



عنوان مقالات

- شناسایی مورفولوژیکی و مولکولی فوزاریومهای (*Fusarium* spp.) اندوفیت ریشه جودره
..... ۱
(*Rapistrum rugosum*) و شلمی (*Hordeum spontaneum*)
فرشید نورالوندی- حسن علیزاده- حسین صرامی- غلامرضا صالحی جوزانی
- شناسایی چهار گونه نماتد انگل گیاهی از خانواده Tylenchidae در مزارع سیبزمینی منطقه فریدن استان اصفهان ۱۱
حمیدرضا معروفی معروف آبادی- عصمت مهدیخانی مقدم- حمید روحانی
- ارزیابی سطح آذیمهای دفاعی القاء شده در اثر قارچهای آنتاگونیست علیه نماتد ریشه گریه
..... ۲۵
Meloidogyne javanica در نهالهای پسته
فاطمه مهدی نژاد- اعظم زین الدینی ریشه- ابراهیم صداقتی- حسین علایی- محمد مرادی
- تأثیر برخی ترکیبات سمی گیاهی و ایمیداکلوپراید بر پارامترهای بیوشیمیایی سرخ طومی حنایی خرما
..... ۳۹
(*Rhynchophorus ferrugineus* Olivier)
امیر پیری- نجمه صاحب زاده- آرش زیبایی- عباس خانی
- گرده شناسی عسل تولیدی زنبور عسل (*Apis mellifera* L.) در استان سمنان ۵۷
محمد نیکام- حسین صادقی نامقی- حسن نظریان
- تهیه نقشه پراکنش علفهای هرز مزارع نخود دیم استان کردستان با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی ۶۹
سحر منصوریان- ابراهیم ایزدی دربندی- محمد حسن راشد محصل- مهدی راستگو- همایون کانونی
- اثر دگرآسیبی دو رقم جو زراعی (*Hordeum vulgare* L.) بر رشد و ویژگیهای فیزیولوژیکی ریزوم پیچک
..... ۹۱
(*Convolvulus arvensis* L.)
عادل مدحج- روزبه فرهودی- عصمت رحمتی قلعه علیخانی
- بررسی تأثیر علفکشهای ایمازاتاپیر، پندی متالین و اکسی فلورفن در کنترل علفهای
..... ۱۰۳
هرز سویا در استان گلستان
معصومه یونس آبادی- مرتضی نورعلیزاده اطاقسرا- لیلا حبیبیان- علیرضا ساوری نژاد
- تأثیر پیش تیمار بذر آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.) با پلاسمای سرد بر عملکرد و اجزای عملکرد آن
..... ۱۱۷
در رقابت با علفهای هرز
مژگان خاکیان- حسن مکاریان- مهدی برادران فیروز آبادی- مهدی مومنی- حسین میرزایی مقدم
- مطالعه تأثیر همجواری و تغییرات کیفیت نور بر بروز برخی از مکانیسمهای اجتناب از سایه در گیاه لوبیا قرمز
..... ۱۳۱
(*Phaseolus vulgaris*)
علی باقری- قربانعلی اسدی- علی قنبری

Contents

- Morphological and Molecular Identification of *Fusarium* spp. as Root Endophytes of Spontaneous Barley (*Hordeum spontaneum*) and Turnipweed (*Rapistrum rugosum*) 10
F. Nooralvandi - H. Alizadeh- H. Sarami- Gh. Salehi Jouzani
- Identification of Four Species of the Tylenchidae Family in Potato Fields of Friedan Region in Isfahan Province 24
H.R. Maroufi Maroufabad - E. Mahdikhani Moghadam- H. Rouhani
- Evaluation of the Level of Defense Enzymes Induced by Antagonistic Fungi against Root Knot Nematode, *Meloidogyne javanica* in Pistachio Seedlings 37
F. Mehdinejad - A. Zeynadini Riseh- E. Sedaghati- H. Alaei- M. Moradi
- Effect of some Botanicals and Imidacloprid on the Biochemical Parameters of Red Palm Weevil (*Rhynchophorus ferrugineus* Olivier) 55
A. Piri - N. Sahebzadeh- A. Zibaee - A. Khani
- Palynologica/ Analysis of Honey Produced by *Apis mellifera* L. in Semnan-Iran 67
M. Niknam - H. Sadeghi-Namaghi- H. Nazarian
- Weed Mapping for Dryland Chickpea (*Cicer arietinum* L.) Fields in Kurdistan Province using Geographic Information System 89
S. Mansourian - E. Izadi Darbandi- M.H. Rashed Mohassel- M. Rastgoo- H. Kanouni
- The Allelopathic Effect of Two Barley Cultivars (*Hordeum vulgare*) on Growth and Physiological Attributes of Bindweed (*Convolvulus arvensis*) Rhizome 101
A. Modhej - R. Farhoudi- E. Rahmati Ghaleh Alikhani
- Evaluation the Effect of Imazethapyr, Pendimethalin and Oxyfluorfen in Soybean Weed Control 115
M. Younesabadi - M. Nouralizadeh Otaghsara - L. Habibian - A. Savarinrjad
- Effect of Pretreatment of Sunflower (*Helianthus annuus* L.) Seed with Cold Plasma on its Yield and Yield Components in Competition with Weeds 130
M. Khakian - H. Makarian- M. Baradaran Firouz Abadi- M. Momeni- H. Mirzaei Moghadam
- The Effect of Adjacent Plants Number on Shade Avoidance Syndrome Mechanism of Red Bean (*Phaseolus vulgaris*) 141
A. Bagheri - Gh. Asadi- A. Ghanbari

نشریه حفاظت گیاهان

(علوم و صنایع کشاورزی)

با شماره پروانه 21/2015 و درجه علمی - پژوهشی شماره 26524 از وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
68/4/11 73/10/19

بهار 1400

شماره 1

جلد 35

بر اساس مصوبه وزارت عتف از سال 1398، کلیه نشریات دارای درجه "علمی-پژوهشی" به نشریه "علمی" تغییر نام یافتند.

صاحب امتیاز: دانشگاه فردوسی مشهد

مدیر مسئول: رضا ولی زاده استاد - تغذیه نشخوارکنندگان (دانشگاه فردوسی مشهد)

سرمدیر: راشد محصل، محمد حسن استاد - علوم علف های هرز (دانشگاه فردوسی مشهد)

اعضای هیئت تحریریه:

ایزدی دربندی، ابراهیم	دانشیار - علوم علف های هرز (دانشگاه فردوسی مشهد)
پور جم، ابراهیم	دانشیار - بیماری شناسی گیاهی (دانشگاه تربیت مدرس تهران)
حسینی، مجتبی	دانشیار - حشره شناسی کشاورزی (دانشگاه فردوسی مشهد)
راشد محصل، محمد حسن	استاد - علوم علف های هرز (دانشگاه فردوسی مشهد)
راشد محصل، آرش	محقق، اکولوژی حشرات، تگزاس
راضی، هومن	دانشیار - ژنتیک مولکولی (دانشگاه شیراز)
رجائی، حسین	حشره شناس، مدیر کلکسیون بالپولکداران، موزه ایالتی تاریخ طبیعی اشتوتگارت (آلمان)
صادقی نامقی، حسین	استاد - حشره شناسی کشاورزی (دانشگاه فردوسی مشهد)
صبوری، علیرضا	استاد - حشره شناسی کشاورزی (دانشگاه تهران)
صحراگرد، احد	استاد - حشره شناسی کشاورزی (دانشگاه گیلان)
مرعشی، سید حسن	استاد - بیوتکنولوژی و به نژادی گیاهی (دانشگاه فردوسی مشهد)
مهدیخانی مقدم، عصمت	استاد - بیماری شناسی گیاهی (دانشگاه فردوسی مشهد)

ناشر: انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد

نشانی: مشهد - کد پستی 91775 صندوق پستی 1163

دانشکده کشاورزی - دبیرخانه نشریات علمی - نشریه حفاظت گیاهان

پست الکترونیکی جهت مکاتبات: Jpp1@um.ac.ir نمابر: 0511-8787430

مقالات این شماره در سایت <https://jpp.um.ac.ir/> به صورت مقاله کامل نمایه شده است .

این نشریه به صورت فصلنامه (4 شماره در سال) چاپ و منتشر می شود.

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

مندرجات

صفحه	عنوان مقاله
1	شناسایی مورفولوژیکی و مولکولی فوزاریوم‌های (<i>Fusarium spp.</i>) اندوفیت ریشه جودره (<i>Hordeum spontaneum</i>) و شلمی (<i>Rapistrum rugosum</i>) فرشید نورالوندی - حسن علیزاده - حسین صارمی - غلامرضا صالحی جوزانی
11	شناسایی چهار گونه نماتد انگل گیاهی از خانواده Tylenchidae در مزارع سیب‌زمینی منطقه فریدن استان اصفهان حمیدرضا معروفی معروف آبادی - عصمت مهدیخانی مقدم - حمید روحانی
25	آرزیابی سطح آنزیم‌های دفاعی القاء شده در اثر قارچ‌های آنتاگونیست علیه نماتد ریشه‌گرهی <i>Meloidogyne javanica</i> در نهال‌های پسته فاطمه مهدی‌نژاد - اعظم زین‌الدینی ریشه - ابراهیم صداقتی - حسین علایی - محمد مرادی
39	تأثیر برخی ترکیبات سمی گیاهی و ایمیداکلوپراید بر پارامترهای بیوشیمیایی سرخرطومی حنایی خرما (<i>Rhynchophorus ferrugineus</i> Olivier) امیر پیری - نجمه صاحب‌زاده - آرش زیبایی - عباس خانی
57	گرده‌شناسی عسل تولیدی زنبور عسل (<i>Apis mellifera</i> L.) در استان سمنان محمد نیک‌نام - حسین صادقی نامقی - حسن نظریان
69	تهیه نقشه پراکنش علف‌های هرز مزارع نخود دیم استان کردستان با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی سحر منصوریان - ابراهیم ایزدی دربندی - محمد حسن راشد محصل - مهدی راستگو - همایون کانونی
91	اثر دگرآسیبی دو رقم جو زراعی (<i>Hordeum vulgare</i> L.) بر رشد و ویژگی‌های فیزیولوژیکی ریزوم پیچک (<i>Convolvulus arvensis</i> L.) عادل مدحج - روزبه فرهودی - عصمت رحمتی قلعه علیخانی
103	بررسی تأثیر علف‌کش‌های ایمازاتاپیر، پندی‌متالین و اکسی‌فلورفن در کنترل علف‌های هرز سویا در استان گلستان معصومه یونس آبادی - مرتضی نورعلیزاده اطاقسرا - لیلا حبیبیان - علیرضا ساوری نژاد
117	تأثیر پیش‌تیمار بذر آفتابگردان (<i>Helianthus annuus</i> L.) با پلاسمای سرد بر عملکرد و اجزای عملکرد آن در رقابت با علف‌های هرز مژگان خاکیان - حسن مکاریان - مهدی برادران فیروز آبادی - مهدی مومنی - حسین میرزایی مقدم
131	مطالعه تأثیر همجواری و تغییرات کیفیت نور بر بروز برخی از مکانیسم‌های اجتناب از سایه در گیاه لوییا قرمز (<i>Phaseolus vulgaris</i>) علی باقری - قربانعلی اسدی - علی قنبری

مقاله پژوهشی

شناسایی مورفولوژیکی و مولکولی فوزاریوم‌های (*Fusarium spp.*) اندوفیت ریشه جودره (*Hordeum spontaneum*) و شلمی (*Rapistrum rugosum*)

فرشید نورالوندی^۱ - حسن علیزاده^{۲*} - حسین صارمی^۳ - غلامرضا صالحی جوزانی^۴

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۸/۱۳

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۱/۲۱

چکیده

اندوفیت‌ها میکروارگانیسم‌های درون بافت‌های گیاهی هستند و اغلب بدون اینکه علایم بیماری قابل مشاهده‌ای را بروز دهند، برهمکنش‌های مختلفی با میزبان خود دارند. در این تحقیق، فوزاریوم‌های اندوفیت ریشه جودره (*Hordeum spontaneum*) و شلمی (*Rapistrum rugosum*) ارزیابی شدند. برای این منظور بذر علف‌های هرز بیان شده روی خاک مزارع گندم نمونه‌برداری شده از استان‌های البرز، تهران، خراسان رضوی، خراسان شمالی، خوزستان، فارس، قزوین، کرمانشاه و گلستان در شرایط گلخانه درون گلدان کشت شدند. گیاهان در مرحله ۵-۶ برگ برداشت شده و ریشه‌ها پس از قطع شدن از محل طوقه، در تکه‌های کوچک روی محیط کشت اختصاصی فوزاریوم، پنتاکلو نیترو بنزن پیتون آگار کشت داده شد. جدایه‌ها پس از خالص‌سازی براساس ویژگی‌های ریخت‌شناسی و توالی ژن *TEF 1-α* شناسایی شدند. قارچ *Fusarium equiseti* گونه غالب در اکثر مناطق بود که از هر دو گونه علف‌هرز جداسازی شد. به علاوه قارچ‌های *F. redolens* و *F. acutatum* فقط از جودره و *F. oxysporum* و *F. torulosum* فقط از شلمی جداسازی شدند. آگاهی از طیف میکروبی اندوفیت علف‌های هرز، می‌تواند در درک بهتر برهمکنش‌های میان علف‌هرز-میکروارگانیسم‌ها کمک کرده و حتی ممکن است فرصت‌هایی در جهت بهره‌برداری از این عوامل در برنامه‌های کنترل زیستی فراهم نماید.

واژه‌های کلیدی: قارچ، علف‌هرز، گندم، *Fusarium equiseti*، *TEF*

وجود دارد (۲۲).

مقدمه

علف‌های هرز و میکروارگانیسم‌های موجود در ریزوسفر آنها ارتباط بسیار نزدیک و تنگاتنگی دارند. مشخص شده است که تنوع گونه‌های گیاهی موجود در یک مرغزار بر ترکیب و تنوع گونه‌ای میکروارگانیسم‌های آن کاملاً تأثیرگذار بوده است (۴۵). ارتباط میان علف‌های هرز و میکروارگانیسم‌های خاک بسیار پیچیده و متنوع بوده و این اجزاء اکوسیستم در سطوح متفاوتی از ارتباط با یکدیگر قرار دارند؛ از پرگنه‌سازهای سطح ریشه گرفته تا برهمکنش‌های اندوفیتی. این روابط می‌تواند شامل پیوندهای سودمند دو طرفه و یا زیان‌آور باشد (۱۵).

نخستین قدم در مطالعه روابط میان علف‌های هرز و میکروارگانیسم‌های همراه آنها، آگاهی از این مسأله است که اساساً گیاه با کدام یک از آنها در ارتباط است. چنین مطالعاتی در درک بهتر نحوه تعامل یک علف هرز با محیط اطراف خود بسیار مفید است (۳). علاوه بر این، آگاهی از این مسأله در طراحی روش‌های کارآمدتر مدیریت علف‌های هرز یاری رسان است. در حقیقت علف‌کش‌ها در

علف‌های هرز یکی از مهمترین عوامل خسارت‌زا بر اکوسیستم‌های زراعی هستند. این گیاهان با محیط اطراف خود در ارتباط بوده و یکی از مهمترین اجزایی که با آن برهمکنش دارند اکوسیستم خاک است (۲۹). در این رابطه میکروارگانیسم‌های موجود در منطقه ریزوسفر، گروهی بسیار مهم از عوامل زنده خاک هستند که در پیوند بسیار نزدیک با ریشه علف‌های هرز و سایر گیاهان قرار دارند. در واقع ریزوسفر منطقه‌ای است که در مجاورت ریشه بوده، از آن تأثیر پذیرفته و جمعیت بسیار بالایی از میکروارگانیسم‌ها در آن

۱ و ۲- به ترتیب دانش آموخته مقطع دکتری رشته علوم علف‌های هرز و استاد گروه زراعت و اصلاح و نباتات، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج
(*)-نویسنده مسئول: (Email: malizade@ut.ac.ir)

۳- استاد گروه گیاه‌پزشکی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج

۴- استاد، پژوهشگاه بیوتکنولوژی کشاورزی ایران، کرج

شده‌اند (۳۹).

سلسله قارچ‌ها شامل بیش از ۷۰ هزار گونه قارچ است، اما تمرکز عمده در مطالعات برهکمنش گیاه-میکروارگانیزم‌ها بیشتر بر روی رده آسکومیست‌ها بوده است، چرا که اغلب آن‌ها خاک‌زی و در تعامل با گیاهان هستند (۱۸). انواع گونه‌های فوزاریوم در این راسته قرار دارند و خاصیت بیماری‌زایی آن‌ها موضوع مطالعات زیادی بوده است. در واقع این جنس به عنوان یکی از مهمترین گونه‌های قارچ قابل استفاده در کنترل زیستی مطرح است (۱۹). اغلب مطالعات انجام گرفته در زمینه استفاده از قارچ‌های جنس فوزاریوم معطوف بر کنترل زیستی علف‌های هرز انگلی بوده است. برای مثال از قارچ *F. oxysporum* برای کنترل زیستی گل جالیز (*Orobancha* spp.) و علف جارو (*Striga* spp.) استفاده شده است (۳۲ و ۳۵).

