



<https://tbj.ui.ac.ir/?lang=en>

Taxonomy and Biosystematics

E-ISSN: 2322-2190

Document Type: Research Paper

Vol. 14, Issue 4, No.53, (2023), P:77-92

Received: 19/02/2023 Accepted: 14/04/2023

Population Fluctuation and Spatial Distribution of Thrips in Bean Farms (*Phaseolus Vulgaris* L.) in Lorestan Province, West of Iran

Hadis Mohammadi Noori

Ph.D. Student of Entomology, Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, Lorestan University, Khorramabad, Iran
mohammadinori2013@gmail.com

Shahriar Jafari

Professor, Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, Lorestan University, Khorramabad, Iran
shahriar.jafari@gmail.com

Majid Mirab-balou*

Associate Professor, Department of Plant Protection, College of Agriculture, Ilam University, Ilam, Iran
m.mirabbalou@ilam.ac.ir

Abstract

Considering the significant damage caused by thrips species to bean crops, this study investigated population fluctuations, species diversity, and the spatial distribution of thrips in relation to the growth stages of red beans (*Phaseolus vulgaris* L.) in bean farms of Selseleh county (Lorestan province, west of Iran). Sampling was conducted from the time the beans developed two leaves until the leaves dried, in two farms located in the villages of Cham-Takleh and Dartang during 2021. The sampling in the farms followed a W-shaped pattern. In each sampling, 20 leaves were selected, and thrips were collected by shaking the leaves over a white tray. This study identified 12 species of thrips. Among them, the highest frequency was observed in onion thrips, *Thrips tabaci* Lindeman (69.43%). The results of population fluctuation showed that in Cham-Takleh, the highest densities of onion thrips and flower thrips were 166.35 ± 4.99 and 16.85 ± 1.38 , respectively, while in Dartang, they were 159.3 ± 3.61 and 22.6 ± 1.32 on average. In both locations, the highest values of biodiversity indices were observed during the reproductive stage of the bean. The highest values of the Shannon-Wiener, Simpson, Pielou evenness, and Margalef richness indices in Cham-Takleh were 2.94, 0.93, 0.95, and 2.98, respectively, and in Dartang, they were 2.89, 0.91, 0.94, and 2.74. Overall, the results of this study indicated that the population peak of onion and flower thrips occurred during the reproductive and pod development stages of beans, with their density gradually decreasing in the farms. Given that thrips can cause significant damage to bean crops at this stage, appropriate management measures are advisable for farmers.

Key words: Population Changes, Thrips, Biodiversity, Beans.

*Corresponding author

Mohammadi Noori, H., Jafari, S., & Mirab-balou, M. (2023). Population fluctuation and spatial distribution of thrips in bean farms (*Phaseolus Vulgaris* L.) in lorestan province, west of iran. *Taxonomy and Biosystematics*, 14(53), 77-92.



2322-2190 © The Author(s). Published by University of Isfahan

This is an open access article under the CC BY-NC 4.0 License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0>).



<http://dx.doi.org/10.22108/TBJ.2023.136883.1226>



<https://dorl.net/dor/20.1001.1.20088906.1401.14.53.4.9>

Introduction

Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) (Fabaceae) is one of the most widely cultivated legume plants in many countries. Lorestan province is one of the most important bean-growing regions in Iran, with a cultivated area of 15,887 hectares. Several insects with piercing-sucking mouthparts, such as thrips, leafhoppers, aphids, and plant bugs, are pests on beans. However, thrips, the most dangerous among these pests, are the focus of this research. Thrips can attack beans from the moment the seedlings emerge from the ground through to the flowering stage. Considering the significant damage caused by thrips species to bean crops, the present study investigates the population fluctuation, species diversity, and spatial distribution of thrips in relation to the growth stages of beans in the farms of Selseleh County (Lorestan province, west of Iran).

Materials and Methods

In this study, sampling was conducted from the time the bean plants developed two leaves until the leaves dried, in two farms located in the villages of Cham-Takleh and Dartang during the year 2021. The sampling in the farms followed a W-shaped pattern. In each sampling event, 20 leaves were selected, and thrips were collected by shaking the leaves over a white tray. For accurate counting of thrips, a stereomicroscope was used; some samples were separated, microscopic slides were prepared from selected samples, and the number of thrips was recorded. The spatial distribution of both immature and adult thrips was estimated using Taylor's power law and Iwao's patchiness regression methods. Biodiversity indices were calculated using PAST software. This study included counting of larvae and adult insects. Additionally, to investigate the effect of temperature and humidity on thrips population density, a multiple linear regression was employed, correlating average daily temperature, average daily relative humidity, and thrips population density on each sampling date. For data analysis, Excel 2016 was used to calculate the relative frequency, and T-Test was applied to compute biodiversity indices and compare diversity data between different regions. Statistical tests were performed using SPSS version 23.

Results and Conclusion

In this study, 12 species of thrips were collected and identified. Amongst them, the highest percentage of frequency was related to onion thrips, *Thrips tabaci* Lindeman (69.43%) and flower thrips, *Frankliniella intonsa* (Trybom) (12.11%). The frequency (%) of the other species are as follows: Aeolothripidae: *Aeolothrips intermedius* Bagnall (6.63), *A. collaris* Priesner (1.13); Thripidae: *Tenothrips frici* (Uzel) (4.76), *Thrips trehernei* Priesner (2.8), *Odontothrips confusus* Priesner (1.5), *Scolothrips longicornis* Priesner (1.3), *Neohydatothrips gracilicornis* (Williams) (0.09), *Microcephalothrips abdominalis* (Crawford) (0.08); Phlaeothripidae: *Haplothrips reuteri* (Karny) (0.1), and *H. globiceps* Bagnall (0.07). The results of population fluctuation showed that in Cham-Takleh, the highest density of onion thrips and flower thrips was 166.35 ± 4.99 and 16.85 ± 1.38 , respectively. In addition, in Dartang the highest density was 159.3 ± 3.61 and 22.6 ± 1.32 on average. Also, in both sites, the highest values of biodiversity indices were observed in the reproductive stage of beans. The highest values of Shannon-Wiener, Simpson, Pielou evenness, and Margalef richness indices in Cham-Takleh were 2.94, 0.93, 0.95, and 2.98, and in Dartang were 2.89, 0.91, 0.94 and 2.74, respectively. In general, the results of this study showed that the population peak of onion thrips and flower thrips was observed in the reproductive and development of pod stages of beans, and their density gradually decreased in the farms. Appropriate management measures can be provided for farmers considering that at this stage of the bean, thrips can cause a lot of damage to the bean crops.

Funding

Funding was provided by the Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, Lorestan University, Khorramabad, Iran.

