DOI: 10.22092/spj.2025.367396.1382

"نهال و بذر"
جلد ۴۰، شماره ۱، سال ۱۴۰۳

مقاله پژوهشی

اثر ویژگی‌های برگ ارقام مختلف گلابی بر ساختار و ثبات جمعیت پسیل گلابی [*Cacopsylla pyricola* (Foester)]

Effect of Leaf Characteristics of Different Pear Cultivars on the Population Structure and Stability of Pear Psylla [*Cacopsylla pyricola* (Foester)]

مسعود لطیفیان[1*] و حمید عبداللهی[2]

۱- استاد، پژوهشکده میوه‌های معتدله و سردسیری، موسسه تحقیقات علوم باغبانی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.
۲- دانشیار، پژوهشکده میوه‌های معتدله و سردسیری، موسسه تحقیقات علوم باغبانی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۱/۱۵ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۲/۰۸

چکیده

لطیفیان، م. و عبداللهی، ح. ۱۴۰۳. اثر ویژگی‌های برگ ارقام مختلف گلابی بر ساختار و ثبات جمعیت پسیل گلابی [*Cacopsylla pyricola* (Foester)]. **نهال و بذر ۴۰:** ۴۵-۲۳

پسیل گلابی [*Cacopsylla pyricola* (Foerster)] یکی از آفات مهم گلابی است. اولین گام در دستیابی به ارقام مقاوم، شناسایی عوامل مؤثر بر تغییر ساختار و پایداری جمعیت آفت بر روی میزبان است. این پژوهش در سال‌های ۱۳۹۹ تا ۱۴۰۲ انجام شد. در این بررسی، نُه رقم گلابی شامل بوهمه، شاه‌میوه، نطنزی، سبری، درگزی، لوئیزبون، هاروست کوئین، پوتوماک و کوشیا مورد مطالعه قرار گرفتند. جمعیت تخم، پوره و حشرات کامل پسیل گلابی در اوایل فروردین تا آبان نمونه‌برداری شد. شاخص‌های رنگ برگ شامل R (قرمز)، G (سبز) و B (آبی و زرد)، سطح برگ، میزان کلروفیل و تراکم پرز برگ نیز مطالعه شدند. ارتباط بین صفات برگ با شاخص پایداری جمعیت از طریق همبستگی وتأثیرتغییرات فصلی صفات با تحلیل سری زمانی بررسی شدند. نتایج نشان داد که بالاترین و پایین‌ترین ثبات جمعیتی در تخم حشره در ارقام شاه میوه و نطنزی به ترتیب معادل ۴۷۰/۴ و ۳۳/۷ تخم در مهر و اردیبهشت بود. بالاترین و پایین‌ترین ثبات جمعیتی پوره به ترتیب در ارقام شاه‌میوه و درگزی معادل ۱۳۹۹/۲ و ۸/۶ عدد در شهریور و اردیبهشت بود. در حشره‌کامل نیز بالاترین و پایین‌ترین ثبات جمعیتی در ارقام شاه میوه و درگزی به ترتیب معادل ۱۲۶/۵ و ۳/۳ حشره بود. بالاترین همبستگی تقاطعی شاخص‌های رنگ شامل R، G وBg در اردیبهشت و ۰/۹۲-۰/۹۱ و در سطح برگ معادل ۰/۷۴ و در خرداد ثبت شد. تراکم پرز در ابتدای فصل تا مرداد دارای آثار منفی و معنی‌دار بر ثبات جمعیت بود. این صفات می‌توانند برای غربالگری ارقام گلابی برای مقاومت به پسیل گلابی استفاده شوند.

واژه‌های کلیدی: گلابی، حشره کامل، مقاومت، مساحت سطح برگ، تراکم پرز.

* نگارنده مسئول: masoud_latifian@yahoo.com تلفن: ۰۲۶۳۶۷۰۲۵۴۱

2024© 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.

مقدمه

گلابی در رتبه دوم اهمیت درختان میوه خانواده Rosaceae پس از سیب قرار دارد (Yamamoto and Terakami, 2016). پسیل گلابی با نام علمی *Cacopsylla pyricola* Foerster یکی از آفات مهم گلابی است (Luo *et al*., 2012) و در سراسر جهان پراکنده است (Pasqualini *et al*., 2006). در شرایط آب‌وهوایی مناطقی مانند ایران که بهار و تابستان نیمه خشک تا خشک حاکم و مقدار بارندگی کم است، آسیب غیرمستقیم ترشحات یا عسلک آفت پسیل گلابی بیشتر از آسیب و زیان مکیدن شیرهٔ نباتی است (Behdad, 1991).

تخم‌گذاری حشرات کامل پسیل گلابی در اسفند تا فروردین، زمانی که دما به حدود ۱۰ درجه سلسیوس می‌رسد، آغاز می‌شود. از تخم‌های تفریخ شده، پوره‌های نسل اول متولد می‌شوند که فعالیت آنها از فروردین تا اردیبهشت ادامه دارد. این دورهٔ طولانی تخم‌گذاری، توزیع سنی گسترده‌ای از جمعیت مراحل مختلف رشدی پسیل گلابی را ایجاد می‌کند. نسل دوم، سوم و چهارم به ترتیب بین اردیبهشت تا خرداد، بین پایان خرداد تا تیر، و در اوج تابستان (مرداد) فعال هستند. در برخی از شرایط اقلیمی و محیطی مساعد نسل پنجم پسیل گلابی می‌تواند بین اواخر تابستان و اوایل پاییز فعال شود (Sanchez and Ortín-Angulo, 2012). پسیل گلابی در طول تابستان تداخل نسل دارد و تحت شرایط خاص می‌تواند شش تا هفت نسل در سال ایجاد کند (Schaub *et al*., 2005).

این صفات نه‌تنها بر جمعیت گیاه‌خوار تأثیر می‌گذارد، بلکه در پاسخ گیاهان به تغییرات جمعیت گیاه‌خواران نیز مؤثر هستند (Danger *et al*., 2022). ویژگی‌های گیاه میزبان در تعیین کیفیت آن به‌عنوان زیستگاه بر فراوانی، ساختار، ثبات و تنوع جمعیت آفات تأثیر می‌گذارد، اما اهمیت نسبی هر یک از این ویژگی‌ها ناشناخته است (Steffan-Dewenter *et al*., 2001; Loreau et al., 2013). شاخص‌های مختلفی از جمله پتانسیل تولیدمثل، طول دوره رشد مراحل رشدی، جدول زندگی، فنولوژی، توزیع پراکنش تخم و پوره، نسبت جنسی حشرات کامل، درصد ماده‌زایی، تعداد تخم در هر ماده بارور، میزان تخم‌گذاری روزانه ماده‌ها، اثر دشمنان طبیعی و تغییرات این شاخص‌ها در جمعیت پسیل گلابی مطالعه شده است (Stratopoulou and Kapatos, 1995; Wei *et al*., 2020; Le Goff *et al*., 2021). صفات دفاعی گیاهان نقش مؤثری در حفاظت گیاه در برابر گیاه‌خواران دارند (Garriga *et al*., 2020; Walker *et al*., 2022).

پژوهش های انجام شده بر روی آفات مختلف نشان داده است که خصوصیات شکل‌شناختی برگ، نظیر اندازه برگ، ضخامت برگ، وجود پرز، ضخامت کوتیکول، وجود مواد مومی در روی اپیدرم، رنگ، محتوی کلروفیل، محتوی آب، شکل کلی و سایر صفات میزبان بر تغییرات جمعیت آفات مؤثر

است (Rutledge *et al*., 2003; Khalil *et al*., 2017). روش‌های تقویت واکنش‌های دفاعی محصولات گیاهی، مسیر امیدوارکننده‌ای برای کنترل آفات در محصولات باغبانی ارائه می‌دهد. دست‌کاری این مسیرهای دفاعی برای بهبود مقاومت القایی محصول یک رویکرد جدید برای کنترل آفات در کشاورزی است (Bektas and Eulgem, 2015). ارقام مختلف گلابی، از نظر حساسیت به پسیل گلابی، متفاوت هستند. به‌طورکلی، گلابی قرمز میزبان مناسبی برای این آفت نیست. همچنین، گلابی‌های آسیایی در مقایسه با ارقام اروپایی، حساسیت کمتری به این آفت دارند (Camerota *et al*., 2012).

کنش و برهمکنش بین گیاهان و آفات آن‌ها فرآیندی پیچیده و چندبعدی است که حتی در زیستگاه‌های ساده شده کشاورزی نیز به چشم می‌خورد. در این فرآیند، نوعی 'مسابقه تسلیحاتی تکاملی' رخ می‌دهد؛ به‌طوری‌که در گیاهان صفات دفاعی جدیدی بوجود می آید و آفات گیاهخوار نیز واکنش‌های مقابله‌ای نشان می‌دهند. این فرایند به شکل‌گیری الگوهای متنوعی از دفاع گیاهی و افزایش تخصص در ارتباط بین آفات گیاهخوار و میزبان‌های گیاهی آنها منجر می‌شود. اگرچه این چارچوب در برخی موارد، مانند برتری صفات بیوشیمیایی بر ویژگی‌های فیزیکی و ریخت‌شناختی، به چالش کشیده شده است، اما نقش کلیدی آن در توسعه مدیریت نوین تلفیقی آفات ثابت شده است (Endara *et al*., 2023). شناخت عوامل مؤثر در تغییرات ساختار و ثبات جمعیت، نخستین مرحله در دست‌یابی به ارقام مقاوم است.

