

Efeito da ação parasitária frente ao crescimento e desenvolvimento de espécies vegetais

Effect of parasitic action on the growth and development of plant specie

Efecto de la acción parasitaria sobre el crecimiento y desarrollo de especies vegetales

Recebido: 01/09/2020 | Revisado: 08/09/2020 | Aceito: 12/09/2020 | Publicado: 14/09/2020

Marília Layse Alves da Costa

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7282-9617>

Universidade Federal de Alagoas, Brasil

E-mail: marilialayse237@gmail.com

Amanda Lima Cunha

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2688-5025>

Universidade Federal de Alagoas, Brasil

E-mail: amandalima2012.quimica@gmail.com

Laryssa Roberta Alves Farias

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9670-6272>

Universidade Federal de Alagoas, Brasil

E-mail: laryssaalves074.lr@gmail.com

Natanielle de Oliveira Gomes Leite

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3409-6448>

Universidade Federal de Alagoas, Brasil

E-mail: NatanielleGomes@hotmail.com

Aleyres Bispo Chagas

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5183-2064>

Universidade Federal de Alagoas, Brasil

E-mail: aleyresbispo1997@gmail.com

Mabel Alencar do Nascimento Rocha

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7769-5002>

Universidade Estadual de Alagoas, Brasil

E-mail: mabelalencar@hotmail.com

Cicera Maria Alencar do Nascimento

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3046-7798>

Centro Universitário CESMAC, Brasil

E-mail: cicera_alencar@hotmail.com

Emanoel Ferdinando da Rocha Júnior

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1788-2201>

Centro Universitário CESMAC, Brasil

E-mail: emanoel.junior@trt19.jus.br

Tereza Lúcia Gomes Quirino Maranhão

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8881-1064>

Centro Universitário CESMAC, Brasil

E-mail: teleugomes@yahoo.com.br

Aldenir Feitosa dos Santos

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6049-9446>

Universidade Estadual de Alagoas e Centro Universitário Cesmac, Brasil

E-mail: Aldenirfeitosa@gmail.com

José Vieira Silva

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3419-3755>

Universidade Federal de Alagoas, Brasil

E-mail: jovisi@yahoo.com.br

Resumo

O trabalho objetiva avaliar o quanto as espécies parasitas são capazes de comprometerem o crescimento, a floração e a produtividade das plantas hospedeiras. Trata-se de um estudo de revisão bibliográfica realizada em artigos, dissertações e monografias publicados nos anos de 1987 a 2020, a busca ocorreu nos Periódicos Capes, Google Acadêmico, SciELO e em livros da área de interesse, os descritores utilizados foram Plantas parasitas, Plantas hospedeiras e Interações parasitárias, após a leitura dos títulos e dos resumos, foram selecionados 62 obras lidas na língua portuguesa e inglesas para a elaboração deste manuscrito. Através da revisão bibliográfica, tornou-se possível compreender e analisar a relação das espécies parasitas com as espécies hospedeiras, o parasitismo tem ocorrência tanto na parte aérea como subterrâneas, na parte aérea classifica-se em halo e hemiparasitas, enquanto nos órgãos subterrâneos tem como agentes parasitários os nematoides, capazes de ocasionarem danos no crescimento e desenvolvimento dessas espécies, decorrente a retirada intensa de nutrientes e água, resultando no desencadeamento de doenças classificadas em infecciosas/bióticas ou não infecciosas/abióticas. Os ataques provenientes de espécies parasitas, induzem que a espécies hospedeiras gerem seu próprio sistema de defesa, pela formação de barreiras físicas e biológicas, ao sobreviverem são capazes de possuírem a Resistência Sistêmica Adquirida

(RSA) e a produção de compostos pelo metabolismo secundário. Portanto, as espécies parasitas são capazes de gerarem danos diretos no crescimento, na floração e na produtividade das espécies hospedeiras, que somente é revertida quando o vegetal gera defesa subsequente, afim de garantir a existência da espécie no meio.

Palavras-chave: Comprometimento vegetal; Parasitismo; Defesa da planta.

Abstract

The work aims to evaluate the extent to which parasitic species are capable of compromising the growth, flowering and productivity of host plants. This is a bibliographic review study carried out on articles, dissertations and monographs published in the years 1987 to 2020, the search occurred in the Capes Journals, Google Scholar, SciELO and in books of the area of interest, the descriptors used were Parasitic plants, Host plants and parasitic interactions, after reading the titles and abstracts, 62 works read in Portuguese and English were selected for the preparation of this manuscript. Through the bibliographic review, it became possible to understand and analyze the relationship between parasitic species and host species, parasitism occurs both in the aerial and underground parts, in the aerial part it is classified in halo and hemiparasites, while in Organs underground organs it has as parasitic agents, nematodes, capable of causing damage in the growth and development of these species, due to the intense withdrawal of nutrients and water, resulting in the onset of diseases classified as infectious / biotic or non-infectious / abiotic. The attacks from parasitic species, induce that the host species generate their own defense system, by the formation of physical and biological barriers, when surviving they are able to possess the Acquired Systemic Resistance (RSA) and the production of compounds by the secondary metabolism. Therefore, parasitic species are capable of generating direct damage in the growth, flowering and productivity of host species, which is only reversed when the plant generates subsequent defense, in order to guarantee the existence of the species in the environment.

Keywords: Vegetable commitment; Parasitism; Plant defense.

Resumen

El trabajo tiene como objetivo evaluar hasta qué punto las especies parasitarias son capaces de comprometer el crecimiento, la floración y la productividad de las plantas hospedantes. Se trata de un estudio de revisión bibliográfica realizado sobre artículos, disertaciones y monografías publicados en los años 1987 a 2020, la búsqueda se dio en las Revistas Capes, Google Scholar, SciELO y en libros del área de interés, los descriptores utilizados fueron

Plantas parasitarias, Plantas hospedantes e interacciones parasitarias, luego de la lectura de títulos y resúmenes, se seleccionaron 62 trabajos leídos en portugués e inglés para la preparación de este manuscrito. A través de la revisión bibliográfica se logró comprender y analizar la relación entre especies parasitarias y especies hospedadoras, el parasitismo se presenta tanto en la parte aérea como en la subterránea, en la parte aérea se clasifica en halo y hemiparasitos, mientras que en los órganos subterráneos tiene como agentes parasitarios, nematodos, capaces de causar daños en el crecimiento y desarrollo de estas especies, debido a la intensa extracción de nutrientes y agua, resultando en la aparición de enfermedades clasificadas como infecciosas / bióticas o no infecciosas / abióticas. Los ataques de especies parasitarias, inducen que las especies hospedadoras generen su propio sistema de defensa, por la formación de barreras físicas y biológicas, al sobrevivir son capaces de poseer la Resistencia Sistémica adquirida (RSA) y la producción de compuestos por el metabolismo secundario. Por tanto, las especies parasitarias son capaces de generar daño directo en el crecimiento, floración y productividad de las especies hospedadoras, que solo se revierte cuando la planta genera una defensa posterior, con el fin de garantizar la existencia de la especie en el medio.

Palabras clave: Compromiso vegetal; Parasitismo; Defensa vegetal.

1. Introdução

Em comunidades vegetais as plantas estabelecem relações sejam positivas, negativas ou neutras, porém a interação com as plantas vizinhas normalmente é negativa (Pires & Oliveira, 2011), a exemplo do parasitismo, que corresponde a uma relação de vantagem para as espécies parasitas e desvantagem para as espécies hospedeiras (Pereira, Junior, Santana, Almeida, Pereira & Oliveira, 2018).

Nesta relação de planta e parasita; a planta hospedeira sofre desvantagens pelo ataque do parasita que está sendo beneficiado pela retirada de nutriente e água dos vegetais. As plantas parasitas são compostas por um grupo diversificado de organismos, de aproximadamente 4500 espécies, incluindo árvores, arbustos, ervas anuais e perenes, sendo distribuídas na maioria dos habitats existentes (Brasil, 2011).

O parasitismo tanto pode ocorrer no sistema radicular como na parte aérea, desse modo, os parasitas da parte aérea são classificados em holoparasitas e hemiparasitas. Os holoparasitas são desprovidos de clorofila e necessitam de plantas hospedeiras para a obtenção de nutrientes, afim de garantir a sua sobrevivência, e em contrapartida os

hemiparasitas são capazes de realizarem a fotossíntese uma vez que possuem clorofilas, um exemplo de espécies hemiparasitas são as denominadas ervas-de-passarinho, as quais são consideradas prejudiciais em cultivos de citros e demais plantas hospedeiras (Brighenti & Oliveira, 2011).

Além das plantas parasitas, existem os fitonematoides também são organismos que parasitam tanto órgãos subterrâneos (raízes, rizomas, ou frutos hipógeos) quanto aéreos (caule, folhas e frutos), que caracterizam-se por serem seres microscópicos, apresentando de 0,2 a 3,0 mm de comprimento, não podendo serem vistos a olho nu, sua reprodução e alimentação é dependente dos tecidos das plantas, principalmente das raízes (Ferraz & Brown, 2016). Os fitonematoides podem ser classificados de acordo com o órgão que parasitam, podendo serem classificados em endoparasitas, semiendoparasitas e em ectoparasitas (Miranda & Miranda, 2018).

