Iranian Journal of Plant Protection Science
Vol 48, No 2, Autumn & Winter 2017-2018 (197-205)
DOI: 10.22059/ijpps.2017.229696.1006770

دانش گیاهپزشکی ایران
دورهٔ ۴۸، شمارهٔ ۲، پاییز و زمستان ۱۳۹۶ (ص ۲۰۵-۱۹۷)

ریخت‌سنجی جمعیت‌های پسیل معمولی پسته، *Agonoscena pistaciae* (Hemiptera: Aphalaridae)، در استان‌های کرمان و خراسان رضوی

محمدرضا مصطفوی[1]، محمدرضا لشکری[2*]، سعید ایرانمنش[2] و سید مظفر منصوری[2]
۱ و ۲. دانشجوی سابق کارشناسی‌ارشد و استادیار، گروه تنوع زیستی، پژوهشگاه علوم و تکنولوژی پیشرفته و علوم محیطی، دانشگاه تحصیلات تکمیلی صنعتی و فناوری پیشرفته، کرمان، ایران
(تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۱۲/۲۳ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۹/۲۷)

چکیده

پسیل معمولی پسته، *Agonoscena pistaciae* Burckhardt & Lauterer (Hemiptera: Aphalaridae)، یکی از مهم‌ترین آفات درختان پسته در ایران و منطقهٔ خاورمیانه است. دانش کمی دربارهٔ تنوع ریخت‌شناختی جمعیت‌های جغرافیایی پسیل معمولی پسته در ایران و به‌ویژه در استان کرمان به عنوان مهم‌ترین تولیدکنندهٔ پسته کشور وجود دارد. بنابراین برای افزایش آگاهی از تنوع ریخت‌شناختی جمعیت‌های این آفت، جمعیت‌های مختلف آن از برخی مناطق مهم پسته‌کاری ایران، شامل استان‌های کرمان و خراسان رضوی در سال ۱۳۹٤ گردآوری شدند و ساختار هندسی شکل بال آن‌ها با استفاده از روش ریخت‌سنجی هندسی بررسی شد. نتایج بررسی‌ها نشان داد، شکل بال در جمعیت پسیل معمولی پسته از خراسان رضوی با همهٔ جمعیت‌های موجود در استان کرمان تفاوت معنی‌داری دارد و در گروهی جداگانه‌ای قرار می‌گیرند. بررسی اندازهٔ بال نشان داد، تفاوت معنی‌داری بین جمعیت‌های مختلف وجود دارد، به‌طوری‌که اندازهٔ بال در جمعیت پسیل معمولی پسته از شهرستان راور نسبت به دیگر جمعیت‌ها کوچک‌تر بود. همچنین، شکل بال باریک‌تر در جمعیت پسیل معمولی پسته از استان خراسان رضوی تشخیص داده شد. در جمعیت‌های مورد بررسی، با وجود معنی‌دار بودن رشد (Allometric growth)، هنگامی‌که اندازهٔ بال ثابت نگه‌داشته شد، شکل بال هنوز به‌طور معنی‌داری متفاوت بود که ممکن است نشان‌دهندهٔ تأثیر بیشتر عامل‌های ژنتیکی بر تغییرات ریخت‌شناختی ایجادشده باشد. افزون بر این در این بررسی مشخص شد که خوشه‌بندی جمعیت‌ها بر پایهٔ داده‌های ریخت‌شناختی (در این بررسی) با مولکولی (در بررسی‌های دیگران) همخوانی دارد.

واژه‌های کلیدی: اندازهٔ بال، شکل بال، آلومتری رشد.

Morphological variation in populations of the common pistachio psyllid, *Agonoscena pistaceae* (Hemiptera: Aphalaridae) in Kerman and Khorasan Razavi provinces

Mohammadreza Mostafavi[1], Mohammadreza Lashkari[2*], Saeid Iranmanesh[2] and Seyed Mozafar Mansouri[2]
1, 2. Former M.Sc. Student and Assistant Professor, Department of Biodiversity, Institute of Science and High Technology and Environmental Sciences, Graduate University of Advanced Technology, Kerman, Iran
(Received: Mar. 13, 2017 - Accepted: Dec. 18, 2017)

ABSTRACT

The common pistachio psyllid, *Agonoscena pistaciae* Burckhardt & Lauterer (Hem.: Aphalaridae), is one of the most important pests of pistachio trees in Iran and Middle East. Little is known about the morphological variation of the geographic populations of the common pistachio psyllid in Iran, especially in Kerman province as the main pistachio production province. In order to prepare more information on the morphological variation of this pest, different populations were collected from some main producing areas of pistachio in Iran, including Kerman and Khorasan Razavi provinces in 2016; and wing shape geometry of them was investigated using the geometric morphometric method. The results showed a significant difference in wing shape between the population of Khorasan Razavi Province and all of the populations from Kerman province. The results indicated a significant difference in the centroid size among the populations. Also, wing size was smaller in psyllid population from Ravar compared to other populations. Furthermore, narrower wing shape was found in psyllid populations from Khorasan Razavi province. In the studied populations, in spite of the allometric growth, significant shape differences still remain in constant size which may indicate the genetic basis of the variation rather than environmental factors. Moreover, links between morphological (in the present study) and molecular data (in the other studies) revealed.

