ارزیابی مقاومت نسبی برخی پایه‌های جنس پسته (*Pistacia*) به بیماری گموز

محسن سعدلو پاریزی[۱]، سدابه جهانبخش[۲*]، حسین دشتی[۳]، روح اله صابری ریسه[۴]، حجت هاشمی نسب[۵]

تاریخ ارسال: ۱۴۰۱/۰۹/۲۳ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۲/۲۵

چکیده

گموز (پوسیدگی فیتوفتورایی طوقه و ریشه) یکی از مهم‌ترین بیماری‌های درختان پسته می‌باشد. به منظور ارزیابی مقاومت نسبی ۲۹ پایه از جنس پسته به این بیماری، آزمایشی به صورت فاکتوریل با دو فاکتور نوع پایه و تنش بیماری، در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار انجام شد. نهال‌های دوماهه پسته با *Phytophthora drechsleri* مایه‌زنی و پس از شش ماه فاکتورهای رشدی اندازه‌گیری شدند. ارزیابی مقاومت پایه‌ها با تعیین شاخص‌های درصد پیشرفت عرضی بیماری، شدت آلودگی و مرگ‌ومیر و صفات طول ساقه، وزن خشک ساقه و ریشه در سطوح شاهد و تنش، انجام شد. نتایج نشان داد که بین پایه‌های موردمطالعه از نظر مقاومت به بیماری تفاوت معنی‌دار وجود داشت. تنش بیماری باعث کاهش طول ساقه، وزن خشک ساقه و ریشه نهال‌ها گردید. آتلانتیکا دارای کمترین میزان پیشرفت عرضی بیماری (۲۰٪) و شدت آلودگی (۱۷٪) بود و از نظر شدت آلودگی تفاوت معنی‌داری با سایر پایه‌ها نشان داد. پایه سرخس نیز دارای بیشترین میزان پیشرفت عرضی بیماری (۹۵٪)، شدت آلودگی (۹۰٪) و مرگ‌ومیر (۵۵٪/۵۵) بود و از نظر این شاخص‌ها با سایر پایه‌ها تفاوت معنی‌دار داشت. بنابراین آتلانتیکا مقاوم‌ترین و سرخس حساس‌ترین پایه‌های جنس پسته در برابر بیماری گموز بودند. تجزیه خوشه‌ای، پایه‌ها را به چهار گروه مقاوم (آتلانتیکا، اینتگریما و UCB1)، نیمه‌مقاوم (بنه، بنه باغی، کله قوچی، قزوینی، غلامرضایی، ایتالیایی، احمدآقایی، M5 و BK1)، نیمه‌حساس (بادامی زرند، اکبری، اوحدی، فندقی غفوری، سیف‌الدینی، جندقی، راور(۱)، MT1، M7، BK6 وBK7) و حساس (سرخس، سفیدپسته نوق، موسی‌آبادی، خنجری دامغان، ممتاز تاج‌آبادی و M4) تقسیم نمود.

واژه‌های کلیدی: پسته، فیتوفتورا، گموز، حساسیت، مقاومت نسبی

[۱] دانشجوی دکتری گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران
[۲] استاد، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران
[*] نویسنده مسئول: jahanbakhsh@uma.ac.ir
[۳] استاد، گروه ژنتیک و تولید گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ولی‌عصر (عج) رفسنجان، رفسنجان- ایران
[۴] استاد، گروه گیاه‌پزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ولی‌عصر (عج) رفسنجان، رفسنجان- ایران
[۵] استادیار پژوهشی، پژوهشکده پسته، مؤسسه تحقیقات علوم باغبانی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، رفسنجان، ایران

مقدمه

جنس پسته (Pistacia) مهم‌ترین جنس تیره پسته‌سانان (Anacardiaceae) است که این جنس دارای حداقل ۱۱ گونه می‌باشد (Guney et al., 2021. Zohary, 1952). از بین گونه‌های این جنس، فقط گونه *Pistacia vera* L. دارای اهمیت تجاری است. بیماری‌های گیاهی به همراه سایر تنش‌های محیطی، خسارات زیادی را به درختان پسته وارد نموده و سبب کاهش عملکرد این محصول در کشور ایران می‌گردند (Mohammadi & Banihashemi, 2010). از بین عوامل بیماری‌زای گیاهی، بیمارگرهای قارچی از اهمیت ویژه‌ای برخوردارند. یکی از مهم‌ترین بیماری‌های درختان پسته در ایران، گموز (پوسیدگی فیتوفتورایی طوقه و ریشه) می‌باشد که به وسیله گونه‌های مختلف شبه‌قارچ Phytophthora ایجاد می‌شود (McDonald et al., 1992; Banihashemi & Gheisi, 1995). گموز در شرایط مناسب محیطی، سبب پوسیدگی طوقه و ریشه و در نهایت خشکیدگی درختان پسته شده و تولید این محصول را غیراقتصادی می‌نماید (اشکان و همکاران، ۱۳۷۴). در صورت عدم کنترل مناسب بیماری، گموز می‌تواند باعث کاهش تعداد درختان تا ۸۰ درصد در دوره پنج تا ده‌ساله شود و بنابراین فشار زیادی را بر تولید پسته وارد نماید. آسیب سالانه ایجادشده در اثر بیماری بین دو تا یازده درصد تخمین زده شده است (Moradi et al., 2017).

به منظور مدیریت بیماری گموز، روش‌های مختلفی مانند کنترل زیستی، زراعی، شیمیایی و استفاده از ارقام مقاوم در باغ‌های آلوده پیشنهاد شده است، تا بتوان خسارت بیماری را کاهش داد (Moradi, 2015; Moradi et al., 2017). در بسیاری از موارد، باغداران هنگامی به آلودگی و بیماری درختان پی می‌برند که بیماری گموز خسارت‌های اقتصادی جبران‌ناپذیری به باغ و باغدار تحمیل کرده است و تنها با صرف هزینه‌های بالا می‌توان قسمتی از این خسارت‌ها را جبران و مجدداً باغ را احیاء نمود و به چرخه اقتصادی بازگرداند. استفاده از ارقام مقاوم باعث پیشگیری از وقوع بیماری شده و بنابراین نسبت به سایر روش‌ها کارایی بیشتر و هزینه کمتری خواهد داشت.

در خصوص مقاومت پایه‌های پسته به گونه‌های مختلف فیتوفتورا، نتایج مطالعاتی که به منظور شناسایی پایه‌های مقاوم انجام شده، نشان داده که مقاومت پایه‌های مختلف پسته به بیماری گموز متفاوت می‌باشد. در پژوهشی بیماری‌زایی جدایه‌های مختلف فیتوفتورا که از درختان پسته جدا شده بود، روی شاخه‌های سال جاری، یک‌ساله و دوساله چند رقم پسته اثبات شد، اما حساسیت ارقام به شکل معنی‌داری متفاوت بود (Ferguson, 1995). مطالعه حساسیت پایه‌های مختلف پسته به گونه‌های P.

citrophthora، P. drechsleri و P. cryptogea نشان داد که رقم سرخس حساسیت بالایی به گونه‌های مذکور داشت، درحالی‌که بعضی از پایه‌ها نیمه مقاوم بودند و رقم بادامی نسبت به بقیه ارقام مقاومت بیشتری داشت (Banihashemi & Gheisi, 1995). همچنین Banihashemi (۱۹۹۸) اعلام نمود که در آزمایش‌های گلخانه‌ای، گونه خنجوک حساسیت بالایی به گونه‌های قارچ فیتوفتورا داشت و ارقام مختلف بنه نیز واکنش‌های متفاوتی را با توجه به مکان جمع‌آوری بذری از خود نشان دادند، اما آتلانتیکا و هیبرید UCB1 در مقابل تمام گونه‌های قارچ مقاوم بودند. در پژوهشی نهال‌های هیبرید حاصل از گرده‌افشانی کنترل‌شده گونه‌های وحشی با پایه-های رایج پسته اهلی (قزوینی، بادامی زرند و اوحدی) در سنین شش ماهگی و یک سالگی با P. drechsleri در محل طوقه آلوده شدند. نتایج نشان داد که تلاقی پایه قزوینی با بنه و قزوینی با آتلانتیکا در سن شش ماهگی و تلاقی قزوینی با آتلانتیکا در سن یک سالگی با کمترین درصد مرگ‌ومیر، بیشترین مقاومت را نسبت به تلاقی‌های سایر پایه‌ها نشان دادند (تاج‌آبادی پور و مرادی، ۱۳۸۳). میرسلیمانی و همکاران (۱۳۹۲) واکنش ارقام اهلی پسته به P. pistaciae را مورد ارزیابی قرار داده و دریافتند که ارقام قزوینی و بادامی ریز زرند دارای مقاومت بالاتری نسبت به سایر پایه‌ها بوده و بیشترین حساسیت مربوط به سرخس بوده است.

