

## مطالعه تاثیر تراکم لویبای آلوده در دوران لاروی بر پارامترهای زیستی و رفتارهای جفت گیری

### سوسک چهار نقطه‌ای حبوبات *Callosobruchus maculatus*

اعظم امیری<sup>۱\*</sup> و فائزه باقری<sup>۲</sup>

عضو هیات علمی (استادیار) دانشکده جغرافیا و برنامه ریزی محیطی، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان، ایران.

عضو هیات علمی (استادیار) بخش گیاه پزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۱/۰۳ - تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۲/۱۸)

#### چکیده

سوسک چهار نقطه‌ای حبوبات (*Callosobruchus maculatus* (Fabricius, 1775) (Coleoptera: Chrysomelidae) به دلیل داشتن چرخه زندگی کوتاه و امکان پرورش آسان به عنوان حشره مدل برای مطالعه جنبه های مختلف زیست شناسی، رفتار شناسی و یا رقابت درون گونه‌ای استفاده می شود. در این مطالعه، با استفاده از لویبای با یک تخم، تاثیر حضور لاروهای دیگر در لویبای مجاور و نه در همان لویبا در طول دوره رشدی، بر احساس رقابت احتمالی در حشره و رفتارهای جفت گیری در بزرگسالی و پارامترهای زیستی در نسل F0 و F1 بررسی شده است. طول دوره رشدی، تعداد تخم، درصد تفریح، طول عمر حشره کامل، و نسبت جنسی نسل بعد ارزیابی شد. نتایج نشان داد لاروهای سوسک چهار نقطه‌ای حبوبات قادر بودند وجود لارو در لویبایی که در تماس با لویبای آنها بودند را تشخیص داده و تحت تاثیر آن در بزرگسالی تغییر رفتار نشان دهند. به طوری که این حشرات در بزرگسالی درصد جفت گیری موفق و مدت زمان جفت گیری کمتری نسبت به حشراتی که به تنهایی در یک ظرف پرورش یافته بودند را داشتند و وجود هیچ رقیبی را حس نکرده بودند. دیگر پارامترهای زیستی مطالعه شده (مانند تاخیر در جفت گیری و مدت زمان لگد زدن)، تحت تاثیر تیمارها تغییر معنی داری پیدا نکرد. بنابراین شرایط پرورش حشره (فقط وجود یک لویبا با یک لارو در داخل آن در یک ظرف یا تراکمی از چند لویبا به همراه تک لارو داخل هر کدام)، اثر معنی داری بر رفتارهای جفت گیری حشره در بزرگسالی میگذارد. این امر در طراحی آزمایشهای مختلف باید در نظر گرفته شود.

واژه‌های کلیدی: باروری، رقابت، سوسک چهار نقطه‌ای حبوبات، طول عمر، جفت گیری.

## The study of effect of infected bean density in larval stage on biological parameters and mating behaviors of the cowpea weevil *Callosobruchus maculatus*

Azam Amiri<sup>1\*</sup> and Faezeh Bagheri<sup>2</sup>

Faculty member (Assistant Professor), College of Geography and Environmental Planning, University of Sistan and Baluchestan, Zahedan, Iran.

Faculty member (Assistant Professor), Department of Plant Protection, School of Agriculture, Shiraz University, Shiraz, Iran

(Received: Jan, 23, 2022 - Accepted: Mar, 09, 2022)

#### ABSTRACT

The cowpea weevil *Callosobruchus maculatus* (Fabricius, 1775) (Coleoptera: Chrysomelidae) is used as a model insect to study various aspects of biology, behavior, or intraspecific competition due to its short life cycle and ease of breeding. In this study, using beans with an egg, the effect of other larvae in adjacent beans and not in the same bean during the growth period has been investigated on the possible feeling of competition in the insect and mating behaviors in adulthood and biological parameters in the F0 and F1 generations. Developmental time, the number of eggs, hatching percentage, adult longevity, and the sex ratio of the next generation were assessed. The results showed that the larvae of the cowpea weevil were able to detect the presence of larvae in the beans that were in contact with their beans, and they changed their behavior in adulthood under its influence. In adulthood, these insects had a successful mating percentage, and a shorter copulation duration than insects raised alone in a container and did not feel the presence of any competitors. Other studied biological parameters (such as mating latency and kick duration) did not change significantly under the influence of treatments. Therefore, insect breeding conditions (the presence of only one bean with one larva inside it in a container or compaction of several beans with a single larva inside each) significantly affect insect mating behaviors in adulthood. This should be considered in the design of various experiments.

**Keywords:** Fecundity, Competition, Cowpea weevil, Longevity, Copulation

\* Corresponding author E-mail: azamamiri@eco.usb.ac.ir

### مقدمه

سوسک چهار نقطه‌ای حبوبات *Callosobruchus maculatus* از آفات کلیدی بقولات مختلف است که می‌تواند هم در مزرعه و هم در انبار خسارت زیادی به محصولات وارد کند. لوبیا چشم بلبلی جزو حبوباتی است که در مناطق گرمسیری و نیمه گرمسیری خسارت زیادی از این حشره متحمل می‌شود (Cope & Fox 2003; Wagner & Bakare 2017). همچنین این حشره به دلیل داشتن چرخه زندگی کوتاه و امکان پرورش آسان به عنوان حشره مدل برای مطالعه جنبه‌های مختلف زیست‌شناسی، رفتار شناسی موجودات زنده و یا رقابت درون گونه‌ای استفاده می‌شود (Arnqvist & Tuda 2010; Kishi 2015; Kyogoku 2021).

این حشره در انبار تخم خود را بر سطح حبوبات مختلف مانند لوبیا چشم بلبلی، لوبیا چیتی، عدس و نخود گذاشته و لارو سن اول پس از تفریح تخم وارد دانه شده و با تغذیه از قسمت داخلی دانه، سنین مختلف لاروی و شفیرگی را در داخل یک دانه سپری می‌کند. حشره کامل نیازی به تغذیه ندارد و از دانه خارج می‌شود. حشرات کامل در هنگام خروج از لوبیا کاملاً بالغ هستند و در صورت مشاهده جنس مخالف بلافاصله جفت‌گیری می‌کنند.