Keywords: Allometry, wing shape, wing size.

* Corresponding author E-mail: m.lashkari@kgut.ac.ir; mr.lashkari@gmail.com

Archive of SID
www.SID.ir

مقدمه

پسیل معمولی پسته، *Agonoscena pistaciae* Burckhardt & Lauterer (Hem.: Aphalaridae) (Burckhardt & Ouvrard, 2012)، مهم‌ترین گونهٔ آسیب‌زا به درختان پسته بوده و به دلیل جمعیت بسیار بالا و گسترش در بیشتر مناطق پسته‌کاری به پسیل معمولی پسته و همچنین به دلیل ترشح عسلک زیاد که پس از خشک شدن حالت شکرک به خود می‌گیرد، به نام شیرهٔ خشک شناخته می‌شود (Mehrnejad, 2000).

تنوع جغرافیایی می‌تواند با فرایندهای تکاملی منطقه‌ای ایجاد شود که شامل روابط متقابل سازوکارهای ژنتیکی و فرایندهای محیطی هستند (Sluss, 1979). به‌طورکلی موفقیت یک فرد در تأمین نیازهای زیستی مانند نیازهای غذایی، فیزیولوژیک و رفتار در زیستگاه‌های طبیعی، امکان وجود آن‌گونه در آن زیستگاه‌ها را مشخص می‌کند و میزان و فراوانی منابعی که افراد با آن روبه‌رو می‌شوند تحت تأثیر آب‌وهوا و پستی و بلندی یا توپوگرافی و به عبارتی تنوع جغرافیایی قرار می‌گیرد. بر پایهٔ فرضیهٔ گونه‌زایی، بازدارنده‌های جغرافیایی مانند فاصله‌ها و پستی و بلندها می‌تواند باعث جدایی جمعیت‌ها شوند. این‌طور تصور می‌شود که گونه‌زایی جغرافیایی متداول‌ترین روندی است که گونه‌های جانوری از آن منشأ می‌گیرند. چه‌بسا تغییراتی که جمعیت‌های جدا از هم در مسیرهای جداگانه تکامل متحمل شده‌اند، منجر به‌نوعی رجحان تولیدمثلی شود (Constanti, 1986).

در ارتباط با پسیل معمولی پسته، Nadi (2014) به بررسی تنوع ژنتیکی جمعیت‌های پسیل معمولی پسته در ایران با نشانگر مولکولی RAPD پرداخت و نشان داد که جمعیت خراسان رضوی با قرار گرفتن در شاخه‌ای مستقل از دیگر جمعیت جدا است (Nadi, 2014)؛ تکرار دوبارهٔ آزمایش بالا بار دیگر جدا شدن جمعیت استان خراسان رضوی و کرمان را نشان داد (Nadi, 2014). در ارتباط با بررسی تنوع در بالا خانوادهٔ Psylloidea، Lashkari *et al*. (2013) به بررسی جمعیت‌های مختلف پسیل آسیایی مرکبات، *Diaphorina citri* Kuwayama، در ایران و مقایسهٔ این جمعیت‌ها با جمعیتی از کشور پاکستان پرداختند و نتیجه گرفتند که جمعیت‌های پسیل آسیایی مرکبات ایران از نظر شکل و اندازه با جمعیت پسیل آسیایی مرکبات پاکستان متفاوت است (Lashkari *et al*., 2013) و بین داده‌های ریخت‌سنجی و مولکولی همبستگی وجود دارد (Lashkari *et al*., 2014).

به‌رغم اهمیت اقتصادی پسیل معمولی پسته در ایران، اطلاعات اندکی دربارهٔ تنوع جمعیت‌های پسیل معمولی پسته به‌ویژه در استان کرمان به‌عنوان مهم‌ترین تولیدکنندهٔ پستهٔ کشور وجود دارد. برای دست‌یابی به مدیریت موفق هر آفت، شناخت ویژگی‌های ریخت‌شناسی، زیست‌شناسی، رفتارشناسی و بوم‌شناختی جمعیت‌ها بسیار مهم است (Dujardin *et al*., 1999). چراکه تنوع ایجادشده در میان جمعیت‌ها می‌تواند در ابعاد ریخت‌شناختی، فیزیولوژیک، رفتاری و ... انعکاس یابد (Betts & Wootton, 1988). با توجه بررسی‌های Nadi (2014) این پرسش مطرح است که آیا جمعیت‌های جداشدهٔ ژنتیکی پسیل معمولی پسته ویژگی‌های ریخت‌شناختی متفاوتی دارند؟ یا به‌عبارتی آیا ارتباطی بین داده‌های ریخت‌سنجی در این بررسی و داده‌های مولکولی به‌دست‌آمده از بررسی‌های دیگران وجود دارد؟ لذا این بررسی با فرض اینکه تفاوت‌های ژنتیکی موجود باعث تغییر در ساختار هندسی بال شده است، انجام شد.

