



## مقاومت آنتی‌زنوزی ارقام گلابی به پسیل گلابی [*Cacopsylla pyricola* (Foerster)] در شرایط محیطی کرج

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

مسعود لطیفیان<sup>۱\*</sup>، حمید عبداللهی<sup>۲</sup> و راضیه قائمی<sup>۳</sup>

- 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: ۱۴۰۲/۰۱/۱۶ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۳/۲۷

#### 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 بدر ۳۹: -

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، لوئیزبون، 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، ۰/۹۵ و ۰/۹۸ شاخص تجمع ۵۸/۳۰، ۱۴۹/۱۴ و ۱۶/۱۳، نرخ فراوانی نسبی استقرار ۳/۶۸، ۳/۶۵ و ۳/۴۰، شاخص عدم رجحان ۹۸/۰۶، ۹۸/۱۹ 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 (F) 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 جفت گیری نکرده می گذراند. جمعیت زمستان گذران در پاییز از اواخر شهریور آغاز و در اواسط آبان، همزمان با ریزش برگ درختان گلابی به اوج خود می رسد. به محض مساعد شدن شرایط آب و هوایی، پسیل‌های زمستان گذران، خود را به انتهای شاخه‌های جوان تر رسانده و پس از تغذیه و جفت گیری تخم‌های خود در پایه جوانه‌ها قرار می دهند (Štarhová Serbina et al., 2023).

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

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

تحقیقات نشان داده است که حشرات کامل *C. pyricola* در تخم گذاری نسبت به فعالیت‌های میزبان گزینی انتخابی تر عمل می کنند، زیرا آنها توانایی میزبان گزینی و تغذیه از میزبان‌هایی مانند *Pyrus calleryana* Decne. و *Malus* spp. را دارند. اما تخم گذاری پسیل گلابی روی این میزبان‌ها مشاهده نشده است. این موضوع نشان می دهد که نشانه‌های گیاهی که

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 به پسیل گلابی برای استفاده در برنامه مدیریت تلفیقی آن و برنامه‌های به‌نژادی گلابی بود. بنابراین، با انتخاب چندین رقم برتر و

حالت 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 fauriei* Schneid.، *calleryana* Decne. و دورگ *Pyrus bretschnideri* Redh × *ussuriensis* Maxim گزارش شده است (Robert et al., 2004). گونه‌های جنس *Pyrus* با اندازه کوچک میوه و یا هیبریدهای بین‌گونه‌ای 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، در گزی، پیروتی (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 قیف‌اشنایدر 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

تجاری، 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، اسیدیته 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 در بررسی برای مقاومت آنتی‌زنوزی نسبت به پسیل گلابی

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

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



شکل ۱- عکس هایی از ارقام گلابی مورد استفاده در این پژوهش: بوهمه، شاه میوه، نطنزی، سبری، درگزی، لوییز بون، هاروست کوئین، 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)

( $M^* = M$  = 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).

$$RAER = \frac{\sum C_i}{\sum C_1 + \dots + \sum C_n} \quad (6)$$

در این رابطه  $C_i$  و  $C_n$  به ترتیب مجموع

تخم، پوره و حشره کامل - روز مؤثر در هر

مرحله نمونه‌برداری در رقم  $i$ ام تا رقم  $n$ ام در

طول فصل نمونه‌برداری و  $n$  تعداد دفعات

نمونه‌برداری 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

نمونه‌برداری  $t$  و  $E_{t+1}$ ،  $N_{t+1}$  و  $A_{t+1}$  به ترتیب

تراکم جمعیت تخم، پوره و حشره کامل در

نمونه‌برداری  $t+1$  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

نمونه‌برداری 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 بیشتر توسط حشره 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 (اریابی، 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 کولموگروف-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



