

Sensibilidade de isolados de fungos entomopatogênicos às radiações solar, ultravioleta e à temperatura

Sensibility of isolates of entomopathogenic fungi to solar radiation, ultraviolet rays and temperature

Manuela Teodoro de Oliveira¹, Antonio Carlos Monteiro^{1*}, Newton La Scala Júnior², José Carlos Barbosa², Dinalva Alves Mochi¹

RESUMO: Este trabalho teve por objetivo avaliar a sensibilidade de isolados dos fungos *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) Sorok. e *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. ao efeito das radiações solar e ultravioleta e da temperatura. Conídios dos isolados foram expostos, por vários períodos, aos raios de um simulador solar em diversas irradianças e a uma lâmpada de raios ultravioleta germicida. Os conídios do isolado de *M. anisopliae* foram também expostos às temperaturas de 19,5; 24,2 e 31,0°C, e os do isolado de *B. bassiana* a 19,4; 20,8 e 28,3°C, e 18,7; 23,8 e 30,9°C. Avaliou-se a germinação de conídios pelo teste de viabilidade. Os isolados dos fungos se mostraram bastantes sensíveis aos raios do simulador solar e aos raios ultravioleta. A germinação de ambos sofreu significativa redução a partir de 30 minutos de exposição à radiação do simulador solar. O efeito mais severo foi evidenciado pelo isolado de *B. bassiana*, com grande redução da germinação dos conídios em todas as irradianças testadas. A sensibilidade à radiação ultravioleta também foi grande, pois ocorreu acentuada redução da germinação dos conídios do isolado de *M. anisopliae* (38,2%) e de *B. bassiana* (65%) já aos 30 segundos de exposição. A temperatura afetou a viabilidade de ambos os fungos. Temperaturas entre 23,8 e 31°C favoreceram a germinação dos conídios, enquanto temperaturas próximas de 20°C dificultaram a germinação.

PALAVRAS-CHAVE: *Beauveria bassiana*; *Metarhizium anisopliae*; controle biológico; exposição à luz.

ABSTRACT: This study aimed to access the sensibility of isolates of the fungus *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) Sorok. and *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. to the effect of solar and ultraviolet radiation and temperature. Conidia were exposed for various periods to the rays from a solar simulator at various irradiances, and to light germicidal ultraviolet rays. Conidia of the isolate of *M. anisopliae* were also exposed to temperatures of 19.5, 24.2 and 31.0°C and the isolate of *B. bassiana* to 19.4, 20.8 and 28.3°C, and also to 18.7, 23.8 and 30.9°C. The germination of conidia was evaluated by the viability test. The fungal isolates showed to be very sensitive to the solar simulator and ultraviolet rays. Germination of both was significantly decreased starting from 30 minutes of exposure to the rays of the solar simulator. The most severe effect was evidenced by the isolate of *B. bassiana* with great reduction in conidia germination in all the tested irradiances. Sensitivity to ultraviolet radiation was also great, showing a marked reduction in the germination of *M. anisopliae* (38.2%) and *B. bassiana* (65%) conidia after 30 seconds of exposure. The temperature affected the viability of both fungi. Temperatures ranging of 23.8 to 31°C favor the germination of conidia while temperatures around 20°C constrained germination.

KEYWORDS: *Beauveria bassiana*; *Metarhizium anisopliae*; biological control; light exposure.

¹Departamento de Produção Vegetal, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista (UNESP) – Jaboticabal (SP), Brasil.

²Departamento de Ciências Exatas; UNESP – Jaboticabal (SP), Brasil.

*Autor correspondente: montecar@fcav.unesp.br

Recebido em: 12/12/2013. Aceito em: 30/10/2015

INTRODUÇÃO

Os fungos entomopatogênicos são considerados importantes agentes para o controle biológico de pragas (INGLIS *et al.*, 2008). Entre os mais utilizados se encontram o *Metarhizium anisopliae* e *Beauveria bassiana* (ALVES, 1998).

M. anisopliae ganhou especial atenção dos pesquisadores brasileiros quando foi observada sua ocorrência epizootica sobre *Mahanarva posticata* (Stal) (Hemiptera: Cercopidae), a cigarrinha da folha da cana-de-açúcar, resultando em conhecido programa de utilização do fungo para o controle dessa praga (ALVES, 1998). Com a expansão do sistema de colheita mecanizada da cana-de-açúcar, vários trabalhos (ALMEIDA *et al.*, 2004; DINARDO-MIRANDA *et al.*, 2004) mostraram que o fungo pode ser utilizado com sucesso no controle da cigarrinha-da-raiz *Mahanarva fimbriolata* (Stal) (Hemiptera: Cercopidae).

