

# Uso do *Trichoderma* na cultura da banana

*Christiana de Fátima Bruce da Silva*

*Ana Iraidy Santa Brígida*

*Carlos Alberto Kenji Taniguchi*

*Gustavo Adolfo Saavedra Pinto*

### Introdução

A banana (*Musa* spp.) é uma frutífera de importância socioeconômica em todo mundo. Segundo a FAO, o Brasil tem-se destacado, como o quarto maior produtor da fruta, com 6,17 milhões de toneladas (Banana, 2017). No país, as regiões Sudeste e Nordeste apresentaram-se como as principais produtoras, totalizando 65,77% da produção nacional (Banana, 2019). Nestas regiões, a produção de bananas tem-se concentrado principalmente nos polos de fruticultura irrigada, no qual apresentam alto nível tecnológico, bem como, em condições de agricultura de subsistência.

Durante o seu sistema de produção tem-se constatado que as plantas apresentam alta exigência de nutrientes, principalmente o nitrogênio (N) e potássio (K), necessitando de adubação adequada e abundante, para apresentar pleno desenvolvimento e produção. Em função do teor de K no solo, da idade da planta e da expectativa de produtividade, as recomendações das adubações nitrogenada e potássica podem chegar a 500 kg ha<sup>-1</sup> de N e a 750 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O. Aliado a isso, outro problema marcante enfrentado pela cultura são as doenças que acometem as plantas no campo, tais como as manchas-foliares (sigatoka-amarela e sigatoka-negra), manchas vasculares (mal-do-panamá e moko-da-bananeira), galhas e lesões nas raízes (nematoses); e, as doenças na fase de pós-colheita (antracoses e podridões). Para o manejo dessas enfermidades, várias táticas têm sido empregadas, como o uso de variedades resistentes, eliminação de fonte de inóculo, bem como o uso de defensivos agrícolas. A adoção desses produtos deve ser conduzida racionalmente, pois alguns dos defensivos são altamente tóxicos ao meio ambiente e o mercado consumidor tem exigido cada vez mais a produção sustentável das frutas. Além

disso, a aplicação desses produtos sem a supervisão de um técnico qualificado, podem ocasionar a seleção de “estirpes” resistentes dos patógenos bem como, a contaminação do solo, das águas e do homem.

Para um manejo sustentável na cultura da banana, os tratamentos culturais nos pomares, como a utilização de adubos solúveis e defensivos agrícolas, devem ser conduzidos utilizando os princípios do manejo integrado, adotando diferentes medidas alternativas aos tratamentos convencionais. Uma das estratégias seria a adoção do controle biológico e dos fungos promotores de crescimento, como os do gênero *Trichoderma*. Portanto, a seguir, serão descritas as espécies de *Trichoderma* utilizadas para promoção de crescimento, bem como para o controle biológico das principais doenças incidentes na bananeira. Além disso, serão relatados os principais mecanismos de ação desse microrganismo, para promover a bioestimulação das plantas e o biocontrole dos patógenos. Serão também discutidos os principais produtos registrados para utilização na cultura da bananeira.

### Principais espécies, ocorrência e mecanismos de ação de *Trichoderma*

Existem mais de 200 espécies de *Trichoderma* envolvidas tanto na promoção de crescimento de plantas, como no controle biológico de patógenos, nas culturas agrícolas (Atanasova et al., 2013). Para a bananeira, algumas espécies merecem destaque por serem utilizadas como bioestimulantes e/ou biocontroladores, tais como: *T. atroviride* (Waele et al., 2006; Xia et al., 2011; Cavero et al., 2015), *T. harzianum* (Moraes et al., 2006; Acosta-Suárez et al., 2013), *T. asperellum* (Xia et al., 2011; Taribuka et al., 2017), *T. gamsii*, *T. koningiopsis* (Taribuka et al., 2017), *T. longibrachiatum* (Mendes et al., 2015), *T. brevicompactum* e *T. virens* (Xia et al., 2011). Dentre as espécies, as mais utilizadas e com maior eficiência são *T. harzianum* e *T. asperellum*, por apresentarem alta competência rizosférica (Friedl; Druzhinina, 2012). Estas espécies têm sido encontradas em diferentes ambientes nos cultivos das bananeiras, tais como solo (Michereff et al., 2005; Vinale et al., 2008; Xia et al., 2011) e endofiticamente nas plantas (Pocasangre et al., 2000; Zum-Felde et al., 2002; Sikora et al. 2008; Xia et al., 2011). No caso do solo, *Trichoderma* tem preferência pelos úmidos, sem a incidência direta de raios solares e com temperaturas amenas (20 a 25 °C) e com pH mais ácido (Bhale; Rajkonda, 2012; García-Núñez et al., 2012). Em condições extremas, estes microrganismos têm a sua eficiência reduzida ou até mesmo anulada (Halfeld-Vieira et al., 2016).

