



دانشکده‌ی کشاورزی و منابع طبیعی  
گروه آموزشی گیاه‌پزشکی

پایان‌نامه برای دریافت درجه‌ی کارشناسی ارشد  
در رشته‌ی بیماری‌شناسی گیاهی

### عنوان:

بررسی واکنش تعدادی از گیاهان زینتی در برابر نماتد *Meloidogyne javanica*  
و ارزیابی اثر سینرژیستی *Fusarium solani* با نماتد در برخی از آنها

اساتید راهنما:

دکتر مهدی داوری

دکتر شلاله مصلحی

پژوهشگر:

امین مقصودی

مهر ۱۳۹۹

نام خانوادگی دانشجو: مقصودی	نام: امین
عنوان پایان نامه: بررسی واکنش تعدادی از گیاهان زینتی در برابر نماتد <i>Meloidogyne javanica</i> و ارزیابی اثر سینرژیستی <i>Fusarium solani</i> با نماتد در برخی از آنها	
اساتید راهنما: دکتر مهدی داوری - دکتر شلاله مصلحی	
مقطع تحصیلی: کارشناسی ارشد	رشته: گیاهپزشکی
گرایش: بیماری شناسی گیاهی	دانشگاه: محقق اردبیلی
دانشکده: کشاورزی و منابع طبیعی	تاریخ دفاع: ۱۳۹۹/۷/۵
	تعداد صفحات: ۷۰
<p><b>چکیده:</b> با توجه به اهمیت اقتصادی پرورش گل‌ها و گیاهان زینتی در دنیا، استفاده از فناوری‌ها و روش‌های جدید در اصلاح گیاهان زینتی و نیز شناخت عوامل بیماری‌زای آنها و رعایت قرنطینه می‌تواند نقش به‌سزایی در بازاریابی و تجارت این محصولات در بازارهای بین‌المللی داشته باشد. گونه‌های متعدد <i>Fusarium</i> و گونه‌های مختلف نماتد گره‌ریشه (<i>Meloidogyne spp.</i>) از جمله عوامل بیماری‌زای مهم گیاهان زینتی در جهان هستند. این آزمایش بر روی نه گیاه زینتی مختلف با هدف تعیین میزان خسارت ناشی از نماتد <i>Meloidogyne javanica</i> و هم‌افزایی خسارت قارچ و نماتد در گلخانه پرورش گیاهان زینتی صورت گرفت. جمعیت نماتد از کلکسیون نماتدشناسی دانشگاه شهیدمدنی آذربایجان اخذ و گونه قارچی مورد آزمایش از ریشه و طوقه چند کاکتوس پرورش یافته در گلخانه‌های استان اردبیل جداسازی شد. پس از تکثیر جمعیت نماتد و کاشت و آماده‌سازی گیاهان آزمایشی، گیاهان با نماتد مایه‌زنی شده و گیاهان شاهد نیز فقط آبیاری شدند. گیاهان پس از سه ماه نگهداری در شرایط گلخانه‌ای با دمای ۲۵-۲۸ سلسیوس و دوره نوری حداقل ۱۴ ساعت برداشت شده و طول و وزن تر اندام‌های هوایی، طول و وزن تر ریشه، تعداد گره در ریشه و علائم ظاهری اندام‌های هوایی و ریشه مورد بررسی قرار گرفت. پارامترهای مورد مطالعه دوبه‌دو بین تیمار آلوده به نماتد و تیمار شاهد مقایسه گردید. براساس مقایسه انجام یافته بین گیاهان مایه‌زنی شده با نماتد، بیشترین تعداد گره در گیاه زینتی بگونبای ریزوم‌دار به دست آمد و به دنبال آن، گیاه زینتی بگونبای خالدار بدون اختلاف آماری معنی‌دار در یک گروه آماری مشترک قرار گرفت. نخل ماداگاسکار و هاوریتا زبرا با اختلاف معنی‌دار در گروه بعدی قرار گرفتند. کمترین تعداد گره تشکیل یافته نیز در گیاهان زینتی فروکاکتوس و آلوئه‌واریگانا به دست آمد. در این گروه، گیاه زینتی میرتلو بدون گره نیز قرار داشت. بیشتر تکرارهای گیاه موسی در گهواره نیز به علت حساسیت زیاد به آلودگی با نماتد از بین رفته بودند. فاکتورهای رشدی مورد بررسی نیز، در اغلب گیاهانی که آلودگی بیشتری داشتند، تحت تاثیر قرار گرفته بود. در این پژوهش، هم‌افزایی این دو بیمارگر روی فروکاکتوس نیز با دو روش مرسوم مورد مطالعه قرار گرفت. در روش اول، تلقیح همزمان قارچ و نماتد و در روش دوم، تلقیح قارچ ۱۵ روز پس از مایه‌زنی نماتد انجام گرفت. نتایج آزمون هم‌افزایی با روش اول نشان داد که از نظر طول اندام هوایی و وزن اندام‌های هوایی، تیمار شاهد به همراه تیمار مایه‌زنی شده با نماتد، بدون اختلاف معنی‌داری بالاترین طول اندام هوایی را در گیاه داشتند و کمترین طول اندام هوایی نیز متعلق به تیمار مایه‌زنی شده با نماتد به همراه قارچ بود. از نظر طول و وزن ریشه، گیاهان شاهد با اختلاف معنی‌داری، بالاترین طول و وزن ریشه را نسبت به سایر تیمارها نشان داد. کمترین طول و وزن ریشه نیز متعلق به تیمار مایه‌زنی شده با نماتد همراه با قارچ بود. نتایج به‌دست آمده از آزمایش هم‌افزایی با روش دوم هم نتیجه مشابهی با روش قبلی نشان داد، به‌طوری‌که از نظر طول اندام هوایی و وزن اندام هوایی، تیمار شاهد به همراه تیمار مایه‌زنی با نماتد بدون اختلاف معنی‌داری، بیشترین مقدار را نشان داد و کمترین طول اندام هوایی نیز متعلق به تیمار مایه‌زنی با نماتد همراه با قارچ بود. در مورد طول ریشه نیز نتایج مشابهی حاصل شد. در مورد وزن ریشه نیز گیاهان شاهد بیشترین مقدار را داشته و کمترین مقدار نیز در تیمار مایه‌زنی شده با نماتد و قارچ مشاهده بین نتایج بررسی حاضر علاوه بر مشخص کردن اهمیت نماتدهای گره‌ریشه و پوسیدگی ریشه ناشی از <i>F. solani</i> در گیاهان زینتی، هم‌افزایی این دو بیمارگر در افزایش خسارت به گیاهان زینتی را هم نشان داد.</p>	
کلید واژه‌ها: نماتد گره‌ریشه، <i>Fusarium solani</i> ، <i>Ferocactus horridus</i> ، گیاهان زینتی، هم‌افزایی	

در بخش کشاورزی، تولید گیاهان زینتی از اهمیت بالایی برخوردار است، چرا که به دلیل بالا بودن علاقه به این محصولات در بازار داخلی و به ویژه بازار کشورهای همسایه و توانایی رقابت محصولات تولیدی، کشور ایران می‌تواند بخشی از نیازهای ارزی را از این طریق تامین نماید. همچنین گل و گیاه زینتی جزو کشت‌های متراکم محسوب شده و از توانمندی بالایی در بهره‌وری نهاده‌ها به ویژه آب برخوردار است. ضمناً کشور ایران به دلیل دارا بودن اقلیم‌های متنوع، نیروی کار ارزان و فراوان، انرژی تابشی فراوان، انرژی فسیلی ارزان، دانش فنی تولید، نزدیکی به بازارهای مصرف و... تمامی شرایط ایده‌آل برای توسعه این بخش مهم را دارا است. با توجه به اهمیت اقتصادی پرورش گل‌ها و گیاهان در دنیا، استفاده از فناوری‌ها و روش‌های جدید در اصلاح گیاهان زینتی و نیز شناخت عوامل دخیل در بیماری‌زایی آن‌ها و رعایت قرنطینه می‌تواند نقش به‌سزایی در بازاریابی این محصولات و تجارت آن‌ها در بازارهای بین‌المللی داشته باشد (شریعت زاده ۱۳۹۵).

