santos e Tomm (1999), de 9,6 para 3,4 mg kg⁻¹; e Santos et al. (2003), de 28,6 para 2,0 mg kg⁻¹. O acúmulo de P extraível próximo à superfície do solo decorre das aplicações anuais de fertilizantes fosfatados na camada superficial, da liberação de P durante a decomposição de

resíduos vegetais e da menor fixação de P em razão do menor contato deste elemento com os constituintes inorgânicos do solo, uma vez que não há incorporação de resíduos vegetais por meio do revolvimento de solo no plantio direto (WISNIEWSKI e HOLTZ, 1997).

O teor de K trocável do solo (Tabela 4) observado nas camadas 0-5 cm e 5-10 cm em todos os sistemas estudados foi superior ao valor considerado crítico (80 mg kg⁻¹) para crescimento e desenvolvimento de culturas tradicionais (SOCIEDADE, 2004). Além disso, o teor de K trocável observado em todos os sistemas de produção e camadas estudadas manteve-se acima do teor encontrado na avaliação de 1998 (0-5 cm: 106 mg kg⁻¹, 5-10 cm: 65 mg kg⁻¹, 10-15 cm: 47 mg kg⁻¹ e 15-20 cm 38 mg kg⁻¹) (SANTOS et al., 2001).

Neste período de estudo, os valores de K trocável do solo diferiram entre todos os sistemas de produção, com exceção dos sistemas III e IV. O teor de K trocável na camada 0-5 cm foi mais elevado no sistema I do que no sistema II. Além disso, o sistema I foi superior aos sistemas III e IV para o teor de K trocável em todas as camadas estudadas. Por sua vez, o sistema V apresentou teor de K trocável maior do que o do sistema I nas camadas 5-10 cm, 10-15 cm e 15-20 cm. Da mesma forma, o sistema V foi superior aos sistemas II, III e IV para o teor de K trocável em todas as camadas estudadas. Essas diferenças a favor do sistema V podem estar relacionadas ao maior teor de K trocável propiciado pela adubação de

manutenção ou pelo resíduo cultural da alfafa que antecedeu as culturas produtoras de grãos, de 1994 a 1997. A floresta subtropical apresentou menor teor de K trocável na maioria das camadas, em comparação com os sistemas I, II e V. Silveira e Stone (2001) encontraram diferenças significativas para K trocável entre sistemas de rotação de culturas somente na camada 10-20 cm, em Latossolo Vermelho distrófico perférico, no município de Santo Antônio de Goiás, GO.

Foram verificadas diferenças significativas no teor de K trocável entre a maioria das profundidades de amostragem de solo de todos os sistemas de produção avaliados. A exemplo do verificado com P extraível, também houve acúmulo de K trocável na camada próxima à superfície nos diferentes sistemas avaliados. O teor de K trocável na camada 0-5 cm foi de 2,8 a 4,7 vezes maior que a concentração verificada na camada 15-20 cm. Acúmulos semelhantes de K trocável na camada 0-5 cm, em relação à camada 15-20 cm, em sistemas de rotação de culturas sob plantio direto, foram observados por De Maria et al. (1999), de 47 para 17 mg kg⁻¹; por Bayer e Bertol (1999), de 21 para 16 mg kg⁻¹; e por Santos e Tomm (1999), de 189 para 79 mg kg⁻¹. Nos sistemas conservacionistas, os fertilizantes à base de K são depositados na superfície ou na linha de semeadura

e, além disso, os resíduos vegetais são deixados na superfície, o que permite que esse elemento se acumule na camada superficial do solo. Os resultados observados apontam que poderá haver redução na quantidade de fertilizantes à base de P e K indicada para aplicação em plantio direto.

Conclusões

Os valores de Ca trocável, de matéria orgânica do solo, de P extraível e de K trocável do solo foram afetados pelos sistemas I, II, III, IV e V, após quatro anos de cultivos.

Os níveis de matéria orgânica do solo e os teores de P extraível e de K trocável, principalmente na camada de solo 0-5 cm, nos sistemas I, II, III, IV e V, aumentaram em relação aos valores observados quatro anos antes.

O nível de matéria orgânica do solo e os teores de Al trocável, de P extraível e de K trocável diminuíram progressivamente da camada 0-5 cm para a camada 15-20 cm, enquanto para os valores de pH e de Ca e Mg trocáveis ocorreu o inverso nos sistemas I, II, III, IV e V.

O efeito das pastagens perenes (sistemas III, IV e V) sobre a manutenção de níveis de matéria orgânica é semelhante ao de cultivo de culturas anuais (aveia branca, milho, soja e trigo) nos sistemas I e II.

Referências

- BAYER, C.; BERTOL, I. Características Químicas de um Cambissolo Húmico Afetadas por Sistemas de Preparo com Ênfase à Matéria Orgânica. **Revista Brasileira de Ciência de Solo**, Campinas, v. 23, n. 3, p. 687-694, 1999.
- BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Nitrogênio Total de um Solo Submetido a Diferentes Métodos de Preparo e Sistemas de Cultura. **Revista Brasileira de Ciência de Solo**, Campinas, v. 21, n. 2, p. 235-239, 1997.
- BRASIL. Ministério da Agricultura. Departamento Nacional de Pesquisa Agropecuária. Divisão de Pesquisa Pedológica. **Levantamento de Reconhecimento dos Solos do Estado do Rio Grande do Sul**. Recife, 1973. 431 p. Boletim Técnico, 30.
- CIOTTA, M. N.; BAYER, C.; ERNANI, P. R.; FONTOURA, S. M. V.; ALBUQUERQUE, J. A.; WOBETO, C. Acidificação de Latossolo sob Plantio Direto. **Revista Brasileira de Ciência de Solo**, Viçosa, v. 26, n. 4, p. 1055-1064, 2002.
- DE MARIA, I. C.; NNABUDE, P. C.; CASTRO, O. M. de. Long-term Tillage and Crop Rotation Effects on Soil Chemical Properties of a Rhodic Ferralsol in Southern Brazil. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 51, n. 1, p. 71-79, 1999.
- EDMEADES, D. C.; JUDO, M.; SARATHCHANDRA, S. U. The Effect of Lime on Nitrogen Mineralization as Measured by Grass Growth. **Plant & Soil**, The Hague, v. 60, n. 2, p. 177-186, 1981.
- ERNANI, P. R.; STECKLING, C.; BAYER, C. Características Químicas de Solo e Rendimento de Massa Seca de Milho em Função do Método de Aplicação de Fosfatos, em dois Níveis de Acidez. **Revista Brasileira de Ciência de Solo**, Viçosa, v. 25, n. 4, p. 939-946, 2001.
- FRANCHINI, J. C.; BORKERT, C. M.; FERREIRA, M. M.; GAU-DÊNCIO, C. A. Alterações na Fertilidade do Solo em Sistemas de Rotação de Culturas em Semeadura Direta. **Revista Brasileira de Ciência de Solo**, Viçosa, v. 24, n.2, p. 459-467, 2000.
- GIACOMINI, S. J.; AITA, C.; VENDRUSCOLO, E. R. O.; CUBILLA, M.; NICOLOSO, R. S.; FRIES, M.R. Matéria Seca, Relação C/N e Acúmulo de Nitrogênio, Fósforo e Potássio em Misturas de Plantas de Cobertura de Solo. **Revista Brasileira de Ciência de Solo**, Viçosa, v. 27, n. 2, p. 325-334, 2003.
- MATOWO, P. R.; PIERZYNSKI, G. M.; WHITNEY, D.; LAMOND, R. E. Soil Chemical Properties as Influenced by Tillage and Nitrogen Source, Placement, and Rates after 10 Years of Continuous Sorghum. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 50, n. 1, p. 11-19, 1999.
- MENGEL, K.; KIRKBY, E.A. **Principles of Plant Nutrition**. 2. ed. Bern. International Potash Institute, 1979. 593 p.
- PAIVA, P. J. R.; VALE, F. R. do; FURTINI NETO, A. E.; FAQUIN, V. Acidificação de um Latossolo Roxo do Estado do Paraná sob Diferentes Sistemas de Manejo. **Revista Brasileira de Ciência de Solo**, Campinas, v. 20, n. 1, p. 71-75, 1996.
- SÁ, J. C. M. Manejo da Fertilidade do Solo no Sistema Plantio Direto. In: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Trigo. **Plantio Direto no Brasil**. Passo Fundo, 1993. p. 37-60.
- SALET, R.L. **Dinâmica de Íons na Solução de um Solo Submetido ao Sistema Plantio Direto**. Porto Alegre, 1994. 111 p. Tese (Doutorado em Fertilidade do Solo) – Faculdade de Agronomia, UFRGS, 1994.
- SANTOS, H. P. dos; FONTANELI, R. S.; TOMM, G. O. Efeito de Sistemas de Produção de Grãos e de Pastagens sob Plantio Direto sobre o Nível de Fertilidade do Solo após Cinco anos. **Revista Brasileira de Ciência de Solo**, Viçosa, v. 25, n.3, p. 645-653, 2001.
- _____; _____. ; _____. ; DENARDIN, J. E. Atributos Químicos e
- PESQ. AGROP. GAÚCHA, PORTO ALEGRE, v.13, n.1-2, p.69-78, 2007.



Físicos de Solo em Sistemas de Produção com Pastagens Anuais de Inverno, sob Plantio Direto. In: Embrapa Trigo. **Soja: Resultados de Pesquisa 2001/2002 e 2002/2003**. Passo Fundo, 2003. p. 214-234. Embrapa Trigo. Documentos, 39.

_____. ; TOMM, G. O. Estudo da Fertilidade do Solo sob quatro Sistemas de Rotação de Culturas envolvendo Trigo em Plantio Direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 20, n.3, p. 407-414, 1996.

_____. ; _____. ; Rotação de Culturas para Cevada, após Dez anos: Efeitos na Fertilidade do Solo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 28, n. 4, p. 573-580, 1998.

_____. ; _____. ; Rotação de Culturas para Trigo, após Quatro anos: Efeitos na Fertilidade do Solo em Plantio Direto. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 29, n. 2, p. 259-265, 1999.

SIDIRAS, N.; PAVAN, M. A. Influência do Sistema de Manejo do Solo no seu Nível de Fertilidade. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 9, n.3, p. 249-254, 1985.

SILVEIRA, P. M.; STONE, L. F. Teores de Nutrientes e de Matéria Orgânica Afetados pela Rotação de Culturas e Sistemas de Preparo do

Solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 25, n. 2, p. 387-394, 2001.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO. Núcleo Regional Sul. Comissão de Química e Fertilidade do Solo. **Manual de Adubação e de Calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 10. ed. Porto Alegre: 2004. 394 p.

STRECK, E. V.; KÄMPF, N.; DALMOLIN, R. S.D.; KLAMT, E.; NASCIMENTO, P. C. do; SCHNEIDER, P. **Solos do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: EMATER/RS; UFRGS, 2002. 126 p.

STEEL, G. D.; TORRIE, J.H. **Principles and Procedures of Statistics: a Biometrical Approach**. 2. ed. New York: McGraw-Hill, 1980. 633 p.

TEDESCO, M.; VOLKWEISS, S. J.; BOHNEN, H. **Análise de Solos, Plantas e outros Materiais**. Porto Alegre: UFRGS, 1985. 32 p. Boletim Técnico, 5.

WISNIEWSKI, C.; HOLTZ, G. P. Decomposição da Palhada com Liberação de Nitrogênio e Fósforo numa Rotação Aveia-Soja sob Plantio Direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 32, n.11, p.1191-1197, 1997.





Vigor de sementes e atividade bioquímica em plântulas de arroz submetidas a ácidos orgânicos¹

Luiz Augusto Salles das Neves¹, Dario Munt de Moraes²,
Nei Fernandes Lopes³, Claudete Miranda Abreu⁴

Resumo - Resíduos vegetais em decomposição anaeróbica em lavouras irrigadas de arroz produzem ácidos orgânicos, tais como acético, propiônico, butírico, fórmico, vanílico, que afetam o estabelecimento das plântulas. Portanto, o presente trabalho teve por objetivo analisar a qualidade fisiológica de sementes e a atividade bioquímica em plântulas de arroz BR IRGA-409 submetidas a concentrações zero, 1; 2; 4; 8 e 16 ml/L de ácido acético e propiônico. Para isso, utilizam-se testes de vigor (primeira contagem, CE, IVE e emergência, composição química (amido, açúcares solúveis totais e proteína totais), atividade das enzimas α -amilase e fosfatase ácida e medidas de crescimento (teor de clorofila total e área foliar). A análise de regressão mostrou que a germinação, o índice de velocidade de emergência de plântulas, a emergência de plântulas e a condutividade elétrica foram significativamente afetados com o aumento nas concentrações dos ácidos. O conteúdo de amido, açúcares solúveis totais e proteína foi reduzido a partir da concentração de 8 ml/L, por ambos os ácidos. A atividade total da α -amilase foi mais estimulada pelo ácido acético do que pelo propiônico, enquanto que a fosfatase ácida não foi alterada. Os teores de clorofila e a área foliar foram reduzidos com o incremento na concentração de ambos os ácidos.

Palavras-chave: ácido acético, ácido propiônico, germinação, α -amilase, fosfatase ácida, clorofila, área foliar.

Vigor of seeds and biochemical activity in rice seedlings treated with organic acids

Abstract - Vegetal residues in anaerobic decomposition in irrigated farmings of rice produce organic acids, such as, acetic, propionic, butyric, formic, vanilic, which affect the establishment of seedlings. Therefore the present work had for objective to analyze the physiological quality of seeds and bioquimical activity of rice BR IRGA-409 seedlings, treated with several concentrations (zero; 1; 2; 4; 8 and 16 ml/L) of acetic and propionic acids. In order to performer this some assay were conducted such as: tests of vigor (first count, electrical conductivity, emergency speed index and emergency), chemical composition (starch, total soluble sugars and protein contents), determinations of the activity of α -amylase and fosfatase acid, and measurements of growth (chlorophyll concentration and leaf area). The regression analysis showed that the germination, emergency speed index, the emergency of seedlings and the electric conductivity were significantly affected with the increase in the concentrations of acid. Starch, total soluble sugars and protein contents were reduced on higher concentrations (≥ 8 ml/L) for both acids. The total activity of α -amylase was more enhanced by acetic acid than propionic acid, while the activity of phosfatase-acid was not modified. The chlorophyll contents and leaf area decreased with increment on concentrations of acetic and propionic acids.

Key words: acetic acid, propionic acid, germination, α -amylase, fosfatase acid, chlorophyll concentration, leaf area.

¹ Engenheiro Agrônomo, Dr. Prof. Depto. de Biologia/CCNE/UFSM, autor da Tese. E-mail: augusto@smail.ufsm.br

² Engenheiro Agrônomo, Dr. Prof. Depto. de Botânica/IB/UFPEL, orientador.

³ Engenheiro Agrônomo, Dr. Prof. Depto. de Botânica/IB/UFPEL, co-orientador.

⁴ Bióloga, Dr^a., Prof^a. Depto. de Botânica/UFPEL.

Recebido para publicação em 23/02/2006



Introdução

No Brasil, o arroz ocupa atualmente uma área de 3,58 milhões de hectares com um rendimento médio de 3,54 t/ha, sendo um dos maiores produtores desse cereal no mundo. No Rio Grande do Sul são cultivados cerca de 1,0 milhão de hectares com arroz irrigado, sendo um dos estados que mais produz (IBGE, 2005).

As tecnologias de cultivo aplicadas à cultura do arroz, como a semeadura sobre a resteva e/ou cultivo mínimo, permitiram que as terras de várzeas pudessem recuperar a estrutura e a fertilidade do solo; entretanto, observa-se que com esses sistemas, associados à inundação, há produção de ácidos orgânicos que prejudicam o estado final da cultura (BOHNEN et al., 2005).

Devido ao alagamento do solo e o esgotamento do oxigênio molecular, ocorre a decomposição anaeróbica da matéria orgânica e a formação de substâncias tóxicas para as plântulas (PONNAMPERUMA, 1972). Dentre os compostos formados estão os ácidos orgânicos de cadeia curta, tais como acético, propiônico e butírico (PATRICK, 1971), sendo que o primeiro é encontrado em maiores concentrações (CAMARGO et al., 2001; SOUSA, 2001 e 2002). Já foi verificado que tais ácidos prejudicam o desenvolvimento do sistema radicular das plântulas (CAMARGO et al., 1993; AGOSTINETTO et al., 2001; NEVES et al., no prelo).

No processo de germinação ocorre o reinício do crescimento do embrião paralisado nas fases finais do desenvolvimento da semente. Esse processo requer a mobilização de reservas, tais como amido, açúcares e proteínas. Além disso, ocorre também a ativação do sistema enzimático, pois enzimas hidrolíticas como a α -amilase e a fosfatase ácida são produzidas para desdobrar as reservas nutricionais e alimentarem o eixo embrionário na semente.

No aspecto fisiológico, a germinação inicia pela embebição das sementes, enquanto que no físiobioquímico está o aumento da respiração, a digestão enzimática das reservas, a mobilização e a assimilação dessas reservas pelo embrião, permitindo o alongamento e as diferenciações celulares (BEWLEY e BLACK, 1994).

Com base nas informações citadas, o objetivo desse trabalho foi o vigor de sementes e a atividade bioquímica em plântulas de arroz submetidas a diferentes concentrações de ácidos acético e propiônico.

Material e métodos

O experimento foi conduzido no Laboratório de Fisiologia Vegetal, do Departamento de Botânica, da Universidade Federal de Pelotas. Sementes de arroz do cultivar BR IRGA-409, da safra 2003/2004, foram embebidas por 90 minutos em soluções de ácido acético e em ácido propiônico nas concentrações zero, 1, 2, 4,8 e 16 mL/L e a seguir submetidas aos testes de vigor e viabilidade.

Teste de germinação (G) – 2.400 sementes divididas em quatro repetições de 100 sementes por tratamento utilizando-se como substrato papel do tipo germitest previamente umedecido com água destilada (2,5 vezes o peso do papel). Os rolos foram colocados em sacos plásticos vedados e postos em câmara BOD na temperatura de 25°C. A contagem foi realizada aos 14 dias após a semeadura e os valores foram expressos em porcentagem de plântulas normais (BRASIL, 1992). **Primeira contagem da germinação (PCG)** – realizada conjuntamente com o teste de germinação aos 5 dias após a semeadura. Os valores foram expressos em porcentagem de plântulas normais (BRASIL, 1992). **Condutividade elétrica (CE)** – foi determinada nos períodos de 3 e 24 horas de incubação, conforme metodologia de Vieira e Carvalho (1994). **Índice de velocidade de emergência (IVE)** – 2.400 sementes divididas em quatro repetições de 100 sementes por tratamento foram semeadas em bandejas de poliestireno expandido com 200 células cada uma, contendo areia, sendo que a semeadura foi realizada manualmente na profundidade de três centímetros e umedecida periodicamente. As observações foram realizadas diariamente durante 21 dias e foi anotado o número de plântulas emergidas por dia até que esse número permanecesse constante. Os valores lidos foram colocados na seguinte fórmula: $IVE = (E_1 - E_0)N_1 + (E_2 - E_1)N_2 + \dots + (E_n - E_{n-1})N_n$; onde E_0 é a contagem no primeiro dia, E_1 no segundo dia, ..., E_n no enésimo dia, N_1 é o primeiro dia após a semeadura, N_2 o segundo dia, ..., N_n o enésimo dia. **Emergência de plântulas em casa de vegetação (E)** – foi instalado de forma idêntica ao teste de velocidade de emergência em casa de vegetação, com apenas uma contagem aos 21 dias após a data da semeadura e os resultados foram expressos em porcentagem de emergência das plântulas, segundo Vieira e Carvalho (1994).

Para a análise de açúcares solúveis, amido e proteínas solúveis foram coletados 10 gramas de sementes por tratamento e embebidos pelo tempo de 90 minutos. Após, foram secos e moídos em moinho, para obter a farinha que foi acondicionada em vidros etiquetados e armazenados em dessecador, para análise posterior.

Teor de açúcar solúvel – obtido conforme metodologia de Clegg (1956). As leituras foram transformadas pela fórmula: Açúcar Solúvel = $\{[(\mu\text{g} \cdot 72)/1000] (20/\text{alíquota})\} / (1\text{g de semente}/0,25 \text{ de farinha})$, onde $\mu\text{g} = (\text{leitura} - a)/b$; a e b são valores obtidos na curva-padrão. Os resultados foram expressos em μg açúcar/g semente. **Teor de amido** – no resíduo do açúcar, nos tubos da centrífuga, se adicionou 20 mL de H_2SO_4 a 0,2N e seguiu-se a metodologia de McCready et al (1950). Os resultados foram expressos em μg amido/g semente. **Teor de proteínas totais** – da farinha foram coletadas quatro amostras de 0,5 g por tratamento e colocadas em tubos de centrífuga juntamente com 20 mL de KH_2PO_4 , seguindo a metodologia descrita por Bradford (1976). Os resultados foram expressos em $\mu\text{g}/\text{g}$ semente.

Para a determinação da atividade enzimática, as extrações foram feitas nos tempos zero (semente), aos 5 dias e aos 14 dias após a semeadura (plântulas) utilizando 0,5 g, sementes e/ou plântulas de cada concentração. As sementes e/ou as plântulas foram maceradas em gral com 20 mL de tampão acetato de potássio. A mistura foi centrifugada a 3.000 rpm por 10 minutos; o sobrenadante foi coletado em tubos de ensaio e colocado em refrigeração para as análises a seguir:

Atividade total da α -amilase – conforme metodologia desenvolvida por Ching (1986). As leituras foram realizadas em espectrofotômetro E – 225D a 620 nm. Os valores foram expressos em μ g de amido hidrolisado/min/g de semente ao zero dia e μ g de amido hidrolisado/min/g de plântula, aos 5 e 14 dias. **Atividade total da fosfatase ácida** – para essa determinação usou-se a metodologia descrita por Ching (1986); as leituras foram realizadas em espectrofotômetro E – 225D a 620 nm e os resultados expressos em nanomoles/min/g semente, ao zero dia e μ g de amido hidrolisado/min/g de plântula, aos 5 e 14 dias.

Determinação da clorofila – a extração dos pigmentos e a determinação dos teores de clorofila a (Cl *a*) e clorofila b (Cl *b*) foram realizadas conforme metodologia descrita por Arnon (1949) e os resultados foram expressos em mg do pigmento g^{-1} matéria fresca. **Determinação da área foliar** – realizada aos 21 dias após a instalação do

teste de emergência das plântulas de arroz. Foram coletadas 10 plântulas por repetição, por tratamento, e a parte aérea foi levada ao medidor de área foliar da marca Li-Cor 3000. Os resultados foram expressos em $mm^2/plântula$.

O delineamento estatístico utilizado para todos os testes foi o inteiramente casualizado, com quatro repetições. Os dados em porcentagem foram previamente transformados pela fórmula: $x = \arcsin (X/100)^{1/2}$ e as médias foram submetidas à análise de regressão pelo programa Statistica 6.0.

Resultados e discussão

A figura 1 representa a germinação (A) e a primeira contagem da germinação (B) das sementes de arroz BR IRGA-409 submetidas à ação dos ácidos acético (ACA) e propiônico (ACP). Nessa figura percebe-se que, com o aumento das concentrações dos ácidos, houve diminuição na germinação e na primeira contagem da germinação das sementes de arroz.

Ambos os ácidos mostraram comportamento semelhante até a concentração de 2 mL/L, inclusive. A partir da concentração de 4 mL/L o ácido acético teve efeito mais inibitório do que o ácido propiônico, pois, nesse caso, ocorreu maior redução da germinação.

O efeito dos ácidos orgânicos sobre a germinação e a primeira contagem da germinação das sementes tem

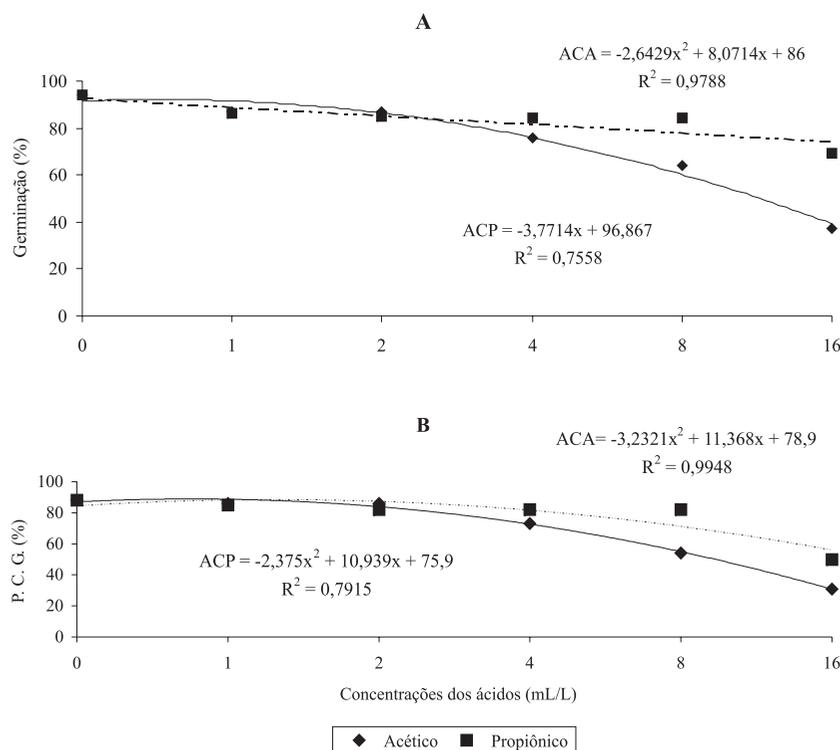


Figura 1 - Germinação (A) e primeira contagem da germinação – PCG (B) de sementes de arroz BR IRGA-409 submetidas às concentrações zero, 1, 2, 4, 8 e 16 mL/L de ácidos acético (ACA) e propiônico (ACP).

sido pouco descrito, haja vista que a maior preocupação estava voltada para o estágio de plântula, quando os ácidos orgânicos estão em alta concentração no solo (CAMARGO et al., 2001). Entretanto, redução da germinação e da primeira contagem da germinação foi encontrada também por Neves e Moraes (2005) quando submetem sementes de arroz BR IRGA-410 à ação do ácido acético nas mesmas concentrações aqui trabalhadas. Esses autores verificaram drástica redução da germinação na concentração de 16 mL/L, pois apenas 2% das sementes germinaram.

Igualmente, Lynch (1980) descreve que o ácido acético reduziu em 77% a germinação das sementes de cevada, enquanto que o ácido propiônico reduziu em apenas 35%.

A condutividade elétrica foi medida a 3 (A) e 24 (B) horas do início do teste (Figura 2). Verifica-se na Figura (2A) que a liberação de eletrólitos para a água de incubação é crescente com o incremento das concentrações dos ácidos acético e propiônico. tratadas com ácido propiônico do que com o ácido acético. Na concentração de 4 mL/L houve equiparação dos efeitos pela ação de ambos os ácidos e nas concentrações acima observa-se que o ácido acético provocou maior liberação de exsudatos das sementes que o ácido propiônico.

Na figura 2B observa-se que a liberação de eletrólitos causada por ambos os ácidos tem o mesmo compor-

tamento, apesar do ácido propiônico, nas concentrações de 1, 2 e 4 mL/L, provocar maior liberação do que o ácido acético. Nas concentrações de 8 e 16 mL/L ambos os ácidos provocam efeitos semelhantes.

O teste de condutividade elétrica é de uso freqüente na análise da qualidade fisiológica de sementes, na medição dos efeitos de hormônios, soluções salinas, biocidas; entretanto há poucas descrições com referência aos efeitos na condutividade elétrica de sementes tratadas com ácidos orgânicos.

Sementes de arroz Epagri 111, tratadas com ácido acético, mostraram aumento na condutividade elétrica com o aumento da concentração do ácido (NEVES et al. no prelo).

Na figura 3A está a curva de regressão referente ao índice de velocidade de emergência (IVE) das plântulas de arroz cujas sementes foram submetidas aos ácidos acético e propiônico; no final dos 21 dias, obteve-se a emergência (Figura 3B).

Na figura 3A percebe-se que o IVE decresce com o aumento da concentração de ambos os ácidos. Nas concentrações zero 1 e 2 mL/L, não há diferença entre os efeitos dos ácidos, porém a partir da concentração 4 mL/L, o ácido acético reduz acentuadamente o IVE, enquanto que o ácido propiônico produz redução significativa somente nas concentrações 8 e 16 mL/L. Comparativa-

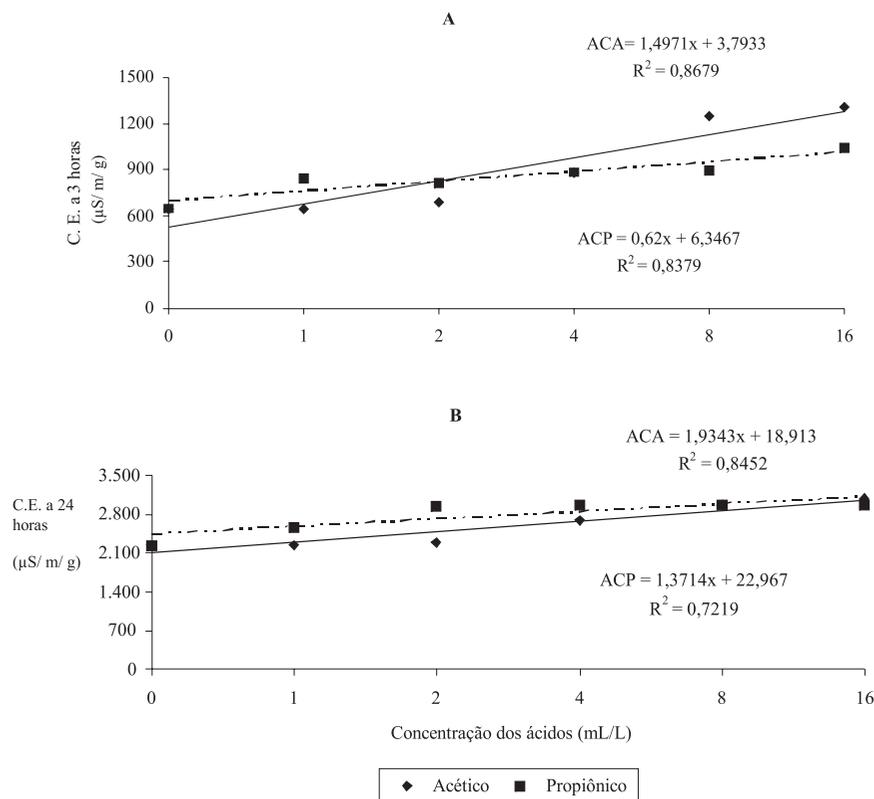


Figura 2 - Condutividade elétrica medida a 3 horas (A) e a 24 horas (B), do início do teste, em sementes de arroz BR IRGA-409 submetidas às concentrações zero, 1, 2, 4, 8 e 16 mL/L de ácido acético (ACA) e propiônico (ACP).

mente, nas concentrações maiores o ácido acético afetou mais o IVE do que o ácido propiônico.

Com referência à emergência (Figura 3B), o comportamento é semelhante ao IVE, pois, pela ação dos ácidos acético e propiônico, o percentual de emergência se reduz com o incremento da concentração; entretanto, a partir da de 4 mL/L a redução, pelo ácido acético, torna-se mais acentuada. Já o ácido propiônico reduz a emergência de forma expressiva somente na concentração de 16 mL/L. Por fim, o ácido acético afetou mais o percentual de emergência das plântulas de arroz do que o ácido propiônico, nas concentrações mais elevadas.

Poucas são as referências sobre a emergência de plântulas sob ação de ácidos orgânicos. As que relatam utilizam-se de palhadas em incubação anaeróbica onde os ácidos orgânicos são produzidos. Guenzi et al. (1967) verificaram que palhadas de trigo, cevada, sorgo e milho em incubação produziram diferentes quantidades de ácidos orgânicos. Em vista disso, testaram suas fitotoxicidades na cultura do trigo, analisando a emergência de plântulas durante dois anos consecutivos. Dentre os resíduos vegetais, o de trigo foi o mais fitotóxico, pois apresentou inibição de até 90%, sendo considerado pelos autores como autotoxicidade. O resíduo do sorgo foi o menos fitotóxico, pois somente 52% das plântulas não emergiram.

O IVE foi estudado por Neves et al (no prelo) na cultivar de arroz Epagri 111 sob ação do ácido acético. Esses autores verificaram que, com o aumento da concentração do ácido, ocorreu decréscimo no IVE, sendo que a partir da concentração de 4 mL/L o IVE decaiu em mais de 50%.

Na Figura 4 estão descritos os efeitos dos ácidos, acético e propiônico, sobre a solubilidade do amido, açúcares totais e proteínas totais.

Na Figura 4A observa-se que os teores de amido e proteína foram estimulados pela ação do ácido acético nas concentrações 1 e 2 mL/L, sendo que na proteína esse estímulo estende-se até a concentração de 4 mL/L. Quanto aos açúcares totais, percebe-se que o teor decresce com o incremento da concentração do ácido, apesar de nas concentrações 1, 2 e 4 mL/L não diferirem entre si.

Na Figura 4B verifica-se que os teores de amido, açúcares totais e proteínas totais foram estimulados nas concentrações 1 e 2 mL/L por efeito do ácido propiônico. Nas concentrações 4 e 8 mL/L não houve diferença entre os teores; entretanto, na concentração 16 mL/L houve significativa redução nos teores de todos os constituintes celulares analisados. De forma geral, ambos os ácidos provocaram efeitos semelhantes.

Ao se comparar a germinação das sementes (Figura 1) com as solubilidades do amido, açúcares totais e proteínas totais (Figura 4), observa-se que a redução da ger-

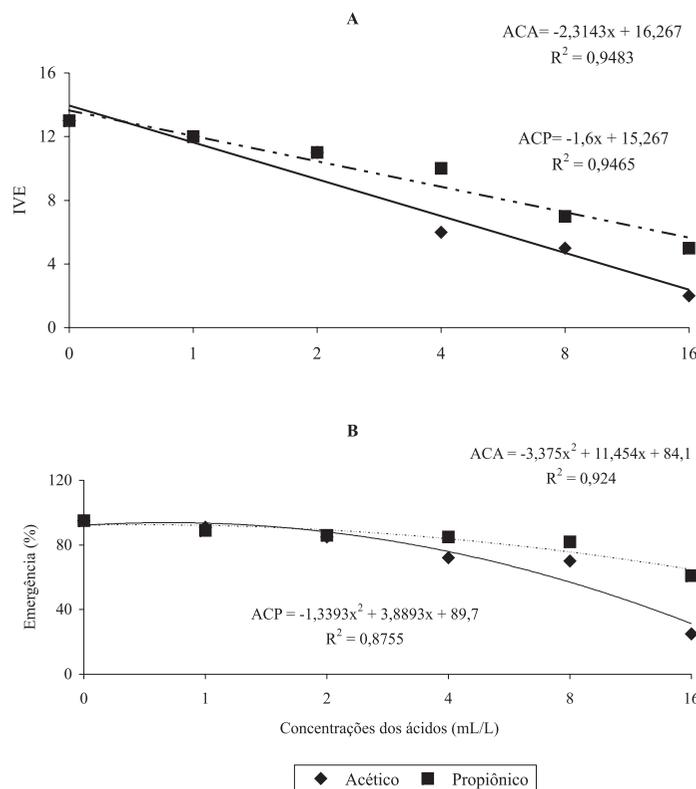


Figura 3 - Índice de Velocidade de Emergência – IVE (A) e emergência (B) de plântulas de arroz BR IRGA-409 submetidas às concentrações zero, 1, 2, 4, 8 e 16 mL/L de ácido acético (ACA) e propiônico (ACP).

minação a partir da concentração de 8 mL/L do ácido acético, principalmente, pode ter ocorrido devido aos efeitos tóxicos que esse ácido provocou nos constituintes químicos, enquanto que o ácido propiônico não produziu efeito na mesma proporção.

A ação dos ácidos orgânicos sobre a atividade dos constituintes celulares durante a germinação não havia sido descrita ainda, haja vista que a maior preocupação está voltada para o desenvolvimento das plântulas. Entretanto, Neves e Moraes (2005) verificaram que houve incremento na solubilidade do amido no cultivar BR IRGA-410, quando as sementes foram submetidas ao ácido acético nas mesmas concentrações utilizadas no presente trabalho. Todavia, o comportamento do cultivar Epagri 111 foi semelhante ao cultivar BR IRGA-409.

Na Figura 5 está o efeito dos ácidos acético e propiônico na atividade total da α -amilase considerando o período da semente (zero dia) até plântula (5 e 14 dias).

Na Figura 5 A está o efeito da α -amilase na semente. Percebe-se que houve diferença significativa entre os ácidos, pois, enquanto há estímulo causado pelo ácido acético, há inibição pelo ácido propiônico, com o incremento da concentração. Este resultado pode ser atribuído ao efeito do ácido sobre a solubilidade do amido (Figura 4 A). Segundo Bewley e Black (1994) a atividade dessa enzima é lenta na semente, aumenta na plântula aos 5 dias e decresce posteriormente aos 14 dias, entre-

tanto, no caso presente, a atividade foi semelhante na semente e aos 5 dias e decresceu aos 14 dias.

Os valores altos observados para a atividade total da α -amilase, provavelmente, sejam devidos à reativação do mRNA maduro em dormência na semente seca, que é ativado pelo processo de germinação, somado a novas sínteses da enzima que ocorrem nesse momento.

A atividade da α -amilase, sob ação de ácidos orgânicos, foi estudada por Neves e Moraes (2005) em sementes de arroz BR IRGA-410 e Epagri 111. No primeiro cultivar, nos períodos considerados, houve crescimento da atividade total da enzima com o incremento da concentração da dose; porém, essa mesma atividade decresceu no cultivar Epagri 111.

Na Figura 6 estão os efeitos dos ácidos, acético e propiônico, sobre a atividade da fosfatase ácida sobre as sementes e plântulas de arroz BR IRGA-409.

Na semente, a atividade da enzima fosfatase ácida (Figura 6A) não apresentou diferenças significativas por ação dos ácidos acético e propiônico. Percebe-se que, apenas nas concentrações 4 e 8 mL/L, é que o ácido acético estimula a atividade da fosfatase ácida mais do que o ácido propiônico. Já aos 5 dias, nas plântulas (Figura 6B), o estímulo do ácido acético, em relação ao propiônico, torna-se mais acentuado. Nas concentrações 4, 8 e 16 mL/L, do ácido propiônico, percebe-se inibição da atividade da fosfatase ácida, em relação ao controle. Nessa última

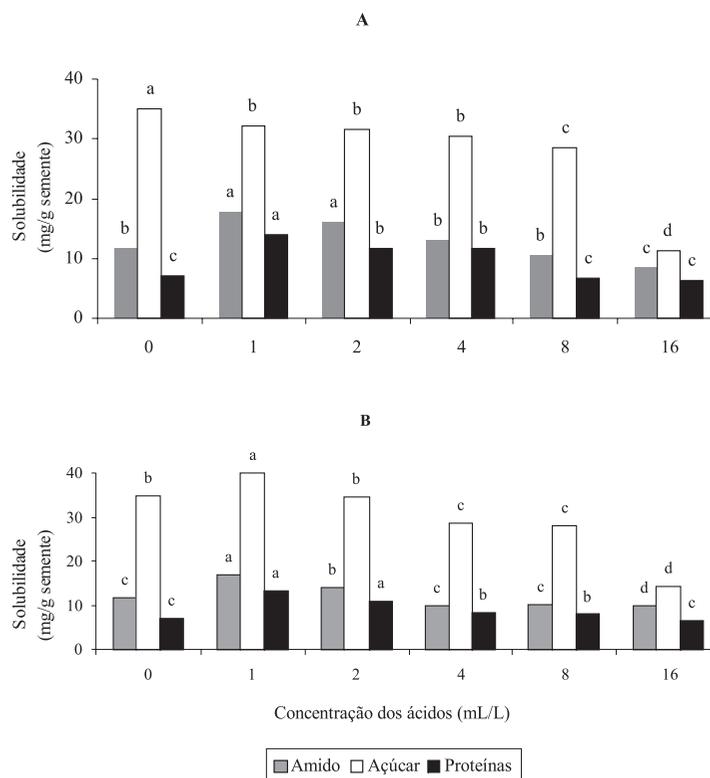


Figura 4 - Solubilidade do amido, açúcares totais e proteínas totais das sementes de arroz BR IRGA-409 submetidas à ação do ácido acético (A) e do ácido propiônico (B) nas concentrações zero, 1, 2, 4, 8 e 16 mL/L.

concentração, observa-se efeito semelhante dos dois ácidos sobre as plântulas de arroz.

