

Resumo

Controle biológico é considerado uma ferramenta natural e uma alternativa ecológica para superar os problemas causados por métodos químicos para a proteção de plantas. Dos fungos com potencial de antagonismo, o gênero *Trichoderma* é um dos mais pesquisados e estudados. Este fungo é um microrganismo naturalmente encontrado no solo, que apresenta uma importante função ecológica participando de diversos processos neste meio. O objetivo do trabalho é desenvolver uma discussão sobre aspectos do controle biológico, especialmente com relação efeitos do fungo *Trichoderma spp.* no biocontrole de patógenos de culturas agrícolas. Com as discussões ao longo do texto considera-se que o controle biológico é um sistema que está sendo alvo de frequentes e contínuas investigações se constituindo em uma alternativa importante para o controle de diferentes problemas de fitossanidade que ocorrem na agricultura. Dentre os agentes que vem merecendo grande destaque nas investigações está o fungo *Trichoderma spp.*, para o qual foram verificadas atuações como agente de biocontrole e em alguns casos como promotores de crescimento.

Palavras-Chave: controle biológico; fungos do solo; fitossanidade; estimulador de crescimento vegetal

Aspectos de los efectos del hongo *Trichoderma spp.* en lo control biológico de patógenos de los cultivos agrícolas

Resumen

El control biológico es considerado una herramienta natural y una alternativa ecológica para superar los problemas causados por métodos químicos para la protección de las plantas. Entre los hongos con potencial para el antagonismo, el género *Trichoderma* es uno de los más investigados y estudiados. Este hongo es un organismo que se encuentra naturalmente en el suelo, teniendo una importante función ecológica con participación en diversos de los proceso en este medio. El objetivo de este estudio es desarrollar un debate sobre los aspectos de control biológico, especialmente en cuanto a los efectos de *Trichoderma spp.* en lo biocontrol de patógenos en los cultivos agrícolas. Con los debates a lo largo del texto se considera que el control biológico es un sistema que es el objetivo de frecuentes e continuas investigaciones en curso y constituyen una importante alternativa para el control de algunos de los diferentes problemas de fitossanidade que se producen en la agricultura. Entre los agentes que están recibiendo un gran protagonismo en las investigaciones está el hongo *Trichoderma spp.*, para el cual se encontraron actuaciones como agente de biocontrol y en algunos casos como promotores del crecimiento.

Palabras clave: control biológico; hongos del suelo; fitosanidad; estimuladores de lo crecimiento vegetal

Introdução

Controle biológico é definido por Baker e Cook (1974) como “a redução da densidade de inóculo ou das atividades determinantes da doença causada por patógenos ou parasitas nos seus estados de atividade ou dormência, por um ou mais organismos antagonísticos realizada tanto naturalmente como

através da manipulação do ambiente, hospedeiro ou antagonista, e ainda, por introdução em massa de um ou mais antagonistas”. Posteriormente, Santos(2008) relata que estes autores redefiniram o controle biológico como sendo “a redução da soma do inóculo ou das atividades determinantes da doença provocada por um patógeno, realizada por ou através de um ou mais organismos que não o homem”.

1 Curso de Mestrado em Agronomia - UNICENTRO. Av. Simeão Camargo Varela de Sá, n.3 Campus CEDETEG. Universidade Estadual do Centro Oeste, Guarapuava, Paraná. E-mail: larissaromaosaito@gmail.com

2 Curso de Mestrado em Agronomia - UNICENTRO

3 Acadêmico do Curso de Agronomia, Departamento de Agronomia, Universidade Estadual do Centro Oeste Paraná. UNICENTRO.

Controle biológico é, ainda, definido como a utilização de microrganismos específicos, os quais interferem junto a organismos patogênicos e pragas causadoras de doenças em plantas, sendo uma ferramenta natural e uma alternativa ecológica para superar os problemas causados por métodos químicos para a proteção de plantas (CHET et al., 1997).

Os princípios dos mecanismos de controle biológico baseiam-se em relações antagônicas tais como: competição, predação, amensalismo, parasitismo, resistência induzida ou pela produção de metabólitos que inibem o desenvolvimento do outro. O parasitismo parece ser o mecanismo mais eficiente de antagonismo no controle biológico, pois os hiperparasitas dependem dos seus hospedeiros para sobrevivência e estão sujeitos as mesmas variações ambientais (GRIGOLETTI Jr. et al., 2000). Já o amensalismo é quando uma espécie prejudica outra por meio de substâncias que produz e libera, sem aparentemente se beneficiar no processo, sendo este um comportamento que representa bem a ação do *Trichoderma* no solo.

