

**EFEITO DA RADIAÇÃO UV-B NO CONTROLE BIOLÓGICO DE *Botrytis cinerea*
DO MORANGO COM *Clonostachys rosea***

Nechet, K. L; Bettiol, W¹.; Halfeld-Vieira, B. A.

Embrapa Meio Ambiente

Problema abordado

Dentre a radiação ultravioleta que incide sobre a superfície terrestre, 95% é composta pela radiação UV-A (315-400 nm) e 5% pela radiação UV-B (290-315 nm). Tanto a radiação UV-B quanto a UV-A provenientes do sol exercem efeitos distintos sobre as células dos organismos. A UV-B é absorvida diretamente por ácidos nucleicos, lipídios e proteínas, o que leva à formação de vários tipos de fotoprodutos que comprometem a estrutura e a função dessas macromoléculas, entre elas o DNA (KUNZ et al., 2007; MPOLOKA, 2008).

A camada de ozônio, juntamente com outros gases atmosféricos é responsável por filtrar parte da radiação UV-B. Com os estudos demonstrando a diminuição da camada de ozônio espera-se o aumento da radiação UV-B na superfície terrestre (MADRONICH et al., 1995). De 1960-2000 a estimativa de diminuição da camada de ozônio foi em torno de 5% (FIOLETOV et al., 2002). Estima-se que uma redução de 1% no ozônio total poderia causar um aumento de 1,2% na radiação UV biologicamente ativa (KRZÝSCIN, 1996). O nível de radiação UV-B é variável e influenciado por vários fatores, principalmente a latitude, altitude, estação do ano. Além disso, outros fatores como nebulosidade e dispersão de aerossóis atmosféricos e poluentes também contribuem para essa variação (JENKINS, 2009). No Hemisfério sul estima-se um aumento de 40% na radiação UV-B entre 2010-20 e de 27% durante 2050-50 baseado no modelo GISS (Global Climate/Middle Atmospheremodel of Goddard Institute for Space Studie) (TAALAS et al., 2000).

Embora a alteração e a projeção de aumento da radiação UV-B seja um parâmetro difícil de ser verificado dentro do cenário de mudanças climáticas, vários estudos têm demonstrado o efeito do aumento da radiação UV-B em diferentes ecossistemas e organismos (BRAGA et al., 2002; PANCOTTO et al., 2005; ROZEMA et al., 1999). Para patossistemas, a maioria das informações disponíveis é oriunda de estudos em condições controladas o que torna difícil correlacionar com o cenário real (PAUL, 2000). Em condições controladas o efeito da radiação UV-B é superestimada uma vez que são utilizadas doses altas e constantes durante todo o experimento (CALDWELL; FLINT, 1994). Poucos estudos têm sido realizados em condições de campo (FLINT; CALDWELL, 2003).

No Brasil, experimentos simulando o aumento da radiação UV-B em campo estão sendo conduzidos na Embrapa Meio Ambiente visando estudar o efeito desse parâmetro em doenças de plantas (GHINI et al, 2012). Recentemente, esse sistema foi aperfeiçoado e permitiu obter uma curva de luminosidade mais próxima da radiação ambiente o que melhora a qualidade dos resultados obtidos. Como estudo de caso foi escolhido a interação morangueiro (*Fragaria x ananassa* Duch.) com o patógeno *Botrytis cinerea* Pers.:Fr., agente causal do mofo cinzento, e o fungo *Clonostachys rosea* (Link: Fr.) Schroers, Samuels, Siefert & Gams (*Gliocladium roseum* Bainier), Atualmente, a cultura do morangueiro é considerada no Brasil uma commodity, devido o seu valor agregado, à área plantada (4000 ha) e produtividade (145 mil toneladas). O mofo cinzento é uma das principais doenças do morangueiro no Brasil, ocasionando perdas tanto em condições de campo como em pós-colheita, chegando a destruir 70% dos frutos (TANAKA et al., 2005). O fungo tem uma ampla gama de hospedeiros e várias medidas de controle são utilizadas para o manejo da doença, baseado principalmente na aplicação de fungicidas. Essa prática causa problemas de resíduos em frutos e a seleção de isolados resistentes do patógeno, e nesse contexto, o controle biológico vem sendo estudado como uma estratégia alternativa baseado na supressão da esporulação do patógeno pelo fungo antagonista *C. rosea* em várias culturas, entre elas o morangueiro (COTA et al., 2005; COTA et al., 2008).

