Iranian Journal of Field Crop Science
Vol 52, No 1, Spring 2021 (25-36)
DOI: 10.22059/ijfcs.2020285372.654626

علوم گیاهان زراعی ایران
دورهٔ ۵۲، شمارهٔ ۱، بهار ۱۴۰۰ (ص۳۶-۲۵)

دفاع مستقیم برخی ارقام لوبیا (*Phaseolus vulgaris*) نسبت به حمله کنه دولکه‌ای (*Tetranychus urticae Koch.*)

آذر محمدی[۱]، علیرضا طالعی*[۲]، محمد خانجانی[۳] و رضا معالی امیری[٤]

۱و۲و٤- به‌ترتیب دانشجوی دکتری، استاد و دانشیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، ۳- استاد، گروه گیاهپزشکی، دانشکده کشاورزی دانشگاه بوعلی سینا همدان

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/٤/۲٤ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۱۰/۲۸)

چکیده

به‌منظور بررسی دفاع مستقیم گیاهچه‌ای نسبت به حمله کنه دولکه‌ای با استفاده از آزمون‌های مقاومت (آنتی‌زنوز، آنتی‌بیوز، تحمل‌پذیری و شاخص PRI)، خصوصیات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی ده رقم لوبیا، در سال ۱۳۹٦ مورد ارزیابی قرار گرفت. سازوکار آنتی‌زنوز و تحمل‌پذیری، به‌عنوان دقیق‌ترین آزمون‌ها در ارزیابی مقاومت لوبیا در مقابل حمله TSSM شناخته شدند. از طرفی، صفات دیر جوانه‌زنی، رشد و نمو سریع، زودرسی، تیپ رشدی ایستاده بوته، سطح کم کوتیلدون و ضخامت برگ همراه با رنگ تیره آن، به‌عنوان راهکارهای سازوکار فرار در ارقام مقاوم لوبیا علیه حمله کنه شناخته شدند. برخی صفات اپیدرمی مانند کرک قلابی شکل و تراکم و فراوانی بالای کرک، به ویژه در ناحیه اپیدرم زیرین برگ، با داشتن رفتار به تله انداختن کنه، به‌عنوان اولین سد دفاعی با ارقام متحمل لوبیا ارتباط بالایی داشتند. در حقیقت، صفت قلابی شکل کرک در برگ، ضمن درگیرشدن با قسمت‌های مختلف بدن مانند پنجه پا، قطعات دهانی و تخم‌ریز، مانع حرکت، تغذیه و تولیدمثل TSSM می‌شوند. این ویژگی‌ها باعث کاهش سطح آسیب برگ و در نتیجه افزایش تحمل لوبیا شدند. لاین‌های ۹۸-۰۷۱-٦۵، ۱۰۷-۰٦۲-۵٦ و رقم ناز، به‌عنوان متحمل‌ترین ارقام و ژنوتیپ‌های اختر و ٤۰۰-۰۷۱-٦۵ به‌عنوان حساس‌ترین ارقام ارزیابی شدند.

واژه‌های کلیدی: دام اندازی کنه، دفاع مرتبط با کرک، سازوکارهای مقاومت، کنه دولکه‌ای، لوبیا.

Direct defense of common bean accessions against two-spotted spider mite (*Tetranychus urticae* Koch.) attack

Azar Mohammadi[1], Alireza Taleei*[2], Mohammad Khanjani[3]* and Reza Maali-Amiri[4]
1,2,4. Department of Agronomy and Plant Breeding, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran,3. Department of Plant Protection, Bu–Ali Sina University, Hamedan
(Received: July 15, 2019 - Accepted: January 18, 2020)

ABSTRACT

To find the direct defense of seedling resistance of common beans, by resistant mechanisms, morphological and physiological attributes of ten cultivars (*Naz, Dorsa, Akhtar, KS41128*, 65-062-107, 65-071-98, 65-071-306, 65-071-410, 65-071-400, and 65-071-405) were evaluated against two-spotted spider mite in 2017 at Bu-Ali Sina university, Hamedan, Iran. Among four kinds of resistant mechanisms such as antixenosis, antibiosis, tolerant tests and PRI index, both antixenosis and tolerance mechanisms determined to be the most accurate tests in the evaluating of common bean resistance against TSSM attack. Germination delay, development and fast growth, early maturity, erected posture, small cotyledon area, the more leaf thickness along with the dark-colored demonstrated were the escape mechanisms of common beans tolerant genotypes against TSSM attack. Some epidermal traits such as the first defense barrier on common bean like hook-shaped and high density of trichome especially on abaxial epidermis by having trapping behavior showed high relation with tolerant genotypes. In fact, in tolerant beans, related-traits to trichome on leaves entrapped the body parts of TSSM such as leg tarsi, mouthpart and ovipositor and prevented to move, feed and reproduction of mites and therefore, these features decreased damage to leaf area of *Phaseolus vulgaris* as well. The 65-071-98, 65-062-107 genotypes and NAZ, were certainly categorized as the most tolerant cultivars while Akhtar and 65-071-400 were introduced as the most susceptible accessions of common beans, respectively.

Keywords: Bean, resistance mechanisms, trapping behavior, trichome-based defense, two-spotted spider mite.

* Corresponding author E-mail: ataleei@ut.ac.ir

مقدمه

لوبیا مهم‌ترین منبع مهم پروتئین، کربوهیدرات، ویتامین، مواد معدنی و اسیدهای چرب اشباع نشده در جهان است (Celmeli *et al.*, 2018) و در ایران با سطحی بالغ بر ۷۸۷ هزار هکتار و متوسط تولید ۶۷۰ هزارتن، عمدتاً در استان‌های استان مرکزی، لرستان، فارس و زنجان کشت می‌شود (Anonymous, 2017).

کنه تارتن دو لکه‌ای با داشتن بیش از ۱۸۰ گونه میزبان، یکی از گیاهخواران چندخوار و از جمله مهم‌ترین آفات لوبیا به حساب می‌آید که در طیف گسترده، با تغذیه از برگ، ایجاد زخم‌های کوچک خاکستری و نقره‌ای، تخریب کلروپلاست و کاهش فتوسنتز، باعث ایجاد خسارات شدید می‌شود (Martinez-Ferrer *et al.*, 2006; Van Leeuwen *et al.*, 2010). همه این عوامل، منجر به کاهش کیفیت محصول و عملکرد به مقدار ۲۰-۱۰ درصد می‌شود (Khanjani & Haddad Irani-Nejad, 2009).

اگرچه کنترل شیمیایی، یک روش عمومی جهت کاهش جمعیت حشرات است، اما کنترل کنه تارتن دو لکه‌ای (TSSM[1]) به روش شیمیایی بسیار مشکل می‌باشد. نرخ بالای افزایش جمعیت و نیز توانایی در ایجاد سریع مقاومت به آفت‌کش، منجر به عدم موفقیت کامل کنترل کنه تارتن دولکه‌ای به روش شیمیایی شده است (Cullen *et al.*, 2008; Van Leeuwen *et al.*, 2010)؛ بنابراین، شناسایی نوع مقاومت ژنتیکی و ارزیابی ارقام مقاوم در تمام محصولات کشاورزی، از عمده برنامه‌های به‌نژادی کاهش خسارت نسبت به حمله آفت (TSSM) است (Khanjani, 2011).از طرفی، مرحله گیاهچه‌ای یکی از مهم‌ترین و حساس‌ترین مراحل رشدی لوبیا نسبت به حمله آفت کنه تارتن دو لکه‌ای می‌باشد و شرایط کشت در محیط گلخانه، بستر مناسبی را برای تولیدمثل و رشد کنه تارتن دو لکه‌ای فراهم می‌کند (Smith & Clement, 2012; Tahmasebi et al., 2011; Stenglein *et al.*, 2005).