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 خوشه ای قرار گرفت. جهت پردازش این داده‌ها نیاز به انتخاب معیاری مناسب جهت محاسبه شباهت بین متغیرها بود. این متغیرها شامل عامل‌های مشاهده ناپذیر ترکیبی مؤثر بر نوع شاخص‌های مقاومت بر پایه مجموعه شاخص‌های مشاهده پذیر و محاسبه شده استفاده شد. عامل، متغیر جدیدی است که از طریق ترکیب خطی نمره‌های اصلی شاخص‌های ارزیابی بر پایه فرمول زیر برآورد شد:

تجزیه واریانس شد. میانگین با استفاده از آزمون توکی در سطح احتمال پنج درصد مقایسه شدند. تحلیل عاملی برای تشخیص عامل‌های مشاهده ناپذیر ترکیبی مؤثر بر نوع سازگار مقاومت آنتی‌زنوزی بر پایه مجموعه شاخص‌های مشاهده پذیر 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 آنتی‌زنوزی تحت مطالعه است.

در این پژوهش از روش چرخش واریماکس برای تجزیه عاملی استفاده شد. روش واریماکس، رایج ترین روش چرخش غیر مورب در تحلیل عاملی است. هدف این چرخش، رسیدن به ساختار ساده با غیر مورب نگه داشتن محورهای عاملی می باشد. 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

با ترکیب‌های خطی بدست آمده نتیجه توصیف ویژگی‌های هر شاخص مقاومت آنتی‌زنوزی 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 (Hamzehzarghani et al., 2005).

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

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 (Gogtay and Statistics 27.0.1.0 بررسی شد (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 زیایشی 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 ثنوری تجزیه خوشه ای و با در نظر گرفتن معیارهای تعیین بهترین مکان برای خط برش براساس فاصله اقلیدسی (Euclidean Distance)، این موقعیت انتخاب گردید. براین 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 زوزی ارقام گلابی نسبت به پسیل گلابی

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

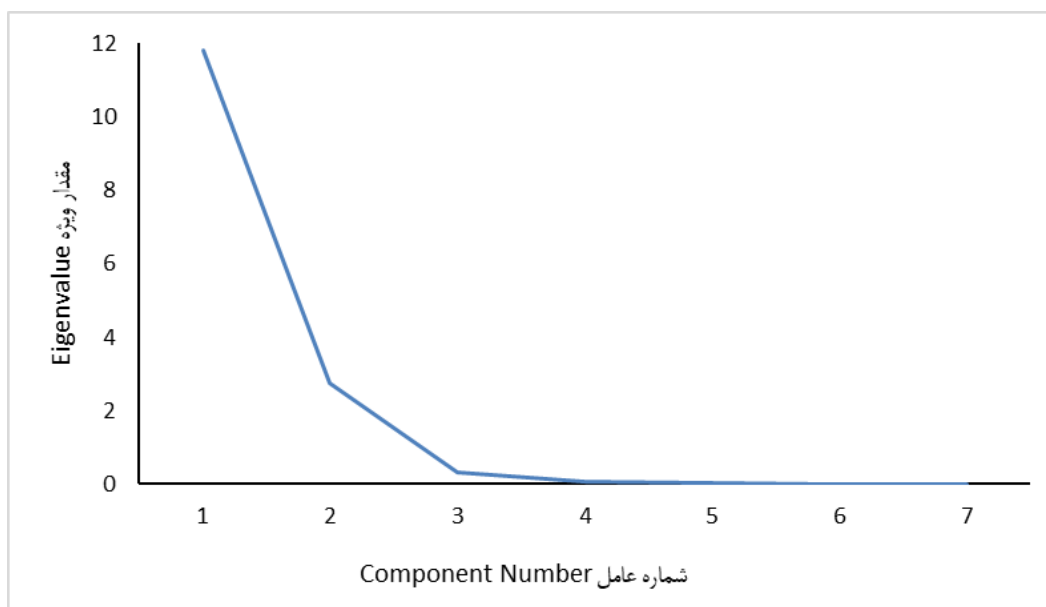
	AI			M*			RAER			NPI			PI		
	تخم Egg	پوره Nymph	حشره کامل Adult	تخم Egg	پوره Nymph	حشره کامل Adult	تخم Egg	پوره Nymph	حشره کامل Adult	تخم Egg	پوره Nymph	حشره کامل Adult	تخم Egg	پوره Nymph	حشره کامل Adult
Boheme	0.94±0.01 b	0.94±0.01b	0.93±0.01 b	54.70±4.50 bcd	144.88±4.80 ab	15.89±2.76 abc	3.36±0.07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

