تحقیقات آفات گیاهی
۱۴۰۱ -۱۲(۳): ۸۳ -۹۳

علمی پژوهشی

ارزیابی مقاومت لاین‌های مختلف کاملینا (*Camelina sativa* (Brassicaceae)، به تریپس پیاز *Thrips tabaci* در شرایط مزرعه‌ای

سارا سرانی[۱]، عباسعلی زمانی[۱*] و دانیال کهریزی[۲]

۱- گروه گیاه‌پزشکی، دانشکده علوم و مهندسی کشاورزی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران، ۲- گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی ، دانشکده علوم و مهندسی کشاورزی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۵/۴ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۹/۱۴)

چکیده

کاملینا، *Camelina sativa* (L.) Crantz (Brassicaceae) یک گیاه دانه روغنی است که از سال ۱۳۹۴ وارد ایران شده است و ویژگی‌های زراعی مطلوبی از جمله نیاز آبی کم و مقاومت به سرمای بهاره دارد. در این مطالعه تراکم جمعیت تریپس پیاز، *Thrips tabaci* Lindeman و میزان تأثیر آن روی عملکرد لاین‌های مختلف کاملینا در شرایط مزرعه‌ای مورد مطالعه قرار گرفت. برای این منظور، ۱۳۶ لاین کاملینا در مزرعه کشت شد و برای نمونه‌برداری از جمعیت تریپس، هر یک بوته به‌عنوان یک واحد نمونه‌برداری محسوب شد و تعداد تریپس‌ها روی هر بوته پس از ضربه‌زنی شمارش و ثبت شد. تعداد کپسول و بذر سالم و آسیب‌دیده نیز در هر لاین با سه تکرار شمارش شدند. نتایج نشان داد که با افزایش درصد کپسول ناسالم، عملکرد کاهش می‌یابد. علاوه بر این، درصد بذرهای ناسالم با عملکرد لاین‌های کاملینا همبستگی منفی و درصد کپسول‌های ناسالم با درصد بذرهای ناسالم همبستگی مثبت داشت. نتایج مربوط به رگرسیون خطی نشان داد که رابطه بین تراکم جمعیت تریپس با عملکرد و درصد بذرهای ناسالم معنی‌دار نبود، در حالی که رابطه مثبت و معنی‌داری بین تراکم جمعیت تریپس با درصد کپسول‌های ناسالم مشاهده شد؛ به این معنی که با افزایش تراکم تریپس، درصد کپسول‌های ناسالم نیز افزایش پیدا کرد. بر اساس نتایج حاصل از این تحقیق، لاین ۵۴ به عنوان بهترین لاین در مقابل خسارت تریپس پیاز تشخیص داده شد که این لاین از نظر مکانیسم‌های مقاومت آنتی‌زنوز، آنتی بیوز و تحمل به‌ترتیب از نوع نیمه‌حساس، مقاوم و متحمل بود.

واژه‌های کلیدی: آنتی‌بیوز، آنتی‌زنوز، دانه‌های روغنی، تحمل، تریپس پیاز

* نویسنده مسئول: azamani@razi.ac.ir

مقدمه

در طول تاریخ بشر هیچ مسئله‌ای به اندازه غذا و چگونگی تأمین آن به عنوان یک نیاز مبرم زیستی، برای انسان چالش برانگیز نبوده است. در بین مواد غذایی، مصرف روغن‌های نباتی به طور دائم رو به افزایش است. روغن‌های نباتی تولید شده به طور عمده از دانه‌های روغنی نظیر سویا، آفتابگردان، پنبه دانه، بادام زمینی و کلزا به دست می‌آیند. امروزه صنعت روغن‌کشی در اغلب کشورهای جهان جزو صنایع راهبردی محسوب می‌شود. در ایران نیز اراضی قابل‌کشت وسیع و زمینه‌های مساعدی برای کشت دانه‌های روغنی وجود دارد، اما متأسفانه بر اساس آمار سایت جهاد کشاورزی، بیش از ۹۵ درصد روغن مورد نیاز کشور از خارج تأمین می‌شود (Ahmadi *et al.*, 2018).

گیاه روغنی کاملینا *Camelina sativa* (L.) Crantz (Brassicaceae)، در مقایسه با سایر دانه‌های روغنی، نیاز آبی کم‌تر و مقاومت به سرمای بهاره بیش‌تری دارد. غنی-سازی محصولات غذایی با اسیدهای چرب امگا ۳ روغن کاملینا می‌تواند موجب بهبود سلامت و کیفیت مواد غذایی شود (Zubr, 1996). علاوه بر این، از روغن گیاه کاملینا به عنوان سوخت جت نیز استفاده می‌شود که این نوع سوخت انتشار کربن را از موتور جت کاهش می‌دهد و با توجه به اینکه هزینه تولید کاملینا در بسیاری از اقلیم‌ها نسبت به سایر دانه‌های روغنی کم‌تر است، گزینه مناسبی به‌عنوان سوخت زیستی محسوب می‌شود (Ghamarnia *et al.*, 2016).

اثر خسارت آفات عمده کلزا شامل سوسک‌های کک مانند *Phyllotreta* spp.، مگس‌های *Delia* spp. ، شب-پره پشت الماسی *Plutella xylostella* L.، پروانه *Mamestra configurata* Walker و زنجرک *Macrosteles quadrilineatus* (Forbes) روی کاملینا توسط سوروکا و همکاران (Soroka *et al.*, 2014) ارزیابی شد و نشان داد که کاملینا به‌طور معناداری کم‌تر از کلزا خسارت می‌بیند. طبق نتایج حاصل از آزمون‌های مزرعه‌ای، تراکم پایینی از سوسک‌های کک مانند، در اواخر فصل در کرت‌های کاملینا مشاهده شد. تغذیه کم شب‌پره پشت الماسی از کاملینا نشان‌دهنده عدم تمایل این آفت به کاملینا و در نتیجه، خسارت کم به این گیاه بود و مکانیسم‌های مقاومت آنتی‌زنوز و آنتی‌بیوز در گیاه کاملینا در برابر شب‌پره‌های پشت الماسی تشخیص داده شد. همچنین، توانایی استقرار چهار گونه شته *Myzus persicae* (Sulzer)، *Brevicoryne brassicae* (L.)، *Rhopalosiphum padi* (L.) و *Aphis fabae* (Scopoli) به عنوان آفات عمومی و اختصاصی چلیپاییان، روی کاملینا بررسی شده و نتایج نشان داد که هر چهار گونه شته توانایی مشابهی در پرواز به سمت کاملینا و فرود آمدن روی آن دارند. هر چهار شته آفت مورد ارزیابی در مطالعه، ناقل ویروس‌های گیاهی چلیپاییان بودند. در ارزیابی‌های آزمایشگاهی مشخص شد که این چهار گونه شته می‌توانند به‌طور موفقیت‌آمیزی روی گیاه مستقر شده، تغذیه و تولید-مثل کنند (Chesnais *et al.*, 2015).

