دانش بیماری‌شناسی گیاهی (شاپای ا: ۶۲۹۰-۲۵۸۸، شاپای چ: ۹۲۷۰-۲۲۵۱)
سال هشتم، جلد ۲، بهار و تابستان ۱۳۹۸
Plant Pathology Science (eISSN:2588-6290, pISSN:2251-9270)
Vol. 8(2), 2019

Review Article

A Review of the Pistachio Gummosis Disease

SEYED REZA FANI [1]✉, MOHAMMAD MORADI[2] , MANSOUREH MIRABOLFATHY[3]

1- Plant Protection Research Department, Yazd Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Yazd, Iran . 2- Pistachio Research Center, Horticultural Sciences Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Rafsanjan, Iran. 3- Iranian Research Institute of Plant Protection, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran.

Received: 01.06.2019 Accepted: 30.08.2019

Fani S R, Moradi M and Mirabolfathy M (2019) A review of the pistachio gummosis disease. Plant Pathology Science 8(2):16-30. DOI:10.2982/PPS.8.2.16

Abstract

Iranian Pistachio is one of the most important horticultural product in export market. Crown and root rot caused by *Phytophthora* species is the most serious disease of plant, which annually destroys a considerable number of mature and young trees. This disease has been reported from all provinces of Iran. The pathogen is soil-borne and is distributed by sporangia or the released zoospores and infects the healthy trees. In the most Pistachio orchards, the key factors of disease development are the sensitivity of pistachio crown to *Phytophthora* and the flooding method of irrigation. The symptoms of the disease are include blight in early spring, drying of the green leaves during the growing season, gum exudation from the crown of tree and the root rot. Gummosis can be successfully controlled by integrated disease management including orchard constructing in non-infected areas, using resistant or tolerant cultivars, using healthy rootstocks, improving the irrigation methods and avoiding the direct contact of water with tree crown, isolating the contaminated parts of the orchard from the healthy parts, using suitable fungicide, and biological control based on *Trichoderma* and *Bacillus* species.

Key words: Gummosis, Pistachio, *Phytophthora*, Root and crown rot

✉ Corresponding author: rezafani52@gmail.com

مقاله مروری

مروری بر بیماری انگومک پسته

سید رضا فانی[1]✉، محمد مرادی [2] و منصوره میرابوالفتحی[3]

۱- بخش تحقیقات گیاه‌پزشکي، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزي و منابع طبیعي استان یزد، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزي، یزد، ایران. ۲- پژوهشکده پسته، مؤسسه تحقیقات علوم باغباني، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزي، رفسنجان، ایران. ۳- مؤسسه تحقیقات گیاه‌پزشکی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

دریافت: ۱۳۹۸/۰۳/۱۱ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۶/۰۸

فانی س ر، مرادی م و میرابوالفتحی م (۱۳۹۸) مروری بر بیماری انگومک پسته. دانش بیماری‌شناسی گیاهی ۸(۲):۳۰-۱۶. DOI: 10.2982/PPS.8.2.16

چکیده

پسته ارزشمندترین محصول باغی صادراتی ایران است. پوسیدگی طوقه و ریشه ناشی از گونه‌های *Phytophthora* مهم‌ترین بیماری پسته است که سالیانه منجر به نابودی تعداد قابل توجهی درختان بارور و نابارور می‌گردد. عامل بیماری از تمامی استان‌های پسته‌خیز گزارش شده است. عامل بیماری خاک‌زاد است و با اسپورانژیوم یا زئوسپورانژیومهای رها شده از آن به کمک آب پخش شده و درختان سالم را به بیماری مبتلا می کند. حساسیت طوقه درختان پسته به فیتوفتورا و آبیاری به شیوه غرقابی در اغلب باغات از عوامل کلیدی توسعه بیماری است. سوختگی سرشاخه در اوایل بهار، سبزخشکی برگ‌ها در طول فصل رشد، خروج صمغ از ناحیه طوقه و پوسیدگی ریشه از جمله نشانه‌های بیماری است. مدیریت تلفیقی بیماری با احداث باغ در زمین‌های غیرآلوده، استفاده از رقم‌های مقاوم یا متحمل، استفاده از نهال‌های سالم، اصلاح روش آبیاری و پرهیز از تماس مستقیم آب با طوقه، جداسازی کرت‌های آلوده از سالم، استفاده از قارچ‌کش مناسب و مهار زیستی بر پایه گونه‌های *Trichoderma* و *Bacillus* است.

واژگان کلیدی: انگومک، پوسیدگی طوقه و ریشه، پسته، *Phytophthora*

مقدمه

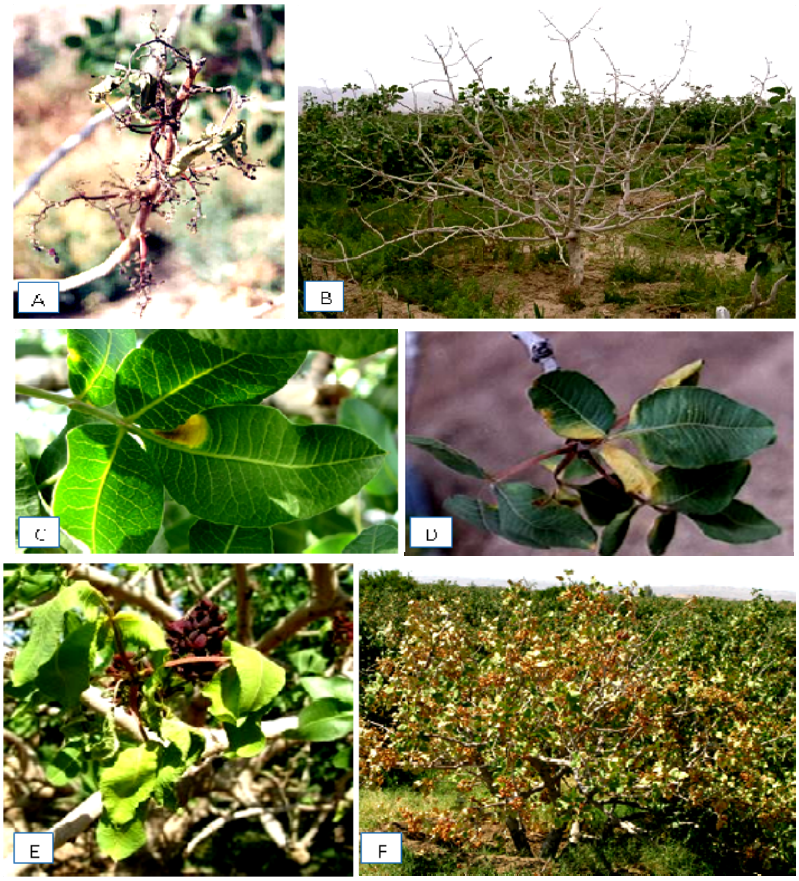
ایران یکی از مهمترین تولیدکنندگان پسته (*Pistacia vera* L.) در دنیا است که سابقه‌ای نزدیک به چهار هزار سال در کاشت پسته دارد، رویشگاه اصلی درختان پسته محسوب می‌شود و در دنیا معمولاً پسته را با نام ایران می‌شناسند. ایران سال‌ها بزرگ‌ترین تولیدکننده جهانی این محصول بود اما در حال حاضر بعضی از کشورهای دیگر نیز در زمینه تولید و تجارت پسته به فعالیت و رقابت با ایران پرداخته‌اند که عمده‌ترین آنها ایالات متحده آمریکا و ترکیه هستند. علی‌رغم سابقه طولانی کشت پسته در ایران، توسعه پسته‌کاری در نیم قرن گذشته بیشتر مورد توجه قرار گرفته است. از دلایل اساسی این توسعه را می‌توان ارزش اقتصادی پسته، صادرات و نیز آشنایی با ویژگی‌های مطلوب این گیاه از قبیل مقاومت به شوری و خشکی نام برد. در حال حاضر بیش از ۴۰۰ هزار هکتار باغ پسته بارور در ایران موجود است. از مهم‌ترین بیماری‌های این محصول می‌توان به پوسیدگی طوقه و ریشه ناشی از گونه‌های شبه‌قارچ فیتوفتورا که از دیرباز به‌عنوان کلیدی‌ترین بیمارگر درخت پسته در ایران مطرح بوده و پژوهش‌های متعددی پیرامون آن در کشور صورت گرفته است، اشاره کرد. علاوه بر آن ضعف ناشی از نماتدهای ریشه گرهی، سرخشکیدگی درختان پسته را نیز می‌توان برشمرد (Abrishami 1994). علیرغم کشت نسبتاً وسیع پسته در سایر نقاط دنیا از جمله آمریکا و ترکیه، به دلیل استفاده از پایه‌های مقاوم، بیماری پوسیدگی طوقه و ریشه در کشورهای اخیر اهمیت اقتصادی ندارند و از سایر کشورها نیز گزارش‌های پراکنده و معدودی وجود دارد. تاکنون در کشورهای پسته‌خیز جهان بیش از ۵۳ گونه قارچ و شبه‌قارچ