مواد و روش‌ها

نمونه‌برداری از جمعیت‌های پسیل معمولی پسته

حشرات بالغ پسیل معمولی پسته از باغ‌های پسته واقع در استان کرمان (شامل: کرمان، زرند، سیرجان، راور، رفسنجان و بردسیر) و خراسان رضوی (تربت‌حیدریه) در شهریورماه سال ۱۳۹۴ گردآوری شدند (جدول ۱، شکل ۱). برای ارائهٔ داده‌های اقلیمی، مناطق گردآوری بر پایهٔ ارتفاع (شکل ۲A)، دما (شکل ۲B)، رطوبت (شکل ۲C) و اقلیم (شکل ۲D) در قالب نقشه‌هایی ارائه شده است. نمونه‌های یادشده با آسپیراتور (مکنده) گردآوری شدند. شناسایی گونهٔ پسیل معمولی پسته با استفاده از منابع معتبر انجام شد (Burckhardt & Lauterer, 1993).

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۱. داده‌های مربوط به گردآوری جمعیت‌های مختلف جغرافیایی پسیل معمولی پسته

Table 1. Collection data for geographic populations of the common pistachio psyllid

Locality	Code	N.	E.	Altitude	n
Kerman	Ker.	30°22′29″	56°57′44″	1736	30
Zarand	Zar.	30°52′09″	56°22′26″	1644	30
Bardsir	Bar.	29°56′44″	56°35′47″	1917	30
Sirjan	Sir.	29°29′11″	55°38′26″	1740	30
Ravar	Rav.	31°18′39″	56°47′54″	1169	30
Rafsanjan	Raf.	30°24′56″	56°01′46″	1523	30
Torbat e Heydariyeh	Tor.	35°13′28″	59°12′32″	1281	30

شکل ۱. نقاط گردآوری جمعیت‌های مختلف پسیل معمولی پسته

Figure 1. Collection sites for geographic populations of the common pistachio psyllid

تهیهٔ نقشهٔ ارتفاع، دما و رطوبت استان کرمان

داده‌های مربوط به لایهٔ ارتفاع توسط سازمان نقشه‌برداری کل کشور با ابعاد پیکسل حدود ۳۰ متر ارائه شده است. داده‌های مربوط به لایهٔ رطوبت نسبی و دمای هوا از سازمان هواشناسی کرمان تهیه شده‌اند. این داده‌ها مربوط به ۲۸ ایستگاه هواشناسی در سطح استان است. برای تهیهٔ نقشه‌های مربوطه از نرم‌افزار Arcgis نسخهٔ ۹/۳ استفاده شد.

تهیهٔ اسلاید میکروسکوپی و عکس‌برداری از اسلایدها

در این بررسی از بال‌های جلو برای مقایسهٔ ریخت‌سنجی هندسی جمعیت‌های مختلف پسیل معمولی پسته استفاده شد. برای تهیهٔ اسلاید از بال، در آغاز شمار سی حشرهٔ ماده که بال‌های بسیار سالمی داشتند از هر جمعیت به‌طور تصادفی انتخاب شد. آنگاه اسلایدهایی از بال‌های جلو سمت راست با کاربرد مادهٔ کانادابالزام تهیه شد. عکس بال‌ها با دوربین دیجیتال (۳ مگاپیکسل) با بزرگ‌نمایی ۴۰ برابر، برای همهٔ نمونه‌ها تهیه و ذخیره شد.

تجزیه‌وتحلیل داده‌ها

عکس‌های ذخیره‌شدهٔ بال با نرم‌افزار tpsUtil نسخهٔ ۱/۴۶ به فایل TPS تبدیل شدند. آنگاه عمل لندمارک‌گذاری محل با نرم‌افزار tpsDig نسخهٔ ۱/۴ انجام شد (Rohlf, 2004). در مجموع ۱۱ نشانهٔ محل (لند مارک) همولوگ از نوع یک بر پایهٔ بررسی Lashkari *et al.* (2013) روی هر عکس انتخاب شد (Lashkari *et al.*, 2013) (شکل ۳). داده‌های شکل (Partial Warp, PW) و اندازه (Centroid size, CS)، با نرم‌افزار TpsRelw نسخهٔ ۱/۴۹ استخراج شدند (Rohlf *et al.*, 1996). مقایسهٔ آماری شکل بال با تحلیل واریانس چند متغیره (MANOVA) و تجزیهٔ واریانس کانونی (CVA) در نرم‌افزار SAS نسخهٔ ۹ و NTSYS نسخهٔ ۲/۱۰e انجام شد. بررسی آلومتری رشد و تحلیل واریانس چند متغیره در نرم‌افزار TpsRegr نسخهٔ ۱/۳۷ انجام شد. تجزیهٔ خوشه‌ای با استفاده از ماتریس فاصله‌های ریخت‌شناختی در نرم‌افزار NTSYS با روش UPGMA انجام شد. آزمون منتل نیز در محیط نرم‌افزار NTSYS انجام شد.

Archive of SID

www.SID.ir

به‌منظور تحلیل اندازهٔ بال در جمعیت‌های مختلف، مقایسهٔ میانگین‌ها با روش ANOVA و پس‌آزمون HSD در $\alpha = ۰/۰۱$ در محیط نرم‌افزار SAS (نسخهٔ ۹) مقایسه شدند.