تریپس پیاز، آفتی چندین‌خوار است که با تغذیه مستقیم روی برگ، گل و میوه گیاهان مختلف و انتقال ویروس‌های بیماری‌زای گیاهی می‌تواند موجب کاهش عملکرد محصول شود (Mound and Teulon, 1995). این گونه یکی از آفات مهم محصولات کشاورزی است که در سراسر ایران پراکندگی دارد (Mirab-balou *et al.*, 2014).

در بررسی‌های مختلف تریپس پیاز به‌عنوان آفت دانه-های روغنی به ویژه کلزا نیز معرفی شده است (Gavloski *et al.*, 2011; Fathi *et al.*, 2010; Stankevych *et al.*, 2020). همچنین، در پژوهشی پارامترهای جدول زندگی *T. tabaci* روی شش رقم تجاری کلزا بررسی شد و نتایج نشان داد که رقمRGS003 مناسب‌ترین رقم برای کنترل تریپس پیاز است (Fathi *et al.*, 2011).

با توجه به بررسی‌های صورت گرفته در کشورهای مختلف و پاسخ‌های متفاوتی که در نتیجه بررسی‌ها درباره آفات کاملینا به دست آمده است و با در نظر گرفتن این نکته که در ایران تاکنون مطالعه‌ای در این زمینه انجام نشده است، لازم است بررسی‌های جامعی در مورد آن در ایران انجام شود. بنابراین، این تحقیق به عنوان اولین گام به‌منظور بررسی تراکم جمعیت تریپس پیاز و مقاومت لاین‌های مختلف

کاملینا نسبت به این آفت در مزارع پژوهشی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه رازی انجام شد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در مزرعه پژوهشی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه رازی کرمانشاه در فصل زراعی ۱۳۹۶-۱۳۹۷ انجام شد. برای این منظور، اوایل آبان ماه ۱۳۹۶، تعداد ۱۳۶ لاین از کاملیناهای اصلاحی هیبرید شده موجود در بانک بذر گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی دانشگاه رازی کشت شد. کشت کاملینا به صورت دیم در مزرعه انجام شد. هیچ نوع اقدام شیمیایی برای مدیریت علف‌های هرز و یا آفات احتمالی در این مزرعه صورت نگرفت و فقط به وجین دست علف‌های هرز در مزرعه اکتفا شد. در این تحقیق، ۱۳۶ لاین کاملینا در سه ردیف یک متری در کرت‌هایی به مساحت دو متر مربع کشت شد. فهرست و مشخصات ژنوتیپ‌های مورد استفاده در مزرعه در جدول ۱ ارائه شده است. برای جمع‌آوری و شمارش تریپس پیاز از روش ضربه زدن به گیاه استفاده شد. برای این منظور، ابتدا پارچه سفیدرنگی زیر بوته‌ها قرار داده می‌شد و سپس، پنج بوته کاملینا که در کنار هم قرار داشتند، انتخاب شده و با استفاده از خط‌کش فلزی ۳۰ سانتی‌متری، ۲۰ ضربه به آنها زده می‌شد. با استفاده از یک قلم موی ظریف و یا آسپیراتور، تریپس‌های روی پارچه سفید رنگ جمع‌آوری و به لوله‌های حاوی الکل ۷۵ درصد منتقل می‌شدند. برای جمع‌آوری حشرات کامل که قادر به پرواز و جهیدن بودند از آسپیراتور استفاده شد. نمونه‌برداری در سه مرحله در خرداد ماه که هم‌زمان با مرحله پر شدن دانه و تولید محصول است، انجام شد. به‌منظور شمارش دانه‌ها و ارزیابی خسارت آفات، تعداد ۱۰ عدد کپسول حاوی دانه کاملینا از ردیف‌های هر لاین جمع‌آوری و در آزمایشگاه در دو مرحله مورد بررسی قرار گرفت. ابتدا کپسول‌ها زیر بینوکولار بررسی شد. هر نوع آثار خسارت مورد بررسی قرار گرفت و تعداد کپسول‌هایی که از لحاظ ظاهری آثار خسارت روی آن‌ها دیده می‌شد، شمارش شد. سپس، تعداد دانه‌های سالم و ناسالم هر یک از کپسول‌ها به تفکیک شمارش و ثبت شد. دانه‌های سالم به رنگ قهوه‌ای و بدون فرورفتگی یا چروکیدگی بودند.

از نظر مقاومت آنتی‌زنوز، در بین ۱۳۶ لاین مورد مطالعه، ۱۰ لاین که کمترین و ۱۰ لاین که بیشترین تراکم جمعیت تریپس پیاز را در مرحله اول نمونه‌برداری داشتند، به‌ترتیب به عنوان لاین‌های مقاوم و حساس تعیین شدند. در این طبقه‌بندی، ۱۰ لاین بعدی از هر جهت به عنوان لاین‌های نیمه حساس و نیمه مقاوم در نظر گرفته شدند.

به منظور ارزیابی مقاومت آنتی‌بیوز، نسبت تراکم جمعیت نهایی آفت در مرحله سوم نمونه‌برداری به تراکم جمعیت ابتدایی آفت در مرحله اول نمونه‌برداری به دست آمد. در صورت کاهش تراکم جمعیت تریپس پیاز در مرحله سوم نمونه‌برداری نسبت به مرحله اول نمونه‌برداری، آن لاین از نظر مکانیسم مقاومت آنتی‌بیوز به عنوان مقاوم در نظر گرفته شد و لاین‌هایی که تراکم جمعیت تریپس روی آنها نسبت به مرحله اول افزایش داشت، به عنوان لاین حساس تعیین شدند. لاین‌هایی که در رتبه‌های بعدی بودند، به عنوان نیمه‌مقاوم و نیمه‌حساس ارزیابی شدند (Soroka *et al.*, 2014). همانند مکانیسم آنتی‌زنوز برای هر گروه مقاومت، ۱۰ لاین معرفی شد.