✉ مسئول مکاتبه: rezafani52@gmail.com

بیمارگر گزارش شده است که باعث ایجاد بیماری روی قسمت‌های مختلف درخت پسته شده و علائمی از قبیل لکه‌برگی، سوختگی، سرخشکیدگی، پوسیدگی میوه، پوسیدگی طوقه و ریشه، پژمردگی، شانکر، زنگ و سفیدک را ایجاد می‌کنند (Teviotdale *et al.* 2002). از بیماری‌های هوابرد پسته در کشور لکه‌برگی ناشی از قارچ *Alternaria alternata* است (Aminaee and Ershad 1989) و از بیماری‌های خاک‌برد به بیماری پژمردگی ورتیسیلیومی پسته ناشی از قارچ *Verticillium dahliae* می‌توان اشاره کرد (Aminaee and Ershad 1999). بیماری پوسیدگی طوقه و ریشه که به نام‌های انگومک (Gummosis) و شیره سیاه نیز شناخته می‌شود برای اولین بار از باغ‌های پسته یونان گزارش شد و عامل آن شبه‌قارچ *Phytophthora parasitica* var. *parasitica* Dastur تشخیص داده شد (Kouyeas 1952). در پژوهش‌های بعدی گونه‌های *P. citricola* Sawada، *P. citrophthora* Leonian و *P. nicotianae* Breda de Haan از درختان پسته جداسازی و تشخیص داده شد (Kouyeas 1973). بیماری انگومک از باغ‌های پسته آمریکا نیز گزارش شده است اما به‌دلیل استفاده از پایه‌های مقاوم *Pistacia atlantica* Desf. و *P. integrima* J.L.Stewart ex Brandis اهمیت کمی دارد (MacDonald *et al.* 1992).

۱- نشانه‌های بیماری

نشانه‌های بیماری در باغ در فصول مختلف سال به شکل‌های گوناگونی دیده می‌شود. در اوایل فصل بهار سوختگی سرشاخه‌ها (شکل ۱A)، زوال سریع و مرگ درخت ممکن است (شکل ۱B) اتفاق افتد. با کامل شدن رشد رویشی گیاه، فعالیت بیمارگر به صورت کلروز (زردی) و نکروز (مرگ بافت) که از انتهای برگ شروع شده (شکل ۱C)، به تمام نقاط انتشار پیدا کرده و به تدریج تمام برگ را فرا گرفته و باعث ریزش آن می‌شود (شکل ۱E). پژمردگی ناگهانی و بدون نشان‌دادن هر گونه علایم قبلی بیماری، به صورت سبزخشکی درختان (شکل ۱F) و کاهش پوشش برگی نیز ممکن است مشاهده گردد. بعضاً رشد گیاه در نتیجه باردهی زیاد و غیرمعمول ناشی از بیماری نیز متوقف می‌شود. بررسی ناحیه طوقه و ریشه نشان می‌دهد در غالب موارد پوسیدگی طوقه و ریشه مشهود بوده و آلودگی‌ها از طوقه یا ریشه شروع می‌گردد، گرچه کامبیوم ناحیه آلوده درخت به رنگ تیره در می‌آید ولی آوند چوبی تغییر رنگ نمی‌دهد. درختان با آلودگی طوقه، بسته به بافت لایه‌های خاک، ممکن است نشانه‌های متفاوتی را نشان دهند، به‌طوری که در باغ‌های با بافت خاک همگن تا عمق ۱/۵ متری و یا زمانی که پایه پسته حساس باشد نشانه‌ها بیشتر به صورت سبزخشکی کل درخت به‌ویژه در تابستان است، اما چنانچه بافت خاک اطراف طوقه از نوع خیلی سنگین و در زیر آن یک لایه شنی قرار داشته باشد و یا اینکه درختان مقاومت بالایی به بیماری داشته باشد، نشانه بیماری بیشتر به صورت کاهش پوشش برگی، خشکیدگی سرشاخه، کم‌شدن میزان محصول، تغییر شکل برگ و مرگ تدریجی درخت، مشاهده می‌شود. در مواردی ممکن است این نشانه‌ها با پوسیدگی طوقه همپوشانی داشته باشد مخصوصاً زمانی که ریشه‌های اصلی آلوده باشند. حاشیه محل آلودگی طوقه و ریشه معمولاً با برداشتن پوست بافت آلوده مشخص می‌گردد. در محل طوقه و روی تنه در ارتفاع ۲۰ تا ۳۰ سانتی‌متری از سطح خاک قطرات صمغ به صورت ریز و درشت در سطح یا در شکاف‌های پوست درختان ظاهر می‌شود. چنانچه پوست قسمت آلوده برداشته شود، صمغ شیری رنگ به بیرون تراوش می‌کند که پس از گذشت مدت کوتاهی به رنگ خاکستری تا سیاه تغییر می‌یابد. رنگ بافت آلوده در طوقه از قهوه‌ای تا سیاه و در بافت ریشه به‌صورت قهوه‌ای روشن تا تیره دیده می‌شود. این موضوع می‌تواند به‌دلیل تولید مواد بازدارنده بیشتر در ناحیه طوقه باشد. سرعت مرگ درختان آلوده در اثر بیماری با سن آنها ارتباط دارد. درختان جوان دارای آلودگی شدید، سریعاً خشک شده، در حالی‌که درختان مسن آلوده ابتدا کاهش پوشش برگی و خشکیدگی سرشاخه‌ها را نشان داده و به تدریج بعد از یک تا سه سال از بین می‌روند. الگوی خشک شدن درختان آلوده در باغ متفاوت بوده و تا حد زیادی به مدیریت باغ در طول سال از جمله عملیات خاک‌ورزی، خصوصیات فیزیکی خاک (نفوذپذیری)، نحوه آبیاری و کنترل بیماری ارتباط دارد. در بیشتر موارد آلودگی از طوقه و یا ریشه‌های اصلی شروع شده و در جهت‌های مختلف روی آن توسعه می‌یابد. وجود لایه سخت زیرین



شکل ۱. نشانه‌های مختلف بیماری انگومک پسته، A - سوختگی سرشاخه‌ها، B- زوال سریع درخت در اوایل بهار، C و D -زردی انتهای برگ، E و F- سبزخشکی درخت (اصلی)

Figure 1. Various symptoms of pistachio gummosis disease. A- Shoot blight , B-Quick decline during early spring, C, D -Yellow end of leaf , E, F- Tree green drying (Original)

و عملیات خاک‌ورزی نامناسب باعث تشدید و انتشار بیماری می‌گردد. در فصل پاییز و زمستان نیز نشانه‌های بیماری به‌صورت باقی‌ماندن برگ‌های درختان بیمار و عدم خزان آنها دیده می‌شود (Moradi 1998, Moradi 2003, Fani *et al.* 2005).

