

TRATAMENTOS PRÉ-GERMINATIVOS EM SEMENTES DE *Arachis pintoi*

Arachis pintoi seeds as affect by pre-germination

Claudia Antonia Vieira Rossetto¹, Elisabete Pacheco Alves²

RESUMO

Neste Trabalho objetivou-se avaliar o efeito dos tratamentos prévios na germinação e no vigor de sementes de *Arachis pintoi* Krapov. & W. C. Greg.. O delineamento experimental adotado foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial (2 lotes x 7 tratamentos), com quatro repetições. Para isto, foram utilizados dois lotes comerciais de sementes com o pericarpo (frutos) de *Arachis pintoi*, da cv. Amarillo, que estavam armazenados por seis e 12 meses. Por lote, foram empregados os tratamentos de remoção ou não do pericarpo, de quebra do pericarpo, de exposição dos frutos íntegros ao aquecimento a 45° C por 48 e 72 horas e à hidratação por 24 e 48 horas. Posteriormente, por tratamento, foi realizada a avaliação do grau de umidade, da germinação e do vigor (primeira contagem e emergência de plântulas). A remoção do pericarpo tornou as sementes mais vulneráveis à ação dos microrganismos. O aquecimento a 45° C por 48 e 72 horas propiciou a redução das sementes não germinadas. A hidratação por 48 horas favoreceu a germinação e o vigor das sementes de *Arachis pintoi*.

Termos para indexação: Amendoim forrageiro, pericarpo, tratamento térmico, hidratação, *Arachis pintoi*.

ABSTRACT

The aim was to evaluate the effects of previous treatments in the *Arachis pintoi* Krapov. & W. C. Greg. seeds germination and vigour. A completely randomized design with four replication arranged in a factorial scheme (2 lots x 7 treatments), was used. For this, two commercial lots of seeds with intact pods of *Arachis pintoi*, cv. Amarillo, stored by six and 12 months, were used. In each lot, the treatments were employed through pod removal or not, the pod breakage and the exposition of intact pods at 45°C for 48 and 72 hours and to the hidrattation for 24 and 48 hours. Further, for treatment, it was performed the evaluation of water content, germination and vigor (first count of germination and seedling emergency). The pod removal became the seeds vulnerable to the action of microorganism. Heating at 45°C for 48 and 72 hours caused reduction of the non-germinated seeds. The hidrattation for 48 hours favored the *Arachis pintoi* seed germination and vigour.

Index terms: Forage *Arachis*, pod, termic treatment, hidrattation, *Arachis pintoi*.

(Recebido em 20 de novembro de 2006 e aprovado em 12 de junho de 2007)

INTRODUÇÃO

O *Arachis pintoi* Krapov. & W. C. Greg., conhecido como amendoim forrageiro, é originário do Brasil, do Estado da Bahia (FERGUSON et al., 1992). É uma leguminosa perene que, por apresentar grande produção de massa seca, tem sido indicada para forragem, bem como para cobertura do solo em culturas perenes e como planta ornamental (PEREIRA et al., 1996).

Esta espécie apresenta hábito indeterminado de floração e frutificação, além da característica geocárpica. Para que o desenvolvimento dos frutos ocorra, a planta desenvolve uma estrutura chamada ginóforo, após a fecundação da flor. Esta estrutura penetra no solo e, geralmente, forma apenas um fruto (vagem) que contém uma semente, sendo que raramente é encontrada alguma vagem com duas sementes (COOK & FRANKLIN, 1988).

Para Ferguson (1994), 90% dos frutos desta espécie se desenvolvem nos primeiros 10 cm de solo, sendo que 95% destes se encontram desprendidos da planta no momento de colheita.