مقاومت گیاه می‌تواند در نتیجه سه سازوکار اصلی اتفاق افتد: انتخاب آزاد (آنتی‌زنوز)، آنتی بیوز و تحمل. اگرچه ممکن است این سازوکارها مستقل عمل کنند، اما اغلب روی یکدیگر اثر متقابل دارند (Painter, 1951; Smith, 2005). صفات آنتی بیوز از طریق افزایش مرگ و میر، کاهش رشد، طول عمر و باروری روی زیست شناسی آفات تاثیر منفی دارند (Smith & Clement, 2012). در نتیجه بررسی مقاومت آنتی‌بیوز در سطح مزرعه روی هفت لاین لوبیا، چیتی لردگان نسبت به (TSSM) یک رقم متحمل به کنه معرفی شد (Saeidi & Salehi, 2005). در بررسی تراکم جمعیت و اثرات توزیع کنه (*T. urticae*) در چهار رقم لوبیای ایرانی معلوم شد که بیشترین و کمترین تراکم جمعیت (TSSM)، به‌ترتیب مربوط به دو رقم تلاش و پرستو بود (Ahmadi *et al.*, 2005). در ارزیابی مقاومت ۳۶ ژنوتیپ لوبیا در گلخانه با استفاده از آزمون‌های آنتی‌زنوز، آنتی-بیوز و تحمل، ژنوتیپ‌های KS21163 و KS21235 به‌عنوان متحمل‌ترین ارقام از نظر عملکرد مطلوب و کاهش خسارت در اثر تحمل به حمله کنه شناخته شدند (Yousefi & Dorri, 2005).

از جمله ویژگی‌های ساختاری برگ در ایجاد مقاومت به کنه، وجود موم کریستالی و کوتیکول به‌عنوان بیرونی-ترین سد دفاعی فیزیکی در ایجاد دفاع مستقیم در اپیدرم است. کوتیکول ضخیم‌تر، اغلب مانع از نفوذ، تغذیه و تخم‌گذاری کنه می‌شود (Helna *et al.*, 2017). با توجه به این‌که در لوبیا معمولی، علاوه بر کرک‌های ترشحی، دو نوع کرک غیرترشحی (نیزه‌ای و قلابی شکل با تراکم و توزیع متفاوت) وجود دارد (Jimenez *et al.*, 2012)، وجود تنوع در میان خصوصیات میکرواپیدرمی سطح برگ لوبیا از جمله ضخامت کوتیکول، نوع، اندازه و تراکم کرک و شکل روزنه نشان داد که بین تعداد و ساختار کرک‌های اپیدرمی سطح رویی[2] و زیرین[3] برگ در ارقام متحمل به پاتوژن ها، تفاوت معنی‌دار وجود داشت (Stenglein *et al.*, 2005). به‌هر حال، کرک‌ها در ایجاد مقاومت گیاهی به انواع پاتوژن‌ها، انگل‌ها و استرس‌ها

[1] Two potted Spider Mite
[2] Adaxial epidermis
[3] Abaxial epidermis.

نقش مهمی ایفا می‌کنند (Moon *et al.*, 2009)، به‌طوری‌که با بررسی کرک‌های غیرترشحی و چهار نوع از کرک‌های ترشحی هر دو طرف برگ، مشاهده شد که تنظیم‌کننده‌های رشد، مقادیر کمی و کیفی ترکیبات آلی فرار (VOC) و تعداد و توزیع کرک‌ها سطح برگ را در ارقام متحمل تحت تاثیر قرار می‌دهند (Helna *et al.*, 2017). علاوه برآن، افزایش سطح مواد فرار با اعمال استرس‌های زیستی همبستگی دارد، زیرا کرک‌ها مستقیماً با ذخیره و ترشح ترکیبات فیتوشیمیایی همراه بودند (Choudhary *et al*., 2017). در مطالعه برر سی تاثیر رفتار تله‌گونه کرک‌های سطح زیرین لوبیای معمولی در به دام انداختن و کشتن حشره (*Liriomyza trifolii*)، مشخص شد که قطعات دهانی، پاهای قدامی و تخم‌ریز حشرات بالغ در کرک های قلابی شکل لوبیا درگیر می‌شدند و بنابراین توانایی حشره جهت تغذیه، جابجایی و تخمگذاری را تضعیف کردند (Zhenlong *et al,*. 2017).

این تحقیق به‌منظور بررسی سازوکارهای مقاومت آنتی-زنوز، آنتی‌بیوز، تحمل و شاخص مقاومت گیاهی (PRI) برخی ارقام علیه حمله کنه تارتن دولکه‌ای و مطالعه صفات مرفولوژیکی و فیزیولوژیکی مرتبط با دفاع مستقیم برای یافتن کارآمدترین و متحمل‌ترین ارقام لوبیا انجام شد.

مواد و روش‌ها

مواد گیاهی و طرح آزمایشی

بر اساس نتایج تحقیقات محققین پیشین (Tahmasebi *et al*., 2011; Shoorooei *et al*., 2018)، ۱۰ ژنوتیپ لوبیای معمولی از بانک ژن پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران انتخاب و تهیه شدند (جدول ۱) و در سال ۱۳۹۶ در دانشگاه بوعلی سینای همدان، در قالب طرح کاملاً تصادفی (CRD) با سه تکرار و در محیط کاملاً کنترل شده اتاقک رشد کشت شدند.

جدول ۱- ژنوتیپ‌های منتخب بر اساس نتایج تحقیقات پیشین جهت انجام آزمایش.

Table 1. Selected genotypes based on the results of the previous investigations for the experiment.

Row	Accession number	Origin	Seed color
1	Bright Red	Iran (Breeding Variety)	Bright Red
2	(65-071-400)	Shahrood, Iran	Chiti
3	(65-071-405)	Bam, Iran	Dark Red
4	(65-071-306)	Dareh gaz, Iran	Red
5	(65-071-410)	Rafsanjan, Iran	White
6	KS41128	Iran (Line)	White
7	Dorsa	Iran (Breeding Variety)	White
8	(65-071-98)	Fars, Iran	White
9	(65-062-107)	Guatmala	Black
10	Naz	Iran (Breeding Variety)	Dark Red

شرایط رشدی گیاه لوبیا

نمونه‌برداری برگ‌ها در مرحله گیاهچه‌ای یعنی نمو کامل یک جفت برگ مرکب سه برگچه‌ای اولیه، (Tahmasebi *et al*., 2011) و در طول سه فاصله زمانی اعمال آلوده سازی بوته (روز اول، روز سوم و روز پنجم بعد از آلودگی) انجام شد (Shoorooei *et al*., 2018). ابتدا بذرها با قارچ کش رورال-تی اس ۱/۵ درصد ضدعفونی شدند و سپس جهت جوانه‌زنی روی کاغذ صافی و درون پتری دیش کشت شدند و در نهایت یک گیاه جوانه زده به داخل گلدان پلاستیکی (۲۵ سانتی-متر عمق×۲۰ سانتی‌متر قطر دهانه) حاوی خاک لومی استریل شده منتقل شد و آبیاری به‌طور مرتب هر دو روز یک‌بار انجام شد. گلدان‌ها در شرایط دمای ۲ ± ۲۵ درجه سانتی‌گراد، رطوبت نسبی ۵ ± ۶۵ درصد، دوره

نوردهی ۱۶ ساعت روشنایی و هشت ساعت تاریکی و با شدت نور ۱۳۰۰۰ لوکس توسط لامپ‌های اسرامل فلورا (Osraml Fluora 36W77)در اتاقک رشد پرورش داده شدند (Sadeghi *et al*., 2016).

