

TEMPO PARA A ABSORÇÃO DE HERBICIDAS EM *Senna obtusifolia* SOB INTERVALOS DE CHUVA.

SOUZA, G.S.F.¹; MARTINS, D.²; PEREIRA, M.R.R.³; CAMPOS, C.F.⁴; SOLDERA, F.G.⁵; BAGATTA, M.V.B.⁶

¹Faculdade de Ciências Agrônômicas/UNESP, (14) 3811-7161, guilhermesasso@fca.unesp.br

²Faculdade de Ciências Agrônômicas/UNESP, (14) 3811-7161, dmartins@fca.unesp.br

³Faculdade de Ciências Agrônômicas/UNESP, (14) 3811-7161, mariarenata10@hotmail.com

⁴Faculdade de Ciências Agrônômicas/UNESP, (14) 3811-7161, caio.agro@hotmail.com

⁵Faculdade de Ciências Agrônômicas/UNESP, (14) 3811-7161, frederico_soldera@hotmail.com

⁶Faculdade de Ciências Agrônômicas/UNESP, (14) 3811-7161, bagatto_@hotmail.com

Resumo

O objetivo deste trabalho foi o de avaliar o tempo de absorção de diversos herbicidas em diferentes intervalos de chuva em *Senna obtusifolia*. A semeadura foi realizada em vasos plásticos com capacidade de 2,5 L e, após a emergência, as plântulas foram desbastadas e manteve-se apenas uma planta por vaso. Os tratamentos estudados foram: glyphosate em cinco formulações (Original, WG, Transorb, Transorb R e Ultra) a 1.080 g e.a. ha⁻¹, amônio-glufosinate a 400 g i.a. ha⁻¹ e 2,4-D a 1.000 g e.a. ha⁻¹ e, a simulação de chuva de 20 mm, foi realizada em oito intervalos de tempo após a aplicação dos herbicidas (15', 30', 1h, 2h, 4h, 6h, 8h e sem chuva). As avaliações visuais de controle das plantas foram realizadas aos 3, 7, 14, 21 e 28 dias após a aplicação (DAA) e, ao final do período de avaliação visual determinou-se a massa seca das plantas. A ocorrência de chuvas após 15 minutos da aplicação do herbicida glyphosate nas formulações Roundup Transorb, Roundup Transorb R e Roundup Ultra não afetou a eficiência de controle destas formulações. Já, para as formulações de glyphosate, Roundup Original e Roundup WG, e para o herbicida 2,4-D foi necessário um período de 30 minutos sem chuva para que proporcionassem um controle eficiente da planta daninha e, o controle proporcionado pelo herbicida amônio-glufosinate mostrou-se consistente apenas quando da ocorrência de chuva após 8 horas de sua aplicação. Observou-se, ainda, uma redução no acúmulo de massa seca a medida em que o período sem chuva aumenta para todos os tratamentos estudados.

Palavras-Chave: glyphosate, fedegoso, 2,4-D,

Abstract

The objective of this study was to evaluate the time of absorption of various herbicides at different intervals of rainfall in *Senna obtusifolia*. Seeds were sown in plastic pots with a capacity of 2.5 L and, after emergence, seedlings were thinned out and kept only one plant per pot. The treatments consisted of glyphosate in five formulations (Original, WG, Transorb, Transorb R and Ultra) to 1080 g a.e. ha⁻¹, glufosinate-ammonium at 400 g a.i. ha⁻¹ and 2,4-D at 1000 g a.e. ha⁻¹, and the rainfall simulation of 20 mm was conducted in eight intervals of time after herbicide application (15', 30', 1h, 2h, 4h, 6h, 8h and no rain). The visual assessments of control were taken at 3, 7, 14, 21 and 28 days after application (DAA) and at the end of the visual assessment determined the dry mass of plants. The occurrence of rain after 15 minutes of application of glyphosate formulations Roundup Transorb, Roundup Transorb R and Roundup Ultra did not affect the control efficiency of these formulations. As for the formulations of glyphosate, Roundup Original and Roundup WG, and the herbicide 2,4-D took a 30 minute period without rain, which would provide for an efficient control of the weed and control provided by the herbicide glufosinate-ammonium were consistent only when the occurrence of rain after 8 hours of your application.