نماتدهای انگل گیاهی جزو عوامل بیمارگر مهم گیاهان هستند و جنس‌ها و گونه‌های نماتد به درجات مختلف به گیاهان مختلف خسارت می‌زنند. سالانه خسارت مالی نماتدها به محصولات کشاورزی در جهان حدود ۱۰۰ میلیون دلار برآورد شده است که نماتد گره ریشه از نظر خسارت اقتصادی به محصولات کشاورزی، مهمترین گروه نماتدها است (Perry et al. 2009). نماتد گره ریشه (*Meloidogyne Goldi*) از مهم‌ترین نماتدهای انگل گیاهی است. این نماتد انگل اجباری گیاهان بوده و در ریشه گیاهان حساس، گره ایجاد می‌کند. لارو سن دوم در داخل خاک فعالیت کرده و به ریشه گیاهان میزبان حمله کرده و پس از طی مراحل نشو و نمایی در داخل ریشه به ماده‌های متورم تبدیل می‌شوند و یا اگر نر باشند ریشه را سوراخ کرده و خارج می‌شوند. علائم نماتد گره ریشه در گیاهان میزبان به صورت ایجاد گره در ریشه و توقف یا کاهش رشد ریشه‌های جانبی، کاهش مواد مغذی در قسمت هوایی به خصوص ایجاد علائم عمومی مثل زردی و پژمردگی در ساعات گرم روز و حتی در شرایط رطوبتی مناسب خاک و در نهایت، توقف محصول دهی گیاه می‌باشد (Karsen and Moens 2006).

در ایران اولین بار شریف (۱۳۳۵) این نماتد را از ریشه گوجه‌فرنگی شناسایی نموده و تحت عنوان *marioni Heterodera* گزارش کرد (به نقل از بهداد ۱۳۵۹). تاکنون بیش از ۹۰ گونه از این جنس گزارش شده است (Karsen and Moens 2006) که از این میان، در ایران هفت گونه از میزبان‌های مختلف جمع‌آوری، شناسایی و گزارش شده‌اند (قادری و همکاران ۱۳۹۱). این نماتد از لحاظ اقتصادی بسیار مهم بوده و دارای دامنه میزبانی وسیعی در حدود ۲۰۰۰ تا ۳۰۰۰ گونه گیاهی شامل سبزیجات، گیاهان زراعی و حتی برخی درختان است (Abad et al. 2003).

نماتدهای گره ریشه در طبقه‌بندی کارسن و وان هونس‌لار (۱۹۹۸) به‌عنوان زیرخانواده *Meloidogyninae* از خانواده *Heteroderidae* و در طبقه‌بندی هانت و هاندو (۲۰۰۹) و همچنین دکرامر و هانت (۲۰۱۳) به‌عنوان زیر-خانواده *Meloidogyninae* در خانواده *Hoplolamidae* قرار دارند و در سایر طبقه‌بندی‌ها به‌عنوان خانواده *Meloidogynidae* در نظر گرفته می‌شوند (قادری و همکاران ۱۳۹۷).

جنس *Fusarium* از رده *Sordariomycetes*، راسته *Hypocreales* و تیره *Nectriaceae* است. گونه *F. solani* با داشتن منوفیالیدهای بلندتر، از *F. oxysporum* تشخیص داده می‌شود. همچنین کنیدیوم‌های *F. solani* کمی عریض‌تر از *F. oxysporum* است. گونه *F. solani* همه‌جازی بوده و معمولاً از خاک با فراوانی بالا جداسازی می‌شود. این گونه اولین بار توسط Martus در سال ۱۸۸۱ معرفی شده است. از خاک‌های شمال شرقی هند،

گونه‌های مختلف فوزاریوم از جمله *F. solani* به عنوان بیمارگرهای کاهش دهنده عملکرد گیاهان زراعی این منطقه و ایجاد پوسیدگی و ناهنجاری در بذر این گیاهان گزارش شده‌اند (Gopi et al. 2019). گیاهان زینتی، هم به وسیله نماتدهای گره ریشه در گلخانه‌ها آسیب زیادی می‌بینند و هم پوسیدگی‌های قارچی از اصلی‌ترین عوامل بیمارگر این گیاهان است. در ایران مطالعه چندانی در خصوص واکنش گیاهان زینتی در برابر نماتد گره ریشه انجام نگرفته است. مطالعات در مورد قارچ‌های عامل پوسیدگی و پژمردگی و اثرات هم-افزایی آن‌ها نیز به ویژه در سطح گلخانه‌ای بسیار کم است. بنابراین در بررسی حاضر، واکنش تعدادی از گیاهان زینتی در برابر جمعیت بومی نماتد گونه *M. javanica* و اثر هم‌افزایی *Fusarium solani* با این نماتد در برخی از آنها مورد ارزیابی قرار گرفت.

فصل دوم:

**مبانی نظری پژوهش**

## ۲-۱- اهمیت گیاهان زینتی

گیاهان زینتی، گیاهانی هستند که قابلیت رشد در مکان‌های سرپوشیده مانند داخل منازل، ادارات و غیره را دارند و معمولاً برای اهداف تزئینی، اثرات مثبت روانی و یا دلایل بهداشتی از جمله به عنوان تصفیه هوای داخل ساختمان پرورش داده می‌شوند. عوامل اصلی که در هنگام مراقبت از گیاهان آپارتمانی باید در نظر گرفته شوند شامل آبیاری، نور، بستر کشت، دما، رطوبت محیط، کود و مبارزه با بیماری‌ها و آفات است.

گل و گیاهان زینتی عمدتاً گیاهانی هستند متعلق به مناطق استوایی که با توجه به شرایط اکولوژیکی آن مناطق سازگار شده و تکامل یافته‌اند، از این رو استفاده از آن‌ها در اماکن مسکونی و اداری به عنوان "گیاهان آپارتمانی" مستلزم فراهم نمودن شرایطی است که تا اندازه‌ای با شرایط اکولوژیکی خاستگاه آن‌ها هم‌خوانی داشته باشد.

ساکولنت یا ساکیولنت و در اصطلاح فارسی گیاهان گوشتی به دسته‌ای از گیاهان گفته می‌شود که قادر به ذخیره آب در اندام‌های مختلف خود مانند ریشه، برگ و ساقه بوده و به همین دلیل توانایی تحمل گرما و کم‌آبی‌های طولانی را دارند. این گیاهان دارای تنوع زیادی بوده و در شکل‌ها و رنگ‌های مختلف در طبیعت وجود دارند. بافت‌های این گیاهان برای تطابق با خشکی تغییراتی پیدا کرده است که بتواند آب را در خود ذخیره کند. در واقع آب در برگ‌های گوشتی یا ضخیم، ساقه و ریشه ذخیره می‌شود. بدین ترتیب این گیاهان با ذخیره حداکثر رطوبت موجود با محیط منطبق شده‌اند و حتی در شرایط خشکی که گرما به قدری است که دیگر گیاهان توانایی رشد در آن را ندارند این گیاهان می‌توانند باقی بمانند (Carrillo et al. 2009).

گیاهان زینتی مورد تهاجم عوامل بیماری‌زای مختلف شامل باکتری‌ها، قارچ‌ها، ویروس‌ها، نماتدها و فیتوپلاسماها قرار می‌گیرند. این عوامل بیماری‌زا می‌توانند باعث ایجاد خسارت با علائم ظاهری مختلف از جمله علائم پوسیدگی ریشه و طوقه، شانکر و لکه‌برگی<sup>۱</sup> گردند.

از باکتری‌های بیماری‌زایی که به گیاهان زینتی حمله کرده و باعث خسارت در این گیاهان می‌شوند، می‌توان به *Pseudomonas Dicheya chrysanthemi*، *Pectobacterium caortovorum* pv. *carotovorum*، *Xanthomonas compestris*، *Xanthomonas campestris* pv. *Dieffenbachiae*، *cichorii*، *Xanthomonas anthurii*، *Acidovorax anthurii*، *Burkholderia gladioli*، *Ralstonia solanacearum*، pv. *hederae*، *campestris* pv. *Pelargoni* اشاره کرد (Krejzar et al. 2008).

نماتدهایی که در گیاهان زینتی موجب خسارت و بیماری شده‌اند شامل گونه‌های *Criconea mutabile*، *H. microlobus*، *H. pseudorobustus*، *H. H. exallus*، *H. erythrinae*، *Helicotylenchus dihystra*، *M. xenoplax*، *Paratrichodorus*، *Mesocriconea curvatum*، *Meloidogyne incognita*، *sharafati*، *P. P. thornei*، *Pratylenchus neglectus*، *P. veruculatus*، *P. salubris*، *Paratylenchus elachistus minor*، *Scutellonema brachyurus*، *vulnus* می‌باشد (Gimenes et al. 2010).

بیماری‌های قارچی گیاهان زینتی اغلب از گونه‌های *Alternaria destruens*، *Alternaria tenuissima*، *C. aracearum*، *C. gloesporioides*، *Colletotrichum fructicola*، *Alternaria brassicicola*، *Curvularia affinis*، *Curvularia spicifera*، *Curvularia lunata*، *Aspergillus* sp.، *Colletotrichum* spp.، *Fusarium acuminatum*، *Chaetomium* sp.، *Pestalotiopsis* sp.، *Rhizopus stolonifer*، *Trichoderma* sp.، *Didymella* sp. و *Ascochyta* sp.، *Allophoma* sp.، *F. oxysporum* (منتظری ۱۳۹۸).