A intensificação parece afetar negativamente a distribuição do fungo. O sistema de uso do solo reconhecidamente afeta seus atributos e conseqüentemente, a ocorrência de *Trichoderma*. Solos com altos teores de C, N, Mg e Fe, como os de florestas, favorecem a ocorrência desses fungos (Okoth et al., 2009). A ocorrência de espécies de *Trichoderma* também foi correlacionada positivamente com teores de Ca, Mg e Mn de solos sob diversos

maneios (Bulluck III et al., 2002). A utilização de *T. koningii* no controle do mal-do-pé do trigo foi mais eficiente em solos com maiores teores de Fe ou argila e menor pH ou teores de P-disponível (Duffy et al., 1997). Na rizosfera, *Trichoderma* são atraídos pelos exsudatos radiculares, nos quais favorecem a sua persistência ou competência em colonizar a região de atuação das raízes. Os microrganismos com grande capacidade de colonização são os mais indicados para uso como antagonistas aos patógenos e, promotor do crescimento das plantas (Vinale et al., 2008; López-Búcio et al., 2015). No sistema de produção da bananeira estes microrganismos devem também apresentar boa capacidade de adaptação ao agroecossistema, nos quais estão inseridos (Lucon, 2014). Outra característica essencial é que haja compatibilidade das espécies de *Trichoderma*, com os insumos rotineiramente utilizados no cultivo das bananeiras, como parte de um programa de manejo integrado da cultura (Lucon, 2014; Mendes et al., 2015).

Nos nichos ecológicos, nos quais as espécies de *Trichoderma* estão adaptadas, as mesmas utilizam diferentes mecanismos importantes para promoção do crescimento e antagonismo na cultura da bananeira. Os principais mecanismos envolvidos no controle biológico são a antibiose, indução de resistência, produção de metabólitos (enzimas e compostos orgânicos voláteis), micoparasitismo e competição por nutrientes e espaço (Harman et al., 2004; Vinale et al., 2008; Sarandón; Flores, 2014; Lee et al., 2016). Em um estudo, o fungo endofítico *Trichoderma* foi utilizado para o controle do nematoide carvenícola *Radopholus similis*. Observou-se que através do micoparasitismo do antagonista, houve a adesão dos conídios, germinação e colonização do corpo do nematoide, imobilizando-o. O manejo da nematose conseguiu ser eficiente (Hernández, 2003). Os isolados de *Trichoderma* podem também realizar alterações nos sítios de infecção e, conseguir adaptar o seu metabolismo a estas condições. Alguns isolados são capazes de realizar mudanças no pH nos sítios de infecção, proporcionando reduções na agressividade de patógenos (Benítez et al., 2004).

Para a promoção de crescimento os microrganismos utilizam diferentes mecanismos, podendo-se destacar: produção de hormônios (ácido indolacético, citocininas, giberelinas, ácido abscísico), aumento na solubilização de nutrientes (fosfato, ferro, cobre, manganês e zinco) e, incrementos na eficiência do uso de nutrientes, como o nitrogênio (Harman et al., 2004; Lucon, 2014). A promoção de crescimento de plantas com a aplicação de *T. harzianum* ocorre diretamente, com aumento do desenvolvimento das raízes, quanto em combinação com mecanismos indiretos, como solubilização de minerais via processos de acidificação, redução, quelatação e hidrólise (Li et al., 2015). A utilização de misturas de isolados de *Trichoderma*, com diferentes mecanismos de ação é estratégia interessante para o manejo das enfermidades e promoção de crescimento de bananeiras. Estas combinações podem favorecer a proteção das plantas, ainda mais se os microrganismos atuarem sinergicamente (Machado et al., 2012).

Estudos em desenvolvimento na Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza, Estado do Ceará tem como objetivo selecionar isolados de *Trichoderma*, oriundos da rizosfera de bananeiras, para o manejo do mal-do-panamá e promoção de crescimento de bananeiras (Figura 1).

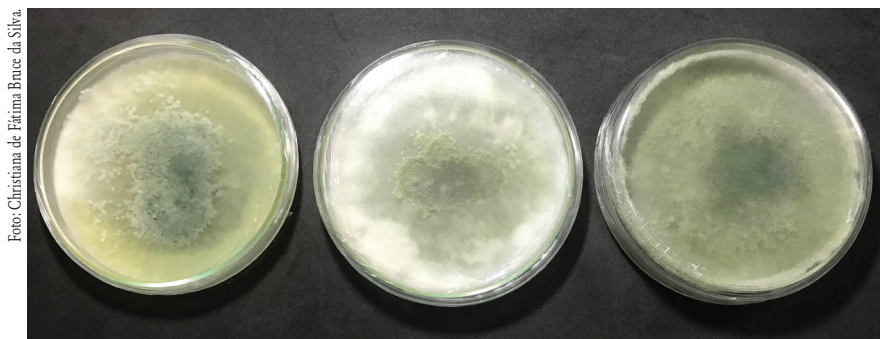


Foto: Christiana de Fátima Bener da Silva.