Desta forma, o controle biológico de fitopatógenos se destaca por não se restringir a estudar apenas a relação entre o fitoparasita e o hospedeiro, mas também por considerar os antagonistas, a microflora adjacente ao local da infecção e o relacionamento desse complexo em todo o ecossistema (BETTIOL, 1991).

Melhores práticas de manejo do solo, de acordo com Nazareno et al. (2001), promovem a diversificação da microflora habitante do solo, aumentando a eficiência do controle biológico. Constata-se que, nesses sistemas ecologicamente mais equilibrados, é aumentada a população de fungos que controlam seus equivalentes patógenos de plantas, como *Rhizoctonia solani* Kuhn, e insetos como o fungo *Metarhizium* sp., entre outros.

Segundo Zilli et al. (2008), a dificuldade de controle de patógenos presentes no solo por métodos químicos, físicos e culturais é um desafio que demanda alternativas ao produtor. No Brasil, *Sclerotium rolfsii* Sacc. e *R. solani* encontram-se amplamente disseminados, sendo considerados importantes para diversas culturas, visto que o controle destes patógenos se torna difícil devido a sua capacidade em formar estruturas de resistência e sobreviver saprofiticamente. Neste contexto, o

controle biológico destas doenças é uma estratégia promissora como componente do manejo integrado, permitindo inclusive agregar valor ao produto oferecido ao mercado.

O objetivo do trabalho é desenvolver uma discussão sobre aspectos do controle biológico, especialmente com relação efeitos do fungo *Trichoderma* spp. no biocontrole de patógenos de culturas agrícolas.

Aspectos gerais do fungo *Trichoderma* spp.

Dos fungos com potencial de antagonismo, o gênero *Trichoderma* é um dos mais pesquisados e estudados. O fungo *Trichoderma* spp., segundo Menezes et al. (2009), é um microrganismo naturalmente encontrado no solo, que apresenta uma importante função ecológica, pois participa da decomposição e mineralização dos resíduos vegetais, contribuindo com a disponibilização de nutrientes para as plantas. Ele é considerado, também, um biofungicida natural, que reduz em até 100% as chances de qualquer fungo atingir a cultura. O *Trichoderma* é um fungo de crescimento rápido, daí a grande vantagem de utilização como agente de biocontrole em larga escala.

De acordo com Samuel e Hadavi (1996), o gênero *Trichoderma* corresponde à fase anamórfica do gênero *Hypocrea*, pertencente à classe dos fungos Mitospóricos, subclasse Hifomicetos, ordem Moniliales, família Moniliaceae. Este gênero é, segundo Gams e Bisset (1998), um dos grupos mais interessantes de fungos antagônicos, visto que as espécies de *Trichoderma* são cosmopolitas, sendo encontrados na maioria dos solos.

Em estudo com lavoura de batata cultivadas em solo infestado com *Trichoderma harzeanum*, os pesquisadores do Grupo de Pesquisa em Produção Vegetal da Universidade Estadual do Centro Oeste – UNICENTRO-PR, verificaram imagens do fungo em fase reprodutiva no solo, conforme Figura 1.

De acordo com Domsh et al. (1980), a principal característica morfológica do fungo *Trichoderma* spp. é a presença de micélio, inicialmente de coloração branca e de crescimento rápido. Com o desenvolvimento, torna-se cotonoso e compacto com tufo verde. A coloração da colônia depende da quantidade de conídios e da pigmentação destes.

