فصلنامه علمی زیست‌شناسی کاربردی دانشگاه الزهرا (س)
دوره ۳۶، شماره ۲، پیاپی ۷۶، تابستان ۱۴۰۲، ص ۸۰-۶۲
نوع مقاله: پژوهشی
تاریخ دریافت: ۳۱ / ۵ / ۱۴۰۱
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۱/۲۳
وب سایت نشریه: https://jab.alzahra.ac.ir
https://doi.org/10.22051/jab.2023.41521.1507

The Quarterly Scientific Journal Of Applied Biology
Vol.36, No.2, Sering. 76, Summer 2024, p. 67-85.
Article type: Research Paper

رفتار همنوع خواری سوسک زردآرد (*Tenebrio molitor* Linnaeus, 1758) در شرایط آزمایشگاهی

رضیه رشیدی ایل ذوله[۱]، وحید اکملی[۲*]

چکیده

مقدمه: *در بسیاری از گونه‌های حشرات، همنوع خواری بعنوان یک رفتار طبیعی گزارش شده است و در این رفتار حشرات کامل و لاروها، در نبود غذا از تخم و شفیره تغذیه می کنند.* ***مواد و روش ها:*** *در پژوهش حاضر هفت گروه غذایی که هرکدام حاوی مخلوطی از سبوس گندم با جو، ذرت و نخود است به عنوان محیط پرورش سوسک فراهم شد. اثر گروه‌های فوق در حضور میوه (دوره سیری) و عدم حضور میوه (دوره گرسنگی) بر رفتار همنوع‌خواری انتخابی حشره کامل و لارو سوسک زرد آرد مورد بررسی قرارگرفت.* ***نتایج و بحث:*** *نتایج آنالیز رفتار انتخابی سوسک ها نشان داد که آنها ابتدا تخم‌ها و سپس شفیره ها را ترجیح می‌دهند که احتمالا به علت رفتار جستجوگرانه آنها در بستر محیط پرورش حاوی تخم و همچنین ناتوانی تخم ها در اجتناب از شکار است. در رفتار انتخابی لاروها مشاهده شد که آنها ابتدا به شفیره ها و سپس به حشرات کامل حمله می کنند، که احتمالا به دلیل ناتوانی شفیره در اجتناب از شکار و داشتن بدن نرم و مرطوب است. همچنین نتایج نشان داد که فاکتور تغذیه و کیفیت رژیم غذایی تاثیر معنی داری بر همنوع خواری دارد. در بررسی اثر دوره های گرسنگی (۱۲، ۲۴، ۳۶، ۴۸) بر میزان همنوع‌خواری حشره کامل، ملاحظه شد که حشرات با بیش از ۱۲ ساعت گرسنگی، بیشترین میزان همنوع‌خواری را نشان می‌دهند.*

واژه های کلیدی: *دوره گرسنگی، رفتار انتخابی، شفیره، میلورم.*

۱. دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، گروه زیست شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران.
۲. دانشیار، گروه زیست شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران. (*نویسنده مسئول: v_akmali@razi.ac.ir)

مقدمه

رفتار همنوع‌خواری تاکنون در بیش از ۱۳۰۰ گونه جانوری ثبت شده است. این رفتار در بسیاری از بندپایان و راسته‌های حشرات از جمله سخت‌بال‌پوشان (Coleoptera) گزارش شده است که رفتاری طبیعی در این جانوران تلقی می‌شود. در این رفتار معمولا حشرات بالغ و لاروها، از شفیره‌ها و تخم‌های بی‌حرکت تغذیه می کنند (Fernandez *et al.*, 2020). همنوع‌خواری اندازه جمعیت را تنظیم کرده و همچنین باعث افزایش نرخ رشد، بقا و باروری می‌شود (Mastrantonio *et al.*, 2021). این رفتار به صورت یک مکانیسم خودتنظیمی عمل می‌کند، بطوری که در برخی از حشرات اجتماعی، لارو یا حشره بالغ از تخم‌های همنوع، برای بهبود سرعت رشد و باروری تغذیه می‌کنند که به آن همنوع‌خواری تخم می‌گویند (Jiang & Zhou, 2022). همنوع‌خواری یا شکار درون گونه‌ای تقریباً در تمام گونه‌های جانوری تکامل یافته و بر ساختار و پویایی جمعیت آنها تأثیر می‌گذارد. این رفتار در شرایط استرس‌زا مانند تراکم زیاد یا کمبود غذا، افزایش یافته و به عنوان مزیت تغذیه‌ای محسوب می‌شود، هرچند خطر مرگ و میر را در بین افراد خاص (تخم یا شفیره) به میزان قابل توجهی افزایش می‌دهد. بطور مثال وقتی سوسک زرد آرد تحت دوره‌های گرسنگی و یا محرومیت از میوه و غذا قرار می‌گیرد رفتار همنوع‌خواری و جستجو برای غذا در آن افزایش می‌یابد (Ichikawa & Kurauchi, 2009; Via,1999) .

حشرات و سایر بندپایان، بر خلاف گونه‌های مهره‌داران، چرخه‌های زندگی پیچیده‌ای دارند که در آن مراحل متوالی ممکن است به طرز چشمگیری هم از نظر ریختی و هم از نظر زیست محیطی متفاوت باشد (Fernandez *et al.*, 2020). سوسک زرد آرد با داشتن چهار مرحله مشخص در چرخه زندگی که شامل تخم، لارو (میلورم)، شفیره و حشره کامل می شود، دارای دگردیسی کامل است. تخم این حشره بیضی شکل، سفید رنگ و چسبناک است (Siemianowska *et al.*, 2013; Ribeiro, 2017; Van Huis *et al.*, 2013). پس از طی دوران جنینی، لاروهای ریز سفید رنگ از تخم خارج شده و مرحله لاروی شروع می‌شود (Ribeiro, 2017; Van Huis *et al.*, 2013; Kim *et al.*, 2015). مدت زمان دوره لاروی ۵۷ روز در شرایط کنترل شده، تا ۶۲۹ روز در طبیعت متغیر است (Ribeiro, 2017; Damborsky *et al.*, 2000) . وزن یک لارو بالغ (میلورم) به طور متوسط ۰/۲ گرم و طول آن ۳۵-۲۵ میلی‌متر است (Alves *et al.*, 2016). در نهایت، لاروها فرم "C" شکل می گیرند و با یک پوست‌اندازی به شفیره تبدیل می‌شوند (Ribeiro, 2017; Van Huis *et al.*, 2013; Alves *et al.*, 2016; Patterson, 2016; Ghaly *et al.*, 2009; Hill *et al.*, 2002; Cotton, 1927). بعد از تکمیل مرحله شفیرگی، سوسک‌ها با اسکلتی نرم و بال های سفید رنگ از شفیره بیرون آمده و مرحله حشره کامل شروع می‌شود (Ribeiro, 2017; Damborsky *et al.*, 2000).

تاکنون مطالعاتی در مورد همنوع‌خواری در حشرات صورت گرفته است (Agarwala *et al.*, 1992، Richardson *et al.*, 2010، Fernandez *et al.*, 2020). بطور مثال بررسی همنوع‌خواری و شکار بین‌گونه‌ای در کفشدوزک‌های *Adalia decempunctata*، *A. bipunctata*، *Coccinella septempunctata* و *C. undecempunctata* نشان داده است که همنوع‌خواری