ژنوتیپ‌های وحشی گیاهان منابع غنی از ژن‌ها هستند و ممکن است دارای ژن‌های مقاومت به تنش‌های زیستی و غیرزیستی باشند که می‌توانند در برنامه‌های اصلاحی مورد استفاده قرار گیرند (He et al., 2015). هر یک از گونه‌ها و ارقام جنس پسته دارای صفات مطلوبی هستند که استفاده از آن‌ها در برنامه‌های اصلاحی می‌تواند باعث ایجاد مقاومت به انواع تنش‌های محیطی گردد. شناسایی و معرفی ژنوتیپ‌های مقاوم به بیماری‌ها، آفات و سایر تنش‌ها، نقش مهمی در رسیدن به حداکثر عملکرد پسته دارد. لذا مطالعه ژرم‌پلاسم پسته و انتخاب ژنوتیپ‌های سازگار با شرایط محیطی یکی از مهم‌ترین اهداف اصلاحی پسته می‌باشد (طایفه علی اکبرخانی، ۱۳۹۲). کشور ایران خاستگاه پسته اهلی و دارای تنوع ژنتیکی بالایی از این محصول می‌باشد. وجود این ژرم‌پلاسم غنی، فرصتی مناسب جهت استفاده در برنامه‌های اصلاحی خواهد بود. بنابراین ارزیابی ژنوتیپ‌های مختلف پسته به منظور استفاده از آن‌ها برای اهداف به‌نژادی ارقام و پایه‌ها در بهبود مدیریت باغ، دارای اهمیت می‌باشد (کریمی، ۱۳۸۹). یکی از زمینه‌های تحقیقاتی در مورد پسته، پژوهش در زمینه مقاومت ژنوتیپ‌های مختلف جنس پسته به تنش‌های زیستی، از جمله بیماری‌ها می‌باشد. لذا این پژوهش با هدف ارزیابی

مقاومت نسبی تعدادی از پایه‌های وحشی و اهلی پسته نسبت به بیماری گموز و شناسایی و معرفی پایه‌های مقاوم به منظور استفاده مستقیم از آن‌ها و یا به‌کارگیری آن‌ها در تلاقی با سایر پایه‌ها در برنامه‌های اصلاحی جهت ایجاد پایه‌هایی مقاوم، انجام شد.

مواد و روش‌ها

مواد گیاهی این آزمایش شامل ۲۹ ژنوتیپ از گونه‌ها و ارقام مختلف جنس پسته که تعداد ۲۴ عدد از آن مربوط به گونه ورا (ارقام و ژنوتیپ‌های اهلی) بود. همچنین گونه‌های آتلانتیکا، اینتگریما، بنه (زیرگونه موتیکا)، هیبرید بنه باغی و هیبرید UCB1 (حاصل از تلاقی گونه‌های آتلانتیکا و اینتگریما) نیز مربوط به گونه‌های وحشی بودند (جدول ۱). بذور ۲۸ ژنوتیپ فوق از کلکسیون بذری پژوهشکده پسته رفسنجان تهیه و در گلخانه کشت گردید. نهال‌های حاصل از کشت بافت هیبرید UCB1 از شرکت تولید نهال طوبی کرمان تهیه شد. این آزمایش در گلخانه دانشکده کشاورزی دانشگاه ولی‌عصر (عج) رفسنجان انجام شد.

جدول ۱. اسامی گونه‌ها، ژنوتیپ‌ها و ارقام پسته مورداستفاده در این مطالعه

ارقام (اهلی)	ارقام (اهلی)	ژنوتیپ‌های (اهلی)	گونه‌های (وحشی)
(۱) قزوینی	(۱۰) احمدآقایی	MT1 (۱۸)	UCB1 (۲۵)
(۲) جندقی	(۱۱) موسی‌آبادی	BK1 (۱۹)	(۲۶) بنه
(۳) سرخس	(۱۲) کله قوچی	BK6 (۲۰)	(۲۷) بنه باغی
(۴) اکبری	(۱۳) فندقی غفوری	BK7 (۲۱)	(۲۸) آتلانتیکا
(۵) ایتالیایی	(۱۴) سفیدپسته نوق	M4 (۲۲)	(۲۹) اینتگریما
(۶) راور ۱	(۱۵) بادامی زرند	M5 (۲۳)	
(۷) غلامرضایی	(۱۶) سیف‌الدینی	M7 (۲۴)	
(۸) ممتاز تاج‌آبادی	(۱۷) اوحدی		
(۹) خنجری دامغان			

تهیه مایه تلقیح بیمارگر

در این آزمایش از گونه قارچی *P. drechsleri* (بخش تحقیقات گیاه‌پزشکی پژوهشکده پسته کشور) که گونه غالب قارچ فیتوفترا در شهرستان رفسنجان می‌باشد (Saberi Riseh *et al.*, 2004)، استفاده شد. برای تهیه مایه تلقیح بیمارگر، در ابتدا ۶۰ گرم گندم در ارلن‌های ۲۵۰ میلی‌لیتری محتوی آب خیسانده شد و سپس آب اضافی را بیرون ریخته و ارلن‌های حاوی گندم در دو روز متوالی، هر بار به مدت ۳۰ دقیقه در دمای ۱۲۱°C و فشار یک اتمسفر سترون گردید. سپس چند قطعه میسلیومی از

پرگنه‌های جوان (سه روزه) کشت داده‌شده بر روی محیط CMA به هر ارلن افزوده و به مدت سه هفته در تاریکی و دمای ۲۵°C نگهداری شد. با رشد و تکثیر قارچ، مایه تلقیح بیماری آماده گردید (Banihashemi & Moradi, 2004).

آزمون بیماری‌زایی

به منظور اثبات بیماری‌زایی قارچ عامل بیماری، از نهال‌های دوماهه سرخس استفاده و مایه‌زنی نهال‌ها با افزودن پنج گرم مایه تلقیح بیمارگر به ازای هر کیلوگرم خاک در هر گلدان انجام شد. برای تیمار شاهد از گندم سترون و بدون عامل بیماری استفاده گردید. ظهور علائم و پیشرفت بیماری به مدت ۴۵ روز بررسی گردید. وجود قارچ در گیاهان مایه‌زنی شده با برداشت نمونه از قسمت‌های آلوده و کشت در محیط نیمه انتخابی اثبات شد.

کاشت بذور و مایه‌زنی نهال‌ها

بذور پایه‌های مورد نظر با روش ارائه‌شده توسط Moradi (۱۹۹۸) در گلدان‌های حاوی خاک استریل در گلخانه کشت گردید و آبیاری به‌صورت ملایم انجام شد. دمای گلخانه بین ۲۶ تا ۳۰ درجه سانتی‌گراد و با میانگین ۲۸ درجه بود. جهت مایه‌زنی نهال‌های دوماهه پسته با قارچ عامل بیماری، خاک سطحی گلدان‌ها کنار زده شد و مایه تلقیح قارچ در ناحیه اطراف طوقه نهال‌ها (پنج گرم به ازای هر کیلوگرم خاک گلدان) اضافه گردید و مجدداً با همان خاک پوشانده شد. جهت مایه‌زنی گیاهان شاهد نیز از گندم سترون استفاده شد. سپس گلدان‌ها به مدت ۲۴ ساعت غرقاب گردید. زهاب بعضی گلدان‌ها به منظور ردیابی بیمارگر، با استفاده از طعمه‌گذاری برگ مرکبات (Banihashemi, 2004) مورد استفاده قرار گرفت. همچنین جهت اطمینان از وجود قارچ عامل بیماری در گیاهان آلوده، بعضی از نهال‌های بیمار به‌طور تصادفی انتخاب و قسمتی از بافت آلوده آن‌ها پس از شستشو و خشک نمودن، به محیط کشت نیمه انتخابی منتقل شد و قارچ بیمارگر از آن‌ها جداسازی گردید. مایه‌زنی در دو نوبت در مدت‌زمان شش ماه انجام شد. بعد از مایه‌زنی، گلدان‌ها به‌طور روزانه مورد بازدید قرار گرفت و ظهور و پیشرفت بیماری به صورت زردی، پژمردگی و خشکیدگی برگ‌ها و مرگ‌ومیر نهال‌ها یادداشت گردید.