این پژوهش به منظور تعیین ارتباط بین ویژگی‌های شکل‌شناختی برگ ارقام مختلف گلابی و اثر آن بر مراحل مختلف رشدی، تغییرات ساختار و ثبات جمعیت پسیل گلابی انجام شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در باغ کلکسیون ذخایر توارثی ایستگاه تحقیقات باغبانی پژوهشکده میوه‌های معتدله و سردسیری واقع در کمال شهر کرج در سالهای ۱۳۹۹ تا ۱۴۰۲ انجام شد. این ایستگاه بافاصله ۴۸ کیلومتر در غرب تهران قرار داشته و متوسط ارتفاع آن از سطح دریا ۱۳۵۰ متر است. طول جغرافیایی و عرض جغرافیایی آن به ترتیب ۵۱ درجه و ۲ 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 انیتروژن آلی، پتاسیم قابل‌جذب و فسفر قابل‌جذب به ترتیب یک درصد، ۰/۷۸ درصد، ۵۷۵ قسمت در میلیون و ۱۲/۱ قسمت در میلیون بود. این ایستگاه در فصل سرد سال تحت‌تأثیر سامانه‌های شمالی، شمال غربی و غربی بویژه جنوب غربی است. بارندگی های این منطقه نیز متأثر از فعالیت این سامانه‌ها بوده و از آبان و آذر آغاز و تا اواسط اردیبهشت ادامه می یابد (Ehteshami-Moinabadi, 2022).

مواد گیاهی

برای انجام این پژوهش از نُه رقم گلابی:

بوهمه، شاه‌میوه، نطنزی، سبری، درگزی، لوئیزبون، هاروست کوئین، پوتوماک و کوشیا استفاده شد (جدول ۱ و شکل ۱). برخی خصوصیات ارقام گلابی موردمطالعه در جدول ۱ و تصاویر برگ آنها در شکل ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱- برخی خصوصیات ارقام گلابی مورد مطالعه در این پژوهش

Table 1. Some characteristics of pear culyivars used in this study

Cultivar	رقم	Origin	منشاء	Prtoductivity	باردهی	Climatic adaptation	سازگاری اقلیمی
Boheme	بوهمه	France	فرانسه	High productivity	بسیار پربار	Adapted	سازگار
Shah Miveh	شاه‌میوه	Iran	ایران	Low productivity	کم‌بار	High adaptability	سازگاری بالا
Natanzi	نطنزی	Iran	ایران	Very low productivity	خیلی کم‌بار	Low adaptability	سازگاری کم
Sebri	سبری	Iran	ایران	High productivity	بسیار پربار	High adaptability	سازگاری بالا
Dargazi	درگزی	Iran	ایران	Productive	پربار	High adaptability	سازگاری بالا
Louise Bonne	لوئیز بن	France	فرانسه	Productive	پربار	High adaptability	سازگاری بالا
Harvest Queen	هاروست کوئین	America	آمریکا	Medium productivity	متوسط پربار	Adapted	سازگار
Potomac	پوتوماک	America	آمریکا	Productive	پربار	Adapted	سازگار
Coscia	کوشیا	Italy	ایتالیا	High productivity	بسیار پربار	High adaptability	سازگاری بالا

روش نمونه‌برداری و ارزیابی جمعیت پسیل گلابی

جمع‌آوری اطلاعات جمعیت مراحل مختلف رشدی تخم، پوره و حشره‌کامل پسیل گلابی در اوج فعالیت آن یعنی از اوایل فروردین تا آبان به فاصله هر هفت روز یکبار انجام شد. از هر رقم به طور تصادفی چهار درخت 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 شدند. پوره‌ها و تخم‌ها نیز با نمونه‌برداری از ۱۰ برگ به طور تصادفی شمارش شدند. برای برآورد جمعیت مؤثر در هر یک از مراحل رشدی تخم، پوره و حشره‌کامل به ترتیب از شاخص‌های تخم - روز (Ed)، پوره - روز (Nd) و حشره کامل - روز (Ad) استفاده شد که با استفاده از رابطه‌های ۱، ۲ و ۴ محاسبه شدند (Latifian *et al.*, 2023). دراین‌رابطه E_t، N_t و A_t به ترتیب تراکم جمعیت تخم، پوره و حشره‌کامل در نمونه‌برداری t و E_{t+1}، N_{t+1} و A_{t+1} به ترتیب تراکم جمعیت تخم، پوره و حشره‌کامل در نمونه‌برداری t+1 است.

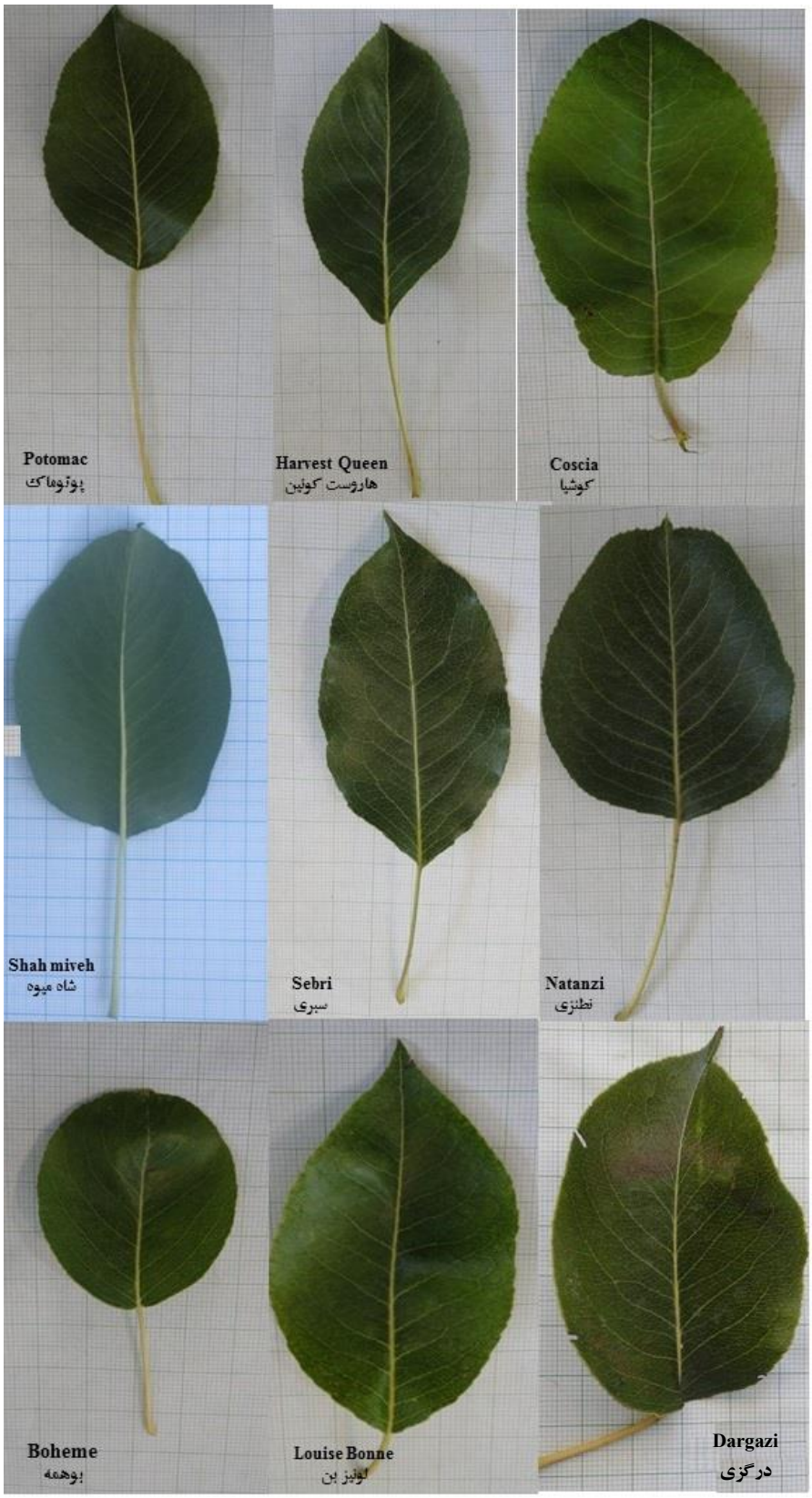
$$Ed = \frac{(E_t + E_{t+1})}{2} \times 7 \quad (۱)$$

$$Nd = \frac{(N_t + \tilde{N}_{t+1})}{2} \times 7 \quad (۲)$$

$$Ad = \frac{(A_t + A_{t+1})}{2} \times 7 \quad (۳)$$

$$PD = \frac{\sum Ed}{n} + \frac{\sum Nd}{n} + \frac{\sum Ad}{n} \quad (۴)$$

میانگین ماهانه جمعیت مؤثر (Population density = PD) در مراحل مختلف رشد و درصد هریک از آنها نسبت به تراکم کل محاسبه شده و منحنی میانگین تغییرات فراوانی آنها به کمک نرم‌افزار اکسل ترسیم



شکل ۱- شکل شناسی برگ ارقام گلابی مورد مطالعه

Fig. 1. Leaf morphology of studied pear cultivars

شد. همچنین شاخص ثبات جمعیت (Population stability index = PSI) برای جمعیت پسیل فعال روی هر یک از ارقام با استفاده از رابطه ۵ برآورد شد. این شاخص برای برآورد ثبات جمعیت در فاصله بین دو نمونه‌برداری محاسبه شد و نشان‌دهنده این است که پتانسیل رقم در حفظ جمعیت پسیل در فاصله زمانی بین دو نمونه‌برداری چقدراست (Sueyoshi *et al.*, 2023). دراین‌رابطه PD جمعیت مؤثر ماهانه کل (تخم/پوره و حشره کامل - روز مؤثر) و μ میانگین تغییرات فصلی کل جمعیت در هر رقم در طول فصل بود.

$$PSI = (PD - \mu) \times Ln(\frac{PD}{\mu}) \qquad (۵)$$

ارزیابی صفات برگ

به‌منظور ارزیابی صفات برگ برای هر رقم، سه درخت که از نظر خصوصیات ظاهری و سن رشدی یکسان و فاقد بیماری بودند انتخاب و از هر رقم ۱۰ عدد برگ از قسمت‌های پایین، وسط و بالای تاج به طور تصادفی برداشت شد. دستگاه عکس‌برداری مورد استفاده در این پژوهش شامل یک جعبه‌ی با دیواره‌های سفید بود. سه شاخص رنگ برگ شامل: R (شاخص رنگ قرمز)، G (شاخص رنگ سبز) و B (شاخص آبی و زرد) به کمک نرم‌افزار تلفن همراه بنام Color Grab 3.9.2 با نور ثابت و در فاصله ۱۵ سانتی‌متری از سطح رویی برگ ثبت شد (Friedman *et al.*, 2016).