Aos 14 dias, nas plântulas (Figura 6C), verifica-se que há redução da atividade da fosfatase ácida com o incremento da concentração dos ácidos. Nas concentrações 1, 2 e 4 mL/L o ácido propiônico afetou para menos a atividade da enzima, enquanto que, nessas mesmas concentrações, o ácido acético provocou efeito menos significativo em relação ao controle. Nas concentrações 8 e 16 mL/L os efeitos dos ácidos se equivalem, pois ambos reduziram a atividade da fosfatase ácida nas plântulas de arroz.

A fosfatase ácida é uma hidrolase que participa de reações de hidrólise de ésteres, podendo agir sobre os fosfolípídeos de membrana, provocando a peroxidação

destes, principalmente da fosfatil colina, fosfatidil etanolamina e fosfatidil inositol. Esta enzima está envolvida na manutenção do fosfato celular, podendo sua atividade afetar o metabolismo do fosfato em sementes, como os níveis de ATP e nucleotídeos (SANTOS et al., 2004).

A fosfatase ácida foi estudada por Neves et al. (no prelo b) em sementes e plântulas de arroz Epagri 111. Esses autores verificaram que, nesse cultivar, o ácido acético não provocou variação significativa na atividade da fosfatase ácida nos períodos considerados.

Na Figura 7, estão os efeitos dos ácidos, acético e propiônico, sobre os teores de clorofila total e na área foliar de plântulas de arroz.

O teor de clorofila total e a área foliar (Figura 7 A e B) foram prejudicados com o incremento das concentra-

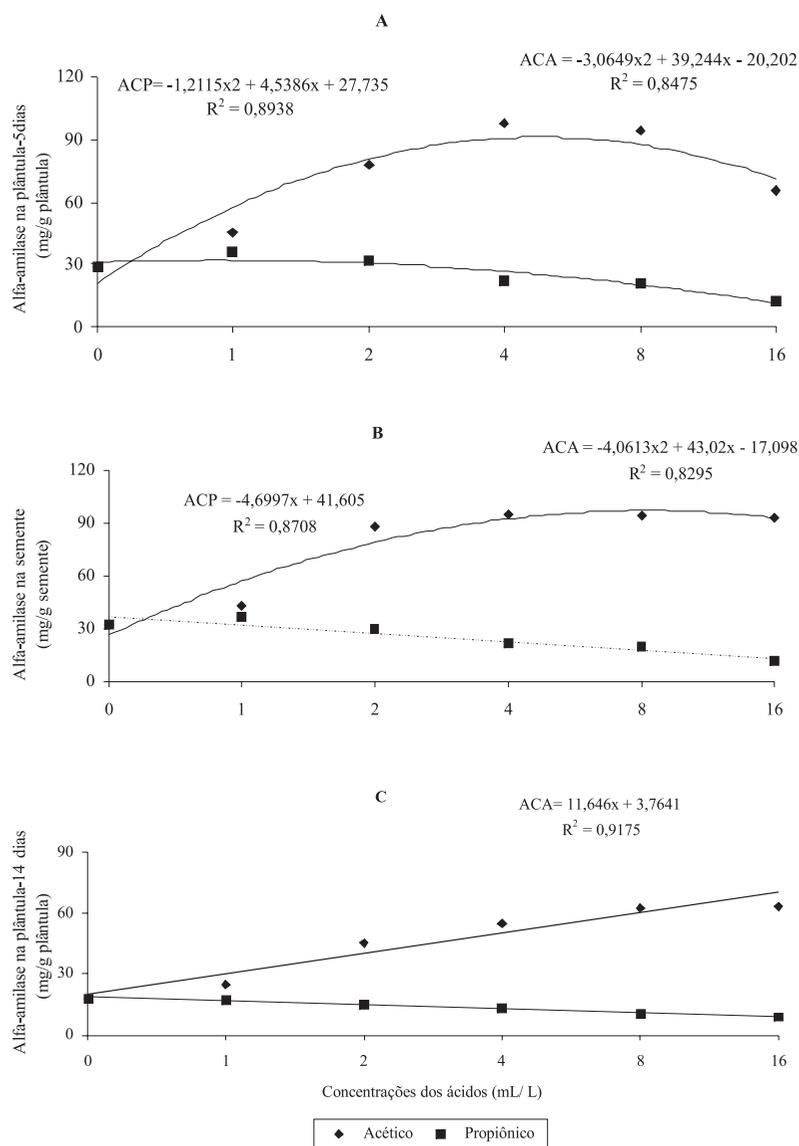


Figura 5 - α -amilase na semente (A) e nas plântulas - 5 dias (B) e 14 dias (C) de arroz BR IRGA-409 submetidas à ação de ácidos acético (ACA) e propiônico (ACP).

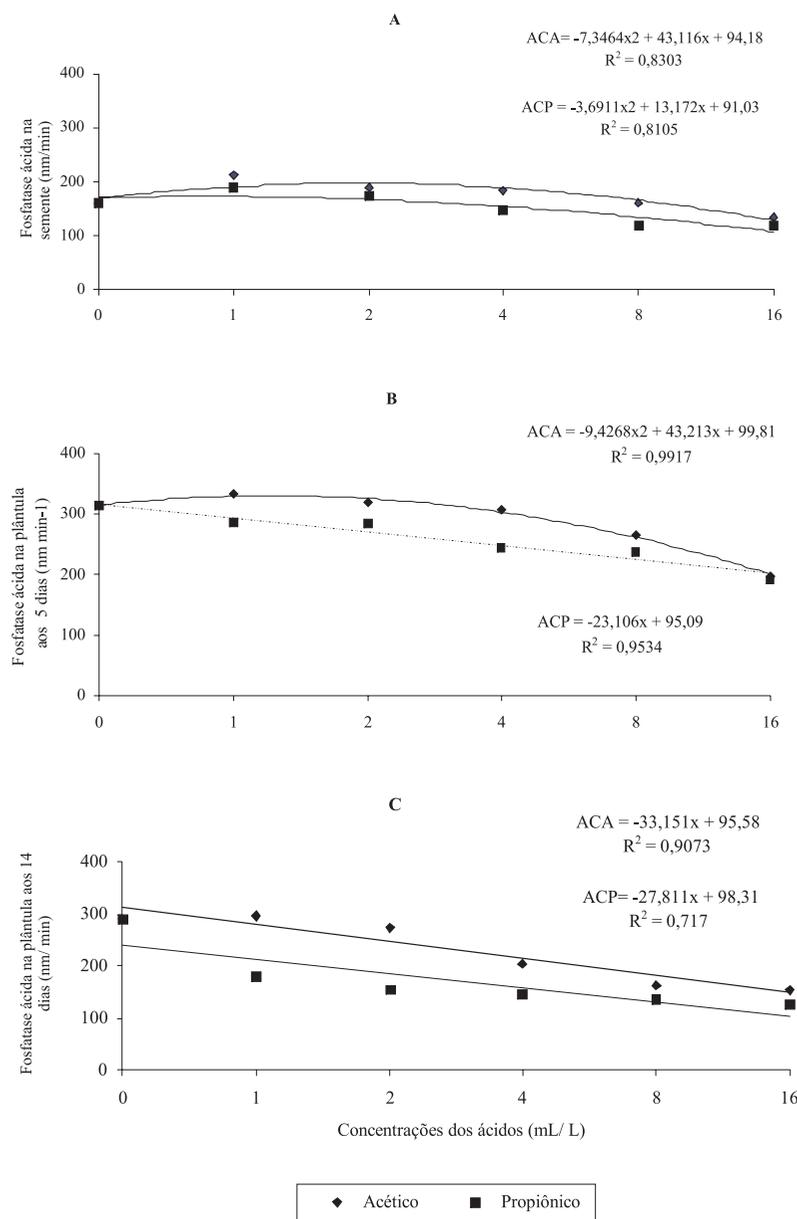


Figura 6 - Fosfatase ácida na semente (A) e nas plântulas – 5 dias (B) e 14 dias (C) de arroz BR IRGA-409 submetidas à ação de ácidos acético (ACA) e propiônico (ACP).

ções dos ácidos, não se percebendo, praticamente, diferença entre os efeitos de ambos os ácidos.

A análise de teores de clorofila total e da área foliar de plântulas de arroz cujas sementes foram tratadas com ácidos orgânicos não tem sido ainda descrita. Por isso, para se comparar os resultados aqui obtidos, serão usados aqueles que foram verificados em plântulas submetidas a estresse salino.

O teor de clorofila total, aos 21 dias, em plântulas de arroz cv El Passo L 144 cujas sementes foram submetidas a diferentes níveis de salinidade, não foi reduzido com o aumento de sal nas soluções de embebição; entretanto, em plântulas de feijão, cv FT Nobre, cujas semen-

tes foram tratadas nas mesmas concentrações, ocorreu redução de até 50% no teor de clorofila nas concentrações de 30, 60 e 90 mM de NaCl (GALINA, 2004).

Em plântulas de arroz El Passo L 144 (GALINA, 2004) e em trigo BRS 179 (DUARTE, 2004), cujas sementes foram submetidas a estresse salino, ocorreu redução na área foliar com o aumento da concentração de NaCl na água de embebição. Em plântulas de feijão FT Nobre oriundas das sementes tratadas com as mesmas concentrações salinas, ocorreu redução acima de 50% a partir da concentração de 60 mM de NaCl. A concentração máxima de 150 mM de sal provocou forte redução da área foliar (GALINA, 2004).

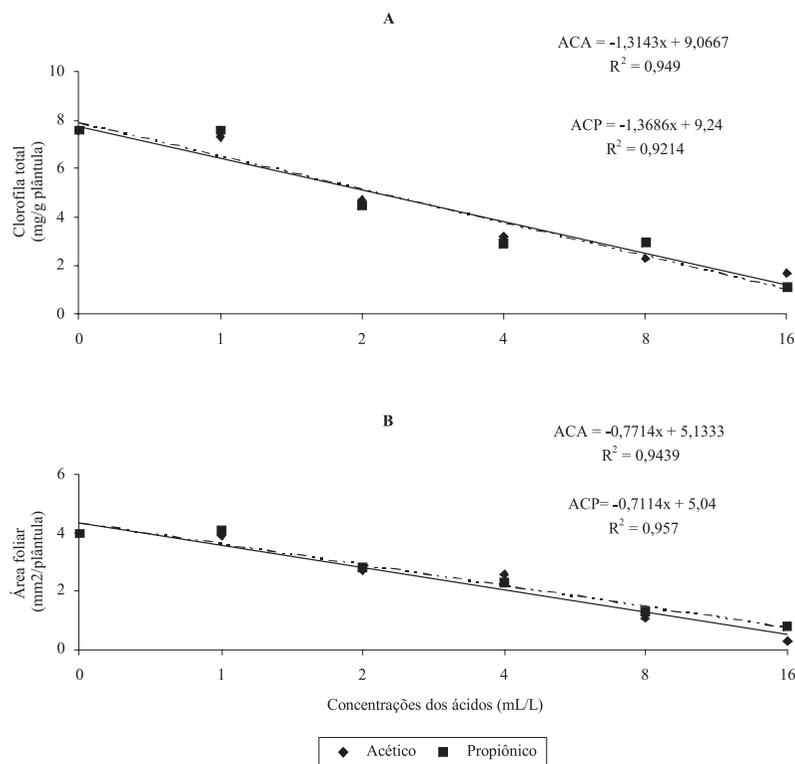


Figura 7 - Teores de clorofila total (A) e na área foliar (B) de plântulas de arroz BR IRGA-409, cujas sementes foram submetidas às concentrações zero, 1, 2, 4, 8 e 16 mL/L de ácidos acético (ACA) e propiônico (ACP).

A análise de regressão linear evidenciou que, de forma geral, o ácido acético (ACA) foi mais fitotóxico do que o ácido propiônico (ACP), em todas as análises realizadas. Na germinação, primeira contagem da germinação das sementes, no IVE, na emergência das plântulas, no teor de clorofila total e na área foliar, o efeito foi negativo e aumentou com o incremento da concentração dos ácidos. Na atividade total da α -amilase os efeitos dos ácidos também foram negativos do período de sementes (zero dia) para o de plântulas (5 e 14 dias).

Na condutividade elétrica (3 e 24 horas), os ácidos acético e propiônico mostraram efeitos semelhantes entre si. Na atividade da fosfatase ácida os efeitos também

foram crescentes do período de sementes (zero dia) para o de plântulas (5 e 14 dias) e, ainda, nesse caso, o ácido acético afetou mais do que o propiônico.

Conclusões

Os ácidos acético e propiônico afetam negativamente o vigor, o IVE e a emergência de plântulas de arroz, além da solubilidade do amido, açúcares totais e proteínas totais, o teor de clorofila total e a área foliar.

A atividade total da α -amilase decresceu do período de semente (zero dia) para o de plântula (14 dias), enquanto que a fosfatase ácida foi normal no mesmo período, pela ação de ambos os ácidos.

Referências

AGOSTINETTO, D.; FLECK, N. G.; BALBINOT, A. A. et al. Ácidos Orgânicos que se Formam durante a Decomposição da Palha no Solo Afetam os Processos de Germinação e de Crescimento Inicial das Plântulas da Cultivar de Arroz IRGA-417. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO. 2., 2001, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: IRGA, 2001. p. 894.

ARNON, D. I. Cooper Enzymes in Isolated Chloroplasts Polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. **Plant Physiology**, Lancaster, v. 24, p.1-15, 1949.

BEWLEY, J. D.; BLACK, M. **Seeds: Physiology for Development and Germination**. New York: Plenum Press. 2. ed. 1994. 445 p.

BOHENEN H.; SILVA, L. S. da; MACEDO, V. R. M.; MARCOLIN, E. Ácidos Orgânicos na Solução de um Gleissolo sob Diferentes Sistemas de Cultivo com Arroz Irrigado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 29, n. 3, p. 475-480, 2005.

BRADFORD, M. M. A Rapid and Sensitive Method for the Quantification of Microgram Quantities of Protein Utilizing the Principle of Proteindye Binding. **Analytical Biochemistry**, v. 72, p. 246-254, 1976.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Regras para Análise de Sementes**. Brasília: SNDA/DNDV/CLAV, 1992. 365 p.

CAMARGO, F. A. O.; ZONTA, E.; SANTOS, G. A. et al. Aspectos

- Fisiológicos e Caracterização da Toxidez de Ácidos Orgânicos Voláteis em Plantas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 31, n.3, p. 523-529, 2001.
- CAMARGO, F. A. O.; SANTOS, G. A.; ROSSIELLO, R. O. P. et al. Produção de Ácidos Orgânicos Voláteis com Adição de Palha de Arroz em Gleis sob Condições Anaeróbicas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 17, n.3, p. 337-342, 1993.
- CHING, T. M. Biochemical Aspects of Seed vigor. **Seed Science & Technology**, Zürich, v. 1, n. 1, p.73-88, 1986.
- CLEGG, K. M. The Application of the Anthrone Reagent to the Estimation of Starch in Cereals. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 7, p. 40-44, 1956.
- DUARTE, G. L. **Qualidade Fisiológica de Sementes, Crescimento e Alterações Bioquímicas em Trigo, sob Estresse Salino**. Pelotas, 2004. 96 f. Dissertação (Mestrado em Fisiologia Vegetal) – Instituto de Biologia, UFPEL. 2004.
- GALINA, S. **Efeito da Salinidade na Qualidade Fisiológica de Sementes de Arroz (*Oryza sativa* L.) cv El Passo L 144 e de Feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) cv FT Nobre**. Pelotas, 2004. 30 f. Dissertação (Mestrado em Fisiologia Vegetal) – Instituto de Biologia. UFPEL, 2004.
- GUENZI, W. D.; McCALLA, T. M.; NORSTADT, F. A. Presence and Persistence of Phytotoxic Substances in Wheat, Oat, Corn, and Sorghum Residues. **Agronomy Journal**, Madison, v. 59, n.2, p.163-165, 1967.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 01 nov. de 2005.
- LYNCH, J. M. Effects of Organic acids on the Germination of Seeds and Growth of Seedlings. **Plant Cell and Environment**, Logan, v. 3, p. 255-259, 1980.
- MCREADY, R. M.; GUGGOLZ, J.; WENZ, H. S. Determination of Start an Amylase in Vegetables. **Analytical Chemistry**, Washington, n. 22, p.1156-1158, 1950.
- NEVES, L. A. S. das; MORAES, D. M.; ABREU, C. M. et al. Influência do Ácido Acético na Qualidade Fisiológica de Sementes de Arroz. **Revista Brasileira de Agrociências**, Pelotas, (no prelo a).
- _____. ; _____. ; LOPES, N. F. et al. Análise da Ação Fisiológica do Ácido Acético sobre a Condutividade Elétrica e sobre os Componentes Bioquímicos em Sementes de Arroz. **Revista Científica Rural**, Bagé, (no prelo b)
- _____. ; _____. ; Análise do Vigor e da Atividade da Alfa-amilase em Sementes de Cultivares de Arroz Submetidas a Diferentes Tratamentos com Ácido Acético. **Revista de Ciências Agrovetenárias**, Lages, v. 4, n.1, p. 35-43, 2005.
- PATRICK, Z. A. Phytotoxic Substances Associated with the Decomposition in Soil of Plants Residues. **Soil Science**, Madison, USA, v. 3, n.1, p. 13-18, 1971.
- PONNAMPERUMA, F. N. The Chemistry of Submerged Soils. **Advances in Agronomy**, New York, v. 24, p. 29-96, 1972.
- SANTOS, C. M. R.; MENEZES, N. L.; VILLELA, F. A. Alterações Fisiológicas e Bioquímicas em Sementes de Feijão Envelhecidas Artificialmente. **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v. 26, n.1, p.110-119, 2004.
- SOUSA, R. O. **Oxirredução em Solos Alagados Afetado por Resíduos Vegetais**. Porto Alegre: UFRGS, 2001. 164 p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Agronomia, UFRGS. 2001.
- _____. ; BORTOLON, L. Crescimento Radicular e da Parte Aérea do Arroz (*Oryza sativa* L.) e Absorção de Nutrientes em Solução Nutritiva com Diferentes Concentrações de Ácido Acético. **Revista Brasileira de Agrociências**, Pelotas, v. 8, n.3, p. 231-235, 2002.
- VIEIRA, R. D.; CARVALHO, N. M. **Testes de Vigor de Sementes**. Jaboticabal: FUNEP, 1994. 164 p.



Raleio químico de tangerineira cv. 'Montenegrina' (*Citrus deliciosa* Tenore) com pulverizações de etefon¹

Ivar Antonio Sartori¹, Otto Carlos Koller², Sergiomar Theisen¹,
Henrique Belmonte Petri³; Jurandir Gonçalves de Lima⁴

Resumo - Com o propósito de estudar aplicações exógenas de etefon para quebrar a alternância de produção e melhorar a qualidade físico-química dos frutos de tangerineiras 'Montenegrina' (*Citrus deliciosa* Tenore), enxertadas sobre laranjeira 'Caipira' (*Citrus sinensis* L. Osb.), em um pomar comercial de 7 anos de idade, da empresa Panoramas Citrus, situada no município de Butiá-RS, na latitude 29°57'S e longitude 51°40'W, foram submetidas aos seguintes tratamentos: Testemunha, sem aplicação de etefon; pulverizações com etefon em concentrações de 200, 300 e 400 mg L⁻¹, sob a forma de Ethrel (24 %). As aplicações de etefon foram realizadas em 19 de novembro de 2001, durante a plena queda natural de frutos, que estavam com diâmetro médio de 8mm. Foram avaliados: o número de flores; número de frutos vingados; o número e a massa dos frutos produzidos; a massa média dos frutos; os frutos produzidos nas classes de primeira, segunda e terceira. Verificou-se que o etefon só exerce efeito de raleio de frutos quando pulverizado em concentrações superiores a 200 mg L⁻¹, as quais, por terem ação fitotóxica, são mais prejudiciais às plantas e à produção de frutos do que benéficas.

Palavras-chave: *Citrus deliciosa*, reguladores de crescimento, raleio de frutos.

Fruits thinning with growth regulators on 'Montenegrina' mandarins (*Citrus deliciosa* Tenore)

Abstract - With the purpose to evaluate the effects ethephon sprays to control alternate bearing and ameliorate fruit quality of 'Montenegrina' mandarins (*Citrus deliciosa* Tenore), grafted on 'Caipira' Orange, a experiment was conducted in a seven-year old comercial orchard, located in Butiá-RS, southern Brazil (29°57'S - 51°40'W). The experiment evaluated the effects as chemical thinner of different concentrations of ethephon: 0, 200, 300 and 400 mg L⁻¹. The treatments were applied in a randomized block design with four replicates and 3 plants as experimental unit. The number of flowers and fruitset, fruit development, number, weight and average weight of fruits, fruit classification in first, second and third category Were analyzed. Ethephon sprays only have a thinning effect with concentrations up to 200 mg L⁻¹, which showed effect resulting in leaf yellowing and abscission.

Key words: *Citrus deliciosa*, growth regulators, tangerine.

¹ Eng° Agr° MSc, alunos de doutorado do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia da UFRGS. Av. Bento Gonçalves, 7712, Bairro Agronomia, Cx.P 776, CEP 91501-970 Porto Alegre – RS. E-mail: 00018226@ufrgs.br

² Dr. Prof. Convidado da Faculdade de Agronomia da UFRGS, Bolsista 1A do CNPq. Rua Largo Setembrina, 126 Viamão, RS, CEP 94415-400. E-mail: ockoller@adufgrs.ufrgs.br

³ Bolsista de Iniciação Científica. Av. Bento Gonçalves 7712, Bairro Agronomia, Cx.P 776, CEP 91501-970 Porto Alegre – RS

⁴ Técnico Agrícola da Empresa Panoramas Citrus. Butiá – RS.

Recebido para publicação em 09/03/2006





Introdução

O RS é o segundo maior produtor de tangerinas no país, confirmando a tendência da citricultura gaúcha de ser direcionada para o mercado de frutas para o consumo-fresco. No Vale do rio Caí se destacam como maiores produtores os municípios de Montenegro, Pareci Novo, São Sebastião do Caí, Harmonia e São José do Sul, onde as cultivares mais plantadas são a Montenegrina, Caí, Ponkan, Pareci, Satsuma Okitsu e Murcott (JOÃO, 2004).

Os cultivares tardios, principalmente Montenegrina, têm, a partir de agosto, um mercado favorável em diversos Estados, faltando, contudo, maior volume de produção, com padrão mínimo de qualidade e apresentação, para a venda no mercado interno e externo (JOÃO, 2004).

Além da produção tardia, a tangerineira 'Montenegrina' apresenta como vantagem a boa conservação pós-colheita, facilidade de descascar, polpa firme que confere resistência ao transporte, maior tempo de conservação pós-colheita, bom sabor, aroma característico e número reduzido de sementes, quando comparada com a tangerina 'Caí' (Schwarz e Koller, 1991; Rodrigues et al., 1998). Entretanto essa tangerineira apresenta como inconveniente a alternância de produção.

Tentando controlar a alternância de produção, Marodin (1986) observou que o etefon a 300 mg L^{-1} proporcionou o aumento do tamanho dos frutos remanescentes do raleio, com efeito semelhante ao raleio manual deixando só um fruto por ramo. Nas concentrações 100, 200 e 300 mg L^{-1} , o etefon proporcionou expressiva diminuição da alternância de produção. A melhor época de aplicação de etefon em tangerineiras 'Montenegrina' é durante a plena queda natural de frutinhos.

Em tangerineiras 'Montenegrina', Souza et al. (1991) estudaram o efeito do raleio de frutos nas concentrações de 100, 200 e 300 mg L^{-1} de etefon, associados a 3% de uréia e aplicados com quatro pressões de pulverização foliar: 50, 100, 150 e 200 libras/pol², durante a plena queda natural dos frutinhos. O aumento da pressão de pulverização não afetou o raleio químico e a qualidade dos frutos, mas o aumento das concentrações de etefon incrementou a porcentagem de raleio.

Castro et al. (1998) estudaram o raleio manual e químico em *Citrus deliciosa* Tenore cv. Mexerica-do-Rio, salientando que o etefon a 300 mg L^{-1} reduziu o número total de frutos por árvore.

Em um experimento conduzido em Ludhiana, Índia, para determinar o efeito raleante do etefon (200, 300 e 400 mg L^{-1}) em tangerineiras 'Kinnow', Parmpal et al. (2002) concluíram que o raleio com a concentração de 400 mg L^{-1} de etefon resultou em maior tamanho de fruto, massa, teor de sólidos solúveis totais, relação sólidos solúveis totais/acidez total titulável e conteúdo de carotenóide na casca.

O propósito deste trabalho de pesquisa foi de avaliar o efeito de concentrações exógenas de etefon para quebrar a alternância de produção e melhorar a qualidade físico-química dos frutos de tangerineiras 'Montenegrina' (*Citrus deliciosa* Tenore).

Material e métodos

O experimento foi iniciado em agosto de 2002, num pomar comercial de tangerineiras da cv. Montenegrina, enxertadas sobre Laranjeira 'Caipira' com 7 anos de idade, espaçamento de 3 x 6 metros, pertencente à empresa Panoramas Citrus. O pomar está situado no município de Butiá/RS, junto à rodovia BR-290, distante 70 Km de Porto Alegre, na latitude 29°57' S e longitude 51°40' W e altitude média de 50 metros. O solo é classificado como Laterítico Bruno Avermelhado Distrófico de textura argilosa (EMBRAPA, 1999). O clima da região é classificado como Cfa, ou seja, temperado sem estação seca definida. A região segundo a classificação de Köppen, apresenta clima subtropical úmido com verão quente. A temperatura média anual em 2002 foi de 19,1°C sendo as médias das temperaturas mínimas e máximas de 14,0°C e 24,9°C, respectivamente. A precipitação pluviométrica média anual é de 1440 mm e a umidade relativa média do ar de 77,3% (BERGAMASCHI e GUADAGNIN, 1990). Os tratamentos culturais que não foram objeto de avaliação, tais como: adubações, controle de pragas e moléstias, manejo e cobertura do solo, foram uniformes em todos os tratamentos, como normalmente executados nos pomares da empresa, Panorama Citrus.

Neste experimento delineado em blocos ao acaso, com 4 tratamentos, 4 repetições e usando 3 plantas úteis por parcela, em plantas com carga excessiva de frutos, foram testados pulverizações com os seguintes tratamentos: 0 (testemunha), 200, 300 e 400 mg L^{-1} de etefon.

O etefon foi aplicado sob a forma de produto comercial Ethrel (24% de etefon) em 19/11/2002, na plena queda natural, quando os frutinhos se encontravam, em média, com 8 mm de diâmetro. A temperatura do ar, no momento de aplicação, das 9 às 11 horas da manhã, do horário de verão, ficou entre 23 e 26°C. A presença de sol foi constante, sem nuvens e sem vento. Realizou-se primeiro a aplicação dos tratamentos de concentrações mais baixas, evoluindo para os de concentrações mais elevadas.

Em dois ramos previamente marcados por planta, um em cada lado das linhas de plantas, orientados em sentido leste-oeste, foi realizada a contagem do número de flores e frutos retidos antes da queda natural, em 22 de outubro e em 12 de novembro de 2002 e, após a queda natural, nas datas de 26 de dezembro de 2002, 10 e 31 de janeiro de 2003 e 20 de março de 2003. A medida do crescimento do diâmetro dos frutos foi realizada nas datas de 16/12/02; 10/01/03; 31/01/03; 26/03/03; 08/05/03 e 23/06/03. A colheita foi realizada em 21 de agosto de 2003.

Os seguintes parâmetros foram avaliados: Número de flores e frutinhos vingados, porcentagem do raleio de frutinhos, produção total em número e massa de frutos por planta, produção total em número e massa de frutos classificados em 3 classes: frutos de primeira cujo diâmetro variou de 65 a 78mm, de segunda com 57 a 65mm e de terceira com 40 a 57mm de diâmetro. Essa classificação foi realizada manualmente, comparando os frutos com amostras padrões, previamente estabelecidos para cada classe.

Os dados experimentais obtidos foram submetidos a análises de variância segundo modelo de delineamento de blocos casualizados. Utilizou-se o teste F ao nível de 5% de probabilidade para testar a significância das diferenças. No caso de ser significativa esta diferença, as médias serão comparadas pelo teste de Tukey, também a 5% de probabilidade.

Resultados e discussão

Verifica-se, na Figura 1, que antes da aplicação dos tratamentos, nos ramos previamente marcados das plantas que seriam pulverizadas com 200 mg L⁻¹ de etefon, por acaso, em 22 de outubro e 12 de novembro de 2003, havia mais frutos do que nos ramos das plantas em que seriam pulverizadas com 300 e 400 mg L⁻¹ de etefon. Essa situação se manteve até 20 de março de 2004, após a aplicação de etefon, sem diferença estatística em relação à testemunha. Isto indica que embora o número de frutos presentes nos ramos marcados das plantas tratadas com 300 e 400 mg L⁻¹ de etefon tivesse sido bem menor do

que com aplicação de 200 mg L⁻¹, em princípio essa diferença não pode ser atribuída aos tratamentos.

Pode-se observar também na Figura 1 que o número de frutos colhidos no tratamento 200 mg L⁻¹ de etefon não diferiu da testemunha, indicando que nesta concentração o etefon não exerceu raleio de frutos, ao contrário da resposta encontrada por Marodin (1986) e Souza et al. (1991), que obtiveram um raleio de aproximadamente 57%.

Em 26 de novembro, uma semana após a aplicação de etefon, observou-se uma queda de folhas nas plantas tratadas com 400 mg L⁻¹, indicando que nesta concentração, o etefon exerceu efeito de fitotoxicidade, conforme havia sido constatado também por Marodin (1986).

A concentração de 300 mg L⁻¹ de etefon (Figura 1) diminuiu em 35% o número de frutos produzidos em relação à testemunha que, entretanto, foi inferior aos 66% ou mais que seriam necessários para a quebra da alternância de produção. Resultados similares também foram obtidos por Castro et al. (1998), em tangerineira 'Mexerica do Rio' para a mesma concentração de 300 mg L⁻¹ de etefon. No entanto, Marodin (1986) observou que a concentração de 300 mg L⁻¹ de etefon reduz a produção de frutos em 81,66%, porém tendo causado toxidez às plantas.

Com aplicação de 400 mg L⁻¹ de etefon (Figura 1), a porcentagem de frutos raleados ficou em 65% em comparação com a testemunha, próximo do raleio satisfatório de 66% para a quebra da alternância de produção para frutos de boa qualidade. Dados de raleio de frutos semelhantes também foram verificados nessa concentração em tanger 'Murcott' por Domingues et al. (2001).

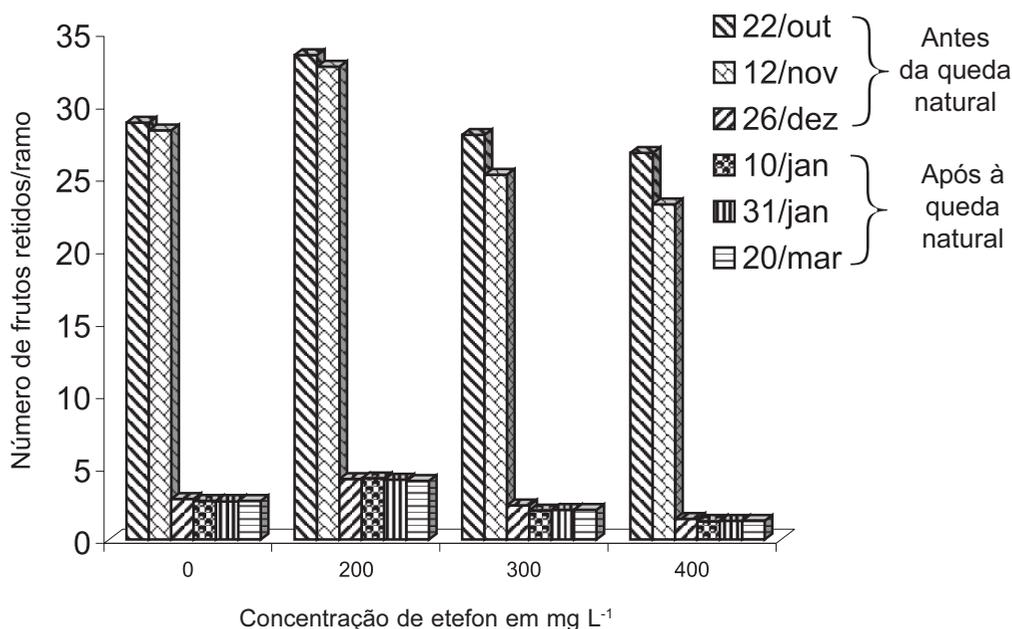


Figura 1 - Presença de frutos em ramos previamente marcados, antes e depois da queda natural e pulverização de tangerineiras 'Montenegrina' com 200, 300 e 400 mg L⁻¹ de etefon, outubro de 2002 a março de 2003, Panoramas Citrus.

Contudo, foi observado visualmente e através de fotografias, que na concentração de 400 mg L⁻¹ de etefon, a maior parte dos frutos da parte superior da copa foi raleada e maior quantidade de frutos permaneceu na parte inferior. Isso prejudicou a distribuição dos frutos na planta, diminuindo seu número, principalmente em locais que recebem maior incidência de radiação solar, onde a qualidade dos mesmos é normalmente melhor. Tal fato pode ter acontecido, segundo suposição levantada por Marodin (1986), de que temperaturas elevadas aumentam a porcentagem de raleio do etefon, sendo possível que na parte superior da copa, a incidência direta da luz solar tenha aumentado a temperatura e incrementado o raleio de frutos, em relação a parte inferior da copa. Também

pode ter acontecido que, por falta de atenção ou cuidado, o operador tenha pulverizado menor quantidade de solução na parte inferior da copa.

A produção de frutos, em massa e número, (Figura 2) diminuiu com o aumento da concentração de etefon de 200 para 400 mg L⁻¹ e a massa média dos frutos aumentou. Esta resposta evidencia que o tratamento com 200 mg L⁻¹ de etefon foi insuficiente para efetuar o raleio químico de frutos.

Na figura 3 pode-se observar que houve um pequeno aumento do número de frutos de primeira classe com o incremento das concentrações de etefon e diminuíram acentuadamente as produções de frutos de segunda e de terceira classe. A diminuição da produção de frutos

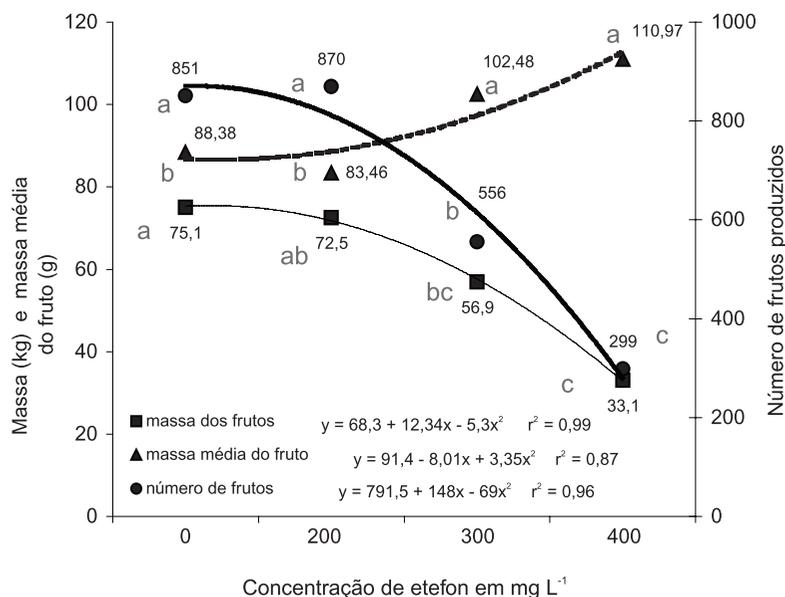


Figura 2 - Número de frutos, massa (kg) e massa média (g) dos frutos produzidos por tangerineiras 'Montenegrina', submetidas ao raleio químico. Panoramas Citrus, Butiá - RS, 2003.

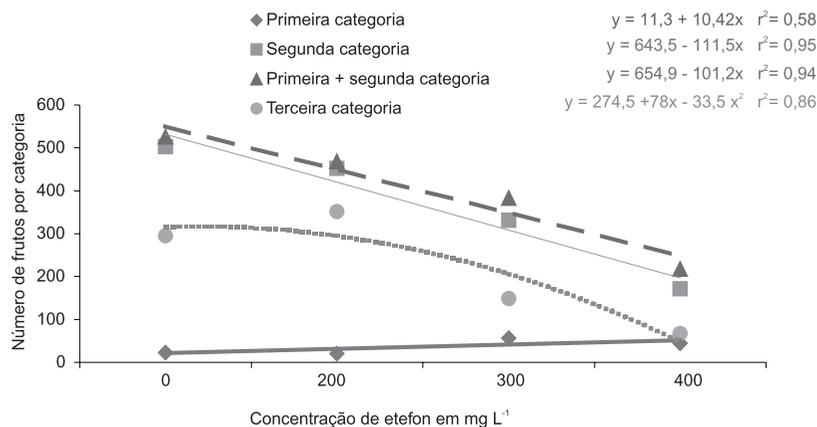


Figura 3 - Número de frutos de primeira, segunda, primeira + segunda e terceira classe de tangerineiras 'Montenegrina', submetidas ao raleio químico. Panoramas Citrus, Butiá - RS, 2003.



de terceira classe é desejável, tendo em vista que eles são de baixo valor comercial e oneram a colheita. Entretanto a acentuada diminuição da produção de frutos de segunda classe é um fator negativo, pois estes, juntamente com os de primeira, apresentam apreciável valor. Assim sendo, provavelmente devido ao efeito fitotóxico, evidenciado pela abscisão foliar, não há vantagem em realizar o raleio de frutos com pulverizações de etefon, nas concentrações de 300 e 400 mg L⁻¹, porque além delas diminuir a produção total de frutos, reduzem também a produção de segunda classe, diminuindo a renda do citricultor.

Também deve ser ressaltado que num pomar de tangerineiras 'Montenegrina' existem plantas em diversos graus de alternância, desde plantas sem frutos até outras

com índices variáveis de sobrecarga. Isso traz o dilema de saber qual planta pulverizar com etefon e qual não deve ser pulverizada. Além disso, poderia ser necessário pulverizar com solução mais concentrada de etefon as plantas com maior carga e pulverizar com menor concentração aquelas que necessitam menor raleio de frutos. Todos esses aspectos tornam complicada a aplicabilidade do raleio de frutos com etefon.

Conclusão

Para exercer efeito de raleio de frutos, o etefon deve ser pulverizado em concentrações superiores a 200 mg L⁻¹, que, por terem ação fitotóxica, são mais prejudiciais às plantas e à produção de frutos do que benéficas.

Referências

- BERGAMASCHI, H.; GUADAGNIN, M.R. **Agroclima da Estação Experimental Agronômica/UFRGS**. Porto Alegre: Departamento de Plantas Forrageiras e Agrometeorologia da UFRGS, 1990. 96 p.
- CASTRO, P. R. C.; PACHECO; MEDINA, C. L. Thinning *Citrus deliciosa* ten. with Growth Regulators. **Proceedings of the Interamerican Society for Tropical Horticultural**, Alexandria, v. 42, n. 2, 161-165, 1998.
- DOMINGUES, M. C. S.; ONO, E.O.; RODRIGUES, J.D. Reguladores Vegetais e o Desbaste Químico de Frutos de Tangor Murcote. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 58, n. 3, 2001.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Rio de Janeiro, 1999. 412 p.
- FAO. **Produção Mundial de Frutas Cítricas**. Disponível em: <<http://www.fao.org>> Acesso em: 11 jan. 2005.
- IBGE. **Produção Vegetal**: Agricultura: Laranja, Limão e Tangerina, 2005. Disponível em: <<http://www.ibge.Org.br>>. Acesso em: 11 jan. 2005.
- JOÃO, P. L. (Coord.). **Levantamento da Fruticultura Comercial do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: EMATER/RS-ASCAR, 2004. 89 p.
- KOLLER, O. C. **Citricultura**: Laranja, Limão e Tangerina. Porto Alegre: Rigel, 1994. 446 p.
- MARODIN, G. A. B. **Raleio Químico e Manual de Frutinhas em Tangerineira (*Citrus deliciosa* Tenore) cv. Montenegrina**. 1986. 124f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-graduação em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1986.
- PARMPAL, S.; DHATT, A. S.; SINGH, P. Effect of Thinning Agents on Fruit Quality in Kinnow. **Haryana Journal of Horticultural Sciences**, Ludhiana, v. 31, n. 1, p. 35-37, 2002.
- RODRIGUES, L. R. et al. Raleio Manual de Frutos em Tangerinas 'Montenegrina'. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 33, n. 8, p. 14-21, 1998.
- SCHWARZ, S.F.; KOLLER, O.C. Características de Três Safras de Tangerineiras 'Montenegrina' após Raleio Manual de Frutos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, v. 13, n. 1, p. 41-47, 1991.
- SOUZA, P. V. D. de.; KOLLER, O. C.; SCHWARZ, S. F. Efeito do Raleamento Químico e de Pressões de Pulverização na Qualidade dos Frutos de Tangerineiras (*Citrus deliciosa* Tenore) cv. Montenegrina. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, v. 13, n. 1, p. 99-105, 1991.







