

PARTICIPAÇÃO DO NITROGÊNIO NA INDUÇÃO DE INJÚRIAS FOLIARES E NA EFICÁCIA DO HERBICIDA GLYPHOSATE

CARVALHO, S.J.P.¹; TAROZZO FILHO, H.²; DIAS, A.C.R.³; NICOLAI, M.⁴; CHRISTOFFOLETI, P.J.³

¹Instituto Federal do Sul de Minas Gerais, Campus Machado, saul@eafmachado.gov.br; ²Syngenta Proteção de Cultivos, heryaldo@hotmail.com; ³ESALQ / USP, anacarolina.r.dias@gmail.com, pjchrist@esalq.usp.br; ⁴Agrocon Assessoria Agronômica, mnicolai2009@gmail.com

Resumo

Atualmente, os sistemas conservacionistas de manejo do solo são uma realidade agrícola em evidente expansão. Nestes sistemas, o uso de herbicidas é mandatório, de forma que tecnologias devem ser desenvolvidas visando a correta recomendação de doses, número de intervenções e redução na interferência dos herbicidas no manejo nutricional das lavouras. Assim sendo, dois experimentos foram desenvolvidos com o objetivo de avaliar aspectos da participação do nitrogênio na indução de injúrias foliares e na eficácia do herbicida glyphosate, um em casa-de-vegetação e outro em campo. A pulverização de caldas concentradas em até 20% de nitrogênio não dessecou adequadamente as espécies vegetais, provocando danos máximos de cerca de 30%. A escolha da dose correta de glyphosate para dessecação de *Brachiaria decumbens* foi fundamental para obtenção de elevado controle, sendo que a única alternativa que elevou a eficácia da menor dose do produto foi a fertilização prévia do solo com sulfato de amônio.

Palavras-chave: *Ipomoea triloba*, *Sorghum halepense*, plantio direto, dessecação.

Abstract

Currently, conservation systems of soil management are an agricultural reality in evident expansion. In these systems, herbicide application is mandatory, therefore new technologies must be developed aiming to provide correct recommendations of herbicide rate, number of interventions and reduction on herbicide interference on crop nutritional management. For that, two experiments were developed with the objective of evaluating aspects of nitrogen participation on the induction of leaf injuries and on glyphosate efficacy, one inside greenhouse and other at field conditions. Application of nitrogen concentrated spray solutions, up to 20% of N, did not provide satisfactory species desiccation, promoting maximum damages of about 30%. The correct choice of glyphosate rate for *B. decumbens* desiccation was fundamental for reaching high control, and the only alternative that enhanced the efficacy of the lower glyphosate rate was the previous soil fertilization with ammonium sulfate.

Keywords: *Ipomoea triloba*, *Sorghum halepense*, no-tillage, desiccation

Introdução

Considerando-se a importância do glyphosate nos sistemas de plantio direto e para a agricultura mundial, estudos têm sido desenvolvidos com o objetivo de avaliar a contribuição de diferentes variáveis em sua eficácia, podendo-se destacar: dose, volume de calda, qualidade da água utilizada como veículo de pulverização, estágio fenológico das plantas daninhas e atividade de adjuvantes.

Mais recentemente, além da possibilidade de reduzir doses e número de intervenções com herbicidas, outra questão tem sido considerada no manejo de coberturas e plantas daninhas no sistema de plantio direto, relacionada com a interferência dos herbicidas dessecantes na ciclagem e nas perdas de nitrogênio do ambiente agrícola (Argenta et al., 2001; Damin, 2009). A redução na disponibilidade de nitrogênio pode ter implicações práticas inclusive em futuras etapas do controle químico, uma vez que há evidências que plantas com maior disponibilidade deste nutriente são controladas mais facilmente (Dickson et al., 1990; Cathcart et al., 2004).

Para minimizar os efeitos negativos do uso de dessecantes, alternativas têm sido apresentadas, dentre elas o uso de caldas concentradas em nitrogênio para dessecação de plantas daninhas e da cobertura vegetal. Tal alternativa não inclui a aplicação de herbicidas e o nitrogênio empregado para a dessecação pode ser aproveitado pela cultura de interesse. Sabidamente, elevadas concentrações foliares de amônio podem provocar danos às estruturas das plantas (Devine et al., 1993; Hopkins, 1995), contudo não foram encontrados trabalhos científicos que justifiquem a aplicação de nitrogênio com esta finalidade. Desta forma, este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de avaliar aspectos da participação do nitrogênio na indução de injúrias foliares e na eficácia do herbicida glyphosate.