برای ارزیابی پارامترهای رشدی و شاخص‌های مرتبط با بیماری، نهال‌ها پس از شش ماه از خاک خارج و ریشه‌ها با آب شستشو و اندام هوایی نهال‌ها در محل طوقه از ریشه‌ها جدا گردید. پارامترهای رشدی (طول ساقه، وزن خشک ساقه و ریشه) و شاخص‌های مرتبط با بیماری (درصد پیشرفت عرضی بیماری، شدت بیماری و مرگ‌ومیر) که نشان‌دهنده میزان آسیب وارده به گیاه و مقاومت به بیماری می‌باشند، به شرح زیر مورد ارزیابی قرار گرفت: طول ساقه با خط‌کش (از محل طوقه) اندازه‌گیری

شد، ساقه و ریشه‌ها به مدت ۲۴ ساعت در آون با دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شده و سپس وزن خشک آن‌ها با استفاده از ترازوی حساس، توزین گردید. درصد مرگ‌ومیر از طریق شمارش نهال‌های خشک و تقسیم نمودن آن بر تعداد کل نهال‌ها محاسبه شد. درصد پیشرفت عرضی بیماری (Girdling) که درواقع میزان گسترش جانبی زخم ناشی از پوسیدگی پیرامون طوقه است، به‌صورت چشمی برآورد شد. محاسبه شدت بیماری (Disease Severity) با تغییرات جزئی در شاخص شش‌درجه‌ای (۵-۰) (You & Barbetti, 2017) که فرم بهبودیافته شاخص ارائه‌شده به‌وسیله Wong *et al.* (۱۹۸۴) می‌باشد، به این شرح انجام شد: ۰- گیاه سالم (فاقد پوسیدگی و بدون علائم)، ۱- آلودگی محدود طوقه (کمتر از ۲۵ درصد پوسیدگی)، ۲- آلودگی متوسط طوقه (۲۵-۴۹ درصد پوسیدگی)، ۳- آلودگی شدید طوقه (۷۴-۵۰ درصد پوسیدگی)، ۴- آلودگی طوقه و گسترش آن تا ریشه (بیشتر از ۷۵ درصد پوسیدگی)، ۵- گیاه خشک. سپس نمره‌های حاصل در فرمول زیر قرار گرفت و شدت بیماری محاسبه گردید.

$$PDI = ([\sum(R \times N)] / H \times T) \times 100$$

در این فرمول R: نمره مربوطه، N: تعداد گیاهان دارای یک نمره، H: بالاترین نمره بیماری و T برابر با تعداد کل گیاهان ارزیابی‌شده می‌باشند (Mckinney, 1923).

این آزمایش به صورت فاکتوریل با دو فاکتور پایه (۲۹ سطح) و بیماری (دو سطح شاهد و تنش) و در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار انجام شد. ازآن‌جا که در سطح شاهد هیچ‌گونه آلودگی رخ نداد، لذا شاخص‌های درصد مرگ‌ومیر، درصد پیشرفت عرضی بیماری و شدت بیماری فقط برای سطح تنش محاسبه شد و داده‌های حاصل به‌صورت کاملاً تصادفی تجزیه گردید. تجزیه‌وتحلیل آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزارهای MSTATC و SPSS انجام شد. تبدیل داده‌های درصدی با فرمول $\text{arc Sin}\sqrt{x}$ و مقایسات میانگین با استفاده از آزمون دانکن در سطح پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

اولین علائم بیماری پنج روز بعد از مایه‌زنی نهال‌ها با رنگ‌پریدگی حاشیه برگ‌ها در پایه سرخس مشاهده شد و در روزهای بعد این علائم به همراه زردی، پژمردگی و خشکیدگی برگ‌ها، نهال‌ها ، در برخی موارد سبزخشکیدگی ناگهانی و گاهی تراوش صمغ در قسمت طوقه نیز در سایر پایه‌ها مشاهده گردید. تعدادی از نهال‌ها نیز به صورت تدریجی خشک شدند. کمترین و بیشرین میزان پوسیدگی و بروز علائم بیماری به ترتیب در پایه‌های آتلانتیکا و سرخس مشاهده گردید، که بیانگر مقاومت بالاتر پایه آتلانتیکا و حساسیت بیشتر پایه سرخس نسبت به بقیه پایه‌های مورد مطالعه است. در سایر پایه‌ها نیز

میزان متفاوتی از میزان پوسیدگی و علائم بیماری مشاهده گردید، که ناشی از وجود تنوع ژنتیکی بین آن‌ها بود. بروز واکنش‌های متفاوت در بین پایه‌های موردنظر به صورت طیفی از حساس تا مقاوم در مقابل بیماری گموز می‌تواند مربوط به نقش ژن‌های کوچک اثر در کنترل ژنتیکی این صفت باشد. این ژن‌ها باعث ایجاد مقاومت نسبی (افقی) در گیاهان شده که منجر به کاهش روند توسعه و پیشرفت بیماری در برخی ارقام در مقایسه با ارقام فاقد آن می‌گردد. تجزیه آماری داده‌های مربوط به شاخص‌های درصد پیشرفت عرضی بیماری، شدت بیماری و مرگ‌ومیر، حاکی از وجود تفاوت معنی‌دار این شاخص‌ها در بین پایه‌های مورد مطالعه بود (جدول ۲).

جدول۲. تجزیه واریانس صفات مرتبط با بیماری در سطح تنش بیماری در پایه‌های پسته به‌صورت کاملاً تصادفی

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات		
		پیشرفت عرضی بیماری	شدت بیماری	درصد مرگ‌ومیر
پایه	۲۸	۰/۰۹**	۰/۱**	۳۸/۴۴**
خطای آزمایشی	۵۸	۰/۰۰۸	۰/۰۰۴	۳/۳۶
ضریب تغییرات (٪)		۹/۹	۶/۶۸	۱۲/۶

**، معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد

مقایسه میانگین شاخص‌های درصد پیشرفت عرضی بیماری، شدت بیماری و مرگ‌ومیر نشان داد که بیشترین مقادیر این شاخص‌ها مربوط به پایه سرخس بود و از این نظر در مقایسه با سایر پایه‌ها از نظر آماری تفاوت معنی‌داری داشت (جدول ۳). این نتیجه بیان‌گر حساسیت بالای این رقم به بیماری گموز است و با نتایج سایر مطالعات منطبق می‌باشد (Banihashemi, 1998., Banihashemi & Moradi, 2004., Moradi, 1998., میرسلیمانی و همکاران،۱۳۹۲). همچنین میزان مرگ‌ومیر در پایه‌های سفیدپسته نوق، خنجری دامغان، موسی‌آبادی، ممتاز تاج‌آبادی و M4 نسبت به بقیه پایه‌ها بالاتر بود، که نشان‌دهنده حساسیت بیشتر این پایه‌ها نسبت به سایر پایه‌هاست. برخی محققین درصد مرگ‌ومیر نهال‌ها را در آزمایش‌های گلخانه‌ای به عنوان شاخص مقاومت به بیماری فیتوفترا معرفی نموده‌اند (Banihashemi & Moradi, 2004., McIntosh, 1968)، اما در این تحقیق میزان مرگ‌ومیر بعضی پایه‌ها، اندک و در برخی موارد صفر بود. چنین نتیجه‌ای در گیاهان دیگر نیز به علت وجود مقاومت نسبی بعضی پایه‌ها در برابر فیتوفترا، گزارش گردیده است (دستجردی و دامیار، ۱۳۸۹. Browne *et al.*, 1995). لذا به منظور مقایسه دقیق‌تر پایه‌های پسته در این مطالعه، شاخص‌های درصد پیشرفت عرضی بیماری پیرامون طوقه نهال‌ها و شدت

بیماری نیز محاسبه گردید و از آن‌ها به‌عنوان معیاری تکمیلی جهت ارزیابی مقاومت پایه‌های مورد نظر به بیماری گموز استفاده شد؛ بنابراین پایه‌هایی که میزان مرگ‌ومیر مساوی داشتند و با توجه به این معیار، دارای سطوح یکسانی از مقاومت به بیماری بودند، بر اساس شاخص‌های درصد پیشرفت عرضی بیماری و شدت بیماری از یکدیگر تفکیک شده و درجات مختلفی از مقاومت را نشان داده و در گروه‌های مختلفی قرار گرفتند (جدول ۳).