<sup>۱</sup> Leaf spot

## ۱-۱-۲- معرفی گیاهان زینتی مورد بررسی

### ۱-۱-۱- *Aloe variegata*

گیاه آلوئه واریگاتا یا آلوئه ببری از تیره Xanthorrhoeaceae می‌باشد. این گیاه بومی آفریقای جنوبی و نامیبیا بوده و گیاهی آبدار و گوشتی است و دارای برگ‌های ضخیم و نیزه‌ای است که دارای نوارهای سفید و سبز تیره عرضی می‌باشد (شکل ۲a-۱). معمولاً این گیاه در اطاق‌های کم‌رطوبت به خوبی رشد می‌کند. لبه برگ‌های آن دندانه‌دار است و گل‌هایی به رنگ نارنجی روشن، به شکل گل‌آذین و به طول ۳۰ سانتی‌متر دارد، این گل‌ها در اوایل بهار ظاهر می‌شوند (Van & Smith 1996).

### ۱-۱-۲- *Echeveria Shaviana*

اشوریا شایانا از تیره Crassulaceae و بومی مکزیک بوده و ساکولنتی جذاب با ساقه کوتاه و بوته پهن است. قطر ساقه حداکثر تا ۲۰ سانتی‌متر می‌رسد. برگ‌های آبی خاکستری آن حاشیه‌هایی پلیسه‌ای و بسیار موج‌دار دارد که اگر در محیط روشن رشد کند، رنگ صورتی به خود می‌گیرد (شکل ۲b-۱). ساقه گل‌های صورتی آن با مراکز زرد در اواخر تابستان ظاهر می‌شود (Carrillo et al. 2009).

### ۱-۱-۳- *Begonia cracklin*

گیاه بگونیا خالدار از تیره Begoniaceae می‌باشد. این تیره با تنوع زیاد و با برگ‌های زیبا و رنگین بسیار جلب توجه می‌کند (شکل ۲c-۱). گرچه گفته می‌شود که این گیاه اولین بار در آمریکای جنوبی کشف شد، ولی ظاهراً گیاه نام خود را مدیون یک گیاه‌شناس فرانسوی به نام شارل پلومیه Charles plumier است که برای مشاهده و مطالعه این گیاه که به فراوانی در هائیتی (جزایر کارائیب) می‌روید از اقیانوس اطلس عبور کرد. این گیاه نیز به نام Michel Begon حاکم وقت آن جزیره، بگونیا نامیده شد. منشأ بگونیا جنگل‌های گرم و مرطوب است. تنوع گونه‌های بگونیا، شناسایی آن‌ها را مشکل کرده است. ویژگی تیره بگونیا عدم وجود تقارن برگی است به طوری که برگ‌های گیاهان تیره بگونیا تقارن مشخصی ندارند. از آنجایی که این گیاه به طول روز بی‌تفاوت می‌باشد، در تمام فصول سال گلدهی دارد. این گونه گیاهی است چند ساله و همیشه سبز که به خاطر برگ‌ها و گل‌های زیبایش پرورش داده می‌شود. اغلب گونه‌ها را در گلخانه و آپارتمان به عنوان گیاه گلدانی یا آویزی پرورش می‌دهند. این گیاه، گیاهی است تک پایه یعنی گل‌های نر و ماده بر روی یک گیاه قرار دارند. گل‌های نر معمولاً زیباتر بوده و گل‌های ماده را با تخمدان بالدار میتوان به آسانی از گل‌های نر تشخیص داد (D. G. Hessayon 1981).

### ۱-۱-۴- *Begonia beatrice*

بگونیا ریزوم‌دار از تیره Xanthorrhoeaceae می‌باشد که با ساختار ساقه‌ای کرکی یا ریزومی و برگ‌های موکت مانند مخملی شناخته می‌شود و می‌تواند در سطح خاک به صورت رونده رشد کند (شکل ۱d-۲). چون این گیاه آب را در ریزوم‌های خود ذخیره می‌کند، در مقابل خشکی و بی‌آبی مقاومتر از سایر انواع بگونیا می‌باشد. گلدهی این بگونیا اواخر زمستان و بهار اتفاق افتاده و گل‌های صورتی رنگ بر روی گیاه ظاهر می‌شوند. اگر چه این بگونیا اغلب به عنوان یک گیاه آپارتمانی نگهداری می‌شود، اما در بسیاری از مناطق برای پرورش در فضای بیرون نیز مناسب است (David 2004).

#### ۵-۱-۱-۲ - *Ferocactus horridus*

کاکتوس فرو از تیره Cactaceae می‌باشد. گل‌هایش بنفش روشن و در زمستان که زمانی از سال است که دیگر کاکتوس‌ها گل نمی‌دهند، گل می‌دهد. معمولاً به شکل توپ نسبتاً کوتاه و یا استوانه می‌باشد و به تنهایی رشد می‌کند و هیچ‌گونه انشعاب و یا جوانه‌ای ندارد. تیغ‌ها صاف، پهن و ضخیم می‌باشند (شکل ۲f-۱). این تیغ‌ها با چهار سانتی‌متر ارتفاع و به شکل قلاب رو به پایین می‌باشد. این گیاه رشد کمی دارد، اما به راحتی زیر کشت می‌رود و نیاز به خاک با زهکشی و تخلیه آب بالایی دارد (مطلق زاده ۱۳۷۸).

#### ۶-۱-۱-۲ - *Tradescantia spathacea*

گیاه زبیلین یا همان موسی در گهواره از تیره Commelinaceae و گیاهی است زیبا و بومی مکزیک با برگ‌های پهن و نیمه‌گوشتی به طول ۳۰ سانتی‌متر که در حول یک محور روئیده‌اند (شکل ۲e-۱). رنگ برگ‌ها سبز براق با رگه‌های ارغوانی و پشت آن‌ها ارغوانی تند است و گل‌های سفید و زیبایی در لابلای برگ‌ها ظاهر می‌شود. پس از مدتی پاجوش‌ها از قاعده پایه مادری شروع به رشد می‌کند که می‌توان از این قسمت، گیاه را تکثیر کرد. این گیاه در برابر سایه مقاومت خوبی نشان می‌دهد (Hunt 1994).

#### ۷-۱-۱-۲ - *Myrtillocactus geometrizans*

کاکتوس میرتلو یا کاکتوس پایه آبی از تیره Cactaceae می‌باشد. زیستگاه اصلی کاکتوس پایه آبی، شمال مکزیک می‌باشد و ارتفاع آن در طبیعت به ۴/۵ تا ۵ متر می‌رسد. کاکتوس میرتلو در ابتدا دارای پنج لبه است که با بالا رفتن سن و رشد بیشتر، تعداد لبه‌ها بیشتر می‌شود و تا هشت لبه می‌رسد که آرئول‌ها بر روی لبه‌ها قرار دارند و هر آرئول دارای سه تا پنج خار و یک خار مرکزی بزرگتر می‌باشد (شکل ۲g-۱). فصل گل‌دهی میرتلو در اواسط فصل بهار می‌باشد و معمولاً زمانی که ارتفاع آن به شصت سانتی‌متر برسد و شرایط نگهداری مناسب باشد، شروع به گل‌دهی می‌کند. کاکتوس‌های پایه آبی نسبت به تنش‌های محیطی نیمه مقاوم هستند، ولی با این حال دمای زیر ۴- درجه سانتی‌گراد را تحمل نمی‌کنند و در صورتی که در این دما نگهداری شود از بین می‌رود (فروتن و همکاران ۱۳۹۲).