**Figura 1.** Isolados de *Trichoderma* sp., provenientes da rizosfera de bananeiras, com potencial para promoção de crescimento e controle de doenças na cultura da banana.

Nestes estudos, o interessante é que os isolados selecionados apresentem mecanismos de ação complementares, possibilitando assim a sua introdução na cadeia da bananicultura na região.

### Promoção de crescimento de bananeiras por *Trichoderma*

As espécies de *Trichoderma* são importantes por promoverem o desenvolvimento das plantas, possibilitando incrementos na absorção de nutrientes pelas raízes (Harman et al., 2004; López-Búcio et al., 2015; Lee et al., 2016). Estes microrganismos bioestimulantes são encontrados e melhor adaptados a solos ácidos, com presença de nutrientes e matéria orgânica (Harman et al., 2010; Sarandón; Flores, 2014). A composição da matéria orgânica parece ser crucial para o solo comportar-se como condutivo ou supressivo a sua atividade na rizosfera das plantas. Os fatores bióticos podem também ter influência na competência rizosférica dos microrganismos no solo (Simon; Sivasithamparam, 1989; Kavoo-Mwangi et al., 2013). Na rizosfera, *Trichoderma* podem interagir com outros microrganismos, como as rizobactérias e os fungos micorrízicos arbusculares, possibilitando efeitos positivos no desenvolvimento das plantas (Kavoo-Mwangi et al., 2013). Os isolados de *Trichoderma* por apresentarem alta competitividade rizosférica são capazes de aderir, reconhecer e desenvolver-se facilmente nas raízes das plantas. Estes microrganismos são resistentes às intempéries do solo, sobrevivendo à condições adversas. Por exemplo, *Trichoderma* é capaz de resistir a competição com os patógenos pelos sítios de infecção; e, até mesmo podem ficar expostos a compostos tóxicos

liberados pelas plantas, em resposta de defesa, contra os patógenos. Estas características só comprovam os benefícios da utilização destes microrganismos na agricultura (Benitez et al., 2004; Machado et al., 2012).

A bananeira apresenta fases durante o seu sistema de produção, nas quais são interessantes a participação de microrganismos bioestimuladores (Weber et al., 2000; Mia et al., 2005). Uma das fases é a aclimatização, considerada fundamental na produção de mudas (Carvalho et al., 2014). Nesta fase, as plantas apresentam uma baixa taxa de sobrevivência, pois as mesmas possuem ainda poucas reservas nutricionais e sistema radicular frágil. A associação com microrganismos, como *Trichoderma* é interessante e propicia ganhos na produção. Esta interação protege as mudas de condições estressantes, que possam vir a ocorrer na aclimatização (Marín-Guirao et al., 2016). Estudos têm demonstrado o papel fundamental das espécies de *Trichoderma*, para o desenvolvimento de bananeiras (Kavoo-Mwangi et al., 2013; Taribuka et al., 2017). A utilização de *T. harzianum*, *T. asperellum*, *T. koningiopsis* e *T. gamsii* possibilitou ganhos nas mudas como: altura das plantas, diâmetro do pseudocaule, número de folhas, massa fresca da parte aérea, massa fresca e comprimento das raízes (Taribuka et al., 2017). Em outro estudo, *T. harzianum* incrementou a solubilidade de nutrientes para as plantas como o fosfato, zinco, cobre, ferro e manganês, além de estimular a secreção de enzimas, importantes na promoção de crescimento (Altomare et al., 1999). A presença de altos níveis de carbono no solo correlacionou com os incrementos de até 60% no crescimento de plantas, quando submetidas a inoculação por *Trichoderma* (Kavoo-Mwangi et al., 2013).

Além de promover o crescimento, *Trichoderma* também favorece um melhor desenvolvimento das plantas, em condições de estresses abióticos (hídrico, salino ou térmico). As plantas, nestas condições quando inoculadas com *Trichoderma*, conseguem tolerar o estresse sem perda de produtividade (Harman et al., 2004; Lucon, 2014). Estudos em desenvolvimento na Embrapa Agroindústria Tropical tem como objetivo selecionar isolados de *Trichoderma*, oriundos da rizosfera de bananeiras, para a promoção de crescimento de bananeiras (figura 2).

Fotos: Christiana de Fátima Bruce da Silva.



**Figura 2.** Mudanças de bananeira, com 1 mês de aclimatização em substrato estéril, sob condições de telado na Embrapa Agroindústria Tropical. (A) Mudanças suplementadas com isolado de *Trichoderma* sp. (9,2 g/4,5 kg de substrato estéril); (B) Mudanças suplementadas com adubo de liberação lenta (22g/4,5kg de substrato estéril).

