


مقاومت آنتی‌زنوزی ارقام گلابی به پسیل گلابی [*Cacopsylla pyricola* (Foerster)] در شرایط محیطی کرجAntixenosis Resistance of Pear Cultivars to Pear Psylla [*Cacopsylla pyricola* (Foerster)] under the Environmental Conditions of Karaj in Iranمسعود لطیفیان^{۱*} , حمید عبداللهی^۲ و راضیه قائمی^۳

- ۱- استاد، پژوهشکده میوه های معتدله و سردسیری، موسسه تحقیقات علوم باغبانی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.
- ۲- دانشیار، پژوهشکده میوه های معتدله و سردسیری، موسسه تحقیقات علوم باغبانی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.
- ۳- استادیار، بخش تحقیقات نماتد شناسی، موسسه تحقیقات گیاهپزشکی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۹/۱۶ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۰/۲۷

چکیده

لطیفیان، م.، عبداللهی، ح. و قائمی، ر. ۱۴۰۲. مقاومت آنتی‌زنوزی ارقام گلابی به پسیل گلابی [*Cacopsylla pyricola* (Foerster)] در شرایط محیطی کرج. نهال و بذر ۳۹: ۴۹۵-۵۲۶.

پسیل گلابی، *Cacopsylla pyricola* (Foerster)، یکی از مهمترین آفات گلابی است. این پژوهش با هدف بررسی مقاومت ارقام برتر گلابی نسبت این آفت برای استفاده در برنامه های مدیریت تلفیقی کنترل آن و به نژادی گلابی انجام شد. برای انجام این پژوهش نه رقم گلابی شامل: بوهمه، شاه میوه، نطنزی، سبری، درگری، لوتیزبون، هاروست کوئین، پوتوماک و کوشیا استفاده شد. نمونه بردای از جمعیت مراحل مختلف پسیل گلابی در اوج فعالیت آن یعنی در اوایل فرورین تا آبان به فاصله هر هفت روز یکبار انجام شد. ارزیابی ها در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با چهار تکرار در باغ کلکسیون ذخایر توارثی گلابی پژوهشکده میوه های معتدله و سردسیری در ایستگاه کمال شهر کرج از سال ۱۳۹۹ تا سال ۱۴۰۲ به مدت چهار سال اجرا گردید. شاخص های مقاومت آنتی‌زنوزی شامل شاخص های جذب، تجمع، نرخ فراوانی نسبی استقرار، عدم رجحان و شیوع تخم، پوره و حشره کامل بود. خصوصیات درخت ارقام گلابی شامل: شاخه یکساله، شاخه جاری، برگ، گل و میوه نیز مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که ارقام گلابی شامل: کوشیا، بوهمه، سبری، نطنزی و پوتوماک نسبت به آفت پسیل گلابی مقاوم تر بودند. شاخص جذب تخم، پوره و حشره کامل به ترتیب ۰/۹۹، ۰/۹۹ و ۰/۹۵، شاخص تجمع ۵۸/۳۰، ۱۴۹/۱۴ و ۱۶/۱۳، نرخ فراوانی نسبی استقرار ۳/۶۸، ۳/۶۵ و ۳/۴۰، شاخص عدم رجحان ۹۸/۰۴، ۹۸/۰۶ و ۹۸/۱۹ و شاخص شیوع ۴۹/۶۶، ۴۹/۴۷ و ۴۷/۵۰ به ترتیب تخم، پوره و حشره کامل بود.

واژه های کلیدی: گلابی، پسیل، میزبان یابی، پذیرش میزبان، عدم رجحان، شاخص شیوع.



مقدمه

گلابی (*Pyrus communis* L.) یکی از درختان میوه مهم در مناطق معتدل و معتدل سرد سیر است. پسیل گلابی، *Cacopsylla pyricola* (Foerster)، یکی از آفات مهم گلابی است که بر رشد و تولید آن تاثیر می گذارد. این آفت حشره مکنده‌ای است که باعث کاهش محصول و ضعیف شدن درختان گلابی می شود (Civolani et al., 2023). شیوه‌های مدیریت کنونی برای کنترل مؤثر پسیل گلابی کافی نیستند. در یک بررسی اقتصادی در واشنگتن آمریکا مشخص شد که خسارت این آفت به میوه گلابی در سال‌های ۲۰۱۵ تا ۲۰۱۷ بیش از یک میلیون دلار در سال بود (Murray et al., 2021).

پسیل گلابی بیشتر زمستان را در حالت دیپوز و به صورت حشره کامل با تخمدان‌های نابالغ و جفت‌گیری نکرده می گذراند. جمعیت زمستان‌گذران در پاییز از اواخر شهریور آغاز و در اواسط آبان، همزمان با ریزش برگ درختان گلابی به اوج خود می‌رسد. به محض مساعد شدن شرایط آب و هوایی، پسیل‌های زمستان‌گذران، خود را به انتهای شاخه‌های جوان‌تر رسانده و پس از تغذیه و جفت‌گیری تخم‌های خود در پایه جوانه‌ها قرار می‌دهند (Štarhová Serbina et al., 2023).

یافتن میزبان توسط پسیل گلابی برای تغذیه و تخمگذاری، در فرایندی از رفتارهای سلسله

مراتبی انجام می‌شود. مرحله اول انتخاب میزبان است که پس از فاصله دور با استفاده از تکانه‌های بینایی و بویایی به میزبان نزدیک می‌شود. مرحله دوم زمانی اتفاق می‌افتد که پسیل با سطح گیاه تماس می‌گیرد و اطلاعاتی در مورد ساختار فیزیکی آن دریافت می‌کند. این اطلاعات بر میزان تخم‌گذاری پسیل ماده تأثیر می‌گذارد. در مرحله سوم تمایز بین گیاه میزبان و غیر میزبان از طریق تکانه‌های چشایی دریافت و بررسی نهایی انجام می‌شود. این سه مرحله به اصطلاح " رفتار کاوشگری " نامیده می‌شوند (Civolani et al., 2022). پسیل‌ها به ندرت بلافاصله پس از تماس با برگ تخم‌گذاری را آغاز می‌کنند. فعالیت‌های تخم‌گذاری معمولاً با رفتار " میزبان‌گزینی " انجام می‌شوند، زیرا نشانه‌های گیاهی در تماس اولیه برای شروع فعالیت تخم‌گذاری کافی نیست، اما نشانه‌های گیاهی که در طول فعالیت " میزبان‌گزینی " دریافت می‌شوند، محرک فعالیت‌های تخم‌گذاری است (Cooper and Horton, 2017).

تحقیقات نشان داده است که حشرات کامل *C. pyricola* در تخم‌گذاری نسبت به فعالیت‌های میزبان‌گزینی انتخابی‌تر عمل می‌کنند، زیرا آنها توانایی میزبان‌گزینی و تغذیه از میزبان‌هایی مانند *Malus spp.* و *Pyrus calleryana* Decne. دارند. اما تخم‌گذاری پسیل گلابی روی این میزبان‌ها مشاهده نشده است. این موضوع نشان می‌دهد که نشانه‌های گیاهی که حالت

ژنوتیپ NY10353 به زمان کمتری برای رسیدن به قسمت‌های سبزینه‌ای گیاه نیاز دارد (Horton *et al.*, 1993).

در بسیاری از کشورها، کلکسیون‌های ارقام متنوع گلابی شامل ارقام محلی، داخلی و خارجی برای ارزیابی مقاومت به بیماری‌ها و آفات در برخی از مناطق مهم کشت گلابی ایجاد شده است (Braniste and Militaru, 2007). از جمله کلکسیون‌ها با بیش از ۲۰۰ رقم گلابی با منشأ ملی و بین‌المللی در افغانستان و در گروه علوم گیاهی و خاک و محیط زیست دانشگاه فلورانس ایتالیا ایجاد شده و تحمل ژرم پلاسما گلابی نسبت به انواع آفات و بیماری‌ها بررسی می‌شود (Benedek *et al.*, 2010). مقاومت آنتی‌زنوزی رقم‌های گلابی نسبت به پسیل گلابی با عدم رجحان برای تخم‌گذاری توصیف شده است. همچنین مشخص شده است که این نوع مقاومت بر اندازه جمعیت پوره‌های اولیه تأثیر می‌گذارد. بنابراین، رد تغذیه پسیل گلابی جزء اصلی مقاومت آنتی‌زنوزی است. عامل سازگار پذیرش یا رد تغذیه نیز درون برگ تشخیص داده شده است. (Bell and Puterka, 2003).

هدف اصلی این پژوهش بررسی جزئیات ترجیح میزبانی و مقاومت آنتی‌زنوزی ارقام گلابی نسبت پسیل گلابی برای استفاده در برنامه مدیریت تلفیقی آن و برنامه‌های به نژادی گلابی بود. بنابراین، با انتخاب چندین رقم برتر و تجاری،

میزبان‌نشینی و تخم‌گذاری را تحریک می‌کنند، متفاوت هستند. شواهدی وجود دارد که نشان می‌دهند میزبان‌نشینی توسط ویژگی‌های سطح برگ برای پسیل زمستان‌گذران تعیین‌کننده هستند (Horton and Krysan, 1990).

مقاومت به پسیل گلابی در گونه‌های گلابی *Pyrus betulifolia* Bunge، *Pyrus calleryana* Decne.، *Pyrus fauriei* Schneid. و دورگ *Pyrus Pyrus bretschneideri* Redh × *ussuriensis* Maxim گزارش شده است (Robert *et al.*, 2004). گونه‌های جنس *Pyrus* با اندازه کوچک میوه و یا هیبریدهای بین گونه‌ای دارای صفت بافت سنگی در میوه، دارای درجاتی از مقاومت به پسیل گلابی هستند. کاربرد برخی از این ژرم‌پلاسما برای انتقال سریع صفت مقاومت به ارقام گلابی (*P. communis* L.) به صورت محدود وجود دارد. از این روش برای افزایش سطح مقاومت به پسیل گلابی در ارقام گلابی ایتالیایی اسپینا کارپی (*Spina Carpi*) و یازده رقم بومی (Primitive) از یوگسلاوی و مجارستان استفاده شده است (Bell, 1992). این ژنوتیپ‌ها از نظر کیفیت میوه نسبتاً ضعیف هستند، اما منابع مهم مقاومت در خزانه اولیه ژنوم آنها برای بهبود مقاومت در ارقام گلابی قابل استفاده است. تفاوت‌هایی در رفتار تغذیه حشرات کامل پسیل در رقم گلابی حساس ویلیام و ژنوتیپ گلابی مقاوم NY10353 وجود دارد. پسیل بر روی رقم ویلیام در مقایسه با

مواد گیاهی

برای انجام این پژوهش از نه رقم گلابی شامل: بوهمه، شاه میوه، نطنزی، سبری، درگری، بیرونی (لوئیزبون)، هاروست کوئین، پوتوماک و کوشیا استفاده شد (جدول ۱). ژنوتیپ‌های گلابی موجود در باغ کلکسیون ذخایر توارثی پژوهشکده میوه‌های معتدله و سردسیری در ایستگاه کمالشهر کرج دارای تفاوت بسیار با ارقام محلی گلابی در کشور بوده و از نظر مقاومت به تنش‌های محیطی خصوصاً کلروز ناشی از کمبود آهن بسیار مقاوم می‌باشند (Asayesh et al., 2023). خصوصیات رقم‌های گلابی مورد نظر در جدول ۱ و شکل ۱ توصیف گردیده است.

روش نمونه‌برداری

جمع‌آوری اطلاعات جمعیت مراحل مختلف رشدی تخم، پوره و حشره کامل پس‌یل گلابی در اوج فعالیت آن یعنی در اوایل فرورین تا آبان به فاصله هر هفت روز یکبار انجام شد. ارزیابی‌ها در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با چهار تکرار انجام شد. از هر رقم چهار درخت بطور تصادفی انتخاب و از هر درخت نیز چهار شاخه در جهت‌های مختلف انتخاب شد و با سه مرتبه ضربه‌زنی به هر شاخه حشرات کامل در قیف اشنایدر جمع‌آوری گردید. پوره‌ها و تخم‌ها نیز با نمونه‌برداری از ۱۰ برگ به صورت تصادفی شمارش شدند. برای برآورد جمعیت مؤثر هر یک از مراحل رشدی تخم، پوره و حشره کامل به ترتیب از شاخص‌های

واکنش‌های آنها به مقاومت آنتی‌زنوزی در مقابل مراحل تخم، پوره و حشره کامل پس‌یل گلابی بررسی شد. همچنین، تأثیر صفات مختلف رویشی و زایشی ارقام گلابی در بروز سازکار مقاومت آنتی‌زنوزی در شرایط باغ ارزیابی شد.