تغییرات جمعیت و پراکنش فضایی تریپس‌های مزارع لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) در استان لرستان، غرب ایران

حدیث محمدی نوری، دانشجوی دکتری، گروه گیاهپزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان، خرم آباد، ایران

mohammadnori2013@gmail.com

شهریار جعفری، استاد، گروه گیاهپزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان، خرم آباد، ایران

shahriar.jafari@gmail.com

مجید میراب بالو*، دانشیار، گروه گیاهپزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران

m.mirabbalou@ilam.ac.ir

چکیده

با توجه به خسارت شایان توجه تریپس‌ها در مزارع لوبیا، تغییرات جمعیت، تنوع گونه‌ای و پراکنش فضایی تریپس‌ها همزمان با مراحل رشدی لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) در مزارع لوبیای شهرستان سلسله (استان لرستان) بررسی شد. نمونه‌برداری‌ها همزمان با دوبرگی شدن لوبیا تا زمان خشکیدگی برگ‌ها در دو مزرعه واقع در روستاهای چم‌تکله و درتنگ در سال ۱۴۰۰ انجام شد. نمونه‌برداری در مزارع با حرکت به شکل W صورت گرفت. در هر بار نمونه‌برداری، تعداد ۲۰ برگ انتخاب و سپس با تکاندن برگ‌ها روی سینی سفید لعابی، تریپس‌های موجود جمع‌آوری شد. در این مطالعه، ۱۲ گونه تریپس شناسایی شد که در بین آنها، بیشترین درصد فراوانی مربوط به تریپس پیاز (*Thrips tabaci* Lindeman.) با فراوانی ۶۹/۴۳ درصد بود. تغییرات جمعیت نشان داد بیشترین تراکم تریپس پیاز و تریپس گل (*Frankliniella intonsa* (Trybom) در روستای چم‌تکله به ترتیب ۴/۹۹ ± ۱۶۶/۳۵ و ۱/۳۸ ± ۱۶/۸۵ و در روستای درتنگ به ترتیب ۱۵۹/۳ ± ۳/۶۱ و ۱/۳۲ ± ۲۲/۶ تریپس در واحد نمونه‌برداری بود؛ همچنین در هر دو مکان مطالعه‌شده بیشترین مقادیر شاخص‌های تنوع زیستی در مرحله‌ی زایشی لوبیا مشاهده شد؛ به طوری که بیشترین مقادیر شاخص تنوع شانون - وینر، سیمپسون، یکنواختی پیلو و غنای مارگالف در روستای چم‌تکله به ترتیب برابر با مقادیر ۲/۹۴، ۰/۹۳، ۰/۹۵ و ۲/۹۸ و در روستای درتنگ به ترتیب برابر با مقادیر ۲/۸۹، ۰/۹۱، ۰/۹۴ و ۲/۷۴ به دست آمد. به طور کلی براساس نتایج این مطالعه، پیک جمعیتی تریپس پیاز و تریپس گل به ترتیب در مراحل زایشی و غلاف‌بندی لوبیا در مزرعه مشاهده شد. با توجه به اینکه در این مراحل رشدی از گیاه لوبیا، تریپس‌ها خسارت زیادی به محصول وارد می‌کنند، باید اقدامات مدیریتی مناسبی برای کشاورزان منطقه ارائه شود.

واژه‌های کلیدی: نوسان‌های جمعیت، تنوع زیستی، تریپس، لوبیا.

* مسئول مکاتبات

محمدی نوری، حدیث، جعفری، شهریار، و میراب بالو، مجید. (۱۴۰۱). تغییرات جمعیت و پراکنش فضایی تریپس‌های مزارع لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) در استان لرستان، غرب ایران. تاکسونومی و بیوسیستماتیک، ۱۴ (۵۳)، ۷۷-۹۲.



مقدمه

حبوبات پس از غلات، مهم‌ترین منبع غذایی بشر است و لوبیا از مهم‌ترین حبوبات در جهان محسوب می‌شود. لوبیا از نظر سطح زیر کشت جهانی، مقام اول را در بین حبوبات دارد و در عین حال هفتمین محصول عمده غذایی جهان است. در ایران سطح زیر کشت لوبیا در سال ۱۳۹۹ - ۱۴۰۰ حدود ۷۶۳۳۵ هکتار و مقدار تولید آن ۱۶۶۶۰۴ تن بوده است. استان‌های فارس، لرستان، زنجان، مرکزی، چهارمحال و بختیاری و خوزستان مهم‌ترین مناطق کشت این محصول هستند. سطح زیر کشت لوبیا در استان لرستان ۱۵۸۸۷ هکتار و میزان تولید این محصول ۳۳۹۶۵ کیلوگرم بوده و میانگین عملکرد آن در استان ۲۱۳۸ کیلوگرم گزارش شده است (Anonymous, 2023). عوامل متعددی روی عملکرد لوبیا مؤثرند که به وجود آفات، بیماری‌های گیاهی و علف‌های هرز اشاره می‌شود. در بین آفات، کنه تارتن دولکه‌ای (*Tetranychus urticae* Koch)، تریپس پیاز (*Thrips tabaci* Lindeman)، زنجربک (*Empoasca fabae* Harris)، کرم پيله‌خوار (*Helicoverpa armigera* Hubner)، کرم طوقه‌بر (*Agrotis segetum* Denis & Schiffermueller)، انواع شته‌ها مثل شته لوبیا چشم‌بلبلی (*Aphis craccivora* Koch) و مگس لوبیا (*Hylemia cilicrura* Rondani) از این گیاه در مراحل مختلف رشدی تغذیه می‌کنند (Khanjani, 2006).

یکی از آفات مهم لوبیا در ابتدای فصل رشدی آن در ایران و بسیاری از کشورهای جهان گونه‌های مختلف تریپس (*Thrips*) است. این آفت به‌ویژه در سال‌های اخیر موجب کاهش کمی و کیفی این محصول شده است. تریپس‌ها حشرات کوچکی از راسته بال‌ریشکداران هستند و به‌دلیل سازگاری زیاد با

شرایط اقلیمی متفاوت، در بیشتر مناطق دنیا پراکنده شده‌اند (Mound, 1968). تریپس‌های آفت گیاهی از قسمت‌های مختلف گیاهان شامل برگ، گلبرگ، پرچم، گرده، بذور در حال رشد و شیره سلول‌های میوه تغذیه می‌کنند (Mound & Kibby, 1998). تریپس‌ها در مزارع لوبیای کنیا باعث ایجاد ۴۰ تا ۶۰ درصد خسارت از طریق ریزش گل‌ها، عدم تلقیح گل‌ها و بدشکلی غلاف‌ها و در نتیجه کاهش بازارپسندی آنها می‌شوند؛ همچنین در اثر تغذیه آنها، سطح غلاف‌ها به رنگ نقره‌ای درمی‌آید و باعث ایجاد خسارتی در حدود ۲۰ درصد دیگر به محصول می‌شود (Nderitu et al., 2001).