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 پسیل 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 سازگار 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 مشاهده‌ناپذیر ترکیبی مؤثر بر نوع سازگار مقاومت آنتی‌زنوزی ارقام گلابی که با استفاده از مجموعه شاخص‌های مشاهده‌پذیر 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 واریانس 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 مشاهده‌ناپذیر ترکیبی مؤثر بر مقاومت آنتی‌زنوزی 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 (%)	درصد تجمعی واریانس Cumulative variance (%)	کل Total variance	درصد واریانس Variance (%)	درصد واریانس تجمعی 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 مشاهده‌ناپذیر ترکیبی مؤثر بر مقاومت آنتی‌زنوزی 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

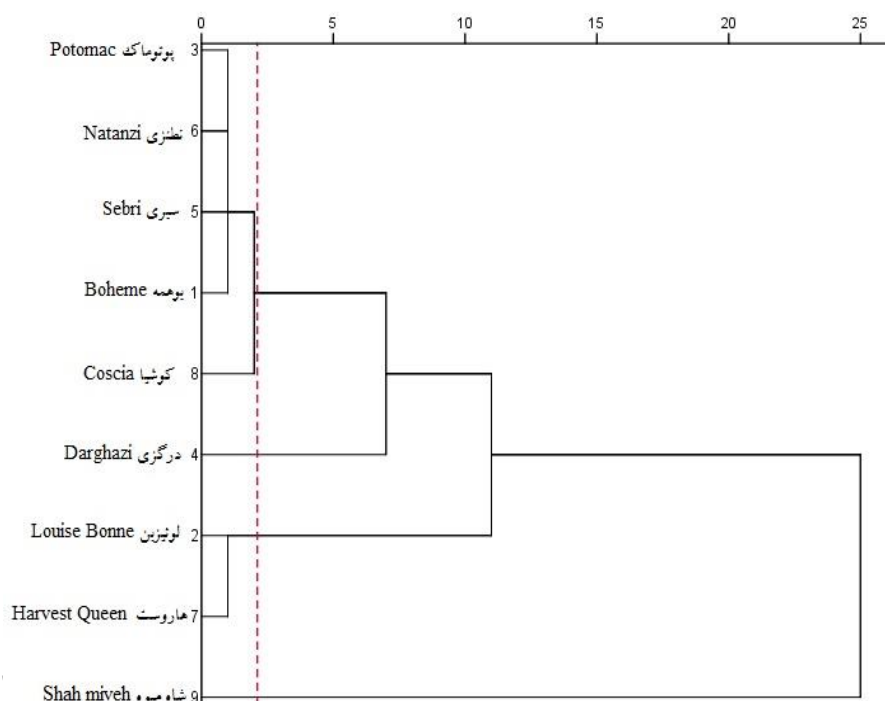
شاخص Index	Development Stage	مرحله رشدی	عامل‌ها Component	
			1	2
AI	Egg	تخم	0.98	0.07
	Nymph	پوره	0.99	-0.11
	Adult	حشره کامل	0.98	0.11
M*	Egg	تخم	0.99	-0.02
	Nymph	پوره	0.99	-0.08
	Adult	حشره کامل	0.97	0.10
RAER	Egg	تخم	0.98	0.07
	Nymph	پوره	0.99	-0.11
	Adult	حشره کامل	0.98	0.11
NPI	Egg	تخم	-0.99	0.07
	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 نشان‌دهنده: 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 گروه بندی ارقام گلابی بر اساس شاخص های مقاومت آنتی زنوزی نسبت به پسپیل گلابی

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

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

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

تجمع تخم، پوره و حشره کامل به ترتیب ۳۲/۷۷، ۶۸/۱۲ و ۱۱/۳۸، نرخ فراوانی نسبی استقرار تخم، پوره و حشره کامل به ترتیب ۵/۷۹، ۵/۲۷ و ۶/۱۴، شاخص عدم رجحان ۹۶/۷۹، ۹۶/۸۵ و ۹۶/۷۹ و شاخص شیوع تخم، پوره و حشره کامل به ترتیب ۶۱/۸۴، ۶۱/۳۹ و ۶۴/۸۹ بود (جدول ۵).