Assim, através de experimentos de simulações com aumento da radiação UV-B em condições controladas e de campo utilizando a interação *B. cinerea* x morango x *C. rosea* foi possível estudar as alterações biológicas dos fungos, de susceptibilidade do hospedeiro e de eficiência antagônica do agente de controle biológico.

Objetivo

Determinar o efeito do aumento da radiação UV-B na interação do fungo *Botrytis cinerea*, agente causal do mofo cinzento em morangueiro e seu agente de controle biológico *Clonostachys rosea*, considerando como parâmetros: o dano direto da radiação, alterações na incidência da doença, na eficiência do antagonista e na expressão de enzimas de defesa do hospedeiro.

Principais contribuições

Os resultados representam um avanço de conhecimento levando em conta que o estudo representa uma das poucas informações sobre patossistemas no Brasil considerando o aumento da radiação UV-B em um cenário de mudanças climáticas. Em condições controladas foi possível identificar isolados dos fungos tolerantes a diferentes doses de radiação UV-B, sendo *B. cinerea* com maior germinação relativa do que *C. rosea* nessas condições. Em condições de simulação de aumento de radiação UV-B no campo os resultados indicaram não haver alteração na incidência de perdas de frutos por infecção latente de *B. cinerea* em função do aumento da radiação UV-B e mesmo nessas condições o agente de controle biológico *C. rosea* não perdeu sua eficiência antagônica. Esse é um importante resultado prático, pois indica que o agente de controle biológico poderá ser mantido como uma medida de controle dentro do manejo integrado da doença na cultura do morangueiro.

Outra contribuição científica importante foram os resultados em relação ao hospedeiro. Em vários trabalhos postula-se que a radiação UV-B, atuando como um stress

abiótico, causa um aumento das atividades de enzima da plantas, aumentando teoricamente a resistência das mesmas às doenças. Entretanto, observou-se que plantas submetidas ao aumento da radiação UV-B apresentaram menor teor de proteínas totais e de atividade das enzimas peroxidases e quitinases. Embora esse resultado não tenha sido relacionado com maior incidência do mofo cinzento nos ensaios, pode-se testar hipóteses de que nessas condições as plantas estejam mais suscetíveis à ocorrência de outros patógenos.

Outro resultado do projeto está relacionado à metodologia do simulador de UV-B em campo. O projeto financiou a melhoria do sistema de simulação de aumento de radiação UV-B no campo permitindo obter uma curva de luminosidade mais próxima da radiação ambiente o que melhora a qualidade dos resultados obtidos. Esse sistema foi o primeiro no Brasil a ser implementado e está servindo de modelo para outras unidades da Embrapa, como a Embrapa Arroz e Feijão, que estudará os mesmos efeitos em outros patossistemas. A avaliação de proteção intelectual desse processo tecnológico foi encaminhada ao CLPI da Embrapa Meio Ambiente. O uso da mesma metodologia em ensaios de campo permitirá a comparação do efeito do aumento da radiação UV-B em diferentes culturas e patógenos de importância econômica para o Brasil e como consequência traçar um perfil de impacto na incidência e severidade de doenças de plantas num cenário de mudanças climáticas em que haja aumento da radiação UV-B.