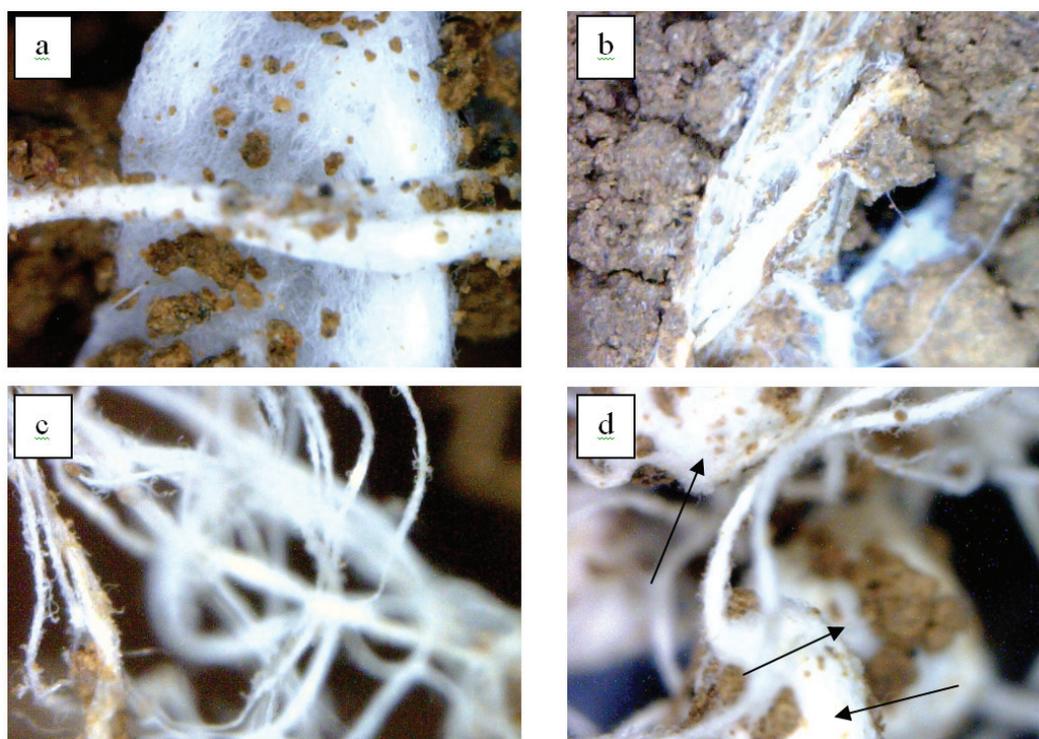


Figura 1. Imagens do fungo *Trichoderma harzianum*, em fase reprodutiva aos 60 dias após inoculação no solo. Partes a, b, c são detalhes do micélio, parte d é o detalhe do micélio com estruturas reprodutivas. Imagens cedidas por pesquisadores do Grupo de Pesquisa em Produção Vegetal – UNICENTRO-PR, 2009.

Estes autores observaram, também, que em meio de cultura, as colônias de *Trichoderma* spp. crescem rapidamente, apresentando, inicialmente, superfície lisa e quase translúcida, tornando-se posteriormente flocosas ou compactas. A coloração da colônia exibe vários tons de verde (às vezes, muito claro – cor gelo), podendo ser influenciada pelo pH do meio de cultivo.

O fungo *Trichoderma* spp. é comum no solo e suas estruturas compreendem ramificações chamadas hifas, micélio e uma estrutura de propagação pelo ar denominada esporo. Apresenta uma importante função ecológica, pois participa na mineralização dos restos de folhas, caules e raízes que já estão mortos, ajudando a manter o equilíbrio do ambiente (GAMS e BISSET, 1998).

***Trichoderma* spp. como biocontrolador de patógenos**

Trichoderma spp. são fungos de vida livre, os quais possuem alta interatividade em ambientes

radiculares, no solo e foliares. Estes fungos destacam-se, também, por produzirem uma ampla gama de antibióticos e substâncias capazes de parasitar outros fungos (SIVASITHAMPARAM e GHISALBERTI, 1998).

Além disso, podem competir com outros organismos, por exemplo, por exsudatos essenciais, expelidos pelas sementes, os quais são capazes de estimular, no solo, a germinação de propágulos de fungos patogênicos de plantas (HOWELL, 2002) e, mais frequentemente, podem competir com microorganismos do solo por nutrientes e por espaço (ELAD, 1996). Estes fungos são capazes, inclusive, de inibir ou degradar pectinases e outras enzimas que são essenciais para fungos patogênicos de plantas, tais como *Botrytis cinerea* para a penetração na superfície foliar (ZIMAND et al., 2006).