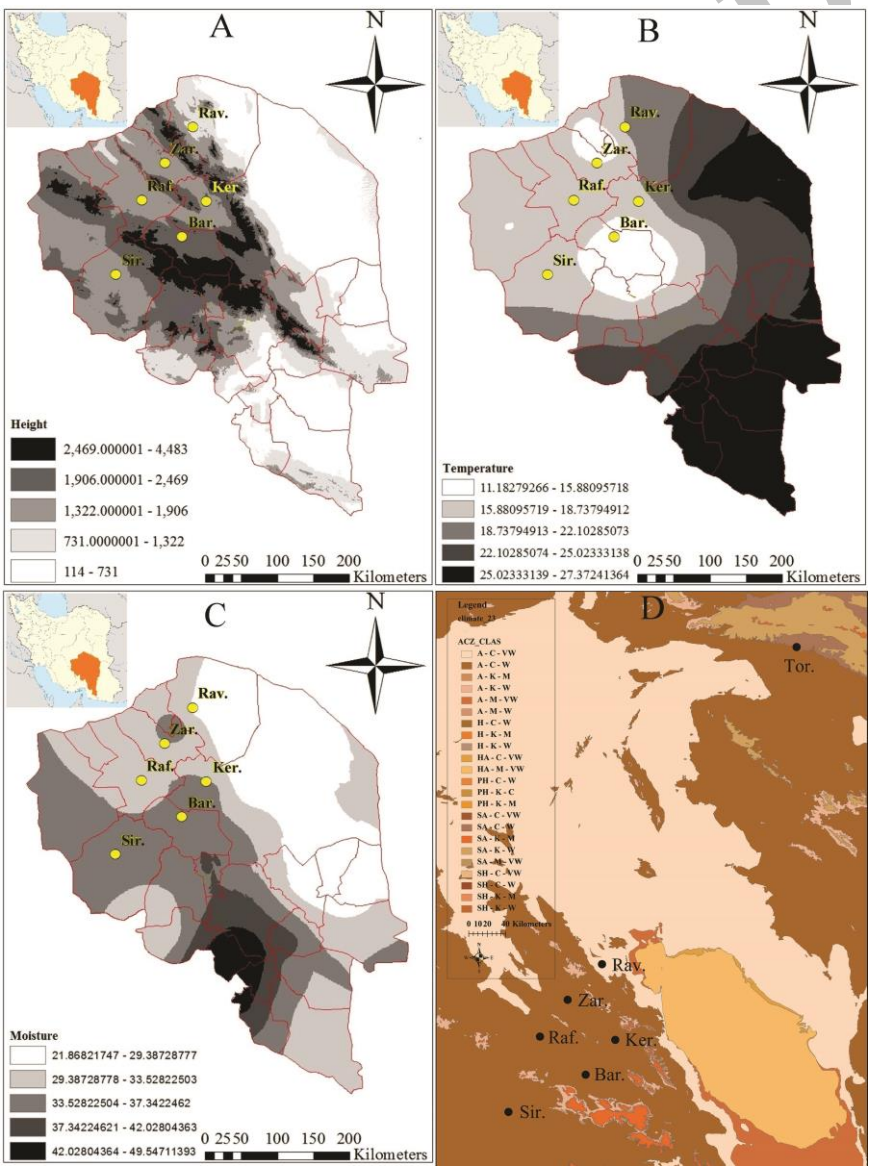
نتایج

بررسی شکل بال

عمل روی هم‌اندازی عکس‌های مربوط به بال جمعیت‌ها از محل نشانه‌گذاری‌های انتخاب‌شده نشان داد، دامنهٔ تنوع بالایی در نقاط نشانه‌گذاری‌ها در افراد مختلف وجود دارد (شکل ۴). بیشترین تنوع در نشانه‌گذاری‌های ۱، ۲ و ۳ وجود دارد (شکل ۴).

نتایج به‌دست‌آمده از تجزیهٔ MANOVA نشان داد، بین شکل بال در جمعیت‌های مختلف جغرافیایی پسیل معمولی پسته تفاوت معنی‌داری دارد (جدول ۲). تجزیهٔ کانونی نیز این نتایج را تأیید می‌کند (شکل ۵).

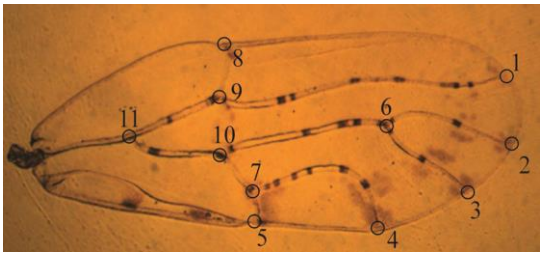
بر پایهٔ تغییرات شکل در نهایت سمت راست محور RW1، شکل بال در جمعیت‌های خراسان رضوی باریک‌تر از همهٔ جمعیت‌های مربوط به استان کرمان است (شکل ۶).



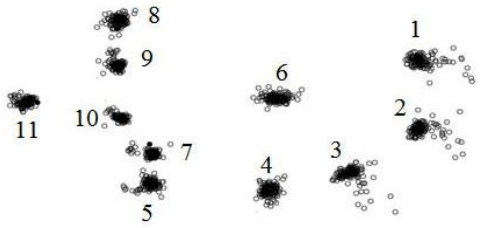
شکل ۲. نقشهٔ توپوگرافی (A)، دمایی (B)، رطوبتی (C) و اقلیمی (D) نقاط گردآوری جمعیت‌های مختلف جغرافیایی پسیل معمولی پسته در استان کرمان

Figure 2. Collection sites based on topology (A), temperature (B), humidity (C) and climate (D) for geographic populations of the common pistachio psyllid in Kerman province

www.SID.ir



شکل ۳. نشانه‌گذاری‌های انتخاب‌شده (دایره‌ها) روی بال جلو (سمت راست) پسیل معمولی پسته
Figure 3. Position of landmarks (circles) in the right forewing of the common pistachio psyllid. (See Table 2).