As plantas hospedeiras por servirem de abrigo para tais organismos parasitas, apresentam sistema de defesa contra estes, podendo ocorrer por barreiras físicas ou biológicas que se encontram presente antes mesmo da presença do parasito, como também pode ocorrer pela defesa induzida que é gerada após o ataque dos parasitas, que desencadeia a Resistência Sistêmica Adquirida (RSA) (Begon, Townsend & Harper, 2007).

Uma outra forma de minimizar os danos ocasionados pela ação parasitária é pela produção dos metabólitos secundários que permitem que os vegetais se desenvolvam em condições de estresse (Rockenbach, Rizzardi, Nunes, Bianchi, Caverzan & Scheneider 2018).

Além dessas defesas, uma estratégia ecologicamente adequada pode ser empregada na agricultura, como a interação benéfica existente entre os micro-organismos com as plantas hospedeiras, a exemplo dos micro-organismo pode-se considerar os fungos micorrizos arbusculares e das bactérias endofíticas, que são capazes de estimularem o crescimento das plantas e promoverem resistência contra agentes parasitas e patógenos (Garcia, Knaak & Fiuza, 2015).

Tendo em vista que a ação parasitária pode afetar o desenvolvimento e crescimento dos vegetais, o presente trabalho teve como objetivo verificar o quanto as espécies parasitas podem comprometer o crescimento, a floração e a produtividade das plantas hospedeiras.

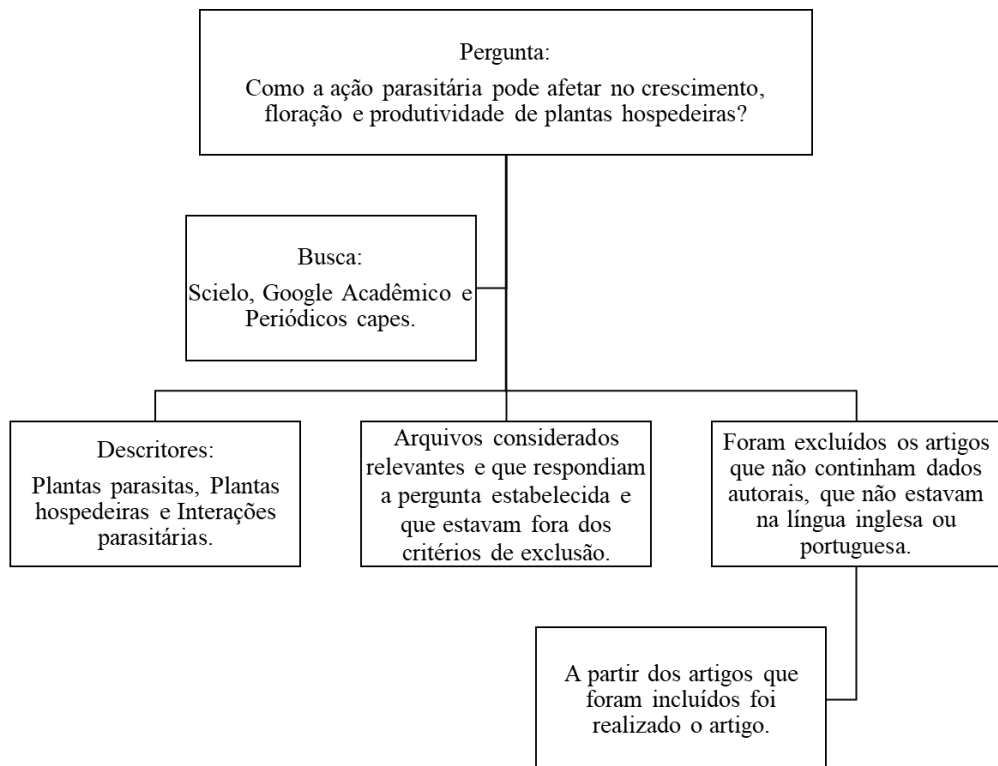
2. Metodologia

As revisões bibliográficas têm o objetivo de realizar uma síntese de vários dados já publicados; fornecendo um levantamento detalhado de evidências disponíveis a respeito de

um determinado tema. As revisões narrativas, normalmente, abordam uma ou mais questões de forma ampla, descrevendo artigos já presentes na literatura que podem ser encontrados em diversas plataformas de pesquisas que podem ser definidas (preliminarmente), como também são estabelecidos os critérios de inclusão e exclusão; e se tratando de uma revisão narrativa esses critérios podem ser poucos específicos (Silva, 2019).

Mediante a isto, o presente trabalho refere-se ao um estudo de revisão bibliográfica narrativa realizado em artigos, monografias, dissertações e livros dos anos de 1987 a 2020, na língua portuguesa e inglesa. A busca foi realizada nos sites SciELO, Google acadêmico, plataforma capes e em livros. Após a leitura dos títulos e resumos, foram incluídos na pesquisa 62 obras lidas em sua totalidade. Os descritores utilizados na pesquisa foram Plantas parasitas, Plantas hospedeiras e Interações parasitárias (Fluxograma 1).

Fluxograma 1 – Método utilizado para a realização da pesquisa bibliográfica.



Fonte: Dados da pesquisa (2020).

3. Resultados e Discussão

3.1. Interação entre as plantas parasitas e seus hospedeiros

As plantas apresentam-se com uma grande diversidade, tanto morfológico, ecológico como nutricional além de poderem ser autótrofas ou heterótrofas (Brasil, 2011). As plantas autótrofas são aquelas capazes de produzir o seu próprio alimento, através da fotossíntese, o pigmento responsável por esse processo são as clorofilas, as quais atuam na captação de energia solar (Paz, Filho, & Oliveira, 2006).

Enquanto as plantas heterotróficas não são geradores de seu próprio alimento, tendo sua nutrição obtida por demais espécies, podem ou não apresentar clorofila e sua morfologia e fisiologia são intensamente especializadas, decorrente a nutrição diferenciada. A exemplo de plantas heterotróficas podem ser citadas as plantas insetívoras também conhecidas como carnívoras, as mico-heterotróficas e as plantas parasitas (Brasil, 2011).

As plantas parasitas diferenciam-se das demais, pois possuem uma estrutura conhecida como haustório, que atua como uma ponte afim de retirar (obter) a nutrição (água e nutrientes) direta dos seus hospedeiros. A penetração deste órgão varia a depender da espécie, podendo ser acoplado diretamente na raiz ou no caule. As plântulas de *Cuscuta* apresentam penetração do haustório no caule, com crescimento em direção ao sistema vascular da planta hospedeira, enquanto a *Striga* tem o seu desenvolvimento diretamente no xilema para atingir a raiz da espécie hospedeira (Taiz, 2017).

A *Cuscuta* é uma planta parasita conhecida popularmente como erva-estranguladora ou vinho-do-amor, caracteriza-se por ser uma planta pequena de haste amarelo-alaranjada, não possui folhas, contém flores esbranquiçadas que são formadas no verão até a geada. Normalmente a *Cuscuta* parasita espécies herbáceas anuais, perenes, arbustos jovens e espécies como *Medicago sativa* (alfafa) e *Solanum tuberosum* (batata), as principais consequências observadas nas plantas hospedeiras por essa planta parasita inclui a destruição de plantios de flores selvagens, anuais ou perenes, além de causar a mortalidade de plantas jovens. Os sintomas ocasionados por esse parasita incluem atarracamento, deficiência na reprodução (florescimento) e morte (Trigiano, Windham & Windham, 2010).

3.2. Plantas parasitas e sua influência no crescimento, floração e na produtividade das plantas hospedeiras

3.2.1 Plantas hemiparasitas

As plantas parasitas podem ser classificadas de acordo com o grau de parentesco, bem como pelo nível de dependência nutricional, as quais podem ser divididas em dois grupos: hemiparasitas e holoparasitas. As hemiparasitas são capazes de realizar fotossíntese devido a presença de clorofilas, enquanto as holoparasitas necessitam dos recursos retirados xilema e floema da espécie hospedeiras por meio de seu órgão especializado conhecido como haustório (Brasil, 2011).

As hemiparasitas apresentam clorofilas, por essa razão são capazes de realizarem o processo fotossintético em algum momento do seu ciclo de vida, podendo ser divididas em facultativas e obrigatórias, as hemiparasitas facultativas são as que não necessitam de um hospedeiro para complementar seu ciclo de vida, enquanto as hemiparasitas obrigatórias necessitam de um hospedeiro para acoplar-se e obter água e nutrientes (Nickrent, 2002).

Aproximadamente 4.350 espécies de plantas parasitas encontram-se distribuídas em 12 ordens no reino vegetal, entre essas ordens destaca-se a ordem Santales por compreender maior parte de espécies de plantas parasitas, contendo 18 famílias e 160 gêneros, dentre as famílias Santalales têm-se: Amphorogynaceae, Loranthaceae, Misodendraceae, Santalaceae e Viscaceae, dentre essas a maior família é a Loranthaceae, constituída por aproximadamente 75 gêneros e 990 espécies, encontrada em maior diversidade em áreas tropicais (Dettke, 2014).

