

مطالعه‌ی دوشکلی جنسی کرم سیب، *Cydia pomonella* (Lep.: Tortricidae)، با

استفاده از ریخت‌سنجی هندسی در شمال غرب ایران

صمد خاقانی‌نیا^{۱*}، سید ابوالقاسم محمدی^۲، علی‌مراد سرافرازی^۳، کریم حداد ایرانی‌نژاد^۱، ابراهیم ابراهیمی^۲، سیامک علوی‌کیا^۱ و رضا ظهیری^۳

۱- دانشگاه تبریز، دانشکده‌ی کشاورزی، گروه گیاه‌پزشکی، ۲- دانشگاه تبریز، دانشکده‌ی کشاورزی، گروه زراعت و اصلاح نباتات، ۳- تهران، موسسه‌ی گیاه‌پزشکی کشور.

*مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: skhaghaninia@tabrizu.ac.ir

Geometric morphometric approach on the sexual dimorphism of *Cydia pomonella* (Lep.: Tortricidae) in the North West of Iran

S. Khaghaninia^{1&*}, S. A. Mohamadi², A. Sarafrazi³, K. Hadade Iraninejad¹, E. Ebrahimi³, S. Alavikia² and R. Zahiri³

1. Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran, 2. Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran, 3. Iranian Research Institute of Plant Protection, Tehran Iran.

*Corresponding author, E-mail: skhaghaninia@tabrizu.ac.ir

چکیده

برای بررسی دوشکلی جنسی کرم سیب، افراد نر و ماده در قالب ۹ جمعیت جغرافیایی از چهار استان شمال غرب کشور شامل آذربایجان شرقی، آذربایجان غربی، اردبیل و زنجان در پاییز سال ۱۳۸۲ جمع‌آوری شدند. با تبدیل مختصات هندسی لندمارک‌ها به متغیرهای شکلی، تعداد ۲۶ و ۱۸ متغیر شکلی به ترتیب برای بال‌های جلو و عقب حاصل گردید. برای این متغیرها، RWA انجام و حدود نهایی تغییرات بال در دو جنس تعیین شد. پس از محاسبه‌ی اندازه‌ی متوسط افراد، آزمون آلومتری انجام گردید. اثر متقابل جمعیت در جنس نیز در هر دو بال معنی‌دار بود. برای تعیین سهم متغیرهای شکلی یکنواخت و غیر یکنواخت، تجزیه‌ی واریانس چندمتغیره‌ی جداگانه برای هر دو نوع متغیرها انجام شد که نتایج نشان‌دهنده‌ی سهم بیشتر متغیرهای شکلی غیر یکنواخت در تغییرات شکلی افراد نر و ماده در جمعیت‌های مختلف، به ویژه در بال عقب بود. تجزیه‌ی واریانس ساده برای آزمون تفاوت اندازه‌ی متوسط (centroid size) افراد در دو جنس نشان داد که اندازه‌ی متوسط افراد ماده به طور معنی‌دار بیشتر از افراد نر بود. آزمون آلومتری نشان داد که رابطه‌ی غیر معنی‌داری بین اندازه‌ی متوسط و تغییرات شکل بال‌ها در جنس نر و ماده وجود داشت. بدین ترتیب اندازه تأثیری در دوشکلی بال‌های جلو و عقب افراد جنسی نداشت. بر اساس نتایج RWA، بال عقب در تفکیک افراد نر و ماده بهتر از بال جلو عمل کرده بود و اختلاف شکل بال، پهن بودن قاعده‌ی بال را در ماده‌ها نسبت به نرها خصوصاً در بال عقب کاملاً روشن نمود.

واژگان کلیدی: ریخت‌سنجی هندسی، دوشکلی جنسی، کرم سیب، *Cydia pomonella*

Abstract

In order to study the sexual dimorphism of codling moth, *Cydia pomonella* (L.), nine geographical populations were collected from four provinces, East Azarbaijan, West Azarbaijan, Ardebil and Zandjan, in the North West of Iran in autumn 2003. By transforming the landmark geometric data into partial warp

scores, 26 and 18 scores were obtained for the fore and hind wings, respectively. Relative warp analysis was performed and wings relative variations in two sexes were determined. Allometry test was carried out after estimating centroid size of individuals. Population-sex interaction was significant in two wings. To determine the contribution of uniform and non-uniform shape variables in explaining populations and sexes differences, MANOVA was performed separately for each type of variables. The result revealed that the non-uniform variables were more effective in determining sex differences in different populations especially in the hind wing. Simple analysis of variance (ANOVA) indicated that the centroid size of females was significantly greater than that of males. Allometry test revealed non significant association between centroid size and wing shape variations in males and females. RWA showed well discrimination between sexes, especially based on the hind wing landmarks. Overall shape deformation indicated wider basal part of wing in females compared with males especially in the hind wing.