Key Words: glyphosate, 2,4-D, rainfall

Introdução

As plantas daninhas são um dos mais importantes fatores que afetam a economia agrícola em caráter permanente, pois além da sua presença nas culturas ocasionar prejuízos fitotécnicos, o seu controle ainda acarreta despesas que oneram consideravelmente o custeio da cultura. Dentre essas espécies que comumente ocorrem nas culturas agrícolas no Brasil pode-se destacar como causadora de problema a *Senna obtusifolia* (L.) Irwin & Barneby ou popularmente conhecida como Fedegoso.

S. obtusifolia (Fedegoso) tem uma ampla dispersão por regiões tropicais e subtropicais no mundo. Provavelmente, nativa no continente Americano, no qual apresenta ampla

distribuição, inclusive no Brasil, podendo ser encontrada em todas as regiões. Como planta infestante ocorre em áreas de pastagens naturais ou em áreas onde foram transformadas em lavouras, sendo que atualmente a sua presença é mais intensa na região Centro-Oeste (Kissman e Groth, 1999). No Brasil, a soja é a única cultura em que esta planta daninha tem grande importância econômica, exatamente pela seleção promovida pelos herbicidas (Pitelli, 1992). Como exemplo tem-se o trabalho de Bozsa et al. (1989), que observaram perdas de 30% na produção da soja pela interferência de 3,3 plantas de fedegoso por metro próximo ao sulco de semeadura da soja.

Para um eficiente controle dessa espécie e redução dos custos de produção, o uso de herbicidas consiste-se em uma opção de manejo, principalmente para a dessecação no sistema de plantio direto, como glyphosate, amônio-glufosinate e 2-4 D que não são seletivos e apresentam ação sistêmica.

A eficácia desses herbicidas está estreitamente relacionada à magnitude do processo de absorção, tanto para aqueles que possuam ação local (tópica) quanto para os que se translocam (sistêmicos) e exercem sua ação fitotóxica em sítios específicos distantes do ponto de absorção (Durigan, 1993). No entanto, após atingir o alvo o herbicida está sujeito a vários destinos: escorrer, ser lixiviado por ocorrência de chuva, secar e formar substância amorfa, cristalizar após a evaporação do solvente, ou, ainda, penetrar na cutícula e permanecer retido nela, não sendo translocado (Werlang et al., 2003).

O efeito da chuva após aplicação dos herbicidas pode ser comprometedor para o desempenho dos mesmos, assim como a intensidade e a quantidade destas, além do tipo de formulação dos herbicidas (Anderson e Arnold, 1984). Portanto, o objetivo deste trabalho foi o de avaliar o tempo de absorção de diversos herbicidas no controle de *S. obtusifolia* em função de diferentes intervalos sem chuva.

Material e métodos

O experimento foi conduzido em condições de Casa-de-Vegetação, no Núcleo de Pesquisas Avançadas em Matologia (NUPAM), pertencente ao Departamento de Produção Vegetal, setor Agricultura, da Faculdade de Ciências Agrônomicas/ UNESP, Campus de Botucatu/SP.

A semeadura foi realizada em vasos plásticos com capacidade de 2,5 L. O solo foi adubado com a formulação 04-14-08 de N-P-K e corrigido com calcário de acordo com a análise do solo. Após a emergência as plântulas foram desbastadas onde se manteve apenas uma planta por vaso.

Foram estudados 8 intervalos de tempo para simulação de uma chuva de 20 mm (15', 30', 1h, 2h, 4h, 6h, 8h e sem chuva) após a aplicação dos herbicidas glyphosate nas formulações Sal de Isopropilamina de Glifosato (Roundup Original), Sal de Amônio de Glifosato (Roundup Transorb), Sal de Isopropilamina de Glifosato (Roundup Transorb R) e Sal de Amônio de Glifosato (Roundup Ultra) na dose de 1.080 g e.a. ha⁻¹, amônio-glufosinate (Finale) a 400 g i.a. ha⁻¹ e 2,4-D (DMA 806) a 1.000 g e.a. ha⁻¹.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado com quatro repetições, sendo que os tratamentos foram dispostos em um esquema fatorial 7x8 (sete tratamentos químicos e oito intervalos de chuva).