دو مرحله مشخص برای جفت‌گیری سوسک چهار نقطه‌ای حبوبات گزارش شده است. در مرحله اول حشره نر به حشره ماده نزدیک شده و پس از شروع جفت‌گیری، نر و ماده هر دو آرام هستند. اما پس از گذشت چند دقیقه، با شروع مرحله دوم حشره ماده با پاهای عقبی خود شروع به لگد زدن می‌کند تا زمان جفت‌گیری را کاهش داده و آن را به پایان برساند. حشرات نر سوسک چهار نقطه‌ای حبوبات، خارهایی روی اندام تناسلی خود دارند که از آن خارها به عنوان لنگری که کمک به قرار گرفتن در موقعیت جفت‌گیری و ادامه آن استفاده می‌کنند. این خارها هنگام جفت‌گیری در دستگاه تناسلی حشره ماده فرو رفته و موجب آسیب دیدن و زخمی شدن دستگاه تولید مثلی حشره ماده می‌شود (Miyatake & Matsumura 2004; Edvardsson & Canal 2006; den Hollander & Gwynne 2009; Wilson *et al.* 2014; Eady & Brown 2017).

هنگامی که چندین لارو سوسک چهار نقطه‌ای حبوبات در یک لوبیا وجود داشته باشد، رقابت در منابع ممکن است رخ دهد زیرا لاروها نمی‌توانند از یک لوبیا به لوبیای دیگر

حرکت کنند و کل دوران لاروی را فقط در یک لوبیا سپری می‌کنند. این رقابت باعث می‌شود در صورت وجود چندین لارو در یک لوبیا فقط تعداد کمی از آنها زنده مانده و به حشره کامل تبدیل شوند. در برخی نژادها وجود چند لارو در یک لوبیا و رقابت بین آنها باعث می‌شود به مبارزه با هم پرداخته و فقط یک حشره کامل از لوبیا خارج شود (Ishii & Shimada 2008).

شرایط بدن جاندار در دوران اولیه رشدی ممکن است در رفتار و شایستگی<sup>۱</sup> آن جاندار در دوران بلوغ تاثیر مهمی داشته باشد. دوران رشدی قبل از بلوغ تحت تاثیر شرایط محیطی و فعل و انفعالات زیستی است (Thornton 2008; Byrne *et al.* 2009; Schade & Vamosi 2012). یکی از این شرایط که اهمیت فراوانی دارد وجود رقابت با هم گونه‌ها است. در مطالعه‌ای، توده بدن، اندازه بدن، شاخص توده بدنی، و دو جزء بدن (محتوای آب و توده خشک) ماده‌های بالغ سوسک چهار نقطه‌ای حبوبات که در معرض رقابت لاروی قرار گرفته بودند یا به تنهایی پرورش یافته بودند، مورد بررسی قرار گرفت.

حشرات ماده‌ای که در دوران لاروی چندین لارو در یک لوبیا و در معرض رقابت بودند، توده و اندازه بدن کوچکتری نسبت به حشرات ماده‌ای داشتند که به تنهایی و بدون وجود رقیب در لوبیا پرورش یافته بودند. علاوه بر این، شاخص توده بدنی و محتوای آب نیز به طور قابل توجهی در این ماده‌ها کاهش یافته بود (Schade & Vamosi 2012).

در طراحی آزمایش‌های مختلف ممکن است تراکم یک لوبیا یا چند لوبیای حاوی لارو حشره در نظر گرفته شود. احساس حضور لاروهای دیگر در لوبیاهای مجاور ممکن است بر احساس رقابت در حشره تاثیر گذاشته و نوع رفتار و پارامترهای زیستی آن را تحت تاثیر قرار دهد. مطالعات گوناگونی امر رقابت در این حشره را مورد بررسی قرار داده‌اند (Guedes *et al.* 2007; Ishii & Shimada 2008; Schade & Vamosi 2012; Wilson *et al.* 2014; Iglesias-Carrasco *et al.* 2020). اما این نوع خاص از پرورش (به صورت تک لوبیای حاوی لارو یا تراکم لوبیاهای حاوی لارو در مجاورت یکدیگر) که ممکن است بر برانگیختن حس رقابت در این حشره تاثیر گذار باشد مورد مطالعه قرار نگرفته است تا محققانی که در حال طراحی آزمایش برای مطالعات جنبه‌های مختلف

سوسک چهار نقطه‌ای حیوبات کل دوران لاروی خود را در یک لوبیا سپری می‌کند (Malek & Czarnoleski 2021). فاصله بین تخم‌گذاری و زمانی که حشره کامل دوران لاروی و شفیرگی را پشت سر گذاشته و از لوبیا بیرون می‌آید را به عنوان دوره رشدی در نظر گرفته شد. در این آزمایش، طول دوره رشدی نسل F0، طول عمر حشرات کامل نر و ماده در نسل F0، تعداد تخم نسل F0، درصد تفریح، طول دوره رشدی نسل F1، نسبت جنسی (تعداد حشرات ماده ظاهر شده به تعداد حشرات نر) نسل F1 و طول عمر حشرات کامل نر و ماده در نسل F1، تعداد تخم و درصد تفریح آنها ثبت شد. پس از جمع آوری حشرات کامل باکره در نسل F0 و انجام آزمایش جفت‌گیری، داخل هر پتری‌دیش ۶ حشره نر و ۶ حشره ماده انتقال داده شد و ۲۰ عدد لوبیا به هر پتری‌دیش به عنوان بستری برای تخم‌گذاری اضافه شد. لوبیاهای حاوی تخم‌ها روز بعد جمع آوری و لوبیاهای دیگر جایگزین لوبیاهای قبلی شد. لازم به ذکر است، شرایط ایجاد شده برای هر دو تیمار در نسل F1 یکسان بود.

### آزمایش جفت‌گیری

برای بررسی اثر تراکم لوبیا در دوران لاروی بر رفتارهای جفت‌گیری حشره کامل، از حشرات نر و ماده باکره با کمتر از ۲۴ ساعت سن، برای آزمایش جفت‌گیری استفاده شد (Messina et al. 2007; Amiri & Bandani 2021). برای هر جفت ده دقیقه زمان برای شروع جفت‌گیری در نظر گرفته شد و پارامترهای مربوط به اولین جفت‌گیری ثبت شد. تعداد حشرات مورد آزمایش برای آزمایش جفت‌گیری ۵۶۰ حشره (۲۸۰ حشره نر باکره و ۲۸۰ حشره ماده باکره) بود. برای انجام آزمایش جفت‌گیری، بلافاصله پس از انتقال حشره نر باکره به یک پتری‌دیش، حشره ماده باکره به آن پتری‌دیش منتقل شده و با یک کروномتر دیجیتال زمان بروز هر یک از رفتارهای جفت‌گیری ثبت شد. زمانی که حشره نر با حشره ماده تماس پیدا کرده و جفت‌گیری شروع میشد زمان تاخیر جفت‌گیری<sup>۲</sup> نامیده شد.