بطور عمده زمانی رخ می‌دهد که طعمه کمیاب باشد، از این جهت نوعی سازگاری است که شانس بقا را افزایش می‌دهد (Agarwala *et al.*, 1992). در مطالعه دیگری اثرات میزان نیتروژن برگ در سه سطح نرمال، کمتر از نرمال و بیش از حد نرمال بر رفتار همنوع‌خواری کرم برگ‌خوار چغندر (*Spodoptera exigua* Hübner, 1808) بررسی شده است. در این مطالعه، به لاروهای پرورش یافته بر روی برگ چغندرقند اجازه داده شد تا از شفیره‌ها همنوع‌خواری کنند، نتایج نشان داد که سطوح نیترژون بر رفتار همنوع‌خواری اثر معناداری دارد (Zubaidi *et al.*, 1983). همنوع‌خواری شفیره‌ها توسط لاروها در بسیاری از گونه‌های حشرات ثبت شده است. همنوع‌خواری لارو و دفاع شفیره در گونه *Zophobas atratus* Blanchard, 1845 نشان داد که لاروها از شفیره هایی که ناحیه شکمی آنها قبلا فلج شده است به عنوان طعمه استفاده کردند. نتایج این مطالعه نشان داد که پاسخ چرخش شکمی شفیره‌ها به عنوان یک دفاع موثر در برابر همنوع‌خواری لارو عمل می‌کند (Ichikawa & Kurauchi, 2009). همنوع‌خواری می‌تواند با بهبود نرخ رشد، بقا، طول عمر و باروری مفید باشد و نقش مهمی در تنظیم تراکم جمعیت، تثبیت روابط گیاه میزبان با حشره ایفا می‌کند. عوامل وابسته به تراکم و عوامل مستقل از تراکم مانند دمای بالای محیط بر نرخ همنوع‌خواری تاثیرگذار است (Richardson *et al.*, 2010). در مطالعه دیگری رفتار همنوع‌خواری دو گونه از حشرات شکارگر در شرایط آزمایشگاهی مورد ارزیابی قرار گرفته است. این دو گونه شامل*Nabis pseudoferus* Remane, 1949 که گونه به شدت گوشتخوار بوده و گونه *Nesidiocoris tenuis* Reuter, 1895 همه چیزخوار است. نتایج این مطالعه نشان داده است که رفتار همنوع‌خواری در *N. pseudoferus* در طول دوره مطالعه و در همه مراحل رشد شایع بوده، در حالی که بندرت این رفتار در *N. tenuis*، مشاهده شده و بطور عمده به سه مرحله اول شفیرگی محدود می‌شود. هیچ رابطه خطی بین همنوع‌خواری و شکار درون گونه‌ای با نسبت‌های مختلف اندازه همنوع‌خوار به طعمه، مشاهده نشده است (Fernandez *et al.*, 2020).

هدف از این مطالعه بررسی رفتار انتخابی و قدرت همنوع‌خواری حشرات کامل و لاروهای همنوع‌خوار، تاثیر کیفیت جیره غذایی حشره بر قدرت همنوع‌خواری و همچنین تاثیر افزایش زمان دوره‌های گرسنگی و محرومیت از میوه بر میزان همنوع‌خواری در سوسک زرد آرد است.

مواد و روش‌ها

جامعه آماری این مطالعه از حشرات پرورش داده شده در آزمایشگاه اکولوژی گروه زیست‌شناسی دانشکده علوم دانشگاه رازی فراهم شد. آزمایش‌ها در دمای ۲۸°C و رطوبت ۶۵٪ انجام شدند. هفت جعبه پلاستیکی به ابعاد (۱۹ سانتی‌متر ارتفاع و ۳/۵ سانتی‌متر طول) که هرکدام حاوی مخلوطی از سبوس‌های گندم با جو، ذرت و نخود به عنوان محیط کشت فراهم شد و حشرات چرخه زندگی (شکل ۱) خود را در آن طی کردند. از هویج به عنوان منبع آب و رطوبت در گروه ها استفاده شده و برای هر گروه ۳۰ تکرار صورت گرفت. گروه های زیر در حضور میوه هویج (دوره سیری) و عدم حضور میوه (دوره گرسنگی)

مورد بررسی قرارگرفت: ۱- شاهد W (۴۰۰ گرم سبوس گندم)، ۲- A (۲۰۰ گرم سبوس گندم + ۲۰۰ گرم سبوس جو)، ۳- B (۳۰۰ گرم سبوس گندم + ۱۰۰ گرم سبوس جو)، ۴- C (۲۰۰ گرم سبوس گندم + ۲۰۰ گرم سبوس نخود)، ۵- D (۳۰۰ گرم سبوس گندم + ۱۰۰ گرم سبوس نخود)، ۶- E (۲۰۰ گرم سبوس گندم + ۲۰۰ گرم سبوس ذرت)، ۷- F (۳۰۰ گرم سبوس گندم + ۱۰۰ گرم سبوس جو. با مشاهده آثار همنوع خواری که شامل آسیب وارد شده در اثر خوردن شکارچیان (همنوع‌خواران) همنوع خواری تشخیص داده شد. در این مطالعه همنوع خواری شامل آسیب به اندام جلویی و عقبی و خورده شدن کامل است که به صورت زیر مورد بررسی قرار گرفت.

همنوع‌خواری تخم و شفیره توسط سوسک کامل و لارو

ابتدا سوسک‌های کامل و لاروها بطور تصادفی از محیط‌های کشت (W-A-B-C-D-E-F) انتخاب شدند. برای انتخاب لاروها، از لاروهایی که در سنین پایانی قرار داشتند استفاده شد و به مدت ۲۴ ساعت تحت دوره گرسنگی (عدم دریافت میوه) قرار گرفتند. سپس رفتار انتخابی میزان تخم و شفیره خورده شده توسط سوسک کامل و شفیره و سوسک کامل خورده شده توسط لارو مورد بررسی قرار گرفت. در بررسی رفتار انتخابی میزان نسبت تخم و شفیره خورده شده توسط سوسک کامل، برای هر گروه ۳۰ تکرار و در هر تکرار ۱۰ نمونه سوسک کامل (پنج نمونه از هر جنس) در داخل ظروف آزمایش قرار داده شد و سپس ۱۵ شفیره و ۲۵ تخم، در بین آنها پخش شد. همچنین در بررسی رفتار انتخابی میزان نسبت سوسک و شفیره خورده شده توسط لارو، ۳۰ عدد لارو در داخل ظروف آزمایش قرار داده شدند و در ادامه ۱۵ شفیره و ۱۰ سوسک در بین آنها توزیع گردید. بعد از سه ساعت، تعداد تخم، شفیره و سوسک‌های آسیب دیده شمارش شدند. جهت بررسی آثار حمله (همنوع‌خواری) از استریومیکروسکوپ استفاده شد و داده ها ثبت گردید.

مقایسه میزان همنوع‌خواری سوسک و لارو نسبت به شفیره

به منظور بررسی مقایسه میزان همنوع‌خواری بین سوسک و لارو از شفیره، از هر گروه بطور تصادفی ۳۰ سوسک و لارو انتخاب شد و در داخل ظروف آزمایش به مقدار مناسب سبوس برای پنهان کردن نمونه‌ها قرار داده شد و برای هر گروه ۳۰ تکرار فراهم شد. سپس به مدت ۱۲ ساعت تحت دوره گرسنگی (عدم دریافت میوه) قرار گرفتند. در ادامه برای هر تکرار ۱۵ شفیره توزیع شد، و به مدت سه ساعت (Ichikawa & Kurauchi, 2009) به سوسک و لاروهای همنوع خوار اجازه داده شد تا از شفیره تغذیه کنند. سپس تعداد شفیره‌های آسیب دیده، شمارش شد.

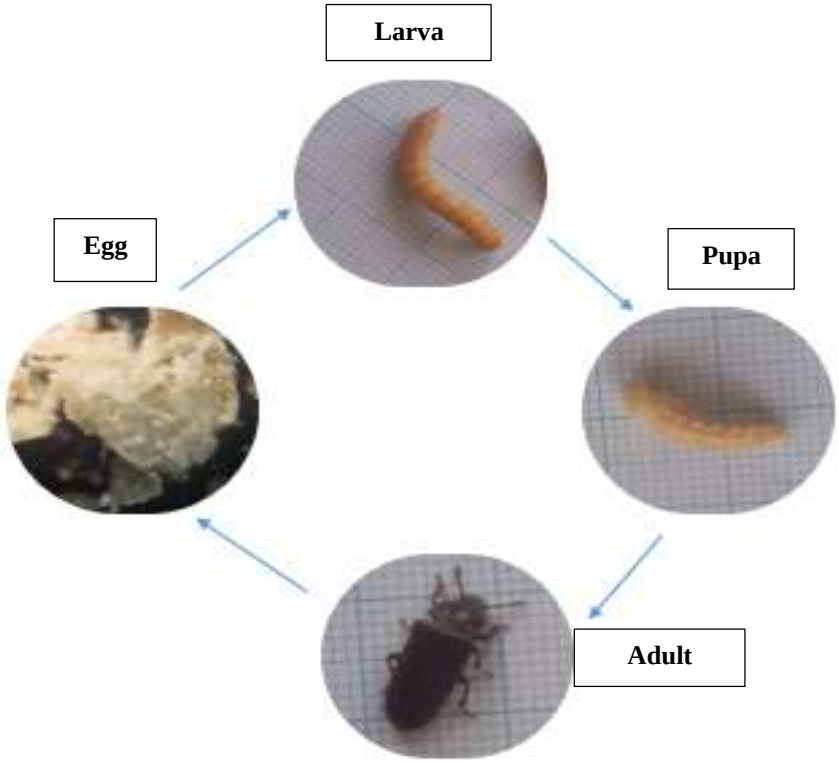
میزان همنوع‌خواری سوسک کامل از شفیره در ۴ بازه زمانی ۱۲-۲۴-۳۶-۴۸ ساعت