جدول۳. مقایسه میانگین درصد حلقه‌برداری طوقه، شدت بیماری و مرگ‌ومیر پایه‌های پسته در سطح تنش بیماری

پایه	پیشرفت عرضی بیماری	پیشرفت عرضی بیماری (٪)*	شدت بیماری	شدت بیماری (٪)*	مرگ‌ومیر	مرگ‌ومیر (٪)*
قزوینی	۰/۹۲۱$^{b-h}$	۶۳	۰/۸۶۶^{ef}	۵۸	۰/۷۰۷^{c}	۰
جندقی	۰/۹۹۴$^{b-e}$	۷۰	۱/۱۰۴^{bc}	۸۰	۱/۱۱۳^{abc}	۲۲/۲۲
سرخس	۱/۳۸۸^{a}	۹۵	۱/۲۴۳^{a}	۹۰	۷/۴۰۲^{a}	۵۵/۵۵
اکبری	۱/۰۴۸^{bc}	۷۵	۰/۹۹۵^{cd}	۷۰	۲/۴۱۲^{bc}	۱۱/۱۱
ایتالیایی	۰/۸۰۲^{fgh}	۵۲	۰/۸۲۲^{ef}	۵۵	۰/۷۰۷^{c}	۰
راور (۱)	۰/۹۴۳$^{b-g}$	۶۶	۰/۸۸۲^{def}	۶۰	۲/۴۱۲^{bc}	۱۱/۱۱
غلامرضایی	۰/۸۸۷$^{c-h}$	۶۰	۰/۸۲۲^{ef}	۵۵	۰/۷۰۷^{c}	۰
ممتاز تاج‌آبادی	۰/۹۴۸$^{b-g}$	۶۷	۱/۰۴۸^{bc}	۷۵	۵/۸۱۶^{ab}	۳۳/۳۳
خنجری دامغان	۰/۹۳۸$^{b-g}$	۶۵	۱/۰۷۹^{bc}	۷۸	۵/۸۱۶^{ab}	۳۳/۳۳
احمدآقایی	۰/۹۴۸$^{b-g}$	۶۷	۰/۸۸۲^{def}	۶۰	۰/۷۰۷^{c}	۰
موسی‌آبادی	۰/۸۸۷$^{c-h}$	۶۰	۰/۹۹۲^{cd}	۷۰	۵/۸۱۶^{ab}	۳۳/۳۳
کله قوچی	۰/۹۰۶$^{c-h}$	۶۲	۰/۷۶۸^{fgh}	۴۸	۰/۷۰۷^{c}	۰
فندقی غفوری	۰/۹۳۸$^{b-g}$	۶۵	۰/۹۹۲^{cd}	۷۰	۲/۴۱۲^{bc}	۱۱/۱۱
سفیدپسته نوق	۰/۹۹۴$^{b-e}$	۷۰	۱/۱۹۸^{ab}	۸۵	۵/۸۱۶^{ab}	۳۳/۳۳
بادامی زرند	۰/۸۵۲$^{d-h}$	۵۷	۰/۸۸۲^{def}	۶۰	۲/۴۱۲^{bc}	۱۱/۱۱
سیف‌الدینی	۱/۰۳۱^{bcd}	۷۳	۰/۹۹۲^{cd}	۷۰	۲/۴۱۲^{bc}	۱۱/۱۱
اوحدی	۰/۸۳۵$^{e-h}$	۵۵	۰/۸۵۴^{ef}	۵۷	۲/۴۱۲^{bc}	۱۱/۱۱
MT1	۰/۹۹۴$^{b-e}$	۷۰	۰/۹۹۲^{cd}	۷۰	۱/۱۱۳^{abc}	۲۲/۲۲
BK1	۱/۰۵۳^{bc}	۷۵	۰/۷۷۵$^{e-h}$	۴۹	۰/۷۰۷^{c}	۰
BK6	۱/۰۹۰^{b}	۷۸	۰/۹۹۲^{cd}	۷۰	۱/۱۱۳^{abc}	۲۲/۲۲
BK7	۰/۹۰۴$^{c-h}$	۶۱	۰/۹۹۲^{cd}	۷۰	۱/۱۱۳^{abc}	۲۲/۲۲
M4	۰/۹۷۴$^{b-f}$	۶۸	۱/۰۴۸^{bc}	۷۵	۵/۸۱۶^{ab}	۳۳/۳۳
M5	۰/۷۵۱^{hi}	۴۷	۰/۶۸۴^{ghi}	۴۰	۰/۷۰۷^{c}	۰
M7	۰/۹۹۴$^{b-e}$	۷۰	۰/۸۸۲^{def}	۶۰	۲/۴۱۲^{bc}	۱۱/۱۱
UCB1	۰/۵۴۰^{ij}	۲۷	۰/۶۶۴^{hi}	۳۸	۲/۴۱۲^{bc}	۱۱/۱۱
بنه	۰/۷۵۸^{gh}	۵۰	۰/۷۴۰$^{f-i}$	۴۶	۰/۷۰۷^{c}	۰
بنه باغی	۰/۹۲۱$^{b-h}$	۶۳	۰/۷۸۵^{efg}	۵۰	۰/۷۰۷^{c}	۰
آتلانتیکا	۰/۴۶۱^{j}	۲۰	۰/۴۱۹^{j}	۱۷	۰/۷۰۷^{c}	۰
اینتگریما	۰/۶۱۳^{ij}	۳۳	۰/۶۳۲^{i}	۳۵	۰/۷۰۷^{c}	۰
LSD 5%	۰/۱۴۶		۰/۱۰۳		۰/۱۲۶	

میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند از نظر آماری تفاوت معنی‌داری ندارند. (*: مقدار واقعی صفت)

پارامترهای رشدی تحت تأثیر پایه و سطوح بیماری و اثر متقابل آن‌ها قرار گرفتند. نتایج تجزیه واریانس مربوط به این پارامترها، حاکی از وجود تفاوت معنی‌دار بین آن‌ها در سطح شاهد و تنش بیماری بود. اثر پایه و تنش بیماری روی صفات طول ساقه، وزن خشک ساقه و ریشه در سطح یک درصد معنی‌دار شد، اثر متقابل پایه در تنش نیز روی صفات طول و وزن خشک ساقه در سطح یک درصد و روی صفت وزن خشک ریشه در سطح پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۴).

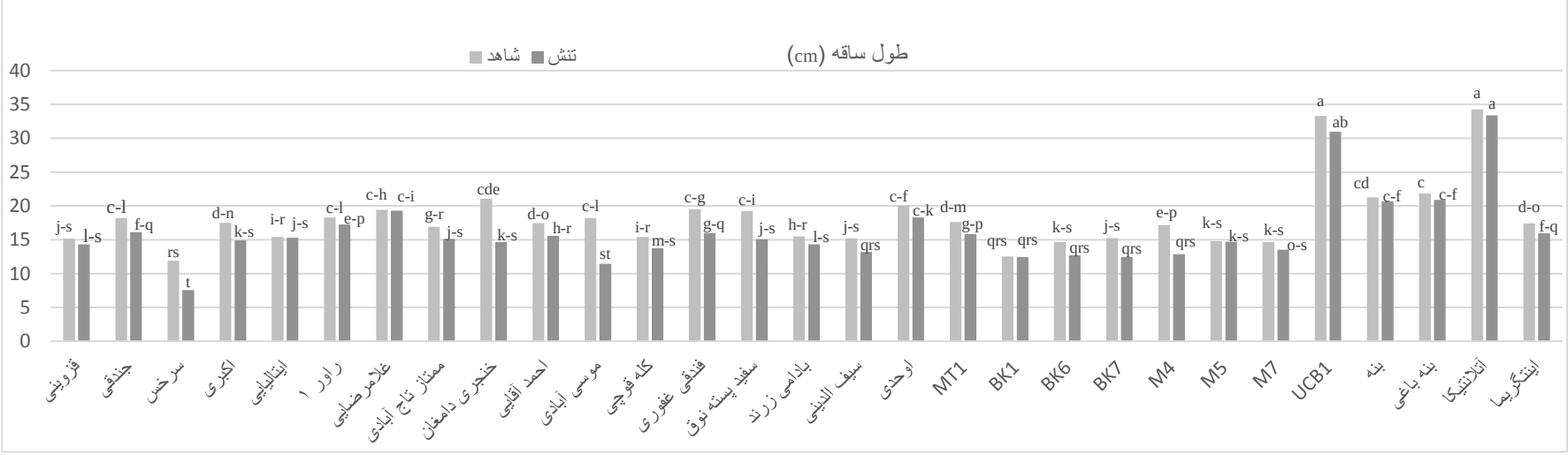
جدول ۴. تجزیه واریانس پارامترهای رشدی در پایه‌های پسته به‌صورت فاکتوریل

