

EFEITOS MORFOLÓGICOS E FISIOLÓGICOS DE CHUVA ÁCIDA SIMULADA EM PLANTAS DE *Phaseolus vulgaris*, CULTIVAR IPR88 UIRAPURU, DURANTE A FASE VEGETATIVA

LEITE M.L.¹, FARAGO P.V.², DIAS B.B.³, BERUSKI G.C.³, OLIVEIRA A.V.³

¹ Eng. Agrônomo, Prof. Adjunto, Departamento de Biologia Geral, Universidade Estadual de Ponta Grossa - UEPG, Ponta Grossa – PR, Brasil. Fone: (0 xx 42) 3220-3126, mleite@uepg.br.

² Farmacêutico, Prof. Assistente - Departamento de Farmácia, - UEPG, Ponta Grossa, PR, Brasil.

³ Discente - Bacharelado em Biologia - UEPG, Ponta Grossa, PR, Brasil.

Apresentado no XV Congresso Brasileiro de Agrometeorologia – 02 a 05 de julho de 2007 – Aracaju – SE

RESUMO: Plantas de *Phaseolus vulgaris* (L.) Merrill cv. IPR88 UIRAPURU cultivadas em vasos, em casa de vegetação, foram expostas durante a fase vegetativa à chuva ácida simulada (pH 3,0) obtida por meio da utilização de ácido sulfúrico, por dez dias consecutivos, vinte minutos por dia, com o objetivo de se estudar alguns efeitos morfológicos e fisiológicos sobre as plantas. Foram avaliados a altura das plantas, o diâmetro do caule, a matéria seca da parte aérea, a matéria seca das raízes, razão raiz-parte aérea, o teor de clorofila *a*, feofitinas e glicose. Após a realização de duas coletas separadas por um intervalo de dez dias, ambas no estágio V₃, e comparadas ao controle (pH 6,0), observaram-se alterações estatisticamente significativas na matéria seca da parte aérea, razão raiz-parte aérea, clorofila *a*, feofitinas e glicose na primeira e/ou segunda coletas, conforme a variável. Apesar de não significativos, ocorreram ainda decréscimos na altura das plantas, e acréscimo na matéria seca de raízes e diâmetro do caule. As plantas apresentaram lesões nos trifólios próximos ao ápice, mostrando-se encarquilhados e nervuras das folhas mais velhas avermelhadas. Diante da importância regional desta cultivar, recomenda-se a continuidade dos estudos desta natureza.

PALAVRAS-CHAVE: feijão comum, clorofila, matéria seca

MORPHOLOGIC AND PHYSIOLOGIC EFFECTS OF SIMULATED ACID RAIN IN PLANTS OF *Phaseolus vulgaris*, cv. IPR88 UIRAPURU, DURING THE VEGETATIVE PHASE

ABSTRACT: Plants of *Phaseolus vulgaris* (L.) Merrill cv. IPR88 UIRAPURU, cultivated in pots in a green house, were exposed, during the vegetative phase, to simulated acid rain (pH 3,0) obtained through the use of sulfuric acid, during ten consecutive days, twenty minutes a day, to study morphologic and physiologic effects on the plants. There were appraised the height of the plants, diameter of the stem, dry matter of the aerial part, dry matter of roots, reason root- aerial part, contents of chlorophyll *a*, phaeophytin and glucose. After the accomplishment of two collects separated by an interval of ten days, both in the stage V₃, and compared to the control (pH 6,0), it was observed statistically significant alterations in the averages of dry matter of the aerial part, reason root-aerial part, chlorophyll *a*, phaeophytin and glucose, in the first and/or second collects, according to the variable. In spite of no statistical significance, decreases in the height of the plants and increments in the dry matter of roots and diameter of the stem were observed. The trifoliolate leaves near the top of the plants were coiled while the ribs of the oldest leaves were shown red. Being considered the wide use of this cultivar in the area, the continuity of the studies of this nature is recommended.