۲- بیمارگرها

وجود انگومک برای اولین بار در ایران از رفسنجان (Sharif *et al.* 1960) گزارش شده و Venning در سال ۱۹۶۳ بدون اینکه عامل بیماری را از میزبان جدا نماید آن را *P. parasitica* var. *parasitica* دانسته است زیرا قبل از آن در یونان این شبه‌قارچ به عنوان عامل پوسیدگی طوقه گزارش شده بود (Ershad 1992). اولین گزارش مبتنی بر تحقیق با جداسازی *Phytophthora* از طوقه درختان پسته قزوین (Mostowfipour 1969) و تعیین گونه آن به عنوان *P. citrophthora* ارائه گردیده است (Ershad 1971).

بیماری پوسیدگی طوقه و ریشه پسته به عنوان مهم‌ترین بیماری درختان پسته در منطقه رفسنجان گزارش شده و درصد مرگ و میر درختان در اثر این بیماری در باغ‌ها، به طور متوسط ۲/۷ درصد برآورد گردیده است و

عامل آن شبه‌قارچ Drechsler *P. megasperma* معرفی شد(Mirabolfathy 1987). بنی‌هاشمی (Banihashemi 1989)از رفسنجان و نیریز و میرابوالفتحی (Mirabolfathy 1987) از دامغان *P. citrophthora* را به‌عنوان عامل بیماری معرفی نمودند. امینی و ارشاد (Aminaee and Ershad1991) *P. drechsleri* Tucker، Banihashemi (1995) و *P. cryptogea* Ashkan *et al*. (1995) Pethybr. and Laff. را از استان کرمان و Fattahi Ardakani *et al*. (2000) و Fani *et al*. (2004) ، گونه *P. nicotianae* را به‌ترتیب از منطقه رباط کرمان، یزد و سیستان و بلوچستان گزارش نمودند. Fattahi Ardakani *et al*. (2000) گونه‌های *P. cryptogea* و *P. nicotianae* و *P. megasperma* به ترتیب فراوانی ۵۸، ۳۴ و ۸ درصد از استان یزد گزارش نمودند. Ashkan *et al*. (1995) پراکندگی گونه‌های *Phytophthora*، عامل پوسیدگی طوقه و ریشه درختان پسته را در رفسنجان و سیرجان مطالعه نموده، فراوانی گونه‌ها را برای *P. drechsleri*، *P. megasperma* و *P. cryptogea* به ترتیب ۴۲ درصد، ۲۶ درصد و ۲۶ درصد اعلام کرده‌اند و Moradi (1998) فراوانی گونه‌های *P. drechsleri*، *P. cryptogea* و *P.citrophthora* در استان کرمان را به ترتیب ۴۳ درصد، ۲۷ درصد و ۷ درصد اعلام نمود.

دو گونه اصلی عامل انگومک پسته یعنی *P. megasperma* و *P. drechsleri* از نظر مولکولی مورد بازبینی قرار گرفت و مشخص گردید هر دو گونه، خویشاوندی نزدیک‌تری به *P. sojae* Kaufm. and Gerd.، *P. cajani* K.S. Amin, Baldev and F.J. Williams، *P. vignae* Purss و *P. melonis* Katsura نسبت به جدایه‌های *P. megasperma* یا *P. drechsleri* به‌دست آمده غیر از میزبان پسته داشتند و جدایه‌های منسوب به *P. megasperma* جدا شده از پسته از نظر مرفولوژی، ترادف ITS و الگوهای AFLP متفاوت ازگونه‌های فوق بوده و گونه جدیدی را تحت عنوان *P. pistaciae* Mirab. شرح می‌دهند. در ضمن جدایه‌های منتسب به *P. drechsleri* جدا شده از پسته از نظر ترادف‌های ITS با *P. melonis*، *P. sinensis* Y.N. Yu and W.Y. Zhuang و *P. drechsleri* جدا شده از خیار شباهت داشته و نقوش AFLP در *P. melonis*، *P. sinesis* و جدایه‌های منتسب به *P. drechsleri* جدا شده از پسته عملاً شباهت داشتند (Mirabolfathy *et al*. 2001).

یافته‌های آزمایش‌های بیماری‌زایی و فراوانی گونه‌های مختلف در مناطق پسته‌کاری حاکی از آن است که شدت بیماری‌زایی روی رقم حساس سرخس به‌ترتیب در گونه‌های *P. citrophthora*، *P. drechsleri*، *P. pistaciae*، *P. cryptogea* و *P. nicotianae* و فراوانی به‌ترتیب در *P. drechsleri*، *P. pistaciae*، *P. cryptogea*، *P. citrophthora* و *P. nicotianae* کاهش می‌یابد. مهم‌ترین و شایع‌ترین عوامل پوسیدگی طوقه و ریشه در نواحی پسته‌کاری استان کرمان، *P. drechsleri* و *P. pistaciae* هستند که باعث پوسیدگی طوقه (با فراوانی بیشتر) و ریشه در خاک‌هایی که به‌طور طبیعی آلوده هستند می‌گردند. از نظر بیماری‌زایی این دو گونه تحت شرایط آزمایشگاهی و میزان خسارت در باغ از بقیه گونه‌ها با اهمیت‌تر هستند. تفاوت در فراوانی گونه‌های مختلف را می توان در ارتباط با دمای محیط خاک، هوا، قدرت سازگاری آنها با محیط، حجم و میزان حساسیت و یا مقاومت ریشه در برابر عامل بیماری، پایداری اندام های رویشی، فراوانی تشکیل اندام‌های مقاوم در قارچ و فعالیت انگلی و گندرویی آنها در خاک و یا گیاهان دیگر دانست (Moradi 1998, Moradi 2003, Mirabolfathy *et al*. 2000). در مطالعه‌ای دیگر جدایه‌های به‌دست آمده از پسته که از نظر ریخت‌شناسی شبیه به گونه‌های *P. cryptogea* و *P. drechsleri* بودند از نظر مولکولی بررسی شدند و بر اساس تجزیه و تحلیل‌های چندژنی فیلوژنتیکی مشخص شد این جدایه‌ها ارتباطی به دو گونه یادشده ندارند و به عنوان گونه جدید *P. parsiana* معرفی گردید (Mostowfizadeh-Ghalamfarsa *et al*. 2008).

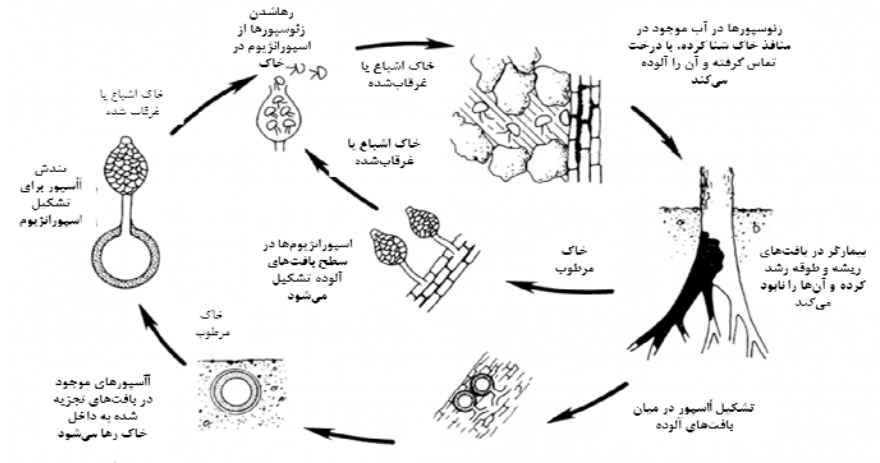
۲-۱- روش‌های شناسایی بیمارگرها

از نظر آرایه‌بندی جنس *Phytophthora* در سلسله *Chromista*، شاخه *Oomycota*، رده *Oomycetes*، راسته *Pythiales* و تیره *Pythiaceae* قرار دارد (Roy and Grünwald 2014). برای مدت‌های مدید، تشخیص و طبقه‌بندی گونه‌های این جنس بر پایه کلید تشخیص (1963) Waterhouse بود که بعداً توسط