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات		
		طول ساقه	وزن خشک ساقه	وزن خشک ریشه
پایه	۲۸	۱۰۲/۹۱**	۰/۹۵**	۰/۴۲**
تنش بیماری	۱	۳۲۷/۴۹**	۱/۱۷**	۰/۶۷**
پایه × بیماری	۲۸	۱۲/۱۵**	۰/۱۵**	۰/۰۲۲ *
خطا	۱۱۶	۵/۹۲	۰/۰۳۳	۰/۰۱۲
ضریب تغییرات (٪)		۱۴/۵۶	۲۳/۹۳	۱۵/۹۷

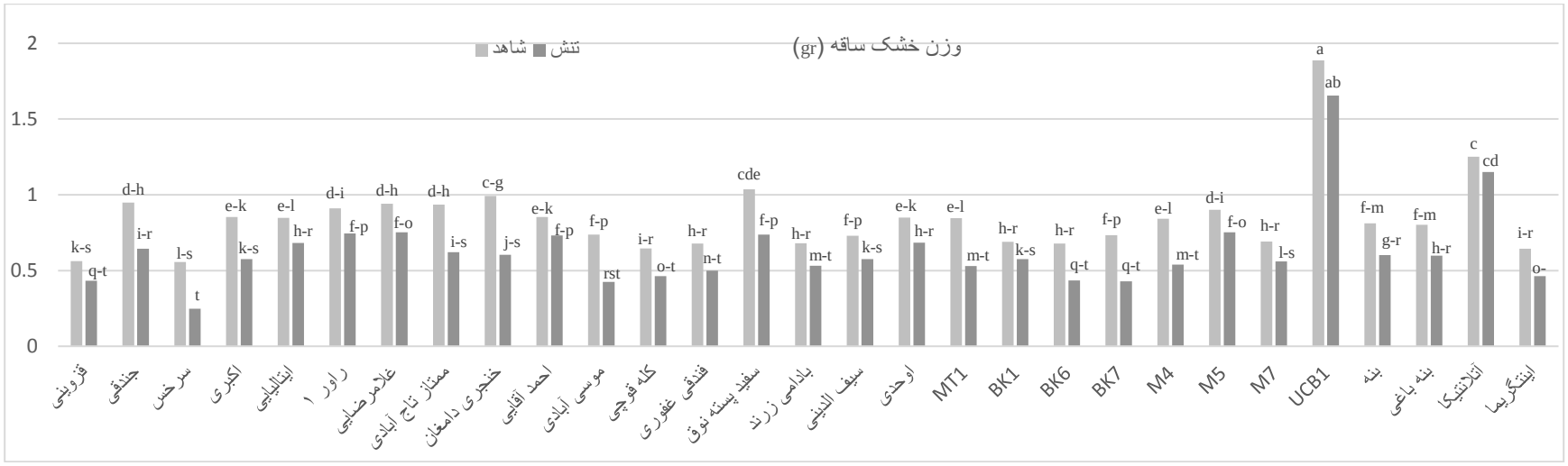
* و**، به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

مقایسه میانگین‌های مربوط به اثرات متقابل پایه در سطوح تنش بیماری برای صفت طول ساقه نشان داد که این صفت تحت تأثیر تغییرات توأم فاکتورهای پایه و تنش بیماری قرار گرفت. اگرچه طول ساقه در بین پایه‌های مختلف، متغیر بود، اما تنش بیماری باعث کاهش آن در پایه‌های موردنظر گردید که پایه‌های سرخس، سفید پسته نوق، خنجری دامغان، موسی‌آبادی و M4 دارای تفاوت معنی‌داری در سطح شاهد با تنش بیماری بودند. پایه‌های ایتالیایی، غلامرضایی، BK1 و M5 نیز کمترین میزان کاهش طول را در سطح تنش نسبت به سطح شاهد داشتند. حداکثر طول ساقه مربوط به آتلانتیکا و UCB1 در سطح شاهد و حداقل مقدار آن نیز مربوط به سرخس در سطح تنش بیماری بود. مقایسه پایه‌های موردنظر از لحاظ کاهش وزن خشک ساقه در اثر تنش بیماری، نشان داد که کاهش این صفت در تعدادی از پایه‌ها از جمله سرخس، سفیدپسته نوق، ممتاز تاج‌آبادی، خنجری دامغان، موسی‌آبادی و M4 معنی‌دار بود. کمترین میزان کاهش نیز مربوط به آتلانتیکا، احمدآقایی و BK1 بود. حداکثر مقدار این صفت مربوط به UCB1 در سطوح شاهد و تنش و حداقل مقدار نیز مربوط به سرخس در سطح تنش بیماری بود. همچنین مقایسه میانگین‌های اثرات متقابل پایه در سطوح تنش بیماری برای صفت وزن

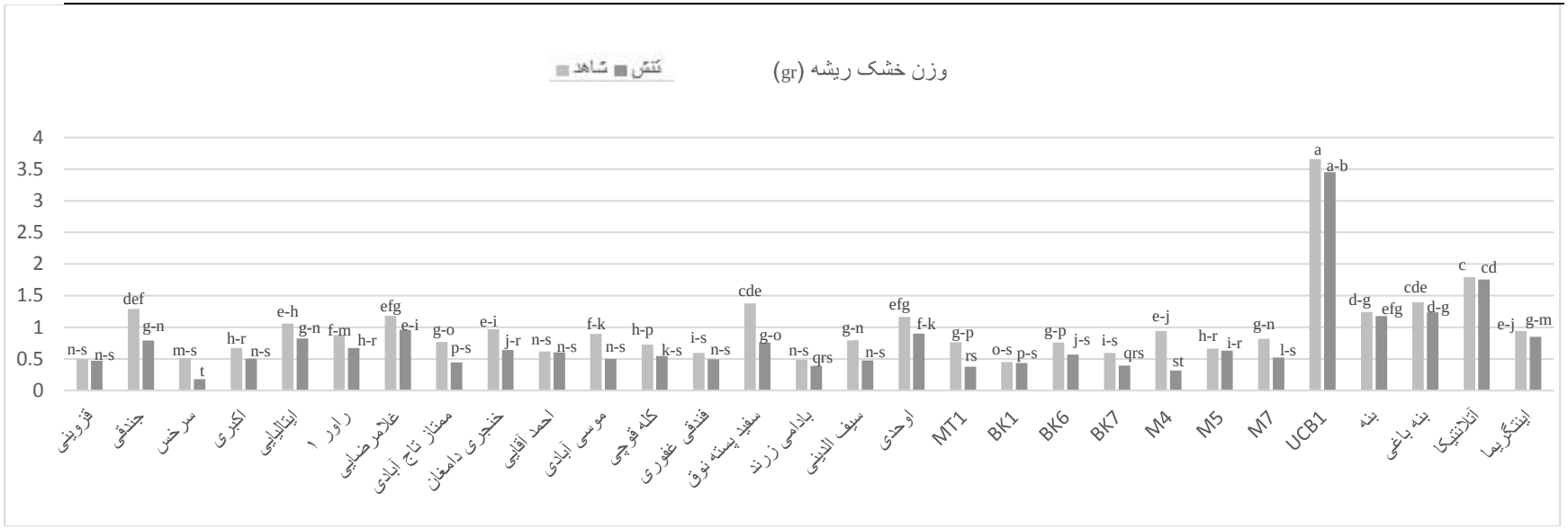
خشک ریشه نیز نشان داد که پایه‌های جندقی، سرخس، سفیدپسته نوق، ممتاز تاج‌آبادی، خنجری دامغان، موسی‌آبادی و M4 تفاوت معنی‌داری در سطح تنش نسبت به شاهد داشتند. پایه‌های قزوینی، احمدآقایی، آتلانتیکا، BK1 و M5 نیز کمترین کاهش وزن ریشه را در اثر تنش بیماری داشتند. حداکثر میزان وزن خشک ریشه مربوط به UCB1 در سطوح شاهد و تنش و حداقل مقدار نیز مربوط به سرخس در سطح تنش بیماری بود (شکل‌های ۱ تا ۳).



