

2012

ISSN 0104-9070

Pesquisa Agropecuária Gaúcha

PAG

18

volume 18 número 1 p. 01 - 88

FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PESQUISA AGROPECUÁRIA
Secretaria da Agricultura, Pecuária e Agronegócio
Rio Grande do Sul - Brasil



Secretaria da Agricultura,
Pecuária e Agronegócio



**GOVERNO DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL
SECRETARIA DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E AGRONEGÓCIO
FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PESQUISA AGROPECUÁRIA**

ISSN 0104-9070

Pesquisa Agropecuária Gaúcha

Porto Alegre, 2012
PESQ. AGROP. GAÚCHA, PORTO ALEGRE, v.18, n. 1, p. 01-88, 2012.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – FEPAGRO

Divisão de Comunicação Social

Rua Gonçalves Dias, 570 – Bairro Menino Deus
Porto Alegre/RS – CEP 90130-060
Telefone: (51) 3288-8000 Fax: (51) 3233-7607
www.fepagro.rs.gov.br – fepagro@fepagro.rs.gov.br
editoracao@fepagro.rs.gov.br

Comissão Editorial:

Luciano Kayser Vargas – Presidente; André Dabdab Abichequer; Bernadete Radin; Lia Rosane Rodrigues; Paulo Roehe; Rodrigo Favreto; Zélia M. de Souza Castilhos.

Tiragem: 700 exemplares

CATALOGAÇÃO NA FONTE

PESQUISA AGROPECUÁRIA GAÚCHA / Fundação Estadual de Pesquisa
Agropecuária ; Secretaria da Agricultura, Pecuária e Agronegócio. Porto Alegre, RS –
Brasil, 1995 –
Semestral – ISSN 0104-9070

2012, v. 18, n. 1, p. 01-88.

CDU 63(05)

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

CAB INTERNATIONAL – CAB ABSTRACTS
AGRIS
DERWENT VETERINARY DRUG FILE
DERWENT CROP PROTECTION FILE

REFERÊNCIA

PESQUISA AGROPECUÁRIA GAÚCHA. Porto Alegre: Fepagro, v. 18, n. 1, p 01-88, 2012.

Agricultura, Pecuária e Agronegócio

Solicitamos permuta

Acesse a versão *online* desta publicação em www.issuu.com/fepagro

O acervo da revista está disponível em <http://www.fepagro.rs.gov.br/lista/122/PAG>

Apresentação do Volume 18

A revista Pesquisa Agropecuária Gaúcha (PAG) foi instituída pela portaria 74 de 1995, com o objetivo de divulgar e difundir resultados de pesquisas do setor agropecuário.

É uma publicação técnico-científica com periodicidade semestral, destinada a divulgar e difundir resultados finais e conclusivos de trabalhos de pesquisa, na forma de artigos e comunicados inéditos, tendo como público-alvo a comunidade científica.

Na sua criação, a PAG reuniu quatro publicações extintas:

- **Agronomia Sulriograndense** (ISSN 0400-8111), cuja última publicação foi o número 1 do volume 17 de 1991.
- **Anuário Técnico do Instituto de Pesquisas Zootécnicas Francisco Osório** (ISSN 0100-2546), cujo último volume foi o 13 de 1986.
- **Boletim do Instituto de Pesquisas Veterinárias Desidério Finamor**, cujo último volume foi o 11 de 1988-1989.
- **Roessleria** (ISSN 0101-761), cuja última publicação foi o número 1 do volume 9 de 1987.

Atualmente, os textos publicados na PAG abrangem aspectos aplicados da pesquisa, como a oferta e o aperfeiçoamento de produtos e processos de interesse agropecuário.

O periódico é disponibilizado em duas formas: impresso, em um total de 500 a 800 exemplares, e *on-line*, na modalidade *free access*. Desde a criação da revista, a submissão de textos, a tramitação e a publicação não requerem desembolso dos autores.

Desta forma, a Comissão Editorial da Fepagro convida a todos os profissionais do setor para submeterem seus textos técnico-científicos à revista PAG.

Atenciosamente,

Luciano Kayser Vargas – Presidente da Comissão Editorial
André Dabdab Abichequer
Bernadete Radin
Lia Rosane Rodrigues
Paulo Michel Roehe
Rodrigo Favreto
Zélia M. de Souza Castilhos

Autores deste número:

André Dabdab Abichequer – 81	Lia Rosane Rodrigues – 59
André Samuel Strassburger – 45	Luciano Kayser Vargas – 81
Benjamin Dias Osorio Filho – 9	Luidi Eric Guimarães Antunes – 25
Bernardo Ueno – 37	Marcio Henrique Lauschner – 75
Bianca Capitani – 81	Marino José Tedesco – 75
Bruno Brito Lisboa – 81	Orlando Antonio Lucca Filho – 37
Claudimar Sidnei Fior – 59	Paulo Andre Rocha Petry – 25
Cláudio Henrique Kray – 75	Paulo Vitor Dutra de Souza – 53
Clesio Gianello – 75	Rafael Anzanello – 67
Daniela Bueno Piaz Barbosa – 75	Rafael Gomes Dionello – 25
Eberson Diedrich Eicholz – 37	Raquel Paz da Silva – 17
Edar Ferrari Filho – 25	Roberta Marins Nogueira Peil – 45
Enilson Luiz Saccol de Sá – 9	Roberto Gotardi – 25
Evelyn Penedo Dorneles – 81	Robson Andreazza – 75
Gabriel Pinto Barreto – 25	Rodrigo Favreto – 17
Gilmar Schäfer – 53	Rogério Ferreira Aires – 37
Henrique Belmonte Petry – 53	Sergio Delmar dos Anjos e Silva – 37
José Ernani Schwengber – 45	Sergio Francisco Schwarz – 53
Juliano Garcia Bertoldo – 17	Willian Heintze – 53
Karina Mayumi Higa – 59	Zarela Gudelia Casas Navarro Zanatta – 37
Leandro Bortolon – 75	

Sumário | *Table of Contents*

Artigo de Revisão | *Review Article*

Rizóbios em sistemas de rotação de arroz irrigado com leguminosas forrageiras hibernais Rhizobia in rotation system of irrigated rice and hibernal leguminous forages Benjamin Dias Osorio Filho, Enilson Luiz Saccol de Sá	9
--	---

Consequências da domesticação em feijão-comum para o melhoramento de plantas Consequences of common bean domestication for plant breeding Juliano Garcia Bertoldo, Raquel Paz da Silva, Rodrigo Favreto	17
--	----

Artigos Científicos | *Scientific Papers*

Qualidade de grãos de trigo submetidos a diferentes condições de armazenamento Quality of wheat grains under different storage conditions Edar Ferrari Filho, Luidi Eric Guimarães Antunes, Roberto Gotardi, Rafael Gomes Dionello, Paulo Andre Rocha Petry, Gabriel Pinto Barreto	25
--	----

Germinação de sementes de mamona em diferentes substratos e com tratamento fungicida Castor bean seed germination on different substrates and fungicide treatment Eberson Diedrich Eicholz, Zarela Gudelia Casas Navarro Zanatta, Rogério Ferreira Aires, Bernardo Ueno, Orlando Antonio Lucca Filho, Sergio Delmar dos Anjos e Silva	37
---	----

Dinâmica de crescimento da cultura do morangueiro em sistema orgânico Growth dynamic of strawberry crop in organic system André Samuel Strassburger, Roberta Marins Nogueira Peil, José Ernani Schwengber	45
--	----

Propagação de jasmim-do-imperador por estaquia Sweet olive propagation by cutting Henrique Belmonte Petry, Willian Heintze, Sergio Francisco Schwarz, Paulo Vitor Dutra de Souza, Gilmar Schäfer	53
--	----

Ensaio para a propagação <i>in vivo</i> e <i>in vitro</i> de ora-pro-nobis (<i>Pereskia aculeata</i>) Assays to <i>in vivo</i> and <i>in vitro</i> propagation of Barbados gooseberry (<i>Pereskia aculeata</i>) Karina Mayumi Higa, Claudimar Sidnei Fior, Lia Rosane Rodrigues	59
---	----

Caracterização da viticultura no Rio Grande do Sul por meio da análise dos dados do Cadastro Vitícola Characterization of viticulture in Rio Grande do Sul by means of data analysis from viticultural inventory Rafael Anzanello	67
--	----

Comunicados Técnicos | *Notes*

Utilização de resíduos de agroindústria fumageira como corretivo de acidez em diferentes solos Using tobacco processing residues as acidity corrective in different soils Marcio Henrique Lauschner, Marino José Tedesco, Clesio Gianello, Leandro Bortolon, Robson Andrezza, Cláudio Henrique Kray, Daniela Bueno Piaz Barbosa	75
---	----

**Determinação do fósforo remanescente como método alternativo
à textura na indicação da classe de disponibilidade de fósforo em três solos**

Determination of the remaining phosphorus as an alternative method
to texture to the indication of the availability of phosphorus in three soils

Bruno Brito Lisboa, Luciano Kayser Vargas, André Dabdab Abichequer,

Evelyn Penedo Dorneles, Bianca Capitani 81

Rizóbios em sistemas de rotação de arroz irrigado com leguminosas forrageiras hibernais¹

Benjamin Dias Osorio Filho², Enilson Luiz Saccol de Sá³

Resumo – Em áreas de várzeas cultivadas, onde o solo é inundado, os rizóbios adaptados ao estresse hídrico podem formar nódulos em leguminosas hibernais, fixar nitrogênio, e até mesmo colonizar plantas de espécies não-leguminosas, como gramíneas. Estudos recentes têm mostrado que os rizóbios podem colonizar raízes, caules e folhas de arroz, promovendo o crescimento da planta. A produção de fito-hormônios, principalmente ácido indol acético (AIA), é, possivelmente, o principal mecanismo de promoção de crescimento de arroz por rizóbios. Em várzeas, esses microrganismos podem ser grandes aliados na integração da lavoura de arroz, com o cultivo de leguminosas forrageiras. No cenário orizícola gaúcho, boa parte dos produtores utiliza as áreas de arroz no período de inverno com gado, ou aproveitando a resteva do arroz, ou cultivando azevém, às vezes em consórcio com alguma leguminosa. Neste contexto, durante o inverno, os rizóbios fixariam nitrogênio em simbiose com a leguminosa, promovendo o crescimento do pasto, e no verão colonizariam o arroz, estimulando seu crescimento e aumentando o rendimento de grãos. O objetivo desta revisão é relatar estudos que evidenciam a relação dos rizóbios com outras famílias botânicas, como as gramíneas, por diferentes mecanismos de promoção de crescimento, e que em sistemas agrícolas de rotação entre leguminosas e não-leguminosas como o que ocorre em várzeas no Rio Grande do Sul, é possível formar reservatórios de rizóbios no solo, que, por seus diferentes mecanismos de promoção de crescimento de plantas, beneficiem todos os sistemas produtivos desta integração.

Palavras chave: promoção de crescimento de plantas; gramíneas; várzea.

Rhizobia in rotation system of irrigated rice and hibernal leguminous forages

Abstract – In areas of cultivated flooded soil, adapted rhizobia to water stress can form nodules in hibernal legumes, fix nitrogen, and even colonize the non-leguminous plant species, such as gramineous plants. Recent studies have shown that rhizobia can colonize roots, stems and leaves of grasses, promoting plant growth. The production of plant hormones, mainly indole acetic acid (IAA), is probably the major mechanism of growth promotion of rice by rhizobia. In wetlands, these microorganisms can be great allies in the integration of rice crop with forage legumes. In the scenario of rice production of Rio Grande do Sul Brazilian State, most producers use the rice area in the winter with cattle, taking advantage of the rice stubble, or growing ryegrass and some legumes. In this context, during the winter, rhizobia were fixing nitrogen in symbiosis with legumes, promoting the growth of pasture in the summer and come into contact with the rice, colonizing the plant and stimulate its growth and yield. The aim of this review is to record rhizobia as plant growth-promoting bacteria (PGPB) in botanic families such as grasses. It is possible to form soil reservoir of rhizobia in rotation systems with legumes and non-legumes in order to improve the performance of productive systems by means of mechanisms of plantgrowth promotion.

Key words: promoting growth of plants, grasses, lowland.

¹ Extraído da tese de doutorado do primeiro autor no Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Manuscrito submetido em 10/12/2010 e aceito para publicação em 07/05/2012.

² Engenheiro Agrônomo, Doutor, Professor Adjunto, Universidade Estadual do Rio Grande do Sul, Unidade Cachoeira do Sul. *E-mail:* benjamin-filho@uergs.edu.br.

³ Engenheiro Agrônomo, Doutor, Professor Adjunto, Departamento de Solos, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. *E-mail:* enilson.sa@ufrgs.br.

Os rizóbios e a simbiose com leguminosas

Os rizóbios são bactérias já bastante conhecidas, que habitam o solo, ou em vida livre, ou realizando simbiose com plantas da família das leguminosas. Quando em simbiose, promovem a fixação biológica de nitrogênio em estruturas radiculares conhecidas como nódulos. Essas bactérias são gram-negativas, aeróbias obrigatórias, em forma de bastonetes, não formadoras de endosporos, com tamanho variando entre 0,5-0,9 por 1,2-3,0 µm. O número e a posição de flagelos dependem do gênero. São bactérias predominantemente quimior-ganotróficas, com exceção de algumas estirpes de *Bradyrhizobium japonicum*, que são quimiolitotróficas (SOMASEGARAM e HOBEN, 1994; MOREIRA e SIQUEIRA, 2006).

Com os recentes avanços em biologia molecular e a descoberta de novas espécies, a taxonomia dos rizóbios tem se modificado. Os rizóbios foram inicialmente agrupados no gênero *Rhizobium* (KUYKENDALL et al, 2005). Atualmente, o termo rizóbio é empregado para designar as bactérias capazes de formar nódulos e realizar a fixação de nitrogênio em simbiose com as leguminosas. Alguns autores tratam os rizóbios como bactérias fixadoras de nitrogênio nodulíferas em leguminosas (BFNNL) (MOREIRA e SIQUEIRA, 2006). Esses procariotos pertencem ao filo alfa-proteobacteria, à ordem Rhizobiales, e, atualmente, se distribuem em sete famílias, dez gêneros e 49 espécies. A família Rhizobiaceae compreende os gêneros *Rhizobium*, *Ensifer* e *Allorhizobium*. Na família Bradyrhizobiaceae estão inseridos os gêneros *Bradyrhizobium* e *Blastobacter*. As famílias Phyllocateriaceae, Xanthobacteraceae, Hyphomicrobiaceae, Methylobacteraceae e Brucelaceae possuem apenas um gênero de BFNNL cada, *Mesorhizobium*, *Azorhizobium*, *Devosia*, *Methylobacterium* e *Ochrobactrum*, respectivamente. Embora pertencentes ao filo Betaproteobacteria e à ordem Burkholderiaceae, algumas espécies do gênero *Burkholderia* e *Ralstonia* também são capazes de formar nódulos em leguminosas e fixar nitrogênio, podendo também ser designadas como rizóbios (WOLDE-MESKEL et al., 2004; HAN et al., 2005).

A família das leguminosas é a terceira maior entre as famílias de Angiospermas. No Rio Grande do Sul, é a família com maior diversidade de espécies (PEREIRA et al., 1998). Das associações entre plantas e bactérias diazotróficas, a simbiose entre leguminosas e rizóbios é a mais eficiente na fixação biológica de nitrogênio. Dentre as subfamílias de Leguminosae, a Papilionoideae (considerada

família Fabaceae por alguns autores) representa o grupo mais numeroso e com maior número de espécies capazes de formar nódulos. Nessa família estão importantes plantas produtoras de grãos para alimentação humana e animal, como o feijão (*Phaseolus vulgaris*), a ervilha (*Pisum sativum*) e a soja (*Glycine max*), para a produção de forragem, como a alfafa (*Medicago sativa*), os cornichões (*Lotus*) e os trevos (*Trifolium*), para a produção de adubos verdes, como a mucuna (*Stizolobium*), o guandu (*Cajanus cajan*) e a ervilhaca (*Vicia sativa*). Inúmeros outros exemplos podem ser citados e outros tipos de utilização podem ser dados às leguminosas, como produção de madeira, lenha e utilização como plantas ornamentais (WEIR et al., 2004).

Os teores de nitrogênio no tecido das leguminosas são maiores do que em plantas de outras famílias (MOREIRA e SIQUEIRA, 2006). Uma planta leguminosa sem associação com rizóbios necessita que o nitrogênio esteja disponível no solo para ser absorvido pelas raízes. No entanto, quando o rizóbio realiza simbiose efetiva com essa planta, o nitrogênio é fornecido pela bactéria suprimindo parcial ou totalmente as demandas da planta. A soja, cuja área de cultivo no Brasil ultrapassa os 20 milhões de hectares, dispensa totalmente o uso de fertilizantes nitrogenados quando devidamente inoculada com estirpes eficientes de *Bradyrhizobium* (ALVES et al., 2006), representando grande economia de recursos e diminuindo o potencial de poluição por nitrato.

Rizóbios como organismos promotores de crescimento de plantas

Os modos de ação dos organismos promotores de crescimento podem ser classificados em quatro grandes grupos: (I) aumento da disponibilidade de nitrogênio através da fixação biológica, (II) aumento da disponibilidade de fósforo, ferro e enxofre para a planta hospedeira, (III) produção de fito-hormônios, (IV) estímulo às interações da planta com outros microrganismos promotores de crescimento (BANERJEE et al., 2006). Outros autores também classificam os modos de ação dos organismos promotores de crescimento, como (a) fixação de nitrogênio, (b) produção de substâncias promotoras de crescimento, (c) síntese de enzimas moduladoras do crescimento, (d) aumento na absorção de nutrientes, (e) aumento na resistência ao estresse, (f) solubilização de fosfatos, (g) produção de vitaminas, (h) aumento na agregação do solo, (i) biocontrole, (j) interações com outros microrganismos (DOBBELAERE et al., 2003).

Além de realizarem a fixação biológica de nitrogênio, os rizóbios também podem, por outros mecanismos, estimular o crescimento e o desenvolvimento de plantas de outras famílias, além das leguminosas. Os rizóbios podem atuar como microrganismos endofíticos, ou seja, vivendo no interior da planta, nas suas raízes, caules e folhas, estimulando o crescimento do vegetal. Essa estimulação pode ser pela produção de substâncias hormonais, como o ácido indol acético (AIA), no interior das células e nos espaços intercelulares (BISWAS et al., 2000; MANTE-LIN e TOURAINE, 2004; CHEN et al., 2005), pela solubilização de fosfatos (RODRIGUEZ e FRAGA, 1999), e pela proteção das plantas contra patógenos (MISHRA et al., 2006; DUTTA et al., 2007).

Depois da fixação de nitrogênio, a produção de fito-hormônios talvez seja o mais importante modo de ação na promoção de crescimento de plantas por microrganismos. A síntese de auxina, particularmente o AIA, por microrganismos endofíticos, promove o crescimento das raízes e a proliferação de pelos radiculares, melhorando a absorção de água e nutrientes do solo e, conseqüentemente, melhorando o desenvolvimento da planta (CABALLERO-MELLADO, 2006).

O triptofano é o principal precursor de AIA. Diferentes rotas metabólicas de biossíntese de AIA já foram identificadas em bactérias (SPAEPEN et al., 2007). A rota do indol-3-acetamida (IAM) é a mais bem caracterizada em bactérias. Nessa rota, o triptofano é convertido em IAM pela enzima triptofanomonoxigenase (IaaH), e de IAM em AIA, pela enzima IAM-hidrolase. A enzima triptofanomonoxigenase já foi identificada em *Agrobacterium tumefaciens* (GOODNER et al., 2001; WOOD et al., 2001). A rota indol-3-piruvato (IPyA) é a rota de síntese de AIA predominante nos vegetais. No entanto, essa rota já foi identificada em bactérias como *Bradyrhizobium* (GIRAUD et al., 2007), onde, pela ação de uma aminotransferase, o triptofano é convertido em indol-3-piruvato. Esse composto é descarboxilado, convertendo-se em indol-3-acetaldeído. A descarboxilação ocorre pela ação de indol-3-piruvato descarboxilase (IPDC). Finalmente, o indol-3-acetaldeído é oxidado a AIA. Outra rota de produção de AIA é a rota da triptamida (TAM), que consiste na transformação de triptofano pela ação da triptofano descarboxilase em TAM, que é diretamente convertida em indol-3-acetaldeído por uma amino-oxidase. A rota TAM ocorre principalmente em plantas, porém a atividade de triptofano descarboxilase foi identificada em *M. loti* (KANEKO et al., 2000). A rota do indol-acetonitrilo (IAN) não está ainda bem definida. É possível que o triptofano seja

convertido em indol-3-indoldoxima ou indol-3-glicobrassicin e esses compostos sejam convertidos em IAN, o qual pode ser convertido diretamente em AIA, por ação de uma nitrilase ou transformado em indol-3-acetamida, por ação de uma enzima nitrilohidratase. Em *B. japonicum* foi identificada a enzima nitrilase (KANEKO, 2002). Enzimas nitrilohidratases já foram identificadas em *R. etli* (GONZALEZ et al., 2006), *R. leguminosarum* (YOUNG et al., 2006), *Bradyrhizobium* sp. (GIRAUD et al., 2007) e *S. meliloti* (CAPELA et al., 2001; GALIBERT et al., 2001).

As citocininas têm recebido pouca atenção por serem compostos lábeis, de difícil identificação e quantificação. Esse hormônio promove a divisão celular, o desenvolvimento de raízes e formação de pelos radiculares (FRANKENBERGER e ARSHAD, 1995). Mais de 80% dos microrganismos isolados da rizosfera são capazes de produzir compostos do grupo das citocininas, quando cultivados *in vitro* (BAREA et al., 1976). Uma estirpe modificada de *R. leguminosarum*, mutante não produtor de adenosina, precursor de citocinina, não promoveu o crescimento de alface e canola quando comparada com a estirpe selvagem, sugerindo que a citocinina está envolvida na promoção do crescimento (NOEL et al., 1996).

Algumas estirpes de rizóbios também promovem o crescimento de plantas por aumentar a disponibilidade de fósforo solúvel nas raízes. O fósforo é um dos elementos essenciais para os vegetais e, no solo, a disponibilidade de fósforo é altamente influenciada pela quantidade e tipos de grupos funcionais da fração argila. Em solos com avançado grau de intemperismo, com elevados teores de óxidos de ferro, como os latossolos, o fósforo solúvel aplicado é rapidamente adsorvido por estes colóides (SPARKS et al., 1995). O alto custo dos fosfatos solúveis, aliado à grande demanda desse elemento para as plantas, tem despertado muito interesse em pesquisas com fertilizantes fosfatados alternativos. O uso de fosfatos de baixa solubilidade, associado com inoculação com rizóbios solubilizadores de fosfato é uma alternativa para a liberação gradual do fósforo para as plantas. O microrganismo é capaz de produzir ácidos orgânicos, sendo que o próton H⁺ ataca o mineral fosfatado. Conseqüentemente, o fósforo inorgânico é liberado do mineral pela substituição do cátion Ca⁺² pelo próton H⁺. Algumas estirpes de *R. leguminosarum*, *R. meliloti* e *R. lotiforum* capazes de liberar o fósforo da hidroxapatita insolúvel (HALDER e CHAKRABARTTY, 1993; RODRIGUEZ e FRAGA, 1999).

Outra forma de promoção de crescimento de plantas, com as quais algumas estirpes de rizóbios

também estão envolvidas, é a proteção de plantas contra o ataque de patógenos. Um exemplo de biocontrole é a produção do antibiótico trifolitoxin (TFX) por *R. leguminosarum* bv. *trifolii*, no controle de um elevado número de bactérias, incluindo patógenos de plantas e animais (DOBBELAERE et al., 2003). Uma pesquisa com inoculação de rizóbios em arroz mostrou que essa prática proporcionou um rápido acúmulo de ácidos fenólicos, como mecanismo de defesa contra o ataque de *Rizoctonia solani* (MISHRA et al., 2006). Um trabalho realizado por Dutta et al. (2007) mostrou o potencial de inoculações duplas de uma estirpe de rizóbio, com *Bacillus cereus*, e com *Pseudomonas aeruginosa*, no controle de *Fusarium udum* em guandu.

Em trabalho realizado por Vargas et al. (2009), várias estirpes de *R. leguminosarum* bv. *trifolii*, isoladas da rizosfera de leguminosas do gênero *Trifolium*, além de produzirem AIA e sideróforos e solubilizarem fosfatos, foram capazes também de reduzir o crescimento inicial de micélios do fungo *Verticillium* sp, causador de doenças radiculares.

Rizóbios em sistemas integrados com arroz irrigado e pastagens de inverno

Em um estudo de microscopia, com uma cultivar nativa de arroz africano (*Oryza breviligulata*), inoculada com uma estirpe de *Bradyrhizobium*, foram distinguidos dois estágios de colonização nas raízes dessa planta. Inicialmente ocorreu a formação de um biofilme em torno dos ápices radiculares. Essa etapa caracterizou-se por uma rápida multiplicação bacteriana, cobrindo grandes áreas de superfície radicular. Posteriormente ocorreu a invasão intercelular das células epidérmicas, via fissuras radiculares, que se formam em virtude da emergência de raízes secundárias (CHARENTREUIL et al., 2000)

A abundância de células de *Ensifer meliloti*, marcadas com o gene da proteína fluorescente GFP, em torno dos pontos de conexão entre raízes primárias e secundárias de arroz, foi observada em análises microscópicas (CHI et al., 2005). As bactérias que penetram nas raízes de arroz seguem pelos espaços intercelulares, colonizando a epiderme (inclusive pelos radiculares), córtex e tecidos vasculares. Além disso, as células que se disseminam pelo aerênquima e vasos condutores ascendem para o caule e folhas e algumas espécies e estirpes de rizóbios podem persistir no interior dos tecidos de arroz até as fases reprodutivas da planta.

A hipótese mais aceita é de que a entrada dos rizóbios em plantas de arroz se dá por aberturas radiculares que ocorrem em função da emissão de

raízes secundárias (REDDY et al., 1997; PERRINE-WALKER et al., 2007). No trabalho de Perrine-Walker et al. (2007), foi observado que células de *R. leguminosarum* bv. *trifolii*, marcadas com GFP, concentraram-se nos pontos de junção entre a raiz primária e as raízes secundárias, dois dias após a inoculação. Esses autores também observaram curvaturas em pelos radiculares de plântulas de arroz, em função da inoculação com células de *Rhizobium*, indicando que algumas das rotas de sinalização, envolvendo a formação de nódulos em leguminosas, podem estar presentes também no arroz.

Em arroz, os rizóbios não são capazes de formar nódulos radiculares e pouco se sabe sobre a capacidade de fixação de nitrogênio nessas plantas. No entanto, as interações da bactéria com o cereal elevam os níveis de fito-hormônios nos tecidos, produzindo uma variedade de benefícios, refletidos significativamente na fisiologia do crescimento das plantas de arroz (CHI et al., 2005). Estudos vêm demonstrando incrementos no crescimento e no desenvolvimento de plantas de arroz pela inoculação com estirpes de rizóbios. A inoculação com três isolados de *R. leguminosarum* incrementaram a produção de matéria seca de plantas de seis cultivares de arroz, *in vitro* (YANNI et al., 2001). Nesse mesmo estudo, porém, em experimentos de campo, outras estirpes foram capazes de aumentar o volume radicular, a matéria seca da parte aérea, o rendimento de grãos de arroz e a eficiência no uso do nitrogênio. Essa eficiência no uso de nitrogênio pode estar relacionada com o aumento do volume radicular e, conseqüentemente, um maior volume de solo explorado pelas raízes. Em um estudo feito na Índia, a altura de plantas de arroz, o número de panículas de arroz, a matéria seca de raízes e da parte aérea, bem como o rendimento de grãos, aumentaram quando as plantas foram inoculadas com estirpes de rizóbios (MISHRA et al., 2006).

A manifestação dos benefícios da inoculação com rizóbios em arroz pode começar já na germinação e na emergência, estendendo-se até o incremento no rendimento de grãos na lavoura. Em estudo realizado por Biswas et al. (2000), a estirpe de *R. leguminosarum* bv. *trifolii* E11, foi capaz de estimular o comprimento da radícula e do prófio, além de incrementar a área foliar, a matéria seca da parte aérea, a absorção de nitrogênio, o número de panículas e o rendimento de grãos de arroz. Em outro trabalho, Chi et al. (2005) observaram incrementos no crescimento de arroz, bem como no rendimento de grãos, pela inoculação com as estirpes ORS571 de *A. caulinodans*, 1021 e 1002 de *E. meliloti*, 2370 de *R. leguminosarum* bv. *viciae* e 93 de *M. huakui*.

Além disso, esses autores evidenciaram que essas estirpes também incrementaram as taxas de fotossíntese, a condutância estomática, a velocidade de transpiração e a eficiência no uso da água absorvida pela planta de arroz.

No estado do Rio Grande do Sul, a cultura do arroz irrigado ocupa uma área superior a um milhão de hectares, o que corresponde a aproximadamente 40 % da área cultivada com arroz no Brasil (ANUÁRIO BRASILEIRO DO ARROZ, 2011). As áreas de várzeas, onde o arroz é cultivado, concentram-se na metade sul do estado, onde é muito comum a integração do cultivo do cereal com a criação de gado, na entressafra (MARCHEZAN et al., 2002). Nesse período, que coincide com o inverno, as precipitações são frequentes, e o solo, que é de baixa permeabilidade, pode permanecer vários dias com excesso de umidade (MENEZES et al., 2001).

O excesso de água no solo diminui a disponibilidade de oxigênio para a respiração radicular. Nessas condições, a produção de ATP nos tecidos radiculares decai, sendo insuficiente para sustentar a absorção de nutrientes do solo, fundamental para o crescimento e desenvolvimento vegetal (TAIZ e ZEIGER, 2004). Algumas espécies de plantas conseguem desenvolver mecanismos de tolerância a períodos de alagamento. Tais mecanismos permitem que as raízes dessas plantas obtenham o oxigênio da parte aérea, para que todas as células possam respirar, além de impedirem que o oxigênio seja difundido para fora das raízes (DREW et al., 2000). Por exemplo, uma dessas plantas é a leguminosa forrageira *Lotus uliginosus*, que além de tolerar solos alagados, é capaz de realizar simbioses eficientes com rizóbios nessas condições (JAMES e CRAWFORD, 1998; JAMES e SPRENT, 1999).

Trabalhos realizados no Egito mostram que estirpes de *R. leguminosarum* bv. *trifolii* simbiotes com *Trifolium alexandrinum*, cultivado às margens do Rio Nilo, permanecem no solo e colonizam o arroz cultivado em rotação. O arroz é beneficiado pelo nitrogênio, fixado durante o ciclo do trevo, e diretamente pelos rizóbios, que colonizam suas raízes, caules e folhas (YANNI et al., 1997; YANNI et al., 2001; YANNI e DAZZO, 2010). Esse sistema de produção, existente há centenas de anos, permitiu o estabelecimento de um equilibrado banco de rizóbios no solo e exemplifica um sistema sustentável de produção agrícola.

A utilização de plantas leguminosas forrageiras, apresentando eficiente simbiose com rizóbios e adaptadas a solos de várzea, pode aumentar a produção de forragem no inverno e disponibilizar nitrogênio para a cultura do arroz em sucessão. Dependendo da produção de matéria verde da forrageira,

a adubação de base pode até ser suprimida, necessitando aplicação de nitrogênio apenas em cobertura. Diversos autores têm mostrado que os rizóbios da simbiose com as plantas leguminosas forrageiras podem permanecer no solo e, posteriormente, colonizar as plantas de arroz, beneficiando diretamente a cultura, pela promoção de crescimento (YANNI e DAZZO, 2010). Com o aumento da eficiência do uso do nitrogênio e demais nutrientes, que ocorre pelo crescimento mais abundante do sistema radicular, proporcionado pelo estímulo hormonal microbiano, pode haver uma economia no uso de fertilizantes e diminuição das contaminações ambientais nas áreas de várzeas e nos recursos hídricos adjacentes.

Conclusões

O uso de rizóbios como promotores de crescimento de plantas não-leguminosas tem despertado muito interesse nos pesquisadores da área de microbiologia agrícola, no entanto, na prática, a utilização ainda é escassa. Os resultados das pesquisas indicam que várias estirpes de rizóbios apresentam habilidade de colonizar plantas não-leguminosas, como o arroz, estimulando a germinação, o crescimento e a produtividade desse cereal, principalmente em função da produção de auxinas. Essas descobertas apontam o potencial da utilização de rizóbios em áreas de rotação ou sucessão de cultivos de leguminosas e gramíneas, como no caso das áreas de várzea cultivadas com arroz em rotação com pastagens. Mais estudos precisam ser realizados, selecionando rizóbios mais eficientes em arroz, e cujas simbioses com leguminosas sejam adaptadas a ambientes de alagamento frequente. Nesta perspectiva, tais estudos servirão de base para a produção integrada de arroz e forragem, com maior aproveitamento dos nutrientes do solo e redução de custos e de problemas ambientais.

Referências

- ALVES, B. J. R.; ZOTARELLI, L.; FERNANDES, F. M.; HECKLER, J. C.; MACEDO, R. A. T.; BODDEY, R. M.; JANTALIA, C. P.; URQUIAGA, S. Fixação biológica de nitrogênio e fertilizantes nitrogenados no balanço de nitrogênio em soja, milho e algodão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 3, p. 449-456, 2006.
- ANUÁRIO BRASILEIRO DO ARROZ 2011. Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta Santa Cruz, 2011. 128p.
- BANERJEE, M. R.; YESMIN, L.; VESSEY, J. K. Plant-growth-promoting rhizobacteria as biofertilizers and biopesticides. In: RAI, M. K. (Ed). **Handbook of Microbial Biofertilizers**. Nova York: Food Products Press, 2006. p. 137-181.

- BAREA, J. M.; NAVARRO, E.; MONTOYA, E. Production of plant growth regulators by rhizosphere phosphate solubilizing bacteria. **Journal of Applied Bacteriology**, London, v. 40, p. 129-134, 1976.
- BISWAS, J. C.; LADHA, J. K.; DAZZO, F. B.; YANNI, Y. G.; ROLFE, B. G. Rhizobial inoculation influences seedling vigor and yield of rice. **Agronomy Journal**, Madison, v. 92, p. 880-886, 2000.
- CABALLERO-MELLADO, J. Microbiología agrícola y interacciones microbianas con plantas. **Revista Latinoamericana de Microbiología**, México, v. 48, n. 2, p. 154-161, 2006.
- CAPELA, D.; BARLOY-HUBLER, F.; GOUZY, J.; BOTHE, G.; AMPE, F.; BATUT, J.; BOISTARD, P.; BECKER, A.; BOUTRY, M.; CADIEU, E.; DREANO, S.; GLOUX, S.; GODRIE, T.; GOFFEAU, A.; KAHN, D.; KISS, E.; LELAURE, V.; MASUY, D.; POHL, T.; PORTETELLE, D.; PUEHLER, A.; PURNELLE, B.; RAMSPERGER, U.; RENARD, C.; THEBAULT, P.; VANDENBOL, M.; WEIDNER, S.; GALIBERT, F. Analysis of the chromosome sequence of the legume symbiont *Sinorhizobium meliloti* strain 1021. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, Washington, v. 98, n. 17, p. 9877-9882, 2001.
- CHARENTREUIL, C.; GIRAUD, E.; PRIN, Y.; LORQUIN, J.; BA, A.; GILLIS, M.; LAJUDIE, P.; DREYFUS, B. Photosynthetic *Bradyrhizobia* are natural endophytes of the African Wild rice *Oryza breviligulata*. **Applied and Environmental Microbiology**, Washington, v. 66, n. 12, p. 5437-5447, 2000.
- CHEN, X.; FENG, J.; HOU, B.; LI, F.; LI, Q.; HONG, G. Modulating DNA bending affects NodD-mediated transcriptional control in *Rhizobium leguminosarum*. **Nucleic Acids Research**, Oxford, v. 33, p. 2540-2548, 2005.
- CHI, F.; SHEN, S.H.; CHENG, H.P.; JING, Y.X.; YANNY, Y.G.; DAZZO, F.B. Ascending Migration of Endophytic Rhizobia, from Roots to Leaves, inside Rice Plants and Assessment of Benefits to Rice Growth Physiology. **Applied and Environmental Microbiology**, Washington, v. 71, n. 11, p. 7271-7278, 2005.
- DOBBELAERE, S.; VANDERLEYDEN, J.; OKON, Y. Plant growth-promoting effects of diazotrophs in the rhizosphere. **Critical Reviews in Plant Sciences**, Philadelphia, v. 22, p. 107-149, 2003.
- DREW, M. C.; HE, C. J.; MORGAN, P. W. Programmed cell death and aerenchyma formation in roots. **Trends in Plant Science**, London, v. 5, p. 123-127, 2000.
- DUTTA, S.; MISHRA, A. K.; DILEEP KUMAR, B. K. Induction of systemic resistance against fusarial wilt in pigeon pea through interaction of plant growth promoting rhizobacteria and rhizobia. **Soil Biology & Biochemistry**, Elmsford, v. 40, n. 2, p. 452-461, 2007.
- FRANKENBERGER, W.T. Jr.; ARSHAD, M. **Phytohormones in Soils: microbial production and function**. New York, Marcel Dekker, 1995. 503 p.
- GALIBERT, F.; FINAN, T. M.; LONG, S. R.; PUHLER, A.; ABOLA, P.; AMPE, F.; BARLOY-HUBLER, F.; BARNETT, M. J.; BECKER, A.; BOISTARD, P.; BOTHE, G.; BOUTRY, M.; BOWSER, L.; BUHRMESTER, J.; CADIEU, E.; CAPELA, D.; CHAIN, P.; COWIE, A.; DAVIS, R. W.; DREANO, S.; FEDERSPIEL, N. A.; FISHER, R. F.; GLOUX, S.; GODRIE, T.; GOFFEAU, A.; GOLDING, B.; GOUZY, J.; GURJAL, M.; HERNANDEZ-LUCAS, I.; HONG, A.; HUIZAR, L.; HYMAN, R. W.; JONES, T.; KAHN, D.; KAHN, M. L.; KALMAN, S.; KEATING, D. H.; KISS, E.; KOMP, C.; LELAURE, V.; MASUY, D.; PALM, C.; PECK, M. C.; POHL, T. M.; PORTETELLE, D.; PURNELLE, B.; RAMSPERGER, U.; SURZYCKI, R.; THEBAULT, P.; VANDENBOL, M.; VORHOLTER, F. J.; WEIDNER, S.; WELLS, D. H.; WONG, K.; YE, K. C.; BATUT, J. The composite genome of the legume symbiont *Sinorhizobium meliloti*. **Science**, Washington, v. 293, n. 5530, p. 668-672, 2001.
- GIRAUD, E.; MOULIN, L.; VALLENET, D.; BARBE, V.; CYTRYN, E.; AVARRE, J. C.; JAUBERT, M.; SIMON, D.; CARTIEAUX, F.; PRIN, Y.; BENA, G.; HANNIBAL, L.; FARDOUX, J.; KOJADINOVIC, M.; VUILLET, L.; LAJUS, A.; CRUVEILLER, S.; ROUY, Z.; MANGENOT, S.; SEGURENS, B.; DOSAT, C.; FRANCK, W. L.; CHANG, W. S.; SAUNDERS, E.; BRUCE, D.; RICHARDSON, P.; NORMAND, P.; DREYFUS, B.; PIGNOL, D.; STACEY, G.; EMERICH, D.; VERMEGLIO, A.; MEDIGUE, C.; SADOWSKY, M. Legumes symbioses: absence of Nod genes in photosynthetic *Bradyrhizobia*. **Science**, Washington, v. 316, n. 5829, p. 1307-1312, 2007.
- GONZALEZ, V.; SANTAMARIA, R. I.; BUSTOS, P.; HERNANDEZ-GONZALEZ, I.; MEDRANO-SOTO, A.; MORENO-HAGELSIEB, G.; JANGA, S. C.; RAMIREZ, M. A.; JIMENEZ-JACINTO, V.; COLLADO-VIDES, J.; DAVILA, G. The partitioned *Rhizobium etli* genome: genetic and metabolic redundancy in seven interacting replicons. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, Washington, v. 103, n. 10, p. 3834-3839, 2006.
- GOODNER, B.; HINKLE, G.; GATTUNG, S.; MILLER, N.; BLANCHARD, M.; QUROLLO, B.; GOLDMAN, B. S.; CAO, Y.; ASKENAZI, M.; HALLING, C.; MULLIN, L.; HOUMIEL, K.; GORDON, J.; VAUDIN, M.; IARTCHOUK, O.; EPP, A.; LIU, F.; WOLLAM, C.; ALLINGER, M.; DOUGHTY, D.; SCOTT, C.; LAPPAS, C.; MARKELZ, B.; FLANAGAN, C.; CROWELL, C.; GURSON, J.; LOMO, C.; SEAR, C.; STRUB, G.; CIELO, C.; SLATER, S. Genome sequence of the plant pathogen and biotechnology agent *Agrobacterium tumefaciens* C58. **Science**, Washington, v. 294, n. 5550, p. 2323-2328, 2001.
- HALDER, A. K.; CHAKRABARTTY, P. K. Solubilization of inorganic phosphate by *Rhizobium*. **Folia Microbiologica**, Prague, v. 38, p. 325-30, 1993.
- HAN, J.; SUN, L.; DONG, X.; CAI, Z.; SUN, X.; YANG, H.; WANG, Y.; SONG, W. Characterization of a novel plant growth-promoting bacteria strain *Delftia suruhatensis* HR4 both as a diazotroph and a potential biocontrol agent against various plant pathogens. **Systematic and Applied Microbiology**, Stuttgart, v. 28, n. 1, p. 66-76, 2005.
- JAMES, E. K.; SPRENT, J. I. Development of N₂-fixing nodules on the wetland legume *Lotus uliginosus* exposed to conditions of flooding. **New Phytologist**, Lancaster, v. 142, p. 219-231, 1999.
- JAMES, E. K.; CRAWFORD, R. M. M. Effect of oxygen availability on nitrogen fixation by two *Lotus* species under flooded conditions. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 49, p. 599-609, 1998.
- KANEKO, T.; NAKAMURA, Y.; SATO, S.; ASAMIZU, E.; KATO, T.; SASAMOTO, S.; WATANABE, A.; IDESAWA, K.; ISHIKAWA, A.; KAWASHIMA, K.; KIMURA, T.; KISHIDA, Y.; KIYOKAWA, C.; KOHARA, M.; MATSUMOTO, M.; MATSUNO, A.