بررسی ویژگی‌های مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی

به‌منظور بررسی همبستگی ساده صفات با مقاومت ژنوتیپ‌ها، برخی از صفات (رنگ دانه، تیپ رشد، تعداد روز تا جوانه‌زنی، تعداد روز تا دوبرگی شدن، اندازه کوتیلدون، ضخامت برگ، تراکم، اندازه و نوع کرک) در طول رشد لوبیا اندازه‌گیری شد (Stenglein *et al.,* 2005; Tahmasebi *et al.,* 2009). از آن‌جا که ویژگی‌های سلول‌های اپیدرمی سطح برگ، نقش بسیار مهمی در زمان حمله کنه (TSSM) بازی می‌کنند، بمابراین صفات شکل کرک (نیزه‌ای و قلابی شکل بودن)، تراکم کرک به میلی‌متر، اندازه کرک به میکرن در سطوح رویی و زیرین اپیدرم برگ و ضخامت برگ با دستگاه استریومیکروسکپ (Olympus) که به دوربین میکرومتر چشمی متصل به کامپیوتر مجهز شده است، بررسی شد (Stenglein *et al.,* 2005; Helna *et al.,* 2017).

تشکیل کلونی کنه تارتن دو لکه‌ای

کلنی اولیه (TSSM) از روی بوته‌های آلوده در سطح گلخانه جمع‌آوری و روی رقم اختر به‌عنوان رقم حساس پرورش یافت. علاوه بر این، به‌منظور فراهم آوردن شرایط بهینه رشد و تغذیه کنه، گلدان‌های حاوی بوته‌های سالم، هر دو هفته یک‌بار جایگزین می‌شدند (Shoorooei *et al.,* 2018).

هم‌سن سازی جمعیت کنه

برای هم‌سن کردن کنه‌ها، ویال محتوی پنبه اشباع از آب به همراه با دمبرگ برگچه میانی لوبیا، درون ظرف پتری دیش قرار داده شد و چندین کنه بالغ ماده با کمک برس نقاشی چهار صفر روی سطح برگ‌ها انتقال داده شد. پس از گذشت ۲۴ ساعت، کنه‌های ماده از محیط خارج شدند. در نهایت لاروهای کنه هم‌سان در محیط باقی ماندند که در آزمایشات مورد استفاده قرار گرفتند (Kamel-Manesh *et al.,* 2010).

آزمون آنتی‌زنوز

به‌منظور ارزیابی آنتی‌زنوز (آزمون غیرترجیح یا انتخاب آزاد)، گلدان‌های حاوی گیاه به‌طور تصادفی و دایره‌ای در اطراف پلت فرم با قطر ۱۰۰ سانتی‌متر و ارتفاع ۴۰ سانتی‌متر) در سه تکرار مستقر شدند، در حالی‌که برگ‌های انتخاب شده در بالای صفحه پلت‌فرم و ساقه و گلدان حاوی ریشه در قسمت زیرین پلت‌فرم از هم جدا شدند. سپس ۱۰۰ کنه بالغ ماده همسن در مرکز پلت فرم رهاسازی شدند (Modarres Najafabadi *et al*., 2012) و محیط به مدت ۷۲ ساعت توسط سلوفان ایزوله شد. در نهایت، تعداد کنه‌های زنده روی برگ‌های هرکدام از ژنوتیپ‌ها، به وسیله استریوسکوپ شمارش شد (Saeidi, 2013). تراکم بیشتر کنه‌ها در برخی برگ ها نشان از ترجیح حشره در انتخاب گیاه جهت تغذیه بود.

آزمون آنتی‌بیوز

تعداد ۳۰ کنه ماده بالغ روی هر بوته مستقر در گلدان رهاسازی شد (پنج عدد روی هر برگچه) و جهت عدم فرار کنه‌ها، تمامی گلدان‌ها توسط تور ارگانزای با سوراخ‌های کمتر از ۲۵۰ میکرن پوشیده شدند. پس از طی دو هفته، تعداد کنه های ماده روی برگ‌ها شمرده شدند (Mohammadi *et al.,* 2011).

آزمون تحمل

میزان تحمل به‌روش آزمون آنتی‌بیوز انجام شد. تنها تفاوت اندازه‌گیری چشمی، میزان آسیب در برگ و نمره‌دهی سطح آسیب بر اساس جدول ۲، از یک تا شش بود (Yousefi & Dorri, 2005; Saeidi, 2013).

شاخص مقاومت گیاه[1] *(PRI)*

محاسبه شاخص مقاومت گیاه طی چهار مرحله زیر انجام شد (Kamel-Manesh *et al*., 2010):

الف) محاسبه مقادیر آزمون‌های آنتی‌بیوز، آنتی‌زنوز و تحمل برای هر ژنوتیپ (توضیح روش محاسبه در قسمت بالا).

[1] Plant Resistance Index

جدول ۲- سطوح ناشی از خسارت (TSSM) روی برگ در شرایط اتاقک رشد.
Table 2. Damage levels of leaf caused by TSSM under growth chamber conditions

Infested level	Detail
1	No damage
2	Chlorosis of leaf back area less than 5%
3	Chlorosis of leaf back area between 5-25%
4	Chlorosis of leaf back area between 25-45%
5	Chlorosis of leaf back area between 45-65%
6	Necrosis of leaf back area more than 65%

ب) نرمال‌سازی داده‌ها به روش تخمین کمترین فاصله[1] به وسیله آزمون اندرسون-دارلینگ (Anderson & Darling, 1952).

ج) محاسبه داده‌های استاندارد شده (تقسیم شدن هر داده بر بزرگترین داده موجود).

د) تخمین شاخص مقاومت گیاه به وسیله فرمول زیر (Webster *et al*., 1993):

$$PRI\ index = [1\ /\ (Antibiosis.Antixenosis.Tolerance)]$$

تجزیه آماری

تجزیه و تحلیل آماری توسط نرم افزار Minitab نسخه ۱۶,۲,۲ انجام شد. برای داده‌های با توزیع غیرنرمال، از تبدیل داده جذر ریشه دوم ($\sqrt{x+0.5}$) استفاده شد. مقایسه میانگین‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن (p=0.05) انجام شد و گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها بر اساس مقدار آسیب برگ و تعداد کنه روی برگ، با کمک آزمون کلاستر و به روش وارد و فاصله پیرسونی ترسیم شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که بین ژنوتیپ‌ها از لحاظ آزمون‌های آنتی‌زنوز، آنتی‌بیوز، تحمل، شاخص مقاومت و صفات مرتبط به دفاع مستقیم گیاه، اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد نسبت به حمله کنه تارتن دولکه‌ای وجود داشت که نشان‌دهنده تنوع ژنتیکی بالا در بین ژنوتیپ‌های انتخاب شده بود (جدول ۳).