Impactos

Sociais

A cultura do morango é uma atividade que utiliza cerca de cinco pessoas por hectare, que estão envolvidas desde a instalação da cultura no campo até a colheita, seleção, classificação e a embalagem dos frutos. Embora o país ainda importe algumas toneladas de fruto para o processamento industrial, nota-se a cada ano um decréscimo na importação em função do aumento da produção nacional que aos poucos supre o mercado nacional. Atualmente, a cultura ocupa em torno de 4.000 hectares com uma produção de 145 mil toneladas (TREVISAN, 2012). Nesse contexto, as informações geradas pelo projeto contribuem para a manutenção do uso do agente de controle biológico *C. rosea* no manejo do mofo cinzento do morangueiro, uma vez que foi selecionado um isolado resistente ao aumento da dose de radiação UV-B. O uso de controle alternativo no manejo de doenças na cultura do morangueiro é um dos principais desafios da Produção Integrada de Morango (PIMO) que preza, entre outros aspectos, tanto pela segurança das pessoas que trabalham diretamente na atividade agrícola como pela segurança alimentar dos consumidores.

Econômicos

A análise do impacto potencial das mudanças climáticas nas doenças de plantas é essencial para a adoção de medidas de controle. Medidas de controle devem ser utilizadas de maneira correta e direcionadas ao problema-alvo, caso contrário oneram ainda mais o custo de produção e podem não ser efetivas. O mofo cinzento pode reduzir em até 70% a produção do morangueiro, do campo até a colheita, e a pressão pela redução do uso de controle químico em patossistemas importantes, faz com que ocorra um aumento do mercado interessado no controle biológico. Os estudos com o

fungo *C. rosea* vem sendo realizado há anos e atualmente, algumas empresas de produtos biológicos estão em fase de testar produtos formulados à base desse fungo. As informações geradas pelo projeto permitem adaptar o manejo integrado dessa doença com a escolha do isolado tolerante à radiação UV-B evitando assim perda de investimento e tempo de pesquisa na disponibilização de um produto biológico não tolerante ao aumento de radiação UV-B e que pode ter perda de eficiência no campo.

Ambientais

No contexto das mudanças climáticas, as interações complexas que envolvem o estabelecimento de um agente de controle biológico no patossistema podem sofrer alterações significativas na incidência e severidade da doença e na eficácia do método de controle e pode representar graves consequências ambientais, como o abandono do manejo integrado de doenças já estabelecidos. Os resultados do projeto permitiram adquirir o conhecimento antecipado de que não haverá alteração no dano causado pelo mofo cinzento e, principalmente identificar um isolado de *C. rosea* tolerantes à radiação e que não perde sua eficiência como antagonista. Esse isolado futuramente pode ser incorporado aos programas de controle biológico do mofo cinzento do morangueiro contribuindo assim para a manutenção das medidas de controle da doença dentro do manejo integrado mesmo em um cenário de aumento da radiação UV-B.

Referências

BRAGA, G. U. L.; RANGEL, D. E. N.; FLINT, S. D.; MILLER, C. D.; ANDERSON, A. J.; ROBERTS, D. W. Damage and recovery from UV-B exposure in conidia of the entomopathogens *Verticillium lecanii* and *Aphanocladium album*. **Mycologia**, New York, v. 94, p. 912-920, 2002.

CALDWELL, M. M; FLINT, S. D. Stratospheric ozone reduction, solar UV-B radiation and terrestrial ecosystems. **Climatic Change**, Dordrecht, v. 28, p. 375-394, 1994.

COTA, L. V.; MAFFIA, L. A.; MIZUBUTI, E. S. G.; MACEDO, P. E. F.; ANTUNES, R. F. Biological control of strawberry gray mold by *Clonostachys rosea* under field conditions. **Biological Control**, San Diego, v. 46, p. 515-522, 2008.

COTA, L. V.; MAFFIA, L. A.; MIZUBUTI, E. S. G.; MACEDO, P. E. F. Biological control by *Clonostachys rosea* as a key component in the integrated management of strawberry gray mold. **Biological Control**, San Diego, v. 50, p. 222-230, 2009.