متأسفانه اطلاعات در رابطه با طیف قارچ‌های اندوفیت ریشه علف‌های هرز بسیار محدود است. به ویژه آنکه در کشور ما تقریباً هیچ مطالعه‌ای در این مورد انجام نشده است. در نتیجه هدف از این پژوهش شناسایی قارچ‌های فوزاریوم اندوفیت ریشه جو دره و شلمی، به عنوان مسأله سازترین علف‌های هرز مزارع غلات کشور است که گزارش‌های متعددی در رابطه با عدم کارایی مناسب بسیاری از علف‌کش‌های موجود در بازار در کنترل آنها وجود دارد. این مطالعه در راستای افزایش شناخت ما از فوزاریوم‌های در ارتباط با ریشه علف‌های هرز جو دره و شلمی انجام شده است. انجام چنین مطالعاتی می‌تواند در یافتن عوامل کارآمد و تخصصی کنترل زیستی گونه‌های مسأله‌ساز علف‌های هرز به خصوص آن دسته که مستعد بروز مقاومت هستند و یا به سختی با علف‌کش‌ها کنترل می‌شوند، سودمند باشد.

مواد و روش‌ها

- جمع‌آوری خاک و بذر گونه‌های مورد بررسی

بذرهای جو دره و شلمی از مزارع گندم استان‌های البرز، تهران، خراسان شمالی، خوزستان، قزوین، کرمانشاه و گلستان جمع‌آوری شد. همچنین، نمونه‌های خاک مزارع گندم از این استان‌ها تهیه شد. برای جمع‌آوری خاک مزارعی در نظر گرفته شد که زیر کشت گندم بودند. از هر استان ۳-۵ مزرعه در نقاط مختلف انتخاب شده و نمونه‌برداری از خاک از عمق ۳۰-۵ سانتی‌متر انجام شد. بذرهای جو دره و شلمی جمع‌آوری شده ابتدا در شرایط آزمایشگاهی و روی تشک پتری جوانه‌دار شدند. سپس جوانه‌ها روی خاک استان‌های مختلف درون گلدان‌هایی که در محیط گلخانه قرار داده شده بود کشت شدند. پس از ۴۰-۳۰ روز و در مرحله ۵-۶ برگ، گیاه با دقت از خاک خارج و ریشه‌ها از محل طوقه از برگ‌ها جدا شدند.

- جداسازی و خالص‌سازی جدایه‌های فوزاریوم

ریشه‌ها کاملاً با آب شسته شده و برای ضدعفونی سطحی به ترتیب در الکل ۷۰ درصد، هیپوکلریت سدیم ۱٪ و مجدداً الکل ۷۰

حال حاضر مهمترین و مؤثرترین ابزار مدیریت علف‌های هرز در ایران و جهان بوده (۱۴ و ۴۶) و اثرات نامطلوب آنها بر سلامت انسان، محیط زیست و بروز پدیده مقاومت در علف‌های هرز بر کسی پوشیده نیست. براین اساس علاقه‌مندی‌ها در راستای حرکت به سمت مدیریت غیرشیمیایی علف‌های هرز رو به افزایش است (۲۰). مطالعات مختلفی وجود دارد که در آنها از میکروارگانیزم‌های اندوفیت ریشه علف‌های هرز برای کنترل زیستی آنها بهره گرفته شده است (۱۹ و ۱۶). چنین مطالعاتی در رابطه با امکان بهره‌گیری از میکروارگانیزم‌های ریزوسفر به عنوان عامل کنترل زیستی علف‌های هرز الهام بخش هستند.

اتخاذ روش‌های کنترل زیستی در مورد علف‌های هرز تیره گندمیان (*Poaceae*) که به دلیل قرابت زیاد فیزیولوژیک با گندم و جو و همچنین استعداد بالای بروز مقاومت در برابر علف‌کش‌ها، با محدودیت علف‌کش اختصاصی مواجه هستند بسیار مفید ارزیابی شده است (۴۳). برای مثال در حال حاضر در کشور ما کنترل شیمیایی علف‌های هرزی مانند جو دره (*Hordeum spontaneum* Koch)، چچم (*Lolium* spp.)، چاودار (*Secale cereale* L.)، یولاف وحشی (*Avena* spp.) و ... با چالش‌های عدیده‌ای روبرو است (۳۰ و ۳۷). همچنین، شلمی (*Rapistrum rugosum* L.) از علف‌های هرز مهم مزارع گندم کشور و از خانواده شب‌بو (*Brassicaceae*) است که گزارش بیوتیپ مقاوم آن نسبت به علف‌کش وجود دارد (۱۳).

کنترل زیستی علف‌های هرز به عنوان رهیافتی مهم و امیدبخش در روش‌های مدیریت تلفیقی علف‌های هرز مطرح است (۸)، اما این رهیافت برای مؤثر واقع شدن نیازمند در اختیار داشتن ابزار مناسب است. از حشرات و قارچ‌ها به شکل تجاری برای کنترل برخی گونه‌های گیاهی مزاحم استفاده شده (۲۰) و سابقه استفاده از مایکوهربیساید‌ها به دهه هفتاد میلادی باز می‌گردد (۴). در این راستا، میکروارگانیزم‌ها ابزاری بالقوه مناسب برای اجرایی کردن استراتژی‌های کنترل زیستی علف‌های هرز هستند (۳۶). برای مثال، ریزوباکتری‌های زیان‌آور از جمله میکروارگانیزم‌هایی هستند که روی ریشه گیاهان پرگنه‌سازی کرده و موجب بازداري از رشد آنها می‌شوند (۳۸) و نقش آنها در این رابطه موضوع چندین مطالعه بوده است (۲۳). در یک مطالعه در کره جنوبی، گونه‌ای باکتری *Enterobacter* sp. شناسایی شد که به میزان قابل توجهی اثر بازدارندگی روی گیاهچه‌های تربچه و کاهو نسبت به شاهد نشان داد و امکان استفاده از این جدایه باکتریایی به عنوان یک علف‌کش زیستی مناسب امیدبخش نشان داد (۳۶). همچنین، گونه‌های مختلف قارچ‌های منطقه ریزوسفر به عنوان عامل کنترل زیستی مطالعه و پیشنهاد شده‌اند (۱). همچنین برخی از قارچ‌های منطقه ریزوسفر مانند *Aeschynomene*، *Colletotrichum gloeosporioides* و *Phoma chenopodica virginea* به عنوان علف‌کش‌های زیستی جداسازی و شناسایی

۲۵ درجه سانتی‌گراد رشد داده شد. بعد از رشد کافی پرگنه قارچ، بافت آن با استفاده از اسکالپل سترون از روی محیط کشت درون تشتک خراش داده و مستقیماً به داخل هاون‌های چینی سترون منتقل شد. از این میسلیم‌ها برای استخراج DNA استفاده شد. به منظور ارزیابی کیفیت و کمیت DNA استخراج شده، از ژل آگارز ۰/۸ درصد و دستگاه نانودارپ (Implen Inc.1000) استفاده شد.

تکثیر و توالی‌یابی ژن *TEF* با استفاده از آغازگرهای EF1-T (5'ATGGGTAAGGAGGACAAGAC) و EF2T (5'GGAAGTACCAGTGATCATGTT) انجام شد (۱۲). پس از قرار دادن میکروتیوب‌های ۰/۲ میلی‌لیتری در دستگاه ترموسایکلر، برنامه حرارتی به منظور تکثیر DNA در ۳۵ چرخه (مراحل واسرشت‌سازی، اتصال آغازگر و بسط) به صورتی که در جدول یک ارائه شده است تنظیم شد. محصولات تکثیرشده، برای خالص‌سازی و تعیین توالی نوکلئوتیدی به یک شرکت معتبر در این زمینه در کشور کره جنوبی فرستاده شد.

ویرایش و مشابهت‌سازی توالی‌ها به این صورت انجام شد که بعد از دریافت فایل قطعات تعیین توالی شده، کروماتوگرام مربوط به توالی‌ها با استفاده از نرم‌افزار Chromas Pro نسخه 1.7.6 و نرم‌افزار Editseq نسخه 5.01 مشاهده، ویرایش و در بانک ژن (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/blast/>) مشابهت‌یابی شدند (۲) و (۳۴).

برای مرتب‌سازی توالی‌ها، توالی‌های منتخب مورد بررسی همراه با توالی‌های اخذ شده از بانک ژن، به نرم‌افزار Clustal X نسخه 2.1 تحت سیستم عامل ویندوز وارد گردید و متعاقباً مرتب‌سازی^۶ شدند (۴۲). توالی‌های مرتب شده به‌دقت به‌صورت چشمی رویت و در صورت نیاز تغییرات اندکی در آن‌ها ایجاد گردید.

برای تجزیه و تحلیل فیلوژنتیکی داده‌ها و ترسیم تبارنمای آن‌ها، نوکلئوتیدی متعلق به جدایه‌های مورد بررسی و ترسیم تبارنمای فیلوژنتیکی آن‌ها، از نرم‌افزار (MEGA6 molecular evolutionary genetics analysis) تحت سیستم عامل ویندوز استفاده شد (۴۱). برای ارزیابی توالی‌ها، گروه خارجی مناسب انتخاب شد. در نهایت برای تجزیه و تحلیل داده‌ها و ارزیابی توالی نوکلئوتیدی نواحی ژنی جدایه‌های مختلف و ترسیم تبارنمای آن‌ها از روش Maximum Composite Likelihood (۴۰) از الگوی پیش تعیین شده (default) نرم‌افزار MEGA6 استفاده گردید. در طی تجزیه و تحلیل با این روش، هیچ یک از صفات حذف نگردیدند. برای اطمینان از ثبات شاخه‌های موجود در این شجره نیز، تجزیه و تحلیل اعتبارسنجی (bootstrap) با ۱۰۰۰ تکرار انجام گردید.

درصد و هر بار به مدت ۳۰-۴۵ ثانیه غوطه‌ور شده و در نهایت سه مرتبه به وسیله آب مقطر سترون شسته شدند. این زمان براین اساس انتخاب شد که طولانی‌ترین زمانی بود که نه تنها آلودگی‌های با منشأ ساپروفیتی روی محیط کشت منتقل نمی‌شدند، بلکه ریشه‌ها نیز آسیب ندیده و میکروارگانیسم‌های اندوفیت آنها همچنان رشد می‌کردند. در واقع در زمان‌های طولانی‌تر از آن به دلیل بافت ضعیف و نازک ریشه گیاهچه‌های جوان (به ویژه در مورد شلمی) دیگر هیچ گونه قارچی روی محیط دیده نمی‌شد.

پس از ضد عفونی ریشه‌ها به قطعات به طول حدود یک سانتی‌متر برش داده شده و روی محیط کشت اختصاصی فوزاریوم، پنتاکلرو نیتروبنزن پپتون-آگار^۱ (PPA) در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد کشت داده شدند. پس از ۷۲ ساعت و شروع رشد قارچ از داخل ریشه روی محیط کشت، قسمتی از میسلیم آن برداشته شده و به محیط کشت آب-آگار^۲ (WA) برای نوک ریشه کردن منتقل شد. بسته به سرعت رشد هر جدایه روی این محیط پس از ۷۲-۲۴ ساعت، نوک ریشه تهیه شده و به محیط سیب‌زمینی دکستروز-آگار^۳ (PDA) منتقل شد. به این ترتیب جدایه‌ها جداسازی و خالص شدند.

-شناسایی مورفولوژیک جدایه‌های فوزاریوم

جدایه‌های خالص شده برای شناسایی به محیط‌های کشت PDA، آگار مغذی شده مصنوعی^۴ (SNA) و محیط برگ میخک آگار^۵ (CLA) منتقل شده و مشخصات پرگنه و ویژگی‌های میکروسکوپی آنها روی هر کدام از محیط‌های کشت یاد شده، ارزیابی شد. مشخصات و ویژگی‌های ارزیابی شده عبارت بودند از: رنگ و قطر پرگنه در محیط PDA، وجود و عدم وجود اسپورودوکوم و ماکروکنیدی و خصوصیات ظاهری آنها، وجود و یا عدم وجود میکروکنیدی و خصوصیات ظاهری آن (تعداد سلول، شکل گریزی یا سیلندری و ...)، وجود یا عدم وجود فیالیدها، کلامیدوسپور و شکل ظاهری آن روی محیط‌های CLA و SNA. این ویژگی‌ها در جدول مربوطه که برای شناسایی جدایه‌ها در نظر گرفته شده بود ثبت شده و در نهایت شناسایی مورفولوژیک با استفاده از منابع معتبر انجام شد (۲۴).

-شناسایی مولکولی جدایه‌های فوزاریوم و آنالیز فیلوژنی

به منظور شناسایی مولکولی جدایه‌ها، تکثیر و توالی‌یابی ژن *TEF* انجام شد. برای استخراج DNA ژنومی قارچ، از روش ژانگ و استفسون (۴۷) با اعمال اندکی تغییرات استفاده شد. برای تهیه میسلیم، قارچ روی محیط کشت PDA به مدت هفت روز در دمای

- 1- Penta chloro nitrobenzene peptone agar
- 2- Water agar
- 3- Potato dextrose agar
- 4- Synthetic nutrient-poor agar
- 5- Carnation leaf agar

جدول ۱- برنامه حرارتی PCR جهت تکثیر قطعات DNA با آغازگرهای ژن *TEF*
 Table 1- PCR thermal program for DNA replication with *TEF* gene primers

شرایط (Condition)	مرحله (Step)
95 °C for 5 min	(Initial denaturation) شروع واسرشت شدن
94 °C for 50 sec	(Denaturation) واسرشت شدن
57 °C for 50 sec	(Annealing) مرحله اتصال
72 °C for 60 sec	(Extension) مرحله بسط و طولی شدن
72 °C for 7 min	(Final extension) مرحله طولی شدن نهایی

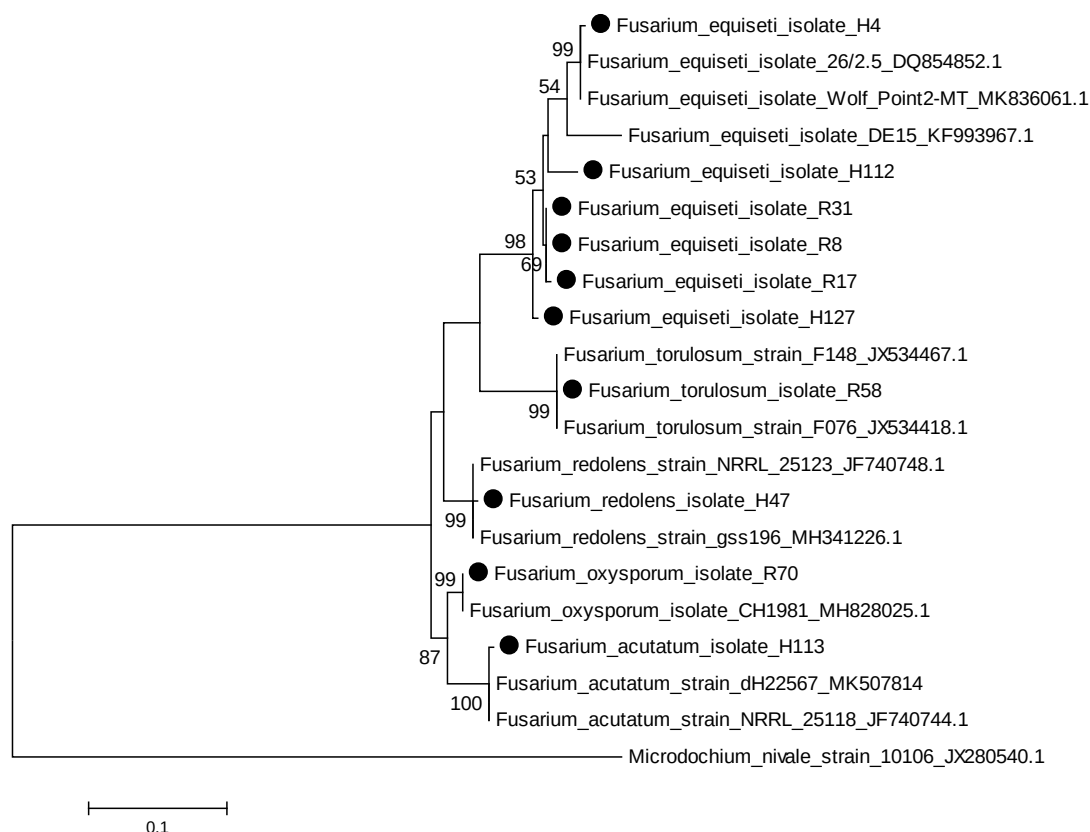
نتایج و بحث

گونه‌های بدست آمده با حمایت زیاد از یکدیگر تفکیک گردیدند و در کنار جدایه‌های اخذ شده از بانک ژن (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov>) قرار گرفتند. نتایج بدست آمده، شناسایی ریخت شناختی انجام شده را تایید نمود (شکل ۱). بر این اساس گونه‌های مختلف فوزاریوم از ریشه علف‌هرز جوهره کشت شده در خاک‌های نمونه‌برداری شده از مناطق مختلف شناسایی شد. *Fusarium equiseti* (Corda) Sacc. بیشترین فراوانی را نشان داده و از ریشه این علف هرز کشت شده در خاک استان‌های فارس، گلستان و خوزستان جداسازی شد (جدول ۲). به علاوه، گونه‌های *F. redolens* Wollenw. و *F. acutatum* Nirenberg & O'Donnell به ترتیب از ریشه جوهره کشت شده بر روی خاک‌های خراسان شمالی و قزوین جداسازی و شناسایی شدند. قارچ *F. equiseti* قبلاً نیز از برخی گیاهان تیره گندمیان جداسازی و مشخص شده است که این گونه از تمایل بیشتری برای همزیستی با ریشه برخی گیاهان این تیره برخوردار است (۲۶ و ۲۷). این قارچ معمولاً به عنوان یک ساپروفیت و مهاجم ثانویه شناخته می‌شود (۲۴) اما نتایج برخی از مطالعات نشان داده است که می‌تواند به عنوان یک عامل کنترل اختصاصی برای کنترل زیستی علف‌های هرز نیز مطرح باشد (۵ و ۳۱). به علاوه، در گذشته نیز *F. oxysporum* و *redolens* از علف‌های هرز -*Coix lacryma-jobi* (۱۷) و علف‌باغ *Dactylis glomerata* (L.) D.C. (۲۸) جداسازی شده‌اند که این گونه‌ها نیز متعلق به تیره گندمیان می‌باشند. به نظر می‌رسد گونه‌های خاصی از جنس فوزاریوم وابستگی بیشتری برای ارتباط و همزیستی با گونه‌های خاصی از علف‌های هرز داشته باشند.