مقایسه میانگین‌ها

به‌منظور بررسی روابط بین صفات فیزیولوژیکی و مورفولوژیکی مرتبط با سازوکارهای دفاع مستقیم در ژنوتیپ‌های لوبیا، مقایسه میانگین به کمک آزمون دانکن انجام شد و نتایج در سه قسمت زیر مورد بررسی قرار گرفت (جدول ۴). با توجه به این‌که هر گونه تنش (زیستی و غیرزیستی) به راحتی چرخه آبشار پیام‌رسان را در گیاه فعال می‌کند، از برگ‌های سالم و برش نخورده (بدون روش دیسک برگی) استفاده شد تا جهت افزایش دقت آزمایش، اثر متقابل پیام‌رسانی تنش زخم و ترشح متابولیت‌های ثانویه حاصل از برش، کاهش یابد.

الف) جوانه زنی و ظهور برگچه‌های مرکب اولیه، تیپ رشد و سطح کوتیلدون

به لحاظ مورفولوژیکی، تیپ رشد ایستاده در لوبیا، متحمل به حمله (TSSM) بود. در این میان، لاین‌های ۱۰۷-۰۶۲-۶۵، ۹۸-۰۷۱-۶۵ و رقم ناز با حالت و فرم ایستاده، جزو ارقام مقاوم و رقم اختر و لاین ۴۰۰-۰۷۱-۶۵ با داشتن تیپ رشدی رونده، به‌عنوان ارقام حساس در یک گروه دسته‌بندی و شناسایی شدند. از طرفی، رقم درسا و KS41128 با تیپ رشدی نیمه رونده، به‌عنوان رقم نیمه مقاوم شناخته شدند. به نظر می‌رسد که تیپ رونده لوبیا، با داشتن تعداد بیشتر برگ و سطح سبز و همچنین نگهداری رطوبت بیشتر در سطح کانوپی خود، محیطی ایده‌آل برای استقرار و تولیدمثل کنه تارتن دولکه‌ای می‌باشد (Tahmasebi *et al.*, 2009). به لحاظ صفات روز تا جوانه‌زنی، روز تا مرحله گیاهچه‌ای و سطح کوتیلدون، ژنوتیپ‌های ناز، ۱۰۷-۰۶۲-۶۵ و ۹۸-۰۷۱-۶۵ ضمن ظهور دیرتر جوانه و گیاهچه (رشد و نمو دو برگ کامل) نسبت به بقیه ژنوتیپ‌ها، به‌عنوان متحمل‌ترین‌ها در مواجهه با کنه بودند. از طرف دیگر، ارقام و ژنوتیپ‌های حساس، دارای

[1] Minimum Distance Estimation

سطح کوتیلدون بیشتر و نیز سبزینه و تیرگی برگ کمتر نسبت به ارقام مقاوم بودند.

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس صفات مبتنی بر دفاع و سازوکارهای مقاومت.

Table 3. Results of variance analysis of defense-based traits and resistance mechanisms

S.O.V	df	Mean of square									
		Day to Germination	Day to Seedling	Cotyledon Area (cm^2)	Leaf Thickness (µ)	Trichome Density (per 5 mm^2)	Trichome Size (µ)	Antixenosis (No. alive mites on plant)	Antibiosis (No. female mites on plant)	Tolerance (Damage score)	PRI
Genotype	9	0.312 **	0.278 **	1.069 **	83.37 **	12.30 **	398.13 **	4.211 **	58.45 **	0.404 **	31.305 **
Error	20	0.007	0.005	0.005	0.962	0.027	2.012	0.121	0.682	0.032	0.438
CV (%)		3.12	1.88	1.53	3.74	3.34	7.53	6.81	6.48	8.69	17.21

** معنی دار در سطح احتمال یک درصد.

**: significant at 1% of probability levels.

جدول ۴- مقایسه میانگین ویژگی‌های مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی ژنوتیپ‌های لوبیا با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن (p=0.05)

Table 4. Mean comparisons of morphological and physiological characteristics of common bean genotypes based on Duncan's multiple range test (p=0.05)

Accession Number	Plant Posture	Day to Germination	Day to Seedling	Cotyledon Area (cm^2)	Leaf Thickness (µ)	Trichome Density (per 5 mm^2)
Akhtar	Prostrate	2.345 cd	3.628 d	4.582 de	25.507 d	4.018 e
65-071-400	Prostrate	2.271 d	3.719 cd	5.623 a	18.718 g	2.038 h
65-071-405	Erected-prostrate	2.345 cd	3.629 d	5.292 b	20.748 f	2.413 g
65-071-306	Prostrate	2.481 c	3.808 c	4.680 cd	23.247 e	4.599 d
65-071-410	Prostrate	2.739 b	3.439 e	4.541 e	20.585 fg	3.188 f
KS41128	Erected-prostrate	2.798 b	3.628 d	4.785 c	29.075 bc	4.182 e
Dorsa	Erected-prostrate	2.676 b	3.763 c	5.196 b	29.485 bc	5.114 c
65-071-98	Erected	3.082 a	4.339 a	4.188 g	28.642 c	7.081 b
65-062-107	Erected	3.027 a	4.143 b	3.551 h	34.994 a	7.945 a
Naz	Erected	3.135 a	4.262 ab	4.330 f	30.817 b	6.988 b

ادامه جدول ۴- مقایسه میانگین ویژگی‌های مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی ژنوتیپ‌های لوبیا با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن (p=0.05)

Table 4. Continued. Mean comparisons of morphological and physiological characteristics of common bean genotypes based on Duncan's multiple range test (p=0.05)