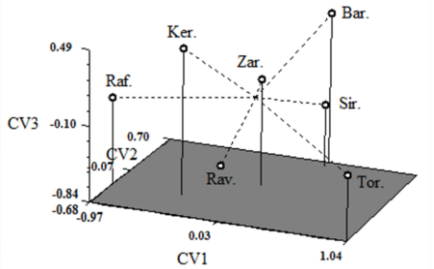


شکل ۴. دامنهٔ تنوع در نشانه‌گذاری‌های انتخاب‌شده روی بال جلو در جمعیت‌های مختلف جغرافیایی پسیل معمولی پسته
Figure 4. Range of variation in the selected landmarks on the forewing of populations of the common pistachio psyllid

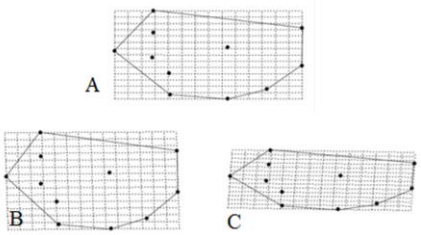
جدول ۲. تحلیل واریانس چند متغیره (MANOVA) و ناموزونی رشد در جمعیت‌های مختلف پسیل معمولی پسته
Table 2. MANOVA and allometry tests in populations of the common pistachio psyllid

Source	MANOVA		Allometric growth		Allometric slope		Shape in constant size	
	Wilks' Lambda	P-value	Wilks' Lambda	P-value	Wilks' Lambda	P-value	Wilks' Lambda	P-value
Forewing	0.405	<0.0001**	0.8447	0.0144*	0.3669	0.5523	0.4301	0.00036**

* Significant at P < 0.05, ** Significant at P < 0.01.



شکل ۵. تجزیهٔ کانونی در جمعیت‌های مختلف جغرافیایی پسیل معمولی پسته. (برای داده‌های بیشتر در مورد کد جمعیت‌ها به جدول ۱ رجوع شود)
Figure 5. Canonical Variate Analysis (CVA) in geographic populations of common pistachio psyllid. See Table 1 for abbreviations.



شکل ۶. (A) شکل بال (جلویی) مرجع در محور RW1، (B) شکل بال در حد نهایی منفی محور RW1 (مربوط به جمعیت پسیل معمولی پسته از استان کرمان) و (C) شکل بال در حد نهایی مثبت محور RW1
(مربوط به جمعیت‌های پسیل معمولی پسته از استان خراسان رضوی)
Figure 6. (A) Shape of forewing in the consensus configuration on RW1 axes, (B) negative deformation (psyllid population from Kerman), (C) positive deformation (psyllid populations from Khorasan Razavi (Torbat e Heydariyeh)

Archive of SID

www.SID.ir

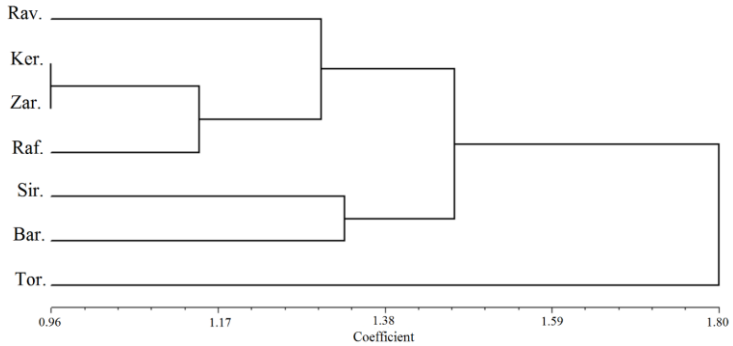
تجزیهٔ خوشه‌ای جمعیت‌های مورد بررسی به روش UPGMA نشان داد، جمعیت خراسان رضوی (تربت‌حیدریه) جدای از دیگر جمعیت‌ها قرار دارد. همچنین جمعیت‌های مختلف جغرافیایی استان کرمان به سه گروه اصلی تقسیم می‌شوند، به‌طوری‌که در گروه اول جمعیت پسیل معمولی پسته از شهرستان راور قرار می‌گیرد؛ در گروه دوم جمعیت‌های پسیل معمولی پسته از شهرستان‌های کرمان، زرند و رفسنجان قرار دارند و در گروه سوم جمعیت‌های پسیل معمولی پسته از شهرستان‌های سیرجان و بردسیر قرار می‌گیرند (شکل۷).