برآورد دقیق سطح برگ با استفاده از نرم‌افزار تلفن همراه بنام Easy Leaf Area انجام شد. پس از کالیبراسون نرم‌افزار توسط یک مربع سبز رنگ یک سانتی‌متری، با گرفتن عکس از برگ در فاصله ۲۰ سانتی‌متری مساحت سطح برگ تعیین شد (Easlon and Bloom, 2014). میزان کلروفیل برگ با استفاده از دستگاه کلروفیل سنج (SPAD) مدل OPTi-Sciences سری CCM-200 ارزیابی شد (Casa *et al.*, 2015). برای شمارش پرزهای برگ، هر برگ با سطح محوری (پایین) رو به بالا در زیر استریومیکروسکوپ قرار داده شد و سپس یک خط کش پلاستیکی شفاف روی برگ قرار داده شده و در یک سطح دایره‌ای با قطر نیم‌سانتی‌متر تمام پرزهای ناحیه اتصال دمبرگ به برگ شمارش شدند (Kono *et al.*, 2018).

تجزیه و تحلیل داده‌ها

ارتباط بین صفات برگ ارقام گلابی با شاخص ثبات جمعیت از طریق تجزیه و تحلیل رابطه همبستگی پیرسون مورد بررسی قرار گرفت. داده‌های ثبات جمعیت و صفات برگ ارقام گلابی در محدود زمانی دوره نمونه‌برداری جمع‌آوری شدند و یک سری زمانی را تشکیل دادند. این داده‌ها تغییراتی که در این دو شاخص نسبت به هم در طول زمان دچار شده را منعکس می‌کنند. تمایل ثبات جمعیت به افزایش، کاهش یا حتی ثابت بودن در اثر تغییر در صفات برگ، روند تأثیر صفات را در طی فصل نشان می‌دهند. همبستگی

تقاطعی (Cross-correlation) برای سنجش شباهت دو سری داده به عنوان یک تابع از جابجایی یکی نسبت به دیگری مورد استفاده قرار می گیرد. این نوع همبستگی برای محاسبه ارتباط بین شاخص های جمعیت پسیل گلابی و خصوصیات برگ مفید است، زیرا نشان می دهد که آیا مقادیر یک سری داده (خصوصیات برگ گلابی) پیش بینی کننده مقادیر آینده سری داده دیگر هستند یا خیر (Li *et al.*, 2007). برای تحلیل داده‌ها از نرم افزار IBM SPSS Statistics 27.0.1.0 استفاده شد.

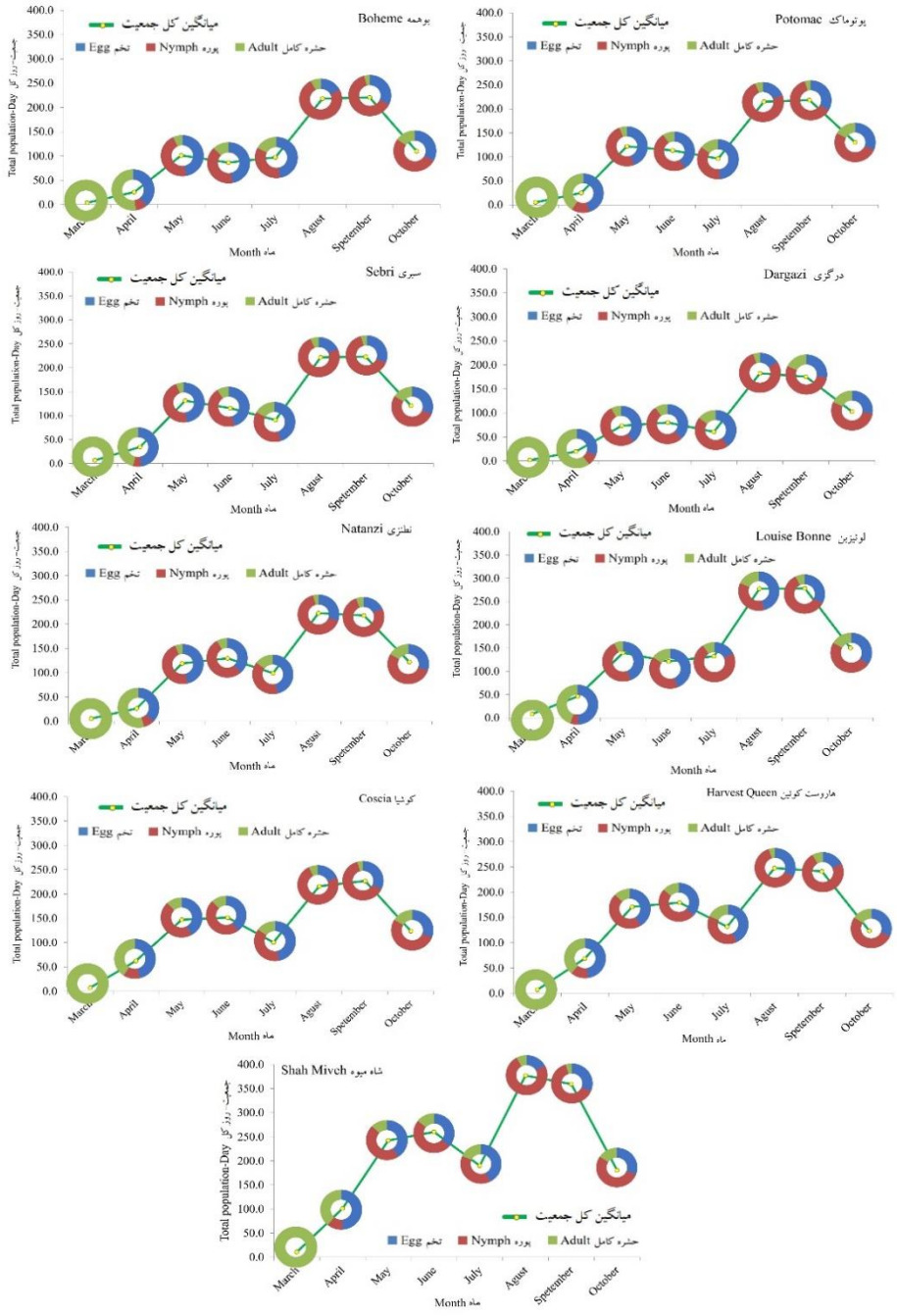
نتایج و بحث

میانگین تغییرات فصلی تراکم و ساختار جمعیت

منحنی‌های توصیفی میانگین تغییرات فصلی جمعیت ابزاری مهم و پایه ای برای درک پویایی کلی جمعیت آفات در طول فصل هستند. این نمودارها امکان شناسایی روندهای زمانی (افزایش یا کاهش جمعیت)، اوج فعالیت، و دوره‌های بحرانی زیستی آفات را فراهم می کنند. شکل ۲ نمایانگر میانگین تغییرات فصلی چهار ساله (۱۴۰۲-۱۳۹۹) تراکم جمعیت و ساختار مراحل مختلف رشدی پسیل گلابی در ارقام گلابی طی دو دوره فعالیتی (بهار و تابستان-پاییز) است. در این نمودار، جمعیت تخم، پوره، و حشره کامل در طی فصل‌های مختلف سال و در ارقام گلابی مورد مطالعه (شاه‌میوه، سبری، درگزی، لوئیزبون و غیره) ارائه شده است. دوره اول فعالیت (بهار) از فروردین شروع و در خرداد به اوج خود رسید. بیشترین تراکم جمعیت در این دوره در رقم شاه‌میوه ثبت شد (۲۴۲/۱ حشره-روز مؤثر). کمترین تراکم جمعیت در این دوره مربوط به رقم درگزی با ۷۳/۲ حشره-روز مؤثر بود (شکل ۲).

دوره دوم فعالیت (تابستان-پاییز) از تیرشروع شد و در مهر به اوج رسید. تراکم جمعیت در این دوره نسبت به دوره اول بیشتر بود. رقم شاه‌میوه بیشترین تراکم جمعیت آفت را نشان داد (۳۵۹/۳ حشره-روز مؤثر). کمترین تراکم حشره کامل در این دوره نیز در رقم درگزی ثبت شده است (۱۷۵/۵ حشره-روز مؤثر) رقم شاه‌میوه در هر دو دوره فعالیتی بیشترین جمعیت پسیل گلابی را دارا بود، در حالی که رقم درگزی کمترین جمعیت را نشان داد (شکل ۲). کمترین درصد تراکم تخم در ساختار جمعیت در رقم درگزی (۱۶٪) و بیشترین آن در رقم لوئیزبون (۱۸٪) ثبت شده است. بیشترین درصد تراکم پوره در ارقام بوهمه و شاه‌میوه (۷۵٪) ثبت شده است که نشان می‌دهد این دو رقم شرایط مناسبی برای رشد و تکامل پوره‌ها فراهم کردند. کمترین درصد تراکم پوره در ارقام لوئیزبون و سبری (۷٪) مشاهده شد (شکل ۲).

