

## INFLUÊNCIA DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS NA AGRICULTURA

*Raquel Ghini*

Embrapa Meio Ambiente

Caixa Postal 69

13820-000 Jaguariúna SP, Brasil

e-mail: raquel@cnpma.embrapa.br

### **Introdução**

O vapor de água, CO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O e outros gases presentes na atmosfera retêm parcialmente a radiação térmica que é emitida quando a radiação solar atinge a superfície da Terra. Assim, parte da energia recebida é mantida, promovendo o aquecimento do planeta, e parte volta para o espaço. As atividades antrópicas, além dos eventos naturais, estão alterando as concentrações desses gases, resultando em mudanças no clima do planeta. Embora haja registro de mudanças climáticas originárias de causas naturais na história, as modificações resultantes da atividade humana estão crescendo significativamente nas últimas décadas, a partir da Revolução Industrial (IPCC, 2001).

A agricultura é uma atividade que depende diretamente do clima e as alterações nesse componente podem ter sérios reflexos sociais e econômicos (Lima, 2001). Os impactos das mudanças climáticas podem se constituir numa séria ameaça para a agricultura, por colocar em risco a preservação dos sistemas agrícolas atuais, mas também podem se tornar uma oportunidade para o desenvolvimento de outros sistemas. A fisiologia das plantas, a disponibilidade de água, a fertilidade dos solos, a erosão, a dinâmica de pragas e doenças, a salinização dos solos, além de outros aspectos, podem ser afetados diretamente pelas mudanças climáticas (Pritchard & Amthor, 2005). A possibilidade de adaptação da agricultura é variável em função das características de cada sistema e dos diferentes cenários futuros previstos. São poucas as análises a esse respeito no Brasil (Mudança do clima, 2005).

## Impactos em plantas

O aumento da temperatura e a alteração dos padrões de precipitação podem repercutir nos agroecossistemas. Como resultado imediato, tal fato causará a alteração da distribuição geográfica de cultivos. Assad *et al.* (2004) realizaram simulações quanto ao zoneamento da cultura de café no Brasil em cenários futuros e observaram severas reduções de áreas aptas para a cultura com os aumentos previstos de temperatura.

Há uma quantidade relativamente grande de trabalhos sobre o efeito benéfico da elevação do teor de CO<sub>2</sub> no crescimento de plantas. Na última década, publicaram-se aproximadamente 2700 trabalhos sobre o assunto (Jones & Curtis, 2000; Loladze, 2002). Sendo a única fonte de carbono, o aumento da concentração de CO<sub>2</sub> resulta em benefícios para o desenvolvimento das plantas, embora diferenças entre espécies possam existir. Há alterações no metabolismo, crescimento e processos fisiológicos da planta, incluindo significativo aumento da taxa fotossintética, a taxa de transpiração por unidade foliar decresce, enquanto a transpiração total da planta algumas vezes é aumentada, devido à maior área foliar (Jwa & Walling, 2001; Li *et al.*, 2003). As alterações também incluem maior eficiência do uso da água e do nitrogênio pela planta (Thompson & Drake, 1994). De um modo geral, o aumento do CO<sub>2</sub> resulta em maior crescimento de plantas do tipo C3, seguidas das C4 e das possuidoras do Metabolismo Ácido das Crassuláceas (CAM), embora algumas reduções tenham sido observadas (Idso & Idso, 1994). Além disso, plantas do mesmo grupo podem apresentar respostas diferentes.

A qualidade dos alimentos produzidos em ambientes enriquecidos com CO<sub>2</sub> pode ser alterada. A maior produção de biomassa nem sempre é acompanhada pela manutenção da qualidade nutricional dos alimentos produzidos. Idso & Idso (2001) relatam que, a partir de uma revisão realizada com 75 artigos publicados, verificou-se um decréscimo no teor de nitrogênio das plantas em 82% dos experimentos realizados, com uma redução média de 14% (base seca). Esse resultado é uma consequência do aumento do carboidrato total não estrutural das plantas devido ao estímulo de crescimento.