Além da habilidade do *Trichoderma* para prejudicar ou inibir, diretamente, o crescimento de patógenos de plantas, descobertas recentes indicam que eles também podem induzir resistência sistêmica

e localizada a uma variedade de patógenos de plantas. Algumas estirpes têm também substancial influência no crescimento e desenvolvimento das plantas (YEDIDIA et al., 2001).

A eficiência do fungo *Trichoderma* spp. tem sido demonstrada em trabalhos de laboratório, casa de vegetação e campo, mostrando-se eficiente como um agente biocontrolador de patógenos em diferentes situações. Este antagonista tem mostrado melhor atuação junto a patógenos habitantes do solo e menos especializados como, por exemplo, *Pythium* sp., *Fusarium* sp., *Rhizoctonia* sp. e *Sclerotium* sp., pois, como também é um habitante do solo, suas características de antagonismo são melhor expressas neste ambiente (MELLO, 1991; MELO, 1996).

O fungo *Trichoderma* spp. compete pelos exsudatos liberados por sementes no processo de germinação de propágulos de fungos fitopatogênicos (HARMAN et al., 2004). Ethur (2006) afirma que a competição é uma das principais características de isolados de *Trichoderma* spp. usados como agentes de biocontrole, pois somente assim terão capacidade de se desenvolver na rizosfera.

Conforme Spiegel e Chet (1998) este fungo produz uma variedade de metabólitos antifúngicos, incluindo antibióticos e enzimas que degradam a parede celular dos vegetais, diferentes daquelas produzidas por bactérias. A ação destes metabólitos combinada com a de bactérias benéficas pode expandir o espectro de ação no controle de patógenos.

A indução de resistência localizada e sistêmica ocorre em todas ou na maioria das plantas em resposta ao ataque de microrganismos, danos físicos devido a insetos ou outros fatores, ou devido ao tratamento com diversos indutores químicos e devido à presença da *Rhizoctonia* não patogênica (KUC, 2001).

Com relação à resistência induzida em plantas por espécies de *Trichoderma*, De Meyer et al. (1998) destacam que esta é uma característica que tem sido muito pouco estudada se comparada com o que já se conhece da indução de respostas pela rhizobactéria, talvez porque as pesquisas com *Trichoderma* tenham focado fatores que estão associados com efeitos diretos em outros fungos, especialmente micoparasitismo e antibiose.

De acordo com os mesmos autores, estes efeitos provavelmente são as primeiras demonstrações

claras de indução de resistência por *Trichoderma* que foi publicado por Birigama et al. (1997), que demonstraram que o tratamento do solo com a linhagem T – 39 de *Trichoderma harzianum* produziu folhas de planta de feijão resistentes a doenças que são causadas pelos fungos patógenos *B. cinérea* e *Colletotrichum lindemuthianum*, embora o T – 39 estivesse presente apenas nas raízes e não na folhagem.

Estudos semelhantes já foram realizados com uma ampla variedade de plantas, incluindo tanto dicotiledôneas como monocotiledôneas, e com diferentes espécies e cepas de *Trichoderma*, conforme se verifica em Resende et al. (2005). Conforme Altomare et al. (1999) a capacidade da linhagem T-22 de *T. harzianum* para induzir resistência sistêmica a patógenos em milho é particularmente notável. Não há relatos semelhantes de resistência sendo induzida nesta safra por qualquer outro microorganismo capaz de se associar a raízes comensalmente ou simbioticamente. Portanto, a capacidade de induzir a resistência a uma gama de doenças - que são causadas por vários tipos de patógenos de plantas (incluindo fungos, bactérias e vírus) - em uma variedade de plantas, parece ser uma característica generalizada neste tipo gênero fúngico.

Este fungo apresenta também a capacidade de induzir ações de defesa, pela própria planta. Segundo Howell (1987) estas ações consistem na expressão de um conjunto de proteínas conhecidas como PRs (proteínas de resistência) e na liberação de fitoalexinas, que protegem a planta contra infecções fúngicas. Plantas pré-imunizadas com *Trichoderma* são capazes de resistir às doenças causadas por fungos patogênicos

Quando aplicado ao sistema radicular, *Trichoderma harzianum* - T39, foi capaz de induzir resistência sistêmica em plantas dicotiledôneas (De MEYER et al., 1998). Howell (1987) salienta ainda que o gênero *Trichoderma* parece deter a capacidade de induzir resistência em uma grande variedade de plantas de espécies como tomate, tabaco, alface, algodão.