Key words: geometric morphometrics, sexual dimorphism, codling moth, *Cydia pomonella*

مقدمه

بررسی دوشکلی جنسی یکی از موضوعات مورد علاقه‌ی زیست‌شناسان و متخصصین مسائل تکامل از زمان داروین بوده است (Hood, 2000; David *et al.*, 2003). در بررسی مسیر تکاملی افراد جنسی داخل گونه، مطالعه‌ی دوشکلی جنسی از موضوعات مهم در بین محققین است (Teder & Tammaru, 2005). بعضی از محققین اساس دوشکلی جنسی موجودات را در فشار انتخاب طبیعی روی افراد جنسی بر اساس سیستم جفت‌گیری و انتخاب جفت، فشار انتخاب طبیعی روی صفات وابسته به تولید مثل و تفاوت اکولوژیکی افراد جنسی می‌دانند (Reeve & Fairbairn, 1999; Hood, 2000; Grasteau *et al.*, 2004).

به‌طور سنتی در بررسی دوشکلی جنسی از اندازه‌گیری طول کل بدن، طول بخش یا بخش‌های خاصی از بدن، حجم بدن و یا نسبت لگاریتم طول نر به ماده استفاده می‌شود (Hood, 2000). (Teder & Tammaru (2005) طی تحقیقات وسیع روی گونه‌های زیادی از حشرات به این نتیجه رسیدند که اندازه‌ی بدن در ماده‌ها نسبت به نرها، بیشتر تحت تأثیر شرایط محیطی قرار می‌گیرد یعنی با بهبود شرایط محیطی، نسبت افزایش اندازه‌ی ماده‌ها نسبت به نرها بیشتر می‌شود. (Pekar & Vanhara (2006) در تحقیقات دیگری روی عنکبوت‌ها دریافتند که اندازه‌ی بدن ماده‌ها برعکس نرها، وابسته به دما و ارتفاع است و در جاهای گرم‌تر، ماده‌ها بزرگ‌ترند. (Baker & Wilkinson (2001) در بررسی دوشکلی جنسی در مگس‌های خانواده‌ی Diopsidae با استفاده از نسبت گسترش ساقه‌ی چشمی (stalk-eye) نسبت به طول بدن، به این نتیجه رسیدند که نسبت مذکور در حشرات نر بزرگ‌تر از ماده است و علت آن را فشار انتخاب طبیعی روی افراد جنسی نر دانستند و عنوان نمودند که مگس‌های نر با ساقه‌ی چشمی پهن‌تر، هم برای ماده‌ها جذاب‌تر هستند و هم خوب می‌توانند محل جفت‌گیری را کنترل نموده

و از این نظر بر رقیبان غلبه کنند. در مطالعات دیگر توسط Grasteau *et al.* (2004)، دوشکلی جنسی مگس سرکه به کمک اندازه‌گیری طول بال و سینه مورد بررسی قرار گرفت. با توجه به اینکه متغیرهای کمی یا اندازه‌گیری‌ها، تحت تأثیر شرایط محیطی از جمله تنش‌های مختلف، تغییرپذیر می‌باشند، لذا موارد استفاده از ریخت‌سنجی سنتی روز به روز محدود شده است (Pavlinov, 2001).