ARTIGO DE REVISÃO

Sigatoka Negra, fatores de ambiente e sistemas agroflorestais em bananais do Rio Grande do Sul, Brasil

Rodrigo Favreto¹, Nelson Sebastião Model², Adilson Tonietto³

Resumo - A Sigatoka Negra é atualmente o principal problema fitossanitário da bananicultura no mundo. Neste contexto, o conhecimento dos fatores de ambiente relacionados à doença é fundamental para a proposição de técnicas de manejo dos bananais e redução de danos. Este trabalho apresenta aspectos da Sigatoka Negra, fatores de ambiente relacionados à incidência desta moléstia, e indicativos de manejo. Ao mesmo tempo, fazem-se inferências sobre o comportamento da doença no extremo sul do Brasil. Considerando-se os bananais do Rio Grande do Sul, é importante que se evite a disseminação da Sigatoka Negra e se faça o manejo integrado das doenças, levando em conta aspectos de solo práticas culturais e utilização de cultivares resistentes. Os sistemas agroflorestais despontam também como alternativas para os bananais, no sentido de promover sombreamento e concomitantemente produzir outros cultivos agrícolas de forma diversificada e sustentável.

Palavras-chave: banana, doença, *Musa* spp., *Mycosphaerella fijiensis*, sombreamento.

Black Sigatoka, environmental factors and agroforestry systems in banana plantations of Rio Grande do Sul, Brazil

Abstract - Nowadays the black sigatoka is the major fitosanitary constrain of the banana cultivation in the world. In this context, the knowledge of the environmental factors related to the disease is essential for proposing management techniques and damage reductions. This paper presents some aspects of black Sigatoka disease, environmental factors related to the disease, and possibilities of management. Besides, it infers about the behavior of the disease at the extreme South of Brazil. Regarding the banana plantations of Rio Grande do Sul, the black Sigatoka dissemination should be avoided and the disease management should be integrated, considering aspects of soil, cultural practices, and the use of resistant cultivars. Agroforestry systems are also alternatives to the banana plantations as they can promote shading, and concomitantly produce other crops, in a diversified and sustainable way.

Key words: banana, disease, *Musa* spp., *Mycosphaerella fijiensis*, shading.

¹ Engenheiro Agrônomo, MSc. Pesquisador da FEPAGRO Litoral Norte, doutorando PPG-Botânica/UFRGS. Rod. RS 484, km 05, Maquiné/RS, CEP 95530-000. E-mail: rfavreto@fepagro.rs.gov.br.

² Engenheiro Agrônomo, MSc., Pesquisador da FEPAGRO, R. Gonçalves Dias, nº 570, Bairro Menino Deus, CEP 90130-060, Porto Alegre/RS.

³ Engenheiro Agrônomo, Dr. Fruticultura, Pesquisador da FEPAGRO, R. Gonçalves Dias, nº 570, Bairro Menino Deus, CEP 90130-060, Porto Alegre/RS.

Recebido para publicação em 08/08/2006





Introdução

A bananicultura possui grande importância econômica e social. O Brasil é um dos maiores produtores mundiais, produzindo anualmente mais de 6,5 milhões de toneladas, em área superior a 500 mil hectares (FAO, 2004). Considerando somente o Estado do Rio Grande do Sul (RS), para mais de 3 mil famílias de agricultores a atividade é a principal fonte de renda, e mais de 90% da produção estão concentrados na região do litoral norte gaúcho (EMATER, 2002).

Entretanto, os problemas fitossanitários estão entre os maiores entraves para a bananicultura mundial, e atualmente a doença da Sigatoka Negra é uma das principais preocupações dos agricultores, sendo considerada a mais grave e destrutiva doença da bananeira em quaisquer regiões do mundo onde ocorre (FANCELLI et al., 2004). No Brasil, apesar de sua ocorrência recente, já está causando grandes perdas em diversas regiões (CAVALCANTE et al., 2004b), pois os cultivares de banana (*Musa* spp.) mais utilizados – tipo ‘Prata’, ‘Nanica’ e ‘Maçã’ – são altamente suscetíveis à moléstia.

Apesar da importância da doença, existem poucas publicações sobre epidemiologia e biologia do agente causal e, dessa forma, pouco se conhece os efeitos das condições climáticas e variações genéticas do hospedeiro (HANADA et al., 2002). Além disso, não há informações científicas sobre o comportamento da doença no extremo sul do Brasil.

Considerando a recente ocorrência da doença, a sua rápida disseminação no território brasileiro e a pouca informação sobre esse tema no Sul do Brasil, este trabalho objetiva expor e discutir aspectos da doença da Sigatoka Negra. Dessa forma, são relacionados fatores de ambiente e opções de manejo para bananais do Sul do Brasil, especialmente no Rio Grande do Sul. Ao mesmo tempo, são discutidos aspectos sobre sistemas agroflorestais como alternativas para o manejo dos bananais, na perspectiva de redução de danos pela Sigatoka Negra, de diversificação de cultivos e de aumento da biodiversidade.

A Sigatoka Negra e sua disseminação

A Sigatoka Negra foi descrita inicialmente nas Ilhas Fiji, em 1963, como estria negra (“Black Leaf Streak”) (CAVALCANTE e GONDIM, 1999), tendo-se disseminado rapidamente pela Ásia e África. Todavia, com base em materiais herborizados, Stover (1976) sugere que o agente causal estava presente no Sudeste Asiático, em Taiwan, desde 1927. Em 1972, foi detectada pela primeira vez na América Latina, em Honduras, difundindo-se posteriormente por diversos países, estando hoje na maioria das principais regiões produtoras do mundo. No Brasil, a doença foi inicialmente detectada em 1998 no Amazonas, e hoje ocorre em vários estados.

Quando presente, a doença é o principal fator de queda na produtividade dos bananais, com reduções de até 100% na produção comercial de bananas dos tipos prata e nanicao. É extremamente destrutiva e causa morte prematura de folhas, exigindo, nas regiões quentes e úmidas, até 52 pulverizações por ano com fungicidas protetores ou 26 com sistêmicos para seu controle (GASPAROTTO et al., 2003b). Além dos problemas ambientais e de saúde humana que pode causar, estima-se que seu controle com fungicidas representa 35 a 45% dos custos de produção de bananas no México (OROZCO SANTOS et al., 2001).

Em bananais no Brasil a sintomatologia verificada é descrita por Gasparotto et al. (2003b). Inicialmente são observadas pequenas pontuações claras na face abaxial das folhas da bananeira. Essas pontuações progridem formando estrias de coloração marrom-clara, podendo atingir 2 a 3 mm de comprimento. Progressivamente, essas estrias se expandem radial e longitudinalmente, sendo então visualizadas na face adaxial, com até 3 cm de comprimento. Nos estádios finais, as lesões apresentam o centro deprimido e de cor branco-palha, com um halo interno proeminente marrom-escuro, circundado por um pequeno halo amarelo. Em alguns casos, no centro das lesões verifica-se pontuações escuras constituídas pelos estromas com os peritécios da fase sexuada do patógeno. A partir do estádio de manchas, observa-se alta frequência de infecções próximo à nervura principal, caracterizando a maior agressividade da doença em relação à Sigatoka Amarela. Por não haver emissão de novas folhas após o florescimento, a doença torna-se severa após a emissão do cacho, perde todas as folhas após algumas semanas e, assim, produz frutos pequenos com maturação precoce e desuniforme.

A moléstia apresenta como agente causal o fungo *Mycosphaerella fijiensis* Morelet (fase anamórfica: *Paracercospora fijiensis* [Morelet] Deighton) sendo os conídios e ascósporos as estruturas de disseminação. A fase assexual (*P. fijiensis*) é encontrada durante a fase de estrias ou manchas jovens da doença, onde se percebe a presença de conidióforos, emergindo de forma isolada ou em menor número, a partir dos estômatos foliares, sendo visíveis principalmente na face inferior das folhas. A fase sexuada caracteriza-se pela produção de elevado número de ascósporos e, por isso, considera-se esta fase como a mais importante no aumento da doença (MORREIRA, 2004). A concentração de ascósporos em um bananal pode ser até 100 vezes superior à produção de conídios (CORDEIRO e KIMATI, 1997).

Os ascósporos são produzidos em tecido necrosado e mantêm-se por vários meses em folhas mortas até a decomposição. Os ascósporos são liberados dos peritécios quando submetidos ao molhamento foliar, em maior abundância após uma hora de molhamento (VARGAS, 1996 citado por GASPAROTTO et al., 2003b). Em dias sem

chuva a liberação de ascósporos ocorre só pela manhã, após algumas horas de orvalho. O vento é o principal agente de disseminação dos esporos, que são depositados principalmente nas folhas vela, um e dois. Se a umidade for adequada, os esporos emitem tubo germinativo, penetrando pelos estômatos e em seguida colonizam células vizinhas, originando os sintomas (CORDEIRO e KIMATI, 1997).

A dispersão de ascósporos de pequenas áreas para novos locais, através do vento, é muito eficiente, atingindo distâncias superiores a 50 km (Stover, 1980). Calvo e Romero (1998), na Costa Rica, constataram que não ocorre variação na concentração de esporos até 4 km da fonte de inóculo. No entanto, Jones (1990) considera o transporte de mudas e folhas infectadas como o principal meio de disseminação para longas distâncias. Hanada et al. (2002) demonstraram que os conídios de *P. fijiensis* aderidos em folhas de bananeira e tecido de algodão permaneceram viáveis até 60 dias; em papelão, madeira, plástico e pneu, até 30 dias; em frutos, até 18 dias; e ferro, 10 dias. Por isso, o transporte de mudas infectadas e de folhas junto com os frutos, assim como a entrada de caminhões e pessoas em áreas infectadas são eficientes dispersores desse patógeno para longas distâncias (GASPAROTTO et al., 2003b).

Desse modo, a disseminação do patógeno ocorre através do vento, mudas infectadas, frutos e folhas doentes transportados, caixas utilizadas como embalagens, veículos e pessoas. Nas poucas regiões onde a doença ainda não ocorre, deve-se pôr em prática os princípios de exclusão: regulamentar o trânsito de materiais botânicos de hospedeiros suscetíveis e controlar o acesso de pessoas e veículos. Além disso, deve-se ter o cuidado com a obtenção de mudas livres do fungo, dando preferência para regiões sem a Sigatoka Negra, evitando assim a sua introdução.

Controle da Sigatoka Negra, fatores de ambiente e manejo dos bananais

Fungicidas protetores e sistêmicos são de uso corrente no controle da Sigatoka Negra. Compostos químicos vêm sendo testados (SÁNCHEZ RODRIGUEZ et al., 2002; HANADA et al., 2004), sendo alguns de menor toxicidade e eficientes no controle da Sigatoka Negra ou na desinfestação da superfície de materiais utilizados no transporte. Fungicidas como Mancozeb, Trifloxistrobin, Tebuconazole, Propiconazole, Difenconazole, Imibenconazole, Tiofanato metílico, Flutriafol, Bitertanol e Eco-life, foram avaliados e se mostraram eficientes no controle da doença (GASPAROTTO e PEREIRA, 2004).

A moléstia pode ser controlada eficientemente por práticas de cultivo adequadas e diversas aplicações de fungicidas específicos. Porém no litoral norte gaúcho, a aplicação de fungicidas em larga escala é bastante onerosa, pois a maioria dos bananais está localizada em áreas

íngremes, onde o trabalho é predominantemente braçal. Assim, nesses locais, se a Sigatoka Negra se propagasse, o aumento do número de aplicações de fungicidas poderia inviabilizar economicamente o cultivo da banana, além de causar maiores danos ambientais.

Um método vem sendo proposto por Gasparotto et al. (2004) para aplicação de pequenas quantidades de fungicidas sistêmicos concentrados nas axilas das folhas. O método apresenta diversas vantagens, como redução do peso transportado pelo aplicador, redução de custo, de deriva e de intoxicações, aumento da eficiência, entre outros. Entretanto, em caso de contato com o produto, a intoxicação poderá ser mais grave devido à sua maior concentração. Além disso, devido à fitotoxicidade são poucos os fungicidas sistêmicos que podem ser aplicados dessa forma, e o uso contínuo de um mesmo composto pode promover o surgimento de resistência de *M. fijiensis*, como descrito por Sánchez Rodriguez et al. (2002).

O fato de manter uma fruteira com aplicações de fungicidas sistêmicos durante o ano todo propicia condições para seleção de estirpes de *M. fijiensis* resistentes a fungicidas (MOREIRA, 1987; GASPAROTTO et al., 2003a). Problemas com resistência de *M. fijiensis* a fungicidas sistêmicos são relatados (CASTRO et al., 1995), assim como problemas com resíduos de fungicidas em águas, sendo alguns considerados carcinogênicos e teratogênicos. Uma forma de evitar ou retardar o aparecimento da resistência é alternar o uso de fungicidas sistêmicos e protetores, e reduzir ao máximo as aplicações (GASPAROTTO et al., 2003a).

Em alguns países, sistemas de alerta bioclimático têm auxiliado na redução da frequência de aplicação de fungicidas (PÉREZ VICENTE, 1998). Estes sistemas de alerta permitem definir o momento da aplicação pelo estado de evolução dos sintomas nas folhas e sua interação com dados climáticos (PÉREZ VICENTE et al., 2000a, b). Desse modo, a menor aplicação de agrotóxicos implica em menores custos de produção, menor contaminação ambiental e menor probabilidade de surgimento de resistência dos fungos aos fungicidas.

Atualmente, uma das principais estratégias da pesquisa para controlar a doença é o desenvolvimento de cultivares resistentes por meio de melhoramento genético. Além de ser uma tecnologia ao alcance de todos os agricultores, o uso de cultivares resistentes reduz o custo de produção e os impactos ambientais decorrentes do uso de agrotóxicos, além de proporcionar maior eficiência no controle (MOREIRA, 2004). O uso de novos cultivares pode promover também a diversificação de cultivares na bananicultura, pois atualmente grande parte da produção de banana no Rio Grande do Sul depende basicamente de dois cultivares.

No Brasil, vários cultivares resistentes são recomendados: Caipira, Mysore, Thap Maeo, Prata Zulu, FHIA 01, FHIA 02, FHIA 18, Pacovan Ken, Prata Caprichosa,



Prata Garantida, Pelipita, entre outros. Todavia, a diversidade dos sistemas de produção deve ser considerada quando se propõe intervenções ou introduções de novos cultivares (COESSENS et al., 2002). A substituição de um cultivar, tradicionalmente cultivado em uma determinada região, deve considerar o mercado e características agronômicas, como rendimento, porte, resistência a outras doenças e ao frio, entre outros caracteres (PEREIRA et al., 2002).

O uso de cultivares resistentes é uma das maneiras mais eficientes de controle de doenças nos cultivos agrícolas. Contudo, em muitas ocasiões, surgem novas raças virulentas dos patógenos, ou novos patógenos, inviabilizando o uso de um cultivar que outrora fora difundido como resistente a uma determinada doença, reiniciando o uso intensivo de agrotóxicos. A utilização de cultivares resistentes como única forma de controle de doenças pode, então, não ser a estratégia mais adequada. Neste sentido, é necessário usar outras estratégias, que devem fazer parte do manejo integrado de doenças, onde se permita “conviver” com as doenças, ou seja, mantê-las em níveis adequados e não comprometer a viabilidade do cultivo. Nesta situação, o conhecimento dos fatores de ambiente relacionados à Sigatoka Negra é fundamental.

Temperaturas superiores a 21°C, e temperatura ótima entre 25 e 28°C, umidade relativa alta e período chuvoso prolongado são condições predisponentes à ocorrência da Sigatoka Negra. Entretanto, tem sido mencionado que a germinação dos ascósporos ocorre a partir de 10°C (PÉREZ, 1996 citado por MARTÍNEZ et al., 2002). A duração do ciclo de vida do patógeno é influenciada pelas condições climáticas e pela suscetibilidade do hospedeiro.

Jacome et al. (1991) e Jacome e Schuh (1992, 1993) verificaram que a infecção, o desenvolvimento e a severidade da doença foram influenciados pelo período de molhamento foliar, ou seja, maior período de tempo com lâmina d'água sobre as folhas correspondia a uma maior severidade da Sigatoka Negra. Em regiões com diferentes estações climáticas, o período chuvoso é favorável à

doença (OROZCO SANTOS et al., 2001).

Gasparotto et al. (2003b), citando diversos autores, destacam algumas práticas culturais como possibilidades de manejo para o controle ou a redução de danos da Sigatoka Negra. A drenagem do solo e o controle de plantas daninhas, evitando microclima favorável ao patógeno, é uma estratégia recomendada. Entretanto, em regiões que naturalmente apresentam alta umidade do ar, essas práticas provavelmente não surtirão o efeito desejado, que é o de reduzir o molhamento foliar (GASPAROTTO et al., 2003b).

Alguns dados sobre as condições climáticas do litoral norte do RS são apresentados (Figura 1). Verifica-se que a umidade relativa do ar média permanece relativamente alta, acima de 80%, e constante durante todo o ano, sendo condição favorável ao patógeno. Quanto à temperatura, a média mensal sofre uma redução a partir de meados do outono (abril), até a primavera (outubro), quando apresenta novamente temperaturas altas, favoráveis ao fungo. Quanto à precipitação pluvial, observa-se que há dois períodos de maior pluviosidade, um no início da primavera (setembro) e outro entre janeiro e abril. Essas informações indicam que no litoral norte do RS, o período entre janeiro e abril provavelmente é o de maior predisposição à ocorrência de Sigatoka Negra, devido às altas temperatura e precipitação.

Também deve ser considerada a diferença sazonal na radiação solar global que se verifica no RS (Figura 2). No verão, com maior radiação solar, a toxina do patógeno provavelmente apresenta maior atividade, pois precisa de fotossensibilização para atuar (DAUB e EHRENSHAFT, 2000). Assim, maior pluviosidade, maior temperatura e maior luminosidade condicionariam as plantas, então, para situações de maiores danos pela Sigatoka Negra neste período de verão. Por outro lado, na maior parte restante do ano, acredita-se que as condições climáticas do RS sejam desfavoráveis à doença, e que o fungo *M. fijiensis* somente passaria a causar danos após um período de seleção natural para as condições climáticas do Sul do país.

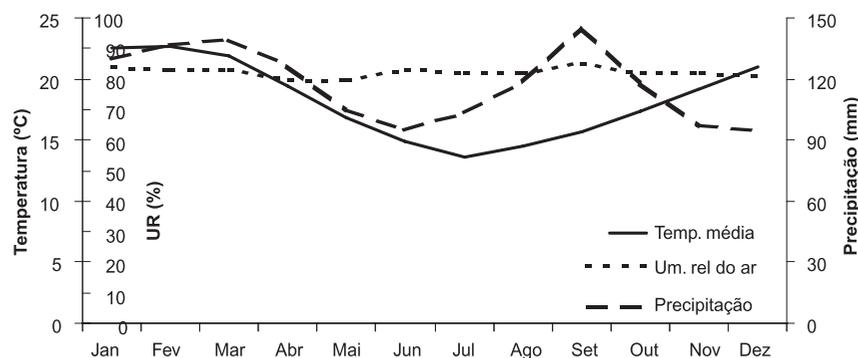


Figura 1 - Médias mensais de temperatura, umidade relativa do ar (UR) e precipitação pluviométrica, em Torres, média de 1931-1960 (INSTITUTO DE PESQUISAS AGRONÔMICAS, 1989).



Ressalta-se que os dados climáticos apresentados são médias mensais históricas, e variações anuais são frequentes e intensas, podendo provocar alterações na severidade da doença. Variações em curtos períodos ou do ambiente microclimático também podem ter influência sobre o patógeno. Devido à falta de informações técnicas regionais, todas essas observações sobre o comportamento de *M. fijiensis* no RS ainda são motivo de dúvida e especulações.

Paralelamente, para melhor conhecimento sobre os efeitos das condições climáticas sobre a Sigatoka Negra, deve-se considerar o período de molhamento foliar. Esta informação é obtida em estações meteorológicas a partir de sensores específicos, ou estimados por meio de algoritmos que utilizam outras variáveis climáticas.

Diferenças ambientais ou de manejo promovem variações significativas na incidência e severidade da Sigatoka Negra da bananeira (EMEBIRI e OBIEFUNA, 1992; MOBAMBO et al., 1994; MOULIOM PEFOURA et al., 1996; UDU et al., 2002; CAVALCANTE et al., 2004a; OLUMA et al., 2004). Em trabalho realizado em diferentes altitudes da República dos Camarões, Mouliom Pefoura et al. (1996) verificaram diferenças no desenvolvimento de Sigatoka Amarela (*Mycosphaerella musicola* Leach) e Sigatoka Negra (*M. fijiensis*) em bananais. Por meio de inoculações, os autores verificaram que *M. fijiensis* se desenvolvia mais rapidamente do que *M. musicola* em altitudes menores, e o inverso foi observado em altitudes maiores. Da mesma forma, Mouliom Pefoura e Mourichon (1990) verificaram menor agressividade da Sigatoka Negra em maiores altitudes. Tem sido observado que *M. fijiensis* substitui *M. musicola* nas regiões onde ocorre (CARDONA SANCHEZ e CASTAÑO ZAPATA, 2002). Esses autores verificaram maior ou menor produção de conídios de um ou de outro patógeno, dependendo das condições climáticas e da suscetibilidade dos cultivares. Esses trabalhos então demonstram que diferenças locais tendem a promover variações no desenvolvimento das doenças.

Variações na fertilidade do solo estão relacionadas à severidade da moléstia (MOBAMBO et al., 1994; NAVA

e VILARREAL, 2000). Em solos com maior fertilidade, especialmente maior teor de matéria orgânica, a incidência de Sigatoka Negra é menor (OLUMA et al., 2004). Resultados semelhantes são observados para o Mal do Panamá (*Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense*), onde maiores teores de matéria orgânica no solo estão relacionados à menor incidência da doença nas bananeiras (SILVA JÚNIOR et al., 2000).

Bananais afetados por Sigatoka Negra tendem a apresentar melhor produtividade com a aplicação de micronutrientes (NAVA e VILARREAL, 2000). Adequados teores de nitrogênio e potássio no solo, porém não em excesso, também são mencionados como favoráveis para uma maior produtividade em situações de ataque da Sigatoka Negra (PÉREZ-VICENTE, 1998).

A cobertura do solo por restos culturais em plantios de plátano (*Musa AAB*) propiciou melhor desenvolvimento das plantas e reduziu os danos causados por *M. fijiensis* (NGONGO, 2002). A manutenção do solo coberto por restos vegetais conserva a umidade, melhora a taxa de infiltração de água e reduz as amplitudes térmicas no solo (MODEL et al., 1995). Adubações verdes com leguminosas como *Cajanus cajan* (L.) Millsp. (guandu), *Crotalaria juncea* L. (crotalaria), *Vigna unguiculata* (L.) Walp (feijão caupi), entre outras, também são recomendadas (HAARER, 1966). A cobertura de solo disponibiliza nutrientes durante a decomposição, melhora as condições físicas e hídricas do solo, além de auxiliar na decomposição de patógenos no solo (SHCROTH et al., 2000).

O manejo das condições nutricionais e práticas agrônômicas em plátanos reduziram a aplicação de fungicidas e os danos da Sigatoka Negra (GÓMEZ BALBÍN e CASTAÑO ZAPATA, 2001). Uma boa condição nutricional do solo é importante para a redução dos danos causados pela doença, pois uma melhor nutrição promove uma maior velocidade de expansão foliar, em alguns casos maior que a destruição pela Sigatoka Negra.

A desfolha sanitária, visando diminuir a quantidade de inóculo, normalmente também é sugerida (PÉREZ VICENTE, 1998). Gasparotto et al. (2003b) ressaltam

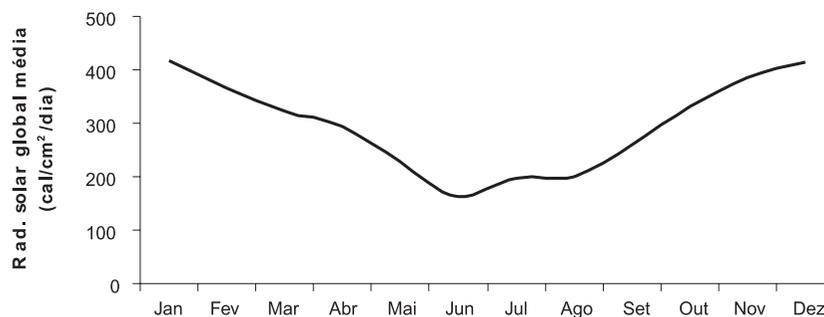


Figura 2 - Médias mensais de radiação global média (calorias/cm²/dia), em Osório, média de 1957-1984 (INSTITUTO DE PESQUISAS AGRO-NÔMICAS, 1989).



que esta recomendação ainda requer comprovação científica, uma vez que a produção de conídios ocorre em folhas com sintomas em fases que não são removidas pela desfolha. Na prática observa-se que a desfolha ou o manejo da fertilidade, isoladamente, são ineficientes para a redução dos danos (EMATER, 2005), e cada prática deve ser entendida como parte do manejo integrado.

Sistemas agroflorestais como estratégia de manejo

A bananeira, em sua origem, é uma planta de sub-bosque, ou seja, sob outras árvores em bosques claros, em bordas de florestas ripárias, dificilmente em locais totalmente sombreados e nem sob plena luz (CHAMPION, 1968). Assim, o seu processo de evolução ocorreu nessas áreas semi-sombreadas, e a base genética atual é derivada dessas variedades silvestres, adaptadas a essas condições microclimáticas.

Considerando a sua origem, especula-se que o ambiente mais adequado à bananeira seria em situações de semi-sombreamento. Este sombreamento tende a reduzir a severidade de moléstias, fato observado para a Sigatoka Amarela (CHAMPION, 1968). O sombreamento tem tido resultados satisfatórios para controle da Sigatoka Amarela, como verificado em sombreamento de 50% por *Inga* spp., sem controle químico (SCHROTH et al., 2000).

Em trabalho no Acre também fica demonstrado que o sombreamento da bananeira, através do consórcio com seringueiras, promove reduções significativas da severidade da Sigatoka Negra (CAVALCANTE et al., 2004a). Assim, pesquisadores recomendam a redução da luz incidente e dos ventos através de sombreamento por árvores, em sistemas agroflorestais (SAFs) para pequenos agricultores (FANCELLI et al., 2004).

Segundo Gasparotto et al. (2003b), com o cultivar Prata Anã, estabelecido em clareiras em áreas de capoeira com diferentes níveis de sombreamento, constatou-se que, nas plantas sombreadas parcialmente, com radiação solar reduzida para 17 a 45%, houve redução significativa na severidade da doença, e as plantas produziram cachos comerciais, apesar do aumento do ciclo de produção.

Emeberi e Obiefuna (1992) verificaram que, na fase de estabelecimento do bananal, o sombreamento por meio do cultivo consorciado com mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) promoveu redução significativa da severidade de Sigatoka Negra em 10%. A remoção de folhas velhas e atacadas pela doença promoveu reduções de até 18% na severidade da doença, fato este que poderia ser explicado pela redução de inóculo. A interação entre a remoção das folhas com o cultivo consorciado proporcionou reduções de até 25% da severidade da doença, se comparado ao cultivo em monocultura e sem remoção de folhas velhas.

Com a redução da luminosidade, há menor atividade da cercosporina, toxina envolvida na patogênese que depende de fotossensibilização para atuar (DAUB e

EHRENSHAFT, 2000). Ao mesmo tempo, Hanada et al. (2002) verificaram que em condições artificiais com ausência de luz não houve esporulação do fungo.

O aumento da densidade de plantio também provoca maior sombreamento no bananal, o que poderia reduzir a severidade da Sigatoka Negra. No entanto, observa-se maior severidade da doença em maiores densidades de plantio (PÉREZ VICENTE, 1998). Isso pode ser atribuído à menor ventilação e ao conseqüente aumento da umidade relativa do ar no interior do dossel, além de as folhas novas superiores, mais suscetíveis à infecção pelo fungo, ficarem expostas ao sol.

A utilização de medidas culturais que reduzem as condições favoráveis ao progresso da doença, ou pela redução do molhamento foliar ou pela redução da luz incidente, permite um convívio harmonioso com a doença, como em SAFs, apesar da possibilidade de menor peso de cachos e maior ciclo (FANCELLI et al., 2004). Esses fatores associados podem explicar, em parte, a menor severidade da Sigatoka Negra em SAFs.

O efeito de quebra-ventos também tem sido satisfatório para a redução da severidade das Sigatokas Amarela e Negra. Este efeito pode ser devido à redução do vento que danifica folhas e ao acréscimo de cobertura e do teor de matéria orgânica do solo (ONUEGBU et al., 2002).

Maior cobertura de solo e maior teor de matéria orgânica em bananais sombreados podem ser resultado indireto do sombreamento, já que nesses sistemas de cultivo há maior aporte de matéria orgânica oriunda da poda das árvores que fazem o sombreamento (MARTÍNEZ GARNICA, 2000). Este autor verificou que plátanos conduzidos sob 50% de sombreamento de um SAF apresentaram menor severidade da Sigatoka Negra, atribuindo este efeito ao maior teor de potássio verificado no solo, devido à grande quantidade de material vegetal podado das árvores. Entretanto, o mesmo autor considera que este fator isoladamente não é suficiente para explicar as grandes diferenças em severidade em comparação a plátano sem sombreamento. De forma semelhante, verificou-se que plantas sob sombreamento apresentaram maior teor de potássio nas folhas, provavelmente pelo maior teor no solo e pela menor concentração de cálcio verificada nas folhas, pois o cálcio compete com o potássio na absorção. O autor faz suposições de que esse menor teor de cálcio nas folhas sombreadas seja devido à menor transpiração das folhas das bananeiras nesta condição (ECKSTEIN et al., 1997).

Segundo Norgrove (1998), em regiões tropicais a saturação luminosa para a bananeira ocorre em situações de sombreamento parcial, sem a necessidade de sol pleno. Em adição, em altas intensidades luminosas a fotorrespiração e as necroses reduzem o rendimento de frutas comercializáveis. Também se observam adaptações morfo-fisiológicas em situações de menor luminosidade, tais como folhas mais delgadas e com maior teor de clorofila, maior

superfície foliar e eficiência fotossintética específica (MURRAY, 1961), compensando a redução da luminosidade. Murray (1961) também apresenta dados que demonstram maiores teores de nitrogênio, fósforo e potássio nas folhas de bananeiras sob menor luminosidade.

Norgrove (1998) revisou diversos trabalhos (ECKSTEIN et al., 1997; ISRAELI et al., 1996; MURRAY, 1961; TORQUEBAU e AKYEAMPONG, 1994; VICENTE-CHANDLER et al., 1966) que avaliaram os efeitos da sombra sobre bananais. Em todos os estudos, o ciclo de crescimento e a taxa de emissão de folhas foram mais longos, e houve uma maior quantidade de folhas. Nas regiões tropicais, os estudos demonstraram efeito positivo da sombra sobre a produtividade, ou seja, maior produtividade com 30 a 50% de sombreamento em relação ao cultivo a pleno sol. Em regiões subtropicais o inverso foi verificado, apesar de não terem sido estudadas baixas porcentagens de sombreamento.

Ambientes agrícolas com maior diversidade, como SAFs, apresentam tendência de menor severidade de pragas e doenças (SCHROTH et al., 2000). Todavia, em alguns casos os danos podem aumentar devido ao manejo inadequado e à combinação de espécies que compartilham patógenos. No consórcio de bananeira com outras espécies para aumento da produtividade total da área e para supressão de uma determinada moléstia, deve-se evitar o favorecimento à outras doenças e pragas. O simples aumento da diversidade não garante o sucesso do sistema implementado, do ponto de vista agrícola, e as interações entre espécies e o conhecimento sobre o manejo ainda requerem bastante estudo. A combinação de espécies e o manejo devem ser estudados caso a caso, e a pesquisa deve desenvolver programas de experimentação em cooperação com os agricultores (SCHROTH et al., 2000).

Segundo Schroth et al. (2000), que apresentam uma abrangente revisão sobre fitossanidade de SAFs, o sombreamento causa diversos efeitos benéficos ou adversos, diretos ou indiretos, no controle de doenças (Tabela 1). Por causa disso, algumas doenças podem ser inibidas e outras estimuladas nessas condições. Assim, o manejo deve manter o sistema em equilíbrio e promover o efeito desejado pelo agricultor. As interações e a escolha das espécies em SAFs ainda constitui um grande campo aberto para a pesquisa agrícola mundial.

O manejo da poda das árvores para controlar o sombreamento é um desafio para a pesquisa (VIVAN, 2002). No Rio Grande do Sul, a luminosidade e a temperatura no inverno são menores, e especula-se que muitas das árvores usadas para sombrear bananais devam ser preferencialmente caducifólias ou podadas, para evitar o excesso de sombra no inverno. Umidade elevada em situações de sombreamento excessivo pode favorecer o desenvolvimento de patógenos, ao mesmo tempo que pode favorecer determinados microrganismos antagonistas (SCHROTH et al., 2000).

Para a pesquisa, estas considerações implicam em associações de diferentes espécies para sombreamento, em especial aquelas que podem aumentar a renda do agricultor, como árvores produtoras de madeiras, frutas, ornamentais, entre outras. Também devem ser estudadas as interações (antagonismos e sinergismos) entre as espécies de sombra e as bananeiras, bem como o comportamento de pragas e doenças (MARTÍNEZ GARNICA, 2000).

Toda vantagem biofísica de um policultivo em relação ao monocultivo depende da combinação de espécies, de suas densidades e dos fatores limitantes do ambiente. Os benefícios da combinação, constituídos pelos processos ecológicos de facilitação e complementariedade, devem ser superiores às desvantagens, como alelopatia, fa-

Tabela 1 - Alguns efeitos diretos e indiretos do sombreamento sobre doenças em sistemas agroflorestais (SCHROTH et al., 2000)

Fator	Efeito desejável	Efeito indesejável
Menor radiação ultravioleta	Redução de esporulação fúngica	Proteção do patógeno contra radiação
Menor temperatura	Menor crescimento de determinados patógenos	Menor crescimento de determinados patógenos
Menor amplitude térmica	Redução de danos às folhas	
Menor ventilação	Menor disseminação de esporos	Tempo de molhamento foliar prolongado
Maior umidade relativa do ar		Maior germinação de esporos e crescimento microbiano
Interceptação da chuva	Menor dispersão de esporos pelo impacto de gotas sob folhas pequenas	Coalescência de gotas em folhas grandes: maior dispersão de esporos pelo impacto de gotas maiores
Efeitos mecânicos	Redução de danos por vento	Danos por quedas de galhos
Biodiversidade associada	Barreiras físicas ou químicas aos patógenos, e presença de antagonistas	Presença de hospedeiros alternativos
Fertilidade e água no solo	Maior teor de matéria orgânica e nutrientes, promovendo maior vigor	Competição por nutrientes e por água
Suscetibilidade das plantas	Menor estresse por radiação, temperatura e transpiração elevadas	Estiolamento e menor metabolismo sob sombreamento excessivo



vorecimento ao patógeno e competição por espaço, luz, água e nutrientes, de modo que a produtividade do sistema a longo prazo seja maior (NORGROVE, 1998).

No litoral norte do RS, com acompanhamento de instituições governamentais e não-governamentais, agricultores vêm conduzindo bananais consorciados com árvores, caracterizando SAFs (SCHMITT et al., 2003). Os objetivos dos SAFs constituem em otimizar as interações positivas de modo a obter, a partir dos recursos disponíveis e nas condições técnicas, ecológicas e socioeconômicas existentes, uma produção total mais elevada, diversificada e sustentada (SILVA e SAIBRO, 1998). Procedimentos dessa natureza abrem a perspectiva para incentivar os agricultores a adotar e reproduzir esse modo de uso da propriedade, tendo em vista benefícios ambientais e aumento de renda e, conseqüentemente, melhoria de qualidade de vida.

Conclusões

A Sigatoka Negra está causando grandes transtornos à bananicultura. Considerando a sua recente disseminação no Brasil, a adoção de diversas técnicas de controle da doença, na forma de manejo integrado dos bananais, é fundamental para a redução de danos e de uso de fungicidas.

Referências

CALVO, C.; ROMERO, R. Evaluación del Gradiente de Dispersión de la Enfermedad de la Sigatoka Negra del Banano (*Musa AAA*). **Corbana**, San Jose, v. 23, n. 1, p. 51-56, 1998.

CARDONA SANCHEZ, C. L.; CASTAÑO ZAPATA, J. Frequency of *Paracercospora fijiensis* and *Pseudocercospora musae* in Dominico Hartón Plantain. **Infomusa**, Montpellier, v. 11, n. 1, p. 9-13, 2002.

CASTRO, O.; WANG, A.; CAMPOS, L. F. Análisis in Vitro de la Sensibilidad de *Mycosphaerella fijiensis* a los Fungicidas Fenarimol, Tridemorph y Propiconazole. **Phytopathology**, Saint Paul, v. 85, p. 382, 1995.

CAVALCANTE, M. J. B.; GONDIM, T. M. S. **Avaliação do Comportamento de Genótipos de Bananeira à Sigatoka-Negra no Estado do Acre**. Rio Branco: EMBRAPA Acre, 1999. 2 p. Pesquisa em Andamento, n. 153.

_____; _____.; CORDEIRO, Z. J. M.; MATOS, A. P.; SILVA, S. O. **Relatório Executivo de Acompanhamento: PPA 3666 – Inovação Tecnológica para a Fruticultura Irrigada no Semi-Árido Nordeste**. Rio Branco: EMBRAPA Acre, 2004a. 11 p.

_____.; SÁ, C. P.; GOMES, F. C. R.; GONDIM, T. M. S.; CORDEIRO, Z. J. M.; HESSEL, J. L. Distribuição e Impacto da Sigatoka Negra na Bananicultura do Estado do Acre. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 5, p. 544-547, 2004b.

CHAMPION, J. **El Platano**. Barcelona: Blume, 1968. 247 p.

CORDEIRO, Z. J. M.; KIMATI, H. Doenças da Bananeira (*Musa spp.*). In: KIMATI, H.; AMORIM, L.; BERGAMIN FILHO, A.; CAMARGO, L. E. A.; REZENDE, J. A. M. (Eds.) **Manual de Fitopatologia. v. 2: Doenças das Plantas Cultivadas**. 3. ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 1997. Cap. 13, p. 126-129.

Nos locais ainda livres da doença, deve-se evitar sua introdução controlando o acesso de pessoas, materiais contaminados e veículos aos bananais, além de obter mudas sadias, preferencialmente de regiões onde a moléstia não ocorre. O uso de cultivares resistentes é um dos principais mecanismos de controle da doença, pois proporciona facilidade e eficácia do controle. Da mesma maneira, a desfolha sanitária, o manejo das condições nutricionais, da cobertura do solo, da densidade de plantio, entre outros, podem contribuir para o desenvolvimento da bananeira em detrimento do patógeno.

As condições climáticas do Sul do Brasil, marcadamente definidas por estações, indicam para a possibilidade de variações sazonais na severidade da Sigatoka Negra. Isto também implica em adequações das práticas de controle da doença, que devem levar em conta as flutuações sazonais de temperatura, pluviosidade e luminosidade.

Os sistemas agroflorestais também são sistemas de cultivo relevantes, quando se considera o manejo como um todo das propriedades agrícolas. Considerando a possibilidade da “convivência” com a Sigatoka Negra nesses sistemas, a produção de outras espécies em meio às bananeiras pode significar acréscimo de renda e de biodiversidade no agroecossistema da Encosta Atlântica do Rio Grande do Sul.

COESSENS, S. ; TSHIUNZA, M. ; VARGAS, M. ; TOLLENS, E. ; SWENNEN, R. Performance of Introduced Cultivars under Different Farming Conditions in North-Western Nicaragua. **Infomusa**, Montpellier, v. 12, n. 2, p. 18-22, 2002.

DAUB, M. E.; EHRENSHAFT, M. The Photoactivated *Cercospora* Toxin Cercosporin: Contributions to Plant Disease and Fundamental Biology. **Annual Review of Phytopathology**, Palo Alto, v. 38, p. 461-490, 2000.

ECKSTEIN, K. ; ROBINSON, J. C. ; FRASER, C. Physiological Responses of Banana (*Musa AAA*; Cavendish sub-group) in the Subtropics. VII. Effects of Windbreak Shading on Phenology, Physiology and Yield. **Journal of Horticultural Science**, Kent, v. 72, p. 389-396, 1997.

EMATER/RS. **Levantamento das Propriedades com Bananicultura no Litoral Norte do Rio Grande do Sul**. Maquiné, 2002. Comunicação pessoal.

EMATER. **Relatório de Visita Técnica, Manaus**. Mampituba: Escritório Municipal da EMATER de Mampituba, 2005. 5 p.