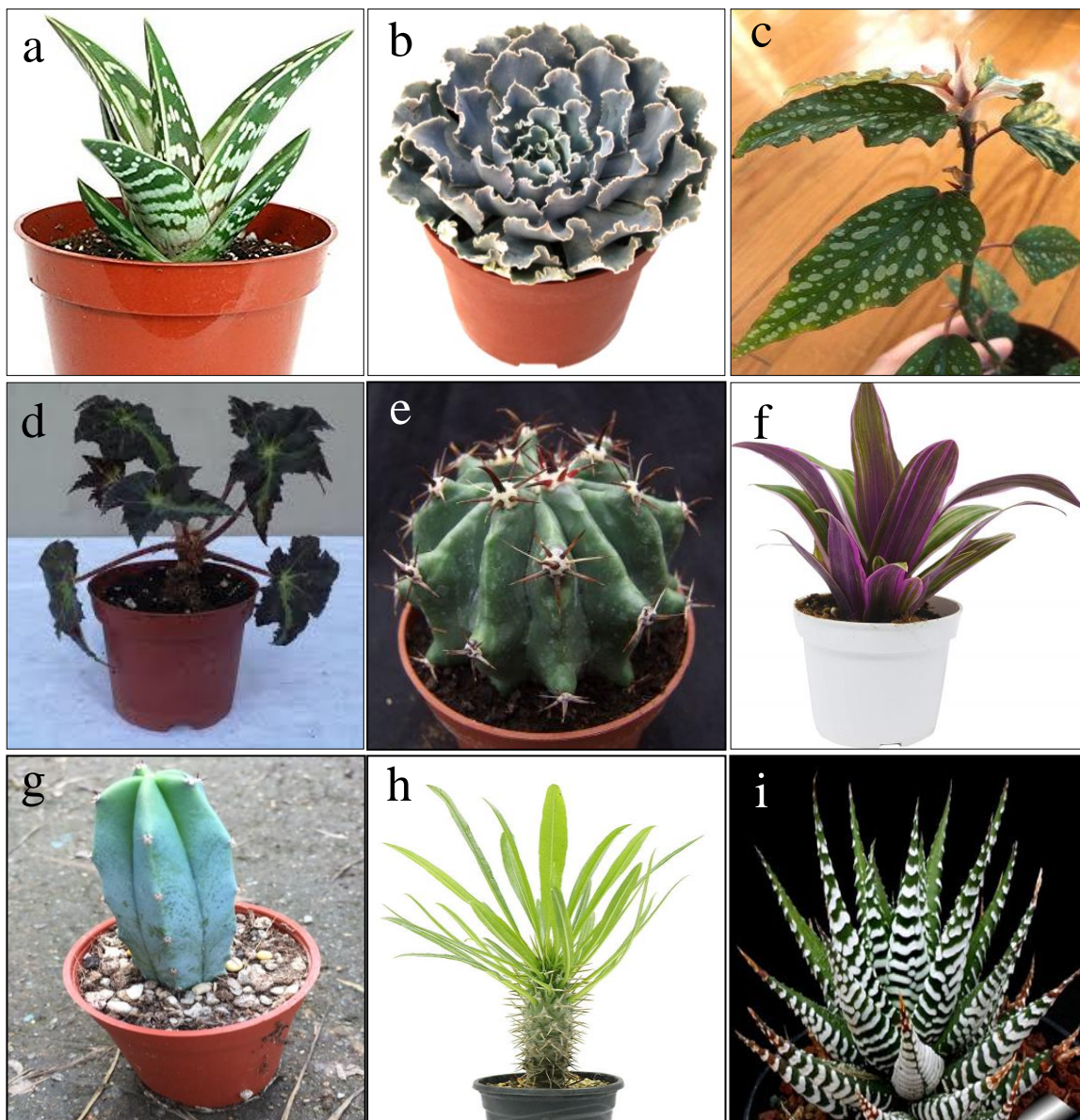
#### ۲-۱-۱-۸ - *Pachypodium lamerei*

ساکولنت نخل ماداگاسکار در واقع نخل نیست و به دلیل شباهت به برخی از گونه‌های نخل به این اسم مشهور شده است (شکل ۲h-۱). نخل ماداگاسکار گیاهی گلدار بومی آفریقا و جزیره ماداگاسکار می‌باشد. نخل ماداگاسکار فتوسنتز را از طریق ساقه (نه برگ) انجام می‌دهد. برگ‌های نخل ماداگاسکار در پاییز شروع به ریختن می‌کنند و در زمستان فقط ساقه می‌ماند (مطلق زاده ۱۳۹۳).



**Haworthia fasciata - ۲-۱-۱-۹**

هاورتیا زبرا یا گورخری از تیره Asphodelaceae می‌باشد. هاورتیا گورخری یا زبرا یکی از ساکولنت‌های معروف است که در تمام نقاط جهان تولید می‌شود (شکل ۱-۲i). زیستگاه اصلی هاورتیا گورخری آفریقای جنوبی می‌باشد. ارتفاع این گیاه تا ۲۰ سانتی‌متر نیز می‌رسد و جزو ساکولنت‌های کوچک محسوب می‌شود. این گیاه دارای برگ‌های سبز و سفید می‌باشد که بر روی آن نقاط راه راه سفیدی دیده می‌شود و به همین دلیل به این اسم معروف می‌باشد. فصل رشد این گیاه معمولاً اوایل بهار و پاییز است (مشتاقیان و همکاران ۱۳۹۶).



شکل ۱-۲: گیاهان زینتی انتخاب شده برای تحقیق

- a. *Aloe variegata*, b. *Echeveria shaviana*, c. *Begonia crackling*, d. *Begonia Beatrice*,  
 e. *Ferocactus horridus*, f. *Tradescantia spathacea*, g. *Myrtillocactus geometrizans*  
 h. *Pachypodium lamerei* i. *Haworthia fasciata*

## ۲-۲- اهمیت نماتدها

نماتدها با نام عمومی کرم‌های لوله‌ای معروف هستند. از نظر ویژگی‌های کلی، این موجودات جانوران چند یاخته‌ای هستند که در سراسر کره زمین به فراوانی یافت می‌شوند. تعداد کل گونه‌های نماتدها ۵۰۰۰۰۰ تا ده میلیون گونه تخمین زده می‌شود. گونه‌های مختلف نماتد در اکثر مناطق کره زمین که دارای حداقل میزان رطوبت باشند، وجود دارند. این موجودات دارای دستگاه عصبی، گوارشی، سیستم ترشحي و تولیدمثلی هستند. ماهیچه‌های طولی بدن نماتدها به آن‌ها اجازه حرکات دودی می‌دهد. این جانوران موجودات مفیدی در چرخه مواد غذایی و معدنی در طبیعت به شمار می‌روند. با این حال تعداد کمی از آن‌ها بیمارگر انسانی، حیوانی و گیاهی هستند که خسارات اقتصادی زیادی وارد می‌کنند (Becker 2014).

نماتدهایی که از گیاهان تغذیه می‌کنند یا به اشکال مختلف خسارت می‌زنند، انگل گیاهی نامیده می‌شوند. نماتدهای انگل گیاهی دارای استایلت هستند که با استفاده از آن بافت گیاهی را سوراخ کرده و آنزیم‌های مریایی<sup>۲</sup> را وارد بافت گیاه می‌کنند. بافت گیاه تحت تاثیر آنزیم‌ها متلاشی و تجزیه شده و به مصرف نماتد می‌رسد. انگل‌های خارجی<sup>۳</sup> فقط استایلت را وارد بافت می‌کنند و مابقی بدن آن‌ها خارج از بافت گیاهی قرار می‌گیرد. انگل‌های داخلی<sup>۴</sup> مهاجر وارد بافت گیاهی شده و با ایجاد دالان و حرکت از سلولی به سلول دیگر تغذیه می‌کنند. در حین حرکت، سیستم آوندی گیاه ممکن است تخریب شود و عملکرد صحیح ریشه نیز مختل می‌شود. این نماتدها تخم خود را داخل ریشه قرار می‌دهند. گروه دیگری از نماتدها، نماتدهای داخلی ساکن هستند که وارد بافت گیاهی شده و با تزریق مواد ترشحي غدد مریایی، محل تغذیه‌ای مشخصی ایجاد می‌کنند؛ سپس ثابت باقی‌مانده و مثلاً در مورد نماتد گره ریشه از کرمی شکل به فرم گلابی شکل درمی‌آیند. این نماتدها تخم‌های خود را در داخل کیسه‌هایی قرار می‌دهند که می‌تواند حاوی تعداد زیادی تخم باشد (Crow 2017).

### ۱-۲-۲- معرفی نماتد مولد گره ریشه

نماتدهای گره ریشه به جنس *Meloidogyne Goldi*, 1892 تعلق داشته و در بین نماتدهای انگل گیاهی از نظر خسارت اقتصادی به محصولات کشاورزی، مهمترین گروه نماتدها می‌باشند (Perry et al. 2009). این نماتدها انگل‌های اجباری گیاهان بوده و معمولاً در ریشه گیاهان حساس تشکیل گره می‌دهند. لارو سن دوم در خاک به ریشه‌های گیاه میزبان حمله می‌کند. لاروها بعد از طی مراحل نشو و نمایی، به ماده‌های بالغ متورم تبدیل می‌شوند و داخل یک کیسه ژلاتینی تخم‌گذاری می‌کنند (Isenbeck & Schultz 1986). تاکنون بیش از ۹۰ گونه از جنس *Meloidogyne* از قسمت‌های مختلف جهان شناسایی و گزارش شده‌اند (Karssen and Moens 2006). از بین گونه‌های نماتد گره‌ریشه، چهار گونه *M. javanica*، *M. incognita*، *M. hapla* و *M. arenaria* بیشترین خسارت را به محصولات کشاورزی وارد می‌کنند و یکی از عوامل کاهش تولید محصول در بسیاری از کشورهای در حال توسعه می‌باشند (Hussy and Janssen 2002). ارزیابی کمی خسارت مالی نماتدها به محصولات مشکل است، اما یک مطالعه مستند این مقدار را حدود ۱۰۰ میلیارد دلار آمریکا در سال برآورد کرده است (روسو و همکاران ۲۰۰۹).