De acordo com Lynch (1986), o *Trichoderma harzianum* Rifai é um forte colonizador da palha e, como outras espécies de *Trichoderma*, apresenta uma poderosa atividade de celulase, sendo, por esse

motivo, de interesse no controle eficiente de diversos patógenos da raiz. É necessário ainda considerar que os resíduos vegetais servem de substrato para organismos do solo que são tão benéficos como antagonísticos ao crescimento das plantas e que, quando um substrato é introduzido no solo, há menos potencial para que se desenvolvam os produtores de patógenos e de fitotoxinas.

Conforme Harman et al. (2004), os mecanismos envolvidos na indução de resistência de plantas são ainda de pouca compreensão e, para aumentar a sua eficiência e confiabilidade é necessário mais pesquisas de campo com esta técnica.

Promoção do crescimento em plantas por *Trichoderma* spp.

A promoção de crescimento em plantas ocasionada por microrganismos do solo ocorre devido à ação de vários fatores ainda poucos esclarecidos. Podendo envolver produção de hormônios vegetais, produção de vitaminas ou conversão de materiais a uma forma útil para a planta, absorção e translocação de minerais e controle de patógenos (MELLO, 1991).

De acordo com Howell (1987), além de suas diversas características, a presença do *Trichoderma* spp. no solo torna os nutrientes solúveis, permitindo maior e mais rápida absorção. Por isso, solos contendo *Trichoderma* spp. apresentam maior teor húmico, originários da lignina que é decomposta por este microrganismo. Desta forma, ocorre o aumento da área radicular da planta, acompanhado do aumento da massa verde em culturas que são tratadas com *Trichoderma* spp.

Segundo Harman (2000), os fungos são favorecidos pela presença de níveis elevados de raízes, as quais colonizam facilmente. Algumas cepas são altamente capazes de colonizar e crescer em raízes do mesmo modo como elas se desenvolvem. As cepas que colonizam melhor a rizosfera podem ser adicionadas ao solo ou em sementes por qualquer método. Depois que elas entram em contato com as raízes, colonizam a superfície da raiz ou córtex, dependendo da estirpe.

A promoção de crescimento em plantas promovida pelo isolado T-22 de *T. harzianum* está na sua habilidade de solubilizar muitos nutrientes importantes para a planta (ALTOMARE et al.,

1999). No solo, macro e micronutrientes sofrem um equilíbrio dinâmico complexo de solubilização e insolubilização, fortemente influenciado pelo pH e pela microflora, os quais afetam sua acessibilidade para absorção pelas raízes das plantas.

Com a aplicação de nitrogênio no solo juntamente com a utilização do isolado T-22 de *T. harzianum*, Harman (2000) constatou que inicialmente não ocorreram diferenças entre áreas com e sem nitrogênio, mas na presença do nutriente, plantas adultas apresentaram maiores médias de diâmetro de talos e rendimentos de grãos e silagem.

Chang et al. (1986), utilizando tratamento de solo com suspensão de conídios de *T. harzianum* observaram promoção de crescimento da planta através do peso de massa seca superior à testemunha, no feijoeiro de 10%, no rabanete de 8%, no tomateiro de 37%, na pimenteira de 42% e no pepineiro de 93%.

Kleifeld e Chet (1992) também obtiveram resultados positivos na promoção de crescimento em pepineiro (massa seca) por isolado de *T. harzianum*, tanto em solo autoclavado (26%) quanto em solo não autoclavado (43%). Já Ousley et al. (1993) observaram que apenas um dos isolados de *T. harzianum* apresentou melhor resultado (5%) do que a testemunha quanto ao crescimento (massa seca) em alface.

O isolado T-22 de *T. harzianum* foi efetivo na indução de formação de raízes em tomateiro, tanto quanto um hormônio comercial, e ocorreu aumento nas raízes de soja e milho tratadas com o referido isolado e maior produtividade de pimentão comparados com testemunhas não tratadas (HARMAN, 2000).

Sivan e Harman (1991), tratando sementes de milho e algodão com os isolados T12, T95 e T22 (fusão dos dois anteriores) de *T. harzianum* observaram que o isolado T-22 promoveu crescimento das raízes, em relação à testemunha, de 31% em milho e 60% em algodoeiro.