جدول ۱- ژنوتیپ‌های مورد استفاده برای تولید ۱۳۶ لاین مختلف کاملینا

Table 1. Genotypes used to produce 136 different Camelina lines

Cross	Pollen parent (♂)		Seed parent (♀)		Product lines
	Source	Variety	Source	Variety	
1	Voronezskij 349	Russia	Kirgizskij 1	Kyrgyzstan	1, 2, 5, 62, 66, 77, 73, 93, 86, 87, 70, 37, 51
2	Omskij Mestnyj	Russia	Irkutskij Mestnyj	Russia	3, 6, 9, 32, 38, 43, 46, 60, 71, 79, 89, 113, 129
3	Przybrodzka	Poland	Hoga	Denmark	7, 14, 17, 20, 22, 104, 7
4	Saratovskij	Russia	Bronowska	Poland	8, 24, 40, 96, 115, 120
5	Chulymskij	Russia	Omskij Mestnyj	Russia	11, 25, 29, 41, 42, 58, 68, 116, 121, 125, 131
6	Krupnosemjannyj	Russia	Brzybrodzka II	Poland	26, 63, 78, 106, 110
7	Came	Germany	Volyn'skaja	Russia	31, 69, 76, 90, 98, 119, 123
8	Boha	Denmark	Volynskaja	Poland	18, 19, 23, 97
9	Came	Germany	Omskij	Russia	4, 35, 82, 88, 91, 94, 95, 100, 108, 111, 124, 132
10	Svalöf	Switzerland	Ukrajinskij	Russia	27, 28, 50, 52, 56, 103, 117, 130, 27
11	Calena	Germany	Blaine Greek	Greece	15, 30, 36, 47, 80, 83, 84, 101, 114, 134, 135
12	Zavolzskij	Russia	Sortandinskij	Russia	21, 39, 44, 59, 67, 81, 99, 102, 126, 45
13	VNIIMK 17	Russia	Borowska	Poland	57, 75, 85, 127, 74, 48
14	Voronezh 349	Russia	Czestochowska	Poland	16, 49, 54, 55, 61, 109, 133, 10
15	Lindo	Germany	Ukrajinskaja	Russia	13, 33, 53, 64, 65, 107, 122, 128, 72, 92, 12

برای ارزیابی مکانیسم مقاومت تحمل، لاین‌هایی که با وجود داشتن تراکم جمعیت زیاد تریپس، کاهش عملکرد نداشتند، به عنوان لاین متحمل شناخته شدند و در صورت کاهش عملکرد در تراکم‌های پایین تریپس، لاین‌های حساس تعیین شدند. لاین‌هایی که در رتبه‌های بعد از این دو گروه بودند، به‌ترتیب به عنوان نیمه مقاوم و نیمه حساس ارزیابی شدند.

رابطه آماری بین عملکرد، درصد کپسول‌های ناسالم و درصد دانه‌های ناسالم از طریق ضریب همبستگی پیرسون بررسی شد و برای ارزیابی تاثیر آماری تراکم جمعیت تریپس روی متغیرهای بیان‌شده در بالا، از روش رگرسیون خطی استفاده شد. عملکرد لاین‌ها با محاسبه میانگین وزن پنج بوته در هر لاین به‌دست آمد.

نتایج و بحث

تراکم جمعیت تریپس پیاز در شرایط مزرعه

نتایج مربوط به تراکم جمعیت و عملکرد در جدول ۲ ارائه شده است. با توجه به این جدول و شکل ۱، بالاترین تراکم جمعیت تریپس در مرحله اول نمونه‌برداری به‌ترتیب روی لاین‌های ۵۵، ۳۰، ۵۰، ۵۳، ۸۲، ۵۱، ۵۲، ۵۴، ۴۸ و ۲۹ مشاهده شد. تراکم جمعیت آفت روی لاین‌های ۵۵، ۳۰ و ۵۰ به‌ترتیب ۰/۹±۵۲/۳، ۰/۶±۴۰/۰ و ۰/۵±۳۸/۱ بود که بالاترین تراکم جمعیت آفت در این مرحله را نشان دادند و لاین‌های ۱۲۵، ۱۲۴، ۱۱۳، ۱۱۷، ۱۱۹ و ۱۲۳ کم‌ترین تراکم جمعیت را داشتند. لاین‌های ۱۰، ۵۰، ۴۸، ۷۷، ۱۱۵، ۲۱، ۳۵، ۳۶، ۴۳ و ۶۱ بیش‌ترین تراکم جمعیت آفت را در مرحله دوم نمونه‌برداری به خود جلب کردند. لاین‌های ۱۰، ۵۰ و ۴۸ به‌ترتیب با مقادیر ۰/۱±۱۱/۷، ۰/۳±۱۱/۰ و ۰/۶±۱۰/۳ نسبت به سایر لاین‌ها از تراکم بالاتری برخوردار بودند. کم-ترین تراکم جمعیت تریپس در این مرحله مربوط به لاین‌های ۳۱، ۶، ۱۱۹، ۱۲۳، ۵ و ۱۲۶ بود که در این میان لاین‌های ۶ و ۳۱ با مقدار صفر و لاین ۱۱۹ با مقدار ۷/۱±۰/۰ کم‌ترین تراکم جمعیت تریپس را داشتند. بالاترین تراکم جمعیت تریپس در مرحله سوم نمونه‌برداری روی لاین‌های ۴۴، ۴۳، ۵۸، ۴۵، ۴۹، ۵۶، ۶۲، ۴۷، ۷۶ و ۴۶

مشاهده شد. از این بین، لاین‌های ۴۴، ۴۳ و ۵۸ به‌ترتیب با مقادیر ۱۰/۳±۰/۳، ۱۰/۸±۰/۸ و ۱۰/۰±۰/۱ بیش‌ترین تراکم جمعیت آفت را داشتند. کم‌ترین تعداد تریپس در این مرحله روی لاین‌های ۳۱، ۱۰۹، ۱۰۲، ۱۱۸، ۹۲ و ۸۳ مشاهده شد. لاین‌های ۳۱، ۱۰۹ و ۱۰۲ با تراکم جمعیت صفر، کم‌ترین مقدار را به خود اختصاص دادند. لاین‌های ۴۳، ۴۸ و ۵۰ در مرحله اول و دوم نمونه‌برداری تراکم جمعیت آفت بالایی داشتند، لاین ۲۱ نیز در مرحله اول تراکم متوسط رو به بالا و در مرحله دوم نمونه‌برداری تراکم بالایی داشت. میانگین تراکم جمعیت تریپس روی لاین ۱۲۳ در هر دو مرحله ابتدایی (اول و دوم) پایین بود.