### Manejo das doenças na cultura da bananeira com *Trichoderma*

A bananeira é afetada por um grande número de doenças resultando na redução da sua produtividade. As enfermidades de ocorrência marcante nos bananais são as manchas-foliaves, murchas-vasculares, galhas e lesões nas raízes. Outras enfermidades de grande importância para a cultura são aquelas que se expressam na pós-colheita, como as antracoses e podridão-de-coroa (Cordeiro et al., 2016). A dificuldade de manejo das doenças, principalmente as ocasionadas por patógenos do solo tem estimulado a adoção de táticas de controle alternativo. Uma das alternativas seria a utilização de fungos biocontroladores, presentes na rizosfera das plantas, para contribuir num programa de manejo integrado das doenças (Papavizas, 1985; Nel et al., 2006). Estudos recentes indicam a importância dos microrganismos biocontroladores na agricultura, dado o potencial que possuem para minimizar o uso de fertilizantes e defensivos, diminuição dos custos de produção, além da sustentabilidade ambiental (Fernandes, 2009).

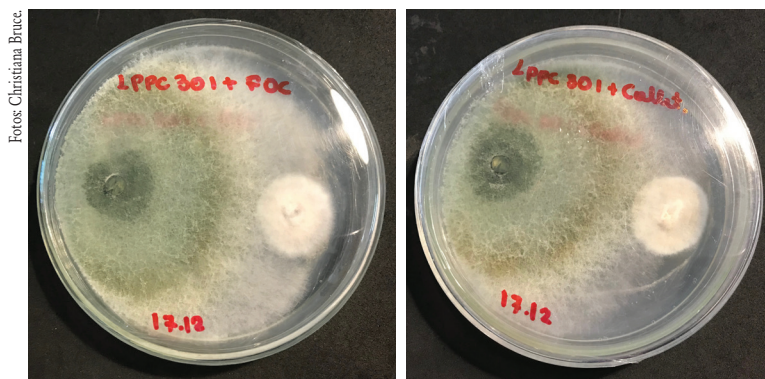
Na utilização dos antagonistas é imprescindível o seu estabelecimento no sistema solo-planta, mais precisamente na rizosfera. A grande atividade dos microrganismos nos solos que apresentam altos níveis de matéria orgânica tem proporcionado a seleção de isolados mais eficientes em colonizar a rizosfera (Vinale et al., 2008). Além disso, os antagonistas contribuem também para aumentar a supressividade dos solos, reduzindo a intensidade das doenças nas culturas (Halfeld-Vieira et al., 2016). Dentre os antagonistas utilizados para o controle de doenças destaca-se *Trichoderma*. Este fungo é utilizado principalmente no manejo de enfermi-

dades ocasionadas por patógenos de solo, na cultura da bananeira (Halfeld-Vieira et al., 2016). Os principais mecanismos de *Trichoderma* para o controle dos patógenos são a antibiose, produção de enzimas e competição, por nutrientes e espaço (Milanesi et al., 2013). Na rizosfera, quando estão estabelecidos, com alta competitividade rizosférica, ocorre o fenômeno da supressividade nos solos. Muitas enfermidades, como as nematoses podem ser suprimidas na presença desta microbiota (Zum-Felde et al., 2002).

Vários relatos na literatura destacam a importância do uso de *Trichoderma*, para o manejo das doenças na cultura da bananeira (Waele et al., 2006; Cavero et al., 2015; Taribuka et al., 2017). Para patógenos do sistema radicular os estudos têm avançado consideravelmente (Waele et al., 2006; Taribuka et al., 2017). Por exemplo, bananeiras tratadas preventivamente com isolados de *Trichoderma* apresentaram aos dois meses após inoculação, reduções na população do nematoide cavernícola nas raízes (Waele et al., 2006). Ainda para as nematoses, a inoculação de bananeiras com isolados de *T. atroviride* permitiu o controle de 80% da enfermidade (Stolf, 2006). Para o manejo do mal-do-panamá, a utilização de *Trichoderma* já é uma realidade crescente (Mendes et al., 2015; Taribuka et al., 2017). Espécies de *Trichoderma* obtidas das raízes de bananeira foram avaliadas quanto a capacidade de induzir resistência a enfermidade. A intensidade da doença em plantas inoculadas com as espécies *T. asperellum* e *T. harzianum* foi de 8,33%. Adicionalmente, um isolado de *T. harzianum* proporcionou também incrementos no desenvolvimento das bananeiras. O estado de indução foi constatado pela presença e/ou atividade de compostos como, os fenólicos, peroxidase e lignificação (Taribuka et al., 2017). Outros metabólitos importantes também podem ser ativados em resposta a colonização por *Trichoderma*, tais como fitoalexinas e proteínas relacionadas à patogênese (Vinale et al., 2008). Os resultados confirmam o potencial de uso de *Trichoderma*, na supressão do mal-do-panamá. A aplicação via fertirrigação de *T. longibrachiatum* em bananais, aliado a outras práticas culturais, como a manutenção dos brotos nas touceiras, controle de plantas daninhas e adubação adequada, proporcionou plantas sintomáticas em 9,8% da área cultivada (Mendes et al., 2015). Uma das estratégias que aumenta a eficiência no controle de *F. oxysporum* f. sp. *cubense* em bananeiras é a aplicação dos antagonistas em adubos orgânicos, que atuam como substrato para a sua multiplicação (Saravanan et al., 2003). A utilização de adubos orgânicos inoculados com diferentes antagonistas, aplicados isoladamente ou associados, foi eficiente no controle do *F. oxysporum* f. sp. *cubense*, possivelmente devido ao acúmulo de proteínas relacionadas à patogênese (quitinase e a  $\beta$ -1,3-glucanase), à supressão da população de patógenos, e regulação da comunidade microbiana para melhoria das condições fungísticas (Zhang et al., 2014).