<sup>1</sup>Esophageal enzymes

<sup>2</sup>Ectoparasite

<sup>3</sup>Endoparasites

نماتدهای گره ریشه جزو پنج بیمارگر گیاهی مهم به شمار می‌روند و در میان ده جنس مهم نماتدهای بیمارگر گیاهی قرار گرفته‌اند (Hassan 2005). این نماتدها به خصوص در نواحی با اقلیم گرم و یا زمستان ملایم، در مزارع و باغات و کشت‌های گلخانه‌ای مشاهده می‌شوند (Agrios 2005). این جنس بر اساس آخرین رده‌بندی، متعلق به سلسله Metazoa، شاخه Nematoda، رده Chromadorea، راسته Rhabditida، زیرراسته Tylenchina، فروراسته<sup>۵</sup> Tylenchomorpha، بالاخانواده Tylenchoidea و خانواده Meloidogynidae می‌باشد (به نقل از قادری و همکاران ۱۳۹۷). نماتدهای گره ریشه را می‌توان با روش‌های مختلفی شناسایی کرد که یکی از آن‌ها استفاده از طرح‌واره‌های انتهایی بدن نماتد ماده است. شکل طرح‌واره‌های بدن متنوع و تحت تاثیر فاکتورهای تکاملی است. هر گونه دارای طرح‌واره مختص به خود می‌باشد و این الگو بین افراد یک گونه کاملاً یکسان است (Perry 2010). نماتدهای نر و لاروهای سن دوم، غیر ساکن و کرمی شکل هستند و تنها فرم‌هایی هستند که در خاک یافت می‌شوند. افراد ماده نماتد گره ریشه، رنگ روشن داشته و دارای شکل گرد تا گلابی با گردن برآمده و خمیده هستند. نماتدهای ماده گره ریشه در داخل ریشه استقرار می‌یابند. معمولاً مخرج با چین‌های کوتیکولی کوچک پوشیده شده است. سر معمولاً هم‌تراز و یا به صورت کمی غیر هم‌تراز است. شبکه کوتیکولی سر ظریف بوده و دیسک‌های لبی کمتر رشد یافته و با لب‌های میانی و جانبی ادغام شده‌اند (Eisenback and Triantaphyllou 1991). لارو سن دوم در داخل خاک به ریشه گیاهان میزبان حمله کرده و با استفاده از حرکات مکانیکی استایلیت و مواد آنزیمی ترشح شده از مری وارد بافت ریشه می‌شود. نماتدها در ریشه ساکن شده و تولید سلول‌های تغذیه-ای غول‌آسا<sup>۶</sup> در داخل بافت‌های گیاهی می‌کنند. لاروهای ماده با تغذیه از سلول‌های تغذیه‌ای و پس از طی مراحل نشو و نمایی در داخل ریشه به ماده‌های متورم تبدیل می‌شوند. قسمت عقبی بدن نماتد ماده در حین رشد، بافت ریشه را شکافته و نماتد ماده، تخم‌ها را در داخل کیسه ژلاتینی ترشح شده به خارج ریشه قرار می‌دهند. بسته به نوع گونه نماتد، یک ماده می‌تواند ۲۰۰ تا ۱۰۰۰ تخم در هر کیسه تولید کند. تخم این نماتدها معمولاً برای تفریح به ترشحات ریشه نیاز ندارد و در شرایط مساعد تا یک سال در خاک زنده می‌ماند. سلول‌های اطراف مکان‌های تغذیه‌ای در اثر بیش‌سازی<sup>۷</sup> و پرسازی<sup>۸</sup> ناشی از تاثیر هورمون‌های گیاهی، متورم شده و سبب مشاهده گره‌هایی در این مکان‌ها می‌شوند. تعداد، اندازه و شکل گره‌ها متفاوت بوده و بستگی به گونه میزبان، گونه و تعداد نماتدهای موجود در خاک دارد.

بسیاری از گونه‌های نماتد گره ریشه بکرزا<sup>۹</sup> هستند و نماتد نر برای چرخه تولیدمثلی مورد نیاز نیست. افراد نر معمولاً زمانی تولید می‌شوند که جمعیت نماتد تحت تنش و فشار باشد. وجود گره در ریشه موجب توقف یا کاهش رشد ریشه‌های جانبی و کاهش مواد مغذی در قسمت هوایی می‌شود. هم‌چنین به دلیل تداخل تغذیه نماتد گره ریشه با عملکرد ریشه (جابه‌جایی آب و مواد غذایی)، علائمی همچون زردی و پژمردگی در ساعات گرم

<sup>4</sup>Infraorder

<sup>5</sup>Perineal pattern

<sup>6</sup>Giant cells

<sup>7</sup>Hyperplasia

<sup>8</sup>Hypertrophy

<sup>9</sup>Parthenogenesis

روز و حتی در شرایط رطوبت مناسب خاک ایجاد می‌شود. در نتیجه، گیاه دچار کمبود مواد غذایی و آب شده و در اثر آلودگی با نماتد کاهش کیفیت و کمیت محصول اتفاق می‌افتد (Karssen and Moens 2006; Bornowski 2015).

علائم در اندام‌های هوایی بسیار دیر تشخیص داده می‌شود، به همین دلیل بیماری در مراحل پیشرفته خود را نشان داده و به علت نرخ تولیدمثل و گسترش سریع و تولید چندین نسل طی فصل زراعی موجب ایجاد آلودگی‌های بسیار شدیدی می‌گردد. همچنین آلودگی ثانویه ناشی از سایر بیماری‌ها اغلب منجر به پوسیدگی گسترده بافت‌های آلوده به نماتد می‌شود (Perry et al. 2009).

طول دوره زندگی نماتد گره ریشه در بین گونه‌های مختلف متفاوت است. حداقل زمان لازم برای تکمیل یک چرخه دو هفته است که این میزان در شرایط آب و هوایی سرد طولانی‌تر می‌شود (Bornowski 2015; Mitkowski and Abawi 2011).

دامادزاده و اخیانی (۱۳۶۹ و ۱۳۶۸) در بررسی بیولوژی نماتد *M. javanica* روی سیب زمینی در اصفهان نشان دادند که این نماتد، زمستان را به صورت تخم درون کیسه‌های تخم گذرانده و همزمان با کشت گیاه میزبان، لاروهای مهاجم وارد ریشه شده و شروع به تغذیه می‌کنند.

به طور کلی نماتدهای مولد غده ریشه، انگل‌های چند میزبان می‌باشند و حدود ۲۰۰۰ گونه گیاهی در تمام خانواده‌های گیاهی، میزبان یک یا چند گونه نماتد مولد غده ریشه شناخته شده است. میزان خسارت ناشی از حمله نماتدهای مولد غده، بستگی به عوامل متعددی از قبیل نوع رقم، شرایط آب و هوایی، نوع خاک و مهم‌تر از همه جمعیت نماتد در خاک می‌باشد. میزان آستانه خسارت اقتصادی نماتدهای مولد غده را در محصولات مختلف بین ۰/۵ تا ۱/۱ تخم در ۱ سانتی متر مکعب خاک تعیین کرده‌اند (Fernandez 2005).

علائم اندام‌های هوایی گیاه شامل کاهش رشد، زردی برگ‌ها، پژمردگی در آب و هوای گرم، کاهش تعداد گل و کیفیت میوه و افزایش طول فصل رشدی می‌باشد. علائم در اندام‌های زیرزمینی به صورت حجیم شدن ریشه آلوده نسبت به ریشه‌های سالم و ایجاد و توسعه گره‌های کوچک و بزرگ ریشه مشاهده می‌شود (Agrios 2005).

### ۲-۲-۲- نماتد مولد گره ریشه روی گیاهان زینتی

خسارت نماتد *M. javanica* در گیاهان زینتی بسیار مورد اهمیت است؛ به‌عنوان مثال حسنی مهربان و تنها معافی (۱۳۷۹) این نماتد را از میخک گلخانه‌ای در مرکزی، خویی و همکاران (۱۳۸۷) از گل‌مریم در خوزستان و مینا اله مرادی (۱۳۹۷) از میخک صدپر در گیلان گزارش نموده‌اند. *M. javanica* در لهستان از گلخانه‌های پرورش رز به‌عنوان عاملی مخرب گزارش شده است. (Brzeski 1987) در مطالعه‌ای روی گیاهان تزئینی گلخانه‌های مازندران، از ۱۷۱ نمونه جمع‌آوری شده از خاک و ریشه، نماتد *M. javanica* با ۲۸/۵ درصد فراوانی گونه بیماری‌زای غالب در گلخانه‌های تزئینی مازندران معرفی شد (Mahdavian 2103).