روش ریخت‌سنجی هندسی، یک ابزار جدید و قدرتمندی را برای بررسی دوشکلی جنسی و یا فرم‌های بیولوژیکی ارائه می‌کند (Hood, 2000). شکل یک موجود زنده پایدار بوده و وراثت‌پذیری بالایی دارد. بنابراین، بررسی تشابهات شکلی موجودات می‌تواند به عنوان روش دقیقی نسبت به اندازه برای بررسی روابط نسب‌شناسی و نیز روند تغییرات شکل در فرم‌های بیولوژیکی مورد استفاده قرار گیرد (Rohlf, 1990). (Bookstein, 1989) به عنوان یکی از پیشگامان این روش با استفاده از فرضیه‌ی صفحه‌ی نازک فلزی (Thin Plate Spline (TPS)) به عنوان روشی برای تجزیه‌ی سازمان یافته‌ی فضایی از تغییر فرم، متخصصین را قادر به مقایسه‌ی تشابهات آن موجودات نمود. در این روش تعدادی نقاط هومولوگ به‌نام لندمارک روی شکل موجود تعیین می‌شود و سپس تغییرات مختصات فضایی این نقاط به عنوان بازتابی از تغییرات شکلی در بین موجودات بررسی و مقایسه می‌گردد. در حقیقت مقایسات شکلی بر اساس یک سری متغیرهای جدید به‌نام متغیرهای شکلی (Partial Warp Scores) انجام می‌شود که عبارت از محل قرارگیری لندمارک‌ها روی یک صفحه‌ای است که به موازات شکل فضایی موجود و مماس به آن (Tangent space) قرار دارد (Bookstein, 1989; Rohlf, 1990).

طی مطالعه‌ای در شمال آمریکا، Adams & Funk (1997) دوشکلی جنسی سوسک برگ‌خوار (*Neochlamisus bebbianae* (Brown)) را به کمک ریخت‌سنجی هندسی مورد بررسی قرار دادند. (Zahiri *et al.* (2003) دوشکلی جنسی کرم ساقه‌خوار برنج را در شمال کشور و (Alipanah *et al.* (2004) و Sadeghi *et al.* (2005) طی تحقیقات مشابهی در استان‌های اصفهان، تهران، آذربایجان غربی، خراسان و زنجان، دوشکلی جنسی کرم سیب را مطالعه نمودند. هدف از تحقیق حاضر، بررسی اختلاف شکل و اندازه‌ی دو جنس نر و ماده‌ی کرم سیب، *Cydia pomonella* (L.)، در شمال غرب کشور و تعیین اثر آلومتریکی اختلاف اندازه روی دوشکلی جنسی با استفاده رگرسیون چندمتغیره‌ی اجزاء شکلی روی اندازه‌ی متوسط بود.

مواد و روش‌ها

برای تهیه‌ی جمعیت‌های جغرافیایی کرم سیب، نمونه‌برداری از چهار استان شمال غرب کشور شامل آذربایجان شرقی (چهار جمعیت)، آذربایجان غربی (یک جمعیت)، اردبیل (یک جمعیت) و زنجان (سه جمعیت) به عمل آمد. تعداد مناطق انتخابی در هر استان برای نمونه‌برداری از کرم سیب، متناسب با سطح استان و پراکنش باغات سیب در آن بود. برای جلوگیری از تأثیر ارقام میزبانی در نتایج تحقیق، نمونه‌برداری صرفاً از درختان سیب رقم گلدن انجام شد. نمونه‌برداری از لاروهای کامل سن پنجم به وسیله‌ی تله‌های مقوایی عجاج‌دار انجام گرفت (Radjabi, 1986). برای انجام کارهای ریخت‌سنجی هندسی نیاز به حشرات کامل بود لذا لاروهای کامل موجود در تله‌های مقوایی جمع‌آوری شده از باغات سیب هر منطقه‌ی جغرافیایی به‌طور جداگانه در ظروف پرورشی پلاستیکی به قطر ۷۰ و ارتفاع ۴۰ سانتی‌متر که در آن با پارچه‌ی توری ریزبافت محصور شده بود در شرایط دمایی $25 \pm 2^{\circ}\text{C}$ ، رطوبت نسبی 5 ± 60 درصد و دوره‌ی نوری ۱۶ به ۸ ساعت (روشنایی به تاریکی) نگهداری گردید. ظروف پرورشی مرتباً بازدید و حشرات کامل خارج شده، با استفاده از گاز CO_2 بیهوش و به‌ظرف شیشه‌ای حاوی سیانور منتقل گردید. حشرات کامل مرده، به وسیله‌ی سوزن اتاله‌ی دو صفر (00) اتاله شده و در جعبه‌های نگهداری حشرات به‌طور مجزا برای هر منطقه‌ی جغرافیایی که حاوی برچسب اطلاعات بود، نگهداری گردید.