Entre as espécies que são classificadas como himiparasitas destaca-se a *Phoradendron affine*, pertencentes a família Loranthaceae, compostas por aproximadamente 75 gêneros e 100 espécies, conhecida popularmente como erva de passarinho, pois são dependentes das aves na dispersão de suas sementes, essas aves sofreram modificações em seu tubo digestório, afim de ingerirem a polpa dos frutos, ao regurgitarem ou defecarem as sementes, estas são dispersas na casca das árvores, podendo também cair no solo, porém não se desenvolvem (Cazzetta & Galetti, 2007).

Essas espécies têm capacidade de promover modificações na estrutura da comunidade onde estão inseridas (parasitando), das quais obtém nutrientes e água das plantas hospedeiras através da forte conexão estabelecida com o xilema, por essa razão são espécies que dependem exclusivamente das plantas hospedeiras, além de caracterizarem por ser plantas

perenes, clorofiladas de folhas simples, hermafroditas e são capazes de realizar a fotossíntese (Junior, Silva, Gonçalves & Oliveira, 2018).

As espécies conhecidas por ervas de passarinho crescem em galhos e troncos da planta hospedeira, se desenvolvendo e ocupando parte ou a totalidade da copa da hospedeira, resultando na redução da eficiência fotossintética da mesma. Inúmeras são as consequências ocasionadas pela planta parasita em suas hospedeiras, incluindo taxa de crescimento reduzida, comprometimento da arquitetura das árvores e declínio na produtividade (White, Ribeiro, White & Junior, 2011).

As ervas de passarinho são generalistas, com capacidade de parasitar mais de uma planta hospedeira, o parasitismo por essa espécie é determinado conforme alguns atributos que fazem algumas das plantas hospedeiras serem consideradas “prediletas”, tais como idade e tamanho. A germinação das ervas de passarinho em suas hospedeiras não depende do substrato que a sementes está aderida, e sim, do diâmetro dos galhos por apresentar efeito direto na persistência e no estabelecimento das sementes (Cazzetta & Galetti, 2007).

3.2.2. Plantas holoparasitas

As plantas holoparasitas são altamente dependentes dos recursos retirados dos vasos condutores (xilema e floema) dos organismos hospedeiros. A forma de vida dessas espécies é a mais extrema manifestação do parasitismo, pois ocasiona o desenvolvimento de mecanismos adaptativos morfofisiológicos, como redução do corpo vegetativo e perda dos cloroplastos, resultando em deficiências na capacidade fotossintética. Suas folhas são pequenas escamas amareladas, alteradas no formato de brácteas, seu caule é reduzido pois a maioria das espécies tem hábitos subterrâneos ou vivem no interior do tecido hospedeiro (Brasil, 2011).

A família Rafflesiaceae compreende espécies com características específicas por possuírem as maiores flores do mundo com diâmetro de aproximadamente 100cm, possuem coloração vermelhada e odores atrativos as moscas, além de serem holoparasitas, as quais necessitam de uma planta hospedeira para obter água e nutrientes, afim de garantir sua sobrevivência, essas espécies somente se tornam visíveis nas plantas hospedeiras após o processo de germinação (Brasil, 2011).

Sua predominância é em florestas tropicais da Malásia, Sul da Tailândia, Sumatra e Java, seus brotos tem um desenvolvimento de aproximadamente em 10 meses, sua flor tem duração de 4 a 8 dias, mais precisamente apresenta um período de floração de 4 dias e seu

apodrecimento ocorre no quinto dia, apresentando ciclo reprodutivo longo (Kedri, Sukri, Hamzah, Sukri, Yaacob & Majid et al, 2018).

Essa espécie através do haustório (órgão com função similar com o da raiz) exerce ação parasitaria com a sua hospedeira que normalmente é pertencente ao Gênero *Tetrastigma* (Vitaceae) conhecida popularmente como liana (Pranata & Sulistijorini, 2019) que são plantas que necessitam de demais espécies para alcançar a luz do sol em florestas, apresenta caule lenhoso, com superfície espessa e irregular, e a desvantagem é que ela facilmente pode sofrer danificações ou divisões, tornando-se uma característica benéfica para a *Rafflesia* (Figura 1.) pois são formados espaços para o estabelecimento de suas sementes (Kedri, Sukri, Hamzah, Sukri, Yaacob & Majid et al, 2018).

Alguns fatores afetam a existência desta espécie parasita (*R. arnoldii*), como dificuldade que estas apresentam no reconhecimento de plantas hospedeiras, além de outros fatores como as perturbações ambientais, incluindo: deslizamentos de terra e inundações (Pranata & Sulistijorini, 2019).

3.3. Plantas hospedeiras

As plantas e os insetos tiveram sua evolução em conjunto, sendo comum a ocorrência de insetos em plantas cultivadas, porém em uma quantidade populacional maior estes insetos provocam redução na produtividade das culturas, a exemplo destes têm-se os percevejos que buscam abrigo em períodos desfavoráveis nas plantas daninhas que após a colheita transfiguram-se em culturas permanentes (hospedeira) (Souza, Minuzzi, Engel, Souza, Muraro & Pasini, 2019).

As plantas hospedeiras também conhecidas como plantas daninhas, invasoras ou plantas indesejáveis atuam como abrigo para os organismos parasitários em períodos de entressafra, a busca do inseto por uma planta hospedeira ocorre decorrente a alguns fatores como: nível populacional, distância da planta da bordadura da lavoura, temperatura, velocidade e direção dos ventos e do nível nutricional, sendo assim capazes de comprometerem o crescimento das espécies hospedeiras (Engel & Pasini, 2018; Oliveira & Rando, 2017).

Diversas são as plantas hospedeiras, como a *Averrhoa carambola* (Oxalidaceae), *Eugenia stipitata* L. (Myrtaceae), *Eugenia uniflora* L. (Myrtaceae), *Malpighia emarginata* DC. (Malpighiaceae), *Myrciaria dubia* (Kunth) McVaugh (Myrtaceae), *Psidium araca* Raddi (Myrtaceae), *Spondias mombin* L. (Anacardiaceae) e *Syzygium jambos* (L.) Alston

(Myrtaceae), que possui como principal espécie parasitaria a *Anastrepha obliqua*, que é conhecida como mosca da fruta. Enquanto *A. obliqua* e *A. striata* para *P. araca* designam uma nova composição de associações no Brasil (Castilho, Silva, Sousa, Santos, Lemos & Adaime, 2019).

3.4. Agentes e doenças ocasionadas em plantas hospedeiras

As doenças que afetam os vegetais podem ser classificadas em infecciosas/bióticas ou em não infecciosas/abióticas. As doenças infecciosas encontram-se associadas a alimentação promovida por agentes parasitários, que têm como principais agentes infecciosos inclusos as bactérias, fungos, vírus, nematoides, protozoários e plantas parasitas superiores, tais parasitas causam doenças que resultam na debilitação ou enfraquecimento do hospedeiro devido a intensa absorção de nutrientes das células hospedeiras (Michereff, 2001).

Podendo também ocasionar destruição ou distúrbios metabólicos da célula hospedeira por meio de toxinas, enzimas ou substâncias que atuam regulando o crescimento por eles secretados, além de bloquear o transporte de nutrientes e água nos tecidos condutores (Michereff, 2014).

As doenças não infecciosas ou abióticas são induzidas a ocorrer pelas condições desfavoráveis que o meio apresenta, como excesso ou redução de temperatura, de luminosidade e de umidade, como também pela deficiência de oxigênio e a poluição do ar também podem condicionar no comprometimento de qualquer estágio de desenvolvimento do vegetal (Michereff, 2001).

As bactérias são organismos extremamente pequenos, visíveis com auxílio de microscópio e são normalmente medidas em micrômetro que corresponde a 1/1000 mm (10^3 mm), sendo encontradas nos mais variados ambientes em condições adversas, podendo serem ou não virulentas, apresentando as mais variadas formas. Suas paredes celulares contêm o polissacarídeo complexo peptidoglicano, que lhe confere rigidez, atuando como uma barreira protetora para determinados agentes físicos e químicos. (Lima, Turski, Silva, Severino, Farias & Silva et al., 2016).

Os fungos não são considerados plantas ou animais, a obtenção dos nutrientes se faz por meio do ambiente afim de garantir a própria sobrevivência. Os fungos fitoparasitas são divididos em: biotróficos e necrotróficos (Trigiano, Windham & Windham, 2010).

Os biotróficos são parasitas que obtêm seus nutrientes das plantas hospedeiras jovens, e quando estas entram no estado natural de senescência o parasitismo é interrompido, devido

a disponibilidade de nutrientes limitado. As consequências na planta hospedeira por esses agentes parasitários inclui desde ferrugens, oídios, carvões até míldios (Reis, Zoldan & Germano, 2005).

E os fungos necrotróficos obtêm seus nutrientes de seus hospedeiros através da liberação de toxinas ou enzimas que ocasionam a morte dos tecidos do hospedeiro afim de extraírem os nutrientes necessários para o seu desenvolvimento (Trigiano, Windham & Windham, 2010).