بررسی مکانیسم مقاومت لاین‌های مختلف روی تریپس

با توجه به شکل ۱، در مجموع بیشترین تراکم جمعیت در سه مرحله نمونه‌برداری روی لاین‌های ۵۵، ۵۰، ۵۱، ۴۸، ۴۹، ۵۳، ۵۲، ۲۱،۳۰ و ۴۷ به دست آمد و در این میان لاین‌های ۵۵، ۵۰ و ۵۱ با مقادیر ۵۷/۷±۳/۲، ۵۳/۳±۲/۰ و ۵۰/۱±۷/۹ از سایر لاین‌ها تراکم جمعیت بالاتری داشتند. به این ترتیب از نظر مقاومت آنتی‌زنوزی، این لاین‌ها حساس‌ترین بودند. لاین‌های ۱۲۳، ۱۲۵، ۱۱۹،۱۲۴، ۱۱۸، ۱۲۶، ۱۲۰، ۱۲۲،۱۱۷، ۱۱۳، ۱۲۱ و ۱۱۶ کم‌ترین تراکم جمعیت تریپس در مجموع سه مرحله نمونه‌برداری را داشتند و به این ترتیب، بالاترین میزان مقاومت آنتی‌زنوز به تریپس را نشان دادند.

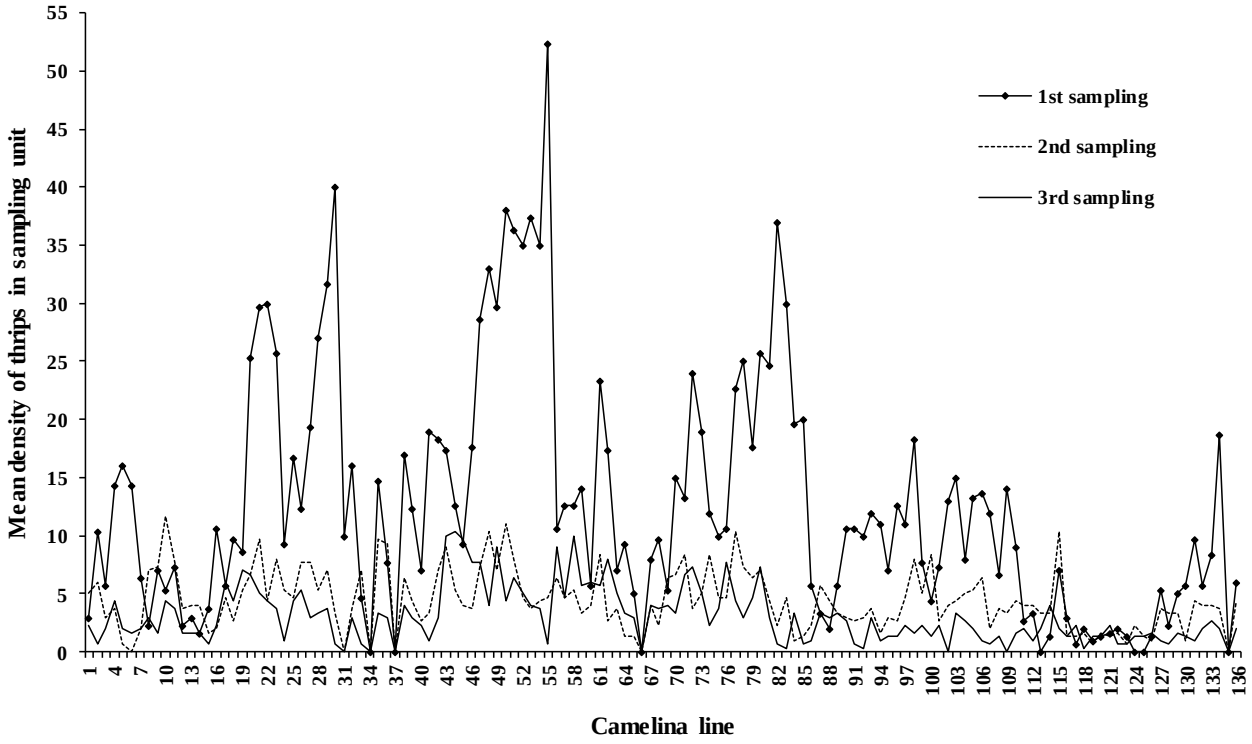
لاین‌های ۵۴، ۲۹، ۸۰، ۸۲، ۲۲، ۲۰، ۷۷،۲۳، ۶۱ و ۴۳ از نظر مکانیسم آنتی‌زنوزی به عنوان لاین‌های نیمه حساس دسته‌بندی می‌شوند و در مقایسه با لاین‌های حساس ممکن است ترکیبات بازدارنده بیش‌تری داشته باشند. در نقطه مقابل، لاین‌های ۱۵، ۱۲۸، ۱۴، ۱۲، ۱۳۰، ۱۱۲، ۱۳، ۱۱۱، ۱۱۴ و ۸۶ لاین‌های نیمه مقاوم از نظر مکانیسم آنتی‌زنوزی بودند و پس از لاین‌های مقاوم از نظر این نوع مقاومت می‌توانند مورد توجه باشند. سایر لاین‌ها چون بین این محدوده‌ها قرار گرفتند، شامل دسته‌بندی خاصی نشدند.

جمعیت تریپس روی لاین‌های ۳۱، ۸۳ و ۵۵ از مقادیر ۱۰/۱±۰/۹، ۴/۱±۷/۵ و ۵۲/۳±۰/۹ در مرحله اول به‌ترتیب به ۰، ۰/۳±۰/۱و ۰/۷±۰/۱ در مرحله سوم نمونه‌برداری کاهش یافت و این لاین‌ها از نظر مقاومت‌آنتی‌بیوزی، مقاوم‌ترین بودند. با توجه به شکل ۱، لاین‌های ۵، ۶، ۳۰، ۴۱، ۵۳، ۵۴، ۸۴، ۸۵ و ۱۰۷ نیز از نظر مکانیسم آنتی‌بیوز با شدتی کمتر در وضعیتی مشابه بودند. در نقطه مقابل، لاین‌هایی که در مرحله سوم نمونه‌برداری، تراکم جمعیت تریپس ثبت‌شده روی آنها افزایش یافته بود، از نظر مکانیسم مقاومت آنتی‌بیوز حساس ارزیابی شدند؛ به این معنی که متابولیت‌های تولیدی توسط گیاه در این لاین‌ها احتمالاً متفاوت بوده و یا غلظت پائین‌تری داشته است و به این ترتیب نتوانستند روی کاهش جمعیت حشره اثرگذار باشند که این مسئله می‌تواند موضوع بررسی‌های آینده نیز قرار بگیرد. لاین‌های ۱، ۸، ۱۰، ۱۲، ۱۴، ۸۷، ۸۸، ۱۱۱، ۱۱۴ و ۱۱۷ از این قبیل هستند. میانگین تراکم جمعیت تریپس روی لاین‌های ۱۱۷، ۱۱۴ و ۸۸ از مقادیر ۰/۱±۰/۷، ۰/۳±۱/۳ و ۰/۱±۲/۰ در مرحله اول نمونه‌برداری به‌ترتیب به ۰/۱±۲/۳، ۰/۲±۴/۰ و ۰/۱±۳/۱ افزایش یافت. لاین‌های نیمه‌حساس از نظر مقاومت آنتی‌بیوزی شامل لاین‌ها ۸، ۱۴، ۱۷، ۴۵، ۶۰، ۸۷، ۱۱۹، ۱۲۰، ۱۲۱ و ۱۲۶ بودند.