زمان شروع لگد زدن<sup>۳</sup> حشره ماده برای پایان بخشیدن به جفت‌گیری و مدت زمان لگد زدن<sup>۴</sup> تا پایان جفت‌گیری و زمان پایان جفت‌گیری برای هر جفت ثبت و طول زمان جفت‌گیری<sup>۵</sup> محاسبه شد. اگر حشره نر در این ده دقیقه

زیستی یا رفتاری در این حشره هستند، این مهم را در نظر بگیرند. بنابراین، هدف از این مطالعه این است که مشخص کند گذراندن دوره رشدی در یک لوبیا به صورت تنها داخل یک پتری‌دیش چه تفاوتی در مقایسه با تراکم لوبیاها در مجاورت هم و احساس وجود رقیب در همسایگی در پارامترهای زیستی و رفتار جفت‌گیری این حشره خواهد داشت تا محققان هنگام طراحی آزمایش این مهم را در نظر داشته باشند که وجود لاروهای دیگر در همسایگی می‌تواند بر پارامترهای زیستی و رفتار حشره تاثیر بگذارد.

### مواد و روش‌ها

#### پرورش حشرات

در این آزمایش از سوسک چهار نقطه‌ای حیوبات، *C. maculatus* گرفته شده از آزمایشگاه حشره شناسی دانشگاه شیراز، پرورش یافته روی لوبیای چشم بلبلی (*Vigna unguiculata*) استفاده شد. شرایط پرورش، دمای  $25 \pm 1$  درجه سلسیوس، رطوبت نسبی  $50 \pm 5$  درصد، و دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی بود. حشرات قبل از استفاده در این مطالعه حداقل پنج نسل در آزمایشگاه پرورش یافتند. برای اطمینان از عدم آلودگی لوبیای چشم بلبلی استفاده شده به آفت، علاوه بر بازرسی چشمی، لوبیاهای قبل از استفاده به مدت ۴۸ ساعت در دمای منفی ۲۰ درجه سلسیوس نگهداری شدند تا هر گونه آلودگی احتمالی قبلی از بین برود.

در این آزمایش از لوبیاهایی که یک عدد تخم روی آنها قرار داشت استفاده شد. بدین شکل که سیصد حشره بالغ سوسک چهار نقطه‌ای حیوبات به ظرف حاوی لوبیای چشم بلبلی منتقل شد و پس از ۶ ساعت تخم‌گذاری لوبیاهای جمع آوری شد و لوبیاهایی که فقط یک عدد تخم روی آن بود برای آزمایش انتخاب شدند. در یک تیمار هر لوبیا جداگانه به یک پتری‌دیش منتقل شد و در تیمار دیگر پنج عدد لوبیا در یک پتری‌دیش به نحوی قرار گرفتند که هر پنج لوبیا کنار هم و مماس بر یکدیگر بودند لاروهای داخل آنها بتوانند لرزش‌های حاصل از تغذیه در لوبیای مجاور را احساس نمایند.

از روز بیستم به بعد هر روز پتری‌دیش‌ها بررسی و حشرات کامل ظاهر شده سریعاً به ظرف دیگری منتقل گردید تا برای آزمایش جفت‌گیری استفاده شوند. در صورت مشاهده دو جنس مخالف در یک پتری‌دیش، به دلیل احتمال جفت‌گیری و عدم باکره بودن، آن حشرات برای آزمایش جفت‌گیری مورد استفاده قرار نمی‌گرفتند.

2 mating latency  
3 kicking phase start  
4 kicking duration  
5 copulation duration

بودند ( $12/9 \pm 235/9$ )، کمتر از حشرات تیمار تک لوبیا بود ( $P=0/022, 265/9 \pm 5/9$ ).

### اثر تراکم لوبیا بر پارامترهای زیستی

طول دوره رشدی نر و ماده، تعداد تخم، درصد تفریح تخم و طول عمر حشرات کامل نر و ماده بررسی شد. تراکم فقط یک لوبیا یا وجود چندین لوبیای آلوده به آفت در یک ظرف تاثیری بر این پارامترهای زیستی در سوسک چهار نقطه‌ای حیوانات نداشت. طول دوره رشدی حشره ماده و نر در تیمار تک لوبیا به ترتیب  $26/9 \pm 0/1$  و  $26/8 \pm 0/1$  روز در مقایسه با  $26/9 \pm 0/4$  و  $26/9 \pm 0/5$  روز در تیمار تراکم لوبیا بود (شکل 2a, 2b). همچنین طول عمر حشره کامل ماده و نر در تیمار تک لوبیا به ترتیب  $6/6 \pm 0/4$  و  $6/5 \pm 0/3$  روز در مقایسه با  $6/5 \pm 0/6$  و  $6/6 \pm 0/5$  روز در تیمار تراکم لوبیا بود (شکل 2c, 2d).

حشرات ماده ای که دوران لاروی خود را در تک لوبیای داخل پتری دیش و بدون وجود هیچ حشره دیگر در مجاورت لوبیای خود گذرانده بودند، به طور متوسط  $25/9 \pm 1/2$  تخم گذاشتند و درصد تفریح در این تخمها  $90/5 \pm 1/2$  درصد بود (شکل 3a, 3b). این اعداد از لحاظ آماری برابر با تعداد تخم و درصد تفریح آن در حشرات ماده ای بود که در دوران لاروی خود حضور حشرات دیگر در لوبیاهای مجاور خود را تجربه کرده بودند ( $24/7 \pm 1/5$  تخم و  $92/5 \pm 1/2$  درصد تفریح).