برای مقایسه میزان همنوع‌خواری سوسک کامل از شفیره در طول ۴ دوره گرسنگی (بازه‌های زمانی۱۲،۲۴،۳۶،۴۸ ساعت) آزمایشی طراحی شد. از بین جمعیتی از سوسک هایی که در شرایط آزمایشگاهی رشد کردند، ۳۰ عدد سوسک بطور تصادفی انتخاب شدند و به داخل ظروف آزمایش انتقال یافتند. این آزمایش برای هر گروه در ۳۰ تکرار انجام شد. سپس سوسک‌ها

در بازه‌های زمانی فوق، تحت دوره‌های گرسنگی و محرومیت از میوه قرار گرفتند. پس از طی دوران گرسنگی در هر ظرف ۱۵ شفیره قرار داده شد و به مدت سه ساعت (طول دوره همنوع‌خواری) به سوسک‌ها اجازه داده شد تا همنوع‌خواری کنند. پس از پایان دوره زمانی انجام آزمایش، نسبت شفیره‌های آسیب دیده در ۴ بازه زمانی ۱۲، ۲۴، ۳۶ و ۴۸ ساعت، بررسی شد.

تحلیل آماری

داده‌های حاصل از آزمایشات با نرم افزار SPSS v. 26 آنالیز شد. آنالیز واریانس، آزمون توکی و همچنین از طرح اندازه تکراری برای آنالیز نسبت تخم به شفیره خورده شده در سوسک‌های همنوع‌خوار و نسبت سوسک به شفیره خورده شده در لاروهای همنوع‌خوار استفاده شد.



شکل ۱- چرخه زندگی سوسک زرد آرد.

Figure 1. Life cycle of yellow mealworm beetle.

نتایج

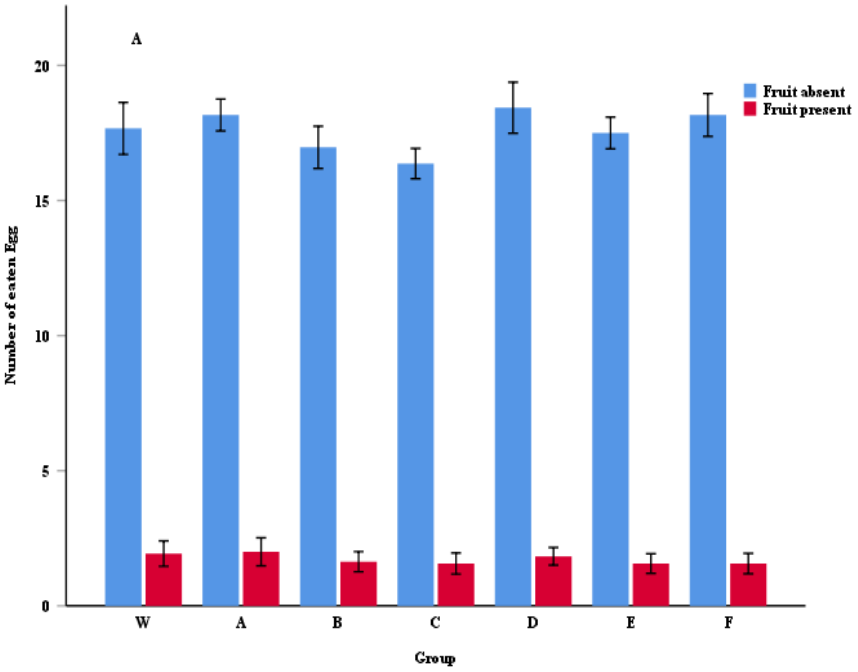
نتایج آنالیز بررسی اثر مستقل فاکتور تغذیه در بین گروه ها بر همنوع‌خواری تخم (F: 4.021, df:6, p-value = 0.001) و شفیره (F:6.189, df:6, p-value= 0.0001) توسط سوسک کامل تفاوت معناداری را نشان داد. در همنوع‌خواری تخم در هیچکدام از گروه ها با گروه شاهد تفاوت معناداری مشاهده نشد، ولی در همنوع‌خواری شفیره، تیمار C با نمونه شاهد تفاوت معناداری مشاهده شد. در بررسی اثر مستقل فاکتور عدم حضور میوه بر همنوع‌خواری تخم (F:9910.115, df:1, p-value=

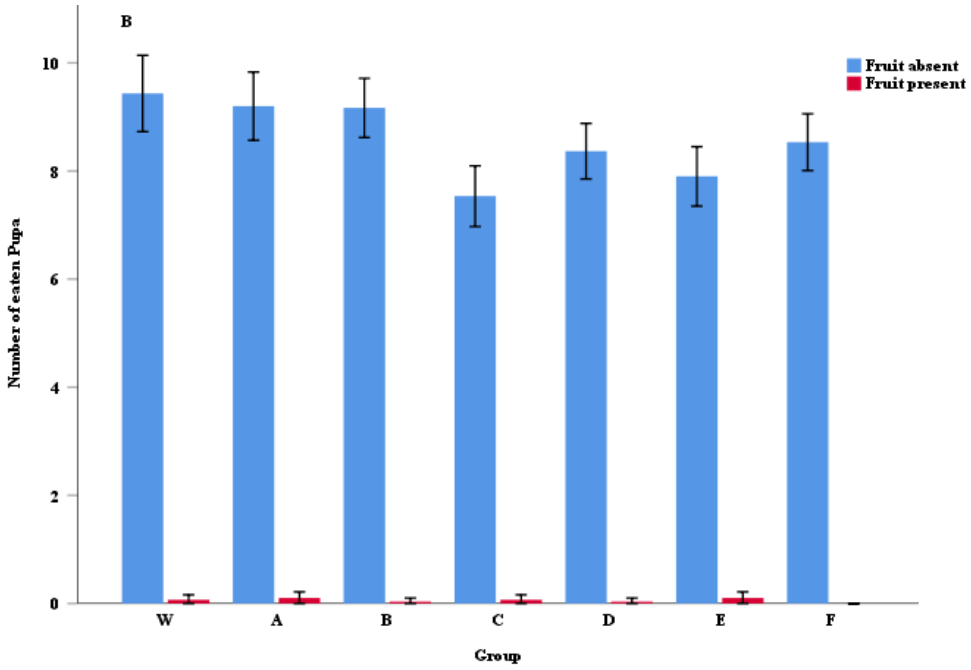
0.001) و شفیره (F:6208 .444, df:1, p-value= 0.001) توسط سوسک تفاوت معنادار مشاهده شد. بیشترین و کمترین میانگین تخم و شفیره مورد همنوع‌خواری شده به ترتیب در تیمارهای عدم حضور میوه و حضور میوه ثبت گردید (جدول ۱ و شکل ۴ الف و ب). در اثر تعاملی فاکتورهای تغذیه و عدم حضور میوه بر همنوع خواری تخم (F:2 .441, df:6, p-value=0.025) و شفیره (F:6.275, df:6, p-value< 0.0001) توسط سوسک تفاوت معناداری مشاهده شد. آنالیز طرح اندازه تکراری در بررسی رفتار انتخابی سوسک نسبت به همنوع‌خواری تخم و شفیره، تفاوت معناداری را نشان داد (F:673 .96, df:1, p-value< 0.0001). در این رفتار سوسک‌ها تمایل بیشتری به خوردن تخم‌ها نشان دادند (شکل ۲- ج).