KEY-WORDS: common bean, chlorophyll, dry matter

INTRODUÇÃO: A chuva ácida, no sentido mais amplo, pode ser traduzida como uma devolução da poluição que o homem cria sobre a superfície terrestre, sendo que o dióxido de enxofre (SO₂) juntamente com os óxidos de nitrogênio (NO_x) têm um papel preponderante na formação desta. Do ponto de vista da análise química, a chuva ácida corresponde àquela em que o pH se apresenta inferior a 5,65 (JESUS, 1996). A longo prazo, seus efeitos constituem um importante indicador das condições de degradação do meio ambiente, estando ligada à qualidade do ar, principalmente sobre as áreas fortemente urbanizadas. No entanto, além dos efeitos prejudiciais observados nos grandes centros industrializados, torna-se importante a sua investigação em outros locais, uma vez que, transportados pelo vento, os poluentes se espalham pela atmosfera até centenas de quilômetros dos locais onde foram liberados. Dentre os efeitos negativos da chuva ácida, é possível destacar a acidificação dos solos, a indisponibilização de nutrientes às plantas, além de diversos tipos de efeitos (fisiológicos, morfológicos, anatômicos e bioquímicos) sobre a folhagem e reprodução dos vegetais (BRENA, 2002). No Brasil ainda se fala muito pouco sobre este problema e existe uma grande escassez de pesquisas direcionadas para esta questão, sendo as mesmas desenvolvidas somente naqueles locais onde os efeitos já apresentam-se visíveis e preocupantes. Embora as florestas aparentem ser mais afetadas pela deposição da chuva ácida, culturas agrícolas também podem sofrer os seus efeitos (RATHIER & FRINK, 1984). Este trabalho visou avaliar respostas de alguns processos fisiológicos e morfológicos do feijão comum, Cultivar IPR88 UIRAPURU, geneticamente melhorada para as condições locais e amplamente plantada na região de Ponta Grossa-PR, à chuva ácida simulada durante a fase vegetativa.

MATERIAL E MÉTODOS: O experimento foi conduzido em casa de vegetação, no Colégio Estadual Agrícola Augusto Ribas situado no campus da Universidade Estadual de Ponta Grossa - UEPG, Ponta Grossa - PR, instalado em 30/01/07. A temperatura média do ar dentro da casa de vegetação durante o período avaliado foi de 26,1°C, oscilando entre a máxima absoluta de 38,0°C e a mínima absoluta de 14,0°C. Foram utilizadas plantas de feijão, *Phaseolus vulgaris* (L) cv. IPR88 UIRAPURU, desenvolvidas pelo Instituto Agrônomo do Paraná - IAPAR e indicadas para cultivo em todo o estado. As plantas foram cultivadas em vasos plásticos pretos, com capacidade de aproximadamente 3,5 Kg, preenchidos com Latossolo Vermelho Distrófico. Em cada vaso foram colocadas para germinar 4 sementes de feijão previamente selecionadas. Decorridos seis dias após a semeadura, quando as plântulas apresentavam as folhas primárias totalmente expandidas (estádio V₁) (FERNANDEZ et al., 1982), realizou-se o desbaste deixando-se duas plantas por vaso. A irrigação do solo dos vasos foi efetuada por meio de um turno de rega de 4 dias e quantificada através do uso dos valores médios mensais da evapotranspiração potencial (ETP) (mm.dia⁻¹) (CARAMORI et al., 1987) e dos valores de Kc (DOOREMBOS E KASSAM, 1979), para a cultura do feijoeiro em Ponta Grossa, PR. Foram utilizados 2 tratamentos sendo o *controle* para simulação da chuva com um pH próximo à chuva comum (pH 6,0) e o *tratamento com chuva ácida simulada* com enxofre (pH 3,0). A solução de chuva ácida foi preparada por meio da mistura de ácido sulfúrico 1N e água destilada para reduzir o pH a um valor igual a 3,0 conforme metodologia utilizada por SANT'ANNA-SANTOS et al. (2006). Aos 14 dias após a semeadura, quando as plantas encontravam-se no estágio V₃, deu-se início às simulações de chuvas dos dois tratamentos utilizando-se pulverizadores manuais. Estas simulações foram realizadas por um período de dez dias consecutivos, com duração de 20 min, sempre no período da manhã, próximo às 9:00h. As amostragens foram realizadas através de duas coletas no período vegetativo, sendo a primeira no dia em que deu-se início a simulação da chuva ácida e a segunda, dez dias após a primeira coleta, ou seja aos 14 e 24 dias após a semeadura. Em cada coleta foram descartados cinco vasos de cada tratamento, num total de dez plantas por tratamento, por coleta, onde foram determinados altura das plantas, diâmetro do caule na altura do segundo nó, matéria seca de parte aérea e raízes, teores de clorofila *a*, feofitina (STANDARD..., 1998) e glicose (HYMOWITZ