مواد و روش‌ها

مکان و زمان انجام پژوهش

این پژوهش در باغ کلکسیون ذخایر توارثی پژوهشکده میوه‌های معتدله و سردسیری در ایستگاه کمالشهر کرج از سال ۱۳۹۹ تا سال ۱۴۰۲ به مدت چهار سال اجرا شد. ایستگاه کمالشهر در غرب کرج قرار دارد و ارتفاع آن از سطح دریا ۱۳۵۰ متر است. طول جغرافیایی و عرض جغرافیایی آن به ترتیب ۵۱ درجه و دو دقیقه شرقی و ۳۵ درجه و ۴۸ دقیقه شمالی است. بافت خاک آن از نوع لومی-رسی، اسیدپه خاک ۷/۸ درصد نیتروژن کل، درصد نیتروژن آلی، پتاسیم قابل جذب و فسفر قابل جذب خام به ترتیب یک درصد، ۰/۷۸ درصد، ۵۷۵ میلی گرم بر کیلوگرم و ۱۲/۱ میلی گرم بر کیلوگرم بود. این ایستگاه در فصل سرد سال تحت تأثیر سامانه‌های شمالی، شمال غربی و غربی به خصوص جنوب غربی است. بارش‌های آن نیز متأثر از فعالیت این سامانه‌ها می‌باشد و از آبان و آذر آغاز و تا اواسط اردیبهشت ادامه دارد (Ehteshami-Moinabadi, 2022).

جدول ۱- خصوصیات ارقام گلابی مورد بررسی برای مقاومت آنتی‌زنوزی نسبت به پسیل گلابی

Table 1. Characteristics of pear cultivars studied for antixenosis resistance to pear psylla

Cultivar	رقم Origin	منشاء Productivity status	وضعیت باردهی Resistance to chlorosis	مقاومت به کلروز Climatic adaptation	سازگاری اقلیمی
Boheme	Exotic بوهمه	High productivity خارجی	Resistant خیلی پربار	Adapted مقاوم	سازگار
Shah Miveh	Iran شاه میوه	Low productivity ایران	Resistant کم‌بار	High adaptability مقاوم	سازگاری بالا
Natanzi	Iran نظنزی	Very low productivity ایران	Moderately-resistant خیلی کم‌بار	Low adaptability نسبتاً مقاوم	سازگاری پایین
Sebri	Iran سبری	High productivity ایران	High resistant خیلی پربار	High adaptability خیلی مقاوم	سازگاری بالا
Dargazi	Iran درگزی	Productive ایران	High resistant پربار	High adaptability خیلی مقاوم	سازگاری بالا
Louise Bonne	Exotic لوئیزبن	Productive خارجی	Resistant پربار	High adaptability مقاوم	سازگاری بالا
Harvest Queen	Exotic هاروست کوئین	Medium Productivity خارجی	Resistant متوسط	Adapted مقاوم	سازگار
Potomac	Exotic پوتوماک	Productive خارجی	Resistant پربار	Adapted مقاوم	سازگار
Coscia	Exotic کوشیا	High productivity خارجی	Resistant خیلی پربار	High adaptability مقاوم	سازگاری بالا



شکل ۱- عکس هایی از ارقام گلابی مورد استفاده در این پژوهش: بوهمه، شاه میوه، نطنزی، سبری، درگزری، لوئیز بون، هاروست کوین، پوتوماک و کوشیا

Fig. 1. Photos of pear cultivars used in this research: Bohme, Shah Miveh, Natanzi, Sebr, Dargazi, Louise Bonne, Harvest Queen, Potomac and Coscia

شاخص تجمع تخم، پوره و حشره کامل

شاخص تجمع (Mean crowding intensity)

(M^* = تخم، پوره، حشره کامل با استفاده از رابطه

۵ محاسبه شد (Reiczigel *et al.*, 2005).

$$M^* = \bar{X} + \frac{S^2}{\bar{X} + 1} \quad (5)$$

در این رابطه \bar{X} و S^2 به ترتیب میانگین و

واریانس تراکم تخم، پوره، حشره کامل در هر

رقم گلابی مورد مطالعه است.

نرخ فراوانی نسبی استقرار تخم، پوره،

حشره کامل

نرخ فراوانی نسبی استقرار

(Relative abundance rate = RAER)

establishment تخم، پوره و حشره کامل

پسیل گلابی با استفاده از رابطه ۶ محاسبه شد

(Tu *et al.*, 2018).

$$RAER = \frac{\sum C_i}{\sum C_i + \dots + \sum C_n} \quad (6)$$

در این رابطه C_i و C_n به ترتیب مجموع

تخم، پوره و حشره کامل - روز مؤثر در هر

مرحله نمونه برداری در رقم i تا رقم n در

طول فصل نمونه برداری و n تعداد دفعات

نمونه برداری می‌باشند.

شاخص عدم رجحان تخم، پوره و حشره کامل

شاخص عدم ترجیح (Non-preference

index = NPI) با استفاده از رابطه ۷ محاسبه

شد (Antônio *et al.*, 2011).

$$NPI = \left[\frac{100-R}{100+R} \right] \times 100 \quad (7)$$

در این رابطه R میانگین تعداد تخم، پور

و حشره کامل - روز مؤثر در هر رقم

تخم-روز (Ed)، پوره-روز (Nd) و

حشره کامل-روز (Ad) استفاده شد که با

استفاده از رابطه‌های ۱ تا ۳ محاسبه شدند

(Machlitt, 1998).

$$Ed = \frac{(E_t + E_{t+1})}{2} \times 7 \quad (1)$$

$$Nd = \frac{(N_t + N_{t+1})}{2} \times 7 \quad (2)$$

$$Ad = \frac{(A_t + A_{t+1})}{2} \times 7 \quad (3)$$

در این روابط E_t ، N_t و A_t به ترتیب تراکم

جمعیت تخم، پوره و حشره کامل در

نمونه برداری t و E_{t+1} ، N_{t+1} و A_{t+1} به ترتیب

تراکم جمعیت تخم، پوره و حشره کامل در

نمونه برداری $t+1$ است.

شاخص‌های مقاومت آنتی‌زنوزی

شاخص جذب تخم، پوره، حشره کامل

شاخص جذب (Attraction Index = AI)

برای تخم، پوره، حشره کامل با استفاده از رابطه ۴

محاسبه شد (Krisnawati *et al.*, 2017).

$$AI = \frac{2A}{M+A} \quad (4)$$

در این رابطه، A تعداد تخم، پوره،

حشره کامل - روز مؤثر در هر رقم گلابی و M

میانگین تخم، پوره، حشره کامل - روز مؤثر

برای کلیه ارقام گلابی مورد مطالعه در هر تاریخ

نمونه برداری می‌باشند. اگر $AI < 1$ مقاوم‌تر

(رقم کمتر توسط حشره ترجیح داده می‌شود)،

$AI = 1$ مقاومت متوسط (میانگین ترجیح

میزبانی توسط حشره) و اگر $AI > 1$ باشد رقم

حساس‌تر (رقم توسط حشره بیشتر ترجیح داده

می‌شود) است.

طول به عرض) شکل انتها، طول نوک تیز، برش حاشیه نیمه بالایی، عمق برش حاشیه، موجدار بودن محور طولی، طول دمبرگ، وجود گوشوارک، فاصله گوشوارک از قاعده دمبرگ (اریایی، اندازه گیری و ثبت شد.

خصوصیات مربوط به گل و میوه از جمله: مکان جوانه گل، طول جوانه گل، طول کاسبرگ، اندازه گلبرگ، طول ناخنک، زمان گلدهی، نظم گلدهی، فراوانی گلدهی، اندازه گل تعداد کاسبرگ، رنگ کاسبرگ، تعداد گلبرگ، عرض گلبرگ، قطر گل کاملاً باز، طول دم گل و میوه (طول، بیشترین قطر، نسبت طول به قطر، تقارن میوه، طول دم میوه، ضخامت دم میوه، حالت دم نسبت به محور میوه، سفتی گوشت، میزان آبداری، تنوع زمان رسیدن، وزن میوه، حجم میوه) نیز مورد ارزیابی قرار گرفت. برخی صفات کیفی که بسیار مهم هستند و قابل اندازه گیری نیستند، به صورت نسبی برای ارقام گلابی کددهی شدند (Hagh et al., 2011).

تجزیه و تحلیل داده‌ها

داده‌های به دست آمده شاخص‌های مقاومت آنتی‌زنوزی پس از اطمینان از نرمال بودن آنها به کمک آزمون کولموگوروف-اسمیرنوف (Kolmogorov-Smirnov) بر اساس موازین طرح بلوک‌های کامل تصادفی به با استفاده از نرم‌افزار IBM SPSS Statistics 27.0.1.0

نسبت به میانگین کل تعداد تخم، پوره و حشره کامل - روز مؤثر در ارقام گلابی مورد مطالعه است.

شاخص شیوع تخم، پوره و حشره کامل

شاخص شیوع (Prevalence index = PI)

برای تخم، پوره و حشره کامل با استفاده از رابطه ۸ محاسبه شد (Baldin et al., 2017).

$$PI = \frac{(T-P)}{(T+P)} \times 100 \quad (8)$$

در این رابطه T میانگین تخم، پوره و حشره کامل - روز مؤثر در هر رقم گلابی در هر نمونه برداری و P میانگین تعداد تخم، پوره و حشره کامل - روز مؤثر در ارقام گلابی مورد مطالعه بود.

خصوصیات رویشی و زایشی ارقام گلابی

به منظور انجام بررسی خصوصیات رویشی، برای هر رقم سه درخت، که از نظر خصوصیات ظاهری و سن رشدی یکسان و فاقد بیماری بودند، انتخاب و از هر رقم ۱۰ برگ، ۱۰ گل و ۱۲ میوه، و به طور تصادفی برداشت شد. خصوصیات فرم درخت (قدرت رشد، شاخه‌زایی، عادت رشد، وضعیت پوست تنه، برآمدگی روی تنه)، شاخه یکساله (رشد، طول میانگرم، رنگ غالب قسمت رو به آفتاب، شکل نوک جوانه انتهایی، تعداد عدسک، موقعیت رشد جوانه رویشی نسبت به شاخه)، شاخه جاری (رنگیزه آنتوسیانین نوک شاخه، تراکم کرک در یک سوم بالایی)، برگ (حالت پهنک برگ، طول، عرض، نسبت

تجزیه واریانس شد. میانگین با استفاده از آزمون توکی در سطح احتمال پنج درصد مقایسه شدند. تحلیل عاملی برای تشخیص عامل‌های مشاهده‌ناپذیر ترکیبی مؤثر بر نوع سازکار مقاومت آنتی‌زوزی بر پایه مجموعه شاخص‌های مشاهده‌پذیر و محاسبه شده استفاده شد. عامل، متغیر جدیدی است که از طریق ترکیب خطی نمره‌های اصلی شاخص‌های ارزیابی بر پایه فرمول زیر برآورد شد:

$$F_j = \sum W_{ji} X_i = W_{j1} X_1 + W_{j2} X_2 + \dots + W_{jp} X_p$$

که در آن W ها بیانگر ضرایب نمره عاملی و P معرف تعداد شاخص‌های محاسبه شده برای هر شاخص مقاومت آنتی‌زوزی تحت مطالعه است.

با ترکیب‌های خطی بدست آمده نتیجه توصیف ویژگی‌های هر شاخص مقاومت آنتی‌زوزی و ارتباط آن با شاخص‌های محاسبه شده با استفاده از آن امکان‌پذیر شد. استخراج عامل‌ها از ماتریس ضریب همبستگی، چرخش عامل‌ها به منظور به حداکثر رساندن رابطه بین شاخص‌ها و عامل‌ها و محاسبه بار عاملی (نمره عامل‌ها) برای تعیین عامل‌های مورد نظر به کمک نرم‌افزار IBM SPSS Statistics 27.0.1.0 انجام شد (Hamzhezarghani *et al.*, 2005).

برای تفکیک ژنوتیپ‌ها بر اساس درجه حساسیت آنتی‌زوزی به پسیل گلابی از روش تجزیه خوشه‌ای استفاده شد. نمونه‌هایی که از

نظر درجه مقاومت مشابه بودند بر اساس یک فاصله اقلیدسی مشخص به گروه‌های مختلفی گروه بندی شد. داده‌های برداشت شده در این پژوهش به روش Hierarchical clustering و با استفاده از نرم افزار IBM SPSS Statistics 27.0.1.0 مورد تجزیه خوشه‌ای قرار گرفت. جهت پردازش این داده‌ها نیاز به انتخاب معیاری مناسب جهت محاسبه شباهت بین متغیرها بود. این متغیرها شامل عامل‌های مشاهده‌ناپذیر ترکیبی مؤثر بر نوع شاخص‌های مقاومت بر پایه مجموعه شاخص‌های مشاهده‌پذیر و محاسبه شده برای آن مقاومت آنتی‌زوزی بود که در تحلیل عاملی برآورد شدند.