Os herbicidas foram aplicados em pós-emergência, quando as plantas atingiram de 15 a 20 cm de altura, através de um pulverizador costal, pressurizado a CO₂, equipado com uma barra de pulverização com duas pontas jato plano "Teejet" XR 11002VS, distanciados 50 cm entre si, com pressão de trabalho de 200 kPa, para um consumo de calda de 200 L ha⁻¹. A simulação de chuva foi realizada após a aplicação dos herbicidas nos tempos estipulados e através de um pulverizador estacionário.

As avaliações visuais de controle das plantas foram realizadas aos 7, 14 e 28 dias após a aplicação (DAA), através de uma escala percentual de notas, no qual 0 (zero) corresponde a nenhuma injúria demonstrada e 100 (cem) à morte das plantas, proposta pela Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas (1995). Ao final do período de avaliação de cada espécie determinou-se a massa seca das plantas, utilizou-se uma estufa de ventilação forçada de ar a 65°C por 72 h e posterior pesagem.

Os parâmetros utilizados para o estabelecimento das notas visuais de controle foram: acúmulo de biomassa, inibição do crescimento, quantidade e uniformidade das injúrias e capacidade de rebrota das plantas.

Os resultados foram submetidos à análise de variância pelo Teste "F" e as médias dos tratamentos comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Resultados e discussão

Os resultados da avaliação visual de controle das plantas de *S. obtusifolia* realizada aos 7 DAA dos tratamentos químicos estão apresentados na Tabela 1. Observa-se que apenas o glyphosate na formulação Roundup WG e o amônio-glufosinate apresentaram controle considerado satisfatório da planta daninha, acima de 80% de controle. Ressalta-se que o melhor controle observado em alguns tratamentos que receberam chuva após 4, 6 ou 8 horas, em comparação ao tratamento sem chuva, pode ser devido talvez a uma redistribuição do produto na parte aérea ou devido a alguma absorção radicular, ou ambos. Verifica-se, ainda, que a maioria dos produtos a base de glyphosate foram influenciados pelos diferentes períodos de simulação de chuva, pois apresentaram maiores porcentagens de controle quando o produto ficou mais tempo em contato com a planta sem a aplicação da chuva, com exceção do Roundup Transorb R e Roundup Ultra, ao contrário dos demais herbicidas que não foram influenciados.

Tabela 1. Porcentagem de controle de *Senna obtusifolia* aos 7 dias após a aplicação de diferentes herbicidas e formulações, sob diferentes intervalos de tempo sem chuva. Botucatu/SP, 2009.

TRATAMENTO	PERÍODO SEM CHUVA							
	15 minutos	30 minutos	1 hora	2 horas	4 horas	6 horas	8 horas	Sem chuva
1. glyphosate ¹ (3,0 L p.c. ha ⁻¹)	11,0 Bc	20,0 Bbc	21,3 Bbc	11,0 Bc	18,5Bbc	47,0 ABabc	57,3 ABCab	63,0ABa
2. glyphosate ² (1,5 L p.c. ha ⁻¹)	22,5 ABb	26,8 ABb	32,8 ABb	35,0 Bb	50,0ABab	82,5 Aa	81,3 ABa	83,0Aa
3. glyphosate ³ (2,25 L p.c. ha ⁻¹)	34,3 ABb	22,8 ABb	36,8 ABab	25,5 Bb	33,3Bb	37,5 Bab	47,3 BCab	77,8Aa
4. glyphosate ⁴ (2,25 L p.c. ha ⁻¹)	24,0 ABb	41,5 ABab	26,5 ABab	35,0 Bab	55,8ABab	65,8 ABa	54,0 ABCab	36,3BCab
5. glyphosate ⁵ (1,66 L p.c. ha ⁻¹)	24,8 ABb	12,8 Bb	47,3 ABab	47,0 ABab	43,5Bab	46,0 ABab	66,3 ABCa	15,0Cb
6. amônio-glufosinate ⁶ (2,0 L p.c. ha ⁻¹)	58,0 Aa	61,3 Aa	64,0 Aa	78,3 Aa	88,3Aa	83,0 Aa	91,5 Aa	81,3Aa
7. 2,4-D ⁷ (1,5 L p.c. ha ⁻¹)	9,5 Ba	12,8 Ba	25,0 ABa	28,5 Ba	28,0Ba	36,3 Ba	30,0 Ca	28,0BCa
F Herbicidas (H)					24,584**			
F Período (P)					13,801**			
F Herbicida X Período					1,884**			
C.V. (%)					43,9			
d.m.s. H					40,04			
d.m.s. P					41,18			

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (p>0,05).