3.5. Parasitas que afetam o crescimento vegetativo das plantas hospedeiras

3.5.1. Nematoides

A principal fase de qualquer espécie vegetal é o seu crescimento e desenvolvimento, porém existem fatores ou organismos inibidores desses eventos (PIRES e OLIVEIRA, 2011), entre esses organismos estão os nematoides, que apresentam capacidade de parasitar tanto órgãos subterrâneos (raízes, rizomas, bulbos, tubérculos, e fruto hipógeno) como órgãos aéreos (caules, folhas, flores, frutos e sementes) (Ferraz, 2018).

Os nematoides são organismos que têm capacidade de habitar diversos ambientes, sendo que algumas espécies causam danos as plantas cultivadas os quais são conhecidos como parasitas obrigatórios. Os nematoides parasitos de vegetais são normalmente microscópicos e filiformes (corpo em forma de fio) (Miranda & Miranda, 2018). Esses organismos parasitos causam consequências diversas aos hospedeiros, entre elas destaca-se no comprometimento do caule, das folhas e flores, podendo resultar na morte da planta hospedeira (Lopes & Ferraz, 2016).

A sobrevivência e a reprodução dos nematoides depende exclusivamente das células citoplasmáticas do sistema radicular de onde são extraídos os nutrientes necessários para a alimentação desses organismos. Os nematoides parasitários apresentam-se bastante evoluídos devido aos hábitos de vida livre de seus ancestrais, atualmente pode-se observar a formação do estilete bucal canaliculado que é projetado externamente ao estroma, além de mudanças ocorridas no esôfago (Ferraz e Brown, 2016).

3.5.1.1. Classificação dos nematoides

Os nematoides parasitos são classificados em sedentários e migradores, os sedentários são organismos sem locomoção, representado pelos nematoides do gênero *Meloidogyne*, enquanto os migradores são aqueles que quando adultos se locomovem no solo ou na própria planta, como as espécies pertencentes ao gênero *Pratylenchus*. Os nematoides classificam-se em endoparasitas, semiendoparasitos e em ectoparasitas. Os endoparasitas compreendem os nematoides que ficam imersos as raízes do hospedeiro para obtenção de nutrientes, como os gêneros *Meloidogyne* e *Pratylenchus*. Os semiendoparasitos são nematoides que projetam metade do seu corpo internamente a planta e a outra metade fica externa, como é o caso dos *Heterodera glycines* e *Tylenchulus semipenetrans*, e os ectoparasitas são organismos que permanecem no solo durante o período da alimentação, exemplificado pelos *Helicotylenchus* (Miranda & Miranda, 2018).

Vale ressaltar que espécies de *Meloidogyne*, *Pratylenchus*, *Heterodera*, *Pratylenchus*, *Rotylenchulus* e *Tylenchulus* promovem intensos prejuízos à agricultura (Goulart, 2008).

3.5.1.1.1 Gênero *Meloidogyne*

O gênero *Meloidogyne* é responsável por deformações nas raízes das plantas, resultando na formação de galhas. As fêmeas depositam aproximadamente 400 a 500 ovos no interior das raízes ou na superfície, são atraídos pelos exsudatos das raízes, onde ocorre a penetração do J2 nas radículas e atravessam o parênquima cortical afim de estabelecerem o parasitismo, por meio do estilete é injetado secreções com a finalidade de tornar as células hipertróficas, essas células se tornam essenciais para a obtenção de nutrientes e são conhecidas como células gigantes (Bellé & Fontana, 2018).

Consequentemente a formação das células gigantes pelas substâncias injetadas se espalham para o córtex do vegetal provocando o aumento de tamanho e na quantidade de células, resultando em um córtex úmido e raízes grossas, formando assim as galhas (Miranda & Miranda, 2018).

O ciclo de vida de *Meloidogyne* divide-se em seis estádios fenológicos, sendo eles: ovo, quatro juvenis (J1, J2, J3 e J4) e o adulto, porém o parasitismo nas raízes somente vai ocorrer quando o estágio juvenil (J2) atinge o cilindro vascular. A principal barreira encontrada pelos nematoides na planta hospedeira é a parede celular e a força mecânica promovida pelo estilete no decorrer de seu movimento para o interior das células, assim, para

que a referida parede seja degradada, os fitonematoides secretam enzimas hidrolíticas (Ferreira, 2017).

As culturas de relevância econômica que são parasitadas pelos nematoides do gênero *Meloidogyne* inclui o café, cana-de-açúcar, soja, algodão, entre outras (Miranda & Miranda, 2018).

Os sintomas são evidenciados nos próprios órgãos do vegetal parasitado, normalmente nos órgãos subterrâneos, como também pode ser percebido na parte aérea, entre os sintomas diretos, estão a formação das galhas que é o engrossamento das raízes (Figura 2) e redução no volume do sistema radicular o qual se torna pobre em nutrientes. Entre os sintomas reflexos estão a desigualdade em tamanho, com as plantas infectadas passando a ter um crescimento desigual; reboleiras; deficiência nutricional, pois as raízes se encontram parasitadas por *Meloidogyne*; murcha, devido a desidratação foliar pela perda de água; redução na produção entre outros danos (Ferraz, 2018).

3.5.1.1.2. Gênero *Pratylenchus*

Os nematoides pertencentes ao gênero *Pratylenchus* são organismos caracterizados por serem endoparasitas migratórios, que acarretam em severos danos as plantas hospedeira, sendo conhecidos como os causadores das lesões radiculares, decorrente do movimento que estes realizam no tecido cortical das raízes promovendo a morte das células por retirarem o conteúdo citoplasmático no decorrer da alimentação (Ferraz & Brown, 2016).

Sua forma de infestação ocorre após a eclosão dos ovos, estes penetram nas radicelas pelas regiões subapicais e injetam toxinas que destroem parte das paredes celulares. Para a obtenção de alimento, os nematoides secretam enzimas no interior das células e por sucção captam o conteúdo nutritivo, após a saída dos nematoides das células essas morrem, sofrendo posteriormente com ação dos agentes bacterianos e fúngicos presentes no solo, o que resulta em lesões necróticas (Miranda & Miranda, 2018).

Um dos fatores que influenciam a distribuição das espécies de *Pratylenchus* é a textura do solo, sendo comprovado que solos arenosos favorecem *P. brachyurus*, bem como a umidade é necessária para que os processos vitais do mesmo ocorram. Esse gênero compreende parasitos de difícil controle, são parasitas polívoros, de hábito endoparasita e migrador, e não encontram-se fixos as plantas hospedeiras. As espécies hospedeiras que se destacam são a soja, feijão, algodão, milho, sorgo e dentre outras (Goulart, 2009).

No Brasil, já houve o registro de aproximadamente uma dezena de espécies de nematoides, sendo que os gêneros de maior ocorrência são *Pratylenchus brachyurus* (Godfrey) Filipjev & S. Stekhoven, *Pratylenchus coffeae* (Zimmermann) Filipjev & S. Stekhoven e *Pratylenchus zae* (Ferraz, 2018).

O ataque desses nematoides se concentram no sistema radicular da planta hospedeira, resultando na redução do volume e do tamanho de sua raiz, dificultando na absorção de nutrientes e no transporte de água, a ação parasitaria dos nematoides também pode ser aparente na parte aérea de sua hospedeira, a qual pode apresentar nanismo, enfezamento, murcha em momentos do dia mais quente, clorose e demais distúrbios nutricionais (Ferraz, 2009).

3.5.1.1.3. Gênero *Heterodera*

O gênero *Heterodera* caracteriza-se pela formação de cistos que são resultantes da fêmea adulta quando morta, as espécies desse gênero apresentam coloração marrom e são resistentes a diversas condições. O ciclo reprodutivo tem início quando os ovos no interior dos cistos sofrem embriogênese conduzindo ao primeiro estágio juvenil (J_1), ao haver a troca da cutícula dá-se início ao segundo estágio juvenil (J_2), o ovo eclode e o agente parasitário migra para o solo e penetra as raízes das plantas hospedeiras, afim de obter nutrientes. Ao passar três ecdises o nematoide atinge a fase adulta tendo as fêmeas projetadas metade de seu corpo externamente a planta hospedeira e a outra metade interna aos tecidos radiculares, enquanto os machos auxiliam as fêmeas na proliferação de demais cistos, e em seguida morrem (Silva & Arias, 2009).

A planta hospedeira ao sofrer ataques de *H. glycines* apresenta porte reduzido, folhas cloróticas, raízes deterioradas, abortamento de flores e dentre outros danos (Figura 1.). Os sintomas apresentados pelas plantas hospedeiras varia de acordo com a fertilidade do solo e a população de fitonematoides (Junior, Santos, Rudorff & Marchiorato 2002).

Figura 1. Sintomatologia de plantas hospedeiras atacadas por *Heterodera glycines*.



Fonte: Ramiro (2019).

3.5.1.1.4. Gênero *Tylenchulus*

O gênero *Tylenchulus* é composto por cinco espécies, entre as espécies mais relevantes deste gênero destaca-se a *T. semipenetrans* conhecida popularmente como nematoide dos citros que comumente parasita citros, videiras e caqui. A *T. semipenetrans* fêmeas são semiendoparasitas sedentárias e os machos não são fitoparasitas. O ciclo reprodutivo desta espécie ocorre quando as fêmeas projetam seus corpos externamente ao sistema radicular para depositar cerca de 80 ovos, onde ocorrerá a eclosão dos ovos juvenis do segundo estágio, tanto os machos como as fêmeas permanecem no solo (Miranda & Miranda, 2018).