بیشترین درصد تراکم حشره کامل بر روی روی این رقم بود. کمترین درصد تراکم حشره کامل بر روی ارقام شاه‌میوه، کوشیا و هاروست رقم نطنزی (۵۴٪) در اردیبهشت‌ماه ثبت شده



شـــکل ۲- میانگین چهار ســـاله (۱۳۹۹ تا ۱۴۰۲) تغییرات فصـــلی جمعیت و ســـاختار مراحل رشـــدی (تخم، پوره، و حشره کامل) پسیل گلابی (*Cacopsylla pyricola*) در ارقام مختلف گلابی مورد مطالعه. در هر ماه مراحل رشدی (به صورت خطی)، درصد ساختار تشکیل دهنده جمعیت در مراحل رشدی تخم، پوره و حشره‌کامل نشان داده شده است (نمودارهای دونات)

Fig. 2. Four-year (2020–23) average of seasonal population dynamics and developmental stage structure (egg, nymph, and adult) of pear psylla (*Cacopsylla pyricola*) on the studied pear cultivars. In each month, the average population of all developmental stages is estimated (linearly), and the percentage of population structure in the developmental stages of eggs, nymphs, and adults is shown (Doughnut charts)

است که نشان‌دهنده تکامل سریع‌تر جمعیت بر کوئین (۳٪) در مهر دیده شد. ارقام بوهمه و شاه‌میوه بیشترین پوره‌ها و رقم نطنزی بیشترین حشرات کامل را دارا بودند. در فروردین، جمعیت عمدتاً شامل حشرات کامل زمستان‌گذران بود. در اردیبهشت، تخم‌ها تفریخ شدند و جمعیت پوره به اوج رسید. در خرداد و شهریور، جمعیت کلی در دوره‌های اوج پوره‌ها و حشرات کامل افزایش قابل‌توجهی داشت. مهر بالاترین جمعیت پسیل گلابی در مرحله حشره کامل مشاهده شد (شکل ۲).

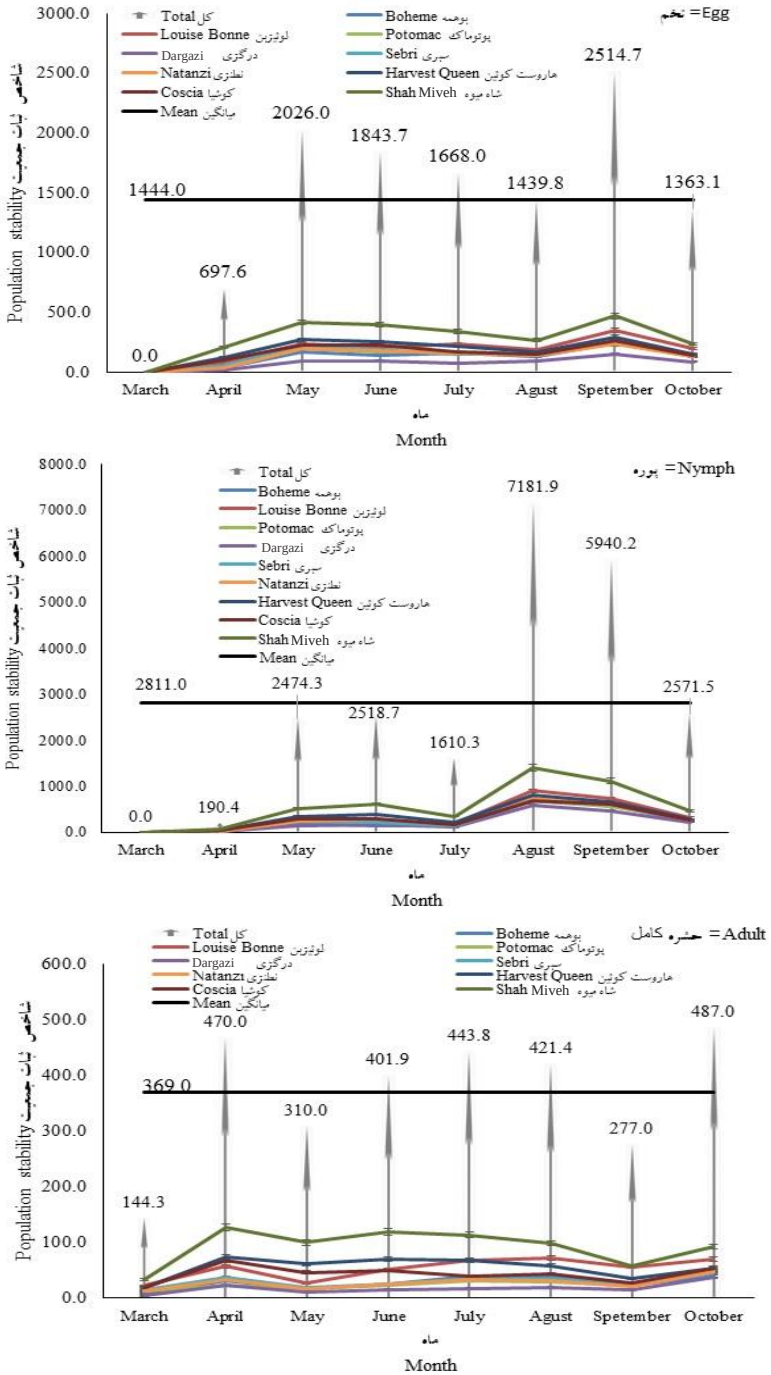
رقم شاه‌میوه در هر دو دوره فعالیتی، بالاترین درصد پوره را نشان داد. این رقم میزبان مناسبی برای پسیل گلابی بود. در رقم درگزی کمترین تراکم جمعیت در هر دو دوره فعالیتی مشاهده شد. رقم نطنزی بیشترین تراکم حشرات کامل در ساختار جمعیت را نشان داد که نشان‌دهنده تکامل سریع‌تر مراحل رشدی پسیل گلابی روی این رقم بود. رقم لوئیزبون نیز دارای بالاترین درصد تخم در ساختار جمعیت بود، اما جمعیت کلی آن نسبتاً پایین بود. بیشترین و کمترین مجموع تراکم جمعیت پسیل گلابی در طول فصل در رقم شاه‌میوه و بوهمه به ترتیب معادل ۱۲۸۲/۱۳ و ۷۷۵/۸۳ حشره – روز مؤثر بود. بیشترین و کمترین دامنه میانگین تغییرات جمعیت مؤثر حشره در ارقام پوتوماک و شاه‌میوه و به ترتیب معادل ۳۳۰/۷ و ۲۲ بود. بیشترین و کمترین چولگی میانگین تغییرات تراکم جمعیت - روز مؤثر به ترتیب در ارقام بوهمه و هاروست کوئین و معادل ۱/۹۲ و ۰/۲۶ بود (شکل ۲).

تغییرات فصلی ثبات جمعیت

میانگین چهار ساله (۱۴۰۲-۱۳۹۹) ثبات جمعیت مراحل مختلف رشد تخم، پوره و حشره‌کامل پوره گلابی در طول فصل و در ارقام مختلف گلابی موردمطالعه دارای روند متفاوتی بود. بالاترین و پایین‌ترین ثبات جمعیتی در مرحله رشدی تخم پسیل گلابی در ارقام شاه‌میوه و نطنزی به ترتیب معادل ۴۷۰/۴ و ۷/ ۳۳ حشره- روز در مهر و اردیبهشت بود (شکل ۳).

بالاترین و پایین‌ترین ثبات جمعیتی پوره آفت به ترتیب در ارقام شاه‌میوه و درگزی به ترتیب معادل ۱۳۹۹/۲ و ۸/۶ حشره – روز در شهریور و اردیبهشت بود. در رابطه با حشره‌کامل نیز بالاترین و پایین‌ترین ثبات جمعیتی در ارقام شاه میوه و درگزی به ترتیب معادل ۱۲۶/۵ و ۳/۳ حشره – روز بود. بالاترین و پایین‌ترین مقدار تجمعی شاخص ثبات جمعیت در مرحله رشدی تخم پسیل گلابی در ارقام شاه میوه و بوهمه به ترتیب با مقادیر ۲۶۱۵/۱۰ و ۱۱۳۵/۹۰ حشره – روز بود. بیشترین و کمترین دامنه میانگین تغییرات فصلی شاخص ثبات جمعیت در ارقام شاه میوه و نطنزی به ترتیب معادل ۴۷۰/۴ و ۲۳۲/۱ حشره – روز بود (شکل ۳).

بالاترین و پایین‌ترین مقدار تجمعی شاخص ثبات جمعیت پوره معادل ۲۲۹۹/۸ و۵۵۵/۵ حشره – روز به ترتیب در ارقام هاروست کوئین و لوئیزبن ثبت شد. این دو رقم به ترتیب بیشترین و کمترین دامنه میانگین تغییرات شاخص ثبات



شکل ۳- میانگین چهار ساله (۱۳۹۹ تا ۱۴۰۲) تغییرات فصلی شاخص ثبات جمعیت مراحل رشدی پسیل گلابی (*Cacopsylla pyricola*) شامل تخم، پوره و حشره کامل (نمودارهای خطی تغییرات ماهانه میانگین مجموع جمعیت (تخم، پوره و حشره کامل) پسیل گلابی، و خطوط فلش کل جمعیت و خط سیاه افقی نشان دهنده میانگین خط میانگین (تعادل جمعیت)) در ارقام مختلف گلابی مورد مطالعه را نشان می دهند

Fig. 3. Four-year (2020–23) average of seasonal stability index for population stages of pear psylla (*Cacopsylla pyricola*), including egg, nymph, and adult (Line graphs of monthly changes in the total population of pear psyllid, and arrow lines indicate the total population and the horizontal black line indicates the the mean line (population equilibrium)), in the studied pear cultivars

جمعیت را معادل ۱۹۱/۶ و ۱۰۳/۸ حشره – روز داشتند. بالاترین و پایین‌ترین مقدار تجمعی شاخص ثبات جمعیت در مرحله رشدی حشره کامل نیز در ارقام شاه میوه و بوهمه به ترتیب با مقادیر ۸۳۱/۳ و ۲۴۴/۵ حشره – روز بود. بیشترین و کمترین دامنه میانگین تغییرات فصلی شاخص ثبات جمعیت در ارقام شاه میوه و سبری به ترتیب معادل ۹۳/۴ و ۳۰/۳ حشره – روز ثبت شد (شکل ۳).