جدول ۲- میانگین (±خطای استاندارد) تراکم تریپس پیاز در سه مرحله مختلف نمونه‌برداری

Table 2. Mean density (±SE) of *Thrips tabaci* in three different sampling times

Line	Sampling time			Line	Sampling time			Line	Sampling time		
	1st	2nd	3rd		1st	2nd	3rd		1st	2nd	3rd
1	3.0±0.0	5.0±0.5	2.3±0.2	47	28.7±0.5	7.3±0.2	7.7±0.2	93	3.0±0.0	3.7±0.2	3.7±0.8
2	10.3±0.3	6.0±0.1	0.7±0.1	48	33.0±2.2	10.3±0.6	4.0±0.5	94	1.0±0.1	1.7±0.2	1.7±0.3
3	5.7±0.3	3.0±0.3	2.0±0.2	49	29.7±0.5	7.0±0.2	9.0±0.3	95	1.3±0.1	3.0±0.0	3.0±1.3
4	14.3±1.4	3.7±0.4	4.3±0.1	50	38.0±0.5	11.0±0.3	4.3±0.3	96	1.3±0.1	2.7±0.3	2.7±0.3
5	16.0±0.9	0.7±0.1	2.0±0.2	51	36.3±1.3	8.0±0.6	6.3±0.1	97	2.3±0.2	4.7±0.1	4.7±0.5
6	14.3±0.7	0.0±0.0	1.7±0.2	52	35.0±0.7	4.7±0.2	5.0±0.1	98	1.7±0.2	8.0±0.4	8.0±1.2
7	6.3±0.4	2.0±0.1	10.3±0.3	53	37.3±0.3	3.7±0.5	4.0±0.0	99	2.3±0.1	5.0±0.2	5.0±0.7
8	33.3±1.3	33.3±1.3	33.3±1.3	54	35.0±0.8	4.3±0.1	3.7±0.1	100	1.3±0.1	8.3±0.2	8.3±0.6
9	2.3±0.2	7.0±0.3	3.0±0.1	55	52.3±0.9	4.7±0.3	0.7±0.1	101	2.3±0.1	2.7±0.3	2.7±0.8
10	5.3±0.5	11.7±0.1	4.3±0.5	56	10.7±0.1	6.3±0.7	9.0±0.3	102	0.0±0.0	4.0±0.2	4.0±0.2
11	7.3±1.2	7.7±0.2	3.7±0.3	57	12.7±0.3	4.7±0.2	4.7±0.2	103	3.3±0.1	4.3±0.1	4.3±0.4
12	2.3±0.1	3.7±0.1	1.7±0.2	58	12.7±0.3	5.3±0.2	10.0±0.0	104	2.7±0.1	5.0±0.1	5.0±0.1
13	3.0±0.3	4.0±0.8	1.7±0.2	59	14.0±0.2	3.3±0.1	5.7±0.1	105	2.0±0.2	5.3±0.6	5.3±0.7
14	1.7±0.2	4.0±0.4	1.7±0.2	60	5.7±0.1	4.0±0.1	6.0±0.4	106	1.0±0.2	6.3±0.2	6.3±0.4
15	3.7±0.3	1.7±0.3	0.7±0.1	61	23.3±0.8	8.3±0.7	5.7±0.1	107	0.7±0.1	2.0±0.2	2.0±0.8
16	10.7±0.8	2.0±0.2	2.3±0.3	62	17.3±1.2	2.7±0.3	8.0±0.2	108	1.3±0.1	3.7±0.1	3.7±0.2
17	5.7±0.6	4.7±0.6	6.0±0.3	63	7.0±0.3	3.7±0.2	5.0±0.0	109	0.0±0.0	3.3±0.1	3.3±0.3
18	9.7±1.0	2.7±0.3	4.3±0.1	64	9.3±0.5	1.3±0.1	3.3±0.3	110	1.7±0.2	4.3±0.1	4.3±0.3
19	8.7±0.3	5.3±0.2	7.0±0.4	65	5.0±0.3	1.3±0.1	3.0±0.0	111	2.0±0.0	4.0±0.1	4.0±0.3
20	25.3±0.4	6.7±0.2	6.7±0.2	66	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0	112	1.0±0.2	4.0±0.1	4.0±0.4
21	29.7±0.7	9.7±0.7	5.0±0.1	67	8.0±0.2	4.0±0.2	4.0±0.1	113	2.0±0.0	3.3±0.2	3.3±0.0
22	30.0±1.4	4.3±0.5	4.3±0.2	68	9.7±0.7	2.3±0.3	3.7±0.1	114	4.0±0.2	3.3±0.1	3.3±0.3
23	25.7±2.5	8.0±0.3	3.7±0.1	69	5.3±0.1	6.3±0.4	4.0±0.1	115	2.0±0.2	10.3±0.4	10.3±1.1
24	9.3±0.7	5.3±0.2	1.0±0.2	70	6.7±1.0	6.7±0.31	3.3±0.2	116	1.3±0.1	1.3±0.2	1.3±0.3
25	16.7±0.9	4.7±0.4	4.3±0.4	71	8.3±1.2	8.3±0.1	6.7±0.3	117	2.3±0.2	1.3±0.1	1.3±0.1
26	12.3±1.2	7.7±0.2	5.3±0.2	72	3.7±1.1	3.7±0.1	7.3±0.4	118	0.3±0.1	1.7±0.1	1.7±0.2
27	19.3±0.7	7.7±0.3	3.0±0.3	73	5.0±1.1	5.0±0.1	5.0±0.0	119	1.3±0.1	0.7±0.1	0.7±0.2
28	27.0±0.2	5.3±0.1	3.3±0.1	74	8.3±0.6	8.3±0.4	2.3±0.1	120	1.3±0.1	1.7±0.2	1.7±0.1
29	31.7±1.8	7.0±0.2	3.7±0.7	75	4.7±0.6	4.7±0.1	3.7±0.1	121	2.3±0.3	1.3±0.1	1.3±0.2
30	40.0±0.6	3.3±0.3	0.7±0.1	76	4.7±0.5	4.7±0.1	7.7±0.2	122	0.7±0.1	1.7±0.2	1.7±0.2
31	10.0±1.9	0.0±0.0	0.0±0.0	77	10.3±1.7	10.3±0.2	4.3±0.1	123	0.7±0.1	0.7±0.1	0.7±0.2
32	16.0±0.6	3.7±0.2	3.0±0.2	78	7.3±1.4	7.3±0.3	3.0±0.1	124	1.3±0.1	2.3±0.1	2.3±0.0
33	4.7±0.2	7.0±0.2	0.7±0.1	79	6.3±1.6	6.3±0.1	4.7±0.1	125	1.3±0.1	1.3±0.1	1.3±0.0
34	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0	80	7.0±0.8	7.0±0.1	7.3±0.4	126	1.7±0.2	1.0±0.2	1.0±0.3
35	14.7±0.8	9.7±0.3	3.3±0.1	81	4.3±1.0	4.3±0.1	3.0±0.0	127	1.0±0.1	3.7±0.2	3.7±0.3
36	7.7±0.4	9.3±0.8	3.0±0.4	82	2.3±0.7	2.3±0.2	0.7±0.1	128	0.7±0.1	3.3±0.1	3.3±0.3
37	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0	83	4.7±1.5	4.7±0.1	0.3±0.1	129	1.7±0.2	3.3±0.1	3.3±0.5
38	17.0±1.3	6.3±0.4	4.0±0.4	84	1.0±0.6	1.0±0.2	3.3±0.1	130	1.3±0.1	1.0±0.2	1.0±0.2
39	12.3±1.5	4.3±0.1	3.0±0.2	85	1.3±0.6	1.3±0.1	0.7±0.1	131	1.0±0.2	4.3±0.4	4.3±0.3
40	7.0±0.7	2.7±0.3	2.3±0.1	86	2.3±0.1	2.3±0.1	1.0±0.2	132	2.0±0.2	4.0±0.2	4.0±0.2
41	19.0±1.1	3.3±0.1	1.0±0.2	87	5.7±0.3	5.7±0.2	3.3±0.1	133	2.7±0.1	4.0±0.1	4.0±0.4
42	18.3±0.5	7.0±0.5	3.0±0.3	88	4.3±0.0	4.3±0.2	3.0±0.2	134	2.0±0.2	3.7±0.1	3.7±1.6
43	17.3±1.0	9.0±0.6	10.0±0.8	89	3.3±0.6	3.3±0.1	3.3±0.1	135	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0
44	12.7±0.6	5.3±0.6	10.3±0.3	90	3.0±0.5	3.0±0.1	2.7±0.1	136	2.0±0.1	4.3±0.1	4.3±0.4
45	9.3±0.3	4.0±0.3	9.7±0.4	91	0.7±0.1	2.7±0.1	2.7±0.7				
46	17.7±0.2	3.7±0.1	7.7±0.2	92	0.3±0.1	3.0±0.1	3.0±0.4				