جدول ۵- گروه‌بندی رقم گلابی براساس شاخص‌های مقاومت آنتی‌زنوزی نسبت به پسیل گلابی

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

رتبه آنتی‌زنوزی Antixenosis rank	رقم Cultivar	شاخص Index	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	Egg	تخم 1.24	a	1	1
		AI Nymph	پوره 1.23	a	1	1
		Adult	حشره کامل 1.30	a	1	1
		RAER Nymph	تخم 5.79	a	1	1
		Adult	پوره 5.27	a	1	1
		Adult	حشره کامل 6.14	a	1	1
		PI Nymph	تخم 61.84	a	1	1
		Adult	پوره 61.39	a	1	1
		Adult	حشره کامل 64.89	a	1	1
	لوئیزین Louise Bonne هاروست کوئین Harvest Queen	NPI Nymph	تخم 96.79	a	1	1
		Adult	پوره 96.85	a	1	1
		Adult	حشره کامل 96.35	a	1	1
		M* Nymph	تخم 32.77	a	1	1
		Adult	پوره 68.12	a	1	1
		Adult	حشره کامل 11.38	a	1	1
		AI Nymph	تخم 1.10	0.00	2	2
		Adult	پوره 1.08	0.02	2	2
		Adult	حشره کامل 1.17	0.02	2	2
2.00	لوئیزین Louise Bonne هاروست کوئین Harvest Queen	RAER Nymph	تخم 4.54	0.00	2	2
		Adult	پوره 4.32	0.16	2	2
		Adult	حشره کامل 5.18	0.23	2	2
		PI Nymph	تخم 54.99	0.16	2	2
		Adult	پوره 53.77	1.00	2	2
		Adult	حشره کامل 58.29	1.11	2	2
	NPI	Adult	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* Nymph	تخم 69.86	2.14	2	2
		Adult	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 Cultivar Index	شاخص Development stage	میانگین Mean	خطای استاندارد Standard deviation	تعداد معتبر در فهرست Valid number in the list	
					وزنی Weighted	غیر وزنی Unweighted
3.00	AI	Egg	0.76	a	1	1
		Nymph	0.87	a	1	1
		Adult	0.78	a	1	1
		Egg	2.29	a	1	1
		Nymph	2.88	a	1	1
		Adult	2.38	a	1	1
	RAER	Egg	38.00	a	1	1
		Nymph	43.46	a	1	1
		Adult	38.83	a	1	1
		Egg	98.78	a	1	1
		Nymph	98.47	a	1	1
		Adult	98.74	a	1	1
	M*	Egg	39.01	a	1	1
		Nymph	139.30	a	1	1
		Adult	12.03	a	1	1
		Egg	0.99	0.04	5	5
		Nymph	0.99	0.03	5	5
		Adult	0.95	0.08	5	5
4.00	کوشیا Coscia	Egg	3.68	0.28	5	5
		Nymph	3.65	0.22	5	5
		Adult	3.40	0.56	5	5
	بوهمه Boheme	Egg	49.66	1.86	5	5
		Nymph	49.47	1.52	5	5
		Adult	47.50	3.79	5	5
	سبری Sebri	Egg	98.04	0.15	5	5
		Nymph	98.06	0.12	5	5
		Adult	98.19	0.30	5	5
	نطنزی Natanzi	Egg	58.30	3.30	5	5
		Nymph	149.14	4.47	5	5
		Adult	16.13	2.12	5	1
پوتوماک Potomac	Egg	58.30	3.30	5	5	
	Nymph	149.14	4.47	5	5	
	Adult	16.13	2.12	5	1	

a: Insufficient data.