EMEBIRI, L. C.; OBIEFUNA, J. C. Effects of Leaf Removal and Intercropping on the Incidence and Severity of Black Sigatoka Disease at the Establishment Phase of Plantains (*Musa spp AAB*). **Agriculture Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v. 39, n. 3-4, p. 213-219, 1992.

FANCELLI, M. *et al.*, **Cultivo da Banana para o Estado do Amazonas**. EMBRAPA. Disponível em: <<http://www.embrapa.br>>. Acesso em: 07 set. 2004.

FAO. **FAO Statistical Databases: Agricultural Production, Crops Primary Brazil, Bananas**. Disponível em: <<http://apps.fao.org/page/collections>>. Acesso em: 06 out. 2004.

- GASPAROTTO, L.; HANADA, R. E.; QUESADA, M. G. **Determinación de la Línea Base de Sensibilidad a Fungicidas en Poblaciones de *Mycosphaerella fijiensis* en Plantaciones de Plátano, en la Amazonia Brasileña.** Manaus: EMBRAPA, 2003a. 15 p. Proyecto FON-TAGRO – Informe Técnico Final.
- GASPAROTTO, L.; PEREIRA, J. C. R.; PEREIRA, M. C. N. Sigatoka-Negra: Situação Atual e Avanços Obtidos. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE BANANICULTURA, 5., **Anais...** Paracatu, 2003b. p. 28-34.
- GASPAROTTO, L. ; PEREIRA, J. C. R. ; PEREIRA, M. C. N. **Controle da Sigatoka-Negra da Bananeira por meio da Aplicação de Fungicidas na Axila das Folhas.** Manaus: EMBRAPA, 2004. 4 p.
- GASPAROTTO, L.; PEREIRA, J. C. R. Sigatoka-Negra da Bananeira. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 29, ago. 2004. p. S17.
- GÓMEZ BALBÍN, L. A. ; CASTAÑO ZAPATA, J. Integrated Management of Black and Yellow Sigatoka Diseases in Plantain cv. Africa. **Infomusa**, Montpellier, v. 10, n. 2, p. 3-7, 2001.
- HAARER, A. E. **Producción Moderna de Bananas.** Zaragoza: Acríbia, 1966. 179 p. il.
- HANADA, R. E. ; GASPAROTTO, L. ; PEREIRA, J. C. R. Esporulação de *Mycosphaerella fijiensis* em Diferentes Meios de Cultura. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 27, n. 2, p. 170-173, 2002.
- _____. ; _____. ; _____. Eficiência de Desinfestantes na Erradicação de Conídios de *Mycosphaerella fijiensis* Aderidos à Superfície de Bananas. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 1, p. 94-96, 2004.
- INSTITUTO DE PESQUISAS AGRONÔMICAS. Seção de Ecologia Agrícola. **Atlas Agroclimático Estado do Rio Grande do Sul.** v. 1. Porto Alegre, 1989. 102 p.
- ISRAELI, Y. ; SCHWARTZ, A. ; PLAUT, Z. ; YAKIR, D. Effect of Light Regime on $\delta^{13}C$, Photosynthesis and Yield of Field Grown Banana (*Musa* sp., Musaceae). **Plant, Cell & Environment**, Logan, v. 19, p. 225-230, 1996.
- JACOME, L. H.; SCHUH, W. ; STEVENSON, R. E. Effect of Temperature and Relative-Humidity on Germination and Germ Tube Development of *Mycosphaerella fijiensis* var. *difformis*. **Phytopathology**, Saint Paul, v. 81, n. 12, p. 1480-1485, 1991.
- _____. ; _____. Effect of Leaf Wetness Duration and Temperature on Development of Black Sigatoka Disease on Banana Infected by *Mycosphaerella fijiensis* var. *difformis*. **Phytopathology**, Saint Paul, v. 82, n. 5, p. 515-520, 1992.
- _____. ; _____. Effect of Temperature on Growth and Conidial Production In-Vitro, and Comparison of Infection and Aggressiveness In-Vivo among Isolates of *Mycosphaerella fijiensis* var. *difformis*. **Tropical Agriculture**, Trinidad, v. 70, n. 1, p. 51-59, 1993.
- JONES, D. La Sigatoka Negra en la Región del Sudeste Asiático. **Infomusa**, Montpellier, v. 4, n. 1, p. 2-5, 1990.
- MARTÍNEZ, G.; HERNÁNDEZ, J.; TREMONT, O.; PARGAS, R.; MANZANILLA, E. The Spread of Black Sigatoka Throughout Venezuela, 1997-2000. **Infomusa**, Montpellier, v. 11, n. 1, p. 6-9, 2002.
- MARTÍNEZ GARNICA, A. Uso de la Agroforesteria para Diminuir la Severidad de la Sigatoka Negra (*Mycosphaerella fijiensis*) en el Cultivo de Plátano (*Musa* AAB, Simmonds) en Zonas de Producción de Economía Campesina del Piedemonte Llanero. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS, 3., 2000, Manaus. **Anais...**, Sociedade Brasileira de Sistemas Agroflorestais: Curitiba, 2000. p. 319-322.
- MOBAMBO, K. N.; ZUOFA, K.; GAUHL, F.; ADENIJI, M. O.; PASBERG-GAUHL, C. Effect of Soil Fertility on Host Response to Black Leaf Streak of Plantain (*Musa* spp., AAB group) under Traditional Farming Systems in Southeastern Nigeria. **International Journal of Pest Management**, London, v. 40, n. 1, p. 75-80, 1994.
- MODEL, N. S.; LEVIEN, R.; FROSI, R. A. Água armazenada e temperatura do solo em oito sistemas de manejo do solo. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, Porto Alegre, v. 1, n. 1, p. 41-49, 1995.
- MOREIRA, R. F. C. **Melhoramento Genético da Bananeira Visando Resistência às Sigatokas Amarela e Negra.** Disponível em: <http://www.todafruta.com.br>. Acesso em: 02 nov. 2004.
- MOREIRA, R. S. **Banana: Teoria e Prática de Cultivo.** Campinas: Fundação Cargill, 1987. 335 p.
- MOULIOM-PEFOURA, A.; LASSOUDIÈRE, A.; FOKO, J.; FONTEM, D. A. Comparison of Development of *Mycosphaerella fijiensis* and *Mycosphaerella musicola* on Banana and Plantain in the Various Ecological Zones in Cameroon. **Plant Disease**, Saint Paul, v. 80, n. 8, p. 950-954, 1996.
- _____. ; MOURICHON, X. Développement de *Mycosphaerella musicola* (Maladie de Sigatoka) et *M. fijiensis* Morelet (Maladie des Raies Noires) sur les Bananiers et Plantains. Étude du Cas Particulier des Productions d'Altitude. **Fruits**, Paris, v. 45, n. 1, p. 17-24, 1990.
- MURRAY, D. B. Shade and Fertilizer Research in the Banana. **Tropical Agriculture**, Trinidad, v. 38, p. 123-132, 1961.
- NAVA, C.; VILARREAL, E. Nitrogen, Potassium, Boron, Magnesium and Zinc Application to Plantain Plantations, *Musa* AAB cv. Horn with Black Sigatoka Incidence. **Revista de la Facultad de Agronomía**, Zulia, v. 17, n. 1, p. 20-35, 2000.
- NGONGO, P. M. K. Integrated Crop Management Strategies for Plantain Production and Control of Black Leaf Streak (Black Sigatoka) Disease in the Democratic Republic of Congo. **Infomusa**, Montpellier, v. 11, n. 1, p. 3-6, 2002.
- NORGROVE, L. *Musa* en Sistemas de Estratos Múltiples: Efectos de la Sombra. **Infomusa**, Montpellier, v. 7, n. 1, p. 17-22, 1998.
- OLUMA, H. O. A.; ONEKUTU, A.; ANYEZILI, F. N. Reactions of Plantain and Banana Cultivars to Black Sigatoka Leaf Spot Disease in Three Farming Systems in the Nigerian Guinea Savanna. **Journal of Plant Diseases and Protection**, Stuttgart, v. 111, n. 2, p. 158-164, 2004.
- ONUEGBU, B. A. ; ONWEGBUTA-ENYI, J. ; IBE, A. E. Effect of *Gmelina arborea* Windbreaks on Incidence and Severity of Black Sigatoka of Plantains (*Musa* spp. AAB Group). **Niger Delta Biologia**, v. 4, n. 1, p. 37-40, 2002.
- OROZCO SANTOS, M.; FARIAS LARIOS, J.; MANZO SÁNCHEZ, G.; GUZMÁN GONZÁLEZ, S. Black Sigatoka Disease (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet) in Mexico. **Infomusa**, Montpellier, v. 10, n. 1, p. 33-37, 2001.
- PEREIRA, L. V. ; ALVARENGA, A. A. ; MATOS, L. E. S. ; SILVA, C. R. R. Avaliação de Cultivares de Bananeira (*Musa* spp. AAB) em Três Locais do Estado de Minas Gerais. **Ciência Agrotécnica**, Lavras, Edição Especial, p. 1373-1382, 2002.
- PÉREZ-VICENTE, L. Control de Sigatoka Negra en Cuba: un Enfoque de Manejo Integrado de la Enfermedad. **Infomusa**, Montpellier, v. 7, n. 1, p. 26-30, 1998.
- _____. ; HERNÁNDEZ MANCILLA, A.; PORRAS GONZÁLEZ, A. Epidemiología de la Sigatoka Negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet) en Cuba. I. Pronóstico Bio-Climático de los Tratamientos de Fungicidas en Bananos (*Musa acuminata* AAA). **Revista Mexicana de Fitopatología**, Sonora, v. 18, n. 1, p. 15-26, 2000a.
- _____. ; _____. Epidemiología de la Sigatoka Negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet) en Cuba. II. Pronóstico Bio-Climático de los Trata-
- PESQ. AGROP. GAÚCHA, PORTO ALEGRE, v.13, n.1-2, p.95-104, 2007.



- mientos contra la Enfermedad en Plátanos (*Musa* spp. AAB). **Revista Mexicana de Fitopatología**, Sonora, v. 18, n. 1, p. 27-35, 2000b.
- SÁNCHEZ RODRIGUEZ, R.; PINO ALGORA, J. A.; VALLIN PLOUS, C.; PÉREZ RODRIGUEZ, M. E.; IZNAGA SOSA, Y.; MALPARTIDA ROMERO, F. Effects of the Natural Fungicide F20 on Black Sigatoka Disease (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet) on Plantain (AAB) and Banana (AAA). **Infomusa**, Montpellier, v. 11, n. 1, p. 14-16, 2002.
- SCHMITT, C. J. ; MOTTER, C. ; VIVAN, J. L.; FOCCHI, S. S. Práticas Ecológicas de Proteção de Cultivos no Controle de Doenças do Bananal: Desenvolvendo Estratégias Participativas de Construção do Conhecimento em Agroecologia. CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROECOLOGIA, 1., 2003. **Anais...** Porto Alegre, 2003. CD-ROM.
- SCHROTH, G. ; KRAUSS, U. ; GASPAROTTO, L. ; DUARTE AGUILAR, J. A.; VOHLAND, K. Pests and Diseases in Agroforestry Systems of the Humid Tropics. **Agroforestry Systems**, The Netherlands, v. 50, n. 3, p. 199-241, 2000.
- SILVA JÚNIOR, J. F. ; CORDEIRO, Z. J. M. ; OLIVEIRA, A. M. G. Soil Chemical Parameters in Relation to the Incidence and Intensity of Panama Disease. **Infomusa**, Montpellier, v. 9, n. 2, p. 13-16, 2000.
- SILVA, J. L. S. ; SAIBRO, J. C. Utilização de Sistemas Silvopastoris. In: CICLO DE PALESTRAS EM PRODUÇÃO E MANEJO DE BOVINOS DE CORTE, 3., Canoas, 1998. **Anais...** Canoas: ULBRA, 1998. p. 3-28.
- STOVER, R. H. Distribution and Cultural Characteristics of the Pathogens Causing Banana Leaf Spot. **Tropical Agriculture**, Trinidad, v. 53, n. 2, p. 111-114, 1976.
- STOVER, R. H. Sigatoka Leaf Spots of Banana and Plantains. **Tropical Agriculture Research Services**, v. 64, p. 750-756, 1980.
- TORQUEBLAU, E. ; AKYEAPONG, E. Shedding some Light on Shade. **Agroforestry Today**, p. 14-15, Oct.-Dec. 1994.
- UDU, P. ; TENKOUANO, A. ; EPIDI, T. T. ; OGBURIA, M. N. Evaluation of Plantain-Derived Somaclones and Hybrids for Resistance to Black Sigatoka Disease (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet) under Different Cropping Systems in a Humid Ecology. **African Journal of Agricultural Teacher Education**, v. 11, n. 1-2, p. 79-83, 2002.
- VICENTE-CHANDLER, J. ; ABRUNA, F. ; SILVA, S. Effect of Shade Trees on Yields of Five Crops in the Humid Mountain Region of Puerto Rico. **Journal of Agriculture of University of Puerto Rico**, Río Piedras, v. 50, p. 218-225, 1966.
- VIVAN, J. L. Bananicultura em Sistemas Agroflorestais no Litoral Norte do RS. **Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável**, Porto Alegre, v. 3, n. 2, 2002.





Invasão, prevenção, controle e utilização do capim-annoni-2 (*Eragrostis plana* Nees) no Rio Grande do Sul, Brasil¹

Renato Borges de Medeiros², Telmo Focht³

Resumo - As pastagens naturais do Rio Grande do Sul (RS) vêm sendo degradadas por pastejo excessivo, queimadas, práticas de cultivo, erosão e pela invasão da gramínea sul-africana *Eragrostis plana* (capim-annoni-2), introduzida acidentalmente na década de 1950. A multiplicação de sementes e utilização como forrageira favoreceu a sua dispersão e o estabelecimento nas margens de estradas e na vegetação campestre. A área de campo infestada no RS é estimada em um milhão de hectares. Controle integrado, regulamentação do transporte de animais, desinfestação de locais de remates e a eliminação de focos dispersores auxiliarão na redução da expansão da espécie. Práticas preventivas de manejo do campo nativo poderão evitar a infestação de novas áreas. A avaliação dos efeitos de sistemas de manejo sobre a dinâmica da vegetação e da performance dos animais poderão revelar práticas de manejo capazes de reduzir ou deter a área ocupada por esta invasora, aumentar a biodiversidade e a produtividade do campo natural.

Palavras-chave: campo nativo, degradação ambiental, dispersão de sementes, espécie invasora.

Invasion, prevention, control and utilization of capim-annoni-2 (*Eragrostis plana* Nees) in Rio Grande do Sul, Brazil

Abstract - The natural grasslands of Rio Grande do Sul (RS) have been deteriorated due to widespread overgrazing, use of fire, soil tillage, erosion and by the invasion of the south african grass *Eragrostis plana* (capim-annoni-2), accidentally introduced in the 1950's. Seed multiplication and use as a forage crop favored its dispersion establishment in roadsides and in the natural grassland vegetation. The invaded area in RS is estimated to be one million hectares. Integrated control, regulations of animal transport, weeding of sale yard areas, and the elimination of weed nursery will help to reduce the spreading of this species. Preventive grassland management practices might avoid invasion of new fields. The evaluation of the effects of management systems over the vegetation dynamics and the animals performance may reveal new tools capable to decrease or retain the abundance of this invasive species and improve biodiversity and productivity of the natural grassland.

Key words: environmental degradation, invasive species, native grassland, seed dispersion.

¹ Revisão Bibliográfica.

² Engenheiro Agrônomo, Doutor, Professor Adjunto, Departamento de Plantas Forrageiras e Agrometeorologia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, CP 776, Av. Bento Gonçalves, 7712, CEP 91570-970, Porto Alegre, RS. E-mail: renato.medeiros@ufrgs.br Autor para correspondência.

³ Biólogo, MSc, Doutorando pelo Programa de Pós-graduação em Ecologia/UFRGS. E-mail: tfocht@terra.com.br
Recebido para publicação em 08/02/2006



Introdução

As primeiras modificações na flora nativa campestre, determinadas pela introdução de espécies exóticas e pelo uso do fogo no Cone Sul, foram observadas em 1850 nos campos de Buenos Aires, Argentina, pelo naturalista espanhol Azara (ARAÚJO, 1971; CROSBY, 1993). Araújo (1971) alertou para o risco da degradação dos campos, lembrando a preocupação de um agrostologista australiano que, em visita ao Rio Grande do Sul sentenciou: “se o pastoreio intensivo continuar, este será o precursor da vegetação desértica”.

Os 10,5 milhões de hectares de pastagens naturais do RS, representam 37% do seu território (IBGE, 2003). Neles são conhecidas cerca de 400 espécies de Poaceae e 150 de Fabaceae (BOLDRINI, 1997), entre outras famílias, constituindo a base alimentar de 12,6 milhões de bovinos e 4,3 milhões de ovinos (IBGE, 2004). Apesar da sua importância econômica e ambiental, este recurso natural renovável está sendo degradado por superpastejo, uso inadequado do fogo, de práticas mecanizadas de cultivo (ARAÚJO, 1971; MEDEIROS et al., 2004a) e plantio em áreas sem aptidão agrícola com efeitos negativos sobre o ambiente. A degradação do solo acelerou-se pela erosão hídrica e eólica e, nas últimas décadas, pela expansão da área invadida por *Eragrostis plana* Nees (capim-annoni-2), gramínea sul-africana estival perene, introduzida acidentalmente na década de 1950 (REIS, 1993). Sua tolerância às flutuações do clima, especialmente a geada, sugeriram ser ótima planta forrageira e, por isto, foi multiplicada e suas sementes comercializadas no RS pelo Grupo Rural Annoni, de Sarandi, RS, a partir de 1970, sob o nome de “capim-annoni-2”. A distribuição de sementes aumentou a pressão de propágulos e acelerou o processo invasor. Estes fatores de degradação respondem pela drástica redução na frequência e riqueza de muitas espécies nativas e da heterogeneidade da vegetação do bioma Campos (MEDEIROS et al., 2004b) e queda da produtividade pecuária (REIS, 1993), com prováveis prejuízos também à riqueza biológica do solo.

A espécie se estabelece nos espaços abertos das comunidades, em campos degradados por pastejo e pisoteio excessivos ou cultivo intenso do solo (OLIVEIRA, 1993) e em margens de estradas. Atualmente, é considerada a invasora mais agressiva e de mais difícil controle nos campos do RS (REIS, 1993) e acredita-se que a área invadida seja superior a um milhão de hectares, ou aproximadamente 10% da área do bioma Campos no RS (MEDEIROS et al., 2004b). Para 2008, é projetada a ocupação de 2 200 000 hectares por esta invasora, ou cerca de 20% da superfície dos campos nativos do RS (MEDEIROS et al., 2004b).

Esta revisão discute a situação atual do problema da invasão do capim-annoni-2 sobre a vegetação campestre e em áreas agrícolas no RS, os resultados mais relevantes

na pesquisa sobre o tema, as lacunas existentes no conhecimento da espécie e possíveis soluções para a prevenção da sua expansão, seu controle e sua utilização.

Invasão

A invasão do capim-annoni-2 já é um fenômeno de larga escala geográfica no RS, com presença também registrada em MG, BA e PR (INSTITUTO HÓRUS, 2004). Todavia, é de senso comum que também ocorre em outros estados (SC, SP, MS, MT, TO, PA e Distrito Federal) e no Uruguai e Argentina. A espécie chegou ao RS como impureza em lotes de sementes de capim-de-rhodes (*Chloris gayana* Kunth) e capim-chorão (*Eragrostis curvula* (Schrad.) Nees), importadas da África do Sul, no final da década de 1950 (REIS, 1993). Domina certos tipos de savanas africanas, sendo mais frequente em regiões de solos pobres. Na África é considerada uma planta indesejável e invasora dos locais destinados à agropecuária (KIRKMAN e MORRIS, s.d.).

Desde a sua entrada no Estado, a espécie tem sido objeto de discussões em dias de campo, seminários e congressos. Apesar de ter chegado como impureza, o Grupo Rural Annoni passou a produzir e comercializar suas sementes no RS e em outros Estados do Brasil, divulgando a espécie como uma forrageira excelente e revolucionária, por seu porte vigoroso e boa produção de massa verde e de sementes (REIS e COELHO, 2000a). Este fato motivou pecuaristas a semeá-la em seus campos, contribuindo na difusão da espécie. MARCANTONIO (2002) considera que a queda no índice de parição e a dificuldade da engorda de novilhos poderão agravar-se com a continuidade da expansão da espécie no Estado. Dentro deste quadro, o autor utiliza a expressão “Campos de Inço” para descrever o futuro das pastagens no RS.

As primeiras pesquisas realizadas no RS para avaliar o desempenho de novilhos em campo nativo, em comparação com o capim-annoni-2, mostraram que este superou o campo nativo em ganho de peso vivo/ha; todavia, o ganho por animal, reflexo direto do valor nutritivo da espécie, foi inferior ao obtido no campo nativo (SILVA et al., 1973; LEAL et al., 1973). Porém, estes trabalhos compararam vegetação campestre de baixo valor nutritivo em Tupanciretã sobre solos arenosos de baixa fertilidade natural. Estudos posteriores apontaram a espécie como deficiente em qualidade e palatabilidade (NASCIMENTO, 1976; NASCIMENTO e HALL, 1978), não oferecendo suporte nutricional para ovelhas adultas e cordeiros (FIGUEIRÓ, 1976). Estas informações levaram pesquisadores, extensionistas e produtores a reconhecerem a espécie como de baixo valor forrageiro, com características de planta invasora, dominante e de difícil erradicação (REIS e OLIVEIRA, 1978). Com base nestas avaliações, a portaria MA nº 205, de 13 de março de 1979 do Ministério da Agricultura, proibiu a comercialização, o transporte, a importação e a exportação de suas sementes e mudas no RS.

A hipótese de que a invasora apresentava mecanismos de defesa de origem alelopática determinou a realização de pesquisas para testar este efeito de partes da planta colocadas em vasos. A germinação de sementes e o desenvolvimento das plântulas de trevo-branco (*Trifolium repens* L.) e azevém-anual (*Lolium multiflorum* Lam.) foram prejudicadas quando expostas a extratos de capim-annoni-2, sugerindo a presença de mecanismos ativos de defesa alelopática da espécie em relação a estas forrageiras cultivadas (COELHO, 1986). As plântulas de cornichão (*Lotus corniculatus* L.), ao contrário, não foram afetadas pelos mesmos extratos. O efeito de níveis de cobertura (0, 50 e 100%) de partes da planta de capim-annoni-2 (folhas e colmos), colocadas em caixas de germinação (Gerbox), também foi estudado por Ferreira et al. (2006a), que comparou *Lactuca sativa* L. (alface crespa - testemunha, de rápido crescimento inicial) com gramíneas perenes de ciclo estival nativas *Paspalum notatum* Flügge (grama-forquilha) e *P. regnelli* Mez, Repert (macega-do-banhado) e as exóticas *Megathyrsus maximus* B.K.Simon & S. W.L.Jacobs (capim-mombraça) (ex-*Panicum maximum*) e *Setaria sphacelata* (Schumacher) Staff & C.E.Hubb ex Chipp (capim-kazungula). Os autores verificaram que as sementes viáveis de alface e de capim-colonião germinaram praticamente antes do início da decomposição aeróbica dos tecidos de capim-annoni-2, escapando do efeito alelopático. As sementes de capim-kazungula e grama-forquilha, ao contrário, ao germinarem posteriormente, ficaram expostas aos efeitos alelopáticos dos tecidos de capim-annoni-2, ocasionando prejuízos nas taxas de germinação. Na macega-do-banhado, o efeito alelopático só se manifestou no nível de 100%, ocasionando significativa redução na taxa de germinação.

Outro aspecto importante em relação ao capim-annoni-2 é o seu alto potencial de produção de sementes de pequeno tamanho e sua alta capacidade germinativa (MEDEIROS et al., 2006a). Estas sementes apresentam habilidade para enterrar-se, evitar a germinação precoce e formar bancos de sementes no solo. Este mecanismo de escape prolonga a longevidade da semente, habilitando a espécie a regenerar-se e reinstalar novas populações em resposta a eventuais distúrbios no solo (MEDEIROS et al., 2006a). A recuperação e a germinação de sementes enterradas em diferentes profundidades no perfil do solo (superfície, 2,5, 5, 10 e 20 cm) foram descritas por modelos exponenciais negativos (MEDEIROS et al. 2006a). A germinação das sementes da superfície, após dois anos, foi de 4,5% e, para as sementes a 20 cm de profundidade, o valor foi de 40,3%. De acordo com os modelos, 0,1% das sementes na superfície ainda sobrevive após cinco anos e 0,01% daquelas enterradas a 20 cm ainda estará viável após 24 anos de enterrio. Isto demonstra que, quanto mais profunda estiver a semente, mais preservada estará sua capacidade germinativa. Neste

caso, a utilização do sistema de plantio direto deve ser preferida para evitar que sementes viáveis localizadas nas zonas mais profundas do solo sejam trazidas à superfície, germinem e estabeleçam novas populações da invasora. Amostras de fezes de bovinos, coletadas em campos dominados por capim-annoni-2 no final do estágio reprodutivo, entre março e abril, em Rio Pardo, RS, colocadas em casa de vegetação e mantidas irrigadas, apresentaram expressiva quantidade de plântulas germinadas (MEDEIROS e FOCHT, s.d.). Este fato demonstra que uma fração considerável de sementes passa incólume no trato digestivo de bovinos, fenômeno já registrado em espécies de gramíneas com sementes pequenas como as de *E. curvula* (KIRKMAN e MORRIS, s.d.) e *Sporobolus indicus* (L.) R.Br. (ANDREWS, 1995).

Em função dos atributos biológicos descritos, o capim-annoni-2 apresenta alta habilidade competitiva podendo modificar a estrutura e a diversidade da comunidade vegetal, alterando o seu equilíbrio. Com o tempo, a espécie torna-se dominante e a comunidade assume o aspecto de “monocultura” (REIS e COELHO, 2000a). Esta dominância decorre, provavelmente, do fato de ter encontrado nos solos do RS um ambiente mais favorável para seu estabelecimento e persistência do que o existente em seu local de origem, onde, de acordo com Kirkman e Morris (s.d.), os solos são mais pobres e degradados, com regime hídrico mais seco. De acordo com Craine (2003), o teor de N de gramíneas está associado com a disponibilidade de N dos ecossistemas. As espécies com baixo teor de N, associadas a solos pobres em N, são denominadas espécies baixo-N, e aquelas com alto teor de N, associadas a solos ricos em N, são ditas espécies alto-N (CRAINE et al., 2001). As gramíneas baixo-N são mais competitivas em ambientes com baixo N do que as com alto-N. Aquelas apresentam maior duração de vida de folhas e raízes, maior densidade radicular e, em consequência, maior proporção raiz:parte aérea do que as alto-N. As baixo-N têm perfilhos muito próximos, resultando em hábito cespitoso, e seus colmos são eretos para manter a inflorescência em posição elevada e suportar uma pequena área foliar. Entretanto, as alto-N tendem a ser de hábito rizomatoso e estolonífero (caulescentes), com hábito rastejante, e apresentam colmos não só para sustentar flores, mas para suportar uma maior área foliar com folhas paralelas ao solo. Estas adaptações estrutural-morfológicas das gramíneas baixo-N estão presentes no capim-annoni-2 e podem, por este fato, explicar em parte, a sua vantagem adaptativa para colonizar aberturas da vegetação campestre em solos degradados com alta abundância de espécies alto-N como a grama-forquilha (*Paspalum notatum* Flügge) e a grama-tapete (*Axonopus affinis* Chase). No estudo realizado por Abichequer et al. (2006), ao compararem a distribuição da massa de raízes de espécies nativas, em sua maioria de hábito caulescente, com a de capim-annoni-2 de há-

bito cespitoso, em um campo nativo dominado por esta espécie, verificaram que a massa de raízes de capim-annoni-2 foi 66% superior às das espécies caulescentes nos 30 cm de profundidade avaliados. A superioridade da massa de raízes de capim-annoni-2 deve-se à sua maior massa nos 0-10 cm superficiais. A massa de raízes nas camadas de 11-20 e 21-30 cm entre espécies caulescentes e de capim-annoni-2 não diferiu entre si. Embora sejam dados ainda preliminares, eles sugerem que o capim-annoni-2 poderia ser mais eficiente na captação dos recursos do solo na camada 0-10 cm.

A rápida expansão e dominância do capim-annoni-2 decorre também da sua rejeição pelos animais durante a época de maior crescimento do campo natural (primavera-verão) e, em consequência, a espécie se expande rapidamente na vegetação campestre (MEDEIROS et al., 2004b). Nesta condição, as plantas estabelecidas, com maior biomassa aérea e subterrânea, capturam mais recursos do ambiente (nutrientes, luz, água, etc.) do que as forrageiras nativas, desenvolvendo-se e produzindo grandes quantidades de sementes, a cada estação de crescimento. Os autores consideram que, de ano para ano, ocorrem aumentos de frequência e cobertura, e a espécie torna-se dominante na área.

Com a existência de focos de capim-annoni-2 em todas as regiões ecoclimáticas do RS (REIS e COELHO, 2000a; MEDEIROS et al., 2004b), no inventário de campo, no qual foi utilizada a seguinte escala de abundância: 0 = ausente, 1 = rara, 2 = esparsa, 3 = abundante, 4 = muito abundante, registrou-se a ocorrência da espécie em 387 pontos, que corresponde a 86,6 % dos 447 pontos visitados (Figura 1A). Em 135 locais, registrou-se abundância 4, equivalendo a 30,2 % do total (Figura 1B). O Diagnóstico de Sistemas de Produção

de Bovinocultura de Corte do RS, em um universo amostral de 540 produtores entrevistados, distribuídos em 117 municípios, revelou que 41% dos produtores têm 17% de seus campos invadidos com capim-annoni-2, os quais apresentam uma porcentagem média de 41% de infestação (UFRGS/IEPE, 2005).

Prevenção

A prevenção ainda é a melhor estratégia contra invasoras, pois, uma vez presentes e acumulando banco de sementes do solo no novo ambiente, a sua erradicação é muito difícil (MOHLER, 2001). Em geral, os procedimentos para reduzir o impacto das invasoras pretendem atingir seus objetivos no curto prazo, raramente superior a cinco anos (MOHLER, 2001). Para este autor, fenômenos relacionados à diversidade, composição da comunidade e evolução das invasoras afetam a comunidade destas em escalas de tempo que podem atingir séculos. Sugere ainda a observação de três pontos, em razão da ausência de estudos acompanhando modificações de longo prazo nestas comunidades: a) primeiro, as plantas respondem evolutivamente aos recursos disponíveis em campos cultivados, desencadeando um contínuo aumento na diversidade das invasoras em áreas agrícolas, o que poderá exigir um desenvolvimento contínuo de técnicas de manejo para que um nível constante de controle seja atingido; b) segundo, as plantas invasoras são facilmente adaptáveis a uma alta pressão de seleção e aos herbicidas, podendo se desenvolver novas populações resistentes, fato já documentado para *Lolium rigidum* Gaudin (POWLES et al., 1998). Por esta razão, a pressão de seleção pode ser reduzida, usando-se múltiplas técnicas de controle ecológico de invasoras, dentro de um sistema de plantio diversificado, o que evitaria a adaptação

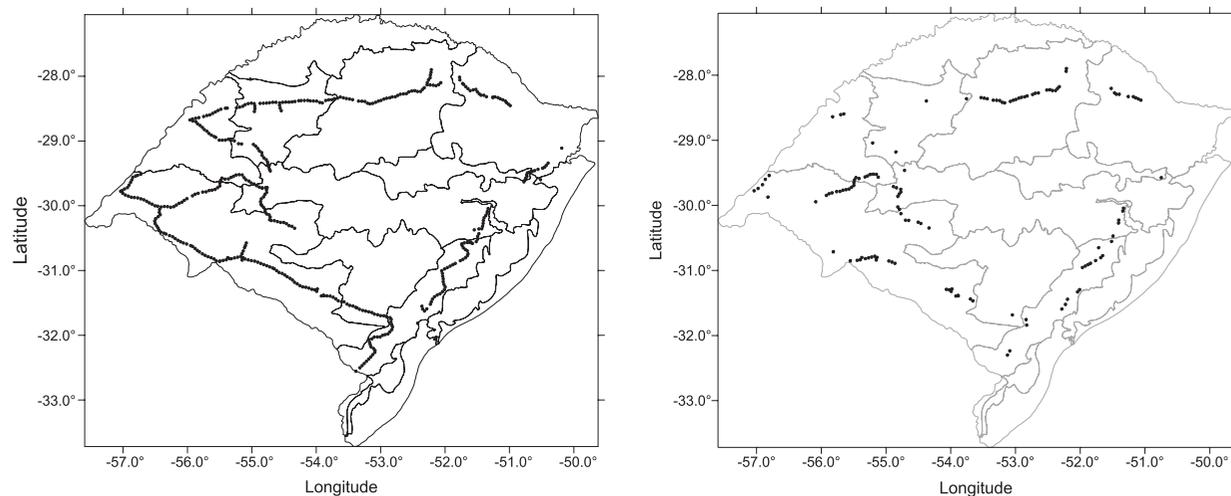


Figura 1 - Mapas da ocorrência do capim-annoni-2 em diferentes regiões ecoclimáticas do RS. (A) apresenta o trajeto percorrido, onde foi registrada a ocorrência da espécie em 447 pontos, e (B) indica os locais onde o capim-annoni-2 apresenta uma abundância 4 (ver detalhes no texto). (Fonte: MEDEIROS et al. 2004b.)

destas ao manejo; c) terceiro, mudanças genéticas nas comunidades de invasoras são estimuladas por sua dispersão entre diferentes regiões ecológicas. Assim, manejos de longo prazo exigem a prevenção e/ou o controle da dispersão das invasoras e uma prévia erradicação dos novos focos. Estudos indicam que ambientes com uma alta riqueza de espécies na comunidade recipiente apresentam maior resistência à invasão (TILMAN, 1997; NAEEM et al., 2000). Blumenthal et al. (2003) sugerem que a restauração de uma área pode controlar pragas e que a invasibilidade de comunidades vegetais pode decair com uma maior idade sucessional e diversidade.

Medeiros et al. (2006b) submeteram um campo nativo originalmente livre de capim-annoni-2 a diferentes níveis de distúrbio (campo alto: altura superior a 10 cm; campo baixo: altura inferior a 5 cm - e campo baixo escarificado) e regimes de manejo (pastejos contínuo, rotativo e exclusão). Após a imposição inicial do distúrbio, a área recebeu sementes de capim-annoni-2 e a partir de então adotaram-se os regimes de manejo. Nos dois anos iniciais do experimento, observou-se que o menor nível de distúrbio (campo alto), combinado com o pastejo rotativo ou exclusão, mostra-se resistente à germinação das sementes, não sendo registrado o recrutamento de uma única plântula de capim-annoni-2. Ao contrário, o distúrbio mais intenso (campo baixo escarificado) sob pastejo contínuo registrou o maior número de plântulas. Estes resultados confirmam a hipótese de que o campo alto, por apresentar uma comunidade herbácea mais densa, vigorosa e com maior densidade de raízes, limita a disponibilidade de nutrientes para a entrada e o desenvolvimento da espécie invasora. Além disso, este tipo de campo acumula material morto, elimina espaços abertos, reduz a entrada de luz e a temperatura na superfície do solo, causando prejuízos à germinação e estabelecimento das sementes invasoras. Outro efeito importante decorre diretamente do sistema de pastejo rotativo, que exerce um certo controle do pastejo seletivo, fator este que reduz as chances de uma invasora de baixo valor nutritivo, como o capim-annoni-2, de desenvolver-se rapidamente em função da rejeição pelos animais.

Deve ser destacado o estudo da vegetação de margem de estrada dominadas por capim-annoni-2, com o objetivo de restaurar a vegetação com espécies nativas ou pela introdução de forrageiras cultivadas, em andamento no município de Rio Pardo, RS (FERREIRA et al., 2006b). No levantamento do banco de sementes do solo foram encontradas sementes de 68 espécies distribuídas em 30 famílias botânicas. Estes dados demonstram que, apesar do pleno domínio do capim-annoni-2 em acostamentos de estradas, nestes locais existe potencial de restauração da vegetação original a partir da presença de BSS rico e heterogêneo.

Em razão de sua plasticidade ecológica, competitividade, expressiva produção de sementes e capacidade de dispersão, que habilitam o capim-annoni-2 a coloni-

zar e se estabelecer em uma ampla variedade de condições ambientais, mais ações de pesquisa visando a prevenção da invasão de áreas de campo ainda não infestadas devem ser colocadas em prática, tais como: a) estudos de caráter básico sobre biologia, ecofisiologia e fenologia de capim-annoni-2; b) dinâmica do banco de sementes no solo; c) dinâmica de dispersão com atenção especial para a dispersão de sementes ingeridas pelos animais; d) controle de focos da espécie em margens de rodovias e em locais de remates.

Medidas de caráter oficial devem ser postas em prática, visando a regulamentação do deslocamento de animais de regiões já infestadas para áreas ainda livres da espécie. Adicionalmente, será necessário realizar campanhas de esclarecimento sobre a real dimensão do problema e suas possíveis implicações junto a entidades representativas do meio rural e nos eventos relacionados ao setor.

Controle

Vários estudos envolvendo controle de capim-annoni-2 em campos infestados foram conduzidos desde a década de 1970. Cultivos sucessivos de forrageiras anuais de inverno, aveia (*Avena* sp.) e azevém anual, e de verão, milho (*Pennisetum americanum* (L.) Leeke) e soja (*Glycine max* (L.) Merr), durante quatro anos, reduziram drasticamente a presença de capim-annoni-2, permitindo, na seqüência, o estabelecimento de forrageiras perenes como *Megathyrus maximus* (Jacq.) B.K. Simon & S.W.L. Jacobs (ex-*Panicum maximum*) cv. Gatton, *Chloris gayana* L. e *B. humidicola* (GUTERRES, 1993). O capim-annoni-2 foi quase eliminado com o uso de *B. humidicola*. No estudo de Couto (1994), *B. humidicola* demonstrou ser a melhor opção de controle do capim-annoni-2, quando comparada a *Brachiaria brizantha* (Hochst. ex A. Rich.) Stapf. Entretanto, estas espécies também podem se tornar invasoras no RS (INSTITUTO HÓRUS, 2005). Reis e Coelho (2000a), utilizando o sistema de controle integrado, combinando cultivos convencionais e sistemas de plantio direto e o uso de herbicidas durante dois ciclos agrícolas, obtiveram expressiva redução no nível de abundância da espécie, bem como do tamanho do banco de sementes viáveis do solo. Em outro trabalho, Reis e Coelho (2000b), utilizando três sucessões culturais – soja, sorgo granífero (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) ou sorgo forrageiro (*Sorghum sudanense* (Piper) Stapf) na estação quente e aveia preta (*Avena strigosa* Schreb.) na estação fria, com o uso de herbicidas – e obtiveram expressiva redução na emergência de plântulas e na diminuição das sementes viáveis de capim-annoni-2 no banco de sementes do solo. Na seqüência, Reis e Coelho (2000c) utilizaram um campo com menos de 3% de cobertura pelo capim-annoni-2 previamente cultivado, por 3 anos, com uma sucessão soja com herbicidas e aveia preta, para introduzir *B. brizantha* e *B. humidicola* (Rendle) Schweick. Neste estudo, obser-

varam, ao final de dois ciclos agrícolas, que a presença de plantas de capim-annoni-2 estava reduzida a zero. Estes resultados confirmaram a *B. humidicola* como espécie mais adequada a este propósito, quando comparada a *B. brizantha*. Gonzaga e Coelho (1993), em uma área previamente submetida à rotação soja x aveia por três anos consecutivos, utilizaram uma consorciação das leguminosas forrageiras cornichão e trevo-branco e da gramínea *Agrostis capillaris* L. (brown top), sob diferentes pressões de pastejo (2, 4 e 6% PV), para impedir a reinfestação pelo capim-annoni-2. A presença deste, ao final do quarto ano de experimento, permaneceu baixa nas três pressões de pastejo.

Ainda com relação ao controle, uma elevada densidade de plantas arbóreas pode exercer o controle de gramíneas com baixa tolerância à sombra. Costa et al. (2000), ao comparar espécies de gramíneas estivais sob duas densidades arbóreas de acácia negra (*Acacia mearnsii* De Wild.), em sistema silvipastoril sob pastejo contínuo, observaram, no primeiro ano, uma tendência de diminuição do diâmetro das plantas de capim-annoni-2. Trabalhando na mesma área, Lucas (2004) verificou que no final do terceiro ano a população de plantas de capim-annoni-2 foi reduzida a zero.