Devido à sua distribuição cosmopolita e frequente presença na natureza, *Beauveria bassiana* é um dos mais encontrados e reconhecidos fungos patógenos de insetos (REHNER, 2005). No Brasil usam-se aplicações do fungo para o controle de pragas de culturas importantes como a broca-do-cafeeiro *Hypothenemus hampei* Ferrari (Coleoptera: Scolytidae) (NEVES *et al.*, 2010) e a broca-da-bananeira *Cosmopolites sordidus* Germar (Coleoptera: Curculionidae) (BATISTA FILHO *et al.*, 2010).

Quando aplicados no campo, os entomopatógenos estão sujeitos à ação de fatores bióticos e abióticos, que podem influenciar sua sobrevivência, propagação e infecção no hospedeiro. Entre os abióticos, destaca-se a radiação solar, que é um dos principais fatores ambientais capazes de diminuir o tamanho das populações de fungos e/ou reduzir a disseminação de algumas espécies no ambiente (WRAIGHT *et al.*, 2007).

A radiação ultravioleta (UV) é um dos maiores problemas ambientais que afetam esses fungos, podendo provocar danos diretos e indiretos que reduzem sua eficiência contra os insetos, atuando na germinação dos conídios e sobre os estágios iniciais do tubo germinativo (BRAGA *et al.*, 2001a, 2001b, 2001c; 2002). Os danos diretos incluem a inativação dos conídios, danos letais ao DNA e mutações. Entre os indiretos estão o aquecimento e a dessecação dos conídios (NICHOLSON *et al.*, 2000).

Outro fator importante para a sobrevivência dos fungos entomopatogênicos no campo é a temperatura. Altas temperaturas prejudicam a sobrevivência do fungo, ao passo que baixas temperaturas aumentam sua persistência, característica essa desejável (RATH, 2002). Temperaturas maiores do que 30°C dificultam o crescimento e a sobrevivência de *M. anisopliae* no solo, enquanto temperaturas medianas (21 a 27°C) favorecem o crescimento e a sobrevivência do fungo (LANZA *et al.*, 2009).

A eficiência de fungos entomopatogênicos no controle de insetos-praga depende, entre outros aspectos, de sua sobrevivência e atividade em condições compatíveis. Temperatura e

intensidade de radiação são fatores abióticos bastante variáveis e seus efeitos sobre as populações desses fungos no ambiente necessitam ser melhor conhecidos. Assim sendo, este trabalho objetivou avaliar a sensibilidade de isolados dos fungos *M. anisopliae* e *B. bassiana* ao efeito das radiações solar e ultravioleta e da temperatura.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizados os isolados JAB 68 de *M. anisopliae*, obtido de *Deois flavopicta* Stal (Hemiptera: Cercopidae), e IBCB 66 de *B. bassiana* (sensu lato), obtido de *Hypothenemus hampei* Ferrari (Coleoptera: Scolytidae). Os isolados foram mantidos em culturas estoques a 4°C, na coleção do Laboratório de Microbiologia do Departamento de Produção Vegetal da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (FCAV) da Universidade Estadual Paulista (UNESP). Para utilização nos ensaios foram cultivados em meio de batata, dextrose e ágar (BDA) a 27 ± 0,5°C por 15 dias. Esporos removidos da superfície das colônias foram transferidos para tubos contendo mistura (1:1) de solução de NaCl a 0,89% (p.v⁻¹) e solução de Tween 80® a 0,1% (v.v⁻¹). Após vigorosa agitação em agitador elétrico de tubos, as suspensões foram padronizadas, com auxílio da câmara de Neubauer, na concentração de 10⁶ conídios.mL⁻¹.

Para irradiar os conídios do isolado de *M. anisopliae* foram usadas as irradiâncias de 680, 750, 780 e 800 Wm⁻², na faixa espectral de 250 a 1150 nm. Essas irradiâncias são valores médios ocorridos nos meses de novembro e dezembro de 2008, e janeiro e fevereiro de 2009 no município de Jaboticabal, São Paulo (21° 14' 05" S e 48° 17' 09" W) (dados fornecidos pela Estação Agroclimatológica da FCAV/UNESP), meses esses geralmente de maior aplicação do fungo para o controle da cigarrinha-da-raiz da cana-de-açúcar, no período de uma safra. Os conídios do isolado de *B. bassiana* foram submetidos às irradiâncias de 590, 570, 720, 640 Wm⁻², na faixa espectral já mencionada e correspondem, respectivamente, às irradiâncias médias ocorridas no município de Jaboticabal, São Paulo, nos meses que compõem as estações climáticas do outono, inverno, primavera e verão, tomando por base o período de 2008/2009 (dados fornecidos pela Estação Agroclimatológica da FCAV/UNESP), considerando a possibilidade de aplicação do fungo em qualquer época do ano.