تعداد تخم و درصد تفریح تخم در نسل F1 نیز تفاوتی در دو تیمار نشان نداد (شکل 3c, 3d). حشرات تیمار تک لوبیا در نسل F1 تعداد  $24/0 \pm 0/9$  تخم گذاشتند و درصد تفریح آنها  $95/0 \pm 0/8$  درصد بود. در مقایسه، حشرات تیمار تراکم لوبیای آفت زده،  $23/4 \pm 1/2$  تخم با  $95/4 \pm 1/1$  درصد تفریح داشتند (شکل 3c, 3d).

تمایلی به شروع جفت‌گیری نشان نمیداد، نر بدون تمایل<sup>6</sup> نامیده شد و اگر حشره نر تلاش برای شروع جفت‌گیری میکرد ولی به دلیل مقاومت حشره ماده قادر به شروع جفت‌گیری نبود به عنوان نپذیرفتن فرد نر<sup>7</sup> در نظر گرفته شد. همچنین درصد جفت‌گیری‌های موفق<sup>8</sup> نیز ثبت شد. پس از پایان جفت‌گیری، هر شش جفت به یک پتری دیش حاوی ۲۰ لوبیا چشم بلبلی انتقال داده شده و پس از ۲۴ ساعت، لوبیاهای حاوی تخم جمع آوری و لوبیاهای جدید جایگزین شد تا تعداد تخم و درصد تفریح تخم‌ها ثبت شود. پتری-دیش‌ها هر روز بررسی و مرگ و میر حشرات و در نتیجه طول عمر حشرات کامل ثبت شد.

برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم افزار SPSS نسخه ۲۶ و روش مدل آمیخته خطی<sup>9</sup> با محدوده اطمینان ۹۵ درصد استفاده شد (Harrison et al., 2018).

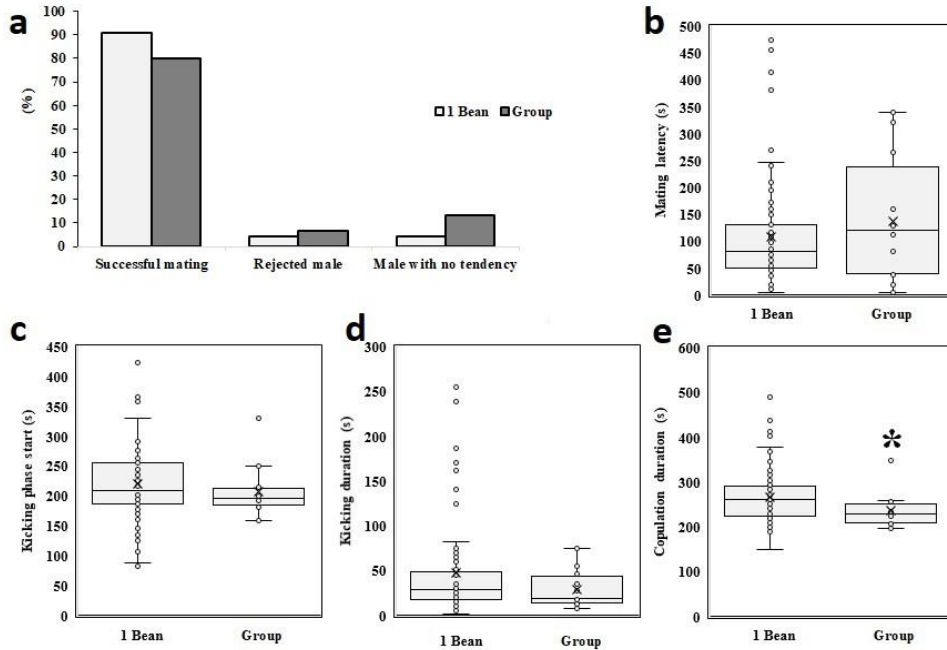
### نتایج

#### اثر تراکم لوبیا بر رفتارهای جفت‌گیری

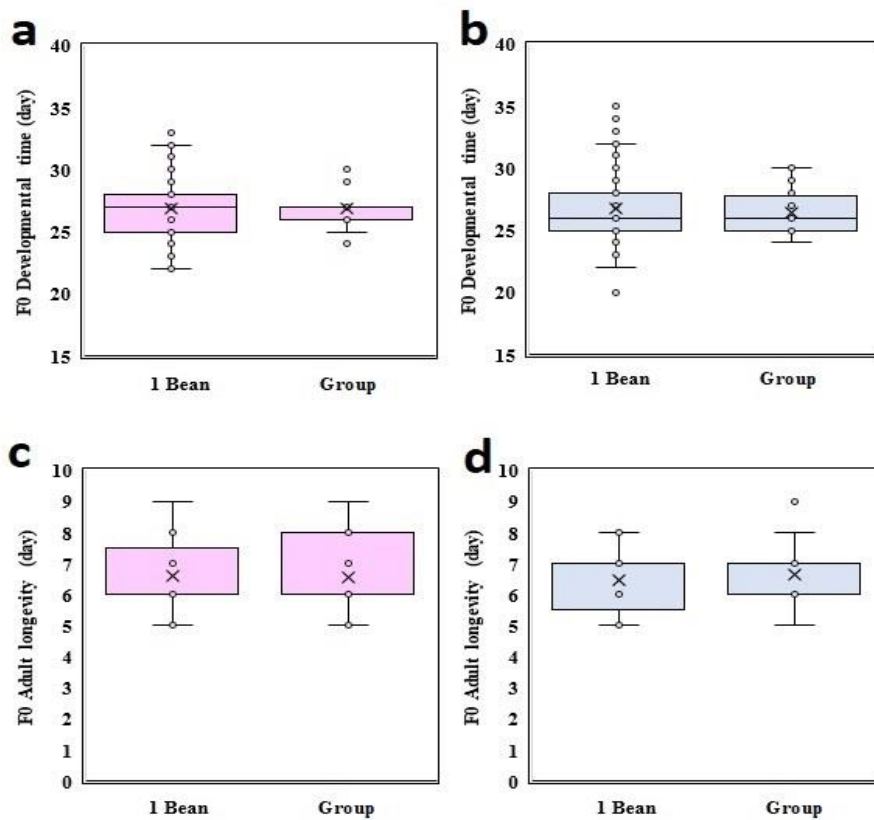
زندگی در دوران لاروی در مجاورت دیگر لوبیاهای آلوده به سوسک چهار نقطه‌ای حیوانات بر رفتارهای جفت‌گیری و حتی درصد جفت‌گیری موفق در این حشره تاثیر گذاشت. به طوریکه درصد موفقیت در جفت‌گیری در تیمار گروه از تیمار تک لوبیا کمتر بود (به ترتیب ۸۰٪ و ۹۱٪) (شکل 1a). همچنین در حشراتی که دوران رشدی پیش از بلوغ خود را در گروهی از لوبیاهای آلوده مجاور هم سپری کرده بودند، درصد حشرات نری که تمایل به جفت‌گیری در مدت زمان آزمایش جفت‌گیری را نداشتند بیشتر (۱۳٪/۳) از حشرات در تیمار تک لوبیا (۴۵٪) بود (شکل 1a).