چندین گونه مختلف فوزاریوم نیز از ریشه شلمی کشت شده روی خاک مناطق مختلف جداسازی و شناسایی شد. *F. equiseti* در مورد شلمی از نیز بیشترین فراوانی برخوردار بوده و از ریشه این علف‌هرز کشت شده روی خاک استان‌های فارس، قزوین و گرگان جداسازی و

شناسایی شد (جدول ۲). همچنین (Berk. & M.A. Curtis) *F. oxysporum* و *F. torulosum* Gruyter & J.H.M. Schneid نیز از ریشه شلمی کشت شده روی خاک استان‌های کرمانشاه و تهران جداسازی و شناسایی شدند. در گذشته نیز *F. oxysporum* به عنوان یک اندوفیت از میزبان‌هایی متعلق به خانواده شب‌بو مانند *Matthiola* (L.) W.T. Aiton، (*Eruca sativa* Mill.) منداب *incana* و *Diploaxis tenuifolia* (L.) DC. جداسازی و شناسایی شده است (۱۱ و ۲۵). همچنین قارچ *F. torulosum* برای اولین بار در ایران از گل آذین چند گونه از علف‌های هرز خانواده گرامینه جداسازی و شناسایی شده است (۹).

در این پژوهش، چندین گونه فوزاریوم از دو میزبان علف هرز مهم مزارع گندم جداسازی و شناسایی شد. جالب توجه است که گونه‌های مختلفی از فوزاریوم در سراسر جهان به عنوان عوامل کنترل زیستی علف‌های هرز معرفی شده‌اند. برخی از این موارد عبارتند از: *F. tumidum* Sherb. برای *Cytisus scoparius* (L.) Link و *Ulex europaeus* در زلاند نو (۱۰)، *F. oxysporum* برای گل جالیز (*Orobancha* spp.) و *L.W. Burgess & Trimboli* برای *nygamai* [Striga (Delile) Benth.] برای اس‌تریگا *hermonthica* در سودان و آلمان (۲۱)، *F. oxysporum* و *F. semitectum* var. *majus* Wollenw. علیه سترایگا در غرب آفریقا و کانادا (۷) و *Fusarium* spp. برای کنترل نوعی فرفیون (*Egeria Planch.* و *Euphorbia esula* در آمریکا (۶) و برای *E. najas* Planch. و *densa* در برزیل (۳۳). به نظر می‌رسد چنین مطالعاتی در قدم اول با معرفی فوزاریوم‌های اندوفیت در ارتباط با ریشه علف‌های هرز، می‌تواند مسیر را در جهت یافتن سویه‌های اختصاصی فوزاریوم به عنوان عوامل کنترل زیستی علف‌های هرز هموار سازد؛ چرا که برای یافتن چنین عواملی، در ابتدا نیاز به آگاهی از طیف میکروارگانیسم‌هایی است که با این گیاهان در ارتباط بوده و می‌توانند درون آنها پرکنه‌سازی کنند. چنین رهیافتی به وسیله برخی دیگر از محققین نیز مورد توجه بوده است (۷ و ۴۴).



شکل ۱- تبار نمای بدست آمده از روش ML بر اساس توالی ژن *TEF* در ۱۰ جدایه قارچ *Fusarium*. مقیاس نشان دهنده ۰/۰۱ جایگزینی به ازای هر نوکلئوتید می‌باشد و اعداد بالای شاخه‌ها، نتایج اعتبار سنجی را با ۱۰۰۰ تکرار نشان می‌دهند. علامت مثل توپر سیاه‌رنگ نشان دهنده جدایه‌های مورد بررسی در این تحقیق می‌باشد. جدایه‌ای از گونه *Microdochium nivale* به عنوان گروه خارجی قرار داده شده است. شماره دستیابی جدایه‌های اخذ شده در شکل در کنار نام جدایه آورده شده است.

Figure 1- Phylogenetic tree for 10 *Fusarium* isolates obtained with ML method based on partial sequences of translation elongation factor (*TEF-1*) gene. The scale bar shows 0.01 substitutions per site and bootstrap supports values from 1000 replicates shown at node. Solid black circles in the figure indicate sequence data for isolates of the study. The tree was rooted to *Microdochium nivale* as outgroup. Accession numbers of the isolates are presented next to the isolate identification.

میکروارگانسیم‌های همراه آن و همچنین طرح‌ریزی برنامه‌های کنترل زیستی علف‌های هرز سودمند باشد. در اختیار داشتن ابزار متنوع و مناسب کنترل، در تکامل استراتژی‌های مدیریت چنین علف‌های هرز در دسر سازی یاری می‌رساند. در نهایت پیشنهاد می‌شود مطالعه‌ی روابط این گونه از قارچ‌ها با میزبان خود در جهت یافتن عامل کنترل زیستی مناسب مورد توجه بیشتری قرار بگیرد. در حقیقت می‌توان گفت منبع بزرگی از ابزار زیستی، به شکل بالقوه در دسترس قرار دارد که با توجه بیشتر به آنها، می‌توان به سمت تنوع بخشیدن به روش‌های مدیریت علف‌های هرز گام برداشت. چنین رهیافتی به ویژه در مورد علف‌های هرزی که با علف‌کش‌های موجود به خوبی کنترل نمی‌شوند و یا مستعد بروز مقاومت نسبت به علف‌کش‌ها هستند، مفید خواهد بود.

تمام گونه‌های شناسایی شده در این تحقیق، برای نخستین بار در دنیا به عنوان قارچ‌های فوزاریوم اندوفیت ریشه از میزبان‌های جدید جو دره و شلمی معرفی شده‌اند. تنوع مشاهده شده در گونه‌های جداسازی شده بیانگر این حقیقت است که گونه‌های مختلفی از فوزاریوم و احتمالاً سایر قارچ‌ها با ریشه این علف‌های هرز می‌توانند در ارتباط باشند. متأسفانه تا به امروز به خصوص در کشور ما این گونه از میکروارگانسیم‌ها کمتر مورد مطالعه و توجه قرار گرفته‌اند. در نتیجه اینکه به لحاظ سیستماتیک چه گونه‌هایی از آنها با علف‌های هرز مختلف در ارتباط هستند و به لحاظ کارکردی چه برهمکنش‌هایی با میزبان خود دارند تا حد قابل ملاحظه‌ای ناشناخته است.

شناخت این عوامل، به عنوان یکی از مهمترین میکروارگانسیم‌های استفاده شده در برنامه‌های کنترل زیستی، می‌تواند در درک برهمکنش‌های احتمالی میان گیاه و

جدول ۲- گونه‌های فوزاریوم اندوفیت جداسازی و شناسازی شده از ریشه جودره (*Hordeum spontaneum*) و شلمی (*Rapistrum rugosum*) از مناطق مختلف ایران

Table 2- Endophytic *Fusarium* species isolated and identified from root of spontaneous barley (*Hordeum spontaneum*) and turnipweed (*Rapistrum rugosum*)

میزبان Host	جنس و گونه فوزاریوم Definition	منطقه Region	شماره دسترسی Accession number
جودره <i>Hordeum spontaneum</i>	<i>Fusarium redolens</i> isolate H47	خراسان شمالی (Shomali Khorasan)	MH401552
	<i>Fusarium acutatum</i> isolate H113	قزوین (Qazvin)	MH401553
	<i>Fusarium equiseti</i> isolate H127	گلستان (Golestan)	MH401555
	<i>Fusarium equiseti</i> isolate H112	خوزستان (Khouzestan)	MH401562
	<i>Fusarium equiseti</i> isolate H4	فارس (Fars)	MH260567
شلمی <i>Rapistrum rugosum</i>	<i>Fusarium equiseti</i> isolate R17	قزوین (Qazvin)	MH401556
	<i>Fusarium equiseti</i> isolate R31	فارس (Fars)	MH401557
	<i>Fusarium equiseti</i> isolate R8	گلستان (Golestan)	MH249606
	<i>Fusarium torulosum</i> isolate R58	کرمانشاه (Kermanshah)	MH401558
	<i>Fusarium oxysporum</i> isolate R70	تهران (Tehran)	MH401559

منابع

- 1- Ahluwalia A.D. 2007. Bioherbicides: an eco-friendly approach to weed management. *Current Science* 92: 10-11.
- 2- Altschul S.F., Madden T.L., Schäffer A.A., Zhang J., Zhang Z., Miller W., and Lipman D.J. 1997. Gapped BLAST and PSI-BLAST: a new generation of protein database search programs. *Nucleic Acids Research* 25: 3389-3402.
- 3- Andrews M., Cripps, M.G., and Edwards G.R. 2012. The potential of beneficial microorganisms in agricultural systems. *Annals of Applied Biology* 160: 1-5.
- 4- Beest D.O., Yang X.B., and Cisar C.R. 1992. The status of biological control of weeds with fungal pathogens. *Annual Review of Phytopathology* 30: 637-657.
- 5- Boari A., and Vurro M. 2004. Evaluation of *Fusarium* spp. and other fungi as biological control agents of broomrape (*Orobanche ramosa*). *Biological Control* 30: 212-219.
- 6- Caesar A.J. 1999. Insect/pathogen interactions are the foundation of weed biocontrol. In: Program Abstracts, X International Symposium on Biological Control of Weeds, USDAARS and Montana State University, Bozeman, MT. Pp. 53.
- 7- Chandler D., Bailey A.S., Tatchell G.M., Davidson G., Greaves J., and Grant W.P. 2011. The development, regulation and use of bio-pesticides for integrated pest management. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 366: 1987-1998.
- 8- Ciotola M., Watson A.K., and Hallett S.G. 1995. Discovery of an isolate of *Fusarium oxysporum* with potential to control *Striga hermonthica* in Africa. *Weed Research* 35: 303-309.
- 9- Davari M., Babai-Ahari A., Arzanlou M., Zare R., D Van Diepeningen A., and De Hoog G.S. 2014. Morphological and molecular characterization of three new *Fusarium* species associated with inflorescence of wild grasses for Iran. *Rostaniha* 14: 124-134. (In Persian with English abstract)
- 10- Fröhlich J., Morin L., Gianotti A., and Webster R. 1999. Exploring the host range of *Fusarium tumidum*, a

- candidate bioherbicide for gorse and broom in New Zealand. In: Program Abstracts, Xth International Symposium on Biological Control of Weeds. Pp. 121.
- 11- Garibaldi A., Gilardi G., and Gullino M.L. 2006. Evidence for an expanded host range of *Fusarium oxysporum* f. sp. *raphani*. *Phytoparasitica* 34: 115–121.
- 12- Geiser D.M., del Mar Jiménez-Gasco M., Kang S., Makalowska I., Veeraraghavan N., Ward T.J., and O'donnell K. 2004. FUSARIUM-ID v.1.0: A DNA sequence database for identifying *Fusarium*. *European Journal of Plant Pathology* 110: 473-479.
- 13- Hatami Moghadam Z., Gherkhoulou J., De Prado R., and Sadeghi Pour H.R. 2016. Tracing wild mustard (*Sinapis arvensis*) and Turnipweed (*Rapistrum rugosum*) biotypes resistance to Tribenuron methyl herbicide in wheat fields of Golestan province and introduction a new method for determination resistant populations of these weeds. *Iranian Journal of Crop Protection* 30: 347-358. (In Persian with English abstract)
- 14- Heap I. (2014). Global perspective of herbicide-resistant weeds. *Pest Management Science* 70(9): 1306-1315.
- 15- Hirsch P.R., and Mauchline T.H. 2012. Mutualism: plant-microorganism interactions. Pp. 43-55 In: Ogilvie, L.A., Hirsch, P.R. (eds). *Microbial Ecological Theory*. Norfolk, United Kingdom: Caister Academic Press.
- 16- Iasur Kruh L., Lahav T., Abu-Nassar J., Achdari G., Salami R., Freilich S., and Aly R. 2017. Host-parasite-bacteria triangle: the microbiome of the parasitic weed *Phelipanche aegyptiaca* and tomato-*Solanum lycopersicum* (Mill.) as a host. *Frontiers in Plant Science* 8: 269.
- 17- Jia M., Ming Q.L., Zhang Q.Y., Chen Y., Cheng N., Wu W.W., and Qin L.P. 2014. *Gibberella moniliformis* AH13 with antitumor activity, an endophytic fungus strain producing triolein isolated from adlay (*Coix lacryma-jobi*: *Poaceae*). *Current Microbiology* 69: 381-387.
- 18- Klironomos J.N. 2003. Variation in plant response to native and exotic arbuscular mycorrhizal fungi. *Ecology* 84: 2292-2301.
- 19- Kremer R.J. 2013. Interactions between the plants and microorganisms. *Allelopathy Journal* 31: 51-70.
- 20- Kremer R.J., and Kennedy, A.C. 1996. Rhizobacteria as biocontrol agents of weeds. *Weed Technology*, 10: 601-609.
- 21- Kroschel J., Mueller-Stoeber D., Elzein A., and Sauerborn J. 2000. The development of mycoherbicides for the management of parasitic weeds of the genus *Striga* and *Orobancha*-a review and recent results. In: *Proceedings of the X International Symposium on Biological Control of Weeds*. Pp. 139. Bozeman, MT: Montana State University.
- 22- Ladygina N., and Hedlund K. 2010. Plant species influence microbial diversity and carbon allocation in the rhizosphere. *Soil Biology and Biochemistry* 42: 162-168.
- 23- Lakshmi V., Kumari S., Singh A., and Prabha C. 2015. Isolation and characterization of deleterious *Pseudomonas aeruginosa* KC1 from rhizospheric soils and its interaction with weed seedlings. *Journal of King Saud University-Science* 27(2): 113-119.
- 24- Leslie J.F., Summerell B.A., and Bullock S. 2006. *The Fusarium laboratory manual* (Vol. 2, No. 10). Ames, IA.
- 25- Lu P., Gilardi G., Gullino M.L., and Garibaldi A. 2010. Biofumigation with Brassica plants and its effect on the inoculum potential of *Fusarium* yellows of *Brassica* crops. *European Journal of Plant Pathology* 126: 387-402.
- 26- Maciá-Vicente J.G., Jansson H.B., Abdullah S.K., Descals E., Salinas J., and Lopez-Llorca L.V. 2008a. Fungal root endophytes from natural vegetation in Mediterranean environments with special reference to *Fusarium* spp. *FEMS Microbiology Ecology* 64: 90-105.
- 27- Maciá-Vicente J.G., Jansson H.B., Mendgen K., and Lopez-Llorca L.V. 2008b. Colonization of barley roots by endophytic fungi and their reduction of take-all caused by *Gaeumannomyces graminis* var. *tritici*. *Canadian Journal of Microbiology* 54: 600-609.
- 28- Márquez S.S., Bills G.F., and Zabalgogezcoa I. 2007. The endophytic mycobiota of the grass *Dactylis glomerata*. *Fungal Divers* 27: 171-195.
- 29- Mendes R., Garbeva P., and Raaijmakers J.M. 2013. The rhizosphere microbiome: significance of plant beneficial, plant pathogenic, and human pathogenic microorganisms. *FEMS Microbiology Reviews* 37: 634-663.
- 30- Montazeri M., Zand E., and Baghestani M.A. 2003. Weeds and their control in wheat fields of Iran. *Weed Research Department of Research Institute of Pest and Diseases*. 85 pp.
- 31- Motlagh M.R.S. 2011. *Fusarium equiseti* (Corda) Saccardo as biological control agent of barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli* L.) in rice fields. *Journal of Food, Agriculture & Environment* 9: 310-313.
- 32- Mrema E., Shimelis H., and Laing M. 2019. Combining ability of yield and yield components among *Fusarium oxysporum* f. sp. *strigae*-compatible and *Striga*-resistant sorghum genotypes. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B—Soil & Plant Science* 1-14.
- 33- Nachtigal G.D.F., and Pitelli R.A. 1999. *Fusarium* sp. as a potential biocontrol agent for *Egeria densa* and *E. najas*. In: *Program Abstracts, X International Symposium on Biological Control of Weeds*. Pp. 68.
- 34- National Center for Biotechnology Information (NCBI)[Internet]. Bethesda (MD): National Library of Medicine (US), National Center for Biotechnology Information; [1988] - [cited 2017 Apr 06]. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/>.