et al., 1972) nas folhas. Para análise estatística de todas as variáveis, após a verificação da normalidade dos dados empregando-se o teste de Shapiro-Wilk, utilizou-se o teste *t* de *student* para comparação dos tratamentos dentro de cada coleta.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Plantas de *Phaseolus vulgaris* cv. IPR88 UIRAPURU, utilizadas em larga escala pelos produtores da região de Ponta Grossa, PR em consequência da sua ampla adaptação local e alto potencial de rendimento, quando submetidas à ação do enxofre através da chuva ácida simulada durante a fase vegetativa, revelaram alterações estatisticamente significativas nas médias das variáveis de matéria seca da parte aérea (MSPA), razão raiz-parte aérea (RPA), clorofila *a*, feofitinas e glicose avaliadas nos dois tratamentos, na primeira e/ou na segunda coleta. No entanto, apesar de não ter sido verificada significância estatística, biologicamente as respostas das demais variáveis apontaram uma direção em termos de comportamento da planta à acidificação da chuva com o enxofre (Tabela 1). Com relação à MSPA e matéria seca raízes (MSR), a primeira apresentou decréscimo, enquanto a segunda aumentou, quando comparados os tratamentos dentro da segunda coleta, momento em que o efeito da chuva ácida já era mais perceptível. Em função deste comportamento, a RPA apresentou um aumento significativo no tratamento com chuva ácida ao final da segunda coleta se opondo ao resultado obtido por NETO (2000), o qual afirmou que a aplicação de enxofre em feijoeiro promoveu aumento na produção de matéria seca da parte aérea e raízes sendo, no entanto, esta última em menor escala. O estudo da relação alométrica entre a raiz e a parte aérea é interessante porque define, em função da espécie vegetal, dos níveis nutricionais, da idade da planta e dos fatores ambientais, quais órgãos estão se desenvolvendo mais rapidamente, em função do maior acúmulo de substâncias (RODRIGUES, 1990). Entre a primeira e a segunda coleta as plantas expostas à chuva ácida mostraram um menor crescimento em termos de altura da planta e os trifólios mais jovens, próximos ao ápice apresentaram-se ligeiramente enrugados e encarquilhados. Houve encurtamento dos internódios, e as nervuras das folhas mais velhas apresentaram coloração avermelhada. Estes sintomas podem ter sido resultantes de uma

Tabela 1: Valores médios, erro-padrão da média e significância do teste *t* de student (p-value) das variáveis avaliadas em plantas de *Phaseolus vulgaris*, cultivar IPR88 UIRAPURU, submetidas a vinte minutos diários de chuva ácida contendo SO₂, por dez dias consecutivos.

Variáveis	Coleta 1			Coleta 2		
	Controle	C/ chuva ácida	p-value	Controle	C/ chuva ácida	p-value
Alt.planta (cm)	12,260±1,258	12,710±0,639	0,3275	20,000±0,848	18,650±0,551	0,1293
Diâm. caule (mm)	3,130±0,097	3,320±0,150	0,1379	4,080±0,343	4,300±0,152	0,2632
MSPA (g)	0,174±0,015	0,218±0,024	0,0453	0,581±0,058	0,553±0,077	0,4142
MSR (g)	0,233±0,031	0,275±0,038	0,1311	0,431±0,065	0,578±0,084	0,1023
RPA	1,580±0,086	1,255±0,131	0,0461	0,689±0,082	1,098±0,182	0,0376
Clor. <i>a</i> (mg.dm ⁻²)	0,226±0,023	0,110±0,015	0,0010	0,537±0,011	0,508±0,024	0,2920
Feofitinas (mg.dm ⁻²)	1,527±0,434	1,503±0,196	0,4778	0,871±0,018	0,722±0,051	0,0205
Glicose (mg/dL)	*	*	-	2,474±0,131	1,442±0,429	0,0252

* o material fresco foi insuficiente para a determinação desta variável.

hiperplasia ou de hipertrofismo das células do mesófilo, assim como de uma inativação do meristema lateral pela necrose marginal (NEULFELD et al, 1985). Neste experimento, ocorreu o mesmo que foi observado por HEAGLE et al, (1983) em folhas de soja, onde verificou-se que a solução ácida se concentra e seca ao longo das nervuras e nas áreas marginais, resultando no aparecimento de lesões nestas áreas. DEEPAK & AGRAWAL (1999, 2001) também observaram redução significativa na altura de trigo e de cultivares de soja submetidas a tratamentos com SO₂, afirmando que as reações das plantas ao estresse induzido por óxidos de enxofre, relativas ao crescimento, são bastante distintas e dependem da espécie, da arquitetura e grau de resistência da planta, das doses de exposição e do estado nutricional, entre outros fatores. Dessa forma, os efeitos do