** significativo a 1% de probabilidade.

¹ Roundup Original; ² Roundup WG; ³ Roundup Transorb; ⁴ Roundup Transorb R; ⁵ Roundup Ultra;

⁶ Finale; ⁷ DMA 806.

Na Tabela 2 estão apresentadas as porcentagens de controle avaliadas aos 14 DAA dos tratamentos. Nota-se que quando da ausência da simulação de chuva todos os tratamentos estudados apresentaram controle de satisfatório a excelente das plantas, estando sempre acima de 70%. Já, para a simulação de chuva mais próxima da aplicação dos herbicidas, aos 15 minutos, apenas o glyphosate nas formulações Transorb e Ultra proporcionaram controle considerado satisfatório a bom das plantas, com exceção do 2,4-D. Registra-se que após 1 hora sem chuva os demais tratamentos apresentaram controle das plantas de *S. obtusifolia* que variou de bom a excelente.

Observa-se que, a simulação de chuva em diferentes períodos de tempo dentro de cada tratamento afetou de forma mais intensa as formulações de glyphosate Original e WG, e o 2,4-D, os quais controlaram as plantas de maneira mais eficiente com maiores intervalos de tempo para a simulação da chuva. Ressalta-se que, ainda, observa-se controles inferiores quando da ausência de chuva para algumas formulações de glyphosate, como observado nas avaliações anteriores.

Na última avaliação visual de controle realizada nesta espécie aos 28 DAA (Tabela 3), foi possível notar que o amônio-glufosinate apresentou respostas teoricamente inconsistentes entre os períodos de 15 minutos e 6 horas, sendo que as parcelas que receberam chuva 8 horas após a aplicação e as que não receberam chuva apresentaram um controle total das

plantas de fedegoso. Para o 2,4-D, com exceção do período de 15 minutos sem chuva, os demais tempos não influenciaram negativamente o seu controle.

Quanto às formulações de glyphosate, nota-se que o Roundup Original e WG atingiram o máximo do controle das plantas de fedegoso apenas a partir de 6 horas sem chuva após sua aplicação; o Roundup Transorb e Roundup Transorb R apenas com 15 minutos e, o Roundup Ultra 30 minutos após sua aplicação.

Tabela 2. Porcentagem de controle de *Senna obtusifolia* aos 14 dias após a aplicação de diferentes herbicidas e formulações, sob diferentes intervalos de tempo sem chuva. Botucatu/SP, 2009.

TRATAMENTO	PERÍODO SEM CHUVA							
	15 minutos	30 minutos	1 hora	2 horas	4 horas	6 horas	8 horas	Sem chuva
1. glyphosate ¹ (3,0 L p.c. ha ⁻¹)	55,8 ABCbc	50,0 Ac	83,8 Aabc	85,0 Aabc	89,5 Aabc	100,0 Aa	97,0 Aa	94,3 Aab
2. glyphosate ² (1,5 L p.c. ha ⁻¹)	43,5 BCb	75,0 Aab	76,0 Aab	78,8 Aab	80,3 Aab	92,5 ABa	92,3 Aa	99,3 Aa
3. glyphosate ³ (2,25 L p.c. ha ⁻¹)	85,5 Aa	84,0 Aa	97,0 Aa	99,3 Aa	91,8 Aa	94,3 ABa	90,5 Aa	100,0 Aa
4. glyphosate ⁴ (2,25 L p.c. ha ⁻¹)	59,8 ABCa	77,0 Aa	95,0 Aa	81,3 Aa	98,0 Aa	95,3 ABa	98,8 Aa	79,5 Aa
5. glyphosate ⁵ (1,66 L p.c. ha ⁻¹)	74,8 ABa	61,8 Aa	99,5 Aa	95,0 Aa	87,0 Aa	89,8 ABa	99,5 Aa	84,8 Aa
6. amônio-glufosinate ⁶ (2,0 L p.c. ha ⁻¹)	70,3 ABa	76,8 Aa	76,5 Aa	93,8 Aa	84,8 Aa	70,8 ABa	94,0 Aa	99,3 Aa
7. 2,4-D ⁷ (1,5 L p.c. ha ⁻¹)	24,8 Cb	52,5 Aab	61,0 Aab	64,8 Aa	66,3 Aa	58,8 Bab	62,0 Aab	73,0 Aa
F Herbicidas (H)				11,615**				
F Período (P)				10,540**				
F Herbicida X Período				0,980 ^{ns}				
C.V. (%)				22,6				
d.m.s. H				38,70				
d.m.s. P				39,80				