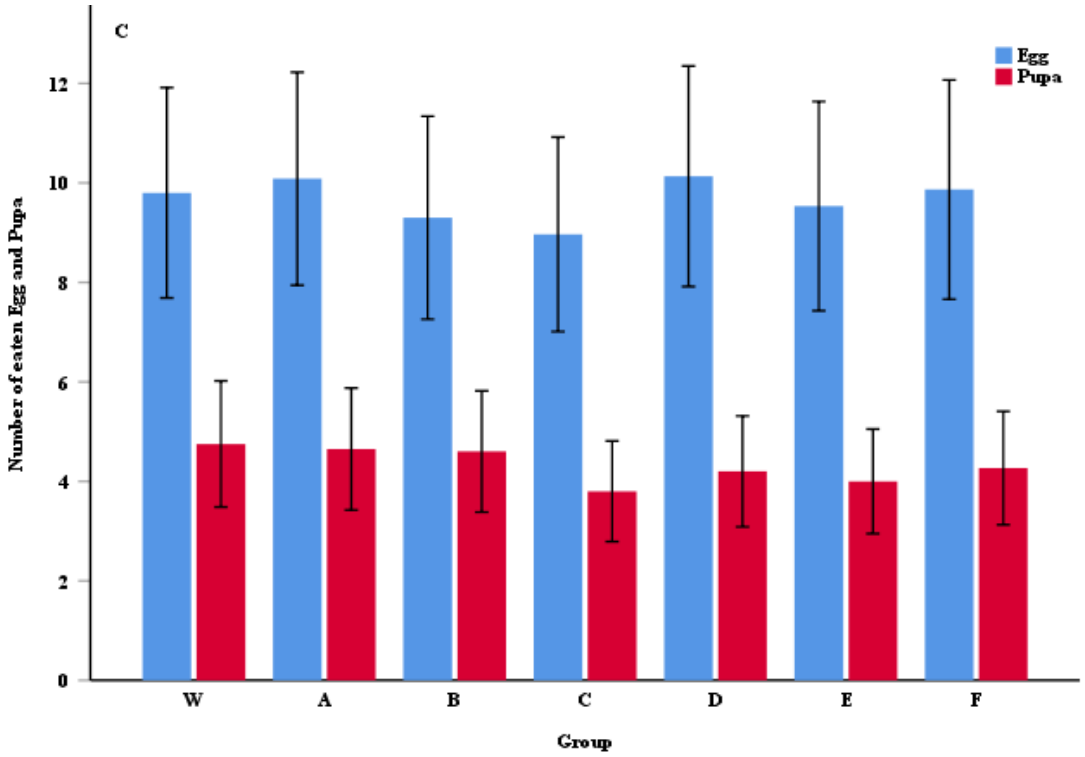
جدول ۱- میانگین (Mean) و خطای استاندارد (SE) تعداد شفیره و تخم خورده شده توسط سوسک در حضور و عدم حضور میوه در گروه های غذایی مختلف

Table 1- Mean and standard error (SE) of the number of pupae and eggs eaten by the beetle in the presence and absence of fruit in different food groups

Group	Fruit as feed	Egg		p-value	Pupa		p-value
		Mean	SE		Mean	SE	
W	absent	17.67	0.47	0.001	9.43	0.34	<0.0001
	present	1.93	0.23		0.07	0.05	
A	absent	18.17	0.29	0.456	9.20	0.31	<0.0001
	present	2.00	0.25		0.10	0.06	
B	absent	16.97	0.38	0.0007	9.17	0.27	0.0008
	present	1.63	0.18		0.03	0.03	
C	absent	16.37	0.27	0.03	7.53	0.27	<0.0001
	present	1.57	0.19		0.07	0.46	
D	absent	18.43	0.16	0.0005	8.37	0.25	<0.0001
	present	1.83	0.16		0.03	0.03	
E	absent	17.50	0.29	0.01	7.90	0.27	<0.0001
	present	1.57	0.18		0.10	0.06	
F	absent	18.17	0.39	0.21	8.53	0.26	<0.0001
	present	1.57	0.18		0.00	0.00	


A
Fruit absent
Fruit present
Number of eaten Egg
20
15
10
5
0
W
A
B
C
D
E
F
Group


B
Fruit absent
Fruit present
Number of eaten Pupa
10
8
6
4
2
0
W
A
B
C
D
E
F
Group



شکل ۲- رفتار انتخابی همنوع‌خواری تخم و شفیره توسط سوسک کامل.

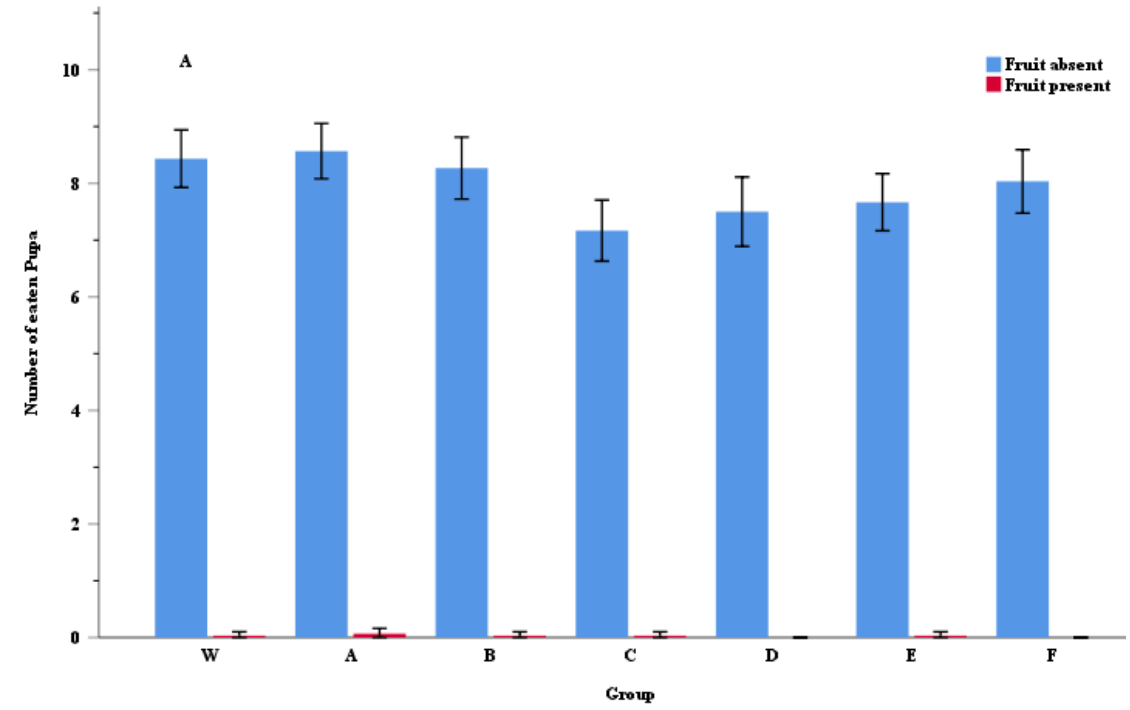
Figure 2. Selective cannibalistic behavior of eggs and pupae by beetle. 100% Wheat bran (W), 50% Wheat bran + 50% barley bran (A), 75% Wheat bran + 25% Barley bran (B), 50% Pea bran + 50% Wheat bran (C), 25% Pea bran + 75% Wheat bran (D), 50% Corn bran + 50% Wheat bran (E), and 25% Corn Bran + 75% Wheat Bran (F).