O estabelecimento da cultura tem sido tanto por propagação vegetativa (VALENTIM et al., 2003), como por sementes com o pericarpo, ou seja, por frutos (FONSECA et al., 1996). Com estes propágulos, o estabelecimento é lento, principalmente utilizando estolões (FISHER & CRUZ, 1994), o que constitui uma séria limitação na consorciação com gramíneas ou na competição com plantas daninhas. A utilização de sementes, quando comparada à propagação vegetativa, promove maior produção de sementes (FERGUSON et al., 1994), e de massa seca (FISHER & CRUZ, 1994). No entanto, nesta espécie, as sementes apresentam altos níveis de dormência logo após a colheita,

¹Doutora, Professora Associada – Departamento de Fitotecnia/DF – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro/UFRRJ – Rodovia Antiga Rio São Paulo, Km 47 – Cx. P. 74511 – 22890-000 – cavrosse@ufrj.br – Bolsista PQ do CNPq.

²Graduanda em Agronomia – Departamento de Fitotecnia/DF – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro/UFRRJ – Rodovia Antiga Rio São Paulo, Km 47 – Cx. P. 74511 – 22890-000 – betepa@ufrj.br – Bolsista IC do CNPq.

em valores de 60 a 80 %, podendo permanecer por seis a oito meses após colheita. Além disso, em algumas sementes há perda da viabilidade após dez meses de armazenamento, por causa da deterioração (FERGUSON, 1994).

Assim, são necessários os procedimentos que propiciem o maior número possível de plantas estabelecidas a partir de sementes. De acordo com Pereira et al. (1996), a remoção do pericarpo do fruto pode aumentar a velocidade de emergência das plântulas; porém, aumenta a possibilidade de danos mecânicos às sementes o que reduziria a germinação, prejudica o armazenamento das sementes e torna as sementes mais vulneráveis à contaminação por fungos, necessitando de tratamento fungicida e, conseqüentemente, encarecendo o custo final da semente. No entanto, Ferguson (1994) relata que a exposição a 40° C por 14 dias proporcionou o mesmo efeito para frutos e sementes e, propôs que a dormência não se localiza na vagem, e sim nas sementes. Em *Arachis hypogaea* L., a exposição à temperatura de 40°C, reduzindo o teor de água, promoveu a superação de dormência, mas promoveu danos por embebição (TOOLE et al., 1964).

Dentro deste contexto, objetivou-se com este trabalho avaliar o efeito dos tratamentos pré-germinativos na germinação e no vigor de sementes de *Arachis pintoi* Krap. et Greg.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Laboratório de Análise de Sementes da UFRRJ, em 2005. Para isto, foram utilizados dois lotes comerciais de sementes com o pericarpo (frutos), da cultivar Amarillo, denominados de lote 1 e lote 2, que estavam armazenados em câmara seca (18°C de temperatura e 50% de umidade relativa do ar), por seis e 12 meses, respectivamente. Por ocasião da instalação do experimento, o lote 1 apresentava frutos com 6,6% de água e massa média de 100 frutos de 15,22g e, o lote 2 com 7,1% de água e 14,13g por 100 frutos.

O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado, em esquema fatorial (2 lotes x 7 tratamentos), com quatro repetições. Por lote, foram empregados os tratamentos de remoção manual ou não do pericarpo e de danos ao pericarpo, que consistiu em uma leve pressão manual, permitindo que os dois lados se separassem na extremidade da sutura, bem como a exposição de amostras de 25 frutos íntegros a 45° C por 48 e 72 horas e a hidratação em 25ml de água a 25° C por 24 e 48 horas.

Posteriormente, por tratamento, foi realizada a avaliação do grau de umidade, da germinação e do vigor.

Para a avaliação do grau de umidade, foram empregadas quatro repetições de 50 sementes por tratamento, com base em Brasil (1992).

O teste de germinação foi conduzido com quatro repetições de 50 frutos, utilizando como substrato, rolo de papel toalha tipo germitest, umedecido com água destilada na proporção de 2,5 vezes a massa do papel seco. Os rolos foram mantidos em germinador a temperatura de 25°C, na ausência de luz. As avaliações foram efetuadas aos cinco e 10 dias após a instalação, com base nas Regras para Análise de Sementes, para *Arachis hypogaea* (BRASIL, 1992). Foram avaliadas as porcentagens de plântulas normais e anormais (infeccionais e total), de sementes mortas (evidentemente mortas por presença de microrganismos) e de sementes não germinadas (podendo incluir as sementes duras, as embebidas e as não viáveis). Em conjunto com o teste de germinação, aos cinco dias da instalação, foi determinada a porcentagem de plântulas normais, e o comprimento (cm) e a massa seca (g) das plântulas (NAKAGAWA, 1999).