- MOCHIZUKI, Y.; NAKAYAMA, S.; NAKAZAKI, N.; SHIMPO, S.; SUGIMOTO, M.; TAKEUCHI, C.; YAMADA, M.; TABATA, S. Complete genome structure of the nitrogen-fixing symbiotic bacterium *Mesorhizobium loti*. **DNA Research**, Oxford, v. 7, n. 6, p. 331-338, 2000.
- KANEKO, T.; NAKAMURA, Y.; SATO, S.; MINAMISAWA, K.; UCHIUMI, T.; SASAMOTO, S.; WATANABE, A.; IDESAWA, K.; IRIGUCHI, M.; KAWASHIMA, K.; KOHARA, M.; MATSUMOTO, M.; SHIMPO, S.; TSURUOKA, H.; WADA, T.; YAMADA, M.; TABATA, S. Complete genomic sequence of nitrogen-fixing symbiotic bacterium *Bradyrhizobium japonicum* USDA110 (supplement). **DNA Research**, Oxford, v. 9, n. 6, p. 225-256, 2002.
- KUYKENDALL, L. D.; YOUNG, J. M.; MARTÍNEZ-ROMERO, E.; KERR, A.; SAWADA, H. Genus I Rhizobium Frank 1889, 338. In: BRENNER, D. J.; KRIEG, N. R.; STALEY, J. T.; GARRITY, G. M. (Eds). **Bergey's Manual of Systematic Bacteriology**, 2 nd. New York: Springer, 2005. Vol. 2, The Proteobacteria, Part C, The Alpha-, Beta-, Delta- and Epsilonproteobacteria, p. 325-340.
- MANTELIN, S.; TOURAINE, B. Plant growth-promoting bacteria and nitrate availability: impacts on root development and nitrate uptake. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 55, n. 394, p. 27-34, 2004.
- MARCHEZAN, E.; VIZZOTTO, V. R.; ROCHA, M. G.; MOOJEN, E. L.; SILVA, J. H. S. Produção animal em várzea sistematizada cultivada com forrageiras de estação fria submetidas a diferentes níveis de adubação. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 32, n. 2, p. 303-308, 2002.
- MENEZES, V. G.; PAIM MARIOT, C. H. P.; LOPES, M. C. B.; SILVA, P. R. F.; TEICHMANN, L. L. Semeadura direta de genótipos de arroz irrigado em sucessão a espécies de cobertura de inverno. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 9, p. 1107-1115. 2001.
- MISHRA, R. P. N.; SINGH, R. K.; JAISWAL, H. K.; KUMAR, V.; MAURYA, S. Rhizobium-mediated induction of phenolics and plant growth promotion in rice (*Oryza sativa* L.). **Current Microbiology**, New York, v. 52, p. 383-389, 2006.
- MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e Bioquímica do Solo**. 2.ed. Lavras: Editora UFLA, 2006. 729 p.
- NOEL, T. C.; SHENG, C.; YOST, C. K.; PHARIS, R. P.; HYNES, M. F. *Rhizobium leguminosarum* as a plant growth-promoting rhizobacterium: direct growth promotion of canola and lettuce. **Canadian Journal of Microbiology**, Ottawa, v. 42, p. 279-283, 1996.
- PEREIRA, E. G.; TRANNIN, I. C. B.; MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. Ocorrência de leguminosas e de nodulação em relação à biodiversidade vegetal em ecossistemas florestais brasileiros. In: FERTBIO 98, 1998, Caxambu. **Resumos...** Caxambu, 1998.
- PERRINE-WALKER, F. M.; PRAYITNO, J.; ROLFE, B. G.; WEINMAN, J. J.; HOCART, C. H. Infection process and the interaction of rice roots with rhizobia. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 58, p. 3343-3350, 2007.
- REDDY, P. M.; LADHA, J. K.; SO, R. B.; HERNANDEZ, R. J.; RAMOS, M. C.; ANGELES, O. R.; DAZZO, F. B.; DE BRUIJN, F. J. Rhizobial communication with rice roots: Induction of phenotypic changes, mode of invasion and extent of colonization. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 194, p. 81-98, 1997.
- RODRIGUEZ, H.; FRAGA, R. Phosphate solubilizing bacteria and their role in plant growth promotion. **Biotechnology Advances**, New York, v. 17, p. 319-339, 1999.
- SOMASEGARAN, P.; HOBEN, J.H. **Handbook for rhizobia: methods in legume-Rhizobium technology**. New York: Springer-Verlag, 1994. 450p.
- SPAEPEN, S.; VANDERLEYDEN, J.; REMANS, R. Indole-3-acetic acid in microbial and microorganism-plant signaling. **Federation of European Microbiological Societies Microbiology Reviews**, v. 31, p. 425-448, 2007.
- SPARKS, D. L. **Environmental Soil Chemistry**. San Diego: Academic Press, 1995. 267 p.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 3 Ed. Porto Alegre: ArtMed Editora, 2004. 719 p.
- VARGAS, L. K.; LISBOA, B. B.; SCHLINDWEIN, G.; GRANADA, C. E.; GIONGO, A.; BENEDUZI, A.; PASSAGLIA, L. M. P. Occurrence of plant growth-promoting traits in clover-nodulating rhizobia strains isolated from different soils in Rio Grande do Sul state. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 33, p. 1227-1235, 2009.
- WEIR, B. S.; TURNER, S. J.; SILVESTER, W. B.; PARK, D. C.; YOUNG, J. M. Unexpectedly diverse *Mesorhizobium* strains and *Rhizobium leguminosarum* nodulate native legume genera of New Zealand, while introduced legume weeds are nodulated by *Bradyrhizobium* species. **Applied and Environmental Microbiology**, Washington, v. 70, n. 10, p. 5980-5987, 2010
- WOLDE-MESKEL, E.; TEREFWORK, Z.; LINDSTROM, K. E.; FROSTEGARD, A. Rhizobia nodulating African *Acacia* spp. and *Sesbania sesban* trees in southern Ethiopian soils are metabolically and genomically diverse. **Soil Biology & Biochemistry**, Elmsford, v. 36, n. 8, p. 2013-2025, 2004.
- WOOD, D. W.; SETUBAL, J. C.; KAUL, R.; MONKS, D. E.; KITAJIMA, J. P.; OKURA, V. K.; ZHOU, Y.; CHEN, L.; WOOD, G. E.; ALMEIDA, N. F. JR.; WOO, L.; CHEN, Y.; PAULSEN, I. T.; EISEN, J. A.; KARP, P. D.; BOVEE, D. S. R.; CHAPMAN, P.; CLENDENNING, J.; DEATHERAGE, G.; GILLET, W.; GRANT, C.; KUTYAVIN, T.; LEVY, R.; LI, M. J.; MCCLELLAND, E.; PALMIERI, A.; RAYMOND, C.; ROUSE, G.; SAENPHIMMACHAK, C.; WU, Z.; ROMERO, P.; GORDON, D.; ZHANG, S.; YOO, H.; TAO, Y.; BIDDLE, P.; JUNG, M.; KRESPAN, W.; PERRY, M.; GORDON-KAMM, B.; LIAO, L.; KIM, S.; HENDRICK, C.; ZHAO, Z. Y.; DOLAN, M.; CHUMLEY, F.; TINGEY, S. V.; TOMB, J. F.; GORDON, M. P.; OLSON, M. V.; NESTER, E. W. The genome of the natural genetic engineer *Agrobacterium tumefaciens* C58. **Science**, Washington, v. 294, n. 5550, p. 2317-2323, 2001.
- YANNI, Y. G.; DAZZO, F. B. Enhancement of rice production using endophytic strains of *Rhizobium leguminosarum* bv. *trifolii* in extensive field inoculation trials within the Egypt Nile Delta. **Plant and Soil**, **Crawley**, v. 336, p. 129-142, 2010.
- YANNI, Y. G.; RIZK, E. Y.; CORICH, V.; SQUARTINI, A.; NINKE, K.; PHILIP-HOLLINGSWORTH, S.; ORGAMBIDE, G. G.; DE BRUIJN, F. J.; STOLTZFUS, J.; BUCKLEY, D.; SCHMIDT, T. M.; MATEOS, P. F.; LADHA, J. K.; DAZZO, F. B. Natural endophytic association between *Rhizobium leguminosarum* bv. *trifolii* and rice roots and assessment of its potential to promote rice growth. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 194, p. 99-114, 1997.

YANNI, Y. G.; RIZK, R. Y.; ABD EL-FATTAH, F. K.; SQUARTINI, A.; CORICH, V.; GIACOMINI, A.; DE BRUIJIN, F.; REDEMAKER, J.; MAYA-FLORES, J.; OSTROM, P.; VEGA-HERNANDEZ, M.; HOLLINGSWORTH, R. I.; MARTINEZ-MOLINA, E.; NINKE, K.; PHILIP-HOLLINGSWORTH, S.; MATEOS, P. F.; VELASQUEZ, E.; TRIPLETT, E.; UMALI-GARCIA, M.; ANARNA, J. A.; ROLFE, B. G.; LADHA, J. K.; HILL, J.; MUJOO, R.; NG, P. K.; DAZZO, F. B. The beneficial plant growth-promoting association of *Rhizobium leguminosarum* bv. trifolii with rice roots. **Australian Journal of Plant Physiology**, Melbourne, v. 28, p. 845-870, 2001.

YOUNG, J. P.; CROSSMAN, L. C.; JOHNSTON, A. W.; THOMSON, N. R.; GHAZOU, Z. F.; HULL, K. H.; WEXLER, M.; CURSON, A. R.; TODD, J. D.; POOLE, P. S.; MAUCLINE, T. H.; EAST, A. K.; QUAIL, M. A.; CHURCHER, C.; ARROWSMITH, C.; CHEREVACH, I.; CHILLINGWORTH, T.; CLARKE, K.; CRONIN, A.; DAVIS, P.; FRASER, A.; HANCE, Z.; HAUSER, H.; JAGELS, K.; MOULE, S.; MUNGALL, K.; NORBERTCZAK, H.; RABBINOWITSCH, E.; SANDERS, M.; SIMMONDS, M.; WHITEHEAD, S.; PARKHILL, J. The genome of *Rhizobium leguminosarum* has recognizable core and accessory components. **Genome Biology**, London, v. 7, n. 4, R 34, 2006.

Consequências da domesticação em feijão-comum para o melhoramento de plantas¹

Juliano Garcia Bertoldo^{2*}, Raquel Paz da Silva³, Rodrigo Favreto⁴

Como tem sido frequentemente evidenciado, é provável que não existam dois indivíduos exatamente iguais. Todos os animais selvagens reconhecem-se uns aos outros, mostrando que há alguma diferença entre eles; com os olhos treinados um pastor conhece cada ovelha e o Homem pode distinguir um amigo dentre milhões de outros homens.

(DARWIN, C. Animals and Plants under Domestication, v.I, p.361)

Resumo – O feijão-comum (*Phaseolus vulgaris* L.) é uma das mais importantes leguminosas cultivadas no mundo. A domesticação de plantas teve grande impacto no surgimento da agricultura. As principais modificações promovidas a partir do momento da domesticação do feijão-comum estão relacionadas à perda da dispersão de sementes, perda da dormência nas sementes, redução no tempo de maturação, arquitetura de planta e componentes primários do rendimento de grãos. Outras modificações importantes são: folhas maiores; caule mais robusto; flores, sementes e vagens maiores; sementes com maior permeabilidade a água, o que propiciou um cozimento mais rápido e maior uniformidade na germinação.

Palavras-chave: *Phaseolus vulgaris* L., melhoramento de plantas, mudanças nos caracteres agronômicos.

Consequences of common bean domestication for plant breeding

Abstract – The common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) is one of the most important legume grown worldwide. The domestication of plants had a major impact on the rise of agriculture. The main changes promoted from domestication of common bean are linked to loss of seed dispersal, loss of seed dormancy, reduced time maturity, plant architecture and the yield primary components. Other important changes include: larger leaves, more robust stems, flowers, seed pods larger; seeds with higher water permeability which provided a faster cooking and more uniform germination.

Key words: *Phaseolus vulgaris* L., plant breeding, change in agronomic traits.

Introdução

O feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) é o mais difundido alimento proveniente de leguminosas do mundo, por ser uma importante fonte de proteínas e calorias para mais de 500 milhões de pessoas na América Latina e na África (FAO, 2005). É a espécie mais cultivada no mundo entre as do gênero *Phaseolus*, tendo o Brasil como o maior produtor e ao mesmo tempo o maior consumidor (BERTOLDO

et al., 2008). O grande consumo de feijão-comum no Brasil se deve aos aspectos sociais, econômicos e culturais, consistindo em um dos alimentos básicos dos brasileiros e integrante dos hábitos de consumo de grande parcela da população (RAMOS JUNIOR et al., 2005).

Apesar da importância mundial do feijão-comum, o consumo e a área cultivada estão diminuindo com o passar dos anos. Para se ter uma ideia, a produção brasileira de feijão obtida em 2007, consideran-

¹ Manuscrito submetido em 07/11/2011 e aceito para publicação em 04/10/2012.

² Biólogo, Dr. em Recursos Genéticos Vegetais, Pesquisador da Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária – FEPAGRO Litoral Norte. Rodovia RS 484, Km 5 – 95530-000 – Maquiné/RS – Brasil. jgbertoldo@fepagro.rs.gov.br. * Autor para correspondência.

³ Eng^a. Agrônoma, Dra. em Fruticultura, Pesquisadora da Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária – FEPAGRO Litoral Norte. Rodovia RS 484, Km 5 – 95530-000 – Maquiné/RS – Brasil. raquel-silva@fepagro.rs.gov.br.

⁴ Eng^o. Agrônomo, Dr. em Botânica, Pesquisador da Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária – FEPAGRO Litoral Norte. Rodovia RS 484, Km 5 – 95530-000 – Maquiné/RS – Brasil. rfavreto@fepagro.rs.gov.br.

do-se as três safras do produto, totalizou 3.242.290 toneladas, registrando um decréscimo de 6,2 % em relação ao ano anterior, sendo inferior em 4,6 % ao consumo anual do produto, que é de cerca de 3.400.000 toneladas IBGE (2010). Um dos fatores que contribuem para tal cenário é o fato de que com as mudanças no cotidiano, o tempo de preparo do feijão-comum deve ser reduzido, no sentido de atender a parte da população que não encontra disponibilidade de tempo para um cozimento prolongado (BERTOLDO et al., 2008). Por outro lado, a produção nacional de feijão registrada em 2009, considerando-se as três safras do produto, foi de 3.478.775 t, 0,5% maior que a observada em 2008 enquanto que a área colhida de 4.129.423 ha também apresentou um crescimento de 9,3 % (LEVANTAMENTO SISTEMÁTICO DA PRODUÇÃO AGRÍCOLA, 2009). Analisando a série histórica da área colhida de feijão no Brasil entre 1920 e 2006 (IBGE, 2012) percebem-se flutuações, indo de 672.912 ha em 1920 a 5.480.286 ha em 1985. Com relação à produtividade, esta variou de 1.077,51 kg.ha⁻¹ em 1920 a 372,09 kg.ha⁻¹ em 1970 (IBGE, 2012).

Devido à oscilação nacional na produção agrícola do feijão-comum e por ser cultivado por diversas categorias de agricultores, desde a agricultura familiar, com escasso ou nenhum uso de tecnologia, até o grande empresário agrícola, com utilização da mais moderna tecnologia de produção (MELO et al., 2007), é importante que mudanças sejam realizadas, no sentido de valorizar este recurso genético. O entendimento de aspectos do processo de domesticação, como por exemplo, a redução ou não na variabilidade e a modificação de características agrônômicas, pode propiciar uma melhoria no desenvolvimento de novas cultivares, no sentido de direcionamento do programa de melhoramento. A utilização de genitores selvagens em programas de melhoramento do feijão-comum pode contribuir para superar o efeito fundador, ou seja, a redução de variabilidade propiciada pela domesticação e ampliar a variabilidade genética para a expressão da produção de sementes (BLAIR et al., 2006).

Taxonomia

O feijão-comum é classificado como pertencente à divisão *Magnoliophyta*, classe *Magnoliopsida*, subclasse *Roseda*, ordem *Fabales*, família *Fabaceae*, subfamília *Faboideae*, gênero *Phaseolus*, espécie *P. vulgaris*, sendo o gênero *Phaseolus* representado por cerca de 55 espécies, e destas apenas cinco são cultivadas: *P. acutifolius* L., *P. coccineus* L., *P. lunatus* L., *P. polyanthus* Greenman e *P. vulgaris* L., sen-

do que, dentre estas espécies, o feijão-comum é o mais cultivado, representando cerca de 85 % da área mundial total de cultivo (SINGH, 2001). Dados mais atuais consideram a existência de 70 espécies no gênero, sendo que destas, cinco foram domesticadas e outras espécies apresentam sinais de domesticação incipiente (DELGADO-SALINAS et al., 2006).

Devido ao fato das cinco espécies cultivadas possuírem 22 cromossomos, ($2n = 2x = 22$) é possível que as formas cultivadas atuais de *Phaseolus* sejam provenientes da hibridação entre duas ou três delas, sugerindo que as formas cultivadas e selvagens devem apresentar fácil intercruzamento (RAMALHO et al., 1993). Tal fato pode ser importante para o melhoramento genético da espécie, uma vez que há proximidade genética entre elas, o que pode facilitar as hibridações, intra ou interespecíficas.

De modo geral, a diversidade para o gênero *Phaseolus* L. está organizada em dois grupos (*pool*) gênicos: i) *pool* gênico primário: compreende todos os genótipos da espécie, tanto cultivados quanto selvagens e; ii) *pool* gênico secundário: constituído pelas espécies *P. coccineus*, *P. polyanthus* e *P. vulgaris* (mais aparentadas) e os híbridos formados (SCHONHOVEN e VOYSEST, 1991; SINGH, 2001). Ainda, o feijão-comum é considerado um cultivo não centralizado, ou seja, sua domesticação foi realizada em diferentes locais, sendo que a distribuição ocorre desde a América Central e América do Sul, principalmente na região andina (GEPTS et al., 1986).

Assim sendo, a elaboração de estratégias que permitam a conservação dos tipos selvagens e das variedades locais ou crioulas (*landraces*) são fundamentais para, entre outros: i) manutenção do *pool* gênico; ii) utilização em programas de melhoramento e; iii) conservação da espécie.

Etnohistória

No estudo da origem e da domesticação do feijão-comum, diferentes autores discutem metodologias/estratégias diferenciadas, incluindo registros: (a) arqueológicos; (b) botânicos; (c) históricos e; (d) linguísticos.

De forma sucinta, pode ser evidenciado que: (a) muitos vestígios de feijão-comum foram localizados, não somente nos Andes, mas na América Central e do Norte. Os vestígios consistiram de sementes, vagens e plantas (KARPLAN e MACNEISH, 1960; KARPLAN et al., 1973; KARPLAN et al., 1981). Ainda, de acordo com Schoonhoven e Voysest (1991), esses achados arqueológicos compartilham duas características: estão localizados em áreas secas entre os Andes e a América Central e somente

incluem vestígios de feijão-comum domesticado. Tal fato pode dificultar o entendimento da origem e da domesticação do feijão-comum nas Américas; (b) abrange as características morfológicas e distribuição geográfica de formas selvagens e relação genética entre as formas selvagens e domesticadas; (c) compreendem os relatos das civilizações pré-colombianas (astecas) e dos primeiros europeus na América (Colombo) e; (d) o estudo do vocabulário de muitas linguagens nativas indígenas pode colaborar no entendimento da etnohistória, onde, de acordo com cada povo indígena, diferentes denominações foram atribuídas ao feijão-comum, como por exemplo, *purutu* na linguagem Quéchua nos Andes, *etl* na linguagem Nahuatl na América Central e *tobi*, na linguagem Choctaw na América do Norte (SCHOONHOVEN e VOYSEST, 1991).

Vavilov (1951), com base no método fitogeográfico, revelou que o centro de diversidade genética das espécies de feijão *P. acutifolius*, *P. coccineus*, *P. lunatus*, e *P. vulgaris* estava localizado no México e na América Central e encontrou nessas áreas maior variedade de formas dessas espécies. Gepts (1984) apresentou evidências filológicas e históricas a favor da origem americana do feijão. Dados recentes sugerem que as variedades atuais de feijão são o resultado de múltiplos eventos de domesticação, com dois centros primários, um na América Central e o outro ao Sul dos Andes (Sul do Peru, Bolívia e Norte da Argentina) (Freitas, 2006). De modo contrário, Freitas (2006) propôs que a origem do feijão deva ser circunscrita a um único evento, com um centro de origem e múltiplos centros de diversidade, contrariamente às hipóteses de múltiplos centros de origem, porém nas Américas.

Assim sendo, a existência de registros arqueológicos, botânicos, históricos e linguísticos nas Américas corrobora com a evidência de que a origem do feijão-comum tenha ocorrido nas Américas. A partir das informações sobre a etnohistória do feijão, fica evidente a importância do feijão-comum na história dos cultivos domesticados, bem como propicia uma melhor compreensão do processo de domesticação. A evidência linguística é um forte argumento de que os antigos povos utilizavam o feijão-comum na alimentação e, sobretudo, corrobora a importância sociocultural desse grão, pois provavelmente havia intercâmbio entre esses povos.

Características modificadas e impactos na mudança da cultura

A domesticação de plantas pelo homem teve grande impacto no surgimento da agricultura atual:

a passagem de caçadores-coletores para agricultores promoveu modificações adaptativas nas espécies “promovidas” e serviu de base para a agricultura atual, passando de um nível de subsistência para um elevado nível tecnológico. Para Groos e Olsen (2010), as plantas domesticadas têm propiciado um excelente estudo para muitos campos da biologia de plantas, desde a biologia molecular até a genética de populações, bem como outras disciplinas como a etnobotânica e arqueologia.

A domesticação é um processo de coevolução (CLEMENT, 1999). Coevolução pode ser definida como uma mudança evolutiva de um caráter nos indivíduos de uma população em resposta a um caráter de uma segunda população, seguido pela resposta evolutiva da segunda população modificando a primeira (JANZEL, 1980). Ainda, o processo de domesticação pode ser definido com um contínuo aumento na codependência entre as plantas e as pessoas (ZEDER, 2006).

O processo de domesticação de plantas iniciou aproximadamente há dez mil anos, a partir da agricultura (HARLAN, 1992), o que promoveu modificações nas características das plantas e animais, dando origem a milhares de espécies domesticadas que hoje formam a base da oferta mundial de alimentos (MCCOUCH, 2004). Para Vaughan et al. (2007), a passagem de coletores de plantas selvagens para o cultivo envolveu um aumento na interação entre os humanos e as plantas cultivadas. Deste modo, durante o processo de domesticação, os agricultores, consciente ou inconscientemente, promoveram seleções entre os melhores materiais no germoplasma silvestre, de modo que muitos foram utilizados para o uso humano e cultivo (FRARY e DOGANLAR, 2003). Assim sendo, se não houvesse uma modificação nas plantas e animais, e se o homem não mudasse o seu hábito de vida, talvez a agricultura, na forma atual, não existisse.

A domesticação de plantas e animais propiciou modificações em suas características, de modo que as atuais espécies domesticadas são diferenciadas dos antecessores, pela seleção de características morfológicas e fisiológicas (FRARY e DOGANLAR, 2003), o que pode ser denominado de síndrome de domesticação. Um aspecto pertinente é que as mudanças nas características das plantas promovidas pela seleção humana acarretaram na síndrome de domesticação, geralmente propiciando uma melhor adaptação das plantas modificadas pela seleção humana em detrimento às selvagens promovidas pela seleção natural. Segundo Crawley e Brown (1995), algumas características da síndrome de domesticação são consideradas desvantajosas para

as plantas selvagens. Algumas modificações nas características das plantas, como por exemplo, a perda de dispersão de sementes, podem não ser vantajosas para as espécies selvagens, uma vez que, havendo uma menor dispersão de sementes, o *fitness adaptativo* é menor, ou seja, há uma redução no número de progênes da espécie.

Sendo assim, a base para as espécies domesticadas são as espécies selvagens utilizadas no processo de domesticação. A domesticação de plantas é um processo conduzido pelo homem através do qual cultivares modernas ou locais surgem a partir de genitores selvagens (CHACÓN et al., 2005). Ainda, de acordo com os autores, os genitores selvagens são as bases genéticas das variedades locais ou crioulas (*landraces*) e estas constituem a base genética das atuais cultivares modernas.

O feijão-comum (*Phaseolus vulgaris* L.) é uma espécie que apresenta grande diversidade promovida ou não pela ação do homem, entre os diferentes genótipos selvagens, crioulos e modernos, seja pelas características morfológicas (tamanho, forma e cor do grão), bioquímicas (propriedades nutricionais) e fisiológicas (florescimento e maturação de grãos). As principais modificações promovidas, a partir da domesticação do feijão-comum, estão relacionadas à: a) perda da dispersão de sementes; b) perda da dormência nas sementes; c) redução do tempo de maturação; d) arquitetura de planta e; e) incremento nos componentes primários do rendimento (número de legumes por planta, número de grãos por legume, por exemplo) (Tabela 1). Outras modificações importantes são: folhas maiores; caule mais robusto; flores, sementes e legumes maiores; sementes com maior permeabilidade à água (o que propiciou um cozimento mais rápido e maior uniformidade na germinação) (EVANS, 1980; SMARTT, 1988).

a) Perda da dispersão das sementes

Nas leguminosas, a abertura da vagem na maturação libera as sementes, promovendo a dispersão das mesmas. Entretanto, as plantas anuais domesticadas da família das leguminosas perderam a habilidade de dispersar suas sementes, pelo fato das vagens permanecerem fechadas na maturação, facilitando a colheita dos grãos (GEPTS e PAPA, 2002). Deste modo, provavelmente durante o processo de domesticação do feijão-comum, foram selecionadas (inconscientemente ou conscientemente) as plantas que apresentavam um fechamento de vagem prolongado, e estas, a partir de sucessivas seleções, se diferenciaram das selvagens, ou seja,

apresentaram a síndrome de domesticação. Gepts (2004) destacou que juntamente com a perda de dormência, a perda da dispersão das sementes representa a mais importante característica modificada pela síndrome de domesticação.

A principal consequência da perda da dispersão das sementes para os atuais cultivos é o maior rendimento, pois nas espécies domesticadas esse processo evolutivo é reduzido. As perdas nas safras podem ser significativamente reduzidas, uma vez que o número de sementes inutilizadas, do ponto de vista agrônomo, é menor, o que pode propiciar um aumento no rendimento final.

b) Perda da dormência nas sementes

No feijão-comum selvagem a dormência das sementes representa um mecanismo para promover a manutenção da espécie. A dormência previne a germinação prematura (por exemplo, em anos desfavoráveis), porém, a partir da domesticação, houve uma perda completa ou parcial da capacidade de dormência, promovendo a germinação simultânea e a uniformidade na população para colheita (GEPTS, 2004).

Tal fato propiciou uma maior eficiência na germinação das sementes, ou seja, houve um aumento na capacidade de germinação. Como consequência, houve a redução no número de sementes necessário nas linhas de cultivo (densidade de plantas), o que reduziu o custo de produção e perdas nas safras agrícolas.

c) Redução no tempo de maturação

Com o aumento da população houve a necessidade de intensificar o cultivo, o que foi feito com o avanço da agricultura, sendo que a redução no ciclo de maturação propiciou, em muitos ambientes, um maior número de safras num mesmo ano. Além disso, devido à dispersão da cultura de feijão-comum dos seus centros de origem para novas áreas, em latitudes maiores, a seleção foi praticada para os genótipos insensíveis ao comprimento do dia, em comparação com o genitor selvagem, que somente floresce em dias curtos (KOINANGE et al., 1996).

Mudanças no ciclo de planta nas cultivares modernas foram drásticas, quando comparadas aos genitores, promovendo o surgimento de cultivares cada vez mais precoces. Com a redução no ciclo de maturação, foi possível o cultivo em até três safras agrícolas por ano, propiciando o cultivo de outras culturas dentro da janela agrícola, por exemplo.

d) Arquitetura de planta

A domesticação da maioria das espécies cultivadas propiciou uma redução na arquitetura das plantas. Uma das características adicionais que distinguem as plantas domesticadas dos seus ancestrais selvagens é o hábito de crescimento “compacto” (GEPTS e PAPA, 2002, GEPTS, 2004). Por exemplo, em legumes, os ancestrais silvestres são mais ramificados enquanto que os descendentes apresentam menos ramos (GEPTS e PAPA, 2002).

As modificações para a redução de estatura das plantas provavelmente estejam relacionadas com a facilidade de colheita, mecanizada ou não, com o incremento do rendimento de plantas individuais e a diminuição na competição dentro das plantas, o que promove um aumento no índice de colheita (DONALD, 1968). Assim, uma maior estatura de planta, por exemplo, nas espécies selvagens, auxilia na competição com outras plantas pela luz do sol e outros recursos, enquanto que, nas espécies domesticadas, devido à menor capacidade competitiva, se não houvesse uma redução nas estaturas das plantas, haveria uma maior competição entre as plantas da mesma cultura (GEPTS e PAPA, 2002), reduzindo deste modo o rendimento.

Segundo Evans (1993), enquanto as plantas selvagens apresentavam um índice de colheita entre 20 e 30 %, as cultivares modernas apresentam um índice de colheita de 60 % ou mais. A estatura foi reduzida, entre a espécie domesticada e o ancestral selvagem, onde algumas cultivares modernas apresentam estaturas inferiores a 50 cm (GEPTS e PAPA, 2002). Além disso, outra consequência importante da redução da estatura de planta para o cultivo atual de feijão-comum foi a possibilidade de reduzir a competição pela luz do sol (GEPTS e PAPA, 2002).

e) Componentes primários do rendimento de grãos

A partir da seleção de genótipos mais produtivos ou responsivos ao efeito de ambiente, mudanças na morfologia e na fisiologia propiciaram o surgimento de novas plantas portadoras de características desejáveis pelos agricultores. Tal fato evidenciou mudanças cruciais para o cultivo do feijão-comum, como o incremento no número de legumes por planta, no número de grãos por legume, na massa de grãos, no comprimento de legume, características essas associadas a certo gigantismo. A seleção pelos humanos originou legumes e sementes mais largas ou gigantismo (KOINANGE et al., 1996). A combinação de modificações em diversas características do feijão-comum resultou no incremento do rendimento de grãos, quando comparado com as espécies selvagens.

De modo geral, pode ser dito que as modificações dentro de uma mesma espécie domesticada variam de acordo com: *i)* objetivo de uso; *ii)* intensidade de seleção; *iii)* característica a ser melhorada. Assim, os três aspectos geralmente são complementares, variando a intensidade de cada um: sendo o objetivo o incremento no rendimento de grãos, maior será a intensidade de seleção, pois o caráter rendimento de grãos é governado por muitos genes de pequeno efeito sobre o fenótipo, ou seja, é classificado como quantitativo (FALCONER, 1996; ALLARD, 1999).

Um conceito interessante proposto por Vaughan et al. (2007) é o de espécies superdomesticadas, se referindo ao processo que leva a uma domesticação tão drástica para o incremento no rendimento de grãos que não existiria nos ambientes naturais, a partir da ocorrência natural de variação (seleção

Tabela 1 – Síndrome da domesticação a partir do comparativo entre dois genótipos de feijão-comum: selvagem (G12873) e domesticado (cultivar Midas)

Atributo geral	Característica	Selvagem	Domesticado
Dispersão de semente	Fibras do legume	Presente	Ausente
Dormência de semente	Germinação	70,5 %	100 %
Hábito de crescimento	Determinação	Indeterminado	Determinado
Gigantismo	Tamanho de legume	5,7 cm	9,8 cm
	Peso de 100 sementes	3,5 g	19,5 g
Precocidade	Número de dias para o florescimento	69	46
	Número de dias para a maturação	107	80
Índice de colheita	Produção de sementes/biomassa	0,42	0,62

*Adaptado de Koinange et al. (1996).

natural). Ou seja, acarreta uma seleção fora do ambiente natural, promovida pelo homem de forma conduzida e numa intensidade muito superior à da seleção natural. Assim, como consequência dessa superdomesticação, as plantas permanecem na dependência do homem para a sua sobrevivência.

As plantas domesticadas perderam a sua capacidade de sobreviver sozinhas na natureza (DARWIN, 1859). A resposta de adaptação aos ambientes difere entre espécies selvagens e domesticadas, sendo, no caso de cultivares modernas, limitado. Contrastando com as populações primitivas e naturais, muitas das modernas cultivares são extremamente uniformes, limitando a resposta adaptativa (FRANKEL e BENNETT, 1970). Segundo os autores, tais dificuldades podem ser explicadas por dois fatores: *i)* o cultivo de uma mesma cultivar em vários ambientes durante diferentes anos, ou seja, numa maior intensidade e; *ii)* as cultivares modernas podem enfrentar mudanças no ambiente de cultivo, o que pode promover a perda parcial ou total da safra.

Nos últimos anos, o interesse entre os cientistas de plantas pelo processo de domesticação de culturas tem crescido mediante o estudo dos caracteres quantitativos e a clonagem de genes, o que providenciou novas ferramentas e um melhor entendimento das questões relacionadas às origens e à duração da domesticação e na identificação das bases moleculares da domesticação (GEPTS, 2004).

Segundo Vaughan et al. (2007), está sendo promovido um novo momento de conhecimento humano sobre o aspecto genético da influência na domesticação de culturas. Desse modo, tais conhecimentos são importantes para direcionar programas de melhoramento e de conservação dos recursos genéticos vegetais, uma vez que, com o efeito da seleção durante a domesticação e a partir do melhoramento, houve uma limitação progressiva na variação genética. Tanto para a conservação, quanto para os programas de melhoramento, a variabilidade genética é fundamental para a continuidade da espécie alvo. A variabilidade genética está sob constante pressão em direção à sua extinção, por várias causas, entre as quais, o uso de cultivares uniformes, que constitui uma exigência de mercado da agricultura conceitualmente tida como moderna (RODRIGUES et al., 2002).

Considerações finais

As principais modificações promovidas a partir da domesticação do feijão-comum estão relacionadas à perda da dispersão de sementes, perda da

dormência nas sementes, redução do tempo de maturação, arquitetura de planta e incremento nos componentes primários do rendimento.

O conhecimento dos caracteres modificados é importante para direcionar programas de melhoramento e de conservação dos recursos genéticos vegetais, pois muitas vezes o ideótipo de planta objetivado em um programa de melhoramento deve levar em consideração os aspectos peculiares de cada espécie; uma vez reduzida drasticamente a variabilidade genética, o programa de melhoramento está comprometido, pois depende, em sua essência, desta variabilidade, bem como a conservação de uma espécie. A síndrome de domesticação é um fator chave para o sucesso agrícola atual, pois a partir das modificações promovidas houve um incremento significativo no rendimento.

Referências

- ALLARD, R.W. **Principles of plant breeding**. New York: Wiley, 1999. 257 p.
- BERTOLDO, J. G.; COIMBRA, J. L. M.; SILVEIRA, C. B.; TOTALDO, D. Efeito de diferentes concentrações salinas na redução do tempo de cocção de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) **Biotemas**, Florianópolis, v. 21, n. 3, p. 39-44, 2008.
- BLAIR, M. W.; IRIARTE, G.; BEEBE, S. QTL analysis of yield traits in an advanced backcross population derived from a cultivated Andean 9 wild common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cross. **Theoretical Applied Genetics**, Berlin, v. 112, p. 1149-1163, 2006.
- CHACÓN, M. I.; PICKERSGILL, S. B.; DEBOUCK, D. G. Domestication patterns in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) and the origin of the Mesoamerican and Andean cultivated races. **Theoretical Applied Genetics**, Berlin, v. 110, p. 432-444, 2005.
- CLEMENT C. R. 1492 and the loss of Amazonian crop genetic resources. I. The relation between domestication and human population decline. **Economy Botany**, New York, v. 53, p. 188-202, 1999.
- CORDEIRO, A.; MARCATTO, C. Milho: a volta das variedades crioulas. In: GAIFANI, A.; CORDEIRO, A. (Org.). **Cultivando a diversidade: recursos genéticos e segurança alimentar**. Rio de Janeiro: Assessoria e Serviços a Projetos em Agricultura Alternativa, 1994. 205 p.
- CRAWLEY, M. J.; BROWN S. L. Seed limitation and the dynamics of feral oilseed rape on the M25 motorway. **Proceedings of the Royal Society of London**. Series B, v. 259, p. 49-54, 1995.
- DARWIN C. **The origin of species by natural selection or the preservation of favoured races in the struggle for life**. 1. ed. London: John Murray, 1859. 502 p.
- DARWIN, C. **The Variation of Animals and plants under domestication**. New York: D. Appleton & Company. 1897. 486 p.

- DELGADO-SALINAS, A.; BIBLER, R.; LAVIN, M. Phylogeny of the genus *Phaseolus* (Leguminosae): a recent diversification in an ancient landscape. **Systematic Botany**, Laramie, v. 31, p. 779-791, 2006.
- DONALD, C. The breeding of crop ideotypes. **Euphytica**, Wageningen, v. 17, p. 385-403, 1968.
- EVANS, A. M. Structure, variation, evolution, and classification in *Phaseolus*. In: SUMMERFIELD, R. J.; BUNTING, A. H. **Advances in legume science**. Kew: Royal Botanic Gardens. p. 337-347, 1980.
- EVANS, L. T. **Crop evolution, adaptation, and yield**. Cambridge Univ. Press, Cambridge, UK, 1993. 500 p.
- FALCONER, D.S.; MACKAY, T.F.C. **Introduction to quantitative genetics**. 4. ed. England: Longman, 1996. 463 p.
- FAO. **Faostat**. Roma: FAO, 2005. Disponível em: <<http://faostat.fao.org>>. Acesso em: 9 de julho de 2009.
- FRANKEL, O. H.; BENNETT, E. **Genetics resources in plants – their exploration and conservation**. Great Britain: Blackwell Scientific Publications, 1970. 557 p.
- FRARY, A.; DOGANLAR, S. Comparative Genetics of Crop Plant Domestication and Evolution. **Turkish Journal of Agriculture and Forestry**, Ankara, v. 27, p. 59-69, 2003.
- FREITAS, F.O. Evidências genético-arqueológicas sobre a origem do feijão comum no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 7, p. 1199-1203, 2006.
- GEPTS, P.; OSBORN, T. C.; RASHKA, K.; BLISS, F. A. Phaseolin-protein variability in wild forms of the common bean (*Phaseolus vulgaris* L.): evidence for multiple centers of domestication. **Economy Botany**, New York, v. 40, p. 451-468, 1986.
- GEPTS, P.; PAPA R. 2002. **Evolution during domestication**. In: Encyclopedia of life sciences. London: Nature Publishing Group, p. 1-7.
- GEPTS, P. Crop Domestication as a Long-term Selection Experiment. **Plant Breeding Reviews**, New York, v. 24, Part 2, p. 1-44, 2004.
- GROSS, B. L.; OLSEN, K. M. Genetic perspectives on crop domestication. **Trends in Plant Science**, Cambridge, v. 15, p. 529-537, 2010.
- HARLAN, J. R. Breeding success brings a peril. **Crops Soils**, Madison, v. 72, p. 5-6, 1972.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Confronto das safras de 2007 e das estimativas para 2008 – Brasil**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/agropecuaria/lspa/defaulttab.shtm>>. Acesso em 14 de agosto 2010.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Levantamento sistemático da produção agrícola**. Disponível em: < ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao_Agricola/Levantamento_Sistematico_da_Producao_Agricola_%5Bmensal%5D/Fasciculo/2009/>. Acesso em: 5 de setembro de 2010.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Séries Estatísticas e Históricas**. Disponível em: < http://seriesestatisticas.ibge.gov.br/lista_tema.aspx?op=0&no=1>. Acesso em: 06 mar. 2012.
- JANZEN, D. H. When is it coevolution?, **Evolution**, Malden, v. 34, p. 611-612, 1980.
- KAPLAN, L.; MACNEISH, R. S. Prehistoric bean remains from caves in the Ocampo region of Tamaulipas, Mexico. **Harvard University Botanical Museum Leaflets**, Cambridge, v. 19, p. 33-56, 1960.
- KARPLAN, L.; LYNCH, T. F.; SMITH, C. E. Early cultivated beans (*Phaseolus vulgaris*) from an intermontane Peruvian valley. **Science**, New York, v. 179, p. 76-77, 1973.
- KARPLAN, L. What is the origin of the common bean? **Economic Botany**, New York, v. 35, n. 2, p. 240-252, 1981.
- KOINANGE, E. M. K.; SINGH, S. P.; GEPTS, P. Genetic Control of the Domestication Syndrome in Common Bean. **Crop Science**, Madison, v. 36, p. 1037-1045, 1996.
- MCCOUCH, S. Diversifying Selection in Plant Breeding. **PLoS Biology**, Cambridge, v. 2, n. 10, p. 1507-1512, 2004.
- MELO, L. C.; MELO, P. G. S.; FARIA, L. C.; DIAZ, J. L. C.; DEL PELOSO, M. J.; RAVA, C. A.; COSTA, J. G. C. Interação com ambientes e estabilidade de genótipos de feijoeiro-comum na Região Centro-Sul do Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 5, p. 715-723, 2007.
- RAMALHO, M. A. P.; SANTOS, J. B.; ZIMMERMANN, M. J. O. **Genética quantitativa em plantas autógamas: aplicações no melhoramento do feijoeiro**. Goiânia: UFG, 1993. 271 p.
- RAMOS JÚNIOR, E. U.; LEMOS, L. B.; SILVA, T. R. B. Componentes da produção, produtividade de grãos e características tecnológicas de cultivares de feijão. **Bragantia**, Campinas, v. 64, n. 1, p. 75-82, 2005.
- RODRIGUES, L. S.; ANTUNES, I. F.; TEIXEIRA, M. G.; SILVA, J. B. Divergência genética entre cultivares locais e cultivares melhoradas de feijão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 9, p. 1275-1284, 2002.
- SINGH, S. P. Broadening the genetic base of common beans cultivars: A review. **Crop Science**, Madison, v. 41, p. 1659-1675, 2001.
- SMARTT, J. Morphological, physiological and biochemical changes in *Phaseolus* beans under domestication. In: GEPTS, P. **Genetics Resource of Phaseolus beans**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1988 p. 143-161.
- VAN SCHOONHOVEN, A.; VOYSEST, O. (Eds) **Common Beans: research for crop improvement**. Wallingford: CAB International. 1991. 984p.
- VAUGHAN, D. A.; BALÁZS, E.; HESLOP-HARRISON, J. S. From Crop Domestication to Super-domestication. **Annals of Botany**, London, v. 100, p. 893-901, 2007.
- VAVILOV, N. I. **The origin, variation, immunity and breeding of cultivated plants**. Translated from the Russian by K. Starrchester. Ronald Press. New York. 1951. p 37-38.
- ZEDER, M. A. Central questions in the domestication of plants and animals. **Evolutionary Anthropology**, Malden, v. 15, p. 105-117, 2006.