اسلاید دائمی از بال جلو و عقب سمت راست حشرات کامل نر و ماده هر جمعیت جغرافیایی به روش (Borror et al., 1989) با کمی تغییرات تهیه گردید. از اسلایدها تصاویر دیجیتالی گرفته شد که در جدول ۱ تعداد تصاویر تهیه شده برای هر منطقه‌ی جغرافیایی آمده است. نقاط هومولوگ که اغلب محل دو شاخه شدن رگبال‌ها و نقاط اتصال رگبال به حاشیه‌ی بال بود، با مطالعه‌ی بینوکلری بال‌های جلو و عقب تحت عنوان لندمارک‌های نوع اول انتخاب شدند (Bookstein, 1989). شکل ۱ محل لندمارک‌ها را که شامل ۱۵ و ۱۱ لندمارک است، به ترتیب در بال جلو و عقب نشان می‌دهد.

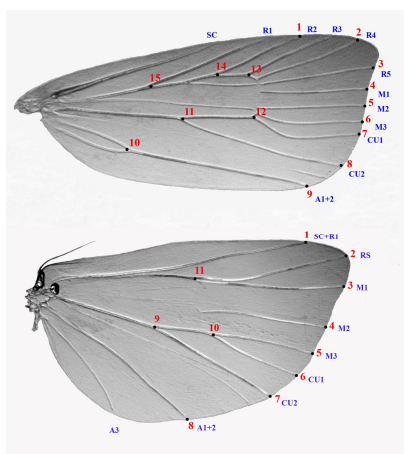
با استفاده از نرم‌افزار tpsdig لندمارک‌ها روی تصاویر بال جلو و عقب انتخاب و کمی شدند. بدین ترتیب مختصات هندسی مربوط به ۴۷۴ بال جلو و ۴۹۲ بال عقب به دست آمد. تبدیل داده‌های خام یا مختصات هندسی لندمارک‌ها به متغیرهای شکلی و Relative Warp Analysis

(RWA)، و همچنین تغییرات شکلی نهایی در بال‌های جلو و عقب افراد نر و ماده با نرم‌افزار tpsregr انجام شد. با استفاده از نرم‌افزار tpsregr اندازه‌ی متوسط (centroid size) نمونه‌های نر و ماده برآورد و رگرسیون چندمتغیره با استفاده از داده‌های شکلی به عنوان متغیرهای وابسته و

جدول ۱. تعداد تصاویر بال‌های جلو و عقب در پروانه‌های نر و ماده‌ی جمعیت‌های کرم سیب.

Table 1. Number of fore and hind wing images taken from the male and females of codling moth.

Population	Fore wing			Hind wing		
	Female	Male	Total	Female	Male	Total
Mianeh	24	27	51	21	21	42
Salmas	22	26	48	21	25	46
Zandjan	34	31	65	32	30	62
Zunuz	27	27	54	40	29	69
Khoramdareh	31	18	49	31	24	55
Meshkin Shahr	14	22	36	16	22	38
Shabestar	31	23	54	31	28	
Marageh	32	28	60	35	35	70
Mahneshan	29	28	57	23	28	51
Total	244	230	474	250	242	492



شکل ۱. بال‌های جلو و عقب در کرم سیب و محل لندمارک‌ها روی آنها.

Fig. 1. Fore and hind wing of codling moth with landmark positions on them.

اندازه‌ی متوسط به عنوان متغیر مستقل انجام شد. برای بررسی تفاوت جمعیت‌ها و نیز دو جنس از نظر مجموع متغیرهای شکلی، تجزیه‌ی واریانس چندمتغیره‌ی دوطرفه (Two-way MANOVA) با استفاده از نرم‌افزار SPSS 14.0 انجام شد. برای مقایسه‌ی اندازه‌ی متوسط افراد نر و ماده از تجزیه‌ی واریانس ساده‌ی یک‌طرفه (One-way ANOVA) استفاده گردید (Bookstein, 1989; Adams & Funk, 1997).

نتایج و بحث

نتایج تجزیه‌ی واریانس چندمتغیره برای متغیرهای شکلی بال‌های جلو و عقب کرم سیب در جدول ۲ آمده است. اثر جمعیت، جنس و اثر متقابل جمعیت در جنس برای مجموع متغیرهای شکلی در بال‌های جلو و عقب در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. معنی‌دار بودن اثر متقابل نشان می‌دهد که روند تغییر متغیرهای شکلی در بین افراد نر و ماده در جمعیت‌های مختلف یکسان نبوده است.