A produção de sementes das espécies nativas de maior valor forrageiro colocaria à disposição de produtores e de instituições envolvidas com a preservação ambiental uma ferramenta importante na reabilitação de áreas degradadas pela invasão do capim-annoni-2, pela semeadura destas espécies nos campos. Esta medida, de um lado, poderia amenizar os prejuízos da invasão desta espécie e de outras plantas indesejadas nos campos e, de outro lado, oportunizaria o desenvolvimento de um mercado ativo de sementes de espécies nativas de importância como planta forrageira. A semeadura de espécies dominantes da flora local, em épocas favoráveis ao seu estabelecimento, certamente contribuiria no controle e na desaceleração da expansão do capim-annoni-2 e de outras espécies invasoras.

Utilização

Devido à extensão da área já invadida pelo capim-annoni-2 e da grave situação econômica em que se encontra uma significativa parcela dos pecuaristas do Estado, é necessário desenvolver um conjunto de práticas de manejo para a utilização racional destes campos, tanto do ponto de vista técnico como econômico. O dilema para desenvolver estas técnicas reside no pastejo seletivo que varia com a espécie vegetal e com a idade das plantas, com a carga e a espécie animal, sendo maior em ovinos do que em bovinos (VAN SOEST, 1994). Com base nestes tópicos, poder-se-ia indagar se a manipulação da pressão de pastejo de espécies de herbívoros menos seletivos, ajustada para cada estação de crescimento, uso de pastejo rotativo ou diferimentos, suplementa-

ção protéica e/ou energética, roçadas estratégicas para evitar a sementação ou para fenação, promoveria a restauração dos campos nativos próxima à biodiversidade original. A possibilidade de resposta a esta indagação depende da proposição e execução de projetos de pesquisa alicerçados em princípios ecológicos, conforme sugeridos por Sheley e Krueger-Mangold (2003). Experimentos em comunidades complexas de campos nativos de regiões montanhosas da Escócia, dominados pela gramínea cespitosa *Nardus stricta* L., de baixo valor nutritivo e com alto índice de rejeição pelos animais, tendo, entre suas touceiras, gramíneas finas de hábito rastejante, de alto valor nutritivo e preferidas pelos animais (*Agrostis* spp., *Anthoxanthum odoratum* L., *Festuca* spp., *Deschampsia flexuosa* (L.) Trin.), com o objetivo de reduzir os prejuízos desta invasora à economia e à biodiversidade destes campos, são discutidos por Gordon (2000). Na primeira fase, os estudos envolveram medidas da biomassa, composição botânica e estrutura da pastagem, qualidade da dieta e níveis de remoção de uma particular espécie pelos ruminantes. Na fase seguinte, foram determinados os efeitos da pressão de pastejo sobre a dinâmica da vegetação, a performance dos animais e a biodiversidade. Esta seqüência de estudos revelou que, por meio da manipulação da oferta e do consumo de forragem, em situação de pastejo misto com bovinos e ovinos ou somente com bovinos, existem possibilidades de aumentar a capacidade de carga destas pastagens bem como de redução ou retenção da área ocupada por esta invasora (GORDON, 2000). A utilização destas comunidades complexas, por seis anos consecutivos, formadas por touceiras da invasora *Nardus* e espécies finas, com pressão de pastejo ajustada para manter a vegetação rasteira, entre touceiras, com alturas de 4,5 cm para bovinos e de 4,5 e 3,5 cm para ovinos, revelou que os bovinos têm potencial para controlar ou reduzir a presença da invasora e aumentar a proporção de material vivo de espécies de gramíneas de maior valor nutritivo (GRANT et al., 1996; ARMSTRONG et al., 1999). Em contraste, o pastejo com ovinos aumentou a cobertura de *Nardus*, mesmo quando as gramíneas finas preferidas eram mantidas com altura de 3,5 cm. Os autores concluíram que a utilização com ovinos, em baixa pressão de pastejo, aumenta a cobertura de *Nardus*, sugerindo que a utilização contínua com esta espécie animal reduzirá a diversidade da pastagem e a renda da atividade pecuária. Ao contrário, a utilização com bovinos, na maior pressão de pastejo, proporciona aumentos na capacidade de suporte e na diversidade da pastagem, sugerindo que este regime de manejo agrega benefícios ao sistema de produção. Geralmente os aumentos na capacidade de carga estiveram positivamente associados com maiores porcentagens específicas de material vivo e com as espécies de gramíneas mais produtivas da pastagem. O pastejo misto com ovinos e bovinos mostrou-

se benéfico para a redução da cobertura de *Nardus*; entretanto, a espécie bovina foi prejudicada na sua performance produtiva (GORDON et al., 1995, citado por GORDON, 2000). O sistema de pastejo contínuo e superpastejo em comunidades campestres da África do Sul torna *E. plana* e *E. curvula* dominantes (KIRKMAN e MORRIS, s.d.). De acordo com estes autores, o sistema de pastejo rotativo e o corte reduzem a seletividade e tornam a dominância destas espécies menos marcante.

Em relação à utilização eficiente de áreas de campo nativo dominadas por capim-annoni-2, com altos teores de fibra e baixos de proteína, uma das ferramentas de manejo de fácil aplicação seria a suplementação dos animais, a fim de promover uma melhoria na qualidade da dieta, incrementar a atividade microbiana do rúmen, estimular o consumo de forragem e melhorar o desempenho dos animais. Estudos nesta direção começaram a ser realizados no RS. Brüning et al. (2006) avaliaram três tipos de suplementação mineral: sal mineral (Fosbovi Pronto®) (SM), sal mineral proteinado (Foscromo Seca®) (SP) e sal mineral proteinado (Foscromo Seca®) + sal mineral (Fosbovi Reprodução®) (SP + R) em comparação com sal comum (SC) sobre o desempenho de novilhas de sobreano em pastagem nativa da Depressão Central do RS dominada por capim-annoni-2 durante o período de 06 de setembro a 12 de dezembro de 2005. O peso vivo final e o ganho médio diário foram maiores nos tratamentos SP e SP + R (309 kg; 0,424 kg/dia; 307 kg; 0,411 kg/dia) do que em sal comum (288 kg; 0,218 kg/dia), respectivamente. A condição corporal das novilhas foi maior no tratamento SP + R em relação a SC e o ganho de peso vivo/ha foi maior no tratamento SP (75 kg/ha) do que no SC (34 kg/ha).

A utilização de capim-annoni-2 na forma de feno amonizado foi sugerida por Alfaya et al. (2000a) e Alfaya et al. (2000b). Estes autores verificaram que a amonização com uréia a 4% proporciona um aumento de 6,91% para 8,05% nos teores de proteína bruta (PB), e uma queda de 48,1% para 42,8% nos teores de fibra detergente ácido (FDA). O tratamento foi realizado em feno cortado entre os 60-90 dias de crescimento para evitar prejuízos no seu valor nutritivo e formação de panículas e deiscência das sementes (ALFAYA et al., 2000b).

Estas informações representam mais uma contribuição na elaboração de modelos de manejo, visando melhorar a relação custo benefício da utilização de áreas dominadas pelo capim-annoni-2.

Implicações ecológicas

As plantas invasoras são hoje a segunda maior ameaça mundial à biodiversidade, perdendo apenas para a destruição de habitats pela exploração humana direta (ZILLER, 2001). Para Souza (1984), as comunidades vegetais campestres formam sistemas dinâmicos e espacialmente heterogêneos, com trocas constantes com o meio. Estas

mudanças na vegetação devem-se ao desenvolvimento estacional das espécies presentes, ao ciclo de vida (em especial das espécies dominantes), aos processos de autorregeneração, a desenvolvimentos evolutivos, à variação no clima, a alterações na vegetação por pastejo, fogo, vento e exposição a processos fisiográficos (MILES, 1978), e à competição com espécies exóticas. Em geral, ambientes degradados são locais potenciais para ocupação por espécies invasoras (MOHLER, 2001).

Conforme Williamson e Fitter (1996) e Radosevich et al. (2003), espécies exóticas, como o capim-annoni-2, atingem diferentes níveis de sucesso de acordo com o tipo de invasão: a) introduzida, quando pode ser encontrada no novo ambiente de forma casual, com uma população potencialmente auto-sustentável; b) estabelecida ou colonização, situação na qual já apresenta uma população auto-sustentável, naturalizada; e c) praga, em que produz efeitos econômicos negativos.

Cumming (2002) defende a necessidade de estudos que relacionem informações do organismo invasor com dados sobre o ambiente receptor, tais como distúrbios e interações bióticas, para um melhor entendimento dos processos envolvidos. Alguns ambientes parecem ser mais suscetíveis à invasão do que outros (ZILLER, 2001; RADOSEVICH et al., 2003). As condições mais destacadas são: a) quanto menor a diversidade natural do ecossistema, maior o risco de invasão; b) as espécies exóticas com potencial de invasoras não encontram competidores, predadores e parasitas; e c) quanto maior o distúrbio da vegetação natural, maior o potencial de estabelecimento e invasão de plantas exóticas. Conforme Harper (1977), esta última resposta pode ser atribuída à alta frequência de locais seguros para a germinação e o estabelecimento do invasor. Perrings et al. (2002) afirmam que práticas que reduzem a biodiversidade do ecossistema, envolvendo um pequeno número de espécies animais e vegetais, eliminam predadores e competidores e geralmente tornam tais sistemas mais vulneráveis ou menos resistentes a invasões. Para Davis et al. (2000), entretanto, a suscetibilidade de uma comunidade a invasões está relacionada à quantidade dos recursos disponíveis, ou quanto mais recursos disponíveis e menor a sua utilização pela comunidade residente, maior a chance de entrada de espécies invasoras.

A ampla distribuição do capim-annoni-2 no território do RS (Figura 1) torna o problema muito mais grave do que parece, pois cada local que apresenta uma única planta é um foco potencial para uma infestação total. Uma das características da espécie é a alta produção de sementes viáveis (REIS, 1993; COELHO, 1993), de pequeno tamanho e adaptadas ao enterrio (MEDEIROS, 2004a).

O RS apresenta várias regiões ecoclimáticas, com suas peculiaridades edáficas e diferentes classes de uso da terra, não havendo solução única a ser adotada. Neste contexto, vale lembrar a idéia defendida por Schuma-

cher (1973) de que, para problemas locais, as soluções também devem ser locais.

As várias práticas de manejo discutidas podem ser adotadas pelos produtores, com a finalidade de contribuir para o controle e a redução da expansão do capim-annoni-2. Oliveira (1993) alerta para o fato de que apenas medidas de controle permanentes poderão prevenir a disseminação da espécie. As diversas instituições públicas e privadas, vinculadas à produção agropecuária, nos âmbitos federal, estadual e municipal, constituem a infra-estrutura necessária para a aplicação destas propostas. Sugere-se também a erradicação dos focos de capim-annoni-2 dos corredores viários entre propriedades, acostamentos de estradas e rodovias, para permitir a restauração da vegetação nativa de ervas e arbustos, típica destes locais, as quais são poderosas barreiras naturais de prevenção da invasão biológica. Os custos destas ações poderão ser divididos entre os proprietários das terras atingidas, as prefeituras e os governos estadual e federal, por meio de programas e/ou operações conjuntas ou, ainda, na forma de cooperação local (proprietários/prefeituras). Entretanto, tais medidas deverão ser planejadas, obedecer a orientações técnicas rigorosas e adequadamente estruturadas e, finalmente, acompanhadas de um monitoramento de longo prazo para evitar o agravamento do problema ou que outro(s) seja(m) criado(s), visto que os processos ecológicos só se fazem notar após longos períodos de tempo.

Conclusão

Em razão da plasticidade ecológica, expressiva produção de sementes e capacidade de dispersão que habilitam o capim-annoni-2 a colonizar e se estabelecer em uma ampla variedade de condições ambientais, ações de pesquisa visando a prevenção da invasão de áreas de campo ainda não infestadas e sua utilização devem ser colocadas em prática, tais como: a) estudos de caráter básico sobre biologia e fenologia, em particular, para uma melhor com-

Referências

ABICHEQUER, A. D.; MEDEIROS, C. M. O.; SPANNENBERG, P. R. O. Crescimento e Distribuição de Raízes de Capim-Annoni-2: Vantagem Competitiva em Relação ao Campo Nativo. In: REUNIÃO DO GRUPO TÉCNICO EM FORRAGEIRAS DO CONE SUL, 21., 2006, Pelotas, **Palestras e Resumos...** 2006. CD-ROM.

ALFAYA, H. ; SUÑÉ, L. N. P.; SIQUEIRA, C. M. G.; SILVA, D. J. S. da; SILVA, J. B. da; PEDERZOLLI, E. M. Valor Nutritivo do Feno de Capim-Annoni-2 (*Eragrostis plana* Nees) Submetido à Amonização com Uréia. In: REUNIÃO ANUAL DA SBZ, 37., 2000, Viçosa. **Anais...** 2000a. CD-ROM.

ALFAYA, H. ; SUÑÉ, L. N. P.; SIQUEIRA, C. M. G.; SILVA, D. J. S. da; SILVA, J.B. da ; PEDERZOLLI, E.M. Capim-annoni-2 (*Eragrostis plana* Nees): Crescimento, Produção de Feno e Amonização. In: REUNIÃO ANUAL DA SBZ, 37., 2000, Viçosa. **Anais...** 2000b. CD-ROM.

ANDREWS, T. S. Dispersal of Seeds of Giant *Sporobolus* spp. after

preensão da dinâmica de sua dispersão e das estratégias de controle e prevenção; b) pesquisas em ecofisiologia sobre a sensibilidade a estresses luminoso, hídrico e mineral; c) avaliação de sistemas de manejo que envolvam ajuste de carga, uso de suplementação protéica e/ou energética e mineral, dentre outras, combinada com roçadas estratégicas e uso de pastejo misto e de espécies ruminantes menos seletivas como bovinos e bubalinos, que proporcionem modificações na dinâmica da flora campestre nativa mantendo alta produtividade animal; d) identificação e produção de sementes de espécies nativas de maior valor forrageiro com o objetivo de contribuir na restauração de acostamentos de rodovias e de campos infestados, ou para auxiliar na restauração da vegetação nativa de áreas destinadas ao pousio após anos de cultivos.

Outro ponto importante seria motivar os produtores para utilizarem as recomendações disponíveis de controle integrado, desinfestação dos locais de realização de eventos e eliminação de focos da espécie em margens de rodovias com a finalidade de deter a expansão do capim-annoni-2.

Deve-se, ainda, estimular ações conjuntas do setor público e associações de produtores com o objetivo de executar e regulamentar o transporte de animais para controlar a dispersão de sementes, bem como realizar campanhas de esclarecimento sobre os prejuízos econômicos e as conseqüências ecológicas e sociais da degradação dos campos nativos pela invasão do capim-annoni-2.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Prof. PhD. João Carlos de Saibro pela revisão e sugestões ao manuscrito original, à Profa. Dra. Denise Fontana pela elaboração do mapa, as contribuições dos revisores e o apoio financeiro recebido de FAPERGS, CNPq, CAPES, Sindicato Rural de Dom Pedrito, Estância Guatambu, Fazenda São Lucas e Tortuga Companhia Zootécnica Agrária.

Ingestion by Grazing Cattle. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, Armidale, v.35, p.353-356, 1995.

ARAÚJO, A. A. **Principais Gramíneas do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Sulina, 1971. 255 p.

ARMSTRONG, R. H.; GRANT, S. A.; COMMON, T. G.; BEATTIE, M. M. Controlled Grazing Studies on *Nardus* Grassland: Effects of Between-Tussock Sward Height and Species of Grazer on Diet Selection and Intake. **Grass and Forage Science**, Oxford v. 52, p. 219-231, 1999.

BLUMENTHAL, D.M.; JORDAN, N.R.; SVENSON, E.L. Weed Control as a Rationale for Restoration: the Example of Tallgrass Prairie. Disponível em: <<http://www.consecol.org/vol7/iss1/art6>>. Acesso em: 20 dez. 2003.

BOLDRINI, I. I. Campos do Rio Grande do Sul: Caracterização Fisiológica e Problemática Ocupacional. **Boletim do Instituto de Biociências**, Porto Alegre, n. 56, p. 1-39, 1997.

INVASÃO, PREVENÇÃO, CONTROLE E UTILIZAÇÃO DO CAPIM-ANNONI-2
(*Eragrostis plana* Nees) NO RIO GRANDE DO SUL, BRASIL

- BRÜNING, G.; MEDEIROS, R.B.; CARLOTTO, S.B.; MELLO, F.A. de; AZEVEDO, E.B. de. Produção Animal em Campo Nativo Dominado por Capim Annoni-2 em Função de Suplementação. In: REUNIÃO DO GRUPO TÉCNICO EM FORRAGEIRAS DO CONE SUL, 21., 2006, Pelotas, **Palestras e Resumos...** CD-ROM.
- COELHO, R. W. Substâncias Fitotóxicas Presentes no Capim Annoni-2. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 21, n. 3, p. 255-263, 1986.
- _____. Diagnóstico do Problema e Retrospectiva da Pesquisa Realizada com Capim Annoni-2 no CNPO e CPATB. In: REUNIÃO REGIONAL DE AVALIAÇÃO DE PESQUISA COM ANNONI-2, 1993, Bagé. **Anais...** Bagé: EMBRAPA-CPPSUL, 1993. p. 53-69. EMBRAPA-CPPSUL. Documentos, 7.
- COSTA, J. A. A. da ; ROSA, L. M. G.; CASTILHOS, Z. M. S.; GUTERRES, E. ; SILVA, J. L. S. da Alterações no Perfil em Pastagens de Verão Submetida ao Pastejo em Sistema Silvopastoril com Acácia Negra (*Acacia mearnsii* De Wild.). In: REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 37., 2000, Viçosa, **Anais...** Viçosa.
- COUTO, A.C.A. do. **Avaliação de Duas Espécies de *Brachiaria* Visando Controlar a Reinvasão por *Eragrostis plana* Nees**. Pelotas: UFPel, 1994. 161 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – UFPel. 1994.
- CRAINE, J.M. The Role of Nitrogen in Grasslands: from Ecophysiology to Ecosystem and Competition to Herbivory. In: INTERNATIONAL RANGELAND CONGRESS, 7., 2003, Durban. **Proceedings...** Durban, 2003. p.6-13.
- _____. ; FROEHLE, J. ; TILMAN, D. J. ; WEDIN, D. A. ; CHAPIN III, F. S. The Relationships Among Root and Leaf Traits of 76 Grassland Species and Relative Abundance Along Fertility and Disturbance Gradients. **Oikos**, Copenhagen. v. 93, p. 274-285. 2001.
- CROSBY, A.W. **Imperialismo Ecológico**. São Paulo: Companhia das Letras, 1993. 319 p.
- CUMMING, G. **Habitat Shape, Species Invasions, and Reserve Design: Insights from Simple Models**, 2002. Disponível em: <<http://www.consecol.org/vol6/iss1/art3>>. Acesso: em 20 fev. 2003.
- DAVIS, M. A.; GRIME, J. P. ; THOMPSON, K. Fluctuating Resources in Plant Communities: a General Theory of Invasibility. **Journal of Ecology**, Oxford, n. 88, p. 528-534, 2000.
- FERREIRA, N. R. ; MEDEIROS, R. B. ; SOARES, G. L. G. Avaliação Alelopática do Capim-Annoni-2 sobre a Germinação de Sementes de Gramíneas Perenes. In: REUNIÃO DO GRUPO TÉCNICO EM FORRAGEIRAS DO CONE SUL, 21., 2006, Pelotas. **Palestras e Resumos...** Pelotas, 2006a. CD-ROM.
- _____. ; _____. ; CARLOTTO, S. B. ; FREITAS, M. R. ; Padrão de Banco de Sementes em Função de Atributos de Solo em Borda Viária Dominado por Capim-Annoni-2. In: REUNIÃO DO GRUPO TÉCNICO EM FORRAGEIRAS DO CONE SUL, 21., 2006, Pelotas. **Palestras e Resumos...** Pelotas, 2006b. CD-ROM.
- FIGUEIRÓ, P. Resposta do Capim Annoni-2 (*Eragrostis plana* Nees) ao Pastoreio com Ovinos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 13., 1976, Salvador. **Anais...** Salvador: SBZ, 1976. p. 281-282.
- GONZAGA, S. S. ; COELHO, R. W. Manejo de Pastagem de *Agrostis capillaris* Consorciado com *Lotus corniculatus* Visando Controlar a Reinvasão com *Eragrostis plana*. In: REUNIÃO REGIONAL DE AVALIAÇÃO DE PESQUISA COM ANNONI-2, 1991, Bagé. **Anais...** Bagé: EMBRAPA-CPPSUL, 1993. p. 5-23. EMBRAPA-CPPSUL, Documentos, 7.
- GORDON, I. J. Plant-Animal Interactions in Complex Plant Communities: from Mechanism to Modelling. In: LEMAIRE, G. ; HOGSON, J. ; MORAES, A. ; NABINGER, C. ; CARVALHO, P.C.F. (Eds.) **Grassland Ecophysiology and Grazing Ecology**. Oxon: CAB International, 2000. p. 191-207.
- GRANT, S. A.; TORVEL, L. L.; SIM, E.M.; SMALL, J. L. Grazing Studies on *Nardus* Grassland: Effects of Between-Tussock Sward Height and Species of Grazer on *Nardus* Utilization and Floristic Composition in two Fields in Scotland. **Journal of Applied Ecology**, Oxford, v. 33, p. 1053-1064, 1996.
- GUTERRES, E. P. Considerações sobre o Estabelecimento de Forrageiras em Áreas Inçadas com Capim Annoni-2 (*Eragrostis plana* Nees) na Estação Experimental Zootécnica de Tupanciretã. In: REUNIÃO REGIONAL DE AVALIAÇÃO DE PESQUISA COM ANNONI-2, 1991, Bagé. **Anais...** Bagé: EMBRAPA-CPPSUL, 1993, p. 5-23. EMBRAPA-CPPSUL. Documentos, 7.
- HARPER, J. L. **Population Biology of Plants**. London: Academic Press, 1977. 892p.
- IBGE. **Censo Agropecuário de 1995-1996**: Rio Grande do Sul. 2003. Disponível em: <http://www1.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/agropecuaria/censoagro/43/d43_t01.shtm>. Acesso em: 19 fev. 2003.
- IBGE. **Anuário da Pecuária Brasileira**. São Paulo, 2004. 376 p.
- INSTITUTO HÓRUS. **Espécies Exóticas Invasoras: Fichas técnicas/ *Eragrostis plana***. Disponível em: <www.institutohorus.org.br/download/fichas/Eragrostis_plana.htm>. Acesso em: 20 out. 2005.
- KIRKMAN, K. P. ; MORRIS, C. D. Ecology and Dynamics of *Eragrostis curvula* and *E. plana* with View to Controlling their Spread in Natural Grasslands. s. n. t.
- LEAL, T. C. ; NUNES, R. V. O.; SILVA, V. S. **Performance de Novilhos em Pastagens de *Eragrostis plana* Nees e Campo Nativo, com e sem Adubação**. Tupanciretã: IPZFO, 1973.
- LUCAS, N. M. **Desempenho Animal em Sistema Silvopastoril com Acácia-Negra (*Acacia mearnsii* De Wild.) e Rendimento de Matéria Seca de Cultivares de *Panicum maximum* Jacq. sob Dois Sistemas de Luz Solar**. Porto Alegre, UFRGS, 2004. 127 p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – UFRGS, 2004.
- MARCANTONIO, G. **Manjedoura Cincerro**. Porto Alegre: FEDERACITE, 2002. 35 p.
- MEDEIROS, R. B. ; FOCHT, T. Avaliação do Potencial de Dispersão de Sementes de Capim-Annoni-2 em Fezes de Bovinos. s. n. t.
- _____. ; _____. ; FERREIRA, N.R. ; BRACK, S.C. F. Longevidade de Sementes de *Eragrostis plana* Nees, em um Solo de Campo natural. In: REUNIÃO DEL GRUPO TÉCNICO REGIONAL DEL CONO SUR EN MEJORAMIENTO Y UTILIZACIÓN DE LOS RECURSOS FORRAJEROS DEL ÁREA TROPICAL Y SUBTROPICAL – GRUPO CAMPOS, 20., 2004, Salto. **Memorias...** Salto, 2004a. v. 1, p. 213-214.
- _____. ; PILLAR, V. P. ; REIS, J. C. L. Expansão de *Eragrostis plana* Nees (capim-annoni-2), no Rio Grande do Sul e Indicativos de Controle. In: REUNIÃO DEL GRUPO TÉCNICO REGIONAL DEL CONO SUR EN MEJORAMIENTO Y UTILIZACIÓN DE LOS RECURSOS FORRAJEROS DEL ÁREA TROPICAL Y SUBTROPICAL, GRUPO CAMPOS, 20., 2004, Salto. **Memorias...** Salto, 2004b. p. 208-211.
- _____. ; FOCHT, T. ; FREITAS, M. R. ; MENEGON, L. L. Longevidade de Sementes de Capim-Annoni-2 em Solo de Campo Natural. In: REUNIÃO DO GRUPO TÉCNICO EM FORRAGEIRAS DO CONE SUL, 21., 2006, Pelotas, **Palestras e Resumos...** 2006a. CD-ROM.
- _____. ; _____. ; _____. ; FREITAS, A.F.; PÖTTER, G.H. Dinâmica do Capim-Annoni-2 em um Campo Nativo do Rio Grande do Sul, Brasil. In: REUNIÃO DO GRUPO TÉCNICO EM FORRAGEIRAS DO CONE SUL, 21., 2006, Pelotas. **Palestras e Resumos...** Pelotas, 2006b. CD-ROM.
- MILES, J. **Vegetation Dynamics**. London: Chapman and Hall, 1978. 80 p.

- MOHLER, C. L. Weed Evolution and Community Structure. In: LIEBMAN, M.; MOHLER, C. L.; STAYER, C.P. (Eds.) **Ecological Management of Agricultural Weeds**. Cambridge: Cambridge University, 2001. p. 444-493.
- NAEEM, S.; KNOPS, J.M.H.; TILMAN, D.; HOWE, K.M.; KENNEDY, T.; GALE, S. Plant Diversity Increases Resistance to Invasion in the Absence of Covarying Extrinsic Factors. *Oikos*, Copenhagen, n. 91, p. 97-108, 2000.
- NASCIMENTO, A. **Caracterização Química e Digestibilidade do Capim Annoni-2 (*Eragrostis plana* Nees) Comparada com o Pasto Nativo, em Diferentes Estádios de Desenvolvimento**. Santa Maria: UFSM, 1976. 67 p. Dissertação (Mestrado em Produção Animal) – UFSM, 1976.
- _____.; HALL, G. A. B. Estudos Comparativos de Capim Annoni-2 (*Eragrostis plana*) e Pastagem Nativa de Várzea da Região de Santa Maria, Rio Grande do Sul. 1. Características Químico-Bromatológicas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 13, n. 2, p. 7-14, 1978.
- OLIVEIRA, O. L. P. Considerações sobre o Capim Annoni-2 (*Eragrostis plana* Nees). Histórico e Evolução no CNPO. In: REUNIÃO REGIONAL DE AVALIAÇÃO DE PESQUISA COM ANNONI-2, 1991, Bagé. **Anais...** Bagé: EMBRAPA-CPPSUL, 1993. p. 41-51. EMBRAPA-CPPSUL, Documentos, 7.
- PERRINGS, C.; WILLIAMSON, M.; BARBIER, E. B.; DELFINO, D.; DALMAZZONE, S.; SHOGREN, J.; SIMMONS, P.; WATKINSON, A. **Biological Invasion Risks and the Public Good: an Economic Perspective**. Disponível em: <<http://www.consecol.org/vol6/iss1/art1>>. Acesso em 05 abr. 2003.
- POWLES, S. B.; LORRAINE-COLWILL, D. F.; PRESTON, C. Evolved Resistance to Glyphosate in Rigid Ryegrass (*Lolium rigidum*) in Australia. **Weed Science**, n. 46, p. 604-607, 1998.
- RADOSEVICH, S. R.; STUBBS, M. M.; GHERSA, C. M. Plant Invasions: Process and Patterns. **Weed Science**, Lawrence, n.51, p. 254-259, 2003.
- REIS, J. C. L. Capimannoni-2: Origem, Morfologia, Características, Disseminação. In: REUNIÃO REGIONAL DE AVALIAÇÃO DE PESQUISA COM ANNONI-2, 1991, Bagé. **Anais...** Bagé: EMBRAPA-CPPSUL, 1993. p. 5-23. EMBRAPA-CPPSUL. Documentos, 7.
- _____.; COELHO, R.W. **Controle do Capim Annoni-2 em Campos Naturais e Pastagens**. Pelotas: EMBRAPA Clima Temperado, 2000a. 21p. EMBRAPA Clima Temperado, Circular Técnica, 22.
- _____.; _____. **Sucessão de culturas no controle do capimannoni-2**. In: NASCIMENTO Jr., D. et al. (Eds.). **REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 37., Viçosa, 2000**. Anais... Viçosa: SBZ, 2000b. 1 CD-ROM. Forragicultura
- _____.; _____. Controle do Capim Annoni-2 em Pastagens Reinvasiadas. In: NASCIMENTO Jr., D. et al. (Eds.) **REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 37., Viçosa, 2000**. Anais... Viçosa: SBZ, 2000c. 1 CD-ROM. Forragicultura.
- _____.; OLIVEIRA, O.L.P. **Considerações sobre o Capim Annoni 2**. Bagé: UEPAE, 1978. 8 p. Circular Técnica.
- SCHUMACHER, E. **O Negócio É Ser Pequeno**. São Paulo: Círculo do Livro, 1973, 271 p.
- SHELEY, R. L.; KRUEGER-MANGOLD, J. Principles for Restoring Invasive Plant-Infested Rangeland. **Weed Science**, Lawrence, v. 51, p. 260-265, 2003.
- SILVA, V. P. S.; LEAL, T. C.; GOMES, D. B.; GUTERRES, E. P.; NUNES, R. V. O. Performance de Novilhos em Pastagens de *Eragrostis plana* (capimannoni-2) e Campo Nativo, com e sem Fertilização. **Anuário Técnico do IPZFO**, Porto Alegre, n.1, p. 117-118, 1973.
- SOUZA, W. P. The Role of Disturbance in Natural Communities. **Annual Review of Ecology and Systematics**, Palo Alto, v. 15, p. 353-391, 1984.
- TILMAN, D. Community Invasibility, Recruitment Limitation, and Grassland Biodiversity. **Ecology**, v. 78, n. 1, p. 81-92, 1997.
- UFRGS/IEPE. Diagnóstico de Sistemas de Produção de Bovinocultura de Corte do Estado do Rio Grande do Sul. **Relatório**. Porto Alegre, 2005. 265 p.
- VAN SOEST, P.J. **Nutritional Ecology of the Ruminant**. New York: Cornell University Press, 1994. 476 p.
- WILLIAMSON, M.; FITTER, A. The Varying Success of Invaders. **Ecology**, v. 77, n. 6, p. 1661-1666, 1996.
- ZILLER, S. R. Plantas Exóticas Invasoras: a Ameaça da Contaminação Biológica. **Ciência Hoje**, Rio de Janeiro, v. 30, n.1 78, p.77-79, 2001.



Controle de plantas nativas indesejáveis dos campos naturais do Rio Grande do Sul

Leonardo Araripe Crancio¹, Paulo César de Faccio Carvalho²,
Carlos Nabinger³ e Ilsi Iob Boldrini⁴

Resumo - A conservação do campo nativo é importante para o Rio Grande do Sul, pois, além do aspecto econômico, tem também importantes implicações ambientais. O manejo inadequado da pastagem natural pode causar o aumento da frequência de espécies nativas indesejáveis. Elas podem causar uma diminuição da produção do campo, pela da competição exercida com as plantas forrageiras de interesse, ou afetar diretamente a produção animal por causarem redução na ingestão de alimento ou mesmo efeitos tóxicos que podem, inclusive, ser letais. As espécies nativas indesejáveis, mais frequentes no Rio Grande do Sul do ponto de vista da produção animal, são o caraguatá (*Eryngium horridum* Malme), a carqueja (*Baccharis trimera* Less.), a chirca (*Eupatorium buniifolium* Hook.), o mio-mio (*Baccharis coridifolia* DC.) e o alecrim (*Vernonia nudiflora* Less.). Dentre as estratégias disponíveis para controlar estas espécies podemos citar o controle mecânico, por meio de roçadas ou arraste de vigas de ferro; o controle químico, com a utilização de herbicidas; o controle biológico, por meio do pastejo, além de outras interferências que favorecem o campo nativo nas relações de competição intra-específicas, como a adubação. Algumas dessas intervenções influenciam a dinâmica da vegetação, como por exemplo o pastejo e o fogo. Obviamente, a eficácia de todos esses métodos depende das características morfofisiológicas e fenológicas, dentre as espécies. Portanto, é importante que sejam observadas as épocas corretas de utilização. Experiências demonstram que a interação entre os métodos pode promover uma maior eficiência no controle das espécies. Esta revisão tem como objetivo reunir as informações existentes sobre as principais plantas nativas indesejáveis do Rio Grande do Sul e seus métodos de controle.

Palavras chave: plantas indesejáveis, pastagem nativa, herbicida, roçada, intensidade de pastejo.

Control of native undesirable species from Rio Grande do Sul natural pastures

Abstract - The preservation of natural pastures is important to Rio Grande do Sul because, in addition to its economic value, it has ecological implications. Inadequate or poor management of native pasture can cause an increase in frequency of undesirable native species. Undesirable species can decrease production from pastures, through competition with desirable forage species, or by directly affecting livestock production through reduced intake, or even through toxic effects. Undesirable species, from the animal production point of view, most frequently found in Rio Grande do Sul, are caraguatá (*Eryngium horridum* Malme), carqueja (*Baccharis trimera* Less.), chirca (*Eupatorium buniifolium* Hook.), mio-mio (*Baccharis coridifolia* DC.) and alecrim (*Vernonia nudiflora* Less.). Some strategies to control these species include mechanical control, by mowing or dragging iron shanks; chemical control, by herbicides; biological control, by grazing, as well as other management strategies (e.g., fertilization) that could favor native pasture in intraspecific competition. Some of these interventions influence vegetation dynamics, such as grazing and burning. Obviously, the efficacy of all these methods depends on morphological and phenological characteristics, which vary among species. Therefore, it is important to implement the management strategy during the right utilization period. Experiences show that interaction between methods can promote greater efficiency upon species control. The aim of this review is to aggregate the information about undesirable native plants in Rio Grande do Sul and methods for their control.

Key words: invasive plants, native pastures, herbicide, cutting, grazing intensity.

¹ Engenheiro Agrônomo, MSc. E-mail: lcrancio@yahoo.com.br

² Zootecnista, Doutor, Professor Adjunto do Departamento de Plantas Forrageiras e Agrometeorologia, UFRGS, Av. Bento Gonçalves, 7712, CEP 91501-970, Porto Alegre, RS, Brasil. E-mail: paulocfc@ufrgs.br. Autor para correspondência.

³ Engenheiro Agrônomo, Doutor, Professor Adjunto do Departamento de Plantas Forrageiras e Agrometeorologia, UFRGS.

⁴ Bióloga, Doutora, Professora Adjunta do Departamento de Botânica, UFRGS.

Recebido para publicação em 02/01/2006

Introdução

A base da alimentação dos rebanhos bovinos e ovinos no Rio Grande do Sul é o campo nativo. Além do aspecto econômico que representa, a conservação do ecossistema Campos Sulinos, recentemente reconhecido como tal (IBAMA, 2004), também é importante pela fauna que abriga e pela diversidade botânica que possui. Segundo Boldrini (1997), a vegetação campestre compreende cerca de 150 espécies de leguminosas e 400 de gramíneas. Esta biodiversidade representa não somente um valioso banco de germoplasma *in situ* de espécies forrageiras, mas também atua no equilíbrio climático, na preservação de polinizadores, no seqüestro de carbono, dentre outros. Também destaca-se a importância do campo nativo na conservação do solo e da água, bem como a reciclagem de nutrientes que realiza.

A sustentabilidade de ecossistemas para a produção animal requer um manejo que mantenha os recursos do solo e assegure um balanço favorável entre plantas desejáveis e indesejáveis. Isto significa controlar o pastejo para manter a produção de espécies de interesse, tanto para a produção de herbívoros domésticos, quanto para alimentar a fauna local, e limitar o aumento da frequência de espécies indesejáveis (ARCHER, 1996). Conceitualmente, uma planta nativa indesejável para produção animal é aquela que, embora fazendo parte do ecossistema, ou não integra de forma constante a dieta do animal ou, mesmo fazendo parte dela, não contribui a longo prazo com o pleno atendimento dos requerimentos nutricionais dos animais. Além disso, diminui a proporção de espécies de interesse forrageiro pela ocupação de área, pela competição por água, luz e nutrientes ou pela interação destes dois fatores, podendo ou não apresentar efeitos tóxicos sobre os animais. A consequência direta das plantas indesejáveis é a diminuição da capacidade de suporte do campo, podendo também trazer prejuízos indiretos danificando o couro ou a lã dos animais,.

As plantas indesejáveis nativas mais frequentes nos campos nativos do Rio Grande do Sul, e para as quais, comumente, se faz necessária alguma intervenção com o intuito de diminuir sua frequência, são: carqueja (*Baccharis trimera* Less.), caraguatá (*Eryngium horridum* Malme), alecrim (*Vernonia nudiflora* Less.), chirca (*Eupatorium buniifolium* Hook.) e mio-mio (*Baccharis coridifolia* DC.). Nesta revisão bibliográfica serão abordadas as características biológicas dessas plantas, assim como seus métodos de controle.

Principais espécies nativas indesejáveis do Campo Nativo

Uma das espécies nativas indesejáveis de maior frequência e que apresenta maior número de trabalhos realizados para estudar seu controle é o caraguatá. Esta espécie, da família *Apiaceae*, apresenta as folhas crassas,

com espinhos nas margens e dispostas em roseta. Essas folhas estão inseridas em uma coroa, onde se localizam as gemas; logo abaixo, está o rizoma, órgão responsável pelo acúmulo de reservas, que serão utilizadas pela planta para rebrotes posteriores ou desenvolvimento da inflorescência, sendo este momento o mais propício para esgotá-las, quando o objetivo é o controle da espécie. Seu ciclo e sua população são dependentes das variações climáticas de cada ano (CARÁMBULA et al., 1995), assim como do tipo de solo e do manejo empregado na área, o que pode influenciar sua distribuição. Normalmente, as plantas encontram-se distribuídas em todo o potreiro, mas também podem ocorrer na forma de “manchas”. A inflorescência é emitida na primavera, quando há um alongamento do pedúnculo e da ráquis. Segundo Kissmann e Groth (1999), as flores estão dispostas em capítulos de cor branca que formam uma estrutura globosa de superfície espinescente, dispostos na forma de uma panícula. A produção de sementes é abundante, mas não há informações sobre sua viabilidade; como são pequenas e leves, se dispersam com muita facilidade pelo vento, pela ação de animais e pelo escorrimento superficial da água da chuva. As plantas indesejáveis, em geral, apresentam grande variabilidade quanto à maturação de sementes tanto entre indivíduos quanto entre distintas partes da inflorescência. Por isso, sua dispersão ocorre desde o verão até o outono (GONZAGA, 1998).

Na tentativa de quantificar a diminuição da produção de forragem causada pela competição com esta espécie, Montefiori e Vola (1990) demonstraram que uma cobertura de 40 a 70% de caraguatá pode provocar uma diminuição na produção de forragem da ordem de 43%. Deve-se salientar que, além da diminuição de produção de forragem devido à competição por água, luz e nutrientes, também há o efeito da diminuição da área pastoril. Esses autores comentam que generalizações não são apropriadas por ser um ensaio pontual e necessitam de mais repetições ao longo dos anos, mas de qualquer forma é útil para dimensionar o efeito prejudicial da espécie.