در این پژوهش از روش چرخش واریماکس برای تجزیه عاملی استفاده شد. روش واریماکس، رایج‌ترین روش چرخش غیر مورب در تحلیل عاملی است. هدف این چرخش، رسیدن به ساختار ساده با غیر مورب نگه داشتن محورهای عاملی می‌باشد. روش چرخش واریماکس پیچیدگی شاخص‌ها از طریق بزرگ‌سازی ضریب‌های بزرگ و کوچک‌سازی ضریب‌های کوچک در داخل هر شاخص به کمترین حد می‌رساند. پس از انتخاب معیارهای شباهت، جهت تهیه نمودار درختی (Denderogram) معرف ساختار درونی متغیرها، نیاز به انتخاب روش مناسبی جهت اتصال خوشه‌ها بود. حضور دو یا چند رقم در یک خوشه خاص، حاکی از شباهت

آماری بررسی و از آن اطمینان حاصل شد. رابطه صفات مختلف ارقام گلابی با میزان مقاومت آنتی زنوزی با استفاده از تجزیه همبستگی پیرسون برای صفات کمی و تجزیه همبستگی اسپیرمن برای صفات کیفی به کمک نرم افزار IBM SPSS Statistics 27.0.1.0 بررسی شد (Gogtay and Thatte, 2017).

نتایج و بحث

شاخص های مقاومت آنتی زنوزی

تجزیه واریانس داده ها نشان داد که ارقام گلابی مورد بررسی از نظر کلیه شاخص های مقاومت آنتی زنوزی و خصوصیات رویشی و زایشی تفاوت معنی دار داشتند (جدول تجزیه واریانس ارائه نشده است). مقایسه میانگین های برای شاخص های مقاومت ارزیابی شده در نه رقم گلابی در جدول ۲ ارائه شده است.

مقاومت آنتی زنوزی نسبت به پسیل گلابی

در این پژوهش، برای برآورد سطح مقاومت آنتی زنوزی و عوامل موثر بر آن به طور همزمان از داده های شاخص های مقاومت آنتی زنوزی شامل شاخص های جذب، تجمع، نرخ فراوانی نسبی استقرار، عدم رجحان و شیوع تخم، پوره و حشره کامل و جایگاه آنها در بروز مقاومت آنتی زنوزی رقم های گلابی برای شناسایی عامل اصلی موثر بر آن استفاده شد (شکل ۲).

بین آنها در مقاومت آنتی زنوزی بود. بنابراین با استفاده از این نمودار اقدام به گروه بندی ارقام گلابی شد. با توجه به تئوری تجزیه خوشه ای و با در نظر گرفتن معیارهای تعیین بهترین مکان برای خط برش براساس فاصله اقلیدسی (Euclidean Distance)، این موقعیت انتخاب گردید. بر این اساس ارقام مورد مطالعه در گروه هایی براساس میزان بروز سازکار مقاومت آنتی زنوز قرار گرفتند (Frades and Matthiesen, 2010).

به منظور ارزیابی صحت تجزیه خوشه بندی ارقام گلابی مورد مطالعه تجزیه تشخیص خطی (Linear discriminant analysis = LDA)، تجزیه متمایز طبیعی (Natural discriminant analysis = NDA)، یا تجزیه تابع متمایز، تعمیم تفکیک کننده خطی فیشر استفاده شد. تجزیه تشخیص خطی ارتباط نزدیکی با تجزیه و عاملی دارد، زیرا هر دو به دنبال ترکیب های خطی متغیرهایی هستند که مقاومت آنتی زنوزی رقم های مورد آزمایش را به بهترین نحوی توضیح دهند. تفاوت بین گروه های داده بررسی می شود و به این ترتیب از صحت خوشه بندی به کمک نرم افزار IBM SPSS Statistics 27.0.1.0 اطمینان حاصل شد (Fraley and Raftery, 2002).

تجزیه ارتباط بین صفات ارقام گلابی با بروز سازکارهای مقاومت آنتی زنوز انجام شد. نرمال بودن خطاها در تمام مراحل تجزیه

جدول ۲- مقایسه میانگین برای شاخص‌های مقاومت آنتی زنوزی ارقام گلابی نسبت به پسیل گلابی

Table 2. Mean comparison of antixenosis resistance indices of pear cultivars to pear psylla

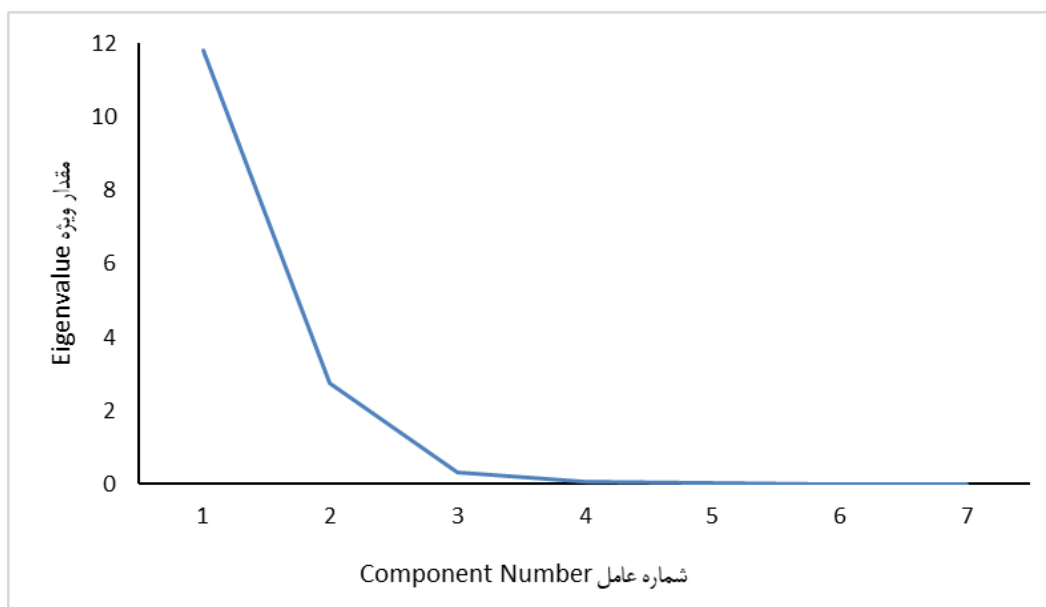
	AI			M*			RAER			NPI			PI		
	تخم Egg	پوره Nymph	حشره کامل Adult	تخم Egg	پوره Nymph	حشره کامل Adult	تخم Egg	پوره Nymph	حشره کامل Adult	تخم Egg	پوره Nymph	حشره کامل Adult	تخم Egg	پوره Nymph	حشره کامل Adult
Boheme	0.94±0.01 b	0.94±0.01b	0.93±0.01b	54.70±4.50bcd	144.88±4.80ab	15.89±2.76abc	3.36±0.07ab	3.32±0.09ab	3.22±0.08b	98.21±0.06d	98.23±0.03ef	98.27±0.02d	0.47.51±0.24b	47.23±0.38b	46.53±0.31b
Louise Bonne	1.1±0.01 d	1.06±0.01e	1.15±0.01e	71.38±6.10e	180.04±3.88b	23.55±0.00bc	4.54±0.06c	4.20±0.10df	5.02±0.11a	97.60±0.06b	97.76±0.04bc	97.33±0.04b	54.88±0.61c	53.06±0.49de	57.50±0.41d
Potomac	0.99±0.00 c	0.98±0.00c	0.90±0.00b	59.56±5.40bcd	145.30±6.00ab	15.18±2.90abc	3.64±0.07bc	3.60±0.04bc	3.04±0.06b	98.07±0.01cd	98.09±0.01de	98.39±0.01d	49.58±0.08b	49.09±0.19bc	44.85±0.08b
Dargazi	0.76±0.00a	0.87±0.02a	0.78±0.01a	39.01±1.86bc	139.30±0.03ab	12.03±2.25a	2.29±0.05a	2.88±0.14a	2.38±0.03a	98.78±0.01f	98.47±0.06f	98.74±0.02f	38.00±0.13a	43.46±0.11a	36.83±0.31a
Sebri	1.00±0.0 c	0.99±0.00c	0.93±0.00b	59.26±7.84bcd	152.39±5.58ab	14.98±2.30ab	3.73±0.08bc	3.63±0.08bc	3.25±0.07b	98.01±0.02cd	98.07±0.01de	98.27±0.01d	50.10±0.31bc	49.37±0.17bc	46.56±0.13b
Natanzi	0.98±0.01 bc	1.01±0.00cd	0.91±0.00b	55.92±6.79bcd	155.09±3.68ab	14.76±2.48ab	3.54±0.08bc	3.79±0.07bc	3.11±0.06b	98.11±0.03cd	97.98±0.01cde	98.35±0.00d	48.79±0.44b	50.47±0.07c	45.42±0.06b
Harvest Queen	1.1±0.01 d	1.09±0.01e	1.18±0.00e	68.35±6.79d	165.83±5.60ab	24.45±3.75c	4.54±0.12c	4.43±0.12e	5.34±0.10d	97.58±0.03b	97.63±0.01b	97.15±0.03b	55.10±0.36c	54.47±0.65e	59.08±0.25d
Coscia	1.05±0.01 c	1.02±0.02d	1.08±0.01c	62.59±7.50cd	148.02±7.11ab	19.85±3.02abc	4.10±0.12bc	3.90±0.12bcd	4.39±0.09c	97.81±0.04bc	97.92±0.07cd	97.66±0.02c	52.52±0.42c	51.21±0.80cd	54.16±0.27c
Shah Miveh	1.24±0.06 e	1.24±0.02f	1.30±0.05f	32.77±5.59a	68.12±4.14a	11.38±0.85a	5.79±1.47d	5.27±0.61f	6.14±0.75e	96.79±0.04a	96.85±0.03a	96.35±0.40a	61.84±0.52d	61.39±0.53f	64.89±0.57e

میانگین‌هایی، در هر ستون، که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند بر اساس آزمون توکی در سطح احتمال یک درصد تفاوت معنی‌دار ندارند.

Means, in each column, followed by at least one letter in common are not significantly different at the 1% probability level-using Tukey test.

AI، M*، RAER، NPI و PI به ترتیب نشان دهنده: شاخص جذب، شاخص تجمع، نرخ فراوانی نسبی استقرار، شاخص عدم رجحان و شاخص شیوع می‌باشند.

AI، M*، RAER، NPI and PI represent: Attraction index, Mean crowding intensity, Relative abundance establishment rate, Non-preference index and Prevalence index, respectively.



شکل ۲- مقادیر ویژه عامل‌های اصلی مقاومت آنتی زنوزی ارقام گلابی نسبت به پسپل گلابی

Fig. 2. Eigenvalues of principle components of antixenosis resistance of pear cultivars to pear psylla

دارای هم خطی بالایی بودند، حذف شدند. عامل اول شامل شاخص جذب تخم، پوره و حشره کامل، شاخص تجمع تخم، پوره و حشره کامل و نرخ فراوانی نسبی استقرار تخم، پوره و حشره کامل در بروز سازکار مقاومت آنتی‌زنوزی ضرایب مثبت و بزرگ داشتند (جدول ۴). عامل دوم شامل شاخص شیوع تخم، پوره و حشره کامل نیز مقدار مثبت و بزرگ داشت. نمودار دندروگرام خوشه‌بندی رقم‌های گلابی مورد مطالعه براساس عامل‌های مشاهده ناپذیر ترکیبی مؤثر بر نوع سازکار مقاومت آنتی‌زنوز ارقام گلابی که با استفاده از مجموعه شاخص‌های مشاهده پذیر محاسبه شد در شکل ۳ نشان داده شده است.