سعیدی و رضوانی در پژوهش خود، فون بال‌ریشکداران منطقه لردگان استان چهارمحال و بختیاری را مطالعه و گونه تریپس پیاز *T. tabaci* را گونه غالب این مزارع معرفی کردند (Saeedi & Rezvani, 2001). میرابلو و میری در بررسی فون بال‌ریشکداران مزارع لوبیای همدان نشان دادند گونه تریپس پیاز، گونه غالب این مزارع است (Mirab-balou & Miri, 2016). در مطالعه Shoeibi et al. (2016)، گونه تریپس پیاز در جایگاه گونه غالب با فراوانی ۶۵/۷۵ درصد در کنار دیگر تریپس‌ها از مزارع لوبیای استان مرکزی جمع‌آوری و معرفی شد. کوچارچیک و لگوتوفسکا فراوانی و تغییرات جمعیت گونه *Thrips tabaci* (بالغ‌ها و پوره‌های آن) را طی سال‌های ۱۹۹۹ و ۲۰۰۰ روی تیره‌فرنگی‌های کاشته‌شده به‌صورت تک‌محصولی و بین محصولی با محصولات هویج، شبدر و لوبیا بررسی کردند (Kucharczyk & Legutowska, 2002). میرابلو و میری در مطالعه خود نتیجه گرفتند که الگوی پراکنش فضایی مراحل بالغ تریپس پیاز در یونجه به‌صورت تصادفی است؛ ولی

لوبیا انتخاب و به‌طور تصادفی بعد از هر ۵۰ قدم نمونه‌برداری شد؛ سپس علاوه بر تعداد حشرات کامل تریپس، تعداد مراحل نابالغ آن نیز شمارش و ثبت شد. برای شمارش دقیق تریپس‌ها، پس از بررسی دقیق در زیر استریومیکروسکوپ، برخی نمونه‌ها جدا شد؛ سپس از بعضی نمونه‌ها اسلاید میکروسکوپی تهیه و در نهایت تعداد نمونه‌ها ثبت شد.

نمونه‌برداری‌ها براساس مراحل رشدی لوبیا از ابتدای جوانه‌زنی (نیمه دوم اردیبهشت‌ماه) تا پایان خشک‌شدن برگ‌ها (اواخر مردادماه) انجام شد؛ بدین‌منظور برگ‌های لوبیا روی سینی سفید لعابی به ابعاد ۲۲ × ۳۲ سانتی‌متر (که برای جلوگیری از پرواز سریع حشرات کامل، با محلول آب و گلیسرین مرطوب شده بود) تکانده شد. تریپس‌های داخل سینی با استفاده از قلم‌موی ظریف آغشته به الکل، به‌سرعت از سطح سینی جمع‌آوری و به داخل میکروتیوب‌های کوچک پلاستیکی با حجم پنج سی‌سی و حاوی الکل ۷۵ درصد منتقل شد. روی هر میکروتیوب برجسیبی حاوی تاریخ نمونه‌برداری، محل جمع‌آوری، مرحله رشدی لوبیا و شماره مزرعه چسبانده شد؛ همچنین با توجه به اینکه لاروهای تریپس‌ها در حین تغذیه به برگ چسبیده‌اند و با تکاندن به راحتی جدا نمی‌شوند، تعداد ۲۰ برگ درون نایلون پلاستیکی قرار داده و پس از انتقال به آزمایشگاه، در زیر استریومیکروسکوپ نسبت به شمارش آنها اقدام شد.

به‌منظور تعیین تعداد نمونه مناسب، ابتدا نمونه‌برداری اولیه با تعداد ۳۰ نمونه (برگ) انجام شد؛ سپس با استفاده از داده‌های به‌دست آمده، خطای نسبی (RV) تعیین شد که دقت نمونه‌برداری اولیه را نشان می‌دهد. در مرحله بعد تعداد نمونه مناسب از فرمول (۱) تعیین و در پایان، تعداد ۲۰ نمونه (برگ) برای انجام این

مجموع مراحل بالغ و نابالغ به‌صورت تجمعی است (Mirab-balou & Miri, 2019). نشان دادند پراکنش فضایی دو گونه تریپس پیاز و تریپس گندم در مزارع گندم شهرستان اهواز برای مراحل لارو و مجموع لارو و بالغ به‌صورت تجمعی است؛ اما پراکنش مراحل بالغ به‌صورت تصادفی است (Ramezani & Zandi, 2014).

از آنجا که شهرستان سلسله سهم مهمی در تولید لوبیا در استان لرستان دارد و همچنین تریپس‌ها و خسارت آنها در مزارع لوبیای این شهرستان به‌وفور دیده می‌شود و با توجه به اینکه تاکنون مطالعه‌ای در زمینه بیواکولوژی آنها در استان لرستان صورت نگرفته است، این پژوهش با هدف بررسی تغییرات جمعیت، تنوع گونه‌ای و پراکنش فضایی تریپس‌ها در مزارع لوبیا انجام شد.

مواد و روش‌ها

به‌منظور جمع‌آوری تریپس‌های مرتبط با لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) در سال ۱۴۰۰، نمونه‌برداری‌ها از دو مزرعه به مساحت به‌طور تقریبی یک هکتار واقع در روستاهای چم‌تکله (طول جغرافیایی 48.08992600 و عرض جغرافیایی 33.73412100 و ارتفاع از سطح دریا ۱۴۳۱ متر) و در تنگ (طول جغرافیایی 48.27316867 و عرض جغرافیایی 33.93603567 و ارتفاع از سطح دریا ۱۷۳۸ متر) در شهرستان سلسله (استان لرستان) صورت گرفت. این دو روستا به فاصله ۵۰ کیلومتر از هم قرار گرفته‌اند. واحد نمونه‌برداری برگ گیاه لوبیا انتخاب و نمونه‌برداری به‌صورت هفتگی و طی مراحل رشدی لوبیا انجام شد. در هر نوبت، ضمن حرکت تصادفی در مزرعه به‌صورت W شکل، از هر مزرعه ۲۰ برگ میانی از بوته

$$D_{mg} = \frac{S-1}{\ln N} \quad (5)$$

به منظور تعیین چگونگی پراکنش فضایی تریپس پیاز و تریپس گل از شاخص‌های مهم پراکنش مانند قانون توان تیلور و شاخص آیوانو استفاده شد (Southwood & Henderson, 2000). در این مطالعه از جمعیت شمارش لارو و حشرات بالغ استفاده شد؛ همچنین به منظور بررسی اثر دما و رطوبت روی تراکم جمعیت تریپس‌ها، از رابطه رگرسیون خطی چندگانه بین میانگین دمای روزانه، میانگین رطوبت نسبی روزانه و تراکم جمعیت تریپس‌ها در هر تاریخ نمونه‌برداری استفاده شد.

تجزیه و تحلیل داده‌ها

برای محاسبه فراوانی نسبی تریپس‌ها از نرم‌افزار Excel 2016 استفاده شد؛ همچنین برای محاسبه شاخص‌های تنوع زیستی و مقایسه داده‌های تنوع بین مناطق مختلف از آزمون T-Test استفاده شد. آزمون‌های آماری با استفاده از نرم‌افزار SPSS 23 انجام شد.

نتایج

تریپس‌های مرتبط با لوییا در مزارع شهرستان سلسله

در این پژوهش، ۱۲ گونه تریپس از مزارع لویای شهرستان سلسله جمع‌آوری شد که در بین آنها تریپس پیاز، *Thrips tabaci* Lindeman، با فراوانی ۶۹/۴۳ درصد از کل نمونه‌های جمع‌آوری شده، گونه غالب بود، پس از آن تریپس گل، *Frankliniella intonsa* (Trybom)، با فراوانی ۱۲/۱۱ درصد در رتبه دوم قرار گرفت و دیگر گونه‌های جمع‌آوری شده با نسبت‌های

پژوهش در نظر گرفته شد (Southwood & Henderson, 2000).

$$N = \left(\frac{t}{D}\right)^2 * \left(\frac{S}{m}\right)^2 \quad (1)$$

N : تعداد نمونه مناسب، D : حداکثر میزان خطای قابل قبول، t : مقدار جدول استیودنت، m : میانگین داده‌های نمونه‌برداری اولیه و S : انحراف معیار داده‌های نمونه‌برداری اولیه.