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (p>0,05).

** significativo a 1% de probabilidade.

^{ns} não significativo.

¹ Roundup Original; ² Roundup WG; ³ Roundup Transorb; ⁴ Roundup Transorb R; ⁵ Roundup Ultra;

⁶ Finale; ⁷ DMA 806.

Tabela 3. Porcentagem de controle de *Senna obtusifolia* aos 28 dias após a aplicação de diferentes herbicidas e formulações, sob diferentes intervalos de tempo sem chuva. Botucatu/SP, 2009.

TRATAMENTO	PERÍODO SEM CHUVA							
	15 minutos	30 minutos	1 hora	2 horas	4 horas	6 horas	8 horas	Sem chuva
1. glyphosate ¹ (3,0 L p.c. ha ⁻¹)	90,3 Aa	97,3 Aa	99,0 Aa	91,5 ABa	93,3 Aa	100,0 Aa	100,0 Aa	100,0 Aa
2. glyphosate ² (1,5 L p.c. ha ⁻¹)	86,8 Aa	98,8 Aa	99,0 Aa	96,3 ABa	97,5 Aa	100,0 Aa	99,8 Aa	100,0 Aa
3. glyphosate ³ (2,25 L p.c. ha ⁻¹)	99,8 Aa	99,8 Aa	100,0 Aa	100,0 Aa	100,0 Aa	100,0 Aa	99,8 Aa	100,0 Aa
4. glyphosate ⁴ (2,25 L p.c. ha ⁻¹)	99,0 Aa	98,5 Aa	100,0 Aa	99,8 Aa	100,0 Aa	100,0 Aa	100,0 Aa	100,0 Aa
5. glyphosate ⁵ (1,66 L p.c. ha ⁻¹)	95,0 Aa	99,3 Aa	100,0 Aa	100,0 Aa	100,0 Aa	99,3 Aa	100,0 Aa	100,0 Aa
6. amônio-glufosinate ⁶ (2,0 L p.c. ha ⁻¹)	98,4 Aa	80,0 Bbc	77,0 Bbc	83,0 Babc	67,5 Bc	50,3 Bd	91,3 Aab	100,0 Aa
7. 2,4-D ⁷ (1,5 L p.c. ha ⁻¹)	49,5 Bb	91,5 ABa	88,8 ABa	99,8 ABa	98,0 Aa	97,5 Aa	98,5 Aa	96,5 Aa
F Herbicidas (H)				25,268**				
F Período (P)				5,447**				
F Herbicida X Período				5,468**				
C.V. (%)				8,3				
d.m.s. H				16,63				
d.m.s. P				17,10				

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (p>0,05).

** significativo a 1% de probabilidade.

¹ Roundup Original; ² Roundup WG; ³ Roundup Transorb; ⁴ Roundup Transorb R; ⁵ Roundup Ultra;

⁶ Finale; ⁷ DMA 806.

As massas secas das plantas obtidas após a última avaliação visual de controle estão apresentadas na Tabela 4. Independente de não haver diferenças estatísticas para a maioria dos herbicidas e formulações testadas e períodos sem chuva avaliados, nota-se uma redução no acúmulo de massa seca a medida que o período sem chuva aumentou. Ressalta-se que as plantas inicialmente utilizadas no estudo apresentavam-se uniformes e após a aplicação dos diferentes herbicidas e formulações, estas independente do tratamento testado acumularam pouca massa seca e de forma semelhante.