جدول ۲. تجزیه‌ی واریانس چندمتغیره‌ی دوطرفه برای متغیرهای شکلی بال جلو و عقب کرم سیب در جمعیت‌های جغرافیایی مختلف.

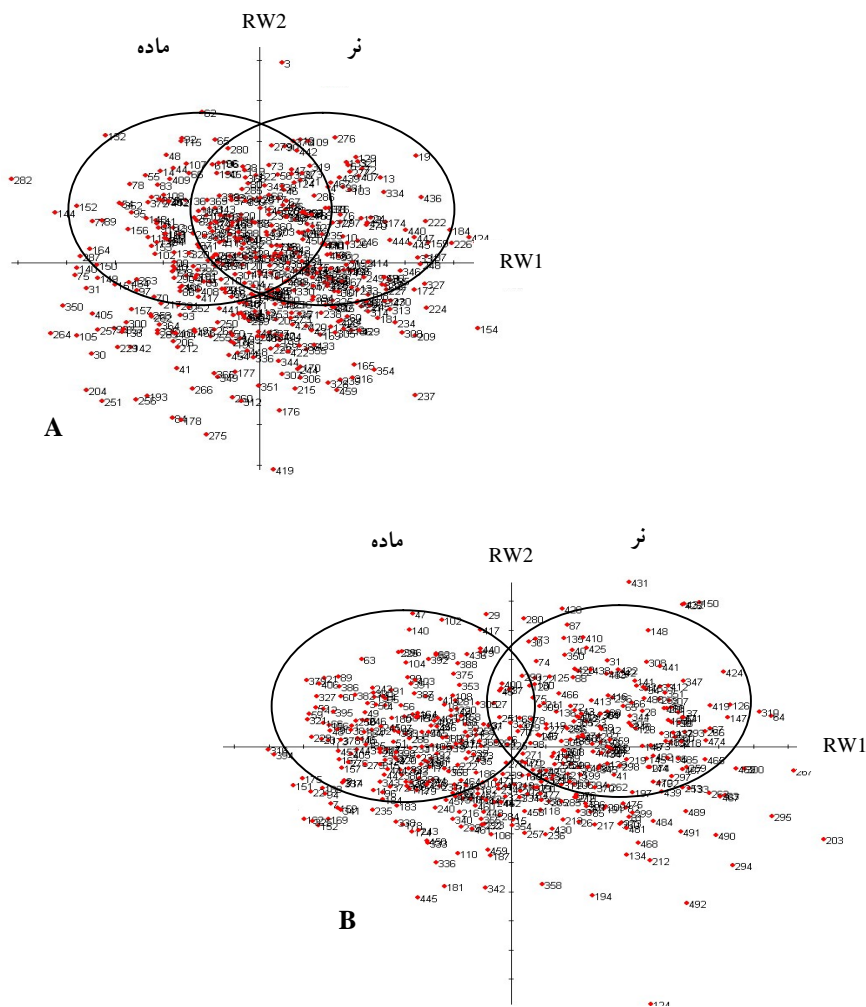
Table 2. Two-way multivariate analysis of variance (MANOVA) for the shape variables of fore and hind wings of codling moth in different geographical populations.

Source	Fore wing			Hind wing		
	df	Wilks' lambda	F Probability	df	Wilks' lambda	F Probability
Population	208, (3322.477)	0.175	4.079** 0.000	144, (3375.917)	0.187	6.009** 0.000
Sex	26, (431)	0.381	26.96** 0.000	18, (457)	0.217	91.68** 0.000
Pop × Sex	208, (3322.477)	0.513	1.453** 0.000	144, (3375.917)	0.666	1.331** 0.006

**Significant difference at 1% probability. Digits in parenthesis indicate error degree of freedom used in significant test of source of variation.