شاخص‌های تنوع زیستی با استفاده از نرم‌افزار PAST (Hammer & Harper, 2001) به شرح زیر محاسبه شد:

الف) شاخص تنوع گونه‌ای شانون - وینر: این شاخص از رابطه ۲ محاسبه شد که در آن H' تابع شانون - وینر، S تعداد گونه‌ها و P_i نسبت یا وفور گونه i ام و برحسب نسبتی از کل افراد است (Shannon & Weaner, 1949).

$$H' = - \sum_{i=1}^S P_i \ln P_i \quad (2)$$

ب) شاخص تنوع گونه‌ای سیمپسون: این شاخص از رابطه ۳ محاسبه شد (Simpson, 1949) که در آن $1-D$ شاخص تنوع سیمپسون و P_i نسبت افراد گونه i ام در جامعه است.

$$1-D = 1 - \sum_{i=1}^S (P_i)^2 \quad (3)$$

ج) شاخص یکنواختی پیلو: این شاخص از رابطه ۴ محاسبه شد (Pielou, 1975).

$$J = \frac{H}{\ln S} \quad (4)$$

د) شاخص غنای مارگالف: این شاخص از رابطه ۵ محاسبه شد (Margalef, 1958).

شده و تا پایان برداشت لوبیا ادامه داشته است. بیشترین تراکم تریپس پیاز و تریپس گل در روستای چم‌تکله به ترتیب $4/99 \pm 166/35$ و $1/38 \pm 16/85$ و در روستای درتنگ به ترتیب $3/61 \pm 159/3$ و $1/32 \pm 22/6$ تریپس در واحد نمونه‌برداری به دست آمد. با توجه به اطلاعات به‌دست‌آمده نتیجه گرفته می‌شود که جمعیت تریپس پیاز در روستاهای چم‌تکله و درتنگ به ترتیب $9/87$ و $7/04$ برابر تریپس گل بوده است.

روند تغییرات جمعیت تریپس پیاز در هر دو روستای چم‌تکله و درتنگ نشان داد در تاریخ ۱۷ خردادماه فعالیت آن شروع و کم‌کم به تراکم آن افزوده شد و در مرحله رشد رویشی لوبیا سیر صعودی به خود گرفت؛ تا اینکه در مرحله رشد زایشی و در تاریخ ۲۶ تیرماه به بیشترین تراکم جمعیتی رسید و پس از این مرحله، نمودار سیر نزولی در پیش گرفت؛ تا اینکه در تاریخ ۲۳ مردادماه به کمترین میزان جمعیت خود رسید (شکل ۲).

روند تغییرات جمعیت تریپس گل در هر دو روستای چم‌تکله و درتنگ نشان داد تریپس گل در تاریخ ۱۷ خردادماه در مزرعه فعالیت خود را آغاز کرد و به ترتیب به تراکم آن افزوده شد و نمودار سیر صعودی به خود گرفت؛ تا اینکه در مرحله اوایل غلاف‌بندی و در سوم مردادماه به بیشترین تراکم جمعیت رسید و پس از این مرحله از تراکم تریپس کاسته شد و نمودار سیر نزولی در پیش گرفت؛ تا اینکه در ۲۳ مردادماه به کمترین میزان جمعیت خود رسید (شکل ۳).

با بررسی تأثیر دما و رطوبت بر تغییرات جمعیت تریپس‌ها با استفاده از رگرسیون خطی چندگانه (جدول ۱) مشاهده شد که در هر دو منطقه مطالعه‌شده، رابطه مستقیم بین جمعیت تریپس گل با میانگین دمای روزانه

کمتر (مجموع کل گونه‌های باقی‌مانده $18/46$ درصد) در مزارع لوبیا یافت شد (شکل ۱).

خانواده Aeolothripidae: از این خانواده تنها دو گونه شکارگر به اسامی *Aeolothrips intermedius* Bagnall (با فراوانی $6/63$ درصد) و *A. collaris* Priesner (با فراوانی $1/13$ درصد) جمع‌آوری شد.

خانواده Thripidae: از این خانواده هشت گونه متعلق به هفت جنس به اسامی *Thrips tabaci* Lindeman (با فراوانی $69/43$ درصد)، *Frankliniella intonsa* (Trybom) (با فراوانی $12/11$ درصد)، *Tenothrips frici* (Uzel) (با فراوانی $4/76$ درصد)، *T. trehernei* Priesner (با فراوانی $2/8$ درصد)، *Odontothrips confusus* Priesner (با فراوانی $1/5$ درصد)، *Scolothrips longicornis* Priesner (با فراوانی $1/3$ درصد)، *Neohydatothrips gracilicornis* (Williams) (با فراوانی $0/09$ درصد) و *Microcephalothrips abdominalis* (Crawford) (با فراوانی $0/08$ درصد) جمع‌آوری و شناسایی شد. در بین گونه‌های یادشده فقط گونه *S. longicornis* شکارگر بود و بقیه گونه‌ها گیاه‌خوار بودند.

خانواده Phlaeothripidae: از این خانواده یک گونه گیاه‌خوار به نام *Haplothrips reuteri* (Karny) (با فراوانی $0/1$ درصد) و یک گونه شکارگر به نام *H. globiceps* Bagnall (با فراوانی $0/07$ درصد) جمع‌آوری شد.

تغییرات جمعیت تریپس‌های مرتبط با لوبیا در مزارع شهرستان سلسله

روند تغییرات جمعیت تریپس پیاز و تریپس گل در هر دو روستای چم‌تکله و درتنگ نشان داد فعالیت هر دو گونه تریپس در مزارع لوبیا از ۱۷ خردادماه شروع

باعث کاهش جمعیت آنها شده و نمودار سیر نزولی به خود گرفته است (شکل‌های ۲ و ۳).

براساس آنالیزهای تنوع زیستی تریپس‌ها در مزارع لوییا، در هر دو روستای مطالعه‌شده بیشترین مقادیر شاخص‌های تنوع زیستی و همچنین یکنواختی در مرحلهٔ زایشی لوییا مشاهده شد؛ به طوری که بیشترین مقادیر شاخص تنوع شانون - وینر، سیمپسون، یکنواختی پیلو و غنای مارگالف در روستای چم‌تکله به ترتیب مقادیر ۲/۹۴، ۰/۹۳، ۰/۹۵ و ۲/۹۸ و در روستای درتنگ به ترتیب برابر با ۲/۸۹، ۰/۹۱، ۰/۹۴ و ۲/۷۴ به دست آمد (جدول ۲).

وجود دارد؛ به طوری که این رابطه از نظر آماری نیز معنی‌دار بود ($P_{\text{value}} < 0.05$)؛ اما در بقیه موارد هیچ گونه رابطه معنی‌داری مشاهده نشد. با توجه به نمودارهای ۲ و ۳ نتیجه گرفته می‌شود که در ابتدای فصل رشدی با میانگین دمای کم، جمعیت مراحل بالغ تریپس پیاز و تریپس گل نیز کم بوده است و هرچقدر میانگین دما در طول دوره نمونه‌برداری افزایش پیدا کرده، جمعیت تریپس‌ها نیز زیاد شده و نمودار سیر صعودی گرفته است؛ همچنین در هر دو روستای چم‌تکله و درتنگ همزمان با دوره غلاف‌بندی لوییا، میانگین دما و رطوبت نسبی روندی کاهشی پیدا کرده است که این تغییرات روی جمعیت تریپس پیاز و تریپس گل تأثیر گذاشته و

جدول ۱- رابطه رگرسیون چندگانه بین میانگین تراکم تریپس پیاز و تریپس گل با میانگین دما و رطوبت نسبی طی روزهای مختلف نمونه‌برداری در سال

۱۴۰۰

Table 1 - Multiple regression relationship between the average density of onion thrips and flower thrips with the average temperature and relative humidity during different days of sampling in the year 2020.