بررسی اندازهٔ بال

نتایج تجزیهٔ واریانس یک‌متغیره برای اندازهٔ بال در جمعیت‌های مورد بررسی تفاوت معنی‌داری نشان داد (F=۶۹/۴۷۴ ،P<۰/۰۰۰۱). مقایسهٔ میانگین‌های اندازهٔ بال در جمعیت‌ها نشان داد، اندازهٔ بال در جمعیت‌های پسیل معمولی پسته از شهرستان‌های زرند، تربت‌حیدریه، بردسیر و سیرجان بزرگ‌تر بوده و اختلاف معنی‌داری با دیگر جمعیت‌ها دارند (شکل ۸). جمعیت‌های پسیل معمولی پسته از شهرستان‌های کرمان و رفسنجان اندازهٔ بال متوسطی دارند و در نهایت جمعیت پسیل معمولی پسته از شهرستان راور اندازهٔ بال کوچک‌تری نسبت به دیگر جمعیت‌های مورد بررسی دارد (شکل ۸).

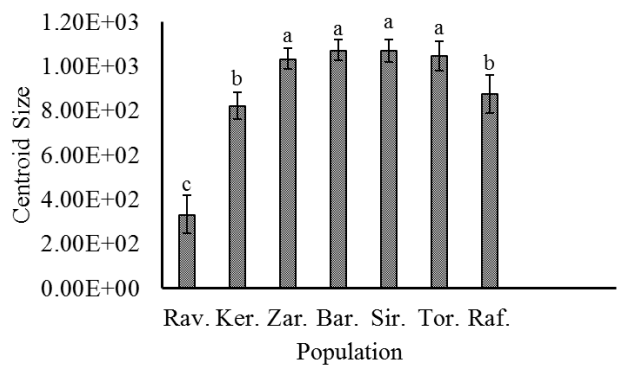
بررسی آلومتری رشد

نتایج به‌دست‌آمده از تجزیهٔ آلومتری رشد نشان داد، رشد معنی‌دار آلومتری رشد وجود دارد (جدول۲)؛ اگرچه مقایسهٔ شیب آلومتری رشد بین جمعیت‌ها مورد بررسی تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۲)، اما شکل بال هنگامی‌که اندازه ثابت نگه‌داشته شد هنوز به‌طور معنی‌داری متفاوت بود (جدول ۲).



شکل ۷. تجزیهٔ خوشه‌ای جمعیت‌ها جغرافیایی پسیل معمولی پسته به روش UPGMA.
برای داده‌های بیشتر در مورد کد جمعیت‌ها به جدول ۱ رجوع شود

Figure 7. Clustering analysis of the geographic populations of the common pistachio psyllid based on the UPGMA method. See Table 1 for abbreviations



شکل ۸. اندازهٔ بال در جمعیت‌های مختلف جغرافیایی پسیل معمولی پسته

Figure 8. Wing size in geographic populations of the common pistachio psyllid

www.SID.ir

آزمون منتل

آزمون منتل نشان داد، همبستگی معنی‌داری بین فاصلهٔ جغرافیایی و ریخت‌شناختی (در سطح آلفای ۵ درصد) وجود دارد (P=۰/۰۴۱۹، r =۰/۶۰۳۲).

بحث

بررسی‌های مولکولی Nadi (2014) روی جمعیت‌های مختلف جغرافیایی پسیل معمولی پسته از استان خراسان رضوی و کرمان نشان داد، جمعیت استان خراسان رضوی و کرمان با هم متفاوت هستند و در دو گروه متمایز قرار می‌گیرند. نتایج ریخت‌سنجی به‌دست‌آمده از این بررسی با نتایج به‌دست‌آمده در تحقیق Nadi (2014) در خوشه‌بندی جمعیت‌ها مشابه است، به‌طوری‌که همهٔ جمعیت‌های استان کرمان از جمعیت‌های تربت‌حیدریه (خراسان رضوی) متمایز هستند و در دو گروه جداگانه قرار می‌گیرند، یا به عبارتی داده‌های ریخت‌شناختی به‌دست‌آمده از این تحقیق و داده‌های مولکولی به‌دست‌آمده از نتایج Nadi (2014) از نظر خوشه‌بندی جمعیت‌های مشابهی دارند.

در این بررسی همهٔ جمعیت‌های استان کرمان در یک گروه قرار گرفته‌اند و جدای از جمعیت‌های تربت‌حیدریه (خراسان رضوی) هستند. آزمون منتل نشان داد، فاصلهٔ ریخت‌شناختی (مورفولوژیکی) بین جمعیت‌های کرمان و خراسان رضوی به فاصلهٔ جغرافیایی میان دو منطقه وابسته است که با بررسی‌های Lashkari *et al.* (2013) درباره جمعیت‌های مختلف جغرافیایی پسیل آسیایی مرکبات همخوانی دارد (Lashkari *et al.*, 2013). با توجه به نتایج، به نظر می‌رسد که تفاوت میان جمعیت‌های استان کرمان و خراسان رضوی می‌تواند به دلیل وجود یک بازدارندهٔ جغرافیایی مانند مسافت طولانی باشد که باعث جلوگیری از جریان ژنی بین این جمعیت‌ها شده است. فاصله می‌تواند جریان ژنی را تحت تأثیر قرار دهد، حتی در مورد گونه‌هایی که می‌توانند طولانی‌ترین مسافت‌ها را طی کنند (Britten *et al.*, 1995). از سوی دیگر، وضعیت اقلیمی متفاوت در نقاط گردآوری در استان‌های کرمان و خراسان رضوی نیز ممکن است دلیل دیگری بر این تمایز جمعیتی باشد، به‌طوری‌که منطقهٔ نمونه‌برداری در تربت‌حیدریه (خراسان رضوی) دارای اقلیم نیمه‌خشک با زمستان‌های سرد و تابستان‌های گرم است، در حالی که این اقلیم در مناطق نمونه‌برداری استان کرمان خشک با زمستان‌های سرد و تابستان‌های خیلی گرم (راور) و گرم (دیگر مناطق نمونه‌برداری استان کرمان) است.

