



EFEITOS DO OZÔNIO NO CRESCIMENTO E PRODUÇÃO DE BIOMASSA DA CULTIVAR TRACAJÁ DE *GLYCINE MAX* L. (SOJA)

F.R.Silva, .

P. Bulbovas

Instituto de Botânica, Seção de Ecologia, Av. Miguel Stéfano, 3031, Água Funda, CEP 04301 - 012 rikardobio@yahoo.com.br

INTRODUÇÃO

A alteração no uso do solo na região Amazônica, em função do considerável avanço da agricultura e pecuária, tem sido responsável por emissões significativas de gases e partículas para a atmosfera, uma vez que a queimada é um dos instrumentos comumente usados para a limpeza de áreas de plantio após a retirada da floresta (Artaxo *et al.*, 1998; 2003; 2005). Entre os poluentes emitidos estão os óxidos de nitrogênio e os compostos orgânicos voláteis, que sofrem reações fotoquímicas, formando o ozônio (O_3). A emissão destes gases faz com que as concentrações de O_3 atinjam níveis que podem ser danosos à floresta e às culturas agrícolas da região, mesmo a muitos de quilômetros das áreas queimadas (Cordova Leal, 2003; Freitas *et al.*, 004; Artaxo *et al.*, 005; Guyon *et al.*, 005).

Emberson e colaboradores (2001), por meio de modelagem baseada nas tendências futuras de emissão de gases precursores do O_3 para atmosfera, previram um aumento considerável da concentração deste poluente em escala global para as próximas décadas (2030). Estes modelos mostram que em várias regiões do planeta a concentração de O_3 poderá alcançar a média de até 70 ppb, levando a perda de até 75% da produção agrícola no local onde este índice for alcançado (Ashmore, 2005). Para o Brasil, estes modelos prevêem que na região sul da Amazônia o O_3 poderá alcançar concentrações médias de até 60 ppb (Emberson, 2003). Estudos mostram que este nível configura uma exposição crônica, ou seja, concentrações de O_3 por um longo período de tempo, capaz de causar desequilíbrios fisiológicos, perda de biomassa e produção de grãos (Morgan *et al.*, 003; Ashmore, 2005; Filella *et al.*, 005). O valor de 60 ppb é considerado fitotóxico e capaz de provocar redução da produtividade de espécies sensíveis (Furher *et al.*, 1997). Vários estudos indicam que a soja é uma cultura bastante sensível ao O_3 , dependendo do nível de tolerância da cultivar, pode ter até 80% de redução da área foliar e 50% de perda da produção de sementes (Morgan *et al.*, 003; Ashmore, 2005).

Apesar da previsão de aumento dos níveis de O_3 no Brasil ainda é pouco conhecido seu efeito sobre as espécies

agrícolas aqui cultivadas e suas cultivares, que são diferentes das encontradas nos Estados Unidos e países da Europa, aonde este tipo de estudo já vem sendo feito nas últimas décadas.

OBJETIVOS

Conhecer os efeitos do ozônio no crescimento e produção de biomassa da cultivar Tracajá de *Glycine max* L. (soja).

MATERIAL E MÉTODOS

As plantas de 'Tracajá' foram cultivadas, a partir de sementes doadas pela Embrapa Soja, Londrina, PR, em vasos com capacidade de 6 L, contendo substrato comercial Plantimax (Eucatex) e vermiculita (proporção 3:1). A irrigação das plantas foi realizada segundo modelo proposto por (Arndt & Schweizer, 1991). Foram usados 24 vasos, cada um contendo uma planta. Parte desses vasos, doze, foi mantida em casa de vegetação com ar filtrado, totalmente isento de poluentes e a outra parte foi colocada sob o ar ambiente do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (PEFI). A escolha deste local fundamentou - se no fato de que estudos com plantas bioindicadoras mostraram que ele é intensamente afetado pelo O_3 (Domingos *et al.*, 2002, Klumpp *et al.*, 1994).