Region	Input variable	Species	Standardized coefficients	P _{value}
Cham Takleh	<i>Thrips tabaci</i>			
	Average temperature		-1.920	0.819
	Average relative humidity		-3.879	0.463
	<i>T. tabaci</i> Larvae			
	Average temperature		-0.164	0.945
	Average relative humidity		-1.016	0.495
	<i>Frankliniella intonsa</i>			
	Average temperature		1.733	<0.05
	Average relative humidity		0.130	0.781
	<i>F. intonsa</i> Larvae			
Dartang	Average temperature		0.931	<0.05
	Average relative humidity		0.037	0.896
	<i>T. tabaci</i>			
	Average temperature		-1.330	0.878
	Average relative humidity		-4.467	0.412
	<i>T. tabaci</i> Larvae			
	Average temperature		-0.064	0.985
	Average relative humidity		-1.393	0.504
	<i>F. intonsa</i>			
	Average temperature		1.971	<0.05
	Average relative humidity		0.180	0.757
	<i>F. intonsa</i> Larvae			
	Average temperature		0.947	0.108
	Average relative humidity		-0.001	0.999

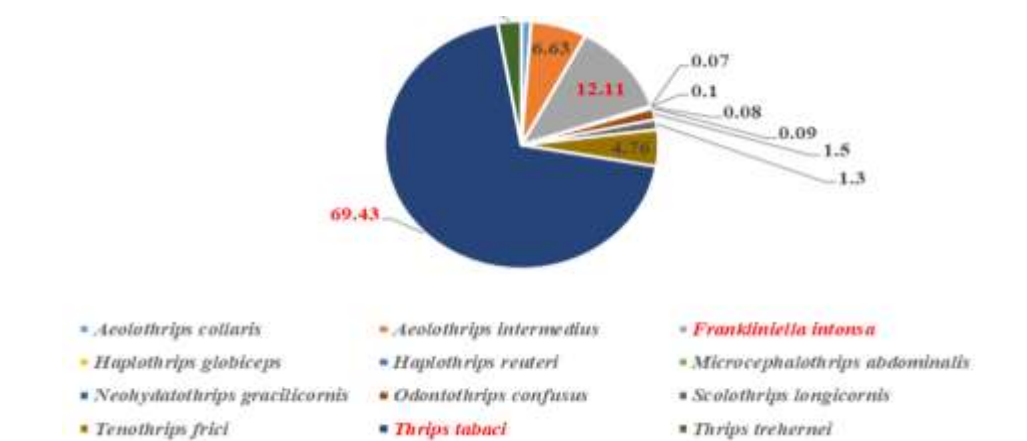
جدول ۲- مقادیر عددی شاخص‌های تنوع زیستی در مزارع لوبیا در روستاهای چم‌تکله و درتنگ (شهرستان سلسله) در سال ۱۴۰۰

Table 2 - Numerical values of biodiversity indices in bean fields in Cham-Takleh and Dartang villages (Selseleh County) in the year 2021.

date	bean phenology	Cham Takle				Dartang			
		Shannon H'	Simpson	Pielou evenness	Margalef richness	Shannon H'	Simpson	Pielou evenness	Margalef richness
07 June 2021	Vegetative stage*	1.93	0.87	0.91	1.56	1.75	0.84	0.87	1.34
11 June 2021		2.02	0.86	0.9	1.86	1.86	0.83	0.88	1.62
15 June 2021		2.12	0.88	0.88	2.1	2.04	0.79	0.82	1.87
19 June 2021		2.23	0.91	0.87	2.42	2.11	0.85	0.79	2.24
23 June 2021		2.1	0.9	0.89	2.31	1.95	0.88	0.78	2.11
27 June 2021		2.34	0.89	0.94	2.67	2.24	0.86	0.91	2.14
01 July 2021	reproductive stage**	2.85	0.87	0.92	1.98	2.74	0.84	0.86	1.75
05 July 2021		2.79	0.91	0.92	2.21	2.78	0.9	0.9	2.1
09 July 2021		2.91	0.93	0.95	2.87	2.81	0.89	0.94	2.45
13 July 2021		2.94	0.88	0.89	2.96	2.89	0.84	0.82	2.67
17 July 2021		2.86	0.86	0.93	2.98	2.79	0.8	0.9	2.74
21 July 2021		2.87	0.92	0.91	2.67	2.84	0.87	0.88	2.43
25 July 2021	development of pods	2.54	0.86	0.89	1.34	2.5	0.81	0.86	1.12
29 July 2021		2.49	0.84	0.88	1.25	2.37	0.91	0.84	1.11
02 Aug 2021		2.58	0.9	0.88	1.45	2.45	0.88	0.8	1.24
06 Aug 2021		2.47	0.88	0.85	1.23	2.42	0.82	0.81	1.14
10 Aug 2021		2.38	0.9	0.82	1.15	2.3	0.86	0.75	1.08
14 Aug 2021	ripening of pods	2.39	0.87	0.76	1.1	2.34	0.84	0.72	0.98
Average		2.48	0.88	0.88	2	2.39	0.85	0.84	1.78
standard error		0.077	0.005	0.010	0.15	0.084	0.007	0.013	0.14

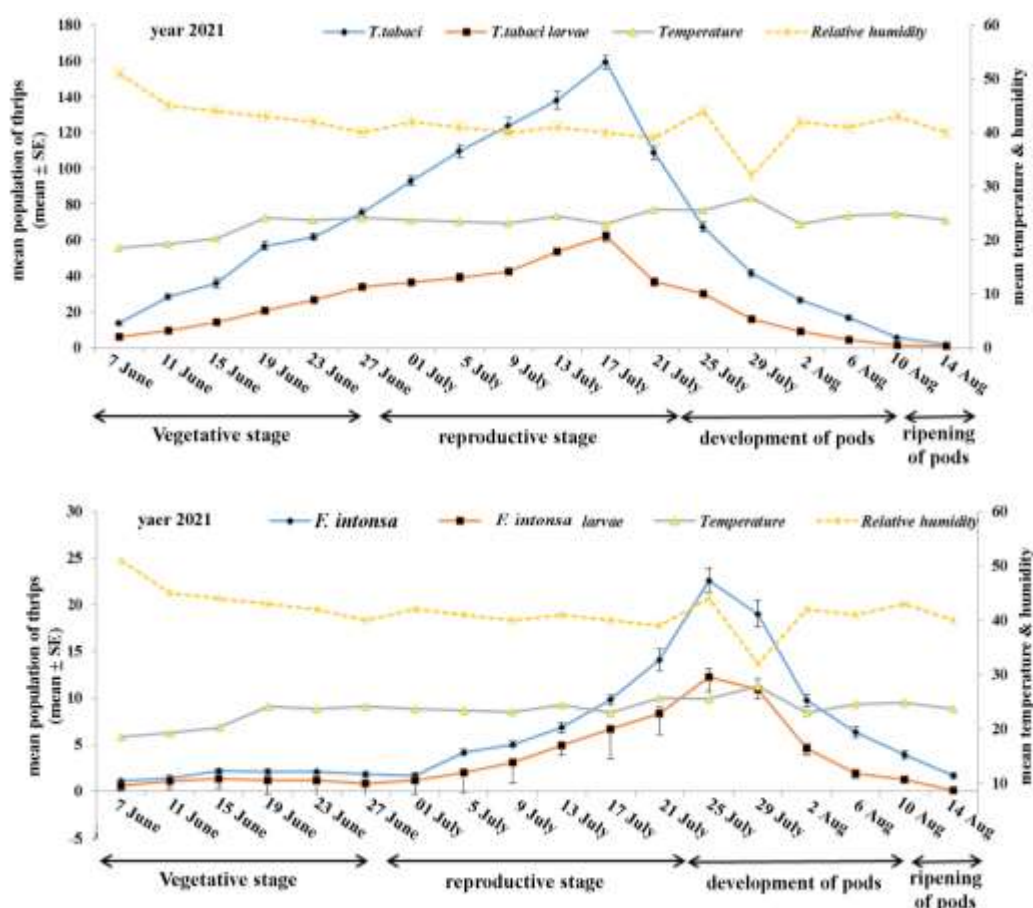
* Vegetative stage i.e. germination, leaf development, formation of side shoots, stem elongation, tuber formation.