بر اساس رابطه بین شاخص‌ها دو عامل اول با داشتن ریشه‌های بزرگ‌تر از یک معنی‌دار و ۹۷ درصد از تغییرات مشاهده شده را توجیه کردند. دو عامل اول بیشترین تغییرات را نشان دادند و به ترتیب ۷۸/۵۲ و ۱۸/۲۹ درصد از کل تغییرات را توضیح دادند (جدول ۳). با توجه به دوران عامل‌ها با چرخش واریماکس که واریانس بین عوامل را حداکثر و تفسیر عوامل را ساده‌تر می‌کند، عواملی که درصد بیشتری از تغییرات شاخص‌ها در بروز مقاومت آنتی‌زنوزی را توجیه کنند، مهمتر هستند و باید مورد بررسی قرار گیرند (جدول ۴). بنابراین، شاخص‌های مؤثر در هر عامل شناسایی و عوامل بر اساس مؤثرترین صفات نام‌گذاری شدند. از عامل ۷ به بعد که

جدول ۳- تجزیه به عامل‌ها برای شناسایی عامل‌های مشاهده ناپذیر ترکیبی مؤثر بر مقاومت آنتی زنوزی ارقام گلابی نسبت به پسیل گلابی

Table 3. Factors analysis for identification of unobservable effective combined factors on antixenosis resistance of pear cultivars to pear psylla

مؤلفه Component	مقادیر ویژه اولیه Initial eigenvalues			مجموع بارهای مربعی Sums of squared loadings		
	واریانس کل Total variance	درصد واریانس Variance		کل Total variance	درصد واریانس Variance	
		(%)	Cumulative variance (%)		(%)	Cumulative variance %
1	11.83	78.85	78.85	11.83	78.85	78.85
2	2.74	18.30	97.15	2.74	18.30	97.15
3	0.32	2.15	99.30			
4	0.08	0.55	99.85			
5	0.02	0.12	99.96			
6	0.00	0.03	99.99			
7	0.00	0.01	100.00			

جدول ۴- ریشه‌های تجزیه به عامل‌ها پس از چرخش واریماکس برای شناسایی عامل‌های مشاهده ناپذیر ترکیبی مؤثر بر مقاومت آنتی زنوزی ارقام گلابی نسبت به پسیل گلابی

Table 4. Roots of factor analysis after varimax rotation for identification of unobservable effective combined factors on antixenosis resistance of pear cultivars to pear psylla

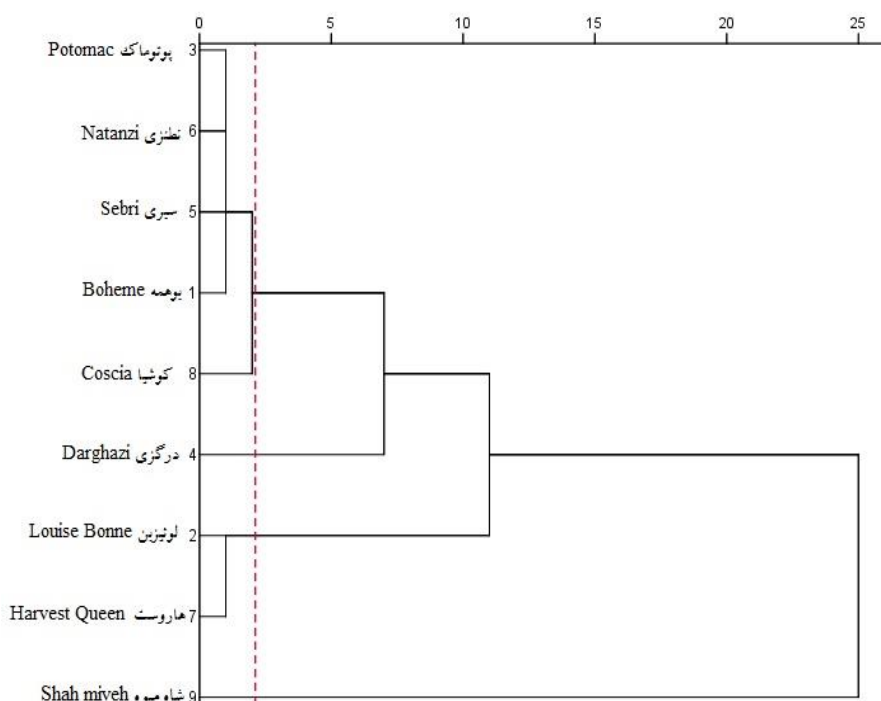
شاخص Index	Development Stage	مرحله رشدی	عامل‌ها Component	
			1	2
AI	Egg	تخم	0.98	0.07
	Nymph	پوره	0.99	-0.11
	Adult	حشره کامل	0.98	0.11
M*	Egg	تخم	0.99	-0.02
	Nymph	پوره	0.99	-0.08
	Adult	حشره کامل	0.97	0.10
RAER	Egg	تخم	0.98	0.07
	Nymph	پوره	0.99	-0.11
	Adult	حشره کامل	0.98	0.11
NPI	Egg	تخم	-0.99	0.07
	Nymph	پوره	-0.97	0.23
	Adult	حشره کامل	-0.98	0.03
PI	Egg	تخم	0.02	0.97
	Nymph	پوره	-0.42	0.89
	Adult	حشره کامل	0.29	0.93

AI، M*، RAER، NPI و PI به ترتیب نشان دهنده: شاخص جذب، شاخص تجمع، نرخ فراوانی نسبی استقرار، شاخص عدم رجحان و شاخص شیوع می‌باشند.

AI، M*، RAER، NPI and PI represent: Attraction index, Mean crowding intensity, Relative abundance establishment rate, Non-preference index and Prevalence index, respectively.

فاصله اقلیدسی و ماتریس خروجی حاصل از دندروگرام به دست آمده از تجزیه خوشه‌ای برابر با ۰/۸۳ بود که نشان دهنده گروه‌بندی قابل قبول ارقام گلابی از نظر شاخص‌های مقاومت آنتی‌زنوزی بود. ارقام گلابی مربوط به هر خوشه در جدول ۵ آورده شده است.

با توجه به نتایج بدست آمده از این پژوهش می‌توان مؤلفه اول را عامل جذب و فراوانی جمعیت و مؤلفه دوم را عامل شیوع جمعیت پسپیل گلابی نام‌گذاری کرد که شاخص‌های اصلی بروز مقاومت آنتی‌زنوزی بودند. ابتدا در گروه‌بندی، چهارگروه مجزا بدست آمد. ضریب همبستگی کوفنیتیک بین ماتریس



شکل ۳- دندروگرام گروه‌بندی ارقام گلابی بر اساس شاخص‌های مقاومت آنتی‌زنوزی نسبت به پسپیل گلابی

Fig 3. Dendrogram for clustering of pear cultivars based on antixenosis resistance indices to pear psylla

رقم نسبت به پسپیل گلابی بود. شاخص جذب تخم، پوره و حشره کامل به ترتیب ۱/۲۳، ۱/۲۴ و ۱/۳۰، شاخص تجمع تخم، پوره و حشره کامل به

در خوشه اول، تنها یک گلابی رقم شاه میوه قرار گرفت (شکل ۳). این رقم پایین‌ترین رتبه مقاومت آنتی‌زنوزی را داشت و بنابراین حساسترین

ترتیب ۳۲/۷۷، ۶۸/۱۲ و ۱۱/۳۸، نرخ فراوانی نسبی
 حشره کامل به ترتیب ۹۶/۷۹، ۹۶/۸۵ و ۹۶/۷۹ و
 استقرار تخم، پوره و حشره کامل به ترتیب ۵/۷۹،
 ۵/۲۷ و ۶/۱۴، شاخص عدم رجحان تخم، پوره و

جدول ۵- گروه بندی رقم گلابی براساس شاخص های مقاومت آنتی زوزی نسبت به پسیل گلابی

Table 5. Grouping of pear cultivars based on antixenosis resistance indices to pear psylla

رتبه آنتی زوزی Antixenosis rank	رقم Cultivar	شاخص Index	Development stage	میانگین Mean	خطای استاندارد Standard deviation	تعداد معتبر در فهرست Valid number in the list		
						غیر وزنی Unweighted	وزنی Weighted	
1.00	شاه میوه Shah miveh	AI	Egg	تخم 1.24	a	1	1	
			Nymph	پوره 1.23	a	1	1	
			Adult	حشره کامل 1.30	a	1	1	
		RAER	Egg	تخم 5.79	a	1	1	
			Nymph	پوره 5.27	a	1	1	
			Adult	حشره کامل 6.14	a	1	1	
		PI	Egg	تخم 61.84	a	1	1	
			Nymph	پوره 61.39	a	1	1	
			Adult	حشره کامل 64.89	a	1	1	
	NPI	Egg	تخم 96.79	a	1	1		
		Nymph	پوره 96.85	a	1	1		
		Adult	حشره کامل 96.35	a	1	1		
	M*	Egg	تخم 32.77	a	1	1		
		Nymph	پوره 68.12	a	1	1		
		Adult	حشره کامل 11.38	a	1	1		
	2.00	لوئیزین Louise Bonne	AI	Egg	تخم 1.10	0.00	2	2
				Nymph	پوره 1.08	0.02	2	2
				Adult	حشره کامل 1.17	0.02	2	2
RAER			Egg	تخم 4.54	0.00	2	2	
			Nymph	پوره 4.32	0.16	2	2	
			Adult	حشره کامل 5.18	0.23	2	2	
PI		Egg	تخم 54.99	0.16	2	2		
		Nymph	پوره 53.77	1.00	2	2		
		Adult	حشره کامل 58.29	1.11	2	2		
هاروست کوئین Harvest Queen		NPI	Egg	تخم 97.59	0.01	2	2	
			Nymph	پوره 97.70	0.09	2	2	
			Adult	حشره کامل 97.24	0.12	2	2	
		M*	Egg	تخم 69.86	2.14	2	2	
			Nymph	پوره 172.93	10.04	2	2	
			Adult	حشره کامل 24.00	0.63	2	2	

Table 5. Continued

ادامه جدول ۵ -

رتبه آنتی زنوزی Antixenosis rank	رقم شاخص CultivarIndex	شاخص Development stage	مرحله رشدی Mean	میانگین Standard .deviation	تعداد معتبر در فهرست Valid number in the lis	
					وزنی Unweighted	غیر وزنی Weighted
3.00	AI	Egg	تخم 0.76	a	1	1
		Nymph	پوره 0.87	a	1	1
		Adult	حشره کامل 0.78	a	1	1
		Egg	تخم 2.29	a	1	1
		Nymph	پوره 2.88	a	1	1
		Adult	حشره کامل 2.38	a	1	1
	RAER	Egg	تخم 38.00	a	1	1
		Nymph	پوره 43.46	a	1	1
		Adult	حشره کامل 38.83	a	1	1
		Egg	تخم 98.78	a	1	1
		Nymph	پوره 98.47	a	1	1
		Adult	حشره کامل 98.74	a	1	1
	PI	Egg	تخم 39.01	a	1	1
		Nymph	پوره 139.30	a	1	1
		Adult	حشره کامل 12.03	a	1	1
		Egg	تخم 0.99	0.04	5	5
		Nymph	پوره 0.99	0.03	5	5
		Adult	حشره کامل 0.95	0.08	5	5
	NPI	Egg	تخم 3.68	0.28	5	5
		Nymph	پوره 3.65	0.22	5	5
Adult		حشره کامل 3.40	0.56	5	5	
Egg		تخم 49.66	1.86	5	5	
Nymph		پوره 49.47	1.52	5	5	
Adult		حشره کامل 47.50	3.79	5	5	
M*	Egg	تخم 98.04	0.15	5	5	
	Nymph	پوره 98.06	0.12	5	5	
	Adult	حشره کامل 98.19	0.30	5	5	
	Egg	تخم 58.30	3.30	5	5	
	Nymph	پوره 149.14	4.47	5	5	
	Adult	حشره کامل 16.13	2.12	5	1	

a: داده ها کافی نبود. AI، M*، RAER، NPI و PI به ترتیب نشان دهنده: شاخص جذب، شاخص تجمع، نرخ فراوانی نسبی استقرار، شاخص عدم رجحان و شاخص شیوع می باشند.

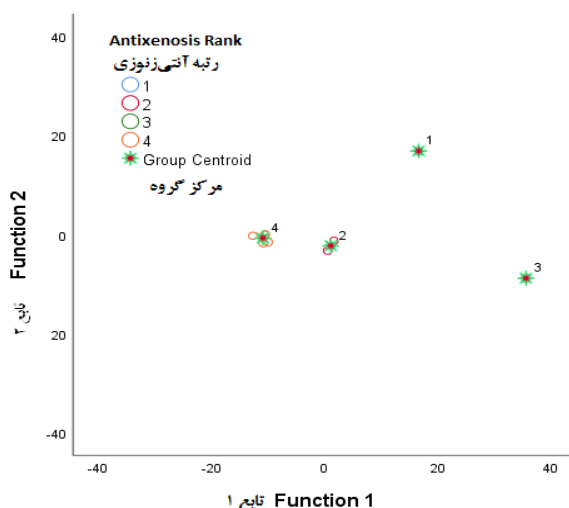
AI, M*, RAER, NPI and PI represent: Attraction index, Mean crowding intensity, Relative abundance establishment rate, Non-preference index and Prevalence index, respectively.

۵۸/۳۰، ۱۴۹/۱۴ و ۱۶/۱۳، نرخ فراوانی نسبی استقرار تخم، پوره و حشره کامل به ترتیب ۳/۶۸، ۳/۶۵ و ۳/۴۰، شاخص عدم رجحان تخم، پوره و حشره کامل به ترتیب ۹۸/۰۴، ۹۸/۰۶ و ۹۸/۱۹ و شاخص شیوع تخم، پوره و حشره کامل به ترتیب ۴۹/۶۶، ۴۹/۴۷ و ۴۷/۵۰ بود (جدول ۵). سایر

در نهایت مقاوم ترین ارقام گلابی به پسایل گلابی در خوشه چهارم قرار گرفتند. این ارقام شامل کوشیا، بوهمه، سبری، نطنزی و پوتوماک بودند (جدول ۵). شاخص جذب تخم، پوره و حشره کامل به ترتیب ۰/۹۹، ۰/۹۹ و ۰/۹۵، شاخص تجمع تخم، پوره و حشره کامل به ترتیب

حاکی از آن بود که روش وارد (Ward) توانست رقم‌های گلابی را با احتمال صحت ۹۸/۲ درصد گروه‌بندی کند و تفاوت بین ارقام را نشان دهد (شکل ۴).