A carqueja é outra espécie tida como indesejável, frequentemente encontrada nos campos naturais da região sul do Brasil, Uruguai e norte da Argentina e que pode ocorrer na forma de densas manchas, mas é mais comum que ocorra como plantas isoladas. Pertence à família *Asteraceae*, é um subarbusto ramificado, ereto e entouceirado. Os ramos são trialados, com alas membranáceas interrompidas de forma desigual. As folhas, quando presentes, são reduzidas, de formato ovalado com menos de 5 mm de comprimento, não contribuindo em termos de fotossíntese, atividade essa desempenhada pelos ramos (KISSMANN e GROTH, 1999). A inflorescência é na forma de capítulos, geralmente aglomerados, com flores unissexuais de coloração amarelada formando espigas interrompidas (SIMÕES et al., 1998). Nuñez e Puerto (1988) relatam que podem ocorrer até três mil capítulos

por planta e afirmam que as raízes têm capacidade de brotar. De acordo com Kissmann e Groth (1999), seus frutos são aquênios dotados de pápus, permitindo a dispersão anemófila. Segundo Berreta (1997), a espécie rebrota na primavera a partir destes órgãos subterrâneos, tanto quanto de gemas de caules lignificados, continuando seu ciclo até a floração, que se estende de fevereiro a maio. Já Nuñez e Puerto (1988) e Gonzaga (1998) citam que a planta cresce na primavera, e que seu crescimento se prolonga até o verão quando começa seu período de repouso e frutificação, para apresentar novo rebrote no outono. Devido ao seu sistema radicular superficial, é suscetível à seca. As plantas de carqueja sementam abundantemente. O período de frutificação ocorre de fevereiro até maio, com uma intensidade máxima em abril. O número de sementes depende do tamanho, da idade da planta (NUÑEZ e PUERTO, 1988) e das condições ambientais. Esses autores, em trabalho onde estudaram a biologia da espécie, encontraram poder germinativo das sementes próximo a 52,2%, não havendo diferenças quando colhidas em março, abril ou maio. Uma planta produz em torno de 50.000 sementes e, como são pequenas, são dispersas pelo vento e pela ação dos animais. A cobertura por espécies nativas e ou cultivadas, em um potreiro, elimina espaços vazios onde poderiam estabelecer-se novas plantas dessa espécie (GONZAGA, 1998). Durante o período frio sua parte aérea seca, permanecendo viva a parte basilar do caule e o sistema radicular. Porém, em anos de inverno ameno, as plantas podem seguir verdes ou somente secarem as partes basilares. Quanto ao acúmulo de substâncias de reservas, este ocorre quando a planta está vegetando e se dá na base dos caules, permitindo novo crescimento na primavera ou no outono (GONZAGA, 1998). No entanto, este local de acúmulo é mais efetivo para as gramíneas, existindo a necessidade de estudos para verificar a hipótese de, nesta espécie, as raízes e a coroa serem os locais de maior contribuição para armazenagem de tais substâncias.

Pertencente à família *Asteraceae*, a chirca tem sua maior ocorrência na região sudoeste do Estado do Rio Grande do Sul, Uruguai, centro e norte da Argentina, Paraguai e sul da Bolívia. É um arbusto estival, perene, cespitoso, com caules ramificados e lenhosos, alcançando até 2,5 m de altura (MARCHESINI, 2004). Possui folhas sésseis, opostas, simples lineares a pinatisectas, com 3 a 6 cm de comprimento e largura de 4 mm e ápice agudo (KISSMANN e GROTH, 1999), chegando a desenvolver um forte sistema radicular do tipo pivotante, onde armazena suas reservas. A floração e a sementação ocorrem no final do verão e outono. São produzidas muitas flores, de coloração castanha a marrom-escura, em numerosos capítulos agrupados em panículas laxas com pedicelos curtos. Os frutos são aquênios, os quais por possuírem pápus piloso, proporcionam ampla dispersão, tanto pelo vento, quanto pelos animais (MARCHESINI, 2004). Conforme Gonzaga (1998),

a chirca inicia o rebrote no final do inverno, desenvolvendo-se na primavera-verão. É prejudicial à produção animal por competir com as espécies de interesse por água, nutrientes e luz, podendo extingui-las por sombreamento excessivo. Na Argentina, onde a produção de carne alcança valores próximos a 90-95 kg/ha/ano, a infestação dessa espécie pode determinar uma redução da produção de carne para aproximadamente 25 kg/ha/ano, demonstrando ser necessária a aplicação de técnicas de melhoramento e manejo (MARCHESINI, 2004). Isto demonstra o efeito prejudicial da espécie sobre a produção animal, pois, além de diminuir sua produtividade, ainda acarreta em custos devido à necessidade de empregar-se algum método de controle.

O mio-mio é um subarbusto dióico, de 50 a 80 cm de altura, pertencente à família *Asteraceae*. Segundo Tokarnia et al. (2000), a planta ocorre em áreas mais secas do Uruguai, da Argentina e do Rio Grande do Sul, principalmente na fronteira entre estes países, podendo ser encontrada em Santa Catarina, Paraná e até em São Paulo. Suas folhas são lineares, agudas, com 1,5 a 5 cm de comprimento e aproximadamente 1,5 a 5 mm de largura (BARROS, 1993). Apresenta sua inflorescência na forma de racemos na parte terminal dos ramos, formando uma pseudopanícula. As flores, de coloração amarelada, estão dispostas em capítulos, dispostos na extremidade dos ramos e em grande número. As plantas masculinas possuem em torno de 15 flores por capítulo, enquanto que a feminina, de 8 a 10 flores brancas e filiformes. Seus frutos são aquênios subcilíndricos dotados de pápus (KISSMANN e GROTH, 1999). Seu rebrote ocorre na primavera, a partir de seu rizoma; a floração se estende de janeiro a maio e, após, perde suas folhas e atravessa o inverno com baixa área foliar, permitindo acesso dos animais à forragem. No entanto, é na primavera que apresenta maior problema, pois é aí que exerce a maior competição por luz com as espécies de interesse forrageiro, uma vez que perde suas folhas a partir do outono. Porém, seu efeito não chega a ser significativo sobre a produção de forragem (MONTEFIORI e VOLA, 1990).

É importante destacar que esta planta é tida como indesejável não pela sua capacidade competitiva, mas por sua toxidez, podendo levar animais à morte. Tokarnia et al. (2000) afirmam que todas as partes da planta são tóxicas, em ordem crescente: raiz e caule, folhas, sementes e flores. Há variação da toxicidade ao longo do ano, pois na floração em março a planta é quatro a oito vezes mais tóxica do que no período de brotação, em outubro/novembro, existindo diferença entre os indivíduos de diferentes sexos. As plantas femininas são até 32 vezes mais tóxicas do que as masculinas. O princípio tóxico é o tricotoceno macrocíclico, sendo seus principais componentes a roridina A e a roridina E. Segundo os autores, a planta tem a capacidade de absorver e armazenar estes compostos, que são produzidos pelo fungo *Myrothecium verrucaria* que vive na sua rizosfera. No entanto, Jarvis et al.

(1991) se contrapõem a esta hipótese devido à pequena quantidade do fungo encontrado na planta, frente à grande concentração da toxina, e supõem que a planta tenha capacidade de sintetizar esta substância. Sua ingestão causa edemas e erosões na mucosa do rúmem e retículo (BARROS, 1993 e TOKARNIA et al., 2000). Os sinais clínicos ocorrem entre 5 e 29 horas em bovinos e entre 3 e 23 horas em ovinos, podendo ser fatais. Em ovinos, os sinais clínicos são: interrupção do consumo; o animal se afasta do lote; assume a posição de decúbito esternal; apatia, tremores musculares e respiração ofegante; e finalmente, permanece em decúbito lateral, culminando com a morte. Em bovinos, os sinais são semelhantes: perda do apetite, timpanismo moderado, instabilidade nos membros posteriores, tremores musculares, inquietação, focinho seco, secreção ocular, parada ruminal, fezes ressequidas e escassas e em alguns casos gemidos e taquicardia, com o animal permanecendo em decúbito esternal e, posteriormente, decúbito lateral, culminando com a morte. Segundo Gonzaga (1998), em ruminantes, quando a intoxicação não é letal, pode causar abortos.

Outra espécie bastante freqüente e com ocorrência no sul do Brasil, presente em todo o Rio Grande do Sul, e também pertencente à família *Asteraceae*, é o alecrim. Assim como o mio-mio, possui ação irritante sobre a mucosa do tubo digestivo, porém, devido à sua baixa palatabilidade, é muito improvável que bovinos a consumam (TOKARNIA et al., 2000). Trata-se de um subarbusto perene, ereto, com 60-80 cm de altura. Conforme Kissmann e Groth (1999), seu caule é cilíndrico e ramificado na parte superior. As folhas são coriáceas e lineares, com 1,5 a 3 cm de comprimento e 0,5 a 0,2 mm de largura e ápice agudo, com disposição alterno-helicoidal no caule. A inflorescência é na forma de numerosos capítulos de cor rósea a violácea. Os frutos são aquênios oblongo-lanceolados e pilosos. Devido à sua arquitetura, seu efeito sobre a produção de forragem provavelmente se deva à competição por luz e nutrientes.

Tipos de controles

Dentre as estratégias disponíveis mais comumente utilizadas para controlar as plantas nativas indesejáveis dos campos naturais do Rio Grande do Sul pode-se citar o controle mecânico ou físico, através de roçadas ou arraste de vigas de ferro; o controle químico, com a utilização de herbicidas; e o controle biológico, por meio do fogo e do pastejo.

Controle mecânico

Um dos métodos empregados para controlar estas espécies indesejáveis são as roçadas (cortes). Quanto ao caraguatá, é necessário realizar esta intervenção quando a planta mobiliza as reservas de seu rizoma para a parte aérea. Isto é confirmado por Mas et al. (1997), que testaram a interação de quatro datas de corte, números de cor-

tes (um, dois e quatro) e diferentes intervalos (três, seis e nove meses). Independentemente do número e da freqüência dos cortes, em março, houve diminuição da cobertura de 70 para 20% demonstrando que o momento em que o corte ocorre é mais importante do que o número e a freqüência. É necessário esclarecer que o número de cortes, independente da época, só é importante quando em uma freqüência suficiente para esgotar as reservas contidas no rizoma da planta. Portanto, deve ser ressaltado que também é importante considerar o estágio fisiológico das plantas. Estes resultados corroboram com Carámbula et al. (1995) que, estudando o efeito da época de cortes sobre o caraguatá, concluíram que os cortes de outono (março ou abril) são mais eficientes para o controle de plantas adultas, causando, maior redução da área de cobertura, sendo que o efeito depressivo desses cortes únicos decresce à medida que avança o ano. Os realizados no final da primavera são os menos eficientes para controle. Foi registrado que em todos os tratamentos de corte ocorreu aumento na população de plantas, especialmente quando este se realizou em dezembro. Tal comportamento se deve ao efeito positivo do corte em favorecer o surgimento de novas plântulas, ao mesmo tempo em que reduz a capacidade competitiva da pastagem, e de uma ativação das gemas latentes dos rizomas das plantas adultas.

Fontaneli (1986), estudando diferentes manejos do campo nativo (corte e queima realizados em julho e diferimento) avaliados a cada oito semanas, relatou que cortes tendem a diminuir a participação de caraguatá. O corte dos caules impediria a produção de sementes, o que é importante, mas não reduziria o número de plantas e o seu crescimento, a não ser que o corte seja realizado com uma freqüência tal que esgotasse as reservas do rizoma da planta (GONZAGA, 1998). Segundo Puerto (1990), a planta é sensível a ferimentos na coroa. Sendo assim, outra forma de controle mecânico é o arraste de vigas de ferro, mas seria necessário esperar que as plantas florescessem, pois os caules, ao estarem alongados, permitem um efeito de alavanca, que facilitaria o arranquio pelo impacto da barra de ferro sobre as plantas, sendo mais eficiente se o solo estiver úmido. Deve-se observar o momento correto para a realização desta atividade, pois as plantas devem estar florescidas, mas não devem sementar (FORMOSO, 1997).

Uma das formas de controle mais importantes e fáceis de serem realizadas é o controle preventivo, onde a simples utilização de uma carga animal adequada à disponibilidade de forragem reduz a quantidade de solo descoberto, impossibilitando, assim, além do livre desenvolvimento de plantas adultas, que sementes de caraguatá encontrem condições adequadas para germinação. Esta forma de controle deve ser adotada não só em áreas com pequena infestação desta planta, mas também em áreas onde já se realizou algum tipo de controle, impedindo a reinfestação.

Quanto ao controle mecânico da carqueja, Gonzaga (1998) informa que o acúmulo de substâncias de reservas ocorre na base dos caules, quando a planta está vegetando, o que permite novo crescimento na primavera ou no outono. Esta informação é importante para o sucesso do controle, pois é inútil promover cortes enquanto a planta está em um período de dormência (período frio), uma vez que suas reservas, estando nas raízes e na base dos caules, não serão eliminadas no momento do corte, permitindo o rebrote na primavera seguinte. O mesmo ocorre se o corte for realizado antes da brotação do outono. Entretanto, o nível de reservas para promoção de novo crescimento será muito baixo se as plantas forem cortadas imediatamente após a brotação do outono. Nuñez e Puerto (1988) também se referem a esta época como a mais eficiente. As informações anteriores corroboram com o trabalho realizado por Aleman e Gómez (1989), os quais, visando estudar a dinâmica do acúmulo de reservas em carqueja, mio-mio e chirca, realizaram cortes de primavera para avaliar a concentração de tais substâncias nas raízes e na base de caules destas plantas. Nestas três espécies, a concentração de carboidratos de reserva foi maior nas raízes do que nos caules. A maior concentração ocorreu no inverno, momento que a planta estava com seu crescimento paralisado, diminuindo ao longo do ano até o outono, quando chegou aos menores valores, tanto nas raízes quanto nos caules, pois é o momento em que ocorre a frutificação da espécie. A reposição de reservas começou logo após este evento. A carqueja utiliza primeiramente as reservas contidas nos caules para depois utilizar as reservas das raízes. Por este motivo, as plantas cortadas na primavera apresentam rebrotos abundantes, além de apresentarem um alongamento do ciclo.

Ainda segundo Aleman e Gómez (1989), é sugerido que, após um corte de limpeza na primavera, seja realizado um segundo corte no final do verão, momento em que começa a haver armazenagem novamente, principalmente nas raízes, de tal modo que as plantas cheguem à próxima primavera com baixos níveis de reservas de carboidratos. Para estes autores, a eliminação da chirca mediante cortes deve ser feita até o fim do verão, no início do florescimento, pois, fisiologicamente, este é o momento em que os níveis de reservas estão baixos, o que pode favorecer a ação de qualquer método de controle. No entanto, a mobilização diferencial das reservas (caules em primeiro lugar, depois raízes) destaca a resistência da planta em preservar seus mecanismos de rebrote. Por conseguinte, é aconselhável realizar tratamentos de corte e pastejo nas datas indicadas ano após ano, até chegar a uma efetiva redução da área invadida. O desaparecimento drástico só é possível com o uso de herbicidas, porém seu uso em áreas pastoris é muito questionado (FORMOSO, 1997). No entanto, experiências demonstram que também é possível controlar esta espécie pela adoção de um manejo correto e de fertilização da área.

Deve-se levar em consideração que a roçada é um método não-seletivo que não chega a matar as plantas e que pode reduzir a forragem disponível. Em situações em que a massa de forragem é elevada, é sugerido que antes da roçada ocorra um pastejo prévio na área, pois assim evita-se que uma grande quantidade de forragem seja cortada e se deposite sobre a pastagem, provocando, durante sua decomposição, a redução temporária da taxa de mineralização de nitrogênio do solo, particularmente em pastagens dominadas por gramíneas.

Controle químico

Com relação ao controle químico, a aplicação de herbicidas sistêmicos é um método útil e possível de ser empregado no controle de plantas indesejáveis. Porém, a sua eficiência é dependente do produto, da época, da concentração e da forma que são aplicados, assim como da adoção de um tratamento prévio.

Gimenez e Rios (1997), em ensaio avaliando o efeito de diferentes herbicidas, entre eles Tordon 24 K[®], em várias doses aplicadas sobre plantas de caraguatá com diferentes diâmetros, diferentes estágios fenológicos, com e sem tratamento prévio (roçadas e arraste de correntes), chegaram à conclusão de que há grande resistência das plantas ao controle químico. Concluíram também pela necessidade de avaliar a integração com outras práticas como pastejo, gradagem (lavração) e cortes com e sem a aplicação de herbicidas e sendo ainda necessário mais estudos sobre a fisiologia da espécie, absorção e translocação de herbicida, etc. Quanto ao controle químico da carqueja, Gimenez e Rios (1997), utilizando diferentes combinações de doses de 2,4 D éster ou sal, com Tordon 24 K[®], aplicados dia 26 de outubro, concluíram que houve bom efeito do herbicida sobre as plantas, sendo os tratamentos 2,4 D éster ou sal + Tordon 24 K[®] (1,5 + 0,75 L PC/ha) e 2,4 D éster (4 L PC/ha) os mais eficientes.

Em relação à chirca, recomenda-se a aplicação no outono de Tordon D 30[®] (3 a 3,5 L/ha), com volume de aplicação de 150 a 200 L/ha (MARCHESINI, 2004), alertando-se a necessidade de se avaliar os custos da operação.

Para o controle químico do mio-mio, Gimenez e Rios (1997) observaram que a aplicação de Metsulfuron-methyl (20 g PC/ha) sobre plantas com 15 a 20 cm, na primavera, proporcionou um controle de 100% das plantas cem dias após a aplicação, enquanto com a aplicação de Metsulfuron-methyl + Tordon 24 K[®] (10 g + 0,5 L) após cem dias, 80% das plantas não rebrotaram ou apresentaram rebrote incipiente. Berretta (1997) também cita o controle químico como alternativa. No entanto, deve-se considerar seu possível efeito sobre as leguminosas existentes na área.

São escassos os trabalhos sobre o controle do alecrim e um dos poucos relatos diz respeito a uma planta do mesmo gênero, chamada assa-peixe (*Vernonia polyanthes*), muito freqüente no restante do Brasil. Rassini e

Coelho (1994) realizaram um trabalho visando seu controle pelo uso de Glifosato em três formas de aplicação e três doses (na parte aérea, por meio de pulverização foliar, a 4, 3 e 2%; no toco, após a roçada, a 8, 6 e 4%; e no caule, após anelamento, a 20, 15 e 10%), tendo como padrão de comparação 2,4 D + Picloram a 4% no toco, a 10% no anelamento e a 2% em pulverização foliar. Os autores concluíram que Glifosato foi eficiente no controle quando aplicado por pulverização foliar a 2%, 3% e 4%. Não houve controle quando aplicado após roçada ou anelamento do caule. O 2,4 D + Picloram também controlou esta espécie. Para Afonso e Pott (2001), o controle dessa espécie por meio de roçada não é eficiente devido à grande capacidade de rebrote que possui.

Prestes (2002) comparou utilização de Tordon[®], em três doses: quatro, cinco e seis L/ha aplicados no verão, e métodos culturais: roçada (realizada em 18 de janeiro), roçada de primavera (em 06 de setembro), queima (em 27 de janeiro) e arranquio (em 18 de janeiro), visando o controle da carqueja. O autor encontrou maior produção de forragem aplicando 5 L/ha (3297 kg MS/ha) de Tordon[®], em relação à aplicação de 4 L/ha (2428 kg de MS/ha). O aumento da dose para 6 L/ha não afetou a produção de forragem. Contudo, em trabalhos que avaliam a eficiência de diferentes doses deve-se ter atenção, pois estes são rodeados de inúmeros detalhes que influem nos resultados como, por exemplo, as condições ambientais no momento da aplicação dos produtos, a composição botânica da pastagem e a adoção de procedimentos prévios como, por exemplo, roçadas.

Allegrí (1978) verificou que o uso de Tordon[®] na primavera permitiu 100% de controle da chirca, caraguatá, carqueja e mio-mio, não observando efeito posterior sobre as leguminosas nativas, enquanto que o mesmo produto ao ser aplicado no outono não controlou a carqueja e a chirca, mas controlou cerca de 50% das plantas de caraguatá e 58% das plantas de mio-mio. A explicação para as leguminosas não terem sido afetadas pode estar na ocorrência do efeito “guarda-chuva”, ou seja, as leguminosas não foram afetadas pelo produto por este ter sido interceptado pelas espécies de maior porte.

Controle biológico

Fogo

Entre as ações antrópicas que podem modificar a composição botânica e a estrutura de uma pastagem está o fogo. Visando o controle do caraguatá, o fogo no outono pode ser só de utilidade passageira, pelo fato de não afetar a parte subterrânea das plantas e estas se recuperarem facilmente a partir dos rizomas. Muitas vezes é maléfico por eliminar a capacidade competitiva da pastagem, criando áreas livres para o pleno crescimento do caraguatá (CARÁMBULA et al., 1995). No entanto, Gonzaga (1998) afirma que sua utilização poderá ser benéfica em

áreas onde há alta densidade desta planta, pois eliminará as folhas velhas e promoverá rebrotes novos que poderão vir a ser consumidos pelos animais, assim como facilitará outro tipo de trabalho de limpeza.

Heringer (2000), testando diferentes manejos de campo nativo envolvendo roçada, fogo, pastejo e melhoramento de campo nativo, verificou que o caraguatá teve alta frequência (63,9%) no tratamento com queima bienal há mais de 100 anos. A autora comenta que esta espécie é pouco danificada pelo fogo porque somente suas folhas mais externas são queimadas, ficando a roseta central inalterada, demonstrando a ineficiência do método para combater esta espécie. Para a carqueja, foi constatada a frequência de 25% no tratamento roçado e 16,6% no tratamento queima bienal há mais de 100 anos, demonstrando a dificuldade de controle desta espécie devido ao grande número de gemas próximas ao solo. Outras espécies encontradas em maior frequência no tratamento que utilizou o fogo são *Baccharis dracunculifolia* e *Aristida jubata*.

Para Fontaneli (1986) o uso do fogo favorece o caraguatá, devido à abertura da comunidade, e por diminuir a capacidade competitiva das demais espécies. Esse método também favorece o alecrim. Já a carqueja seria controlada por este tipo de intervenção. No entanto, o curto período em que o trabalho foi realizado não permite concluir que este tipo de controle seja realmente efetivo a médio e longo prazo.

Pastejo

Segundo Archer (1996), o pastejo influencia de forma direta e indireta os processos do ecossistema, bem como a dinâmica da vegetação, variando de acordo com a espécie animal em questão, carga animal, tipo de solo, topografia e distância de recursos, como água e sombra. O efeito direto dos herbívoros está associado ao consumo ou pisoteio de plantas e subseqüentes alterações no crescimento, biomassa e estágio fenológico. O papel dos animais como agentes de dispersão de sementes também é importante na regulação da dinâmica da população de plantas. Efeitos indiretos do pastejo incluem alteração do microambiente, mudanças nas propriedades físicas e químicas do solo, hidrologia e erosão, e distribuição e reciclagem de nutrientes. No entanto, também se deve levar em consideração as espécies vegetais envolvidas, pois possuem mecanismos de resistência ao pastejo (BRISKE, 1996) que as tornam mais ou menos suscetíveis à ação do pastejo. Isto está relacionado com a afirmação de Archer (1996), segundo a qual espécies mais adaptadas ao clima e ao solo devem ser as dominantes em uma competição sob condições de leve pressão de pastejo, mas podem ser dominadas ou até mesmo desaparecer quando a pressão de pastejo aumentar.

O pastejo pode ser classificado como controle biológico por utilizar animais e alterar a dinâmica da vegetação. O efeito da carga animal sobre a frequência de espécies

indesejáveis foi demonstrado em trabalho conduzido por Gonçalves e Girardi-Deiro (1986). Quando foi utilizada uma carga animal baixa (0,5 UA/ha) houve um aumento da frequência de chirca. Já o caraguatá e a carqueja permaneceram constantes e *Eryngium echinatum* apresentou forte redução. Utilizando carga intermediária (0,75 UA/ha), ocorreu o aparecimento da chirca e mio-mio, pequeno aumento de carqueja, e não foram observadas alterações para caraguatá e *Eryngium echinatum*. Já em alta carga animal (1 UA/ha), foram observados ausência de chirca e aparecimento de mio-mio, enquanto a carqueja permaneceu constante. A frequência de *Eryngium echinatum* aumentou na alta carga, enquanto que a de caraguatá diminuiu. Algumas gramíneas de bom valor forrageiro (*Paspalum notatum*, *Paspalum dilatatum*, *Axonopus affinis* e *Coeleborhachis selloana*) diminuíram suas frequências com carga baixa, mantiveram com carga média e aumentaram em carga alta; porém, nesta última situação, o consumo é limitado. Concluem os autores que as cargas baixas permitem a rápida transformação dos campos dominados por espécies de baixo valor forrageiro e plantas indesejáveis, exigindo assim a realização de limpezas frequentes para manter a produtividade da área.

Zanoniani e Ducamp (2002) citam a importância do pastejo misto com altas cargas instantâneas (carga animal de 1,0 UA/ha e relação ovino/bovino próxima a três) em situações de baixa frequência de caraguatá, já que evita o aumento do número de plantas (mas não o aumento da área ocupada). Porém, quando o caraguatá se encontra em alta frequência inicial, o pastejo misto mostrou não ser uma prática que afete de forma significativa a dinâmica populacional e o tamanho das plantas, sendo necessário recorrer a outras estratégias para atingir o controle da espécie. No entanto, é possível que o não-consumo pelos animais estivesse relacionado à idade das plantas. Para Carámbula et al. (1995), o pastejo é uma prática eficiente para controlar o caraguatá, apesar de ter baixa aceitabilidade dos animais, principalmente ovinos, os quais somente comem as folhas novas e tenras em épocas de carência de forragem ou em lotações muito altas. Observações de campo com bovinos adultos e novilhos atestam o consumo de caraguatá no outono. A hipótese para explicar este fato é que, no outono, de acordo com Berreta (1998), a concentração de K e P em *Eryngium nudicaule* é aproximadamente o dobro daquela ao longo do ano, e muito provavelmente *Eryngium horridum* teria comportamento semelhante. Estas plantas seriam, então, consumidas pelos animais para suprir a deficiência desses elementos. Esta hipótese ainda necessita de confirmação, sendo necessária a realização de trabalhos que verifiquem a dinâmica da composição de *E. horridum* e o estado nutricional dos animais ao longo do ano, assim como estudos de comportamento dos animais em pastejo. Sendo assim, muitas vezes é possível utilizar o pastejo como um método complementar, colocando em prática a combinação de métodos, como citado an-

teriormente. Gonzaga (1998) cita o pastejo como uma alternativa eficaz de controle de carqueja, principalmente por meio de ovinos.

Existem relatos na literatura (FORMOSO, 1997) que afirmam que com o pastejo controlado com altas lotações de bovinos e ovinos é possível controlar um “chircal”. Segundo o mesmo autor, isto ocorre por reduzir a possibilidade de recuperação da chirca e por favorecer o crescimento da pastagem. Para Marchesini (2004) e Rosengurt (1979), esta tarefa é melhor desempenhada por ovinos, devido ao seu hábito de pastejo.

Quanto ao pastejo de alecrim, segundo Tokarnia et al. (2000), ovinos ingerem voluntariamente a planta e, em campos pastejados por ovelhas, a planta tende a desaparecer. No entanto, esta informação é contestada por Mollo (1996), onde os animais recusaram-se a ingeri-la, mesmo quando misturadas ao feno. Este último autor também afirma que, em condições normais, ovinos dificilmente a ingerem em curto espaço de tempo e em quantidade suficiente para que se verifique intoxicação, sendo para isto necessário mais de 20 g/kg de peso vivo.

Combinação de métodos

Gonzaga et al. (1998) demonstraram que, em área não-roçada, o uso de Glifosato e Sulfosato, nas doses 3,0 e 4,0 L/ha, avaliado 61 dias após aplicação, não apresentou efeito sobre o caraguatá, mas foi eficiente no controle de chirca (85%), mio-mio (77%) e carqueja (95%), porém causando injúria ao campo nativo. Paraquat (3 e 4 L/ha), Paraquat+Diuron (4 L/ha), 2,4 D éster (1,5 e 2 L/ha), Dicamba (0,6 e 0,8 L/ha) e 2,4 D+Picloram (4 L/ha) não controlaram chirca, caraguatá e mio-mio, mas controlaram carqueja (80%) sem danificar as gramíneas. O 2,4 D+Picloram (6 L/ha) apresentou controle mediano sobre a chirca e a carqueja (65%), mas sem controle sobre o mio-mio e o caraguatá e “sem efeito negativo sobre o campo nativo” (sic). Metsulfuron-methyl (0,006 e 0,012 kg/ha) não afetou as espécies indesejáveis, tampouco o campo. Aproximadamente 88% do mio-mio e 93% da carqueja foram controlados com a mistura de tanque de Glifosato e Sulfosato (1,5 e 2,0 L/ha), associados com Metsulfuron-methyl (0,006 e 0,010 kg/ha), mas as espécies campestres também foram prejudicadas. Com relação aos tratamentos com manejo mecânico prévio, imposto para debilitar as plantas indesejáveis (roçada 65 dias antes da aplicação), e avaliado 28 dias após aplicação de Glifosato e Sulfosato nas doses 3,0 e 4,0 L/ha, relatou-se adequado controle de chirca (99%), mio-mio (100%), carqueja (100%) e caraguatá (73%), mas com danos ao campo. Paraquat (3 e 4 L/ha), Paraquat+Diuron (4 L/ha) e Picloram (4 e 6 L/ha) controlaram 93% das plantas de chirca, 95% de mio-mio, 82% de carqueja e 75% de caraguatá, com pequeno dano sobre a pastagem natural. Já 2,4 D éster (1,5 e 2 L/ha), Dicamba (0,6 e 0,8 L/ha) e Metsulfuron-methyl (0,006 e 0,012 kg/ha) não causaram injúria ao campo nativo, mas também

não controlaram as espécies indesejáveis. Neste trabalho, os autores concluíram que a combinação de métodos de controle (roçada e herbicida) foi mais eficiente no controle das plantas indesejáveis do que o controle químico isolado, ficando evidente a necessidade de, em determinados casos, se utilizar a combinação de métodos para garantir o controle efetivo das plantas. No entanto, os resultados deste trabalho foram obtidos em uma curta escala temporal, sendo importante que ocorram avaliações em uma escala maior de tempo para a obtenção de conclusões mais precisas.

Esta maior eficiência do controle pela combinação de métodos também foi observada por Carámbula et al. (1995), que verificaram uma redução de 98% da área ocupada por caraguatá e redução do número de plantas da ordem de 84% quando se efetuou cortes em abril, seguidos de aplicação de Tordon 101M® (2,5 L/ha) em outubro, durante dois anos consecutivos. Segundo o autor, o efeito seria de 45 e 62% para área ocupada e número de plantas, respectivamente, se estes fossem aplicados em anos alternados.

Nesses trabalhos fica visível a existência de duas alternativas quanto à adoção do controle químico: uma é o emprego de herbicidas seletivos (Tordon® e Metsulfuron-methyl) e a outra é a utilização de herbicidas não-seletivos (Glifosato e Sulfosato); porém, esses últimos, apesar de serem capazes de realizar o controle das espécies indesejáveis, causam danos às espécies do campo nativo maiores que os benefícios proporcionados.

Outro trabalho na linha de combinação de métodos foi apresentado por Fontoura Júnior (2003). Foram avaliados os seguintes métodos: roçada de primavera, roçada de primavera + controle químico e roçada de primavera + roçada de outono; todos em média e baixa intensidade de pastejo (ofertas de 8 e 14 kg de matéria seca/100 kg de peso vivo/dia). O autor concluiu que a carqueja foi controlada por qualquer um dos métodos utilizados, independente da intensidade de pastejo. O alecrim teve sua frequência reduzida no tratamento roçada de primavera + controle químico (Tordon® 4 L/ha) e o caraguatá teve sua frequência aumentada nos tratamentos de média intensidade de pastejo. Quanto ao desempenho animal, a menor perda de peso vivo por área durante o inverno ocorreu nos tratamentos de roçada de primavera e roçada de primavera + controle químico.

A afirmação de Aleman e Gomez (1989) sobre a melhor época para se realizar o controle da chirca pôde ser confirmada por Gonzaga (1998), onde as alternativas estudadas para o controle da chirca incluíam: épocas de roçada (primavera e outono), frequência (1 ou 2 anos consecutivos), queima e utilização de pastejo por ovinos (2,0 UA/ha) no período de primavera, após a roçada. Concluiu-se que a roçada de outono foi o tratamento que causou maior redução na chirca, enquanto que a roçada de outono + primavera produziu reduções de altura e diâmetro das plantas, sem reduzir o número de plantas vi-

vas. Os resultados obtidos foram semelhantes, no entanto a roçada de outono apresentou menor custo econômico. Roçadas de primavera não diminuíram o número de plantas pelo fato de, nesta época, a planta estar em crescimento intenso.

Obviamente que melhoria do manejo da pastagem após a utilização da combinação dos métodos deve fazer parte das estratégias adotadas, já que é provável o retorno das espécies indesejáveis se o manejo inadequado empregado anteriormente for retomado.

Função ecológica

Como afirmado anteriormente, as plantas indesejáveis, além de reduzirem a superfície útil de um potreiro, também diminuem a produção de forragem pela competição. No entanto, existem situações em que também há o impedimento físico ao acesso à forragem. No caso do caraguatá, suas folhas espinhosas são um empecilho para os animais. Isto é demonstrado por Zanoniani e Ducamp (2002), que quantificaram a forragem existente sob o caraguatá. No final do inverno, a forragem disponível sob essas plantas representou 5, 76 e 29% da forragem, em solos superficiais, médios e profundos, respectivamente. Isto significa que, em solos médios e profundos, a baixa produção hibernar de forragem, à qual se associa um baixo desempenho animal, poderia ser atenuada se os animais tivessem acesso a esta forragem “protegida”. A redução da área de pastejo não afeta somente a quantidade de forragem, mas também influencia diretamente a qualidade da mesma, pois em zonas “protegidas”, espécies desejáveis encontram nichos favoráveis para seu desenvolvimento e reprodução, já que não podem ser acessadas pelos animais. Este efeito de proteção também é citado por Barreto e Boldrini (1990), que afirmam ser comum a ocorrência de *Adesmia* sp. vegetando entre touceiras de caraguatá na região do Vale do Alto Uruguai (RS). Isto demonstra, sob um ponto de vista ecológico, que a presença desta espécie permite a manutenção de espécies forrageiras de elevado valor, as quais seriam eliminadas pelo superpastejo. No entanto, em uma perspectiva agrônômica, não só existe uma redução na área de pastejo, mas a forragem existente sob as plantas indesejáveis é quantitativamente importante e deixa de ser potencialmente transformada em produto animal. Esta situação determina a necessidade de caracterizar quais espécies estão sob estas plantas, e, sobretudo, a frequência de ocorrência das indesejáveis, antes de decidir por qualquer medida de controle. A capacidade de resposta da pastagem pode estar subestimada em algumas pastagens previamente diagnosticadas como degradadas, além do risco de incrementarmos a erosão genética de algumas espécies que só sobrevivem ao superpastejo pelo fato de estarem protegidas pela espécie indesejável, o que faz com que a aplicação de herbicidas não deva ser de uso indiscriminado (ZANONIANI e DUCAMP, 2002).

No entanto, destaca-se que nem sempre esta função ecológica é compatível com a produção animal, podendo ser mais adequado aplicar algum método de controle de espécies indesejáveis e, posteriormente, beneficiar as espécies de interesse, quer seja por diferimento, fertilização ou simplesmente pelo ajuste correto da carga animal. Sendo assim, são necessários estudos que definam a partir de quais níveis de frequência as espécies indesejáveis representam um problema para a produção animal, e até que ponto isto é compensado por eventuais efeitos benéficos. Além disso, outros aspectos ainda desconhecidos, como a capacidade de reciclagem de nutrientes dessas espécies, também necessitam ser elucidados. Em resumo, a questão fundamental que se coloca é a quantificação das assim chamadas “funções ecológicas” destas plantas, além de se saber o quanto estas funções podem ser substituídas por práticas agrônômicas, no caso de sua eliminação do ecossistema.

Conclusões

É indiscutível a necessidade de estudos básicos, onde se possa conhecer melhor a morfologia e a fisiologia, em particular a fenologia, das espécies em questão, con-

siderando o momento de maior mobilização das reservas, assim como a localização dos meristemas, visando um controle efetivo. O momento indicado para se realizar o controle das espécies nativas indesejáveis que armazenam seus carboidratos de reserva nas estruturas subterrâneas ou nas partes aéreas basilares ainda é uma incógnita, embora trabalhos indiquem como melhor momento a época do florescimento, quando a máxima quantidade destes compostos estaria alocada na porção superior da planta. Ainda assim, a grande diversidade de estruturas de reserva e de propagação dessas plantas indica que não se pode ter uma recomendação definitiva, tendo em vista a ausência de estudos conclusivos neste sentido. Ainda que não haja uma recomendação definitiva, este levantamento bibliográfico permite, se não uma recomendação, a proposta de um cenário de qual seria a expectativa para o efeito dos diferentes métodos de controle em relação às principais plantas nativas indesejáveis do campo nativo (Tabela 1). Ela conclui que a combinação entre os métodos seria a forma mais garantida para se obter maior eficiência no controle das espécies indesejáveis em questão, devendo-se dar preferência àquelas menos agressivas ao meio ambiente.

Tabela 1 - Efeito dos principais métodos de controle de plantas nativas indesejáveis do campo nativo do Rio Grande do Sul.

Espécie	Métodos de controle				
	Roçada	Químico	Fogo	Pastejo	Combinação de métodos
Caraguatá	E	E	I	Baixa e média carga: I Alta carga: E	E
Carqueja	E	E	E	Baixa, média e alta carga: I	E
Chirca	E	E	-	Baixa e média carga: I Alta carga: E	E
Mio-mio	-	E	-	Média e alta carga: I	-
Alecrim	-	-	I	E (ovinos)	E

I: Ineficiente E: Eficiente - Sem registro

Referências

- AFONSO, E. ; POTT, A. **Plantas no Pantanal Tóxicas para Bovinos**. Brasília: EMBRAPA; Campo Grande: EMBRAPA Gado de Corte, 2001. 37 p.
- ALEMÁN, A. ; GOMEZ, A. **Control de Malezas de Campo Sucio y Carbohidratos de Reserva de Tres Especies Arbustivas**. Montevideo: Universidad de la Republica, Facultad de Agronomía, 1989. 32 p.
- ALLEGRI, M. Mejoramiento de Pasturas Naturales. Control de Malezas. In: REUNION DEL GRUPO TECNICO REGIONAL DEL CONO SUR EN MEJORAMIENTO Y UTILIZACION DE LOS RECURSOS FORRAJEROS DEL AREA TROPICAL Y SUBTROPICAL, 1., 1978, Mercedes. **Anais...** Montevideo: INTA, 1978. p.120-132.
- ARCHER, S. Assessing and Interpreting Grass-Woody Plant Dynamics. In: HODGSON, J. ; ILLIUS, A.W. (Eds.). **The Ecology and Management of Grazing Systems**. Willingford: CAB International, 1996. p.3 25-357.
- BARRETO, I. L.; BOLDRINI, I. Aspectos Físicos, Vegetação e Problemáticas das Regiões do Litoral, Depressão Central e Planalto. In: PUIGNAU, J.P. (Ed.). **Introducción, Conservación y Evaluación de Germoplasma Forrajero en el Cono Sur**. Montevideo: Taller de Trabajo de la Red de Forrajeras del Cono Sur, 1990. p. 204.
- BARROS, C. S. L. Intoxicação por *Baccharis coridifolia*. In: RIET-CORREA, F. et al. **Intoxicações por Plantas e Micotoxícoses em Animais Domésticos**. Pelotas: Hemisfério Sul do Brasil, 1993. Cap. 6, p.159-169.
- BERRETTA, E. J. **Contenido de Minerales en Pasturas Naturales de Basalto**. Montevideo: INIA, 1998. p.99 - 109. Boletim Técnico, 102.
- _____. **Malezas de Campo Sucio**. Montevideo: INIA, 1997. p.140 - 142. Boletim Técnico, 13.
- BOLDRINI, I. I. Campos do Rio Grande do Sul: Caracterização Fisiológica e Problemática Ocupacional. **Boletim do Instituto de Biociências**, Porto Alegre, n. 56, p. 1-39, 1997.
- BRISKE, D. D. Strategies of Plant Survival in Grazed Systems: A Functional Interpretation. In: HODGSON, J. ; ILLIUS, A. **The Ecology and Management of Grazing Systems**. Willingford: CAB International, 1996. p. 37-68.
- CARÁMBULA, M. et al. **Control de Cardilla**. Montevideo: INIA, 1995. 9 p. Boletim Técnico, 57.