در برزیل هم این نماتد از روی گیاه‌زینتی تاج‌خروس (*Celosia cristata*) جداسازی شده است (Gabriel 2018). در طی سال‌های ۱۹۹۳ تا ۱۹۹۶، بررسی نماتدهای انگل گیاهان بر روی گیاهان زینتی در منطقه باوتو مغولستان داخلی، وجود ده گونه متعلق به شش جنس را نشان داد که گونه *M. javanica* از مهمترین و خسارت‌زا ترین آنها محسوب می‌شد (Zhang XiaoQin 1998). در کراچی پاکستان، طی تحقیقی با هدف بررسی نماتدهای انگل گیاهی در ریشه‌های گیاهان معلوم شد که دو گیاه نخود پروانه (*Clitoria ternatea*) که هم گیاه-

زینتی و هم گیاه دارویی است و یاس رازقی (*Jasminum sambac*) با نماتدهای *Meloidogyne incognita* و *M. javanica* آلوده شده‌اند (Zarina 2010).

در باغ‌های گیاه‌شناسی آکادمی علوم اوکراین در کیف، ۳۵ گونه نماتد از گیاهان زینتی پرورش یافته در زمین‌های باز و گلخانه‌ها یافت شد که چند گونه مهم از جنس *Meloidogyne* بخشی از این گزارش است (Timchenko 1981). در مطالعه‌ای در برزیل و روی گیاهان وارداتی از هلند و آمریکا، چند گونه نماتد بیماری‌زا مشاهده شد و گزارش گردید که اکثر گیاهان زینتی وارد شده از هلند و ایالات متحده تنها نماتدهای زنده آزادی را نشان می‌دهند (۶۰٪ از ۳۳۲ نمونه). با این حال، در ۳۵٪ از نمونه‌ها *Pratylenchus penetrans* و *P. crenatus* و در ۵٪ از نمونه‌ها *Meloidogyne incognita* و *M. javanica* وجود داشت (Oliveira 2012).

از بین گیاهان زینتی، ارقام مختلف افرا زینتی (*Acer sp.*)، آجوگا (*Ajuga reptans*)، آلوئه پری (*Aloe perryi*)، آلوئه‌ورا (*Aloe vera*)، گل میمونی (*Antirrhinum majus*)، مینای آفریقایی (*Arctotis stoechadifolia*)، استبرق استوایی (*Asclepias curassavica*)، کاملیا (*Camellia japonica*)، پرپوش (*Catharanthus roseus*)، تاج خروس (*Celosia argentea*)، ارغوان (*Cercis Canadensis*)، پیچک انگوری (*Cissus quadrangularis*)، گل انگشتانه (*Digitalis lanata*)، دراسینا (*Dracaena marginata*)، شمشاد طلائی (*Euonymus japonicus*)، فیکوس بنجامین (*Ficus benjamina*)، بیلوبا (*Ginkgo biloba*)، ختمی چینی (*Hibiscus rosa-sinensis*)، آیلکس (*Ilex crenata*)، یاس (*Jasminum humile*)، اسطوخودوس (*Lavandula spica*)، لیریوپ (*Liriope muscari*)، رقم Dwarf Bedding گل پرپوش (*Petunia*)، گل رز (*Rosa sp.*)، حسن یوسف (*Solenostemon scutellarioides*)، گل جعفری (*Tagetes sp.*)، شاه‌پسند (*Verbena*) و گل آهار (*Zinnia elegans*) جزو گیاهان حساس به نماتد *Meloidogyne javanica* دسته‌بندی شده‌اند (Levin 2005).

### ۳-۲- بیماری پوسیدگی فوزاریومی

فوزاریوم‌ها یکی از مخرب‌ترین گروه‌های اقتصادی و غنی از گونه‌های بیمارگر گیاهی هستند (Leslie and Summerell 2008) و بیماری‌های ناشی از فوزاریوم اهمیت اقتصادی بالایی دارند، به طوری که همه ساله خسارات چند میلیون یورویی به اقتصاد کشاورزی جهان وارد می‌کنند (Short et al. 2014). گونه‌های *Fusarium* به عنوان مهم‌ترین قارچ‌های خاکزی شناخته می‌شوند و باعث ایجاد خسارت‌های اقتصادی مهمی در انواع محصولات کشاورزی در نقاط مختلف دنیا می‌شوند (Bentley et al. 2006; Bockus et al. 2007).

به طور کلی، گونه‌های *Fusarium* به علت فراوانی در خاک و ارتباط با ریشه گیاهان، اغلب به عنوان قارچ‌های خاکزاد و به صورت بیمارگر و پوده‌رست مورد مطالعه قرار گرفته‌اند (Burgess 1981). بسیاری از گونه‌های جنس *Fusarium* در گیاهان ایجاد بیماری می‌کنند (Yagenand Joffe 1999) در ایران گونه‌های مختلف این جنس با ایجاد پوسیدگی خشک ریشه و طوقه باعث کاهش محصول در گیاهان مختلفی از جمله سیب‌زمینی، برنج، نخود و لوبیا می‌شوند (Saremi et al. 2007).

گرچه گونه‌های فوزاریوم بیشتر به عنوان بیمارگر گیاهی مورد توجه بوده‌اند، ولی بسیاری از آنها قادر به تولید مایکوتوکسین نیز هستند که برای سلامتی انسان و حیوانات مضر هستند (Nelson et al. 1994).

انتشار وسیع گونه‌های فوزاریوم مربوط به توانایی رشد آنها روی دامنه‌ی وسیعی از مواد مختلف، داشتن مکانیزم‌های کافی برای انتشار و همچنین قدرت دوام و بقای طولانی در شرایط نامناسب می‌باشد (Fisher et al. 1982b). گونه‌های این جنس به صورت‌های مختلف کلامیدوسپور در خاک، بافت و یا ریشه‌های فعال و غیرفعال

در بقایای میزبان و مواد آلی وجود دارند (Summerell & Leslie 2008). این جنس شامل قارچ‌هایی است که در کشاورزی، پزشکی، صنایع غذایی و دارویی اهمیت دارند (Nelson et al. 1994). قارچ مذکور عمدتاً سبب پوسیدگی ریشه در تعداد زیادی از محصولات استراتژیک می‌شود و دارای دامنه‌ی میزبانی گسترده‌ای از ۶۶ تیره گیاهی است (O'Donnell 2008). حداقل ۸۰ درصد از تمام گیاهان کشت شده با حداقل یک بیماری ناشی از گونه‌های *Fusarium* در ارتباط هستند (Leslie et al. 2006).

گونه‌های فوزاریوم غالباً خاکزاد بوده و به‌ندرت، ریشه نکروزه گیاهی در خاک‌های زراعی یافت می‌شود که به‌وسیله گونه‌هایی از فوزاریوم کلونیزه نشده باشد (Nelson et al. 1994). تعداد زیادی از گونه‌ها کنیدی‌های هوایی تولید کرده و لذا روی اندام‌های هوایی، برگ‌ها و ساقه‌های گیاهان آلودگی ایجاد می‌کنند (Burgess et al. 1994).

یکی از گونه‌های مهم در این جنس، *Fusarium solani* با شکل جنسی *Necteria haematocca* است که ریشه و طوقه گیاهان مختلف را آلوده کرده و پس از ورود به آوندهای چوبی، باعث پژمردگی و بوته‌میری می‌شود (Saremi et al. 2007). بررسی‌ها نشان داده که گونه *F. solani* برخلاف *F. oxysporum* برای ایجاد آلودگی احتیاج به زخم ندارد (Westerlund et al. 1974). پتانسیل بیماری‌زایی بیمارگر، وقوع و شدت بیماری پوسیدگی ریشه بستگی به شرایط مختلف مانند میزان رطوبت، دما، pH، میزان فشردگی و حاصل‌خیزی خاک دارد. مطالعات نشان داده که بیمارگر می‌تواند به‌صورت کلامیدیوسپور در خاک مزارع و بقایای گیاهی زمستان را سپری کند و هر چه رطوبت و دمای خاک پایین‌تر باشد، مدت زمان ابقاء آن افزایش می‌یابد (صارمی ۱۳۷۴). علائم مختلفی مانند زردی، پژمردگی، کم‌برگی، پوسیدگی ریشه و سیاه شدن آن‌ها در اثر گونه‌های مختلف جنس فوزاریوم بر روی محصولات مختلف گزارش شده است (Summerell et al. 2001). علاوه بر محصولات زراعی و صیفی، *F. solani* به‌عنوان یکی از مهم‌ترین عوامل پوسیدگی ریشه و طوقه در درختان مختلف نیز گزارش شده است. نقش این گونه در ایجاد بیماری بر روی درختان جنگلی همیشه بحث‌انگیز بوده‌است. مطالعات نشان می‌دهد که *F. solani* یکی از بیمارگرهای مهم نهال‌های درختان جنگلی در خزانه‌ها می‌باشد. به‌عنوان مثال، این گونه عامل زوال و مرگ گیاهچه در دامنه وسیعی از مخروطیان محسوب می‌گردد (James et al. 1989). گونه *F. solani* همچنین عامل اصلی زوال و مرگ نهال‌های بلوط در خزانه‌ها نیز گزارش شده‌است (Ragazzi et al. 1993).