در شکل ۲ نحوه‌ی پراکنش افراد نر و ماده بر اساس دو جزء RW1 و RW2 حاصل از تجزیه‌ی RWA نشان داده شده است. نحوه‌ی پراکنش ۴۷۴ فرد بر اساس مشخصات بال جلو (شکل ۲A) و ۴۹۲ فرد با استفاده از خصوصیات بال عقب (شکل ۲B) نشان می‌دهد که بال

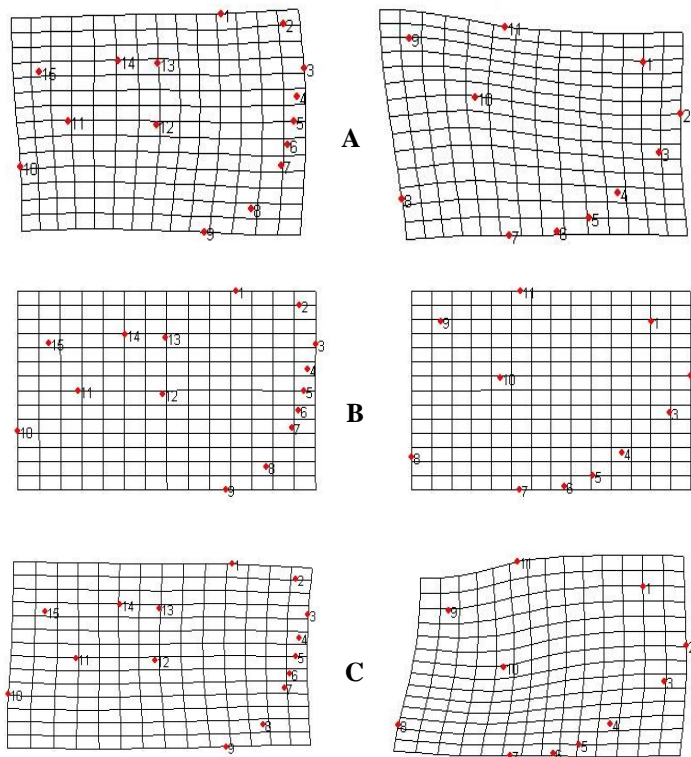
عقب نسبت به بال جلو از قدرت تفکیک بهتری برای جداسازی افراد نر و ماده برخوردار است، به طوری که اغلب افراد ماده و نر به ترتیب در نهایت سمت منفی و مثبت محور RW1 واقع شده‌اند.



شکل ۲. نحوه‌ی پراکنش افراد نر و ماده کرم سیب روی دو محور RW1 و RW2 بر اساس لندمارک‌های بال: (A) بال جلو، (B) بال عقب.

Fig. 2. Distribution of males and females of codling moth through RWA1 RWA2 based on landmarks: (A) forewing, (B) hind wing.

شکل ۳ تغییرات شکل بال جلو (چپ) و بال عقب (راست) را در افراد نر (C) و ماده (A) نسبت به شکل مرجع (B) نشان می‌دهد. در افراد ماده با گرایش لندمارک‌های قاعده‌ای و حاشیه‌ای بال جلو به سمت خارج نسبت به شکل مرجع، بال نسبت به افراد نر، پهن‌تر شده و بر عکس در ماده‌ها حالت کشیده و باریک را دارد. در بال عقب ماده‌ها (A)، با حرکت لندمارک‌های شماره ۱۰ و ۱۱ به طرفین، قاعده‌ی بال نسبت به شکل مرجع، پهن‌تر می‌باشد و همچنین حرکت خفیف لندمارک‌های حاشیه‌ای به داخل موجب کوتاه‌تر شدن بال شده است.



شکل ۳. تغییرات شکل بال جلو (چپ) و بال عقب (راست) کرم سیب: (A) ماده، (B) شکل مرجع، (C) نر. اعداد نشان‌گر شماره‌ی لندمارک‌ها است.

Fig. 3. Overall deformations in the forewing (left) and hind wing (right) shape of codling moth: (A) female, (B) reference shape, (C) male. Numbers show the landmarks.

در بال عقب نرها (شکل ۳C)، حالت عکس مشاهده می‌شود. یعنی بال در قاعده باریک‌تر و در انتها تا حدودی پهن‌تر از افراد ماده است. نتایج تقریباً مشابهی با مطالعه‌ی جمعیت‌های کرم سیب نواحی مرکزی ایران توسط Alipanah *et al.* (2004) به دست آمده است. همچنین، Zahiri *et al.* (2003) با بررسی دوشکلی جنسی بال در کرم ساقه‌خوار برنج در شمال کشور دریافتند که بال جلو و عقب در ماده‌ها نسبت به نرها پهن و طویل‌تر است.