FIOLETOV, V. E.; BODEKER, G. E.; MILLER, A. J.; McPETERS, R. D.; STOLARSKI, R. Global and zonal total ozone variations estimated from ground-based and satellite measurements: 1964-2000. **Journal of Geophysical Research**, Hoboken, v. 107, p. 1-14, 2002.

FLINT, S. D.; CALDWELL, M. M. Field testing of UV biological spectral weighting functions for higher plants. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v. 117, p. 145-153, 2003.

GHINI, R.; HAMADA, E.; ANGELOTTI, F.; COSTA, L. B.; BETTIOL, W. Research approaches , adaptation strategies, and knowledge gaps concerning the impacts of

climate change on plant diseases. **Tropical Plant Pathology**, Brasília, DF, v. 37, p. 5-24, 2012.

JENKINS, G. Signal Transduction in Responses to UV-B Radiation. **Annual Review of Plant Biology**, Palo Alto, v. 60, p. 407-431, 2009

KRZÝSCIN, J. UV controlling factors and trends derived from the ground-based measurements taken at Belsk, Poland, 1976-1994. **Journal of Geophysical Research**, Hoboken, v. 101, p. 16797-16805, 1996.

KUNZ, B. A.; CAHILL, D. M.; MOHR, P. G.; OSMOND, M. J. ; VONARX, E. J. Plant responses to UV radiation and links to pathogen resistance. **International Review of Cytology**, New York, v. 255, p. 1-40, 2007.

MADRONICH, S.; McKENZIE, R. L.; CALDWELL, M. M.; BJORN, L. O. Changes in ultraviolet radiation reaching the earth's surface. **Ambio**, Stockholm, v. 24, p. 143-152, 1995.

MPOLOKA, S. W. Investigating evidence for UV-B induced mutagenesis in *Dimorphotheca sinuata* using the 18S rDNA and rbcL gene sequences. **Advances in Environmental Biology**, Amman, v. 2, p. 81-88, 2008.

PAUL, N. D. Stratospheric ozone depletion, UV-B radiation and crop disease. **Environmental Pollution**, Barking, v. 108, p. 343-355, 2000.

PANCOTTO, V. A. ; SALA, O. E.; ROBSON, T. M.; CALDWELL, M. M. ; SCOPEL, A. L. Direct and indirect effects of solar ultraviolet-B radiation on long-term decomposition. **Global Change Biology**, Oxford, v. 11, p. 1982-1989, 2005.

ROZEMA, J.; TERAMURA, A.; CALDWELL, M. Atmospheric CO₂ enrichment and enhanced solar ultraviolet-B radiation: gene to ecosystem responses. In: LUO, Y.; MOONEY, H. A. (Ed.). **Carbon dioxide and environmental stress**. San Diego: Academic Press, 1999. p. 169-191.

TAALAS, P.; KAUROLA, J.; KYLLING, A.; SHINDELL, D.; SAUSEN, R.; DAMERIS, M.; GREWE, V. HERMAN, J.; DAMSKI J.; STEIL, B. The impact of greenhouse gases and halogenated species on future solar UV radiation doses. **Geophysical Research Letters**, Washington, DC, v. 27, p.1127–1130, 2000.

TANAKA, M. A. S.; BETTI, J. A.; KIMATI, H. Doenças do morangueiro. In: KIMATI, H.; AMORIM, L.; REZENDE, J.A.M.; BERGAMIN FILHO, A.; CAMARGO, L.E.A. **Manual de fitopatologia**: v. 2: doenças de plantas cultivadas. São Paulo: Agronomica Ceres, 2005. p.489-500.

TREVISAN, A. E. Morangos hidropônicos sabor e lucro. **Revista Campo & Negócios**, Uberlândia, n. 91, 9 p. 2012.