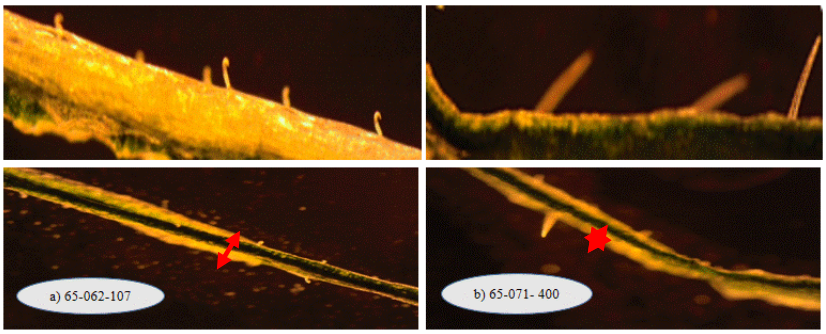
Accession Number	Trichome Type (in frequency)	Trichome Size (µ)	Antixenosis (No. alive mites on plant)	Antibiosis (No. female mites on plant)	Tolerance (Damage score)	PRI
Akhtar	Long straight	26.792 b	6.261 a	15.085 b	2.339 ab	1.588 d
65-071-400	Long straight	34.202 a	6.540 a	17.463 a	2.613 a	1.132 d
65-071-405	Long straight	33.453 a	6.565 a	17.552 a	2.544 a	1.146 d
65-071-306	Short straight	19.210 c	5.980 ab	15.189 b	2.196 bc	1.690 cd
65-071-410	Short straight	16.284 d	5.641 b	15.165 b	2.112 bcd	1.869 bcd
KS41128	Short straight	21.190 c	4.623 c	13.532 c	1.858 def	2.913 b
Dorsa	Hook- shaped	11.194 e	4.578 c	13.517 c	1.954 cde	2.825 bc
65-071-98	Hook- shaped	8.744 ef	3.763 d	6.701 d	1.678 f	7.983 a
65-062-107	Hook- shaped	7.900 f	3.703 d	6.653 d	1.678 f	8.347 a
Naz	Hook- shaped	9.388 ef	3.621 d	6.595 d	1.581 f	8.976 a

ب) صفات اپیدرمی: ضخامت برگ، تراکم، اندازه و شکل کرک

در برش عرضی میکروسکوپی از برگ‌هاف سه تیپ کرک در سطح زیرین اپیدرم برگ لوبیا (abaxial) وجود داشت که شامل کرک‌های نیزه‌ای شکل بلند، نیزه‌ای شکل کوتاه و قلابی شکل با تراکم و اندازه‌های متفاوت بودند (شکل ۱). ژنوتیپ‌های دارای کرک قلابی شکل با تراکم و فراوانی بالا، در مقابل حمله کنه دارای تحمل

بیشتری نسبت به ژنوتیپ‌های دارای فرم کرک نیزه‌ای بودند. بر این اساس، ژنوتیپ‌های اختر، ۴۰۰-۰۷۱-۶۵ و ۴۰۵-۰۷۱-۶۵ با فراوانی بیشتر کرک‌های نیزه ای بلند، به‌عنوان حساس‌ترین ارقام و ژنوتیپ‌های ۹۸-۰۷۱-۶۵، ۱۰۷-۰۶۲-۶۵ و ناز، به‌عنوان متحمل‌ترین ارقام دسته‌بندی شدند. می‌توان نتیجه‌گیری کرد که وجود کرک‌های قلابی شکل و کوتاه به‌عنوان سد فیزیکی دفاعی اولیه، مستقیماً مانع از حرکت کنه‌ها روی بوته‌های لوبیاهای مقاوم می‌شوند (Stenglein *et al.*, 2005). به‌نظر می‌رسد که ساختار تشریحی قلاب گونه پاهای کنه تارتن دولکه‌ای، درون کرک‌های قلابی شکل برگ ارقام مقاوم درگیر می‌شود و به همین، دلیل حرکت و جابجایی کنه را با مشکل مواجه می‌کند (Szyndler *et al.*, 2013). صفات مرتبط با کرک (اندازه، نوع و تراکم)، ضمن درگیر شدن با برخی قسمت‌های بدن کنه مانند پنجه پا بخصوص پای قدامی، قطعات دهانی و تخم‌ریز حشره، حرکت و جابجایی آن را با مشکل مواجه می‌کند و در نتیجه کنه ترجیح می‌دهد که بوته مناسب‌تری را برای خود انتخاب کند (مقاومت آنتی‌زنوز). اگرچه ثابت شده است که گیاهان، با تولید مواد فرار و متابولیت‌های ثانویه نیز ترجیح حشرات را نسبت به خود کم می‌کنند (Alaimo *et al.*, 2005). از این‌رو، تمامی عوامل فوق سبب ایجاد مقاومت بیشتر با کاهش سطح آسیب‌دیده گیاه لوبیا خواهد شد.

از سوی دیگر، بین صفت آسیب‌پذیری و ضخامت برگ ارقام مقاوم، رابطه معکوس وجود دارد. بر این اساس، ژنوتیپ ۱۰۷-۰۶۲-۶۵ و ناز به‌عنوان ژنوتیپ‌های مقاوم (آسیب کم با مشاهده پنج درصد کلروز شدن برگ) با حداکثر ضخامت برگ، بالاترین تراکم کرک و ساختار قلابی شکل بودن کرک و اندازه کرک بلندتر بودند. در مقابل، کمترین ضخامت برگ و تراکم کرک و نیزه‌ای شکل به لاین ۴۰۰-۰۷۱-۶۵ به‌عنوان حساس‌ترین ژنوتیپ و با بیش از ۶۵ درصد نکروزه شدن برگ تعلق داشت. روند حاصل از بررسی صفات روی ژنوتیپ‌های متحمل و حساس، با نتایج مشاهدات Szyndler *et al.* (2013) Helna *et al.* (2017) مشابهت داشت.



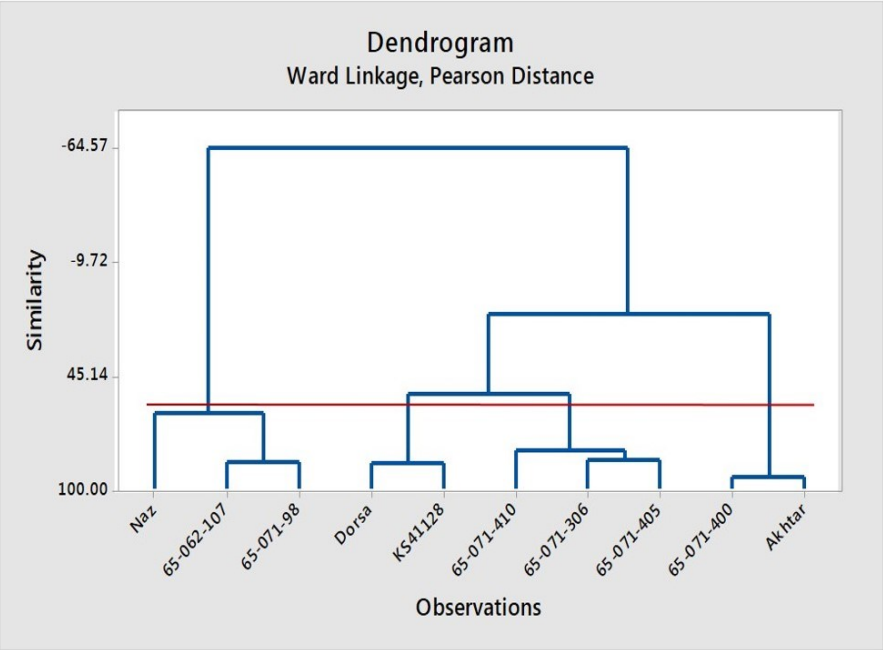
شکل ۱- ریخت‌شناسی و تراکم انواع کرک و ضخامت برگ: a) ژنوتیپ‌های مقاوم با کرک قلابی شکل متراکم و ضخامت برگ. b) ژنوتیپ‌های حساس با کرک نیزه‌ای شکل و تراکم پائین و و ضخامت برگ.

Figure 1. Morphology anf densityof different types of and leaf thickness: a) resistant genotypes with hooked-shaped, high density trichome and high leaf thickness, b) susceptible genotypes with long straight, low density trichome and low leaf thickness.