- 35- Nazer Kakhaki S.H., Montazeri M., and Naseri B. 2017. Biocontrol of broomrape using *Fusarium oxysporum* f. sp. *orthoceras* in tomato crops under field conditions. *Biocontrol Science and Technology*, 27: 1435-1444.
- 36- Park J.M., Radhakrishnan R., Kang S.M., and Lee I.J. 2015. IAA producing *Enterobacter* sp. I-3 as a potent bioherbicide candidate for weed control: a special reference with lettuce growth inhibition. *Indian Journal of Microbiology* 55: 207-212.
- 37- Payedar S., Zand E., Baghestani M.A., and Jamali M.R. 2009. Investigation efficacy of native and foreign Fenoxaprop-p-ethyl for controlling wild Oat (*Avena ludoviciana*). *Iranian Journal of Weed Research* 1: 45-55. (In Persian with English abstract)
- 38- Shirdashtzadeh M. 2014. Deleterious rhizobacteria as weed biological control agent: Development and constraints. *Asian Journal of Microbiology, Biotechnology and Environmental Sciences* 16: 561-574.
- 39- Sindhu S.S., Khandelwal A., Phour M., and Sehrawat A. 2018. Bioherbicidal potential of rhizosphere microorganisms for ecofriendly weed management. In *Role of Rhizospheric Microbes in Soil* (pp. 331-376). Springer, Singapore.
- 40- Tamura K., Nei M., and Kumar S. 2004. Prospects for inferring very large phylogenies by using the neighbor-joining method. *Proceedings of the National Academy of Sciences (USA)* 101:11030-11035.
- 41- Tamura K., Stecher G., Peterson D., Filipski A., and Kumar. S. 2013. MEGA6: Molecular Evolutionary Genetics Analysis version 6.0. *Molecular Biology and Evolution* 30: 2725-2729.
- 42- Thompson J.D., Gibson T.J., Plewniak F., Jeanmougin F., and Higgins D.G. 1997. The Clustal X Windows interface: flexible strategies for multiply sequence alignment aided by quality analysis tools. *Nucleic Acids Research* 24: 4876-4882.
- 43- Tranel P.J., Gealy D.R., and Kennedy A.C. 1993. Inhibition of downy brome (*Bromus tectorum*) root growth by a phytotoxin from *Pseudomonas fluorescens* strain D7. *Weed Technology* 7: 134-139.
- 44- Van Lenteren J.C., Bolckmans K., Köhl J., Ravensberg W.J., and Urbaneja A. 2018. Biological control using invertebrates and microorganisms: plenty of new opportunities. *BioControl* 63: 39-59.
- 45- Wardle D.A., Yeates G.W., Williamson W., and Bonner K.I. 2003. The response of a three trophic level soil food web to the identity and diversity of plant species and functional groups. *Oikos* 102: 45-56.
- 46- Zand E., Baghestani M.A., Nezam Abadi N., Minbashi Moeini M., and Hadizadeh M.H. 2009. A review on the last list of herbicides and the most important weeds of Iran. *Iranian Journal of Weed Research* 2: 83-100. (In Persian with English abstract)
- 47- Zhong S., and Steffenson B.J. 2001. Virulence and molecular diversity in *Cochliobolus sativus*. *Phytopathology* 91: 469-476.



Morphological and Molecular Identification of *Fusarium* spp. as Root Endophytes of Spontaneous Barley (*Hordeum spontaneum*) and Turnipweed (*Rapistrum rugosum*)

F. Nooralvandi¹- H. Alizadeh^{2*}- H. Sarami³- Gh. Salehi Jouzani⁴

Received: 04-11-2019

Accepted: 10-04-2021

Introduction: Endophytic microorganisms are present inside plant tissues without evident disease symptoms, but they have different interactions with their host. These microorganisms have revealed a great potential to be exploited as a biological control agent of troublesome weeds. Endophytic microorganisms in association with weed roots can act as a soil application herbicide through toxin secretion. These agents in most cases do not kill target weed but instead, have an ability to suppress them noticeably, so the crop can compete with companion weeds very successfully. Unfortunately, the endophytic microorganisms of weeds are less studied and such studies is very limited. So, this experiment was conducted to study root endophytic *Fusarium* species of *Hordeum spontaneum* and *Rapistrum rugosum* as serious weeds of winter cereals of our country. *Fusarium* species are one of the most important host-specific microorganisms in the biological control program of weeds.

Material and Methods: The weeds planted in pots filled with the soil of wheat farms sampled from Alborz, Tehran, Khorasan shomali, Khuzestan, Fars, Qazvin, Kermanshah and Golestan provinces (Iran), under greenhouse condition. The plant harvested at 5–6 leaf stage, roots were cut from the crown and sliced into small pieces. Then the pieces of root were cultured on specific *Fusarium* medium, Penta chloro Nitro Benzene Peptone Agar (PPA). *Fusarium* spp. grown on the medium, sub-cultured onto the Water Agar (WA) medium. After 24-72 h hyphae tip of the isolates translocated onto the Potato Dextrose Agar (PDA) medium and let them to fully grow and pure isolates obtained. Some morphological details of the species e.g. chlamydospore formation and physical characteristics of it, color and diameter of the colony (after 72 h) were assessed according to their growth habit on PDA medium. Each species translocated onto Carnation Leaf Agar (CLA) and Synthetic Nutrient Poor Agar (SNA) mediums to evaluate other necessary morphological characteristics. Sporodochium formation and physical characteristics of macroconidia on CLA, and microconidia formation and physical characteristics of microconidia on SNA, also assessed. Isolates were identified based on molecular data that were generated for *TEF 1-α* gene, following PCR amplification as well. Pro Chromas (1.7.6 version) and Editseq (5.01 version) softwares were used to edit the sequences before further processing. Edited sequences were blasted in NCBI (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/blast/>) and compared to those sequences that already existed in the database to find similarities and molecularly identification of species. Selected sequences of the study and those isolates from the database were alignment using Clustal X (version 2.1) software and finally phylogenetic tree was drawn using MEGA6 (molecular evolutionary genetics analysis). And appropriate outgroup was exploited to sequences analysis. Finally, maximum composite likelihood method was used to analyze and assessment of nucleotide sequence of gene regions of different isolates. With taking into account of all these information together, we were able to identify all isolated *Fusarium* species with confidence.

Results and Discussion: *Fusarium equiseti* was the dominant species recovered in several regions, while the other *Fusarium* species were site and species-specific. *F. equiseti* was recovered from the root of *H. spontaneum* and *R. rugosum* plants cultured in the soil of Fars and Golestan. This species also recovered from the root of *H. spontaneum* and *R. rugosum* cultured in the soil of Khorasan and Qazvin provinces respectively. In addition, *F. redolens* and *F. acutatum* were recovered from *H. spontaneum* root cultured in the soil of Khorasan Shomali and Qazvin provinces respectively. On the other side, *F. torulosum* and *F. oxysporum* were recovered from *R. rugosum* root cultured in the soil of Kermanshah and Tehran respectively. Totally 10 isolates of five different

1 and 2- Ph.D. Graduated in Weed Science and Professor at College of Agriculture and Natural Resources of University of Tehran, Karaj, respectively.

(*- Corresponding Author Email: malizade@ut.ac.ir)

3- Professor, Department of Plant Protection, College of Agriculture and Natural Resources of University of Tehran, Karaj

4- Professor of Agricultural Biotechnology Research of Iran, Karaj

DOI: 10.22067/JPP.2021.32395.0

species of *Fusarium* recovered from the root of *H. spontaneum* and *R. rugosum*. It shows probably a lot of *Fusarium* species (and maybe other microorganisms) are in contact with weeds root which can be utilized as their potential biological agent, but the potential is not studied to a great extent. There are many reports that show many species of *Fusarium* are exploited as biological agents of different weed species. This is because of the host specificity of the fungus *Fusarium* which turns it to a suitable and efficient agent in the biological control program of serious hard to chemical control weeds.

Conclusion: Many grass weeds are very hard to manage with conventional methods especially chemical means. We have to look for other alternative solutions to overcome them. Biological control of weeds is a promising approach to wisely control of weeds, especially those that are very resistance prone or hardly controlled with available herbicides. Exploiting this approach needs proper and diverse control means. Microorganisms are a rich source of biological agents of weeds that less attention has been paid to them. Endophytic microorganisms of weeds are a new generation of biological agents that studies have been focused on them recently. The first step to choose an efficient agent is having a deep knowledge about what kind of species are living with them. In fact, detailed knowledge about endophytic microorganism of weeds can aid in better understanding of the nature of interactions between weed-microbe and how to exploit these as agents in weed biological control programs.

Keywords: *Fusarium equiseti*, Fungus, *TEF*, Weed, Wheat

مقاله پژوهشی

شناسایی چهار گونه نماتد انگل گیاهی از خانواده Tylenchidae در مزارع سیب‌زمینی منطقه فریدن استان اصفهان

حمیدرضا معروفی معروف آبادی^۱ - عصمت مهدیخانی مقدم^{۲*} - حمید روحانی^۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۲/۱۹

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۳/۰۷

چکیده

به منظور شناسایی نماتدهای انگل گیاهی مزارع سیب‌زمینی در منطقه فریدن استان اصفهان، طی سال‌های ۱۳۹۲-۱۳۹۳ در مجموع ۱۱۵ نمونه خاک و غده آلوده جمع‌آوری گردید. نماتدها از خاک به روش الک و سانتریفیوژ و از نمونه‌های ریشه با روش بلندر و سانتریفیوژ استخراج و با استفاده از روش تکمیل شده دگریسه، تثبیت و به گلیسرین منتقل شده و مورد بررسی قرار گرفتند. پس از تهیه اسلایدهای دائمی از آنها، با استفاده از میکروسکوپ نوری، خصوصیات ریخت‌شناسی و ریخت‌سنجی هر یک از نماتدها بررسی شد. در این بررسی ۱۲ گونه متعلق به چهار جنس از خانواده Tylenchidae شناسایی گردید. چهار گونه *Tylenchus*، *Discotylenchus attenuatus*، *Filenchus balcarceanus*، *Boleodorus hyderi* و *naranensi* از خانواده Tylenchidae شرح داده می‌شوند که دو گونه اول برای فون نماتدهای ایران جدید می‌باشند.

واژه‌های کلیدی: ریخت‌شناسی، ریخت‌سنجی، سیب‌زمینی، ایران، نماتد انگل گیاهی

مقدمه

سیب‌زمینی یکی از مهمترین گیاهان دو لپه‌ای در تغذیه انسان بوده و از نظر سطح زیر کشت این محصول در رتبه پنجم و بعد از محصولات میوه مانند گندم، برنج، ذرت و جو قرار دارد. تعداد ۶۷ گونه نماتد متعلق به ۲۴ جنس در ارتباط با کشت این محصول در دنیا گزارش شده است که بدون شک بسیاری از آنها از لحاظ خسارت دارای اهمیت نبوده یا دارای اهمیت کمی می‌باشند ولی در این میان تعدادی از نماتدهای انگل گیاهی هستند که نقش مهمی در کاهش محصول و ایجاد خسارت جدی دارند. مهمترین نماتدهای خسارت‌زا و انگل در مزارع سیب‌زمینی به ترتیب نماتدهای سیست‌طلایی سیب‌زمینی و گونه‌های *Globodera rostochiensis* و *G. pallida*، نماتدهای ریشه‌گرهی (گونه‌های *Meloidogyne*)، نماتدهای پوسیدگی غده و ساقه *Ditylenchus destructor*، *D. dipsaci* و نماتدهای مولد زخم ریشه (گونه‌های *Pratylenchus*) می‌باشند.

رحیمی و همکاران (۱۳۹۱) فون نماتدهای انگل گیاهی را در مزارع سیب‌زمینی شهرستان‌های قروه، دهگلان و بیجار شناسایی کردند و همچنین فعالیت‌هایی در رابطه با ردیابی نماتد سیست‌طلایی سیب‌زمینی را در این منطقه انجام دادند (۱۴). عرفانی پور قاسمی و همکاران (۱۳۹۰ و ۱۳۹۱) نماتدهای انگل گیاهی مزارع سیب‌زمینی را در استان خراسان رضوی شناسایی کردند که طی بررسی‌های انجام شده و جمع‌آوری ۵۵ نمونه از خاک و ۶۰ غده آلوده، ۱۶ گونه متعلق به ۱۲ جنس مربوط به فرو راسته *Tylenchomorpha* شناسایی کردند که گونه *Aphelenchoides brassicae* را برای اولین بار از ایران گزارش کردند و همچنین چهار گونه از نماتدهای *Belonolaimid* را از مزارع سیب‌زمینی استان خراسان رضوی شناسایی کردند که عبارتند از:

Scutylenechus rugosus، *Geocenamus tartuensis*، *Amplimerlinius sikkimen*، *Tylenchorhynchus shivanandi* که سه گونه اخیر برای فون نماتدهای انگل گیاهی ایران جدید بوده است (۵ و ۶). گیتی و همکاران (۱۳۹۰) وقوع نماتد سیست‌طلایی سیب‌زمینی (*Globodera rostochiensis*) و پراکنش آن را در استان همدان گزارش دادند که طی بررسی‌های انجام شده در سال ۱۳۸۷ از مزارع سیب‌زمینی شهرستان بهار این نماتد را شناسایی و

۱، ۲ و ۳- به ترتیب دانشجوی سابق کارشناسی ارشد بیماری‌شناسی گیاهی و استادان گروه گیاه‌پزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
(Email: mahdikhani-e@um.ac.ir)
(*) نویسنده مسئول:

Tylenchus balcarceanus Torres and Geraert, 1996 و naranensis Maqbool, Zarina and Ghazala, 1987 می‌شود که دو گونه Boleodorus hyderi و Balcarceanus Filenchus برای فون نمادهای ایران جدید بوده و برای اولین بار گزارش و توصیف می‌گردد. گونه‌ها به ترتیب حروف الفبا شرح داده می‌شوند.

۱- گونه Boleodorus hyderi Husain & Khan, 1965

(شکل ۱، جدول ۱)

مشخصات

ماده: بدن نماتد پس از تثبیت به صورت C شکل می‌باشد و دو انتهای بدن باریک می‌شود. پوست دارای شیارهای عرضی ظریف، اندازه هر شیار عرضی در وسط بدن یک میکرومتر است. سطوح جانبی بدن دارای چهار شیار طولی و عرض آن به اندازه یک چهارم عرض بدن در ناحیه فرج، سر مخروطی شکل، صاف و در امتداد بدن، عرض سر در قاعده یک سوم عرض بدن است. استایلت به طول ۱۱-۹ میکرومتر، محل ریزش غده پشتی مری نزدیک به گره‌های استایلت، مری چهار قسمتی و از نوع Tylenchoid، حباب میانی مری فاقد دریچه، لوله ثانویه مری طویل و به وسیله حلقه عصبی در فاصله ۹۰ میکرومتری از ابتدای بدن احاطه شده است، حباب انتهایی مری گلابی شکل و به صورت اتصالی با روده، طول مری ۱۱۰ تا ۱۲۰ میکرومتر از ابتدای سر، مجرای دفعی-ترشعی مشخص و دارای مجرا و منفذ اسکلوئتی و فاصله آن از ابتدای بدن ۹۷ میکرومتر است. دایریدها مشخص و کمی بالاتر از سطح منفذ دفعی-ترشعی در بین خطوط طولی سطوح جانبی بدن قرار دارد. دریچه کاردیا کوچک و گرد است. روده دارای گرانول‌های بزرگ. راست روده به اندازه یک سوم عرض بدن در ناحیه مخرج. دارای یک تخمدان که به سمت جلوی بدن کشیده شده، دارای کیسه عقبی رحم کوتاه که طول آن نصف عرض بدن در ناحیه فرج است. تخمک‌ها در چند ردیف قرار دارند، کیسه ذخیره اسپرم در امتداد محور تخمدان و پر از اسپرم. فاصله فرج تا مخرج بیشتر از طول دم است. دم طویل، مخروطی شکل با انتهای گرد و طول آن ۸۱ میکرومتر است.

نر: در نمونه‌های مورد بررسی نر مشاهده نشد.

بحث

با استفاده از کلید گرات (Geraert, 2008)، مشخصات و اندازه های جمعیت مورد مطالعه با گونه Boleodorus hyderi مطابقت نشان می‌دهد. به دلیل تشابه جمعیت مورد مطالعه با گونه‌های دیگر، مشخصات این جمعیت با گونه‌های B. volutes Lima and Siddiqi, 1963 و B. similis Khan and Basir, 1963 و B. afiqi Husain & Khan, 1965 مورد مقایسه قرار گرفت (۴).

گزارش کردند (۷). تنها معافی و همکاران (۱۳۸۴) نماتدهای انگل داخلی و تراکم جمعیت آنها را در مزارع سیب‌زمینی استان‌های تهران، سمنان (شاهرود) و آذربایجان غربی بررسی کردند (۱۷). دامادزاده و اخیانی (۱۳۶۸) تغییرات جمعیت *Pratylenchus neglectus* و *Meloidogyne javanica* را در مزارع سیب‌زمینی استان‌های اصفهان و چهار محال بختیاری مورد بررسی قرار دادند (۲). اخیانی و نادری (۱۳۶۳) فون نماتدهای پارازیت گیاهی را در استان‌های اصفهان و چهار محال بختیاری شناسایی کردند که با جمع‌آوری ۶۷ نمونه از خاک، ریشه و غده و طی انجام عملیات استخراج به روش های مختلف بیش از ۴۰ گونه نماتد انگل گیاهی مربوط به ۱۷ جنس را شناسایی کردند (۱). در این تحقیق هدف شناسایی نماتدهای انگل گیاهی مزارع سیب‌زمینی در منطقه فریدن استان اصفهان بوده است.

مواد و روش‌ها

از بهار تا پاییز سال‌های ۱۳۹۲-۱۳۹۳ به منظور جمع‌آوری نمونه از مزارع سیب‌زمینی از عمق ۱۵ تا ۲۵ سانتی‌متری مناطق عمده سیب زمینی کاری از شهرستان‌های داران، چادگان و فریدون شهر، منطقه فریدن استان اصفهان جمعاً ۱۱۵ نمونه خاک، ریشه و غده آلوده جمع‌آوری گردید. جهت استخراج نماتدها از خاک، روش الک و سانتریفیوژ و از نمونه‌های ریشه روش بلندر و سانتریفیوژ استفاده شد (۱۱). پس از استخراج نماتدها جهت کشتن، ثابت کردن و انتقال به گلیسرین روش تکمیل شده دگریسه (۳) مورد استفاده قرار گرفت. در این بررسی، شناسایی گونه‌ها بر اساس خصوصیات ریخت‌سنجی و ریخت‌شناسی بوده است. برای اندازه‌گیری و رسم قسمت‌های مختلف بدن نماتد، از میکروسکوپ دو چشمی Olympus مجهز به لوله ترسیم مدل BH2 استفاده شد که قبلاً برای بدست آوردن اندازه‌ها به طور دقیق تنظیم شده بود. بر حسب جنس از آنها اسلایدهای دایم میکروسکوپی تهیه و با استفاده از کلیدهای معتبر گونه‌های هر جنس مورد شناسایی قرار گرفت (۱۶).