Qualidade de grãos de trigo submetidos a diferentes condições de armazenamento¹

Edar Ferrari Filho², Luidi Eric Guimarães Antunes², Roberto Gotardi²,
Rafael Gomes Dionello³, Paulo Andre Rocha Petry⁴, Gabriel Pinto Barreto⁴

Resumo – As perdas na pós-colheita de grãos representam, aproximadamente, 10 % do volume produzido no Brasil. Para minimizar esses problemas, este trabalho teve como objetivo estudar diferentes condições de armazenamento de grãos de trigo, avaliando as principais propriedades físicas, químicas, microbiológicas e tecnológicas durante nove meses de armazenamento. Os grãos de trigo utilizados foram colhidos e secos com ar natural e com ar aquecido, tendo como fonte energética o GLP (Gás Liquefeito de Petróleo), até umidade próxima a 13 % e, posteriormente, armazenados em quatro condições diferentes, sendo elas: 1. Armazenamento convencional em sacaria de polipropileno; 2. Armazenamento a granel em silo metálico; 3. Armazenamento a granel em silo rotomoldado de polietileno; 4. Armazenamento a granel em tonel metálico de forma hermética. Foram armazenadas três toneladas para cada tratamento. As análises foram realizadas em intervalos de três meses, durante nove meses, contando como tempo zero o momento imediato após a secagem. Para monitorar as condições de armazenagem foram realizadas as seguintes análises: umidade, peso hectolitro, massa específica aparente, proteína bruta, material mineral, análise microbiológica, análise tecnológica. Os resultados permitiram concluir que as menores perdas físicas de peso hectolítrico e de massa específica ocorreram nos grãos armazenados de forma hermética e a granel em silo rotomoldado; as menores variações químicas foram observadas nos grãos armazenados de forma hermética; ocorreram reduções no desenvolvimento de fungos dos gêneros *Fusarium* e *Penicillium* e aumento de fungos do gênero *Aspergillus* ao longo do armazenamento; os grãos armazenados de forma hermética, na análise tecnológica, foram classificados como tipo 1, os armazenados em silo rotomoldado como tipo 3 e os demais como fora de tipo, ao final do experimento.

Palavras-chave: *Triticum aestivum*, armazenagem, hermético, granel, sacaria

Quality of wheat grains under different storage conditions

Abstract – Post-harvest grain losses correspond to approximately 10% of the Brazilian crop. The aim of this work was to study different storage conditions of wheat, by means of physical, chemical, microbiological and technological evaluations for nine months. The wheat grains were harvested and used air-dried natural gas and LPG (Liquefied Petroleum Gas) to moisture content around 13%, and stored in four different conditions, as follows: 1. Storage conventional polypropylene sacks 2. Storage in bulk without metallic silo 3. Bulk storage silo without rotomolded polyethylene 4. Storage in bulk metal barrel behind closed doors. Three tons were stored for each treatment. The analyzes were performed at intervals of three months counting as initial time the moment after drying. There were the following analysis: moisture, hectolitre weight, density, protein, mineral material, microbiological analysis, technology analysis. The smallest physical loss of weight and density occurred in grains stored in airtight silo and bulk rotational molded. The lowest chemical variations were observed in grains stored in airtight. During storage *Fusarium* and *Penicillium* presented low development and percentage of fungi from genera *Aspergillus* increased. In technological analysis, grains stored in airtight were classified as type 1, grains stored in silo rotomolded as type 3 and the other grains were classified as out of type, at the end of the experiment.

Keywords: *Triticum aestivum*, storage, bulk, bags

¹ Manuscrito submetido em 08/06/2012 e aceito para publicação em 25/07/2012.

Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Faculdade de Agronomia, Departamento de Fitossanidade. Av. Bento Gonçalves, 7712, Caixa Postal 15100, CEP 91540-000. Fone (51) 3308-7404.

² Estudantes do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, UFRGS. E-mail: edarff@gmail.com.

³ Professor Adjunto III do Departamento de Fitossanidade, Faculdade de Agronomia, UFRGS. E-mail: rafidionello@hotmail.com

⁴ Estudantes de graduação em Agronomia, Faculdade de Agronomia, UFRGS

Introdução

O trigo é de grande importância para a economia brasileira, devido ao elevado consumo de seus derivados, principalmente na forma de pão, massas e biscoitos. No entanto, a produção nacional do grão não tem sido suficiente para atender à demanda, situação agravada pela grande quantidade de grãos perdidos ou colhidos com qualidade inferior devido ao ataque de pragas, germinação na espiga e redução de matéria seca que ocorrem pelo retardo na colheita (CARNEIRO, 2005).

A produção brasileira de trigo no ano de 2010/11 foi de aproximadamente 5,88 milhões de toneladas, sendo que a previsão para a safra 2011/2012 é de que ocorra redução de aproximadamente 1,6 %, produção essa estimada em 5,79 milhões de toneladas (BRASIL, 2012).

Para trigo, os principais fatores que contribuem para a deterioração e a contaminação dos grãos são a alta umidade e a elevada temperatura no armazenamento, o que favorece a proliferação de contaminantes como insetos-praga e fungos toxigênicos que produzem micotoxinas. Somam-se a esses fatores a carência de estrutura física para secagem e armazenamento (LORINI et al., 2002).

Segundo Bakker-Arkema (1994), para se avaliar a qualidade dos grãos, consideram-se diversas propriedades qualitativas, como teor de água, massa específica, percentual de grãos quebrados, teor de impureza e matéria estranha, danos causados pela secagem, suscetibilidade à quebra, qualidade de moagem, conteúdo de proteínas, valor como ração, viabilidade da semente, presença de insetos e fungos e tipo de grão e ano de produção. Entretanto, nem todas essas características qualitativas são consideradas, apesar de serem de grande importância para compradores internacionais, mas, segundo Roskens (1995), há tendência mundial para se aprimorarem os padrões de classificação, acrescentando mais fatores de qualidade.

O armazenamento de grãos no Brasil é realizado de duas formas: convencional, em sacarias, ou a granel. A armazenagem convencional, extensivamente utilizada no Brasil, usa estruturas como armazéns e/ou depósitos de construção relativamente simples, de alvenaria, na quase totalidade, com o acondicionamento dos grãos em sacaria (LACERDA FILHO et al., 2000). Já a armazenagem a granel caracteriza-se pela dispensa do uso de embalagem, utilizando, para a estocagem dos grãos, estruturas como silos, armazéns graneleiros e/ou granelizados, metálicos ou de concreto, ou materiais de construção disponíveis ou adaptados,

principalmente em situações emergenciais, providos ou não de sistemas de aeração forçada (SILVA, 2000; ELIAS e OLIVEIRA, 2010).

Uma maneira eficiente de armazenamento a granel é através do acondicionamento hermético de grãos secos, que é baseado na redução do oxigênio disponível no ecossistema de armazenamento a níveis letais ou limitantes para os organismos vivos associados, podendo essa redução ser atingida espontaneamente, através do processo respiratório dos grãos e organismos existentes. O armazenamento hermético é uma forma de reduzir o ataque de insetos e fungos (RUPOLLO et al., 2006).

Além do esforço para o aumento da produção de grãos, é preciso incrementar as condições de acompanhamento das etapas de pós-colheita, principalmente no armazenamento. Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi estudar diferentes condições e tempos de armazenamento de grãos de trigo, avaliando as principais propriedades físicas, químicas, microbiológicas e tecnológicas.

Material e Métodos

A semeadura foi realizada em maio de 2010, na Estação Experimental Agronômica da UFRGS, em Eldorado do Sul (30°05'52" S, 51°39'08" W e altitude média de 46 m), localizada no km 47 da rodovia BR 290.

Os grãos foram colhidos mecanicamente e, posteriormente, secos em silo secador de concreto, utilizando ar natural ou ar aquecido através da queima de gás liquefeito de petróleo (GLP), com temperatura variando de 35-40 °C. O queimador de GLP foi programado para acender apenas quando a UR fosse superior a 65 %, do contrário a secagem era realizada somente com ar natural. A secagem foi mantida até o momento em que os grãos atingissem umidade próxima a 13 %. Posteriormente, os grãos foram armazenados em quatro condições, conforme descrito a seguir:

1. Armazenamento convencional em sacaria de polipropileno (60 kg);
2. Armazenamento a granel em silo metálico (3 toneladas);
3. Armazenamento a granel em silo rotomoldado de polietileno (3 toneladas);
4. Armazenamento a granel em tonel metálico (250 litros / 150 kg de trigo) de forma hermética;

Para cada tratamento supracitado foram armazenadas três toneladas de grãos. Para a realização das análises as amostras dos grãos foram coletadas com auxílio de calador ou sonda, conforme recomendado pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (OLIVEIRA et al., 2008).

As análises foram realizadas em intervalos de três meses, durante nove meses, contando como tempo zero o momento imediatamente após a secagem e, a partir daí, a cada três meses, ou seja, aos três, seis e nove meses.

Umidade

A determinação do grau de umidade foi realizada pelo método da estufa a 105 ± 3 °C, com circulação natural de ar, por 24 horas, conforme descrito nas Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009). Os resultados foram expressos em percentagem (%) de umidade, em base úmida.

Peso Hectolitro (PH)

Relaciona a massa em quilogramas equivalente a um volume de 100 litros de grãos. O PH foi determinado em Balança Dalle Molle (sistema Schoper), de acordo com as especificações do fabricante (Dalle Molle). Os resultados foram expressos em kg. hL⁻¹.

Massa Específica Aparente

Os resultados de massa específica aparente foram determinados com a pesagem dos grãos em balança eletrônica com precisão de 0,001 g, a partir de uma quantidade de grãos colocados em recipiente de volume conhecido. Esses resultados foram convertidos para serem expressos em kg m⁻³.

Proteína bruta

O teor de proteína bruta foi obtido pelo método Kjeldahl, descrito pela A.A.C.C. (2000). Os resultados foram expressos em percentual.

Material mineral

O teor de cinzas ou matéria mineral foi determinado conforme descrito na A.O.A.C. (1990), com incineração prévia e calcinação em mufla a 560 – 580 °C, até peso constante. Os resultados foram expressos em percentual.

Análise Microbiológica

A contaminação microbiológica foi realizada pelo método do papel filtro “Blotter Test”, recomendado

para análise de sementes pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (BRASIL, 2009).

Análise Tecnológica

Os defeitos foram determinados pela metodologia oficial do Ministério da Agricultura (BRASIL, 2010). Os resultados foram expressos em percentual.

Delineamento experimental e análise estatística

O experimento foi conduzido segundo o delineamento inteiramente casualizado, sob o esquema fatorial 4 x 4, onde os níveis foram os quatro tipos de armazenamento (granel silo metálico, granel silo rotomoldado, convencional e hermético) e os quatro tempos de armazenamento (pós-secagem, três, seis e nove meses). Cada tratamento foi realizado com três repetições.

A análise estatística dos resultados foi realizada através da análise de variância, utilizando-se o teste de Tukey, a 5 % de probabilidade, para comparação das médias dos tratamentos. As análises supracitadas foram realizadas com auxílio do pacote computacional SAS, versão 9.5 (SAS, 2002).

Resultados e Discussão

A temperatura média durante a realização do experimento foi de 17,8 °C, sendo que a variação média mensal foi de 11,6 a 24,9 °C, e a umidade relativa média foi de 93,1 %, sendo que a variação média mensal foi de 88 a 96 %.

Os resultados apresentados na Tabela 1 mostram que ocorreu aumento significativo da umidade dos grãos ao longo do período de estocagem para os tratamentos armazenados a granel em silo metálico e em sacaria. Esse aumento ocorreu principalmente após seis meses de armazenamento, em função do ataque de insetos da espécie *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae) e pelo aparecimento de fungos.

Para os grãos que foram armazenados de forma hermética, a umidade reduziu, pois tenderam ao equilíbrio higroscópico com as condições de temperatura e umidade relativa do ambiente. Nesse tratamento, não foi verificada a presença de insetos, o que segundo Rupollo et al. (2006) é uma das principais vantagens do armazenamento em condições de hermeticidade.

Os grãos que foram armazenados em silos rotomoldados apresentaram aumento na umidade após

Tabela 1. Umidade de grãos de trigo, expresso em % b.u., submetido a diferentes condições de armazenamento durante nove meses¹.

Tratamento	Tempo (meses)			
	0	3	6	9
Sacaria	12,83 Ca	13,31 Ba	14,26 Ab	14,66 Aa
Silo Metálico	12,83 Ba	12,57 Bb	14,89 Aa	14,42 Aa
Hermético	12,83 Aa	11,44 Cc	12,24 Bd	11,96 Bc
Silo Rotomoldado	12,83 Ba	11,75 Cc	13,36 Ac	13,09 ABb

1 – valores médios de três repetições, expressos em percentagem de umidade em base úmida (b.u.). Médias acompanhadas por letras maiúsculas distintas, na linha, e minúsculas distintas, na coluna, diferem significativamente entre si, a 5 % de probabilidade, pelo teste de Tukey.

seis meses de armazenamento, da mesma forma, tendendo ao equilíbrio higroscópico, umidade essa que não ultrapassou os 13,36 %, considerada boa para conservação de trigo. Como a umidade relativa média mensal foi sempre superior a 88 %, os grãos ganharam água durante o armazenamento, tendendo ao equilíbrio higroscópico.

Pode-se observar na mesma tabela que entre os tratamentos ocorreram diferenças significativas ao final dos nove meses de estocagem, sendo que os grãos armazenados em sacaria e a granel em silo metálico apresentaram os maiores valores de umidade, superiores a 14 %, o que não é recomendado para uma boa conservação de trigo, visto que os mesmos ficam mais suscetíveis ao ataque de fungos e insetos com esses valores de umidade.

Esses maiores valores de umidade ocorreram em função desses dois tipos de armazenamento permitirem maiores trocas de calor e água com o ambiente onde foram armazenadas. Os grãos armazenados em silo rotomoldado apresentaram umidade de 13,09 %, superior estatisticamente aos grãos armazenados de forma hermética, que tiveram os menores valores de umidade ao final do período de avaliação. Esse fato ocorreu porque no armazenamento em condições herméticas, as trocas de água e calor são menos intensas que em condições naturais de estocagem, a redução na concentração de oxigênio reduz o metabolismo dos grãos, principalmente a atividade respiratória, que é muito baixa. Conforme Muir e White, (2000), atribuiu-se o aumento do teor de água durante o armazenamento à atividade respiratória dos grãos, como da microflora a eles associada, embora essa ação dos grãos seja, geralmente, menos intensa que a dos microrganismos.

Ainda de acordo com esses autores, a respiração dos grãos é mais intensa à medida que se têm teores de água elevados, mesmo que a temperatura, a umidade relativa e o estado de conservação também

influenciem o metabolismo dos grãos, eles ainda ressaltam que a água produzida durante o processo respiratório aumenta o teor de água do produto que, por sua vez, intensifica o desenvolvimento e a taxa respiratória da microflora conforme relatado por Moreno et al. (2000) e Rupollo et al. (2006).

As menores variações ocorreram pelo fato dos grãos trocarem menor quantidade de calor e água com o ambiente de armazenamento. De acordo com Multon (1980), as trocas de calor e água entre os grãos armazenados e o ar ambiente são dinâmicas e contínuas até o limite de obtenção do equilíbrio higroscópico, em determinadas condições de temperatura e umidade relativa.

Essa tendência ao equilíbrio higroscópico foi verificada por diversos pesquisadores em trabalhos com armazenamento de milho (DIONELLO et al., 2000; RUPOLLO et al., 2006; ELIAS et al., 2009; SCHUH et al., 2011).

No armazenamento pelo sistema hermético, o CO₂ produzido estabiliza o processo de degradação da massa de grãos e paralisa a respiração pela diminuição da relação O₂/CO₂, diminuindo a produção de água e calor, os processos respiratórios e o ataque por microrganismos.

De fato, a maior causa da produção de CO₂ e perda de matéria seca em cereais armazenados é devida ao desenvolvimento de microrganismos, principalmente os fungos (FERNANDEZ et al., 1985; MUIR et al., 1985; MILLER, 1995; FLEURAT-LESSARD, 2002).

Houve reduções significativas no peso hectolitro de grãos de trigo ao longo do armazenamento, em todas as formas de armazenagem (Tabela 2).

Os grãos que foram estocados em sacaria e a granel em silo metálico apresentaram as maiores reduções ao final dos nove meses de armazenagem, com peso hectolítrico (PH) inferior a 72, portanto considerado fora de padrão para alimentação humana.

QUALIDADE DE GRÃOS DE TRIGO SUBMETIDOS
A DIFERENTES CONDIÇÕES DE ARMAZENAMENTO

Tabela 2. Peso hectolítrico do trigo, expresso em kg. hL⁻¹, submetido a diferentes condições de armazenamento durante nove meses.

Tratamento	Tempo (meses)			
	0	3	6	9
Sacaria	78,67 Aa	78,80 Aa	72,88 Bc	67,65 Bb
Silo Metálico	78,67 Aa	75,65 Bb	66,00* Cd	66,00* Cc
Hermético	78,67 Aa	76,10 Bb	74,75 Bb	75,60 Ba
Silo Rotomoldado	78,67 Aa	76,35 Bb	76,72 Ba	75,22 Ba

1 – Valores médios de três repetições, expressos em quilogramas por hectolítrico (kg. hL⁻¹). Médias acompanhadas por letras maiúsculas distintas, na linha, e minúsculas distintas, na coluna, diferem significativamente entre si, a 5 % de probabilidade, pelo teste de Tukey. * Resultados inferiores a 66, não permitem a quantificação, visto que na tabela de transformação de kg.m³ para hectolitro, fornecida pelo fabricante da balança de peso hectolítrico não constam esses valores.

Tabela 3. Massa específica aparente do trigo, expresso em kg.m⁻³, submetido a diferentes condições de armazenamento durante nove meses¹.

Tratamento	Tempo (meses)			
	0	3	6	9
Sacaria	806,56 Aa	795,50 Aa	790,44 ABa	762,01 Ba
Silo Metálico	806,56 Aa	787,34 Aa	699,38 Bb	603,01 Cb
Hermético	806,56 Aa	794,03 Aa	787,06 Aa	787,34 Aa
Silo Rotomoldado	806,56 Aa	806,05 Aa	808,13 Aa	804,59 Aa

1 – Valores médios de três repetições, expressos em kg m⁻³. Médias acompanhadas por letras maiúsculas distintas, na linha, e minúsculas distintas, na coluna, diferem significativamente entre si, a 5 % de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Conforme a instrução normativa (IN) número 38 de 28/11/2010, os grãos de trigo do grupo II destinado à moagem e a outras finalidades, para serem classificados em tipo 1, 2 ou 3, devem apresentar PH superior ou igual a 72, do contrário são considerados fora do padrão para a alimentação humana, sendo somente possível sua comercialização para a alimentação animal.

Os grãos armazenados de forma hermética e rotomoldados apresentaram as menores reduções de PH ao longo do armazenamento, mantendo sempre os grãos com PH acima de 75, o que, segundo a IN no 38, classificaria os grãos como tipo 2, ou seja, PH acima de 75 kg hL⁻¹.

Essa pequena variação no PH nos tratamentos hermético e rotomoldado, ao longo do armazenamento, em comparação aos outros dois sistemas (sacaria e silo metálico), se deve, principalmente, ao fato desses grãos não terem sido atacados por insetos.

A redução do PH, em decorrência do atraso na colheita, pode ser atribuída a processos metabólicos dos grãos e de organismos a eles associados, que provocam consumo de suas reservas nutritivas durante o armazenamento (FLEURAT-LESSARD, 2002). Já na armazenagem, a redução do PH está

intimamente relacionada com a presença e o ataque de insetos e microrganismos, principalmente os fungos. Os insetos consomem a parte interna dos grãos, o que mantém o mesmo volume da massa, porém reduz o peso desses grãos.

Na Tabela 3 são apresentados os resultados da massa específica aparente, onde se observa que ocorreu redução apenas para os grãos que foram armazenados em sacaria e a granel em silo metálico. Da mesma forma que para o peso hectolítrico, essa redução ocorreu em função do ataque de insetos pragas, da presença de microrganismos e da atividade metabólica desses grãos, visto que os mesmos apresentaram maiores teores de umidade, o que leva a uma maior atividade metabólica e por consequência a maiores perdas de massa.

Os grãos que foram armazenados a granel em silo rotomoldado e de forma hermética apresentaram os maiores resultados de massa específica aparente, não variando estatisticamente ao longo da estocagem. Essa menor variação pode ser explicada pela inexistência de insetos, sendo que nas outras duas condições de armazenamento (granel em silo metálico e sacaria) ocorreu a presença de *S. zeamais*.

Dionello (2000) e Schuh et al. (2011) afirmaram que baixos valores de massa específica aparente ocorrem em grãos que perderam, excessivamente, matéria seca devido à infestação por fungos e/ou insetos, tanto no campo quanto no armazenamento.

Houve aumento significativo no teor de proteínas no armazenamento em silo metálico e em sacaria (Tabela 4). Esse aumento também foi verificado por outros autores, conforme Bhattacharya e Raha (2002), isso ocorre devido à formação de proteína fúngica, a qual não foi separada, sendo quantificada juntamente com a proteína bruta do grão.

A perda inicial no teor de proteína pode ser devida à fase adiantada de incubação, indicando proteólise e formação de compostos mais simples, como aminoácidos, que são utilizados como fonte de nutrientes pelos fungos. Posteriormente, o conteúdo de proteínas tende a aumentar devido à formação de proteínas fúngicas, que são determinadas juntamente com as proteínas do grão, o que pode explicar os valores encontrados no presente trabalho.

Esses dois tratamentos foram os que apresentaram maiores problemas com insetos e fungos durante o armazenamento. Segundo Matioli e Almeida (1979), os insetos atacam primeiro o endosperma do grão de milho, porém os insetos consomem mais o germe, causando diminuição maior na gor-

dura e podendo até aumentar a proteína, por duas razões: primeiro, por proporção normal devido ao consumo maior de gordura e menor de proteína e, segundo, porque na amostra pode ser determinada, juntamente com a proteína dos grãos, a proteína dos insetos e, com isto, pode também aumentar a porcentagem. Elias et al. (2009), observaram resultados semelhantes quando armazenaram trigo.

Os grãos armazenados a granel em silo rotomoldado e de forma hermética apresentaram reduções de proteína bruta entre o início e o final do período de avaliação. Essas perdas foram de 1,86 e 6,00 %, respectivamente, para o armazenamento em silo rotomoldado e hermético. Essas perdas naturais ocorreram em função da atividade respiratória dos próprios grãos. O armazenamento em silo rotomoldado apresentou as menores perdas de proteína bruta ao final do armazenamento, em comparação aos demais tratamentos, pois esses silos, por serem estruturas construídas com chapa única, trocam pouco calor e umidade com o meio externo, conservando melhor o produto.

Observa-se na Tabela 5 que o percentual de material mineral apresentou leve aumento ao longo do armazenamento nos grãos mantidos em silo metálico, nos demais tratamentos as variações entre o início (tempo zero) e o final do experimento (tempo nove meses) não foram significativas.

Tabela 4. Proteína bruta do trigo, expressa em percentual (%), submetido a diferentes condições de armazenamento durante nove meses¹.

Tratamento	Tempo (meses)			
	0	3	6	9
Sacaria	13,98 BCa	13,85 Ca	14,44 Ab	14,23 ABb
Silo Metálico	13,98 Ba	13,50 Cb	15,15 Aa	14,85 Aa
Hermético	13,98 Aa	13,47 Bb	13,89 Ac	13,73 Bd
Silo Rotomoldado	13,98 BCa	14,13 Ba	14,59 Ab	13,15 Cc

1 – Valores médios de três repetições, expressos em percentual base seca. Médias acompanhadas por letras maiúsculas distintas, na linha, e minúsculas distintas, na coluna, diferem significativamente entre si, a 5 % de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Tabela 5. Material mineral ou cinzas em trigo, expresso em percentual, submetido a diferentes condições de armazenamento durante nove meses¹.

Tratamento	Tempo (meses)			
	0	3	6	9
Sacaria	1,73 ABa	1,40 Bc	1,77 Abc	1,84 Ab
Silo Metálico	1,73 Ca	1,74 Cab	2,08 Ba	2,90 Aa
Hermético	1,73 Ba	1,78 ABa	1,88 Ab	1,77 ABb
Silo Rotomoldado	1,73 Aa	1,64 Bb	1,71 ABc	1,73 ABb

1 – Valores médios de três repetições, expressos em percentual (%) base seca. Médias acompanhadas por letras maiúsculas distintas, na linha, e minúsculas distintas, na coluna, diferem significativamente entre si, a 5 % de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Ao final do armazenamento, os grãos que apresentaram as maiores variações de material mineral foram aqueles armazenados em silo metálico, por consequência onde as perdas da fração orgânica foram maiores. A atividade metabólica dos grãos e microrganismos associados consome matéria orgânica, produzindo gás carbônico, água, calor e outros produtos, podendo alterar a proporção de minerais presentes no grão. Conforme Posner e Hibbs (1999), dentre os constituintes do trigo, o conteúdo de cinzas é a fração que apresenta menores variações em conteúdo total durante o armazenamento, sendo que essa variação ocorre devido à degradação da fração orgânica. Dessa forma, a determinação do teor de cinzas assume valores, proporcionalmente, maiores na medida em que a matéria orgânica é consumida. Ou seja, quanto maior o teor de cinzas ao longo do armazenamento, maiores são as perdas de qualidade desse produto, o que foi verificado nos grãos armazenados em silo metálico, comparados com os demais tratamentos.

Ocorreu redução do desenvolvimento de fungos do gênero *Fusarium* para todos os tratamentos estudados (Tabela 6).

Ao longo do armazenamento ocorreram reduções na incidência de fungos do gênero *Fusarium* para todos os tratamentos avaliados, iniciando a partir dos três meses de estocagem. A incidência fúngica no início do armazenamento refere-se basicamente à contaminação vinda da lavoura, ou seja, fungos de campo, pois esses fungos desenvolvem-se melhor em umidades relativas mais elevadas (Tanaka et al., 2001). Conforme Sweenwey e Dobson (1998), os fungos toxigênicos, ou seja, capazes de produzir metabólitos secundários tóxicos pertencem basicamente aos gêneros *Aspergillus*, *Penicillium* e *Fusarium*, os quais são responsáveis pela produção da maioria das micotoxinas até hoje conhecidas e estudadas. As espécies de *Fusarium* são patógenos de plantas, produzindo micotoxi-

nas antes da colheita ou imediatamente após ela. Os gêneros *Penicillium* e *Aspergillus* são mais comumente encontrados como contaminantes de produtos durante a secagem e o armazenamento, sendo denominados fungos de armazenamento.

Entre os tratamentos até seis meses de armazenamento não ocorreram variações significativas. Ao final do experimento, os grãos que foram armazenados em silo metálico apresentaram os maiores valores de fungos do gênero *Fusarium*. Essa maior incidência de fungos do gênero *Fusarium* nos grãos armazenados em silo metálico ocorreu devido a esse produto ter maior quantidade de água, ao final do trabalho, em relação aos demais grãos.

A redução da incidência de fungos de campo (gênero *Fusarium*) foi verificada neste trabalho, ou seja, inicialmente houve uma predominância de fungos de campo, com o passar dos meses de armazenamento, ocorreu uma redução dos fungos do gênero *Fusarium*. A diminuição da contaminação fúngica a partir do terceiro mês de armazenamento pode ter sido provocada pela perda da viabilidade dos esporos, que, conforme Valarini et al. (1990), são facilmente sujeitos à dessecação. Neto et al. (2007) verificaram uma redução na incidência de fungos da espécie *Fusarium graminearum* em sementes de trigo ao longo do armazenamento, eles constataram níveis de incidência de 0,5 % aos onze meses e não constataram a presença do fungo aos doze meses de armazenamento. Segundo os mesmos autores existe uma carência de trabalhos relacionados à longevidade de *F. graminearum* em grãos e/ou sementes de trigo, como também em outras culturas.

Podemos observar na Tabela 7 que ocorreu aumento do desenvolvimento de fungos do gênero *Aspergillus* para todos os tratamentos estudados.

Não houve variação significativa na incidência de *Aspergillus* até seis meses de armazenamento. Ocorreu um aumento na incidência de fungos do

Tabela 6. Incidência de fungos do gênero *Fusarium* em grãos de trigo, expressa em percentual (%), submetido a diferentes condições de armazenamento durante nove meses¹.

Tratamento	Tempo (meses)			
	0	3	6	9
Sacaria	92,0 Aa	53,0 Ba	59,5 Ba	28,5 Cb
Silo Metálico	92,0 Aa	69,0 Ba	75,0 ABa	56,5 Ba
Hermético	92,0 Aa	62,5 Ba	63,0 Ba	31,0 Cb
Silo Rotomoldado	92,0 Aa	64,5 Ba	66,0 Ba	32,0 Cb

¹ – Valores médios de oito repetições, expressos em percentual (% de incidência). Médias acompanhadas por letras maiúsculas distintas, na linha, e minúsculas distintas, na coluna, diferem significativamente entre si, a 5 % de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Tabela 7. Incidência de fungos do gênero *Aspergillus* em grãos de trigo, expressa em %, submetido a diferentes condições de armazenamento durante nove meses.

Tratamento	Tempo (meses)			
	0	3	6	9
Sacaria	4,0 Ba	6,0 Ba	3,5 Ba	35,0 Ac
Silo Metálico	4,0 Ba	0,0 Ba	1,5 Ba	79,0 Aa
Hermético	4,0 Ba	1,5 Ba	2,5 Ba	51,5 Ab
Silo Rotomoldado	4,0 Ba	1,5 Ba	1,5 Ba	35,0 Ac

1 – Valores médios de oito repetições, expressos em percentual (% de incidência). Médias acompanhadas por letras maiúsculas distintas, na linha, e minúsculas distintas, na coluna, diferem significativamente entre si, a 5 % de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Tabela 8. Incidência de fungos do gênero *Penicillium* em grãos de trigo, expressa em percentual (%), submetido a diferentes condições de armazenamento durante nove meses.

Tratamento	Tempo (meses)			
	0	3	6	9
Sacaria	60,0 Aa	47,0 ABa	22,5 Ca	30,0 BCa
Silo Metálico	60,0 Aa	60,5 Aa	32,5 Ba	17,5 Bab
Hermético	60,0 Aa	54,5 ABa	39,5 Ba	5,5 Cb
Silo Rotomoldado	60,0 Aa	60,5 Aa	31,5 Ba	25,5 Ba

1 – Valores médios de oito repetições, expressos em percentual (%). Médias acompanhadas por letras maiúsculas distintas, na linha, e minúsculas distintas, na coluna, diferem significativamente entre si, a 5 % de probabilidade, pelo teste de Tukey.

gênero *Aspergillus* a partir dos seis meses de armazenamento. Esse aumento pode estar ligado ao fato de que neste período (seis aos nove meses) ocorreu um aumento da temperatura do ar, facilitando o desenvolvimento desse gênero de fungo. Houve maior incidência de *Aspergillus* ao final do período de estocagem na armazenagem em silo metálico, e na armazenagem em sacaria e em silo rotomoldado essa incidência foi menor. Conforme afirmam Sweenwey e Dobson (1998), durante longo período de armazenamento, fungos xerófilos dos gêneros *Aspergillus* e *Penicillium*, denominados fungos de armazenamento, progressivamente substituem os fungos de campo. No presente trabalho verificou-se que a maior incidência de fungos do gênero *Aspergillus* ocorreu devido à redução na incidência de fungos do gênero *Fusarium*, durante o armazenamento do trigo.

Houve redução na incidência de *Penicillium* em todos os tipos de armazenagem (Tabela 8).

Entre os tratamentos até os três meses de armazenamento não ocorreram variações significativas. Ao longo do armazenamento ocorreram reduções significativas na incidência de fungos do gênero *Penicillium* para todos os tratamentos avaliados. Ao final do experimento, os grãos que foram armazena-

dos de forma hermética apresentaram os menores resultados de incidência de fungos do gênero *Penicillium*. Isso pode estar relacionado a uma sobreposição de crescimento de fungos do gênero *Aspergillus* em relação aos fungos do gênero *Penicillium*.

Observa-se na Tabela 9 que de forma geral ocorreu uma manutenção do percentual de grãos inteiros (I) nos tratamentos onde os grãos foram armazenados de forma hermética e nos silos rotomoldados, não ocorrendo variações significativas, quando comparados o tempo inicial e final do experimento, nesses dois tratamentos a presença de insetos foi bastante baixa.

A percentagem de grãos danificados por insetos (DI) durante o armazenamento no tratamento silo rotomoldado foi inferior a 2,44 %, o que mostra que em condições herméticas, devido à baixa concentração de oxigênio e elevação natural da concentração de gás carbônico, há baixa proliferação de insetos (Conyers e Bell, 2007).

Nos grãos armazenados em tonéis metálicos de forma hermética o percentual de dano por insetos foi inferior a 0,48 %, mostrando que além de não permitir a entrada de insetos da parte externa, nessas estruturas a redução na concentração de oxigênio e o aumento na concentração de gás carbônico

QUALIDADE DE GRÃOS DE TRIGO SUBMETIDOS
A DIFERENTES CONDIÇÕES DE ARMAZENAMENTO

Tabela 9. Análise tecnológica de grãos de trigo, expressa em porcentagem, submetido a diferentes condições de armazenamento durante nove meses sendo os defeitos: danificados pelo calor, mofados e ardidos (DCMA), chochos, triguilhos e quebrados (CTQ), danificados por insetos (DI), total de defeitos (TD), matérias estranhas e impurezas (ME) e inteiros (I),¹.

Tempo Armazenamento (Meses)	Defeitos	Tratamentos			
		Sacaria	Silo Metálico	Hermético	Silo Rotomoldado
0	DCMA*	0,65 Aa	0,65 Aa	0,65 Aa	0,65 Aa
3	DCMA	0,19 Ab	0,00 Ac	0,06 Ab	0,00 Ac
6	DCMA	0,65 Aa	0,29 Bb	0,59 Aa	0,30 Bb
9	DCMA	0,00 Ab	0,00 Ac	0,00 Ab	0,00 Ac
0	CTQ**	0,51 Aab	0,51 Ab	0,51 Aab	0,51 Ab
3	CTQ	2,22 Ba	2,74 Ba	1,71 Bab	7,77 Aa
6	CTQ	2,50 Aa	0,82 Aab	2,34 Aa	0,66 Ab
9	CTQ	0,00 Ab	0,00 Ab	0,00 Ab	0,00 Ab
0	DI***	0,48 Ac	0,48 Ac	0,48 Aa	0,48 Aa
3	DI	4,09 Ab	0,74 Bc	0,14 Ba	0,60 Ba
6	DI	5,92 Ba	14,09 Ab	0,03 Da	2,44 Ca
9	DI	7,15 Ba	82,88 Aa	0,14 Ca	1,12 Ca
0	TD****	1,64 Ab	1,64 Ac	1,64 Aa	1,64 Ab
3	TD	6,50 Aa	3,48 Bc	1,91 Ba	8,38 Aa
6	TD	9,08 Ba	15,19 Ab	2,95 Ca	3,40 Cb
9	TD	7,39 Ba	82,88 Aa	0,14 Ca	1,12 Cb
0	ME*****	1,01 Aa	1,01 Ad	1,01 Ac	1,01 Aa
3	ME	0,94 Ba	1,84 Ac	1,66 Ab	0,50 Cb
6	ME	0,71 Ca	5,04 Ab	2,09 Ba	0,40 Cbc
9	ME	0,71 Ba	14,84 Aa	0,56 Bd	0,04 Cc
0	I*****	97,35 Aa	97,35 Aa	97,35 Aab	97,35 Aa
3	I	92,56 BCb	94,68 ABa	96,43 Aab	91,12 Cb
6	I	90,21 Bb	79,77 Cb	94,95 Ab	96,20 Aa
9	I	92,14 Bb	2,28 Cc	99,30 Aa	98,84 Aa

1 – Valores médios de três repetições, expressos em percentual (%). Médias acompanhadas por letras maiúsculas distintas, na linha, e minúsculas distintas, na coluna, diferem significativamente entre si, a 5 % de probabilidade, pelo teste de Tukey. * Defeito: danificados pelo calor, mofados e ardidos em %; ** Defeito: chochos, triguilhos e quebrados em %; *** Defeito: danificado por insetos em %; **** Total de defeitos em %; ***** Matérias estranhas e impurezas; ***** Total de grãos inteiros ou sem defeitos em %.

inibem a oviposição de insetos e por consequência a eclosão de ovos.

Na armazenagem em silo rotomoldado a entrada de insetos é dificultada e, por consequência, há redução na porcentagem de grãos inteiros pelo ataque de insetos.

Os grãos armazenados em silo metálico apresentaram alta infestação de *S. zeamais*, o que reduziu o percentual de grãos inteiros e a qualidade dos grãos. Nesse tipo de armazenamento a porcenta-

gem de grãos inteiros reduziu de 79,77 %, aos seis meses de armazenamento, para 2,28 %, aos nove meses de estocagem.

Houve redução na porcentagem de grãos inteiros na armazenagem em sacaria, pelo ataque de insetos, porém, foi inferior ao ataque ocorrido na armazenagem em silo metálico.

Conforme a IN 38 (BRASIL, 2010), ao final do período de estocagem, os trigos do grupo II, destinados à moagem e a outras finalidades que foram

armazenados de forma hermética são classificados como tipo 1, os que foram armazenados em silo rotomoldado como tipo 3, devido à presença de danos por insetos ser superior a 1,00%, o que faz mudar a classificação para tipo 2. O trigo armazenado a granel, devido ao grande percentual de danos por insetos, foi classificado como fora de padrão. Os grãos armazenados de forma convencional em sacaria, também foram classificados como fora de padrão devido à percentagem de danos por insetos ser superior a 2 %, máximo permitido para ser classificado como tipo 3, bem como o percentual do total de defeitos ser superior a 7 %, que também é o limite máximo para ser classificado como tipo 3.

Conclusões

1. Houve menores reduções de peso hectolítrico e massa específica aparente na armazenagem hermética e a granel em silo rotomoldado;
2. As menores variações químicas ocorreram na armazenagem hermética;
3. Houve reduções na incidência de *Fusarium* e *Penicillium* e aumento na incidência de *Aspergillus* ao longo do armazenamento;
4. Na análise tecnológica, os grãos armazenados de forma hermética foram classificados como tipo 1, os em silo rotomoldado como tipo 3 e os demais como fora de tipo.

Agradecimentos

Ao CNPq, à Capes, à Estação Experimental Agrônômica da UFRGS e à Empresa Rotoplastyc.

Referências

AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS (A.A.C.C.). **Approved methods AACC**. 10 ed. St. Paul: AACC, 2001. p.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY (A.O.A.C.). **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemistry**. 16 ed. Arlington: Washington, v. I e II, 1990. p.

BAKKER-ARKEMA, F. W. **Grain quality and management of grain quality standards**. In: International Symposium of Grain Conservation. 1993, Canela. Anais... Porto Alegre: Plus Comunicações, p. 3-11, 1994.

BHATTACHARYA, K.; RAHA, S. Deteriorative changes of maize, groundnut and soybean seeds by fungi in storage. **Mycopathologia**, v. 155, n. 3, p. 135-141, 2002.

BRASIL, Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA) – DAS. **Regras para análise de sementes**. Brasília: MAPA, 399 p., 2009.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). **Instrução Normativa no 38, de 30 de novembro de 2010. Regulamento Técnico para Classificação Oficial do Trigo**. Brasília: MAPA, 2010.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB). **Acompanhamento da safra brasileira**. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/conabweb/download/safra/2graos_08.09.pdf>. Acesso em: 20 de janeiro de 2012.

CARNEIRO, L. M. T. A.; BIAGI, J. D.; FREITAS, J. G. de; CARNEIRO, M. C.; FELÍCIO, J. C. Diferentes épocas de colheita, secagem e armazenamento na qualidade de grãos de trigo comum e duro. **Bragantia**, Campinas v. 64, n. 1, p. 127-137, 2005.

CONYERS, S. T.; BELL, C. H. A novel use of modified atmospheres: Storage insect population control. **Journal of Stored Products Research**, v. 43, p. 367-374, 2007.

DIONELLO, R. G.; RADUNZ, L. L.; CONRAD, V. J. D.; LUCCA FILHO, O.; ELIAS, M. C. Temperatura do ar na secagem estacionária e tempo de armazenamento na qualidade de grãos de milho. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 6, p. 137-143, 2000.

ELIAS, M. C.; LOPES, V.; GUTKOSKI, L. C.; OLIVEIRA, M.; MAZZUTTI, S.; DIAS, A. R. G.. Umidade de colheita, métodos de secagem e tempo de armazenamento na qualidade tecnológica de grãos de trigo (cv. 'Embrapa 16'). **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 1, p. 25-30, 2009.

ELIAS, M. C.; OLIVEIRA, M. de. **Sistema nacional de certificação de unidades armazenadoras – Tecnologia e Legislação**. Pelotas: Ed. Santa Cruz, 477 p., 2010.

FERNANDEZ, A.; STROSHINE, R.; TUIITE, J. Mould growth and carbon dioxide production during storage of high moisture corn. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v. 62, p. 137-143, 1985.

FILHO, A. F. de L.; SILVA, J. S.; REZENDE, R. C. Estruturas para Armazenagem de Grãos. In: Silva, J. S. (Ed.) **Secagem e Armazenagem de Produtos Agrícolas**. Viçosa: Ed. Aprenda Fácil, p. 107-138, 2000.

FLEURAT-LESSARD, F. Qualitative reasoning and integrated management of the quality of stored grain: a promising new approach. **Journal of Stored Products Research**, Amsterdam, v. 38, p. 191-218, 2002.

LORINI, I.; MIIKE, L. H.; SCUSSEL, V. M. **Armazenagem de Grãos**. Campinas, SP: Instituto Biogenexiz, v. 1. 1000 p., 2002.

MATIOLI, J. C.; ALMEIDA, A. A. Alterações nas características químicas dos grãos de milho causadas pela infestação do *Sitophilus oryzae*. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, v. 4, p. 36-46, 1979.

MILLER, J. D. Fungi and mycotoxins in grain: implications for stored product research. **Journal Stored Products Research**, Amsterdam, v. 31, n. 1, p. 1-16, 1995.

MORENO, M.E.; JIMENEZ, A.S.; VAZQUEZ, M.E. Effect of *Sitophilus zeamais* and *Aspergillus chevalieri* on the oxygen level in maize stored hermetically. **Journal Stored Product Research**, Oxford, v. 36, p. 25-36, 2000.