دیگر رفتارهای جفت‌گیری همچون زمان تاخیر در شروع جفت‌گیری (شکل 1b)، شروع لگد زدن توسط حشره ماده (شکل 1c)، و طول مدت زمان لگد زدن (شکل 1d)، در هر دو تیمار از لحاظ آماری یکسان بود و تفاوت معنی داری نداشت. برای مثال نرهای تیمار تک لوبیا  $107/3 \pm 10/4$  ثانیه پس از انتقال حشره ماده شروع به جفت‌گیری کردند. در حالی که نرهای تیمار لوبیاهای گروهی  $77/6 \pm 22/5$  ثانیه طول کشید تا جفت‌گیری را شروع کنند (شکل 1b). اما طول زمان جفت‌گیری (شکل 1e)، در حشراتی که دوران رشدی پیش از بلوغ خود را در گروهی از لوبیاهای آلوده مجاور هم سپری کرده

6 male with no tendency  
7 rejected male  
8 successful mating  
9 Linear Mixed Model

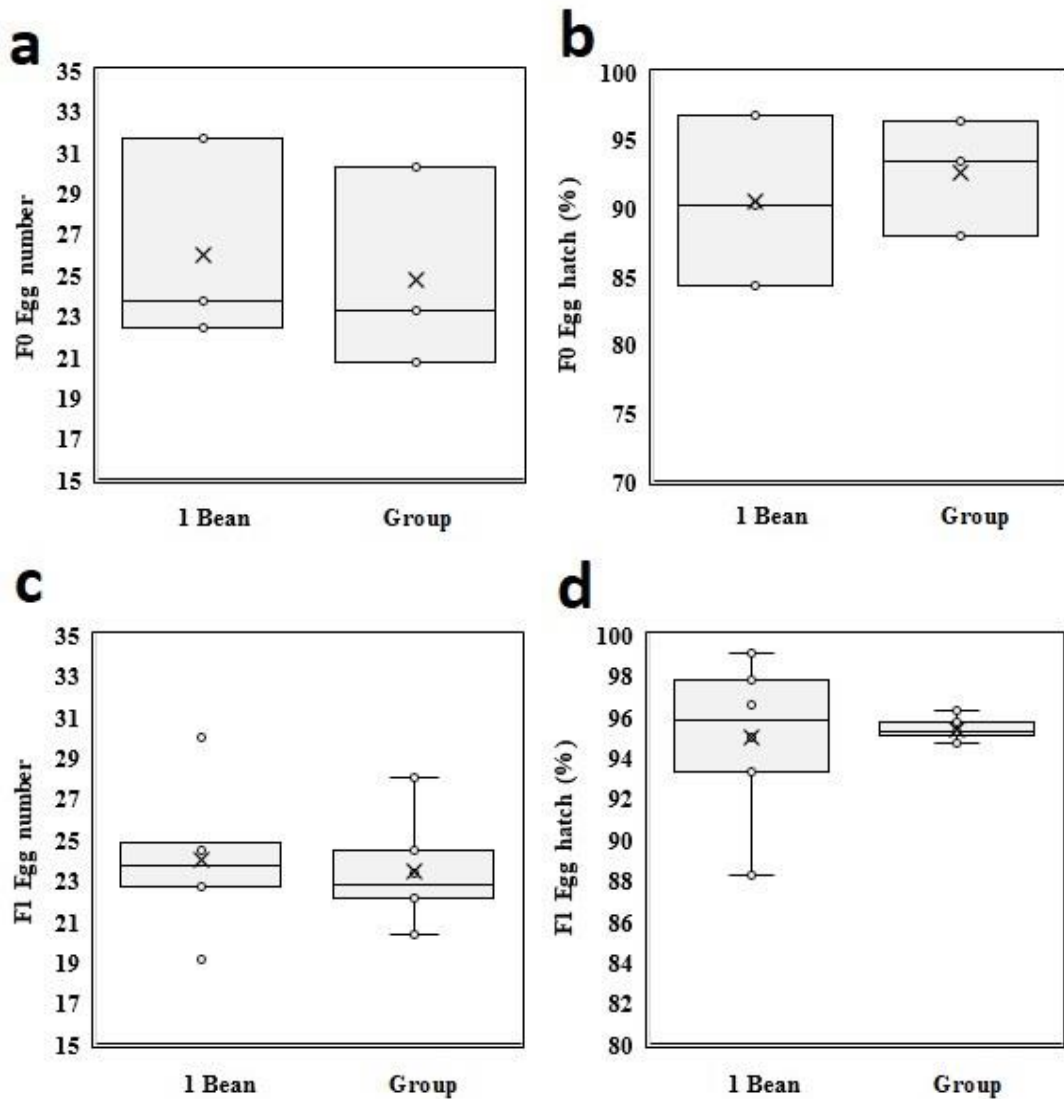


شکل ۱. تاثیر تراکم لوبیبای آلوده بر رفتارهای جفت‌گیری حشره کامل *C. maculatus*. (a): درصد جفت‌گیری موفق، (b): تاخیر در جفت‌گیری، (c): شروع مرحله لگد زدن، (d): مدت زمان لگد زدن، (e): مدت زمان جفت‌گیری. علامت ستاره (\*) نشان دهنده تفاوت معنی دار است ( $P < 0.05$ ).  
 Fig. 1. Effect of density of infected beans on *C. maculatus* adult mating behaviors. (a): Percentage of mating success, (b): Mating latency, (c): Kicking phase start, (d): Kicking duration. (e): Copulation duration. Asterisk (\*) indicates significant differences ( $P < 0.05$ ).



شکل ۲. تاثیر تراکم لوبیبای آلوده بر طول دوره رشدی و طول عمر حشره کامل *C. maculatus*. (a): طول دوره رشدی حشره ماده، (b): طول دوره رشدی حشره نر، (c): طول عمر ماده، (d): طول عمر نر.