مناطق مختلف استان کرمان که در این بررسی از آنجا نمونه تهیه شد، بر پایهٔ نقشهٔ توپوگرافی در سه محدوده قرار داشتند: ۱) بردسیر در محدودهٔ ارتفاع ۱۹۰۶ تا ۲۴۶۹ متر از سطح دریا، ۲) کرمان، زرند، رفسنجان و سیرجان در محدودهٔ ارتفاع ۱۳۲۲ تا ۱۹۰۶ متر از سطح دریا و ۳) راور در محدودهٔ ارتفاع ۷۳۱ تا ۱۳۲۲ متر از سطح دریا. مناطق یادشده بر پایهٔ نقشهٔ میانگین دمای سالیانه نیز مانند نقشهٔ توپوگرافی در سه محدود قرار گرفتند: ۱) بردسیر در محدودهٔ دمای سالیانه ۱۱ تا ۱۵ درجهٔ سلسیوس، ۲) کرمان، زرند، رفسنجان و سیرجان در محدودهٔ دمای سالیانه ۱۵ تا ۱۸ درجهٔ سلسیوس و ۳) راور با محدودهٔ دمای سالیانه ۱۸-۲۲ درجهٔ سلسیوس. همچنین، مناطق یادشده بر پایهٔ درصد رطوبت نسبی موجود، در سه محدوده قرار داشتند: ۱) بردسیر و سیرجان در محدودهٔ رطوبتی ۳۳ تا ۳۷ درصد، ۲) کرمان، زرند و رفسنجان در محدودهٔ رطوبتی ۲۹ تا ۳۳ درصد و ۳) راور در محدودهٔ رطوبتی ۲۱ تا ۲۹ درصد. افزون بر این نقشهٔ اقلیمی کشور نشان داد، مناطق نمونه‌برداری در شهرستان‌های کرمان، زرند، رفسنجان، بردسیر و سیرجان اقلیم خشک با زمستان‌های سرد و تابستان‌های گرم دارند، ولی شهرستان راور اقلیم خشک، با زمستان‌ها سرد و تابستان‌های خیلی گرم دارد. بر پایهٔ تجزیهٔ خوشه‌ای ارائه شده در این بررسی جمعیت‌های استان کرمان در سه گروه قرار گرفته‌اند که شامل: ۱) جمعیت راور، ۲) جمعیت‌های کرمان، زرند و رفسنجان و ۳) جمعیت‌های بردسیر و سیرجان؛ این الگوی قرارگیری تا حدودی مشابه با نقشه‌های تقسیم‌بندی مناطق بر پایهٔ توپوگرافی، دما و رطوبت است، ولی به‌طور جالبی از بین آن‌ها نقشه گروه‌بندی مناطق بر

Archive of SID

www.SID.ir

پایهٔ رطوبت به‌طور دقیق با تحلیل خوشه‌ای ارائه شده در این بررسی همخوانی دارد. این نکته ممکن است بیانگر این باشد که از بین عامل‌های نشان داده شده، عامل رطوبت نسبی تأثیر بیشتری در تمایز جمعیت‌های مختلف پسیل معمولی پسته در استان کرمان باشد و یا ممکن است تغییر ایجادشده نتیجهٔ اثر متقابل همه عامل‌های یادشده باشد؛ که البته این مسئله برای تأیید نیاز به مدارک بیشتری دارد.

از نظر شکل هندسی بال، نتایج نشان داد که جمعیت پسیل معمولی پسته از خراسان رضوی (تربت‌حیدریه) بال جلوی باریک‌تری نسبت به دیگر جمعیت‌ها دارد. بال‌های باریک باعث کاهش اصطکاک با هوا شده و در نتیجه بازدهی بالاتری نسبت به بال‌های پهن در پرواز دارند، به‌طوری‌که پرواز با بال‌های کشیده‌تر عملکرد بهتری در شرایط پرواز طولانی دارد (Bai *et al*., 2016). در نتایج یک بررسی دیگر Bai *et al*. (2016) نشان دادند، ملخ‌های با بال باریک‌تر عملکرد بهتری در پرواز دارند (Bai *et al*., 2016).

در این بررسی، با ارزیابی نقشه‌های توپوگرافی و دمایی نقاط نمونه‌برداری می‌توان نتیجه گرفت که شهرستان راور نسبت به دیگر نقاط گردآوری، ارتفاع پایین‌تر و آب‌وهوای گرم‌تری دارد که می‌تواند دلیل کوچک‌تر بودن اندازهٔ بال در جمعیت مرتبط با این منطقه نسبت به دیگر مناطق باشد. این موضوع بر پایهٔ قانون برگمن است. قانون برگمن (Bergmann's role) بیان می‌کند که بین اندازهٔ بدن و تغییرات در عرض جغرافیایی رابطهٔ مستقیم وجود دارد، بدین‌صورت که در عرض‌های جغرافیایی پایین‌تر که به‌طورمعمول آب‌وهوای گرم‌تری دارند، افراد بدن کوچک‌تری دارند و برعکس افرادی که دارای بدن بزرگ‌تر هستند در عرض‌های جغرافیایی بالاتر وجود دارند (Bai *et al*., 2016).