Alguns trabalhos tem também destacado a importância de *Trichoderma*, para o manejo de doenças foliares (Acosta-Suárez et al., 2013; Cavero et al., 2015). *T. harzianum* inibiu o crescimento micelial de *Mycosphaerella fijiensis*, agente causal da sigatoka-negra, através da

competição por espaço e nutrientes. A produção de enzimas com atividade lítica, atuando nas hifas do patógeno, são possibilidades que também não podem ser descartadas (Acosta-Suárez et al., 2013). Para o manejo da sigatoka-negra, o potencial de 29 isolados de *Trichoderma* foram investigados, em campo. Nos ensaios, *T. atroviride* foi responsável em reduzir a severidade da doença (66%), sendo tão efetivo quanto o fungicida azoxystrobina (Cavero et al., 2015). Para as antracoses e podridões de pós-colheita, o antagonista também vem sendo adotado com sucesso (Krauss, 1998; Mortuza; Ilag, 1999; Alvindia; Hirooka, 2011). Frutos de banana tratados com isolados de *T. viride* apresentaram reduções na severidade da podridão da coroa de 29 a 65%. Os frutos apresentaram menores incidência da doença, quando o antagonista era aplicado preventivamente. Nos ensaios, ainda houve inibições no crescimento micelial e na germinação dos conídios (77%), com destaque para *T. harzianum*. O antagonista atuou por micoparasitismo direto, pois por meio das análises de microscopia pode-se verificar o enrolamento das hifas, granulação no citoplasma e desintegração das paredes das hifas de *Lasiodiplodia theobromae* (Mortuza; Ilag, 1999). Para a antracnose (*Colletotrichum musae*) isolados de *Trichoderma* foram capazes de reduzir em até 84%, o crescimento micelial do patógeno. No desenvolvimento de lesões nos frutos observaram-se reduções acima de 50%, quando os mesmos foram tratados com *Trichoderma* (Oliveira et al., 2016). Estudos em desenvolvimento no laboratório de Patologia Pós-colheita da Embrapa Agroindústria Tropical tem como objetivo selecionar diferentes isolados de *Trichoderma*, oriundos da rizosfera e da carposfera de bananas, para o manejo de doenças da bananeira. A atividade antifúngica desses isolados está sendo testada in vitro (figura 3).



Fotos: Christiana Bruce

**Figura 3.** Inibição do crescimento micelial realizada por *Trichoderma* sp. contra patógenos da bananeira (*Musa* spp.). (A) Isolado de *Trichoderma* contra *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense*, agente causal do mal-do-panamá (B) Isolado de *Trichoderma* contra *Colletotrichum musae*, agente causal da antracnose.



Portanto, para um manejo efetivo das doenças, o recomendado é que os isolados de *Trichoderma* sejam viáveis, com competência rizosférica e apresentem diferentes mecanismos de ação. As aplicações devem ser conduzidas preventivamente, antes do estabelecimento do patógeno. Esta ação promove uma vantagem competitiva ao antagonista, frente ao patógeno. No caso das mudas de banana, *Trichoderma* pode ser incorporado no substrato de plantio ou pulverizados, a depender do patógeno-alvo. Já no campo, *Trichoderma* pode ser aplicado via fertirrigação (Lucon, 2014).

### Considerações finais

As espécies de *Trichoderma* são importantes bioestimuladores de crescimento de plantas e biocontroladores de doenças importantes na cultura da banana, nas suas diferentes fases de produção. As espécies que se destacam com os princípios ativos mais utilizados e eficientes para a bananeira são *T. harzianum* e *T. asperellum*. A adoção pelos produtores do controle biológico na cultura da bananeira será importante auxiliar no manejo integrado de doenças, além de propiciar frutos sem resíduo para o consumidor final.