شکل ۱- تغییرات جمعیت تریپس در مراحل اول (دهه اول خرداد)، دوم (دهه دوم خرداد) و سوم (دهه سوم خرداد) نمونه‌برداری

Figure 1. Thrips population fluctuations in the first (3rd decade of May), second (1st decade of June), and third (2nd decade of June) sampling

لاین‌های ۱۱۹، ۱۲۱ و ۱۲۶ از نظر مقاومت آنتی‌زنوزی مقاوم و از نظر مقاومت آنتی‌بیوزی نیم حساس و لاین‌های ۱۱۷ و ۱۲۰ از نظر مقاومت‌های آنتی‌زنوزی و آنتی‌بیوزی به‌ترتیب مقاوم و حساس ارزیابی شدند و به نظر می‌رسد که لاین‌های مذکور روی یکی از مکانیسم‌های مقاومت تمرکز بیش‌تری دارند. به این ترتیب، گیاه در برابر آفت مورد بررسی در لاین‌های مختلف از مکانیسم‌های متنوع برای جلوگیری، کاهش و جبران خسارت احتمالی آفت بهره می‌گیرد تا بدین ترتیب جایگاه خود را به عنوان گیاهی مقاوم در برابر آفات و بیماری‌ها حفظ کند. این حالت در لاین‌های ۱۲، ۱۴، ۱۱۱ ، ۱۳ و ۱۱۴ که از نظر مقاومت آنتی‌زنوزی نیمه مقاوم و از نظر مقاومت آنتی‌بیوزی حساس یا نیمه حساس بودند نیز دیده شد. لاین‌های ۵۴، ۸۲ و ۲۲ از نظر مقاومت آنتی‌زنوزی نیمه حساس و از نظر مقاومت آنتی‌بیوزی به ترتیب مقاوم، مقاوم و نیمه مقاوم بودند.

در مطالعه سوروکا و همکاران (Soroka *et al.*, 2014) مشخص شد که لاروهای سن اول شب‌پره پشت الماسی سه روز پس از استقرار روی کاملینا، حدود ۷۹ درصد مرگ و میر دارند. مقدار تغذیه کم شب‌پره پشت الماسی از کاملینا نشان‌دهنده پرهیز این حشره از گیاه و در نتیجه، خسارت کم به این گیاه است. مکانیسم‌های تخصصی آنتی‌زنوزی و آنتی‌بیوزی در کاملینا در برابر شب‌پره‌های پشت الماسی شناسایی شده است که جمعیت‌های خسارت‌زای شب‌پره پشت الماسی را پس از استقرار و در مواردی پیش از استقرار از خود دور می‌کنند. در بررسی‌های اونیلاقا و همکاران (Onyilagha *et al.*, 2012) با تهیه عصاره ترکیبات کافئین/کوئینات از برگ‌های کاملینا مشخص شد که این ترکیبات نقش عمده‌ای در مصونیت کاملینا در برابر تغذیه سوسک‌های کک مانند داشته‌اند. در مطالعه‌ای درباره فلونوئیدهای خانواده Brassicaceae، وجود کوئرستین

گلیکوزیدها[1]ایی مثل روتین[2]تشخیص داده شد که این ترکیب، فلونوئید اصلی برگ‌های کاملینا است. اگرچه این ترکیب در ترجیح غذایی *M. configurata* که از جمله آفات کاملینا است، نقش ویژه‌ای نداشت. وجود مقادیر زیاد فلونوئیدها در برگ‌های کاملینا موجب مقاومت آن در برابر سوسک برگخوار شده است، اما در کلزا با وجود فلونوئید کائمفرول[3]گلیکوزید این گیاه نسبت به این حشره حساس است و می‌تواند ما را به این نتیجه برساند که وجود کوئرسیتین در کاملینا مانع تغذیه این آفت است. مشابه این حالت درباره شته *B. brassicae* که آفت اختصاصی خانواده چلیپائیان است نیز وجود دارد که روی کلزا خسارت قابل توجهی ایجاد می‌کند، اما روی کاملینا قادر به ایجاد خسارت جدی نیست (Chesnais *et al.*, 2015).