Material e Métodos

Dois experimentos foram desenvolvidos no município de Piracicaba – SP (22° 42' 30" latitude sul, 47° 38' 00" longitude oeste e 546 m de altitude), sendo um em casa-de-vegetação e outro em campo. Para a condição de casa-de-vegetação, os experimentos foram instalados em blocos ao acaso, em que cada parcela constou de um vaso com capacidade para 0,5 L, preenchido com mistura de substrato comercial e vermiculita, na proporção de 2:1, devidamente fertilizado com 200 mg de N, P₂O₅ e K₂O.

O experimento em casa-de-vegetação foi desenvolvido entre maio e agosto de 2008, com o objetivo de comparar o efeito tóxico de caldas concentradas em nitrogênio aos herbicidas comumente recomendados para a condição de dessecação. Para tanto, a aveia preta (*Avena strigosa*) foi utilizada como bioindicador, mantendo-se densidade uniforme de duas plantas por vaso. Por ocasião da aplicação dos tratamentos, constatou-se estágio fenológico de 3-4 folhas e 2-3 perfilhos. Neste experimento, foram utilizados sete tratamentos com cinco repetições, sendo estes: glyphosate a 1440 g ha⁻¹ (Roundup Original[®]), paraquat a 400 g ha⁻¹ (Gramoxone 200[®]), glufosinato de amônio a 200 g ha⁻¹ (Finale[®]), caldas concentradas com 10, 15 e 20% de nitrogênio, além da testemunha sem aplicação.

O segundo experimento foi desenvolvido em área do Departamento de Produção Vegetal da Esalq/USP, entre março e abril de 2009, com o objetivo de avaliar as diferentes formas de participação do nitrogênio na indução de danos foliares e eficácia do glyphosate. O trabalho foi instalado em área de aterro com cerca de 2,5 m de altura, relevo plano, solo de textura média-argilosa, pH 4,5, com 2,1% de matéria orgânica e 39% de saturação por bases. Constatou-se densa infestação de capim-braquiária (*Brachiaria decumbens*), considerada como espécie dominante (96%), cuja densidade foi estimada em 180 perfilhos m⁻². Em campo, também foi utilizado delineamento de blocos ao acaso, com seis tratamentos e seis repetições. As parcelas contaram com as dimensões de 3 x 4 m e área útil de 7,5 m². Os tratamentos estão detalhadamente descritos na Tabela 1. No momento da aplicação dos tratamentos, registrou-se estágio fenológico de florescimento/frutificação para o capim-braquiária.

Em todos os trabalhos, para obtenção das caldas concentradas em nitrogênio, foi utilizado fertilizante fluido comercial Uran (32-00-00), que é resultado da mistura de nitrato de amônio (44,3%) com uréia (35,4%) e contém 14% de NH₂⁻, 9% de NH₄⁺ e 9% de NO₃⁻. Os fertilizantes sólidos nitrogenados foram provenientes de fontes convencionais utilizadas nas adubações agrícolas, com concentrações de 21 e 45% de N no sulfato de amônio e uréia, respectivamente.

Tabela 1. Tratamentos herbicidas aplicados no terceiro experimento. Piracicaba – SP, 2009

N°	Herbicida		Fertilizante Nitrogenado		
	Condição	Dose (g ha ⁻¹)	Condição	Dose ² (g L ⁻¹) (kg ha ⁻¹)	
1	Testemunha sem aplicação		Ausente	0,0	0,0
2	Glyphosate ¹	1080	Ausente	0,0	0,0
3	Glyphosate	1080	Fertilização prévia do solo com Sulfato de Amônio	--	150,0
4	Glyphosate	1080	Sulfato de Amônio dissolvido na calda	15,0	3,0
5	Ausente	--	Calda concentrada com 20% de nitrogênio	200,0	40,0
6	Glyphosate	1800	Ausente	0,0	0,0

¹Roundup Original[®], 360 g L⁻¹ de equivalente ácido; ²Volume de calda proporcional a 200 L ha⁻¹.