شکل ۱. مقایسه میانگین اثرات متقابل پایه در سطوح تنش بیماری برای صفت طول ساقه



شکل۲. مقایسه میانگین اثرات متقابل پایه در سطوح تنش بیماری برای صفت وزن خشک ساقه



شکل ۳. مقایسه میانگین اثرات متقابل پایه در سطوح تنش بیماری برای صفت وزن خشک ریشه

به منظور ارزیابی ارتباط بین پارامترهای رشدی و صفات مرتبط با بیماری، تجزیه همبستگی بین صفات مذکور انجام شد و نتایج حاکی از وجود روابط مثبت و منفی معنی‌دار در بین آن‌ها بود. بین ارتفاع ساقه، وزن خشک ساقه و ریشه رابطه مثبت معنی‌دار در سطح یک درصد وجود داشت. همچنین بین شاخص‌های درصد پیشرفت عرضی بیماری، شدت بیماری و مرگ‌ومیر نیز رابطه مثبت معنی‌دار در سطح یک درصد وجود داشت، یعنی با افزایش درصد پیشرفت عرضی بیماری، شدت بیماری و میزان مرگ‌ومیر نیز افزایش می‌یابد. از طرف دیگر نیز رابطه منفی در سطح یک درصد بین پیشرفت عرضی بیماری و شدت بیماری با ارتفاع ساقه، وزن خشک ساقه و ریشه مشاهده شد، بنابراین افزایش درصد پیشرفت عرضی بیماری و شدت بیماری، تأثیر منفی روی پارامترهای رشدی گذاشته و باعث کاهش این صفات گردید (جدول ۵).

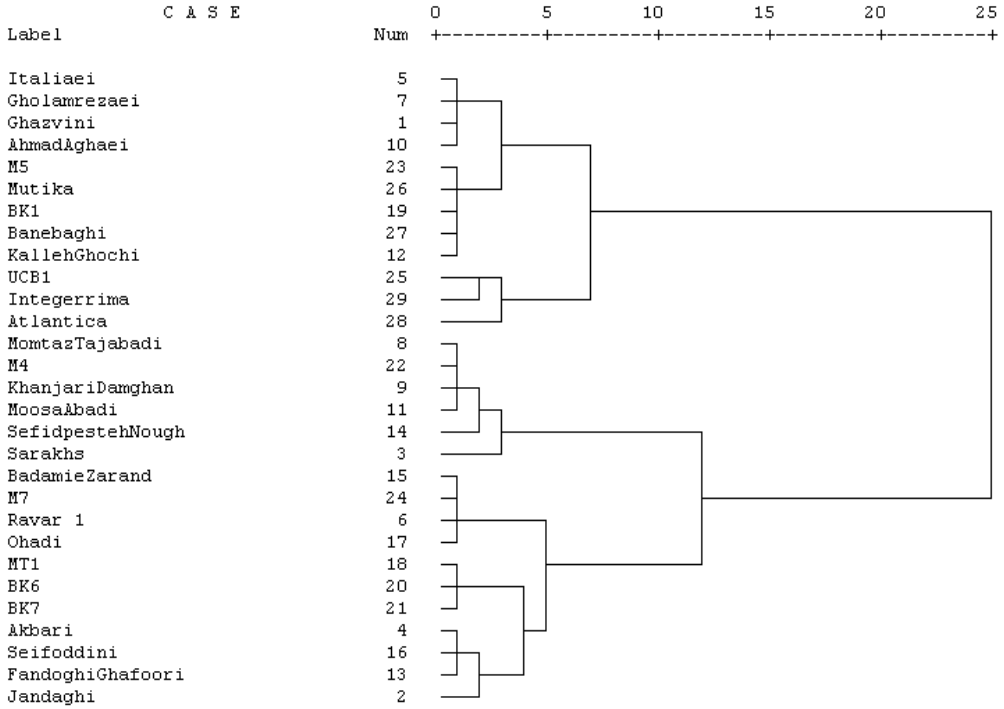
جدول ۵. ضرایب همبستگی بین صفات مرتبط با بیماری و پارامترهای رشدی در گونه‌های پسته

صفات	درصدپیشرفت عرضی بیماری	درصد شدت بیماری	درصد مرگ‌ومیر	طول ساقه	وزن خشک ساقه	وزن خشک ریشه
درصد پیشرفت عرضی	۱					
درصد شدت بیماری	۰/۸۲**	۱				
درصد مرگ‌ومیر	۰/۵۲**	۰/۸۱**	۱			
طول ساقه	-۰/۷۹**	-۰/۶۹**	-۰/۴۳*	۱		
وزن خشک ساقه	-۰/۶۷**	-۰/۵۲**	-۰/۲۸ ns	۰/۸۴**	۱	
وزن خشک ریشه	-۰/۷۱**	-۰/۵۶**	-۰/۲۹ ns	۰/۸۶**	۰/۹۰**	۱

ns، * و ** به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌داری در سطح احتمال پنج و یک درصد

جهت گروه‌بندی پایه‌های پسته از نظر مقاومت به بیماری گموز، تجزیه خوشه‌ای به روش Ward و بر اساس میانگین‌های استانداردشده صفات موردنظر، انجام شد. این تجزیه تنوع قابل‌ملاحظه‌ای را از نظر مقاومت به بیماری در بین پایه‌های موردبررسی نشان داد و در فاصله ۵ از نمودار درختی، پایه‌ها را به چهار گروه مقاوم، نیمه مقاوم، نیمه حساس و حساس تقسیم نمود. طبق نتایج این تجزیه، در یکی از شاخه‌های نمودار درختی، پایه‌هایی قرار گرفتند که دارای کمترین درصد حلقه‌برداری طوقه، شدت بیماری و مرگ‌ومیر بودند و به عنوان گروه مقاوم شناخته شدند. میزان کاهش پارامترهای رشدی در سطح تنش بیماری نسبت به سطح شاهد در این گروه، پایین بود. آتلانتیکا به عنوان مقاوم‌ترین پایه به تنهایی در یک خوشه از این شاخه قرار گرفت. در خوشه دیگر این شاخه نیز پایه‌های اینتگریما و UCB1 قرار گرفتند. در شاخه بعدی از نمودار درختی نیز به عنوان گروه نیمه‌مقاوم، پایه‌های

بنه، بنه باغی، کله قوچی، قزوینی، غلامرضایی، ایتالیایی، احمدآقایی، M5 و BK1 با درجات مختلفی از مقاومت به بیماری، قرار گرفتند. Banihashemi & Gheisi (۱۹۹۵) نیز گونه‌های آتلانتیکا و بنه را از نظر مقاومت به بیماری گموز به ترتیب مقاوم و نیمه‌مقاوم معرفی نموده‌اند. شاخه سوم نمودار درختی شامل حساس‌ترین پایه‌ها در برابر بیماری گموز بود و به عنوان گروه حساس در نظر گرفته شد که دارای بیشترین درصد پیشرفت عرضی بیماری، شدت بیماری و مرگ‌ومیر بودند. پایه‌های این گروه دارای میزان بالایی از کاهش پارامترهای رشدی در سطح تنش بیماری نسبت به شاهد بودند. سرخس به عنوان حساس‌ترین پایه به تنهایی در یک خوشه از شاخه سوم قرار گرفت و در خوشه دیگر این شاخه نیز پایه‌های سفیدپسته نوق، موسی‌آبادی، خنجری دامغان، ممتاز تاج‌آبادی و M4 قرار گرفتند که در بین آن‌ها سفیدپسته نوق به علت حساسیت بالاتر، از بقیه پایه‌ها متمایز بود. دشتی و همکاران (۱۴۰۰) نیز سفیدپسته نوق را به عنوان پایه حساس به بیماری گموز معرفی نموده‌اند. پایه‌های جندقی، بادامی زرند، اکبری، اوحدی، فندقی غفوری، سیف‌الدینی، راور-۱، MT1، M7، BK6 وBK7 نیز با درجات مختلف حساسیت در شاخه چهارم به عنوان گروه نیمه حساس قرار گرفتند (شکل ۴).