نتایج و بحث

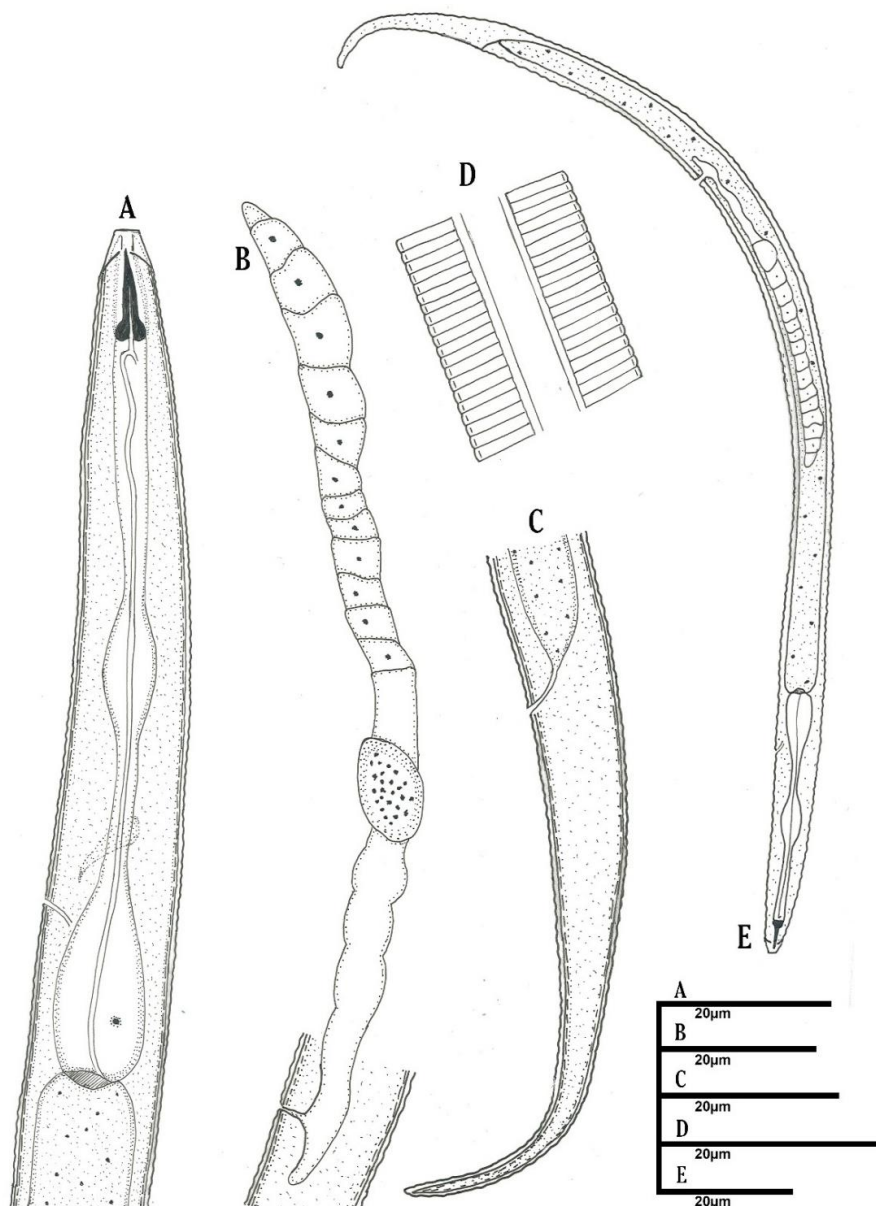
در این تحقیق، ۱۲ گونه متعلق به ۴ جنس از خانواده Tylenchidae شناسایی گردید که از جنس Boleodorus گونه‌های *B. thylactus* و *B. hyderi*، جنس *Discotylenchus* و گونه‌های *D. brevicaudatus*، *D. attenuates*، *D. discretus*، جنس *Filenchus* و گونه‌های *F. afghanicus*، *F. balcarceanus*، *F. thornei*، *F. vulgaris* و *F. pratensis* و از جنس *Tylenchus* گونه *T. naranensis* شناسایی گردید. از میان گونه های مذکور، چهار گونه *Boleodorus hyderi* Husain and Khan, 1965 و *Filenchus Discotylenchus attenuatus* Siddiqi, 1980، 1965

گونه مورد مطالعه متمایز می‌شود. این گونه اولین بار توسط Husain و Khan در سال ۱۹۶۵ در هند از خاک اطراف ریشه‌های *Mangifera indica* گزارش گردید (۱۰). در این بررسی، گونه مورد مطالعه از خاک اطراف ریشه‌های سیب‌زمینی از منطقه عباس آباد شهر چادگان از توابع شهرستان چادگان جمع‌آوری و شناسایی گردید و برای اولین بار از ایران گزارش می‌شود.

گونه *B. volutus* در اندازه استایلیت، طول دم و موقعیت فرج (استایلیت ۸-۹ میکرومتر در مقابل ۱۱ میکرومتر، و موقعیت فرج ۷۹-۷۶ V در مقابل ۵۹-۶۵ V در گونه مذکور) از گونه مورد مطالعه متفاوت است.

گونه *B. similis* از نظر طول بدن، موقعیت فاسمیدها و عرض سطوح جانبی بدن با گونه مورد مطالعه اختلاف دارد.

در گونه *B. rafiqi* دم قلاب مانند نبوده و با توجه به شکل دم از



شکل ۱- *Boleodorus hyderi*: A: قسمت جلویی بدن ماده B: شکل تخمدان C: شکل دم D: شیارهای طولی سطوح جانبی بدن E: شکل کلی بدن
Figure 1- *Boleodorus hyderi*. Female: A: Anterior end and Oesophageal region, B: Ovary shape, C: Tail shape D: lateral fields, E: General view

جدول ۱- خصوصیات ریخت‌سنجی گونه *Boleodorus hyderi* (اندازه برحسب میکرومتر) و مقایسه آن با شرح اصلی گونهTable 1- Morphometric characters of female of *Boleodorus hyderi* from Iran and its comparison with the original description (measurements in μm)

منشاء Origin	چادگان Chadegan استان اصفهان Isfahan province	India 1941
Characters مشخصات	Female ماده	Female ماده
n	3	-
L	41.3 (510-584)	440-500
a	24.2 (23.5-25.3)	23-27
b	4.1 (3.8-4.7)	4.3-5.0
c	6.6 (6.3-7.2)	6.0-7.8
c'	6.1 (5.8-6.7)	-
V	61.5 (59.5-65)	63.6-68.5
V'	74.3 (73.6-75.3)	-
Stylet	11	10-11
m	41.1 (40.8-41.5)	-
MB	47.6 (47.2-48.3)	-
Tail	78.6 (77-81)	-

سر ۵۵ میکرومتر، همیزوئید به طول سه شیار بدن و فاصله آن از منفذ دفعی-ترشچی به اندازه دو شیار عرضی است. دایرید کمی بالا تر از منفذ دفعی-ترشچی در بین خطوط سطوح جانبی بدن قرار دارد. فاسمیدها نزدیک به مخرج است. فرج به صورت شکاف عرضی، لب های آن کمی برآمده. واژن به اندازه دو پنجم عرض بدن. دارای یک تخمدان که به سمت جلوی بدن کشیده شده، کیسه عقبی رحم کوتاه و حدود دو پنجم عرض بدن. کیسه ذخیره اسپرم در محور تخمدان، گرد و پر از اسپرم است. فاصله فرج تا مخرج ۵۸ میکرومتر. راست روده ۱/۵ برابر عرض بدن در ناحیه مخرج است. مخرج مشخص، دم باریک و بلند به اندازه ۷۸ میکرومتر، انتهای دم بسیار باریک و نخی شکل است.

نر: قسمت جلوی بدن مشابه نماد ماده، قسمت ابتدای لوله جنسی طویل بوده و اسپرماتیدها در یک ردیف منظم قرار گرفته‌اند. اسپیکول دارای قسمت ابتدایی برجسته و قسمت انتهایی نقطه‌ای بوده و از نظر شکلی کمان مانند می‌باشد. گوبرناکولوم هلالی شکل. دم نخی شکل و بلند. فاسمیدها در بین شیارهای طولی سطوح جانبی بدن و نزدیک به مخرج قرار دارد.

بحث

با استفاده از کلید گرارت (Geraert, 2008)، مشخصات و اندازه های جمعیت مورد بررسی با گونه *Discotylenchus attenuatus* مطابقت نشان می‌دهد (۴). این گونه با داشتن چهار شیار طولی در

۲- گونه *Discotylenchus attenuatus* Siddiqi, 1980 (شکل

جدول ۲)

مشخصات

ماده: بدن نماد بعد از تثبیت به صورت مستقیم یا کمی خمیده می‌باشد و به طور منظم عرض بدن باریک می‌شود و به طور قابل ملاحظه‌ای به سمت انتهای دم باریک می‌گردد. بخش جلویی بدن نیز به طور منظم در ناحیه مری باریک شده به طوری که در قاعده سر به یک سوم عرض بدن می‌رسد. پوست دارای شیارهای عرضی ظریف، اندازه هر شیار عرضی در وسط بدن ۰/۸ تا یک میکرومتر می‌باشد و گاهی اوقات شیارها نا مشخص هستند. سطوح جانبی بدن دارای چهار شیار طولی، سر صاف، باریک، برآمده و دیسک سر ۲/۱ میکرومتر قطر دارد. شبکه کوتیکولی سرمشخص، عرض سر در قاعده ۳/۷ تا چهار میکرومتر و ارتفاع آن حدود دو میکرومتر است. استایلت به طول شش میکرومتر، قسمت مخروطی استایلت کوتاه و گره‌های استایلت کمی گرد. محل ریزش غده پستی مری از گره‌های استایلت ۱/۲۵ میکرومتر. حباب میانی مری بیضی شکل، دارای دریچه و فاصله آن از ابتدای سر تا مرکز حباب میانی مری ۳۱ میکرومتر و از مرکز حباب میانی مری تا انتهای مری ۳۷ میکرومتر، لوله ثانویه مری طویل و باریک، حلقه عصبی در وسط لوله ثانویه مری قرار دارد. حباب انتهایی مری گلابی شکل با قاعده صاف، نحوه اتصال مری با روده به صورت انصالی، دریچه کاردیا گرد است. فاصله منفذ دفعی-ترشچی از ابتدای

سر صاف می‌باشد (۸). در این بررسی، جمعیت مورد مطالعه از خاک اطراف ریشه‌های سیب‌زمینی در منطقه سوران شهر روزه از توابع شهرستان چادگان جمع‌آوری و شناسایی گردید.

۳- گونه *Filenchus balcarceanus* Torres & Geraert, 1996

(شکل ۳، جدول ۳)

مشخصات

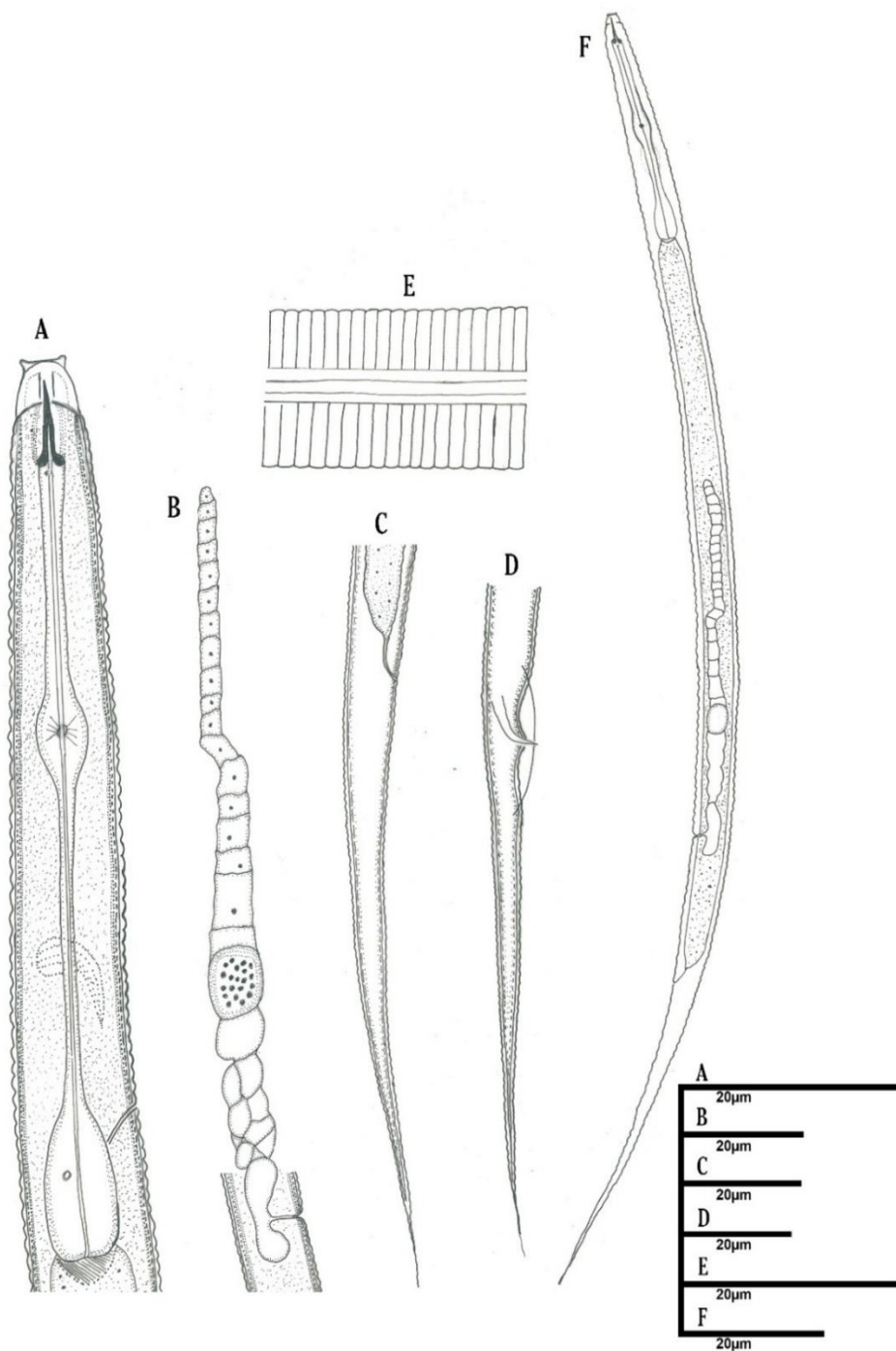
ماده: بدن نماتد ماده بعد از تثبیت مستقیم تا کمی خمیده به سمت شکمی است و عرض بدن به تدریج به دو سمت انتهای جلوئی و عقبی باریک می‌شود، عرض بدن در ناحیه وسط بدن (۱۶-۱۴) ۱۵ میکرومتر و در ناحیه مخرج عرض بدن (۹/۸-۱۰/۹) ۱۰ میکرومتر می‌باشد. پوست دارای شیارهای عرضی ظریف، اندازه هر شیار عرضی بدن یک میکرومتر، شکل سر از مخروطی ناقص تا گرد متنوع است. سطوح جانبی بدن دارای دو شیار طولی، شروع آنها از بیست و نهمین شیار عرضی بدن به صورت دو خط طولی می‌باشد و تا نیمه دم ادامه دارد که با میکروسکوپ نوری مشاهده می‌شود. سر صاف به عرض شش میکرومتر.