A irradiação foi feita utilizando um simulador solar Oriel®, modelo 68.820, Strafford, CT, USA, ajustado para emissão das irradiâncias desejadas, que foram medidas com auxílio de um radiômetro modelo 70.260, Strafford, CT, U.S.A. Em placas de Petri de 60 mm de diâmetro esterilizadas foram colocados 5 mL de suspensões de conídios que foram expostas à luz do simulador, em cada uma das irradiâncias mencionadas, por períodos de 0, 30, 60, 120 e 180 minutos. Durante a irradiação as placas de análise ficaram dispostas dentro de outra

placa de Petri de 150 mm de diâmetro contendo gelo, para evitar aquecimento pela radiação infravermelha. A irradiação foi realizada em temperatura ambiente (26 a 28°C). Para cada tratamento (irradiância e tempo de exposição) foram utilizadas três placas (repetições) e para cada placa foi feita uma suspensão de conídios.

O ensaio de exposição à radiação UV foi realizado na câmara asséptica. Suspensões de conídios (5 mL) contidas em placas de Petri de 60 mm de diâmetro esterilizadas foram submetidas, por 0, 30, 60, 120, 180 e 240 segundos a uma lâmpada de raios ultravioleta germicida Toshiba de 30W. Essas placas, em grupo de 3 por tratamento, ficaram distantes 30 cm da lâmpada e foram submetidas aos raios ultravioleta na intensidade de 12 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$, medido com auxílio de um medidor digital Instrutherm, modelo MRV 201. A irradiação foi realizada em temperatura ambiente (25 a 28°C). Após a exposição dos conídios à luz do simulador solar ou aos raios UV, foi avaliada a germinação por meio do teste de viabilidade, usando lâminas de microscopia cobertas com fina camada de BDA, conforme metodologia descrita por FRANCISCO *et al.* (2006).

No ensaio para avaliar o efeito da temperatura foram utilizados:

- para o isolado de *M. anisopliae* as temperaturas de 19,5; 24,2 e 31,0°C, que foram as médias das temperaturas mínima, mediana e máxima ocorridas nos meses de novembro e dezembro de 2008, e janeiro e fevereiro de 2009, no município de Jaboticabal, São Paulo (dados fornecidos pela Estação Agroclimatológica da FCAV/UNESP);
- para *B. bassiana* utilizou-se 19,4; 20,8 e 28,3°C, e 18,7; 23,8 e 30,9°C, que foram as médias de temperaturas mínima, mediana e máxima ocorridas em Jaboticabal, São Paulo, respectivamente, nas estações climáticas do outono e inverno, e primavera e verão, tomando por base o período de março de 2008 a março de 2009 (dados fornecidos pela Estação Agroclimatológica da FCAV/UNESP).

Para avaliar a germinação dos conídios, lâminas de microscopia cobertas com fina camada de BDA foram previamente mantidas por 6 horas em estufa ajustada com uma das temperaturas antes mencionadas, para deixar o meio na

temperatura desejada. Em seguida foi adicionada a suspensão de conídios e feita a avaliação pelo teste de viabilidade, conforme descrito por FRANCISCO *et al.* (2006).

Em todos os experimentos empregou-se o delineamento inteiramente casualizado. A germinação de conídios expostos aos raios do simulador solar foi analisada segundo o esquema fatorial 5 x 4 (5 períodos e 4 intensidades de exposição), e a germinação de conídios expostos à radiação UV foi analisada segundo o esquema fatorial 6 x 2 (6 períodos e 2 espécies fúngicas). A análise da germinação dos conídios expostos a diferentes temperaturas foi feita segundo o esquema fatorial 3 x 1 (3 temperaturas e 1 espécie fúngica). Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de significância. Para execução das análises estatísticas usou-se o programa ESTAT (1997).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os conídios do isolado de *M. anisopliae* foram severamente afetados pela exposição aos raios do simulador solar. Conídios expostos por 30 minutos às irradiâncias de 680, 750 e 800 Wm^{-2} , não tiveram a germinação afetada, mas na irradiância de 780 Wm^{-2} houve redução significativa da germinação a partir desse período de exposição. Após 120 minutos de exposição, a germinação foi menor do que 30% em todas as irradiâncias, mostrando que os conídios do isolado do fungo são pouco tolerantes à radiação solar e que a exposição por mais do que 30 minutos pode comprometer sua eficiência no controle (Tabela 1).

A irradiância teve menor interferência na germinação dos conídios do isolado do fungo do que o período de exposição. Nos períodos compreendidos entre 0 e 120 horas não houve redução da germinação dos conídios expostos às diferentes irradiâncias. Quando a exposição foi feita por 180 minutos, verificou-se menor efeito deletério sobre os conídios na irradiância de 780 Wm^{-2} , resultando em maior germinação do que a verificada nas demais irradiâncias, embora os valores de germinação tenham sido bastante baixos nesse período de exposição (Tabela 1).