Na avaliação da emergência das plântulas foram empregadas quatro repetições de 50 frutos, em recipientes contendo areia lavada e esterilizada. O umedecimento foi feito com base em Brasil (1992). As avaliações foram realizadas diariamente após a instalação, quando foram computadas as plântulas emergidas, visando a avaliação da velocidade de emergência das plântulas, e após 21 dias, foi calculada a porcentagem de emergência.

Os dados foram submetidos à análise de variância. As médias foram comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Independente do tratamento pré-germinativo, as sementes com o pericarpo íntegro (testemunha), quando pertencentes ao lote 1, apresentavam menor porcentagem de germinação e de sementes mortas e maior porcentagem de sementes não germinadas (Tabelas 1 e 2), o que pode estar associado com o fenômeno de dormência. Já, as sementes do lote 2, apresentavam maior porcentagem de germinação e de sementes mortas e, menor porcentagem de sementes não germinadas (Tabelas 1 e 2), podendo estar relacionadas à superação das dormentes e à deterioração de outras, com o armazenamento. Pelo histórico dos lotes, o lote 1 permaneceu armazenado por seis meses e o lote 2 por 12 meses. Segundo Ferguson (1994), nesta espécie, as sementes apresentam altos níveis de dormência logo após a colheita, variando de 60 a 80%, podendo permanecer de seis a oito meses após colheita, sendo que após dez meses

Tabela 1 – Dados médios, em percentagem, de água, de germinação, de plântulas anormais (infeccionadas e total), obtidos de dois lotes (L1 e L2) de *Arachis pintoi*, submetidos aos tratamentos pré-germinativos.

Tratamentos	Teor de Água			Germinação			Plântulas anormais infeccionadas			Plântulas anormais (Total)		
	L1	L2	Médias	L1	L2	Médias	L1	L2	Médias	L1	L2	Médias
Pericarpo íntegro	6,61	7,10	6,86 b	31	62	46 ab	12	9	10 d	25	19	22 c
Pericarpo danificado	6,31	7,08	6,69 b	32	62	47 ab	6	9	8 d	21	25	23 bc
Remoção do pericarpo	6,42	7,13	6,77 b	24	57	40 b	29	17	23 a	34	20	27 ab
Hidratação/24h	36,88	39,38	38,13 a	36	66	51 a	3	0	1 e	16	6	11 d
Hidratação/48h	38,78	40,67	39,72 a	54	62	58 a	0	0	0 e	8	5	6 e
Tratamento térmico/48h	5,10	5,53	5,32 b	32	60	46 ab	6	20	13 bc	23	28	26 ab
Tratamento térmico/72h	5,17	5,39	5,28 b	28	58	43 ab	5	24	14 bc	25	31	28 a
Médias	15,0 A	16,0 A		34 B	61 A		9 A	11 A		22 A	19 A	
C.V. (%)		3,19		15,39			74,54			24,45		

Médias seguidas da mesma letra (maiúscula na linha e minúscula na coluna), não diferem entre si a 5% de probabilidade.

de armazenamento há perda da viabilidade, por causa da deterioração. Também, Cardozo et al. (1997) e Ferguson (1994) verificaram semelhantes níveis de dormência em sementes desta espécie.