### Referências

- ACOSTA-SUÁREZ, M.; PICHARDO, T.; ROQUE, B.; CRUZ-MARTÍN, M.; MENA, E.; LEIVA-MORA, M.; CASTRO, R.; ALVARADO-CAPO, Y. Antagonismo in vitro de *Trichoderma harzianum* Rifai contra *Mycosphaerella fijensis* Morelet. **Biocología Vegetal**, v. 13, n. 4, p. 231-235, 2013.
- ALTMARE, C.; NORVELL, W. A.; BJORKMAN, T.; HARMAN, G. E. Solubilization of phosphate and micronutrients by the plant-growth promoting and biocontrol fungus *Trichoderma harzianum* Rifai 1295-22. **Applied Environmental Microbiology**, v. 65, n. 7, p. 2926-2933, 1999.
- ALVINDIA, D. G.; HIROOKA, Y. Identification of *Clonostachys* and *Trichoderma* spp. from banana fruit surfaces by cultural, morphological and molecular methods. **Mycology**, v. 2, n. 2, p. 109-115, jun. 2011.
- ATANASOVA, L.; LE CROM, S.; GRUBER, S.; COULPIER, F.; SEIDL-SEIBOTH, V.; KUBICEK, C. P.; DRUZHININA, I. S. Comparative transcriptomics reveals different strategies of *Trichoderma* mycoparasitism. **BMC Genomics**, v. 14, n. 121, p. 1-15, 2013.
- BANANA. In: AGRIANUAL 2019. São Paulo: Informa Economics FNP, 2019. p.157.
- Banana. In: FAO. 2017. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en/#search/banana>>. Acesso em: nov. 2018.
- BHALE, U. N.; RAJKONDA, J. N. Evaluation of distribution of *Trichoderma* species in soils of Marathwada region of Maharashtra during 2007-2011. **Journal of Mycology and Plant Pathology**, v. 42, n. 4, p. 505-508, 2012.
- BENITEZ, T.; RINCÓN, A. M.; LIMÓN, M. C.; CODÓN, A. C. Biocontrol mechanisms of *Trichoderma* strains. **International Microbiology**, v. 7, n. 4, p. 249-260, 2004.
- BULLUCK III, L. R.; BROSIUS, M.; EVANYLO, G. K.; RISTAINO, J. B. Organic and synthetic fertility amendments influence soil microbial, physical and chemical Properties on organic and conventional farms. **Applied Soil Ecology**, v. 19, n. 2, p. 147-160, 2002.
- CARVALHO, A. C. P. P.; ARAÚJO, J. D. M.; BERTINI, C. H. C. M.; BEZERRA, A. M. E.; PESSOA, P. F. A. P. **Redução de Custos na Produção de Mudas Micropropagadas de Bananeira cv. Williams**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2014. 7 p. (Circular Técnica, 45).