** reproductive stage i.e. inflorescence emergence and flowering



شکل ۱- درصد فراوانی گونه‌های تریپس شناسایی شده در مزارع لوبیای شهرستان سلسله (استان لرستان) در سال ۱۴۰۰

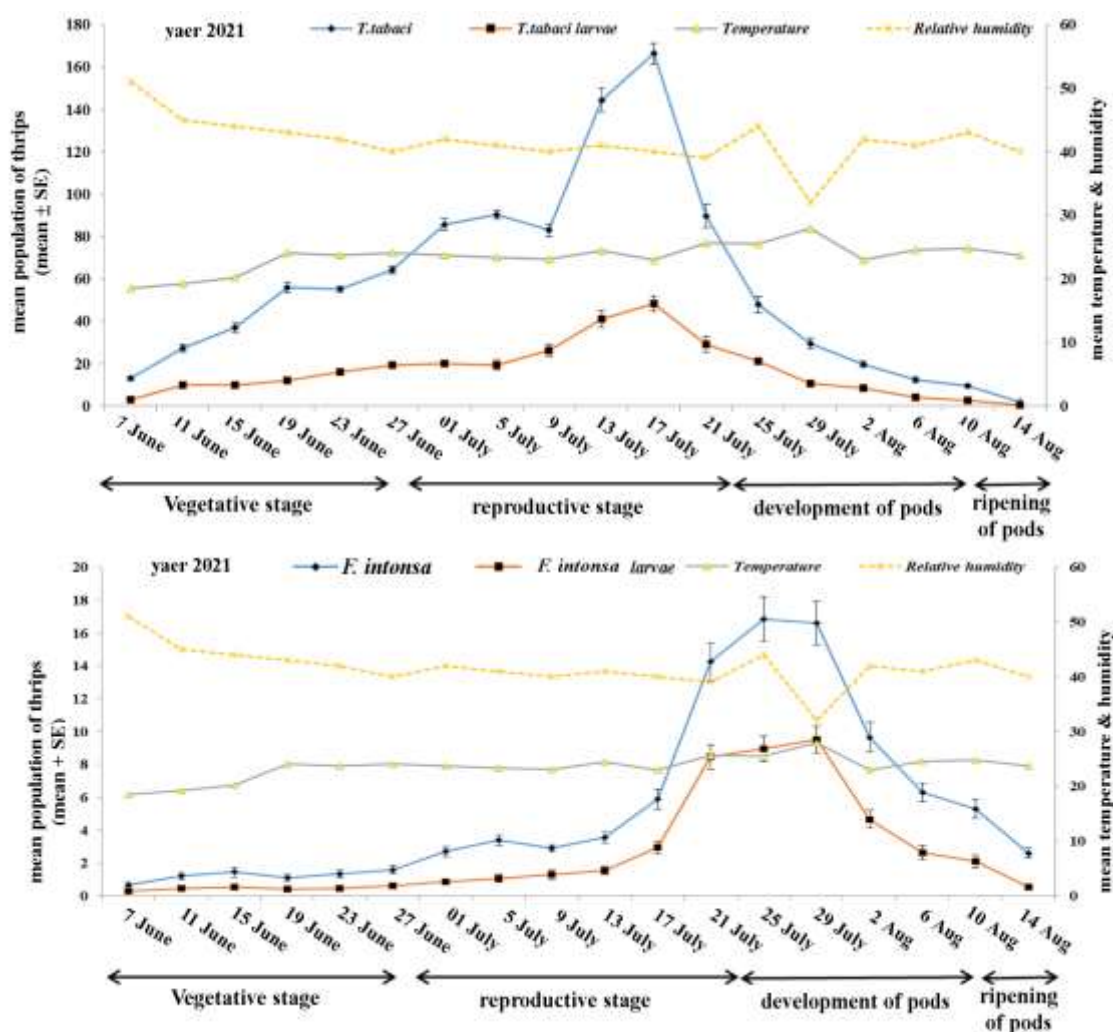
Figure 1 - Percentage of abundance of identified thrips species in bean fields of Selseleh County (Lorestan Province) in the year 2021.



شکل ۲- تغییرات جمعیت تریپس پیاز و تریپس گل (همزمان با دما و رطوبت طی روزهای مختلف نمونه‌برداری) در مزارع لوبیای روستای درتنگ (شهرستان

سلسله، استان لرستان) در سال ۱۴۰۰

Figure 2 - Population dynamics of onion thrips and flower thrips (concurrent with temperature and humidity during different days of sampling) in bean fields of Dartang village (Selseleh County, Lorestan Province) in the year 2021.



شکل ۳- تغییرات جمعیت تریپس پیاز و تریپس گل (همزمان با دما و رطوبت طی روزهای مختلف نمونه برداری) در مزارع لویای روستای چم تکه (شهرستان سلسله، استان لرستان) در سال ۱۴۰۰

Figure 3 - Population dynamics of onion thrips and flower thrips (concurrent with temperature and humidity during different days of sampling) in bean fields of Cham-Takleh village (Selseleh County, Lorestan Province) in the year 2021.

گل با استفاده از هر دو روش تیلور و آیوانو از نوع تجمعی به دست آمد. برای نتیجه گیری نهایی، دقت آماری دو مدل در برازش داده های جمع آوری شده مقایسه شد و بر این اساس با توجه به اینکه مدل آیوانو دقت بیشتری در برازش داده ها دارد، نتایج آن مطمئن تر تشخیص داده شد؛ بدین ترتیب پراکنش فضایی برای تریپس پیاز از نوع تصادفی و برای تریپس گل از نوع تجمعی تعیین شد.