Fig. 2. Effect of density of infected beans on *C. maculatus* developmental time and adult longevity. (a): Female developmental time (b): Male developmental time (c): Female longevity (d): Male longevity.



شکل ۳. تاثیر تراکم لوبیای آلوده طول بر تعداد تخم *C. maculatus* و درصد تفریح در نسلهای F0 و F1. (a): تعداد تخم در نسل F0. (b): درصد تفریح در نسل F0. (c): تعداد تخم در نسل F1. (d): درصد تفریح در نسل F1.

Fig. 3. Effect of density of infected beans on *C. maculatus* egg number and hatch percentage in F0 and F1 generations. (a): F0 Egg number (b): F0 Hatch percentage (c): F1 Egg number (d): F1 Hatch percentage.

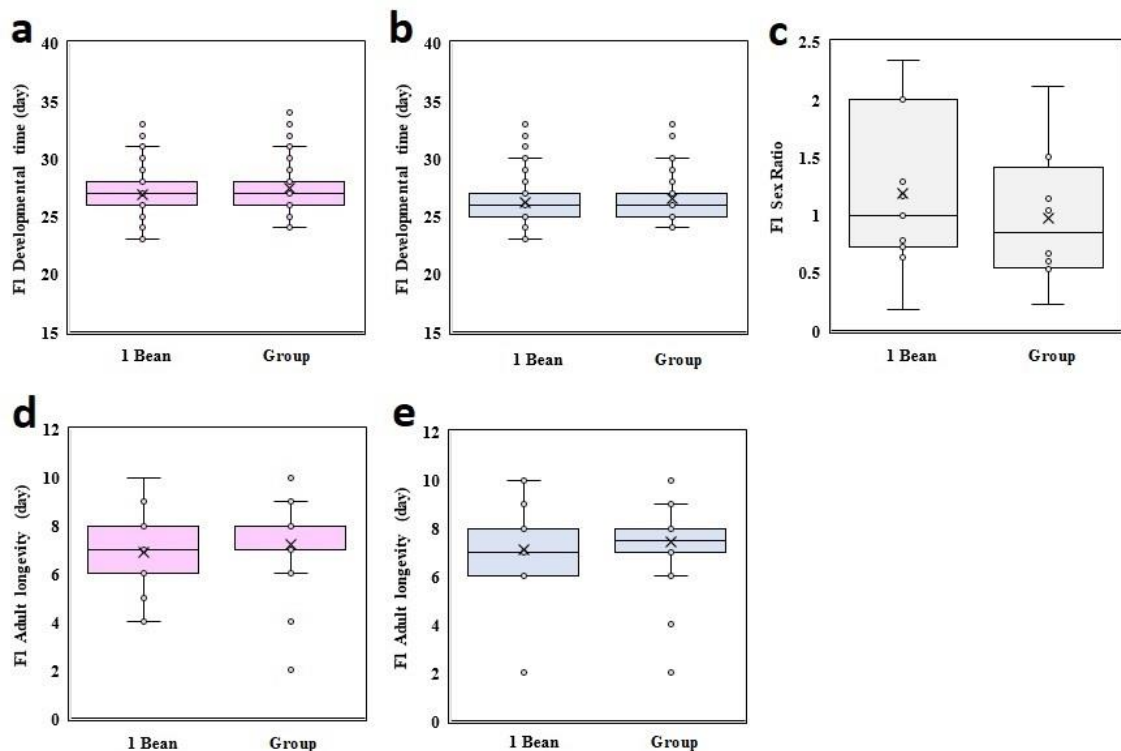
بود (شکل 4a, 4b).

نسبت جنس ماده به جنس نر در حشرات نسل F1 در تیمار تک لوبیا  $0.2 \pm 0.1$  و در تیمار تراکم لوبیا  $0.3 \pm 0.09$  مشاهده شد (شکل 4c).

در نسل F1 نیز حشرات کامل ماده و نر در تیمار تک لوبیا طول عمر برابری (به ترتیب  $0.3 \pm 0.06$  و  $0.3 \pm 0.09$  و  $0.4 \pm 0.07$  و  $0.4 \pm 0.07$  روز) با تیمار تراکم لوبیا (به ترتیب  $0.4 \pm 0.07$  و  $0.4 \pm 0.07$  روز) داشتند (شکل 4d, 4e).

طول دوره رشدی در حشرات نر و ماده نسل F1، طول عمر حشرات کامل نر و ماده و نسبت جنسی ماده به نر در این نسل نیز در هر دو تیمار از لحاظ آماری یکسان بود و داشتن والدینی که شرایط متفاوتی را از نظر وجود یا عدم وجود دیگر لوبیاهای آلوده به آفات در کنار خود را تجربه کرده بودند، تفاوتی در پارامترهای زیستی نسل بعد این حشرات ایجاد نکرد. (شکل ۴).

طول دوره رشدی در حشرات ماده و نر نسل F1 به ترتیب  $0.4 \pm 0.06$  و  $0.3 \pm 0.09$  روز در تیمار تک لوبیا و  $0.4 \pm 0.06$  و  $0.4 \pm 0.07$  روز در تیمار تراکم لوبیای آلوده به آفت



شکل ۴. تاثیر تراکم لوبیای آلوده بر طول دوره رشدی، نسبت جنسی و طول عمر حشره کامل *C. maculatus* (روز) در نسل F1. (a): طول دوره رشدی حشره ماده (b): طول دوره رشدی حشره نر (c): نسبت جنسی ماده به نر (d): طول عمر حشره ماده (e): طول عمر حشره نر.

Fig. 4. Effect of density of infected beans on *C. maculatus* developmental time, sex ratio, and adult longevity (day) in the F1 generation. (a): Female developmental time (b): Male developmental time (c): Sex ratio of females to males (d): Female longevity (e): Male longevity.

به ارتباطات درون گونه ای کند. فرمونها مولکولهای سیگنال دهنده درون گونه ای حیاتی در تشخیص و تمایز افراد هم نوع، تعاملات درون گونه ای و تغییر و تعدیل رفتارها هستند. جانوران از این نشانه ها برای تجزیه و تحلیل خواص شیمیایی دنیای بیرونی استفاده می کنند (Afsheen et al., 2008; Tirindelli et al., 2009).