O parasitismo pela *T. semipenetrans* na planta hospedeiras inicia quando atinge-se as células epidérmicas radiculares da hospedeira, e por migração via inter ou intracelular a parasita alcança áreas mais profundas do córtex onde ocorrerá três ecdises do segundo estágio juvenil (adultos), as fêmeas ainda imaturas causam morte celular cortical, afim de obterem nutrientes, a parasita injeta secreções nas glândulas esofagianas situadas no citoplasma (Ferraz & Brown, 2016).

Os danos ocasionados pela *T. semipenetrans* depende da época de amostragem, e as perdas variam de 10 a 30% a depender de alguns fatores, como bióticos, abióticos, do grau de infecção e da diversidade do enxerto (Gabia, Santos & Wilcken, 2016).

3.5.1.1.5. Gênero *Helicotylenchus*

O gênero *Helicotylenchus* pertencente à família Hoplolaimidae tem uma maior concentração no Brasil, quando comparado com os demais, essas espécies tem como característica apresentar-se estruturalmente espirados típicos após a sua morte e são ectoparasitas de raízes. O principal dano ocasionado por espécies desse gênero é redução do sistema radicular, tais parasitas apresentam capacidade de sobreviver na ausência da planta hospedeira por meses e seu ciclo varia entre 35 a 37 dias a uma temperatura de 23-33°C (Garbin & Costa, 2015).

Esse gênero por sua vez em algumas plantas hospedeiras atuam como endoparasitas ao penetrar as raízes, dentre as espécies relevantes dá ênfase as *H. multincinctus* que causa infestação em bananeira, e a *H. dihystra* tem como hospedeiras diversas culturas incluindo a cana-de-açúcar (Miranda & Miranda, 2018).

Em estudo realizado por Dias-Arieira (2009), este verificou que a *H. dihystra* é comumente encontrado em solos que apresentam como cultura o abacateiro, a goiabeira e a videira, enquanto a *H. multincinctus* teve uma maior predominância em amostras de bananeira com número médio de 138 nematoides em 10g de raízes (Dias-Arieira, Furlanetto, Santana, Barizão, Ribeiro & Formentini 2009).

3.5.2. Controle de nematoides

Ao contrário de épocas passadas, atualmente diversas são as formas de erradicar os fitonematoides, as três medidas aplicadas compreendem no manejo integrado de nematoides que consiste no controle varietal; o controle cultural que envolve a rotação/sucessão de culturas e o controle por aplicação de produtos químicos ou biológicos (Ferraz, 2018).

Uma das formas de evitar os danos causados por nematoides se faz por meio da indução de resistência da planta, através de nematicidas no tratamento das sementes, a exemplo do acidobenzolar-S-metil, o qual se destaca pela capacidade de controlar os nematoides em diferentes patossistemas, atuando na ativação de defesa das plantas, tendo ação similar ao ácido salicílico na via de transdução do sinal que conduz a Resistência Sistêmica Adquirida (RSA), essa indução acontece com a ativação de genes codificadores de proteínas (patogênese) e enzimas atuantes na síntese de lignina e fitoalexinas, porém a desvantagem dessa prática é que a aplicação somente ocorre em parte aérea, o que torna a

planta vulnerável ao estádios iniciais de desenvolvimento (Lopes, Cardoso, Puerari, Ferreira & Dias-Arieira, 2017).

O controle de fitonematoides é dificultado pelo tamanho que esses diminutos organismos apresentam, além de causarem danos similares a demais organismos, tornando-se difícil a aplicação de métodos corretos na erradicação de fitonematoides, assim como contribui para que a infestação em campo ocorra de forma despercebida (Ferraz & Brown, 2016).

3.6. Fatores determinantes para o crescimento e desenvolvimento do vegetal - Produtividade

As plantas apresentam sua produtividade afetada por diversos fatores, dentre eles destaca-se a influência negativa causada pela interferência das plantas daninhas (VASCONCELOS et al., 2012), as quais atuam como hospedeiras alternativas de pragas, nematoides, moléstias e plantas parasitas (Brighenti & Oliveira, 2011), além de terem capacidade de promover uma perda de até 100% na produtividade frutífera (Teófilo, Freitas, Medeiros, Fernandes, Grangeiro & Tomaz et al., 2012).

As plantas daninhas são encontradas em áreas de cobertura natural afetada e em solos parcialmente expostos, apresentam crescimento e florescimento acelerado e com mecanismos adaptativos (alelopatia) para maior capacidade de competição com as demais culturas resultando no comprometimento do crescimento, desenvolvimento e produtividade da cultura vizinha (Pitelli, 1987).

Normalmente, a principal forma das plantas daninhas causarem interferência sobre as demais culturas é por competição, onde ambas as espécies são prejudicadas, mas as plantas daninhas apresentam uma maior capacidade de acumular nutrientes em seus tecidos vegetais quando comparada a cultura vizinha, em casos de competição entre plantas daninhas é ocasionado um estresse, decorrente a competição por nutrientes onde ambas irão apresentar danos no crescimento (Vasconcelos, Silva, & Lima 2012).

O grau de interferência entre as plantas daninhas e as culturas agrícolas é influenciado por alguns fatores, principalmente relacionados ao período e a extensão dessa associação, quanto mais intenso for o contato da cultura agrícola com as plantas daninhas, maior será o grau de interferência, causando prejuízos na produtividade da comunidade agrícola (Salgado, Alves, Mattos, Martins & Hernandez, 2002).

O gênero *Amaranthus* (carurus) é um exemplo de plantas daninhas, esse compreende aproximadamente 60 espécies, sendo que 10 são plantas infestantes de culturas brasileiras *A. lividus* (caruru-folha-decuia), *A. retroflexus* (caruru-gigante), *A. spinosus* (caruru-de-espinho) e *A. viridis* (caruru-de-mancha). A competição proporcionada por esse gênero é intenso sobre as demais culturas agrícolas, devido a capacidade de crescimento agressivo e da elevada produção de sementes, causando comprimento na qualidade do produto agrícola e danos na colheita (Carvalho, Lopez-Ovejero, & Christoffoleti 2008).

Em virtude da competição causada pelas plantas daninhas em áreas agrícolas, constata-se que houve perda da produção das principais culturas brasileiras de aproximadamente de 58,2% (Rodrigues, 2016).

3.7. Competição por luz e nutrientes que afetam o crescimento, desenvolvimento e a indução floral dos vegetais

As plantas necessitam de luz, água, temperatura ideal e elementos minerais para garantir seu pleno desenvolvimento (Neves & Silveira, 2012), e na deficiência de qualquer fator ambiental ou na alteração da disponibilidade de água, temperatura e irradiação ocorre comprometimento do crescimento e da indução floral (Kerbaui, 2004).

Em casos de competição intra e/ou interespecíficas por recursos do ambiente e por nutrientes da planta hospedeira, o parasita provoca prejuízos intensos que refletem diretamente no crescimento, desenvolvimento e na produção da cultura. A competição da planta parasita por minerais do solo requer habilidades específicas, como desenvolvimento radicular acelerado e das propriedades de absorção dos tecidos das raízes, que ao absorverem a água das camadas mais profundas do solo ocorre a transpiração por meio da energia luminosa que é interceptada pela planta, por essa razão, a competição por minerais (água) encontra-se estreitamente relacionado com a energia luminosa (Zanine & Santos, 2004).

A competição das espécies parasitas por luz propicia em danos na produtividade de algumas culturas, onde as espécies que apresentam uma maior eficiência fotossintética possuem maior possibilidade de aumento da sua área foliar (Vargas & Roman, 2006).

O aumento da área foliar condiciona em uma maior interceptação de energia luminosa, sendo comum que as espécies compitam alterando sua posição na estrutura vertical da comunidade vegetal, afim de estabelecer uma competição a nível de copa (Zanine e Santos, 2004). As plantas que encontram-se com uma área foliar maior conseqüentemente terão contato mais próximo com a energia luminosa favorecendo que o fitocromo Pfr absorva um

fóton vermelho distante e converte-se em Pr provocando modificações fisiológicas do vegetal, ao contrário acontece com as espécies que não apresentam uma área foliar favorável, que resultará na inibição do crescimento e desenvolvimento (floração) (Taiz, 2017).

As espécies como *Butilon theophrasti*, *Datura stramonium*, *Senna obtusifolia* e *Ipomoea* spp apresentam vantagem na competição por luz quando comparada com demais espécies, assim como a espécie *Xanthium strumarium* destaca-se por ter uma elevada habilidade competitiva por luz, água, espaço e nutrientes, e o resultado consiste no comprometimento do crescimento, produção, número de flores e de vagens das demais plantas presentes (Vargas & Roman, 2006).

A ação competitiva da espécie parasita causa respostas nas células da planta hospedeira, as quais em estado de estresse produzem uma maior quantidade de EROs resultando na perda da capacidade fisiológica e até mesmo na morte celular (Rockenbach, Rizzardi, Nunes, Bianchi, Caverzan & Scheneider 2018).