اطلاعات مربوط به گروه‌های ارقام گلابی در جدول ۵ ارائه شده است. مقایسه دندروگرام حاصل از تجزیه خوشه‌ای با استفاده از تجزیه تابع تشخیص خطی فیشر



شکل ۴- بررسی دقت گروه بندی ارقام گلابی بر اساس شاخص‌های مقاومت آنتی زنوزی با استفاده از تجزیه تابع تشخیص کانونی

Fig. 4. Assessment of accuracy of pear cultivars grouping based on antixenosis resistance indices using canonical discriminant function analysis

همبستگی بین خصوصیات رویشی و شاخص‌های مقاومت آنتی زنوزی در جدول ۶ ارائه شده است. در میان شاخص‌های آنتی زنوزی مورد بررسی شاخص جذب تخم، پوره و حشره کامل، نرخ فراوانی نسبی استقرار تخم، پوره و حشره کامل، شاخص عدم رجحان تخم، پوره و حشره کامل، شاخص عدم رجحان تخم، پوره و حشره کامل به ترتیب دارای بیشترین ضرایب همبستگی معنی دار با تراکم کرک در یک سوم بالایی شاخه و شاخص تجمع تخم،

تابع اول ۸۳/۷ درصد از واریانس را در بر داشت (شکل ۴). مقدار لامبدای ویلکس هرچقدر به طرف صفر میل کند نشان دهنده مناسب تر بودن تابع در تفکیک گروه‌ها است. تابع اول دارای پایین ترین لامبدای ویلکس (۰/۰۰۰۱) بود و نسبت به تابع دوم مناسب تر بود.

خصوصیات رویشی و زایشی ارقام گلابی

ارتباط بین خصوصیات رویشی و زایشی ارقام گلابی با بروز سازگار مقاومت آنتی زنوزی نسبت به پسیل گلابی بررسی شد. ضرایب

پوره و حشره کامل دارای بیشترین ضریب همبستگی معنی دار با شاخه‌زایی بودند (جدول ۶). بنابراین، این خصوصیات در بروز مقاومت آنتی‌زنوزی در ارقام گلابی بیشتر مؤثر بودند.

جدول ۶- ضرایب همبستگی بین خصوصیات رویشی با شاخص‌های مقاومت آنتی‌زنوزی ارقام گلابی نسبت به پسپل گلابی

Table 6. Correlation coefficients vegetative characteristics and antixenosis resistance indices of pear cultivars to pear psylla

Development Index	Stage	مرحله نمو	ضرایب همبستگی											
			GS	B	GH	CTS	GOB	LOB	DCPS	STTB	NL	PVB	ABT	HD
AI	Egg	تخم	-0.11	-0.24	0.39	-0.02	-0.53	-0.14	0.39	0.24	0.55	-0.39	-0.59	-0.30
	Nymph	پوره	-0.27	-0.41	0.51	0.06	-0.54	-0.25	0.38	0.29	0.66	-0.41	-0.46	-0.27
	Adult	حشره کامل	-0.36	-0.32	0.37	0.01	-0.43	-0.33	0.53	0.37	0.46	-0.21	-0.41	-0.50
RAER	Egg	تخم	-0.21	-0.35	0.44	0.02	-0.52	-0.23	0.38	0.26	0.62	-0.39	-0.58	-0.30
	Nymph	پوره	-0.29	-0.39	0.50	0.01	-0.55	-0.26	0.42	0.31	0.63	-0.49	-0.43	-0.31
	Adult	حشره کامل	-0.41	-0.34	0.35	0.03	-0.44	-0.36	0.58	0.29	0.46	-0.19	-0.34	-0.52
PI	Egg	تخم	-0.11	-0.24	0.39	-0.02	-0.53	-0.14	0.42	0.27	0.55	-0.36	-0.51	-0.30
	Nymph	پوره	-0.27	-0.41	0.52	0.04	-0.54	-0.25	0.43	0.31	0.66	-0.49	-0.46	-0.27
	Adult	حشره کامل	-0.35	-0.32	0.35	0.02	-0.43	-0.33	0.51	0.35	0.46	-0.18	-0.42	-0.50
NPI	Egg	تخم	0.23	0.40	-0.48	-0.04	0.50	0.25	-0.44	-0.21	-0.65	0.39	0.53	0.27
	Nymph	پوره	0.31	0.53	-0.57	-0.09	0.48	0.31	-0.36	-0.28	-0.72*	0.45	0.47	0.22
	Adult	حشره کامل	0.42	0.45	-0.43	-0.08	0.41	0.39	-0.51	-0.30	-0.56	0.26	0.44	0.44
M*	Egg	تخم	0.37	0.86**	-0.51	-0.52	-0.28	0.40	0.25	0.29	-0.59	0.02	0.18	-0.46
	Nymph	پوره	0.42	0.90**	-0.65*	-0.50	-0.02	0.46	0.18	0.01	-0.85**	0.17	0.49	-0.32
	Adult	حشره کامل	-0.01	0.60	-0.44	-0.45	-0.26	0.09	0.58	0.28	-0.48	0.09	0.15	-0.762*

* و **: به ترتیب معنی دار در سطح احتمال پنج درصد و یک درصد.

* and **: Signaificant at the 5% and 1% probability levels, respectively.

AI، M*، RAER، NPI و PI به ترتیب نشان دهنده: شاخص جذب، شاخص تجمع، نرخ فراوانی نسبی استقرار، شاخص عدم رجحان و شاخص شیوع می‌باشند.

خصوصیات رویشی نیز شامل: قدرت رشد (GS)، شاخه‌زایی (B)، عادت رشد (GH)، وضعیت پوست تنه (CTS)، رشد شاخه یکساله (GOB)، طول میانگره شاخه یکساله (LOB)، رنگ غالب قسمت رو به آفتاب (DCPS)، شکل نوک جوانه انتهایی (STTB)، تعداد عدسک (NL)، موقعیت رشد جوانه رویشی نسبت به شاخه (PVB)، رنگیزه آنتوسیانین نوک شاخه (ABT)، تراکم کرک در یک سوم بالایی (HD) می‌باشند.

AI, M*, RAER, NPI and PI represent: Attraction index, Mean crowding intensity, Relative abundance establishment rate, Non-preference index and Prevalence index, respectively.

Vegetative characteristics are: Growth vigour (GS), Branching (B), Growth habit (GH), Trunk skin condition (CTS), Annual branch growth (GOB), Annual branch internode length (LOB), Dominant color of the part facing the sun (DCPS), Shape of the terminal bud tip (STTB), Number of lentils (NL), Growth position of the vegetative bud relative to the branch (PVB), Anthocyanin pigment of the branch tip (ABT), Hair density on the upper third part (HD)

جدول ۷ ارائه شده است. در میان شاخص‌های آنتی‌زنوزی مورد بررسی شاخص جذب تخم،

بررسی ضرایب همبستگی بین خصوصیات برگ و شاخص‌های مقاومت آنتی‌زنوزی در

پوره، شاخص جذب حشره کامل، نرخ فراوانی نسبی استقرار تخم و پوره، نرخ فراوانی نسبی استقرار حشره کامل، شاخص عدم رجحان تخم، پوره و حشره کامل، شاخص شیوع تخم، پوره و حشره کامل، شاخص تجمع تخم، پوره و حشره کامل به ترتیب بیشترین ضرایب همبستگی معنی‌دار با فاصله گوشوارک از قاعده دمبرگ، طول برگ، فاصله گوشوارک از قاعده دمبرگ، نسبت طول به عرض برگ، فاصله گوشوارک از قاعده دمبرگ، برش حاشیه نیمه بالایی، طول پهنک و موجدار بودن محور طولی برگ را داشتند (جدول ۷). بنابراین، این خصوصیات برگ در بروز مقاومت آنتی‌زنوزی در ارقام گلابی بیشتر مؤثر بودند.

جدول ۷- ضرایب همبستگی بین خصوصیات برگ با شاخص‌های مقاومت آنتی‌زنوزی ارقام گلابی نسبت به پسیل گلابی

Table 7. Correlation coefficients between leaf characteristics and antixenosis resistance indices of pear cultivars to pear psylla

شاخص Index	Development stage	مرحله نمو	ضرایب همبستگی Correlation coefficients											
			LS	LL	LW	L: W	LES	LTL	UHMC	MCD	LAW	PL	PP	DPP
AI	Egg	تخم	0.02	0.50	0.01	0.30	-0.31	-0.66	0.51	0.22	0.23	-0.11	-0.67*	-0.67*
	Nymph	پوره	0.19	0.50	0.01	0.29	-0.28	-0.49	0.59	0.23	0.16	-0.09	-0.45	-0.49
	Adult	حشره کامل	0.19	0.61	-0.09	0.50	-0.31	-0.43	0.53	0.20	0.29	-0.22	-0.43	-0.52
RAER	Egg	تخم	0.12	0.50	0.00	0.30	-0.35	-0.56	0.56	0.21	0.22	-0.14	-0.52	-0.57
	Nymph	پوره	0.19	0.52	0.00	0.33	-0.28	-0.46	0.61	0.25	0.19	-0.11	-0.43	-0.47
	Adult	حشره کامل	0.22	0.62	-0.10	0.53	-0.34	-0.35	0.57	0.23	0.28	-0.25	-0.38	-0.45
PI	Egg	تخم	0.02	0.50	0.01	0.30	-0.31	-0.66	0.51	0.22	0.25	-0.11	-0.64*	-0.67*
	Nymph	پوره	0.19	0.50	0.01	0.29	-0.28	-0.49	0.59	0.23	0.11	-0.09	-0.45	-0.49
	Adult	حشره کامل	0.19	0.61	-0.09	0.50	-0.32	-0.43	0.54	0.20	0.27	-0.22	-0.44	-0.52
NPI	Egg	تخم	-0.15	-0.48	-0.01	-0.29	0.33	0.54	-0.51	-0.19	-0.18	0.14	0.51	0.55
	Nymph	پوره	-0.26	-0.45	-0.01	-0.26	0.31	0.40	-0.59	-0.19	-0.09	0.12	0.34	0.39
	Adult	حشره کامل	-0.26	-0.57	0.09	-0.47	0.37	0.33	-0.56	-0.19	-0.24	0.25	0.32	0.41
M*	Egg	تخم	-0.54	0.31	-0.06	0.31	0.08	-0.43	-0.01	0.29	0.61	0.05	-0.57	-0.51
	Nymph	پوره	-0.47	0.21	0.03	0.17	0.31	-0.02	-0.09	0.19	0.49	0.16	-0.12	-0.07
	Adult	حشره کامل	-0.30	0.55	-0.22	0.66	-0.04	-0.25	0.08	0.29	.69*	-0.18	-0.41	-0.43

*: Significant at the 5% probability level.

*: معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد.

AI، M*، RAER، NPI و PI به ترتیب نشان‌دهنده: شاخص جذب، شاخص تجمع، نرخ فراوانی نسبی استقرار، شاخص عدم رجحان و شاخص شیوع می‌باشند.

خصوصیات برگ نیز شامل: طول پهنک برگ (LS)، طول برگ (LL)، عرض برگ (LW)، نسبت طول به عرض برگ (L: W)، شکل انتهایی برگ (LES)، طول نوک تیز برگ (LTL)، برش حاشیه نیمه بالایی (UHMC)، عمق برش حاشیه (MCD)، موجدار بودن محور طولی (LAW)، طول دمبرگ (PL)، وجود گوشوارک (PP)، فاصله گوشوارک از قاعده دمبرگ (DPP) می‌باشند.

AI, M*, RAER, NPI and PI represent: Attraction index, Mean crowding intensity, Relative abundance establishment rate, Non-preference index and Prevalence index, respectively.

Leaf characteristics are: Leaf shape (LS), Leaf length (LL), Leaf width (LW), Leaf length: width ratio (L: W), Leaf end shape (LES), Leaf tip length (LTL), Upper half margin cut (UHMC), Margin cut depth (MCD), Longitudinal axis waviness (LAW), Petiole length (PL), Presence of peduncle (PP), Distance from peduncle to petiole (DPP).

ارقام گلابی بیشتر مؤثر بودند.

با توجه به نتایج به دست آمده راهبرد آفت پسپیل گلابی برای انتخاب و پذیرش میزبان دو فرآیند پیوسته می باشند که عدم وقوع هریک از آنها منجر به بروز مقاومت آنتی زنوزی می شود (شکل ۵). انتخاب میزبان در پسپیل گلابی توسط حشرات کامل زمستانگذران صورت می گیرد. انتخاب ارقام گلابی مناسب در ابتدای فصل بهار و نسل های مختلف پسپیل گلابی در دوره فعالیت آن تا شروع مرحله زمستان گذرانی بعدی نقش مهمی در بقای مراحل مختلف رشدی آفت دارد. دو عامل اصلی که منجر به قرار گرفتن پسپیل در نقطه ای خارج از مناسب ترین شرایط میزبانی و میزبان گزینی می شوند شامل ظهور در جامعه ارقام گیاهی فقیر (از نظر کیفیت میزبانی و دارای نوعی مقاومت) و پراکندگی حشرات کامل پسپیل گلابی به زیستگاه دیگر در اثر عوامل زیست محیطی کاهنده جمعیت است (Cooper et al., 2019). ترجیح میزبان در مرحله جستجو یک عامل اصلی در انتخاب نوع رقم است. در این مرحله ارقام گلابی نه به این دلیل که ترجیح داده شده است بلکه به این دلیل که در دسترس هستند توسط حشره کامل مورد حمله قرار می گیرند. عادات پرواز و محل زمستان گذرانی پسپیل گلابی و همچنین سادگی در دستیابی به منابع غذایی حشرات کامل در ترجیح رقم نقش دارند. در مرحله میزبانیابی پسپیل گلابی شاخص جذب حشره کامل بیشتر از سایر عوامل تعیین کننده است.