در مطالعه حاضر، لاروهای سوسک چهار نقطه ای حبوبات قادر بودند وجود لارو در لوبیاهایی که در تماس با لوبیاهای آنها بودند را تشخیص داده و از آن تاثیر بپذیرند و حتی در دوران بلوغ تغییر رفتار دهند، به طوری که این حشرات در بزرگسالی درصد جفت گیری موفق و مدت زمان جفت گیری کمتری نسبت به حشراتی که به تنهایی در یک ظرف پرورش یافته بودند و وجود هیچ رقیبی را حس نکرده بودند، داشتند. در مطالعه دیگری وجود رقیب در همان لوبیایی که لارو دوران رشدی خود را در آن سپری کرده است، بررسی و همانند این مطالعه کاهش مدت زمان جفت گیری تحت تاثیر وجود رقیب گزارش شد (Iglesias-Carrasco et al. 2020). در مطالعه اخیر وجود لارو سوسک چهار نقطه ای حبوبات در

## بحث

شرایط محیطی اولیه که جاندار در دوران رشدی پیش از بلوغ تجربه می کند، می تواند مسیر تکاملی را تغییر دهد و از این رو اثرات قابل توجهی بر بیان صفت، رفتار و شایستگی بزرگسالان داشته باشد (Thornton 2008; Byrne et al. 2009; Schade & Vamosi 2012). به ویژه، رقابت با هم نوعان (یعنی رقابت درون گونه ای)، که زمانی رخ می دهد که افراد برای منابع محدود رقابت می کنند، ممکن است بر پارامترهای زیستی و صفات مورفولوژیکی تاثیر بسزایی بگذارد (Han & Brooks 2015). در حشرات، شواهد قابل توجهی وجود دارد که حشراتی که رقابت درون گونه ای را در طول دوره رشدی خود تجربه کرده اند، این رقابت می تواند اثراتی ایجاد کند که در طول عمر آنها باقی بماند (Vamosi 2005; Vamosi & Lesack 2007).

داده های ما نشان داد لاروهای سوسک چهار نقطه ای حبوبات وجود لارو در لوبیاهای مجاور را تشخیص دادند. مراحل مختلف حشرات (تخم، لارو، شفیره، حشرات بالغ) و حتی فضولات آنها می تواند مواد شیمیایی آزاد کند که کمک

ظهور تأثیر نمی‌گذارد، ماده‌هایی که با لارو دیگری پرورش می‌یابند، به طور قابل توجهی تخم‌های کمتری برای یک توده بدنی معین نسبت به آنهایی که به تنهایی پرورش می‌یابند، می‌گذارند. در مطالعه آنها، ماده‌هایی که در رقابت با لارو دیگری پرورش یافته بودند به طور متوسط دوره‌های رشد طولانی تری نسبت به آنهایی که به تنهایی پرورش می‌یافتند داشتند. همچنین آنها گزارش کردند که رقابت لاروها درون یک لوبیا بر طول عمر آنها تأثیری نداشت (Vamosi & Lesack 2007).

داده‌های ما نشان داد وقتی حشره‌ای در لوبیای دیگری در مجاورت با لوبیای حاوی یک لارو وجود دارد، امکان وقوع رقابت غیر مستقیم محتمل خواهد بود. رقابت غیرمستقیم ممکن است بین افراد یک گونه (درون گونه‌ای) یا گونه‌های مختلف (بین گونه‌ای) رخ دهد. بسیاری از مطالعات هر دو نوع رقابت غیرمستقیم را به طور گسترده و جداگانه ثبت کرده‌اند و گزارش کرده‌اند که رقابت غیرمستقیم می‌تواند پارامترهای بیولوژیکی حشرات را تغییر دهد (Goubault et al., 2005; Boivin and Brodeur, 2006; Robert et al., 2016). در پشه *Aedes aegypti* گزارش شده است که مرگ و میر لارو وابسته به تراکم اغلب با رقابت غیرمستقیم و نه رقابت مستقیم بین لاروها برای دسترسی به منابع غذایی درون ظروف رخ می‌دهد (Legros et al., 2009).

بنابراین، شرایط پرورش حشره در تیمارهای مختلف که شامل فقط وجود یک لوبیا با یک لارو در داخل آن در یک ظرف یا تراکمی از چند لوبیا به همراه تک لارو داخل هر کدام، باعث القاء رقابت غیرمستقیم در بین لاروها شده و اثر معنی‌داری بر رفتارهای حشره در دوران بلوغ می‌گذارد و در طراحی آزمایش‌های مختلف و تعریف شرایط تیمارها باید این امر در نظر گرفته شود.

### تعارض منافع

هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسندگان وجود ندارد.

یک لوبیا به تنهایی یا همراه با حضور یک رقیب نر یا ماده بررسی و طول دوره رشدی، وزن حشره در هنگام ظهور حشره کامل، مدت زمان جفت‌گیری و طول عمر حشرات کامل مطالعه شده است. نتایج آنها نشان داده است که این رقابت بر طول دوره رشدی تأثیری نداشته ولی ماده‌هایی که با حشره ماده دیگر رقابت کرده بودند، در هنگام ظهور حشره کامل وزن کمتری داشتند. رقابت در دوران لاروی تأثیری بر وزن حشرات نر نگذاشته بود. اما رقابت لارو نر با لارو نر در دوران رشدی سبب کوتاهتر شدن مدت زمان جفت‌گیری در حشرات کامل نسبت به نرهایی بود که در زمان لاروی با یک حشره ماده رقابت داشتند (Iglesias-Carrasco et al. 2020).

مدت زمان جفت‌گیری می‌تواند تأثیرات مهمی بر شایستگی نر و ماده داشته باشد. در سوسک چهار نقطه‌ای حبوبات اندازه مایع انزال حشره نر با طول مدت جفت‌گیری افزایش یافته و ظاهراً حشرات ماده بهره بیشتری از آب موجود در آن می‌برند. همچنین افزایش طول مدت جفت‌گیری سبب می‌شود حشره ماده دیرتر حشره نر دیگری را برای جفت‌گیری بپذیرد و این کمک می‌کند حشره نر اول در انتقال ژنهای خود به نسل بعد موفقتر عمل کند چرا که در این حشره تخم‌های تشکیل شده حاوی ژنهای آخرین نر جفت‌گیری کننده خواهد بود (Edvardsson & Canal 2006). برخی از نرها طول مدت جفت‌گیری را طولانی‌تر می‌کنند تا مانع جفت‌گیری دیگر نرها با حشره ماده شوند (Simmons 2001).