شکل ۴. گروه‌بندی پایه‌های پسته از نظر مقاومت به بیماری گموز بر اساس میانگین صفات اندازه‌گیری‌شده

بر اساس نتایج مقایسات میانگین صفات موردبررسی و تجزیه خوشه‌ای پایه‌های پسته در این مطالعه، پایه آتلانتیکا نسبت به سایر پایه‌ها مقاومت بالاتری به بیماری نشان داد که با نتایج سایر مطالعاتی که این پایه را مقاوم‌ترین پایه به بیماری گموز در جنس پسته معرفی کرده‌اند، مطابقت دارد (Banihashemi, 1989., Banihashemi, 1998., Moradi, 1998). همچنین نتایج پژوهشی نشان داد که در بین پایه‌های آتلانتیکا، اینتگریما و UCB1، آتلانتیکا دارای بیشترین میزان تحمل به شوری می‌باشد (Ferguson et al., 2005)؛ بنابراین آتلانتیکا پایه مناسبی برای پسته در مناطقی با خاک شور و آلوده به قارچ فیتوفترا می‌باشد. بعد از آتلانتیکا، پایه‌های اینتگریما و UCB1 نیز درجات بالایی از مقاومت به بیماری گموز را در این مطالعه نشان دادند. Banihashemi (۱۹۹۸) نیز پایه UCB1 را به همراه آتلانتیکا مقاوم به گموز معرفی کرده است، اما نتایج مطالعه‌ای در کالیفرنیا حاکی از آلوده شدن این پایه به وسیله تعدادی از گونه‌های فیتوفترا می‌باشد (Nouri et al., 2017). پایه آتلانتیکا به بیماری قارچی ورتیسیلیوم حساس است، اما به سرما مقاوم می‌باشد. پایه UCB1 پر رشد بوده و برخلاف آتلانتیکا به ورتیسیلیوم مقاوم است. این دو پایه دارای ریشه افشان هستند و لذا در مناطق کم‌آب تحت تنش خشکی قرار خواهند گرفت که با آبیاری قطره‌ای می‌توان این مشکل را رفع نمود. آتلانتیکا برای باغ‌هایی که آلودگی ورتیسیلیومی نداشته باشند مناسب است، اما در صورت آلودگی خاک به این قارچ، پایه UCB1 ترجیح داده می‌شود (Banihashemi, 1998). اینتگریما قدرت رشد بالاتری نسبت به آتلانتیکا دارد و به بیماری ورتیسیلیوم نیز مقاوم می‌باشد و لذا باعث برتری در استفاده از این گونه و هیبریدهای آن به عنوان پایه برای پسته خواهد بود (کریمی، ۱۳۸۹). اگرچه در این مطالعه چند گونه وحشی فوق از سایر پایه‌ها مقاوم‌تر بودند، اما تعدادی از پایه‌های اهلی مانند کله قوچی، M5 و BK1 نیز دارای سطوح مناسبی از مقاومت به بیماری بودند و در گروه نیمه مقاوم قرار گرفتند. اهمیت این موضوع در این است که پیوند ارقام اهلی بر روی پایه‌های وحشی، ممکن است مشکلاتی از قبیل ناسازگاری موضعی در محل پیوند و کاهش عملکرد را در پی داشته باشد، لذا در صورت وجود ارقام اهلی که دارای مقاومت نسبی بالایی به بیماری باشند، می‌توان از آن‌ها به عنوان پایه برای ارقام تجاری استفاده نمود. در مطالعات قبلی نیز ارقام بادامی زرند و قزوینی در بین پایه‌های اهلی به عنوان پایه‌های مقاوم به بیماری گموز معرفی شده‌اند (Banihashemi, 1998., Moradi, 1998). البته نتایج ارائه‌شده متناقض می‌باشد، زیرا نتایج مطالعه Banihashemi (۱۹۹۸) نشان داد که پایه بادامی زرند مقاومت بالایی به گونه‌های فیتوفترا داشته و پایه

قزوینی نیمه‌حساس بوده، اما Moradi (۱۹۹۸) نتیجه گرفت که پایه قزوینی دارای مقاومت نسبی بیشتری نسبت به پایه بادامی زرند می‌باشد. در مطالعه حاضر، پایه قزوینی نیمه مقاوم و پایه بادامی زرند نیمه‌حساس بودند. از آن‌جا که پسته گیاهی دوپایه با گرده‌افشانی آزاد است، در بین بذور هر رقم تنوع ژنتیکی وجود دارد. حتی بذور درون یک خوشه نیز از لحاظ ژنتیکی متفاوت می‌باشند و نهال‌های متنوع و غیریکنواختی تولید می‌کنند که در برخی صفات تفاوت دارند. این تنوع ممکن است در مطالعات مقاومت پایه‌ها به تنش‌های محیطی تأثیرگذار باشد، در نتیجه امکان ارائه نتایج متفاوت و متناقض وجود خواهد داشت. البته شرایط محیطی متفاوت در تحقیقات مختلف نیز می‌تواند روی نتایج تأثیرگذار باشد.

نتیجه‌گیری کلی

ارزیابی مقاومت نسبی تعدادی از پایه‌های مختلف جنس پسته به بیماری گموز نشان داد که آتلانتیکا نسبت به سایر پایه‌ها مقاوم‌تر بود و با کمترین میزان آلودگی در مقایسه با دیگر پایه‌ها از نظر آماری تفاوت معنی‌داری داشت. پایه‌ها ی اینتگریما و UCB1 نیز مقاومت بالایی به بیماری نشان دادند. پایه‌هایی مانند کله قوچی، M5 و BK1 نیز دارای سطوح مناسبی از مقاومت به بیماری بودند و در کنار پایه‌هایی مانند قزوینی و غلامرضایی با سطوح پایین‌تر از مقاومت، در برابر بیماری نیمه‌مقاوم بودند. بیشترین نرخ توسعه و گسترش بیماری نیز مربوط به سرخس بود که به عنوان حساس‌ترین پایه در جنس پسته معرفی شده است. تعدادی از پایه‌ها مانند اکبری، اوحدی و فندقی غفوری نیز با درجات مختلفی از حساسیت، در برابر بیماری نیمه‌حساس بودند. بررسی مقاومت نسبی در پایه‌های مختلف جنس پسته در مطالعه حاضر حاکی از آن بود که اکثر پایه‌هایی که به صورت رایج برای ارقام تجاری مورد استفاده قرار می‌گیرند، به بیماری گموز حساسیت داشتند، البته تعدادی نیز دارای مقاومت نسبی به این بیماری بودند؛ بنابراین جهت تداوم برنامه‌های اصلاحی، باید ژن‌های مقاومت به بیماری مذکور شناسایی شوند تا بتوان از آن‌ها جهت ایجاد و معرفی پایه‌های مقاوم از طریق تلاقی یا روش‌های زیست‌فناوری استفاده نمود. البته باید مقاومت پایه‌ها به سایر بیماری‌های خاک‌زی و همچنین تنش‌های خشکی و شوری نیز مدنظر قرار گیرد. با توجه به اینکه تنش‌های زیستی و غیرزیستی متفاوتی در مناطق مختلف پسته‌کاری کشور اتفاق می‌افتد، لذا با توجه به اینکه در هر منطقه چه اهدافی اصلاحی مدنظر است، باید در برنامه‌های اصلاحی پایه‌ها، تمام جوانب در نظر گرفته شده و انتخاب، ایجاد و معرفی پایه مقاوم متناسب با هر منطقه صورت پذیرفته و از آن‌ها در کنار سایر روش‌ها، جهت مدیریت بیماری استفاده نمود.

سپاسگزاری

از معاونت محترم پژوهشی دانشگاه محقق اردبیلی و دانشکده کشاورزی دانشگاه ولی‌عصر (عج) رفسنجان و پژوهشکده پسته رفسنجان جهت همکاری در اجرای این پژوهش سپاسگزاری می‌شود.

منابع

۱. اشکان،م، ابوسعیدی، د، و ض، بنی‌هاشمی. (۱۳۷۴). بررسی پراکندگی گونه‌های *Phytophthora* عامل پوسیدگی طوقه و ریشه درختان پسته در رفسنجان. *بیماری‌های گیاهی*. ۳۲: ۱۳۳.

۲. ارشاد، ج. (۱۳۷۴). قارچ‌های ایران. سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی.۸۷۴ صفحه.

۳. تاج‌آبادی پور، ع، و مرادی، م. (۱۳۸۳). گزارش نهایی طرح بررسی امکان تولید پایه‌های هیبرید مقاوم به بیماری فیتوفترا و نماتد مولد غده‌ریشه پسته. موسسه تحقیقات پسته کشور. رفسنجان. ۲۲ صفحه.

۴. دستجردی، ر، و دامیار، س. (۱۳۸۹). ارزیابی مقاومت نسبی یازده پایه سیب به پوسیدگی طوقه ناشی از قارچ *Phytophthora cactorum*. *مجله به‌نژادی نهال و بذر*. ۳: ۳۱۱-۲۹۷.

۵. دشتی، ح، خدادادی، ش، صابری ریسه، ر، ملک‌زاده، خ، و تاج‌آبادی پور، ع. (۱۴۰۰). تنوع ژنتیکی ارقام و ژنوتیپ‌های پسته از نظر مقاومت به بیماری پوسیدگی طوقه و ریشه (*Phytophthora drechsleri*) و ارتباط آن با مارکرهای مولکولی SCoT. *مجله ژنتیک نوین*. *۱۶*(۳): ۲۳۵-۲۴۸.

۶. طایفه علی اکبرخانی، س، طلایی، ع، و فتاحی مقدم، م. (۱۳۹۲). مطالعه تنوع ژنتیکی برخی ژنوتیپ‌های پسته خراسان با نشانگرهای مولکولی. *مجله ژنتیک نوین*، *۸* (۲): ۱۶۹-۱۷۶.