سطوح جانبی بدن از گونه‌های *D. discolabialis* و *D. azadkasmirensis* متمایز می‌شود. گونه‌های مذکور در سطوح جانبی بدن دو شیار طولی دارند. گونه مورد مطالعه با داشتن دم بلندتر از گونه *D. brevicaudatus* متمایز می‌گردد (طول دم در گونه مورد مطالعه ۷۷ تا ۸۱ میکرومتر و در گونه مشابه ۳۵ تا ۴۷ میکرومتر). مشخصات این جمعیت به گونه *D. discretus* نیز نزدیک است اما تفاوت‌های بین آنها مشاهده می‌شود. گونه *D. discretus* با داشتن استایلت و دیسک سر بلندتر (استایلت ۷ میکرومتر در مقابل ۶ میکرومتر و دیسک سر ۳ میکرومتر در مقابل ۲ میکرومتر) از گونه مورد مطالعه متمایز می‌شود. این گونه اولین بار توسط صدیقی در سال ۱۹۸۰ در نیجریه از خاک اطراف ریشه‌های گیاهان مرتعی گزارش گردید (۱۵). گونه مذکور توسط گل حسن و همکاران در سال ۱۳۹۳ از باغات سیب و مراتع از آذربایجان غربی برای اولین بار از ایران گزارش شد که مشخصات جمعیت مورد مطالعه با جمعیت گزارش شده از ایران نیز مقایسه شد. این دو جمعیت از نظر اندازه دیسک سر باهم تفاوت نشان می‌دهند. قطر دیسک سر در جمعیت گزارش شده ۳/۸ میکرومتر ذکر شده و در گونه مورد بررسی ۲ میکرومتر است که با شرح اصلی گونه مطابقت دارد. همچنین سر شیاردار ترسیم شده که در شرح اصلی گونه و در جمعیت مورد مطالعه

جدول ۲- خصوصیات ریخت‌سنجی گونه *Discotylenchus attenuatus* و مقایسه آن با شرح اصلی گونه (اندازه برحسب میکرومتر)

Table 2- Morphometric characters of female of *Discotylenchus attenuatus* from Iran and its comparison with the original description (measurements in μm)

منشاء Origin	چادگان Chadegan استان اصفهان Isfahan province	چادگان Chadegan استان اصفهان Isfahan province	نیجریه ۱۹۸۰
مشخصات Characters	ماده Female	نر Male	ماده Female
n	3	3	-
L	438(433-443)	355 (340-370)	360 (330-400)
a	33(33)	34.5 (31-37)	29 (25-33)
b	5.8 (5.5-6)	4.8 (4.6-5.2)	4.8 (4.1-5.4)
c	4.2 (4-4.4)	4.2 (3.7-4.8)	4.3 (4.1-5.0)
c'	11 (10.6-11.8)	10.3 (9.5-11.3)	10.5 (9-12)
V	64 (63-65.5)	-	61.4(60-64)
V'	83.8 (83-84.5)	-	-
Stylet	6.1(6-6.5)	6.3 (6-6.5)	6.2 (6.0-6.5)
MB	41.3 (40-42)	-	44.7 (43-46)
Tail	81.3(79-86)	-	-
T	-	34 (30-38)	-
Spicules	-	11.5 (11-12)	-
Gubernaculum	-	3.6(3.0-4.5)	-



شکل ۲- *Discotylenchus attenuatus*: A: قسمت جلویی بدن ماده B: شکل تخمدان C: شکل دم ماده D: شکل دم نر E: شیارهای طولی سطوح جانبی بدن F: شکل کلی بدن

Figure 2- *Discotylenchus attenuatus*. Female: A: Anterior end and oesophageal region, B: Ovary shape, C: Female tail shape, D: Male tail shape, E: lateral fields, F: General view

میکرومتر، محل ریزش غده پشتی مری نزدیک به گره‌های استایلیت. لوله اولیه مری عریض تر از لوله ثانویه مری، اما طول آنها به یک اندازه، حباب میانی مری طولی، حباب انتهایی مری بیضی شکل.

آمفیدها به صورت شکاف طویل و در جوانب سر. حلقه عصبی در اطراف لوله ثانویه مری، همیزونید بالاتر از منفذ دفعی ترشچی، سفالیدها در شش تا ۱۲ میکرومتری سر، استایلیت ظریف به طول نه

ماده: بدن نماتد به سمت شکمی خمیده و پس از تثبیت به شکل ظاهری C باز یا بسته در می آید. پوست دارای شیارهای عرضی درشت، اندازه هر شیار عرضی در وسط بدن ۲-۱/۵ میکرومتر. سطوح جانبی بدن دارای چهار شیار طولی مشخص، عرض سطوح جانبی بدن یک سوم عرض بدن است. سر در امتداد بدن، با شبکه کوتیکولی ضعیف و دارای چهار تا پنج شیار عرضی ظریف، عرض سر در قاعده ۷-۶/۵ و بلندی آن ۵/۲ تا ۳/۵ میکرومتر، استایلت کوچک، قسمت مخروطی استایلت به اندازه قسمت استوانه‌ای آن، گره‌های استایلت گرد و متمایل به سمت عقبی بدن. مری از نوع Tylenchoid، لوله اولیه مری ۴۱ درصد کل طول مری است. حباب میانی مری بیضی شکل با دریچه مشخص. لوله ثانویه مری استوانه‌ای شکل و به وسیله حلقه عصبی در وسط احاطه شده است. حباب انتهایی مری گلابی شکل، رشد یافته و کشیده است. دریچه کاردیا مشخص. منفذ دفعی-ترشچی در سطح انتهای حباب انتهایی مری قرار دارد. همیزونید کوچک، به اندازه ۳-۲ شیار عرضی جلوتر از منفذ دفعی-ترشچی، دایریدها نزدیک به سطح منفذ دفعی-ترشچی و بین خطوط سطوح جانبی بدن قرار دارند. فرج در نیمه دوم بدن و لب‌های فرج کمی بیرون زده است. واژن به اندازه یک سوم عرض بدن. دارای یک تخمدان که به سمت جلوی بدن کشیده شده، تخمک‌ها در یک ردیف، کیسه ذخیره اسپرم خالی و بدون اسپرم. طول کیسه عقبی رحم ۱۱ میکرومتر و به اندازه نصف عرض بدن در ناحیه فرج. فاصله فرج تا مخرج ۱۲۵ میکرومتر، دم بلند و باریک به طول ۹۶ میکرومتر و به سمت شکمی خمیده، انتهای دم کمی گرد و باریک است.

نر: در جمعیت مورد مطالعه نر مشاهده نشده است.

بحث

با استفاده از کلید گرات (Geraert, 2008)، مشخصات و اندازه های جمعیت مورد بررسی با گونه *T. naranensis* مطابقت دارد (۴). این گونه در میان گونه‌های شناخته شده جنس *Tylenchus* با داشتن استایلت کوتاhter، بدن طویل‌تر و موقعیت فرج بیش از ۶۰ درصد طول بدن منحصر به فرد است. مشخصات این جمعیت با گونه های *T. sandneri*, *T. hamatus* Thorne and Malek, 1968 و *T. kirjanova* Andrassy, 1954 و *Wasilewska*, 1965 با داشتن استایلت کوتاه شباهت دارد اما از نظر داشتن بدن طویل‌تر، استایلت طویل‌تر، کوتاه بودن بخش جلویی مری و نسبت Van/T کوچکتر با گونه *T. hamatus* تفاوت دارند ($L=660$ میکرومتر، استایلت $8=$ میکرومتر، هر دو بخش مری هم اندازه، $Van/T=1/5$ در *T. hamatus*).

نحوه اتصال مری و روده به صورت اتصالی، دریچه کاردیا مخروطی شکل. روده دارای مجرای مشخص، دارای یک تخمدان که به سمت جلوی بدن کشیده شده و تخمک‌ها در یک ردیف مرتب شده‌اند، کیسه ذخیره اسپرم متمایز از محور تخمدان، گرد، و پر از اسپرم‌های کوچک. طول کیسه عقبی رحم ۱۰/۸ میکرومتر. فرج شکاف مانند. دم مخروطی شکل به طول ۱۳۰ تا ۱۴۷ میکرومتر، دم به تدریج باریک می‌شود و باریک شدن دم تا انتهای آن به صورت یکنواخت می‌باشد. انتهای دم نسبتاً ضخیم بوده و نخ شکل نمی‌باشد.

نر: در جمعیت مورد مطالعه نر مشاهده نشده است.

بحث

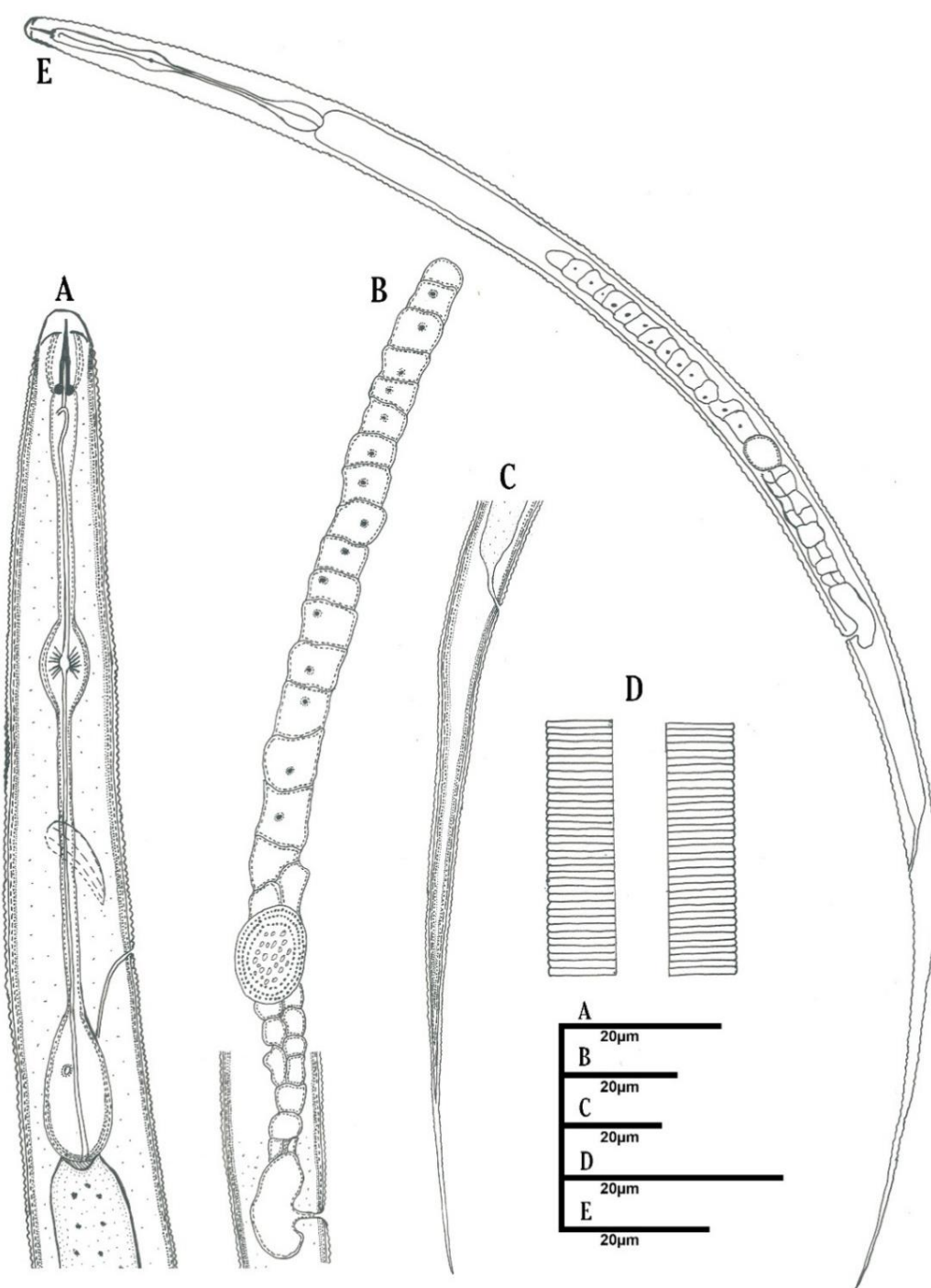
با استفاده از کلید گرات (Geraert, 2008)، مشخصات و اندازه های جمعیت مورد بررسی با گونه *Filenchus balcarceanus* مطابقت دارد (در گونه مورد مطالعه شیارهای عرضی متقاطع بین دو شیار طولی سطوح جانبی بدن مشاهده نگردید). مشخصات این جمعیت با گونه‌های *F. retusus*، *F. teres*، *F. butteus* نیز نزدیک است ولی تفاوت‌های مشاهده می‌شود. گونه *F. butteus* با داشتن چهار شیار طولی صاف در سطوح جانبی بدن از گونه مورد مطالعه متمایز می‌شود، همچنین حباب میانی مری در گونه مذکور خیلی توسعه یافته، استایلت طویل‌تر (۱۲ میکرومتر در مقابل استایلت نه میکرومتر) است. همچنین محل فرج در گونه مورد مطالعه خیلی جلوتر ($V=71-64$ در مقابل $V=83/8$) است و از گونه مشابه متمایز می‌شود (۴).

گونه *F. teres* با داشتن استایلت کوتاhter (استایلت هفت میکرومتر در مقابل استایلت نه میکرومتر در گونه *F. balcarceanus*) با گونه مورد مطالعه فرق دارد. گونه *F. retusus* با داشتن استایلت کمی کوتاhter، شکل کیسه ذخیره اسپرم، شکل دم، موقعیت عقب تر فرج و طول بدن کوتاhter ($V=75-63$ ، استایلت ۹-۵/۷ میکرومتر و $L=330-480$ میکرومتر در گونه *F. retusus*) با گونه مورد مطالعه متفاوت است. این گونه اولین بار توسط Torres و Geraert در سال ۱۹۹۶ از خاک اطراف ریشه های *Disticlis scoparia*، *Arroprone longatus* و *D. spicata* و از گیاهان دیگر خانواده گرامینه در آرژانتین جمع‌آوری و شناسایی گردید (۱۸). در این بررسی گونه مورد مطالعه از خاک اطراف ریشه‌های سیب‌زمینی در روستای گشنیزجان از توابع شهر رزن جمع‌آوری گردید و برای اولین بار از ایران گزارش می‌شود.

۴- گونه *Tylenchus naranensis* Maqbool, Zarina and

Ghazala, 1987 (شکل ۴ و جدول ۴)

مشخصات



شکل ۳-: *Filenchus balcarceanus*. Female: A: قسمت جلویی بدن ماده B: شکل تخمدان C: شکل دم D: شیار های طولی سطوح جانبی بدن E: شکل کلی بدن

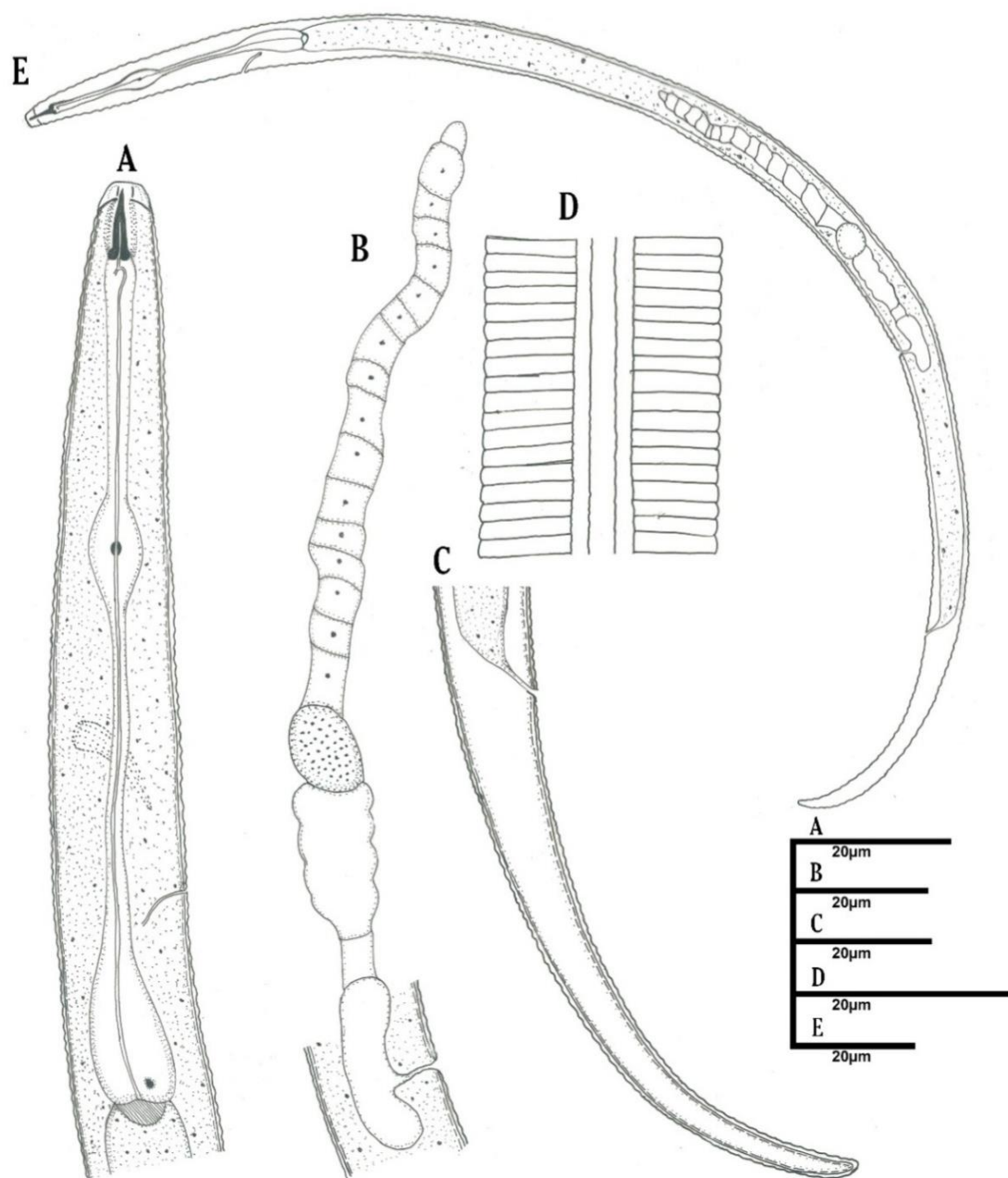
Figure 3- *Filenchus balcarceanus*. Female: A: Anterior end and Oesophageal region, B: Ovary shape, C: Tail shape D: lateral fields, E: General view

جدول ۳- خصوصیات ریخت‌سنجی گونه *Filenchus balcarceanus* و مقایسه آن با شرح اصلی گونه (اندازه برحسب میکرومتر)
Table 3- Morphometric characters of female of *Filenchus balcarceanus* from Iran and its comparison with the original description (measurements in μm)

منشاء Origin	چادگان Chadegan استان اصفهان Isfahan province	Buenos Aires آرژانتین ۱۹۹۶
Characters مشخصات	Female ماده	Female ماده
n	3	-
L	636.5 (615-655)	470 (416-615)
a	33 (31-35)	38.2 (32-54.6)
b	5.5 (5.2-5.8)	5.2 (4.6-6.6)
c	4.3 (4.0-4.6)	5.4 (4.9-6.3)
c'	11.7 (11.0-12.2)	10.7 (9.2-12.4)
V	62 (61-63)	63 (53-67)
V'	79.6 (78.2-80.7)	80 (75-84)
Stylet	9.1 (9.0-9.5)	9.5 (8.5-10.5)
m	44 (40-47)	-
MB	41.5 (41-42)	44 (40-46)
Tail	146 (130-147)	96 (86-103)

سایر فاکتورها آنها را از هم متمایز کرد. این گونه اولین بار توسط مقبول و همکاران در سال ۱۹۸۷ در Naran پاکستان از خاک اطراف ریشه‌های علف هرز *Silene conoidea* گزارش گردید (۱۲). گونه مذکور توسط پناهنده و همکاران (۲۰۱۵) از مراتع سیلان اردبیل (۱۳) و همچنین توسط حاجی زاده و همکاران (۱۳۹۴) از خاک اطراف درختان سیب از استان کهگیلویه و بویراحمد به طور همزمان برای اولین بار از ایران گزارش شد (۹). در این بررسی گونه مورد مطالعه از خاک اطراف ریشه‌های سیب‌زمینی در روستای انالوجه از توابع شهرستان چادگان جمع‌آوری گردید و توصیف می‌شود.