ج) سازوکارهای مقاومت: آزمون‌های مقاومت و شاخص مقاومت گیاه (PRI)

طبق جدول ۴، با ارزیابی هر سه آزمون آنتی‌زنوز (انتخاب آزاد) و آنتی‌بیوز، سه ژنوتیپ اختر، ۴۰۰-۰۷۱-۶۵ و ۴۰۵-۰۷۱-۶۵ با بیشترین مقدار کنه موجود در بوته و بالاترین سطح خسارت، به‌عنوان ژنوتیپ‌های حساس شناسایی شدند، درحالی‌که رقم ناز و دو ژنوتیپ ۱۰۷-۰۶۲-۶۵ و ۹۸-۰۷۱-۶۵ به‌عنوان متحمل‌ترین ژنوتیپ‌ها با کمترین آسیب برگ طبقه‌بندی شدند. نتایج حاصل از ارزیابی شاخص مقاومت گیاه نیز کاملاً با نتایج سه آزمون شباهت داشت (Yousefi & Dorri, 2005; Kamel-Manesh *et al.*, 2010; Shoorooei *et al.*, 2018). نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل خوشه‌ای،

به‌طور واضح تأییدکننده نتیجه ارزیابی مقاومت ژنوتیپ-
ها نیز بود (شکل ۲).



شکل ۲- نمودار خوشه‌ای بررسی مقاومت ژنوتیپ‌های لوبیا تحت حمله کنه دولکه‌ای
Figure 2. Dendrogram of resistant bean accessions under TSSM attack.

ضرایب همبستگی ساده و جزئی

انتخاب صحیح و مناسب صفات مورد ارزیابی، منجر به معنی‌داری بالای ضرایب همبستگی ساده بین تمامی صفات شد (جدول ۵). نتایج نشان داد که در بین سازوکارهای مقاومت، همبستگی بسیار معنی‌داری وجود دارد. اگرچه آزمون‌های آنتی‌بیوز و آنتی‌زنوز به آسانی از یکدیگر قابل تفکیک نبودند (Onstad & Knolhoff, 2014)، اما بین این دو سازوکار، همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود داشت (r=+۰/۸۹۷)؛ بنابراین، انتخاب آزاد (TSSM) جهت تغذیه آفت از لوبیا، به‌طور مستقیم به سازوکار آنتی‌بیوز مرتبط بود. به عبارت دیگر، کنه‌ها ترجیح دادند که روی بوته‌های با میزان بالای آنتی‌زنوز تولیدمثل و تغذیه نمایند. همچنین، همبستگی مثبت و معنی‌داری بین سازوکارهای تحمل، آنتی‌بیوز و آنتی‌زنوز وجود داشت (r>+۰,۸۴۰). از آن‌جا که سازوکار تحمل، به‌وسیله نمره‌دهی به سطوح خسارت و صدمه برگ‌ها در اثر حمله (TSSM) تعیین شد، در نتیجه ژنوتیپ‌هایی که تعداد کمتری کنه روی برگ‌هایشان داشتند، دارای سطح بالایی از مقاومت آنتی‌بیوز و آنتی‌زنوز بودند (Modarres Najafabadi *et al.*, 2012). علاوه براین، همانند نتایج آزمایشات Kamel-Manesh *et al.* (2010)، بین سه سازوکار و شاخص (PRI) همبستگی منفی و معنی‌دار وجود داشت. لازم به توضیح است که علامت منفی در ضرایب همبستگی بین تمام پارامترها، بستگی به ماهیت فرمول (PRI) دارد که به صورت فرمول معکوس کسر محاسبه شد (Webster *et al.*, 1993)؛ بنابراین، مقدار بالای (PRI)، فارغ از علامت منفی آن، نشان از رابطه و همبستگی این شاخص با مقادیر تمامی سازوکارهای اندازه‌گیری مقاومت در گیاه لوبیا داشت. این نتایج با نتایج آزمایشات Yousefi & Dorri (2005) مطابقت داشت.

در بررسی همبستگی جزئی بین صفات، با شرط ثابت در نظر گرفتن صفت سازوکار آنتی بیوز، مشخص شد که بین میزان تحمل لوبیا با صفات روز تا جوانه‌زنی (۰/۶۲۹-)، روز تا ظهور گیاهچه کامل (۰/۶۴۸)، ضخامت برگ (۰/۶۶۹-)، اندازه کرک (۰/۶۷۵) و مقدار آنتی‌زنوز (۰/۷۶۰)، رابطه معنی‌داری وجود داشت، اما با

وجود معنی‌دار بودن همبستگی ساده شاخص مقاومت گیاه با سازوکارهای مقاومت، با ثابت در نظر گرفتن اثر صفت آنتی‌بیوز، مقدار همبستگی جزئی بین سازوکارها غیرمعنی‌دار گزارش شد (جدول ۶). بنابراین با تجزیه و تحلیل همبستگی جزئی صفات مشخص شد که همبستگی بین صفت تحمل‌پذیری لوبیا با سازوکار آنتی‌زوز در سطح احتمال یک درصد، مثبت و معنی‌دار و دارای رابطه واقعی بود (r=+۰/۷۶۰) و بین تحمل-پذیری در بوته لوبیا و سازوکارهای آنتی‌بیوز و شاخص مقاومت گیاه همبستگی واقعی غیرمعنی‌دار بود.

جدول ۵- ضرایب همبستگی ساده روی صفات

Table 5. Simple correlation coefficients on traits

Related traits to resistance mechanism	Day to Germination	Day to Seedling	Cotyledon Area (cm^2)	Leaf Thickness (µ)	Trichome Density (per 5 mm^2)	Trichome Size (µ)	Tolerance (Damage score)	Antixenosis (No. alive mites on plant)	Antibiosis (No. female mites on plant)	PRI
Day to Germination	1									
Day to Seedling	0.711 **	1								
Cotyledon Area	-0.734 **	-0.586 **	1							
Leaf Thickness	0.751 **	0.640 **	-0.699 **	1						
Trichome Density	0.839 **	0.840 **	-0.832 **	0.884 **	1					
Trichome Size	-0.868 **	-0.646 **	0.738 **	-0.767 **	-0.877 **	1				
Tolerance	-0.842 **	-0.642 **	0.694 **	-0.812 **	-0.840 **	0.844 **	1			
Antixenosis	-0.902 **	-0.724 **	0.683 **	-0.864 **	-0.888 **	0.877 **	0.867 **	1		
Antibiosis	-0.887 **	-0.875 **	0.807 **	-0.814 **	-0.948 **	0.843 **	0.840 **	0.897**	1	
PRI	0.863 **	0.882 **	-0.750 **	0.772 **	0.914 **	-0.771 **	-0.823 **	-0.877 **	-0.972 **	1

**, * و ns: به‌ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال یک و پنجدرصد و غیرمعنی‌دار.

**, * and ns: sinnificant at 1% and 5% of probability levels and non significant, respectively.

جدول ۶- ضرایب همبستگی جزئی روی صفات با متغیر کنترل آنتی‌بیوز

Table 6. Partial correlation coefficients on traits with antibiosis control variable