Para o experimento desenvolvidos em casa-de-vegetação, as aplicações foram realizadas em câmara de pulverização pressurizada por ar comprimido, equipada com uma única ponta do tipo jato plano, modelo XR 80.02, calibrada para volume de calda proporcional a 200 L ha⁻¹. Em campo, utilizou-se pulverizador costal pressurizado por CO₂, acoplado a uma barra de pulverização com largura total de 2

m, com quatro pontas do tipo jato plano, modelo XR 110.02, espaçadas em 0,50 m, também calibrado para volume de calda proporcional a 200 L ha⁻¹. A primeira chuva foi registrada em período superior a 72 horas após aplicação. Em razão do protocolo experimental, as parcelas do Tratamento 3 (Tabela 1) foram previamente fertilizadas a lanço com sulfato de amônio em dose proporcional a 150 kg ha⁻¹, em 10/03/2009, ou seja, seis dias antes da aplicação do herbicida.

As variáveis avaliadas foram: controle percentual aos 14, 21 e 28 dias após a aplicação (DAA) e massa seca residual aos 28 DAA. Apenas no experimento desenvolvido em casa-de-vegetação, as avaliações de controle foram realizadas até os 42 DAA, quando então se mensurou a massa seca. Os dados foram submetidos à aplicação do teste F na análise da variância. Quando foram identificados efeitos significativos, utilizou-se teste de agrupamento de médias de Scott-Knott para análise dos níveis de tratamentos herbicidas. Todos os testes foram adotados com 5% de significância.

Resultados e Discussão

Aos 14 DAA, os melhores resultados na dessecação da aveia preta foram obtidos com aplicação de paraquat ou glufosinato de amônio, alcançando controles superiores a 99%. O glyphosate, por sua vez, teve ação inicial mais lenta, igualando-se aos demais herbicidas aos 21 DAA, com morte de todas as plantas aos 42 DAA. Na última avaliação de controle, aos 42 DAA, observou-se início de rebrote da aveia preta no tratamento com paraquat, porém que não foram suficientes para diferenciá-lo dos demais tratamentos (Tabela 2).

Tabela 2. Controle percentual de aveia preta (*Avena strigosa*) avaliado aos 14, 21, 28 e 42 dias após aplicação (DAA) dos tratamentos e massa seca avaliada aos 42 DAA. Piracicaba, 2008.

Tratamento (g ha ⁻¹)	Controle Percentual* (DAA)				Massa Seca* (g parcela ⁻¹)
	14	21	28	42	Seca
Testemunha	0,0 E	0,0 D	0,0 C	0,0 C	9,1 C
Glyphosate a 1440	80,0 B	95,4 A	99,0 A	100,0 A	1,8 A
Paraquat ¹ a 400	99,2 A	99,4 A	99,2 A	97,6 A	0,8 A
Glufosinato de Amônio ² a 400	99,4 A	100,0 A	100,0 A	100,0 A	1,1 A
Nitrogênio a 10%	6,0 D	12,4 C	27,0 B	27,0 B	6,6 B
Nitrogênio a 15%	6,0 D	16,0 C	30,0 B	26,0 B	7,8 B
Nitrogênio a 20%	20,0 C	21,0 B	30,0 B	26,0 B	6,5 B
F _(trat)	594,53**	425,75**	163,28**	119,0**	34,2**
CV (%)	9,55	10,22	13,60	16,57	27,42

¹Adição de Agral a 0,5%; ²Adição de Hoefix a 0,5%; *Médias seguidas por letras iguais, na coluna, não diferem entre si segundo teste de Scott-Knott, com 5% de significância; **Teste 'F' significativo a 1%.

Com relação à pulverização de caldas concentradas em nitrogênio sobre a aveia preta, os maiores danos foliares foram observados aos 28 DAA, da ordem de 30% e sem diferença entre as soluções. Nestes tratamentos, foram observadas necroses foliares e redução no crescimento, porém tais danos não foram suficientes para promover a morte das plantas (Tabela 2). Ao término do experimento, a mensuração da massa seca de aveia preta validou as análises visuais de controle, em que maiores reduções foram observadas para aplicação dos herbicidas. A testemunha sem aplicação acumulou mais massa, enquanto que as plantas submetidas às caldas concentradas em nitrogênio mantiveram-se em condição intermediária (Tabela 2).