QUALIDADE DE GRÃOS DE TRIGO SUBMETIDOS
A DIFERENTES CONDIÇÕES DE ARMAZENAMENTO

- MULTON, J. Water vapour and heat transfers in grains silos and their consequences on storage. In: SHEJBAL, J. (Ed.) **Controlled atmosphere storage of grains**. Amsterdam: Elsevier, 1980. p. 399-408.
- MUIR, W. E.; WATERER, D.; SINHA, R. N. Carbon dioxide as an early indicator of stored cereals and oilseed spoilage. **Transactions of the ASAE**, Saint Joseph, v. 28, p. 1673-1675, 1985.
- MUIR, W. E.; WHITE, N. D. G. Microorganisms in stored grain. In: Muir, W. E. (ed.) **Manitoba: Grain Preservation Biosystems**, 2000. p. 1-17.
- NETO, F. X. DE B. T.; REIS, E. M.; CASA, R. T. Viabilidade de *Fusarium graminearum* em sementes de trigo durante o armazenamento. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 33, n. 4, p. 414-415, 2007.
- OLIVEIRA, M.; DIONELLO, R.G.; ELIAS, M.C. **Amostragem, análise de umidade e impureza em grãos**, p.195-230. In: Formação de auditores técnicos do sistema nacional de certificação de unidades armazenadoras. Pelotas: Ed. Santa Cruz, 461 p., 2008.
- POSNER, E.S.; HIBBS, A.N. **Wheat flour milling**. 2. ed. Minnesota: American Association of Cereal Chemists, 341 p., 1999.
- ROSKENS, B. Annual meeting – industry comments. **Grain Quality Newsletter**, Wisconsin, v. 16, n. 2, p. 3-4, 1995.
- RUPOLLO, G.; GUTKOSKI, L. C.; MARTINS, I. R.; ELIAS, M. C. Efeito da umidade e do período de armazenamento hermético na contaminação natural por fungos e a produção de micotoxinas em grãos de aveia. **Ciências Agrotécnicas**, Lavras, v. 30, n. 1, p. 118-125, 2006.
- SAS. **Statistical Analysis Systems**. Version 9.5. Cary: SAS Institute Inc., 2002.
- SCHUH, G.; GOTTARDI, R.; FERRARI, E. F.; ANTUNES, L. E. G.; DIONELLO, R. G. Efeitos de dois métodos de secagem sobre a qualidade físico-química de grãos de milho safrinha-RS, armazenados por seis meses. **Semina**, Londrina, v. 32, n. 1, p. 235-244, 2011.
- SILVA, J. S.; AFONSO, A. D. L.; DONZELLES, S. M. L. Secagem e Secadores. In: SILVA, J.S. (Ed.) **Secagem e Armazenagem de Produtos Agrícolas**. Viçosa: Aprenda Fácil, p. 107-138, 2000.
- SWEENWEY, M. J.; DOBSON, A. D. W. Mycotoxin production by *Aspergillus*, *Fusarium* and *Penicillium* species. **International Journal of Food Microbiology**, Amsterdam, v. 43, p. 141-158, 1998.
- TANAKA, M. A. S.; MAEDA, J. A.; ALMEIDA, I. H.; PLAZAS, Z. Microflora fúngica de sementes de milho em ambientes de armazenamento. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 58, n. 3, p. 501-508, 2001.
- VALARINI, P. J.; VECHIATO, M. H.; LASCA, C. C. Sobrevivência de fungos associados a sementes de arroz (*Oryza sativa*) em duas condições de armazenamento. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 15, n. 3, p. 173-176, 1990.

Germinação de sementes de mamona em diferentes substratos e com tratamento fungicida¹

Eberson Diedrich Eicholz², Zarela Gudelia Casas Navarro Zanatta³,
Rogério Ferreira Aires⁴, Bernardo Ueno⁵, Orlando Antonio Lucca Filho⁶,
Sergio Delmar dos Anjos e Silva⁷

Resumo – O presente trabalho teve como objetivo avaliar a incidência de microrganismos e a eficiência do tratamento com fungicida carboxina + tiram no controle de fungos associados às sementes de mamona (*Ricinus communis* L.) e a germinação em diferentes tipos de substratos. Para tanto, foram utilizadas sete cultivares, com e sem tratamento com produto comercial Vitavax® Thiram 200 SC na dosagem de 250 ml 100 kg⁻¹ de sementes, também testados dois tipos de substratos (rolo de papel e substrato comercial Plantmax®) e para avaliação da ocorrência dos patógenos nas amostras de sementes, procedeu-se o teste do papel filtro. O substrato Plantmax favoreceu a germinação das sementes de mamona; o tratamento com fungicida melhorou a germinação das sementes de menor qualidade; os gêneros *Aspergillus*, *Penicillium* e *Fusarium* foram os patógenos mais frequentes nas sementes deste estudo; e o tratamento com carboxina + tiram reduziu a incidência de fungos nas sementes.

Termos para Indexação: Fungos fitopatogênicos, qualidade fisiológica, qualidade fitossanitária.

Castor bean seed germination on different substrates and fungicide treatment

Abstract – This work aimed to evaluate the germination of castor bean (*Ricinus communis* L.) seeds in different substrates and the incidence of seeds microorganisms and its control efficiency, using the fungicide carboxin + thiram. Seven genotypes were used, with and without treatment with product Vitavax® 200 CS Thiram (250 ml 100 kg⁻¹ seeds), in addition two types of substrate (paper roll and Plantmax®) were tested and the occurrence of pathogens in the seeds sample was evaluated using blotter test. The Plantmax substrate allowed higher castor bean seed germination in comparison to rolled paper; the fungicide treatment improved seed germination with low quality; *Aspergillus*, *Penicillium* and *Fusarium* was the genera most frequently found in the seeds of this study; and the seed treatment with carboxin + tiram reduced the incidence of fungi.

Index terms: Pathogenic fungi, physiological quality, phytosanitary quality.

Introdução

A mamona (*Ricinus communis* L.) é uma planta oleaginosa de relevante importância econômica. Para que a ampliação da oferta dessa matéria-prima seja bem sucedida é necessário desenvolver um conjunto de conhecimentos em qualidade fisiológica e sanitária das sementes. Ainda são poucos

os resultados de pesquisa na área de produção de sementes de mamona, sendo esses essenciais para o sucesso do estabelecimento da cultura.

A baixa produtividade média da cultura da mamona observada no Brasil deve-se ao uso de sementes de baixa qualidade, multiplicadas pelos próprios agricultores, acarretando alto grau de heterogeneidade (FREIRE et al., 2001).

¹ Manuscrito submetido em 16/08/2012. Aceito para publicação em 26/11/2012.

² Eng. Agrônomo Dr. Pesquisador da Embrapa Clima Temperado, Pelotas/RS, E-mail: eberson.eicholz@embrapa.br.

³ Eng. Agrônoma Dra. FAEM/UFPel, Pelotas/RS, E-mail: zarelacasas@yahoo.com.br.

⁴ Eng. Agrônomo. Dr. Fepagro Nordeste, Vacaria/RS, E-mail: rogerio-aires@fepagro.rs.gov.br.

⁵ Eng. Agrônomo. Dr. Pesquisador Embrapa Clima Temperado, Pelotas/RS, E-mail: bernardo.ueno@embrapa.br.

⁶ Eng. Agrônomo. Dr. UFPEL, Pelotas/RS, E-mail: orlando_lucca@hotmail.com.

⁷ Eng. Agrônomo. Dr. Pesquisador Embrapa Clima Temperado, Pelotas/RS, E-mail: sergio.anjos@embrapa.br.

Durante o desenvolvimento e a maturação das plantas, elas são invadidas por fungos e outros organismos patogênicos, originando plantas doentes. A associação de fitopatógenos, em especial fungos fitopatogênicos, reduz a qualidade das sementes, causando a diminuição no estabelecimento das populações de plantas e a disseminação de patógenos para áreas onde ainda não há a sua ocorrência, resultando em grandes prejuízos ao produtor (CARVALHO e NAKAGAWA, 2000).

Assim, a semente infectada é um dos meios mais eficientes de introdução e acúmulo de inóculo de patógenos em áreas de cultivo, podendo afetar o cultivo em diversas etapas (KIMATI, 1980). Entretanto, o local e a época de semeadura aliados à resistência das cultivares podem interferir, direta ou indiretamente, no aparecimento de doenças (ZUCHI et al., 2010). O teste de germinação é utilizado no planejamento agrícola com o objetivo de conhecer a qualidade fisiológica das sementes, além de fornecer informações que podem ser usadas na seleção de lotes para armazenamento, comercialização e semeadura (ALBUQUERQUE et al., 1998).

A germinação pode ser influenciada pelo tratamento químico e pela qualidade sanitária das sementes (MARRONI et al., 2012). Em trabalhos realizados por Silva et al. (2009), os autores verificaram que as sementes de mamona tiveram melhores resultados de germinação no solo quando comparados ao teste em rolo de papel, utilizando a temperatura de 25 °C, em consequência do elevado número de sementes duras.

O objetivo deste trabalho foi avaliar a incidência de microrganismos e a eficiência do tratamento com fungicida carboxina + tiram (Vitavax® Thiram 200 SC) no controle de fungos associados às sementes de mamona e a germinação em diferentes tipos de substratos.

Material e Métodos

Os testes foram realizados no laboratório de fitopatologia da Embrapa Clima Temperado e no laboratório didático de patologia da pós-graduação e tecnologia de sementes da UFPel nos meses de novembro e dezembro de 2009. Foram usadas sete diferentes cultivares de mamona oriundas do Instituto Agrônomo de Campinas (IAC 80, IAC 2028, IAC 226 e IAC Guarani), Embrapa Algodão (BRS Energia), Coordenadoria de Assistência Técnica Integral (AL Guarany 2002) e sementes Armani (híbrido Lyra).

No tratamento utilizou-se o produto comercial Vitavax® Thiram 200 SC (carboxina + tiram) na dosagem de 250 ml 100 kg⁻¹ de sementes, conforme recomendação de Marroni et al. (2012). O tratamento foi realizado à sombra, agitando as sementes com o fungicida até a completa cobertura com o produto.

Utilizaram-se dois tipos de substrato para o teste de germinação: rolo de papel e substrato comercial para produção de mudas de hortaliças Plantmax®.

Substrato rolo de papel Germitest – umedecido com quantidade de água na proporção 2,5 vezes o peso do papel seco. As avaliações foram realizadas aos sete e 14 dias após a semeadura. Os resultados obtidos foram expressos em porcentagem de plântulas normais (BRASIL, 2009b).

Substrato comercial para hortaliças – As sementes foram semeadas em bandejas plásticas (53 x 37 x 8 cm), contendo substrato para produção de mudas de hortaliças (Plantmax®), previamente autoclavado. As avaliações foram realizadas aos dez e 14 dias após a semeadura. Os resultados foram expressos em porcentagem de plântulas com os cotilédones abertos.

Utilizou-se para todos os tratamentos o germinador da marca Deleo® regulado a temperatura alternada de 30 °C com luz por 8 h e 25 °C sem luz por 16 h.

O delineamento experimental foi completamente casualizado com quatro repetições de 50 sementes por parcela, em esquema fatorial 7x2x2 (cultivar x substrato x tratamento). Para os dados obtidos foi realizada a análise de variância (ANOVA). A comparação de médias dos tratamentos pelo teste de Duncan ($\alpha=0,05$) para cultivar e teste de F ($\alpha=0,05$) para substrato e tratamento de sementes com fungicida.

Na avaliação da incidência dos patógenos nas sementes de mamona procedeu-se o teste do papel filtro (BRASIL, 2009a). Da amostra média, de cada cultivar, foram avaliadas 200 sementes, distribuídas em dez repetições de 20 sementes, colocadas em caixas plásticas transparentes, com tampa, contendo como substrato duas folhas de papel mata-borrão previamente autoclavados umedecido com água destilada.

As sementes foram incubadas, sob condições controladas de temperatura (20 ± 2 °C), por um período de sete dias, sob regime luminoso de 12 h, após o período de incubação as sementes foram avaliadas individualmente, com auxílio de microscópio estereoscópio com aumento de 60 X. Quando esse exame não permitiu a identificação do patógeno, foram montadas lâminas com material do fungo, o qual foi examinado em microscópio composto.

Consultas à literatura (BARNETT e HUNTER, 1972) auxiliaram a identificação dos fungos. O resultado final do teste foi expresso através da porcentagem média de cada uma das espécies fúngicas encontradas na amostra.

Resultados e Discussão

Nos resultados do teste de germinação (Tabela 1), observou-se que os lotes de sementes possuíam qualidades fisiológicas e comportamentos diferentes conforme o substrato e tratamento de sementes.

No substrato Plantmax, ocorreu maior porcentagem de germinação, na maioria dos lotes, com diferenças mais expressivas nas sementes não tratadas com carboxina + tiram. Nesse tratamento sem fungicida houve diferença significativa entre as cultivares, com destaque para 'IAC 80' e 'IAC 226' que diferiram do híbrido Lyra. Analisando o substrato de rolo de papel, as variedades IAC 2028 e BRS Energia tiveram os maiores valores e diferiram das demais. 'IAC 80', 'IAC 226' e 'IAC Guarani' apresentaram, no substrato rolo de papel, a menor germinação (inferior a 70 %, indicando não serem recomendados para semeadura), mas quando semeadas no substrato Plantmax tiveram emergências superiores a 90 %. As mesmas cultivares, quando tratadas com fungicida no teste de germinação no rolo de papel aumentaram a emergência em 13 % ou mais. A cultivar IAC 2028 com o tratamento de sementes teve perda significativa da germinação no substrato de rolo de papel, mas não foi observada essa diferença com o uso do substrato Plantmax.

Na primeira contagem da germinação (Tabela 2), ocorreu comportamento semelhante ao teste de germinação (Tabela 1) em relação à interação cultivar, substrato e tratamento.

Dessa forma, na Tabela 2 visualizaram-se os maiores valores no substrato Plantmax, porém as cultivares AL Guarany 2002 e Lyra tiveram germinação inferior na comparação entre elas para esse substrato. Essas mesmas cultivares, quando tratadas com fungicida, aumentaram a emergência. No substrato rolo de papel a cultivar IAC 2028 – sem tratamento e 'BRS Energia' – com tratamento destacaram-se com maior germinação em relação às demais. O tratamento com fungicida aumentou a germinação da 'IAC 266' e comprometeu a da 'IAC 2028' e do híbrido Lyra. Possivelmente, para essas variedades, a dose do fungicida aplicado tenha sido muito alta, pois Tropaldi et al. (2010) não verificaram efeito fitotóxico no híbrido Lyra utilizando doses menores.

O tratamento de sementes com o fungicida proporcionou aumento do percentual de germinação das sementes em algumas cultivares, o que, em parte, corrobora o que dizem Marroni et al. (2012) e Tropaldi et al. (2010), que verificaram melhora significativa na germinação com o tratamento e um efetivo controle dos fungos utilizando carboxim + thiram. O que foi visualizado neste trabalho, onde esse produto reduziu a incidência dos fungos nas sementes das sete cultivares de mamona, como pode ser verificado na Tabela 3.

O controle desses patógenos é importante, uma vez que é comum sua invasão nas sementes após a colheita, principalmente quando ela for retardada ou ocorrer demora no início da secagem (LUCCA

Tabela 1 – Germinação (%) de sementes de mamona por cultivar, tipo de substrato e tratamento com fungicida. Pelotas, RS, 2010

Cultivar	Sem tratamento/fungicida						Com Tratamento/fungicida							
	Plantmax			Rolo de papel			Plantmax			Rolo de papel				
IAC 80	96	a ¹	A ³	69	c	B	93	a	A	*	86	ab	A	
IAC 226	94	a	A	65	c	B	91	ab	A	*	78	c	B	
IAC Guarani	93	ab	A	64	c	B	93	a	A	*	89	a	A	
IAC 2028	92	ab	A	* ²	91	a	A	83	c	A		77	c	A
BRS Energia	88	ab	A		90	a	A	85	ab	A		88	a	A
AL Guarany 2002	87	ab	A		82	b	A	85	ab	A		81	bc	A
Lyra	83	b	A		77	b	B	83	c	A		83	abc	A
CV (%)	4,7			5,0			4,2			5,2				

¹Médias seguidas de mesma letra minúscula, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Duncan ($\alpha=0,05$).

²Médias seguidas por asterisco na linha, à esquerda, diferem entre si pelo teste de F ($\alpha=0,05$) para tratamento.

³Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha, à direita, não diferem entre si pelo teste de F ($\alpha=0,05$) para substrato.

Tabela 2 – Primeira contagem da germinação (%) de sementes de mamona por cultivar, tipo de substrato e tratamento com fungicida. Pelotas, RS, 2010

Cultivar	Sem tratamento fungicida						Com tratamento fungicida							
	Plantmax			Rolo de papel			Plantmax			Rolo de papel				
IAC 80	73	ab ¹	A ³	45	c	B	75	b	A	42	d	B		
IAC 266	79	a	A	42	c	B	85	a	A	*	64	b	B	
IAC Guarani	77	ab	A	45	c	B	77	b	A		46	cd	B	
IAC 2028	66	bc	A	* ²	80	a	A	62	c	A		54	bc	A
BRS Energia	74	ab	A		67	b	A	80	ab	A		76	a	A
AL Guarany 2002	60	c	A		42	c	B	*	74	b	A	37	d	B
Lyra	60	c	B	*	69	b	A	*	78	b	A	57	bc	B
CV (%)	6,5			10,3			3,4			14,4				

¹ Médias seguidas de mesma letra minúscula, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Duncan ($\alpha=0,05$).

² Médias seguidas por asterisco na linha, à esquerda, diferem entre si pelo teste de F ($\alpha=0,05$) para tratamento.

³ Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha, à direita, não diferem entre si pelo teste de F ($\alpha=0,05$) para substrato.

Tabela 3 – Incidência (%) de fungos nas sementes de mamona sem tratamento (ST) e após tratamento com Vitavax® Thiram 200 SC (TVT). Pelotas, RS, 2010

Patógenos	Lyra		BRS Energia		IAC 226		IAC Guarani		IAC 80		IAC 2028		AL Guarany 2002	
	ST	TVT	ST	TVT	ST	TVT	ST	TVT	ST	TVT	ST	TVT	ST	TVT
<i>Aspergillus</i> spp.	64,0	23,0	17,5	0,5	68,5	0,5	79,0	-	96,3	7,0	56,0	12,5	50,0	4,0
<i>Penicillium</i> spp.	41,5	5,0	93,0	1,0	55,5	-	72,5	0,5	33,5	5,5	77,0	4,5	40,0	-
<i>Fusarium</i> spp.	62,0	19,0	12,0	1,5	21,0	1,0	25,0	12,0	54,5	1,0	23,0	6,0	78,0	18,0
<i>Rhizopus</i> spp.	23,5	2,5	71,5	49,0	60,5	11,5	46,0	12,5	57,0	7,5	12,5	1,0	1,5	-
<i>Cladosporium</i> spp.	20,0	-	31,5	0,5	39,5	-	45,5	-	44,0	-	26,5	-	18,5	-
<i>Alternaria</i> spp.	44,5	5,0*	11,0	1,5	9,0	-	6,0	-	2,5	-	9,5	-	34,5	0,5
<i>Verticillium</i> spp.	10,5	-	15,5	-	10,0	-	7,5	-	11,0	-	9,5	-	6,0	-
<i>Chaetomium</i> spp.	3,5	0,5	-	0,5	-	-	-	-	2,0	-	-	0,5	5,0	-
<i>Tricotecium</i> spp.	-	-	-	-	-	-	-	-	2,0	-	-	-	-	-
<i>Periconia</i> spp.	3,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Phoma</i> spp.	8,5	-	-	0,5	0,5	-	-	-	-	-	0,5	-	1,0	-
<i>Tricoderma</i> spp.	2,0	-	-	1,5	1,5	-	0,5	6,5	3,0	-	3,5	-	-	-
<i>Nigrospora</i> spp.	-	-	-	-	0,5	0,5	-	-	-	-	-	-	3,5	-
<i>Curvularia</i> spp.	1,0	-	0,5	-	2,0	-	1,0	-	3,0	-	4,0	-	1,0	-
<i>Pestalotia</i> spp.	1,0	-	1,0	-	-	-	2,0	-	-	-	-	-	-	-
<i>Dreschlera</i> spp.	1,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Outros	6,5	-	8,0	-	1,0	-	4,0	-	1,0	-	1,5	-	5,0	-
Patógeno/semente	3,3	0,9	2,7	0,6	3,1	0,3	3,4	0,5	3,6	0,3	2,7	0,5	2,8	0,6
Gêneros/cultivar	16,0	7,0	11,0	10,0	13,0	5,0	12,0	5,0	13,0	5,0	12,0	6,0	13,0	4,0

*Porcentagem de sementes contaminadas pelo respectivo microorganismo.

FILHO, 1985). A contaminação com fungos de armazenamento pode acelerar consideravelmente a rapidez de deterioração da semente durante o armazenamento (MARCOS FILHO, 2005).

Na análise de sanidade (tabela 3) observou-se a presença dos fungos de armazenamento *Aspergillus* spp. e *Penicillium* spp., os quais geralmente são os de maior incidência, concordando com estudos de Coutinho et al. (2011).

Além dos fungos mencionados foi visualizada a presença dos gêneros *Chaetomium*, *Nigrospora*, *Periconia*, *Phoma*, *Curvularia* e *Trichoderma*, porém em poucas amostras e com baixa incidência. A presença desses fungos saprófitos é bastante comum em sementes. Rocha et al. (2008), que trabalharam com sementes da cv. BRS Energia, encontraram alta incidência de fungos saprófitos *Mucor* sp., *Rhizopus* sp. e *Chaetomium* sp. nas sementes com quatro meses de armazenamento, no Ceará.

Constam também na análise de sanidade os fungos encontrados em porcentagens pequenas como *Alternaria* spp., *Curvularia* spp., *Pestalotia* spp., *Verticillium* spp., *Phoma* spp. e *Dreschlera* spp.. Segundo Tanaka e Corrêa (1981), os fungos vinculados às sementes, como os encontrados nas da mamona, podem deteriorá-las causando redução da capacidade de germinação e na emergência das plântulas a campo. A incidência de fungos patogênicos em sementes de qualquer espécie é dependente das condições do campo de produção, incluindo vários fatores, principalmente as condições edafoclimáticas (tipo de solo, temperatura, umidade relativa do ar), a fonte e quantidade de inóculo, o manejo fitossanitário na cultura, histórico da área, entre outros. Esses fatores podem variar de acordo com a região, ano de cultivo e cultivar utilizada (resistência a doenças) e, desse modo, influenciar a qualidade de sementes de um lote, tanto no potencial fisiológico quanto no sanitário. Por essa razão, é imprescindível o controle de qualidade em todas as etapas da produção, que se inicia muito antes da semeadura.

Foram observados actinomicetos (bactérias Gram +) em todas as cultivares com incidência acima de 30 %, exceto na cultivar BRS Energia que foi de somente 6 % (dados não apresentados). Esses microrganismos, pelo seu metabolismo, produzem diversas substâncias com capacidade inibitória. São vários os mecanismos empregados pelos microrganismos com atividade antagonista, os principais são: antibiose e competição por nutrientes (GOMES et al., 2000).

Assim, a alta incidência de Actinomicetos, 41 % na cultivar IAC 266, 48 % na IAC Guarani e 48,5 % na IAC 80, pode ter inibido o efeito deletério do *Aspergillus* spp., que estava presente nessas cultivares, no substrato Plantmax autoclavado. Isso pode ser verificado no gráfico de dispersão (Figura 1) e na Tabela 4, considerando-se que o gênero *Aspergillus* pode ter comprometido a germinação dessas no rolo de papel (Tabelas 1 e 2).

Apesar da alta incidência de *Aspergillus* spp. nas cultivares AL Guarany 2002 e no híbrido Lyra, elas tiveram correlação positiva com o componente principal 1 (Tabela 4), com maior incidência de *Fusarium* spp. e *Alternaria* spp. Esses fungos podem ter comprometido a germinação dos lotes de mamona, o que foi relatado por Massola e Bedendo (2005). Porém, FANAN et al., (2009) em seus estudos observaram que a maior incidência de fungos de campo dos gêneros *Fusarium* e *Alternaria* não interferiu na qualidade fisiológica das sementes de mamona. Convém considerar que o gênero *Fusarium* pode causar tombamento em plântulas e as afetadas apresentaram lesões nas raízes, no caule próximo ao solo e nos cotilédones (LIMA et al., 1997; MASSOLA e BEDENDO, 2005).

A cultivar BRS Energia teve baixa incidência dos fungos *Fusarium*, *Alternaria* e *Aspergillus*, o que pode explicar a baixa variação na germinação das sementes quanto ao substrato utilizado e ao tratamento de sementes, como observado na Tabela 3 e pelas correlações com os componentes principais 1 e 2 (Figura 1 e Tabela 4).

Tabela 4 – Correlação de Pearson e probabilidade para os componentes principais 1 (CP1) e 2 (CP2), que representaram 78% da variação ocorrida na dispersão. Pelotas, 2010

	Aspergillus	Penicillium	Fusarium	Actomicetos	Rhizopus	Cladosporium	Alternaria	Verticillium	Phoma
CP1	0,22805	-0,73672	0,89504	0,28285	-0,8188	-0,66776	0,82916	-0,62936	0,65457
	0,6228	0,0589	0,0065	0,5388	0,0243	0,1012	0,0211	0,1299	0,1106
CP2	0,93151	-0,43086	0,07724	0,88475	0,07918	0,69082	-0,50438	-0,48985	-0,3257
	0,0023	0,3345	0,8693	0,0081	0,866	0,0857	0,2484	0,2645	0,4759

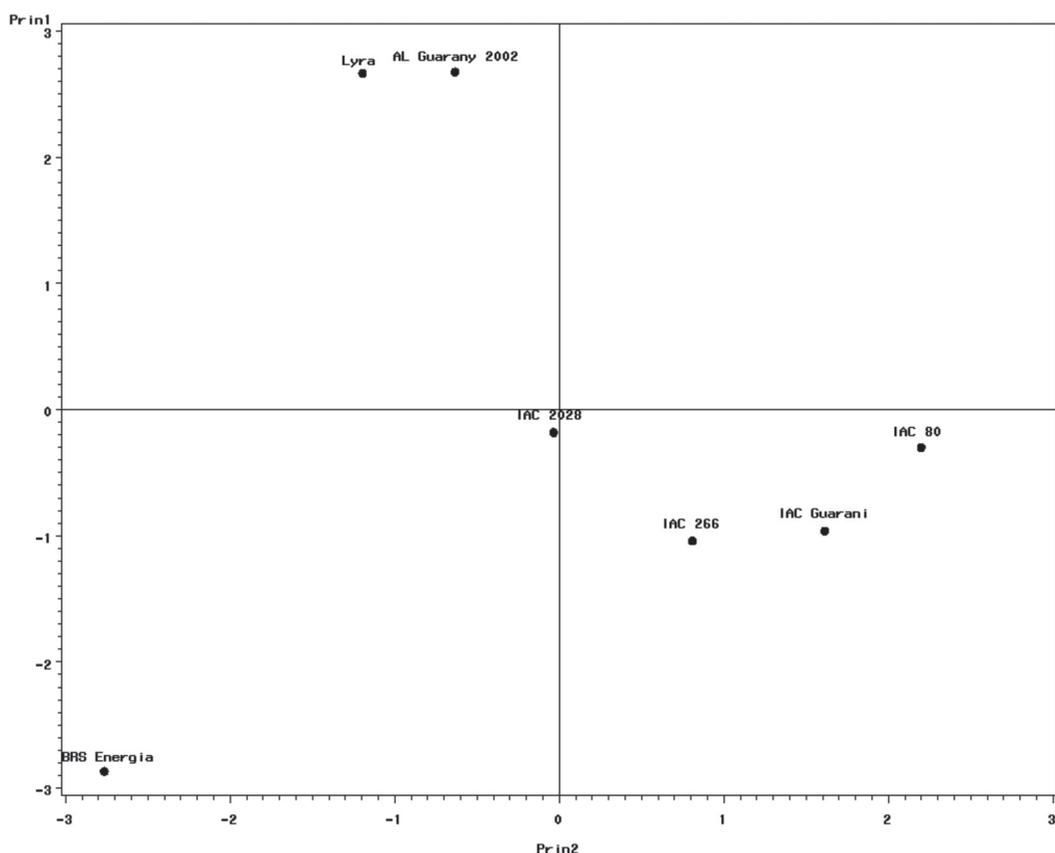


Figura 1 – Gráfico de dispersão das cultivares pela contaminação por fungos em relação aos componentes principais 1 e 2

Conclusões

O substrato Plantmax favoreceu a germinação das sementes de mamona.

O tratamento com fungicida melhorou a germinação das sementes de menor qualidade.

Os gêneros *Aspergillus*, *Penicillium* e *Fusarium* foram os patógenos mais frequentes nas sementes deste estudo.

O tratamento com carboxina + tiram reduziu a incidência de fungos nas sementes.

Agradecimento

Ao CNPq pelo financiamento do projeto.

Referências

ALBUQUERQUE, M. C. F.; RODRIGUES, T. J. D.; NINHOHARA, L.; TEBALDI, N.; SILVA, L. M. M. Influência da temperatura e do substrato na germinação de sementes de saguaraji (*Colubrina glandulosa* Perk., Rhamnaceae). **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 20, n. 2, p. 108-111, 1998.

BARNETT, H. L.; HUNTER, B. B. **Illustrated General of Imperfect Fungi**. 3. ed. Minnesota: Burgess Publishing Company, 1972. 209 p.

BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Manual de Análise Sanitária de Sementes**/ Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Secretaria de Defesa Agropecuária, 1. ed. Brasília: MAPA/ACS, 2009a. 200p.

BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para Análise de Sementes**/ Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Secretaria de Defesa Agropecuária, 1. ed. Brasília: MAPA/ACS, 2009b, 399p.

CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 5. ed. Jaboticabal: Funep, 2000. 590 p.

COUTINHO, W. M.; ALMEIDA, R. P.; DANTAS, F. V.; SOARES, D. J.; ARAÚJO, A. E.; MILANI, M. **Eficácia de mistura de fungicidas químicos na microbiota e na qualidade fisiológica de sementes de mamoneira**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2012. 22 p. Boletim de Pesquisa & Desenvolvimento, 91.

FANAN, S.; MEDINA, P. F.; CAMARGO, M. B. P.; ITO, M. F.; DUDIENAS, C.; RAMOS, N. P.; GALBIERI, R. Influência da colheita e períodos de armazenamento na qualidade sanitária de sementes de mamona. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 35, n. 3, p. 202-209, 2009.

GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE MAMONA
EM DIFERENTES SUBSTRATOS E COM TRATAMENTO FUNGICIDA

- FREIRE, E. C.; LIMA, E. F.; ANDRADE, F. P. de. Melhoramento Genético. In: AZEVEDO, D. M. P. de.; LIMA, E. F. **O agronegócio da mamona no Brasil**. Brasília: Embrapa, 2001. p. 229-256.
- GOMES, R. C.; SEMEDO, L.; SOARES, R. M. A.; ALVIANO, C. S.; LINHARES, L. F.; COELHO, R. R. R. Chitinolytic actinomycetes from a Brazilian tropical soil active against phytopathogenic fungi. **World Journal of Microbiology & Biotechnology**, Dordrecht, v. 16, n. 1, p. 109-110, 2000.
- KIMATI, H. Doenças da Mamoneira. In: GALLI, F. (Ed.). **Manual de Fitopatologia**. 2. ed. São Paulo: Editora Agronômica Ceres Ltda., v. 2, p. 347-351, 1980.
- LIMA, E. F.; BATISTA, F. A. S.; SANTOS, J. W. Fungos causadores de tombamento transportados e transmitidos pela semente da mamoneira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 32, n. 9, p. 915-918, 1997.
- LUCCA FILHO, O. A. Importância da sanidade na produção de sementes de alta qualidade. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 7, n. 1, p. 113-124, 1985.
- MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de Sementes de Plantas Cultivadas**. Piracicaba: FEALQ, 2005. 495 p.
- MARRONI, I. V., MOURA, A.B.; UENO, B. Chemical and biological treatments of castor bean seeds: effects on germination, emergence and associated microorganisms. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 34, n. 1, p. 21-28. 2012.
- MASSOLA, N. S.; BEDENDO, I. P. Doenças da Mamoneira (*Ricinus communis*). In: KIMATI, H.; AMORIM, L.; REZENDE, J. A. M.; BERGAMIM FILHO, A.; CAMARGO, L. E. A. (Eds.) **Manual de Fitopatologia: Doenças das plantas cultivadas**. 4. ed. São Paulo: Editora Agronômica Ceres Ltda., 2005. p. 445-447.
- ROCHA, M. do S.; OLIVEIRA, M. I. P. de; MEDEIROS, C.; AZEVEDO, C. F. de; BELTRÃO, N. E. de M.; CARVALHO, J. M. F. C.; ALMEIDA, F. de A. C.; NASCIMENTO, L. C.; BRUNO, R. de L. A. Fungos associados a sementes de mamoneira cultivadas na região de Barbalha, CE, safra 2007 In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 3., 2008, Salvador. **Anais...** Salvador: SEAGRI: Embrapa Algodão, 2008. Disponível em: <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/277314/1/FS08.pdf>. Acesso em: 25 de setembro de 2010.
- SILVA, S. D. dos A.; EICHOLZ, E. D.; CASAGRANDE JUNIOR, J. G.; EICHOLZ, M. D. **Sementes de mamona produzidas no Sul do Rio Grande do Sul**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2009. 40 p. Boletim de pesquisa e desenvolvimento, 98.
- TANAKA, M. A.; CORRÊA, M. U. Influência de *Aspergillus* e *Penicillium* no armazenamento de sementes de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 6, n. 3, p. 451-456, 1981.
- TROPALDI, L.; CAMARGO, J. A.; SMARSI, R. C.; KULCZYNSKI, S. M.; MENDONÇA, C. G.; BARBOSA, M. M. M. Qualidade fisiológica e sanitária de sementes de mamona submetidas a diferentes tratamentos químicos. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 40, n. 1, p. 89-95, 2010.
- ZUCHI, J.; BEVILAQUA, G. A. P.; ZANUNCIO, J. C.; PESKE, S. T.; SILVA, S. D. dos A.; SEDIYAMA, C. S. Características agronômicas de cultivares de mamona em função do local de cultivo e da época de semeadura no Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 40, n. 3, p. 501-506, 2010.

Dinâmica de crescimento da cultura do morangueiro em sistema orgânico¹

André Samuel Strassburger², Roberta Marins Nogueira Peil³,
José Ernani Schwengber⁴

Resumo – O objetivo deste trabalho foi caracterizar a dinâmica do crescimento de cultivares de morangueiro em sistema orgânico. O experimento foi realizado na Embrapa Clima Temperado, na Estação Experimental Cascata, Pelotas, Rio Grande do Sul. Os tratamentos constaram da combinação de dois fatores experimentais: cultivar ('Aromas', 'Albion', 'Camarosa' e 'Camino Real') e época de amostragem das plantas (108; 155; 184 e 241 dias após o transplante – DAT). As variáveis avaliadas foram: evolução da produção e da partição de massa seca entre os órgãos aéreos das plantas, evolução da produtividade e taxas de crescimento (das frutas, da fração vegetativa e da cultura) e taxa de crescimento relativo da cultura. Houve contínuo acúmulo de massa seca vegetativa, das frutas, do total da planta e da produtividade em todas as cultivares durante o ciclo. A 'Camarosa' apresentou maior produção de massa seca em todas as frações a partir dos 108 DAT. A partição de massa seca para as frutas representou de 2 a 12% no início da frutificação até 49,5 a 60,6% no final do cultivo. Esses valores indicam que as frutas foram os principais drenos de fotoassimilados das plantas. As cultivares Aromas e Camarosa apresentaram as maiores produtividades (59,1 e 64,2 Mg ha⁻¹, respectivamente).

Palavras-chave: *Fragaria x ananassa*, cultivares, produção e partição de massa seca, taxa de crescimento, análise de crescimento, índice de colheita.

Growth dynamic of strawberry crop in organic system

Abstract – The aim of this work was to characterize the growth of strawberry varieties in organic crop system. The experiment was conducted in Embrapa Clima Temperado, Estação Experimental Cascata, Pelotas, Rio Grande do Sul. The treatments were composed by two experimental factors combination: variety ('Aromas', 'Albion', 'Camarosa' and 'Camino Real') and plant sampling date (108; 155; 184 and 241 days after setting – DAS). The evaluated variables were: time-course of aboveground plant parts dry mass production and partitioning, time-course of yield and growth rates (of fruit, vegetative shoot and crop and relative crop growth rate). All varieties showed continuous accumulation of vegetative shoot, fruits and total aboveground plant parts dry mass, as well as, of yield. 'Camarosa' presented the highest dry mass production of all organs from 108 DAS. The dry mass partitioning to the fruits represented from 2 to 12 % at fruiting beginning until 49.5 to 60.6% at the end of crop-season. These values indicate that fruits were the strongest sinks of assimilates. The highest yield was obtained in 'Aromas' and 'Camarosa' (64.2 and 59.1 Mg ha⁻¹, respectively).

Key words: *Fragaria x ananassa*, varieties, dry mass production and partitioning, growth rates, growth analysis, harvest index.

¹ Parte da Tese de Doutorado do primeiro autor pelo Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar, Universidade Federal de Pelotas, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Departamento de Fitotecnia, Pelotas, RS. Manuscrito submetido em 04/01/2012 e aceito para publicação em 20/06/2012.

² Endereço atual: FEPAGRO Serra do Nordeste, Centro de Pesquisa Celeste Gobbato, Zona Boff, s/nº, Fazenda Souza, Caxias do Sul, RS. CEP: 95125-000. E-mail para correspondência: andre-strassburger@fepagro.rs.gov.br.

³ Departamento de Fitotecnia, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Campus Universitário s/n, Pelotas, RS, Caixa Postal 354, CEP: 96010-900.

⁴ Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Centro de Pesquisa Agropecuária de Clima Temperado, Estação Experimental Cascata, Rodovia BR 392, Km 88, Pelotas, RS. Caixa Postal 403, CEP: 96010-971.

Introdução

A escolha da cultivar a ser utilizada é de grande importância para o sucesso de uma lavoura de morangueiro. Esse aspecto torna-se ainda mais importante quando sistemas de cultivo orgânico são adotados. De maneira geral, os programas de melhoramento genético nos quais as cultivares modernas foram desenvolvidas caracterizam-se pela avaliação e seleção de clones em sistema de cultivo convencional. Assim, as cultivares provenientes desses programas podem apresentar menores patamares de crescimento, produtividade e de qualidade de produção em sistemas de cultivo orgânico (CASTRO et al., 2003), visto que as características produtivas resultam do manejo adotado e das condições ambientais a que são submetidas, sendo necessária a adequação da cultivar a ser utilizada com o ambiente de cultivo (DUARTE FILHO et al., 2007).

Nesse sentido, uma das ferramentas que tem auxiliado os pesquisadores, tornando-se um método padrão para a mensuração da produtividade biológica das culturas é a análise de crescimento das plantas (PEREIRA e MACHADO, 1987). É um dos primeiros passos na análise de produção primária, caracterizando-se como o elo entre o simples registro do rendimento das culturas e a análise destas por meio de métodos fisiológicos, podendo ser utilizada para conhecer a adaptação ecológica das plantas a novos ambientes, os efeitos de sistemas de manejo e a capacidade produtiva de diferentes genótipos (KVETET al., 1971).

Vários trabalhos já foram realizados buscando caracterizar o crescimento de algumas hortaliças como o pepineiro (MARCELIS, 1993a, 1993b; 1994; PEIL e GÁLVEZ, 2002), o pimentão (FONTES, 2005; MARCELIS et al., 2006), o meloeiro (MEDEIROS et al., 2006; DUARTE et al., 2008a e 2008b), o tomateiro (FAYAD et al., 2001) e a abobrinha italiana (STRASSBURGER et al., 2011a). Entretanto, estudos sobre o crescimento do morangueiro são escassos, ainda mais se tratando das cultivares modernas em sistema de cultivo orgânico.

Portanto, este trabalho teve como objetivo caracterizar o crescimento de cultivares de morangueiro em sistema de cultivo orgânico.

Material e Métodos

O experimento foi realizado na Embrapa Clima Temperado, na Estação Experimental Cascata em Pelotas, RS. A localização geográfica aproximada

é 31°37' S, 52°31' W e altitude de 181 m. A classificação do clima da região é do tipo 'Cfa' – clima temperado úmido com verões quentes.

O experimento foi realizado em canteiros abrigados por túneis baixos, cobertos com filme de polietileno de baixa densidade (PEBD) com 100 µm de espessura, dispostos no sentido Leste-Oeste. Os canteiros foram preparados com enxada rotativa encanteiradora, construindo-se canteiros com aproximadamente 0,4 m de altura. Foram utilizados quatro canteiros, com dimensões de 1,1 x 15,0 m com caminhos de 0,5 m. A correção do solo foi realizada conforme o resultado da análise química, levando-se em consideração as recomendações da SBCS/NRS (2004) para a cultura do morangueiro, utilizando-se 2,7 Mg ha⁻¹ de calcário dolomítico, com um PRNT de 98%, 18,6 Mg ha⁻¹ de vermicomposto bovino e 24,0 Mg ha⁻¹ de torta de mamona, tendo-se como base o teor de potássio.

As mudas utilizadas eram provenientes do Chile e foram transplantadas no dia 12/05/2008. O espaçamento utilizado foi de 0,3 x 0,3 m, com três fileiras por canteiro e linhas desencontradas, totalizando uma densidade de 5,26 plantas m⁻², considerando a área total de cultivo (incluindo os caminhos). A irrigação das plantas foi realizada por gotejamento, sendo sua necessidade monitorada pelo método da tensão da água no solo com o auxílio de tensiômetro de vacuômetro instalado a 0,15 m de profundidade, mantendo-se o solo próximo à capacidade de campo (0,01 a 0,03 MPa). A fertirrigação foi feita com húmus líquido a 10%, preparado de acordo com a recomendação de Schiedeck et al. (2008).

A cobertura dos canteiros foi realizada com plástico preto (PEBD) com 50 µm de espessura e 2,0 m de largura, colocado sobre os canteiros 30 dias após o transplante das mudas. O controle de pragas e de doenças foi realizado utilizando-se calda bordalesa, calda sulfocálcica, óleo de neem e alhol (mistura de alho triturado, óleo vegetal, sabão neutro e água). Ainda, como forma de prevenção e redução da fonte de inóculo, foram realizadas limpezas semanais nas plantas, removendo-se folhas e frutas atacadas por patógenos.