بررسی ضرایب همبستگی بین خصوصیات گل و شاخص های مقاومت آنتی زنوزی در جدول ۸ ارائه شده است. در میان شاخص های مورد بررسی شاخص جذب تخم، پوره و حشره کامل به ترتیب با عرض گلبرگ، طول دمگل و فراوانی گل، نرخ فراوانی نسبی استقرار تخم، پوره و حشره کامل به ترتیب با عرض گلبرگ، تعداد کاسبرگ و مکان جوانه گل، شاخص عدم رجحان تخم، پوره و حشره کامل به ترتیب با مکان جوانه گل و فراوانی گل، شاخص شیوع تخم، پوره و حشره کامل به ترتیب با طول جوانه گل و مکان جوانه گل و شاخص تجمع تخم، پوره و حشره کامل به ترتیب با زمان گل دهی، مکان جوانه گل و تعداد گلبرگ بیشترین ضرایب همبستگی معنی دار را داشتند (جدول ۸). بنابراین، این خصوصیات در بروز مقاومت آنتی زنوزی در ارقام گلابی مؤثرتر بودند. بررسی ضرایب همبستگی بین خصوصیات میوه و شاخص های مقاومت آنتی زنوزی در جدول ۹ ارائه شده شده است. در میان شاخص مورد بررسی شاخص جذب تخم، پوره و حشره کامل، نرخ فراوانی نسبی استقرار تخم، پوره و حشره کامل، شاخص عدم رجحان تخم، پوره و حشره کامل، شاخص شیوع شاخص تخم، پوره و حشره کامل بیشترین ضرایب همبستگی با سفتی بافت میوه را دارا بودند (جدول ۹). شاخص تجمع تخم، پوره و حشره کامل به ترتیب بیشترین ضرایب همبستگی معنی دار با وزن و حجم میوه را داشتند. بنابراین، این خصوصیات در بروز مقاومت آنتی زنوزی در

جدول ۸- ضرایب همبستگی بین خصوصیات گل و شاخص‌های مقاومت آنتی‌زنوزی ارقام گلابی نسبت به پسیل گلابی

Table 8. Correlation coefficients between flower characteristics and antixenosis resistance indices of pear cultivars to pear psylla

شاخص Index	Development stage	مرحله نمو	ضرایب همبستگی Correlation coefficients														
			FBL	FBle	SL	PS	PL	FT	FO	FF	FS	NS	SC	NP	PW	FOFD	PL
AI	Egg	تخم	-0.55	-0.80**	-0.14	-0.14	-0.06	0.65	0.31	0.61	-0.60	-0.55	-0.72*	0.26	-0.715*	-0.03	-0.63
	Nymph	پوره	-0.72*	-0.62	0.02	-0.14	0.01	0.73	0.58	0.64	-0.39	-0.71*	-0.64*	0.23	-0.55	0.19	-0.77*
	Adult	حشره کامل	-0.53	-0.62	0.09	-0.15	0.03	0.48	0.43	0.69*	-0.43	-0.55	-0.65	0.33	-0.49	0.09	-0.62
RAER	Egg	تخم	-0.69*	-0.10*	-0.04	-0.13	0.00	0.67	0.50	0.65*	-0.49	-0.63	-0.69*	0.24	-0.63	0.08	-0.71*
	Nymph	پوره	-0.75*	-0.61	0.03	-0.17	0.01	0.69	0.57	0.64	-0.38	-0.71*	-0.64	0.26	-0.53	0.19	-0.75*
	Adult	حشره کامل	-0.61	-0.56	0.13	-0.17	0.04	0.46	0.48	0.71*	-0.36	-0.57	-0.59	0.34	-0.43	0.13	-0.63
PI	Egg	تخم	-0.53	-0.80**	-0.14	-0.14	-0.06	0.65	0.37	0.61	-0.60	-0.55	-0.73*	0.26	-0.715*	-0.03	-0.63
	Nymph	پوره	-0.71*	-0.62	0.02	-0.14	0.01	0.73	0.59	0.63	-0.39	-0.71*	-0.65*	0.23	-0.55	0.19	-0.77*
	Adult	حشره کامل	-0.52	-0.62	0.09	-0.15	0.03	0.48	0.47	0.69*	-0.43	-0.55	-0.63	0.33	-0.49	0.09	-0.62
NPI	Egg	تخم	0.68*	0.68*	0.01	0.10	-0.02	-0.70	-0.13	-0.68*	0.45	0.65	0.71*	-0.21	0.61	-0.13	0.75*
	Nymph	پوره	0.81**	0.54	-0.10	0.08	-0.07	-0.77*	-0.69*	-0.68*	0.27	0.75*	0.62	-0.16	0.47	-0.30	0.85**
	Adult	حشره کامل	0.69*	0.53	-0.17	0.11	-0.08	-0.56	-0.57	-0.72*	0.30	0.63	0.58	-0.26	0.42	-0.22	0.73*
M*	Egg	تخم	0.65*	-0.49	-0.54	-0.47	-0.44	-0.88**	-0.76*	-0.29	-0.73*	0.42	-0.02	0.59	-0.40	-0.80**	0.68*
	Nymph	پوره	0.81**	-0.02	-0.40	-0.39	-0.47	-0.88**	-0.84**	-0.59	-0.37	0.62	0.28	0.57	0.02	-0.76*	0.92**
	Adult	حشره کامل	0.39	-0.43	-0.25	-0.46	-0.31	-0.67	-0.46	0.00	-0.59	0.24	-0.08	0.69*	-0.27	-0.56	0.44

* and **: Significant at the 5% and 1% probability levels, respectively.

* و **: به ترتیب معنی دار در سطح احتمال پنج درصد و یک درصد.

AI، M*، RAER، NPI و PI به ترتیب نشان دهنده: شاخص جذب، شاخص تجمع، نرخ فراوانی نسبی استقرار، شاخص عدم رجحان و شاخص شیوع می‌باشند. خصوصیات گل شامل: مکان جوانه گل (FBL)، طول جوانه گل (FBle)، طول کاسبرگ (SL)، اندازه گلبرگ (PS)، طول ناخنک (PL)، زمان گلدهی (FT)، نظم گلدهی (FO)، فراوانی گلدهی (FF)، اندازه گل (FS)، تعداد کاسبرگ (NS)، رنگ کاسبرگ (SC)، تعداد گلبرگ (NP)، عرض گلبرگ (PW)، قطر گل کاملاً باز (FFD)، طول دم گل (PL) می‌باشند.

AI, M*, RAER, NPI and PI represent: Attraction index, Mean crowding intensity, Relative abundance establishment rate, Non-preference index and Prevalence index, respectively.

Flower characteristics are: Flower bud location (FBL), Flower bud length (FBle), Sepal length (SL), Petal size (PS), Pterygium length (PL), Flowering time (FT), Flowering order (FO), Flowering frequency (FF), Flower size (FS), Number of sepals (NS), Sepal color (SC), Number of petals (NP), Petal width (PW), Fully opened flower diameter (FOFD), Pedicle length (PL)

جدول ۹- ضرایب همبستگی بین خصوصیات میوه و شاخص های مقاومت آنتی زنوزی ارقام گلابی نسبت به پسپل گلابی

Table 9. Correlation coefficients between fruits characteristics and antixenosis resistance indices of pear cultivars to pear psylla.

شاخص Index	Development stage	مرحله نمو	ضرایب همبستگی Correlation coefficients								
			L	MD	L: D	TL	TT	FF	RT	W	V
AI	Egg	تخم	-0.57	0.52	-0.25	-0.35	-0.27	-0.65	-0.47	-0.27	0.39
	Nymph	پوره	-0.57	0.45	-0.36	-0.32	-0.09	-0.63	-0.35	-0.04	0.52
	Adult	حشره کامل	-0.47	0.37	-0.24	-0.49	-0.14	-0.57	-0.49	-0.12	0.41
RAER	Egg	تخم	-0.59	0.45	-0.30	-0.34	-0.17	-0.65	-0.41	-0.14	0.46
	Nymph	پوره	-0.53	0.43	-0.33	-0.33	-0.07	-0.63	-0.35	-0.05	0.49
	Adult	حشره کامل	-0.43	0.31	-0.22	-0.49	-0.08	-0.57	-0.45	-0.07	0.40
PI	Egg	تخم	-0.57	0.52	-0.25	-0.35	-0.27	-0.65	-0.47	-0.27	0.39
	Nymph	پوره	-0.57	0.45	-0.36	-0.32	-0.09	-0.63	-0.35	-0.04	0.52
	Adult	حشره کامل	-0.47	0.37	-0.24	-0.49	-0.14	-0.57	-0.49	-0.12	0.41
NPI	Egg	تخم	0.62	-0.44	0.34	0.33	0.14	0.65	0.38	0.10	-0.50
	Nymph	پوره	0.61	-0.40	0.43	0.29	0.01	0.62	0.26	-0.08	-0.59
	Adult	حشره کامل	0.51	-0.32	0.32	0.45	0.03	0.58	0.38	-0.01	-0.48
M*	Egg	تخم	0.45	0.16	0.68*	-0.21	-0.50	-0.03	-0.57	-0.85**	-0.65
	Nymph	پوره	0.69*	-0.09	0.69*	-0.13	-0.35	0.36	-0.28	-0.58	-0.74*
	Adult	حشره کامل	0.40	0.12	0.55	-0.45	-0.32	-0.13	-0.65	-0.65	-0.48

*: Signaificant at the 5% probability level.

*: معنی دار در سطح احتمال پنج درصد.

AI, M*, RAER, NPI و PI به ترتیب نشان دهنده: شاخص جذب، شاخص تجمع، نرخ فراوانی نسبی استقرار، شاخص عدم رجحان و شاخص شیوع می باشند.

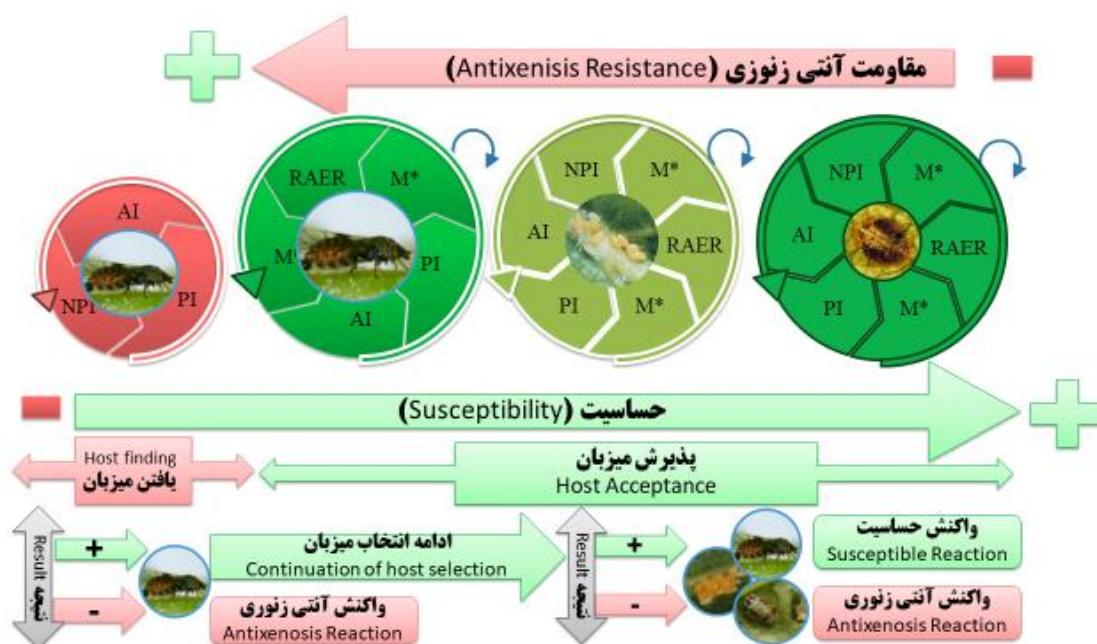
خصوصیات میوه شامل: طول (L)، بیشترین قطر (MD)، نسبت طول به قطر (L/D)، طول دم میوه (TL)، ضخامت دم (TT)، سفتی گوشت (FF)، تغییرات زمان رسیدن (RT)، وزن (W) و حجم (V) می باشند.

AI, M*, RAER, NPI and PI represent: Attraction index, Mean crowding intensity, Relative abundance establishment rate, Non-preference index and Prevalence index, respectively.

Fruit characteristics are: Length (L), Maximum diameter (MD), Length: diameter ratio (L: D), Tail length (TL), Tail thickness (TT), Flesh firmness (FF), Variation in ripening time (RT), Weight (W), Volume (V).