Stamps *et al.* (1990) مورد بازبینی قرار گرفت، بوده است. اساس تشخیص در این کلیدها دامنه میزبانی، ریخت‌شناسی اسپورانژیوم، وجود یا عدم وجود کلامیدوسپور و تورم ریسه‌ای، دمای بهینه رشد پرگنه، حالت قرار گرفتن اگونیوم و آنتریدیوم، شکل پرگنه و اُگونیوم بود. در کنار ریخت‌شناسی، پارامترهای فیزیولوژی مانند روابط بین دما- رشد، رشد در حضور مالاشیت گرین (Malachite green) و الگوهای آیزوزایم (Isozyme pattern) نیز بررسی می‌شد. از زمانی که تشخیص براساس DNA رایج شد، نشان‌گرهای مولکولی با داده‌های ریخت‌شناسی ترکیب شدند (Kroon *et al.* 2012) . اعتبارسنجی آرایه‌های فیتوفتورا در سال‌های اخیر با پژوهش‌های نسب‌شناسی براساس تجزیه و تحلیل ترادف نواحی ITS (Internal transcribe spacer)، tef 1α (Translation elongation factor)، β-tubulin و cox I, II(Cyrochrome oxidase) انجام می‌شود (Roy and Grünwald 2014). به‌طور کلی، دورگ‌های بین گونه‌ای در جنس *Phytophthora* بسیار غیرقابل پیش‌بینی هستند، آن‌ها ممکن است تهاجم بیشتری در مقایسه با والدین خود نشان دهند و یا قادر به اشغال زیستگاه‌های جدید و آلوده کردن میزبان‌های جدید باشند (Safaieefarahani and Mostowfizadeh-Ghalamfarsa 2017).

۳- چرخه بیماری

بیماری انگومک پسته خاک‌بُرد است. عامل بیماری می‌تواند با نهال یا خاک آلوده به باغ سالم وارد شود. این شبه‌قارچ‌ها بیشتر به صورت میسلیوم در بافت‌های آلوده ریشه و بعضاً به شکل کلامیدوسپور و یا اُاُسپور روی طوقه و ریشه بافت‌های آلوده و همچنین در خاک زمستان‌گذرانی می‌کنند (Moradi 1998). اُاُسپور می‌تواند مدت زمان مدیدی در خاک زنده بماند. در واقع زمانی که خاک مرطوب می‌شود، با تندش اُاُسپور و یا کلامیدوسپور و تولید اسپورانژیوم و رها شدن زئوسپورها، میسلیوم‌های جدیدی به وجود می‌آیند. زمانی که رطوبت به اندازه کافی نباشد، اسپورانژیوم جوانه‌زده و ایجاد آلودگی می‌کند (جوانه‌زنی مستقیم). اسپورانژیوم‌ها نیز حاوی اسپورهای تاژک‌داری به نام زئوسپور هستند. زئوسپورها به‌عنوان منبع زادمایه عامل انتقال و انتشار بیماری در باغ هستند. زئوسپورها صرفاً زمانی که خاک به طور کامل از آب اشباع شده باشد، آزاد می‌شوند، با استفاده از تاژک‌های خود به سمت بافت حساس گیاه حرکت کرده جوانه‌زده و باعث ایجاد آلودگی می‌گردد (جوانه‌زنی غیرمستقیم). این اسپورها با آب روان می‌توانند مسافت‌های طولانی را تا کیلومترها (انتقال غیرفعال) طی کنند(شکل ۲). دوره‌های طولانی اشباع خاک موجب بالا رفتن خطر آلودگی می‌شود. درختان معمولاً در طول بهار و تابستان حساس‌ترند و در فصل زمستان و یا دوره خواب حساسیت کمتری دارند (Ellis 2008). الگوی خشکیدگی درختان، میزان خسارت بیماری و چگونگی گسترش آن در باغ‌های آلوده متفاوت بوده و تا حد زیادی به مدیریت باغ در طول سال از جمله عملیات خاک‌ورزی، خصوصیات فیزیکی خاک (نفوذپذیری)، نحوه



شکل ۲. چرخه بیماری پوسیدگی طوقه و ریشه، یا انگومک درختان میوه (Ellis 2008).

Figure 2. Disease cycle of root and crown rot or gummosis of fruit trees (Ellis 2008).

آبیاری و کنترل بیماری ارتباط دارد. انتقال غیرفعال عامل بیماری در یک باغ با عملیات خاک ورزی غلط، آب آبیاری، تماس ریشه‌ها با یکدیگر (به علت عدم رعایت فاصله کاشت)، ریختن خاک اطراف درختان آلوده در بین ردیف‌ها، انتقال خاک آلوده به باغ، آلوده بودن ادوات و وسایل کشاورزی صورت می‌گیرد. رطوبت در پوسیدگی طوقه و ریشه درختان پسته و چرخه زندگی عامل بیماری در باغ نقش اساسی دارد (Moradi 2003). دامنه دمایی بهینه برای رشد رویشی میسلیوم بیمارگر بسته به گونه ۳۰-۲۰ درجه سلسیوس است (Erwin and Ribeiro 1996).

۴- عوامل مؤثر در شیوع بیماری

۴-۱- خصوصیات فیزیکی خاک

بافت و ساختمان خاک و چگونگی قرارگرفتن لایه‌های خاک در یک باغ آلوده، شدت و خسارت بیماری را تحت تأثیر قرار می‌دهد. در باغ‌هایی که دارای بافت خاک رسی است و یا میزان رس خاک توأم با عمق خاک افزایش می‌یابد، باعث افزایش ظرفیت نگهداری آب در خاک، افزایش خفگی ریشه‌ها و حساس شدن ریشه‌ها به آلودگی می‌گردد. در چنین باغ‌هایی معمولاً نشانه‌های پوسیدگی ریشه به صورت ضعف و کمی شاخ و برگ، خشکیدگی سرشاخه، کم‌شدن میزان محصول، تغییر شکل برگ و مرگ تدریجی درخت مشاهده می‌شود. در صورت وجود یک لایه سنگین روی سطح خاک (عمق صفر تا ۴۰ سانتی‌متری) و همچنین در مواردی که درختان به صورت عمقی کاشته شده باشند، پوسیدگی طوقه بیشتر شایع است. وجود لایه سخت زیرین که در هنگام احداث باغ شکسته نشده باشد نیز باعث تشدید بیماری می‌گردد. در باغ‌هایی که طوقه درختان در زیر سطح خاک قرار دارد و یا دارای لایه سخت زیرین است، حفر یک کانال به عرض ۷۰ تا ۱۰۰ سانتی‌متر و عمق ۱ تا ۲ متر در فاصله بین ردیف‌ها، انتقال خاک به خارج از باغ و پرکردن کانال حفر شده با خاک بدون آلودگی و سبک به نحوی که شیب ردیف‌ها به سمت مرکز ردیف باشد باعث کاهش خسارت بیماری می‌گردد (مشاهدات نگارندگان).