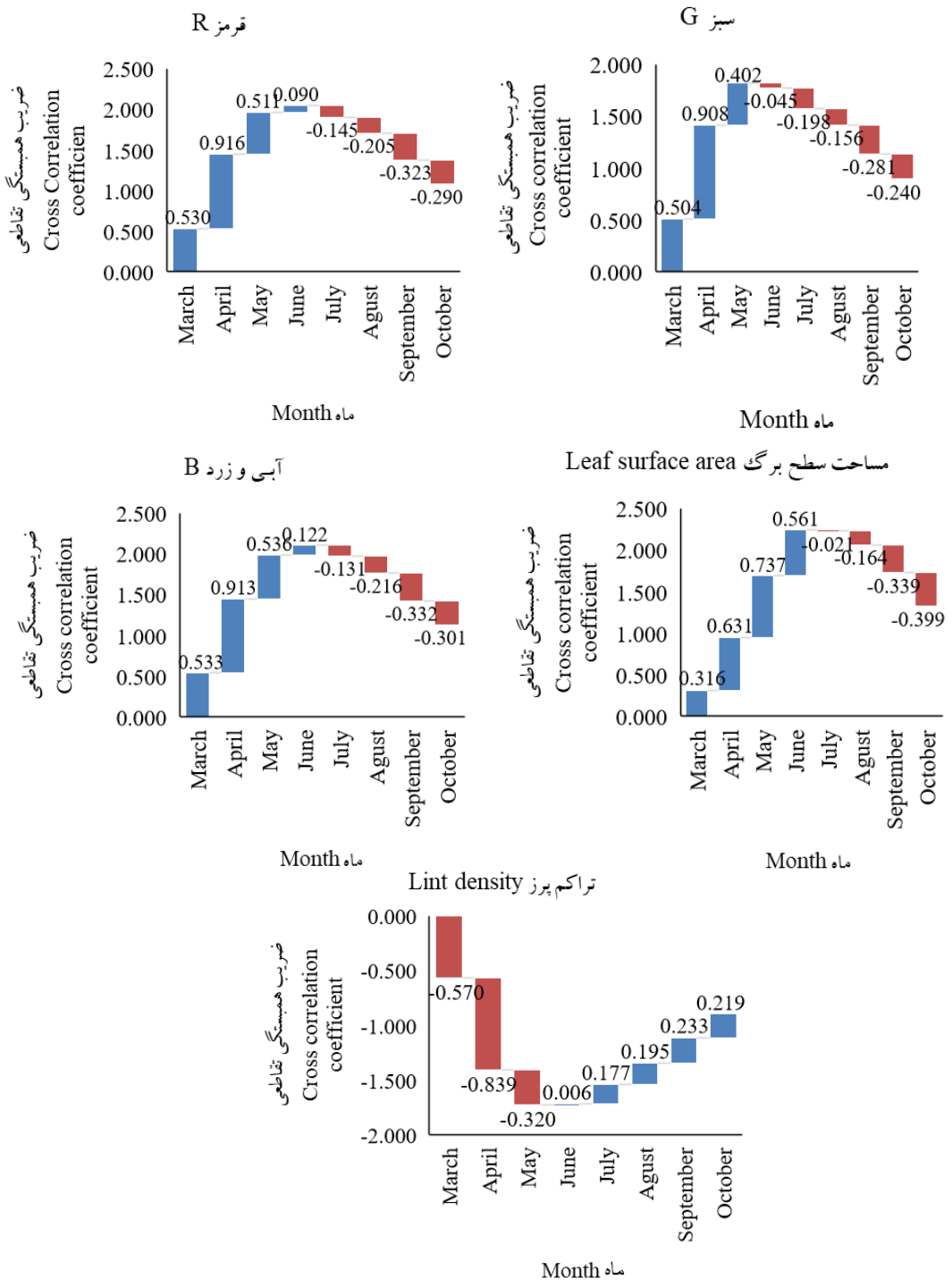
تأثیر صفات برگ ارقام گلابی بر ثبات جمعیت پسیل

به منظور بررسی روند تأثیر صفات دارای اثر معنی‌دار در بروز ثبات جمعیتی در فعالیت پسیل گلابی روی ارقام مورد مطالعه همبستگی تقاطعی که این نوع همبستگی برای محاسبه ارتباط بین شاخص های جمعیت پسیل گلابی و خصوصیات برگ است و نشان دهنده ارتباط یا عدم ارتباط معنی دار بین مقادیر یک سری داده (خصوصیات برگ گلابی) و مقادیر سری داده دیگر(جمعیت پسیل گلابی) است، در شکل ۴ ارائه داده شده است.

در میان صفات مورد بررسی شاخص‌های رنگ برگ شامل R، G و B با ضرایب همبستگی بالای ۰/۹، شاخص سطح برگ و تراکم پرز به ترتیب با ضرایب همبستگی ۰/۶۳ و ۰/۸۴- دارای اثر معنی‌داری در ثبت جمعیت پسیل گلابی در ارقام گلابی مورد مطالعه بودند (شکل ۴). در میان صفات مورد نظر شاخص تراکم پرز دارای اثر منفی بود. به عبارت دیگر با افزایش تراکم پرز از ثبات جمعیت پسیل گلابی کاسته شد. سایر صفات دارای اثر مثبت بودند و رابطه مستقیم با افزایش ثبات جمعیت آفت روی ارقام گلابی مورد مطالعه بودند. شاخص‌های رنگ دارای اثر قوی‌تر و معنی‌دارتری نسبت به سایر شاخص‌ها بودند (شکل ۴). شاخص کلروفیل دارای اثر منفی ولی غیرمعنی‌دار (۰/۱۶-) بر ثبات جمعیت پسیل گلابی بود.

شاخص‌های رنگ شامل R، G و B در ابتدای فصل و در دوره اول فعالیتی پسیل اثر مثبت و معنی‌داری بر ثبات جمعیت بودند، به‌طوری‌که بالاترین ضریب همبستگی تقاطعی در اردیبهشت‌ماه و ۰/۹۲-۰/۹۱ بود (شکل ۴). در انتهای فصل تأثیر شاخص‌های رنگ منفی اما معنی‌دار نبود. شاخص سطح برگ نیز در ابتدای فعالیت آفت در دوره اول و شروع دوره دوم فعالیتی دارایاثر مثبت و معنی‌دار بر ثبات جمعیت آفت بود. بالاترین ضریب همبستگی تقاطعی این عامل معادل ۰/۷۴ و در خرداد بود. صفت تراکم پرز برخلاف سایر صفات برگ ارقام گلابی در ابتدای فصل و در دوره اول و ابتدای دوره دوم فعالیت دارای اثر منفی و معنی‌دار بر ثبات جمعیت پسیل بود. به‌طوری‌که بالاترین ضریب همبستگی تقاطعی در اردیبهشت‌ماه و معادل ۰/۹۱- بود (شکل ۴).

بر اساس نتایج پژوهش حاضر مشخص شد که میانگین تغییرات جمعیت تخم و پوره به ازای واحد جمعیت حشره کامل در دوره‌های مختلف متفاوت بود. این تغییرات در دوره‌های فعالیت



شکل ۴- میانگین چهار ساله (۱۳۹۹ تا ۱۴۰۲) تغییرات فصلی ضرایب همبستگی متقاطع بین شاخص ثبات جمعیت پسیل گلابی (*Cacopsylla pyricola*) و صفات مرفولوژیکی برگ (همبستگی مثبت و افزایشی و منفی و کاهشی به ترتیب با رنگ قرمز و آبی نشان داده شده‌است) در ارقام مختلف گلابی مورد مطالعه

Fig. 4. Four-year (2020–23) average of seasonal variation in cross-correlation coefficients between the population stability index of pear psylla (*Cacopsylla pyricola*) and leaf morphological traits (Positive and increasing and negative and decreasing correlation coefficients are shown in red and blue, respectively) in the studied pear cultivars

بهاره، تابستانه و پاییزه نیز متفاوت بود و در دوره تابستان کمتر از دوره‌های جمعیت بهاره و پاییزه بود. در ارقام گلابی پوتوماک، درگزی، نطنزی، هاروست کوئین و کوشیا تراکم جمعیت نسبت حشره کامل به تخم و پوره پسیل گلابی در بهار کمتر از پاییز بود. در ارقام لوئیزبن، بوهمه و سبری برعکس گروه قبلی این نسبت در پاییز بالاتر از بهار بود. در نتیجه میزان تخم‌گذاری روزانه در فصول بهار و پاییز زیاد و در تابستان کمتر شد.

همچنین میانگین تغییرات درصد فراوانی جمعیت مراحل مختلف رشدی پسیل گلابی در ارقام مختلف نشان داد که نرخ بقاء و انتقال جمعیت از یک مرحله رشدی به مرحله رشدی دیگر در تمام ارقام گلابی متفاوت بود. در جمعیت‌های فعال روی کلیه ارقام گلابی بیشترین تلفات در انتقال از مرحله پوره به حشره‌کامل اتفاق افتاد. به‌عبارت‌دیگر بیشترین تلفات در مرحله حشره‌کامل به وقوع پیوست. پس از آن بیشترین تلفات در مراحل تخم صورت گرفت. در کلیه ارقام گلابی بیشترین کاهش بقاء در مرحله حشره‌کامل و پس از آن به ترتیب در مرحله تخم و پوره مشاهده شد. بیشترین طول دوره رشدی مربوط به مرحله پورگی بود.