Control variable (Antibiosis)	Day to Germination	Day to Seedling	Cotyledon Area	Leaf Thickness	Trichome Density	Trichome Size	Tolerance	Antixenosis	PRI
Day to Germination	1								
Day to Seedling	0.643 *	1							
Cotyledon Area	-0.003 n.s	0.555 n.s	1						
Leaf Thickness	0.245 n.s	-0.648 *	-0.197 n.s	1					
Trichome Density	-0.025 n.s	-0.462 n.s	-0.486 n.s	0.776 **	1				
Trichome Size	-0.739 **	0.657 *	0.152 n.s	-0.531 n.s	-0.551 n.s	1			
Tolerance	-0.629 *	0.648 *	-0.037 n.s	-0.669 *	-0.380 n.s	0.675 *	1		
Antixenosis	-0.713 **	0.570 n.s	-0.254 n.s	-0.703 *	-0.330 n.s	0.723 *	0.760 **	1	
PRI	-0.283 n.s	0.536 n.s	0.592 *	-0.521 n.s	-0.770 **	0.685 *	0.205 n.s	0.243 n.s	1

**, * و ns: به‌ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال یک و پنجدرصد و غیرمعنی‌دار.

**, * and ns: sinnificant at 1% and 5% of probability levels and non significant, respectively.

تجزیه خوشه‌ای

تجزیه و تحلیل خوشه‌ای با روش وارد و فاصله پیرسونی، تمامی ۱۰ ژنوتیپ را بر اساس سازوکارهای مقاومت یعنی میزان آسیب وارده بر برگ، تعداد کنه‌های مستقر روی برگ و شاخص مقاومت گیاه PRI، به چهار گروه عمده متحمل، نیمه‌متحمل، نیمه‌حساس و حساس

تقسیم کرد. بر این اساس، دو ژنوتیپ اختر و ۴۰۰-۰۷۱-۶۵ با بیشترین شباهت به‌عنوان حساس‌ترین ارقام در برابر حمله (TSSM) در یک گروه قرار گرفتند، درحالی‌که ژنوتیپ‌های ۹۸-۰۷۱-۶۵، ۱۰۷-۰۶۲-۶۵ و ناز به‌عنوان مقاوم‌ترین ارقام مورد مطالعه گروه‌بندی شدند. همچنین در دو گروه حدواسط، دو رقم درسا و KS41128 به‌عنوان ارقام نیمه‌متحمل و سه لاین ۴۱۰-۰۷۱-۶۵، ۳۰۶-۰۷۱-۶۵ و ۴۰۵-۰۷۱-۶۵ به‌عنوان ژنوتیپ‌های نیمه‌حساس گروه‌بندی شدند. نتایج این تحقیقات با نتایج برخی محققین مطابقت و مشابهت داشت (Yousefi & Dorri, 2005; Modarres Najafabadi *et al*., 2012).

نتیجه گیری کلی

نتایج این تحقیق نشان داد که در انتخاب ارقام متحمل، غربالگری لوبیا علیه آفت TSSM، مبتنی بر سازوکارهای مقاومت شامل آنتی‌زنوز، آنتی‌بیوز، آزمون تحمل‌پذیری و شاخصPRI ، کارایی بالایی دارد. در این بین، سازوکار آنتی‌زنوز و تحمل با بالاترین همبستگی، به‌عنوان دقیق‌ترین آزمون‌ها شناخته شدند.

همچنین تأخیر در فرایند جوانه‌زنی، یکی از سازوکار-های فرار مرحله گیاهچه‌ای ژنوتیپ‌های متحمل لوبیا در مقابل حمله کنه دولکه‌ای بود. به‌دنبال آن، سرعت رشد و نمو بالا، زودرسی، تیپ رشدی ایستاده بوته، سطح کوچک کوتلیدون، ضخامت بالای برگ و داشتن برگ-های تیره رنگ با درصد کلروفیل بالا، به‌عنوان دیگر سازوکارهای فرار در ژنوتیپ‌های متحمل لوبیا در برابر حمله TSSM بودند.

ارقام حساس دارای سطوح پایین مقاومت آنتی‌بیوز و آنتی‌زنوز و دارای رتبه بالایی از سطح آسیب‌پذیری برگ و همچنین میزان پایین شاخص مقاومت گیاه (PRI) بودند. علاوه برآن، صفات اندازه بزرگ کوتیلدون، نازکی برگ به همراه رنگ روشن تر آن، کرک نیزه‌ای شکل بلند و کم تراکم بر روی اپیدرم زیرین، به ژنوتیپ‌های حساس لوبیا تعلق داشت.

به‌طورکلی، لاین‌های ۹۸-۰۷۱-۶۵ و ۱۰۷-۰۶۲-۶۵، به همراه واریته اصلاح شده ناز، بهطور مشخص در دسته متحمل‌ترین ژنوتیپ‌ها طبقه‌بندی شدند، درحالی‌که رقم اختر و لاین ۴۰۰-۰۷۱-۶۵، حساس‌ترین ژنوتیپ‌ها و با بیشترین سطح آسیب در برگ در مقابل حمله آفت کنه تارتن دولکه‌ای شناسایی شدند.

REFERENCES

1. Ahmadi, M., Fathipour, Y. & Kamali, K. (2005). Population density and spatial distribution pattern of *Tetranychus urticae* Koch on different bean cultivars in Tehran region. *Iranian Journal of Agricultural Science*, 36 (5), 1092-1087.
2. Alaimo, M. G., Vizzı, D. & Melati, M. R. (2005). Histochemical properties and trace element concentrations in *Parietaria* L. from urban sites (Palermo, Italy). *Aerobiologia*. 21, 21–31. *doi: 10.1007/s10453-004-5873-6*
3. Anderson, T. W. & Darling, D. A. (1952). "Asymptotic theory of certain "goodness-of-fit" criteria based on stochastic processes". *Annals of Mathematical Statistics*. 23: 193– 212. *doi: 10.1214 /aoms / 1177729437*
4. Anonymous. (2017). Statistical Bulletin, Ministry of Agricultural Jahad of Iran. *amar.maj.ir/Portal/ Home/ Default. Aspx. Category ID=117564e0*
5. Celmeli, T., Sari, H., Canci, H., Sari, D., Adak Orcid, A., Eker, T. & Toker, C. (2018). The nutritional content of common bean *(Phaseolus vulgaris L.*) landraces in comparison to modern varietie. *Agronomy*. 8(9), 166, Accessed from https://doi.org/10.3390/agronomy8090166
6. Choudhary, D. K., Sharma, A. K., Agarwal, P., Varma, A. & Tuteja, N. (2017). Volatiles and Food Security: Role of Volatiles in Agro-ecosystems. (1th ed.). Publisher Springer Verlag, Singapore. 380 p.
7. Cullen, R., Warner, K. D., Jonsson, M. & Wratten, S. D. (2008). Economics and adoption of conservation biological control. *Biological Control,* 45, 272–280
8. Helna, C. P. S., Juceni, P. D., José, R. F. S., Jorge, M. D., Frederico, M. R., Paulo, R. R. M., Fábio, S. O. & Moema, C. B. (2017). Influence of growth regulators on distribution of trichomes and the production of volatiles in micropropagated plants of *Plectranthus ornatus*. *Brazilian Journal of Pharmacognosy* 27, 679-690.