3.8. Interações benéficas entre as plantas e micro-organismos como reguladores de crescimento

3.8.1. Fungos Micorrizos Arbusculares - FMAs

Além da interação parasitária, existe interações benéficas com as plantas hospedeiras, a qual é conhecida como mutualismo que têm como agentes os Fungos Micorrizos Arbusculares (FMAs) e as bactérias fixadoras de nitrogênio e leguminosas (Taiz, 2017).

Os fungos pertencentes as famílias Gigasporaceae, Glomeraceae, Acaulosporaceae, Paraglomaceae e Archaeosporaceae são capazes de gerarem Micorrizos Arbusculares (MA) que são essenciais para o estabelecimento de relações simbióticas entre a planta e o fungo. Essa simbiose promove alguns benefícios as plantas, pois as hifas fúngicas atuam como uma extensão do sistema radicular que propicia aumento na absorção de água e nutrientes, essencialmente o fósforo (P), bem como os fungos também são beneficiados pelos fotoassimilados dos vegetais, desse modo, essa troca benéfica entre os fungos e os vegetais pode apresentar características de ação mutualista ou parasitaria sob a planta (Pereira, Haddad, Bazzolli & Asuya, 2012).

As características dos FMAs variam conforme os fatores abióticos como temperatura, umidade, matéria orgânica do solo, nitrogênio, fósforo, aeração do solo e pH. Sendo assim, além dos fungos micorrizos arbusculares possibilitarem uma maior absorção de nutrientes, são capazes de promoverem uma maior resistência da planta a condições de estresse hídrico,

exercendo influência tanto na agregação do solo como no controle de patógenos. A agregação do solo ocorre por meio de diferentes mecanismos, como a produção de glicoproteína ou glomalina, que favorece tanto na estabilidade dos agregados, como diversos são os estudos que a apontam como uma relevante armazenadora de carbono e nitrogênio no solo (Silva, Pereira, Santos, Miguel & Silva 2016).

Notadamente esses fungos são formados pela deficiência de nutrientes no solo ou pela presença de parasitas, o que torna a planta mais apta para a produção de micorrizas arbusculares, porém diversos são os fatores que podem contribuir para a formação de FMAs, como a competição com demais plantas, e entre os efeitos benéficos desses fungos, destaca-se a sua capacidade de proteção das plantas contra patógenos (Veresoglou, Menexes & Rillig, 2012).

Os FMAs apresentam diversas funções, atualmente existem evidências que alguns apresentam um maior caráter de parasitar o vegetal, isto é, obter os fotoassimilados sem qualquer benefício em troca dessa associação. Devido a essa relação de mutualismo e parasitismo, alguns vegetais apresentam capacidade de evitar associação com os fungos, o que torna possível que a planta selecione o seu parceiro (FMAs) resultando em uma associação mais específica (Lima, 2018).

3.8.2. Bactérias endofíticas

Uma das formas de proporcionar resistência as planta sob condições de estresse se faz por meio dos micro-organismos, as bactérias endofíticas que apesar de terem como habitat os vegetais, são organismos menos competitivos que tem como principais benefícios a oferecer para as plantas a promoção de seu crescimento decorrente aos mecanismo de defesa utilizados por esses micro-organismos como fixação de Nitrogênio, solubilização de fosfatos, e produção de fitohormônios que condicionam no melhor desenvolvimento das plantas, além de elevar sua produção (Souza, Minuzzi, Engel, Souza, Muraro & Pasini, 2017).

A interação planta e micro-organismos inicialmente se faz pela adesão ou penetração no sistema radicular ocorrendo a formação de microcolônias intra e intercelulares, as distintas associações das bactérias endofíticas ocasionam mudanças nos processos de colonização dos vegetais, os micro-organismos em reposta aos exsudatos radiculares, migram para a rizosfera, além desse fornecimento nutritivo que a planta oferece aos micro-organismos em seus exsudatos, também realizam uma sinalização receptora aos micro-organismos através de secreções que viabilizam a colonização deste grupo de bactérias específicas, a principal

característica das bactérias endofíticas para as demais é que elas nutrem da planta sem causar a mortalidade desta (Garcia, Knaak & Fiuza, 2015).

Pesquisas recentes comprovaram a atuação das bactérias endofíticas na promoção do crescimento das plantas e na redução de doenças ocasionadas por inúmeros patógenos, além de promoverem aumentos do caule, altura, biomassa da parte aérea, raiz, produção de pêlos radiculares, folhas da planta, lignificação de vasos do xilema e na produção de tubérculos em batata (Barretti, Souza & Pozza et al., 2008).

3.9. Defesa do vegetal sob parasitismo

As plantas superiores são capazes de desenvolverem um sistema de defesa contra agentes parasitas, essas defesas são classificadas em constitutivas relacionada com a formação de barreiras físicas ou biológicas afim de impedir a penetração ou a ação de organismos invasores, e em induzidas que é uma defesa gerada após a presença do parasito. Quando a planta sobrevive ao ataque patogênico é desencadeada a Resistência Sistêmica Adquirida (RSA) que é útil em casos de ataques subsequentes (BEGON, Townsend & Harper, 2007).

Alguns compostos são gerados no metabolismo secundário das plantas produzidos decorrente aos estresses bióticos e abióticos do meio, tornando-se uma defesa da planta, afim de garantir seu desenvolvimento (Rockenbach, Rizzardi, Nunes, Bianchi, Caverzan & Scheneider 2018).

3.9.1 Resistência Sistêmica Adquirida (RSA)

Diversos são os mecanismos de defesa de uma planta, seja estrutural ou bioquímico, a expressão destes irão ocorrer no momento e na magnitude adequada quando a planta hospedeira encontra-se em contato com o agente patogênico, desse modo quando a planta é submetida a determinadas condições a probabilidade de se tornarem mais resistentes a qualquer tipo de ataque parasitário será bem maior (Araujo & Menezes, 2009).

Os micro-organismos possuem capacidade de ativar um determinado tipo de resistência nas plantas, conhecida como Resistência Sistêmica Adquirida (RSA), a qual somente irá ocorrer quando são geradas algumas infecções iniciais, como lesões necróticas devido ao acúmulo de peróxido de hidrogênio ou qualquer outro sintoma (Fernandes, Júnior, Silva, Reis & Júnior, 2009).

A RSA é induzida (ativada) pelas bactérias colonizadoras do sistema radicular, onde essa resistência promove a produção do ácido salicílico ou salicilato de metila como resposta primária e secundária, o primeiro composto tende a se acumular nas porções distais da planta e sofrer conversão para salicilato de metila, o qual emite sinais moleculares para as demais partes da planta (Trigiano, Windham & Windham, 2010).

Além do ácido salicílico, outros compostos atuam como sinalizadores da RSA, incluindo o óxido nítrico, etileno e o ácido jasmônico (Fernandes, Júnior, Silva, Reis & Júnior, 2009). Os quais são modificados pelas plantas para servirem como um mecanismo de resposta diretamente relacionados a defesa e proteção do vegetal (Deuner, Borges, Almeida, Meneghello & Tunes 2015).

3.9.2. Metabolitos secundários

Em respostas a diversos fatores abióticos e biótico do ambiente, as plantas são capazes de produzir compostos químicos, dentre eles destacam-se os metabólitos secundários que são responsáveis por beneficiar os vegetais na defesa ao estresse garantindo o seu desenvolvimento, além de apresentarem funções ecológicas atuando na atração ou como repelentes para insetos e demais animais, propiciando as plantas sabores atrativos ou repulsivos, pigmentos para as flores e frutos, atração de insetos para a polinização e dispersão de sementes (Rockenbach, Rizzardi, Nunes, Bianchi, Caverzan & Scheneider 2018).

Vários são os estudos com a finalidade de mensurar os impactos causados pelas variações ambientais, que resultam em diversos estresses para as plantas e como resposta fisiológica ocorre o desenvolvimento de mecanismos adaptativos relacionados com os potenciais hídricos, térmicos e incidência luminosa, a exemplo da produção de metabolitos secundários, afim de tornar as plantas mais tolerantes (Pinto, 2018).

Os metabolitos secundários são essenciais para as plantas, pois aumentam a sobrevivência das mesmas em diferentes ecossistemas, por atuarem com diversas atividades biológicas, como antibióticos, antivirais, antifúngicos, na promoção contra os patógenos como inibidores da germinação, além de ter alguns metabólitos que são relevantes na absorção de luz ultravioleta evitando danos as folhas. Esses compostos são classificados conforme a rotas biossintética em: Compostos fenólicos, terpênicos, esteróides e os alcaloides (Fumagali, Gonçalves, Machado, Vidoti & Oliveira, 2008).

Os compostos fenólicos apresentam-se relevantes para o desenvolvimento das espécies vegetais, por atuarem como mecanismos de defesa contra infecções antimicrobiana e

patogênicas. Entre os compostos fenólicos que são encontrados nos vegetais destacam-se os ácidos fenólicos derivados da cumarina, flavonoides e taninos que atuam como agentes redutores, sequestradores de radicais e inibidores de oxigênio singlete (Ferreira, Heldwein, Dos Santos, Somavilla & Sautter 2016).