نتایج سایر پژوهشگران نشان داده است که تفاوت میان ارقام از زمانی آغاز می‌شود که حشره برای بهره‌برداری از گیاه و افزایش احتمال بقای مراحل رشدی مختلف خود، ویژگی‌های تغذیه‌ای و شیمیایی گیاه را بررسی می‌کند (Myers *et al*., 2006). برای پسیل گلابی، مزایای تناسب رشد بر روی میزبان آن از اهمیت زیادی برخوردار است. هر چند بررسی این تأثیر از نظر بوم‌شناسی و زیست‌شناسی پسیل گلابی نیاز به مطالعات تکمیلی دارد. اما نتایج پژوهش حاضر بخوبی نشان داد که شاخص فعالیت تخم، پوره و حشره‌کامل پسیل گلابی در ارقام گلابی موردمطالعه بسیار متفاوت بود. این نتایج با فرضیات پایه بوم‌شناختی موفقیت تلفیق مقاومت ارقام گیاهی با سایر روش‌ها منطبق بوده و در موارد مشابه متعددی ثابت شده است (Walter, 2003; Schoonhoven *et al*., 2008).

در مطالعه‌ای اثر رقم گلابی روی سطح تعادل جمعیت پسیل گلابی در سه رقم شاه‌میوه، سبری و کوشیا بررسی شد. نتایج نشان داد که مدل ریکر داده‌های جمعیت پسیل را روی هر سه رقم گلابی به‌خوبی برازش می‌کند. جمعیت پسیل روی هر سه رقم واکنش وابسته به انبوهی نشان داد. اندازه تعادل جمعیت پسیل گلابی در ارقام مختلف گلابی بیش از ۲۱ درصد تفاوت نشان داد. تعادل پیش‌بینی شده در طبیعت روی رقم شاه‌میوه ناپایدار و روی دو رقم سبری و کوشیا پایدار بود (Emami *et al*., 2017). نتایج این پژوهشگران با یافته های این پژوهش همخوانی دارد، به‌طوری‌که رقم شاه‌میوه دارای بالاترین دامنه میانگین تغییرات جمعیتی در طول فصل بودکه نشان‌دهنده ناپایدارتر بودن جمعیت پسیل گلابی روی این رقم بود و می‌تواند دلیلی برای حساسیت بیشتر این رقم نسبت به سایر ارقام گلابی موردمطالعه به آفت پسیل گلابی باشد.

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که صفات مختلف برگ به‌ویژه رنگ و تراکم پرز در این گزینش برای مقاومت به آفت پسیل گلابی بسیار مؤثر بودند. مطالعات سایر پژوهشگران نیز نشان داده است که خصوصیات بافت برگ گیاه نیز می‌تواند به‌عنوان یک مانع فیزیکی به گیاه میزبان کمک کند تا در برابر حمله حشرات ماده مگس مینوز نخودفرنگی (*Liriomyza huidobrensis* Blanchard) عمل کند (Wei *et al*., 2000). همچنین مشخص شده است ارقام گلابی چینی که بافت اپیدرم ضخیم‌تری دارند نسبت به پسیل گلابی مقاومت بیشتری نشان می‌دهند (Xu *et al*., 2019). در مطالعه دیگری مشخص شده که پسیل گلابی(*P. pyricola*) می‌تواند از سلول‌های پارانشیم برگ گلابی تغذیه کند. بنابراین، برگ‌هایی که بافت پارانشیم ضخیم‌تری دارند، شرایط نسبی مناسب‌تری برای تغذیه پسیل گلابی فراهم کرده و حساسیت بالاتری نشان می‌دهند (Ullman and Mclean, 1988).

در پژوهش حاضر، اثرترکیبی رنگ و شاخص مساحت سطح برگ بر ثبات جمعیت پسیل گلابی مشخص بود. نتایج تجزیه‌وتحلیل همبستگی نشان داد که ارقام با شاخص‌های رنگ R، G و B و شاخص مساحت سطح برگ بالاتر شرایط مناسب‌تری را برای فعالیت مراحل مختلف رشدی پسیل گلابی فراهم کردند. همچنین شاخص تراکم پرز رابطه قوی با کاهش شرایط مناسب برای فعالیت مراحل مختلف رشدی در ارقام مختلف نشان داد، بنابراین با شاخص ثبات جمعیت همبستگی منفی و معنی‌داری داشت. باتوجه به نتایج به‌دست‌آمده این صفات می‌توانند شاخص های خوبی برای غربالگری ارقام گلابی برای مقاومت به پسیل گلابی در نظر گرفته شوند.

سایر پژوهشگران نشان داده اند که ساختار فیزیکی برگ‌ها تنها عامل تعیین‌کننده مقاومت گلابی نسبت به پسیل گلابی نیست. در پژوهشی مشخص شده که برخی از صفات تعیین‌کننده مقاومت به این آفت در خصوصیات آوند آبکش ارقام قرار دارد (Civolani *et al*., 2013). همچنین تفاوت در ترکیب پلی‌فنلی برگ‌های گلابی مقاوم و حساس گزارش شده است (Fotirić Akšić *et al*., 2015). علاوه بر این، در پژوهشی گزارش شده است که درختان گلابی مختلف با شکل‌های مختلف درخت تفاوت‌هایی را در حساسیت به پسیل گلابی نشان دادند (Lu *et al*., 2015). این نتایج نشان می دهد که ارزیابی این ویژگی‌ها در ارتباط با مقاومت ارقام مختلف گلابی به پسیل گلابی از اهمیت برای تحقیقات بیشتر در این خصوص را دارد.

به دلیل وجود منابع ژنتیکی مختلف مقاومت به پسیل گلابی در بین گونه‌ها و ارقام مختلف گلابی، برنامه‌های اصلاح سایر گونه‌ها به ویژه گونه حساس گلابی اروپایی برای مقاومت به این آفت مهم و کلیدی همواره موردتوجه بوده است (Braniste and Militaru, 2008; Benedek *et al*. 2010). دراین‌رابطه کشورهای

مختلف از جمله ایتالیا، آمریکا، فرانسه و رومانی برنامه‌های بهنژادی گسترده‌ای را به‌منظور دست‌یابی به ارقام مقاوم نسبت به بیماری آتشک و پسیل گلابی آغاز نموده‌اند (Nin *et al.*, 2012). یکی از عواملی که به‌صورت مکرر باعث بروز حساسیت بالای بسیاری از ارقام اصلاح شده گلابی نسبت به آفات می‌شود این است که در بسیاری از موارد در طی فرآیند اهلی‌سازی و اصلاح ارقام به دلیل عدم توجه کافی به بحث ترجیح میزبانی و تحمل، ارقام اصلاح شده به‌تدریج ویژگی های دفاعی خود را در برابر آفات از دست می‌دهند (Whitehead *et al.*, 2017). گزینش اغلب صفات کیفی ژنوتیپ‌ها بدون این که به اثر آن گزینش در تغییر مقاومت برای خسارت آفات دقت کافی شود، منجر به تشدید استفاده از آفت‌کش‌ها در آینده می‌گردد (Milla *et al.*, 2015).

در غربالگری ژنوتیپ‌ها، تراکم پرز برگ می‌تواند به عنوان یک مارکر مورفولوژیک غالب در نظر گرفته شود، زیرا اثر منفی و معناداری بر ثبات جمعیت آفت داشت. این صفت به طور پایدار در کاهش فعالیت آفت در طول فصل موثر بود. شاخص‌های رنگ برگ نیز مهم هستند، اما تأثیر آنها بسته به زمان فصل و میانگین تغییرات فصلی متغیر است. تراکم پرز برگ بیشترین ضریب همبستگی منفی و معنی دار را داشت. شاخص‌های رنگ (R، G، B) اثر مثبت و قوی داشتند اما تأثیر آنها در طول فصل متغیر و در ابتدای فصل مهمتر بودند. مساحت سطح برگ اثر مثبت و معنی داری داشت اما به اندازه تراکم پرز موثر نبود. تراکم پرز به دلیل پایداری و اثر منفی ثابت بر ثبات جمعیت آفت، می‌تواند به عنوان یک معیار موثر برای غربالگری ژنوتیپ‌های مقاوم استفاده شود. همچنین پیشنهاد می‌شود از صفات ترکیبی (مانند تراکم پرز همراه با شاخص‌های رنگ) برای غربالگری استفاده شود تا دقت بیشتری در شناسایی ژنوتیپ‌های مقاوم حاصل شود.

بر اساس شاخص‌های بررسی شده در پژوهش حاضر (مانند: ثبات جمعیت آفت، تراکم پرز، شاخص‌های رنگ برگ و مساحت سطح برگ) می‌توان ارقام را بر اساس میزان حساسیت به آفت پسیل گلابی (*C. pyricola*) از حساس تا مقاوم گروه‌بندی کرد. به عنوان مثال ارقام حساس شامل ارقامی با شاخص‌های رنگ (R، G، B) بالاتر و مساحت سطح برگ بیشتر (مانند رقم شاه‌میوه) و ارقام مقاوم نیز شامل ارقامی با تراکم پرز بالاتر و ثبات جمعیت کمتر (مانند رقم نطنزی یا درگزی) بودند.