SO₂ sobre a altura das plantas têm sido bastante distintos. Enquanto MURRAY *et al.* (1992) e HOLLAND *et al.* (1995) não verificaram nenhum efeito na altura de plantas de *Araucaria cunninghamii* D. Don e de coníferas arbóreas tratadas com SO₂, FULFORD & MURRAY (1990) registraram uma intensificação no crescimento em altura de plantas de *Eucalyptus gomphocephala* DC., porém sem aumento da biomassa da parte aérea. Neste experimento, no tratamento exposto à chuva ácida, após a segunda coleta, as plantas de feijão apresentaram decréscimo nos conteúdos de clorofila *a*, feofitinas e glicose, tendo sido estatisticamente significativos os resultados destas duas últimas variáveis, quando comparados ao tratamento controle. A redução no teor de clorofila sugere estar associada à composição, à frequência e à intensidade da chuva. Segundo HALGREN (1978) as alterações no processo fotossintético podem ser resultado da ação do SO₂ sobre a estrutura química dos pigmentos fotossintéticos. O SO₂ pode reduzir a concentração de clorofila nas folhas, mediante a conversão do pigmento em feofetina e Mg²⁺ (PUCKETT *et al.*, 1973), o que não foi observado neste experimento, onde a chuva ácida não causou a conversão das clorofilas em feofitinas, visto que a redução no teor de clorofila não correspondeu a um aumento na produção das correspondentes feofitinas. Resultados semelhantes foram obtidos por RABE & KREEB (1980) sendo que sua redução pode ter sido oriunda de degradação por processos oxidativos sem a concomitante formação de feofitina (HENDREY *et al.*, 1987). A redução da glicose verificada nas plantas expostas à chuva ácida, se entendida como um subproduto da fotossíntese, pode ter sido causada pelo surgimento de lesões foliares, reduzindo o tecido fotossinteticamente ativo, ou ainda pelo acúmulo de resíduos de poluentes nos tecidos foliares (CHENG *et al.*, 1986; ROBINSON *et al.*, 1980).

CONCLUSÕES: A chuva ácida durante a fase vegetativa ocasionou alterações estatisticamente significativas nas médias de matéria seca da parte aérea, razão raiz-parte aérea, clorofila *a*, feofitinas e glicose na primeira e/ou segunda coletas, conforme a variável. Causou ainda diminuição no crescimento favorecendo plantas mais baixas, com caules mais grossos, folhas menores e maior acúmulo de fotoassimilados na raízes. Estas respostas iniciais mostradas pela cultivar de feijão IPR88 UIRAPURU demandam cuidado e continuidade dos estudos na fase reprodutiva e no seu ciclo como um todo, uma vez que a área de feijão plantada no Paraná e que utiliza esta cultivar é relevante. Nesse sentido, acredita-se que exista uma necessidade urgente de pesquisas relacionadas à chuva ácida e seus efeitos tanto em espécies florestais quanto espécies anuais de interesse econômico nas mais diversas regiões do Brasil, uma vez que o crescente acúmulo de poluentes na atmosfera e as alterações globais do clima se fazem presentes e demandam medidas preventivas para que se possam conhecer possíveis efeitos e comportamentos das plantas mesmo antes que estes venham a se tornar realidade.

AGRADECIMENTOS: Ao Colégio Estadual Agrícola Augusto Ribas, Ponta Grossa – PR, pela colaboração na condução da parte prática deste experimento em sua casa de vegetação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

- BRENA, N.A. **A chuva ácida e seus efeitos sobre as florestas**. São Paulo: Livraria Cultura, 2002. 70p.
- CARAMORI, P.H.; FARIA, R.T. Estimativa da evapotranspiração potencial para Londrina e Ponta Grossa, PR. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.22, n.1, p.9-13, 1987.
- CHENG, J.Y.; YU, M.; MILLER, G.W.; WELKIE, G.W. Fluororganic acids in soybean leaves exposed to fluoride. **Environ. Sci. Technol.** Washington, v.2, n.5, p.367-370, 1968.
- DEEPAK, S.S.; AGRAWAL, M. Growth and yield responses of wheat plants to elevated levels of CO₂ and SO₂, singly and in combination. **Environmental Pollution**, Amsterdam, v.104, n.3, p.:411-419, 1999.