Nas plantas os compostos fenólicos atuam com função alopática, visto que as espécies vegetais são capazes de gerarem tanto metabólitos primários como secundários, promovendo um acesso mais intenso por luz, água e nutrientes, pois promovem a redução do crescimento das plantas vizinhas, isto é, reduz a competição por fatores abióticos (Coelho, Rocha, Cunha, Cardoso, Alves, Lima & Pereira et al., 2016).

Os alcaloides representam uma das defesas químicas das plantas, os quais atuam sobre os animais por ter atividade antimicrobiana, e com efeitos toxicológicos para os insetos e repelentes para os herbívoros (Fumagali, Gonçalves, Machado, Vidoti & Oliveira, 2008).

Enquanto os terpenos derivados do acetado são considerados metabólitos primários, incluindo as giberelinas, os carotenoides e o ácido abscísico, maior parte dos terpenos são metabólitos secundários que compreende os terpenos tóxicos e inibitório de insetos, além daqueles que atuam como repelentes de insetos. Em casos de estresses ocasionados por competição, as plantas liberam para o meio compostos capazes de inibir o crescimento e desenvolvimento da espécie vizinha (alelopatia) (Rockenbach, Rizzardi, Nunes, Bianchi, Caverzan & Scheneider 2018).

Logo, entende-se que apesar das plantas hospedeiras sofrerem interações negativas (parasitismo) essas encontram-se tentando reagir aos ataques da espécie parasita por meio de defesas químicas e biológicas, afim de garantir o seu crescimento, desenvolvimento e indução florística, além de receberem auxílio de demais organismos (FMAs e Bactérias endofíticas) que interagem de forma harmoniosa para contribuir para o estabelecimento dessa cultura.

4. Considerações Finais

Diante do exposto, é perceptível como os agentes parasitários conferem efeitos negativos as plantas hospedeiras causando alterações estruturais nos órgãos afetados e levando a disputa pelos fatores abióticos que são essenciais para o crescimento e desenvolvimento dos vegetais. Além das plantas parasitas, os vegetais ainda sofrem efeito dos fitonematoides que agem na retirada de água e nutrientes dos vegetais hospedeiros, podendo se diferenciarem quanto suas classes mediante as estruturas que “atacam”.

Devido a ação dos agentes parasitários, as plantas hospedeiras podem desenvolver

diversos sintomas que afetam desde as partes aéreas (folhas e galhos) como as raízes, o que corrobora para interrupção de crescimento, floração e produtividade.

Referências

Araujo, F. F., & Menezes, D. (2009). Indução de resistência a doenças foliares em tomateiro por indutores bióticos (*Bacillus subtilis*) e abiótico (Acibenzolar-S-Metil). *Summa Phytopathol*, 35 (3), 169-172.

Barretti, P. B., Souza, R. M., & Pozza, E. A. (2008). Bactérias endofíticas como bactérias endofíticas como agentes promotores... agentes promotores do 731 crescimento de plantas de tomateiro e de inibição in vitro de *Ralstonia solanacearum*. *Rev.Ciênc. agrotec*, 32 (3), 731-739.

Brasil, B. (2011). Diversidade de formas de vida. Recuperado de www.botanicaonline.com.br.

Begon, M., Townsend, C. R., & Harper, J. L. (2007). *Ecologia: De indivíduos a ecossistemas*. Porto Alegre: Artmed.

Bellé, R. B., & Fontana, D. C. (2018). Patógenos de solo: principais doenças vasculares e radiculares e formas de controle. Enciclopédia biosfera, *Centro Científico Conhecer - Goiânia*, 15 (28) 781.

Brighenti, A. M., & Oliveira, M. F. (2011). *Biologia de Plantas Daninhas*. Recuperado de <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/45445/1/Biologia-plantas-daninhas.pdf>

Carvalho, S. J. P., Lopez-Ovejero, R. F., & Christoffoleti, P. J. (2008). Crescimento e desenvolvimento de cinco espécies de plantas daninhas do gênero *Amaranthus*. *Revista. Bragantia*, 67 (2), 317-326.

Castilho, A. P., Silva, L. C., Sousa, M. S. M., Santos, J. E. V., Lemos, W. P., & Adaime, R. (2019). Novas associações de *Tephritidae* e *Lonchaeidae* (Diptera) e suas plantas hospedeiras na Amazônia Oriental. *Revista Biotemas*, 32 (3), 65-72.

Cazetta, E., & Galetti, M. (2007). Frugivoria e especificidade por hospedeiros na erva-de-passarinho *Phoradendron rubrum* (L.) Griseb. (Viscaceae). *Revista Brasil. Bot*, 30 (2), 345-351.

Coelho, M., Rocha, C., Cunha, L. M., Cardoso, L., Alves, L., Lima, R. C., Pereira, M. J., & Campos, F. M. (2016). "Influence of harvesting factors on sensory attributes and phenolic and aroma compounds composition of *Cymbopogon citratus* leaves infusions". *Food Research International*, 89 (2), 1029–1037.

Dettke, G. A. (2014). Estudo taxonômico das ervas-de-passarinho da Região sul do Brasil: I. Loranthaceae e Santalaceae. *Revista Rodriguésia*, 65 (4), 939-953.

Deuner, C., Borges, C. T., Almeida, A. S., Meneghello, G. E., & Tunes, L. V. M. (2015). Ácido jasmônico como promotor de resistência em plantas. *Revista de Ciências Agrárias*, 38 (3), 275-281.

Dias-Arieira, C. R., Furlanetto, C., Santana, S. M., Barizão, D. A. O., Ribeiro, R. C. F., & Formentini, H. M. (2010) Fitonematoides associados a frutíferas na região noroeste do Paraná, Brasil. *Rev. Scielo*, 32 (4), 1064-1071.

Engel, E., & Pasini, M. P. B. (2018). Faunistic analysis of arthropods in host plants during soybean and corn off-season. *Revista Cientec*, 2 (2), 12-20.

Fernandes, C. F., Júnior, J. R. V., Silva, D. S. G., Reis, N. D., & Júnior, H. A. (2009). *Mecanismos de defesa de plantas contra o ataque de agentes fitopatogênicos*. Recuperado de www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/710939/1/133fitopatogenos.pdf.

Ferraz, L. C. C. B. (2018). *Nematoides*. Cap.13, 1-18. Recuperado de www.researchgate.net/publication/324391159_nematoides

Ferraz, L. C. C. B. (2009). *Produtor deve evitar hospedeiros de *Pratylenchus brachyurus**. *Visão agrícola*. Recuperado de www.esalq.usp.br/visaoagricola/sites/default/files/VA9-Protecao05.pdf.

Ferraz, L. C. C. B., & Brown, D. J. F. (2016). *Nematologia de plantas: fundamentos e importância*. Manaus: Norma Editora.

Ferreira, R. M. I. (2017). *Estrutura e desenvolvimento da galha radicular induzida por Meloidogyne javanica em Glycine max L. (soja)*. Recuperado de www.repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/20409/1/EstruturaDesenvolvimentoGalha.pdf

Fumagali, E., Gonçalves, R. A. C., Machado, M. F. P. S., Vidoti, G. J., & Oliveira, A. J. B. (2008). Produção de metabólitos secundários em cultura de células e tecidos de plantas: O exemplo dos gêneros *Tabernaemontana* e *Aspidosperma*. *Revista Brasileira de Farmacognosia Brazilian Journal of Pharmacognosy*, 18 (4), 627-641.

Gabia, A. A., Santos, T. R. G., & Wilcken, S. R. S. (2016). Comportamento de *Tylenchulus semipenetrans* em laranjeira ‘Pera Rio’ enxertada em limoeiro ‘Cravo’. *Summa Phytopathologica*, 42 (3), 243-248.

Garbin, L. F., & Costa, M. J. N. (2015). Incidência do fitonematoide *Helicotylenchus* em análises laboratoriais do Mato Grosso. *Rev. Eletrônica Connection line*, n. 12, 90-96.

Garcia, T. V., Knaak, N., & Fiuza, L. M. (2015). Bactérias endofíticas como agentes de controle biológico na orizicultura. *Revista Arq. Inst. Biol*, São Paulo, 82, 1-9.

Goulart, A. M. C. (2009). *Nematoides das lesões radiculares (Gênero Pratylenchus)*. *Agrosoft Brasil*. Recuperado de www.ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/75779/1/art-030.pdf

Goulart, A. M. C. (2008). *Aspectos gerais sobre nematoides das lesões radiculares (gênero Pratylenchus)*. Planaltina: EMBRAPA Cerrados. 30 p. (Documentos, 219)

Junior, R. F. S., Santos, J. M., Rudorff, B. S. T., & Marchiorato, I. V. A. (2002). Detecção de *Heterodera glycines* em plantio de soja mediante espectrorradiometria no visível e infravermelho próximo. *Rev. Fitopatol. bras.* 27(4).

Junior, R. M., Silva, J. M. S., Gonçalves, A. V., & Oliveira, L. W. (2018). Infestação de erva-de-passarinho (*Phoradendron affine*, (Pohl ex dc.) Engl. & Krause - Viscaceae) em espécies arbóreas no parque do povo de Presidente Prudente – SP. *Revista Colloquium Vitae*, 10(5), 135-142.