Semanalmente, medidas de altura, diâmetro do caule e número de folhas foram feitas a partir do surgimento das vagens estas também passaram a ser contadas. Com estas medidas foram calculadas as taxas de crescimento relativo (TCR). Com o findar do ciclo de vida das plantas foram feitas medidas de peso seco de biomassa radicular, vagens e grãos este material foi levado para estufa à 60°C até atingir peso constante. Para avaliar a qualidade dos grãos, foram pesadas separadamente 20 sementes de cada planta. As medidas de biomassa de folhas e caule não foram realizadas. Considerou - se o fato de que para ter o total preenchimento dos grãos nas vagens era necessário esperar o ciclo completo

da fase reprodutiva da espécie, onde a planta perde todas as folhas e ramos.

Durante o período experimental, dados referentes às variáveis climáticas (temperatura e umidade relativa) e poluentes (dióxido de nitrogênio e ozônio) foram monitorados inicialmente por uma estação móvel da CETESB, e depois com termohigrógrafos e monitores Horiba ambient O₃ monitor APOA - 360 e Horiba ambient NO_x monitor APNA - 360 CE, dentro do PEFI.

As diferenças entre os tratamentos foram avaliadas pelo teste t. Também foi realizada análise de componentes principais (ACP) para avaliar as respostas das variáveis em relação aos tratamentos.

RESULTADOS

Condições ambientais

A exposição das plantas de *Glycine max* L. transcorreu no período de abril a junho de 2008 e teve duração de 120 dias. Os valores de temperatura e umidade relativa médios foram de 21°C e 81%, respectivamente, com máximo e mínimo de temperatura de 25 e 15°C e de umidade relativa de 96 e 58%. Entre os poluentes, o valor médio de dióxido de nitrogênio foi de 52 µg/m³ e O₃ 91 µg/m³. Durante o período experimental o dióxido de nitrogênio ultrapassou duas vezes o índice de 200 µg/m³, considerado o padrão secundário de qualidade do ar, e o ozônio três vezes a concentração máxima estabelecida de 160 µg/m³ para este mesmo padrão. O valor de AOT40 foi de 3089 ppb.h para os 120 dias de experimento.

Crescimento e Biomassa

A cultivar de *Glycine max* L. Tracajá foi semeada em 14 de abril de 2008 e germinou após uma semana. Aos 14 dias após a germinação, quando as plantas tinham em média 15 cm de altura e 3 folhas, foram iniciadas as medidas de altura, diâmetro do caule e número de folhas e vagens, sendo que estas últimas passaram a ser contadas assim que surgiram. As medidas de altura, número de folhas e diâmetro do caule foram realizadas até os 72 dias após a germinação, depois desta data não foi mais observado incremento nestes parâmetros, porém vagens continuaram a surgir até os 79 dias. Quando foi observado que as plantas pararam de crescer foi cessada a tomada desses dados. Depois de findar as medidas de crescimento, passaram - se mais 40 dias para a coleta e determinação da biomassa de raiz, vagens e grãos. As plantas de 'Tracajá' mantidas na casa de vegetação mostraram TCR em altura significativamente maior aos 30 e 37 dias após a germinação, em relação às plantas mantidas no ambiente do PEFI. A TCR do número de folhas foi estatisticamente maior aos 45, 58 e 65 dias após a germinação nas plantas do PEFI, e também o diâmetro do caule aos 30 dias. Os parâmetros número de vagens e peso seco da biomassa de raízes não apresentaram diferenças estatísticas entre os tratamentos. No entanto, o peso seco de sementes foi significativamente maior nas plantas mantidas na casa de vegetação. A média da biomassa de 20 sementes, que indicou a qualidade dos grãos, também foi significativamente maior nas plantas de soja mantidas na casa de vegetação, o mesmo foi observado para o peso seco das vagens. A