### ۱-۳-۲- آرایه‌بندی *Fusarium* و وضعیت تاکسونومیکی گونه *Fusarium solani*

از زمان شناسایی شبه‌جنس *Fusarium* توسط لینک (۱۸۰۹)، این شبه‌جنس توجه زیادی را در متون علمی به خود معطوف کرده است. بخش قابل توجهی از این مطالعات با مسائل طبقه‌بندی سروکار داشته‌اند که در بیشتر قسمت‌ها با استفاده از ویژگی‌های ریخت‌شناسی به تفکیک گونه‌ها و بخش‌ها منجر شده است (Leslie et al. 2006).

در دهه ۹۰، با افزایش استفاده از روش‌های مبتنی بر DNA به‌وضوح مشخص شد که طبقه‌بندی بر اساس ویژگی‌های ریخت‌شناختی تا حد زیادی تنوع واقعی در این جنس را نشان نمی‌دهد. از آن‌پس، اطلاعات توالی DNA برای جداسازی گونه‌ها استفاده شده است، بنابراین تغییراتی در تاکسونومی *Fusarium* رخ داده است (O'Donnell 2000).

گونه *F. solani* اولین بار در قرن ۱۹ در آلمان توسط Martius (1824) با نام *Fusisporium solani* از سیب-زمینی شناسایی شد (Martius 1824). جنس *Fusarium* از رده Sordariomycetes، راسته Hypocreales و تیره Nectriaceae است. گونه *F. solani* با داشتن منوفیالیدهای بلندتر، از *F. oxysporum* تشخیص داده می‌شود. همچنین کنیدیوم‌های *F. solani* کمی عریض‌تر از *F. oxysporum* است. گونه *F. solani* همه‌جازی بوده و معمولاً از خاک با فراوانی بالا جداسازی می‌شود. وولن وبر و رینکینگ (۱۹۳۵) در اولین طبقه‌بندی و بررسی اصولی در مورد فوزاریوم‌ها، این گونه را در بخش Martiella و Ventricosum قرار دادند. اسنایدن و هانسن (۱۹۴۱) و به دنبال آن نلسون و همکاران (۱۹۸۳) *F. solani* را ترکیبی از هفت گونه بیولوژیکی، ۱۲ وارسته و شش فرم در نظر گرفتند. آنها در بررسی جمعیت‌های آمیزشی نشان دادند که *F. solani* هفت گونه بیولوژیکی دارد که تا حدودی با دامنه‌ی میزبانی در ارتباط است. امروزه با استفاده از روش‌های مولکولی، اعضای این گونه به عنوان گونه‌ی مرکب بررسی و گونه‌های متعددی از این گونه‌ی مرکب معرفی شدند (O'Donnell 2000). آنالیزهای فیلوژنتیکی مختلف نشان داده است که *F. solani* مجموعه‌ای از گونه‌های پنهانی است که امروزه به عنوان گونه‌ی مرکب فوزاریوم سولانی (*Fusarium solani* species complex = FSSC) شناخته می‌شوند. (O'Donnell et al. 2008; Zhang et al. 2006; Nalim et al. 2011).

گونه‌ی مرکب *Fusarium solani* (FSSC) قارچ‌هایی خاکزاد با گسترش جهانی هستند (Kohmoto et al. 1995). این گونه مرکب از مهمترین قارچ‌های خاکزی است که گونه‌های مختلف آن در سراسر دنیا و در شرایط مختلف اقلیمی به صورت بیمارگر گیاهی، کودرست و اندوفیت انتشار وسیعی دارند (Nelson et al. 1994). قارچ‌هایی که با نام *Fusarium solani* species complex = FSSC شناخته می‌شوند، گونه‌های متنوعی هستند. این قارچ‌ها بیمارگرهای گیاهی مهمی بوده و اعضای خانواده حبوبات از جمله مهمترین میزبان‌های FSSC می‌باشد (O'Donnell 2000).

شواهدی قوی وجود دارد که اعضای بیمارگر گیاهی FSSC، در زمینه عفونت‌های بالینی نیز مشترک هستند (Chitrampalam and Nelson 2016). این گونه مرکب، عامل حدود دو سوم از بیماری‌های فوزاریومی انسان و جانوران است (O'Donnell et al. 2008).

#### ۴-۲- برهمکنش نماتدها و قارچ‌ها

تعامل هم‌افزایی بین نماتدها و قارچ‌ها از سال ۱۹۸۳، زمانی که Atkinson گزارش کرد که در پنبه‌های آلوده به نماتد گره ریشه، شدت پژمردگی فوزاریومی افزایش می‌یابد، شناخته شد. (Powell 1979; Wallace 1983) در بیماری‌های مرکب، نماتدها و بیمارگرهای قارچی به طور چشمگیری سبب کاهش محصول نسبت به عملکرد تک‌تک آن‌ها می‌شود (Hussey and McGuire 1987).

تعامل بین گونه‌های مختلف نماتد مولد گره ریشه و بسیاری از عوامل بیماری‌زای گیاهی از جمله قارچ‌ها و باکتری‌ها مورد توجه بسیاری از محققین بوده است. تاکنون این نوع روابط متقابل روی بسیاری از محصولات از جمله یونجه (Fattah and Webster 1983)، لوبیا (Mia and Abawi 1987)، میخک (Schindler et al. 1961)، پنبه (Porter 1997; Cauquil and Shepherd 1970; DeVay et al. 1997)، نخود (Davis and Jenkins 1963)، توتون (Porter 1967) and Powell 1967)، گوجه‌فرنگی (Mia and Abawi 1987) و سیب زمینی (Mia and Abawi 1987) مطالعه شده است. در تمام روابط متقابل، نقش نماتد به عنوان تشدید کننده بیماری‌زایی بیمارگر ثانویه ذکر شده است. ابتدا تصور بر این بود که نقش نماتد تنها ایجاد زخم و تسهیل کننده نفوذ بیمارگر ثانویه می‌باشد تا اینکه پاول در

در اثر آلودگی نماتد مولد گره ریشه، تغییرات مورفولوژیکی، آناتومیکی و بیوشیمیایی در منطقه تغذیه نماتد رخ می‌دهد. از طرف دیگر، قارچ فوزاریوم مولد پژمردگی نیز در همین ناحیه فعالیت و بیماری‌زایی داشته و سرانجام خود را به آوندهای چوبی می‌رساند. بنابراین به نظر می‌رسد که در این محل، تعامل مستقیم بین این دو بیمارگر برقرار شود. از طرف دیگر، رشد و تکثیر بیش از حد طبیعی این سلول‌ها در اثر حمله نماتد مولد گره به نحوی روند طبیعی سلول‌ها اعم از استحکام دیواره‌ها از نظر جانشینی مواد لیگنینی و سلولزی و ضخامت طبیعی دیواره سلولی را به تاخیر می‌اندازد. لذا آلودگی قارچی در این ناحیه به سهولت انجام می‌گیرد (Fattah and webster 1983).

وفور ترکیبات مختلف اعم از اسیدهای آمینه پروتئین، اسیدهای چرب، لیپید، RNA و DNA در سلول‌های غول‌آسا در مقایسه با سلول‌های سالم همانند یک بستر غذایی، تمایل قارچ را به آلودگی حتی درون سلول‌های غول‌آسا افزایش می‌دهد (Mia and Abawi 1987).

فتاح و وبستر (Fattah and Webster 1983) نشان دادند که در تعامل نماتد *M. javanica* و *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopercisi* طی سه هفته بررسی، میزان نفوذ قارچ در آوندهای چوبی و سلول‌های غول‌آسا در ارقام حساس به قارچ به حدی بود که منجر به انسداد آوندها و تجزیه سلول‌های غول‌آسا گردیده است. در حالی که در ارقام مقاوم تا هفته دوم هیچ گونه علائمی از بیماری و نشانه‌ای از وجود قارچ در آوندهای چوبی مشهود نبوده و در هفته سوم نیز تعداد معدودی میکروکنیدی فقط در آوندهای چوبی قابل مشاهده بود.