- CAVERO, P. A. S.; HANADA, R. E.; GASPAROTTO, L.; COELHO NETO, R. A.; SOUZA, J. T. Biological control of banana black Sigatoka disease with *Trichoderma*. *Ciência Rural*, v. 45, n. 6, p. 951-957, 2015.
- CORDEIRO, Z. J. M.; MATOS, A. P.; HADDAD, F. Doenças fúngicas e bacterianas. In: FERREIRA, C. F.; SILVA, S. O.; AMORIM, E. P.; SANTOS-SEREJO, J. A. (Eds.). **O agronegócio da banana**. Brasília, DF: Embrapa, 2016. p. 547-575.
- DUFFY, B. K.; OWNLEY, B. H.; WELLER, D. M. Soil chemical and physical properties associated with suppression of take-all of wheat by *Trichoderma koningii*. *Phytopathology*, v. 87, n. 11, p. 1118-1124, 1997.
- FERNANDES, T. P. **Bactérias endofíticas no crescimento de mudas de bananeira cultivar Prata Anã**. 2009. 41 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Agrônômica) - Universidade de Montes Claros - Unimontes, Janaúba.
- FRIEDL, M. A.; DRUZHININA, I. S. Taxon-specific metagenomics of *Trichoderma* reveals a narrow community of opportunistic species that regulate each other's development. *Microbiology*, v. 158, n. 1, p. 69-83, 2012.
- GARCÍA-NÚÑEZ, H. G.; ROMERO-GÓMEZ, S. J.; GONZÁLEZ-ESQUIVEL, C. E.; NAVA-BERNAL, E. G.; MARTÍNEZ-CAMPOS, A. R. Isolation of native strains of *Trichoderma* spp. from horticultural soils of the Valley of Toluca, for potential biocontrol of *Sclerotinia*. **Tropical and Subtropical Agroecosystems**, v. 15, n. 2, p. 357-365, 2012.
- HALFELD-VIEIRA, B. A.; MARINHO-PRADO, J. S.; NECHET, K. L.; MORANDI, M. A. B.; BETTIOL, W. **Defensivos agrícolas naturais: uso e perspectivas**. Brasília, DF: Embrapa, 2016. 853 p.
- HARMAN, G. E.; HOWELL, C. R.; VITERBO, A.; CHET, I.; LORITO, M. *Trichoderma* species-opportunistic, avirulent plant symbionts. **Nature Reviews Microbiology**, v. 2, n. 1, p. 43-56, 2004.
- HARMAN, G. E.; OBREGÓN, M. A.; SAMUELS, G. J.; MATTEO, L. Changing models for commercialization and implementation of biocontrol in the developing and the developed World. **Plant Disease**, v. 94, n. 8, p. 928-939, 2010.
- HERNÁNDEZ, A.M. **Utilización de hongos endofíticos provenientes de banano orgánico para el control biológico del nemátodo barrenador Radopholus similis Cobb, Thorne**. 2003. 89 f. Dissertação (Mestrado) - Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Turrialba.
- KAVOO-MWANGI, A. M.; KAHANGI, E. M.; ATEKA, E.; ONGUSO, J.; MUKHONGO, R. W.; MWANGI, E. K.; JEFWA, J. M. Growth effects of microorganisms based commercial products inoculated to tissue cultured banana cultivated in three different soils in Kenya. **Applied Soil Ecology**, v. 64, p. 152-162, 2013.
- KRAUSS, U.; BIDWELL, R.; INCE, J. Isolation and preliminary evaluation of mycoparasites as biocontrol agents of crown rot of banana. **Biological Control**, v. 13, n. 2, p. 111-119, 1998.
- LÓPEZ-BÚCIO, J.; RAMÓN, P. F.; HERRERA-ESTRELLA, A. *Trichoderma* as biostimulant: exploiting the multilevel properties of a plant beneficial fungus. **Scientia Horticulturae**, v. 196, p. 109-123, 2015.
- LEE, S.; YAP, M.; BEHRINGER, G.; HUNG, R.; BENNETT, J. W. Volatile organic compounds emitted by *Trichoderma* species mediate plant growth. **Fungal Biology and Biotechnology**, v. 3, n. 7, p. 1-14, 2016.
- LI, R. X.; CAI, F.; PANG, G.; SHEN, Q. R.; LI, R.; CHEN, W. Solubilization of phosphate and micronutrients by *Trichoderma harzianum* and its relationship with the promotion of tomato plant growth. **Plos One**, v. 10, n. 6, p. 1-16, 2015.
- LUCON, C. M. M. ***Trichoderma*: o que é, para que serve e como usar corretamente na lavoura**. São Paulo: Instituto Biológico, 2014. 35 p.
- MACHADO, D. F. M.; PARZIANELLO, F. R.; SILVA, A. C. F.; ANYONIOLLI, Z. I. *Trichoderma* no Brasil: O fungo e o bioagente. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 35, n. 1, p. 274-288, 2012.
- MARÍN-GUIRAO, J. I.; RODRIGUEZ-ROMERA, P.; LUPION-RODRIGUEZ, B.; CAMACHO-FERRE, F.; TELLO-MARQUINA, J. C. Effect of *Trichoderma* on horticultural seedlings' growth promotion depending on inoculum and substrate type. **Journal of Applied Microbiology**, v. 121, n. 4, p. 1095-1102, 2016.
- MENDES, H. T. A.; ANJOS, D. N.; SÃO JOSÉ, A. R.; ARCIGA, G. V. Utilização de formas alternativas de desbaste químico no superbrotaamento de bananeira. **Revista Agrogeambiental**, v. 7, n. 3, p. 51-58, 2015.
- MIA, M. A. B.; SHAMSUDDIN, Z. H.; WAHAB, Z.; MARZIAH, M. High-yielding and quality banana production through plant growth-promoting rhizobacterial inoculation. **Fruits**, v. 60, n. 3, p. 179-185, 2005.