Tabela 1. Germinação (%) de conídios do isolado de *Metarhizium anisopliae* expostos à radiação proveniente de um simulador solar em diferentes períodos e irradiâncias.

Período de exposição (minutos)	Irradiância (Wm^{-2})				Teste F
	680	750	780	800	
0	99,87 ^{Aa}	92,43 ^{Aa}	99,27 ^{Aa}	96,92 ^{Aa}	3,92 NS
30	91,41 ^{Aa}	78,9 ^{Aa}	85,15 ^{Ba}	87,33 ^{Ab}	0,81 NS
60	69,06 ^{Bca}	67,11 ^{Aa}	51,48 ^{Ca}	60,99 ^{Ba}	1,79 NS
120	18,61 ^{BCDa}	29,33 ^{Ba}	29,42 ^{Da}	21,33 ^{Ca}	0,49 NS
180	4,43 ^{BCDab}	1,35 ^{Bb}	8,99 ^{Ea}	1,13 ^{Cb}	5,25*
Teste F	100,7**	31,33**	920,33**	35,87**	

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna ou minúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade; NS: não significativo; *significativo a 5% de probabilidade; **significativo a 1% de probabilidade.

O isolado de *B. bassiana* mostrou grande sensibilidade à radiação do simulador solar, pois a redução da germinação variou entre 32 e 35% já aos 30 minutos de exposição, considerando todas as irradiâncias. A exposição pelos demais períodos reduziu gradativamente a germinação em todas as irradiâncias, com menor efeito na irradiância de 750 Wm⁻², onde a germinação permaneceu constante entre 30 e 60 minutos de exposição (Tabela 2).

Analisando-se o efeito da irradiância em cada período de exposição verificou-se que a germinação dos conídios do isolado de *B. bassiana* foi afetada a partir de 60 minutos de exposição (Tabela 2).

Os isolados de ambos os entomopatógenos se mostraram bastante susceptíveis à radiação UV germicida (Tabela 3). Após 30 segundos de exposição à irradiação houve significativa redução da germinação (38,2%) dos conídios do isolado de *M. anisopliae*, redução essa que se acentuou com o aumento do período de exposição, até 240 segundos quando praticamente não restaram conídios germinados. O isolado de *B. bassiana* mostrou ser mais susceptível à radiação UV germicida do que o de *M. anisopliae*, pois com 30 segundos de exposição houve 65% de redução da germinação, e essa redução se manteve com o aumento do período de exposição, encontrando-se apenas 2,6% conídios germinados após 180 minutos de exposição.

A radiação solar tem papel importante na redução da viabilidade e morte de muitos esporos (CARLILE; WATKINSON, 1994). Na maioria dos estudos realizados com fungos filamentosos observou-se redução acentuada da viabilidade dos conídios após curtos períodos de exposição à radiação solar ou radiação UV. Conídios de *B. bassiana*, *M. anisopliae* e *Metarhizium flavoviride* Gams & Rozsypal diminuíram acentuadamente a viabilidade com o aumento do período de exposição à radiação UV incidente de simulador solar (MORLEY-DAVIES et al., 1996). Conídios das linhagens ARSEF 23 e ARSEF 25 de *M. anisopliae* expostos diretamente à radiação solar por apenas 4 horas ficaram totalmente inativos (BRAGA et al., 2001c). A exposição de *B. bassiana* à radiação UV por 30 minutos ocasionou diminuição significativa no crescimento (CAGÁN; SVERCEL, 2001) e reduziu em 99,4% a viabilidade de conídios após 60 minutos de exposição (INGLIS et al., 1995). FERNANDES

et al. (2007) observaram uma considerável redução na germinação de conídios do isolado Bb 19 de *B. bassiana* após 2 horas de exposição à radiação UV-B.

Neste estudo essa redução de viabilidade foi verificada usando intensidades de radiação solar encontradas em condições naturais. A redução da germinação dos conídios decorre da necessidade das células consumirem energia para reparar danos ocasionados ao ácido nucléico e às proteínas, diminuindo a atividade celular para reparação dos sistemas lesados (HIRAO et al., 2000; ZHOU; ELLEDGE, 2000).