Kedri, F. K., Sukri, S., Hamzah, Z., Sukri, N. S., Yaacob, S. H., Majid, N. K. S. A., Mokhtar, N. M., & Amir, S. F. (2018). Distribution and ecology of *Rafflesia* in Royal belum state park, Perak, Malaysia. *Rev. International Journal of Engineering & Technology*, 7 (2), 292-296.

Kerbauy, G. B. (2004). *Fisiologia Vegetal*. Editora:Guanabara Koogan S.A.

Lima, A. C. H., Turski, A. R. O., Silva, B. O., Severino, J. F., Farias, M. S., Silva, N. R. A., Hellmann, V. O., Cerqueira, G. R., & Lopes, D. A. (2016). Análise da presença de microrganismos em superfícies distintas da Faculdade São Paulo de Rolim de Moura. *Revista Saberes*, 4 (1), 45-53.

Lima, R. A. A. (2018). *Fungos micorrízicos arbusculares em áreas costeiras no estado do Rio Grande do Norte, Brasil*. Recuperado de repositorio.ufrn.br/jspui/bitstream/123456789/25635/1/RuyAndersonAraujoDeLima_TESE.pdf.

Lopes, A. P. M., M. R., Cardoso, H. H., Puerari, J. C. A., Ferreira, C. R., & Dias-Arieira. (2017). Management of *Pratylenchus brachyurus* in soybean using seed treatment and a resistance inducer. *Revista Nematropica*, 47, 1-7.

Lopes, E. A., & Ferraz, S. (2016). *Importância dos fitonematoides na agricultura*. In: Oliveira, C. M. G., Santos, M. A., Castro, L. H. S. (eds). *Diagnose de fitonematoides*. Ed. Millenium, Campinas, SP. 1-13.

Miranda, L. L. D., & Miranda, I. D. Nematoides. (2018). Recuperado de <http://nematoides.com.br/Content/Fotos/3JUL-CartilhaNemat%C3%B3ides-atualizada.compressed.pdf>.

Michereff, S. J. (2014). *Conceito e importância das doenças de plantas*. Recuperado de www.researchgate.net/profile/Sami_Michereff/publication/242704871_Conceito_e_importan

cia_das_doencas_de_plantas/links/0deec52ea45e75f92f000000/conceito-e-importancia-das-doencas-de-plantas.pdf.

Michereff, S. J. (2001). *Fundamentos de Fitopatologia*. Recuperado de www.passeidireto.com/arquivo/72522355/fundamentos-de-fitopatologia-prof-sami-j-michereff-2001.

Nickrent, D. L. (2002). *Plantas parásitas en el mundo*. Capítulo 2, 7-27 In J. A. LópezSáez, P. Catalán and L. Sáez [eds.], *Plantas Parásitas de la Península Ibérica e Islas Baleares*. Mundi-Prensa Libros, S. A., Madrid.

Paz, A. M., Abegg, I., Filho, J. P. A., & Oliveira, V. L. B. (2006). Modelos e modelizações no ensino: um estudo da cadeia alimentar. *Revista Ensaio*, 08 (02), 157-170.

Pranata, S.; & Sulistijorini, C.T. (2019). Ecology of *Rafflesia arnoldii* (Rafflesiaceae) in Pandam Gadang West Sumatra. *Journal of Tropical Life Science*, 9 (3), 243 – 251.

Pereira, A. W. S., Junior, F. R. P., Santana, V. S., Almeida, G. F. O., Pereira, L. M. F., & Oliveira, A. L. R. (2018). Parasitismo por *Proatractis* sp em Jabuti Piranga. *Ciência Animal*, 28 (3), 47-50.

Pereira, M. S. F., Haddad, L. S. A. M., Bazzolli, D. M. S., & Asuya, M. C. M. (2012). Micorriza arbuscular e a tolerância das plantas ao estresse. *Revista Bras. Ci. Solo*, 36 (6), 1663-1679.

Pires, N. M., & Oliveira, V. R. (2011). *Alelopatia*. *Biologia e Manejo de Plantas daninhas*. Cap. 5. Recuperado de www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/910833/1/BMPDcap5.pdf>.

Pinto, L. G. P. N. (2018). O papel do estresse ambiental no metabolismo secundário das plantas relacionado aos sistemas convencionais e naturais de produção de alimentos. *Revista Brasileira de Nutrição Funcional*, 7-11.

Pitelli, R. A. (1987). Competição e controle das plantas daninhas em áreas agrícolas. *Revista Série Técnica IPEF*, 4 (12), 1 – 24.

Ramiro, J. (2019). *Nematoides: conheça os prejuízos que esses vermes causam e descubra como controlá-los*. Recuperado de www.boaspraticasagronomicas.com.br/artigos/nematoides/

Reis, E. M., Zoldan, M. S., & Germano, B. C. (2005). Mecanismos de transmissão de fitopatógenos de tipos de leite sobre oídio em abóbora plantadas a campo. *Hortic. Bras*, 23 (2), 198.

Rockenbach, A. P., Rizzardi, M. A., Nunes, A. L., Bianchi, M. A., Caverzan, A., & Scheneider, T. (2018). Interferência entre plantas daninhas e a cultura: alterações no metabolismo secundário. *Revista Brasileira de Herbicidas*, 17 (1), 59-70.

Rodrigues, N. C. (2016). Alelopatia no manejo de plantas daninhas. Recuperado de www.ufsj.edu.br/portal2repositorio/file/ceagr/tcc%202016%201/alelopatia%20no%20manejo%20de%20plantas%20daninhas-%20natalia%20cezari%20rodrigues.pdf>.

Salgado, T. P., Alves, P. L. C. A., Mattos, E. D., Martins, J. F., & Hernandez, D. D. (2002). Períodos de interferência das plantas daninhas na cultura do algodoeiro (*Gossypium hirsutum*). *Revista Planta Daninha*, 20 (3), 373-379.

Silva, C. F., Pereira, M. G., Santos, V., Miguel, D. L., & Silva, E. M. R. (2016). Fungos micorrízicos arbusculares: composição, comprimento de micélio extrarradicular e glomalina em áreas de mata atlântica, Rio de Janeiro. *Revista Ciência Florestal*, 26 (2), 419-433.

Silva, J. F. V., & Arias, C. A. (2009). Nematóide de Cisto da Soja: Biologia e manejo pelo uso da Resistência Genética. *Revista Nematologia Brasileira*, 33 (1).

Silva, W. M. (2019). Contribuições e limitações de Revisões Narrativas e Revisões Sistemáticas na Área de negócios. *Revista de Administração Contemporânea*, 23 (2), 11-11.

Souza, L. M., Minuzzi, V., Engel, E., Souza, F. P., Muraro, R. S., & Pasini, M. P. B. (2019). Sobrevivência de percevejos em plantas hospedeiras durante entressafra – ano VI. *Rev. Interdisciplinar de Ensino, Pesquisa e Extensão*, v.7.

Taiz, L. (2017). Fisiologia e desenvolvimento vegetal. Porto Alegre: Artmed.

Teófilo, T. M. S., Freitas, F. C. L., Medeiros, J. F., Fernandes, D., Grangeiro, L. C., Tomaz, H. V. Q., & Rodrigues, A. P. M. S. (2012). Eficiência no Uso da água e interferência de Plantas daninhas no meloeiro cultivado nos sistemas de plantio direto e convencional. *Revista Planta Daninha*, 30 (3), 547-556.

Trigiano, R. N., Windham, M. T., & Windham, A. S. (2010). Fitopatologia Conceitos e exercícios laboratório. Porto Alegre: Artmed.

Vargas, L., & Roman, E. S. (2006). Manejo e controle de plantas daninhas na cultura de soja. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 23. http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p_do62.htm. 23 de dezembro de 2019.

Vasconcelos, M. C. C., Silva, A. F. A., & Lima, R. S. (2012). Interferencia de Plantas daninhas sobre plantas cultivadas. *Rev.ACSA – Agropecuária Científica no Semi-Árido*, 8 (1), 01-06.

Veresoglou, S. D., Menexes, G., & Rillig, M. C. (2012). Do arbuscular mycorrhizal fungi affect the allometric partition of host plant biomass to shoots and roots? A meta-analysis of studies from 1990 to 2010. *Mycorrhiza*, 22, 227-235.

White, B. L. A., Ribeiro, A. S., White, L. A. S., & Junior, J. E. N. (2011). Análise da ocorrência de erva-de-passarinho na arborização da universidade federal de Sergipe, Campus São. Cristóvão. *Revista Floresta*, 41 (1), 1-8.

Zanine, A. M., & Santos, E. M. (2004). Competição entre espécies de Plantas – Uma revisão. *Revista da FZVA. Revista Uruguaiana*, 11 (1), 10-30.

Porcentagem de contribuição de cada autor no manuscrito

Marília Layse Alves da Costa – 100%

Amanda Lima Cunha – 100%

Laryssa Roberta Alves Farias – 100%

Natanielle de Oliveira Gomes Leite – 100%

Aleyres Bispo Chagas – 100%

Mabel Alencar do Nascimento Rocha – 100%

Cicera Maria Alencar do Nascimento – 100%

Emanoel Ferdinando da Rocha Júnior – 100%

Tereza Lúcia Gomes Quirino Maranhão – 100%

Aldenir Feitosa dos Santos – 100%

José Vieira Silva – 100%