Os tratamentos experimentais constaram da combinação de dois fatores: cultivar ('Albion', 'Aromas', 'Camarosa' e 'Camino Real') e data de amostragem das plantas (108; 155; 184 e 241 dias após o transplante – DAT). As cultivares foram escolhidas por serem aquelas mais utilizadas no Rio Grande do Sul. As datas de amostragens foram definidas de acordo com os diferentes estádios fenológicos

da cultura, a saber: crescimento vegetativo, florescimento pleno (mais de 50% das plantas com flores), frutificação plena (mais de 50% das plantas com frutas) e por ocasião do término do ciclo de cultivo, respectivamente. Não houve diferenças marcantes entre os estádios fenológicos das cultivares. Portanto, as datas de amostragens foram as mesmas para todas as cultivares. O delineamento experimental adotado foi o de blocos casualizados com quatro repetições e parcelas subdivididas, sendo que o fator cultivar constituiu a parcela principal com 33 plantas (onze por linha) e o fator data de amostragem, a subparcela com duas plantas por data de amostragem. Posteriormente ao transplante, foram selecionadas oito plantas por repetição, sobre as quais se manteve total controle da colheita, da remoção de folhas e de estolões durante o período de cultivo. Para cada data de avaliação, utilizaram-se duas plantas por repetição. As plantas foram selecionadas de forma que representassem as demais da parcela quanto ao tamanho e aos aspectos morfológicos. Foram utilizadas plantas das linhas centrais e de bordadura, visto que, para as cultivares de morangueiro estudadas, em sistema orgânico com três linhas por canteiro, não houve efeito de bordadura (STRASSBURGER et al., 2011b).

O crescimento das plantas foi determinado por meio da quantificação da produção e da partição de massa seca aérea das plantas nas datas de amostragem (incluindo as frutas colhidas durante o processo produtivo e as folhas provenientes de desfolhas antecipadas). As plantas foram separadas em três frações: folhas (incluindo pecíolos), coroa (incluindo os estolões e pedúnculos) e frutas. Cada fração foi seca individualmente, em estufa de ventilação forçada a 65 °C até massa constante, para a obtenção da massa seca. A massa seca total da parte aérea da planta correspondeu à soma das folhas, coroa e frutas e a massa seca vegetativa, à soma das folhas e da coroa. A partir dos dados de produção de massa seca, foram calculadas a partição de massa seca, as taxas de crescimento das frutas (TCFr), da fração vegetativa (TCFV) e da cultura (TCC) e a taxa de crescimento relativo (TCR) de acordo com as recomendações de Benincasa (2003). Ainda, foi calculada a produtividade por unidade de área de cada cultivar.

Os resultados foram submetidos à análise de variância, sendo a análise do fator quantitativo 'data de amostragem' realizada através da decomposição em componentes polinomiais e as médias das cultivares em cada data comparadas pelo teste DMS de Fisher ao nível de significância de 5% de probabilidade de erro.

Resultados e discussão

De acordo com a análise de variância, houve interação entre os fatores experimentais estudados para todas as variáveis quantificadas. Dessa forma, o efeito simples de cada fator foi avaliado.

Houve contínuo acúmulo de massa seca vegetativa, das frutas e do total da parte aérea da planta em todas as cultivares (Figura 1a; 1b e 1c). Dinâmica semelhante foi observada para a produtividade (Figura 1d) e para o índice de área foliar (Figura 2d). Assim, modelos matemáticos lineares expressaram o comportamento dessas variáveis (Tabela 1).

Ao final do ciclo de cultivo, a 'Camarosa' apresentou maior produção de massa seca vegetativa, das frutas e do total da planta em comparação às demais cultivares (Figuras 1a; 1b e 1c). Em relação à massa seca das frutas (Figura 1b), a superioridade dessa cultivar foi evidenciada a partir dos 155 dias após transplante (DAT), enquanto que, para a massa seca vegetativa (Figura 1a) e do total da planta (Figura 1c), a superioridade foi observada a partir dos 184 DAT. A produção de massa seca vegetativa das cultivares Albion, Aromas e Camino Real não diferiram durante todo o período de cultivo (Figura 1a). Aos 184 DAT, as cultivares Aromas e Albion apresentaram maior massa seca das frutas em comparação à 'Camino Real' (Figura 1b). No entanto, ao final do cultivo, a 'Aromas' superou a 'Albion' e esta superou a 'Camino Real', que apresentou os menores valores para esta variável. A massa seca aérea total da planta apresentou resposta semelhante à massa seca vegetativa, sendo a 'Camarosa' superior às demais durante todo o ciclo de cultivo. Aos 184 DAT, a 'Aromas' foi superior à 'Camino Real' e ao final, esta última cultivar apresentou os menores valores (Figura 1c). A produtividade foi superior nas cultivares Camarosa e Aromas, as quais diferiram das demais a partir dos 184 DAT.

A contribuição proporcional das frutas para a composição do total da planta foi crescente até os 211; 218; 193 e 199 DAT (pontos de máxima segundo o modelo matemático obtido – Tabela 1) nas cultivares Albion, Aromas, Camarosa e Camino Real, respectivamente (Figuras 2a), o que, conseqüentemente, reduziu a contribuição proporcional da fração vegetativa nesse período (Figura 2b). Posteriormente, observou-se tendência de elevação da contribuição proporcional da fração vegetativa em detrimento da fração reprodutiva. Até os 155 DAT, a 'Albion' apresentou a menor contribuição proporcional das frutas em relação à parte aérea total das plantas, sendo superada por todas as outras cultivares, que apresentaram valores semelhantes entre si. A partir dos 184 DAT, a 'Aromas' demonstrou

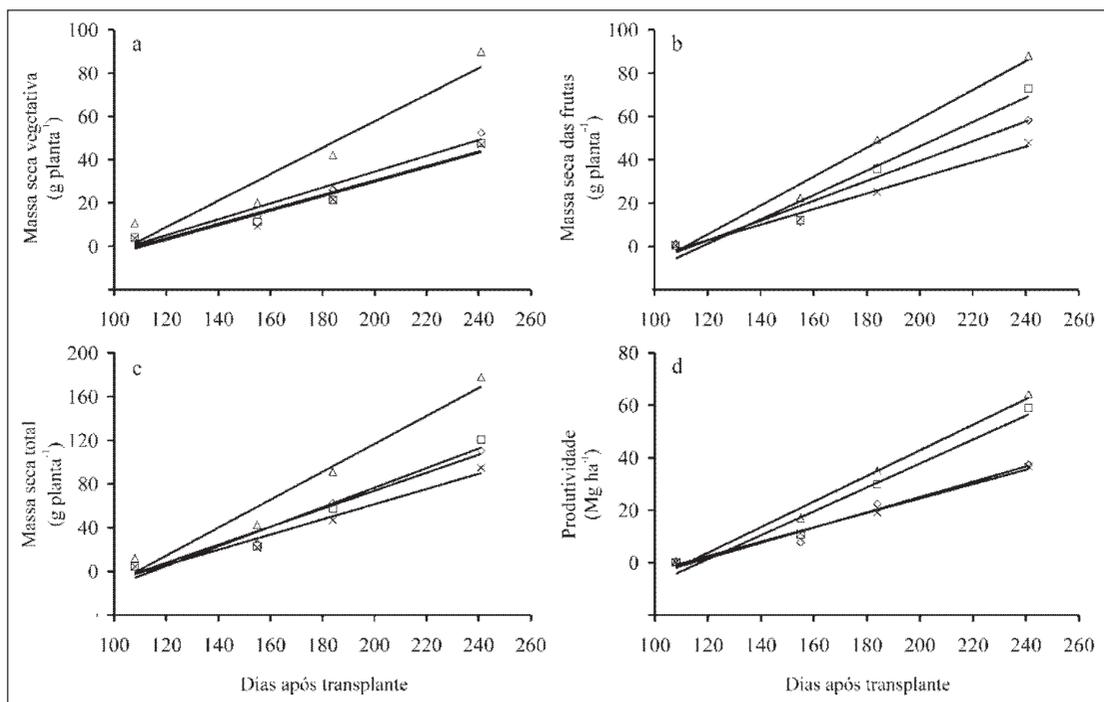


Figura 1. Evolução da produção de massa seca vegetativa (a), das frutas (b), do total da parte aérea (c) e da produtividade (d) de cultivares de morangoeiro em sistema de cultivo orgânico. (Δ) 'Albion', (□) 'Aromas', (r) 'Camarosa' e (x) 'Camino Real'. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, 2008.

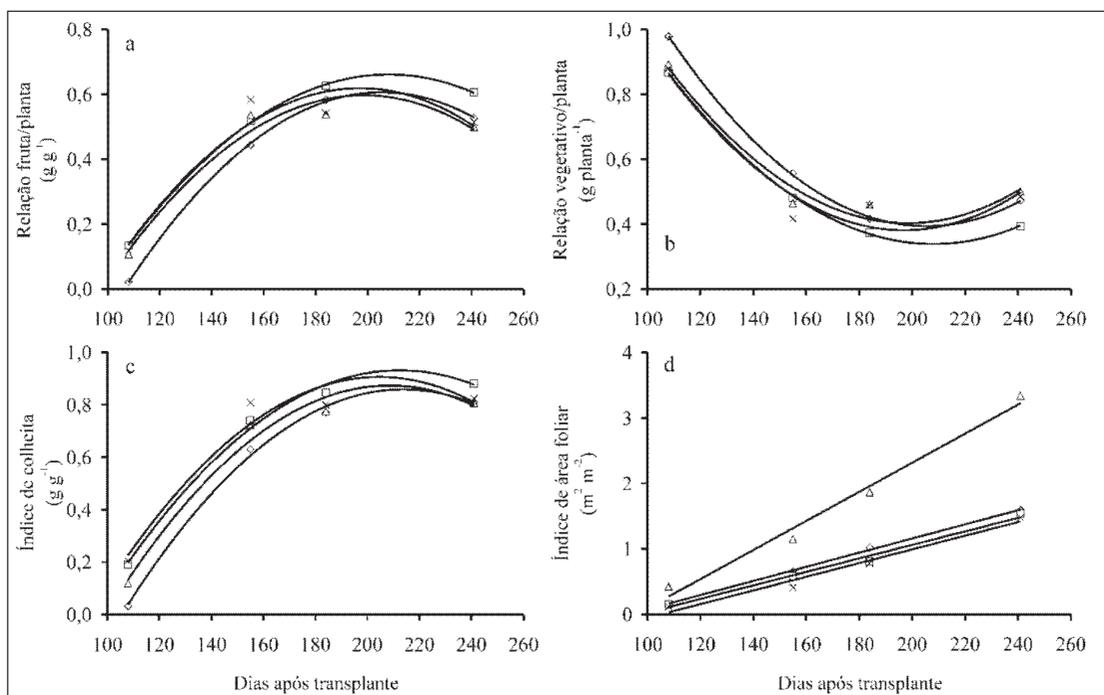


Figura 2. Evolução da contribuição proporcional de massa seca das frutas, dada pela relação fruta/total da parte aérea (a); e do compartimento vegetativo, dada pela relação vegetativo/total da parte aérea (b); do índice de colheita (c) e do índice de área foliar (d) em cultivares de morangoeiro em sistema de cultivo orgânico. (Δ) 'Albion', (□) 'Aromas', (r) 'Camarosa' e (x) 'Camino Real'. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, 2008.

Tabela 1. Equações de regressão e seus respectivos coeficientes de determinação (R²) relacionando as variáveis avaliadas (y) com o período após o transplante (x) das cultivares de morangueiro em sistema de cultivo orgânico. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, 2008.

Variável	Cultivar	Fórmula	R ²
Massa seca vegetativa	Albion	$y = -38,932 + 0,3667x$	0,96
	Aromas	$y = -36,341 + 0,3335x$	0,94
	Camarosa	$y = -64,681 + 0,612x$	0,93
	Camino Real	$y = -37,235 + 0,335x$	0,93
Massa seca das frutas	Albion	$y = -52,29 + 0,4682x$	0,96
	Aromas	$y = -66,314 + 0,5625x$	0,96
	Camarosa	$y = -74,593 + 0,6674x$	0,99
	Camino Real	$y = -40,461 + 0,3606x$	0,99
Massa seca total	Albion	$y = -91,222 + 0,8249x$	0,97
	Aromas	$y = -102,66 + 0,896x$	0,95
	Camarosa	$y = -139,27 + 1,2794x$	0,97
	Camino Real	$y = -77,697 + 0,6956x$	0,97
Produtividade	Albion	$y = -33,213 + 0,2911x$	0,97
	Aromas	$y = -53,443 + 0,4561x$	0,97
	Camarosa	$y = -54,862 + 0,4885x$	0,99
	Camino Real	$y = -30,444 + 0,2745x$	0,99
Relação de massa seca (frutas/planta)	Albion	$y = -1,99679 + 0,02534x - 0,00006x^2$	0,99
	Aromas	$y = -1,61149 + 0,02184x - 0,00005x^2$	0,99
	Camarosa	$y = -1,70266 + 0,02318x - 0,00006x^2$	0,93
	Camino Real	$y = -1,74143 + 0,02396x - 0,00006x^2$	0,93
Relação de massa seca (vegetativo/planta)	Albion	$y = 2,99679 - 0,02534x + 0,00006x^2$	0,99
	Aromas	$y = 2,61149 - 0,02184x + 0,00005x^2$	0,99
	Camarosa	$y = 2,70266 - 0,02318x + 0,00006x^2$	0,96
	Camino Real	$y = 2,74143 - 0,02396x + 0,00006x^2$	0,93
Índice de colheita	Albion	$y = -2,49196 + 0,03135x - 0,00007x^2$	0,99
	Aromas	$y = -2,10565 + 0,02859x - 0,00007x^2$	0,99
	Camarosa	$y = -2,31005 + 0,03053x - 0,00007x^2$	0,98
	Camino Real	$y = -2,14738 + 0,02985x - 0,00007x^2$	0,95
Índice de área foliar	Albion	$y = -1,0008 + 0,0108x$	0,99
	Aromas	$y = -1,0028 + 0,0103x$	0,99
	Camarosa	$y = -2,1275 + 0,0222x$	0,98
	Camino Real	$y = -1,0979 + 0,0104x$	0,97

maior habilidade, em termos proporcionais, em alocar massa seca às frutas em comparação às demais cultivares que apresentaram valores semelhantes (Figuras 2a e 2b). O índice de colheita (Figura 2c) apresentou dinâmica semelhante à contribuição proporcional das frutas para o total de massa seca aérea da planta, observando-se ten-

dência de redução dessa variável após os 223; 204; 218 e 213 DAT para as cultivares Albion, Aromas, Camarosa e Camino Real, respectivamente. No entanto, a 'Aromas' foi superior, apenas, na avaliação final. A dinâmica da evolução dessas variáveis foi representada por modelos polinomiais de segundo grau (Tabela 1). O índice de área foliar foi superior

na 'Camarosa' já aos 155 DAT (Figura 2d). As demais cultivares não diferiram entre si em nenhuma das avaliações.

A taxa de crescimento vegetativo foi crescente durante todo o ciclo em todas as cultivares (Figura 3a). A partir dos 155 DAT, a 'Camarosa' apresentou valor mais elevado do que as demais cultivares até o final do cultivo. A taxa de crescimento das frutas (Figura 3b) foi praticamente nula até os 108 DAT (abaixo de $0,012 \text{ g planta}^{-1} \text{ dia}^{-1}$) devido à baixa carga de frutas. Posteriormente, foi crescente até 184 DAT. Entre os 108 e 155 DAT, a 'Camarosa' apresentou valores superiores. Dos 155 aos 184 DAT, a 'Albion' e a 'Aromas' apresentaram elevação na taxa de crescimento das frutas em comparação à 'Camino Real', o que proporcionou a estas duas cultivares valores semelhantes ao da 'Camarosa'. Ainda nesse período observou-se a maior taxa de crescimento das frutas para todas as cultivares avaliadas. Posteriormente, houve decréscimo nos valores dessa variável, sendo a redução mais intensa na 'Albion'. A taxa de crescimento da cultura foi crescente até 184 DAT em todas as cultivares. Posteriormente, em virtude da redução na taxa de crescimento das frutas, houve redução dessa vari-

ável, com exceção na 'Camino Real', que manteve valor semelhante ao período anterior. A taxa de crescimento relativo foi decrescente com o decorrer do ciclo de cultivo em todas as cultivares.

Dentre os fatores que interferem na atividade fotossintética e na produção de massa seca das plantas, destacam-se a radiação solar disponível, a concentração de CO_2 , a temperatura do ar e a disponibilidade de água e de nutrientes para as plantas (TAIZ e ZEIGER, 2004). No entanto, características internas, inerentes a cada cultivar, ditam o padrão de utilização dos recursos ambientais disponíveis (PEREIRA e MACHADO, 1987; PEIXOTO, 1998). Nesse sentido, observa-se que as plantas da cultivar Camarosa apresentam maior capacidade de produção de massa seca dos órgãos aéreos (Figura 1a, 1b e 1c).

Observa-se que, nessa cultivar, a expansão foliar foi superior já na primeira avaliação (108 DAT), o que é caracterizado pelo maior índice de área foliar (Figura 2d). O IAF indica o tamanho do aparelho assimilatório da planta e reflete sua capacidade produtiva (KVET, 1979; HUNT, 1981). Quanto mais rápido a cultura atingir o índice de área foliar crítico (a partir do qual não se observam aumentos significativos na

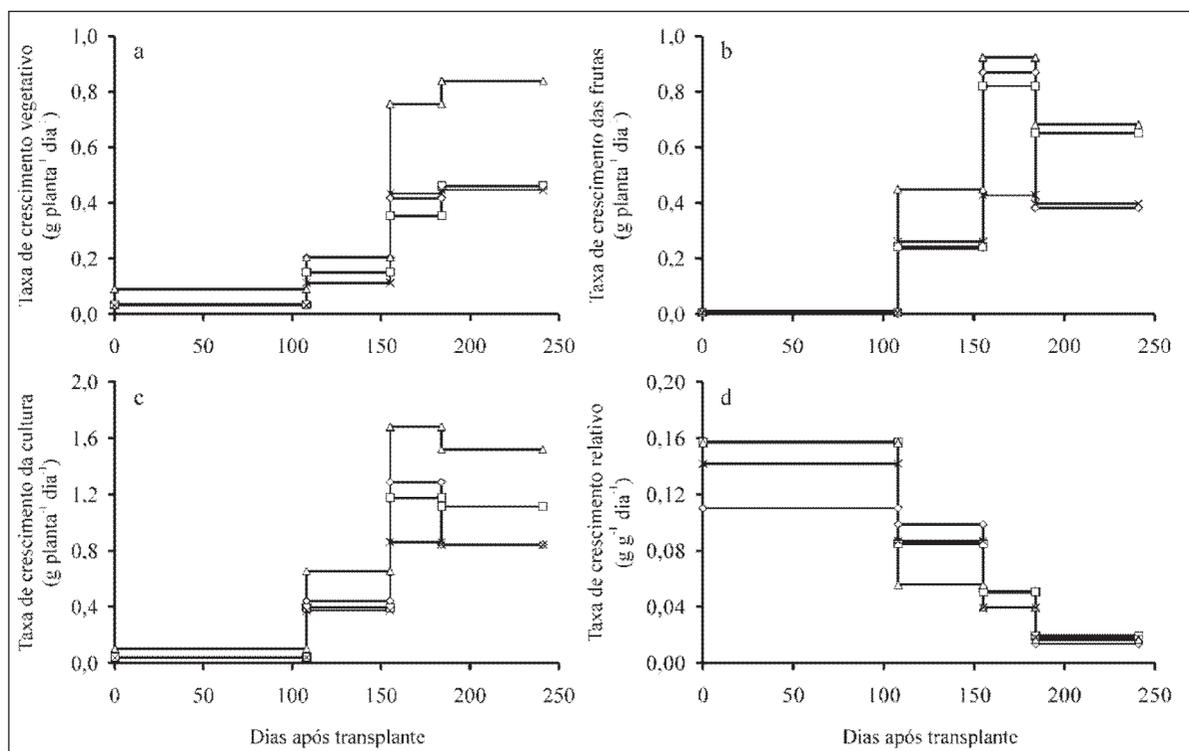


Figura 3. Taxa de crescimento dos órgãos vegetativos aéreos (a), das frutas (b), da cultura (c) e taxa de crescimento relativo (d) de cultivares de morangueiro em sistema de cultivo orgânico. (∇) 'Albion', (□) 'Aromas', (○) 'Camarosa' e (×) 'Camino Real'. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, 2008.

quantidade de radiação solar absorvida pelo dossel) e quanto mais tempo a área foliar permanecer ativa, maior será sua capacidade de produção biológica. Assim, pode-se associar a maior produção de massa seca e, de maneira geral, as maiores taxas de crescimento da 'Camarosa', à maior capacidade de expansão do aparato fotossintético observada já nos estádios iniciais de crescimento.

Ao final do ciclo de cultivo, as frutas representaram 52,7; 60,6; 49,5 e 50,4% da massa seca aérea total da planta nas cultivares Albion, Aromas, Camarosa e Camino Real, respectivamente. Segundo vários autores (MARCELIS, 1993a; AWANG e ATHERTON, 1995; MARCELIS et al., 1998; PEIL e GALVÉZ, 2002; DUARTE et al., 2008a e 2008b; PAULA et al., 2008), em hortaliças de frutos, estes são os maiores drenos de fotoassimilados das plantas, corroborando os resultados obtidos.

Normalmente, o rendimento de um cultivo é determinado pela capacidade das plantas em acumular biomassa (massa seca e fresca) nos órgãos que se destinam à colheita (CHALLA e HEUVELINK, 1993). Nesse sentido, observou-se que as maiores produtividades (Figura 1d) foram obtidas nas plantas que apresentaram maior capacidade de produção de massa seca das frutas ('Camarosa' e 'Aromas' – Figura 1b). No presente trabalho, a produtividade variou de 696 g planta⁻¹ (equivalente a aproximadamente 36 Mg ha⁻¹) na 'Camino Real' a 1220 g planta⁻¹ (equivalente a aproximadamente 64 Mg ha⁻¹) na 'Camarosa'. Os resultados obtidos em relação à produtividade são semelhantes aos relatados na bibliografia (ANDRIOLO et al., 2002; FERNANDES JÚNIOR et al., 2002; CASTRO et al., 2003; ANDRIOLO et al., 2009; LOSS et al., 2009), indicando que os sistemas de cultivo orgânico podem apresentar produtividades compatíveis às obtidas até mesmo em sistemas intensivos de produção.

As máximas taxas de crescimento da fração vegetativa, das frutas e da cultura foram observadas na 'Camarosa', com valores respectivos de 0,84 (entre 184 e 241 DAT); 0,92 (entre 155 e 184 DAT) e 1,68 g planta⁻¹ dia⁻¹ (entre 155 e 184 DAT) (Figuras 2a; 2b e 2c). Marcelis (1994) destaca que, para a cultura do pepineiro, existe uma tendência cíclica entre a taxa de crescimento dos frutos e da fração vegetativa, ou seja, quando a taxa de crescimento dos frutos é elevada, a taxa de crescimento da fração vegetativa tende a reduzir. Entretanto, para a cultura do morangueiro essa dinâmica não foi evidenciada. Isto se deve ao baixo crescimento vegetativo inicial do morangueiro, decorrente de características morfofisiológicas intrínsecas às espécies perenes de clima temperado e ao transplante em época de reduzida

temperatura e baixo fotoperíodo (outono-inverno do Rio Grande do Sul), havendo, a partir do final do inverno, época em que ocorre a elevação dos valores dessas variáveis ambientais, crescimentos vegetativo e reprodutivo concomitantes. Ainda é possível observar uma redução da contribuição proporcional das frutas em detrimento da fração vegetativa a partir dos 184 DAT (Figura 2a; b) em virtude do estímulo ao crescimento vegetativo e redução do florescimento que o morangueiro tem com o aumento das temperaturas ao final da primavera.

Os máximos valores da taxa de crescimento relativo foram alcançados nos estádios iniciais do cultivo. Os valores observados até os 108 DAT foram de 0,11; 0,16; 0,16 e 0,14 g g⁻¹ dia⁻¹, para as cultivares Albion, Aromas, Camarosa e Camino Real, respectivamente. Após este período, a taxa de crescimento relativo decresceu, alcançando valores finais de 0,013; 0,019; 0,017 e 0,018 g g⁻¹ dia⁻¹, para as mesmas cultivares, respectivamente. Decréscimos nos valores da taxa de crescimento relativo são comuns para a maioria das espécies e já foram descritos para a cultura do pimentão (FONTES et al., 2005), para o meloeiro (MEDEIROS et al., 2006) e para o tomateiro (FAYAD, 2001), estando relacionados a um padrão característico, já que quanto mais jovens as plantas, maior é o seu crescimento em relação a sua massa.

Conclusões

- A produção acumulada de massa seca da fração vegetativa, das frutas, do total da planta, a produtividade e o índice de área foliar nas cultivares Aromas, Albion, Camarosa e Camino Real elevaram-se continuamente ao longo do ciclo de cultivo;
- A cultivar Camarosa apresentou maior crescimento em relação às demais cultivares;
- As cultivares Camarosa e Aromas apresentaram as maiores produtividades;
- A taxa de crescimento da fração vegetativa aumentou até o final do cultivo, enquanto a taxa de crescimento das frutas decresceu a partir de 184 dias após o transplante;
- A taxa de crescimento relativo de todas as cultivares foi decrescente no decorrer do ciclo de cultivo.

Referências

ANDRIOLO, J. L.; BONINI, J. V.; BOEMO, M. P. Acumulação de matéria seca e rendimento de frutos de morangueiro cultivado em substrato com diferentes soluções nutritivas. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 20, n. 1, p. 24-27, 2002.

- ANDRIOLO, J. L.; JANISCH, D. I.; SCHMITT, O. J.; VAZ, M. A. B.; CARDOSO, F. L.; ERPEN, L. Concentração da solução nutritiva no crescimento, na produtividade e na qualidade de frutas do morangueiro. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, p. 684-690. 2009.
- AWANG, Y. B.; ATHERTON, J. G. Growth and fruit responses of strawberry plants grown in rockwool to shading and salinity. **Scientia Horticulture**, Amsterdam, v. 62, p. 25-31, 1995.
- BENINCASA, M. M. P. **Análise de crescimento de plantas: Noções básicas**. Jaboticabal: FCAV. 41 p. 2003.
- CASTRO, R. L.; CASALI, V. W. D.; BARRELLA, T. P.; SANTOS, R. H. S.; CRUZ, C. D. Produtividade de cultivares de morangueiro em sistema de cultivo orgânico. **Horticultura Brasileira**, v. 21, p. 227-230, 2003.
- CHALLA, H.; HEUVELINK, E. Economic evaluation of crop photosynthesis. **Acta Horticulture**, Wageningen, v. 328, p. 219. 1993.
- DUARTE FILHO, J.; ANTUNES, L. E. C.; PÁDUA, J. G. de. Cultivares. **Informe Agropecuário**, v. 28, p. 20-23, 2007.
- DUARTE, T. S.; PEIL, R. M. N.; BACCHIS, S.; STRASSBURGER, A. S. Efeito da carga de frutos e concentrações salinas no crescimento do meloeiro cultivado em substrato. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 26, p. 348-353. 2008a.
- DUARTE, T. S.; PEIL, R. M. N.; MONTEZANO, E. M. Crescimento de frutos do meloeiro sob diferentes relações fonte:dreno. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 26, p. 342-347. 2008b.
- FAYAD, J. A.; FONTES, P. C. R.; CARDOSO, A. A.; FINGER, L. F.; FERREIRA, F. A. Crescimento e produção do tomateiro cultivado sob condições de campo e de ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.19, p. 232-237. 2001.
- FERNANDES, JR. F.; FURLANI, P. R.; RIBEIRO, I. J. A.; CARVALHO, C. R. L. Produção de frutos e estolhos de morangueiro em diferentes sistemas de cultivo em ambiente protegido. **Bragantia**, Campinas, v. 61, p. 25-34, 2002.
- FONTES, P. C. R.; DIAS, E. N.; SILVA, D. J. H. Dinâmica do crescimento, distribuição de matéria seca e produção de pimentão em ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.23, p. 94-99. 2005.
- HUNT, R. Growth analysis of populations and communities. In: HUNT, R. **Plant growth analysis**. London: Edward Arnold, 1981. cap.4, p. 26-38.
- KVET, J.; ONDOK, J. P.; NEGAS, J.; JARVIS, P. O. Methods of Growth Analysis. In: SESTAK, Z.; CATSKY, J.; JARVIS, P. G. (Ed). **Plant Photosynthetic Production**. The Hague: W. Junk, 1971. p. 343-391.
- LOSS, J. T.; CALVETE, E. O.; NITSCHKE, R.; RAMBO, A.; NIE-NOW, A. A.; CECCHETTI, D. Desempenho de cultivares de morangueiro em dois sistemas de produção. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 49., 2009, Águas de Lindóia. **Anais**. Brasília: ABH, 2009. p. 1900-1906 (CD -ROM).
- MARCELIS, L. F. M. Fruit growth and biomass allocation to the fruits in cucumber. 1. Effect of fruit load and temperature. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 54, p. 107-121. 1993a.
- MARCELIS, L. F. M. Fruit growth and biomass allocation to the fruits in cucumber. 2. Effect of irradiance. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 54, p. 123-130. 1993b.
- MARCELIS, L. F. M. A simulation model for dry matter partitioning in cucumber. **Annals of Botany**, Oxford, v. 74, p. 43-52. 1994.
- MARCELIS, L. F. M.; HEUVELINK, E.; GOUDRIAAN, J. Modelling biomass production and yield of horticultural crops: a review. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 74, p. 83-111, 1998.
- MARCELIS, L. F. M.; ELINGS, A.; BAKKER, M.; BAKKER, M. J.; HEUVELINK, E. Modelling dry matter production and partitioning in sweet pepper. **Acta Horticulturae**, Wageningen, v. 718, p. 121-128. 2006.
- MEDEIROS, J. F.; SILVA, M. C. DE C.; NETO, F. G. C.; ALMEIDA, A. H. B.; SOUZA, J. O.; NEGREIROS, M. Z.; SOARES, S. P. F. Crescimento e produção do melão cultivado sob cobertura de solo e diferentes frequências de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 10, p. 792-797. 2006.
- PAULA, V. A.; MENDEZ, M. E. G.; SCHOFFEL, E. R.; PEIL, R. M. N.; RIBEIRO, D. S.; FRAGA, D. S.; ANDRADE, F. F. Produção e partição de massa seca da parte aérea do morangueiro cultivado em ambiente protegido sob adubação orgânica. In: Congresso Brasileiro de Olericultura, 48. **Anais**. Maringá: ABH. p. 5931-5936, 2008 (CD -ROM).
- PEIL, R. M. N.; LÓPEZ-GÁLVEZ, J. Effect of fruit removal on growth and biomass partitioning in cucumber. **Acta Horticulturae**, Wageningen, v. 588, p. 69-74. 2002.
- PEREIRA, A. R.; MACHADO, E. C. **Análise quantitativa do crescimento de comunidade de vegetais**. Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas – IAC, 1987. 33 p. Boletim técnico.
- PEIXOTO, C. P. **Análise de crescimento e rendimento de três cultivares de soja em três épocas de semeadura e três densidades de plantas**. 1998. 151 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia), Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- SBCS/NBR. **Manual de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. Comissão de Química e Fertilidade do Solo – RS/SC. 10ª ed. Porto Alegre. p. 258-259p. 2004.
- SCHIEDECK, G.; GONÇALVES, M. de M.; SCHWENGBER, J. E.; SCHIAVON, G. de A. Preparo e uso de húmus líquido: opção para adubação orgânica em hortaliças. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2008. 4 p. Embrapa Clima Temperado. (Comunicado Técnico, 195).
- STRASSBURGER, A. S.; PEIL, R. M. N.; FONSECA, L. A. da; AUMONDE, T. Z.; MAUCH, C. R. Dinâmica de crescimento da abobrinha italiana em duas estações de cultivo. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 33, p. 283-289, 2011a.
- STRASSBURGER, A. S.; PEIL, R. M. N.; SCHWENGBER, J. E.; MARTINS, D. de M.; MEDEIROS, C. A. B. Crescimento do morangueiro: influência da cultivar e da posição da planta no caneteiro. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 41, n. 2, p. 223-226, 2011b.
- TAIZ, E.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3.ed. Porto Alegre: ArtMed, 2004. 719p.

Propagação de jasmim-do-imperador por estaquia¹

Henrique Belmonte Petry², Willian Heintze³, Sergio Francisco Schwarz⁴,
Paulo Vitor Dutra de Souza⁴, Gilmar Schäfer⁴

Resumo – *Osmanthus fragrans* Lour. (Oleaceae) é originária do sudoeste da China, atinge de três a dez metros de altura, com florações primaveris de agradável aroma, sendo apreciada para uso no paisagismo e na fabricação de cosméticos e medicamentos. O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de doses de ácido indolbutírico (AIB) no enraizamento de estacas semi-lenhosas de jasmim-do-imperador. Os tratamentos constaram da imersão das estacas por 10 s nas seguintes doses de ácido indolbutírico (AIB) em solução hidroalcoólica: T1=0; T2=1500; T3=3000; T4=6000 mg L⁻¹. A estaquia foi realizada em bandejas de polietileno de 128 células, preenchidas com casca de arroz carbonizada, as quais foram mantidas em casa de vegetação com nebulização intermitente, no período de primavera/verão de 2009, por um período de 98 dias. O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso, com quatro blocos e doze estacas por parcela. Foram avaliadas variáveis relativas ao enraizamento e ao desenvolvimento vegetativo das estacas. Todas as folhas das estacas se mantiveram ao longo do experimento, houve aumento no percentual de enraizamento (%E) em resposta ao aumento da dose de AIB na ordem de 5,24 % a cada aumento de 1000 mg L⁻¹ na dose aplicada. Portanto, houve resposta linear do enraizamento de estacas semi-lenhosas de jasmim-do-imperador ao aumento da dose de AIB. A amplitude da média do %E dos tratamentos foi de 31,3 a 65,6 %.

Palavras-chave: *Osmanthus fragrans*, enraizamento, ácido indolbutírico.

Sweet olive propagation by cutting

Abstract – *Osmanthus fragrans* Lour. (Oleaceae) is native of southwest China, reaching from three to ten metre tall with spring flowers with a pleasant fragrance. It is appreciated for use in landscaping, in the manufacture of cosmetics and medicines. The objective this work was to evaluate the effect of doses of indolbutyric acid (IBA) in sweet olive on rooting semi-hardwood cuttings. Treatments consisted of cut immersion for 10 s in the following IBA in water-alcohol solution T1 = 0 T2 = 1500 T3 = 3000, T4 = 6000 mgL⁻¹. Cutting was performed in polyethylene container of 128 cells, filled with carbonized rice hull substrate and were kept in a greenhouse with intermittent mist in the spring/summer 2009, during 98 days. The experimental design was randomized blocks with four blocks of 12 cuttings in the parcel. Cut rooting and vegetative growth were evaluated. All the leaves remained attached to stems throughout the course of the experiment, without leaf abscission. The percentage of rooting increased in 5.24% for each 1000 mg L⁻¹ of IBA added. Therefore, semi-hardwood cuts from sweet olive presented linear increase in root formation under increased concentrations of AIB. Although similar increment was no recorded in the other variables measured. The percentage mean of rooting presented amplitude from 31.3 to 65.6%.

Keywords: *Osmanthus fragrans*, rooting, indolebutyric acid.

¹ Manuscrito submetido em 26/09/2011 e aceito para publicação em 20/04/2012.

² EngºAgrº, mestrando PPG Fitotecnia – UFRGS, bolsista CNPq. Departamento de Horticultura e Silvicultura, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Av. Bento Gonçalves, 7712 – Caixa Postal 15100 – CEP 91540-000 – Porto Alegre – RS. hbpetry@gmail.com – Telefone: (51) 3308.6020.

³ Graduando em Agronomia da UFRGS, bolsista de Iniciação Científica CNPq. Av. Bento Gonçalves, 7712 – Caixa Postal 15100 – CEP 91540-000 – Porto Alegre – RS. willianpr@gmail.com – Telefone: (51) 3308.6020.

⁴ Dr. Prof. do Departamento de Horticultura e Silvicultura e do Programa de Pós-graduação em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, UFRGS. Av. Bento Gonçalves, 7712 – Caixa Postal 15100 – CEP 91540-000 – Porto Alegre – RS. schwarz@ufrgs.br; pvdsouza@ufrgs.br; schaefer@ufrgs.br – Telefone: (51) 3308.6020.

Introdução

O jasmim-do-imperador (*Osmanthus fragrans Lour.*) pertence à família Oleaceae e é originário do sudoeste da China, das cordilheiras do Himalaia (LORENZI e SOUZA, 2001). Segundo Gilman e Watson (1993), são plantas que atingem de três a dez metros de altura, possuindo copas colunares a globosas, com florações primaveris de agradável aroma. A espécie é de crescimento lento, sendo cultivada a pleno sol e preferencialmente em regiões de clima ameno. É utilizada na fabricação de cosméticos, de medicamentos antitussígenos obtidos a partir das suas flores, como flavorizante a partir dos seus óleos essenciais (YUAN et al., 2009), sendo que as flores aromtizam o chá-da-índia (LORENZI e SOUZA, 2001). No paisagismo, as espécies do gênero *Osmanthus* são utilizadas individualmente, ou para a formação de maciços e cercas-vivas, podendo ser cultivadas próximas a janelas e em áreas externas pelo intenso aroma durante a época de floração (RUSS, 2007), o que leva o seu uso para criar identidade aromática em locais turísticos. XiuJuan et al. (2009), descrevendo mais de 809 espécies ornamentais do gênero, citam que essa é uma das espécies mais importantes devido a sua fácil adaptação e grande uso na China.

A espécie pode ser propagada por alporquia e estaquia, coletando-se as estacas no final do inverno e cultivando-as em local protegido com umidade (LORENZI e SOUZA, 2001).

A estaquia explora a possibilidade das plantas regenerarem raízes a partir de um segmento de ramo, ou de um segmento de raízes (FACHINELLO et al., 2005; HARTMANN et al., 2002). É um método de propagação muito utilizado, sendo sua viabilidade dependente da capacidade de formação de raízes adventícias de cada espécie, da qualidade do sistema radicular formado e do desenvolvimento posterior da planta no seu local definitivo (FACHINELLO et al., 1995). As auxinas são o grupo de reguladores vegetais mais utilizados para indução de enraizamento em estacas (HINOJOSA, 2000), destacando-se o ácido indolbutírico (AIB), devido a sua capacidade de promover a formação de primórdios radiculares, provocando e acelerando a formação de raízes em estacas de inúmeras espécies vegetais (CASTRO e VIEIRA, 2001), que respondem de maneira distinta a diferentes doses deste fitorregulador sintético.

Em experimentos com propagação de estacas semi-lenhosas de diversas cultivares de oliveiras (*Olea europaea L.*), também pertencentes à família Oleaceae, Suárez et al. (1998), Oliveira et al.

(2003), Pio et al. (2005) e Oliveira et al. (2009) obtiveram melhores resultados no desenvolvimento do sistema radicular das estacas com o uso de 2000 a 3000 mg L⁻¹ de AIB, como maior percentual de enraizamento, número de raízes por estacas e comprimento das raízes. Apesar de haver na bibliografia alguns autores citando como método de propagação do jasmim-do-imperador a estaquia (LORENZI e SOUZA, 2001; GILMAN e WATSON, 1993), não existem trabalhos científicos referendando esta formação. Sendo assim, o presente trabalho teve por objetivo avaliar diferentes concentrações de AIB no enraizamento de estacas apicais de jasmim-do-imperador.

Material e Métodos

A pesquisa foi conduzida no Laboratório de Biotecnologia em Horticultura do Departamento de Horticultura e Silvicultura da Faculdade de Agronomia da UFRGS, em Porto Alegre, Rio Grande do Sul.

Para a instalação do experimento, foram utilizadas, como matrizes, plantas de jasmim-do-imperador adultas com aproximadamente 3 m de altura, implantadas nos jardins do Hotel Vila Ventura, localizado no município de Viamão, RS (30°7'2" S; 51°1'49" O; altitude 89 m). Foram colhidas estacas apicais de ramos da região mediana do entorno da copa, no início da primavera de 2009, antes do florescimento das plantas.

As estacas foram preparadas com cerca de seis cm de comprimento, e mantidas com um par de folhas apicais desenvolvidas. A base das estacas foi cortada em cunha e o tratamento com ácido indolbutírico (AIB) foi realizado através da imersão de aproximadamente três cm da base das estacas nas soluções correspondentes a cada tratamento, durante 10 segundos. A base das estacas que receberam o tratamento 0 mg L⁻¹ de AIB foram imergidas em uma solução hidroalcoólica 1:1 v/v. Foram utilizadas bandejas de 128 células, preenchidas com substrato à base de casca de arroz carbonizada previamente umedecido. As bandejas foram mantidas por 98 dias em casa de vegetação, sobre bancadas e sob sistema de nebulização intermitente.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso com quatro tratamentos, sendo testadas quatro concentrações de AIB: 0, 1500, 3000 e 6000 mg L⁻¹ (solução hidroalcoólica 1:1 v/v, diluído o AIB em álcool etílico 96 % e completado com água destilada, conforme a concentração), quatro blocos e doze estacas por parcela, totalizando quarenta e oito estacas por tratamento.

O experimento teve início em 14 de outubro de 2009 e duas vezes por semana, durante um período de 98 dias, foi anotado o número de folhas caídas por parcela. Após o período experimental, foram avaliados o percentual de enraizamento, a massa seca de raízes por estaca enraizada (MSREE), o número de raízes por estaca enraizada (NREE), o volume de raízes por estaca enraizada (VREE), o número de brotações por estaca, a mortalidade das estacas e a formação de calo nas estacas não enraizadas (FC). Para verificação do último parâmetro foi utilizada uma escala visual de 1 a 4, onde 1 correspondeu ao número de estacas sem formação de calos e 4 ao número de estacas com maior volume de calos (Figura 1). Para avaliar a NREE, foi feita a contagem do número de raízes nas estacas que enraizaram em cada tratamento. Para verificar o VREE, as raízes foram destacadas das estacas de cada parcela e colocadas em proveta de 25 mL, contendo 10 mL de água. O VREE foi considerado pela diferença entre o volume inicial e final de água na proveta dividido pelo número de estacas enraizadas. Após esse procedimento, as raízes foram colocadas a secar em estufa a uma temperatura de 65 °C. Após peso constante, foi determinada a MSREE.

Os resultados foram submetidos à análise de variância e análise de regressão. As variáveis que não foram significativas para a análise de regressão foram comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5 % de probabilidade de erro. Ambas as análises

foram realizadas com auxílio do pacote estatístico Assistat 7.5 beta (SILVA e AZEVEDO, 2006).