۷. کریمی، ح.ر. (۱۳۸۹). فیلوژنی گونه‌های جنس پسته. نشر پلک، تهران.

۸. میرسلیمانی، ز، مستوفی‌زاده قلمفرسا، ر، محمدی، اح، جواهری، م، و بنی‌هاشمی، ض. (۱۳۹۲). واکنش ارقام پسته به *Phytophthora pistaciae* و اثر دما بر بیماری‌زایی آن. *بیماری‌های گیاهی*. جلد ۴۹. ۲۹۶-۲۷۹.

9. Banihashemi, Z, & Moradi, M. (2004). The frequency of isolation of *Phytophthora* spp. from crown and root of pistachio nut tree and reaction of the crown and root to the causal agent. *Iranian journal of Plant Pathology*, *40*, 57-75.

10. Banihashemi, Z. (2004). A method to monitor the activity of *Phytophthora* spp. in the root zone of *Pistacia* spp. *Phytopathologia Mediterranea*, *43*, 411-414.
11. Banihashemi, Z. (1998). Assessment of Pistacio root stocks to *Phytophthora* spp. The causal agents of pistachio gummosis. *Journal of Plant Pathology*, *34*, 63-66.
12. Banihashemi, Z, & Fatehi, J. (1989). Reaction of cucurbit cultivars to *Phytophtora drechsler* and *P. capsici* in greenhouse. Proceeding of 9th Iranian Plant Protection Congress, Mashhad, Iran. 89 (Abst).
13. Banihashemi, Z, & Gheisi, K. (1995). Evaluation of *pistacia* root stocks to *Phytophthora* gummosis.
14. Proceeding of 12th Iranian Plant Protection Congress, Karaj, Iran. 226 (Abst).
15. Browne, GT, Mircetich, SM, & Cummins, JN. (1995). Relative resistance of eighteen selections of *Malus* spp. to three species of *phytophthora*. *Phytopathology*, *85*, 72-76.
16. Ferguson, L. (1995). California pistachio rootstock trials. California pistachio Industry Annual report, crop year. 71-76.
17. Ferguson, L, Sanden, B, Grattan, S, Spetein, L & Krueger, B. (2005). Pistachio rootstocks. Pp: 67-73.
18. Guney, M, Kafkas, S, Zarifikhosroshahi, M, Gundesli, M A, Ercisli, S, & Holubec, V. (2021). Genetic diversity and relationships of terebinth (*Pistacia terebinthus* L.) genotypes growing wild in Turkey. *Agronomy*, *11*(4), 671-681.
19. He, SA, Yi, TS, Pei, SJ, & Huang, H. (2015). Crop plants and their wild relatives. *The Plants of China: A Companion to the Flora of China. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom*, *23*, 283-308.
20. McDonald, JD, Bolkan, L, Banihashemi, Z, & Mircetich, SM. (1992). Traunk and branch canker of pistachio gummosis caused by *Phytophthora spp. Phytopathology*, *82*, 1084-1089.
21. McIntosh, DL. (1968). Resistance to *Phytophthora cactorum* among open-pollinated seedlings of apple varietes and species. *American Society of Horticultural Science*, *93*, 71-76.
22. McKinney, HH. (1923). A new system of grading plant diseases. *Journal of Agricultural Research*, *26*, 195–218.
23. Mohammadi, A, & Banihashemi, Z. (2010). Effect of two isolates of *Glomus mosseae* from saline and non-saline soil and NaCl level on the growth, biochemical indices and mineral composition of three pistachio rootstocks. 1. Growth and biochemical characteristics. *Iranian Journal of Plant Pathology*, *46*, 51-69 (Abst).
24. Moradi, M. (1998). Isolation and identification of *Phytophthora* species from root and crown of pistachio in Kerman and Fars provinces and resistance determination of root and crown among

current pistachio cultivars. M.Sc. dissertation, Faculty of Agriculture, Shiraz University, Iran. (Abst).

25. Moradi, M. (2015) Assessment of application of systemic and protective fungicides for long-term control of pistachio crown and root rot. Final Report of Iranian Pistachio Research Institute 2-06-06-88008. ACIST Register number: 47569 (Abst).
26. Moradi, M, Mohammadi AH, Haghdel, M. (2017) Efficiency of elite fungicides for control of pistachio gummosis. *Journal of Nuts*, *8*,11-20.
27. Nouri, MT, Holland, LA, Doll, D, Kallsen, CE, Michailides, TJ, & Trouillas, FP. (2018). Investigating canker and soil borne diseases of pistachio in California. Proceeding of VII International Symposium on Almond and Pistashios, *1219*, 295-302.
28. Saberi Riseh, R, Hajiegharari, B, Rohani, H, & Sharifi Tehrani, A. (2004). Effect of inoculums density and substrate type on survival of *Phytophthora drechsleri* in pistachio orchards, Rafsanjan. 50th International symposium on crop protection (Ghent Belgium). 167p.
29. Wong DH, Barbetti MJ, Sivasithamparam, K. (1984). Effects of soil temperature and moisture on the pathogenicity of fungi associated with root rot of subterranean clover. *Australian Journal of Agricultural Research, 35*, 675–84.
30. You, MP, & Barbetti, MJ. (2017b). Severity of Phytophthora root rot and pre-emergence damping-off in subterranean clover is driven by moisture ,temperature, nutrition, soil type, cultivar and their interactions. *Plant Pathology, 66*, 1162-1181.
31. Zohary, M. (1952). A monographical study of the genus *Pistacia*. *Palestine Journal of Botany (Jerusalem Series), 5(4)*, 187-228.

Evaluation of Relative Resistance of some *Pistacia* Rootstocks to Gummosis Disease

Mohsen Saadlou Parizi[1], Sodabeh Jahanbaksh[2*], Hosein Dashti[3]. Roohallah Saberi Riseh[4], Hojjat Hashemi Nasab[5]

Abstract

Gummosis (*Phytophthora* Crown and Root Rot) is one of the Most Important Diseases of Pistachio Trees. In Order to Evaluate the Relative Resistance of 29 *Pistacia* Rootstocks to this Disease, a Factorial Experiment was Conducted with Two Factors Rootstocks Type and Disease Stress, Based on Completely Randomized Design with Three Replications. Two-Month-old Pistachio Seedlings were Artificially Inoculated with *Phytophthora Drechsleri*. After Six Months, Evaluation Was Done. The Resistance of Rootstocks was Evaluated by Determining the Crown Girdling, Disease Severity and Mortality percentage indices and Measuring the Stem Length, Stem and Root Dry Weight Traits in Control and Stress levels. The Results Showed that There was Significant Difference Between the Studied Rootstocks in Terms of Resistance to Disease. The Disease Caused Decrease in Stem Length, Stem and Root Dry Weight of Seedlings. Atlantica Had the lowest Amount of Crown Girdling (20%) and Disease Severity (17%) and in Terms of Disease Severity, it Showed a Significant Difference with other Rootstocks**.** Sarakhs Had the Highest Amount of Crown Girdling (95%), Disease Severity (90%) and Mortality (55.55%) and in Terms of These Indices, it was Significantly Different from other Rootstocks. Therefore, Atlantica was the most Resistant and Sarakhs the most Susceptible *Pistacia* Rootstocks Against Gummosis Disease. Cluster Analysis Divided the Rootstocks into Four Groups**:** Resistant (Atlantica, Integerrima and UCB1), Moderately Resistant (Mutika, Benebaghi, Kalleghouchi, Ghazvini, Gholamrezaei, Italiaei, Ahmadaghaei, M5 and BK1), Moderately Susceptible (Badamizarand, Akbari, Owhadi, Fandoghighafoori, Seifoddini, Jandaghi, Raver-1, MT1, M7, BK6 and BK7) and Susceptible (Sarakhs, Sefidpestehnough, Moosaabadi, Khanjaridamghan, Momtaztajabadi and M4).

Keywords: Pistachio, *Phytophthora*, Gummosis, Susceptibility, Relative Resistance

[1] Ph.D. Student, Department of plant genetics and production engineering, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran

[2] Professor, Department of plant genetics and production engineering, Faculty of agriculture and natural resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran

[*] Corresponding author e-mail: jahanbakhsh@uma.ac.ir

[3] Professor, Department of Genetics and Plant Production, Faculty of Agriculture, Valiasr University, Rafsanjan, Rafsanjan, Iran

[4] Professor, Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, Valiasr University, Rafsanjan, Rafsanjan, Iran

[5] Research Assistant Professor, Pistachio Research Center, Horticultural sciences Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Rafsanjan, Iran