با گونه *T. sandneri* به وسیله داشتن بدن طویل تر، استایلت طولی تر، بلند تر بودن بخش جلوئی مری، دم بلند تر و موقعیت فرج جلو تر ($L=380-470$ میکرومتر، استایلت $=7/7-8/2$ میکرومتر، بخش جلوئی مری $=38-40$ میکرومتر دم $=56$ میکرومتر و $V=76-78/8$ در *T. sandneri*) تفاوت دارد. گونه *T. kirjanova* با داشتن فرج جلو تر، a و c بیشتر ($a=28-31$ ، $V=48-50$ ، $c=8/4-5/2$ در *T. kirjanova* در مقابل $V=65/7$ و $a=35/8$ و $c=6$) با گونه مورد مطالعه تفاوت دارد. فرم کلی بدن نماتد شبیه گونه *Filenchus elangatulus* نیز می‌باشد که می‌توان از طریق نسبت طول قسمت مخروطی استایلت به طول کل استایلت (نصف در مقابل یک سوم) و



شکل ۴- *Tylenchus naranensis*: A: قسمت جلویی بدن ماده: B: شکل تخمدان: C: شکل دم: D: شیارهای طولی سطوح جانبی بدن: E: شکل کلی بدن

Figure 4- *Tylenchus naranensis*. Female: A: Anterior end and oesophageal region, B: Ovary shape, C: Tail shape D: lateral fields, E: General view

جدول ۴- خصوصیات ریخت سنجی گونه *Tylenchus naranensis* و مقایسه با شرح اصلی گونه (اندازه برحسب میکرومتر)
Table 4- Morphometric characters of female of *Tylenchus naranensis* from Iran and its comparison with the original description (measurements in μm)

منشاء Origin	چادگان Chadegan استان اصفهان Isfahan province	پاکستان Naran 1987
Characters مشخصات	Female ماده	Female ماده
n	3	15
L	653 (646-660)	780 (730-86)
a	35.8 (35.5-36.2)	37.8 (36.0-43.6)
b	5.4 (5.2-5.7)	5.5 (5.0-6.4)
c	6.6 (6.3-7.0)	6.5 (6.0-7.0)
c'	8.3 (8.0-8.6)	8.1 (7.2-9.1)
V	65.7 (65-66.3)	67.2 (66.3-68.6)
V'	77.5 (77-78)	-
Stylet	10 (10)	9.9 (9.6-10.4)
m	50 (50)	-
MB	4102 (41.0-41.5)	-
Tail	97.6 (96-99)	-

منابع

1. Akhyani A., and Naderi A. 1986. Fauna of harmful nematodes of potatoes in the Chahar Mahal and Bakhtiari Province, Proceedings of the Eighth Congress of Plant Protection. University of Isfahan, 130.
2. Damad Zadeh M., and Akhyani A. 1989. Study populations of the nematode *Pratylenchus neglectus* and *Meloidogyne javanica* in the potato fields of Isfahan and Chahar Mahal and Bakhtiari province. Proceedings of the ninth Congress of Plant Protection. Ferdowsi University of Mashhad, 177.
3. De Gresse A.T. 1969. Redescription ou modification de quelques techniques utilisees dans l'etude des nematodes phytoparasitaires. Meded Rijks faculteit der landbouwetenschappen .Gent 34: 351-369.
4. Geraert E. 2008. Identification of the family Tylenchidae (Nematoda). Academia press, Gent Belgie: 540pp.
5. Erfani Porghasemi A., Mahdikhani- Moghadam E., and Rouhani H. 2010. Identified four species of Belonolaimidae nematode from potato fields of Razavi Khorasan province. Journal of Plant Protection Science 25(3): 243-249.
6. Erfani Porghasemi V., Mahdikhani- Moghadam E., and Rouhani H. 2011. Identification of plant parasitic nematodes in potato fields in Razavi Khorasan province. Journal of Plant Protection Science 24(4): 377-384.
7. Giti M., Tanha Moafi Z., Arjmand A., and Pishhor SH. 2011. Golden potato cyst nematode occurrence (*Globodera rostochiensis*) and distribution of them in Hamedan province. Biotechnology in Agriculture 10(1): 53-61.
8. Golhasan B., Heydari R., Esmaeili M., and Ghorbanzad H. 2016. Description of four species of Tylenchidae Orley, 1880 (Nematode: Tylenchomorpha) with two new records from Iran. Journal of Crop Protection 5: 627-642.
9. Hajizadeh M., Abdollahi A., and Karegar A. 2015. First report of *Tylenchus naranensis* from Iran. Iranian Journal of Plant Pathology 51(2): 281-283.
10. Husain S.I., and Khan A.M. 1965. Two new species of *Boleodorus* Thome, 1941 (Nematoda: Neotylenchidae) from India. In Proc. Helm. Soc. Washington 32: 176-179.
11. Jenkins W.R. 1964. A rapid centrifugal flotation technique of separating nematodes from soil. Plant Disease Report 48: 622pp.
12. Maqbool M.R., Zarin B., and Ghazala P. 1987. Description of *Tylenchus naranensis* n. sp. (Nematoda: Tylenchina). Journal Nematology of Pakistan 5(1): 1-4.
13. Panahandeh Y., Pourjam E., Aliramji F., and Pedram M. 2015. Data on some members of the family Tylenchidae (Nematode: Tylenchina) from Iran. Biologia (Section Zoology), 70(10): 1376-1387.
14. Rahimi M., HojatJalali A.A., Tanha.Moafi Z., AbdollahZadeh J., and Ghaderi R. 2012 Identification of plant parasitic nematodes in potato fields of Ghorveh, Dehgolan and Bijar cities and tracking the potato cyst nematode in this area. Proceedings of the twentieth Congress of Plant Protection. The second volume, plant diseases and weeds, Shiraz: 729.

15. SIDDIQI M.R.1980. Two new nematode genera *Safianema* (Anguinidae) and *Discotylenchus* (Tylenchidae) with descriptions of three new species. Proceedings of the Helminthological Society and Washington 47(1): 85-94.
16. Sturhan D., and Brzeski V. 1991. *Ditylenchus*. In: Nickle W.R. (ed.) Manual of Agricultural Nematology. Marcel Dekker Inc. New York: 423-464.
17. Tanha Moafi Z., Omati F., and Parvizi R. 2005. Inter parasitic nematodes and population density in potato fields of Tehran, Semnan (Shahrood) and West Azerbaijan provinces, Journal of Plant Diseases 41: 425-435.
18. Torres M.S., and Geraert E. 1996. Tylenchidae from Buenos Aires, Argentina. Nematologica 42(1): 42-61.



Identification of Four Species of the Tylenchidae Family in Potato Fields of Friedan Region in Isfahan Province

H.R. Maroufi Maroufabadi¹- E. Mahdikhani Moghadam^{2*}- H. Rouhani³

Received: 09-05-2017

Accepted: 27-05-2020

Introduction: The potato is one of the most dicotyledonous human nutrition, and this product is in fifth grade under the cultivation area. Isfahan province is one of the most strategically located areas for the production of potato. Potato suffered by several diseases that directly or indirectly caused by number of pest, including plant parasitic nematodes. The most important damage and parasitic nematodes in potato fields are cyst forming nematode *Globodera rostochiensis* and *G. pallida*, root-knot nematodes *Meloidogyne* spp, tuber and stem rot nematodes *Ditylenchus destructor* and *D. dipsaci* and root lesion nematodes *Pratylenchus* spp, respectively. However, many other species are found associated with potato, such as *Belonolaimus longicaudatus*, *Xiphinema* spp., *Rotylenchulus* spp., *Radopholus similis*, *Logidorus* spp. Most of these have not been properly assessed. There are no specific above ground symptoms of diagnostic value associated with potato nematode infections. However, root injury causes stress and reduces uptake of water and nutrients which in turn causes stunting, yellowing and other discoloration and wilting of the foliage under drought conditions. Karimipoor (2012) identified and determined the density population internal parasitic nematodes in the potato fields of Isfahan. Also, Erfani Porghasemi *et al.* (2011) identified plant parasitic nematodes in potato fields in Khorasan Razavi province. Giti and *et al.* (1390) try to identify and report golden potato cyst nematode occurrence (*Globodera rostochiensis*) and its distribution in Hamadan province. The aim of this study was to identify plant parasitic nematodes of potato fields in Friedan region in Isfahan province.

Materials and Methods: Soil sampling: In order to identify plant parasitic nematodes of potato fields in Friedan region in Isfahan province, 115 soil samples and root samples were collected during spring and summer of 2013 and 2014. Soil samples were taken from the depth of 30 cm put in polyethylene bags with necessary labeled and brought to the laboratory and processed. **Processing of samples:** Nematodes were extracted from soil samples by sieving and centrifugal flotation technique and from root samples by using blender and centrifuge and were then transferred to glycerin according to the modified De Grisse method (1969). Genera and species were identified based on morphological and morphometric characters. Species were heat-killed by adding boiling 4% formalin solution and were then transferred to anhydrous glycerin according to De Grisse (1969). The permanent slides were prepared from the extracted nematodes. Measurements and drawing were performed using a drawing tube attached to an "Olympus BH2" light microscope (LM).

Measurements and drawing: Measurements were taken with an ocular micrometer of "Olympus BH2" model microscope. Drawing were prepared with drawing tube attached to the compound microscope. The nematodes were identified by light microscope based on morphological and morphometric characters.

Results and Discussion: In this study, 12 species belonging to 4 genera of the family Tylenchidae, related to infra order Tylenchomorpha were identified as follows: *Boleodorus thylactus* and *B. hyderi*, *Discotylenchus brevicaudatus*, *D. attenuatus* and *D. discretus*, *Filenchus afghanicus*, *F. balcarceanus*, *F. qurtus*, *F. vulgaris*, *F. thornei* and *F. pratensis* and *Tylenchus naranensis*.

In which, four species *Boleodorus hyderi*, *Discotylenchus attenuatus*, *Filenchus balcarceanus* and *Tylenchus naranensis* are described and two species *Boleodorus hyderi* and *Filenchus balcarceanus* are reported as new records for fauna nematodes of Iran. Species were identified by valid key (Geraert, 2008). Morphological and morphometric measurements of *B. hyderi* specimens have been in close agreement to the measurements given by Geraert (2008). This species was compared with the close species *Boleodorus volutus*. Studied species was similar to the close species tail shape but differ in stylet length and vulva slit situation so that the length of stylet in studied species was more than *B. volutus* (The length of the style in discussed species is 9-11µm and in the similar species is 8-9 µm). In addition, vulva slit situation differ in studied these species. V factor is 59 -65 in

1, 2 and 3- Former M.Sc. Student of Plant Pathology and Professors, Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, respectively.

(*- Corresponding Author Email: mahdikhani-e@um.ac.ir)

DOI: 10.22067/JPP.2021.31223.0

studied species and 76-79 in the close species. Therefore, population under study was identified as *B. hyderi*. This species was collected from soil around roots of potato fields (Abasabad-Chadgan) in Friedan region of Isfahan province as a new record from Iran. In this study, the specimens of *F. balcarceanus* were collected from soil around roots of potato fields (Geshnizjan-Chadgan) in Friedan region of Isfahan province showed a close resemblance in the morphometric measurements to the original description given by Geraert (2008) with slight variation. This species was compared with close species *Filenchus butteus*, *Filenchus teres* and *Filenchus retusus*. In the species *F. butteus*, lateral field marked by four incisures, not areolated delimiting three bands of equal width but in similar species, body has two lateral fields. The length of stylet in studied species was more than *F. teres* and *F. retusus* (Stylet length in discussed species is 9 μm and in two other species is 7 μm). This species was reported for the first time in Iran.

Conclusion: In this study, 12 species from 4 genera of the family of Tylenchidae were identified. Among these genera and species, four species including *Bleodorus hyderi*, *Discotylenchus attenuatus*, *Filenchus balcarceanus* and *Tylenchus naranensis* are described and two species *Bleodorus hyderi* and *Filenchus balcarceanus* are reported as new records for Iran nematode fauna.

Keywords: Iran, Potato, Plant parasitic nematodes, Tylenchidae



مقاله پژوهشی

ارزیابی سطح آنزیم‌های دفاعی القاء شده در اثر قارچ‌های آنتاگونیست علیه نماتد ریشه‌گرهی *Meloidogyne javanica* در نهال‌های پسته

فاطمه مهدی‌نژاد^۱ - اعظم زین‌الدینی ریشه^{۲*} - ابراهیم صدقاتی^۳ - حسین علایی^۴ - محمد مرادی^۵

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۸/۱۰

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۲/۲۳

چکیده

پسته از مهمترین محصولات صادراتی کشور است و نماتد ریشه‌گرهی از عوامل خسارت‌زا در تولید این محصول است. در این پژوهش اثرات مهار زیستی قارچ‌های میکوریز و زیکولار-آرباسکولار (*Funneliformis mosseae*, *Rhizophagus intraradices*, *Funneliformis caledonius*)، *Tricoderma* (*Tricoderma harzianum*, *Tricoderma aureoviride*) و مخلوط دو قارچ علیه *M. javanica* تحت شرایط گلخانه‌ای بررسی شد. به منظور بررسی تاثیر قارچ‌های آنتاگونیست بر القاء آنزیم‌های دفاعی در نهال‌های پسته رقم بادامی ریز زرد پژوهش به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با دوازده تیمار در سه تکرار در گلخانه انجام شد. مقایسه میانگین تیمارها با استفاده از آزمون دانکن اجرا گردید. سطح آنزیم‌های دفاعی فنیل‌آلانین آمونیلایز (PAL)، پراکسیداز (POX) و پلی‌فنل اکسیداز (PPO)، در چهار زمان یک و نیم، سه، پنج و نیم و دوازده روز بعد از مایه‌زنی نماتد اندازه‌گیری شدند. آزمایش دیگری به منظور ارزیابی پتانسیل قارچ‌های آنتاگونیست بر کنترل نماتد ریشه‌گرهی در نهال‌های پسته اعمال گردید. آزمایش دوم در قالب طرح کاملاً تصادفی با شش تیمار و سه تکرار انجام شد. شاخص‌های بیماری‌زایی در تیمارهای قارچی کاهش معنی‌داری را در مقایسه با شاهد نماتدی نشان دادند. تیمار *Tricoderma* در تمامی شاخص‌های مورد بررسی نسبت به دیگر تیمارها تفاوت معنی‌داری نشان داد. شاخص تولید مثل در تیمار *Trichoderma* و تلفیق آن با میکوریز ۷۲ و ۳۳/۳ درصد و جمعیت نماتدی برابر با ۷۳/۴ و ۳۶/۲ درصد در مقایسه با شاهد کاهش نشان داد. حداکثر میزان فعالیت آنزیمی برای POX، PPO در تیمارهای مختلف در روز دوازدهم به دست آمد. حداکثر مقدار برای فعالیت PAL در نهال‌های تیمار شده با قارچ‌های میکوریز و *Tricoderma* پس از پنج و نیم روز ملاحظه شد.

واژه‌های کلیدی: پسته، مهار زیستی، میکوریز، *Tricoderma*

مقدمه

گونه‌های *M. incognita*, *M. hapla*, *Meloidogyne arenaria* و *M. Javanica* به دلیل پراکنش زیاد، دامنه میزبانی وسیع و تعامل با سایر بیمارگرهای گیاهی در رده مهمترین بیمارگرهای گیاهی قرار دارند که تأمین منابع غذایی جهان را تهدید می‌نمایند. از باغات پسته و بادام ایران ۲۶ گونه، متعلق به ۱۳ جنس از نماتدهای راسته Tylenchida گزارش شده است (۲). دو گونه *Meloidogyne incognita* و *M. javanica* در اغلب باغات پسته در استان‌های مختلف وجود دارند (۱۶ و ۱۷). مدیریت نماتدهای ریشه‌گرهی به دلیل دامنه میزبانی گسترده، چرخه تولیدمثلی کوتاه مدت و همچنین میزان تولیدمثل بالا بسیار مشکل است (۸). استفاده از نماتدکش‌ها، ارقام مقاوم، گیاهان تله، ریشه‌کشی میزبان، استفاده از گیاهان آنتاگونیست و آفتابدهی خاک از روش‌های کنترل نماتد می‌باشند البته استفاده از نماتدکش‌ها نه تنها سبب بروز مقاومت در جمعیت‌های نماتدی

پسته (*Pistacia vera*) از مهمترین محصولات باغی و کالاهای صادراتی کشور می‌باشد (۲۱). تولیدات کشاورزی به عنوان مهمترین منابع غذایی مردم جهان با چالش‌های متعددی روبرو می‌باشند که یکی از مهمترین عوامل تهدید کننده را می‌توان بیمارگرهای گیاهی نام برد. از جمله مهمترین نماتدهای خسارت‌زای محصولات کشاورزی در جهان گونه‌های *Meloidogyne* می‌باشند.