Uma das hipóteses que explicam os danos foliares causados pela pulverização de caldas concentradas em nitrogênio está relacionada com a elevada concentração de amônio nas células. O acúmulo de amônio provoca o bloqueio da fotossíntese, interfere na síntese de ATP durante a série de transporte eletrônico nas mitocôndrias e cloroplastos e promove, inclusive, a ruptura da estrutura dos cloroplastos. A energia disponível à clorofila pode ser então convertida à redução do oxigênio molecular, nitrito, enxofre e fósforo e, ainda, na formação de clorofila 'triple' (Devine et al., 1993; Hopkins, 1995). Porém, devido a sua natureza tóxica, o amônio é rapidamente assimilado a compostos orgânicos (amidas

e aminoácidos), o que reduz as chances de intoxicação do vegetal, uma vez que a eficiência deste processo é muito superior à taxa de redução do NO_3^- (Nielsen e Schjoerring, 1998; Sodek, 2004). Neste trabalho, supõe-se que as plantas de aveia preta foram capazes de metabolizar ou isolar rapidamente o excesso de amônio, minimizando os danos foliares decorrentes desta aplicação (Tabela 2).

Em campo, aos 14 e 21 DAA, o tratamento que promoveu o melhor controle do capim-braquiária foi a aplicação de 1800 g ha^{-1} de glyphosate. Por outro lado, em concordância com os dados de aveia preta, a aplicação de caldas concentradas em nitrogênio não alcançou adequada dessecação das plantas, com danos máximos da ordem de 16%. Após pulverização deste tratamento, foram observados pontos necróticos nos limbos, derriça de sementes, bem como dessecação da ponta de algumas folhas. Contudo, ao término do experimento, foram identificadas diferenças visuais na coloração das plantas, em que as tratadas estiveram mais verdes que a testemunha sem aplicação (Tabela 3).

Os tratamentos fundamentados na menor dose de glyphosate não foram diferentes entre si aos 14 DAA, ou seja, não foram observados efeitos das fontes nitrogenadas nesta avaliação (Tabela 3). Aos 21 DAA, o tratamento que envolveu fertilização prévia do solo com sulfato de amônio promoveu maior controle quando comparado aos demais que utilizaram a mesma dose e, aos 28 DAA, tal tratamento teve controle igual àquele obtido com a aplicação isolada da maior dose de glyphosate (Tabela 3).

Tabela 3. Controle percentual de capim-braquiária (*Braquiaria decumbens*) aos 14, 21 e 28 dias após aplicação (DAA) dos tratamentos e massa seca residual aos 28 DAA. Piracicaba – SP, 2009

Tratamentos	Controle Percentual*			Massa Seca* (g m^{-2})
	14 DAA	21 DAA	28 DAA	
Testemunha sem Aplicação	0,0 D	0,0 E	0,0 D	696,9 B
Glyphosate a 1080 g ha^{-1}	74,6 B	85,3 C	87,0 B	619,5 A
Fertilização Prévia ¹ do Solo com Sulfato de Amônio + Glyphosate a 1080 g ha^{-1}	75,4 B	88,8 B	91,9 A	578,7 A
Glyphosate a 1080 g ha^{-1} + Sulfato de Amônio em Calda (15 g L^{-1})	68,5 B	80,0 C	84,8 B	492,7 A
Solução aquosa com 20% de Nitrogênio	13,5 C	13,7 D	16,5 C	712,5 B
Glyphosate a 1800 g ha^{-1}	86,0 A	95,1 A	94,9 A	578,2 A
F_(trat)	189,49**	493,21**	988,47**	4,35**
CV (%)	12,26	7,67	5,30	15,76

¹ Fertilização do solo a lanço com sulfato de amônio (150 kg ha^{-1}) realizada seis dias antes da pulverização do glyphosate; * Médias seguidas por letras iguais nas colunas não diferem entre si segundo teste de agrupamento de médias de Scott-Knott, com 5% de significância; ** Teste 'F' significativo a 1%.

Neste sentido, Cathcart et al. (2004) observaram que a disponibilidade de nitrogênio às plantas interferiu no controle de algumas espécies daninhas (*Setaria viridis* e *Amaranthus retroflexus*), em que plantas com maior disponibilidade de nitrogênio foram controladas mais facilmente pelos herbicidas. Também Dickson et al. (1990) reportaram que plantas de *Avena sativa* foram mais tolerantes ao fluazifop e ao glyphosate quando se desenvolveram em ambiente com menor disponibilidade de nitrogênio.