redução da biomassa de raízes foi de 40%; de grãos, 46,7%; da qualidade dos grãos, 33,4% e da biomassa vagem, 22,3%. A análise de componentes principais resumiu a variabilidade total dos dados nos dois primeiros eixos. O eixo 1 representou 63% da variabilidade das medidas e o eixo 2, 25%. No lado positivo do eixo 1, foram alocadas unidades amostrais referentes às plantas expostas na casa de vegetação, as quais foram fortemente associadas a altos valores de biomassa de sementes e número de vagens. Estas variáveis foram altamente correlacionadas com o eixo 1. Diferentemente, no lado negativo do eixo 1, encontraram - se as unidades amostrais das plantas do PEFI. O eixo 2, no seu lado negativo, apresentou forte associação com biomassa de raiz. ACP traduziu, principalmente pelo eixo 1, a resposta da cultivar "Tracajá" à diferença entre os tratamentos.

Os valores de TCR mostraram, em alguns períodos do crescimento, diferenças estatísticas entre os dois locais de exposição, com o incremento médio de altura maior nas plantas da casa de vegetação, e número de folhas e diâmetro do caule naquelas mantidas no ambiente do PEFI, também observaram redução do crescimento em altura desta mesma cultivar quando submetida ao ozônio em condições controladas de fumigação. Existem estudos que mostram que a poluição atmosférica pode causar distúrbios de crescimento nas plantas, levando a maior produção de folhas, como numa tentativa de compensar perda de tecido foliar devido a necroses e cloroses, e também, mudanças na partição de biomassa, o que causa aumento do diâmetro do caule (Postiglione *et al.*, 2000).

Os valores médios de biomassa de sementes, no que diz respeito à quantidade e qualidade dos grãos, mostram que as plantas de 'Tracajá' são sensíveis à poluição, sobretudo ao O₃, principal poluente encontrado no ambiente do PEFI, destacando que no período experimental, o valor de AOT40 ultrapassou o valor de referência para perda da produtividade agrícola (3000 ppb.h). Heagle *et al.*, (1998) observaram que as cultivares Essex e Holladay de soja, utilizadas na agricultura norte - americana, quando expostas ao ozônio, também diminuíram a produção de biomassa de grãos e, semelhante ao presente estudo, redução da biomassa de vagens. Além disto, observaram redução na quantidade de óleo e proteína.

O resultado da ACP reafirma que a cultivar 'Tracajá' é bastante sensível ao O₃. A ACP, além de separar os tratamentos, também mostrou que as variáveis do número de vagens, biomassa de raiz e sementes são as mais importantes para explicar as diferenças entre os locais de estudo, uma vez que estas apresentaram maior correlação com as unidades amostrais representadas pelas plantas expostas na casa de vegetação e PEFI.

CONCLUSÃO

Os resultados obtidos no presente estudo sugerem uma possível perda de produtividade da cultivar 'Tracajá' exposta no seu local de cultivo (sul da Amazônia) que está sob influência de gases das queimadas, precursores do O₃.