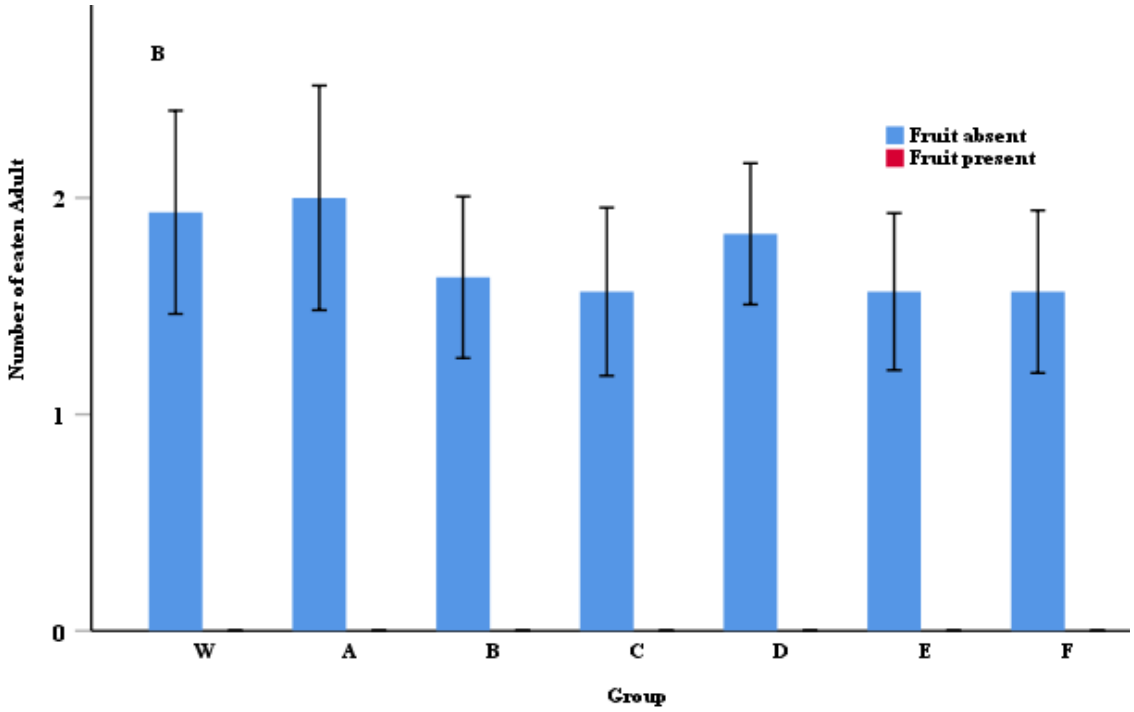
نتایج آنالیز اثر مستقل فاکتور تغذیه بر رفتار انتخابی لارو نسبت به همنوع‌خواری از سوسک تفاوت معناداری را نشان نداد (F:0 .902, df:6, p-value=0.493)، اما بین تیمارها در همنوع‌خواری شفیره تفاوت معنادار مشاهده شد (F:4.021, df:6, p-value=0.001). اثر مستقل فاکتور عدم استفاده از میوه در همنوع‌خواری سوسک (F:528.315, df:1, p- value<0.0001) و شفیره (F:6280.954, df:1, p-value<0.0001) تفاوت معناداری را نشان داد. اما اثر تعاملی این دو فاکتور در همنوع‌خواری سوسک (F:0 .902, df:6, p-value=0.493) تفاوت معناداری را نشان نداد ولی در همنوع‌خواری شفیره (F:3.709, df:6, p-value=0.001) تفاوت معناداری مشاهده شد. در بررسی اثر فاکتور عدم حضور میوه، بیشترین و کمترین میانگین سوسک و شفیره مورد همنوع‌خواری شده به ترتیب در گروه های عدم حضور میوه و حضور میوه ثبت گردید (جدول ۲ و شکل۳- الف و ب). نتایج آنالیز طرح اندازه تکراری در بررسی میزان این رفتار تفاوت معناداری را نشان داد (F:357.264 ,df:1 p-value<0.05) که مبین تمایل بیشتر لاروها به خوردن شفیره است (شکل ۳- ج).

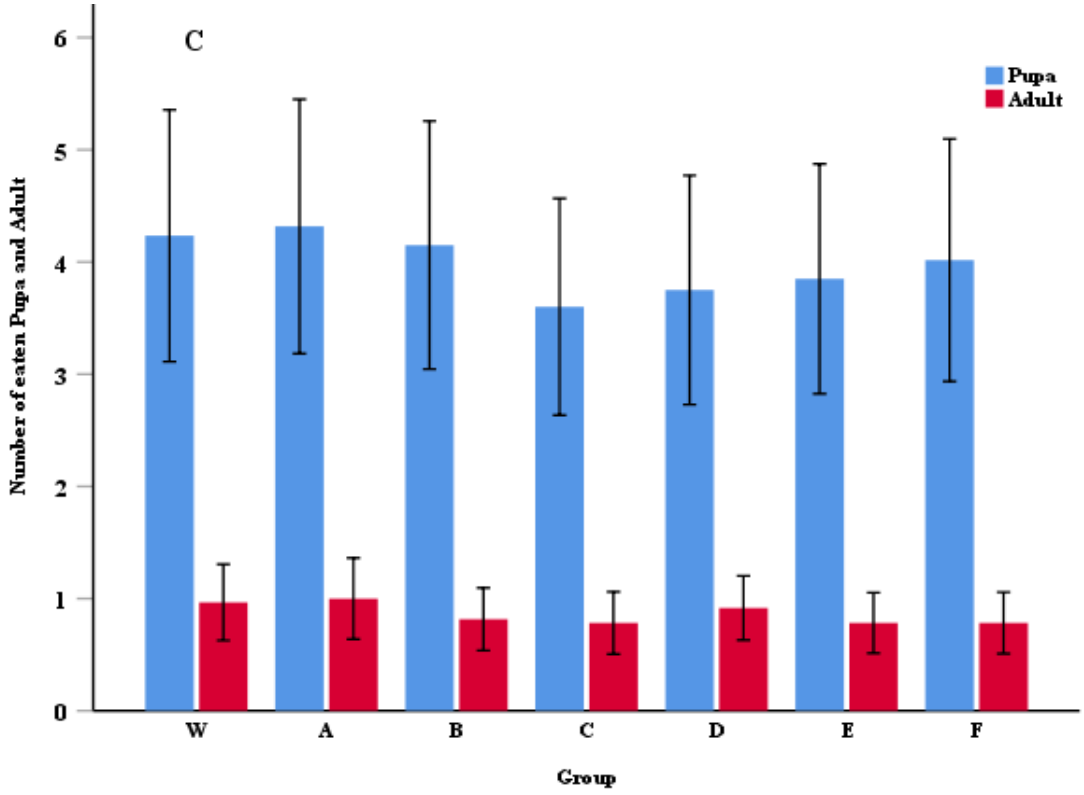
جدول ۲- میانگین (Mean) و خطای استاندارد (SE) تعداد شفیره و سوسک خورده شده توسط لارو در حضور و عدم حضور میوه در گروه های غذایی مختلف.

Table 2- Mean and standard error (SE) of the number of pupa and beetle eaten by larvae in the presence and absence of fruit in different food groups.

Group	Fruit as feed	Pupa			Beetle		
		Mean	SE	p-value	Mean	SE	p-value
W	absent	8.43	0.25	<0.0001	1.93	0.23	<0.0001
	present	0.03	0.03		0.00	0.00	
A	absent	8.57	0.24	<0.0001	2.00	0.25	<0.0001
	present	0.07	0.05		0.00	0.00	
B	absent	8.27	0.27	<0.0001	1.63	0.18	<0.0001
	present	0.03	0.03		0.00	0.00	
C	absent	7.17	0.26	<0.0001	1.57	0.19	<0.0001
	present	0.03	0.03		0.00	0.00	
D	absent	7.50	0.30	<0.0001	1.83	0.16	<0.0001
	present	0.00	0.00		0.00	0.00	
E	absent	7.67	0.25	<0.0001	1.57	0.18	<0.0001
	present	0.03	0.03		0.00	0.00	
F	absent	8.03	0.27	<0.0001	1.57	0.18	<0.0001
	present	0.00	0.00		0.00	0.00	

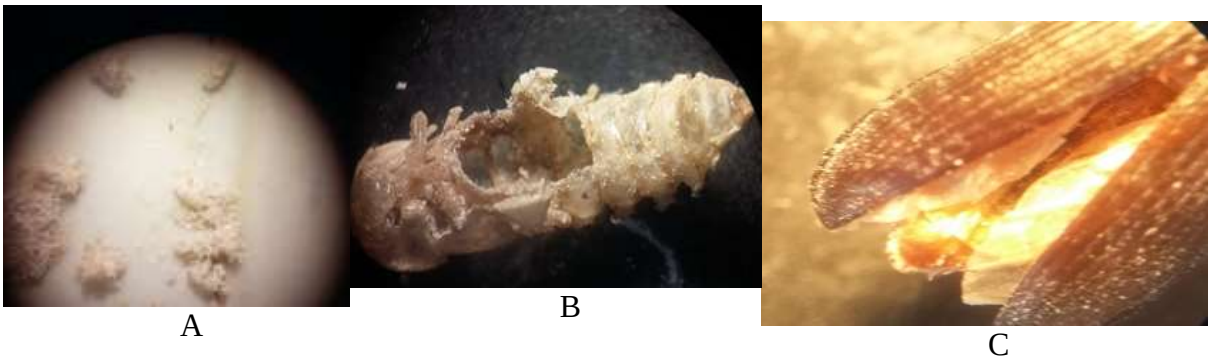

A
Fruit absent
Fruit present
Number of eaten Pupa
10
8
6
4
2
0
W
A
B
C
D
E
F
Group


B
Fruit absent
Fruit present
Number of eaten Adult
2
1
0
W
A
B
C
D
E
F
Group



شکل ۳- رفتار انتخابی همنوع‌خواری سوسک و شفیره توسط لارو.

Figure 3. Selective cannibalistic behavior of beetles and pupae by larvae. 100% Wheat bran (W), 50% Wheat bran + 50% Barley bran (A), 75% Wheat bran + 25% Barley bran (B), 50% Pea bran + 50% Wheat bran (C), 25% Pea bran + 75% Wheat bran (D), 50% Corn bran + 50% Wheat bran (E), and 25% Corn bran + 75% Wheat bran (F).