A sensibilidade dos conídios à radiação solar e UV está relacionada com sua coloração (BRAGA et al., 2006; RANGEL et al., 2006). A pigmentação pode influenciar na tolerância de leveduras e fungos filamentosos à radiação (BRAGA et al., 2002). Conídios com tonalidade escura, laranja, creme e marrom podem ser tolerantes ao UV, devido aos carotenoides que os protegem contra as lesões da radiação (EIJK et al., 1979). A coloração clara influencia a inativação do conídio pela UV (IGNOFFO; GARCIA, 1992). Segundo esses autores, conídios de *Aspergillus niger* Tieghem com coloração muito escura foram mais tolerantes à radiação UV do que isolados de *M. anisopliae*, *B. bassiana* e *Nomuraea rileyi* (Farlow) Samson.

Tabela 3. Germinação (%) de conídios dos isolados de *Metarhizium anisopliae* e de *Beauveria bassiana* expostos à radiação ultravioleta germicida emitida por lâmpada de 30 W.

Período de exposição (segundos)	<i>Metarhizium anisopliae</i>	<i>Beauveria bassiana</i>
0	99,66 ^A	97,17 ^A
30	61,54 ^B	33,9 ^B
60	32,09 ^C	11,05 ^C
120	12,79 ^D	5,36 ^C
180	8,05 ^{DE}	2,62 ^C
240	0,44 ^E	0,00
Teste F	381,26 ^{**}	351,11 ^{**}
C.V. (%)	9,48	12,16

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade; **Significativo a 1% de probabilidade; CV: Coeficiente de variação.

Tabela 2. Germinação (%) de conídios do isolado de *Beauveria bassiana* expostos à radiação proveniente de um simulador solar em diferentes períodos e irradiâncias.

Período de exposição (minutos)	Irradiâncias (Wm ⁻²)				Teste F
	590	520	640	750	
0	91,67 ^{Aa}	91,19 ^{Aa}	90,69 ^{Aa}	92,54 ^{Aa}	0,85 NS
30	61,99 ^{Ba}	62,36 ^{Ba}	55,5 ^{Ba}	60,75 ^{Ba}	0,48 NS
60	42,71 ^{Cbc}	47,81 ^{Bab}	25,79 ^{Cc}	60,46 ^{Ba}	3,89*
120	22,31 ^{Dab}	17,92 ^{Cab}	4,14 ^{Db}	26,86 ^{Ca}	3,96 NS
180	7,79 ^{Eab}	10,12 ^{Cab}	1,02 ^{Db}	15,12 ^{Da}	4,04 NS
Teste F	136,98 ^{**}	32,94 ^{**}	160,73 ^{**}	167,74 ^{**}	

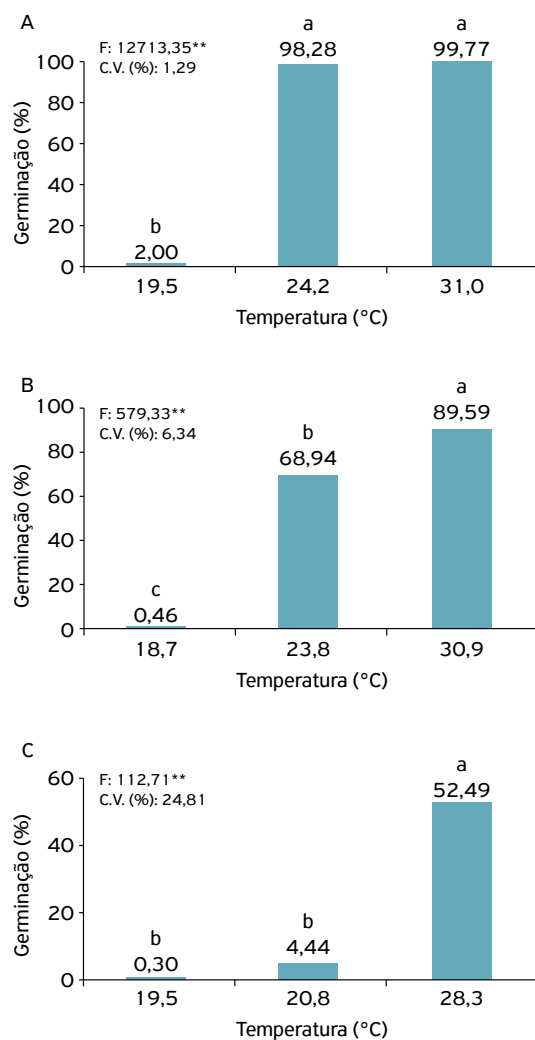
Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna ou minúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade; NS: não significativo; *significativo de 5% de probabilidade; **significativo a 1% de probabilidade.