مقاومت می تواند به دلیل کاهش مقدار یا مدت تغذیه، منجر به گرسنگی شود و یا به دلیل ترکیبات سمی مستقیم مانند فنول ها و یا سایر مواد شیمیایی گیاهی مرتبط با ژنوتیپ های مقاوم باشد. این خصوصیات می توانند به سرعت در اثر تحریک گیاه میزبان تحت تأثیر تغذیه پسپل گلابی به سرعت ایجاد شوند

مقاومت آنتی زنوزی ارقام گلابی به پوره پسپل گلابی، بلافاصله پس از شروع دوره پورگی آشکار می شود. این نوع مقاومت به جمعیت پوره های آفت و عدم استقرار آنها مرتبط است. یافته های پژوهش حاضر مشابه نتایج مطالعات قبلی روی سایر ارقام گلابی بود (Nin et al., 2012; Puterka, 1997). این نوع



شکل ۵- فرایند شکل گیری مقاومت آنتی زنوزی در ارقام گلابی نسبت به پسیل گلابی در مراحل میزبان یابی و پذیرش میزبان به ترتیب توسط حشره کامل، تخم و پوره

Fig. 5. Formation process of antixenosis resistance in pear cultivars to pear psylla in host-finding and host-accepting stages by adult, egg and nymph, respectively.

AI، M*، RAER، NPI و PI به ترتیب نشان دهنده: شاخص جذب، شاخص تجمع، نرخ فراوانی نسبی، شاخص عدم رجحان و شاخص شیوع می باشند.

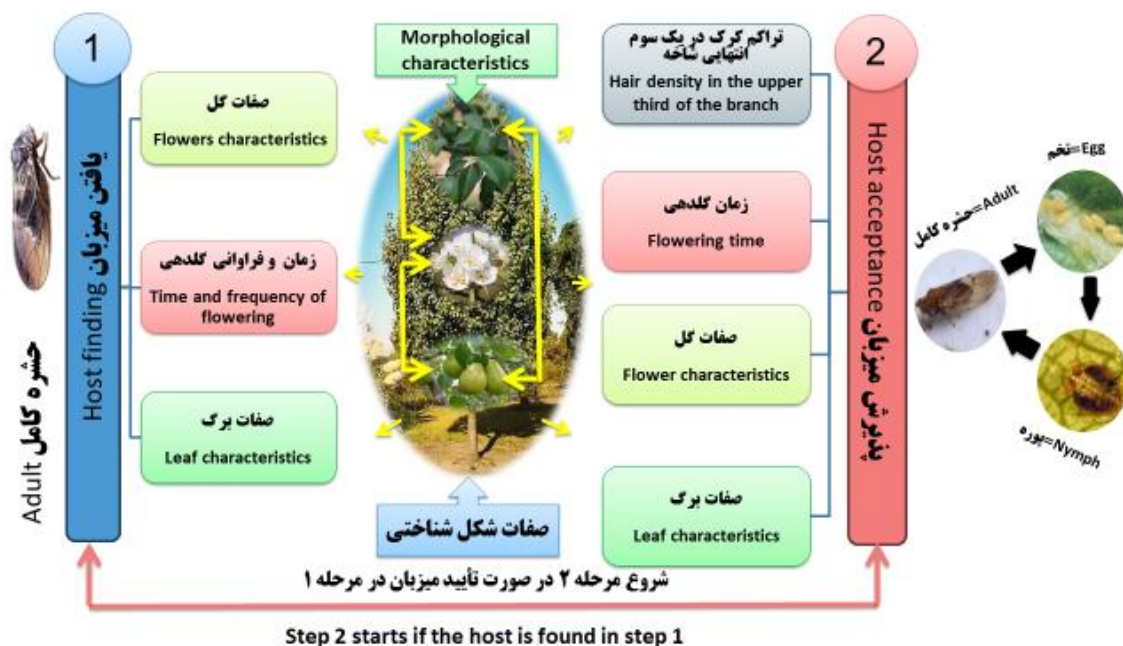
AI، M*، RAER، NPI and PI represent: Attraction index, Mean crowding intensity, Relative abundance establishment rate, Non-preference index and Prevalence index, respectively.

گل و میوه ارقام گلابی از نظر عدم ترجیح میزبانی حشره کامل و تخم گذاری با کمک شاخص های مقاومت آنتی زنوزی مکمل مورد بررسی قرار گرفت. افزایش خصوصیات موثر بر مقاومت آنتی زنوزی میزبان بر اساس کاهش شاخص جذب منجر به افزایش زمان صرف شده در فعالیت های تخم گذاری، کاهش نرخ تخم گذاری و در نتیجه کاهش جذابیت میزبان برای تخم گذاری و به دنبال آن کاهش جمعیت پوره در ارقام مقاوم تر شد. بخشی از فعالیت

(Scutareanu *et al.*, 1999). سازکار مشابهی که بر استقرار پوره های پسیل گلابی تأثیر می گذارد، مسئول مقاومت آنتی زنوزی در مرحله تخم گذاری نیز می باشد. در مطالعه مشابهی تأثیر رفتار جذب و استقرار حشرات کامل در ارقام گلابی Bacui-1، NY10352، Karamanlika و Bacui-2 بررسی شد (Horton and Krysan, 1990, 1991) که نتایج آن با نتایج پژوهش حاضر هم خوانی دارد. در پژوهش حاضر اثر خصوصیات رشدی،

تخم‌گذاری که منجر به تغییرات نرخ استقرار نسبی شد با افزایش شاخص عدم ترجیح میزبانی به تدریج کاهش یافت. در مرحله میزبان‌یابی حشره کامل پس‌یل گلابی باید به طور تصادفی یک زیستگاه را جستجو کند تا زمانی که با یکی از محرک‌های مهم در انتخاب رقم مواجه شود. محرک‌های شکل‌شناختی ارقام گلابی برای میزبان‌یابی شامل خصوصیات مختلف رشدی درخت، برگ، گل و گلدهی بود (شکل ۶) پس‌یل گلابی به ندرت بلافاصله پس از تماس با برگ فعالیت

تخم‌گذاری را آغاز می‌کند. بلکه، شاخص‌های مقاومت آنتی‌زنوزی مربوط به مرحله پوره ارتباط بیشتری با شاخص‌های مقاومت آنتی‌زنوزی در مرحله حشره کامل داشتند. بنابراین، نتایج نشان پژوهش حاضر نشان می‌دهد که علائم گیاهی دریافت‌شده در تماس اولیه حشره برای شروع فعالیت تخم‌گذاری کافی نیست، اما علائم گیاهی دریافت‌شده در طول فصل فعالیت حشره کامل، در نهایت بر میزان تخم‌گذاری و جمعیت پوره تأثیر گذاشت.



شکل ۶- اثر خصوصیات ریخت‌شناختی ارقام گلابی بر سازکار میزبان‌یابی و پذیرش میزبان در مراحل مختلف نمو پس‌یل گلابی

Fig. 6. Effect of morphological characteristics of pear cultivars on the mechanism of host finding and host acceptance in different developmental stages of pear psylla

ویژگی‌های کیفیت میوه نیز در بروز مقاومت نسبت به پسیل گلابی مهم گزارش شده است (Bell, 2014). نتایج مشابه از رفتارهای این آفت روی ارقام و ژنوتیپ‌های مشتق شده از "NY10353" گزارش شده است (Pasqualini *et al.*, 2006). رفتار جستجوگری و استقرار حشرات کامل و پوره‌های *C. pyri* نیز بررسی شده و نتایج مشابهی در سایر ارقام گلاب حاصل شده است (Bell, 2013). بر این اساس در سال‌های اخیراً منبع جدیدی از مقاومت آنتی‌زنوزی به پسیل گلابی از تلاقی گونه‌های آسیایی *Pyrus × bretschneideri* به دست آمده است (Montanari *et al.*, 2015).

ویژگی‌های کیفیت میوه نیز در بروز مقاومت نسبت به پسیل گلابی مهم گزارش شده است (Bell, 2014). نتایج مشابه از رفتارهای این آفت روی ارقام و ژنوتیپ‌های مشتق شده از "NY10353" گزارش شده است (Pasqualini *et al.*, 2006). رفتار جستجوگری و استقرار حشرات کامل و پوره‌های *C. pyri* نیز بررسی شده و نتایج مشابهی در سایر ارقام گلاب حاصل شده است (Bell, 2013). بر این اساس در سال‌های اخیراً منبع جدیدی از مقاومت آنتی‌زنوزی به پسیل گلابی از تلاقی گونه‌های آسیایی *Pyrus × bretschneideri* به دست آمده است (Montanari *et al.*, 2015).

در دسترس بودن ارقام گلابی مقاوم به پسیل گلابی می‌تواند جایگزین خوبی برای کنترل شیمیایی این آفت باشد. براساس پژوهش‌های انجام شده، کنترل ژنتیکی مقاومت به پسیل گلابی یک صفت چند ژنی است (Dondini *et al.*, 2015). این سازکار ژنتیکی مقاومت به این آفت احتمال بروز

سپاسگزاری

نگارندگان بدینوسیله از پشتیبانی و مساعدت مدیریت محترم پژوهشکده میوه‌های معتدله و سردسیری و کارکنان ایستگاه تحقیقات باغبانی کمال شهر برای مساعدت همکاری در اجرای این پژوهش سپاسگزاری می‌کنند. همچنین از کارکنان، کارشناسان آزمایشگاه و اعضای هیأت علمی پژوهشکده میوه‌های معتدله و سردسیری که در در انجام این پژوهش و تدوین این نوشتار مساعدت و همفکری کردند، تشکر می‌نمایند.

تعارض منافع

نگارندگان اعلام می‌کنند که هیچ گونه تعارض منافی ندارند.

References

- Antônio, A.D.C., Silva, D.J.H.D., Picanço, M.C., Santos, N.T. and Fernandes, M.E.D.S. 2011. Tomato plant inheritance of antixenotic resistance to tomato leafminer. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 46, pp.74-80. DOI: 10.1590/S0100-204X2011000100010
- Asayesh, Z.M., Arzani, K., Mokhtassi-Bidgoli, A. and Abdollahi, H. 2023. Enzymatic and non-enzymatic response of grafted and ungrafted young European pear (*Pyrus communis* L.) trees to drought stress. *Scientia Horticulturae*, 310, p.111745. DOI: 10.1016/j.scienta.2022.111745

- Baldin, E.L.L., Cruz, P.L., Morando, R., Silva, I.F., Bentivenha, J.P.F., Tozin, L.R.S. and Rodrigues, T.M. 2017.** Characterization of antixenosis in soybean genotypes to *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) biotype B. *Journal of Economic Entomology*, 110(4), pp.1869-1876. DOI: 10.1093/jee/tox143
- Bell, R.L. 1992.** Additional East European *Pyrus* germplasm with resistance to pear psylla nymphal feeding. *HortScience*, 27(5), pp.412-413. DOI: 10.21273/HORTSCI.27.5.412
- Bell, R.L. and Puterka, G.L. 2003.** Modes of host plant resistance to pear psylla: a review. *Proceedings of the XI Eucarpia Symposium on Fruit Breeding and Genetics 663* (pp. 183-188). DOI: 10.17660/ActaHortic.2004.663.26
- Bell, R.L. 2013.** Inheritance of resistance to pear psylla nymphal feeding in pear (*Pyrus communis* L.) of European origin. *HortScience*, 48(4), pp.425-427. DOI: 10.21273/HORTSCI.48.4.425
- Bell, R.L. 2014.** Fruit quality of pear psylla-resistant parental germplasm. *HortScience*, 49(2), pp.138-140. DOI: 10.21273/HORTSCI.49.2.138
- Bell, R.L. 2015.** Effect of resistant and susceptible East European pears on development and mortality of the pear psylla, *Cacopsylla pyricola* (Förster). *HortScience*, 50(5), pp.661-665. DOI: 10.21273/HORTSCI.50.5.661
- Benedek, P., Szabó, T., Soltész, M., Szabó, Z. and Konrád-Németh, C. 2010.** Susceptibility of European pear genotypes in a gene bank to pear psylla damage and possible exploitation of resistant varieties in organic farming. *International Journal of Horticultural Science*, 16(3), pp.95-101. DOI: 10.31421/IJHS/16/3/904
- Braniște, N. and Militaru, M. 2007.** Germplasm fund of *Pyrus* sp. presently in ex situ Romanian collections. *In X International Pear Symposium 800* (pp. 497-502). DOI: 10.17660/ActaHortic.2008.800.63
- Civolani, S., Mirandola, D., Benetti, L., Finetti, L., Pezzi, M. and Bernacchia, G. 2022.** Effects of acibenzolar-s-methyl on the probing behaviour and mortality of *Cacopsylla pyri* on pear plants. *Insects*, 13(6), p.525. DOI: 10.3390/insects13060525
- Civolani, S., Soroker, V., Cooper, W.R. and Horton, D.R. 2023.** Diversity, biology, and management of the pear psyllids: a global look. *Annals of the Entomological Society of*