Tabela 4. Massa seca de plantas (g) de *Senna obtusifolia* aos 28 dias após a aplicação de diferentes herbicidas e formulações, sob diferentes intervalos de tempo sem chuva. Botucatu/SP, 2009.

TRATAMENTO	PERÍODO SEM CHUVA							
	15 minutos	30 minutos	1 hora	2 horas	4 horas	6 horas	8 horas	Sem chuva
1. glyphosate ¹ (3,0 L p.c. ha ⁻¹)	0,16 BCa	0,13 Aa	0,09 ABa	0,18 ABa	0,17 Aa	0,10 Aa	0,06 Aa	0,06 Aa
2. glyphosate ² (1,5 L p.c. ha ⁻¹)	0,28 BCab	0,10 Aab	0,10 ABab	0,33 Aa	0,09 Aab	0,07 Aab	0,06 Ab	0,07 Aab
3. glyphosate ³ (2,25 L p.c. ha ⁻¹)	0,09 BCa	0,11 Aa	0,06 Ba	0,07 Ba	0,08 Aa	0,08 Aa	0,10 Aa	0,06 Aa
4. glyphosate ⁴ (2,25 L p.c. ha ⁻¹)	0,11 BCa	0,15 Aa	0,09 ABa	0,07 Ba	0,07 Aa	0,08 Aa	0,09 Aa	0,08 Aa
5. glyphosate ⁵ (1,66 L p.c. ha ⁻¹)	0,32 Ba	0,14 Aab	0,09 ABab	0,12 ABab	0,06 Ab	0,14 Aab	0,08 Aab	0,18 Aab
6. amônio-glufosinate ⁶ (2,0 L p.c. ha ⁻¹)	0,06 Ca	0,14 Aa	0,07 ABa	0,06 Ba	0,14 Aa	0,27 Aa	0,08 Aa	0,05 Aa
7. 2,4-D ⁷ (1,5 L p.c. ha ⁻¹)	0,89 Aa	0,33 Abc	0,32 Abc	0,37 Ab	0,25 Abc	0,17 Abc	0,10 Abc	0,22 Ac
F Herbicidas (H)				19,835**				
F Período (P)				11,071**				
F Herbicida X Período				1,946**				
C.V. (%)				83,0				
d.m.s. H				0,25				
d.m.s. P				0,26				

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (p>0,05).

** significativo a 1% de probabilidade.

¹ Roundup Original; ² Roundup WG; ³ Roundup Transorb; ⁴ Roundup Transorb R; ⁵ Roundup Ultra;

⁶ Finale; ⁷ DMA 806.

Literatura citada

ANDERSON, M. D.; ARNOLD, W. E. Weed control in sunflowers (*Helianthus annuus*) with desmediphan and phenmediphan. **Weed Science**, v. 32, p. 310-314, 1984.

BOZSA, R.C.; OLIVER, L.R.; DRIVER, T.L. Intraespecific and interespecific sicklepod (*Cassia obtusifolia*) interference. **Weed Science**, Champaign, v.37, p.670-673, 1989.

DURIGAN, J.C. **Efeitos de adjuvantes na aplicação e eficácia dos herbicidas**. Jaboticabal: FUNEP, 1993. 42p. (Boletim Científico).

KISSMANN, K. G.; GROTH, G. **Plantas infestantes e nocivas**. 2. ed. São Paulo: BASF, 1999. 978 p.

PITELLI, R.A. Weed-soybean interference studies in Brazil. In: COOPING, L.G.; GREEN, M.B.; REES, R.T. (Ed.). **Pest management in soybean**. London: Elsevier Science, 1992, p.282-289.

SOCIEDADE BRASILEIRA DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS. **Procedimentos para instalação, avaliação e análise de experimentos com herbicidas**. Londrina: SBCPD, 1995. 42 p.

WERLANG, R. C. et al. Efeitos da chuva na eficiência de formulações e doses de glyphosate no controle de *Brachiaria decumbens*. **Planta Daninha**, v.21, n. 1, p. 121-130, 2003.