Assim como observado para o nitrogênio, o teor de proteínas das plantas também pode ser reduzido, promovendo efeitos deletérios em ruminantes selvagens e domésticos e insetos herbívoros (Idso & Idso, 2001). Todavia, tais reduções são mais frequentes em plantas

cultivadas em solos com teores limitantes de nitrogênio. O estímulo da fixação simbiótica de nitrogênio com o aumento de CO<sub>2</sub> pode ser, em parte, devido à maior necessidade desse nutriente no ecossistema.

O enriquecimento com CO<sub>2</sub> também pode promover alterações na fisiologia e morfologia de raízes, como: aumento da densidade de raízes, especialmente nas camadas superficiais do solo; da sua taxa de desenvolvimento e da quantidade de exsudatos liberados, que podem aumentar a infecção de micorrizas (Jwa & Walling, 2001).

Segundo Siqueira *et al.* (2001), os cenários futuros causarão redução média de 31% na produção nacional de trigo, 16% para o milho e acréscimos médios de 27% para a soja, como resultado do aumento da concentração de CO<sub>2</sub>.

### **Impactos em fatores relacionados com o solo**

As mudanças climáticas podem alterar o equilíbrio químico, físico e biológico dos solos. Grupos funcionais de microrganismos podem ser alterados, o que resultará em mudanças nos processos dos ecossistemas. A complexidade das numerosas interações entre os vários fatores ambientais que controlam as relações entre plantas e microrganismos do solo ainda não foi adequadamente elucidada. Como resultado dessa complexidade, as mudanças globais podem levar a alterações não lineares, que podem variar quanto à intensidade em diferentes regiões.

Temperaturas mais elevadas podem aumentar a taxa de decomposição da matéria orgânica, embora esse efeito possa ser compensado pela maior produção de biomassa. A reciclagem de nutrientes pode ser acelerada, podem ocorrer alterações na fixação de nitrogênio, intensificação dos processos de acidificação do solo e perdas de nitrogênio por escoamento superficial (Siqueira *et al.*, 2001).

### **Impactos em doenças de plantas**

A importância do ambiente sobre o desenvolvimento de doenças de plantas é conhecida há séculos. Sabe-se que o ambiente pode influenciar o crescimento e a suscetibilidade da planta hospedeira, a multiplicação, a sobrevivência e as atividades do

patógeno, assim como a interação entre a planta hospedeira e o patógeno. Por esse motivo, as mudanças globais constituem uma séria ameaça à agricultura, pois podem promover significativas alterações na ocorrência e severidade de doenças de plantas. Tais alterações podem representar graves conseqüências econômicas, sociais e ambientais. A análise desses efeitos é fundamental para a adoção de medidas mitigadoras, com a finalidade de evitar prejuízos futuros (Ghini, 2005).

Os microrganismos fitopatogênicos são ubíquos, em sistemas naturais ou manejados, e podem alterar a estrutura e o funcionamento dos ecossistemas. Os fitopatógenos estão entre os primeiros organismos a demonstrar os efeitos das mudanças climáticas devido às numerosas populações, facilidade de multiplicação e dispersão, além do curto tempo entre gerações. Dessa forma, constituem um grupo fundamental de indicadores biológicos que precisa ser avaliado quanto aos impactos das mudanças climáticas, pois são um dos principais fatores responsáveis por reduções de produção e podem colocar em risco a sustentabilidade do agroecossistema.

As mudanças globais podem alterar o atual cenário fitossanitário da agricultura brasileira. Certamente, num futuro próximo, ocorrerão modificações na importância relativa de cada doença de planta. O impacto econômico pode ser positivo, negativo ou neutro, pois as mudanças podem diminuir, aumentar ou não ter efeito sobre os diferentes patossistemas, em cada região. As estratégias de mitigação devem considerar todas essas possibilidades. Para as culturas com maior risco de perdas, a obtenção de variedades resistentes deve ser iniciada o quanto antes, pois essa estratégia requer um maior tempo de desenvolvimento. Além disso, diante dos efeitos das mudanças globais, no controle biológico natural e nas opções de controle químico, novas estratégias deverão ser estudadas e, para tanto, a pesquisa deve estar preparada para enfrentar o novo problema que pode alterar o manejo de doenças de plantas (Chakraborty, 2001).