- America*, 116(2), p.saad025. DOI:10.1093/aesa/saad025
- Cooper, W.R. and Horton, D.R. 2017.** Elicitors of host plant defenses partially suppress *Cacopsylla pyricola* (Hemiptera: Psyllidae) populations under field conditions. *Journal of Insect Science*, 17(2), p.49. DOI:10.1093/jisesa/iex020
- Cooper, W.R., Horton, D.R., Wildung, M.R., Jensen, A.S., Thinakaran, J., Rendon, D., Nottingham, L.B., Beers, E.H., Wohleb, C.H., Hall, D.G. and Stelinski, L.L. 2019.** Host and non-host ‘whistle stops’ for psyllids: molecular gut content analysis by high-throughput sequencing reveals landscape-level movements of Psylloidea (Hemiptera). *Environmental entomology*, 48(3), pp.554-566. DOI: 10.1093/ee/nvz038
- Dondini, L., De Franceschi, P., Ancarani, V., Civolani, S., Fano, E.A. and Musacchi, S. 2015.** Identification of a QTL for psylla resistance in pear via genome scanning approach. *Scientia Horticulturae*, 197, pp.568-572. DOI: 10.1016/j.scienta.2015.10.018
- Ehteshami-Moinabadi, M. 2022.** Properties of fault zones and their influences on rainfall-induced landslides, examples from Alborz and Zagros ranges. *Environmental Earth Sciences*, 81(5), p.168. DOI: 10.1007/s12665-022-10283-2
- Frades, I. and Matthiesen, R. 2010.** Overview on techniques in cluster analysis. *Bioinformatics Methods in Clinical Research*, pp.81-107. DOI: 10.1007/978-1-60327-194-3_5
- Fraley, C. and Raftery, A.E. 2002.** Model-based clustering, discriminant analysis, and density estimation. *Journal of the American statistical Association*, 97(458), pp.611-631. DOI: 10.1198/016214502760047131
- Gogtay, N.J. and Thatte, U.M. 2017.** Principles of correlation analysis. *Journal of the Association of Physicians of India*, 65(3), pp.78-81.
- Hagh, F.T., Abdollahi, H., Ghasemi, A. and Fathi, D. 2011.** Vegetative and reproductive traits of some Iranian native pear (*Pyrus communis* L.) cultivars on DUS descriptor. *Seed and Plant Improvement Journal*, 27(1), pp.37-55. DOI: 10.22092/SPIJ.2017.111049
- Hamzehzarghani, H., Kushalappa, A.C., Dion, Y., Rioux, S., Comeau, A., Yaylayan, V., Marshall, W.D. and Mather, D.E. 2005.** Metabolic profiling and factor analysis to discriminate quantitative resistance in wheat cultivars against fusarium head blight.

- Physiological and Molecular Plant Pathology*, 66(4), pp.119-133. DOI: 10.1016/j.pmpp.2005.05.005
- Horton, D.R. and Krysan, J.L. 1990.** Probing and oviposition-related activity of summerform pear psylla (Homoptera: Psyllidae) on host and nonhost substrates. *Environmental entomology*, 19(5), pp.1463-1468. DOI: 10.1093/ee/19.5.1463
- Horton, D.R., Burts, E.C., Unruh, T.R., Krysan, J.L., Coop, L.B. and Croft, B.A. 1993.** Intraorchard changes in distribution of winterform pear psylla (Homoptera: Psyllidae) associated with leaf fall in pear. *Annals of the Entomological Society of America*, 86(5), pp.599-608. DOI: 10.1093/aesa/86.5.599
- Inayatullah, C., Webster, J.A. and Fargo, W.S. 1990.** Index for measuring plant resistance to insects. *Entomologist*, 109(3), pp.146-152.
- Krisnawati, A., Bayu, M.S.Y.I. and Adie, M.M. 2017.** Identification of soybean genotypes based on antixenosis and antibiosis to the armyworm (*Spodoptera litura*). *Nusantara Bioscience*, 9(2), pp.164-169. DOI: 10.13057/nusbiosci/n090210
- Machlitt, D. 1998.** Persea mite on avocados: quick field counting method. *Subtropical Fruit News*, 6, pp.1-4.
- Montanari, S., Guérif, P., Ravon, E., Denancé, C., Muranty, H., Velasco, R., Chagné, D., Bus, V.G., Robert, P., Percepied, L. and Durel, C.E. 2015.** Genetic mapping of *Cacopsylla pyri* resistance in an interspecific pear (*Pyrus* spp.) population. *Tree Genetics & Genomes*, 11, pp.1-14. DOI: 10.1007/s11295-015-0901-y
- Murray, K., Jepson, P.C. and Hedstrom, C. 2021.** Integrated pest management strategic plan for Oregon and Washington pears: Summary of a Workshop Held on March 5, 2020 in Hood River, Oregon. Oregon State University Extension Service. 80 pp.
- Reiczigel, J., Lang, Z., Rózsa, L. and Tóthmérész, B. 2005.** Properties of crowding indices and statistical tools to analyze parasite crowding data. *Journal of Parasitology*, 91(2), pp.245-252. DOI: 10.1645/GE-281R1
- Robert, P., Guérif, P., Lemoine, J. and Le Lézec, M. 2004.** Criblage de génotypes de "Pyrus" vis-à-vis de la résistance au psylle du poirier " *Cacopsylla pyri*" (L.). *Cahiers Agricultures*, 13(4), pp.349-354.

Scutareanu, P., Ma, Y., Claeys, M., Dommissse, R. and Sabelis, M.W. 1999. Induction of ap-coumaroyl trihydroxy triterpene acid in psylla-infested and Mechanically Damaged Pear Trees. *Journal of Chemical Ecology*, 25, pp.2177-2191. DOI: 10.1023/A:1021001209875

Štarhová Serbina, L., Corretto, E., Enciso Garcia, J.S., Berta, M., Giovanelli, T., Dittmer, J. and Schuler, H. 2023. Seasonal wild dance of dual endosymbionts in the pear psyllid *Cacopsylla pyricola* (Hemiptera: Psylloidea). *Scientific Reports*, 13(1), p.16038. DOI: 10.1038/s41598-023-43130-w

Tu, X.B., Fan, Y.L., McNeill, M. and Zhang, Z.H. 2018. Including predator presence in a refined model for assessing resistance of alfalfa cultivar to aphids. *Journal of Integrative Agriculture*, 17(2), pp.397-405. DOI: 10.1016/S2095-3119(17)61708-8

RESEARCH ARTICLE

Antixenosis Resistance of Pear Cultivars to Pear Psylla [*Cacopsylla pyricola* (Foerster)] under the Environmental Conditions of Karaj in Iran

M. Latifian^{1*} , H. Abdollahi² and R. Ghaemi³

1. Professor, Temperate Fruits Research Center, Horticultural Sciences Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Karaj, Iran.
2. Associate Professor, Temperate Fruits Research Center, Horticultural Sciences Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Karaj, Iran.
3. Assistant Professor, Nematology Research Department, Iranian Research Institute of Plant Protection, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Tehran, Iran.

ABSTRACT

Latifian, M., Abdollahi H., and Ghaemi, R. 2023. Antixenosis resistance of pear cultivars to pear psylla [*Cacopsylla pyricola* (Foerster)] under the environmental conditions of Karaj in Iran. *Seed and Plant*, 39, pp.495-526 (in Persian).

Pear psylla [*Cacopsylla pyricola* (Foerster)] is one of the most important pests affecting pear production. The main purpose of this research was to investigate the resistance of pear cultivars to pear psylla for recommendation in integrated pest management and national pear breeding programs. This research was carried out using randomized complete block design with four replications in Kamalshahr research station in Karaj, Iran, in four growing seasons from 2019 to 2023. Nine pear cultivars; Boheme, Shah Mieveh, Natanzi, Sebri, Dargazi, Louis Bonne, Harvest Queen, Potomac and Coscia. Data about psyllids population at different stages; eggs, nymphs, and dult, was collected and recorded at the peak of its activity, i.e., from early February to November, every seven days. Antixenosis resistance indices included; attraction index, mean crowding intensity, relative abundance establishment rate, non-preference index and prevalence index of eggs, nymphs and adults were calculated. Tree characteristics; form, one year old branches growth, leaves, flowers and fruits were examined. The results showed that the most resistant cultivars to pear psylla were; Cosia, Boheme, Sabri, Natanzi and Potomac. Attraction index was 0.99, 0.99 and 0.95, crowding intensity index was 58.30, 149.14 and 16.13, relative establishment rate was 3.68, 3.65 and 3.40 for egg, nymph and adult stages, respectively. Non-preference index was 98.04, 98.06 and 19.98 and the prevalence index was 49.66, 49.47 and 47.50 for egg, nymph and adult stages, respectively.

Keywords: Pear, Psylla, Host finding, Host acceptance, Cultivar sensitivity.

Introduction

Current management practices are sufficient to effectively control pear psylla (Murray *et al.*, 2021). In many countries, collections of pear cultivars have been established in some important pear-growing areas with a wide range of cultivars of national, local and foreign origin to evaluate resistance to diseases and pests (Braniste and Militaru, 2007). Antixenosis resistance of pear cultivars to pear psylla has been described with non-preferential egg laying. It has also been found that this type of resistance mechanism affects the size of the initial nymph population (Bell and Puterka, 2003). The main goal of this research was to investigate the details of the host preference and resistance mechanism of nine pear cultivars to pear psylla for recommendation in integrated pest management and national pear breeding programs.

Materials and Methods

This research was carried out using randomized complete block design with four replications in Kamalshahr research station in Karaj, Iran, in four growing seasons from 2019 to 2023. Nine pear cultivars; Boheme, Shah Miveh, Natanzi, Sebri, Dargazi, Beirut (Louis Bonne), Harvest Queen, Potomac and Coscia. Data about psyllid population at different stages; eggs, nymphs, and dult, was collected and recorded at the peak of its activity, i.e., from early February to November, every 7 days. Antixenosis resistance indices included; attraction index, mean crowding intensity, relative abundance establishment rate, non-preference index and prevalence index of eggs, nymphs and adults were calculated. Tree characteristics; form, one year old branches growth, leaves, flowers and fruits were examined. After testing normality of the data Kolmogorov-Smirnov test, analysis of variance was performed based on principles of random complete block design using IBM SPSS Statistics 27.0.1.0 software. For grouping pear cultivars based on the level of sensitivity to pear psylla, cluster analysis was employed. The relationship between characteristics of pear cultivars and antixenosis resistance indices was studied using correlation analysis. Factor analysis was performed to identify unobservable effective combined factors on resistance mechanism based on sets of observable indices. The accuracy of cluster analysis method was examined using linear discriminant analysis (LDA), normal discriminant analysis (NDA), or discriminant function analysis and Fisher's linear discriminant analysis.

Results and Discussion

Shah Miveh pear cultivar was the most sensitive cultivar to pear psylla. The most resistant cultivars to pear psylla were; Coscia, Boheme, Sebri, Natanzi and Potomac. Increase in host antixenosis properties based on reduction of attraction index led to increase in the time spent in egg-laying activities, decrease in the egg-laying rate, and as its consequences, decrease in attractiveness of the host for egg-laying in resistant pear

cultivars. In host-finding stage, adult psylla must randomly search in a habitat until it finds one of the important stimuli for selection of pear cultivars.

Morphological stimuli of pear cultivars for host-finding include different growth characteristics of the tree, flower, leaves and availability of host. Pear cultivars resistant to pear psylla can be good alternatives to chemical control and manage the pest. It has been reported that the genetic control of resistance to pear psylla is polygenic trait (Dondini *et al.*, 2015). This genetic mechanism reduces the possibility of the emergence of resistant biotypes of the pest, and rewards investing in development and use of resistant pear cultivars to psylla in integrated pest management and control. This approach is very important and eco-friendly.

References

- Bell, R.L. and Puterka, G.L. 2003.** Modes of host plant resistance to pear psylla: a review. *Proceedings of the XI Eucarpia Symposium on Fruit Breeding and Genetics* 663 (pp. 183-188). DOI: 10.17660/ActaHortic.2004.663.26
- Braniște, N. and Militaru, M. 2007.** Germplasm fund of *Pyrus* sp. presently in ex situ Romanian collections. *In X International Pear Symposium 800* (pp. 497-502). DOI: 10.17660/ActaHortic.2008.800.63
- Dondini, L., De Franceschi, P., Ancarani, V., Civolani, S., Fano, E.A. and Musacchi, S. 2015.** Identification of a QTL for psylla resistance in pear via genome scanning approach. *Scientia Horticulturae*, 197, pp.568-572. DOI: 10.1016/j.scienta.2015.10.018
- Murray, K., Jepson, P.C. and Hedstrom, C. 2021.** Integrated pest management strategic plan for Oregon and Washington pears: Summary of a Workshop Held on March 5, 2020 in Hood River, Oregon. Oregon State University Extension Service. 80 pp.

*Corresponding author: masoud_latifian@yahoo.com

Tel.: +982636702541

Received: 07 December 2023

Accepted: 17 January 2024



2023© Seed and Plant. This is an open access article distributed under Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0), which permits use, sharing, adaptation, distribution and reproduction in any medium or format, as long as you give appropriate credit to the original author(s) and the source.