۴-۲- اثر شوری

Banihashemi and Tabatabaee (2004) تأثیر سطوح مختلف شوری از منبع کلرید سدیم روی رشد رویشی *P. citrophthora* و آلودگی ریشه دو رقم پسته فندق و بادامی را بررسی نمودند و گزارش کردند که افزایش شوری تا سطح ۲۰۰۰ میلی گرم در لیتر کلرید سدیم موجب حداکثر رهایی زئوسپور و افزایش شوری تا ۳۶۰۰ میلی‌گرم در لیتر موجب افزایش میزان آلودگی ریشه می‌گردد. افزایش شوری تا ۴۰۰۰ و ۱۴۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر به ترتیب باعث افزایش تولید اسپوانژیوم و رشد رویشی *P. citrophthora* گردید و پس از آن روند کاهش را نشان داد. آنها همچنین بیان نمودند ریشه‌های پایه بادامی، در اثر تنش‌های شوری کمتر از رقم فندق مورد حمله *P. citrophthora* قرار می‌گیرد. تأثیر هدایت‌های الکتریکی مختلف براساس نمک‌های کلریدسدیم و کلریدکلسیم روی رشد رویشی میسلیوم *P. pistacia* نشان داد هدایت‌های الکتریکی ۲ و ۴ (ds/m) تأثیری روی رشد میسلیومی بیمارگر نداشته ولی در هدایت‌های الکتریکی ۸ و بیشتر از آن کاهش رشد رویشی میسلیوم عامل بیماری مشاهده به میزان ۳۷ تا ۹۸ درصد مشاهده می‌شود (Hajabdolahi *et al.* 2018).

۴-۲-۱- اثر نمک‌های کلسیمی

تأثیر هفت نمک (کلرید، نیترات، سولفات، اکسید، هیدروکسید، فسفات و کربنات) کلسیم با غلظت‌های مختلف (۲۵۰ تا ۳۰۰۰ ppm) روی رشد مسیلیومی، تولید اسپورانژیوم، زئوسپور و جوانه‌زنی سیست نشان داد، همه نمک‌های کلسیمی باعث کاهش رشد رویشی بیمارگر می‌شود و اکسید کلسیم در غلظت ۳۰۰۰ ppm به طور کامل از رشد رویشی عامل بیماری جلوگیری می‌کند. تمامی این نمک‌ها باعث کاهش تولید اسپورانژیوم و جوانه زنی سیست شدند. در بین نمک‌های کلسیمی، سولفات کلسیم به طور مؤثری باعث کاهش معنی‌دار رشد رویشی، تولید اسپورانژیوم و جوانه زنی سیست در غلظت ۳۰۰۰ ppm گردید که تأثیر آن روی تولید اسپوانژیوم و جوانه زنی مشهودتر و باعث جلوگیری کامل از جوانه‌زنی آن گردید (Najarpour *et al.* 2018). این امر شاید نقش مثبت کاربرد گچ در باغ‌های پسته برای مهار

بیماری پوسیدگی و طوقه ریشه پسته را توجیه کند. یکی از موادی که می‌تواند در مدیریت بیماری پوسیدگی طوقه و ریشه پسته مورد استفاده قرار گیرد، کاربرد گچ معدنی است. این ماده در بسیاری از باغ‌های آلوده مورد استفاده قرار گرفته و باعث کاهش مرگ و میر در باغ‌های آلوده شده است (Moradi and Masoumi 2011). جنبه‌های مختلف املاح کلسیم برای مهار بیماری پوسیدگی طوقه و ریشه روی محصولات مختلف توسط تعدادی از محققین مورد بررسی قرار گرفته است. استفاده از گچ به عنوان یکی از منابع کلسیم برای کمک به مهار بیماری باید براساس آزمایش خاک، آب و همچنین نظر کارشناسی انجام شود. مقدار گچ مورد استفاده در باغ ها از ۲۰ تا ۱۰۰ تن در هکتار متغیر است (Najarpour *et al.* 2018).

۴-۳- اثر دما و رطوبت خاک

دو گونه *P. drechsleri* و *P. pistaciae* بیشترین فراوانی را در مناطق مختلف پسته‌کاری به خود اختصاص داده‌اند. تفاوت در فراوانی گونه‌های مختلف را می‌توان در ارتباط با دمای خاک، هوا و قدرت سازگاری آنها با محیط دانست. دلیل فراوانی کم گونه *P. citrophthora* در مناطق مختلف پسته‌کاری (با توجه به بیماری‌زایی بالای آن) را می‌توان به دمای بالا در مناطق پسته‌کاری، پایداری کم اندام‌های رویشی و تشکیل کم اندام‌های مقاوم بیمارگر دانست (Moradi 1998).

۵- مدیریت بیماری

۵-۱- پایه‌های مقاوم

در اغلب مناطق پسته‌کاری ایران از رقمها مختلف *Pistacia vera* با تنوع ژنتیکی زیاد به‌عنوان پایه استفاده می‌شود ولی اغلب آنها به گونه‌های فیتوفتورا حساسند. تحقیقات انجام شده در خصوص مقاومت پایه‌های اهلی پسته به گونه فیتوفتورا نشان می‌دهد که طوقه و ریشه دو پایه قزوینی و بادامی ریز زرند از مقاومت بالایی نسبت به گونه‌های فیتوفتورا برخوردار است. بقیه پایه‌ها سطوح مختلف حساسیت را نسبت به عوامل بیماری انگومک نشان می‌دهند و رقم سرخس از سایر پایه‌ها حساس‌تر است. پسته وحشی *Pistacia atlantica* نسبت به تمامی گونه‌های فیتوفتورا مقاوم است (Moradi 1998). از طرف دیگر شدت بیماری‌زایی *P. citrophthora* نسبت به بقیه گونه‌ها، روی پایه‌های بذری پسته بیشتر بوده و گونه‌های *P. pistaciae* و *P. nicotianae* بیماری‌زایی کمتری روی پایه پسته نشان دادند. با توجه به اینکه درخت پسته دارای گرده افشانی آزاد است، تنوع ژنتیکی در نهال‌های حاصل از آنها ممکن است در بررسی صفات مختلف دیده شود. در یک تحقیق نتایج حاصل از گرده افشانی کنترل شده بین والدهای نر و ماده موجود در ایستگاه شماره دو پژوهشکده پسته نشان داد که والد مادری بادامی راور شماره ۲ در تلاقی با والد نر رفسنجان مقاومت بالایی نسبت به پوسیدگی طوقه و ریشه ناشی از گونه‌های مختلف فیتوفتورا دارند. تولید نهال‌های هیبرید حاصل از پایه‌های وحشی بنه و آتلانتیکا و پایه‌های معمولی و رایج پسته اهلی (قزوینی، بادامی زرند و اوحدی) با استفاده از عمل گرده افشانی کنترل شده نشان داد که تلاقی والد مادری قزوینی با والد نر آتلانتیکا بیشترین مقاومت را نسبت به سایر تلاقی‌ها داشتند (Moradi *et al.* 1998).

حساسیت شاخه‌های سال جاری، یک ساله و دو ساله پسته رقمها Kerman، Jolely و Ruehly نسبت به *P. parasitrca* و *P. cactorum* بررسی و گزارش شد این گونه‌های فیتوفتورا روی سه رقم پسته بیماری‌زا بودند، ولی دو رقم Ruehly و Joly نسبت به Kerman بطور معنی‌داری حساس‌تر بودند. آزمایش نهال‌های *P. integrrima*، *P. atlantica* و Pioneer GoldII نشان داد که هر چند این پایه‌ها در باغ به ظاهر مقاوم هستند ولی همه آنها در مایه‌زنی مصنوعی حساسیت نشان دادند (MacDonald *et al.* 1992).