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.

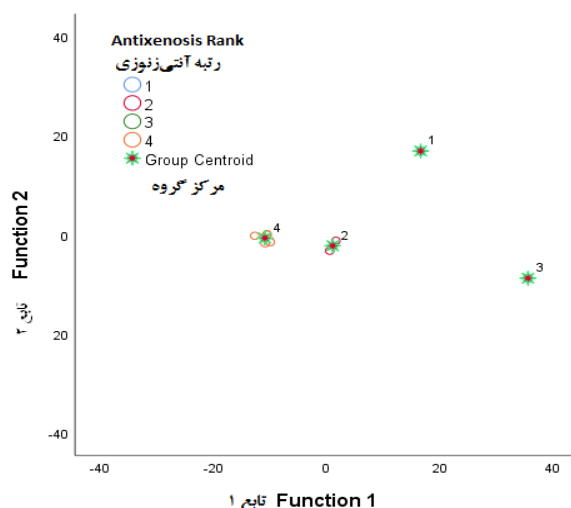
در نهایت مقاوم ترین ارقام گلابی به پسیل گلابی در خوشه چهارم قرار گرفتند. این ارقام شامل کوشیا، بوهمه، سبری، نطنزی و پوتوماک بودند (جدول ۵). شاخص جذب تخم، پوره و حشره کامل به ترتیب ۰/۹۵ و ۰/۹۹، ۰/۹۹ و ۰/۹۹، ۴۹/۶۶ و ۴۷/۵۰ بود (جدول ۵). سایر

در نهایت مقاوم ترین ارقام گلابی به پسیل 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 ۰/۹۵ و ۰/۹۹، ۰/۹۹ و ۰/۹۹، ۴۹/۶۶ و ۴۷/۵۰ بود (جدول ۵). سایر



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 آنتی‌زنوزی 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 معنی‌دار 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 مناسب‌تر بودن تابع در تفکیک گروه‌ها است. تابع اول دارای پایین‌ترین لامبدای ویلکس (۰/۰۰۰۱) بود و نسبت به تابع دوم مناسب‌تر بود.

#### خصوصیات رویشی و زایشی ارقام گلابی

ارتباط بین خصوصیات رویشی و زایشی ارقام گلابی با بروز سازگار مقاومت آنتی‌زنوزی 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

Index	Development Stage	مرحله نمو	Correlation coefficients 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 \*\*: Significant 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 نشان دهنده: 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 انتهای 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).

این خصوصیات در بروز مقاومت آنتی‌زنوزی در 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 باشد که عدم وقوع هریک از آنها منجر به بروز مقاومت آنتی‌زنوزی 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 نسل‌های مختلف پسپیل گلابی در دوره فعالیت آن تا شروع مرحله زمستان‌گذرانی بعدی نقش مهمی در بقای مراحل مختلف رشدی آفت دارد. دو عامل اصلی که منجر به قرار گرفتن پسپیل در نقطه-ای خارج از مناسب‌ترین شرایط میزبانی و میزبان‌گزینی 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 زمستان‌گذرانی پسپیل گلابی و همچنین سادگی در دستیابی به منابع غذایی حشرات کامل در ترجیح رقم نقش دارند. در مرحله میزبانی‌یابی پسپیل گلابی شاخص جذب حشره کامل بیشتر از سایر عوامل تعیین کننده است.

بررسی ضرایب همبستگی بین خصوصیات گل و شاخص‌های مقاومت آنتی‌زنوزی در جدول ۸ ارائه شده است. در میان شاخص‌های 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 آنتی‌زنوزی در ارقام گلابی مؤثرتر بودند.

بررسی ضرایب همبستگی بین خصوصیات میوه و شاخص‌های مقاومت آنتی‌زنوزی در جدول ۹ ارائه شده است. در میان شاخص‌های 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،

جدول ۸- ضرایب همبستگی بین خصوصیات گل و شاخص‌های مقاومت آنتی زنوزی 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 می باشند. 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) 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.