دیوی و همکاران در سال ۱۹۹۷ نشان دادند که شدت پژمردگی فوزاریومی پنبه ناشی از *Fusarium oxysporum* f.sp. *vasinfectum* با میزان جمعیت نماتد رابطه مستقیم دارد. شدت بیماری در صورت وجود تعامل بین نماتد و قارچ می‌تواند منجر به مرگ گیاه شود، در حالی که همان میزان اینوکولوم قارچ، بیماری را به مراتب کمتر ایجاد نموده است.

تعامل بین *Meloidogyne* و *Fusarium* به طور گسترده در چندین گونه گیاهی از قبیل پنبه، توتون، گوجه فرنگی و تاثیر برخی فاکتورها (شامل تراکم گونه، نژاد و جمعیت نماتد، سن گیاه در زمان آلودگی نماتدی و یا قارچی، فون و میکروفلور وابسته، دما و رطوبت خاک) در رابطه متقابل بین نماتد و قارچ مطالعه شده است (Abawi and Barker 1984; Dropkin 1969).

طی یک بررسی در آلودگی توام نخود فرنگی با *M. javanica* و *Fusarium oxysporum* f.sp. *cicero* شدت پژمردگی فوزاریومی افزایش نشان داد (Maheswari et al. 1995).



فصل سوم:

**مواد و روش پژوهش**

### ۱-۳- گیاهان مورد استفاده در آزمایش

گیاهان زینتی با مشخصات زیر از گلخانه‌های تولیدی گیاهان زینتی مندرج در جدول ۱-۳ تهیه و در گلخانه محل آزمایش کشت شدند.

جدول ۱-۳- گیاهان مورد مطالعه در طول آزمایش

ردیف	نام علمی گیاهان زینتی	نام عمومی گیاهان زینتی	محل تهیه گیاهان
۱	<i>Aloe variegata</i>	آلوه ببری	گلخانه آذران کاکتوس تبریز
۲	<i>Echeveria shaviana</i>	جوجه مکزیکی	گلخانه هیرو خلخال
۳	<i>Begonia cracklin</i>	بگونیا خالدار	گلخانه آرتوس اردبیل
۴	<i>Begonia beatrice</i>	بگونیا ریزوم‌دار	گلخانه آرتوس اردبیل
۵	<i>Ferocactus horridus</i>	کاکتوس بشکه‌ای	گلخانه آذران کاکتوس تبریز
۶	<i>Haworthia fasciata</i>	هاورتیا گورخری	گلخانه آذران کاکتوس تبریز
۷	<i>Myrtillocactus geometrizans</i>	پایه آبی	گلخانه هیرو خلخال
۸	<i>Pachypodium lamerei</i>	نخل ماداگاسکار	گلخانه هیرو خلخال
۹	<i>Tradescantia spathacea</i>	موسی در گهواره	گلستان علی اردبیل

برای بستر کشت گیاهان از خاک گلدان مخصوص گیاهان زینتی استریل شده با اتوکلاو برای ۴۰ گلدان سایز ۱۲ و ۵۰ گلدان با سایز دهانه هشت سانتی متری پلی مری استاندارد استفاده گردید. گیاهان تهیه شده پس از شسته شدن ریشه‌ها، در بستر ضد عفونی شده، داخل گلدان‌ها کاشته شدند. این ۹۰ گلدان به مدت دو هفته در شرایط نرمال گلخانه‌ای برای آداپته شدن و رفع تنش ناشی از جابجایی نگهداری شدند. گلدان‌ها به صورت کاملاً تصادفی با دو تیمار که تیمار اول مایه‌زنی با نماتد گره‌ریشه و تیمار دوم شاهد با آب‌خالی بود، بدون در نظر گرفتن سایز یا نوع گیاه چیده شدند. گیاهچه‌های مایه‌زنی شده در گلخانه در درجه حرارت ۲۸-۲۰ و رطوبت ۵۰-۸۰ درصد و نور طبیعی نگهداری شدند.

آبیاری گیاهان در فواصل زمانی یک روز در میان انجام گرفت و پس از گذشت سه ماه، گیاهان از خاک خارج شده و صفاتی از جمله علائم ظاهری اندام هوایی، طول اندام هوایی، وزن اندام هوایی، علائم ظاهری ریشه، طول ریشه، وزن ریشه، تشکیل یا عدم تشکیل گره و سایز گره، اندازه‌گیری و بررسی شدند.



شکل ۱-۳- گیاهان آماده سازی شده جهت مایه‌زنی با نماتد داخل گلخانه

Family name: <b>Maghsoudi</b>	Name: <b>Amin</b>
Title of Thesis: <b>Response of some ornamental plants to <i>Meloidogyne javanica</i> and evaluation of synergistic effect of <i>Fusarium solani</i> with nematode in some of them</b>	
Supervisors: <b>Dr. Mahdi Davari - Dr. Shalaleh Moslehi</b>	
Graduate Degree <b>M.Sc.</b>	
Major: <b>Plant Protection</b>	Specialty: <b>Plant Pathology</b>
University: <b>Mohaghegh Ardabili</b>	Faculty: <b>Agriculture and Natural Resources</b>
Graduation date: <b>9.26.2020</b>	Number of pages: <b>70</b>
<p><b>Abstract:</b> Given the economic importance of growing flowers and ornamental plants in the world, the use of new technologies and methods in the improvement of ornamental plants as well as recognizing their pathogens and quarantine can play an important role in marketing and trading these products in international markets.. <i>Fusarium</i> and <i>Meloidogyne</i> root-knot nematodes are the most common ornamental pathogens in the world. This experiment was performed on nine different ornamental plants with the aim of determining the amount of damage caused by the nematode <i>Meloidogyne javanica</i> and the synergistic damage of fungi and greenhouse nematodes of ornamental plants. The nematode population was isolated from the nematology collection of Shahid Madani University of Azerbaijan and the tested fungal species from the roots and crowns of several cacti grown in Ardabil greenhouses. After propagating the nematode population and planting and preparing experimental plants, the plants were inoculated with nematodes and the control plants were irrigated only. The plants are harvested after three months of storage in a greenhouse with a temperature of 25-28 degrees Celsius and a light period of at least 14 hours. Aerial and root were examined. The studied parameters were compared in pairs between nematode infested and control treatments. Based on the comparison between inoculated plants with nematodes, the highest number of nodes was obtained in ornamental plant <i>Begonia Beatrice</i>, followed by <i>Begonia crackling</i> without a statistically significant difference in a common statistical group. The lowest number of nodes was obtained in ornamental plants <i>Ferocactus</i> and <i>Aloe varigata</i>. In this group, there were <i>Myrtillocactus geometrizans</i> without knots. Most of the <i>Tradescantia spathacea</i> replicates were eliminated due to high susceptibility to nematode infestation. The growth factors studied were also affected in most of the more contaminated plants. In this study, the synergy of these two pathogens on <i>Ferocactus</i> was studied by two conventional methods. In the first method, simultaneous inoculation of fungi and nematodes and in the second method, inoculation of fungi was performed 15 days after nematode inoculation. The results of the synergistic test with the first method showed that in terms of shoot length and shoot weight, control treatment with nematode inoculated treatment had the highest shoot shoot length in the plant and the shoot shoot had the lowest shoot length. It belonged to a nematode inoculated treatment with fungi. In terms of root length and weight, control plants showed the highest root length and weight compared to other treatments with a significant difference. The lowest root length and weight belonged to nematode inoculation treatment with fungi. The results obtained from the synergistic experiment with the second method showed the same result as the previous method, so that in terms of shoot length and shoot weight, the control treatment with inoculation treatment with nematodes without significant differences, the most Showed the amount and the shortest shoot length belonged to nematode inoculation treatment with fungus. Similar results were obtained for root length. In terms of root weight, control plants had the highest value and the lowest value in nematode and fungus inoculated treatments observed between the results of the present study, in addition to determining the importance of root-knot nematodes and root rot caused by <i>F. solani</i> in ornamental plants. . Also</p>	
Keyword: Synergism- Ornamental Plant- <i>Fusarium solani</i> - <i>Ferocactus horridus</i> - Root-knot Nematode	



**University of Mohagheh Ardabili**  
**Faculty of Agriculture and Natural Resources**  
**Department of Plant Protection**

Thesis submitted to the Graduate Studies Office  
In partial fulfillment of the requirement for the degree of  
M.Sc. in  
Plant Pathology

**Response of some ornamental plants to *Meloidogyne javanica*  
and evaluation of synergistic effect of *Fusarium solani* with nematode in  
some of them**

Supervisors:

**Mahdi Davari (Ph. D)**  
**Shalaleh Moslehi (Ph. D)**

By:

**Amin Maghsoudi**

**September 2020**