A importância da pigmentação de conídios de *M. anisopliae* na sensibilidade à radiação solar foi estudada por BRAGA *et al.* (2006), que verificaram que os conídios com pigmentação verde escuro são mais tolerantes. *Metarhizium robertsii* cultivado em meio PDAY sob luz visível contínua produziu conídios com tolerância à radiação UV-B quase duas vezes maior do que conídios produzidos pelo cultivo do fungo no mesmo meio, mas no escuro (RANGEL *et al.*, 2011). Linhagens de *Clonostachys rosea* mostraram diferentes sensibilidades à radiação UV-B (COSTA *et al.*, 2012). Portanto, a sensibilidade de linhagens ou isolados fúngicos às radiações solar e UV pode variar (RANGEL *et al.*, 2006). A diferença na sensibilidade dos isolados dos fungos utilizados neste trabalho à radiação do simulador solar e UV pode ser atribuída à pigmentação dos conídios, pois os de *M. anisopliae* têm coloração verde, devido à presença de pigmentos na parede, enquanto os conídios de *B. bassiana* têm coloração branca, provavelmente com pouco pigmento na parede.

A germinação dos conídios dos isolados de ambos os fungos foi afetada pela temperatura. Nas temperaturas de 24,2 e 31°C, a germinação dos conídios do isolado de *M. anisopliae* foi maior do que 98%, enquanto que a 19,5°C houve drástica redução da germinação (Fig. 1A). Essas temperaturas correspondem às médias ambientais obtidas no período de novembro a fevereiro, meses em que normalmente mais ocorre a aplicação de *M. anisopliae* para o controle da cigarrinha-da-raiz da cana-de-açúcar. Os resultados sugerem que os períodos mais frios do dia podem prejudicar a germinação do conídio, devendo ser evitados para aplicar o fungo no campo.

No período compreendido pelas estações climáticas da primavera e verão, onde predominaram temperaturas médias maiores do que 23,8°C, houve maior germinação dos conídios do isolado de *B. bassiana* (Fig. 1B). Nas estações do outono e inverno, com temperaturas médias próximas a 20°C, a germinação dos conídios foi drasticamente reduzida (Fig. 1C).

Temperatura e luz são fatores ambientais que regulam o desenvolvimento e processos fisiológicos da maioria dos organismos (BABITHA *et al.*, 2008). Segundo ISKANDAROV *et al.* (2006), a melhor germinação dos conídios de *B. bassiana* e *M. anisopliae* ocorre na faixa de 20 a 35°C. Isolados de *M. anisopliae* var. *anisopliae* e *M. anisopliae* var. *acridum* obtidos nas latitudes 61°N a 54°S apresentaram grande variabilidade na tolerância à temperatura. Em geral, isolados provenientes de latitudes mais altas demonstraram maior suscetibilidade ao calor do que isolados obtidos perto da região equatorial (Rangel *et al.*, 2005). Os resultados deste estudo mostraram que a temperatura pode interferir no desempenho desses fungos como bioagentes de controle de pragas e que o emprego de *B. bassiana* no outono e inverno pode ser prejudicado, visto que temperaturas baixas dificultam a germinação dos conídios.



Médias acompanhadas de mesma letra minúscula não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade; **significativo a 1% de probabilidade; C.V.: coeficiente de variação.

Figura 1. Germinação de conídios do isolado de *Metarhizium anisopliae* expostos às temperaturas mínima, mediana e máxima ocorridas no município de Jaboticabal, São Paulo, no período de novembro de 2008 a fevereiro de 2009 (A), e do isolado de *Beauveria bassiana* exposto às mesmas temperaturas referentes às estações climáticas da primavera e verão (B), e do outono e inverno (C), ocorridas no mesmo município, no período de março de 2008 a março de 2009.