در مطالعه حاضر، دیگر پارامترهای زیستی بررسی شده مثل طول دوره رشدی، تعداد تخم، درصد تفریح، طول عمر حشره کامل، و نسبت جنسی نسل بعد تحت تاثیر تیمارهای تراکم لوبیاهای موجود در یک ظرف و یا احساس وجود رقیب احتمالی در لوبیاهای مجاور، تفاوت معنی‌داری نشان نداد. مطالعه دیگری حضور لاروهای دیگر در یک لوبیا را در سوسک چهار نقطه‌ای حبوبات بررسی و گزارش کرده است که اگرچه حضور یک رقیب بر میانگین توده ماده‌ها در هنگام

### REFERENCES

1. Afsheen, S., Wang, X., Li, R., Zhu, C.S. & Lou Y.G. (2008). Differential attraction of parasitoids in relation to specificity of kairomones from herbivores and their by-products. *Insect Science*, 15, 381-397.
2. Amiri, A. & Bandani, A.R. (2021). Parents' living conditions influence offspring fitness and competency. *Journal of Stored Products Research*, 92, 101795.
3. Arnqvist, G. & Tuda, M. (2010). Sexual conflict and the gender load: correlated evolution between population fitness and sexual dimorphism in seed beetles. *Proceedings of the Royal Society of London Series B: Biological Sciences*, 277, 1345-1352.
4. Boivin, G. & Brodeur, J. (2006). Intra- and interspecific interactions among parasitoids: mechanisms, outcomes and biological control. In J. Brodeur & G. Boivin (ED.), *Progress in Biological Control: Trophic and Guild Interactions in Biological Control* (pp. 123-144). Springer, Dordrecht, The Netherlands.
5. Byrne, M. et al. (2009). Temperature, but not pH, compromises sea urchin fertilization and early development under



- near-future climate change scenarios. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 276, 1883–1888.
6. Edvardsson, M. & Canal, D. (2006). The effects of copulation duration in the bruchid beetle *Callosobruchus maculatus*. *Behavioral Ecology*, 17, 430–434.
  7. Goubault, M., Outreman, Y., Poinso, D. & Cortesero, A.M. (2005). Patch exploitation strategies of parasitic wasps under intraspecific competition. *Behavioral Ecology*, 16, 693–701.
  8. Guedes, R.N.C., Guedes, N.M.P. & Smith, R.H. (2007). Larval competition within seeds: From the behaviour process to the ecological outcome in the seed beetle *Callosobruchus maculatus*. *Austral Ecology*, 32(6), 697-707.
  9. Han, C.S. & Brooks, R.C. (2015). The interaction between genotype and juvenile and adult density environment in shaping multidimensional reaction norms of behaviour. *Functional Ecology*, 29, 78-87.
  10. Harrison, X.A. *et al.* (2018). A brief introduction to mixed effects modelling and multi-model inference in ecology. *PeerJ*, 6, e4794.
  11. Iglesias-Carrasco, M., Brookes, S., Kruuk, L.E.B. & Head, M.L. (2020). The effects of competition on fitness depend on the sex of both competitors. *Ecology and Evolution*, 10(18), 9808-9826.
  12. Ishii, Y. & Shimada, M. (2008). Competitive exclusion between contest and scramble strategists in *Callosobruchus* seed-beetle modeling. *Population Ecology*, 50, 197-205.
  13. Kishi, S. (2015). Reproductive interference in laboratory experiments of interspecific competition. *Population Ecology*, 57, 283–292.
  14. Kyogoku, D. (2021). Seed beetles as a modern model system of interspecific competition. *Ecologica research*, 36(4), 580-589.
  15. Legros, M., Lloyd, A.L., Huang, Y. & Gould, F. (2009). Density-Dependent Intraspecific Competition in the Larval Stage of *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae): Revisiting the Current Paradigm. *Journal of Medical Entomology*, 46, 409–419.
  16. Małek, D.K. & Czarnoleski, M. (2021). Thermal Preferences of Cowpea Seed Beetles (*Callosobruchus maculatus*): Effects of Sex and Nuptial Gift Transfers. *Insects*, 12, 310.
  17. Messina, F.J., Bloxham, A.J. & Seargent, A.J. (2007). Mating compatibility between geographic populations of the seed beetle *Callosobruchus maculatus*. *Journal of Insect Behavior*, 20, 489501.
  18. Miyatake, T. & Matsumura, F. (2004). Intra-specific variation in female remating in *Callosobruchus chinensis* and *C. maculatus*. *Journal of insect physiology*, 50, 403–408.
  19. Robert, F.A., Brodeur, J. & Boivin, G. (2016). Patch exploitation strategies of parasitoids under indirect intra- and inter-specific competition. *Ecological Entomology*, 41, 590-598.
  20. Schade, D.J. & Vamosi, S.M. (2012). Larval competition reduces body condition in the female seed beetle, *Callosobruchus maculatus*. *Journal of Insect Science*, 12(1), 35.
  21. Simmons, L.W. (2001). *Sperm competition and its evolutionary consequences in the insects*. Princeton, New Jersey, Princeton University Press.
  22. Tirindelli, R., Dibattista, M., Pifferi, S. & Menini, A. (2009). From Pheromones to Behavior. *Physiological Reviews*. 89, 921-956.
  23. Thornton, A. (2008). Early body condition, time budgets and the acquisition of foraging skills in meerkats. *Animal Behavior*, 75, 951-962.
  24. Vamosi, S.M. (2005). Interactive effects of larval host and competition on adult fitness: an experimental test with seed beetles (Coleoptera: Bruchidae). *Functional ecology*, 19, 859–864.
  25. Vamosi, S.M. & Lesack, T.L. (2007). Direct effects of larval competition on development time and fecundity in seed beetles. *Evolutionary ecology research*, 9, 1131-1143.
  26. Wilson, C.J., Buzatto, B.A., Robinson, S.P. & Tomkins, J.L. (2014). Sociosexual environment influences patterns of ejaculate transfer and female kicking in *Callosobruchus maculatus*. *Animal Behaviour*, 94, 37-43.