در ارزیابی مکانیسم مقاومت تحمل، لاین‌های ۵۱ و ۵۴ در مجموع هر سه مرحله نمونه‌برداری به‌ترتیب با تراکم جمعیت ۱/۹±۵۰/۷ و ۲/۰±۴۳/۰، جزو محدود لاین‌هایی بودند که با وجود تراکم جمعیت بالا، عملکرد بالا و قابل توجهی داشتند و از این رو از نظر این مقاومت، متحمل تشخیص داده می‌شوند. لاین‌های ۶۸، ۶۹، ۷۵، ۸۳، ۸۴، ۹۶، ۱۰۰ و ۱۳۴ نیز به همین روش نیمه متحمل تشخیص داده شدند. روی لاین‌های ۳، ۱۲، ۱۳، ۱۴، ۱۵ و ۳۱ تراکم جمعیت پایینی از تریپس مشاهده شد و با این حال کاهش عملکرد داشتند و از نظر مقاومت تحمل، حساس بودند.

در مجموع، لاین ۵۴ به عنوان مقاوم‌ترین لاین در برابر تریپس معرفی می‌شود که از نظر مقاومت آنتی‌زنوز نیمه‌حساس، از نظر مقاومت آنتی‌بیوز مقاوم و از نظر مقاومت تحمل، متحمل است.

نتایج نشان داد همبستگی معنی‌داری بین سه متغیر عملکرد، درصد کپسول‌های ناسالم و درصد تعداد بذرهای ناسالم برقرار است (P_{value}< 0.05). مقدار ضریب همبستگی بین عملکرد و درصد کپسول‌های ناسالم ۰/۳۲- بود. وجود رابطه منفی به معنی رابطه عکس است. بدین‌ترتیب، با افزایش درصد کپسول ناسالم، عملکرد کاهش یافته است. درباره همبستگی بین درصد بذرهای ناسالم و عملکرد با مقدار ضریب همبستگی ۰/۴۱- وضعیت به همین شکل است و افزایش درصد بذرهای ناسالم با کاهش عملکرد لاین‌های کاملینا همبستگی منفی داشته است. ضریب همبستگی بین درصد کپسول‌های ناسالم و بذرهای ناسالم ۰/۶۰ است و به این ترتیب، با افزایش درصد کپسول‌های ناسالم، درصد بذرهای ناسالم نیز افزایش یافته است. به عبارت دیگر، می‌توان گفت که تغذیه آفات نه تنها روی شکل ظاهری کپسول‌ها تأثیر گذاشته و باعث انتخاب آنها به عنوان کپسول ناسالم شده است، بلکه به بذرهای داخل کپسول نیز آسیب رسانده و تعداد بذرهای ناسالم را نیز افزایش داده است. طبق مشاهدات در مواردی تعداد کل بذرهای موجود در کپسول‌های آلوده کمتر از تعداد بذر کپسول‌های سالم بوده است و بدین ترتیب تغذیه حشره در نهایت روی عملکردگیاه (میانگین وزن ۵ بوته در هر لاین) اثر منفی گذاشته است.

نتایج بررسی رابطه رگرسیون بین عملکرد، درصد کپسول‌های ناسالم و بذرهای ناسالم (متغیرهای وابسته) با تراکم جمعیت تریپس (متغیر مستقل) نشان داد که تراکم جمعیت تریپس اگرچه تاثیر منفی روی عملکرد داشته است و شیب خط رگرسیون منفی شده است (b= -0.040±0.028)، ولی از لحاظ آماری این کاهش عملکرد معنی‌دار نبوده است (P_{value}= 0.151). در مقابل، تأثیر تریپس روی درصد کپسول‌های ناسالم معنی‌دار بوده است (P_{value}<0.001) و شیب خط رگرسیون مثبت شده است (b= 0.358±0.081)؛ به این معنی که با افزایش تراکم تریپس، درصد کپسول‌های ناسالم هم افزایش پیدا کرده است. تراکم جمعیت تریپس بر اساس رابطه رگرسیون خطی (b= 0.110±0.079) تاثیر معنی‌داری روی درصد بذرهای خسارت دیده نداشته است (P_{value}= 0.166). این نتایج در تضاد با خروجی حاصل از بررسی رابطه همبستگی بین متغیرهای عملکرد، درصد کپسول‌های ناسالم و درصد دانه‌های ناسالم است. با توجه به اینکه دقت رگرسیون خطی به خصوص بین متغیرهای عملکرد و درصد دانه‌های ناسالم با

[1]. Quercetin glycoside
[2]. routine
[3]. kaempferol

تراکم جمعیت تریپس بسیار پایین است (r<0.2)، نتایج آن به لحاظ آماری قابل اتکا نیست و نتیجه‌گیری حاصل از رابطه همبستگی مطمئن‌تر است.

یکی از عمده‌ترین آفات کلزا، تریپس پیاز، *T. tabaci* است. این آفت چندین‌خوار بوده و علاوه بر کلزا باعث ایجاد آسیب جدی به خردل، آفتابگردان، گل کلم، پنبه، سبزیجات و گیاهان زینتی در سراسر جهان می‌شود (Bjorn, 1995; Fathi *et al*., 2010). در پژوهشی بیان شد که دانه‌های روغنی، به‌ویژه کلزا، *Brassica napus* L. و *B. rapa* L. بخش عمده‌ای از چشم‌انداز دشت در کانادا را تشکیل می‌دهند. راسته‌های اصلی حشرات موجود در مزارع دانه‌های روغنی شامل Orthoptera، Thysanoptera، Hemiptera، Coleoptera، Lepidoptera، Diptera و Hymenoptera بود. از راسته Thysanoptera تریپس پیاز یکی از آفات خسارت‌زای این محصولات معرفی شد (Gavloski *et al*., 2011).

در پژوهشی که به‌منظور شناسایی گونه‌های تریپس و همچنین، تعیین گونه غالب در مزارع سیر استان همدان انجام شد، گونه *T. tabaci* با فراوانی ۶۴/۸۹ درصد از کل نمونه-های جمع‌آوری شده به‌عنوان گونه غالب در این مزارع معرفی شد (Mirab-balou, 2016). در پژوهش دیگری که در خصوص شناسایی و معرفی آفات دانه‌های روغنی در کشور اوکراین انجام شد، *T. tabaci* به عنوان یکی از آفات این محصولات معرفی شد که خسارت زیادی به کلزا وارد می‌کند (Stankevych *et al*., 2020).