Banihashemi (1989) گزارش کرده در آزمایشی گلخانه‌ای گونه‌های *Pistacia* Fisch. and C.A. Mey. *mutica* و *Pistacia khinjuk* Stocks از حساسیت بالایی برخوردار بوده و پایه *Pistacia atlantica* و هیبرید UCB # 1 (*Pistacia integerrima* × *Pistacia atlantica*) در مقابل تمام گونه‌های فیتوفتورای فوق‌الذکر مقاومت نشان می‌دهند. Mirabolfathy *et al.* (2000) مقاومت گیاهچه‌های ۱۵-۱۸ روزه پسته را در محلول هوگلند و نهال‌های ۴۰ روزه رقم‌های پسته اهلی و چند گونه وحشی در گلدان را نسبت به سه گونه *P. drechsleri*،

P. cryptogea و *P. megasperma* بررسی و گزارش نموده‌اند که تمام رقم‌ها و گونه‌های *Pistacia* از جمله *Pistacia atlantica* حساس هستند. Banihashemi and Gheisi (1996) گونه‌های پسته آتلانتیکا، بنه و پسته اهلی را از نظر مقاومت به بیماری انگومک به ترتیب مقاوم، نیمه مقاوم و حساس معرفی نمودند. در مورد مقاومت پایه هیبرید UCB#1 اختلاف نظر وجود دارد، بنی‌هاشمی (Banihashemi 1998) این پایه را نسبت به تمامی گونه‌های عامل انگومک مقاوم گزارش کرده، در صورتی که در مطالعه‌ای دیگر در کالیفرنیا این هیبرید، نسبت به سه گونه بیمارگر جدید عامل انگومک پسته یعنی *P. niederhauserii* Z.G. Abad and J.A. Abad، *P. cinnamomi* Rands و *P.* taxon walnut حساس اعلام شد (Nouri *et al.* 2017).

۵-۲- مدیریت آبیاری

یکی از مهم‌ترین پارامترهای مؤثر در کاهش آلودگی پوسیدگی طوقه و ریشه پسته (مخصوصاً پوسیدگی طوقه) مدیریت آبیاری است. به طور کلی استفاده از سیستم‌های تحت فشار آبیاری به لحاظ کاهش میزان آب مصرفی نسبت به آبیاری غرقابی، کاهش زمان تماس طوقه و ریشه با آب و عدم اشباع خاک به مدت طولانی، برتری دارند. تأثیر نوع آبیاری در کاهش شدت آلودگی در باغ‌ها با پوسیدگی طوقه مشهودتر و در بسیاری از موارد باعث متوقف شدن مرگ‌ومیر درختان می‌گردد. مدیریت آبیاری باید به نحوی باشد که طوقه و ریشه‌های درختان پسته در معرض کمترین میزان رطوبت ناشی از آبیاری و یا آب آزاد در خاک قرار گیرند. برای این منظور قراردادن درختان در روی پشته و یا شیب‌دار کردن محل آبیاری به نحوی که درختان بر روی پشته قرار گیرند، باعث کاهش شدت بیماری در باغ و جلوگیری از آلودگی‌های جدید می‌گردد (شکل ۳). در حالت شیب‌دار کردن باید بیشترین ارتفاع آب در مرکز ردیف و یا سایه‌انداز قرار گیرد و به سمت طوقه و ریشه‌های اصلی ارتفاع آب کاهش یابد. در موارد خسارت شدید بیماری، کاهش میزان و دور آبیاری مخصوصاً در اوایل بهار مفید است، البته در این صورت باید فاکتور رشدی گیاه نیز در نظر گرفته شود. اعمال مدیریت آبیاری در باغ‌های با شوری بالای خاک و آب باید بانظر کارشناسی انجام گیرد (Mohammadi Mohammadabadi 2015).

۵-۳- مبارزه شیمیایی

معالجه قسمت‌های آلوده طوقه و ریشه درختان با قارچ‌کش‌های مسی مانند مخلوط بردو (۴ درصد) و اکسی کلرور مس (۱ درصد) به طور معمول توسط باغداران استفاده می‌گردد (Sheikhi-Garjan *et al.* 2017). در بعضی از موارد از آهک نیز برای ضدعفونی طوقه و ریشه استفاده می‌گردد. یکی از روش‌هایی که همواره برای مهار بیماری پوسیدگی

شکل ۳. قراردادن درختان در روی پشته و شیب‌دار کردن محل آبیاری به نحوی که درختان بر روی پشته قرار گیرند و از تماس مستقیم طوقه با آب جلوگیری شود (اصلی).

Figure 3. Planting trees on a ridge in a row or slight sloping the irrigation site to prevent direct contact of the crown with water (Original).

طوقه و ریشه ناشی از گونه‌های قارچ فیتوفتورا در درختان میوه توصیه شده استفاده از قارچ‌کش‌های جذبی و حفاظتی در محل طوقه و ریشه است ولی از آن جایی که درخت پسته بیشتر در مناطق کویری و یا حاشیه کویر کشت گردیده و دارای پوست نسبتاً سخت و غیر قابل نفوذ هستند، کاربرد قارچ‌کش‌ها روی طوقه و ریشه برای کنترل بیماری مؤثر نیست و این روش ممکن است صرفاً روی درختان جوان که پوست آنها نفوذپذیری بیشتری دارند مناسب باشد (Moradi 2018). محلول‌پاشی قارچ‌کش فستیل آلومینیوم (با نام تجاری اِلیت) تأثیر زیادی در کاهش آلودگی به عامل بیماری دارد. این ترکیب از مشتقات اسید فسفونیک است و بعد از استفاده، به سرعت جذب شده و در گیاه پخش می‌شود. اثرات پیشگیری و معالجه‌کنندگی این سم به صورت اثر مستقیم روی بیمارگر و فعال شدن مکانیسم‌های دفاعی گیاه در برابر گونه‌های فیتوفتورا است. رعایت الگو و زمان استفاده از این قارچ‌کش از فاکتورهای بسیار مهّم در خصوص میزان تأثیرگذاری آن روی بیماری است. به این ترتیب که با توجه به شدت‌های مختلف آلودگی در باغ بایستی انتخاب الگوی سم‌پاشی نیز بر همین اساس باشد. در محل‌هایی از باغ با آلودگی شدید و مرگ و میر بالا که درختان بیمار و آلوده و یا خشک شده در اثر بیماری وجود دارند (شکل ۴)، لازم است تا محلول‌پاشی با غلظت ۲/۵ در هزار و به تعداد حداکثر ۴ نوبت، ترجیحاً در فواصل یک تا دوهفته‌ای، مطابق الگوی ارایه شده در شکل ۳ تکرار گردد در حالی که در بقیه قسمت‌های باغ با خطر پایین که بیماری و یا وجود درختان آلوده در آن قسمت‌ها به راحتی قابل تشخیص نیست و یا بدون آلودگی هستند، فقط به یک نوبت محلول‌پاشی با غلظت ۲/۵ در هزار یا غلظت کمتر نیاز است. در سال‌های بعد، در باغ‌های محلول‌پاشی شده و آلوده فقط یک مرتبه سم‌پاشی کافی است. بهترین زمان سم‌پاشی مصادف با بازشدن کامل برگ‌ها و یا توقف رشد سرشاخه‌های جدید (شکل ۵) است. باید توجه داشت تا قبل از به مغز رفتن پسته، محلول‌پاشی‌ها بایستی قطع گردد (Moradi *et al*. 2015, Moradi 2018).

شکل ٤. محل‌هایی از باغ با خطر بالای بیماری (نوار قرمز سمت راست، محل وجود درختان آلوده) که نیاز به تکرار سم‌پاشی دارند. بقیه قسمت‌های باغ باخطر پایین‌تر بیماری (نوار زرد سمت چپ) فقط نیاز به یک مرتبه محلول‌پاشی قارچ‌کش فستیل آلومینیوم (اِلیت) دارند.

Figure 4. Orchard areas with a high disease risk (red stipe in the right side, the location of infected trees) requiring repeat spraying. The remaining parts of the orchard with lower risk of disease (yellow stripe in the left) require only a foliar application of aluminum Fosetyl (Elite®).