Os mecanismos responsáveis pela maior eficácia de herbicidas aplicados sobre plantas com maior disponibilidade de nitrogênio ainda não estão bem esclarecidos, contudo supõe-se que a maior atividade metabólica presente nestas plantas contribua para a melhor ação dos produtos. No caso do glyphosate, é sabido que a translocação representa um processo de grande importância para sua eficácia. Segundo Monquero et al. (2004), o movimento do glyphosate no floema das plantas segue a mesma rota dos produtos da fotossíntese, ocorrendo das folhas fotossinteticamente ativas (fontes) em direção às partes do vegetal que utilizam esses açúcares (drenos). Assim sendo, condições que favoreçam a fotossíntese também auxiliam a translocação do glyphosate (Della-Cioppa et al., 1986) e, conseqüentemente, contribuem para a maior eficácia do produto. Outra hipótese viável para maior eficácia do glyphosate no Tratamento 3 (Tabela 3) diz respeito à acidificação do apoplasto foliar após assimilação celular de amônio, o que facilita a absorção do glyphosate, de forma similar ao que ocorre quando da aplicação deste fertilizante via calda herbicida (Gronwald et al., 1993; Rüter e Meinen, 1996).

Na análise da massa seca do capim-braquiária, todos os tratamentos que envolveram aplicações de glyphosate foram iguais, diferenciando-se da testemunha sem aplicação e da pulverização de calda concentrada em nitrogênio. Ainda, para nenhuma variável, a aplicação de glyphosate utilizando solução de sulfato de amônio (Tratamento 4) como veículo resultou em controles superiores à aplicação isolada da mesma dose do produto (Tabela 3). Tais observações sugerem necessidade de maior concentração de sulfato de amônio na calda para aplicação em capim-braquiária, uma vez que sua administração via solo foi eficiente para maior controle. Ainda, em todos os experimentos, não houve evidências de que a maior eficácia do herbicida glyphosate observada após adição de fertilizantes nitrogenados à calda ou ao solo esteja relacionada com a toxicidade do íon amônio.

Assim sendo, conclui-se que a pulverização de caldas concentradas em até 20% de nitrogênio não dessecou adequadamente as espécies vegetais, provocando danos máximos de cerca de 30%. A escolha da dose correta de glyphosate para dessecação do capim-braquiária foi fundamental para obtenção de elevado controle, sendo que a única alternativa que elevou a eficácia da menor dose do produto foi a fertilização prévia do solo com sulfato de amônio.

Literatura Citada

ARGENTA, G. et al. Efeitos do manejo mecânico e químico da aveia-preta no milho em sucessão e no controle do capim-papuã. **Pesq. Agropec. Bras.**, v.36, n.6, p.851-860, 2001.

CATHCART, R.J.; CHANDLER, K.; SWANTON, C.J. Fertilizer nitrogen rate and the response of weeds to herbicides. **Weed Sci.**, v.52, n.2, p.291-296, 2004.

DAMIN, V. **Transformações do nitrogênio no sistema solo-planta após aplicação de herbicidas**. 2009. 130p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2009.

DELLA-CIOPPA, G. et al. Translocation of the precursor of 5-enolpyruvylshikimate-3-phosphate synthase into chloroplasts of higher plants in vitro. **PNAS**, v.83, n.18, p.6973-6877, 1986.

DEVINE, M.; DUKE, S.O.; FEDTKE, C. **Physiology of herbicide action**. New Jersey: PTR Prencice Hall, 1993. 441p.

DICKSON, R.L. et al. Effect of water stress, nitrogen, and gibberelic acid on fluazifop and glyphosate activity on oats (*Avena sativa*). **Weed Sci.**, v.38, n.1, p.54-61, 1990.

GRONWALD, J.W. et al. Effect of ammonium sulfate on absorption of imazethapyr by quackgrass (*Elytrigia repens*) and maize (*Zea mays*) cell suspension cultures. **Weed Sci.**, v.41, n.3, p.325-334, 1993.

HOPKINS, W.G. **Introduction to plant physiology**. New York: John Wiley & Sons, 1995. 464p.

MONQUERO, P.A. et al. Absorção, translocação e metabolismo do glyphosate por plantas tolerantes e suscetíveis a este herbicida. **Planta Daninha**, v.22, n.3, p.445-451, 2004.

NIELSEN, K.H.; SCHJOERRING, J.K. Regulation of apoplastic NH_4^+ concentration in leaves of oilseed rape. **Plant Physiol.**, v.118, n.4, p.1361-1368, 1998.

RUITER, H.D.; MEINEN, E. Adjuvant-increased glyphosate uptake by protoplasts isolated from quackgrass *Elytrigia repens* (L.) Nevski. **Weed Sci.**, v.44, n.1, p.38-45, 1996.

SODEK, L. Metabolismo do nitrogênio. In: KERBAUY, G.B. (Ed.) **Fisiologia vegetal**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2004. p.94-113.