Resultados e Discussão

Durante a execução do experimento, as estacas não perderam suas folhas, provavelmente por não terem utilizado estas reservas para a emissão das raízes e não terem perdido água. Não houve morte de estacas em nenhum dos tratamentos testados nem emissão de novas brotações, o que mostra que as estacas ainda estavam no processo de formação de raízes.

A Figura 2 mostra a porcentagem de enraizamento em função das diferentes doses de AIB utilizadas. Houve diferença estatística entre os tratamentos e um aumento de 5,2 % no enraizamento das estacas a cada 1000 mgL⁻¹ de AIB utilizado. A dose que induziu maior enraizamento foi a de 6000 mg L⁻¹ de AIB, sendo este estimado pela equação em 61,4 %, mostrando que há uma resposta linear positiva da porcentagem de estacas enraizadas ao aumento da dose de AIB. A resposta de aumento do enraizamento das estacas com o aumento das doses de AIB corrobora os trabalhos com oliveiras supracitados e mostra que a utilização de fitorreguladores, como o AIB, estimula o enraizamento das estacas de jasmim do imperador. Nos trabalhos com oliveiras, porém, as doses com maior eficiência estão situadas entre 2000 e 3000

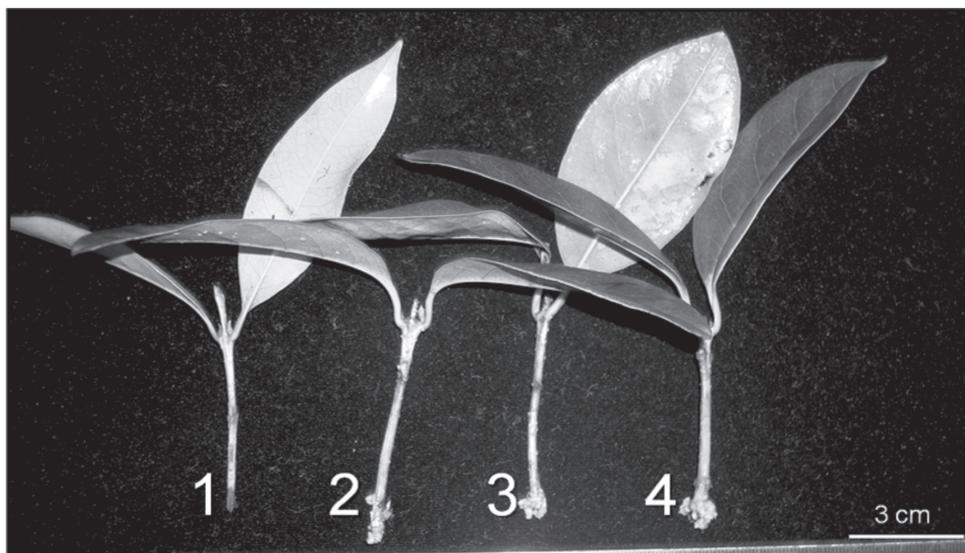


Figura 1. Escala de formação de calos, de 1 a 4, onde 1 é a ausência de calo e 4 é a maior formação, nas estacas de jasmim-do-imperador (*Osmanthus fragrans*) propagadas sob diversas doses de AIB. Porto Alegre, Faculdade de Agronomia – UFRGS, 2009. Foto: Henrique B. Petry. Arte: Willian Heintze.

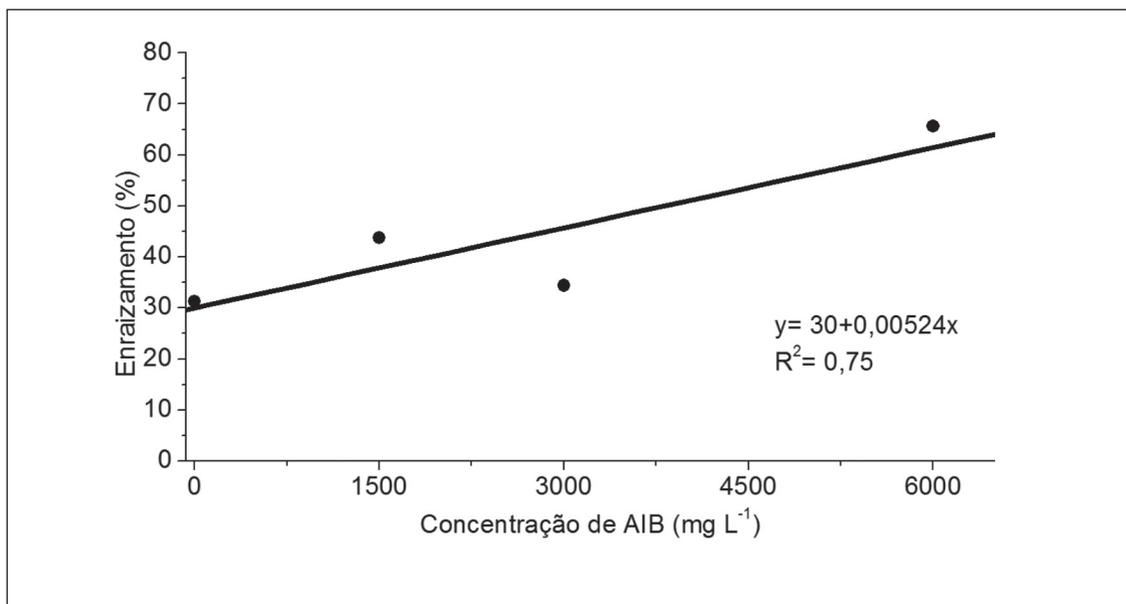


Figura 2. Percentagem de enraizamento em estacas de jasmim-do-imperador (*Osmanthus fragrans*) após 98 dias, sob diferentes doses de AIB. Porto Alegre, Faculdade de Agronomia – UFRGS, 2009.

mg L⁻¹ de AIB, o que não ocorreu com as estacas de jasmim-do-imperador, já que não apresentou uma melhor dose e sim uma tendência de aumento do enraizamento com o aumento da dose de AIB, mostrando a necessidade de mais estudos desta espécie com maiores doses de AIB.

Em trabalho com oliveiras, Pio et al. (2005) encontraram um aumento de aproximadamente 30 % no enraizamento das estacas, o que é semelhante aos resultados obtidos neste experimento. A presença de folhas influenciou o enraizamento, o que mostra que as mesmas são fonte de fotoassimilados iniciais. Entretanto, no experimento acima houve um ponto de inflexão da curva depois da dose de 2000 mgL⁻¹, diferentemente do encontrado neste experimento, onde, com doses bem maiores (6000 mgL⁻¹), não foi encontrado o percentual máximo de enraizamento (Figura 1).

A época de coleta também pode influenciar a capacidade de enraizamento (FACHINELLO et al., 1995). Caballero (1981), em estacas de oliveiras colocadas para enraizar no final do inverno e início da primavera obteve índices de enraizamento de 44,28 e 16,64 %, respectivamente. Para Hartmann et al. (2002), a época do ano em que se obtêm as estacas exerce influência significativa no enraizamento, podendo ser, inclusive, um fator decisivo para obtenção de êxito na propagação por estaquia. Isso reforça a tese de que este experimento deve ser repetido utilizando-se doses maiores e em épocas diferentes.

Na Tabela 1, são apresentados dados relativos à formação de calo (FC), número (NREE), massa seca (MSREE) e volume de raízes por estaca enraizada (VREE). Não houve diferença estatística entre os tratamentos testados quanto ao NREE, MSREE e FC, tendo em média, 1,66 raízes por estaca enraizada, 27,19 mg de MSREE e uma nota de FC de 2,61. Quanto ao VREE, o tratamento de 1500 mg L⁻¹ foi superior aos demais tratamentos, resultado que está de acordo com as outras variáveis relacionadas, a MSREE e o NREE, onde o tratamento 1500 mgL⁻¹ foi numericamente superior, sem apresentar diferença estatística. Esses resultados são diferentes dos encontrados por Pio et al. (2005), onde os mesmos relatam efeito linear para o comprimento das raízes e número de raízes enraizadas.

O comportamento esperado, segundo o discutido por Oliveira et al. (2003), Pio et al. (2005) e Oliveira et al. (2009) é de um aumento significativo no desenvolvimento radicular, junto com o enraizamento maior. Neste experimento percebe-se que a aplicação exógena de auxinas aumentou o percentual de enraizamento, mas não refletiu em uma melhoria nos atributos de desenvolvimento radicular nas estacas enraizadas.

A partir dos resultados obtidos, é possível afirmar que o jasmim-do-imperador responde linearmente ao aumento de dose de AIB e que a dose de 6000 mgL⁻¹ de AIB em solução hidroalcoólica aumenta significativamente o enraizamento das estacas em relação às demais doses testadas.

Tabela 1. Formação de calos (FC), número de raízes por estaca enraizada (NREE), volume de raízes por estaca enraizada (VREE) e massa seca de raízes por estaca enraizada (MSREE) em estacas de jasmim-do-imperador (*Osmanthus fragrans*) após 98 dias de enraizamento sob diferentes doses de AIB. Porto Alegre, Faculdade de Agronomia – UFRGS, 2009.

	Dose de AIB (mg L ⁻¹)						CV (%)
	0	1500	3000	6000	média	s ¹	
FC	2,69 ^{ns}	2,72	2,75	2,29	2,61	0,371	8,67
NREE	1,52 ^{ns}	2,01	1,42	1,71	1,66	0,486	29,93
VREE (mLestaca ⁻¹)	0,09 b ²	0,31 a	0,10 b	0,15 b	0,16	0,108	37,84
MSREE (mg/estaca)	18,71 ^{ns}	35,78	26,59	27,67	27,19	11,92	37,49

¹ Desvio Padrão; ² Médias seguidas por letras distintas nas linhas diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey ao nível de 5 % de probabilidade de erro; ^{ns} Não significativo.

Agradecimentos

Ao Hotel Vila Ventura Ltda. pela permissão de coleta do material propagativo para o desenvolvimento da pesquisa. Ao CNPq e à Capes pelo apoio financeiro com as bolsas de pesquisa.

Referências Bibliográficas

CASTRO, P. R. C.; VIEIRA, E. L. **Aplicações de reguladores vegetais na agricultura tropical**. Guaíba: Agropecuária, 2001. 132 p.

CABALLERO, J. M. **Multiplicación del olivo por estaquilla-do semileñoso bajo nebulización**. Madrid: Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias, 1981. 39 p. (Comunicaciones INIA, Serie Producción Vegetal, 31).

FACHINELLO, J. C.; HOFFMANN, A.; NACHTIGAL, J. C. **Propagação de plantas frutíferas**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2005. 221 p.

FACHINELLO, J. C.; HOFFMANN, A.; NACHTIGAL, J. C.; KERSTEN, E.; FORTES, G. R. de L. **Propagação de plantas frutíferas de clima temperado**. 2. ed. Pelotas: UFPel, 1995. 178p.

GILMAN, E. F.; WATSON, D. G. **Osmanthus fragrans: Sweet Osmanthus**. Florida, USA: University of Florida, IFAS, 1993. (Documento ENH-584).

HARTMANN, H. T.; KESTER, D. E.; DAVIES JUNIOR, F. T.; GENEVE, R. L. **Plant propagation: principles and practices**. 7. ed. New Jersey: Prentice Hall, 2002. 880 p.

HINOJOSA, G. F. **Auxinas**. In: CID, L. P. B. Introdução aos hormônios vegetais. Brasília: EMBRAPA, 2000. p. 15-54.

LORENZI, H.; SOUZA, H. M. de. **Plantas Ornamentais no Brasil; Arbustivas, herbáceas e trepadeiras**. 3ª Ed., Nova Odessa-SP: Instituto Plantarum, 2001. 1088 p.

OLIVEIRA, A. F. de, CHALFUN, N. N. J., ALVARENGA, Â. A., NETO, J. V., PIO, R., OLIVEIRA, D. L. de. Estaquia de oliveira em diferentes épocas, substratos e doses de AIB diluído em NaOH e álcool. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 1, p. 79-85, 2009.

OLIVEIRA, A. F. de, PASQUAL, M., CHALFUN, N. N. J., REGINA, M.A., RINCÓN, C.D.R. Enraizamento de estacas semilenhosas de oliveira sob efeito de diferentes épocas, substratos e concentrações de ácido indolbutírico. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras. v.27, n.1, p.117-125, 2003.

PIO, R., BASTOS, D. C., BERTI, A. J., SCARPARE FILHO, J. A., MOURÃO FILHO, F. A. A., ENTELMANN, F. A., ALVES, A. S. R., BETIOL NETO, J. E. Enraizamento de diferentes tipos de estacas de oliveira (*Olea europaea* Lour.) utilizando ácido indolbutírico. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 29, n. 3, p. 562-567, 2005.

RUSS, K. **Tea Olive**. Clemson. South Carolina, USA: The Clemson University Cooperative Extension Service; Home e Garden Information Center, 2007. (Documento HGIC 1083).

SILVA, F. de A. S. E.; AZEVEDO, C. A. V. de. A. New Version of The Assistat-Statistical Assistance Software. In: WORLD CONGRESS ON COMPUTERS IN AGRICULTURE, 4, Orlando-FL-USA: **Anais...** Orlando: American Society of Agricultural and Biological Engineers, 2006. p.393-396.

SUÁREZ, M. P.; LÓPEZ, E. P.; ORDOVÁS, J.; PÉREZ I.; AGUIRRE, I. Utilización de distintos productos para mejorar el enraizamiento en estaquillado semileñoso en olivo. In: III CONGRESO DE LA SOCIEDAD ESPAÑOLA DE AGRICULTURA ECOLÓGICA, Valencia, España, 1998. **Actas**. Valencia, SEAE, 1998. p 101-104.

YUAN, W., LEI, J.; HAN, Y., YAN, X.; SHANG, F. Development of core collection using morphological descriptors in Sweet osmanthus (*Osmanthus fragrans* Lour.) germplasm. **Life Science Journal**, China, v. 6, n. 2, p. 17-22, 2009.

XIUJUAN, L., SHUO Q., JIAN, Z., CUIPING, Z. SHAOHUA, L., GUANGZHAO, L. Investigation and application of ornamental plants in Guangxi. **Guihaia**, China, vol. 29, n. 5, p. 635-639, 2009.

Ensaio para a propagação *in vivo* e *in vitro* de ora-pro-nobis (*Pereskia aculeata*)¹

Karina Mayumi Higa², Claudimar Sidnei Fior³, Lia Rosane Rodrigues²

Resumo – Ora-pro-nobis (*Pereskia aculeata* Miller) é uma cactácea escandente de grande porte, nativa em regiões tropicais e subtropicais do continente americano, desde a Flórida até o norte da Argentina. É importante recurso genético, apresentando múltiplos empregos na culinária brasileira, no paisagismo e na fitoterapia popular. A fim de testar a resposta morfogênica, experimentos de propagação *in vivo* e *in vitro* foram executados. Inicialmente, foi testado o enraizamento de três tipos de estacas de ramos, em três substratos, na ausência e na presença de nebulização intermitente. Após 17 dias, 91 % das estacas enraizaram, sem efeito significativo dos tratamentos sobre o número e o comprimento de raízes e a formação de gemas na parte aérea. Em seguida, sementes foram estabelecidas em substrato e *in vitro*. Posteriormente, foram testadas as condições para multiplicação e enraizamento em meio de cultivo *in vitro* e para aclimatização. A multiplicação *in vitro* foi significativamente superior em meio com 1 mg BAP L⁻¹ e o enraizamento viabilizou-se na ausência de fitorreguladores. Após seis meses de subcultivos, as plantas foram aclimatizadas com sucesso, apresentando 100 % de sobrevivência, com maior desenvolvimento sob nebulização. A espécie apresentou bom potencial morfogênico e condições para a propagação vegetativa foram definidas.

Palavras-chave: semente, micropropagação, estaquia.

Assays to *in vivo* and *in vitro* propagation of Barbados gooseberry (*Pereskia aculeata*)

Abstract – Barbados gooseberry (*Pereskia aculeata* Miller) is a woody cactaceous and scandent large-sized species, native in tropical and subtropical american zones, since Florida until Argentina. Is an important genetic resource, presenting multiple uses in Brazilian culinary, in landscaping and in the popular phytoterapy. In order to test morphogenic response in the *in vivo* e *in vitro* propagation, experiments was executed. Firstly, it was tested rooting from three types of cuts in three substrates with and without intermittent nebulization. After 17 days, 91 % of the cuts formed roots and no significant effects were recorded among treatments in root number, root length and shoot number in the aerial part. Next, seeds were established in substrate and *in vitro*. Subsequently, conditions to *in vitro* multiplication and rooting and to acclimatization were tested. *In vitro* multiplication was significantly higher in 1 mg BA L⁻¹ and *in vitro* rooting occurred in medium without phyto regulator. After six months in subcultures, the plants were successfully acclimatized with 100 % of survival, with greater development under nebulization. The species presents high morphogenic potential and conditions to vegetative propagation were recorded.

Key words: seed, micropropagation, cutting.

¹ Trabalho executado pelo convênio 020.122.2008 entre Fundação Zoobotânica do Rio Grande do Sul e Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária (Fepagro) no período 2008-2011. Manuscrito recebido em 15/12/2011 e aceito para publicação em 05/09/2012.

² Fepagro. Rua Gonçalves Dias, 570, CEP: 90130-060, Porto Alegre, RS, lia-rodrigues@fepagro.rs.gov.br

³ Jardim Botânico, Fundação Zoobotânica do Rio Grande do Sul. Rua Dr. Salvador França, 1427, CEP 90690-000, Porto Alegre, RS.

Introdução

Ora-pro-nobis (*Pereskia aculeata* Miller, Cactaceae) ocorre nativa em regiões tropicais e subtropicais do continente americano, desde a Flórida até o norte da Argentina (LEUENBERGER, 1986; MORAN e ZIMMERMANN, 1991). Trata-se de uma cactácea de aspecto atípico, com ramos escandentes longos e com espinhos. Apresenta folhas elípticas, planas e carnosas e flores abundantes, de pétalas branco-creme (BOKE, 1966). É denominada popularmente como ora-pro-nobis, carne de pobre, trepadeira limão, groselha de barbados e mori, dentre outros nomes (KINUPP, 2007). Tem amplo emprego na culinária brasileira e na fitoterapia popular e também tem uso ornamental. No Brasil, as folhas são aplicadas sobre inflamações e tumores devido às propriedades emolientes (MORTON, 1987).

O estudo da espécie justifica-se por vários aspectos. Um deles é a condição de ameaça de extinção no estado do Rio Grande do Sul, na categoria vulnerável (Rio Grande do Sul, 2002). Outro aspecto é o caráter invasor que a espécie apresenta na ausência dos inimigos naturais das regiões de origem, conforme amplamente estudado no continente africano (MORAN e ZIMMERMANN, 1991).

O cultivo sustentável de *P. aculeata* depende da conservação e da identificação da diversidade genética disponível na espécie. Uma vez que a propagação é uma etapa inicial essencial para a pesquisa de uma espécie em tal condição, uma sequência de estudos foi conduzida com o objetivo de testar o potencial morfogênico, tanto *in vivo*, a partir de sementes e estacas de ramos, quanto *in vitro*, a partir de sementes e brotações geradas em meio de cultivo.

Material e Métodos

Os trabalhos foram conduzidos nos laboratórios do Banco de Sementes do Jardim Botânico da Fundação Zoobotânica do Rio Grande do Sul (JB/FZB) nos períodos de outubro de 2008 a setembro de 2010. Frutos e ramos foram colhidos de um dos dois exemplares disponíveis no parque do JB/FZB (latitude 30°03'S e longitude 51°10'W) (Figura 1A). O clima é classificado como Cfa, segundo a classificação de Köppen, com temperatura média anual de 19,5 °C. A precipitação média anual do local é de 1300 mm, bem distribuídos ao longo do ano.

No período primaveril de desenvolvimento vegetativo da planta matriz, porções terminais de, aproximadamente, 50 cm dos ramos foram coletadas,

lavadas com escova macia e detergente, sob água corrente e cortadas para formar três tipos de estacas de, aproximadamente, 15 cm, denominadas conforme a posição no ramo original: apical, intermediária e basal (Figura 1B). Para evitar a desidratação dos tecidos, a preparação das estacas foi feita mediante frequentes aspersões de água destilada. Foram testados três substratos em células de 120 cm³ de dois canteiros móveis de poliestireno expandido, cada um com 72 células: areia lavada, casca de arroz carbonizada e pó de coco. Em cada célula, foi inserida uma estaca, tendo seu terço basal imerso no substrato. Os canteiros foram mantidos em uma casa de vegetação com 70 % de sombreamento. Um dos canteiros recebeu inicialmente nebulização com ciclos de irrigação de 15 seg a cada 1 h 30 min nos primeiros sete dias e o outro uma rega manual diária, no período da manhã. Passados sete dias, ambos foram mantidos apenas sob rega manual diária.

Após 40 dias, três células foram sorteadas por combinação de tratamentos (duas condições de nebulização x três tipos de estaca x três substratos) para amostragem das suas estacas visando à avaliação de massa fresca e massa seca, em gramas, contagem de estacas vivas e enraizadas, contagem do número de raízes e de brotações na parte aérea (gemas) e comprimento das raízes, em mm. A avaliação foi feita por amostragem por posição das células, por requerer a destruição de 54 amostras.

Ao final do inverno, frutos maduros foram coletados e divididos em dois lotes, sendo o primeiro processado no dia seguinte e o segundo armazenado por 5 dias a 12,5±1,5 °C. De cada lote, foram tomadas 39 sementes com morfologia típica e submetidas à desinfestação (lavagem com detergente em água corrente, imersão em etanol 70 % por 1 min e em NaOCl 1 % por 10 min) e triplo enxágue em água destilada autoclavada. Em câmara de fluxo estéril, 18 sementes foram estabelecidas individualmente em tubos de ensaio contendo 10 mL do meio MS (MURASHIGE e SKOOG, 1962) diluído a 50 %, sem fitorreguladores, com 30 g sacarose e 7 g ágar L⁻¹ e pH 5,8, os quais foram mantidos em sala climatizada (fotoperíodo de 16 h a 1600 lux, temperatura 27±1 °C) e avaliado aos 14, 28 e 42 dias. As outras 21 sementes foram estabelecidas em vasos contendo 250 mL de mistura de casca de arroz carbonizada e solo orgânico esterilizados por autoclavagem (1:1, v:v). Os vasos foram mantidos em casa de vegetação a temperatura ambiente, sob sistema de gotejamento e avaliado aos 14 e 28 dias. Dos dois lotes *in vitro* e *in vivo*, foram avaliadas as variáveis: proliferação de fungos, número

de sementes germinadas (*in vitro*) e emergidas (*in vivo*), medida da raiz e da parte aérea, em mm. Cada variável foi medida em todos os recipientes de sementeira.

Sementes frescas foram avaliadas quanto ao teor de água, determinado pelo método da estufa a 105 ± 3 °C, durante 24 h, utilizando-se três repetições de, pelo menos, 1 grama de sementes (BRASIL, 1992).

Para o experimento de micropropagação, foram empregados segmentos nodais das plantas germinadas e subcultivadas em meio MS diluído a 50 % por 81 dias. Em câmara de fluxo estéril, a parte aérea dessas plântulas foi fracionada em segmentos nodais, contendo uma gema, com comprimento de 10 a 12 mm. Um total de 80 segmentos nodais foram estabelecidos em duplas em frascos *snap cap* contendo 33 mL de meio MS diluído a 50 % com 30 g sacarose e 7 g ágar L⁻¹ e pH 5,8. Os tratamentos foram variações na concentração das citocininas 6-benzilaminopurina (BAP) e 6-furfurilaminopurina (KIN) (0 = controle; 0,1 mg BAP; 0,1 mg KIN; 1 mg BAP e 1 mg KIN L⁻¹). O delineamento experimental foi completamente casualizado com oito frascos por tratamento, cada um contendo dois explantes. O experimento foi mantido em sala climatizada, nas condições já descritas. Aos 60 dias, foram avaliados a presença de contaminantes, o número de brotações e a presença de raízes. As plantas formadas foram mantidas *in vitro* e subcultivadas.

Para o experimento de aclimatização, foram selecionadas 120 plantas subcultivadas três a quatro vezes durante seis meses no meio MS diluído a 50 % com 30 g sacarose e 7 g ágar L⁻¹ e pH 5,8, sem fitorreguladores. As plantas foram removidas inteiras dos frascos, lavadas para remoção do meio de cultivo aderido às raízes, e separadas em 40 trios de tamanho similar para igual distribuição em três canteiros móveis de poliestireno expandido, com 40 células de 120 cm³ preenchidas com casca de arroz carbonizada esterilizada e umedecida. Os tratamentos foram 0, 7 e 14 dias de nebulização intermitente, conforme descrito acima, em delineamento experimental completamente casualizado, mantidos em casa de vegetação, no período de 11 a 28 de janeiro. Aos 17 dias, foram avaliadas as variáveis: número de plantas vivas, número de folhas por planta, comprimento da parte aérea e das raízes, em mm. As temperaturas e a umidade do ar do período foram registradas.

Os dados foram submetidos à análise estatística descritiva, aos testes de normalidade e de igualdade da variância e à análise da variância paramétrica. As médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 1 % de probabilidade de erro.

Resultados

No acompanhamento da estaquia, observou-se que foram necessários 40 dias para a resposta definitiva aos tratamentos, ainda que as avaliações tenham sido feitas desde o vigésimo dia. Por isso, os dados avaliados aos 40 dias foram submetidos às análises estatísticas. Aos 20 dias, 6 % das estacas apresentavam apodrecimento a partir da base ou fungos saprófitos na parte aérea. Aos 40 dias, as estacas atacadas por fungos já estavam mortas.

Após 40 dias, 91 % das estacas apresentaram uma média de seis raízes com comprimento médio de 9 mm, variando 1 a 26 mm. Plantas vigorosas foram formadas a partir dessas estacas.

No canteiro que não recebeu nebulização, 100 % das estacas apicais, 67 % das estacas intermediárias e 89 % das estacas basais estavam enraizadas. No canteiro que recebeu nebulização por sete dias, 100 % das estacas apicais, 89 % das estacas intermediárias e 100 % das estacas basais estavam enraizadas. A análise de variância não detectou efeito significativo dos tratamentos sobre as variáveis mensuradas (Tabela 1) indicando que o número e o comprimento de raízes, bem como a formação de gemas na parte aérea, ocorreram independentemente da nebulização, do tipo de estaca e do substrato. O enraizamento de estacas apicais destacou-se por ocorrer em 100 % das amostras.

A massa fresca das estacas apicais correspondeu a 41 % da massa das estacas intermediárias e basais na instalação do experimento. A massa fresca das estacas apicais aumentou de 0,9 g para 1,3 g aos 20 dias e para 1,6 g aos 40 dias. Já a massa fresca de estacas intermediárias e basais não aumentou até o 20º dia, o que sugere uma translocação dos nutrientes do ramo para a formação de raízes nessas estacas.

A propagação de ora-pro-nobis foi viabilizada de modo satisfatório pela estaquia, independentemente do tipo de estaca, do substrato e da nebulização na fase inicial, uma vez que não houve diferença significativa entre tratamentos, sendo a média de 91 % de estacas enraizadas.

Em relação às sementes, foi determinado o teor de água $63,81 \pm 0,97$ %. Uma elevada proporção de sementes germinou de modo satisfatório, tanto *in vitro* quanto *in vivo*, não sendo registrados efeitos do armazenamento de frutos por 5 dias a $12,5 \pm 1,5$ °C, por isso, os percentuais de germinação e emergência de ambos os lotes são apresentados conjuntamente na Tabela 2.

Após 14 dias, 81 % das sementes germinaram *in vitro* (sendo 89 % do lote 1 e 72 % do lote 2) e 93 %

Tabela 1. Análise estatística descritiva e de variância do desenvolvimento de estacas de três porções de ramos terminais de ora-pro-nobis (*Pereskia aculeata*) após 40 dias em três substratos (areia lavada, casca de arroz carbonizada e pó de coco), com e sem nebulização intermitente. Porto Alegre, 2010.

	Gemmas		Raízes	
	(número)	Comprimento médio (mm)	Número	
Média	1,608	10,073	6,020	
Desvio padrão	0,874	4,991	2,963	
Amplitude	0 a 4	0 a 26	0 a 14	
Transformação	Raiz(x+2)	Raiz(x+2)	Raiz(x+2)	
Significâncias:				
Blocos (nebulização)	0,2250	0,6059	0,7942	
Tipo de estaca	0,2953	0,0317	0,3534	
Substrato	0,5285	0,2901	0,5798	
Interação estaca x substrato	0,7704	0,1753	0,9447	
Coeficiente de variação	13,39	25,23	24,42	

Tabela 2. Germinação/emergência de sementes e características das plântulas de *Pereskia aculeata* *in vitro*, em meio de cultivo MS diluído a 50 %, e *in vivo*, em vasos contendo substrato constituído de casca de arroz carbonizada e solo orgânico em iguais proporções. Porto Alegre, 2009.

Condição	Percentual de germinados/emergidos			Comprimento da parte aérea (mm)			Comprimento de raízes (mm)		
	Lote 1	Lote 2	Média	Lote 1	Lote 2	Média	Lote 1	Lote 2	Média
14 dias									
In vitro	89	72	81	7,6	5,0	6,3	6,5	2,2	4,4
In vivo	90	95	93	17,0	23,9	20,4	22,1	26,5	24,3
28 dias									
In vitro	100	100	100	27,0	25,1	26,1	44,3	29,3	36,8
In vivo	100	95	98	39,7	39,6	39,7	59,0	58,7	58,9

germinaram em substrato (sendo 90 % do lote 1 e 95 % do lote 2). Após 28 dias, 100 % das sementes germinaram *in vitro* (em ambos os lotes) e 98 % germinaram em substrato (sendo 100 % do lote 1 e 95 % do lote 2). Ao final de 28 dias *in vitro*, as plântulas formaram parte aérea com comprimento médio de 26 mm e raízes de comprimento médio 37 mm. A desinfestação das sementes não foi totalmente eficiente, pois houve contaminação fúngica em quatro do total de 36 sementes *in vitro*.

In vivo, o desenvolvimento vegetativo foi maior, pois as plântulas formaram parte aérea com comprimento médio de 40 mm e raízes com 59 mm após 28 dias. Dessa forma, a emergência em substrato permitiu a obtenção de mudas mais desenvolvidas em menor tempo, as quais atingiram altura aproxi-

mada de 40 cm, com condições de transferência para campo, após seis meses. Por outro lado, a germinação *in vitro* permitiu a obtenção rápida de tecidos vegetais para experimentos de multiplicação. Após 28 dias, 98 % das sementes *in vivo* e 100 % das sementes *in vitro* originaram plantas completas.

No experimento de micropropagação (Figura 1C), os segmentos nodais emitiram de zero a três brotações após 60 dias em meio MS diluído a 50 % com variações nas citocininas (Tabela 3). A presença e a concentração de citocininas teve efeito significativo sobre o número de ramos emitidos por segmento nodal ($P < 0,001$) e sobre o número de segmentos nodais que emitiram raízes ($P = 0,004$). A proporção de segmentos nodais que emitiu raízes foi significativamente superior na ausência de fitoreguladores.

Tabela 3. Formação de brotos e raízes em segmentos nodais de *Pereskia aculeata* em meio de cultivo MS diluído a 50 % na ausência de fitoreguladores (controle) e com duas concentrações de duas citocininas após 60 dias. Porto Alegre, 2010.

Citocininas (mg L ⁻¹)	Brotações (número)	Número por Segmento	Raízes				Comprimento (mm)
			% nas categorias (mm)				
			≤5	5-10	10-20	>20	
Controle	1,50 b	0,69 a	12	6	47	35	29
0,1 KIN	1,19 b	0,56 ab	18	12	18	52	21
1 KIN	1,25 b	0,63 b	17	0	8	75	23
0,1 BAP	0,94 b	0,13 b	0	0	7	93	24
1 BAP	2,25 a	0,00 b	8	4	17	71	26
Média Geral	1,43		11	5	20	64	25

*Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Duncan (5 %).

Tabela 4. Desenvolvimento de plantas de *Pereskia aculeata* após 17 dias *ex vitro* com 0, 7 e 14 dias de nebulização intermitente. Porto Alegre, 2010.

Dias sob nebulização intermitente	Número de folhas	Altura da parte aérea (mm)	Comprimento das raízes (mm)
0	11 b	50 b	71
7	13 ab	61 ab	83
14	14 a	68 a	88
Média	12	60	81
Coeficiente de variação	16,3	20,3	36,5
Significância de blocos	0,044	<0,001	0,273
Significância de tratamentos	0,030	0,012	0,431

O cultivo de segmentos nodais em presença de 1 mg BAP L⁻¹ favoreceu significativamente a formação de brotações, sendo que as demais concentrações de citocininas não induziram resposta diferente da obtida no meio controle. Em contraste, a presença de BAP desfavoreceu a formação de raízes e, na concentração mais elevada, impediu a rizogênese.

Após a avaliação e transferência para meio MS diluído a 50 % sem fitoreguladores, não foi registrada diminuição da taxa de multiplicação dos explantes mediante os subcultivos *in vitro*, ou seja, o potencial morfogênico das células de *P. aculeata* não reduziu após quatro ou cinco transferências.

Após seis meses *in vitro*, as plantas foram aclimatizadas com sucesso, apresentando 100 % de sobrevivência, com maior desenvolvimento ve-

getativo sob nebulização intermitente (Tabela 4). Ao final de 17 dias *ex vitro*, apresentavam 12±3 folhas, 60±2 mm de parte aérea e 81±3 mm de raízes e, em seis meses, desenvolvimento suficiente para transferência para campo (Figura 1D).

Discussão

Plantas do gênero *Pereskia* têm metabolismo fotossintético ancestral do tipo C₃, diferentemente das demais Cactaceae que apresentam padrão CAM típico (ALTESOR et al., 1992). A campo, apresentam rápido desenvolvimento vegetativo escandente. Na ausência de inimigos naturais, podem tornar-se invasoras agressivas, tanto de ecossistemas naturais, quanto de culturas agrícolas, conforme registrado na África do Sul no século XX (MORAN



Figura 1. A. Exemplar do qual foram coletados frutos e ramos, florescendo em março de 2009. B. Aspecto dos três tipos de estacas, prontas para inserção no substrato: apicais (acima), intermediária e basal (abaixo). C. Multiplicação de segmentos nodais *in vitro*. D. Plantas aclimatizadas após seis meses em casa de vegetação.

e ZIMMERMANN, 1991). Neste trabalho, o desenvolvimento vegetativo vigoroso foi confirmado sob cultivo protegido.

A capacidade dos ramos de formarem raízes já é consagrada para a produção de mudas de orá-pro-nobis (LORENZI e SOUZA, 1999; KINUPP, 2007). Entretanto, ainda não tinha sido dimensionada a proporção de ramos que efetivamente originam novas plantas. O enraizamento de 100 % das estacas apicais pode se explicar pela maior presença de auxinas endógenas nas porções finais dos ramos, as quais acionam a rizogênese, e pela alta capacidade fotossintética dos tecidos mais jovens (HARTMANN et al. 2002; TAIZ e ZEIGER, 2004). Apesar de apresentarem menor massa fresca de parte aérea inicial (0,9 g), apenas as estacas apicais tiveram ganho de massa simultâneo à formação de raízes, indicando grande potencial morfológico e síntese de reservas nas porções apicais

dos ramos, típico de Cactaceae (RUBLUO, 1997; HUBSTENBERGER et al., 1992).

A resposta morfológica satisfatória na estquia, dispensando nebulização, indica ser possível o enraizamento de estacas diretamente a campo, para a geração de plantações, tanto para emprego paisagístico quanto para exploração alimentar ou industrial. A estquia direta a campo é prática comum na viticultura (REGINA, 1988) e dispensaria a etapa de produção e envasamento de mudas, diminuindo custos de produção. Entretanto, nesse caso, a planta matriz deve ter condições fitossanitárias excelentes para que não sejam disseminados microrganismos e partículas virais endógenos que interferem negativamente no metabolismo da planta, com diferentes graus de patogenia (HALLMAN et al., 1997).

A germinação *in vitro* e a emergência em substrato foram elevadas e ocorreram rapidamente,

indicando ausência de dormência. Segundo BASKIN e BASKIN (1998), enquadram-se como dormentes as espécies cuja germinação inicia em um prazo maior do que quatro semanas após a semeadura. Os resultados confirmam que sementes de *P. aculeata* são indiferentes à luz dentro de amplo limite de temperaturas (DAU e LABOURIOU, 1974; PEDRONI e SÁNCHEZ, 1997). Apesar de oriundas da autofecundação de um exemplar da espécie isolado (Figura 1A), todas as plântulas apresentaram morfologia e desenvolvimento típicos sem a expressão de genes defectivos cumulativos em espécies alógamas (BORÉM, 1998).

O elevado teor de água das sementes no ponto de coleta, associado à rápida germinação, sugere que as mesmas apresentam comportamento recalcitrante. As sementes de muitas espécies recalcitrantes germinam rapidamente após a dispersão, ou ainda, na planta matriz (VOZZO, 2002). Contudo, essas informações não são suficientes para confirmação de tal classificação (HONG e ELLIS, 1996). Trabalhos estão sendo conduzidos a fim de elucidar esse aspecto.

A espécie também apresentou eficiente morfogênese *in vitro*, confirmando o potencial de meristemas da parte aérea como explantes (MAUSETH, 1979). A multiplicação da parte aérea foi significativamente superior na presença de 1 mg de BAP L⁻¹, também empregado para a brotação da cactácea *Mammillaria glassii* (RUBLUO, 1997). O cultivo em KIN, anteriormente usado para a indução de brotações da cactácea *M. woodsii* (RUBLUO, 1997), não teve resposta diferente do cultivo na ausência de fitorreguladores, ou seja, essa citocinina não acionou a expressão de genes para a diferenciação de parte aérea em *P. aculeata*.

A formação de raízes vigorosas, mais longas e ramificadas, no meio sem fitorreguladores, indicou que ambas citocininas são efetivas na inibição ao enraizamento e que a ausência de fitorreguladores é condição adequada para conduzir a fase de enraizamento.

A sobrevivência de 100 % das plantas à aclimatização comprovou que os tecidos formados *in vitro* são funcionais e a espécie se readapta rapidamente à condição heterotrófica.

Dentre as espécies do gênero *Pereskia*, o cultivo *in vitro* de *P. bleo* foi o mais explorado, em experimentos direcionados a estudos metabólicos para o emprego medicinal. Jaafar-Sidik et al. (2009) obtiveram calos em meio MS com 2,26 µM 2,4-D, dos quais foram geradas suspensões celulares de rápida proliferação. Também foram obtidas raízes transgênicas por meio das cepas ATCC 15834, LBA 402, TR 105 e 8196 de *Agrobacterium rhizogenes*.

Para a pesquisa da atividade biológica natural dos tecidos de *P. aculeata*, serão necessários estudos para padronizar o material vegetal para a produção de metabólitos secundários em sistemas *in vitro* eficientes.

A propagação dos exemplares nativos de *P. aculeata* em condições controladas servirá a inúmeras finalidades. A principal é a conservação da biodiversidade brasileira, patrimônio de valor intangível. Outra finalidade é a disponibilização da variabilidade genética dos exemplares nativos para a pesquisa e seleção de variedades. A expansão de *P. aculeata* como planta cultivada depende da oferta de variedades com características importantes para a exploração econômica. Dentre essas características, destacam-se detalhes morfológicos de valor ornamental, elevado teor de proteínas e mecanismos embriológicos que inviabilizem a reprodução sexuada, principalmente para variedades a serem cultivadas em outros continentes. Plantios comerciais de variedades sem reprodução sexuada serão viabilizados pelas técnicas registradas neste trabalho.

Conclusões

A propagação de *P. aculeata* por estaquia viabilizou-se mesmo em ambiente sem controle de umidade do ar.

As sementes apresentam elevada viabilidade logo após a coleta, tendo sido possível a obtenção de índices de germinação e emergência próximos a 100 %.

A multiplicação *in vitro* foi efetiva em meio com 1 mg BAP L⁻¹ e o enraizamento dessas brotações dispensou fitorreguladores. Na aclimatização *ex vitro*, todas as plantas sobreviveram e o desenvolvimento vegetativo foi superior em ambiente com nebulização intermitente.

Foram identificadas as condições para a propagação dessa espécie, sendo possível a produção de mudas para os mais diversos interesses, visto a ampla empregabilidade da espécie para utilização humana.

Referências

- ALTESOR, A.; EZCURRA, R.; SILVA, C. Changes in the photosynthetic metabolism during the early ontogeny of four cactus species. **Acta Oecologica**, Montrouge, v. 13, n. 6, p. 777-85, 1992.
- BASKIN, C. C.; BASKIN, J. M. **Seeds: ecology, biogeography and evolution of dormancy and germination**. San Diego: Academic Press, 1998. 666p.
- BOKE, N. H. Ontogeny and structure of flower and fruit of *Pereskia aculeata*. **American Journal of Botany**, St. Louis, v. 53, n. 6, p. 534-42, 1966.