نتایج تجزیه‌ی واریانس یک‌متغیره‌ی یک‌طرفه‌ی اندازه‌ی متوسط بال جلو و عقب در افراد جنسی جمعیت‌های مختلف جغرافیایی کرم سیب در جدول ۳ آمده است. نتایج نشان می‌دهد که بال جلو و عقب در افراد ماده نسبت به نر به طور معنی‌داری بزرگ‌تر می‌باشد و شدت این اختلاف در بال عقب بیشتر است. نتایج مشابهی روی دوشکلی جنسی از نظر اندازه در کرم سیب (Sadeghi *et al.*, 2005) و کرم ساقه‌خوار برنج (Zahiri *et al.*, 2003) گزارش شده است. داشتن اندازه‌ی بزرگ در ماده‌ها نسبت به نرها در عالم بی‌مهرگان امری بدیهی است (Hood, 2000; Teder & Tammaru, 2005). مطالعات (Teder & Tammaru, 2005) نشان داده است که در حشرات با افزایش اندازه‌ی بدن، اختلاف اندازه بین نر و ماده بیشتر می‌شود. شکم بزرگ در ماده‌ها برای قدرت باروری بیشتر می‌باشد، به طوری که قدرت باروری رابطه‌ی خطی با اندازه‌ی شکم دارد (Adams & Funk, 1997; Reeve & Fairbairn, 1999; David *et al.*, 2003).

جدول ۳. نتایج تجزیه‌ی واریانس یک‌متغیره‌ی یک‌طرفه‌ی اندازه‌ی متوسط بال جلو و عقب در افراد جنسی.

Table 3. One-way ANOVA of the centroid size of fore and hind wings in females and males.

Wing	No. Female	Mean	No. Male	Mean	F	Probability
Fore wing	244	3.52e + 003	230	3.26e + 003	3.896*	0.036
Hind wing	250	4.47e + 003	242	3.91e + 003	8.650**	0.001

مطالعه‌ی دوشکلی جنسی در ۷ گونه از کک‌ها نشان داد که نرها از نظر اندازه کوچک‌تر از ماده‌ها هستند و این ارتباطی با اندازه‌ی جهش آنها ندارد (Krasnov *et al.*, 2003). در حشرات، اندازه بزرگ بال و پهن‌تر بودن آن در ماده‌ها نسبت به نرها به خاطر داشتن ماهیچه‌های پروازی قوی جهت توانایی بیشتر در پرواز، افزایش منطقه‌ی پراکنش و حفظ بقاء نسل می‌باشد

(Lambert, 1972; Schumacher *et al.*, 1997). در مطالعات مشابهی روی قدرت پرواز کرم سیب، Mani *et al.* (1995) و Dorn *et al.* (1999) دریافتند که پرواز در ماده‌ها نسبت به نرها خصوصاً در ماده‌های بارور قبل از تخم‌ریزی، بیشتر است.

رگرسیون متغیرهای شکلی روی اندازه‌ی متوسط در بال جلو $F = 0.7419$, $P = 0.38949$ و $R^2 = 0.031$ و عقب $F = 1.0268$, $P = 0.21719$ و $R^2 = 0.016$ را بین آنها نشان داد. بر اساس این یافته‌ها، تغییرات شکل در بال‌های جلو و عقب کرم سیب ناشی از اثر آلومتریک اندازه نمی‌باشد و یا به عبارت دیگر در هر اندازه‌ای از نر و ماده‌ی کرم سیب، دوشکلی جنسی در بال‌های جلو و عقب محرز است. نتایج مشابه مبنی بر عدم تأثیر آلومتریک اندازه روی شکل، توسط Zahiri *et al.* (2003) و Alipanah *et al.* (2004) نیز قبلاً به دست آمده است. Colgoni & Vamosi (2006) در بررسی دوشکلی جنسی در سوسک چینی حبوبات، از نظر طول شاخک نسبت به طول بدن، اثر آلومتریک نیافتند، به طوری که در هر اندازه‌ای از حشره، طول شاخک در نرها درازتر از ماده‌ها بود.