- FONTANELI, R. S. **Melhoramento de Pastagem Natural**: Introdução, Ceifa, Queima, Diferimento e Adubação. Porto Alegre: UFRGS, 1986. 189 f. Dissertação (Mestrado) – PPG Zootecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- FONTOURA JR, J. A. S. **Controle de Plantas Indesejáveis em Pastagem Nativa da Serra do Sudeste do RS, sob a Influência da Intensidade de Pastejo Associada a Métodos Químicos e Físicos**. Porto Alegre: UFRGS, 2003. 77 f. Dissertação (Mestrado) – PPG Zootecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- FORMOSO, D. **Consideraciones sobre dos Malezas Importantes en los Campos**: Chilca (*Eupatorium buniifolium*) y Cardilla (*Eryngium horridum*). Montevideo: INIA, 1997. p.143-145. Boletim Técnico, 13.
- GIMENEZ, A.; RIOS, A. **Control de Malezas en Campo Natural**. Montevideo: INIA, 1997. p.129-134. Boletim Técnico, 13.
- GONÇALVES, J. O. N.; GIRARDI-DEIRO, A. M. Efeito de três Cargas Animais sobre a Vegetação de Pastagem Natural. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v. 21, n. 5, p. 547-554, 1986.
- GONZAGA, S.S. Controle de Plantas Invasoras (melhoramento do campo nativo visando o aumento na capacidade de suporte da pastagem natural, através de práticas de manejo). In: EMBRAPA. **Produção de Carne de Qualidade para o Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná**. Bagé: CPPSUL, 1998. p.78-94.
- GONZAGA, S. S. et al. Utilização de Herbicidas no Controle de Plantas Indesejáveis em Pastagem Natural. In: REUNIÃO DO GRUPO TÉCNICO EM FORRAGEIRAS DO CONE SUL – ZONA CAMPOS, 17., 1998, Lages. **Anais...** Lages: EPAGRI/UEDESC, 1998. 156 p.
- HERINGER, I. **Efeitos do Fogo por Longo Período e de Alternativas de Manejo sobre o Solo e a Vegetação de uma Pastagem Natural**. Porto Alegre: UFRGS, 2000. 208 f. Tese (Doutorado) – PPG Zootecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- IBAMA. **Ecossistemas**. Disponível em: <<http://www.ibama.gov.br>>. Acesso em: 10 de ago. 2004.
- JARVIS, B. B. et al. Trichotocene mycotoxins from Brazilian *Baccharis* species. **Phytochemistry**, Nova Iorque, v. 30, n.3, p.789-797, 1991.
- KISSMANN, K. G.; GROTH, D. **Plantas Infestantes e Nocivas**. 2. ed. São Paulo: BASF, 1999. 977 p.
- MARCHESINI, E. Control de Chilcas. **Informativo Eletrônico**, v. 3, n.99, 29 dez. 2003. Disponível em: <<http://www.inta.gov.ar/concepcion/info/boletines>>. Acesso em: 07 jul. 2004.
- MAS, C. et al. **Efectos de Distintos Momentos y Frecuencias de Corte en el Control de Cardilla (*Eryngium horridum*)**. Montevideo: INIA, 1997. p.135-139. 1997. Boletim Técnico, 13.
- MONTEFIORI, M.; VOLA, E. Efecto de Competencia de las Malezas *Eryngium horridum* (cardilla) y *Baccharis coridifolia* (mio mio) sobre la Producción del Campo Natural en Suelos de la Unidad “La Carolina”. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE CAMPO NATURAL, 2., 1990, Tacuarembó. **Anais...**Tacuarembó: Hemisferio Sur, 1990. p.125-132.
- MIOLO, J. R. Intoxicação Experimental com *Vernonia nudiflora* em Ovinos (*Ovis aries*). **Revista da Faculdade de Zootecnia, Veterinária e Agronomia**, Uruguaiana, v.2/3, n.1, p. 33-35, 1995/1996.
- NUÑEZ, H.; PUERTO, O. Biología de *Baccharis trimera*. In: REUNIÃO DEL GRUPO TÉCNICO REGIONAL DEL CONO SUR EN MEJORAMIENTO Y UTILIZACIÓN DE LOS RECURSOS FORRAJEROS DEL AREA TROPICAL Y SUBTROPICAL, 9., 1988, Tacuarembó. **Anais...** Tacuarembó: Grupos Campos y Chaco, 1988. 160p. p. 99-102.
- PRESTES, N. E. Rendimento de Pastagem Natural Submetida a Métodos de Controle da Carqueja (*Baccharis trimera* (Less.) DC.). Forragem Disponível. In: REUNIÃO DO GRUPO TÉCNICO EM FORRAGEIRAS DO CONE SUL – ZONA CAMPOS, 20., 2002, Mercedes. **Anais...** Mercedes: INTA, 2002. p. 248.
- PUERTO, O. del. Las Malezas de los Campos II. La Cardilla (*Eryngium horridum*). **Revista Lananoticias SUL**, Montevideo, v.1, p.12-13, 1990.
- RASSINI, J. B.; COELHO, R. R. Controle Químico de Assa-peixe (*Vernonia polyanthes*) em Pastagens. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 23, n. 6, p. 871- 877, 1994.
- ROSENGURT, B. **Tablas de Comportamiento de las Especies de Plantas en Campos Naturales en el Uruguay**. Montevideo: Facultad de Agronomia, 1979. 8 6p.
- SIMÕES, C.M.O. et al. **Plantas da Medicina Popular no Rio Grande do Sul**. 5. ed. Porto Alegre: UFRGS, 1998. 173 p.
- TOKARNIA, C.H. et al. **Plantas Tóxicas do Brasil**. Rio de Janeiro: Helianthus, 2000. 320 p.
- ZANONIANI, R.; DUCAMP, F. Evaluación Preliminar de *Eryngium horridum* en un sistema Pastoril Ganadero. In: REUNIÃO DO GRUPO TÉCNICO EM FORRAGEIRAS DO CONE SUL, ZONA CAMPOS, 20., 2002, Mercedes. **Anais...** Mercedes: INTA, 2002. p. 248.



COMUNICADO TÉCNICO

Avaliação do desempenho reprodutivo de novilhas de corte acasaladas aos 14, 18 e 26 meses de idade

Carlos Santos Gottschall¹, Eduardo Tonet Ferreira²,
Leonardo Canellas³, Hélio Radke Bittencourt⁴

Resumo - O trabalho teve por objetivo avaliar o desempenho reprodutivo de novilhas de corte acasaladas aos 14, 18 e 26 meses de idade. Foram coletados, durante os anos de 2003, 2004 e 2005, dados de 270 novilhas de corte de raças britânicas Aberdeen Angus, Devon e cruzas Angus x Devon x Nelore, acasaladas aos 14 (A14, n = 70), 18 (A18, n = 36) e 26 meses de idade (A26, n = 164). As características analisadas para os diferentes grupos foram peso ao início do acasalamento (PIA), ganho médio diário do nascimento ao acasalamento (GMD N-A) e taxa de prenhez (TP). A taxa de prenhez foi testada pelo Qui-quadrado, enquanto o peso ao início do acasalamento e o ganho médio diário entre os grupos foram avaliados pela análise de variância, teste-t. O PIA foi de 312,0 kg para o grupo A14, 333,0 kg para o grupo A18 e 297,4 kg para o grupo A26, sendo que A18 diferiu de A14 e A26 ($P < 0,01$). O GMD N-A foi de 0,658 kg/dia, 0,507 kg/dia e 0,353 kg/dia para os grupos A14, A18 e A26, respectivamente, apresentando diferença estatística significativa entre os grupos ($P < 0,01$). A taxa de prenhez (TP) foi de 84,3 % para o grupo de novilhas do A14, 94,4% para as novilhas do A18 e 90,9% para o grupo de animais A26 ($P > 0,05$). Com estes resultados pode-se concluir que as diferentes idades ao acasalamento em que as novilhas foram submetidas não interferiram na taxa de prenhez.

Palavras-chave: novilhas de corte, peso ao acasalamento, puberdade, taxa de prenhez.

Evaluation of reproductive performance of beef heifers mated at 14, 18 and 26 months of age

Abstract - The objective of this study was to evaluate the reproductive performance of heifers mated at 14, 18 and 26 months of age. The study was based on data collected from 2003 to 2005 from 270 heifers (Aberdeen Angus, Devon and cross-breeds) and mated at 14 (A14, n = 70), 18 (A18, n = 36) and 26 months old (A26, n = 164). The attributes analyzed among the different groups were age at mating (AM), average weight gain from birth to mating (AWG-BM), weight at mating (WM) and pregnancy rate (PR). The PR was tested using Qui-square test and the average weight gains and weight at mating were tested using the test t of Student. The WM was 312.0 kg for the A14 group, 333.0 kg for the A18 and 297.4 kg for the A26 group, where the A18 was different than A14 and A26 ($P < 0.01$). The AWG-BM was 0.658 kg, 0.507 kg and 0.353 kg for the A14, A18 and A26 groups, respectively, showing significance differences ($P < 0.01$). The PR was 84.3% for the A14 group, 94.4% for the A18 and 90.9% for the A26 animals group ($P > 0.05$). Thus, it is possible to conclude that the different ages at mating did not influence on the pregnancy rate.

Key words: beef heifers, pregnancy rate, puberty, weight at mating.

¹ Médico Veterinário, MSc, Professor Adjunto da Faculdade de Medicina Veterinária da ULBRA – Canoas/RS. Av. Farroupilha, 8001. CEP: 90470-120. E-mail: carlosgott@covo.net. Fone/fax: 477-9284.

² Acadêmico do curso de Medicina Veterinária da ULBRA – Canoas/RS, e aluno de Iniciação Científica (PROICT-ULBRA).

³ Acadêmico do curso de Medicina Veterinária da ULBRA – Canoas/RS, e aluno de Iniciação Científica (FAPERGS).

⁴ Professor Adjunto do Departamento de Estatística da PUCRS.

Recebido para publicação em 02/05/2006



Introdução

O objetivo principal de um sistema de recria de reposição é desenvolver novilhas que tenham alcançado a puberdade e ciclem regularmente antes do início da primeira estação de acasalamento. As falhas no manejo e no planejamento da alimentação podem levar a um aumento da idade à puberdade, baixa taxa de prenhez e baixos índices de reconcepção quando primíparas, contribuindo para a baixa eficiência produtiva e reprodutiva do rebanho bovino (SEMMELMANN et al., 2001).

Segundo Patterson et al. (2002), a idade tardia com que as novilhas chegam ao primeiro acasalamento é reflexo, inicialmente, do baixo ganho médio diário do nascimento ao acasalamento e do crescimento insuficiente durante a fase de recria. Uma solução capaz de melhorar a eficiência produtiva e reprodutiva do rebanho bovino, afirmam Gottschall et al. (2005), é pela redução do número de animais em recria e do tempo de duração desta fase, ou seja, intensificar a produção com a diminuição da idade ao primeiro parto. Entretanto, para que as novilhas entrem em puberdade mais cedo, é necessário um ótimo manejo nutricional e estabelecimento de metas de ganho de peso a serem atingidas, desde o nascimento até o acasalamento (HOLMES, 1989).

É preciso ficar claro que existem vantagens e desvantagens ao acasalar novilhas mais precoces. Como vantagens pode-se citar o retorno mais rápido dos investimentos na recria, o aumento da vida produtiva da vaca e a menor relação entre reposição e reprodução, onde diminui a quantidade de fêmeas em recria (SHORT et al., 1994), maior produção de kg por área (BERETTA et al., 2001) e maior taxa de desfrute (POTTER et al., 1998). Em contrapartida, as desvantagens seriam os aumentos dos custos para que a novilha possa entrar em reprodução mais jovem, o aumento de partos distócicos, o baixo peso ao desmame na primeira cria e a menor taxa de retorno ao cio em relação às vacas mais velhas (SHORT et al., 1994).

Portanto, estabelecer a idade em que a novilha será acasalada é uma importante estratégia de manejo que deve ser planejada pela propriedade de acordo com a sua realidade de sistema de produção, levando em consideração o grau de utilização da terra, máquinas, mão-de-obra, insumos, entre outros (BARCELLOS et al., 2003b). De uma maneira geral, o sucesso na redução da idade ao primeiro serviço da novilha depende de uma série de estratégias de manejo integradas, tendo relação com peso a desmama dos animais, manejo nutricional pós-desmama, idade à puberdade, tipo animal, genética inerente para ganho de peso e precocidade sexual (MONTANHOLI et al., 2004).

O objetivo do presente trabalho foi avaliar a resposta reprodutiva de novilhas de corte submetidas a diferentes idades ao início do acasalamento.

Materiais e métodos

O trabalho foi realizado a partir de informações obtidas de uma propriedade particular situada no município de Cristal, no estado do Rio Grande do Sul. Foram analisados dados de 270 novilhas de corte acasaladas aos 14 (A14), aos 18 (A18) e aos 26 meses de idade (A26), entre 19 de novembro de 2004 e 20 de janeiro de 2005. Deste total, 70 animais formavam o grupo A14, 36 novilhas formaram o grupo A18 e 164 animais formaram o grupo A26.

Cada grupo foi submetido ao manejo nutricional padrão da propriedade, com o objetivo de atingirem cerca de 300 kg por ocasião da primeira estação de acasalamento. No dia 22/03/2004, os animais do grupo A14, nascidos na primavera de 2003, foram desmamados com um peso médio de 194,0 kg. Após o desmame, esse grupo foi suplementado, em campo nativo, até junho de 2004, com um suplemento à base de resíduos de pré-limpeza do arroz, concentrado protéico, quirela e farelo de arroz na quantidade de 1,2% do PV, com 16% de PB e 74% de NDT. Após o período de suplementação, em junho de 2004, as terneiras do A14 foram alocadas em pastagem cultivada de azevém (*Lolium multiflorum*), sob pastejo contínuo, com carga animal média de 570 a 700 kg de peso vivo/ha, até o início da estação de acasalamento. Os animais pertencentes ao grupo A18, nascidos no outono de 2003, foram desmamados em 17/09/2003, com um peso médio de 145,7 kg, e alocados em pastagem de azevém (sem suplementação) até novembro. Após, foram movidos para o campo nativo, onde permaneceram até junho de 2004, sendo então submetidos ao mesmo manejo do grupo A14 até o acasalamento (suplementação com concentrado na base de 1,2% do PV). As novilhas do grupo A26, nascidas na primavera de 2002, foram desmamadas em 05/05/2003, com um peso médio de 137,3 kg. A partir do desmame, esse grupo foi manejado exclusivamente em campo nativo. O grupo destinado ao acasalamento aos 26 meses consistiu na parcela representada por animais com menor peso do lote desmamado. No manejo desta propriedade, os animais maiores e mais pesados são acasalados com 14 meses, auxiliando a explicar parcialmente a diferença entre os pesos ao desmame.

Todos animais tiveram acesso à mistura mineral com 65 g de fósforo por kg da mistura e foram submetidos ao controle sanitário usual da propriedade.

A temporada de acasalamento teve duração de 62 dias, iniciando no dia 19 de novembro de 2004 e terminando no dia 20 de janeiro de 2005. Os animais eram das raças Aberdeen Angus e Devon e suas respectivas cruzas com diferentes proporções de sangue zebuino, distribuídos aleatoriamente entre os grupos. O manejo durante a estação reprodutiva consistiu na inseminação por sete dias, seguida pela administração de prostaglandina em todos

os animais não-inseminados até este dia e inseminação por mais cinco dias. Após os 12 dias de inseminação, os animais foram submetidos ao repasse com touros na proporção de 1:30 vacas. Foram utilizados touros de raça Aberdeen Angus entre 3 e 4 anos de idade, previamente aprovados no exame andrológico.

Os animais foram pesados por ocasião do desmame e ao início do acasalamento. Para estimativa do ganho médio diário do nascimento ao acasalamento, foi atribuído um peso médio ao nascer de 30 kg para todos os animais.

O diagnóstico de prenhez, por meio de palpação retal, foi realizado em março de 2005, após 60 dias do término da estação de acasalamento. As variáveis analisadas foram idade (I) e peso ao início do acasalamento (PIA), ganho médio diário do nascimento ao acasalamento (GMD-NA) e taxa de prenhez final dos grupos A14, A18 e A26 (TP).

A análise estatística foi feita pelo Modelo Linear Generalizado (GLM) através do software SPSS, sendo a taxa de prenhez testada pelo Qui-quadrado. As demais variáveis foram avaliadas por meio da análise de variância (ANOVA) e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey. Com o objetivo de controlar as diferenças entre o peso a desmama dos três grupos, o peso a desmama foi utilizado como co-variável em um modelo linear para ajustar o peso ao início do acasalamento. Também foi realizada uma análise de regressão logística avaliando os efeitos do peso a desmama, a idade e o peso ao início do acasalamento sobre a prenhez.

Resultados e discussão

A Tabela 1 apresenta o desempenho reprodutivo de novilhas de corte (TP) acasaladas com diferentes idades ao início do acasalamento (A14, A18 e A26), idade em dias (I) e peso ao início do acasalamento (PIA) e ganho de peso médio diário do nascimento ao acasalamento (GMD-NA).

A resposta reprodutiva de novilhas de corte, expressa pela TP, não apresentou diferença estatística significativa entre os grupos A14, A18 e A26 ($P > 0,01$). Estes resultados são semelhantes aos demonstrados por Holmes

(1989), que verificou uma porcentagem de prenhez em novilhas britânicas de raça Hereford, com 14 meses de idade e peso de 300 kg, de 90%. Silva et al. (2005) reportam menores TP para novilhas de corte acasaladas aos 18 e 24 meses, sendo a TP de 52,2% e 86,7% para um PIA de 286,7 kg e 350,6 kg, respectivamente. Gottschall et al. (2005), trabalhando com novilhas acasaladas aos 14 e 24 meses de idade, obtiveram taxas de prenhez similares às do presente experimento, sendo a TP de 86,1% e 88% e PIA de 311,19 kg e 297,37 kg, respectivamente.

O PIA do grupo A18 (333,00 kg) foi superior ao atingido pelos grupos A14 (311,96 kg) e A26 (301,46 kg) ($P < 0,01$). De acordo com Clanton et al. (1983), o peso atingido pela novilha ao início do acasalamento é um dos fatores mais importantes para alcançar índices reprodutivos satisfatórios. Diversos trabalhos mostram que a taxa de prenhez aumenta à medida que se atingem maiores pesos ao início da estação reprodutiva (PATTERSON et al., 1992; AZAMBUJA, 2003; FREITAS et al., 2003; GOTTSCHALL et al., 2005), evidenciando assim, uma correlação positiva entre peso ao acasalamento e resposta reprodutiva. De modo geral, a novilha está apta para ser acasalada ao alcançar 60-65% do peso vivo de vaca adulta (ROVIRA, 1996; BARCELLOS et al., 2002). Assim, para raças britânicas com peso médio em torno de 470 kg, como no presente experimento, as novilhas deveriam estar pesando entre 280-305 kg por ocasião do acasalamento.

A evidência de que a ocorrência de um peso vivo mínimo, associado à idade cronológica em novilhas de corte, seria o principal mecanismo desencadeador da expressão da atividade reprodutiva é de consenso de vários autores (PATTERSON et al., 1992; ROVIRA, 1996; GOTTSCHALL et al., 2005). Entretanto, conforme Rovira (1996), parece existir uma relação linear entre peso e fertilidade de novilhas de corte até os 300 kg de peso vivo (para novilhas com base racial britânica), sendo que acima deste peso a fertilidade e a velocidade de concepção não apresentam incremento significativo. Tal fato foi observado no presente trabalho, onde o maior peso alcançado por parte das novilhas acasaladas aos 18 meses de idade (A18, 333,00 kg) não refletiu um melhor desempenho reprodutivo em relação aos demais

Tabela 1 - Idade ao acasalamento (I), peso ao início do acasalamento (PIA), ganho de peso médio diário do nascimento ao acasalamento (GMD-NA) e taxa de prenhez (TP) de novilhas de corte acasaladas com diferentes idades.

Table 1 - Age at mating (AM), weight at mating (WM), average weight gain from birth to mating (AWG-BM) and pregnancy rate (PR) in beef heifers mated at different ages.

	n AM (days)	I (dias) WM (kg)	PIA (kg) AWG-BM (kg/day)	GMD - NA (kg/dia) PR (%)	TP (%)
A14	70	429 ± 17,918	312,0 ± 31,648 a	0,658 ± 0,073 a	84,3
A18	36	598 ± 15,696	333,0 ± 32,493 b	0,507 ± 0,058 b	94,4
A26	164	772 ± 57,486	301,5 ± 27,878 a	0,353 ± 0,040 c	90,9

a, b, c. Médias seguidas de letras diferentes, na mesma coluna diferem significativamente entre si ($P < 0,01$), pelo teste de Tukey
a, b, c. Means followed by different letters in the same column differ statistically ($P < 0,01$), by Tukey test.

grupos (A14 e A26). A análise de regressão logística indicou não ser possível estimar a probabilidade de prenhez a partir do PIA (os valores de P associados aos coeficientes foram todos maiores que 0,1). Estes resultados associados às elevadas taxas de prenhez parecem indicar que os três grupos atingiram o peso mínimo crítico ao início da estação de acasalamento. Nesta mesma linha de raciocínio, um estudo conduzido por Barcellos (2001) inserindo a variável condição corporal indica que, o efeito do peso sobre a idade à puberdade é menor à medida que a novilha se torna mais gorda, sugerindo que a partir de um nível mínimo de tecido adiposo, outros fatores passam a atuar na modulação do surgimento da puberdade.

Como pode ser observado na Tabela 1, as novilhas A26 (mais velhas) atingiram a mesma TP que as novilhas A14 e A18; porém, os GMD-NA foram diferentes. Estes resultados mostram uma possibilidade de projetar distintos ganhos de peso para os acasalamentos nas diferentes idades, concordando com as afirmações de Barcellos et al. (2003b). No presente experimento, possivelmente ocorreram diferenças na condição e composição corporal ao início da estação de acasalamento, pois as novilhas apresentavam pesos semelhantes obtidos com velocidade diferente de ganho. Segundo Di Marco (1998), maiores taxas de ganho de peso são acompanhadas por maior crescimento de tecido adiposo e este, por sua vez, auxilia na redução da idade à puberdade (BARCELLOS, 2001). Logo, novilhas acasaladas mais jovens necessitam de um ganho de peso maior para atingirem a puberdade e conceberem.

As afirmações de Rovira (1996) e Barcellos (2001) sobre a necessidade das novilhas atingirem 60-65% do peso vivo da vaca adulta antes do início da estação de acasalamento auxiliam a explicar a ausência da diferença estatística significativa entre o PIA e o GMD-NA de novilhas prenhes e vazias (Tabela 2); ou seja, no presente trabalho, os animais atingiram pesos superiores ao mínimo crítico tanto para fêmeas prenhes como para vazias.

O GMD-NA apresentou diferença estatística entre os grupos de acasalamento ($p < 0,01$), sendo de 0,658, 0,507 e 0,353 kg/dia para as novilhas em A14, A18 e A26, respectivamente (Tabela 1). Assim, é possível notar que animais acasalados com menor idade (A14) necessitam de

maior ganho de peso diário do nascimento ao acasalamento para atingirem taxas de prenhez similares às de animais mais velhos (A26).

Barcellos (2001), em um experimento com novilhas Braford, notou que animais submetidos ao acasalamento antecipado necessitaram de maior ganho de peso, assim como no presente trabalho. Este autor verificou que ganhos de peso pós – desmame de 0,500, 0,750, 1,00 e 1,25 kg/dia, resultaram em uma idade à puberdade de 433, 319, 337 e 358 dias, respectivamente. Segundo Rovira (1996), com um GMD-NA ao redor de 0,600 kg é possível atingir índices satisfatórios de prenhez para novilhas britânicas acasaladas aos 14-15 meses de idade, ao passo que este ganho pode ser diminuído para 0,300 kg/dia caso o acasalamento ocorra aos 2 anos de idade (BARCELLOS et al., 2003b), reforçando a idéia de que quanto menor for a idade ao primeiro acasalamento, maior será a necessidade de se empregar sistemas alimentares mais eficientes que resultem em maiores ganhos de peso.

Em um estudo avaliando a taxa de ganho de peso necessária para alcançar o peso de 300 kg no início do acasalamento a partir de um peso ao desmame de 170 kg, Barcellos et al. (2003a) também verificaram a necessidade de animais mais jovens apresentarem maior ganho de peso. Este autor demonstra que são necessários ganhos de 0,570, 0,360 e 0,220 kg/dia para acasalar animais de 14, 18 e 24 meses, respectivamente. Da mesma forma, Short e Bellows (1971) relatam que animais acasalados precocemente necessitam de altas taxas de ganho de peso, obtidas por meio de altos níveis de alimentação, possibilitando maior precocidade sexual e pesos ao início da estação reprodutiva. Cabe salientar, também, a importância do peso ao desmame na tomada de decisões em relação à idade ao acasalamento, pois baixo peso ao desmame exige ganho de peso diário elevado e muitas vezes difícil de ser obtido, colocando em risco sistemas mais intensivos como o acasalamento aos 14-15 meses. Por esse motivo, as terneiras de maior peso ao desmame no presente trabalho (média de 194,00 kg, grupo A14) foram destinadas ao acasalamento com 14 meses de idade, ao passo que aquelas terneiras mais leves ao desmame (média de 137,34 kg, grupo A26) foram destinadas ao acasalamento com 26 meses de ida-

Tabela 2 - Peso ao início do acasalamento (PIA) e ganho de peso médio diário do nascimento ao acasalamento (GMD-NA) entre novilhas prenhes e vazias dentro de cada grupo de acasalamento.

Table 2 - Weight at mating (WM) and average weight gain from birth to mating (AWG-BM) between the pregnant and not pregnant beef heifers.

	PIA (kg) WM (kg)		GMD-NA (kg/dia) AWG-BM (kg/day)	
	Prenhes Pregnant	Vazias Not Pregnant	Prenhes Pregnant	Vazias Not Pregnant
A14	314,53 ± 32,717	298,18 ± 21,325	0,663 ± 0,075	0,633 ± 0,054
A18	334,56 ± 32,530	306,50 ± 23,335	0,509 ± 0,058	0,464 ± 0,056
A26	301,05 ± 28,507	305,33 ± 20,931	0,352 ± 0,042	0,357 ± 0,024

de. Segundo Barcellos et al. (2003b), o sistema “um ano” (acasalamento aos 14 meses) só terá sucesso quando a terneira desmamada alcançar um peso de no mínimo 180 kg aos 6 meses de idade e após, mediante ganhos de 0,350-0,450 kg/dia, alcançar em torno de 55-60% do peso da vaca adulta no início da primavera. Portanto, fica evidente a necessidade de adotar sistemas de alimentação que permitam aos animais atingir cerca de 60-65% do peso da vaca na idade desejada ao primeiro acasalamento. Para isso, existem diversas alternativas alimentares que maximizem o uso de nutrientes para antecipar a idade ao primeiro parto (LALMAN et al., 1993; PURVIS e WHITTIER, 1996; FREITAS et al., 2003). Logo, uma vez definido o ganho de peso para alcançar o objetivo proposto, que é a idade ao primeiro acasalamento, sistemas alimentares bioeconomicamente viáveis devem ser empregados na propriedade.

Referências

BARCELLOS, J. O. J. **Puberdade em Novilhas Braford**: Desenvolvimento Corporal e Relações Endócrinas. Porto Alegre, 2001. 164 p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

_____. ; COSTA, E. C.; SEMMELMANN, C. E. N. et al. Manejo Nutricional da Novilha até o Primeiro Acasalamento. In: SIMPÓSIO DE REPRODUÇÃO DE BOVINOS, 2., Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: UFRGS, 2003a. p.79.

_____. ; _____. ; SILVA, M. et al. **Crescimento de Fêmeas Bovinas de Corte Aplicado aos Sistemas de Cria**. Porto Alegre: Departamento de Zootecnia, UFRGS, 2003b. 72 p. Sistemas de Produção em Bovinos de Corte. Publicação ocasional, 1.

_____. ; PRATES, E. R.; SILVA, M. D. Manejo da Novilha de Corte e a Idade à Puberdade. In: CICLO DE PALESTRAS EM PRODUÇÃO E MANEJO DE BOVINOS, ÊNFASE: MANEJO REPRODUTIVO E SISTEMAS DE PRODUÇÃO DE GADO DE CORTE, 7., 2002, Canoas. **Anais...** Canoas: ULBRA, 2002. p. 95-125.

BERETTA, V. ; LOBATO, J. F. P.; MIELITZ NETTO, C. G. A. Produtividade e Eficiência Biológica de Sistemas Pecuários de Cria Diferindo na Idade das Novilhas ao Primeiro Parto e na Taxa de Natalidade do Rebanho no Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 30, n. 4, p. 1278-1286, 2001.

CLANTON, D. C. ; JONES, L. E.; ENGLAND, M. E. Effects of Rate and Time of Gain after Weaning on the Development of Replacement Beef Heifers. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 56, n. 2, p. 280-285, 1983.

DI MARCO, O. N. **Crecimiento de Vacunos para Carne**. Mar del Plata: UNMP, 1998, 246 p.

FREITAS, S. G. ; LOBATO, J. F. P.; TAROUCO, A. K. et al. Desempenho Reprodutivo e Produtivo de Novilhas de Corte aos Dois Anos de Idade Submetidas a Diferentes Alternativas de Alimentação. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 40., 2003, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: UFSM, 2003. CD-ROM.

GOTTSCHALL, C. S. ; FERREIRA, E. T. ; MARQUES, P. R. ; ROSA, A. A. G., TANURE, S. ; LOURENZEN, G. ; VIERO, V. Desempenho Reprodutivo de Novilhas Conforme o Peso e a Idade ao Primeiro Acasalamento. **Veterinária em Foco**, Canoas, v. 2, n. 2, p. 211-220,2005.

Conclusões

Não houve diferença na taxa de prenhez de novilhas acasaladas aos 14, 18 e 26 meses de idade.

Um peso mínimo crítico ao início da estação de acasalamento, de 300 kg, para os grupos genéticos em questão, é necessário para atingir taxas de prenhez superiores a 84%, independentemente da idade ao primeiro acasalamento.

Novilhas acasaladas com menor idade necessitaram de maior GMD-NA para apresentarem um desempenho reprodutivo semelhante ao de animais mais velhos.

A redução da idade ao primeiro acasalamento é exequível desde que haja um correto planejamento e manejo nutricional, possibilitando que a novilha atinja um peso mínimo crítico ao início da estação reprodutiva.

HOLMES, P. R. **The Opportunity of a Lifetime**: Reproductive Efficiency in the Beef Herd. New Jersey: MSD AGVET, 1989. p. 34.

LALMAN, D. I. ; PETERSEN, M. K. ; ANSOTEGUI, R. P. et al. The Effects of Ruminally Undegradable Protein, Propionic Acid, and Monepsin on Puberty and Pregnancy in Beef Heifers. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 71, n. 11, p. 2843-2852, 1993.

MONTANHOLI, Y. R. ; BARCELLOS, J. O. J. ; BORGES, J. B. ; COSTA, E. C. ; WUNSH, C. ; PRATES, E. R. Ganho de Peso na Recria e Desempenho Reprodutivo de Novilhas Acasaladas ao Sobreano. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 12, p. 1253-1259, 2004.

PATTERSON, D. J. ; CORAH, L. R. ; BRETHOUR, J. R. et al. Evaluation of Reproductive Traits in *Bos taurus* and *Bos indicus* Crossbred Heifers: Relationship of Age at Puberty to Length of the Postpartum Interval to Estrus. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 70, n. 5, p. 1994-1999, 1992.

POTTER, L. ; LOBATO, J. F. P. ; MIELITZ NETTO, C.G.A. Produtividade de um Modelo de Produção para Novilhas de Corte Primíparas aos Dois, Três e Quatro Anos de Idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 27, n. 3, p. 613-619, 1998.

PURVIS, H. T. ; WHITTIER, J. C. Effects of Ionophore Feeding and Anthelmintic Administration on Age and Weight at Puberty in Spring-Born Beef Heifers. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 74, n. 4, p. 736-744, 1996.

ROVIRA, J. **Manejo Nutritivo de Los Rodeos de Cria em Pastoreo**. Montevideo: Hemisfério Sur, 1996. 288 p.

SHORT, R. E. ; BELLOWS, R. A. Relationships Among Weight Gains, Age at Puberty and Reproductive Performance in Heifers. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 32, p. 127-131, 1971.

SHORT, R. E. ; STAIGMILLER, R. B.; BELLOWS, R. A.; GREER, R. C. Breeding Heifers at One Year of Age: Biological and Economic Considerations. In: FIELDS, M. J. ; SAND, R.S. **Factors Affecting Calf Crop**. Boca Raton : CRC Press, 1994. p. 55-68.

SILVA, M. D. ; BARCELLOS, J. O. J. ; PRATES, E. R. Desempenho Reprodutivo de Novilhas de Corte Acasaladas aos 18 ou aos 24 Meses de Idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 34, n. 6, p. 2057-2063, 2005.





Avaliação das alterações bromatológicas do feno de campo nativo durante o armazenamento

Carolina Wunsch¹, Júlio Otávio Jardim Barcellos^{2,5}, Ênio Rosa Prates²,
Eduardo Castro da Costa³, Yuri Regis Montanholi⁴

Resumo - A composição bromatológica de dez rolos cilíndricos de feno de campo nativo da Campanha do Rio Grande do Sul foi avaliada no material armazenado a campo. De cada rolo foram retiradas três amostras de diferentes porções do fardo: uma da parte externa (E), uma da região central (Centro) e outra intermediária entre elas (I), a cada 28 dias. Foi determinada a matéria seca (MS), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), lignina, proteína insolúvel em detergente neutro (PIDN) e em ácido (PIDA). Não ocorreram alterações consistentes nos teores de PB com o tempo de armazenamento, mas verificou-se um aumento nos teores de PIDN e PIDA ($P < 0,05$), caracterizando uma diminuição da proteína disponível no feno. Os teores de FDA aumentaram com o tempo de armazenamento ($P < 0,05$). Quanto à porção do rolo, a parcela de E apresentou maiores valores de PIDA ($P < 0,05$). Os teores de PIDN não variaram ($P > 0,05$) conforme a porção do rolo. Concluiu-se que a porção externa foi a mais prejudicada pela exposição ao tempo durante o período de armazenamento.

Palavras-chave: feno do campo nativo, fibra, nitrogênio insolúvel, valor nutricional.

Evaluation of the modifications in the chemical composition of natural pasture hay during storage

Abstract - The nutritive value of round bales hay from natural pasture from the Campanha area of Rio Grande of Sul stocked under field conditions were evaluated over a three months period. Three samples from different places in the bale were taken every 28 days: one from the outside of the bale; one from the center and one from the middle space between those two. The following constituents were analyzed: dry matter (DM), crude protein (CP), neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF), lignin, neutral detergent insoluble protein (NDIP) and acid detergent insoluble protein (ADIP). It was observed an increase in the concentration of NDIP and ADIP ($P < 0.05$), indicating a decrease in the concentration of available protein of the hay. The samples taken from the outer layer showed higher values for ADIP ($P < 0.05$). The values of NDIP did not show a variation in relation to the positions in the bale ($P > 0.05$). It was concluded that the outer layer was more negatively influenced by the period of storage.

Key words: forage conservation, haying, fiber, insoluble nitrogen, nutritive value.

¹ Zootecnista, MSc., Professora, UERGS. E-mail: carolinaw@via-rs.net

² Professor, Doutor, do Departamento de Zootecnia – UFRGS. E-mail: julio.barcellos@ufrgs.br e erprates@orion.ufrgs.br

³ Zootecnista, MSc., Aluno Doutorado, PPG – Zootecnia – UFRGS.

⁴ Médico Veterinário, MSc., Aluno Doutorado, Department of. Animal Science – University of Guelph – Canadá.

⁵ Pesquisador II do CNPq.

Recebido para publicação em 21/01/2006





Introdução

O ciclo anual de crescimento das pastagens no Rio Grande do Sul se caracteriza por uma flutuação na oferta de forragem, com maior taxa de crescimento na primavera e no verão e menor crescimento no outono e no inverno, com variações dependentes da região e do ano de produção (FREITAS et al., 1976; BARCELLOS et al., 2003). Esta marcada estacionalidade da produção forrageira tem efeitos evidentes sobre a pecuária, influenciando no ganho de peso, no índice de natalidade, na idade de abate e na taxa de mortalidade, principalmente durante os invernos mais rigorosos. Para superar estas inconveniências cíclicas, algumas ações precisam ser postas em prática.

Deve haver uma adequada provisão de forragem para o gado durante os períodos em que o crescimento natural das pastagens não permite atender às necessidades nutricionais dos animais, seja por meio de práticas de manejo, conservação de forragem ou suplementação alimentar. Em muitas situações, a fenação constitui uma prática viável para conservar o excedente de forragem produzido durante os períodos de máximo crescimento das pastagens para administrá-lo nos períodos críticos (RIBEIRO et al., 2001). As práticas de conservação de forragens são importantes para regular o uso da produção das pastagens na região Sul.

A utilização de feno de campo nativo para categorias críticas ou em determinadas fases do sistema de produção pode melhorar os índices produtivos obtidos. Barcellos et al. (1999) demonstraram que o uso da suplementação com feno no período pré-parto de vacas de corte aumentou a taxa de prenhez de 76,1 para 87,3%.

Atualmente, a conservação de forragem em rolos cilíndricos tem-se propagado na América Latina pela rapidez na sua confecção e a possibilidade de se mecanizar praticamente todo o processo da fenação, desde a colheita até o fornecimento aos animais. Esses rolos são de grande tamanho, com peso entre 500 e 700 kg de peso, e compactados a grande pressão, o que possibilita mantê-los a campo sem qualquer tipo de proteção até a posterior utilização pelos animais. No entanto, pode haver perdas significativas que reduzem a qualidade do feno, o que acaba incrementando o seu custo e influenciando a resposta animal à semelhança do que acontece com a forragem do campo nativo. Evidentemente, a qualidade do feno depende também do tipo de cultivo, do estágio vegetativo no momento do corte e de uma correta fenação (AUGSBURGER e METHOL, 1993).

De acordo com Schneider e Flatt (1975), normalmente ocorrem perdas de folhas e nutrientes durante o processo de secagem e manuseio do feno, o que pode reduzir seu valor nutritivo e digestibilidade. Collins et al. (1987) afirmam que as perdas na qualidade durante o armazenamento são atribuídas à respiração e à atividade de microrganismos, especialmente fungos, no feno. A maioria

das perdas ocorre nos primeiros 30 dias de armazenamento (ROTZ e ABRAMS, 1988). Segundo o Agfacts (1986), as perdas em rolos de feno sem proteção são estimadas em 20% ao ano, e em 10% para rolos protegidos com plástico. No entanto, essas informações não são conhecidas a partir de rolos expostos ao ambiente no inverno do Rio Grande do Sul. Assim, este trabalho teve como objetivo quantificar, por meio da análise bromatológica, as variações no valor nutritivo do feno de campo nativo, armazenado no formato de rolos cilíndricos a campo.

Material e métodos

O experimento foi conduzido em uma fazenda no município de Bagé, na região da Campanha do Rio Grande do Sul. O clima da região é tipo subtropical, com chuvas regularmente distribuídas durante o ano e ocasionais períodos de seca. A vegetação predominante é a grama-forquilha (*Paspalum notatum* Flüggé) e pequena incidência de trevos nativos. A existência de matéria seca, no local do experimento, no período de final de verão e no outono varia de 1.000 a 1.600 kg de MS/hectare (BARCELLOS et al., 1999).

O processo de fenação iniciou em 10 de fevereiro de 2002, em uma área de campo nativo previamente diferida em um período de 90 dias, no turno da manhã com o corte da massa de forragem e enleiramento. No turno da tarde, foi realizada a fenação com enfardadeira do tipo “rolo”, sendo concluída a confecção dos rolos experimentais em 14 de fevereiro de 2002. Os rolos de feno apresentavam formato cilíndrico, com 1,5 m de diâmetro, 1,5 m de comprimento e com peso aproximado de 700 kg. Foram selecionados, aleatoriamente, dez rolos cilíndricos de feno de campo nativo, identificados e armazenados a campo. De cada rolo foram retiradas três amostras em 21 de fevereiro (Fev), 20 de março (Mar), 17 de abril (Abr) e 15 de maio (Mai). As amostras foram coletadas na parte externa do rolo (E) em uma porção intermediária (I), com aproximadamente 35 cm em relação à parte externa e na parte central (C) do rolo, que estava a 70 cm da superfície externa. O acesso para coletar as amostras intermediária e central foi através da extremidade do fardo, pois a compactação da superfície externa não permitia alcançar as camadas mais profundas do mesmo. Foram coletadas três amostras de aproximadamente 200g de cada porção, as quais, após serem processadas, originavam uma amostra composta que representava o local de coleta no fardo.

No período de 12 horas após o corte, foram coletadas amostras do material destinado à confecção dos fardos de feno para determinação bromatológica.

No período de 90 dias em que os rolos ficaram expostos, ocorreram 20 dias com chuvas, sendo registrados 32 mm no final de fevereiro, 224 mm em março, 397 mm em abril e 104 mm em maio, totalizando 757 mm. Após o período experimental de amostragem, os rolos foram utilizados na suplementação do rebanho bovino da fazenda.

As amostras coletadas foram secas em estufa de circulação forçada de ar a 60°C até alcançarem peso constante e, então, levadas ao Laboratório de Nutrição Animal da Faculdade de Agronomia da UFRGS. A análise bromatológica do material foi realizada de acordo com a metodologia proposta por Silva e Queiróz (2002), incluindo as determinações de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), lignina, nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN) e nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA). Os teores de proteína insolúvel em detergente neutro (PIDN) e proteína insolúvel em detergente ácido (PIDA) foram obtidos multiplicando-se NIDN e NIDA pelo fator 6,25.

O delineamento experimental utilizado foi o completamente casualizado com 10 repetições (fardos). Para a interpretação estatística dos resultados utilizou-se o modelo GLM (General Linear Model) do programa estatístico SPSS 11.5 (2002), segundo o modelo:

$$Y_{ij} = M + P_i + C_j + E_{ij}, \text{ onde:}$$

Y_{ij} = Valor observado;

M = Efeito médio;

P_i = Efeito da porção do rolo;

C_j = Efeito do mês de coleta;

E_{ij} = Erro.

A comparação entre médias foi efetuada pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5% de probabilidade.