Isolados de *Trichoderma* spp. podem agir como promotores de crescimento, mesmo na presença de fungos micorrízicos. Calvet et al. (1993), utilizando tratamentos com a aplicação dos fungos micorrízico *Glomus mosseae*, antagonista *T. aureoviride* e o fitopatógeno *Pythium ultimum* em *Tagetes erecta*, observaram que *G. mosseae* + *T. aureoviride*

aumentaram o peso de massa seca em 100% e a área foliar em 55%, comparado com a testemunha.

A contribuição de *Trichoderma* spp. na germinação também é comprovada. Kleifeld e Chet (1992) observaram ação positiva de isolado de *T. harzianum* em tratamento de semente e de solo na germinação (5 dias após a semeadura) de feijão em 77 e 100%, rabanete em 58 e 100%, tomate em 100 e 70%, pimenta (12 dias após a semeadura) em 90% e pepineiro 90 e 100%, respectivamente, o que evidenciou que as variações nos resultados, neste experimento, são decorrentes da forma de tratamento e da cultura. Já Ousley et al. (1993) observaram que alguns isolados de *T. harzianum* auxiliaram e outros inibiram.

A rizosfera é uma zona de elevada diversidade microbiana tanto em número quanto na atividade dos organismos e complexa interação dos microrganismos com as raízes. Kennedy (1998) destaca que o desenvolvimento das plantas é influenciado pela interação microrganismos-raízes, onde se encontram efeitos benéficos: simbiose, antibiose, biocontrole, fixação de nitrogênio, promoção de crescimento, estabilização do solo e disponibilidade de água; efeitos prejudiciais: doença e fitotoxicidade; efeitos neutros ou variáveis: fluxo de nutrientes, liberação de enzimas, alelopatia e competição

Santos (2008) concluiu também, que a habilidade dos fungos do gênero *Trichoderma* na promoção de desenvolvimento de plantas pode estar relacionada à sua capacidade de associação simbiótica às raízes das plantas, juntamente com sua ação decompositora, disponibilizando nutrientes prontamente absorvíveis para as plantas, e, ainda, habilidade como agente de controle biológico, inibindo a ação de fitopatógenos, que podem interferir de forma direta no desenvolvimento normal da planta. Altomare et al. (1999) postulou que a promoção de crescimento em plantas, pelo menos no caso do isolado T-22, reside na sua capacidade de solubilização de nutrientes importantes para a planta.

A interferência de *Trichoderma* spp. no crescimento de plantas e o aumento na produtividade ocorrem, segundo Harman et al. (2004), devido à sua capacidade em colonizar as raízes. No

entanto, Louzada et al. (2009) acrescentam que este fungo desenvolve ação direta no controle de patógenos apresentando somente ação indireta sobre a produtividade das plantas e melhor exploração do solo pelo sistema radicular.

Desta forma constata-se que, além de serem utilizados em controle de patógenos os fungos do gênero *Trichoderma*, podem também ser utilizados como agentes promotores de crescimento. Esse mecanismo se refere ao desenvolvimento das plantas de forma geral, incluindo os efeitos benéficos na germinação de sementes, emergência e desenvolvimento das plântulas e produção de grãos e frutos (HARMAN, 2000). Com relação aos efeitos deste fungo, Kleifeld e Chet (1992), descrevem que os nutrientes solubilizados tornam-se disponíveis para a absorção pelas raízes e, desta forma, reduz-se a necessidade de adubação, fenômeno que de acordo com Altomare et al. (1999), vem despertando crescente interesse para pesquisa e aplicação prática.

Consideração final

O controle biológico é um sistema que está sendo alvo de frequentes e contínuas investigações se constituindo em uma alternativa importante para o controle de diferentes problemas de fitoassanidade que ocorrem na agricultura. Dentre os agentes que vem merecendo grande destaque nas investigações está o fungo *Trichoderma* spp, para o qual foram verificadas atuações como agente de biocontrole e em alguns casos como promotores de crescimento.

Estas características fazem deste gênero de fungo uma potencial alternativa para aplicação no manejo de culturas na agricultura, entretanto, de maneira geral ainda são necessários novos estudos visando aprofundar os conhecimentos sobre mecanismos de ação e definição da utilização controlada e segura deste tipo de agente biológico.

Referencial teórico

Apresentados no final da versão em inglês.