پراکنش فضایی تریپس های مرتبط با لویا در مزارع شهرستان سلسله

نتایج بررسی پراکنش فضایی تریپس پیاز و تریپس گل با استفاده از روش های رگرسیونی تیلور و آیوانو در **جدول ۳** نشان داده شده است. براساس نتایج به دست آمده، پراکنش فضایی تریپس پیاز براساس روش های تیلور و آیوانو در هر دو روستای چم تکه و درتنگ از نوع تصادفی است و پراکنش فضایی تریپس

جدول ۳- نتایج حاصل از مدل‌های رگرسیونی تیلور و آیواو در تعیین پراکنش فضایی (مجموع لارو و حشره بالغ) تریپس پیاز و تریپس گل در سال ۱۴۰۰

Table 3 - Results from Taylor's and Iwao's regression models in determining the spatial distribution (total of larvae and adult insects) of onion thrips and flower thrips in the year 2021.

Region	Methods	$Slope \pm SE$ (95% confidence interval)	R^2	$t_{calculated}$	t_{table}	f	P_{value}	Distribution
Cham Takleh	<i>T. tabaci</i>	Taylor's 0.952 ± 0.089 (0.764 – 1.140)	0.878	0.539	2.120	115.23	<0.001	random
		Iwao's 0.999 ± 0.003 (0.992 – 1.005)	0.999	0.333	2.120	9753.09	<0.001	random
	<i>F. intonsa</i>	Taylor's 1.282 ± 0.112 (1.045 – 1.518)	0.892	2.517	2.120	131.89	<0.001	aggregated
		Iwao's 1.058 ± 0.014 (1.027 – 1.088)	0.997	4.142	2.120	5396.60	<0.001	aggregated
Dartang	<i>T. tabaci</i>	Taylor's 0.697 ± 0.171 (0.317 – 1.040)	0.497	1.771	2.120	15.83	<0.001	random
		Iwao's 0.991 ± 0.006 (0.977 – 1.004)	0.999	1.5	2.120	2399.28	<0.001	random
	<i>F. intonsa</i>	Taylor's 1.326 ± 0.099 (1.117 – 1.535)	0.919	3.292	2.120	181.14	<0.001	aggregated
		Iwao's 1.065 ± 0.015 (1.034 – 1.097)	0.997	4.333	2.120	5239.30	<0.001	aggregated

بحث

در زمینه شناسایی فون بالریشکداران مزارع لوبیا در ایران، به نتایج Rezvani & Saeedi (2001) در منطقه لردگان استان چهارمحال و بختیاری اشاره می‌شود که گونه‌های *T. tabaci*، *Aeolothrips intermedius* sp. و *Odontothrips* را جمع‌آوری و تریپس پیاز *T. tabaci* را گونه غالب این مزارع معرفی کرده‌اند؛ همچنین در مطالعات مرتبط با تریپس‌های لوبیا در مزارع همدان، تریپس پیاز، گونه غالب معرفی شده است (Mirab-balou & Miri, 2016). در مطالعه دیگری که در مزارع لوبیای استان مرکزی صورت گرفت، تریپس پیاز در جایگاه گونه غالب با فراوانی ۶۵/۷۵ درصد در کنار دیگر تریپس‌ها جمع‌آوری و معرفی شد (Shoeibi et al., 2016). مطالعات انجام‌شده روی فون بالریشکداران مزارع لوبیا نشان داد گونه تریپس پیاز، گونه غالب است که با نتایج این مطالعه نیز همخوانی دارد؛ زیرا در این پژوهش نیز تریپس پیاز، گونه غالب

معرفی شد. هرچند در اکثر مزارع لوبیای ایران و همچنین در برخی اکوسیستم‌ها، تریپس پیاز، گونه غالب معرفی شده است (Mirab-balou & Miri, 2020)، در دیگر کشورها با توجه به وضعیت آب و هوایی منطقه، گونه‌های مشابه یا متفاوتی روی لوبیا فعالیت دارند؛ به طوری که در مزارع لوبیا در کشور کنیا، *Frankliniella occidentalis* Pergande گونه غالب این مزارع معرفی شده است (Kasina et al., 2009). نتایج این مطالعه با پژوهش حاضر متفاوت است؛ به طوری که در این مطالعه، تریپس غربی گل جمع‌آوری نشد که این اختلاف ممکن است به نوع منطقه، شرایط آب و هوایی و همچنین نحوه نمونه‌برداری و نوع بالریشکداران فعال در اکوسیستم‌های مختلف مربوط باشد. در بررسی فون تریپس‌های مزارع باقلا در منطقه بیسکرای الجزایر، گونه *Odontothrips loti* Haliday با فراوانی ۴۷ درصد، گونه غالب این مزارع معرفی شده است (Razi

فضایی مراحل بالغ به صورت تصادفی به دست آمد (Mirab-balou & Miri, 2019). رمضانی و زندی نشان دادند پراکنش فضایی دو گونه تریپس پیاز و تریپس گندم در مزارع گندم شهرستان اهواز برای مراحل لارو و مجموع لارو و بالغ به صورت تجمعی است؛ اما پراکنش مراحل بالغ به صورت تصادفی است (Ramezani & Zandi Sohani, 2014). این مطالعات نتایج پژوهش حاضر مبنی بر به صورت تصادفی بودن پراکنش فضایی تریپس پیاز را تأیید می کند؛ همچنین مطالعات مختلفی نشان دادند که مدل آیوائو برای برآورد پراکنش فضایی تریپس ها مناسب تر از مدل تیلور است که در این پژوهش نیز به خوبی مشاهده شد (Ramezani & Zandi Sohani, 2014; Miri et al., 2017; Mirab-balou & Miri, 2019).

نتیجه گیری کلی

نتایج این مطالعه نشان داد فعالیت تریپس پیاز و تریپس گل در مزارع لوبیا از ۱۷ خردادماه شروع شده و تا پایان برداشت لوبیا ادامه داشته است؛ همچنین بیشترین تراکم تریپس پیاز و تریپس گل به ترتیب در روستاهای چم تکه و در تنگ $4/99 \pm 166/35 - 1/38 \pm 16/85$ و $3/61 \pm 159/3 - 1/32 \pm 22/6$ تریپس در واحد نمونه برداری بود. پراکنش فضایی تریپس پیاز از نوع تصادفی و پراکنش فضایی تریپس گل از نوع تجمعی به دست آمد؛ همچنین براساس نتایج تنوع زیستی تریپس ها در مزارع لوبیا، بیشترین مقادیر شاخص های شانون - وینر، سیمپسون و یکنواختی پیلو در مرحله زایشی لوبیا به دست آمد. با توجه به اینکه پیک جمعیتی تریپس پیاز و تریپس گل به ترتیب در مراحل زایشی و غلاف بندی لوبیا در مزرعه مشاهده شد و به دلیل اینکه

(et al., 2013)؛ هرچند در مطالعه حاضر جنس *Odontothrips* جمع آوری شد، گونه آن (O. *confusus*) با مطالعه (Razavi et al., 2013) متفاوت بود که این اختلاف را می شود به نوع محصول و منطقه مطالعه شده نسبت داد.