O ambiente influencia todos os estádios de desenvolvimento, tanto do patógeno quanto da planta hospedeira, assim como da doença, nas diversas etapas do ciclo das relações patógeno-hospedeiro. Além desses, também pode afetar outros organismos com os quais a planta e o patógeno interagem, como microrganismos endofíticos, saprófitas ou antagonistas. Assim, numa área onde tanto a planta hospedeira como o patógeno estão presentes, o

aparecimento e o desenvolvimento da doença são determinados pelo ambiente. Importantes doenças podem se tornar secundárias se as condições ambientes não forem favoráveis.

Manning & Tiedemann (1995) analisaram os efeitos potenciais do aumento da concentração de CO<sub>2</sub> sobre doenças de plantas, baseados nas respostas das plantas nesse novo ambiente. O aumento de produção de biomassa da planta, isto é, o aumento de brotações, folhas, flores e frutos, representa uma maior quantidade de tecido que pode ser infectado pelos fitopatógenos. O aumento do teor de carboidratos pode estimular o desenvolvimento de patógenos dependentes de açúcares, como ferrugens e oídios. O aumento da densidade da copa e tamanho das plantas pode promover um maior crescimento, esporulação e disseminação de fungos foliares, que requerem alta umidade do ar, mas não chuva, como as ferrugens, oídios e fungos necrotróficos. O aumento de resíduos das culturas pode significar melhores condições para a sobrevivência de patógenos necrotróficos. A redução da abertura de estômatos pode inibir patógenos que penetram por essa abertura, como ferrugens, míldios e alguns necrotróficos. A redução do período de vegetação da planta, com colheita e senescência precoces, pode diminuir o período de infecção de patógenos biotróficos e aumentar os necrotróficos. O aumento da biomassa de raízes amplia a quantidade de tecido a ser infectado por micorrizas ou patógenos veiculados pelo solo, mas pode compensar a perda causada pelos patógenos. A maior exsudação das raízes pode estimular tanto patógenos quanto antagonistas (promotores de crescimento da planta). Tais alterações podem ter grande influência no desenvolvimento de epidemias.

Outros organismos que interagem com o patógeno e a planta hospedeira também podem ser afetados pelas mudanças climáticas, resultando em modificações na incidência das doenças. Doenças que requerem insetos ou outros vetores podem sofrer uma nova distribuição geográfica ou temporal, que será resultante da interação ambiente-planta-patógeno-vetor (Sutherst *et al.*, 1998). Aumentos na temperatura ou incidência de secas podem estender a área de ocorrência da doença para regiões onde o patógeno e a planta estão presentes, mas o vetor ainda não atuava. Fungos micorrízicos, microrganismos endofíticos e os fixadores de nitrogênio também podem sofrer os efeitos das mudanças climáticas, acarretando alterações na severidade de doenças.

### Mudanças na distribuição geográfica de pragas e doenças

O aumento da temperatura do planeta altera as zonas agroclimáticas e interfere diretamente na distribuição geográfica das doenças de plantas. No Brasil, Ghini *et al.* (2005) e Hamada *et al.* (2005) confeccionaram mapas de distribuição espacial de nematóides (raças 1, 2 e 4 de *Meloidogyne incognita* do cafeeiro) e do bicho-mineiro-do-cafeeiro (*Leucoptera coffeella*) para os cenários atuais e futuros centrados nas décadas de 2020, 2050 e 2080 (cenários extremos A2 e B2). Os cenários futuros foram obtidos pela média de cinco modelos (ECHAM4, HadCM3, CGCM1, CSIRO-Mk2b e CCSR/NIES) disponibilizados pelo IPCC-DDC (2004). Por meio de modelos para previsão do número de gerações anuais do nematóide e do bicho-mineiro, os mapas foram elaborados, com resolução espacial de 0,5 X 0,5 graus, de latitude e longitude, utilizando um Sistema de Informações Geográficas (SIG).