شکل ۴- همنوع‌خواری در سوسک زرد آرد: تخم (A)، شفیره (B) و حشره کامل (C)

Figure 4. Cannibalism in the yellow mealworm. A: egg, B: pupa, C: beetle

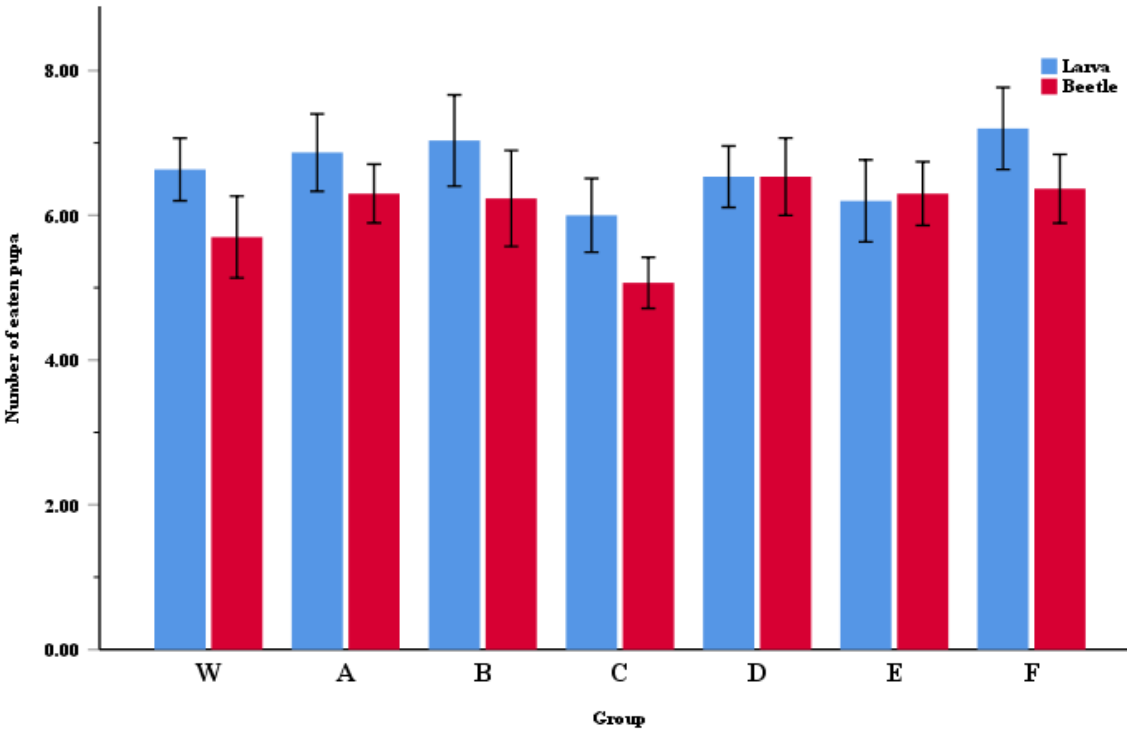
نتایج آنالیز اثر مستقل فاکتور تغذیه بر میزان همنوع‌خواری حشره بالغ و لارو سوسک زرد آرد، نشان داد که تفاوت معنی‌داری در قدرت همنوع‌خواری لارو در رژیم‌های غذایی مختلف وجود دارد (F:5.62 ,df:1 , p-value<0.0001). بیشترین و کمترین میانگین شفیره‌های خورده شده به ترتیب در گروه های C و F ثبت گردید. همچنین تفاوت معنی‌داری در میزان خورده

شدن شفیره توسط سوسک و لارو وجود داشت (F:17.754 ,df:1 , p-value<0.0001). اما در اثر تعاملی این دو فاکتور تفاوت معناداری مشاهده نشد (F:1.527 ,df:1, p-value=0.168). بیشترین و کمترین میانگین شفیره خورده شده به ترتیب در لاروها و سوسک‌ها ثبت گردید (شکل ۵ و جدول ۳).

جدول ۳- میانگین (Mean) و خطای استاندارد (SE) میزان همنوع‌خواری سوسک و لارو *T. molitor* از شفیره.

Table 3- Mean and standard error (SE) of the cannibalism rate of *T. molitor* beetle and larva from the pupa.

Group	Cannibals	Mean	SE	p-value
W	larva	6.63	0.21	0.33
	beetle	5.70	0.28	
A	larva	6.87	0.26	0.16
	beetle	6.30	0.20	
B	larva	7.03	0.31	0.70
	beetle	6.23	0.32	
C	larva	6.00	0.25	0.20
	beetle	5.07	0.17	
D	larva	6.53	0.21	0.53
	beetle	6.53	0.26	
E	larva	6.20	0.28	0.13
	beetle	6.30	0.22	
F	larva	7.20	0.28	0.15
	beetle	6.37	0.23	
Total	larva	6.64	0.10	0.02
	beetle	6.07	0.10	



شکل ۵- مقایسه میزان همنوع‌خواری سوسک و لارو از شفیره.

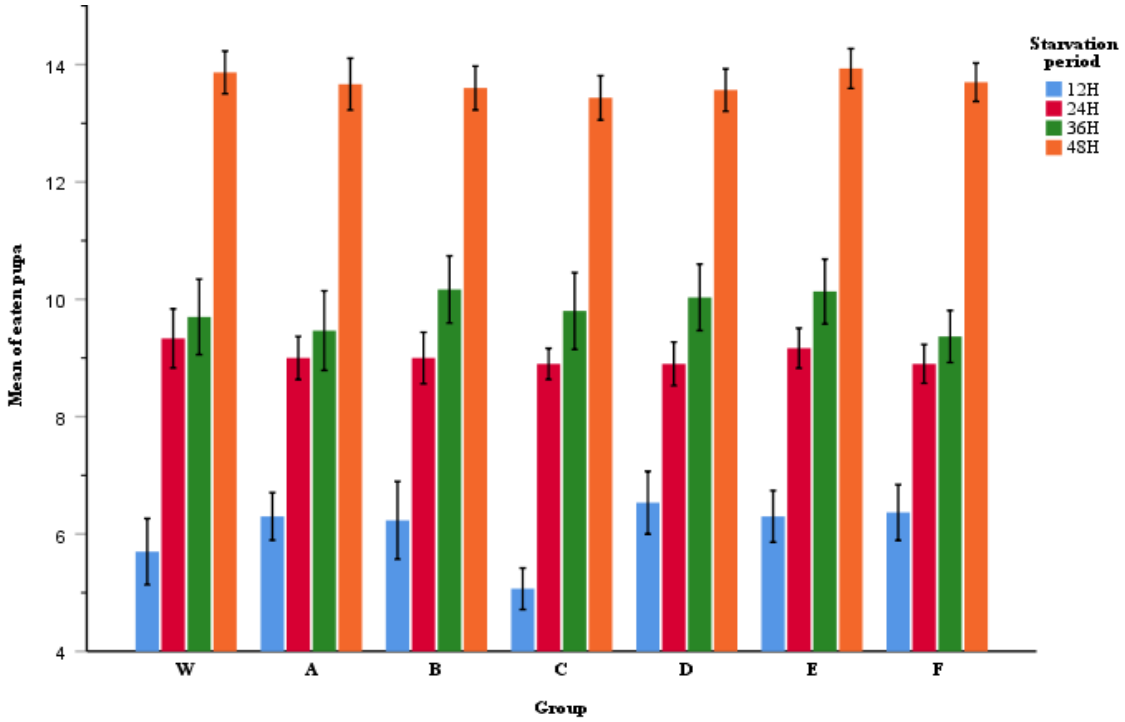
Figure 5. Comparing the cannibalism power of beetle and larva from pupae.

نتایج آنالیز اثر مستقل فاکتورهای تغذیه (F:2.587 ,df:1, p-value=0.017) و ۴ دوره گرسنگی (F:1302. 52 ,df:1, p-value<0.0001)، و اثر تعاملی این دو فاکتور (F:1. 8 ,df:1, p-value=0.021)، در بررسی میزان همنوع‌خواری شفیره توسط سوسک پس از طی ۴ دوره گرسنگی ۱۲، ۲۴، ۳۶ و ۴۸ ساعت تفاوت معناداری را نشان داد. در فاکتور تغذیه بیشترین و کمترین میانگین شفیره خورده شده در تیمارهای C و D ثبت و در فاکتور ۴ دوره گرسنگی بیشترین و کمترین میانگین شفیره خورده شده در تیمارهای ۲۴ و ۱۲ ساعت ثبت گردید (شکل۶ و جدول ۴).