Quando foi realizado o tratamento térmico a 45° C, por 48 e 72 horas, foi constatada, independente do lote, as menores porcentagens de sementes não germinadas (sementes inviáveis, embebidas e duras), embora estes valores não tenham diferido do valor apresentado pela testemunha (Tabela 2), sugerindo que este tratamento tendeu a ser favorável a superação da dormência, provavelmente, em função da desidratação promovida, como observado pelo menor teor de água das sementes submetidas a esse tratamento (Tabela 1). Além disso, foram verificados após a exposição por 48 e 72 horas, valores de porcentagem de germinação semelhantes ao da testemunha e após 72 horas, a maior porcentagem de plântulas anormais (Tabela 1). Assim, este tratamento, embora tenha sugerido redução na taxa de dormência, gerou prejuízos fisiológicos advindos do seu emprego, pois promoveu também deterioração. Constatações semelhantes foram feitas por Martin & Silva (2001), em estudo sobre dormência em Braquiária. Para os referidos autores, tratamentos capazes de reduzir a dormência podem paralelamente representar situações potencialmente promotoras da redução da qualidade fisiológica. Além disso, em relação ao vigor das sementes submetidas a exposição por 48 e 72 horas, pode-se constatar as menores porcentagens de plântulas normais na primeira contagem, bem como os menores índices de velocidade de emergência, independente do lote (Tabela 3) e, no lote 2 verificaram-se após a exposição por 72 horas, maior comprimento e massa de plântulas, do que no lote 1 (Tabela 4).

Quando foi realizada a remoção do pericarpo, foi constatada a menor porcentagem de germinação, independente do lote, provavelmente em consequência da elevada porcentagem de plântulas anormais infeccionadas (Tabela 1), embora quando comparado à testemunha, constatou-se um aumento da velocidade de germinação, avaliado pela primeira contagem de plântulas normais (Tabela 3). Estes resultados indicam que o pericarpo atua, provavelmente, como barreira, principalmente à infecção por fungos, sendo que a remoção tornou as sementes mais vulneráveis à contaminação por microrganismos, além de atuar como controlador da velocidade de hidratação e, conseqüentemente da germinação. Para Powell & Matheus (1979), a embebição não pode ser muito rápida, o que pode causar danos às membranas celulares. Em sementes de *Arachis pintoi*, Alves et al. (2005) constataram que a remoção do pericarpo

Tabela 2 – Dados médios, em porcentagem, de sementes mortas e de não germinadas, obtidos de dois lotes (L1 e L2) de *Arachis pinto*, submetidos aos tratamentos pré-germinativos.

Tratamentos	Mortas			Não germinadas		
	L1	L2	Médias	L1	L2	Médias
Pericarpo íntegro	0	2	1 a	44	17	31 bc
Pericarpo danificado	1	3	2 a	46	20	33 ab
Remoção do pericarpo	0	4	2 a	42	19	31 bc
Hidratação/24h	1	1	1 a	47	27	37 a
Hidratação/48h	2	1	1 a	36	32	34 ab
Tratamento térmico/48h	1	1	1 a	44	11	28 c
Tratamento térmico/72h	1	1	1 a	46	10	28 c
Médias	1B	2 A		43 A	19 B	
C.V. (%)	52,38			29,31		

Médias seguidas da mesma letra (maiúscula na linha e minúscula na coluna), não diferem entre si a 5% de probabilidade.

Tabela 3 – Dados médios, em porcentagem, de plântulas normais na primeira contagem e, de emergência e de índice de velocidade (I.V.E.), obtidos de dois lotes (L1 e L2) de *Arachis pinto*, submetidos aos tratamentos pré-germinativos.

Tratamentos	Primeira Contagem			I.V.E.			Emergência		
	L1	L2	Médias	L1	L2	Médias	L1	L2	Médias
Pericarpo íntegro	10	13	11 c	1,03	1,88	1,45 b	16	41	28 b
Pericarpo danificado	12	21	16 b	1,20	2,08	1,64 b	23	43	33 b
Remoção do pericarpo	10	21	15 b	1,60	1,78	1,60 b	39	36	37 b
Hidratação/24h	16	10	13 c	1,15	1,88	1,51 b	33	54	43 b
Hidratação/48h	48	35	41 a	2,90	2,38	2,64 a	70	51	60 a
Tratamento térmico/48h	1	7	4 e	0,58	1,60	1,09 c	21	56	38 b
Tratamento térmico/72h	0	10	5 e	0,60	1,65	1,13 c	17	42	29 b
Médias	14 A	15 A		1,15 B	1,89 A		31 A	46 A	
C.V. (%)	16,37			15,21			43,06		

Médias seguidas da mesma letra (maiúscula na linha e minúscula na coluna), não diferem entre si a 5% de probabilidade.