شکل ۵. با توقف رشد سرشاخه‌های جدید می‌توان محلول‌پاشی با قارچ‌کش فستیل آلومینیوم (الیت) را انجام داد.

Figure 5. By stopping the growth of new branches, the foliar spraying can be done with aluminum Fosetyl (Elite®).

۵-۴- مهار زیستی

تأثیر جانداران در مهار بیماری پوسیدگی طوقه و ریشه گیاهان و انگومک پسته بررسی شده است. غربال ۱۱ سویه *Trichoderma harzianum* Rifai حاصل از ریزوسفر باغ‌های پسته کشور در آزمایشگاه به روش کشت متقابل، ارزیابی تداخل فیزیکی ریسه، تولید ترکیبات فرار و غیرفرار علیه *Phytophthora melonis* حاکی از پتانسیل قابل توجه آنها در بازدارندگی بیمارگر بوده است. برهمکنش آنها با عامل بیماری انگومک در آزمایشات گلخانه‌ای و سنجش پارامترهایی مانند ارتفاع نهال، طول و وزن خشک ریشه و اندام‌های هوایی و درصد مرگ و میر نشان دهنده کاهش رشد رویشی *P. melonis* به‌طور معنی‌داری بود (Fani *et al*. 2013). موفقیت جدایه‌های *Trichoderma harzianum* به عنوان عامل مهار زیستی به علت توانایی تکثیر و اسپورزایی بالا، بقاء تحت شرایط نامساعد، تحمل شوری و عناصر سنگین خاک، تغییر محیط ریزوسفر، توان بالای کلونیزاسیون ریشه و رقابت تغذیه‌ای قوی و قدرت تهاجمی بالا در تقابل با بیمارگرهای ریشه است. علاوه بر آن ترشح ترکیبهای شیمیایی مختلف مانند آنزیم‌ها و آنتی‌بیوتیک‌ها، قدرت تحمل و یا خنثی‌سازی ترکیبهای تولید شده توسط گیاهان و سایر ریزجانداران، ایجاد و القای مقاومت با تحریک گیاه به تولید زهرابه‌های سمی علیه بیمارگر و فعال نمودن سازوکارهای‌های دفاعی و رشدی گیاهان از دیگر عوامل موثر در موفقیت این قارچ است (Lorito *et al*. 2010). پژوهش‌ها نشان داده است مهم‌ترین باکتری‌های متعارض گونه‌های *Phytophthora*، از جنس‌های *Streptomyces* Waksman and Henrici و *Bacillus* Cohn. هستند. سازوکارهای باکتری‌ها در مهار بیمارگرهای گیاهی شامل کلنیزه‌کردن سطح ریشه، ورود به سیستم ریشه به عنوان اندوفیت، زندگی همزیستی با میزبان و بهبود رشد گیاه، رقابت با بیمارگرهای ناحیه ریشه با اشغال محل استقرار، تولید ترکیبات دورکننده شیمیایی (Allelochemical) و در نهایت القای مقاومت سیستمیک ISR (Induction of Systemic Resistance) در گیاه میزبان است (Compant *et al.* 2005). از میان ۴۰۰ جدایه باکتریهای بومی باغهای پسته استان کرمان، ۱۷۰ جدایه دارای اثر تعارضی روی بیمارگر بودند (Moradi *et al.* 2018). غربال بعدی نشان داد ۱۹ جدایه متعلق به گونه‌های Migula *Pseudomonas fluorescens* و *B. subtilis* Cohn. توانایی بازدارندگی از رشد *P. pistaciae* و کاهش مرگ و میر در نهال های شش ماهه را تا ۸۰ درصد دارند. با وجود این عموماً تنش های خشکی، دمای بالا و شوری کارایی آنها را کاهش می دهد. گسترش موفقیت آمیز سویه‌های *Bacillus* در باغ‌های تحت تنش منوط به توانایی آنها در مقاومت و ازدیاد جمعیت در این شرایط است (Moradi *et al*. 2018, Hajabdolahi *et al*. 2018).

نتیجه‌گیری

انگومک، ناشی از *Phytophthora pistaciae*، بیماری نوظهوری در باغ‌های پسته کشور نیست ولی به‌دلیل تنوع نشانه‌های آن برای باغداران و حتی مروجین و کارشناسان کشاورزی کاملاً شناخته شده نیست. این بیماری به دلیل

خاک‌بُرد بودن عامل بیماری از زمان تهیه نهال می‌تواند خسارت خود را شروع کند و با استقرار در باغ، هم‌زمان با کشت رقم‌های حساس و مدیریت نادرست خاک و آب موجب خسارت زیادی برای درختان بارور و نابارور شود. لذا آموزش مستمر و اطلاع رسانی کافی برای کاهش خسارت ضروری است. روش مدیریت تلفیقی بیماری احداث باغ در زمین‌های غیرآلوده، استفاده از رقم‌های مقاوم یا متحمل، استفاده از نهال‌های سالم، اصلاح روش آبیاری و پرهیز از تماس مستقیم آب با طوقه، جداسازی کرت‌های آلوده از سالم، استفاده از قارچ‌کش مناسب و مهار زیستی بر پایه گونه‌های *Trichoderma* و *Bacillus* است.

References منابع

1. Abrishami MH (1994) Iranian Pistachio: Historical Knowledge. Iranian University Publication, Iran, 669p. (In Persian).
2. Aminaee MM and Ershad D (1989) Etiology of pistachio leaf spot in Kerman province. Proceeding of the 9th Iranian Plant Protection Congress, Mashhad, Iran, p.81.
3. Aminaee MM and Ershad D (1991) Isolation of *Phytophthora drecshleri* from infected pistachio trees with gummosis symptoms in Kerman. Proceeding of the 10th Iranian Plant Protection Congress, Kerman, Iran, p.106.
4. Aminaee MM and Ershad D (1999) Occurrence of *Verticillium* wilt on pistachio trees in Kerman Province (Iran). Iranian Journal of Plant Pathology 35(1-4):59. (In Persian with English Abstract).
5. Ashkan M, Abusaidi D and Banihasheni Z (1995) Distribution of *Phytophthora* species causing crown and root rot of pistachio in Rafsanjan. Proceeding of the 12th Iranian Plant Protection Congress, Karaj, Iran, p.218. (In Persian with English Abstract).
6. Banihashemi Z (1989) Study of gummosis disease in southern provinces of Iran. Proceeding of the 9th Iranian Plant Protection Congress, Mashhad, Iran, p.92. (In Persian with English Abstract).
7. Banihashemi Z (1995) Identification of *Phytophthora* species associated with pistachio gummosis in Iran. Acta Horticulture 419:349–352.
8. Banihashemi Z (1998) Assessment of *Pistacia* rootstocks to *Phytophthora* spp. The causal agents of pistachio gummosis. Iranian Journal of Plant Pathology 34:213-224. (In Persian with English Abstract).
9. Banihashemi Z and Gheisi K (1996) Evaluation of *Pistacia* rootstocks to *Phytophthora* gummosis. Iranian Journal of Plant Pathology 32:104-105. (In Persian with English Abstract).
10. Banihashemi Z and Tabatabaee SAR (2004) Interaction between salinity and *Phytophthora citrophthora* in pistachio seedlings under hydroponic system. Iranian Journal of Plant Pathology 40: 159-178. (In Persian with English Abstract).
11. Compant S, Duffy B, Nowak J, Clément C and Barka EA (2005) Use of plant growth-promoting bacteria for biocontrol of plant diseases: principles, mechanisms of action, and future prospects. Applied and Environmental Microbiology 71(9):4951-4959.