- MICHEREFF, S. J.; ANDRADE, D. E. G. T.; MENEZES, M. Ecologia e manejo de patógenos radiculares em solos tropicais. Recife: UFRPE: Imprensa Universitária, 2005. 398 p.
- MILANESI, P. M.; BLUME, E.; MUNIZ, M. F. B.; REINIGER, L. R. S.; ANTONIOLLI, Z. I.; JUNGES, E.; LUPATINI, M. Detecção de *Fusarium* spp. e *Trichoderma* spp. e antagonismo de *Trichoderma* sp. em soja sob plantio direto. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 34, n. 6, p. 3219-3233, 2013.
- MORAES, W. S.; ZAMBOLIM, L.; LIMA, J. D. Incidence of mushrooms in post harvest of banana (*Musa* spp.) 'Prata Anã' (AAB). **Summa Phytopathologica**, v. 32, n. 1, p. 67-70, 2006.
- MORTUZA, M. G.; ILAG, L. L. Potential for Biocontrol of *Lasiodiplodia theobromae* (Pat.) Griff. & Maubl. in banana fruits by *Trichoderma* species. **Biological Control**, v. 15, n. 3, p. 235-240, 1999.
- NEL, B.; STEINBERG, C.; LABUSCHAGNE, N.; VIJJOEN, A. The potential of nonpathogenic *Fusarium oxysporum* and biological control organisms for suppressing fusarium wilt of banana. **Plant Pathology**, v. 55, n. 2, p. 217-223, 2006.
- OKOTH, S. A.; OKOTH, P.; MUYA, E. Influence of soil chemical and physical properties on occurrence of *Trichoderma* spp. in Embu, Kenya. **Tropical and Subtropical Agroecosystems**, v. 11, n. 2, p. 303-312, 2009.
- OLIVEIRA, E. S.; VIANA, F. M. P.; MARTINS, M. V. V. Alternativas a fungicidas sintéticos no controle da antracnose da banana. **Summa Phytopathologica**, v. 42, n. 4, p. 340-350, 2016.
- PAPAVIZAS, G. C. *Trichoderma* and *Gliocladium*: Biology, Ecology, and potential and potential for biocontrol. **Annual Review of Phytopathology**, v. 23, p. 23-54, 1985.
- POCASANGRE, L.; SIKORA, R. A.; VILICH, V.; SCHUSTER, R. P. Survey of banana endophytic fungi from Central America and screening for biological control of the burrowing nematode (*Radopholus similis*). **InfoMusa**, v. 9, n. 1, p. 3-5, 2000.
- SARANDÓN, S. J.; FLORES, C. C. **Agroecología**: bases teóricas para el diseño y manejo de agroecosistemas sustentables. Buenos Aires: UNLP, 2014. 467 p.
- SARAVANAN, T.; MUTHUSAMY, M.; MARIMUTHU, T. Development of integrated approach to manage the fusarial wilt of banana. **Crop Protection**, v. 22, n. 9, p. 1117-1123, 2003.
- SIKORA, R. A.; POCASANGRE, L.; FELDE, A. Z.; NIERE, B.; VU, T. T.; DABABAT, A. A. Mutualistic endophytic fungi and in-plant suppressiveness to plant parasitic nematodes. **Biological Control**, v. 46, n. 1, p. 15-23, 2008.
- SIMON, A.; SIVASITHAMPARAM, K. Pathogen suppression: a case study in biological suppression of *Gaeumannomyces graminis* var. *tritici* in soil. **Soil Biology & Biochemistry**, v. 21, n. 3, p. 331-337, 1989.
- STOLF, E. C. Efeito de re-inoculações de fungos endofíticos sobre o controle do nematoide cavernícola da bananeira (*Radopholus similis*). 2006. 50 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Agrônoma) - Centro Agrônomo Tropical de Investigación y Enseñanza, Turrialba.
- TARIBUKA, J.; WIBOWO, A.; WIDYASTUTI, S. M.; SUMARDIYON, C. Potency of six isolates of biocontrol agents endophytic *Trichoderma* against fusarium wilt on banana. **Journal of Degraded of Mining Lands Management**, v. 4, n. 2, p. 723-731, 2017.
- VINALE, F.; SIVASITHAMPARAM, K.; GHISALBERTI, E. L.; MARRA, R.; WOO, S. L.; LORITO, M. *Trichoderma*-plant-pathogen interactions. **Soil Biology & Biochemistry**, v. 40, n. 1, p. 1-10, 2008.
- XIA, X.; LIE, T. K.; QIAN, X.; ZHENG, Z.; HUANG, Y.; SHEN, Y. Species diversity, distribution, and genetic structure of endophytic and epiphytic *Trichoderma* associated with banana roots. **Microbial Ecology**, v. 61, n. 3, p. 619-625, 2011.
- WAELE, D. D.; STOFFELEN, R.; KESTEMONT, J. Effect of associated plant species on banana nematodes. **InfoMusa**, v. 15, n. 1-2, 2006.
- WEBER, O. B.; BALDANI, J. I.; DÖBEREINER, J. Bactérias diazotróficas em mudas de bananeira. **Pesquisa agropecuária Brasileira**, v. 35, n. 11, p. 2277-2285, 2000.
- ZHANG, N.; HE, X.; ZHANG, J.; RAZA, W.; YANG, X. M.; RUAN, Y. Z.; SHEN, Q. R.; HUANG, Q. W. Suppression of fusarium wilt of banana with application of bio-organic fertilizers. **Pedosphere**, v. 24, n. 5, p. 613-624, 2014.

ZUM-FELDE, A.; POCASANGRE, L.; SIKORA, R. A. The potential use of microbial communities inside suppressive banana plants for banana root protection. In: TURNER, D. W.; ROSALES, F. E. (Eds.). Proceedings of an International Symposium held in San José, 2005, San José. **Banana root system**: Towards a better understanding for its productive management. [Montpellier: INIBAP, Turrialba: MUSALAC; San José: Corbana, 2005]. p. 169-177.