- BORÉM, A. **Melhoramento de plantas**. Viçosa: Editora UFV, 1998. 453p.
- BRASIL, Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Regras para análise de sementes**. Brasília: SNDA/DNDV/CLAV, 1992. 365p.
- DAU, L.; LABOURIAU, L. G. Temperature control of seed-germination in *Pereskia aculeata* Mill. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v. 46, n. 2, p. 311-22, 1974.
- HALLMANN, J.; QUADT-HALLMANN, A.; MAHAFFEE, W. F.; KLOEPPER, J. W. Bacterial endophytes in agricultural crops. **Canadian Journal of Microbiology**, Ottawa, v. 43, n. 10, p. 895-914, 1997.
- HARTMANN, H. T.; KESTER, D. E.; DAVIES JUNIOR, F. T.; GENEVE, R. L. **Plant propagation: Principles and Practices**. New Jersey: Prentice-Hall, 2002. 880p.
- HUBSTENBERGER, J. F.; CLAYTON, P. W.; PHILLIPS, G. C. Micropropagation of Cacti (Cactaceae). In: BAJAJ, Y.P.S. (Ed.) **Biotechnology in Agriculture and Forestry 20: High-Tech and Micropropagation IV**. Berlin: Springer-Verlag, 1992, p. 49-68.
- JAAFAR-SIDIK, N.; NORIHAN, M. S.; SHAFII, K. *In Vitro* Culture of *Pereskia bleo*. **ISHS Acta Horticulturae**, Leuven, v. 829, p. 99-104, 2009.
- KINUPP, V. F. **Plantas alimentícias não-convencionais da região metropolitana de Porto Alegre, RS**. Porto Alegre, 2007. 562 p. Tese (Doutorado – Área de Concentração Fito-tecnia) – Departamento de Horticultura e Silvicultura, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- LEUENBERGER, B. E. *Pereskia* (Cactaceae). **Memoirs of the New York Botanical Garden**, New York, v. 41, p. 1-141, 1986.
- LORENZI, H.; SOUZA, H. M. **Plantas ornamentais do Brasil, arbustivas, herbáceas e trepadeiras**. Nova Odessa: Instituto Plantarum de Estudos da Flora, 1999. 1088 p.
- MAUSETH, J. D. A new method for the propagation of cacti: sterile culture of axillary buds. **Cactus Succulent Journal**, Claremont, v. 51, p. 186-7, 1979.
- MORAN, V. C.; ZIMMERMANN, H. G. Biological control of cactus weeds of minor importance in South Africa. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 37, p. 37-55, 1991.
- MORTON, J.F. **Barbados Gooseberry. Fruits of warm climates**. Miami: Julia Morton, p. 349-51. 1987. Disponível em: http://www.hort.purdue.edu/newcrop/morton/barbados_gooseberry.html. Acesso em 10/08/2010.
- MURASHIGE, T.; SKOOG, F. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v. 15, p. 473-97, 1962.
- PEDRONI, F.; SÁNCHEZ, M. Dispersão de sementes de *Pereskia aculeata* Miller (Cactaceae) num fragmento florestal no sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Biologia**, São Carlos, v. 57, p. 479-86, 1997.
- REGINA, M. de A.; SOUZA, C. R. de; SILVA, T. das G.; PEREIRA, A. F. **A propagação da videira**. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v. 19, n. 194, p. 20-27, 1988.
- RIO GRANDE DO SUL. Secretaria Estadual do Meio Ambiente. **Lista das espécies da flora ameaçadas de extinção do Rio Grande do Sul, 2002**. Disponível em: <http://www.fzb.rs.gov.br/downloads/flora_ameacada.pdf>. Acesso em: 23 out. 2010.
- HONG, T. D.; ELLIS, R. H. **A protocol to determine seed storage behaviour**. Rome: IPGRI, 1996. 62p. (Technical Bulletin, 1). Disponível em: <http://www.biodiversityinternational.org/fileadmin/biodiversity/publications/pdfs/137.pdf>. Acesso em: 26 out 2010.
- RUBLUO, A. Micropropagation of *Mammillaria* species (Cactaceae). In: BAJAJ, Y. P. S. (Ed.) **Biotechnology in Agriculture and Forestry 40: High-Tech and Micropropagation IV**. Berlin: Springer-Verlag, 1997, p. 193-205.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. Porto Alegre: Art-Med Editora, 2004. 719 p.
- VOZZO, J. A. **Tropical tree seed manual**. Washington: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Research Station, 2002. 899 p.

Caracterização da viticultura no Rio Grande do Sul por meio da análise dos dados do Cadastro Vitícola¹

Rafael Anzanello²

Resumo – No Brasil, a produção de uvas se localiza principalmente no Sul, Sudeste e Nordeste, sendo o Rio Grande do Sul (RS) o maior produtor. Este estudo analisou o sistema vitícola no RS, através de estatística descritiva, de frequência e de associações entre as variáveis referentes à produção municipal de uva, obtida pelo Cadastro Vitícola. Para comparação entre variáveis, utilizou-se o teste Z (duas variáveis) e análise de variância (três ou mais variáveis). Os resultados de frequência mostraram que a maioria dos municípios do RS analisados apresentou baixo número de estabelecimentos agropecuários com viticultura (1 a 10 unidades), área cultivada de até 30 ha e produção de até 300 t. No estado, a produtividade média foi de 9,6 t ha⁻¹, sendo maior nos municípios localizados na Metade Norte (10,4 t ha⁻¹) em relação aos da Metade Sul (5 t ha⁻¹). A produtividade das uvas para processamento (sucos e vinhos) não diferiu daquela para consumo *in natura*, apresentando valores de 9,5 t ha⁻¹ e 10,1 t ha⁻¹, respectivamente. Considerando os sistemas de condução, a latada foi o que apresentou maior produtividade (10,9 t ha⁻¹), se comparado a espaldeira (5,6 t ha⁻¹) e lira (4,7 t ha⁻¹). Os resultados deste trabalho caracterizam o sistema de produção de uva, permitindo distinguir espacialmente as diferenças municipais no RS.

Palavras-chave: estabelecimentos agropecuários, produtividade, área de produção, sistemas de condução, *Vitis* sp.

Characterization of viticulture in Rio Grande do Sul by means of data analysis from Viticultural Inventory

Abstract – The production of Brazilian grape is located mainly in the South, Southeast and Northeast regions. The Rio Grande do Sul State (RS) is the largest country producer. This study assessed the status of viticulture in RS by means of descriptive statistics, frequency and associations between variables related to municipal grape production based on data collected from Viticultural Inventory. For that matter, variables were compared using the Z test (two variables) and analysis of variance (three or more variables). The results of frequency showed that most municipalities in RS present a low number of agricultural establishments (1 to 10 units), vineyard area until 30 ha and production up to 300 tonnes. The average yield in the state is 9.6 t ha⁻¹, and higher productivity occurs in municipalities located in the North Region of RS (10.4 t ha⁻¹) compared to those located in the South Region (5.0 t ha⁻¹). Productivity levels of grapes for processing purposes, e.g., juices and wine, do not differ significantly from grapes for the fresh market, with values of 9.5 t ha⁻¹ and 10.1 t ha⁻¹, respectively. As for the conduction system, the pergola system showed higher productivity (10.9 t ha⁻¹) than cordon (5.6 t ha⁻¹) and lyre (4.7 t ha⁻¹). Such results characterize the grape production in RS, assessing similarities and dissimilarities among municipalities.

Key words: agricultural establishments, productivity, production area, conduction systems, *Vitis* sp.

¹ Manuscrito submetido em 28/12/2010. Aceito para publicação em 19/11/2012.

² Eng. Agr., Dr. pelo PPG Fitotecnia da UFRGS. Bolsista CNPq. Pesquisador Fepagro. Endereço: RSC 470, km 170,8, Caixa postal 44, Veranópolis, RS, CEP 95330-000. E-mail: rafael-anzanello@fepagro.rs.gov.br.

Introdução

O cultivo da videira tem importância socioeconômica e cultural para diversos países, sendo os principais produtores Itália, França, Espanha e Estados Unidos (FAO, 2010). No mundo, esta atividade estende-se por mais de 7.185 milhões de hectares (ha) em cultivo, com uma produção de aproximadamente 66.200 milhões de t e produtividade média de 9,2 t ha⁻¹ (FAO, 2010).

No Brasil, a produção de uvas se localiza principalmente nas regiões Sul, Sudeste e Nordeste. O estado do Rio Grande do Sul (RS) é o maior produtor, com 50,8 % da produção total nacional, seguido de São Paulo, Pernambuco, Paraná, Bahia e Santa Catarina, com 15,8 %; 12,7 %; 8,5 %; 7,3 % e 3,9 %, respectivamente (IBGE, 2010). Em relação ao destino da produção no País, 38,3 % foi para elaboração de vinhos, sucos, destilados e outros derivados, e 61,2 % para o consumo *in natura* (IBGE, 2010).

No RS, o cultivo da videira se encontra, predominantemente, na Encosta Superior da Serra do Nordeste, Planalto Médio, Depressão Central, Alto e Médio Vale do Uruguai, Encosta Inferior da Serra do Nordeste e Campanha, em termos de produção e área cultivada (TONIETTO e FALCADE, 2003). No ano de 2007, a área total de vinhedos no estado foi de 40,3 mil ha, sendo cultivadas basicamente cultivares americanas e híbridas (80 % da área), sendo 'Isabel' a cultivar de maior expressão (51,1 % da área) (ANUÁRIO BRASILEIRO DA UVA E DO VINHO, 2007).

Em trabalhos que envolvam coleta de dados em populações é comum o uso de ferramentas estatísticas para apresentar a informação obtida. Isto pode ser feito por meio de gráficos e/ou estatísticas descritivas (ZIMMERMANN, 2004). Além disso, pode haver interesse em medir ou definir a existência de possíveis associações entre variáveis, comparando-as dentro de um ou mais grupos da pesquisa (AZEVEDO e CAMPOS, 1987). Isto pode ser realizado através do levantamento de teste de hipóteses e, posterior, teste de comparação de médias (ZIMMERMANN, 2004).

Este estudo objetivou caracterizar a viticultura no RS através de estatística descritiva, de frequência e de associações entre as variáveis referentes à produção municipal de uva, obtidas pelo Cadastro Vitícola.

Material e Métodos

Foi utilizado para o estudo o Cadastro Vitícola de 2007, para o estado do RS (MELLO e MACHADO,

2008). As variáveis analisadas foram: número de estabelecimentos agropecuários, com atividade vitícola (unidades), área das propriedades (hectares), área dos vinhedos (hectares), produção total (toneladas), produção por hectare (t ha⁻¹), sistema de condução preponderante (latada, espaldeira ou lira) e principal finalidade da produção (processamento ou *in natura*) por município, contabilizando 146.

O Cadastro Vitícola do RS, ano base 2007, apresenta informações detalhadas sobre a viticultura do estado, com objetivo de disponibilizar informações específicas sobre a identificação e a descrição dos parreirais, variedades, situação dos vinhedos e destino das uvas produzidas, para propor e implementar políticas setoriais. Tal sistema foi coordenado pela Embrapa Uva e Vinho em parceria com o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Instituto Brasileiro do Vinho e Secretaria da Agricultura, Pecuária e Abastecimento do RS. O levantamento de dados foi realizado de 2005 a 2007 por cadastradores treinados que visitaram todas as propriedades vitícolas do RS para o preenchimento de questionários relacionados às variáveis acima apontadas (FIALHO et al., 2005).

Na análise descritiva dos dados foram obtidos os valores de média, desvio padrão e coeficiente de variação. Para a análise de frequências, absolutas e cumulativas, foram elaborados histogramas. A frequência absoluta é o número de vezes que um determinado acontecimento se repete (ZIMMERMANN, 2004) e a frequência cumulativa refere-se à frequência total dos valores inferiores ao limite superior de um dado intervalo de classe (LEVINE et al., 2005). As variáveis número de propriedades com atividade vitícola, área de vinhedos, produção e produtividade tiveram seus valores estratificados. Para a variável número de propriedades com atividade vitícola, oito estratos foram formados (1 a 10; 11 a 50; 51 a 100; 101 a 200; 201 a 300; 301 a 400; 401 a 500 e mais de 500 unidades), assim como para área de vinhedos (1 a 10; 11 a 30; 31 a 50; 51 a 100; 101 a 200; 201 a 300; 301 a 400 e mais de 400 ha) e produção média por município (1 a 100; 101 a 300; 301 a 500; 501 a 1000; 1001 a 3000; 3001 a 5000; 5001 a 10.000 e mais de 10.000 toneladas). A produtividade foi estratificada em seis grupos (0,01 a 4; 4,01 a 8; 8,01 a 12; 12,01 a 16; 16,01 a 20 e mais de 20 t ha⁻¹).

A comparação de médias foi realizada considerando a variável numérica produtividade, em função da variável categórica (1) localização geográfica do município (Metade Norte x Metade Sul), conforme Figura 1; e (2) destino da produção (*in natura* x processamento), empregando-se o teste Z, e (3) siste-

ma de condução (latada, espaldeira e lira), empregando-se o teste de análise de variância (ANOVA) com fator único. Havendo significância pelo teste “F” da ANOVA, as produtividades médias dos sistemas de condução foram submetidas ao teste de Tukey, ao nível de significância de 5 % de probabilidade (VIEIRA, 1999; LÚCIO et al., 1999). Foram utilizados os programas Microsoft Office Excel 2007 (teste Z) e o SPSS for Windows, versão 17 (análise de variância e teste de Tukey).

Objetivando identificar as diferenças entre as variáveis do Cadastro Vitícola, foram formulados três testes de hipóteses:

- (1) $H_0: \mu_{\text{produtividade Metade Norte}} = \mu_{\text{produtividade Metade Sul}}$; $H_1: \mu_{\text{produtividade Metade Norte}} \neq \mu_{\text{produtividade Metade Sul}}$; sendo H_0 a hipótese nula, onde se declara a não existência de efeito ou diferença na produtividade média dos municípios localizados na Metade Norte do estado em relação à média daqueles localizados na Metade Sul, e H_1 a hipótese alternativa em que se declara a existência desse efeito ou diferença (PIMENTEL, 1990; VIEIRA, 1999; ZIMMERMANN, 2004).
- (2) $H_0: \mu_{\text{produtividade uvas processadas}} = \mu_{\text{produtividade uvas in natura}}$;
 $H_1: \mu_{\text{produtividade uvas processadas}} \neq \mu_{\text{produtividade uvas in natura}}$,

sendo H_0 e H_1 definidos de maneira idêntica ao teste de hipóteses anterior.

- (3) $H_0: \mu_{\text{produtividade latada}} = \mu_{\text{produtividade espaldeira}} = \mu_{\text{produtividade de lira}}$;
 H_1 : pelos menos uma das médias se difere para as demais, sendo que H_0 declara que as médias de produtividade entre os sistemas de condução são iguais e H_1 que ao menos, uma das médias se distingue das demais.

Resultados e Discussão

No RS, as médias de produção, área de vinhedos e rendimento foram de 263 t, 4.305 ha e 9,64 t ha⁻¹, respectivamente. Os coeficientes de variação dos referidos dados foram de 319 %, 359 % e 57 %, indicando uma variabilidade elevada entre os municípios produtores de uva, principalmente no que se refere à produção e área de vinhedos. O município de Bento Gonçalves apresentou maior número de estabelecimentos agropecuários com atividade vitícola (1.816 unidades), área de vinhedos (5.920 ha) e produção de uva (117.178 t) no RS, o que representou, respectivamente, 12 %, 15 % e 19 % do total dos municípios avaliados. Estes resultados eram esperados, em função de que o município de

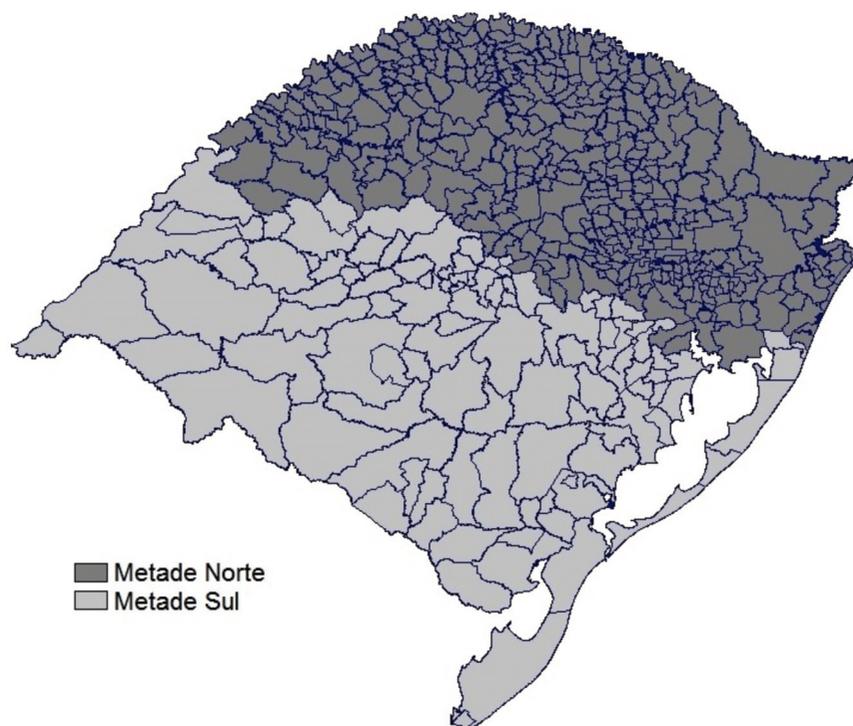


Figura 1 – Delimitação geográfica dos municípios pertencentes à Metade Norte e Metade Sul do estado do RS. Adaptado de NUTEP/ UFRGS (2007).

Bento Gonçalves está localizado na Serra Gaúcha, principal região vitícola do RS (EMBRAPA UVA e VINHO, 2010), caracterizada por pequenas propriedades, que destinam grande parcela da área agrícola para vinhedos.

Os gráficos de frequência categorizada indicaram que a maioria dos municípios analisados (53,4 %), possuía de 1 a 10 estabelecimentos agropecuários com atividade vitícola (Figura 2A) e área de vinhedos de até 30 ha (61,7 %), sendo que em 39,7 % dos municípios esta área era de 1 a 10 ha (Figura 2B). A concentração da área de vinhedos no estrato inferior (1 a 10 ha) pode estar relacionada à região da Serra Gaúcha (maior região produtora de uva) apresentar um relevo fortemente ondulado (STRECK et al., 2008) associado às pequenas áreas das propriedades, o que inviabiliza o cultivo da videira em grandes extensões. Os resultados referentes à produção de uva também indicaram uma concentração do número de municípios (n=70) no estrato inferior de 1 a 100 t (Figura 2C). Em termos de percentagem cumulativa, verificou-se que 65 % dos municípios apresentaram uma produção de até 300 t de uva.

Considerando os dados de produtividade, 96,58 % dos municípios apresentaram um rendimento de até 20 t ha⁻¹, sendo que a maioria (30,1 %) obteve rendimento médio na faixa entre 4,01 a 8 t ha⁻¹, valor inferior ao rendimento médio estadual. Não foram verificadas diferenças entre a percentagem de municípios nos estratos entre 8,01 a 12 t ha⁻¹ (19,9 %), 0,01 a 4 t ha⁻¹ (17,1 %), 12,01 a 16 t ha⁻¹ (15,8 %) e 16,01 a 20 t ha⁻¹ (13 %) (Figura 2D).

Na comparação da produtividade da Metade Norte com a Metade Sul do RS, verificou-se pela Tabela 1A, que o valor absoluto do Z calculado (6,13) foi maior que o valor crítico (1,96), rejeitando-se, assim, a hipótese que as médias comparadas sejam iguais (H₀), a um nível de confiança de 95 %. A produtividade da Metade Norte foi superior à da Metade Sul no estado do RS, com valores médios de rendimento de 10,4 t ha⁻¹ para a Metade Norte, contra 5,0 t ha⁻¹ para a Metade Sul (Tabela 1A).

Para Bolfe et al. (2009), a Metade Sul do estado do RS apresenta menor produtividade vitícola se comparada à Metade Norte devido aos municípios apresentarem características agrônômicas distintas, com aptidão edafoclimática voltada para

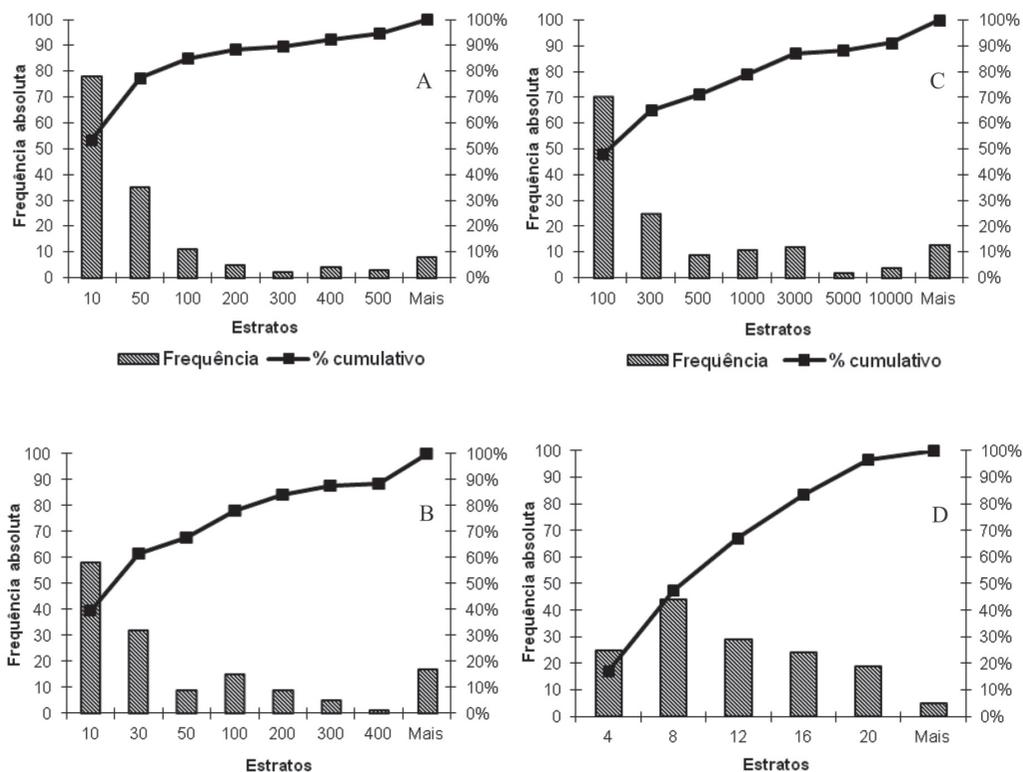


Figura 2 – Frequência absoluta e cumulativa do número de estabelecimentos agropecuários, em unidades (A); área de vinhedos, em hectares; (B), produção média, em toneladas; (C) e rendimento médio, em t ha⁻¹ (D) nos municípios produtores de uva no estado do Rio Grande do Sul.

culturas anuais (principalmente arroz) e para atividade da pecuária, que é possibilitada pela grande extensão territorial das propriedades. Além disso, os municípios da Metade Sul apresentam uma cadeia produtiva iniciante em viticultura, com áreas de vinhedos em formação, em contraste aos municípios da Metade Norte, cuja atividade vitivinícola é tradicional e caracteriza-se pelos vinhedos com elevada produtividade (SATO, 2000). Associado a isto, tem-se o fato de grande parte da produção de uvas da Metade Sul ser destinada à elaboração de vinhos finos, cuja produção por planta é limitada, visando obter uma matéria-prima com adequado índice de maturação, alto teor de açúcares e maior concentração de polifenóis.

Na comparação da produtividade média dos vinhedos destinados ao processamento em relação à média daqueles para consumo *in natura*, a hipótese das médias em comparação serem iguais (H_0) foi aceita, visto o valor Z (-1,11) ter sido menor que o valor crítico (1,96) (Tabela 1B). Este resultado permitiu verificar que, independentemente do destino da produção, o rendimento médio dos vinhedos foi semelhante, nos municípios produtores de uva do estado do RS. Isto pode ser atribuído ao fato de que os produtores de uva para processamento destinam a produção, especialmente, à elaboração de sucos e vinhos coloniais, cuja produtividade é similar àque-

las para mesa (SOUSA, 1996). Desse modo, supõe-se que a média da produtividade dos vinhedos cuja produção é destinada ao processamento não representou o rendimento recomendado para elaboração de vinhos finos, que chega a ser, em alguns casos, inferior a 4 t ha^{-1} (ARAÚJO et al., 2011). Para Camargo et al. (2005), a base da produção de fermentados (vinhos finos) representa menos de 15 % do volume de uvas industrializadas no Brasil.

Na comparação da produtividade alcançada nos diferentes sistemas de condução, o valor do quadrado médio (QM) dos tratamentos foi superior ao QM residual, indicando que a variabilidade dos dados de produtividade dos municípios avaliados ocorreu, principalmente, devido aos sistemas de condução empregados nos vinhedos e não em função do resíduo (Tabela 2). O valor do quadrado médio estima a variância provocada pelos tratamentos e pelos resíduos (SPIEGEL, 1981; ZIMMERMANN, 2004). As médias de produtividade diferiram entre os sistemas de condução adotados, pois o F calculado (19,39) foi maior que o valor crítico (3,06) (Tabela 2).

O sistema de condução em latada apresentou maior produtividade média, seguido pelos sistemas de condução em espaldeira e lira, os quais não diferiram entre si (Tabela 3). Este resultado está de acordo com Genta (2000) e Giovaninni (2008), que afirmam que uma das vantagens do sistema em latada é a

Tabela 1 – Teste de hipóteses para comparação das médias de produtividade, em t ha^{-1} , entre a Metade Norte e a Metade Sul do estado do Rio Grande do Sul (A) e entre uvas para processamento e consumo *in natura* (B). Fonte dos dados: Cadastro Vitícola de 2007 (MELLO e MACHADO, 2008).

Medidas estatísticas	Produtividade			
	Teste 1 (A)		Teste 2 (B)	
	Metade Norte	Metade Sul	Processamento	In natura
Média	10,39	5,03	9,51	10,13
Variância	30,03	10,52	31,23	24,70
Observações (municípios)	126	30	133	13
Z	6,13		-1,11	
z crítico	1,96		1,96	

Tabela 2 – Análise de variância (ANOVA) para decomposição da variabilidade imposta pelo fator tratamentos (sistemas de condução) e pelo resíduo. Fonte dos dados: Cadastro Vitícola (MELLO e MACHADO, 2008).

Fonte da variação	Soma de Quadrados	Graus de Liberdade	Quadrado Médio	Valor F	Valor P	F crítico
Tratamento	949,11	2	474,56	19,39	1,04E-07	3,06
Resíduo	3500,56	143	24,48			
Total	4449,67	145				

Tabela 3 – Comparação de médias de produtividade entre os diferentes sistemas de condução do estado do Rio Grande do Sul. Fonte: Cadastro Vitícola (MELLO e MACHADO, 2008)

Sistema de condução	Produtividade (t ha ⁻¹)
Latada	10,9 a
Lira	5,6 b
Espaladeira	4,7 b
CV (%)	25,8

Médias seguidas de mesma letra, nas colunas, não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade de erro.

elevada produtividade. Em contrapartida, esse sistema requer alto custo de implantação, dificuldade de algumas operações culturais e necessidade de mão de obra constante para manter a vegetação equilibrada. Já os sistemas de condução em espaladeira e lira priorizam a qualidade da uva em detrimento à produtividade, pois mantêm menor número de gemas por planta por ocasião da poda. O dossel vegetativo em disposição vertical (espaladeira) ou inclinada (lira) resulta na formação de uma copa mais aerada, com diminuição dos problemas fitossanitários e maior insolação disponível aos frutos (GIOVANINNI, 2008), o que confere maior qualidade à produção de uvas.

Conclusões

1 – A maioria dos municípios que compuseram o Cadastro Vitícola do RS apresentou baixo número de estabelecimentos agropecuários com atividade vitícola, baixa área cultivada e baixa produção, com rendimento médio de 9,6 t ha⁻¹.

2 – A produtividade média dos municípios localizados na Metade Norte foi maior que a produtividade média daqueles situados na Metade Sul do estado do RS.

3 – Nos municípios produtores de uva do estado do RS, a produtividade média de vinhedos cuja produção foi destinada para processamento não diferiu da produtividade média daqueles cujo produto final foi consumido *in natura*.

4 – O sistema de condução em latada proporcionou maior produtividade se comparado aos sistemas de condução em espaladeira e lira nos vinhedos do estado do RS.

Referências

ANUÁRIO BRASILEIRO DA UVA E DO VINHO. **Panorama**. Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta, 2007. 136 p.

ARAÚJO, V.C.; SALERNO, M.S.; GARCIA, R. Inovação em setores de baixa e média tecnologia: caaso da vinícola MIO-

LO. In: XXXI ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 2011, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: ENEGE, 2011, p.1-13.

AZEVEDO, A.G.; CAMPOS, P.H.B. **Estatística básica**. 5.ed. São Paulo: Livros Técnicos e Científicos, 1987. 283p.

BOLFE, E. L.; SIQUEIRA, O. J. W. de.; PEREIRA, R. S.; ALBA, J. M. F.; MIURA, A. K. Uso, ocupação das terras e banco de dados geográficos da metade sul do Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**, v.39, n.6, p.1729-1737, 2009.

EMBRAPA UVA E VINHO. **Brasil vitivinícola: regiões produtoras**. Disponível em: <<http://www.cnpuv.embrapa.br/publica/palestras>>. Acesso em: 15 de dezembro de 2010.

CAMARGO, U. A.; MAIA, J. D. G.; NACHTIGAL, J. **BRS Violeta. Nova cultivar de uva para suco e vinho de mesa**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2005. 8 p. Comunicado Técnico, 63.

FIALHO, F. B.; MELLO, L. M. R.; GUZZO, L. C. **Metodologia de georreferenciamento do Cadastro Vitícola**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2005. 26 p. Documentos, 50.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS – FAO. **Produção e área cultivada de uvas no mundo**. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/site/526/default.aspx>>. Acesso em: 15 de dezembro de 2010.

GENTA, W. **A cultura da videira**. Marialva: Planta-Planejamento e Assistência Técnica. 2000, 19p.

GIOVANINNI, E. **Produção de uvas para vinhos, suco e mesa**. 3.ed. Porto Alegre: Renascença, 2008. 364p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Dados de produção de lavoura permanente nos estados no Brasil**. Disponível em:<<http://www.ibge.gov.br/estadosat/temas.php?sigla=rs&tema=lavourapermanente2005&titulo=Lavoura%20permanente%202005%20>>. Acesso em: 15 de dezembro de 2010.

LEVINE, D. M.; STEPHAN, D.; KREHBIEL, T. C.; BERENSON, M. L. **Estatística: Teoria e Aplicações**. 5.ed. Rio de Janeiro: LTC, 2005. 86p.

LÚCIO, A. D.; STORCK, L.; BANZATTO, D. A. Classificação dos experimentos de competição de cultivares quanto a sua precisão. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, v.5, n.1, p.99-103, 1999.

MELLO, L. M. R.; MACHADO, C. A. D. **Cadastro Vitícola do Rio Grande do Sul: 2005 a 2007**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho. CD-ROM, 2008.

CARACTERIZAÇÃO DA VITICULTURA NO RIO GRANDE DO SUL
POR MEIO DA ANÁLISE DOS DADOS DO CADASTRO VITÍCOLA

NÚCLEO DE ESTUDOS E TECNOLOGIAS EM GESTÃO PÚBLICA – NUTEP/UFRGS. **Mapa das Metades Regionais do Rio Grande do Sul**. Disponível em: <<http://nutep.ea.ufrgs.br/mapas/metades.jpg>>. Acesso em: 12 de novembro de 2012.

PIMENTEL, F. G. **Estatística experimental**. 13.ed. Piracicaba: Editora Nobel, 1990. 468p.

SATO, G. S. Panorama da Viticultura no Brasil. **Informações Econômicas**, v. 30, n. 11, p. 53-61, 2000.

SOUSA, J. S. I. de. **Uvas para o Brasil**. São Paulo: Melhoramentos, 1996. 456p.

SPIEGEL, M. R. **Estatística**. São Paulo: Editora Mc Graw-Hill, 1981. 580 p.

STRECK, E. V.; KÄMPF, N.; DALMOLIN, R. S. D.; KLAMT, E.; NASCIMENTO, P. C.; SCHNEIDER, P.; GIASSON, E.; PINTO L. F. S. **Solos do Rio Grande do Sul**. 2. ed. Porto Alegre: Emater/RS, 2008. 222p.

TONIETTO, J. FACALDE, I. **Regiões vitivinícolas brasileiras. Uvas para processamento**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2003. 134p. Frutas do Brasil, 34.

VIEIRA, S. **Estatística experimental**. 2.ed. São Paulo: Editora Atlas, 1999. 185p.

ZIMMERMANN, F. J. P. **Estatística aplicada à pesquisa agrícola**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2004. 402p.

Utilização de resíduos de agroindústria fumageira como corretivo de acidez em diferentes solos¹

Marcio Henrique Lauschner², Marino José Tedesco³,
Clesio Gianello³, Leandro Bortolon⁴, Cláudio Henrique Kray⁵,
Daniela Bueno Piaz Barbosa⁶, Robson Andreazza⁷

Resumo – No Brasil, há uma grande produção de resíduos da agroindústria fumageira, e esta produção geralmente causa um problema ambiental. Por isso, são necessários estudos para viabilizar o descarte dos resíduos orgânicos das folhas de tabaco em solos agrícolas. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito corretivo de dois tipos de resíduos agroindustriais fumageiros sob o pH em três diferentes solos. Foram testadas cinco doses crescentes de resíduos da agroindústria fumageira em pó (RAF P) e em talos (RAF T) e um tratamento com adição de calcário, na dose recomendada para atingir pH 6,0 pelo método SMP, em três solos com diferentes classes texturais. Foram realizadas determinações do valor do pH em água e da acidez potencial aos 3, 7, 14, 21, 35, 49, 63 e 77 dias após início da incubação dos solos, e também do valor de neutralização dos resíduos testados. Os resíduos da agroindústria fumageira apresentaram elevação do pH nos solos, variando o valor conforme a dose adicionada e com o poder tampão da acidez dos solos estudados. Os resultados mostraram que esses resíduos podem ser utilizados para corrigir o pH dos solos, contudo, há a necessidade de experimentos de calibração nessa área.

Palavras-chave: correção do pH, descarte de resíduos, acidificação.

Using tobacco processing residues as acidity corrective in different soils

Abstract – In Brazil, there is a high annually production of tobacco processing residues that can cause serious environmental problems. Therefore, it is necessary some studies to allow the land disposal and agricultural use of tobacco processing residues. Thus, the aim of this study was to evaluate the effect of increase the pH of two agro-industrial tobacco residues in three different soils. It was tested five treatments with increasing doses of tobacco processing residues in powder (dust) and stalks (stems) and a treatment with the addition of limestone, at the recommended dose to achieve pH 6.0 by the SMP method, in three different classes of soil texture. It was determined the pH values in water (1:1) and the potential acidity estimated by the SMP method at 3, 7, 14, 21, 35, 49, 63 and 77 days of incubation of soils, and also the neutralization value of tobacco processing residues in powder and stalks. Tobacco processing residues presented potential to increase the pH in the soils analyzed. The neutralization depended on the dose added and soil buffer acidity. Results exhibited that the residues can be used to neutralize the soil pH, however, it is necessary experiments to calibration in this area of study.

Key words: pH correction, waste discharge, acidity.

¹ Parte da dissertação de mestrado do primeiro autor, apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo da Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS. Executada com recursos do projeto Laboratório de Análises do Departamento de Solos da Faculdade de Agronomia – UFRGS. Manuscrito submetido em 29/08/2011 e aceito para publicação em 26/10/2012.

² Eng. Agr., MSc., Programa de Pós Graduação em Ciência do Solo da Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS. Av. Bento Gonçalves, 7712. CEP 91540-000, Porto Alegre (RS). *E-mail:* marcio.lauschner@ufrgs.br.

³ Professor do Departamento de Solos, UFRGS. Av. Bento Gonçalves, 7712. CEP 91540-000, Porto Alegre (RS) *E-mail:* labsolos@bol.com.br, cgianello@hotmail.com.br

⁴ Eng. Agr., Dr., Pesquisador da Embrapa Pesca e Aquicultura. Quadra 103 Sul, Av. JK, n.164. CEP 77015-012, Palmas (TO). *E-mail:* leandro.bortolon@embrapa.br.

⁵ Professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do RS, campus Bento Gonçalves. Avenida Osvaldo Aranha, 540 – 95700-000, Bento Gonçalves (RS). *E-mail:* claudio.kray@bento.ifs.edu.br

⁶ Eng. Agr. Aluna de mestrado do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo da Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS. Av. Bento Gonçalves, 7712 – 91540-000, Porto Alegre (RS). *E-mail:* daniela.barbosa@ufrgs.br

⁷ Professor da Universidade Federal de Pelotas, Centro de Engenharias, Avenida Osvaldo Aranha, 540 – 95700-000, Pelotas (RS). *E-mail:* robsonandreazza@yahoo.com.br

Introdução

Com a modernização e o crescimento do consumo pela população, há uma necessidade significativa de aumento da produção tanto de alimentos quanto de produtos industrializados. Contudo, a industrialização traz um aumento na produção de resíduos, que na maioria das vezes não são armazenados ou tratados adequadamente. Por isto, a contaminação do ambiente e o acúmulo de resíduos se tornaram um grande problema ambiental (TUCCI, 2008). Devido a isto, o descarte apropriado dos resíduos industriais (VERAS e POVINELLI, 2004; PEREIRA et al., 2008; BETAT et al., 2009), juntamente com a aplicação de técnicas para a melhoria na produção agrícola de modo sustentável, vêm sendo pesquisados (BORGES e COUTINHO, 2004).

Neste contexto, o cultivo de fumo, bem como a industrialização deste, produz uma grande quantidade de resíduos que podem ser reutilizados na agricultura. No Brasil, dados do setor industrial indicam uma produção anual de aproximadamente 35.000 t de resíduos da agroindústria fumageira (RAFs). Normalmente, os resíduos orgânicos das folhas de tabaco são descartados em solos agrícolas como fertilizantes e/ou condicionadores de solo. Todavia, são necessários indicadores de base técnica que possibilitem o correto manejo e o reaproveitamento racional dos resíduos e/ou subprodutos do processamento dos RAFs (LAUSCHNER, 2005).

O conceito de condicionadores de solo envolve a aplicação de materiais aos solos para modificar favoravelmente propriedades físicas adversas, como baixa capacidade de retenção de água e excessiva permeabilidade. A natureza desses condicionadores é muito variável e engloba desde materiais naturais orgânicos e inorgânicos até produtos sintéticos industrializados (TAVARES e BERNARDI, 2002). Além disso, compostos orgânicos possuem nutrientes na sua biomassa, que com a mineralização podem lentamente ser fonte de nutrientes para as plantas e microrganismos do solo (MOREIRA e SIQUEIRA, 2006).

O uso de corretivos da acidez do solo, como calcário ou outros produtos de reação alcalina (principalmente os que contém grupos OH^- ou CO_3^{2-}) em solos ácidos provoca grandes modificações em algumas propriedades químicas, como o pH, em curtos períodos de tempo. As modificações nos componentes da acidez podem ser acompanhadas por determinações periódicas destas características, até atingir condições de equilíbrio, geralmente após 30 dias de aplicação dos materiais corretivos como calcário *filler*, levando-se em conta condições óti-

mas para as reações ácido-base. Em geral, quanto menor a granulometria, maior é a superfície de reação das partículas do material alcalino e mais rápida é a neutralização inicial dos componentes ácidos do solo. No entanto, a reação mais rápida implica em menor valor residual de neutralização do solo (TEDESCO e GIANELLO, 2000).

Atualmente, existem muitos trabalhos sobre a adição de resíduos de origem animal e urbana (lodo de esgoto e composto de lixo) no solo (BORGES e COUTINHO, 2004; BOEIRA e MAXIMILIANO, 2009; TEJADA, 2009; PÉREZ-LOMAS et al., 2010), e poucos estudos sobre a adição de resíduos fumageiros (TEDESCO et al., 2011). Contudo, há uma grande necessidade de mais estudos sobre a reutilização e ou aplicação de RAFs no solo. Assim, o objetivo do presente trabalho foi avaliar os efeitos da aplicação de diferentes tipos e concentrações de resíduos de indústria fumageira em três solos do estado do Rio Grande do Sul.

Material e Métodos

Os dois resíduos provenientes do processamento das folhas de tabaco, em pó (RAF P) e em talos (RAF T), utilizados no trabalho, foram coletados na empresa KBH&C, sediada no município de Vera Cruz (RS). As principais caracterizações físico-químicas do RAF P e do RAF T foram determinadas conforme metodologia descrita por TEDESCO et al. (1995), e apresentadas na Tabela 1.

Os solos utilizados foram: Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico típico (PVAd – coletado às margens da rodovia RS 040, distrito de Águas Claras, Viamão, RS), Argissolo Vermelho distrófico típico (PVd – coletado na Estação Experimental Agrônômica da UFRGS, em Eldorado do Sul) e Nitossolo Vermelho latossólico distrófico típico (NVdf – coletados em área de floresta nativa às margens da RST-471, localidade da linha Santa Cruz, no município de Santa Cruz do Sul), das Unidades de Mapeamento: Itapuã, São Jerônimo e Estação, respectivamente (BRASIL, 1973; STRECK et al., 2002), com as seguintes características físico-químicas (TEDESCO et al., 1995), respectivamente: argila (g dm^{-3}) 140, 220, 560; matéria orgânica (g dm^{-3}) 8, 23, 31; pH em água 5,2; 5,0; 4,5; P (mg dm^{-3}) 3,7; 1,8; 2,5; K (mg dm^{-3}) 22, 55, 38; Al ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) 0,0; 0,9; 2,2; Ca ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) 0,4; 0,7; 2,5; Mg ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) 0,3; 0,4; 0,8; H + Al ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) 1,4; 6,2; 9,7; CTC $_{\text{pH } 7,0}$ ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) 2,2; 7,4; 13,1; saturação por bases (%) 34, 17, 26; saturação por alumínio (%) 0,0; 42,8; 39,3; capacidade de retenção de umidade (%) 7,2; 12,8; 21,8 (TEDESCO et al., 1995). Os so-

Tabela 1 – Características físico-químicas dos resíduos de agroindústria fumageira de folhas de tabaco em pó (RAF P) e de talos (RAF T).

Resíduos	pH água	Umidade	C org.	N	P	K	Ca
	1:1	----- % -----					
RAF P	6,5	4,5	28,6	1,9	0,29	2,5	3,3
RAF T	5,1	4,6	33,4	1,9	0,28	6,7	1,5
	Mg	S	Fe	Cu	Zn	Mn	Na
	----- % -----		----- mg kg ⁻¹ -----				
RAF P	0,69	0,38	0,95	24	64	699	720
RAF T	0,71	0,38	0,026	7	29	125	1600
	B	Pb	Ni	Cd	Cr	Relação	
	----- mg kg ⁻¹ -----					C:N	
RAF P	29	<10	<5	<2	25	15	
RAF T	24	<10	<5	<2	<3	18	

los apresentam diferentes classes texturais, sendo a argila e a matéria orgânica consideradas as principais fontes dos ácidos que compõem a acidez potencial ou titulável a pH 7,0, e boas indicadoras da capacidade de tamponamento da acidez dos solos (VOLKWEISS, 1989). O solo foi coletado na camada de zero a 20 cm de profundidade, sendo seco ao ar e a seguir tamisado em peneira com malha de 4 mm de diâmetro de orifícios.

O experimento constituiu-se de dez tratamentos com adição de 0, 15, 30, 60 e 120 t ha⁻¹ de RAF P e de RAF T e um tratamento com adição de calcário (produto técnico com relação 3:1 entre CaCO₃ e MgCO₃) de 0,80, 4,80 e 9,10 t ha⁻¹, conforme recomendação pelo índice SMP para elevar o pH a 6,0 (COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO, 2004), nos solos PVAd, PVD e NVdf, respectivamente. Foi utilizado delineamento experimental inteiramente casualizado, com três repetições por tratamento. As doses foram definidas com base na capacidade do resíduo exercer reação alcalina ao solo.