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 شاخص‌های مقاومت آنتی‌زنوزی ارقام گلابی نسبت به پسیل 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 می‌باشند.

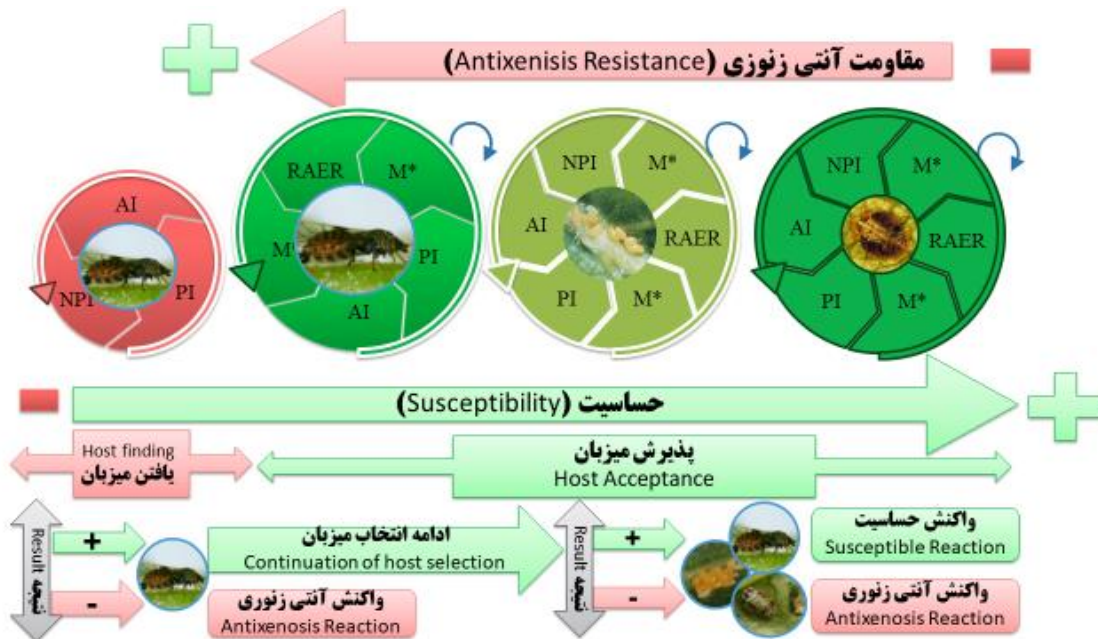
خصوصیات میوه شامل: طول (L)، بیشترین قطر (MD)، نسبت طول به قطر (L/D)، طول دم میوه (TL)، ضخامت دم (TT)، سفتی گوشت (FF)، تغییرات زمان رسیدن (RT)، وزن (W) و حجم (V) می‌باشند.

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 می‌تواند به دلیل کاهش مقدار یا مدت تغذیه، منجر به گرسنگی شود و یا به دلیل ترکیبات سمی مستقیم مانند فنول‌ها و یا سایر مواد شیمیایی گیاهی مرتبط با ژنوتیپ‌های مقاوم باشد. این خصوصیات می‌توانند به سرعت در اثر تحریک گیاه میزبان تحت تأثیر تغذیه پسیل گلابی به سرعت ایجاد شوند

مقاومت آنتی‌زنوزی ارقام گلابی به پوره پسیل گلابی، بلافاصله پس از شروع دوره پورگی آشکار می‌شود. این نوع مقاومت به جمعیت پوره‌های آفت و عدم استقرار آنها مرتبط است. یافته‌های پژوهش حاضر مشابه نتایج مطالعات قبلی روی سایر ارقام گلابی بود (Nin et al., 2012; Puterka, 1997). این نوع



شکل ۵- فرایند شکل‌گیری مقاومت آنتی‌زنوزی در ارقام گلابی نسبت به پسیل گلابی در مراحل میزبان‌یابی 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 نشان‌دهنده: شاخص جذب، شاخص تجمع، نرخ فراوانی نسبی استقرار، شاخص عدم رجحان و شاخص شیوع می‌باشند.