CONCLUSÕES

Os isolados JAB 68 de *M. anisopliae* e IBCB 66 de *B. bassiana* são bastante sensíveis à exposição aos raios do simulador solar e UV, os quais promovem drástica redução da germinação de seus conídios. Os isolados são também afetados pela temperatura. Temperaturas entre 23,8 e 31°C favorecem a germinação dos conídios, enquanto temperaturas próximas a 20°C dificultam a germinação.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, J.E.M.; BATISTA FILHO, A.; SANTOS, A. Controle da cigarrinha-da-raiz da cana-de-açúcar, *Mahanarva fimbriolata*, com o fungo entomopatogênico *Metarhizium anisopliae*. *STAB: Açúcar, Álcool e Subprodutos*, Piracicaba, v.22, n.4, p.42-45, 2004.
- ALVES, S.B. Fungos entomopatogênicos. In: ALVES, S.B. (Ed.) *Controle microbiano de insetos*. 2 ed. Piracicaba: FEALQ, 1998. Cap. 11, p.289-381.
- BABITHA, S.; CARVAHLO, J.C.; SOCCOL, C.R.; PANDEY, A. Effect of light on growth, pigment production and culture morphology of *Monascus purpureus* in solid-state fermentation. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, Dordrecht, v.24, n. 11, p.2671-2675, 2008.
- BATISTA FILHO, A.; MOINO JUNIOR, A.; ALVES, S.B. Recomendações para o uso de micoinseticidas destinados ao controle da broca-dabananeira. In: ALVES, L.F.A.; NEVES PM.J.O.; FARIA, M.R. (Orgs.). *Recomendações para utilização de fungos entomopatogênicos no controle de pragas*. Piracicaba: CP2, 2010. p.21-24.
- BRAGA, G.U.L.; FLINT, S.D.; MILLER, C.D.; ANDERSON, A.J.; ROBERTS, D.W. Variability in response to UV-B among species and strains of *Metarhizium anisopliae* isolates from sites at latitudes from 61°N to 54°S. *Journal of Invertebrate Pathology*, San Diego, v.78, n.2, p.98-108, 2001a.
- BRAGA, G.U.; FLINT, S.D.; MESSIAS, C.L.; ANDERSON, A.J.; ROBERTS, D.W. Effects of UV-B irradiance on conidia and germinants of the entomopathogenic Hyphomycete *Metarhizium anisopliae*: a study of reciprocity and recovery. *Photochemistry and Photobiology*, Amsterdam, v.73, n.2, p.140-146, 2001b.
- BRAGA, G.U.; FLINT, S.D.; MILLER, C.D.; ANDERSON, A.J.; ROBERTS, D.W. Both solar UVA and UVB radiation impair conidial culturability and delay germination in the entomopathogenic fungus *Metarhizium anisopliae*. *Photochemistry and Photobiology*, Amsterdam, v.74, n.5, p.734-739, 2001c.
- BRAGA, G.U.; RANGEL, D.E.; 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 lecani* and *Aphanocladium album*. *Mycologia*, New York, v.94, n.6, p.912-920, 2002.
- BRAGA, G.U.; RANGEL, D.E.; FLINT, S.D.; ANDERSON, A.J.; ROBERTS, D.W. Conidial pigmentation is important to tolerance against solar-simulated radiation in the entomopathogenic fungus *Metarhizium anisopliae*. *Photochemistry and Photobiology*, Amsterdam, v.82, n.2, p.418-422, 2006.
- CAGÁN, L.; SVERCEL, M. The influence of ultraviolet light on pathogenicity of entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin to the European corn borer, *Ostrinia Nubilalis* Hbn. (Lepidoptera: Crambidae). *Journal of Central European Agriculture*, Zagreb, v.2, n.3-4, p.228-232, 2001.
- CARLILE, M.J.; WATKINSON, S.C. *The fungi*. San Diego: Academic Press, 1994. 428p.
- COSTA, L.B.; RANGEL, D.E.; MORANDI, M.A.; BETTIOL, W. Impact of UV-B radiation on *Clonostachys rosea* germination and growth. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, Dordrecht, v.28, n.7, p.2497-2504, 2012.
- DINARDO-MIRANDA, L.L.; VASCONCELOS, A.C.M.; FERREIRA, J.M.G.; GARCIA JUNIOR, C.A.; COELHO, A.L.; GIL, M.A. Eficiência de *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) no controle de *Mahanarva fimbriolata* (Stal) (Hemiptera: Cercopidae) em cana-de-açúcar. *Neotropical Entomology*, Londrina, v.33, n.6, p.743-749, 2004.
- ESTAT: *Sistema para análises estatísticas*. Versão 2.0. Jaboticabal: Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 1997. Disponível em: <<http://www.fcav.unesp.br/#!/informatica/software/>>. Acesso em: 10 Set. 2009.
- EIJK, G.W.; MUMMERY, R.S.; ROEYMANS, H.J.; VALADON, L.R. Comparative study of carotenoids of *Aschersonia aleyrodis* and *Aspergillus giganteus*. *Antonie van Leeuwenhoek*, Amsterdam, v.45, n.3, p.417-422, 1979.
- FERNANDES, E.K.; RANGEL, D.E.; MORAES, A.M.; BITTENCOURT, V.R.; ROBERTS, D.W. Variability in tolerance to UV-B radiation among *Beauveria* spp. isolates. *Journal of Invertebrate Pathology*, San Diego, v.96, n.3, p.237-243, 2007.
- FRANCISCO, E.A.; MOCHI, D.A.; CORREIA, A.C.B.; MONTEIRO, A.C. Influence of culture media in viability test of conidia of entomopathogenic fungi. *Ciência Rural*, Santa Maria, v.36, n.4, p.1309-1312, 2006.
- HIRAO, A.; Kong, Y.Y.; Matsuoka, S.; WAKEHAM, A.; RULAND, J.; Yoshida, H.; Liu, D.; Elledge, S.J.; MAK, T.W. DNA damage-induced activation of p53 by checkpoint kinase Chk2. *Science*, Washington, v.287, n.5459, p.1824-1827, 2000.
- IGNOFFO, C.M.; GARCIA, C. Influence of conidial color on inactivation of several entomogenous fungi (Hyphomycetes) by simulated sunlight. *Environmental Entomology*, Lanham, v.21, n.4, p.913-917, 1992.
- INGLIS, G.D.; DUKE, G.M.; GOETTEL, M.S.; KABALUK, J.T. Genetic diversity of *Metarhizium anisopliae* var. *anisopliae* in southwestern British Columbia. *Journal of Invertebrate Pathology*, San Diego, v.98, n.1, p.101-113, 2008.
- INGLIS, G.D.; GOETTEL, M.S.; JOHNSON, D.L. Influence of ultraviolet light protectants on persistence of the entomopathogenic fungus, *Beauveria bassiana*. *Biological Control*, Orlando, v.5, n.4, p.581-590, 1995.
- ISKANDAROV, U.S.; GUZALOVA, A.G.; DAVRANOV, K.D. Effects of nutrient medium composition and temperature on the germination of conidia and the entomopathogenic activity of the fungi *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae*. *Applied Biochemistry and Microbiology*, New York, v.42, n.1, p.72-76, 2006.
- LANZA, L.M.; MONTEIRO, A.C.; MALHEIROS, E.B. Sensibilidade de *Metarhizium anisopliae* à temperatura e umidade em três tipos de solos. *Ciência Rural*, Santa Maria, v.39, n.1, p.6-12, 2009.