سیل و استنسلی فراوانی فصلی و چگونگی پراکنش گونه *Thrips palmi* Karny را طی شش سال روی گیاه لوبیا در جنوب فلوریدا بررسی کردند (Seal & Stansly, 2000). کوچاریک و لگوتوفسکا فراوانی و تغییرات جمعیت گونه *Thrips tabaci* (بالغ ها و پوره های آن) را در سال های ۱۹۹۹ و ۲۰۰۰ روی تره فرنگی های کاشته شده به صورت تک محصولی و بین محصولی با محصولات هویج، شبدر و لوبیا بررسی کردند و طبق نتایج آنها بالغ ها و لاروهای این گونه بیشتر روی تره فرنگی هایی قرار داشتند که به صورت تک کشتی کاشته شده بودند (Kucharczyk & Legutowska, 2002). بیشترین و کمترین جمعیت این گونه به ترتیب در گیاهان تره فرنگی و لوبیا بود. نتایج این مطالعه با پژوهش حاضر متفاوت است؛ به طوری که در پژوهش حاضر تریپس پیاز، گونه غالب با بیشترین فراوانی برای لوبیا بود؛ اما در مطالعه (Kucharczyk & Legutowska, 2002) تریپس پیاز بیشترین جمعیت را روی تره فرنگی داشت که ممکن است دلیل این اختلاف نوع سیستم کاشت باشد؛ به طوری که در سیستم چند کشتی وقتی تره فرنگی ها بین محصولاتی مانند هویج، شبدر و لوبیا کشت شد، این گونه تمایل بیش تری به تغذیه از این محصول داشته است.

میرابلو و میری تغییرات جمعیت و پراکنش فضایی تریپس پیاز در چین های مختلف یونجه را بررسی کردند و براساس نتیجه پژوهش آنها الگوی پراکنش

سپاسگزاری

بدین وسیله از جناب آقای دکتر بهزاد میری برای کمک در آنالیزهای آماری تشکر و قدردانی می‌شود. این مقاله بخشی از رسالهٔ دکترای نویسندهٔ اول است و با حمایت مالی دانشگاه لرستان انجام شد.

در این مرحله از گیاه لویا، تریپس‌ها خسارت زیادی را به محصول لویا وارد می‌کنند، باید اقدامات مدیریتی مناسبی را برای کشاورزان منطقه ارائه کرد تا از خسارت به محصول لویا جلوگیری شود.

References

- Hammer, Ø., & Harper, D. A. (2001). Past: paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia electronica*, 4(1), 1-9. https://doc.rero.ch/record/15326/files/PAL_E2660.pdf
- Kasina, M., Nderitu, J., Nyamasyo, G., Waturu, C., Olubayo, F., Obudho, E., & Yobera, D. (2009). Within-plant distribution and seasonal population dynamics of flower thrips (Thysanoptera: Thripidae) infesting French beans (*Phaseolus vulgaris* L.) in Kenya. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 7(3), 652-659. <https://doi.org/10.5424/sjar/2009073-450>
- Khanjani, M. (2006). *Vegetable Pests in Iran*. Hamedan. Bu-Ali Sina University Press. [In Persian].
- Kucharczyk, H., & Legutowska, H. (2002). Thrips tabaci as a pest of leek cultivated in different conditions. *Thrips and Tospoviruses*, 211. <https://www.ento.csiro.au/thysanoptera/Symposium/Section7/32-Kucharczyk-Legutowska.pdf>
- Margalef, M. (1958). Information theory in ecology. *Journal of General Systematics*, 3, 36-71. <http://hdl.handle.net/10261/165563>
- Mirab-balou, M., & Miri, B. (2016). Thrips species (Insecta: Thysanoptera) associated with bean (*Phaseolus vulgaris* L.) in Hamedan province. *3rd Iranian Scientific Research Congress on Development and Promotion of Agricultural Sciences, Natural Resources and Environment*, Tehran-Iran. <https://civilica.com/doc/565038/> [In Persian].
- Mirab-balou, M., & Miri, B. (2019). Population Fluctuations and Spatial Distribution of Onion Thrips (*Thrips tabaci* Lindeman, 1889) in Different Cuttings of Alfalfa (*Medicago sativa* L.). *Journal of Applied Research in Plant Protection*, 8(2), 101-110. https://arpp.tabrizu.ac.ir/article_9343.html [In Persian].
- Mirab-balou, M., & Miri, B. (2020). A survey of diversity and frequency of Oak thrips during different seasons in Eyvan county (Ilam province). *Taxonomy and Biosystematics*, 12(42), 83-92. <https://doi.org/10.22108/tbj.2020.102579.1014> [In Persian].
- Miri, B., Moeini-Naghadeh, N., & Mirab-balou, M. (2017). Population fluctuations and spatial distribution of wheat thrips (*Haplothrips tritici*) in wheat fields of Eyvan city (Ilam Province). *Plant Pests Research*, 7(3), 67-76. <https://doi.org/10.22124/iprj.2017.2592> [In Persian].
- Mound, L. A. (1968). A review of RS Bagnall's Thysanoptera collections. *Bulletin of the British Museum (Natural History), Entomology Supplement*, 11, 1-181. <https://doi.org/10.5962/p.78614>
- Mound, L. A. & Kibby, G. (1998). *Thysanoptera: an identification guide*. CAB International Institute of Entomology and British Museum (Natural History).
- Nderitu, J. H., Wambua, E. M., Olubayo, F. M., Kasina, J. M., & Waturu, C. M. (2001). Management of thrips (Thysanoptera: Thripidae) infestation on French beans (*Phaseolus vulgaris* L.) in Kenya by combination of insecticides and varietal resistance. *Entomology*, 4(6), 469-473. <http://erepository.uonbi.ac.ke/handle/11295/52751>
- Pielou, E. C. (1975). *Ecological Diversity*. John Wiley & Sons.
- Ramazani, L., & Zandi Sohani, N. (2014). Population dynamics and spatial distribution of important Thysanoptera species on Wheat. *Iranian Journal of Plant Protection Science*, 44(2), 283-290. https://ijpps.ut.ac.ir/article_36677_7b903b2e3cbad77a79e17bb0ebb6302f.pdf [In Persian].

- Razi, S., Laamari, M., Ouamen, S., & Bernard, E. C. (2013). Thysanoptera survey on *Vicia faba* (broad bean) in the arid Biskra region of Algeria. *Agriculture and Biology Journal of North America*, 4(3), 268-274. 10.5251/abjna.2013.4.3.268.274
- Saeedi, Z., & Rezvani, A. (2001). Survey fauna of bean thrips and economic importance of dominant species on local bean varieties in Lordegan city. *Centre of Agricultural Scientific Information and Documentation*, 11, 49-78. [In Persian].
- Seal, R., & Stansly, P. A. (2000). Seasonal abundance and within plant distribution of melon thrips (Thysanoptera: Thripidae) on beans in southern Florida. *Proceedings of the Florida State Horticultural Society*, 113, 201-205. <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20033139823>
- Shannon, C. E., & Weaver, A. (1949). *The Mathematical theory of communication*. University of Illinois Press.
- Shoeibi, M., Shayanmehr, M., & Modarres Najafabadi, S. S. (2016). Identification and introduction to Thysanoptera from bean fields in some regions of Markazi Province. *Journal of Iranian Plant Protection Research*, 30(1), 151-163. <https://doi.org/10.22067/jpp.v30i1.41291> [In Persian].
- Simpson, E. H. (1949). Measurement of diversity. *nature*, 163(4148), 688-688. <https://doi.org/10.1038/163688a0>
- Southwood, T. R. E., & Henderson, P. A. (2000). *Ecological methods*. Blackwell Science.