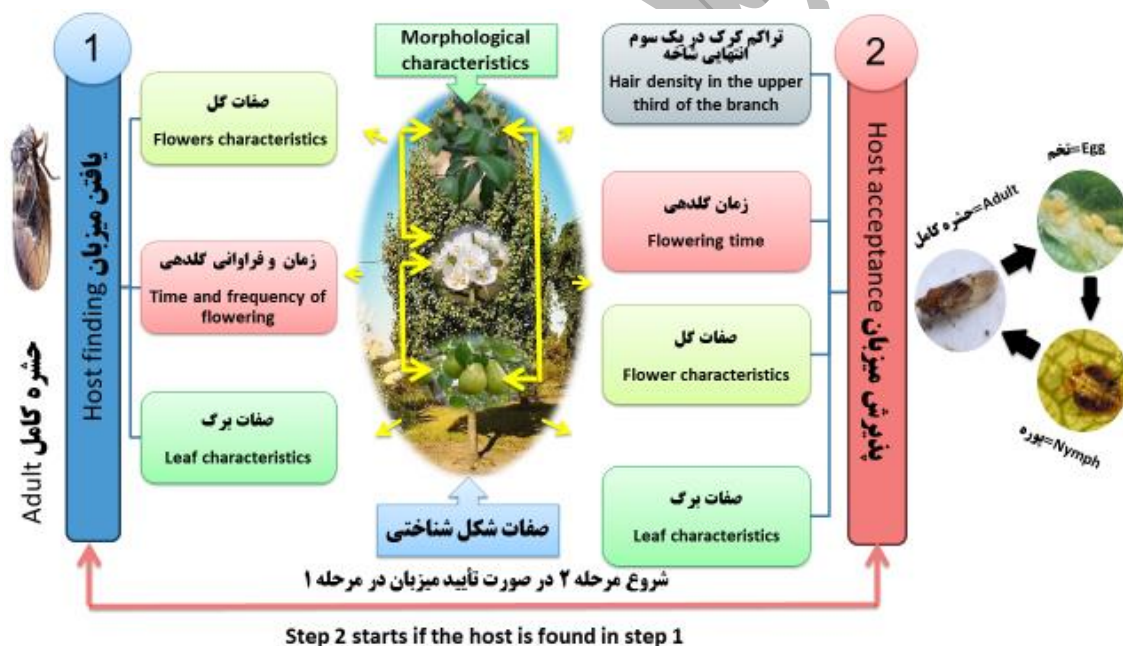
AI, M\*, RAER, NPI and PI represent: Attraction index, Mean crowding intensity, Relative abundance establishment rate, Non-preference index and Prevalence index, respectively.

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

(Scutareanu *et al.*, 1999). سازکار مشابهی که بر استقرار پوره‌های پسیل گلابی تأثیر می‌گذارد، مسئول مقاومت آنتی‌زنوزی در مرحله تخم‌گذاری نیز می‌باشد. 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 هم‌خوانی 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 پسپیل 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 گلددهی بود (شکل ۶) پسپیل 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 علایم گیاهی دریافت‌شده در تماس اولیه حشره برای شروع فعالیت تخم‌گذاری کافی نیست، اما علایم 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 پسپیل 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



مقاومت شکن را کاهش می‌دهد و سرمایه‌گذاری برای تولید و استفاده از ارقام مقاوم به پسیل گلابی را برای مدیریت تلفیقی و کنترل آن بسیار مهم و ارزشمند می‌سازد.

### 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.

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 بیوتیپ‌های

### 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., Perchepied, 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 géotypes 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<sup>1\*</sup>, H. Abdollahi<sup>2</sup> and R. Ghaemi<sup>3</sup>**

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. - (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: 05 April 2023

Accepted: 18 June 2023