favoreceu o aumento da velocidade de embebição das sementes, principalmente, nas primeiras 10 horas, atingindo valores em torno de 30% de água, contra 20% de água nas sementes com o pericarpo. Também, Pereira et al. (1996) constataram que a remoção do pericarpo do fruto pode aumentar a velocidade de emergência das plântulas, mas torna as sementes mais vulneráveis à contaminação por fungos. Além disso, após a exposição a este tratamento

de remoção, foi verificado que, independente do lote, os valores de sementes não germinadas não variaram em relação ao valor apresentado na testemunha (Tabela 2), sugerindo não interferir no fenômeno de dormência. Para Ferguson (1994), a exposição a 40° C por 14 dias proporcionou o mesmo efeito para frutos e sementes, propondo que a dormência não se localiza na vagem, e sim nas sementes.

Após o tratamento de quebra do pericarpo, somente o valor da porcentagem de plântulas normais na primeira contagem diferiu em relação à testemunha (Tabelas 1 a 4). Alves et al. (2005) também constataram que a quebra do pericarpo favoreceu o aumento da velocidade de embebição das sementes de *Arachis pintoi*, durante toda a hidratação, porém de maneira menos considerável do que a remoção do pericarpo.

Pela Tabela 1, foi constatado que os maiores valores de germinação foram alcançados após a hidratação por 24 e 48 horas, independente do lote, provavelmente, em consequência dos elevados conteúdos de água nas sementes após estas exposições, como constatado também na Tabela 1. Estes resultados sugerem que quando estas sementes atingiram teores de água até esse determinado nível, ocorreram alguns processos preparatórios, contudo sem que tenham atingido a fase de alongamento celular e, conseqüentemente, a protrusão da raiz primária. Segundo

Carvalho & Nakagawa (2000), as sementes de leguminosas, apresentam germinação visível, somente quando atingem valores de água na faixa de 50% a 60%. Apesar disso, após a hidratação por 24 e 48 horas, foram constatadas as maiores porcentagens de sementes não germinadas, embora após 48 horas, esse valor não tenha diferido do valor apresentado na testemunha (Tabela 2). Estes resultados sugerem que esta técnica pode causar dano às sementes em função de algum processo deteriorativo, como comentado por Marcos Filho (2005). Em relação ao vigor, independentemente do lote, foi constatado maior porcentagem de plântulas normais na primeira contagem, maior porcentagem de plântulas emergidas e maior índice de velocidade de emergência, quando foi aplicado o tratamento de hidratação, por 48 horas (Tabela 3). Além disso, no lote 2 após a exposição por 24 horas foi constatado maior comprimento de plântulas, do que no lote 1 (Tabela 4).

Tabela 4 – Dados médios de comprimento/plântula (cm), e de massa/plântula (g), obtidos de dois lotes (L1 e L2) de *Arachis pintoi*, submetidos aos tratamentos pré-germinativos.

Tratamentos	Comprimento/plântula			Massa/plântula		
	L1	L2	Médias	L1	L2	Médias
Pericarpo íntegro	6,09 Ab	6,32 Ab	6,20	0,10 Aa	0,10 Aa	0,10
Pericarpo danificado	6,09 Ab	6,35 Ab	6,22	0,08 Bab	0,10 Aa	0,09
Remoção do pericarpo	6,00 Ab	6,19 Ab	6,05	0,08 Aab	0,09 Aa	0,08
Hidratação/24h	6,84 Bb	7,59 Aab	7,21	0,06 Ac	0,06 Ab	0,06
Hidratação/48h	8,28 Aa	8,22 Aa	8,3	0,08 Aab	0,08 Ab	0,08
Tratamento térmico/48h	8,46 Ba	11,38 Aa	9,92	0,10 Aa	0,10 Aa	0,10
Tratamento térmico/72h	7,04 Bb	10,72 Aa	8,88	0,07 Bab	0,09 Aa	0,08
Médias	5,83	8,11		0,08	0,08	
C.V. (%)	11,07			1,30		

Médias seguidas da mesma letra (maiúscula na linha e minúscula na coluna), não diferem entre si a 5% de probabilidade.

CONCLUSÕES

A remoção do pericarpo tornou as sementes mais vulneráveis à ação dos microrganismos.