REFERÊNCIAS

- Arndt, U. & Schweizer, B. 1991. The use of bioindicators for environmental monitoring in tropical and subtropical countries. In: (Ellenberg, H., Arndt, U., Bretthauer, R. Ruthsatz, B. & Steubing, L.) Biological monitoring: signals from the environment. Vieweg & Sons, Eschborn, p. 199 - 260.
- Artaxo, P., Fernandes, E.T., Martins, J.V., Yamasoe, M.A., Hobbs, P.V., Maenhaut, W., Longo, K.M.; Castanho, A. 1998. Large - scale aerosol source apportionment in Amazonia. *Journal of Geophysical Research*, 103: 31837 - 31848.
- Artaxo, P., Gatti, L.V., Leal, A.M.C., Longo, K.M., Freitas, S.R., Lara, L.I., Pauliquevis, T.M. Procópio, A.S.; Rizzo, L.V. 2005. Química atmosférica na Amazônia: a floresta e as emissões de queimadas controlando a composição da atmosfera amazônica. *Acta Amazonica*, 35: 185 - 196.
- Artaxo, P., Silva Dias, M.A.F.; Andreae, M.O. 2003. O mecanismo da floresta para fazer chover. *Scientific American Brasil*, 1: 38 - 45.
- Ashmore, M.R. 2005. Assessing the future global impacts of ozone on vegetation. *Plant, Cell and Environment*, 28: 949 - 964.
- CETESB 2007. Relatório de qualidade do ar no Estado de São Paulo - 2006. Série Relatórios.
- Cordova Leal, A.M. 2003. Gases traço na Amazônia: Variabilidade Sazonal e temporal de O₃, NO_x e CO em ambientes de pastagem e floresta. Tese (Doutorado) - Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Domingos, M., Bourotte, C., Klumpp, A., Klumpp, G. & Forti, M.C. 2002. Impactos de poluição atmosférica sobre remanescentes florestais. In: Bicudo, D.C., Forti, M.C. & Bicudo, C.E.M. Parque Estadual das Fontes do Ipiranga: unidade de conservação que resiste à urbanização de São Paulo. Secretaria do Meio Ambiente, SP. pp.221 - 250.
- Emberson, L.D., Ashmore, M.R., Murray, F., Kuylenstierna, J.C.I., Percy, K.E., Izuta, T., Zheng, Y. Shimizu, H., Sheu, B.H., Liu, C.P., Agrawal, M., Wahid, A., Abdel - Latif, N.M., van Tienhoven, M., Bauer, L.I., Domingos, M. 2001. Impacts of air pollutants on vegetation in developing countries. *Water, Air and Soil Pollution* 130: 107 - 118.
- Filella, I., Peñuelas, J.; Ribas, A. 2005. Using plant biomonitors and flux modeling to develop O₃ dose - response relationships in Catalonia. *Environmental Pollution*, 134: 145 - 154.
- Freitas, S. R., K. M. Longo, M. A. F. Silva Dias, P. L. Silva Dias, R. Chatfield, E. Prins, P. Artaxo, F. S. Recuero. 2004. Monitoring the transport of biomass burning emissions in South America. *Environmental Fluid Mechanics*, 5: 135 - 167.
- Fuhrer, J., Skärby, L.; Ashmore, M.R. 1997. Critical levels for ozone effects on vegetation in Europe. *Environmental Pollution*, 97: 91 - 106.
- Guyon, P.; Frank, G., Welling, M.; Chand, D.; Artaxo, P.; Nishioka, G.; Rizzo, L.V.; Lloyd, J.; Kolle, O.; Silva Dias, M.A.F.; Gatti, L.V.; Cordova, A.M. Andreae, M.O. 2005. Airborne measurements of trace gases and aerosol particles emissions from biomass burning in Amazonia. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 5: 2989 - 3002.
- Heagle, A.S. Miller, J.E. and W.A Pusley.1998. Influence of ozone stress on soybean response to carbon dioxide enrichment: Yield and Seed Quality
- Jandel scientific. SigmaStat statistical software: user's manual. San Rafael, 1994. 831p.
- Klumpp, A., Klumpp, G. & Domingos, M. 1994. Active biomonitoring at the Serra do Mar near the industrial complex of Cubatão, Brazil. *Environmental Pollution* 85: 109 - 16.
- McCune, B.; Mefford, M.J. PC - ORD for Windows: multivariate analysis of ecological data. Version 4.10. Oregon: MjM Software Desing, 1999. 47p.
- Mello Filho, O.L.; Sedujana, C.S.; Moreira, M.A.; Reis, M.S.; Massoni, G.A.; Piovesan, N.D. 2004. Grain yield and seed quality of soybean select for high protein content. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 39: 445 - 451.
- Morgan, P.B., Ainsworth, E.A.; Long, S.P. 2003. How does elevated ozone impact soybean? A meta - analysis of photosynthesis, growth and yield. *Plant, Cell and Environment*, 26: 1317 - 1328.
- Postiglione, L.; Fagnano, M. & Merola, G. 2000. Response to ambient ozone of two white clover (*Trifolium repens* L.cv. "Regal") clones, one resistant and one sensitive, grown in a Mediterranean environment. *Environmental Pollution* 109:525 - 531.
- UNECE. 2001. Air pollution and vegetation. Annual report 2000/2001.