در مجموع، در بررسی مکانیسم‌های مقاومت، ۲۲ لاین از نظر مقاومت آنتی‌زنوزی، ۲۴ لاین از نظر مقاومت آنتی‌بیوزی و ۹ لاین از نظر مقاومت تحمل، مقاوم و نیمه مقاوم و متحمل تشخیص داده شدند و در مجموع، ۵۶ لاین که حداقل از نظر یک مکانیسم در برابر تراکم جمعیت تریپس‌ها مقاومت نشان داده‌اند، در بین این ۱۳۶ لاین وجود داشته است. لاین ۵۴ به عنوان بهترین لاین در مقابل تریپس پیاز تشخیص داده شد و بر همین اساس توصیه می‌شود که برای داشتن عملکرد بالاتر کاملینا از ارقام Voronezh 349 و Czestochowska برای کشت در مزارع استفاده شود.

References

Ahmadi, K., Ebadzadeh, H., Abdshah, H., Kazemiyan, A. and Rafiee, M. 2018. Agricultural Statistics. Available in: https://www.maj.ir/Index.aspx?page_=form&lang=1&PageID=11583&tempname=amar&sub=65&methodName=ShowModuleContent.

Chesnais, Q., Verzeaux, J., Couty, A., Le Roux, V. and Ameline, A. 2015. Is the oil seed crop *Camelina sativa* a potential host for aphid pests?. **BioEnergy Research** 8(1): 91-99.

Fathi, S. A. A., Nouri-Ganbalani, G. and Sadaghati, M. 2010. Resistance of some canola cultivars to *Myzus persicae* (Hemiptera: Aphididae). **Applied Entomology and Zoology** 45: 601–608.

Fathi, S. A. A., Gholami, F., Nouri-Ganbalani, G. and Mohiseni, A., 2011. Life history parameters of *Thrips tabaci* (Thysanoptera: Thripidae) on six commercial cultivars of canola. **Applied Entomology and Zoology** 46(4): 505-510.

Ghamarnia, H., Dehghanian, M., Kahrizi, D. and Forughi, I. 2016. Water usage efficiency and plant yield of *camelina sativa*. Proceedings of the Third Scientific Research Conference on the Development and Promotion of Agricultural Sciences, Natural Resources and Environment, 12 September, Iran. pp. 10. (In Farsi).

Gavloski, J., Carcamo, H. and Dosdall, L. 2011. Insects of canola, mustard, and flax in Canadian grasslands. In Floate, K. D.(Ed.). Arthropods of Canadian grasslands (Volume 2): inhabitants of a changing landscape. Biological survey of Canada. pp. 181-214.

Mirab-balou, M. 2016. Identification of thrips species on garlic fields in Hamedan province and determination of dominant species**. Journal of Plant Protection** 30(2): 209-218.

Mirab-balou, M., Miri, B., Allahyar, R. and Poorkashkooli, M. 2014. A preliminary study on fauna of Thysanoptera in Abdanan (Ilam Province). **Persian Gulf Crop Protection** 3(2): 115–123.

Mound, L. A. and Teulon, D. A. J. 1995. Thysanoptera as phytophagous opportunists. In Parker, B. L., Skinner, M. and Lewis, T. (Eds.). Thrips biology and management. Plenum Press, New York, USA. pp. 3-21.

Onyilagha, J., Bala, A., Hallett, R., Gruber, M., Soroka, J. and Westcott, N. 2003. Leaf flavonoids of the cruciferous species, *Camelina sativa*, *Crambe* spp., *Thlaspi arvense* and several other genera of the family Brassicaceae. **Biochemical Systematics and Ecology** 31: 1309-1322.

Onyilagha, J., Gruber, M., Hallett, R., Holowachuk, J., Buckner, A. and Soroka, J. 2012. Constitutive flavonoids deter flea beetle insect feeding in *Camelina sativa* L. **Biochemical Systematics and Ecology** 42: 128-133.

Schellhorn, N. A., Glatz, R. V. and Wood, G. M. 2010. The risk of exotic and native plants as hosts for four pest thrips (Thysanoptera: Thripinae). **Bulletin of Entomological Research** 100(5): 501-510.

Soroka, J., Olivier, C. and Grenkow, L. 2014. Interactions between *Camelina sativa* (Brassicaceae) and insect pests of canola. **The Canadian Entomologist** 147(2): 193-214.

Stankevych, S. V., Yevtushenko, M. D., Zabrodina, I. V., Lezhenina, I. P., Baidyk, H. V., Filatov, M. O., Sirous, L. Y., Yushchuk, D. D., Molchanova, O. A., Melenti, V. O. and Matsyura, A. V. 2020. Pests of oil producing cabbage crops in the eastern forest-steppe of Ukraine. **Ukrainian Journal of Ecology** 10: 223-231.

Zubr, J. 1996. Oil-seed crop: *Camelina sativa***. Industrial Crops and Products** 6: 113-119.

Plant Pest Research
2022- 12 (3): 83-93

Open access
doi: 10.22124/iprj.2022.6018

Research paper

Resistance of different *Camelina sativa* (Brassicaceae) lines to *Thrips tabaci* under field conditions

S. Sarrani[1], A. A. Zamani[1*] and D. Kahrizi[2]

1. Department of Plant Protection, College of Agriculture, Razi University, Kermanshah, Iran, 2. Department of Production Engineering and Plant Genetics, College of Agriculture, Razi University, Kermanshah, Iran

(Received: July 26, 2022- Accepted: December 5, 2022)

Abstract

Camelina, *Camelina sativa* (L.) Crantz (Brassicaceae) is an oilseed plant that was imported to Iran in 2015. Camelina is a cold-tolerant oilseed crop with minimal input requirements. In this study, the population density of *Thrips tabaci* Lindeman and its effect on the yield of different lines of camelina were investigated under field conditions. In this regard, 136 lines of camelina cultivated in the farm and for sampling, each plant was considered as a sampling unit and the number of thrips was counted on each plant after tapping. The number of healthy and injured capsules and seeds were also counted in each line with three replications. The results showed that yield decreased with increasing percentage of injured capsules. In addition, the percentage of damaged seeds was negatively correlated with the yield of camelina lines and the percentage of injured capsules was positively correlated with the percentage of damaged seeds. The results of linear regression showed that the relationship between thrips population density and yield and percentage of damaged seeds was not significant, while a positive and significant relationship was observed between thrips population density and percentage of injured capsules, meaning that with increasing thrips density, percentage of injured capsules increased, as well. Based on the findings, line 54 was recognized as the most resistant line against *T. tabaci* which was a semi-sensitive, resistant and tolerant line in term of antixenosis, antibiosis and tolerance mechanisms, respectively.

Key words: Antibiosis, Antixenosis, oilseed crops, onion thrips, tolerance

* Corresponding author: azamani@razi.ac.ir

CC BY