12. Ellis MA (2008) *Phytophthora* root and crown rot of fruit trees. The Ohio State University Extension Factsheet HYG-3029, 8p.
13. Ershad D (1971) Beiteag zur Kenntnis der *Phytophthora* Arten in Iran undihrer phtopathologischra Bedeutung. Mitt Boil Bund Anst Ld. Forstwirtsch, 140p.
14. Ershad D (1992) *Phytophthora* species in Iran (Isolation, Purification, Identification). Iranian Agricultural Research, Education and Extension Organization Press, 217p. (In Persian).
15. Erwin DC and Ribeiro OK (1996) Phytophthora diseases worldwide. American Phytopathological Society Press, USA, 562p.
16. Fani SR, Ghahderijani MM, Moghaddam MA, Sherafati AB, Moghaddam MM, Sedaghati EB, Khodaygan PE (2013) Efficacy of native strains of *Trichoderma harzianum* in biocontrol of pistachio gummosis. Iranian Journal of Plant Protection Science, 44(2): 243-252. (In Persian with English Abstract)
17. Fani SR, Mirabolfathy M and Zamanizadeh HR (2004) Etiology of Pistachio Gummosis in Sistan-Baluchistan Province. Proceeding of the 16th Iranian Plant Protection Congress, Tabriz, Iran, p.382.
18. Fani SR, Zamanizadeh HR and Mirabolfathy M (2005) Isolation and identification of the causal agents of root and crown rot of pistachio trees in the Sistan and Baluchistan provinces. Proceeding of IV International Symposium on Pistachios and Almonds 726: 647-650.
19. Fattahi Ardakani M, Ershad D. and Mirabolfathy M (2000) Study of pistachio gummosis in Yazd Province. Province. Proceeding of the 14th Iranian Plant Protection Congress, Isfahan, Iran, p.126.
20. Hajabdolahi M, Moradi M. and Fani SR (2018) Effects of Bacterial Strains to Inhibit Growth of *Phytophthora pistaciae* under Different Electrical Conductivities. Journal of Nuts 9: 21-30.
21. Kouyeas V (1952) The foot rot of pistachio tree (*Pistacia vera* L.) Annales de l'Institut Phytopathologique Benaki 6:81-87.
22. Kouyeas H (1973) Pathogenicity of *Phytophthora* species to pistachio tree. Proceedings of the Annales de l'Institut Phytopathologique Benaki 10(4): 333-41.
23. Kroon LP, Brouwer H, de Cock AW and Govers F (2012) The genus Phytophthora anno 2012. Phytopathology 102(4): 348-364.
24. Lorito M, Woo SL, Harman GE and Monte E (2010) Translational research on *Trichoderma*: from omics to the field. Annual Review of Phytopathology 48: 395-417.
25. MacDonald JD, Banihashemi Z, Mircetich SM, Browne G and Bolkan L (1992) Trunk and branch canker of pistachio caused by *Phytophthora* spp. Phytopathology 82(10): 1084.
26. Mirabolfathy M (1987) Study of pistachio crown and root rot. Plant Pathology M.Sc. thesis, Tehran University, Tehran, Iran, 140p. (In Persian with English Abstract).

27. Mirabolfathy M, Alizadeh A and Rahimian H (2000) Morphological, physiological and isoenzymic comparison of *Phytophthora megasperma* from pistachio and other hosts. Iranian Journal of Plant Pathology 36:31-45. (In Persian with English Abstract).
28. Mirabolfathy M, Cooke DE, Duncan JM, Williams NA, Ershad D and Alizadeh A (2001) *Phytophthora pistaciae* sp. nov. and *P. melonis*: the principal causes of pistachio gummosis in Iran. Mycological Research 105:1166-1175.
29. Mohammadi Mohammadabadi A (2015) Study on changing irrigation system from surface to subsurface method with cement pipe on pistachio orchards. Agricultural Scientific Information and Documentation Center (ASIDC), Tehran, Iran, 47780, 32p. (In Persian with English Abstract).
30. Moradi M (1998) Isolation and identification of *Phytophthora* species from crown and root of pistachio trees in Kerman and Fars provinces and determination of relative resistance of common pistachio rootstocks of the pathogen. Plant Pathology M.Sc. thesis, Shiraz University, Shiraz, Iran, 116p. (In Persian with English Abstract).
31. Moradi M (2003) Study on the biology of *Phytophthora* spp., the causal agent of crown and root rot of pistachio trees; and their biological control. Agricultural Scientific Information and Documentation Center (ASIDC), Tehran, Iran, 82/1000, 29p. (In Persian with English Abstract).
32. Moradi M (2018) Effects of postharvest of Elit on pistachio crown and root rot. Agricultural Scientific Information and Documentation Center (ASIDC), Tehran, Iran, 54685, 30p. (In Persian with English Abstract).
33. Moradi M and Masoumi H (2011) Pistachio crown and root rot. Journal of Iranian Pistachio Association, 70:28-30. (In Persian)
34. Moradi M, Mohammadi A and Haghdel M (2015) Application of Elite (Fungicides) to manage pistachio gummosis in the orchards. Agricultural Scientific Information and Documentation Center (ASIDC), Tehran, Iran, 47146, 5p. (In Persian)
35. Moradi M, Nejad FJ, Bonjar GHS, Fani SR, Mimand BM, Probst C and Madani M (2018) Efficacy of *Bacillus subtilis* native strains for biocontrol of *Phytophthora* crown and root rot of pistachio in Iran. Tropical Plant Pathology 21:1-8.
36. Moradi M, Tajabadipour A, Farivarmahin H and Esmailpour A (1998) Study of preparation resistant hybrid rootstock to *Phytophthora drecshleri* and root-knot nematode of pistachio Agricultural Scientific Information and Documentation Center (ASIDC), Tehran, Iran, 83/766, 22p. (In Persian with English Abstract).
37. Mostowfipour P (1969) New hosts for Phytophthora. Iranian Journal of Plant Pathology 5:23. (In Persian with English Abstract).
38. Mostowfizadeh-Ghalamfarsa R, Cooke D and Banihashemi Z (2008) *Phytophthora parsiana* sp. nov., a new high-temperature tolerant species. Mycological Research 112:783-94.

39. Najarpour H, Hasanzadeh-Davarani F and Moradi M (2018) Efficacy of calcium salts on controlling *Phytophthora pistaciae*, the cause of Pistachio (*Pistacia vera* L.) gummosis. Journal of Nuts 9:23-134.
40. Nouri MT, Holland LA, Doll D, Kallsen CE, Michailides TJ and Trouillas FP (2017) Investigating canker and soil borne diseases of pistachio in California. Proceeding of VII International Symposium on Almonds and Pistachios 1219:295-302.
41. Roy SG and Grünwald NJ (2014) The plant destroyer genus *Phytophthora* in the 21st century. Annual Review of Plant Pathology 6:388-412.
42. Safaieefarahani B and Mostowfizadeh-Ghalamfarsa R (2017) *Phytophthora* spp. Interspecific Hybrids and Their Danger for Agriculture. Plant Pathology Science 6:33-46. (In Persian with English Abstract).
43. Sharif G, Barbod D and Taghizadeh F (1960) Disease that dries pistachio trees. Iranian Agricultural Research, Education and Extension Organization Press. 4p.
44. Sheikhi-Garjan A, Najafi H, Abbasi S, Saberfar F, Rashid M and Moradi M (2017) Guideline of chemical and organic pesticides in Iran. Rahdan Publisher, Tehran, Iran, 695p. (In Persian).
45. Stamps DJ, Waterhouse GM, Newhook FJ and Hall GS (1990) Revised tabular key to the species of *Phytophthora*, CAB International, 28 p.
46. Teviotdale BL, Michailides TJ and Pscheidt JW (2002) Compendium of nut crop diseases in temperate zones. American Phytopathological Press, USA, 262p.
47. Waterhouse GM (1963) Key to the species of *Phytophthora* de Bary. Mycological Paper 92:1–22.