- MORLEY-DAVIES, J.; MOORE, D.; PRIOR, C. Screening of *Metarhizium* and *Beauveria* spp. conidia with exposure to simulated sunlight and a range of temperatures. *Mycological Research*, Cambridge, v. 100, n. 1, p.31-38, 1996.
- NEVES, P.M.J.O.; MOINO JUNIOR, A.; ALVES, S.B. Recomendações para o uso de micoinseticidas destinados ao controle da broca-do-cafeeiro. In: ALVES, L.F.A.; NEVES, P.M.J.O.; FARIA, M.R. (Orgs.) *Recomendações para utilização de fungos entomopatogênicos no controle de pragas*. Piracicaba: CP2, 2010. p.25-28.
- NICHOLSON, W.L.; MUNAKATA, N.; HORNECK, G.; MELOSH, H.J.; SETLOW, P. Resistance of *Bacillus* endospores to extreme terrestrial and extraterrestrial environments. *Microbiology and Molecular Biology Reviews*, New York, v.64, n.3, p.548-572, 2000.
- RANGEL, D.E.N.; BRAGA, G.U.L.; ANDERSON, A.J.; ROBERTS, D.W. Variability in conidial thermotolerance of *Metarhizium anisopliae* isolates from different geographic origins. *Journal of Invertebrate Pathology*, San Diego, v.88, n.2, p. 116-125, 2005.
- RANGEL, D.E.N.; BUTLER, M.J.; TORABINEJAD, J.; ANDERSON, A.J.; BRAGA, G.U.L.; DAY, A.W.; ROBERTS, D.W. Mutants and isolates of *Metarhizium anisopliae* are diverse in their relationships between conidial pigmentation and stress tolerance. *Journal of Invertebrate Pathology*, San Diego, v.93, n.3, p.170-182, 2006.
- RANGEL, D.E.N.; FERNANDES, E.K.K.; BRAGA, G.U.L.; ROBERTS, D.W. Visible light during mycelial growth and conidiation of *Metarhizium robertsii* produces conidia with increased stress tolerance. *FEMS Microbiology Letters*, Oxford, v.315, n.2, p.81-86, 2011.
- RATH, A.C. Ecology of entomopathogenic fungi in field soils. In: INTERNATIONAL COLLOQUIUM ON INVERTEBRATE PATHOLOGY AND MICROBIAL CONTROL, 8, Foz do Iguaçu, PR, 2002. *Anais...* Foz do Iguaçu: Society for Invertebrate Pathology, 2002. p.65-71.
- REHNER, S.A. Ecology and evolution of fungal endophytes and their role against insects. In: VEGA, F.E.; BLACKWELL, M. (Eds.) *Insect-fungal associations: ecology and evolution*. Oxford: Oxford University Press, 2005. p.74-96.
- WRAIGHT, S.P.; INGLIS, G.D.; GOETTEL, M.S. Fungi. In: LACEY, L.A.; KAYA, H.K. (Eds.) *Field manual of techniques in invertebrate pathology*. 2 ed. Dordrecht: Springer, 2007. Cap.4, p.223-248.
- ZHOU, B.B.S.; ELLEDGE, S.J. The DNA damage response: putting checkpoints in perspective. *Nature*, London, v.408, n.6811, p.433-439, 2000.