A incubação foi feita em recipiente de polietileno contendo 400 g de solo (seco) e as quantidades de calcário, de RAF P e de RAF T (base seca) correspondentes a cada tratamento. Os resíduos e o calcário foram adicionados e homogeneizados com o solo (peso do solo equivalente a 2,0 x 10⁶ kg ha⁻¹), e em seguida, foi adicionada água destilada até atingir 80 % da capacidade de retenção de umidade de cada solo. Foi adaptado um tubo de polietileno, em cada recipiente, com o objetivo de manter as trocas gasosas (solo-ambiente).

Foram feitas determinações do valor do pH em água (1:1) e da acidez potencial estimada pelo mé-

todo SMP aos 3, 7, 14, 21, 35, 49, 63 e 77 dias após início da incubação dos solos, e também foi determinado o valor de neutralização (VN) do RAF P e do RAF T (TEDESCO et al., 1995).

Os resultados foram submetidos à análise da variância para efeito dos tratamentos e, quando significativo, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey, a 5 % de probabilidade de erro.

Resultados e Discussão

Na primeira e segunda avaliações ocorreu uma superestimação do efeito corretivo dos componentes alcalinizantes dos materiais, conforme foi observado por diversos autores (KAMINSKI, 1974; CIPRANDI, 1993) para calcário e por SEGATTO (2001) para resíduos de origem industrial. As adições dos RAFs aos três solos em estudo também mostraram este efeito (Figura 1). A superestimação do efeito alcalino pode ser devida à presença de componentes alcalinizantes dos corretivos ou dos resíduos, que ainda não foram neutralizados pelos componentes ácidos do solo. Como discutido anteriormente, a própria mineralização da matéria orgânica pode modificar o equilíbrio ácido-base do solo.

A partir da primeira e segunda avaliações, o pH do solo apresenta menores variações, com tendência a diminuir em sistemas abertos, devido à nitrificação do amônio produzido durante a mineralização da matéria orgânica do solo (VICTORIA et al., 1992; FENTON e HELYAR, 2002). Em geral, este fato foi observado nos tratamentos testemunha, com calagem e com a adição dos resíduos até a dose de 30 t ha⁻¹. Nos tratamentos com adição de

alta quantidade de resíduos, a nitrificação foi provavelmente inibida no solo PVAd pela elevação excessiva do pH, mantendo-se os valores de pH de equilíbrio em níveis mais elevados, pois este solo apresenta baixo poder tampão de acidez. Por outro lado, observa-se que a reacidificação do solo foi maior nos solos com maior poder tampão de acidez (Figura 1).

Os valores de pH em água dos tratamentos com adição dos RAFs aumentaram com a quantidade dos resíduos adicionada. Entretanto, o incremento do pH foi menor nos solos com maior poder tampão. O RAF T apresentou, em geral, tendência de maior efeito corretivo em relação ao RAF P (Tabela 2). Enquanto a acidez potencial dos três solos diminuiu com o aumento das doses dos resíduos adicionadas (Tabela 2).

Com base nas quantidades de calcário adicionadas, pode-se estabelecer a equivalência dos resíduos

em calcário, que foram, em média, de 10,5 e de 12,6 t ha⁻¹ de RAF P e de RAF T, respectivamente, para uma tonelada ha⁻¹ de carbonato. Para RAF P: 11,4 t ha⁻¹ no PVAd; 15,3 t ha⁻¹ no PVd; 11,1 t ha⁻¹ no NVdf; e para RAF T: 9,1 t ha⁻¹ no PVAd; 12,4 t ha⁻¹ no PVd; 10,1 t ha⁻¹ no NVdf. Estes valores indicam que os resíduos apresentaram um valor de neutralização (média dos três solos) de 7,9 % para o RAF P e de 9,5 % para o RAF T. Deve-se considerar que os solos apresentam diferentes tamponamentos da acidez e que as doses de calcário (CaCO₃ + MgCO₃) adicionadas ao solo foram superestimadas nos solos PVd e NVdf, com valores médios de pH ao final do experimento de 7,3 e 6,9, respectivamente. Embora a quantidade de resíduo aplicada para exercer algum efeito no pH, devido ao VN, a aplicação se torna viável pois pode ser uma fonte de carbono e nitrogênio ao solo, tendo como efeito a reação alcalina no solo, exercendo efeito corretivo da acidez do solo.

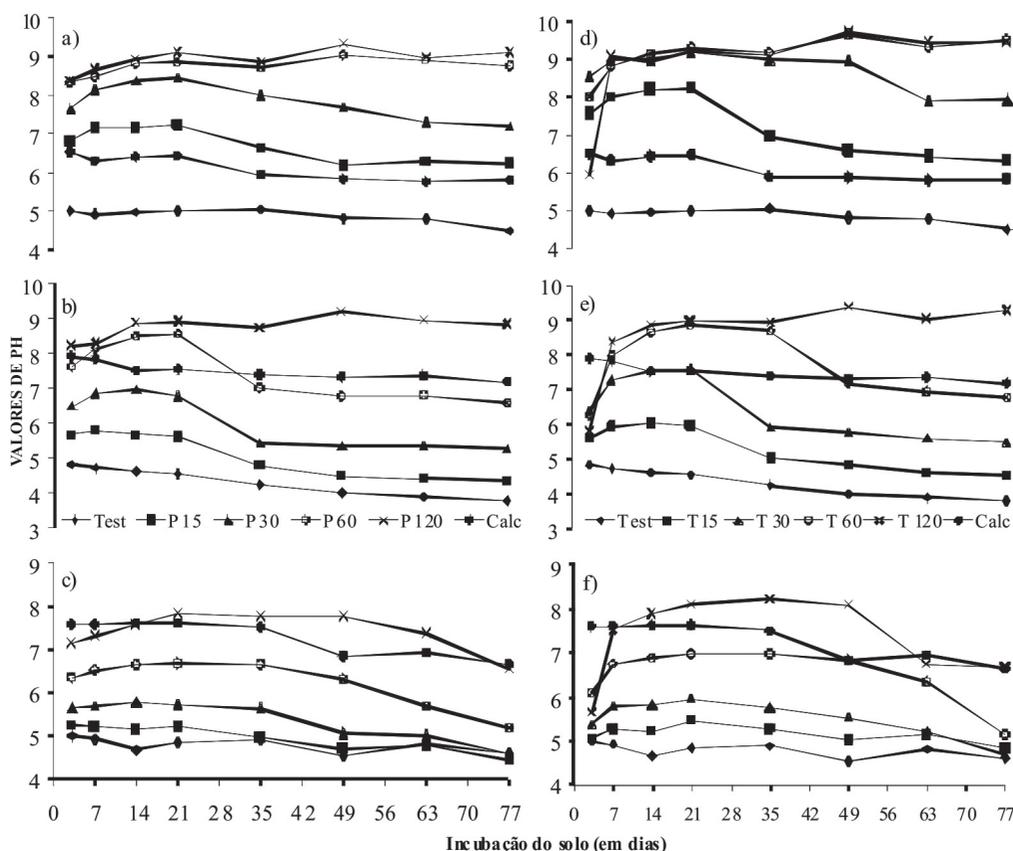


Figura 1 – Valores de pH em água (1:1) determinados após a aplicação de folhas de tabaco em pó (a, b e c) e tabaco em talos (d, e e f) nos solos Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico (a e d), Argissolo Vermelho distrófico (b e e) e Nitossolo Vermelho latossólico distrófico (c e f). Os tratamentos foram: calcário (Calc) e resíduos de tabaco nas quantidades 0 (Test), 15 (P15), 30 (P30), 60 (P60) e 120 (P120) t ha⁻¹

UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS DE AGROINDÚSTRIA FUMAGEIRA
 COMO CORRETIVO DE ACIDEZ EM DIFERENTES SOLOS

Tabela 2 – Valores finais de pH em água e acidez potencial (H + Al) determinada pelo índice SMP após aplicação de resíduos agroindustriais de fumo, folhas de tabaco em pó (RAF P) e em talos (RAF T) nos diferentes solos: Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico (PVAd), Argissolo Vermelho distrófico (PVd) e Nitossolo Vermelho latossólico distrófico (NVdf)

Tratamento	Solos							
	PVAd	PVd	NVdf	Média	PVAd	PVd	NVdf	Média
	H+Al (cmolc dm-3)				pH (1:1)			
Controle	2,03a*	5,44 a	8,17 a	5,21 a	4,8 e	4,0 e	4,7 d	4,5 d
Calcário	1,28 b	0,93 d	1,36 e	1,19 b	5,8 d	7,3 b	6,9 ab	6,7 abcd
RAF P 15	1,00 c	3,31 b	5,64 b	3,32 ab	6,3 d	4,5 e	4,7 d	5,2 cd
RAF P 30	0,73 b	1,87 c	3,74 cd	2,11 b	7,6 c	5,4 cd	5,1 cd	6,0 bcd
RAF P 60	0,58 d	1,07 d	2,15 de	1,27 b	8,9 ab	6,8 b	5,9 bcd	7,2 abc
RAF P 120	0,57 d	0,59 d	1,32 e	0,83 b	9,1 ab	8,9 a	7,4 a	8,5 a
RAF T 15	1,01 c	3,20 b	4,43 bc	2,88 ab	6,6 d	4,7 de	5,0 cd	5,4 bcd
RAF T 30	0,73 d	1,89 c	3,40 cd	2,01 b	8,4 b	5,7 c	5,3 cd	6,5 abcd
RAF T 60	0,58 d	1,04 d	2,18 de	1,27 b	9,4 a	7,4 b	6,3 abc	7,7 ab
RAF T 120	0,63 d	0,77 d	1,25 e	0,88 b	9,4 a	9,1 a	7,4 a	8,6 a

*Médias seguidas por letras iguais na coluna não diferem pelo teste de Tukey (p<0,05). Valores de equilíbrio da acidez potencial dos solos, determinados pelo índice SMP, calculados conforme a equação proposta por KAMINSKI et al. (2001).

Conclusões

Os resíduos RAF P e RAF T apresentaram uma reação alcalina nos solos, variando o valor de neutralização conforme a dose adicionada e com o poder tampão da acidez dos diferentes solos estudados.

Os resultados indicam que a aplicação de resíduos de agroindústria fumageira é uma alternativa viável para a neutralização e correção da acidez nos solos agrícolas.

Agradecimentos

À CAPES e ao CNPq pela concessão das bolsas e apoio financeiro.

Referências

BETAT, E. F.; PEREIRA, F. M.; VERNEY, J. C. K. Concretos produzidos com resíduos do beneficiamento de ágata: avaliação da resistência à compressão e do consumo de cimento. **Revista Matéria**, v. 14, n. 3, p. 1047-1060, 2009.

BORGES, M. R.; COUTINHO, E. L. M. Metais pesados do solo após aplicação de biossólido: II – Disponibilidade. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, n. 3, p. 557-568, 2004.

BOEIRA, R. C.; MAXIMILIANO, V. C. B. Mineralização de compostos nitrogenados após aplicações de lodos de esgoto em quatro cultivos de milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, n. 1, p. 207-218, 2009.

BRASIL. Ministério da Agricultura. Divisão de Pedologia. **Levantamento de reconhecimento dos solos do Rio Grande do Sul**. Recife, 1973. 431 p. (Boletim Técnico, 30).

CIPRANDI, M. A. O. **Avaliação da metodologia de determinação da acidez ativa e potencial em solos do Rio Grande do Sul**. 1993. 90 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1993.

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO – RS/SC. **Manual de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 10 ed. Porto Alegre, SBRS/NRS, 2004. 400p.

FENTON, G.; HELYAR, K. The role of the nitrogen and carbon cycle in soil acidification. **Informações Agrônomicas**, Piracicaba, n. 98, p. 1-12, 2002. (Encarte Técnico).

KAMINSKI, J. **Fatores de acidez e necessidade de calcário em solos no Estado do Rio Grande do Sul**. 1974. 96 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1974.

KAMINSKI, J.; RHEINHEIMER, D. S.; BARTZ, H. R.; GATIBONI, L. C.; BISSANI, C. A.; ESCOSTEGUY, P. A. V. Proposta de nova equação para determinação do valor de H + Al pelo uso do índice SMP em solos do RS e de SC. In: REUNIÃO ANUAL DA REDE OFICIAL DE LABORATÓRIOS DE ANÁLISE DE SOLO E DE TECIDO VEGETAL DOS ESTADOS DO RIO GRANDE DO SUL E DE SANTA CATARINA, 33., 2001, Frederico Westphalen. **Ata**. Frederico Westphalen: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Núcleo Regional Sul – ROLAS, 2001. p. 21-26.

- LAUSCHNER, M. H. **Potencial de reciclagem agrícola de resíduos de agroindústria fumageira**. 2005. 127 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.
- PEREIRA, W. C.; SILVA, D. M.; CARVALHO, J. O.; AMARAL SOBRINHO, N. M. B.; RAVELLI NETO, A.; BÔAS, R. C. V. Alternativas de utilização de resíduos sólidos alcalinos na disposição de resíduos contaminados: estudo de caso no Estado do Rio de Janeiro, Brasil. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 13, n. 2, p. 163-170, 2008.
- PÉREZ-LOMAS, A.L.; DELGADO, G.; PÁRRAGA, J.; DELGADO, R.; ALMENDROS, G.; ARANDA, V. Evolution of organic matter fractions after application of co-compost of sewage sludge with pruning waste to four Mediterranean agricultural soils. A soil microcosm experiment. **Waste Management**, Granada, v. 30, p. 1957-1965, 2010.
- SEGATTO, M. P. **Efeitos da aplicação de resíduos industriais no solo e nas plantas**. 2001. 153 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.
- STRECK, E.V.; KÄMPF, N.; DALMOLIN, R. S. D.; KLAMT, E.; NASCIMENTO, P. C.; SCHNEIDER, P. **Solos do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: EMATER/RS e Departamento de Solos da UFRGS, 2002.
- TAVARES, S. R. L.; BERNARDI, C. C. **Avaliação do crescimento de videiras irrigadas utilizando um polímero hidrorretentor de umidade em diferentes lâminas de irrigação**. Rio de Janeiro: Embrapa, 2002. 6 p. Circular Técnica, 13.
- TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C. A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S. J. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. 2. ed. Porto Alegre: Departamento de Solos da UFRGS, 1995.
- TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C. Escolha do corretivo da acidez do solo. In: KAMINSKI, J. (coord.) **Uso de corretivos da acidez do solo no plantio direto**. Pelotas: NRS/SBCS, 2000. p. 95-144. Boletim Técnico, 4.
- TEDESCO, M. J.; LAUSCHNER, M. H.; GIANELLO, C.; BORTOLON, L.; KRAY, C. H. Land disposal potential of tobacco processing residues. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 41, n. 2, p. 236-241, 2011.
- TEJADA, M. Application of different organic wastes in a soil polluted by cadmium: Effects on soil biological properties. **Geoderma**, Amsterdam, v. 153, p. 254-268, 2009.
- TUCCI, C. E. M. Águas urbanas. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 22, n. 63, p. 97-112, 2008.
- VERAS, R.L.V.; POVINELLI, J. A vermicompostagem do lodo de lagoas de tratamento de efluentes industriais consorciada com composto de lixo urbano. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 9, n. 3, p. 218-224, 2004.
- VICTORIA, R. L.; PICCOLO, M. C.; VARGAS, A. A. O ciclo do nitrogênio. In: CARDOSO, E. J. B. N.; TSAI, S. M.; NEVES, M. C. P. (coord.). **Microbiologia do Solo**. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1992. p.102-116.
- VOLKWEISS, S. J. Química da acidez do solo. In: KAMINSKI, J.; VOLKWEISS, S. J.; BECKER, F. C. (coord.) **Corretivos da acidez do solo**. Santa Maria: UFSM, 1989. p. 7-38.

Determinação do fósforo remanescente como método alternativo à textura na indicação da classe de disponibilidade de fósforo em três solos¹

Bruno Brito Lisboa², Luciano Kayser Vargas², André Dabdab Abichequer², Evelyn Penedo Dorneles²; Bianca Capitani³

Resumo – Nos estados do RS e SC, a interpretação da disponibilidade de P extraído pelo método Mehlich-1 é baseada na classe textural do solo, enquanto, em estados como MG, utiliza-se o procedimento do P remanescente. A primeira metodologia se baseia na correlação entre o teor de argila com a capacidade tampão, enquanto o método do P remanescente avalia a capacidade de adsorção de P de forma direta. O objetivo deste trabalho foi avaliar o potencial do P remanescente como alternativa ao método da argila para a interpretação da disponibilidade de P em três solos do RS (Argissolo, Latossolo e Vertissolo). Os resultados indicaram semelhança entre as metodologias; entretanto, em relação ao Latossolo, houve diferença na classe de disponibilidade entre os métodos, ocorrendo uma superestimação da disponibilidade de P pelo método da argila, comparado ao P remanescente.

Palavras-chave: teor de argila, óxidos de ferro, classe textural, óxidos de alumínio, adsorção

Determination of the remaining phosphorus as an alternative method to texture to the indication of the availability of phosphorus in three soils

Abstract – In Brazilian states of Rio Grande do Sul and Santa Catarina, the estimative of evaluable P is based on soil textural class, while in other states, such as Minas Gerais, such estimative is based on remaining P analysis. The first approach is grounded in the correlation between soil clay level and its phosphorus buffer capacity, while the remaining P method evaluates P adsorption itself. The aim of the present study was to evaluate the potential of the remaining P method as an alternative to clay level to estimate P availability in the soils from Rio Grande do Sul (Ultisol, Oxisol and Vertisol). The results indicated the similarity between both methods. However, in Oxisol, it was observed a difference in P availability class depending on the method, indicating a overestimation of available P estimated by the clay method as compared to the remaining P method.

Key words: clay level, iron oxides, textural class, aluminum oxides, adsorption

Introdução

O fósforo, apesar de muitas vezes ocorrer em quantidades consideráveis no solo, é o elemento mais restritivo à produção agrícola nos solos brasileiros, pois em função da elevada afinidade desse nutriente com óxidos de ferro e alumínio, fenômeno típico dos solos intemperizados, ocorre em baixos teores na solução do solo, ou seja, é pouco disponível às plantas (TISDALE e NELSON, 1984; ERNA-

NI, 2008). Sendo, portanto, a deficiência de P uma das maiores limitações para a obtenção de altos rendimentos em cultivos no Brasil (ABICHEQUER e BOHNEN, 1998).

Dentro do conceito fonte-dreno, a disponibilidade de P para as culturas é diminuída pela capacidade do solo em atuar como dreno. Essa capacidade é determinada pela constituição mineralógica do solo, na qual os óxidos de ferro e alumínio apresentam alta afinidade pelo ânion fosfato, originando

¹Manuscrito submetido em 04/04/2012 e aceito para publicação em 31/05/2012.

² Pesquisador da Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária (Fepagro), rua Gonçalves Dias, 570, Porto Alegre/RS, CEP 90130-060. E-mail: bruno@fepagro.rs.gov.br

³ Estagiária do laboratório de Solos da Fepagro, Rua Gonçalves Dias, 570, Porto Alegre/RS, CEP 90130-060

ligações covalentes e gerando, assim, a fração não lábil de P no solo, pouco disponível às plantas (TISDALE e NELSON, 1984; NOVAIS, 2007).

Esse fenômeno é importante para a recomendação da adubação fosfatada, pois relaciona o teor de P disponível no solo, obtido com o método químico para extração do nutriente, com a resposta das culturas à adubação fosfatada. No caso dos estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina, o método oficial é o uso do extrator ácido Mehlich-1 ($\text{HCl } 0,05 \text{ mol L}^{-1} + \text{H}_2\text{SO}_4 \text{ } 0,0125 \text{ mol L}^{-1}$) (CQFSRS/SC, 2004), o qual extrai uma fração do P do solo, sendo esta correlacionada com a quantidade absorvida pelas plantas. Entretanto, para que o método seja válido, e dessa forma seja possível realizar a recomendação de adubação utilizando classes de disponibilidade de P, é necessário relacionar a concentração de P obtida na análise com a capacidade tampão de fosfatos no solo, que atua como reserva do nutriente (ALVAREZ et al., 2000). Na recomendação oficial da Rede Oficial de Laboratórios de Análise de Solo e de Tecido Vegetal dos estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina (ROLAS), isso é feito com emprego da análise da textura do solo, havendo quatro diferentes classes de argila (CQFSRS/SC, 2004), sabendo-se que os óxidos de ferro e alumínio fazem parte da fração argila. Entretanto, a determinação da argila, além de ser muito trabalhosa e demorada, também pode sofrer variações em função de fatores como o teor de matéria orgânica do solo. Em relação à mineralogia da fração argila, os óxidos de Fe e Al apresentam maior adsorção de fosfatos que a caulinita (NOVAIS e SMYTH, 1999).

Em alguns estados brasileiros, utiliza-se há algum tempo a determinação do P remanescente (P-rem) como uma ferramenta para avaliar a capacidade de fixação de P no solo, bem como substituir a análise textural do solo na definição de classes de disponibilidade de P para realizar a recomendação da adubação fosfatada (ALVAREZ et al., 1999). Essa determinação baseia-se na análise do resíduo de uma solução contendo determinada dose de P colocada em contato com o solo, depois de um período de agitação, avaliando-se assim a capacidade de fixação de P (NOVAIS e SMYTH, 1999). O P-rem na solução depende da atuação combinada da concentração de P adicionada e do tempo de contato (ALVAREZ et al., 2001) e da capacidade de adsorção de fosfatos do solo, que, por sua vez, é dependente da quantidade de matéria orgânica, da textura e da mineralogia da fração argila (NOVAIS e SMYTH, 1999).

Esse procedimento apresenta a vantagem de ser mais rápido e simples do que a determinação do teor de argila, além de ser potencialmente mais

preciso, pois avalia diretamente o potencial de imobilização de P, enquanto o teor de argila fornece indiretamente a informação, pois nem sempre um solo pertencente, por exemplo, à classe III de textura (21 a 40 % de argila) apresentará elevados teores de óxidos, sendo esse o caso de solos pouco intemperizados encontrados na região da Campanha do RS (BRASIL, 1973). Ou então no caso de Latossolos, que em função da ação cimentante dos óxidos de Fe e Al pouco cristalizados que aglutinam argilas, podem levar à subestimação dos teores dessa fração textural nas análises de rotina, e dessa forma interferindo também na interpretação do P disponível (MITCHELL et al., 1964; SANTANA, 1973; NETTO, 1996). Eberhardt et al. (2008) estudaram a relação do P remanescente com as características mineralógicas de Latossolos do Cerrado e observaram que os óxidos de Fe e Al livres e amorfos tiveram correlações negativas com o P-rem. Da mesma forma, os teores de gibbsita, goethita e hematita apresentaram correlações negativas com o P-rem. Diferentemente, os teores de caulinita não influenciaram os valores do P-rem, mostrando a baixa participação desta na adsorção de P nos Latossolos do Cerrado. Os óxidos de Fe e Al foram os componentes mineralógicos que exerceram maior influência sobre o P-rem, demonstrando sua importância na adsorção de fósforo.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o potencial do método do P-rem como alternativa à análise textural para a interpretação das classes de disponibilidade de P, com vistas à recomendação da adubação fosfatada em três solos do Rio Grande do Sul.

Material e Métodos

Para a realização deste trabalho foram coletadas amostras de solo de classes distintas em diferentes regiões do RS: Latossolo Vermelho no município de Júlio de Castilhos (Planalto Médio), Vertissolo Ebânico no município de Hulha Negra (Campanha) e Argissolo Vermelho no município de Viamão (Depressão Central), em Centros de Pesquisa da FE-PAGRO. As amostras foram coletadas utilizando-se trado calador, na profundidade de 0-20 cm, sendo retiradas subamostras em uma área de cerca de 0,5 ha, formando amostras compostas de 1 kg, as quais foram utilizadas para as determinações de P pelo extrator de Mehlich-1, P-rem, teores de argila e óxidos de ferro.

A determinação do P-rem foi realizada utilizando o procedimento descrito por Silva (2009), no qual amostras de 7,5 cm³ de terra fina seca ao ar (TFSA) foram adicionadas em erlenmeyers de 125 mL com

75 mL de solução de CaCl_2 0,01 mol L^{-1} , contendo 60 mg L^{-1} de P, na forma de KH_2PO_4 . A solução foi agitada por 5 minutos e deixada em repouso por 16 horas. Após retirou-se uma alíquota de 0,2 mL da solução, que foi diluída com água destilada a 5 mL, e adicionou-se 5 mL do reagente de trabalho, composto por subcarbonato de bismuto e molibdato de amônio. A reação colorimétrica foi analisada pela absorbância em espectrofotômetro no comprimento de onda de 725 nm. As concentrações de P na solução foram obtidas por meio de curva de calibração.

O P extraível foi obtido pelo emprego da solução ácida de Mehlich-1 (TEDESCO et al., 1995). A determinação foi realizada por colorimetria, empregando-se molibdato de amônio em solução redutora.

A análise do teor de argila foi realizada pelo método do densímetro, após dispersão do solo com hidróxido de sódio (TEDESCO et al., 1995). A determinação dos teores de óxidos de ferro foi efetuada pelo laboratório do Centro de Pesquisas Geoquímicas da UFRGS seguindo a metodologia de Wilson (1955).

Resultados e Discussão

A determinação do teor de argila (Tabela 1) demonstrou que os solos estudados pertencem à classe III (21 – 40 % de argila). Em relação ao solo mais argiloso (Latossolo), houve uma diferença de 39 % para o Argissolo e 8 % para o Vertissolo. Por outro lado, observa-se que os resultados para P-rem para Latossolo e Vertissolo foram, respectivamente, 37 % e 29 % inferiores aos observados no Argissolo (maior teor de P-rem). Concordando com esses resultados, EBERHARDT et al. (2008) observaram correlação negativa ($r = -0,82$) entre o P-rem e o teor de argila de Latossolos do Cerrado. Já os dados de óxido de ferro nesses solos variaram numa grandeza maior, de forma que, em relação ao Latossolo (maior teor de óxido de Fe), o Argissolo e o Vertissolo apresentaram 77 % e 44 %

menos óxidos, respectivamente. Observa-se que o valor do P-rem aumentou inversamente aos teores de óxidos de ferro (Latossolo < Vertissolo < Argissolo), indicando a influência desses componentes na adsorção de P no solo. De forma semelhante, Eberhardt et al. (2008) encontraram correlação negativa entre o P-rem e os teores de óxidos de ferro e alumínio em Latossolos do Cerrado.

Em função da determinação das concentrações de P nos três solos pelo método que emprega o extrator Mehlich-1 e dos respectivos enquadramentos em classes de disponibilidade do nutriente pelos métodos da argila (CQFSRS/SC, 2004) e do P-rem (ALVAREZ, 1999), observa-se que para o Argissolo e Vertissolo, ambos ficaram classificados em “muito baixo” em relação à disponibilidade de P. Neste caso, parece que a interpretação via classe textural compensou a questão das diferenças do poder tampão de P entre os dois solos. Entretanto, em relação ao Latossolo, a disponibilidade de P ficou classificada em “baixa” pelo método da argila, enquanto pelo P remanescente, este solo ficou na classe “muito baixo”.

Esses dados mostram que pode haver diferenças entre os resultados obtidos com a aplicação dos dois métodos, sendo que no caso do Latossolo, a classificação da disponibilidade de P via teor de argila pode estar apresentando uma superestimação da disponibilidade deste nutriente, e, em decorrência disto, a recomendação da dose de adubação poderá estar sendo subestimada. Este efeito pode estar relacionado ao elevado teor de óxidos de Fe no Latossolo em relação ao seu teor de argila, diferentemente, por exemplo, do Vertissolo, embora ambos sejam pertencentes à mesma classe textural.

Conclusões

A determinação do P-rem como método para interpretar a disponibilidade de P para os três solos avaliados apresenta potencial para ser em-

Tabela 1. Determinações dos teores de argila, P remanescente (P-rem), teores de óxido de Fe, P (Mehlich-1) e classes de disponibilidade de P para três solos (para P-rem e argila)

Solo	Argila		P-rem (mg L^{-1})	P (mg L^{-1})	Óxido Fe II e III (%)	Classe	
	(%)	Classe				P reman.	Argila
Latossolo	38	III	30,7	5,7	4,80	MB ¹	B ²
Vertissolo	35	III	34,7	1,6	2,63	MB	MB
Argissolo	23	III	48,7	4,0	1,08	MB	MB

¹ MB = muito baixo. ² B=Baixo.

pregado alternativamente ao método da análise textural, com vantagens em relação à sua praticidade de realização, além de sua relação direta com o poder tampão de P no solo, podendo ainda apresentar maior sensibilidade para solos extremamente oxidados. Estudos mais aprofundados e representativos para solos do RS devem ser realizados para que o método possa ser aplicado na rotina dos laboratórios de análises dos estados do RS e SC.

Referências

- ABICHEQUER, A. D.; BOHNEN, H. Eficiência de absorção, translocação e utilização de fósforo por variedades de trigo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 22, n. 1, p. 21-26, 1998.
- ALVAREZ, V. H.; NOVAIS, R. F.; DIAS, L. E.; OLIVEIRA, J. A. Determinação e uso do fósforo remanescente. **Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 25, n. 1, p. 27-32, 2000.
- ALVAREZ V. V. H.; NOVAIS, R. F.; BARROS, N. F.; CANTARUTTI, R. B.; LOPES, A. S. Interpretação dos resultados das análises de solo. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. V. H. (Ed.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. 5. aproximação. Viçosa, MG: CFSEMG, 1999. p. 25-32.
- BRASIL. Ministério da Agricultura. Departamento Nacional de pesquisa Agropecuária. Divisão Pedológica. **Levantamento de Reconhecimento dos solos do estado do Rio Grande do Sul**. Recife, 1973. 431 p. Boletim técnico, 30.
- COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO RS/SC. **Recomendação de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. 10. ed. Porto Alegre, 2004. 400 p.
- EBERHARDT, D. N.; VENDRAME, P. R. S.; BECQUER, T.; GUIMARÃES, M. F. Influência da granulometria e da mineralogia sobre a retenção do fósforo em latossolos sob pastagens no cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 32, n. 3, p. 1009-1016, 2008.
- ERNANI, P. R. **Química do solo e disponibilidade de nutrientes**. 1. ed. Lages: O Autor, 2008. 230 p.
- NOVAIS, R. F.; SMYTH, T. J.; NUNES, F. N. VIII – Fósforo. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V. V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (Eds.). **Fertilidade do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 472-537.
- NOVAIS, R. F.; SMYTH, T. J. **Fósforo em solo e planta em condições tropicais**. Viçosa: UFV, 1999. 399 p.
- SILVA, F. C. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2. ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2009. 627 p.
- TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C. A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, J. S. **Análises de solo, plantas e outros materiais**. 2. ed. Porto Alegre: Departamento de Solos da Faculdade de Agronomia da UFRGS, 1995. 174 p. (Boletim Técnico de Solos, 5).
- TISDALE, S. L.; NELSON, W. L.; BEATON, J. D. **Soil fertility and fertilizers**. 4 ed. New York: Macmillan Publishing Company, 1985. 754 p.
- WILSON, A. D. Determination of ferrous iron in rocks and minerals. **Bulletin of Geological Survey of British Guiana**, Georgetown, v. 9, p. 56-58, 1955.

INSTRUÇÕES AOS AUTORES

APRESENTAÇÃO

A revista **Pesquisa Agropecuária Gaúcha (PAG)** é uma publicação semestral da **Fepagro** destinada à veiculação de trabalhos técnico-científicos originais resultantes de pesquisas de interesse agropecuário. A PAG aceita para publicação:

- **Artigos Científicos** inéditos, com até 15 páginas;
- **Revisões**, preferencialmente a convite da Comissão Editorial, as quais devem abordar o estado atual de conhecimento sobre um assunto particular por meio da análise e da discussão de informações já publicadas, devendo incluir comentários críticos e uma conclusão, em textos com, no máximo, 20 páginas;
- **Comunicados Técnicos**, destinados à descrição breve de inovações metodológicas, trabalhos exploratórios ou resultados iniciais, sempre com caráter inovador e rigor científico, visando a garantir a primazia na publicação de uma novidade científica, em textos com até dez páginas;
- **Relatos de Caso**, entendidos como casos veterinários que tratem de observações inéditas, pouco frequentes, diferentes ou raramente observadas, os quais poderão ter até dez páginas.

Os trabalhos encaminhados para a PAG deverão ser inéditos, de interesse agropecuário, que não tenham sido encaminhados para outras publicações. Excetuam-se trabalhos apresentados em eventos na forma de resumos, bem como resultados de dissertações, teses ou relatórios, cuja primeira divulgação deve ser indicada em nota de rodapé. Opiniões e conceitos são de inteira responsabilidade dos autores. Os consultores científicos e os editores poderão rejeitar a publicação, condicionar a publicação a correções ou sugerir modificações ao texto. Os artigos poderão ser escritos em português, espanhol ou inglês, sempre com *abstract* em inglês.

O manuscrito deverá ser encaminhado à Comissão Editorial da Fepagro, para o *e-mail* pag@fepagro.rs.gov.br. O manuscrito deverá ser enviado como arquivo anexo, digitado em formato compatível com editor de texto *Word*, em fonte *Times New Roman* 11, em tamanho A4 (21 x 29,7 cm), sem marca d'água, com espaço duplo, margens direita e esquerda de 3 cm. Para correspondência, os autores deverão informar endereço completo, inclusive telefone e *e-mail*.

Para cada artigo publicado, será enviado um exemplar da revista e uma cópia do artigo em formato *pdf* ao autor indicado para correspondência.

NORMAS PARA PUBLICAÇÃO

Para submissão de manuscrito, os autores devem consultar a versão mais recente das normas da revista, ao final do último exemplar publicado *on line*, pois as normas estão sujeitas a atualizações. Além dos padrões amplamente conhecidos para a comunicação científica, a Comissão Editorial solicita aos autores:

1. Padronizar os trabalhos usando códigos de nomenclatura reconhecidos internacionalmente. Nomes científicos e outros latinos deverão ser escritos em itálico. No resumo e *abstract*, adotar nomenclatura binomial completa. Nomes de cultivares devem ser escritos entre aspas simples, quando não estiverem precedidos da palavra cultivar.

2. Usar somente abreviações de unidades do Sistema Internacional (SI). Abreviações não-convencionais devem ser apresentadas por extenso quando aparecerem no texto pela primeira vez.

3. Separar valores de unidades de medida com um espaço (35 kg). Usar a simbologia internacional (25 kg ha⁻¹).

4. Apresentar numerais de zero a doze por extenso. Para medidas exatas, séries de quantidades e em apresentações estatísticas, os números devem ser em algarismos arábicos. Onde a fluência do texto exigir e em início de parágrafo, escrever o número por extenso.

5. Quando apropriado, usar símbolos para designar os elementos e compostos químicos, especialmente se estes forem citados mais de uma vez ao longo do texto.

6. Usar nomes comuns de princípios ativos e formulações químicas. Nomes comerciais, se usados, deverão ser identificados como tal.

7. Evitar neologismos e figuras de linguagem inadequados à comunicação científica.

8. Ordenar as partes do artigo científico da seguinte forma:

Título

Deve ser claro, breve, conciso e informar o conteúdo do trabalho. Deve ser grafado em letras minúsculas, exceto a letra inicial, em negrito, sem ponto final e centralizado. Poderá ser seguido do número um (1) para chamada de rodapé. Não deve conter nome científico, exceto de espécies biológicas pouco conhecidas; neste caso, apresentar somente o nome binário. Não deve conter abreviações, fórmulas e símbolos.

Autoria

Separados com espaço de uma linha abaixo do título, os nomes dos autores serão escritos completos, por extenso e em sequência, separados por vírgula e com numeração sobrescrita para identificar, no rodapé, a profissão, o grau de especialização, a instituição a que pertence e o endereço do autor.

Resumo

Deve ser suficientemente informativo, para que o leitor identifique o conteúdo e o interesse do trabalho. Não deverá ultrapassar 200 palavras e deverá ser escrito em um só parágrafo. Deixar espaço de duas linhas abaixo dos autores.

Palavras-Chave

Logo após o resumo, com espaço de uma linha, devem ser indicadas palavras adicionais para indexação, diferentes das que compõem o título. As palavras-chave sugeridas pelos autores poderão ser modificadas, de acordo com as indicações do THESAGRO, por meio da revisão feita pelo Serviço de Documentação e Informação da Fepagro.

Title

Versão fiel do título no idioma inglês

Abstract

Versão do Resumo, reproduzida integralmente no idioma inglês.

Key Words

Versão em inglês das Palavras-Chave.

Introdução

A palavra “Introdução” deve ser alinhada à esquerda e grafada com letras minúsculas, exceto a letra inicial, e em negrito. O item constará da justificativa para a realização do trabalho, situando a importância do tema abordado e estabelecendo sua relação com outros trabalhos, a partir de revisão atualizada da literatura, e incluirá os objetivos do trabalho.

Material e Métodos

A expressão “Material e Métodos” deve ser grafada em negrito, alinhada à esquerda, com letras minúsculas, exceto as letras iniciais. O item deve descrever a metodologia empregada no trabalho, incluindo-se o local onde foi conduzido e a descrição das análises estatísticas empregadas, evitando-se, porém, a divisão em subitens.

Deve-se evitar o uso de abreviações ou as siglas. O local de execução deverá ser escrito por extenso quando aparecer pela primeira vez.

Devem ser evitados detalhes supérfluos, descrições excessivas de técnicas de uso corrente.

Resultados e Discussão

A expressão “Resultados e Discussão” deve ser grafada em negrito, alinhada à esquerda, com letras minúsculas, exceto as letras iniciais. Esta parte do texto deverá ser redigida sem divisão em subitens, usando verbos no passado.

Os autores devem evitar o uso de abreviaturas para designar variáveis e tratamentos. O artigo não deve conter conjecturas ou afirmações que não possam ser amparadas pelos dados obtidos no próprio trabalho ou por outros trabalhos citados.

Os resultados obtidos no trabalho devem ser apresentados na forma de tabelas ou imagens, de modo que todos os dados apresentados sejam discutidos e não seja feita menção a dados não apresentados. As tabelas e figuras devem ser numeradas de forma independente, sequencial, com números arábicos, devendo ser incluídas no texto.

Tabelas: Deverão ser apresentadas abaixo de uma legenda autoexplicativa, em letras minúsculas e com negrito, sem ponto final. Abaixo das tabelas poderão constar notas explicativas em fonte tamanho oito.

Figuras: Incluem gráficos, mapas, ilustrações e fotos isoladas ou organizadas em estampas. Devem ser seguidas de legenda em negrito, em letras minúsculas, sem ponto final, concisa e explicativa. Quando indispensáveis, poderão ser aceitas fotos, eslaides e gráficos coloridos. Neste caso, será cobrada uma taxa dos autores, segundo orçamento da gráfica. Para a diagramação da revista, os autores devem submeter as imagens em arquivos separados com resolução mínima de 300 dpis após o aceite do trabalho.

Referências

Os trabalhos citados no texto serão ordenados, alfabeticamente, pelo(s) sobrenome(s) do primeiro autor, seguido da inicial do(s) prenome(s).

As citações de autores no texto deverão ser feitas da seguinte forma: (AZEVEDO, 2003); (BERLATO e FONTANA, 2003); mais de dois, (NEUMANN et al., 2008); se for citado mais de um trabalho, separam-se por ponto e vírgula (BERLATO e FONTANA, 2003; JOST et al., 2010).

Quando se fizer referência ao(s) autor(es) ao longo do texto, somente o ano ficará entre parênteses. Por exemplo, "Jost et al. (2010) registraram..."

Não serão aceitos *apuds*, como "Correa (1975) citado por Silva (1995)".

Para distinguir trabalhos diferentes de mesma autoria, será levada em conta a ordem cronológica, segundo o ano da publicação. Se em um mesmo ano houver mais de um trabalho do(s) mesmo(s) autor(es), acrescentar uma letra ao ano (p.ex., 2006a; 2006b). Separam-se os diferentes autores por ponto e vírgula (;). As referências são alinhadas à margem esquerda.

Exemplos quanto ao tipo de material a ser referenciado:

Periódicos:

HERINGER, I.; MOOJEN, E. L. Composição botânica e qualidade de uma pastagem de milho em pastejo sob doses de nitrogênio. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, v. 8, n. 1-2, p. 53-57, 2002.

Livros:

SOARES, F.; BURLAMAQUI, C. K. **Pesquisa Científica**: uma Introdução, Técnicas e Exemplos. 2. ed. São Paulo: Editora Formar, 1972. 352 p.

Capítulo de livro:

FOY, C. D. Effects of Aluminum on Plant Growth. In: CLARSON, E.W. (Ed.). **The Plant Root and its Environment**. Charlottesville: University Free of Virginia, 1977. p. 601-642.

VENDRAMIN, J. D. A Resistência de Plantas e o Manejo de Pragas. In: CROCOMO, W. B. (Ed.). **Manejo Integrado de Pragas**. Botucatu: UNESP, 1990. Cap. 9, p. 177-197.

Teses e dissertações:

LISBOA, B. B. **Parâmetros microbiológicos como indicadores de qualidade do solo em sistemas de manejo**. Porto Alegre: UFRGS, 2009. 77 p. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo. Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Boletins técnicos e outras publicações seriadas:

ANDRADE-BERTOLO, F. de O.; OTT, A. P.; FERLA, N. J. **Ácaros em Videira no Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Fepagro, 2011. 24 p. Boletim Técnico, 21.

Trabalhos publicados em anais de eventos:

ORLANDO FILHO, L.; LEME, E. J. de M. A Utilização Agrícola dos Resíduos da Agroindústria Canavieira. In: SIMPÓSIO SOBRE FERTILIZANTES NA AGRICULTURA BRASILEIRA, 2., 1984, Brasília. **Anais...** Brasília: EMBRAPA, 1984. p. 451-475.

Referências obtidas na web:

INFORMAÇÕES Climáticas: Temperaturas, Dados, Recordes e Curiosidades. Disponível em: <www.climabrasileiro.hpg.ig.com.br/dadostemp.htm>. Acesso em: 24 de setembro de 2004.

CONTATOS

Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária
Rua Gonçalves Dias, 570, 90130-060, Porto Alegre, RS
Telefones: (51) 3288-8023 e (51) 3288-8050
E-mail da revista: pag@fepagro.rs.gov.br
E-mail da editoração: editoracao@fepagro.rs.gov.br



Secretaria da Agricultura,
Pecuária e Agronegócio



FEPAGRO

Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária
Rua Gonçalves Dias, 570
Porto Alegre/RS - CEP 90130-060
Fone: (51) 3288-8000 Fax: (51) 3233-7607
fepagro@fepagro.rs.gov.br | www.fepagro.rs.gov.br