- _____. Influence of elevated CO₂ on the sensitivity of two soybean cultivars to sulphur dioxide. **Environmental and Experimental Botany**, Oxford, v.46, p.81-91, 2001.
- DOOREMBOS E KASSAM, A.H. **Efectos del agua em el rendimiento de los cultivos**. Roma: FAO, 1979. 212p. (Estudio FAO. Riego y drenaje, 33).
- FERNÁNDEZ, F.; GEPTS, P.; LÓPEZ, G. M. **Etapas de desarrollo de la planta de frijol común**. Cali: Centro Internacional de Agricultura Tropical, 1982. 26p.
- FULFORD, G.B.; MURRAY, F. Morphogenic changes in *Eucalyptus gomphocephala* exposed to SO₂. **Environmental and Experimental Botany**, Oxford, v.30, n.3, p.343-347, 1990
- HALGREEN, J.E. Physiological and biochemical effect on sulphur dioxide on plants. In: NRIAGU, J.O.(ed). Sulphur in the environment. Part II. **Ecological impacts**. New York, p.163-209, 1978.
- HEAGLE, A.S.; PHILBECK, R.B.; BRWER, P.F.; FERREL, R. E. Response of soybeans to simulated acid rain in the field. **J. Environ. Qual.**, New York, v.12, p.538-43, 1983.
- HENDREY, G.A.F.; HOUGHTON, J.D.; BROWN, S.B. The degradation of chlorophyll: A biological enigma. **New Phytol.**, Dublin, v.107, p.255-302, 1987.
- HYMOWITZ, T.; WALTER, W.M.; COLLINS, F.I.; PANCZNER, J. Stability of sugar content in soybean strains. **Comm. In Soil Science and Plant Analysis**, v.3, n.5, p. 367-373, 1972.
- HOLLAND, M.R.; MUELLER, P.W.; RUTTER, A.J.; SHAW, P.J.A. Growth of coniferous trees exposed to SO₂ and O₃ using an open-air fumigation system. **Plant, Cell and Environment**, Oxford, v.18, p.227-236, 1995.
- JESUS, E.F.R. A importância do estudo das chuvas ácidas no contexto da abordagem climatológica. **Sitientibus**, feira de Santana, n.14, p.143-153, 1996.
- MURRAY, F.; CLARKE, K.; WILSON, S. Effects of NO₂ on hoop pine can be counteracted by SO₂. **European Journal of Forest Pathology**, Hamburg, v. 22, p.403-409, 1992.
- NETO, A.E.F.; FERNANDES, L.A.; FAQUIN, V.; SILVA, I.R.da; ACCIOLY, A. M. de A. Resposta de cultivares de feijoeiro ao enxofre. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, vol. 35, n.03, p.567-573, mar.2000.
- NEULFELD, H.S.; JERNSTEDT, J.A.; HAINES, B.L. Direct foliar effects of simulated acid rain. I. Damage, growth and gas exchange. **New Phytol.** Dublin, v.99, p.389-405, 1985.
- PUCKETT, K.J.; NIEBER, F.; FLORA, W.P.; RICHARDSON, D. H. S. SO₂: its effects on photosynthetic ¹⁴C fixation in lichens and suggested mechanisms of phytotoxicity. **New Phytol.** Dublin, v.72, p.141-148, 1973.
- RABE, R.; KREEB, K.H. Bioindication of air pollution by chlorophyll destruction in plant leaves. **Oikos**, v.34, p.163-7, 1980.
- RATHIER, T.M.; FRINK, C.R. Simulated acid rain: Effects on leaf quality and yield of broadleaf tobacco. **Water, Air, Soil Pollut**, Netherlands, v.22, p.389-94, 1984.
- ROBINSON, J.M.; SMITH, M.G.; GIBBS, M. Presence of hydrogen peroxide upon carbon dioxide photoassimilation in the spinach chloroplast. **Plant Physiol.**, Hanover, v.65, p.755-9, 1980.
- RODRIGUES, J. D. **Influência de diferentes níveis de cálcio, sobre o desenvolvimento de plantas de estilosantes (*Stylosanthes guyanensis* (aubl) Sw. cv. Cook), em cultivo hidropônico**. Botucatu, 1990. 180p. Tese (Livro Docência em Fisiologia Vegetal) - Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista.
- SANT'ANNA-SANTOS, B. F.; SILVA, L. C. da; AZEVEDO, A. A.; AGUIAR, R. Effects of simulated acid rain on leaf anatomy and micromorphology of *Genipa americana* L. (Rubiaceae). **Braz Arch. Biol. Technol**, Curitiba, vol.49, n.2, p.313-321, 2006.
- STANDARD methods for the examination of water and wastewater**. 20th edition. American Public Health Association, Washington, D.C., 1998.