به‌واسطهٔ یک‌روند تکاملی، توانایی‌ها و واکنش‌های حیاتی پیرو تغییرات ژنتیکی برای سازگاری با شرایط محیطی تغییر می‌کند (Kim & McPheron, 1993). در این بررسی شکل بال هنگامی‌که اندازه ثابت نگه داشته شد هنوز به‌طور معنی‌داری متفاوت بود که نشان می‌دهد، فاصله‌های ریخت‌شناختی ایجادشده بین جمعیت‌ها بیشتر تحت تأثیر عامل‌های ژنتیکی قرار گرفته است تا شرایط محیطی (Dujardin *et al*., 1999)، در این صورت احتمال دارد که دیگر ویژگی‌های زیستی جمعیت‌های یادشده تغییر کنند، لذا پیشنهاد می‌شود بررسی‌های همه‌جانبه و بیشتری به‌منظور شناسایی و ارزیابی ویژگی‌های زیستی این جمعیت‌ها انجام شود.

REFERENCES

1. Bai, Y., Dong, J. J., Guan, D. L., Xie, J. Y. & Xu, S. Q. (2016). Geographic variation in wing size and shape of the grasshopper *Trilophidia annulata* (Orthoptera: Oedipodidae): morphological trait variations follow an ecogeographical rule. *Science Report*, 6, 32680.
2. Betts, C. & Wootton, R. (1988). Wing shape and flight behaviour in butterflies (Lepidoptera: Papilionoidea and Hesperioidea): a preliminary analysis. Journal *of Experimental* Biology, 138, 271-288.
3. Britten, H. B., Brussard, P. F., Murphy, D. D. & Ehrlich, P. R. (1995). A test for isolation-bydistance in Central Rocky Mountain and Great Basin populations of Edith's checkerspot butterfly (*Euphydryas editha*). *Journal of Heredity*, 86, 204-210.
4. Burckhardt, D. & Lauterer, P. (1993). The jumping plant-lice of Iran (Homoptera, Psylloidea). *Revue Suisse de zoologie*, 100, 829-898.
5. Burckhardt, D. & Ouvrard, D. (2012). A revised classification of the jumping plant-lice (Hemiptera: Psylloidea). *Zootaxa*, 3509, 1-34.
6. Constanti, M., Pascual, M., Ribó abd, G. & Prevosti, A. (1986). Sexual isolation between populations of *Drosophila subobscura. Journal of European Strains*, 38, 213-230.
7. Dujardin, J. P., Pont, F. L. & Martines, E. (1999). Quantitative morphological evidence for incipient species within *Lutzomyia quinquefer* (Diptera: Psychodidae). *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro*, 94(6), 829-836.
8. Kim, K. C. & McPheron, B. A. (1993). *Evolution of Insect Pests: Patterns of Variation*. John Wiley & Sons.
9. Lashkari, M. & Iranmanesh, S. (2015). Wing geometry in the populations of *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae) in Iran and USA: an evidence for incongruence of molecular and morphometric data. *Journal of Entomological Society of Iran*, 35, 37-44.

Archive of SID

www.SID.ir

10. Lashkari, M., Manzari, S., Sahragard, A., Malagnini, V., Boykin, L. M. & Hosseini, R. (2014). Global genetic variation in the Asian citrus psyllid, *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae) and the endosymbiont Wolbachia: links between Iran and the USA detected. *Pest Management Science*, 70, 1033-1040.
11. Lashkari, M. R., Sahragard, A., Manzari, S., Mozaffarian, F. & Hosseini, R. (2013). A geometric morphometric study of the geographic populations of Asian citrus psyllid, *Diaphorina citri* (Hem.: Liviidae), in Iran and Pakistan. *Journal of Entomological Society of Iran*, 33, 59-71.
12. Maurer, A. & Taper, B. (2002). Connecting geographical distributions with population processes. Ecology Letters, 5, 223-231.
13. Mehrnejad, M. R. (2000). *A study on susceptibility and resistance of 10 pistachio cultivars and 2 wild pistachio species to the common pistachio psylla*. Final report of a research projects. Pistachio Research Institute, Rafsanjan, Iran. (in Farsi)
14. Nadi, H. (2014). *Genetic differentiation among the Iranian populations of Agonoscena pistaceae (Hom.: Psyllidae) using molecular markers*. M.Sc. thesis. Sari University of Agricultural Science and Natural Resource.
15. Rohlf, F. J., Loy, A. & Corti, M. (1996). Morphometric analysis of Old World Talpidae (Mammalia, Insectivora) using partial-warp scores. *Systematic Biology*, 45, 344-362.
16. Rohlf, F. J. (2004) tpsDig, version 1.4, Software. Available from: *http://life.bio.sunysb.edu/morph* (accessed 3 March 2015).
17. Sluss, T. P. & Graham, H. M. (1979). Allozyme variation in natural populations of *Heliothis virescens*. *Annals of the Entomological Society of America*, 72, 317-322.

Archive of SID

www.SID.ir