منابع

- Adams, D. C. & Funk, D. J. (1997) Morphometric inferences on sibling species and sexual dimorphism in *Neochlamisus bebbianae* leaf beetles: multivariate applications of the thin-plate spline. *Systematic Biology* 46, 180-194.
- Alipanah, H., Rezapahan, M. R. & Sari, A. R. (2004) Study of the morphometric variations of codling moth (*Cydia pomonella* L.) in some parts of Iran. *Proceedings of 16th Iranian Plant Protection Congress, Vol. I, Pests*, 99.
- Baker, R. H. & Wilkinson, G. S. (2001) Phylogenetic analysis of sexual dimorphism and eye-span allometry in stalk-eyed flies (Diopsidae). *Evolution* 55, 1373-1385.
- Bookstein, F. L. (1989). Size and shape: a comment on semantics. *Zoological Systematics* 38, 173-180.
- Borrer, D. G., Triplehorn, C. A. & Johnson, N. F. (1989) *An introduction to the study of insects*. 6th ed. 875 pp. Saunders College Publishing.
- Colgoni, A. & Vamosi, S. M. (2006) Sexual dimorphism and allometry in two seed beetles (Coleoptera: Bruchidae). *Entomological Science* 9, 171-178.

- David, J., Gibert, P., Grasteau, S. M., Moreteau, B. & Beaumont, C.** (2003) Genetic variability of sexual size dimorphism in a natural population of *Drosophila melanogaster*: an isofemale line approach. *Journal of Genetics* 3, 79-88.
- Dorn, S., Schumacher, P., Abivardi, C. & Meyhofer, R.** (1999) Global and regional pest insects and their antagonists in orchards: spatial dynamics. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 73, 111-118.
- Grasteau, S. M., David, J., Gibert, P., Moreteau, B. & Beaumont, C.** (2004) REML estimates of genetic parameters of sexual dimorphism for wing and thorax length in *Drosophila melanogaster*. *Journal of Genetics* 2, 163-170.
- Hood, C. S.** (2000). Geometric morphometric approaches to the study of sexual size dimorphism in mammals. *Hystrix* 11, 77-90.
- Krasnov, B. R., Burdelov, S. A., Khokhlova, I. S. & Burdelova, N. V.** (2003) Sexual size dimorphism, morphological traits and jump performance in seven species of desert fleas (Siphonaptera). *Journal of Zoology* 261, 181-189.
- Lambert, M. R. K.** (1972) Some factors affecting flight in field populations of the Australian plague locust, *Chortoicetes terminifera* (Walker), in New South Wales. *Animal Behaviour* 20, 205-217.
- Mani, E., Wildbolz, T. & Riggenbach, W.** (1995) Effect of pheromone trap position in large and small trees and in the open field on the catch of codling moth, *Cydia pomonella* (L.) males. *Mitteilungen der Schweizerischen Entomologischen Gesellschaft* 68, 69-78.
- Pavlinov, I. Y.** (2001) Geometric morphometrics, a new analytical approach to comparison of digitized mages. *Zoological Journal of Moscow* 79, 1-27.
- Pekar, S. & Vanhara, P.** (2006) Geographical sexual size dimorphism in an ant-eating spider, *Zodarion rubidium* (Araneae: Zodariidae). *Journal of Natural History* 40, 1343-1350.
- Radjabi, G. R.** (1986) *Insects attacking rosaceous fruit trees in Iran (Lepidoptera)*. Vol. 2, 209 pp. Tehran University Press.
- Reeve, J. P. & Fairbairn, D. J.** (1999) Change in sexual size dimorphism as a correlated response to selection on fecundity. *Heredity* 83, 697-706.
- Rohlf, F. J.** (1990). Morphometrics. *Annual Review of Ecology and Systematics* 12, 299-316.
- Sadeghi, R., Sari, A. R., Sarafrazi, A. M. & Alipanah, H.** (2005). Study of the morphometric variations of host populations of codling moth (*Cydia pomonella* L.) in

some parts of Iran. M.Sc. Thesis. University of Tehran. [In Persian with English summary].

Schumacher, P., Weber, D. C., Hagger, C. & Dorn, S. (1997) Heritability of flight distance for *Cydia pomonella*. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 85, 169-175.

Teder, T. & Tammaru, T. (2005) Sexual size dimorphism within species increases with body size in insects. *Oikos* 108, 321-334.

Zahiri, R., Salehi, L., Sarafrazi, A. M., Alinia, F. & Hajizadeh, J. (2003) A geometric morphometric study on the geographic populations of rice stem borer, *Chilo suppressalis* Walker (Lep.: Pyralidae) in Northern Iran. M.Sc. Thesis. University of Gilan, 114 pp. [In Persian with English summary].