جدول ۴- میانگین (Mean) و خطای استاندارد (SE) میزان همنوع‌خواری شفیره توسط سوسک در دوره‌های گرسنگی (۱۲-۲۴-۳۶-۴۸ ساعت).

Table 4- Mean and standard error (SE) of the rate of cannibalism of pupa by beetle during starvation periods (12-24-36-48 hours).

Group	Starvation periods	Mean	SE	p-value
W	12H	5.70	0.28	<0.0001
	24H	9.33	0.25	
	36H	9.70	0.31	
	48H	13.87	0.18	
A	12H	6.30	0.20	<0.0001
	24H	9.00	0.18	
	36H	9.47	0.33	
	48H	13.67	0.22	
B	12H	6.23	0.32	<0.0001
	24H	9.00	0.21	
	36H	10.17	0.28	
	48H	13.60	0.18	
C	12H	5.07	0.17	<0.0001
	24H	8.90	0.13	
	36H	9.80	0.32	
	48H	13.43	0.18	
D	12H	6.53	0.26	<0.0001
	24H	8.90	0.18	
	36H	10.03	0.28	
	48H	13.57	0.18	
E	12H	6.30	0.22	<0.0001
	24H	9.17	0.17	
	36H	10.13	0.27	
	48H	13.93	0.17	
F	12H	6.37	0.23	<0.0001
	24H	8.90	0.16	
	36H	9.37	0.22	
	48H	13.70	0.16	
Total	12H	6.07	0.10	<0.0001
	24H	9.03	0.07	
	36H	9.81	0.11	
	48H	13.68	0.07	



شکل ۶- میزان همنوع‌خواری از شفیره توسط سوسک در دوره‌های گرسنگی (۱۲-۲۴-۳۶-۴۸) ساعت.

Figure 6. The rate of cannibalism of the pupae by the beetle in the periods of starvation (12-24-36-48 h).

بحث

در مطالعه بررسی رفتار انتخابی همنوع‌خواری سوسک در انتخاب طعمه، مشاهده شد که فاکتور تغذیه یعنی اثر هفت نوع گروه غذایی بر رفتار انتخابی همنوع‌خواری حشره کامل موثر بوده ولی در لاروهای این حشره تاثیری دیده نشد. بنابراین نوع جیره غذایی می‌تواند تعیین کننده نوع طعمه حشره کامل در همنوع‌خواری باشد. در مطالعه زبیدی و همکاران در سال ۱۹۸۳ در همنوع‌خواری کرم برگخوار چغندر نشان داده شده است که بین میزان نیتروژن موجود در برگ مورد استفاده حشرات کرم برگخوار چغندر و همنوع‌خواری لاروهای این حشرات تفاوت معنادار وجود دارد به این ترتیب که هر چه میزان نیتروژن کمتر باشد همنوع‌خواری بیشتری رخ می‌دهد (Zubaidi *et al.*, 1983) که نشان از تطابق نتایج مطالعه ی ما با آن دارد. در پژوهشی همنوع‌خواری *Brontocoris tabidus* و *Podisus nigrispinus* در طی ۴ دوره گرسنگی و تغذیه با گیاه *Eucalyptus cloeziana* صورت گرفته بود، که حشرات در بازه های زمانی ۱۲، ۲۴، ۳۶ و ۴۸ ساعت از خوردن گیاهان *E. cloeziana* به منظور بررسی همنوع‌خواری در بالغین و تخم‌ها محروم شدند. در پژوهش مذکور گزارش شد حشراتی که تحت دوره‌های ۲۴ ساعت بدون غذا بودند، همنوع‌خواری بیشتری نشان دادند و وجود گیاه *E. cloeziana* باعث کاهش همنوع‌خواری در تمام مراحل شد (Pires *et al.*, 2011). در مطالعه ی حاضر نیز مشاهده شد که دوره‌های گرسنگی و حضور میوه به عنوان منبع آب و رطوبت ضروری است چون مقایسه آماری و نتایج نشان داد بین تیمارهای که تحت دوره گرسنگی قرار گرفتند با تیمارهای که میوه را دریافت کرده‌اند،

تفاوت معناداری در میانگین میزان همنوع‌خواری وجود دارد. بنابراین حضور میوه باعث کاهش همنوع‌خواری در تمام تیمارها می‌شود.

تحلیل داده های رفتار انتخابی میزان همنوع‌خواری از تخم نسبت به شفیره در سوسک‌های همنوع‌خوار در این مطالعه نشان داد که سوسک‌ها تمایل بیشتری به خوردن تخم ها دارند که با نتایج Pires و همکاران در سال ۲۰۱۱ همخوانی دارد. رفتار جستجوگرانه سوسک‌ها در بستر محیط پرورش خود، محل نگهداری تخم‌ها، همچنین عدم تحرک و داشتن پوشش نازک تخم‌ها می‌تواند از دلایل این رفتار سوسک باشد. همنوع‌خوران ترجیح می دهند ابتدا به تخم‌ها حمله کنند تا بالغین و احتمالاً به دلیل عدم توانایی تخم‌ها در جلوگیری از شکار شدن است.

در بررسی میزان همنوع‌خواری لارو نسبت به سوسک و شفیره‌ها مشاهده شد که لاروها تمایل بیشتری به خوردن شفیره دارند و این می‌تواند به علت داشتن بدن نرم، مرطوب و حرکت ناچیز شفیره‌ها نسبت به حشره کامل باشد. در نتایج میزان همنوع‌خواری سوسک و لارو بیشترین و کمترین میانگین شفیره خورده شده به ترتیب در لاروها و سوسک ثبت گردید که میزان همنوع‌خواری لاروها از حشره کامل بیشتر است. قاعده کلی همنوع‌خواری بر این اساس است که در آن افراد بزرگتر (مسن‌تر) نسبت به افراد کوچکتر (جوان‌تر) اعمال رفتار همنوع‌خواری بیشتری انجام می‌دهند، که البته این رفتار در بعضی از تاکسون ها از قاعده مذکور مستثنی هستند. مثلا در افراد گونه *N. tenuis* وقتی کوچکتر (جوانتر) هستند نرخ همنوع‌خواری بیشتر است (Fernandez *et al.*, 2020). همچنین کیفیت مواد غذایی حشره بر رفتار همنوع‌خواری لاروها تاثیر گذار بوده و لاروهایی که در تیمارهای حاوی درصد بیشتری از سبوس نخود و درصد کمتری از سبوس ذرت رشد یافتند، به ترتیب میزان همنوع‌خواری کمتر و بیشتری داشتند.

نتایج مطالعه حاضر در بررسی میزان همنوع‌خواری شفیره توسط سوسک پس از طی چهار دوره گرسنگی نشان داد حشراتی که بیش از ۱۲ ساعت تحت دوره محرومیت از میوه قرار می گیرند، میزان همنوع‌خواری بیشتری را نشان می دهند. بنابراین محرومیت از میوه و دوره‌های گرسنگی نباید بیش از ۱۲ ساعت باشد و برای جلوگیری از بروز همنوع‌خواری باید از قطعات میوه به عنوان منبع آب و ویتامین در پرورش حشره استفاده شود. در حقیقت با افزایش دوران گرسنگی و محرومیت سوسک از خوردن میوه، میزان همنوع‌خواری نیز افزایش می‌یابد. نوع رژیم غذایی بین گروه ها بر دوران گرسنگی موثر است. بطوریکه در گروه هایی که از ۱۰۰درصد سبوس گندم (W) و ۵۰ درصد سبوس نخود (C) تشکیل شده اند و در بین گروه هایی که تحت دوره گرسنگی ۱۲ ساعت بودند، تعداد شفیره نسبتا کمتری خورده شده است و نشان دهنده تاثیرگذاری کیفیت مواد غذایی حشره بر رفتار همنوع‌خواری است. همچنین اثر تعاملی طول دوره گرسنگی و نوع رژیم غذایی بر سرعت همنوع‌خواری سوسک تاثیرگذار است. افزایش همنوع‌خواری از تخم‌ها و شفیره‌ها با دوره‌های محرومیت از غذا نشان می‌دهد که گرسنگی و نبود میوه، جستجوی غذا را تحریک می‌کند و باعث بروز همنوع‌خواری برای بقای حشره می‌شود. دوره قبل از رهاسازی نباید

بیش از ۲۴ ساعت باشد و برای جلوگیری از رفتار همنوع‌خواری باید از گیاه در تغذیه آنها استفاده شود (Pires *et al.*, 2011). در مطالعه‌ای که اثر دوره‌های گرسنگی بر روی میزان همنوع‌خواری *N. pseudoferus* بررسی شده بود، نشان داد که رفتار همنوع‌خواری این گونه، در غیاب طعمه و به ویژه در مراحل رشد و در حشرات کامل ماده به شدت بالا می‌رود، ولی نرخ همنوع‌خواری برای گونه همه‌چیزخوار *N. tenuis* به طور قابل ملاحظه‌ای کمتر است (Fernandez *et al.*, 2020).