به طور کلی نتایج بررسی میانگین تغییرات فصلی جمعیت پسیل گلابی نشان داد که رقم شاه‌میوه با بالاترین تراکم جمعیتی در هر دو دوره فعالیتی (بهار و تابستان-پاییز) حساس‌ترین رقم به این آفت بوده و شرایط مناسبی برای رشد و تکامل پوره‌ها فراهم کرده است. در مقابل، رقم درگزی با کمترین تراکم جمعیت و درصد پایین مراحل رشدی، به‌عنوان مقاوم‌ترین رقم شناسایی شد. همچنین، تفاوت در ساختار

جمعیت مراحل رشـــدی میان ارقام مختلف نشان‌دهنده تأثیر ویژگی‌های مرفولوژیکی برگ، مانند تراکم پرز و شـــاخص‌های رنگ، بر ثبات جمعیت آفت بود. این یافته‌ها می‌توانند در برنامه های به نژادی گلابی برای انتخاب ارقام مقاوم و توســعه برنامه‌های مدیریت تلفیقی آفات در باغ‌های گلابی مورد استفاده قرار گیرند.

سپاسگزاری

نگارندگان بدین‌وسیله از پشتیبانی و مساعدت مدیریت محترم پژوهشـــکده میوه‌های معتدله و سـردسـیری و کارکنان ایسـتگاه تحقیقات باغبانی کمال شـهر برای مسـاعدت در انجام این پژوهش سـپاسـگزاری می‌کنند. همچنین از کـارکنـان، کارشـناسـان آزمایشـگاه و اعضـای هیأت علمی پژوهشـکده میوه‌های معتدله و سـردسـیری که در اجرای این پژوهش و تدوین این نوشتار مساعدت و هم‌فکری کردند، تشکر می‌نمایند.

تعارض منافع

نگارندگان اعلام می‌کنند با دیگران تعارض منافعی ندارند.

References

Behdad, E. 1991. Iran pests of fruit trees (2nd edition), Bahman Nashr Press, Esfahan, Iran, 826 pp. (in Persian).

Bektas, Y. and Eulgem, T. 2015. Synthetic plant defense elicitors. *Frontiers in Plant Science*, 5, pp.1-17. DOI: 10.3389/fpls.2014.00804

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

Branişte, N. and Militaru, M. 2008. Germplasm fund of *Pyrus* sp. Presently in ex situ Romanian collections. *Acta Horticulturae 800*(800), pp.497-501. DOI: 10.17660/ActaHortic.2008.800.63

Camerota, C., Raddadi, N., Pizzinat, A., Gonella, E., Crotti, E., Tedeschi, R., Mozes-Daube, N., Ember, I., Acs, Z., Kolber, M. and Zchori-Fein, E. 2012. Incidence of '*Candidatus* Liberibacter europaeus' and phytoplasmas in *Cacopsylla* species (Hemiptera: Psyllidae) and their host/shelter plants. *Phytoparasitica*, 40, pp.213-221. DOI: 10.1007/s12600-012-0225-5

Casa, R., Castaldi, F., Pascucci, S. and Pignatti, S. 2015. Chlorophyll estimation in field crops: an assessment of handheld leaf meters and spectral reflectance

measurements. *The Journal of Agricultural Science*, *153*(5), pp.876-890. DOI: 10.1017/S0021859614000483

Cheng WeiNing, C. W., Wu JunXiang, W. J., Li XiuLian, L. X. and Li JianJun, L. J. 2006. Influence of chemicals and physical structure characteristics of host plant leaves on resistance to *Liriomyza sativae* Blanchard. *Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Sunyatseni*, *45*(5), pp.71-75. DOI: 10.5555/20063207494

Civolani, S., Grandi, G., Chicca, M., Pasqualini, E., Fano, E. A. and Musacchi, S. 2013. Probing behaviour of *Cacopsylla pyri* on a resistant pear selection. *Journal of Applied Entomology*, *137*(5), pp.365-375. DOI: 10.1111/jen.12003

Danger, M., Bec, A., Spitz, J. and Perga, M. E. 2022. Questioning the roles of resources nutritional quality in ecology. *Oikos*, *2022*(7), e09503.DOI: 10.1111/oik.09503

Easlon, H. M. and Bloom, A. J. 2014. Easy leaf area: automated digital image analysis for rapid and accurate measurement of leaf area. *Applications In Plant Sciences*, *2*(7), p.1400033. DOI: 10.3732/apps.1400033

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), 168. DOI: 10.1007/s12665-022-10283-2

Emami, M. S., Karimzadeh, J. and Shishehbor, P. 2017. Studies on the effect of pear variety on the population equilibrium level of pear psylla (*Cacopsylla pyricola* (Foerster)) in field. *Plant Protection (Scientific Journal of Agriculture)*, *40*(1), pp.97-106. DOI:10.22055/ppr.2017.16961.1219

Endara, M. J., Forrister, D. L. and Coley, P. D. 2023. The evolutionary ecology of plant chemical defenses: from molecules to communities. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, *54*(1), pp.107-127. DOI: 10.1146/annurev-ecolsys-102221-045254

Fotirić Akšić, M. M., Dabić, D. C., Gašić, U. M., Zec, G. N., Vulić, T. B., Tešić, Z. L. and Natić, M. M. 2015. Polyphenolic profile of pear leaves with different resistance to pear psylla (*Cacopsylla pyri*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *63*(34), pp.7476-7486. DOI: 10.1021/acs.jafc.5b03394

Friedman, J. M., Hunt Jr., E. R. and Mutters, R. G. 2016. Assessment of leaf color chart observations for estimating maize chlorophyll content by analysis of digital photographs. *Agronomy Journal*, *108*(2), pp.1-8. DOI: 10.2134/agronj2015.0258

Gargallo-Garriga, A., Sardans, J., Granda, V., Llusià, J., Peguero, G., Asensio, D.,

Ogaya, R., Urbina, I., Van Langenhove, L., Verryckt, L.T. and Chave, J. 2020. Different "metabolomic niches" of the highly diverse tree species of the French Guiana rainforests. *Scientific Reports*, *10*(1), 6937. DOI: 10.1038/s41598-020-63891-y

Khalil, H., Raza, A. B. M., Afzal, M., Aqueel, M. A., Khalil, M. S. and Mansoor, M. M. 2017. Effects of plant morphology on the incidence of sucking insect pests complex in few genotypes of cotton. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, *16*(4), pp.344-349. DOI: 10.1016/j.jssas.2015.11.003

Kono, A., Ban, Y., Mitani, N., Fujii, H., Sato, S., Suzaki, K., Azuma, A., Onoue, N. and Sato, A. 2018. Development of SSR markers linked to QTL reducing leaf hair density and grapevine downy mildew resistance in Vitis vinifera. *Molecular breeding*, *38*, pp.1-19. DOI: 10.1007/s11032-018-0889-8

Latifian, M., Atashkar, D. and Ghaemi, R. 2023. Relative establishment rate and host preference of wooly apple aphid *Eriosoma lanigerum* (Hausmann, 1802) (Hemiptera: Aphididae) on promising apple hybrid rootstocks. *Journal of Entomological Society of Iran*, *43*(3), pp.233-245. DOI: 10.61186/JESI.43.3.4

Le Goff, G. J., Berthe, J., Tougeron, K., Dochy, B., Lebbe, O., Renoz, F. and Hance, T. 2021. Effect of the instar of the pear psyllid *Cacopsylla pyri* (Hemiptera: Psyllidae) on the behaviour and fitness of the parasitoid *Trechnites insidiosus* (Hymenoptera: Encyrtidae). *European journal of entomology*, *118*, pp.279-287. DOI: 10.14411/eje.2021.028

Li, H., Futch, S. H. and Syvertsen, J. P. 2007. Cross-correlation patterns of air and soil temperatures, rainfall and Diaprepes 40 esistance 40 root weevil in citrus. *Pest Management Science*, *63*(11), pp.1116-1123. DOI: 10.1002/ps.1431

Loreau, M. and De Mazancourt, C. 2013. Biodiversity and ecosystem stability: a synthesis of underlying mechanisms. *Ecology letters*, *16*, pp.106-115. DOI: 10.1111/ele.12073

Luo, X., Li, F., Ma, Y. and Cai, W. 2012. A revision of Chinese pear psyllids (Hemiptera: Psylloidea) associated with *Pyrus ussuriensis*. *Zootaxa*, *3489*(1), pp.58-80. DOI: 10.11646/ZOOTAXA.3489.1.4

Milla, R., Osborne, C. P., Turcotte, M. M. and Violle, C. 2015. Plant domestication through an ecological lens. *Trends in ecology & evolution*, *30*(8), pp.463-469. DOI: 10.1016/j.tree.2015.06.006

Nin, S., Ferri, A., Sacchetti, P. and Giordani, E. 2012. Pear resistance to 40esist

(*Cacopsylla pyri* L.): a review. *Advances in Horticultural Science*, *26*(2), pp.59-74. DOI: 10.13128/ahs-12739

Pasqualini, E., Civolani, S., Musacchi, S., Ancarani, V., Dondini, L., Robert, P. and Baronio, P. 2006. *Cacopsylla pyri* behaviour on new pear selections for host resistance programs. *Bulletin of Insectology*, *59*(1), pp.27-37.