9. Jimenez, M., Gatica, A., Sanchez, E. & Valdez, M. (2012). Ultrastructural analysis of the ontogenetic development of shoot induced from embryonic axes of Costa Rican bean Varieties (*Phaseolus vulgaris* L.) under in vitro conditions by scanning electronic microscopy. *Aerican Journal Plant Science*, 3, 489-494. *doi: 10.4236/ajps.2012.34058*
10. Kamel-Manesh, M., Hesami, A., Namayandeh, A., Ahmadi, B. & Dorri, H. R. (2010). Evaluation of resistance mechanism of some Navy bean Genotypes to two-spotted spider mite (*Tetranychus urticae*). *Plant Protection Journal*, 2, 111-125.
11. Khanjani, M. (2011). Field crop pests (insects and mites) in Iran. Bu-Ali Sina University, University Press, Center, Sixth edition, 731 p. (In Persian with English Abstract)
12. Khanjani, M. & Haddad Irani-Nejad, K. (2009). Injurious Mites of Agricultural Crops in Iran. Bu-Ali Sina University press Center, Second Edition, 556p.
13. Martinez-Ferrer, M. T., Jacas, J. A., Piolles-Moles, J. L. & Aucejo-Romero, S. (2006). Approaches for sampling the two spotted spider mite (Acari: *Tetranychidae*) on clementine in Spain. *Journal of Economic Entomology*, 99, 1490–1499, from https://doi.org/10.1603/0022-0493-99.4.1490
14. Modarres Najafabadi, S. S., Vafaei Shoushtari, R., Zamani, A., Arbabi, M. & Farazmand, H. (2012). Antixenosis and antibiosis as mechanisms of resistance to *Tetranychus Urticae* Koch (Acari*: Tetranychidae*) in common beans. *International Journal of Agriculture*: *Research and Review*, 2(5), 519-527.
15. Mohammadi, S., Saeidi, Z., Seraj A. A., Nemati A. R. & Babaeian, E. (2011). Influence of seven white bean genotypes on biological parameters of two spotted-spider mite under laboratory conditions and evaluation of plant damage in greenhouse conditions. *Journal of Entomological Research*. 4(2), 171-179.
16. Moon, H. K., Hong, S. P., Smets, E. & Huysmans, S. (2009). Phylogenetic significance of leaf micromorphology and anatomy in the tribe Mentheae (*Nepetoideae, Lamiaceae*). *Botanical Journal of the Linnean Society*. 160, 211–231, from https://doi.org/10.1111/j.1095-8339.2009.00979.x
17. Onstad, D. W. & Knolhoff, L. (2014). Insect Resistance Management (2th ed.). Chapter 9-Arthropod Resistance to Crops. *Biology, Economics, and Prediction*. 293-326, from *https://doi.org/10.1016/B978-0-12-396955-2.00009-6*
18. Painter, R. H. (1951). Insect Resistance in Crop Plants. The Macmillan Company, New York. 491p, from http://dx.doi.org/10.1097/00010694-195112000-00015
19. Sadeghi, E., Shoushtari, R. V. & Madani, H. (2016). The influence of *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) life table and reproductive parameters by applying Si on bean at library condition. *Advances in Entomology*, 4, 260-267.
20. Saeidi, Z. & Salehi, F. (2005). Study on the resistance of 7 lines, selected from Lordegan Chiti bean variety, to two-spotted spider mite. *Iranian Journal of Plant Pests and Diseases*. 73(1), 1384.
21. Saeidi, Z. (2013). Investigation on resistance of different almond cultivars/genotypes to two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae* Koch in laboratory and greenhouse condition. *Journal of Entomological Research*. 5(4), 353-363.
22. Shoorooei, M. Hoseinzadeh, A. H., Maali-Amiri, R., Allahyari, H. & Torkzadeh-Mahani, M. (2018). Antixenosis and antibiosis response of common bean (*Phaseolus vulgaris*) to two-spotted spider mite (*Tetranychus urticae*). *Experimental and Applied Acarology*, 74 (4), 365-381, from https://doi.org/10.1007/s10493-018-0240-4
23. Smith, C. M. (2005). Plant resistance to arthropods: molecular and conventional approaches. *Springer Science & Business Media*.
24. Smith, C. M. & Clement, S. L. (2012). Molecular bases of plant resistance to arthropods. *Annual Review of Entomology*, 57, 309–328, from https://doi.org/ 10.1146/annurev-ento-120710-100642
25. Stenglein, S. A., Arambarri A. M., Sevillano, M. C. M. & Balattib, P. A. (2005). Leaf epidermal characters related with plant's passive resistance to pathogens vary among accessions of wild beans *Phaseolus vulgaris* var. *aborigineus* (Leguminosae–Phaseoleae). *Flora - Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants*, 200 (3), 285-295, from https://doi.org/10.1016/j.flora.2005.01.004
26. Szyndler, M. W., Haynes, K. F., Potter, M. F., Corn, R. M. & Loudon, C. (2013). Entrapment of bed bugs by leaf trichomes inspires micro fabrication of biomimetic surfaces. *Journal of the Royal Society Interface.* Chapter 1, 10, 20130174, 1-9, from http://dx.doi.org/10.1098/rsif.2013.0174
27. Tahmasebi, Z., Bihamta, M. R., Hoseinzadeh, A., Saboori, A., Kosari, A. A. & Dorri, H. R. (2009). Response of common bean genotypes to two-spotted spider mite (*Tetranychus urticae* Koch) in greenhouse and field. *Iranian Journal: Seed and Plant Improvement Journal*. 25(2), 329 – 348.
28. Tahmasebi, Z., Hoseinzadeh, A., Bihamta, M. R. & Saboori, A. (2011). Seedling resistance of common bean (*Phaseolus vulgaris*) genotypes to two spotted spider mite (*Tetranychus urticae*) (Acari:

Tetranychidae). *Iranian Journal of Agronomy Science- Shahed Journals System*. ISSN 2345-3281. 4th year, (5).

29. Van Leeuwen, T., Vontas, J., Tsagkarakou, A., Dermauw, W. & Tirry, L. (2010). Acaricide resistance mechanisms in the two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae* and other important Acari: A review. *Insect Biochemistry and Molecular Biology,* 40, 563-572, from https://doi.org/10.1016/j.ibmb.2010.05.008
30. Webster, J. A., Baker, C. A. & Porter, D. R. (1993). Detection and mechanisms of Russian wheat aphid resistance in barely. Journal of Economic Entomology, 84, 669-673, from https://doi.org/ 10.1093/jee/84.2.669
31. Yousefi, M. & Dori H. R. (2005). Evaluation of resistance mechanism to two spotted spider mite on some Chiti bean genotype in greenhouse condition. *The 1th National Iranian Pulse Crops Symposium*. Mashhad, Iran. 257-268.
32. Zhenlong, X., Yongqiang, L., Wanzhi, C., Xinzheng, H., Shengyong, W. & Zhongren, L. (2017). Efficiency of trichome-based plant defense in depends on insect behavior, plant ontogeny, and structure. *Frontiers Plant Science*, 8. *doi: 10.3389/fpls.2017.02006*.