Resultados e discussão

Na Tabela 1 está demonstrada a composição bromatológica do material cortado antes de enfardar. Esses valores foram apresentados para possibilitar uma análise das possíveis alterações da composição dos fardos em relação ao momento do corte da forragem.

Na análise dos dados da Tabela 2 pode ser observado que houve diferença ($P < 0,05$) nos teores de PB com o tempo de armazenamento. É provável que a variação

observada tenha sido devida ao fato de o feno de campo nativo não ser um material muito homogêneo, embora o *P. notatum* tenha predominado. No entanto, a concentração de PB tendeu a aumentar ($P < 0,05$) do centro (C) para fora (E) nos rolos de feno (Tabela 3). Esse aumento da concentração de PB nas camadas mais externas pode ser atribuído à perda de constituintes não-protéicos do feno, provavelmente os carboidratos solúveis, o que em uma base relativa é expressa em maiores percentuais de PB. Entretanto, Pigurina e Methol (1991), trabalhando com material semelhante, não verificaram variações no conteúdo de PB com o tempo de armazenamento.

Entretanto, apenas os níveis de PB não são suficientes para determinar a disponibilidade da proteína para o animal, já que a porção da proteína ligada à fração FDA não está disponível. Um critério mais recente para avaliar a disponibilidade da proteína é a determinação dos níveis de nitrogênio ou proteína insolúvel em detergente neutro (NIDN ou PIDN) ou em ácido (NIDA ou PIDA), que podem ser considerados uma estimativa dos danos causados pelo calor durante o armazenamento ou processamento do alimento, apesar de estarem presentes naturalmente nas plantas (VAN SOEST, 1984; SILVA e QUEIRÓZ, 2002).

Na Tabela 2 pode ser observado que o tempo de exposição ao ambiente resultou em um aumento nos teores de PIDA e PIDN ($P < 0,05$). Quanto à posição no rolo (Tabela 3), a parcela externa apresentou o maior valor de PIDA ($P < 0,05$), caracterizando uma diminuição da proteína disponível no feno. Augsburg e Methol (1993), em trabalho semelhante, encontraram que a proteína disponível diminuiu com o tempo de armazenamento, devido ao aquecimento dos rolos por um excesso de umidade causado pelas chuvas nas camadas mais externas. Nascimento et al. (2000), estudando métodos de fenação e tempos de armazenamento sobre a composição bromatológica e a ocorrência de fungos em feno de alfafa, encontraram baixos teores de NIDA em todos os tratamentos, os quais não se

Tabela 1 - Composição bromatológica do campo nativo, 12 horas após o corte, antes de enfardar.

VALOR	MS (%)	PB (%)	PIDN (%)	PIDA (%)	FDN (%)	FDA (%)	Lignina (%)
Mínimo	86,23	6,54	0,09	2,50	73,74	43,82	5,56
Máximo	90,89	9,80	8,34	9,25	82,66	59,40	10,72
Média	88,91	7,83	5,22	4,64	78,73	49,54	8,00
Desvio-padrão	1,31	0,82	1,53	1,02	1,92	2,71	1,36

Tabela 2 - Variação na composição bromatológica dos rolos de feno de campo nativo conforme o mês de coleta das amostras (período de armazenamento), em % da MS.

	MS (%)	PB (%)	PIDN (%)	PIDA (%)	FDN (%)	FDA (%)	Lignina (%)
Fev	89,67 ^a	7,94 ^{ab}	3,95 ^c	4,11 ^c	79,62 ^a	48,18 ^b	7,83
Mar	89,94 ^a	7,58 ^b	5,19 ^b	4,41 ^{bc}	78,92 ^{ab}	49,62 ^{ab}	7,96
Abr	87,38 ^c	7,56 ^b	5,48 ^{ab}	4,98 ^{ab}	77,99 ^b	50,71 ^a	8,69
Mai	88,02 ^b	8,16 ^a	6,25 ^a	5,03 ^a	78,63 ^{ab}	49,66 ^{ab}	7,85

a, b, c: Letras diferentes na coluna diferem significativamente ($P < 0,05$) pelo teste de Tukey.

Tabela 3 - Variação na composição bromatológica dos rolos de feno de campo nativo conforme a posição das amostras, em % da MS.

Porção do Rolo	MS (%)	PB (%)	PIDN (%)	PIDA (%)	FDN (%)	FDA (%)	Lignina (%)
Centro	88,97	7,54 ^b	5,35	4,29 ^b	78,41 ^{ab}	48,74 ^b	7,73 ^{ab}
Intermediária	89,04	7,70 ^{ab}	5,10	4,55 ^b	79,45 ^a	49,18 ^{ab}	7,34 ^b
Externa	88,71	8,14 ^a	5,20	5,08 ^a	78,30 ^b	50,43 ^a	8,95 ^a

a, b: Letras diferentes na coluna diferem significativamente ($P < 0,05$), pelo teste de Tukey.

alteraram durante 60 dias de armazenamento, o que, segundo os mesmos autores, evidencia que os processos de secagem e armazenamento foram bem conduzidos. No presente experimento, os teores de PIDN não variaram conforme a posição amostrada no rolo ($P > 0,05$).

O método de fracionamento das forrageiras proposto por Van Soest (1967) separa o conteúdo celular da parede celular, a qual é classificada como fibra em detergente neutro (FDN). A FDN é constituída de celulose, hemicelulose, lignina, proteína danificada pelo calor, proteína da parede celular e minerais. Os teores de FDN avaliados no feno de campo nativo apresentaram ligeira tendência à redução ($P < 0,05$) de acordo com o tempo de armazenamento dos rolos (Tabela 2). Praticamente ocorreram pequenas diferenças entre os teores de FDN quanto à posição do rolo amostrada (Tabela 3). Os valores encontrados neste trabalho são muito semelhantes aos teores de FDN em fenos de gramíneas tropicais apresentados em uma revisão de Pereira (1998).

A fibra em detergente ácido (FDA) é constituída principalmente de celulose e lignina, além de proteína danificada pelo calor, parte da proteína da parede celular e minerais insolúveis. É a porção menos digerível da parede celular pelos microrganismos do rúmen (VAN SOEST, 1967; SILVA e QUEIRÓZ, 2002). É um indicador do conteúdo energético das forragens, onde teores altos de FDA indicam material de baixa qualidade. Neste trabalho, os teores de FDA tenderam a aumentar com o tempo de armazenamento e com a posição no rolo ($P < 0,05$), encontrando-se valores bastante altos, próximos a 50% (Tabelas 1, 2 e 3). Os maiores teores de FDA na porção externa dos rolos (E) sugerem uma menor digestibilidade da matéria seca nesta porção. Augsburg e Methol (1993), analisando as alterações bromatológicas do feno de campo nativo no Uruguai, encontraram valores de FDA entre 39,9 a 51,6%, variando com o tempo de armazenamento (até seis meses).

Segundo Silva e Queiróz (2002), a importância da lignina na nutrição animal deve-se à sua influência negativa sobre a digestibilidade de outros nutrientes. Apesar de não ter apresentado variação significativa ($P > 0,05$) nos teores de lignina conforme o tempo de armazenamento (Tabela

2), provavelmente em virtude do pequeno número de amostras, observa-se na Tabela 3 um aumento no teor de lignina de acordo com o local de amostragem no rolo ($P < 0,05$). O maior teor de lignina na porção externa dos rolos pode indicar uma menor digestibilidade da MS nesta porção. No entanto, o teor de lignina parece estar relacionado com o estágio de maturidade da planta no momento do corte e não com os efeitos do tempo de armazenamento (OLIVEIRA, 1998; PEREIRA, 1998). Isso pode ser observado na Tabela 1, o que evidencia que o campo nativo já estava envelhecido no momento do corte.

As variações observadas no teor de matéria seca com o tempo de armazenamento (Tabela 2) podem ser explicadas pelas alterações devido às condições climáticas, já que o feno, por ser higroscópico, absorve e perde água para o ambiente. Segundo Raymond et al. (1978), a umidade relativa do ar influencia o teor de umidade deste tipo de forragem armazenada. Os teores de MS não variaram ($P > 0,05$), conforme a posição no rolo (Tabela 3).

Conclusões

O feno de campo nativo apresentou alto teor de matéria seca, o que demonstra uma adequada cura do material. Como consequência, não houve um efeito danoso nos constituintes químicos determinados nos fenos. Por outro lado, as análises de PB, FDN e FDA podem não ser suficientes para expressar o valor nutricional do feno, devendo-se realizar também análises de PIDN e PIDA.

O tempo de armazenamento diminuiu a disponibilidade da proteína bruta para o animal, medida pelo nível de PIDA e, portanto, a qualidade desse feno.

A porção externa foi a mais prejudicada pela exposição ao tempo durante o período de armazenamento, tomando como referência os maiores teores de FDA e PIDA encontrados nesta fração, o que indica uma menor digestibilidade de sua matéria seca.

Ainda que ocorram algumas alterações bromatológicas na composição do feno, estas são de pequena magnitude, o que justifica pelas perdas o armazenamento de rolos cilíndricos a campo sem qualquer proteção.

Referências

AGFACTS. **Hay**: Storing Round Bales. **Agdex**, New South Wales, n. 103, p. 61, 1986.
AUGSBURGER, H.; METHOL, M. **Henificación**. Montevideo: INIA, 1993. 79 p. Boletim de Divulgación, n. 27.

BARCELLOS, J. O. J.; PRATES, E. R.; SILVA, M. D. Efeitos Ambientais sobre a Taxa de Prenhez de Vacas de Corte numa Criação Comercial no Sul do Brasil. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 36., Porto Alegre,

1999. **Anais...** Porto Alegre: SBZ, 1999. CD ROM.
- _____. ; WUNSCH, C. ; PRATES, E. R.; OSPINA, H. Suplementação Mineral de Bovinos de Corte em Ambientes Subtropicais. In: _____. et al. (Eds.) **Suplementação Mineral de Bovinos em Regiões Subtropicais**. Porto Alegre: UFRGS, 2003. p. 19-51.
- COLLINS, M. ; PAULSON, W. H. ; FINNER, M. F. Moisture and Storage Effects on Dry Matter and Quality Losses of Alfafa in Round Bales. **Transactions Asae**, St. Joseph, n. 30, v. 4, p. 913-917, 1987.
- FREITAS, E. A. G. de ; LÓPEZ, J. ; PRATES, E. R. Produtividade de Matéria Seca, Proteína Digestível e Nutrientes Digestíveis Totais em Pastagem Nativa do Rio Grande do Sul. **Anuário Técnico do IPFZO**, Porto Alegre, v. 3, p. 454-515.
- NASCIMENTO, J. M. ; COSTA, C. ; SILVEIRA, A. C. ; ARRIGONI, M. B. Influência do Método de Fenação e Tempo de Armazenamento sobre a Composição Bromatológica e Ocorrência de Fungos no Feno de Alfafa (Medicago sativa, L. cv. Flórida 77). **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 29, n. 3, p. 669-677, 2000.
- OLIVEIRA, M. A. **Morfogênese, Análise de Crescimento e Valor Nutritivo do Capim-Tifton 85 (Cynodon spp.) em Diferentes Idades de Rebrotas**. Viçosa: UFV, 1998. 123 p. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Zootecnia.
- PEREIRA, O. P. Produção e Utilização de Feno. In: CONGRESSO NACIONAL DOS ESTUDANTES DE ZOOTECNIA, 1998, Viçosa. **Anais...** Viçosa: UFV, 1998. p. 63-91.
- FIGURINA, G. ; METHOL, M. Tabla de Contenido Nutricional de Pasturas y Forrajes del Uruguay. In: INIA. **Guía para la Alimentación de Rumiantes**. Montevideo, 1991. p. 7-31. Série Técnica, n. 5.
- RAYMOND, F. ; SHEPPERSON, G. ; WALTHAM, R. **Forage Conservation and Feeding**. Suffolk: Farming Press, 1978. 208 p.
- RIBEIRO, K. G. ; GARCIA, R. ; PEREIRA, O. G. ; VALADARES FILHO, S. C. ; CECON, P. R. Consumo e Digestibilidades Aparentes Total e Parcial, de Nutrientes, em Bovinos Recebendo Rações Contendo Feno de Capim-tifton 85 de Diferentes Idades de Rebrotas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 30, n. 2, p. 573-580, 2001.
- ROTZ, C. A.; ABRAMS, S.M. Losses and Quality Changes During Alfafa Hay Harvest and Storage. **Transactions Asae**, St. Joseph, n. 31, v. 2, p. 350-354, 1988.
- SCHNEIDER, B. H. ; FLATT, W. P. **The Evaluation of Feeds Through Digestibility Experiments**. Athens: University of Georgia, 1975. 423 p.
- SILVA, D.J.; QUEIRÓZ, A.C. **Análise de Alimentos: Métodos Químicos e Biológicos**. Viçosa: UFV, 2002. 235p.
- SPSS. **User's Guide: Statistics**. SPSS Inc Version 11.5. Headquarters. Chicago. IL, 2002. Software.
- VAN SOEST, P.J. Development of a Comprehensive System of Feed Analysis and its Applications to Forage. **Journal Animal Science**, Champaign, v.26, n.1, p.119-128, 1967.
- VAN SOEST, P.J. **Nutritional Ecology of the Ruminant**. New York: Cornell University Press, Ithaca, 1984. 476p.





Avaliação de métodos de adubação no estabelecimento de forrageiras cultivadas com semeadura direta em campo natural

Odoni Loris Pereira de Oliveira¹, Evandro Neves Muniz²,
Thércio M. S. Freitas³, Evandro Zacca Ferreira⁴

Resumo - O experimento foi conduzido Sul do Brasil, com a semeadura direta do azevém (*Lolium multiflorum* Lam.), trevo branco (*Trifolium repens* L.), cornichão (*Lotus corniculatus* L.) e trevo vermelho (*Trifolium pratense* L.), sobre campo nativo dessecado com Glyphosato. Os tratamentos foram T1 semeadura em linha, adubação metade em linha e metade a lanço; T2 semeadura e adubação em linha; T3 semeadura em linha, adubação a lanço; T4 semeadura e adubação a lanço. As avaliações ocorreram em 1998 e 1999. As maiores produções de matéria seca (MS) e o melhor equilíbrio entre leguminosa e gramínea foram em T1 e T2, sem diferença entre ambos, entretanto diferiram ($P < 0,05$) de T3 e T4. A distribuição do fertilizante em T1 e T2 assegurou o estabelecimento e a densidade das leguminosas. O P disponível no solo em T1 e T2 na profundidade de 0 a 5 cm foi acima do nível crítico, contribuindo para o melhor desempenho das leguminosas.

Palavras-chave: Métodos de fertilização, gramíneas, leguminosas, pastagem nativa, semeadura direta, nível crítico.

Evaluation of fertilizing methods on the establishment of pasture species on native pasture by direct sowing

Abstract - The experiment was carried out in the southern of Brazil, by direct sowing ryegrass (*Lolium multiflorum* Lam.), white clover (*Trifolium repens* L.), birds foot trifolium (*Lotus corniculatus* L.) and red clover (*Trifolium pratense* L.) on native pasture. Herbicide Glyphosate was previously applied. The treatments were T1 -seed sowing in row with half fertilizer in row and half broadcasting; T2 - seed sowing in row with all fertilizer in row; T3 - seed sowing in row and all fertilizer broadcasting; T4 - seed and fertilizer broadcasting. The evaluation period was in 1998 and 1999. Considering cut means for two years, treatments T1 and T2 produced the highest dry matter yield and no difference were observed between them, however, both treatments differed ($P < 0.05$) from T3 and T4. The fast pasture establishment and the best legume-grass mixture were obtained in the treatments T1 and T2 where soil available phosphorus was close to the critical level for pasture growth.

Key words: fertilizing methods, grasses, legumes, native pasture, direct sowing, critical level.

¹ Pesquisador da Embrapa Uva e Vinho, Bento Gonçalves, Caixa Postal, 130, Bento Gonçalves, RS. E-mail: odoni@cnpuv.embrapa.br

² Pesquisador da Embrapa Roraima, Br 174, Km 8, Caixa Postal 133, Distrito Industrial, Boa Vista RR. E-mail: evandro@cpafrr.embrapa.br

³ Engenheiro Agrônomo da Roullier do Brasil SA. Porto Alegre, RS. E-mail: thercio@roullier.com.br

⁴ Estagiário da Escola Estadual Ildefonso Simões Lopes - Osório, RS. E-mail: evandrozacca@yahoo.com.br

Recebido para publicação em 03/05/2006



Introdução

O melhoramento de pastagens pela semeadura direta de espécies forrageiras sobre campos nativos é utilizado e recomendado para a maioria das regiões do Estado do Rio Grande do Sul, com base em resultados de trabalhos de pesquisa realizados por Brasil et al. (1973), Oliveira e Barreto (1976), Scholl et al. (1976) e Salerno (1977). Apesar das excelentes informações geradas por esses trabalhos pioneiros no Estado do Rio Grande do Sul, novas informações e técnicas surgiram desde então visando ao aprimoramento e à melhoria na utilização da técnica. Assim, a semeadura de algumas forrageiras com as semeadoras denominadas “renovadoras de pastagens”, principalmente com espécies de sementes pequenas de crescimento inverno-primavera, como os trevos, apresenta alguns problemas. Tais problemas foram observados através de um extenso trabalho realizado no Estado do Rio Grande do Sul, em um programa conjunto da Embrapa Pecuária Sul de Bagé e a Emater, denominado Programa Campos (Oliveira, 2005) – informação pessoal.

A maior dificuldade é o estabelecimento de leguminosas (trevos), quando semeadas diretamente sobre campo natural, em mistura com gramíneas, na maioria azevém e/ou aveia, com as “renovadoras de pastagem”. Essas semeadoras, na sua maioria, possuem sulcadores para o rompimento da camada superficial do solo onde são depositados tanto o fertilizante quanto as sementes. Ocorre que ambos são colocados no mesmo sulco na seguinte ordem: fertilizante no fundo do sulco, sementes maiores (aveia, centeio, cevada) logo acima do fertilizante e sementes pequenas (trevo, cornichão, azevém) mais acima, ficando praticamente na superfície do solo. As espécies de sementes pequenas como os trevos, principalmente o trevo branco (*Trifolium repens* L.), de crescimento inicial lento, quando semeadas em misturas com espécies de crescimento inicial mais rápido, como a aveia, ficam prejudicadas pela concorrência por nutrientes, luz e água. Essa concorrência pode prejudicar ou impedir o estabelecimento das espécies de crescimento inicial lento.

Os primeiros trabalhos realizados no Estado do Rio Grande do Sul por Scholl et al. (1976) e Salerno (1977) mostram esse efeito com o uso das renovadoras de pastagens com a semeadura de aveia e leguminosas. Conforme Miller et al. (1993), em semeadura de gramíneas e leguminosas juntas, durante a fase de crescimento das plântulas, há uma forte competição das raízes de cada espécie até que seja assegurada a sobrevivência da pastagem. De acordo com Stone (1998), a colocação do fertilizante próximo às sementes, preferencialmente abaixo, é fundamental para acelerar o crescimento inicial e assegurar o estabelecimento das plantas. A aplicação do fertilizante próximo às plantas na camada de 0 a 10 cm da superfície do solo acelera o crescimento inicial e garante a produção e a persistência das mesmas, conforme

foi observado por Cullen (1971), Sheard et al. (1971) Oliveira (1976), e Lobato et al. (1986).

Este trabalho foi conduzido com o objetivo de minimizar a competição inicial das gramíneas sobre as leguminosas quando semeadas juntas com renovadoras de pastagens. Visando atingir esse objetivo, foram avaliadas diferentes formas de aplicação de fertilizantes, no estabelecimento de mistura forrageira de inverno – primavera, com a semeadura direta sobre campo nativo na região sudoeste do Estado do Rio Grande do Sul.

Material e métodos

O experimento foi estabelecido em 27 de maio de 1998, no Centro de Pesquisa de Pecuária dos Campos Sul Brasileiros (EMBRAPA Pecuária Sul), localizado em Bagé, RS, sobre uma área de campo nativo que foi dessecado aproximadamente 40 dias antes com 3 L ha⁻¹ de Glyphosato na solução de 120 L de calda.

O clima da região é o mesotérmico subtropical, da classe Cfa na classificação de Köppen. A precipitação média anual é de 1.300 mm.

O solo é um Luvisolo Hipocrômico Órtico típico (EMBRAPA, 1997). A análise do solo coletado no início do experimento (para a determinação da fertilidade natural da área experimental), à profundidade de 0 a 10 cm utilizando-se um trado calador especial para a estratificação do perfil, mostrou os seguintes resultados: argila = 13 g kg⁻¹; pH em água = 4,8; P disponível = 2,3 mg dm⁻³; K = 68 mg dm⁻³; M.O. = 34 g dm⁻³; Al = 0,7 mmolc dm⁻³. As determinações analíticas de fertilidade do solo foram realizadas pelo laboratório de análises de solo da UFRGS, Faculdade de Agronomia, conforme metodologia descrita por Tedesco et al. (1995).

A amostra do solo em que foi feita a adubação em linha foi realizada na mesma profundidade de 0 a 10 cm, com o mesmo trado calador especial que facilita a estratificação do perfil. Nesses tratamentos as amostras foram coletadas na linha e na entrelinha, aproximadamente 07 a 08 cm da linha, na intensidade de 01 amostra de cada lado da linha e 01 na linha. A adubação de correção de fertilidade foi feita com base nos resultados da análise de solo, utilizando-se uma formulação de NPK na relação 05:20:20, sendo aplicada a quantidade de 400 kg ha⁻¹, seguindo o sistema de aplicação recomendado em cada tratamento.

Os tratamentos utilizados foram: **T1** – metade do fertilizante em linha e metade a lanço com semeadura em linha (**FliSli**); **T2** – fertilizante em linha com semeadura em linha (**FliSli**); **T3** – fertilizante a lanço com semeadura em linha (**FliSli**); **T4** – semeadura a lanço com adubação a lanço e solo escarificado superficialmente (**FliSliE**).

As espécies semeadas foram o azevém comum (*Lolium multiflorum* Lam.) – 30 kg ha⁻¹, trevo branco (*Trifolium repens* L.) cv. BR-1-Bagé – 3 kg ha⁻¹, cornichão (*Lotus corniculatus* L.) cv. São Gabriel – 12 kg ha⁻¹ e trevo

AValiação de Métodos de Adubação no Estabelecimento de Forrageiras Cultivadas com Semeadura Direta em Campo Natural

vermelho (*Trifolium pratense* L.) – 6 kg ha⁻¹. A semeadura e a aplicação do fertilizante em linhas foram realizadas com uma máquina de plantio direto modelo “Fundiferro” com espaçamento entre linhas de 17,5 cm e profundidade de trabalho de 5 cm. A semeadura e a adubação a lanço foram realizadas manualmente. As leguminosas foram inoculadas com o Rhizobim específico. Não foi feita aplicação de calcário.

O delineamento utilizado foi de blocos completos ao acaso, com quatro repetições. Foram utilizadas parcelas de 3,6 x 5,0 m. As avaliações de matéria seca produzida foram realizadas nas seguintes datas: 17/08/98, 14/10/98, 07/06/99, 05/08/99 e 14/10/99. Essas avaliações foram efetuadas coletando-se a forragem através de cortes a uma altura de 2,5 cm do nível do solo, quando as plantas em um dos tratamentos apresentavam uma altura média de 20 cm, sendo as amostras secas a 65°C por 48 horas. A composição botânica foi determinada por separação manual das espécies. As variáveis analisadas foram a produção de matéria seca (MS) total e fósforo disponível no solo. As diferenças entre tratamentos foram avaliadas pelo teste de Tukey.

Resultados e discussão

Em todos os tratamentos, a produção de matéria seca (MS) aumentou do primeiro para o segundo ano (figura 1). Os dados mostram que o tratamento com semeadura em linha, com metade da adubação em linha e metade a lanço (T1), apresentou a maior produção em todos os cortes e no total anual dos dois anos, exceto no corte de 14/10/99, quando a maior produção foi determinada no tratamento com semeadura em linha e adubação em linha (T2). Entretanto, os tratamentos T1 e T2 nunca diferiram nos dois anos de avaliação. A maior produção para esses tratamentos deve-se, provavelmente, à

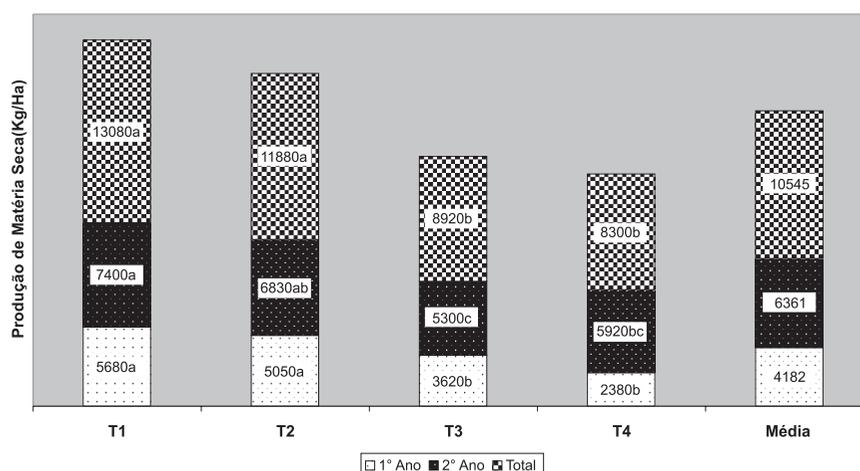
Tabela 1 - Teores de Fósforo* no solo nos anos de 1998 a 2000.

Tratamento	Profundidade Cm	1998 mg dm ⁻³	2000
T1 - Semeadura em linha / 1/2 fertilizante a lanço/1/2 fertilizante em linha	0 - 5	2,5	23,0
	5 - 10	1,9	5,5
	0 - 10	1,9	15,0
T2 - Semeadura em linha / Fertilizante em linha	0 - 5	2,3	24,3
	5 - 10	2,0	7,6
	0 - 10	2,6	19,2
T3 - Semeadura em linha / Fertilizante a lanço	0 - 5	2,3	5,3
	5 - 10	2,0	3,4
	0 - 10	2,6	4,3
T4 - Semeadura a lanço / Fertilizante a lanço	0 - 5	2,5	5,7
	5 - 10	2,9	6,3
	0 - 10	2,9	5,4

* Extração com extrator Mehlich I (Tedesco et al., 1995).

maior disponibilidade de fósforo no perfil do solo, como observa-se no resultado das análises de amostras retiradas na profundidade de 0 a 10 cm na superfície do solo (figura 4). Na literatura revisada não foram encontrados relatos de comparações com a utilização de tratamentos semelhantes aos utilizados no experimento. Entretanto, em outros trabalhos, utilizando misturas de forrageiras de ciclo inverno/primavera ou de comportamento semelhante, foram obtidas respostas similares, isto é, aumento de produção do primeiro para o segundo ano, (CULLEN,1971; SHEARD et al.,(1971); OLIVEIRA, 1976, e LOBATO et al., 1986).

No ano de 1998, o tratamento com semeadura em linha e adubação a lanço (T3) produziu um total de 3.620 kg de MS ha⁻¹ e o tratamento com semeadura e adubação a lanço (T4), 2.380 kg de MS ha⁻¹; em 1999 ocorreu o inverso, o tratamento T4 produziu 5.920 kg de MS ha⁻¹ e o tratamento T3 produziu 5.300 kg de MS ha⁻¹. Entretanto, em ambos os anos essas diferenças não foram significativas (figura 1).



Valores seguidos de letras diferentes num mesmo ano, diferem significativamente (P<0,05). T1 = FlilaSli; T2 = FliSli; T3 = FlaSli; T4 = FlaSlaE

Figura 1 - Efeito de tratamentos sobre a produção de matéria seca nos dois anos e total.

O estudo da composição botânica da pastagem no primeiro ano (figuras 2 e 3) indicou que o azevém e o trevo vermelho apresentaram maior contribuição em todos os tratamentos, sendo a maior presença do trevo vermelho observada nos tratamentos T1 e T2. Essas duas espécies, além de bem adaptadas a uma amplitude de condições de solo e clima, normalmente apresentam sementes com elevado poder germinativo e vigor, o que favorece um rápido estabelecimento já no primeiro ano da pastagem. O trevo branco, ao contrário, germina lentamente no ano do estabelecimento, por apresentar sementes pequenas com pouca reserva para um rápido crescimento inicial, e apresentando também um considerável percentual de sementes dormentes devido à dureza do tegumento, as quais podem germinar somente no se-

gundo ano. Além disso, essa espécie requer maior fertilidade do solo, principalmente altos teores de matéria orgânica e a eficiência na utilização do fósforo, que é muito baixa (SCOTT, 1976).

Pastagens com espécies similares às utilizadas no experimento, em condições de solo e de clima similares, levam de 100 a 120 dias para se estabelecerem, utilizando-se o método convencional de preparo de solo, isto é, com a escarificação da camada superficial, adubação e semeadura a lanço. O tratamento T1, com semeadura em linha e metade do fertilizante em linha e metade a lanço (figura 1), possibilitou o estabelecimento da pastagem em apenas 82 dias, o que antecipa o uso da pastagem em 20 a 40 dias. A metodologia de distribuir todo ou parte do fertilizante na linha e parte na entrelinha mostrou ser eficiente, considerando que

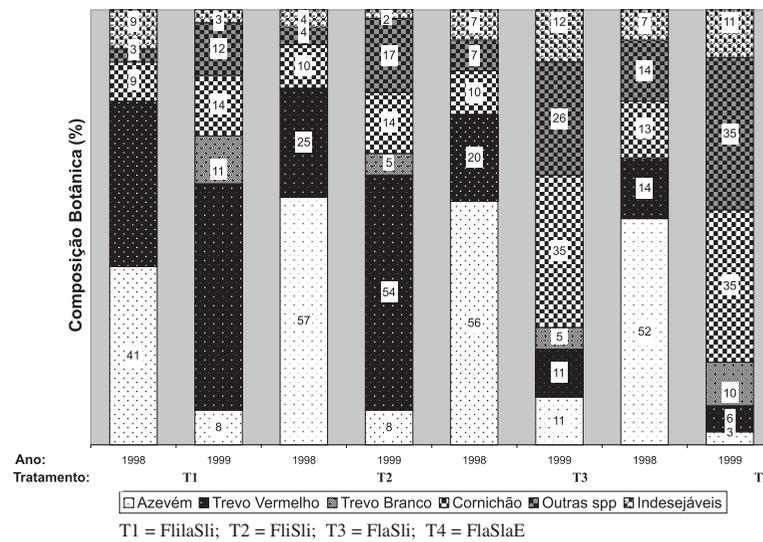


Figura 2 - Efeito de tratamentos sobre a composição botânica da pastagem nos anos de 1998 e 1999.

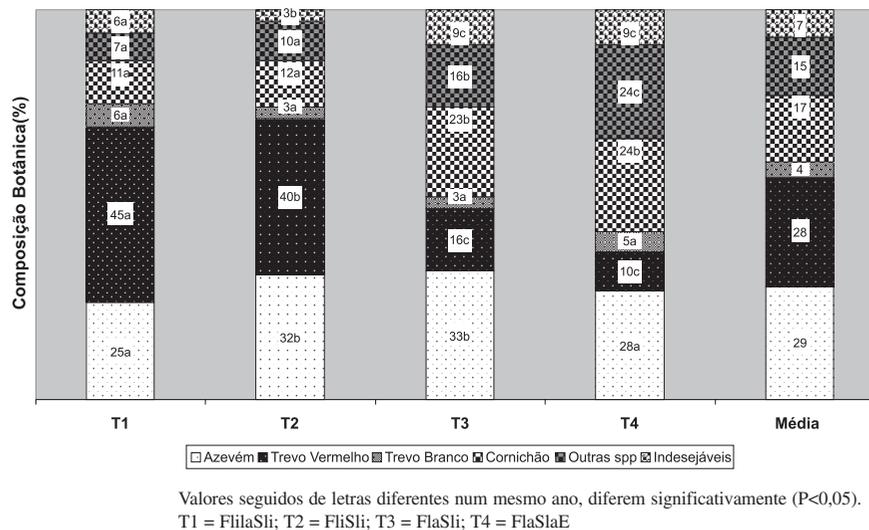


Figura 3 - Efeito de tratamentos sobre a composição botânica da pastagem. Média de dois anos.

pastagens de inverno/primavera devem ser estabelecidas o mais rápido possível no outono quando ainda existe luminosidade associada à temperatura adequada.

No segundo ano, os tratamentos T1 e T2 (figuras 2 e 3) apresentaram aumento da presença de trevo vermelho, trevo branco e espécies forrageiras nativas; por outro lado, tanto o azevém como as invasoras ou indesejáveis decresceram. Esse fato já era esperado, considerando-se que o ciclo de crescimento do azevém é anual bem como da maioria das invasoras, ao contrário das demais espécies utilizadas, que são de ciclo mais longo ou perenes, como é o caso do trevo branco, cornichão e forrageiras nativas. A presença de trevo vermelho, cujo ciclo é bienal e de rápido estabelecimento, aumentou do primeiro para o segundo ano nos tratamentos T1 e T2, mas diminuiu nos tratamentos T3 e T4, com o aumento da presença do cornichão. O trevo branco foi a única espécie que aumentou do primeiro para o segundo ano em todos os tratamentos, o que normalmente ocorre devido, principalmente, ao seu lento estabelecimento no primeiro ano, conforme as características descritas anteriormente. Por outro lado, o azevém foi a única espécie cultivada que diminuiu do primeiro para o segundo ano, em todos os tratamentos e praticamente não foi influenciada pelo método de aplicação do fertilizante nem pelo método de semeadura (figuras 2 e 3).

As maiores produções expressadas principalmente pela maior presença das espécies cultivadas, azevém no primeiro ano e trevo vermelho do primeiro ano para o segundo, apresentam boa resposta à adubação fosfatada, dependendo do método de aplicação do fertilizante, como mostram os resultados na figura 4, onde o nível de P disponível foi sempre mais elevado nos tratamentos T1 e T2 (adubação na linha, parcial no T1 e total no T2). O trevo branco apresentou maior presença nestes tratamentos, creditada ao maior nível de fósforo disponível em ambos e, provavelmente, à

melhor distribuição do fertilizante, tanto na superfície como no perfil do solo. Nesses tratamentos, o fertilizante foi incorporado, principalmente, na camada de 0-10 cm da superfície do solo em linhas espaçadas de 17,5 cm (figura 4).

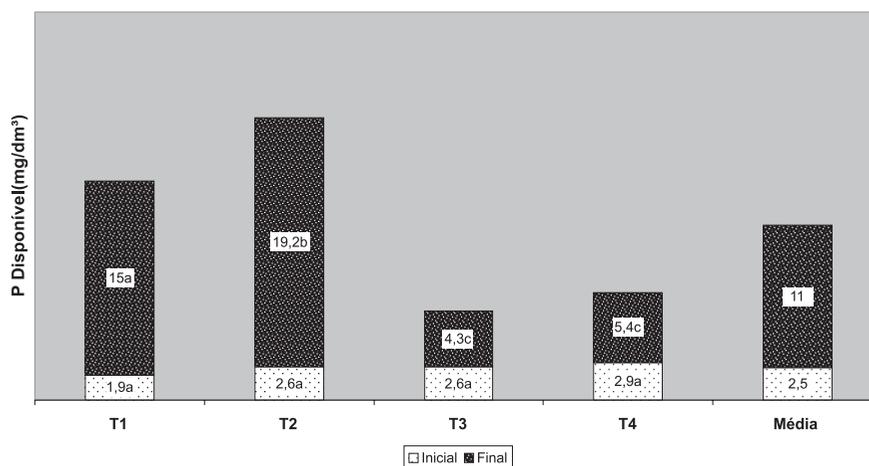
Apresença de invasoras (*Cyperus* spp., *Plantago* sp., *Eragrostis plana* – Capim Annoni) diminuiu do primeiro para o segundo ano nos tratamentos com adubação na linha, principalmente, devido à competição com os trevos vermelho, branco e azevém; o contrário foi observado nos tratamentos T3 e T4, onde aumentaram a presença (figuras 2 e 3). Nesses tratamentos, o fertilizante foi distribuído todo a lanço na superfície do solo, diminuindo a presença das espécies cultivadas do primeiro para o segundo ano, com exceção do cornichão, que aumentou, porém com baixa densidade. A diminuição da competição pelas espécies cultivadas proporcionou o aumento da ocorrência das espécies nativas e indesejáveis.

Conclusões

As maiores produções de forragem foram obtidas nos tratamentos com aplicação de metade do fertilizante em linha e metade a lanço e com semeadura em linha (T1) e com aplicação do fertilizante e semeadura em linha (T2), tanto no primeiro como no segundo ano, com a presença expressiva das leguminosas, minimizando a competição das gramíneas.

Os teores de fósforo disponível na profundidade de 0-10 cm do solo foram sempre superiores nos tratamentos T1 e T2, assegurando um rápido estabelecimento da pastagem com a maior presença das leguminosas.

O trevo vermelho aumentou sua contribuição na composição da matéria seca do primeiro para o segundo ano nos tratamentos T1 e T2, onde a disponibilidade do fertilizante foi maior na profundidade de 0-10 cm do solo.



Valores seguidos de letras diferentes num mesmo ano, diferem significativamente ($P < 0,05$).
T1 = FliSli; T2 = FliSli; T3 = FlaSli; T4 = FlaSlaE

Figura 4 - Teores de P disponível no solo na camada de 0 a 10 cm de profundidade em 1998 e em 2000.

Referências

- BRASIL, N. E. T. ; GONÇALVES, J. O. N. ; MACEDO, W. S. L. **Sistemas de Implantação de Forrageiras de Inverno**. Brasília: Ministério da Agricultura, 1973. 5 p. Indicação de Pesquisa, 64.
- CULLEN, N. A. Establishment of Pasture on Yellow-Brown Loam's Near Teen. VIII. Comparison of Drilling and Broadcasting Methods of Establishing New Pastures. **New Zealand Journal of Agriculture Research**. n. 14, p. 33-39, 1971.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de Métodos de Análise de Solo**. 2. ed. Rio de Janeiro, 1997. EMBRAPA, 212 p.
- LOBATO, E. ; KORNELIUS, E. E. ; SANZONOWICZ, C. Adubação Fosfatada em Pastagens. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PASTAGENS, 86.; SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGEM, 8., 1986, Piracicaba. **Anais...** p. 199-224.
- MACEDO, W. **Levantamento de Reconhecimento dos Solos do Município de Bagé**. Bagé: EMBRAPA UEPAE de Bagé, 1984. 69 p.
- MILLER, C. P. ; TAYLOR, J. A. ; QUIRK, M. F. Tropical Pasture Establishment, 8: Management of Establishing Pastures. **Journal of Tropical Grasslands**, Mereeba, v. 27, n. 4, p. 344-348, 1993.
- OLIVEIRA, O. L. P. Fertilização Fosfatada para a Manutenção Ppastagem Cultivada. Bagé: Embrapa, 1993. 29 p.
- OLIVEIRA, O. L. P. ; BARRETO, I. L. Efeito de Calcário e Método de Semeadura no Comportamento de Espécies Forrageiras Temperadas no Melhoramento de Pastagem Natural. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, Série Zootecnia, v. 11, p. 49-56, 1976.
- SALERNO, A. R. **Sobressemeadura de Aveia (Avena bysantina Koch, cv. Coronado) e Trevo Vesiculoso (Trifolium vesiculosum Savi cv. Yuchi) em Pastagens Permanentes de Produção Estival**. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Faculdade de Agronomia. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1977.
- SCHOLL, J. M. ; LOBATO, J. F. P. ; BARRETO, I. L. Improvement of Pastures by Direct Seeding in to Native Grasses in Southern Brazil with Oats and with Nitrogen Supplied by Fertilizer or Arrwleaf Clover. **Turrialba**, v. 26, n. 2, p. 144-149, 1976.
- SHEARD, R. W. ; BRADSHAW, G. J. ; MASSEY, D. L. Phosphorus Placement for the Establishment of Alfalfa and Bromegrass. **Agronomy Journal**, Madinson, n. 63, p. 922-927, 1971.
- SCOTT, W. R. Pasture Plant Nutrition and Nutrient Cycling. In: LANGER, R. H. M. **Pasture and Pasture Plants**. Wellington: Lincoln College, 1976. Chap. 6, p. 159-178.
- STONE, D. A. The Effects of "Starter" Fertilizer Injection on the Growth and Yield of Drilled Vegetable Crops in Relation to Soil Nutrient Status. Horticulture Research International, Wellesbourne, Warwick, U.K. **Journal of Horticultural Science and Biotechnology**, v. 73, n. 4, 441-451, 1998.
- TEDESCO, M. J. ; GIANELLO, C. ; BISSANI, C. A. ; BOHNEN, H. ; VOLKWEISS, S. J. **Análises de Solo, Plantas e outros Materiais**. 2. ed. Porto Alegre: Departamento de Solos da Ufrgs, 1995. 174 p.