O aquecimento a 45° C por 48 e 72 horas propiciou a redução das sementes não germinadas.

A hidratação por 48 horas favoreceu a germinação e o vigor das sementes de *Arachis pinto*.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES, E. P.; COSTA, H. L.; ROSSETTO, C. A. V. Avaliação do pericarpo durante a embebição de sementes de *Arachis pinto*. In: JORNADA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA NA UFRRJ, 16., 2005, Seropédica, RJ. **Anais...** Seropédica: Decanato de Pesquisa e Pós Graduação, 2005. CD-ROM.
- BRASIL. Ministério da Agricultura e da Reforma Agrária. **Regras para análise de sementes**. Brasília, DF: SNAD/DNPV/CLAV, 1992. 385 p.
- CARDOZO, C. L.; LOPES, Y.; FERGUSON, J. E. Caracterización fisiológica de la semilla de *Arachis pinto* Krap et Greg. Nom. Nud. en tres ambientes de almacenamiento. **Acta Agronomica**, Palmira, v. 47, n. 2, p. 9-19, 1997.
- CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência tecnologia e produção**. 4. ed. Jaboticabal: FUNEP, 2000. 588 p.
- COOK, B. G.; FRANKLIN, T. G. Crop management and seed harvesting of *Arachis pinto* Krap. et Greg. **Journal of Applied Seed Production**, New Zeland, v. 6, p. 26-30, 1988.
- FERGUSON, J. E. Seed biology and seed systems for *Arachis pinto*. In: KERRIDGE, P. C.; HARDY, B. (Eds.). **Biology and Agronomy of forage Arachis**. Cali: CIAT, 1994. cap. 11, p. 122-133.
- FERGUSON, J. E.; CARDOZO, C. I.; SÁNCHEZ, M. S. Avances y perspectivas en la producción de semilla de *Arachis pinto*. **Pasturas Tropicales**, Cali, v. 14, n. 2, p. 14-22, 1992.
- FISHER, M. J.; CRUZ, P. C. Some ecophysiological aspects of *Arachis pinto*. In: KERRIDGE, P. C.; HARDY, B. (Eds.). **Biology and Agronomy of forage Arachis**. Cali: CIAT, 1994. cap. 5, p. 53-71.
- FONSECA, L. M.; PIZARRO, E. A.; RAMOS, A. K. B.; BARCELLOS, A. O.; CARVALHO, M. A. Taxa de semeadura de *Arachis pinto* para formação de pastagem em solo de várzea. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 33., 1996, Brasília, DF. **Anais...** Brasília, DF: SBZ, 1996. p. 389-391.
- MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: FEALQ, 2005. 495 p.
- MARTIN, K.; SILVA, W. R. Comportamento de dormência em sementes de Braquiaria submetidas a tratamentos térmicos e químicos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 7, p. 987-1103, 2001.
- NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados no desempenho das plântulas. In: KRYZYKANOWSKI, F. C.; VIERA, R. D.; FRANÇA NETO, J. B. **Vigor de sementes: conceito e teste**. Londrina: Abrates, 1999. cap. 2, p. 1-21.
- PEREIRA, L. V.; ANDRADE, R. P.; KARIA, C. T. Efeitos do pericarpo e do tratamento de sementes no estabelecimento de *Arachis pinto*. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 33., 1996, Fortaleza, CE. **Anais...** Fortaleza: SBZ, 1996. p. 392-394.
- POWELL, A. A.; MATHEUS, S. The damaging effect of water on dry pea embryos during imbibition. **Journal Experimental Botany**, Oxford, v. 29, p. 1215-1229, 1979.
- TOOLE, V. K.; BAILEY, W. K.; TOOLE, E. H. Factors influencing dormancy of peanut seeds. **Plant Physiology**, Rockville, v. 39, n. 5, p. 822-832, 1964.
- VALENTIM, J. F.; ANDRADE, C. M. S.; MENDONÇA, H. A.; SALES, M. F. L. Velocidade de estabelecimento de acesso de amendoim forrageiro na Amazônia Ocidental. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 32, n. 6, p. 1-12, 2003.