نتیجه گیری کلی

در این مطالعه برای اولین بار رفتار همنوع‌خواری سوسک زرد آرد (*Tenebrio molitor*) در شرایط آزمایشگاهی بررسی شد. نتایج مطالعه حاضر نشان داد که سوسک کامل و لاروها در نبود غذای کافی و عدم حضور میوه، از تخم‌ها و شفیره‌ها تغذیه می‌کنند که نوعی رفتار همنوع‌خواری است. کیفیت جیره غذایی حشرات می‌تواند تعیین کننده نوع طعمه حشره کامل در همنوع‌خواری باشد. وجود میوه به عنوان منبع آب و رطوبت ضروری است و باعث کاهش همنوع‌خواری در این گونه می‌شود. تمایل بیشتر سوسک‌ها به خوردن تخم‌ها به علت عدم تحرک و پوشش نازک تخم‌ها و همچنین رفتار جستجوگرانه آنها در بستر محیط پرورش که محل نگهداری تخم‌ها است، می‌باشد. لاروها تمایل بیشتری به خوردن شفیره دارند که به علت داشتن بدن نرم، مرطوب و عدم تحرک شفیره‌ها نسبت به سوسک کامل است. برای جلوگیری از بروز همنوع‌خواری محرومیت از میوه و دوره‌های گرسنگی نباید بیش از ۱۲ ساعت باشد و باید از قطعات میوه به عنوان منبع آب و ویتامین در پرورش حشره استفاده شود. در حقیقت با افزایش دوران گرسنگی و محرومیت سوسک از خوردن میوه، میزان همنوع‌خواری نیز افزایش می‌یابد. شفیره‌ها معمولا از ناحیه سر و سینه (بخش‌های فاقد تحرک) مورد حمله لاروها قرار می‌گیرند. برای جلوگیری از خورده شدن تخم‌ها توسط حشرات کامل می‌بایست از ظروف مخصوص پرورش استفاده نمود.

تشکر و قدردانی

از دانشگاه رازی به خاطر حمایت‌های مالی جهت انجام این مطالعه به عنوان بخشی از پایان نامه نویسنده اول تشکر و قدردانی می‌گردد.

تعارض منافع

نویسندگان تعارض منافعی ندارند.

منابع

Agarwala, B.K. and Dixon, A.F. (1992). Laboratory study of cannibalism and interspecific predation in ladybirds. Ecological Entomology, 17(4): 303-309.

Alves, A.V., Sanjinez-Argandoña, E.J., Linzmeier, A.M., Cardoso, C.A.L. and Macedo, M.L.R. (2016). Food value of mealworm grown on Acrocomia aculeata pulp flour. PLoS One, 11(3): e0151275.

Cotton, R.T. (1927). Notes on the biology of the mealworms *Tenebrio molitor* L. and *T. obscurus*. Fab 20, 81–86.

Fernandez, F.J., Gamez, M., Garay, J. and Cabello, T. (2020). Do development and diet determine the degree of cannibalism in insects? To eat or not to eat conspecifics. Insects, 11(4): 242.

Ghaly, A.E. and Alkoaik, F.N. (2009). The yellow mealworm as a novel source of protein. American Journal of Agricultural and Biological Sciences, 4(4): 319-331.

Hill, D. S. (2002). Pests: class insecta. Pests of stored foodstuffs and their control, 135-315.

Ichikawa, T. and Kurauchi, T. (2009). Larval cannibalism and pupal defense against cannibalism in two species of tenebrionid beetles. Zoological science, 26(8): 525-529.

Jiang, D., Wen, X. and Zhou, B. (2022). Stationary distribution and extinction of a stochastic two-stage model of social insects with egg cannibalism. Applied Mathematics Letters, 132: 108100.

Kim, S.Y., Park, J. Bin, Lee, Y.B., Yoon, H.J., Lee, K.Y. and Kim, N.J. (2015). Growth characteristics of mealworm *Tenebrio molitor* 53: 1–5.

Mastrantonio, V., Crasta, G., Urbanelli, S. and Porretta, D. (2021). Cannibalism and necrophagy promote a resource loop and benefit larval development in insects of temporary waters. Insects, 12(7): 657.

Damborsky, M., Bar, P. S. T., & Oscherov, M. E. (2000). Ciclo de Vida de Tenebrio molitor (Coleoptera, Tenebrionidae) en Condiciones Experimentales. Comunicaciones Cientificas yTecnologicas. UNNE 6, (UNNE 6), 35–38.

Patterson, A.K. (2016). Chemosensitivity in mealworms and Darkling beetles (*Tenebrio molitor*) across oxygen and carbon dioxide gradients. Unpublished master's thesis, Department of Biological Sciences, Wright State University.

Pires, E.M., Zanuncio, J.C. and Serrão, J.E. (2011). Cannibalism of Brontocoris tabidus and Podisus nigrispinus during periods of pre-release without food or fed with Eucalyptus cloeziana plants. Phytoparasitica, 39(1): 27-34.

Riberio, N. T. G. M., (2017). *Tenebrio molitor* for food or feed. Rearing conditions and the effect of pesticides on its performance. Escola Superior Agraria, Politecnica de Coimbra, 1 (1): 1-70.

Richardson, M.L., Mitchell, R.F., Reagel, P.F. and Hanks, L.M. (2010). Causes and consequences of cannibalism in noncarnivorous insects. Annual review of entomology, 55(1): 39-53.

Siemianowska, E., Kosewska, A., Aljewicz, M., Skibniewska, K.A., Polak-Juszczak, L., Jarocki, A. and Jedras, M. (2013). Larvae of mealworm (*Tenebrio molitor* L.) as European novel food. Agricultural Sciences, 4, 287-291.

Van Huis, A., Van Itterbeeck, J., Klunder, H., Mertens, E., Halloran, A., Muir, G. and Vantomme, P. (2013). Edible insects: future prospects for food and feed security (No. 171). Food and agriculture organization of the United Nations.

Via, S. (1999). Cannibalism facilitates the use of a novel environment in the flour beetle, Tribolium castaneum. Heredity, 82(3): 267-275.

Zubaidi, F.A. and Capinera, J.L. (1983). Application of different nitrogen levels to the host plant and cannibalistic behavior of beet armyworm, Spodoptera exigua (Hübner)(Lepidoptera: Noctuidae). Environmental Entomology, 12(6): 1687-1689.

Cannibalistic behavior of the yellow mealworm beetle, *Tenebrio molitor* Linnaeus, 1758 under laboratory condition

Raziye Rashidi Ilzoleh[1], Vahid Akmali[2]*

Received: 2022.8.22
Accepted: 2023.2.12

Abstract

Introduction: In many insect species, cannibalism has been reported as a natural behavior, and in this behavior, complete insects and larvae feed on eggs and pupae in the absence of food. **Materials and methods**: In the present study, seven diet groups, each of which contains a mixture of wheat bran with barley, corn, and chickpea, were provided as beetle breeding environments. The effect of the above diets groups in the presence of carrot (saturation period) and the absence of fruit (hunger period) on the selective cannibalism behavior of whole insects and larvae was investigated. **Results and discussion:** The results of the selective behavior analysis of beetle showed that they prefer eggs first and then pupae, which is probably due to their searching behavior in the bed of the breeding environment containing eggs, as well as the eggs' inability to avoid hunting. In the selective behavior of the larvae, it was observed that they attack the pupae first rather than the complete insects, which is probably due to the inability of the pupae to avoid prey and also having a soft and moist body. Also, the results of this research showed that the nutrition factor and diet quality have a significant effect on cannibalism. In the study of the effect of periods of starvation (12, 24, 36, 48) on the rate of cannibalism of the whole insect, it was observed that insects with more than 12 hours of starvation show the highest rate of cannibalism.

Keywords: **mealworm, pupa, selective behavior, starvation period**

Master's student, Department of Biology, Faculty of Science, Razi University, Kermanshah, Iran.
Associate Professor, Department of Biology, Faculty of Science, Razi University, Kermanshah, Iran. (*Responsible author: v_akmali@razi.ac.ir)