Rutledge, C. E., Robinson, A. P. and Eigenbrode, S. D. 2003. Effects of a simple plant morphological mutation on the arthropod community and the impacts of predators on a principal insect herbivore. *Oecologia*, *135*, pp.39-50. DOI: 10.1007/s00442-002-1114-2

Sanchez, J. A. and Ortín-Angulo, M. C. 2012. Abundance and population dynamics of *Cacopsylla pyri* (Hemiptera: Psyllidae) and its potential natural enemies in pear orchards in southern Spain. *Crop Protection*, *32*, pp.24-29. DOI: 10.1016/j.cropro.2011.11.003

Schaub, L., Graf, B. and Butturini, A. 2005. Phenological model of pear psylla *Cacopsylla pyri*. *Entomologia experimentalis et 41esistanc*, *117*(2), pp.105-111. DOI: 10.1111/j.1570-7458.2005.00339.x

Steffan-Dewenter, I., Münzenberg, U. and Tscharntke, T. 2001. Pollination, seed set and seed predation on a landscape scale. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, *268*(1477), pp.1685-1690. DOI: 10.1098/rspb.2001.1737

Stratopoulou, E. T. and Kapatos, E. T. 1995. The dynamics of the adult population of pear psylla, *Cacopsylla pyri* L. (Hom., Psyllidae) in the region of Magnesia (Greece). *Journal of Applied Entomology*, *119*(1-5), pp.97-101. DOI: 10.1111/j.1439-0418.1995.tb01251.x

Sueyoshi, M., Tojo, K., Ishiyama, N. and Nakamura, F. 2023. Population stability and asymmetric migration of caddisfly populations, *Stenopsyche marmorata* (Stenopsychidae), in a forest–agriculture landscape. *Aquatic Sciences*, *85*(4), 98. DOI: 10.1007/s00027-023-00992-6

Ullman, D. E. and McLean, D. L. 1988. Feeding behavior of the winter-form pear psylla, *Psylla pyricola* (Homoptera: Psyllidae), on reproductive and transitory host plants. *Environmental entomology*, *17*(4), pp.675-678. DOI: 10.1093/ee/17.4.675

Walker, T. W., Alexander, J. M., Allard, P. M., Baines, O., Baldy, V., Bardgett, R. D., Capdevila, P., Coley, P. D., David, B., Defossez, E. and Endara, M. J. 2022.

Functional Traits 2.0: The power of the metabolome for ecology. *Journal of Ecology*, *110*(1), pp.4-20. DOI: 10.1111/1365-2745.13826

Wei, J., Zou, L., Kuang, R. and He, L. 2000. Influence of leaf tissue structure on host feeding selection by pea leafminer *Liriomyza huidobrensis* (Diptera: Agromyzidae). *Zooligical Studies-Tapei, 39*(4), pp.295-300. DOI: 10.3989/collectbot.2015.v34.005

Wei, M., Chi, H., Guo, Y., Li, X., Zhao, L. and Ma, R. 2020. Demography of *Cacopsylla chinensis* (Hemiptera: Psyllidae) reared on four cultivars of *Pyrus bretschneideri* (Rosales: Rosaceae) and *P. communis* pears with estimations of confidence intervals of specific life table statistics. *Journal of Economic Entomology*, *113*(5), pp.2343-2353. DOI: 10.1093/jee/toaa149

Whitehead, S. R., Turcotte, M. M. and Poveda, K. 2017. Domestication impacts on plant–herbivore interactions: a meta-analysis. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, *372*(1712), 20160034. DOI: 10.1098/rstb.2016.0034

Xu, S. J., Wu, L., Liu, Q. Z., Liu, J., Wang, H., Wang, J. W. and Zhang, T. 2019. Correlation between population size of pear psylla (*Cacopsylla chinensis*) and leaf structure features in different pear cultivars. J*ournal of Asia-Pacific Entomology*, *22*(2), pp.531-536. DOI: 10.1016/j.aspen.2019.03.011

Yamamoto, T. and Terakami, S. 2016. Genomics of pear and other Rosaceae fruit trees. *Breeding science*, *66*(1), pp.148-159. DOI: 10.1270/jsbbs.66.148

RESEARCH ARTICLE

Effect of Leaf Characteristics of Different Pear Cultivars on the Population Structure and Stability of Pear Psylla [*Cacopsylla pyricola* (Foester)]

M. Latifian[1] * and H. Abdollahi[2]

1. Professor, Temperate Fruit Research Center, Horticultural Science Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Karaj, Iran.

2. Associate Professor, Temperate Fruit Research Center, Horticultural Science Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Karaj, Iran.

ABSTRACT

Latifian, M. and Abdollahi, H. 2024. Effect of leaf characteristics of different pear cultivars on the population structure and stability of pear psylla [*Cacopsylla pyricola* (Foester)]. *Seed and Plant, 40*, pp. (in Persian).

Pear psylla [*Cacopsylla pyricola* (Foerster)] is one of the important pest of pear trees. Understanding of effective factors on population structure and stability of the pest is the first step in selection and development of resistant pear cultivars. This research was conducted from 2020 to 2023. Nine pears cultivars including: Boheme, Shah Miveh, Natanzi, Sebri, Dargazi, Louis Bonne, Harvest Queen, Potomac, and Coscia were studied. The Pear psylla populations were sampled from early March to November. Leaf traits were also studied. The results showed that the highest and the lowest population stability of in the egg in cv. Shah Miveh and cv. Natanzi were 470.4 and 33.7 in October and May, respectively. The highest cross-correlation coefficient (0.91-0.92) of color indices including R (red), G (green), and B (blue and yellow) observed in May, and for the leaf surface are was 0.74 in June. The lint density had significant effect on the population stability from the beginning of the season until August.These traits can be used to screen resistance pear cultivar against pear psylla**.**

Keywords: Pear, adult insect, leaf surface area, lint density, 43esistance.

Introduction

The pear psylla [(*Cacopsylla pyricola* (Foerster)] is an important pest of pear trees and has a worldwide distribution (Luo *et al.*, 2012). In the climatic conditions of Iran, where spring and summer are dry and rainfall is low, the indirect damage caused by honeydew is more than the damage caused by sucking plant sap (Behdad, 1991). Researches that have been conducted on different pests have shown that leaf morphological

characteristics, such as leaf size, leaf thickness, presence of villi, thickness of cuticle, presence of waxy material on the epidermis, color, chlorophyll content, water content, overall shape, and other traits are effective on pest population changes during growing season (Khalil *et al*., 2017; Rutledge *et al*., 2003). Understanding the effective factors that drive changes in population structure and stability is the initial step in selection and development resistant pear cultivars. The characteristics of the host plant affect the abundance, structure, stability and diversity of the pest population (Steffan-Dewenter *et al*., 2001). Therefore, this research was conducted to determine the effect of morphological characteristics of leaf of nine pear cultivars on population structure and stability of pear psylla and their relationship in different growth stages of pear psylla.

Materials and Methods

Nine pear cultivars including: Boheme, Shah Miveh, Natanzi, Sebri, Dargazi, Louise Bonne, Harvest Queen, Potomac, and Coscia were used in this study. This research was conducted from 2020 to 2023. Data of the population of different stages of development of psylla pear was scored at the peak of its activity, i.e. from the beginning of April to November, every seven days. From each cultivar, 10 leaves were randomly selected from the crown's lower, middle, and upper parts. The monthly average of the effective population at different growth stages and the percentage of each stage relative to the total population density were calculated. The population stability index for the active pear psylla population on each pear cultivars was estimated. The leaf color index including R (red), G (green), and B (blue and yellow) were determined using the mobile phone software called Color Grab 3.9.2 with constant light and at a distance of 15 cm from the leaf surface. A relatively accurate leaf surface area was estimated using the mobile phone software Easy Leaf Area. The leaf chlorophyll content was evaluated using the OPTi-Sciences CCM-200 chlorophyll meter.

Results and Discussion

The maximum population density in the first and second activity periods was 242.3 and 359.3, respectively. The minimum density in the first and second activity periods was 73.2 and 175.5, respectively. The lowest and highest percentage of egg density in the population structure was recorded at 16% and 18 %, respectively, in May and September. The highest and lowest population stability, in different growth stage, of pear psylla eggs were in cv. Shah Miveh (470.4 eggs) and cv. Natanzi (33.7eggs), in October and May respectively. The highest and the lowest population stability index of nymphs and beloged to cv. Shah Miveh (2.2 nymphs) and cv. Dargazi (8.6 nymphs), in October and May

respectively. The highest and lowest population stability index of adult insects recorded in cv. Shah Miveh (126.5 adult insects) and cv. Darghazi (3.3 adult insect), respectively.

Leaf color indices (R, G, and B) with correlation coefficients of more than 0.9, leaf surface area index and lint density with correlation coefficients of -0.84 and 0.63, respectively, had significant relationship with the population stability index of pear psylla. Considering the resuts of this study, it was found that different leaf characteristics, especially color and lint density, were highly effective on population density and stability indices of pear psyll. These characteristics can be used in pear breeding programs for selction and development of new resistant cutivars to pear psylla.

References

Behdad, E. 1991. Iran pests of fruit trees (2nd edition), Bahman Nashr Press, Esfahan, Iran, 826 pp. (in Persian).

Khalil, H., Raza, A. B. M., Afzal, M., Aqueel, M. A., Khalil, M. S. and Mansoor, M. M. 2017. Effects of plant morphology on the incidence of sucking insect pests complex in few genotypes of cotton. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, *16*(4), pp.344-349. DOI: 10.1016/j.jssas.2015.11.003

Luo, X., Li, F., Ma, Y. and Cai, W. 2012. A revision of Chinese pear psyllids (Hemiptera: Psylloidea) associated with *Pyrus ussuriensis*. *Zootaxa*, *3489*(1), pp.58-80. DOI: 10.11646/ZOOTAXA.3489.1.4

Rutledge, C. E., Robinson, A. P. and Eigenbrode, S. D. 2003. Effects of a simple plant morphological mutation on the arthropod community and the impacts of predators on a principal insect herbivore. *Oecologia*, *135*, pp.39-50. DOI: 10.1007/s00442-002-1114-2

Steffan-Dewenter, I., Münzenberg, U. and Tscharntke, T. 2001. Pollination, seed set and seed predation on a landscape scale. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, *268*(1477), pp.1685-1690. DOI: 10.1098/rspb.2001.1737

*Corresponding author: masoud_latifian@yahoo.com Tel.: +982636702541

Received: 04 Februray 2024
Accepted: 27 April 2024

2024© 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.