Os mapas obtidos de distribuição geográfica do número provável de gerações de *M. incognita* e do bicho-mineiro-do-cafeeiro para os cenários futuros demonstram que poderá haver um aumento na infestação quando se compara com a situação climática atual, média dos últimos 30 anos. De um modo geral, para as décadas de 2020 e 2050, há pouca diferença entre o número provável de gerações anuais do bicho-mineiro-do-cafeeiro obtido para os cenários A2 e B2. Tais diferenças apresentam-se acentuadas para o período de 2080, isto é, há uma maior área do país com maior número de gerações no cenário A2 que no B2.

Tendência semelhante foi obtida para as raças de *M. incognita* do cafeeiro, isto é, ocorrerá um aumento no número de gerações anuais nos cenários futuros. As raças 1 e 2 apresentaram um desenvolvimento mais intenso que a raça 4, como pode ser observado também no cenário atual. Por se tratar de um fitopatógeno habitante do solo, o principal método de controle consiste na adoção de medidas preventivas, evitando a entrada do nematóide na área. Porém, após seu estabelecimento, uma estratégia de controle deve ser elaborada, pois a infestação compromete seriamente a produtividade.

## Considerações finais

É fundamental o estudo dos impactos das mudanças climáticas sobre a agricultura, com a finalidade de minimizar perdas de produção e de qualidade, auxiliando a escolha de estratégias para contornar os problemas. Os especialistas das diferentes áreas relacionadas com agricultura precisam ir além de suas disciplinas e posicionar os impactos das mudanças climáticas em um contexto mais amplo, que envolve todo o agroecossistema.

Entre as principais dificuldades encontradas nesse tipo de estudos destacam-se: a contínua incerteza sobre a exata magnitude das alterações climáticas que ocorrerão nos próximos 25 a 50 anos; a possibilidade de ocorrerem complexas interações entre os componentes da mudança climática; a limitação do conhecimento sobre como essas mudanças afetarão os processos biológicos que ocorrem em escalas regionais ou locais, em curto espaço de tempo; e o problema da separação dos efeitos diretos (por exemplo, sobre o patógeno) dos efeitos indiretos (por exemplo, pelo efeito em agentes de controle biológico ou mudanças na fisiologia da planta hospedeira).

## Referências

ASSAD, E.D.; PINTO, H.S.; ZULLO JUNIOR, J.; ÁVILA, A.M.H. Impacto das mudanças climáticas no zoneamento agroclimático do café no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39, n.11, p.1057-1064, 2004.

CHAKRABORTY, S. Effects of climate change. In: WALLER, J. M. L.; WALLER, S. J. (Ed.). **Plant pathologist's pocketbook**. Wallingford: CAB International, 2001. p. 203-207.

GHINI, R. **Mudanças climáticas globais e doenças de plantas**. Jaguariúna, SP: Embrapa Meio Ambiente, 2005, 104p.

GHINI, R.; HAMADA, E.; PEDRO JÚNIOR, M. J.; GONÇALVES, R. R.; PEREIRA, D. A.; MARENGO, J. A. Efeito de mudanças climáticas globais sobre a distribuição espacial de

*Meloidogyne incognita* e do bicho-mineiro do cafeeiro. **Fitopatologia Brasileira**, v.30, Suplemento, p.169, 2005.

HAMADA, E.; GHINI, R.; PEDRO JÚNIOR, M. J.; MARENGO, J. A. Efeito de mudanças climáticas globais sobre a distribuição espacial do número provável de gerações do bicho-mineiro do cafeeiro. CBAgro 2005 XIV Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, 18 a 21/7/2005, Unicamp, Campinas/SP.

IDSO, K. E.; IDSO, S. B. Plant responses to atmospheric CO<sub>2</sub> enrichment in the face of environmental constraints: a review of the past 10 years' research. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 69, n. 3-4, p. 153-203, 1994.

IDSO, S. B.; IDSO, K. E. Effects of atmospheric CO<sub>2</sub> enrichment on plant constituents related to animal and human health. **Environmental and Experimental Botany**, v. 45, p. 179-199, 2001.

INTERGOVERNMENTAL PAINEL ON CLIMATE CHANGE. Climate Change 2001: the scientific basis IPCC WG I, TAR., 2001, 881p. (<http://www.ipcc-wg2.org/index.html>, consultado em 27/08/2004).

JONES, M. H.; CURTIS, P. S. Bibliography on CO<sub>2</sub> effects on vegetation and ecosystems: 1990-1999 literature. ORNL/CDIAC-129. Disponível: <http://cdiac.esd.ornl.gov/epubs/cdiac/cdiac129/cdiac129.html>. 2000. Acesso em: 04 abr. 2003.

JWA, N. S.; WALLING, L. L. Influence of elevated CO<sub>2</sub> concentration on disease development in tomato. **New Phytologist**, v. 149, n. 3, p. 509-518, 2001.

LI, F.; KANG, S.; ZHANG, J.; COHEN, S. Effects of atmospheric CO<sub>2</sub> enrichment, water status and applied nitrogen on water- and nitrogen-use efficiencies of wheat. **Plant and Soil**, v.254, n.2, p.279-289, 2003.

LIMA, M. A. de; CABRAL, O. M. R.; MIGUEZ, J. D. G. (Ed.). **Mudanças climáticas globais e a agropecuária brasileira**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2001. 397 p.

LOLADZE, L. Rising atmospheric CO<sub>2</sub> and human nutrition: toward globally imbalanced plant stoichiometry? **Trends in Ecology & Evolution**, v. 17, n. 10, p. 457-461, 2002.

MANNING, W. J.; TIEDEMANN, A V. Climate change: potential effects of increased atmospheric carbon dioxide (CO<sub>2</sub>), ozone (O<sub>3</sub>), and Ultraviolet-B (UV-B) radiation on plant diseases. **Environmental Pollution**, v. 88, n. 2, p. 219-245, 1995.

MUDANÇA DO CLIMA: volume I: **Negociações internacionais sobre a mudança do clima: vulnerabilidade, impactos e adaptação à mudança do clima**. Brasília, DF: Núcleo de Assuntos Estratégicos da Presidência da República, 2005. 250p. (Cadernos NAE, 3).

PRITCHARD, S. G.; AMTHOR, J. S. **Crops and environmental change: an introduction to effects of global warming, increasing atmospheric CO<sub>2</sub> and O<sub>3</sub> concentrations, and soil salinization on crop physiology and yield**. New York: Food Products Press, 2005. 421p.

SIQUEIRA, O. J. W., SALLES, L. A. B. Efeitos potenciais das mudanças climáticas da agricultura brasileira e estratégias adaptativas para algumas culturas. **Mudanças climáticas globais e a agropecuária brasileira**. M. A. de LIMA, O. M. R. CABRAL; J. D. G. MIGUEZ. Jaguariúna, Embrapa Meio Ambiente. p.33-63. 2001.

SIQUEIRA, O. J. W., S. STEINMETZ, et al. Mudanças climáticas projetadas através dos modelos GISS e reflexos na produção agrícola brasileira. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 8, n.2, p. 311-320, 2000.

SUTHERST, R.W.; INGRAM, J.S.I.; SCHERM, H. Global change and vector-borne diseases. **Parasitology Today**, v. 14, p. 297-299, 1998.

THOMPSON, G. B.; BROWN, J. K. M.; WOODWARD, F. I. The effects of host carbon dioxide, nitrogen and water supply on the infection of wheat by powdery mildew and aphids. **Plant, Cell and Environment**, v. 16, p. 687-694, 1993.