۱، ۲، ۳ و ۴- به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد بیماری‌شناسی گیاهی، استادیار و دانشیاران گروه گیاه‌پزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ولی عصر (عج) رفسنجان (*- نویسنده مسئول: Email: zeynadini@vru.ac.ir)

۵- استادیار پژوهشکده پسته، مؤسسه تحقیقات علوم باغبانی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، رفسنجان

DOI: [10.22067/JPP.2021.32842.0](https://doi.org/10.22067/JPP.2021.32842.0)

و تریکودرما با اندازه‌گیری تغییرات سطح آنزیم‌های دفاعی PAL، POX و PPO علیه نماتد ریشه‌گرهی *Meloidogyne javanica* انجام شد.

مواد و روش‌ها

خالص‌سازی، استخراج و شناسایی نماتد ریشه‌گرهی

جهت تهیه زادمایه پس از جمع‌آوری خاک آلوده از باغ‌های موسسه تحقیقات پسته رفسنجان اقدام به کاشت نشاء گوجه‌فرنگی رقم Early urbana در خاک آلوده گردید. جمعیت خالص نماتد از تک کیسه تخم تهیه شد. برای این منظور تک کیسه تخم روی گوجه‌فرنگی در شرایط ۲۵-۲۸ درجه سانتی‌گراد کشت داده شد. شناسایی گونه با تهیه برش از ناحیه کوتیکولی انتهایی بدن ماده‌ها (perineal pattern) و بررسی اسلاید میکروسکوپی انجام شد (۲۳). گونه نماتد *Meloidogyne javanica* شناسایی گردید. برای تهیه سوسپانسیون نماتد حاوی لاروهای سن دوم، ریشه‌های گوجه‌فرنگی حاوی گال و کیسه تخم خرد شده و سپس روی دستمال کاغذی داخل یک سبد قرار داده شدند برای مدت یک هفته، لاروهای تفریخ شده هر ۲۴ ساعت یک بار از آب داخل پتری جمع‌آوری و در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند (۲۰). برای تعیین غلظت سوسپانسیون لارو، تعداد لارو در یک میلی‌لیتر از سوسپانسیون با لام مدرج شمارش گردید این کار سه بار تکرار و میانگین گرفته شد. میزان ۱۰ میلی‌لیتر سوسپانسیون که حاوی پنج هزار لارو سن دوم بود به عنوان زادمایه نماتد استفاده گردید.

تهیه زادمایه قارچ میکوریز و زیکولار-آرباسکولار

گونه‌های قارچ میکوریز از کلکسیون قارچ‌شناسی گروه گیاه‌پزشکی دانشگاه ولی‌عصر^(عج) رفسنجان تهیه گردید و با نسبت ۲۰ درصد در محیط خاک، پرلایت و ماسه با نسبت مساوی مخلوط شدند و در گلدان چهار کیلوگرمی پر شد. در هر گلدان هشت عدد بذرت رقم ۷۰۴ ضدعفونی شده کشت شد و حدود پنج ماه تنش خشکی به گلدان داده شد.

تهیه زادمایه قارچ تریکودرما

جدایه‌های قارچ تریکودرما (*Tricoderma harzianum*, *T. aureoviride*) مورد استفاده در این تحقیق عبارت بودند از T1، T2، T3، T4 و T5 که از کلکسیون قارچ‌شناسی بخش بیماری‌شناسی دانشگاه ولی‌عصر^(عج) رفسنجان تهیه شدند. این جدایه‌ها جمع‌آوری شده از خاک‌های شور و قلیایی مناطق مختلف استان کرمان جداگانه تکثیر شدند. پس از خالص‌سازی به نسبت یکسان از هر

می‌شود بلکه دارای خطرات زیستی محیطی نیز می‌باشند (۴). قارچ‌های میکوریز در طبیعت در تأمین نیازهای آبی و تغذیه‌ای گیاهان نقش مؤثری دارند، با افزایش جذب فسفر، آب و مواد معدنی سبب افزایش رشد و سلامتی گیاه و سبب بهبود ساختار خاک می‌گردند و از طرف دیگر با سازو کارهای غیر مستقیم مانند تغییرات بیوشیمیایی و مولکولی در گیاهان و القاء مقاومت سبب حفاظت زیستی میزبان در برابر بیمارگرها می‌شوند (۱، ۷، ۳۶ و ۴۱). قارچ‌های، تریکودرما جزء قارچ‌های همه‌جاری هستند و دامنه وسیعی از زیستگاه‌های خاکی از اقلیم‌های سرد تا گرمسیری شامل خاک‌های کشاورزی، جنگل، باغ‌ها، مراتع و بیابان و صحرا را کلنیزه می‌کنند (۱۸). گونه‌هایی نظیر *Trichoderma harzianum* کنترل مؤثری را علیه نماتدهای ریشه‌گرهی ایجاد می‌کند. از دیگر گونه‌های که دارای توانایی آنتاگونیستی علیه *Meloidogyne spp.* می‌باشند می‌توان *T. viride*، *T. asperellum* و *T. aureoviride* را نام برد (۲۴ و ۴۱). کاربرد این قارچ‌ها سبب کاهش گال‌های نماتدی و بهبود رشد گیاه و در طولانی مدت سبب افزایش رشد و بازده گیاه می‌شوند (۳۸). در بررسی اثر تیمار قارچ *Glomus mosseae* بر چهار واریته لوبیای چشم بلبلی (*Ving sinesis* L.) کاهش قابل توجهی در میزان گال و همچنین بهبود در رشد گیاه در شرایط گلخانه‌ای و مزرعه علیه نماتد *M. incognita* مشاهده شد (۳۰). بررسی اثرات حفاظت زیستی دو گونه *G. mosseae* و *G. intraradices* در مقابل *M. graminicola* در برنج صورت گرفت، مشاهده شد که *G. mosseae* نسبت به *G. intraradices* درصد کلنیزاسیون بالاتری داشته و از تکثیر نماتد جلوگیری کرد (۲۵). در بین گونه‌های مختلف قارچ تریکودرما، *Trichoderma longibrachiatum* در اکثر خاک‌های دنیا دیده می‌شود این گونه توانایی بالایی در کنترل نماتدهای گیاهی از قبیل *M. javanica* و *Heterodera avenae* دارد (۳ و ۴۵). گیاهان دارای دامنه گسترده‌ای از سازو کارهای دفاعی مؤثر در برابر تهاجم بیمارگرها و آفات مختلف هستند. این سازو کارها شامل موانع فیزیکی پیش ساخته، سدهای شیمیایی و پاسخ‌های دفاعی القاء شده است (۳۲). دخالت مسیر فنیل پروپانویید در گیاه گوجه‌فرنگی تیمار شده با میکوریز در کنترل نماتد *M. incognita* نقش اساسی دارد (۴۳). کاهش معنی‌دار شاخص‌های نماتدی در گیاه گوجه‌فرنگی تیمار شده با *T. harzianum* با افزایش سطح آنزیم‌های دفاعی فنیل آلانین آمونیا لایاز^۱ (PAL)، پراکسیداز^۲ (POX) و پلی‌فنل اکسیداز^۳ (PPO) همراه بوده است (۳۵). این آزمایش با هدف بررسی پتانسیل القاء مقاومت نهال‌های پسته تیمار شده با قارچ‌های میکوریز

1- Phenylalanine ammonia lyase

2- Peroxidase

3- Polyphenoloxidase

تجزیه و تحلیل آماری داده‌های بدست آمده با استفاده از نرم‌افزار SAS و رسم شکل‌ها به کمک نرم‌افزار Excel (Version 9.1) انجام شد. مقایسه میانگین تیمارها با استفاده از روش آزمون دانکن و در سطح احتمال یک درصد صورت گرفت (۱۳).

ارزیابی شاخص‌های بیماری‌زایی

پس از گذشت ۷۵ روز از زمان مایه‌زنی نماتد به خاک، نهال‌های پسته از گلدان بیرون آورده شد. شاخص‌های آلودگی نماتد شامل تعداد گال و کیسه تخم، شاخص تولید مثل و تعداد لارو سن دوم محاسبه گردید. شمارش تعداد گال و تعداد کیسه تخم در ریشه براساس روش تایلور و ساسر (۴۲) تعیین گردید. در این روش در صورت عدم وجود گال یا کیسه تخم روی ریشه شاخص صفر، بین ۱-۲ گال یا کیسه تخم شاخص یک، بین ۳-۱۰ شاخص دو، بین ۱۱-۳۰ شاخص سه، بین ۳۱-۱۰۰ شاخص چهار و بیش از ۱۰۰ گال یا کیسه تخم شاخص پنج در نظر گرفته شد. برای این منظور تعداد چهار نمونه یک گرمی از وزن تر ریشه پسته جدا شده و تعداد کیسه تخم و تعداد گال به وسیله استریومیکروسکوپ (Carl Zeiss, Germany) شمارش گردید. برای شمارش تعداد تخم داخل هر کیسه از محلول هیپوکلریت سدیم ۱/۲۵ درصد به مدت ۳ دقیقه بر روی کیسه تخم استفاده گردید تا تخم‌ها از ماده ژلاتینی آزاد شوند. برای محاسبه فاکتور تولید مثل جمعیت نهایی در هر تیمار بر جمعیت اولیه که پنج هزار لارو بود تقسیم گردید. جهت تعیین جمعیت لارو سن دوم در خاک بعد از خارج نمودن نهال، خاک گلدان به طور کامل مخلوط و یک نمونه ۳۰۰ گرمی از خاک برداشته و استخراج لاروهای سن دوم نماتد با استفاده از روش سینی وایت هد انجام شد (۴۵).

ارزیابی فعالیت آنزیم‌های دفاعی پراکسیداز،

پلی فنل اکسیداز و فنیل آلانین آمونیا لیاز

در تیمارهای مختلف و در پنج مرحله زمانی صفر، یک و نیم، سه، پنج و نیم و دوازده روز بعد از مایه‌زنی نماتد سطح آنزیم‌های دفاعی مورد بررسی قرار گرفتند. جهت استخراج آنزیم‌های مورد نظر و تهیه عصاره گیاهی نمونه‌های جدا شده از برگ نهال‌های پسته در درون یک هاون از قبل سرد شده با سه میلی لیتر بافر پتاسیم فسفات ۵۰ میلی مولار (pH ۷/۲) کاملاً هموژنیزه شدند. عصاره گیاهی به دست آمده در میکروتیوب‌های دو میلی لیتری به مدت ۳۰-۲۰ دقیقه با سرعت ۴۰۰۰ دور در دقیقه در دمای چهار درجه سانتی گراد سانتریفیوژ (Denley BR401 UK) شد و سپس سوسپانسیون رویی جهت بررسی میزان تغییرات سطوح آنزیمی استفاده گردید (۳۴). میزان فعالیت آنزی POX براساس روش پلوا و همکاران (۳۳) و فعالیت آنزیم PPO با روش نیکولی و همکاران (۲۹) اندازه‌گیری شد. جهت

جدایه با هم مخلوط گردیدند. به این ترتیب مقدار گندم لازم از مخلوط جدایه‌ها برای مایه‌زنی گلدان‌ها به میزان ۱۰^۷ اسپور به ازای هر بوته تعیین گردید.

آزمایشات گلخانه‌ای

ابتدا بذره‌های پسته رقم بادامی‌زرنند با آب به مدت پنج دقیقه شستشو داده شدند و سپس با محلول نیم درصد هیپوکلریت سدیم به مدت دو دقیقه ضدعفونی سطحی شده و بعد از چند بار شست‌وشو در آب مقطر سترون تا زمان جوانه‌زنی در پارچه مرطوب قرار داده شدند. گلدان‌های سه کیلوگرمی از خاک و ماسه استریل به نسبت ۱:۲ پر شده و تعداد پنج عدد بذر در عمق سه سانتی متری کاشته و در گلخانه در شرایط ۲۵ تا ۲۸ درجه سانتی گراد نگهداری شدند (۲۳). نهال‌های پسته در مرحله‌ی ۱۰-۸ برگی با مقدار ۶۰ گرم از مخلوط زادمایه میکوریزایی تهیه شده، مایه‌زنی شدند و سه ماه بعد جهت بررسی از این گیاهان نمونه‌برداری انجام شد. به منظور اطمینان از خلوص قارچ‌ها و کلنیزه شدن ریشه‌ها، رنگ آمیزی ریشه‌های گیاهی انجام و بررسی میکروسکوپی جهت مشاهده اندام‌های مختلف قارچ صورت گرفت (۳۱). پس از اطمینان از تیمار میکوریزا، تیمار *Trichoderma* اعمال گردید. برای تیمار تریکودرما میزان ۱۰ گرم از زادمایه مخلوط جدایه‌های T1، T2، T3، T4 و T5 به ازای یک کیلوگرم خاک استفاده شد (۹). بعد از مدت ۲۱ روز از تیمار تریکودرمایی مایه‌زنی نهال‌های پسته با جمعیت ۵۰۰۰ لارو سن دوم نماتد *M. javanica* انجام شد. تیمار نماتدکشی غلظت ۰/۶ گرم به ازای هر گلدان در خاک نماتدکشی نماتورین (حاوی fosthiazate) از گروه فسفات‌های آلی، ۲۴ ساعت بعد از مایه‌زنی نماتد استفاده گردید. تیمار نماتدکشی، جهت بررسی اثرات منفی احتمالی بر روی تیمارهای مهارزیستی (میکوریز، تریکودرما) و همچنین ارزیابی عملکرد تیمارهای مهار زیستی در مقایسه با نماتدکشی اعمال گردید.

این پژوهش به صورت دو آزمایش جداگانه انجام شد. در آزمایش اول جهت ارزیابی اثر تیمارهای قارچی بر شاخص‌های بیماری‌زایی نماتدی آزمایش به صورت طرح کاملاً تصادفی با شش تیمار و سه تکرار انجام شد. تیمارهای آزمایش شامل قارچ میکوریز، قارچ *Trichoderma*، مخلوط همزمان قارچ میکوریز - *Trichoderma*، کاربرد نماتدکشی، مخلوط قارچ میکوریز - *Trichoderma* - نماتدکشی و شاهد بودند. آزمایش دوم با هدف بررسی پتانسیل قارچ‌های آنتاگونیست در القاء آنزیم‌های دفاعی نهال‌های پسته رقم بادامی ریز زرنند انجام شد. این آزمایش به صورت فاکتوریل با دو فاکتور عوامل کنترلی در شرایط حضور و عدم حضور نماتد و زمان پیاده شد. تیمارهای کنترلی در بالا اشاره شدند و فاکتور دوم چهار زمان یک و نیم، سه، پنج و نیم و دوازده روز بعد از مایه‌زنی نماتد را شامل گردید.

مشخص کردن میزان فعالیت آنزیم PAL از روش دانها (۱۰) استفاده گردید.

نتایج و بحث

تیمارهای قارچی در شاخص‌های مختلف بیماریزایی در مقایسه با تیمار نماتد تفاوت معنی‌داری در سطح یک درصد نشان دادند. تیمار

Trichoderma به تنهایی بهترین نتیجه بازدارندگی بیماری را نشان داد. بعد از آن تیمار تلفیق *Trichoderma*-میکوریز پیشنهاد می‌گردد به طوری که در تمامی شاخص‌ها با تیمار نماتد به تنهایی تفاوت معنی‌داری نشان داد و تقریباً مشابه تیمار تلفیقی تریکودرما-میکوریز-نماتد کش عمل کرده است (جدول ۱).

جدول ۱- اثر تیمارهای مهار زیستی قارچی و نماتد کش بر روی شاخص‌های بیماریزایی نماتد ریشه‌گرهی در نهال‌های پسته
Table 1- Effect of biological control agents and nematicide treatments on pathogenic indices of root-knot nematode in pistachio seedlings

تیمار Treatment	شاخص تولید مثل Reproduction factor	جمعیت نهایی نماتد در گلدان Final population	تعداد لارو سن دوم در ۳۰۰ گرم خاک Second juveniles/300gr of soil	تعداد تخم داخل هر کیسه تخم Number of egg/egg mass	تعداد کیسه تخم در یک گرم ریشه Number of egg mass/gr of root	تعداد گال در یک گرم ریشه Number of gall/gr of root
نماتد Nematode	3.9a	19969.8a	1273a	273.2a	20.4a	27a
نماتد+تریکودرما Nematode+Trichoderma	1.08d	5412.4d	340d	215.3c	5.2c	9.5c
نماتد+میکوریز Nematode+Mycorrhiza	2.8b	14054.6b	793c	235.2b	18.6a	23.8a
نماتد+نماتد کش Nematode+Nematicide	3.6a	18155a	1186a	278.3a	17.4a	24.8a
نماتد+تریکودرما+میکوریز Nematode+Trichoderma+Mycorrhiza	2.6b	13400.3c	1066b	203.6c	9b	16.1b
نماتد+تریکودرما+میکوریز+نماتد کش Nematode+Trichoderma+Mycorrhiza+Nematicide	2.3b	11710.8c	833cb	217.2c	7.6cb	13.8cb

تیمارها با حروف یکسان با توجه به آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح یک درصد اختلاف معنی‌دار ندارند.

Treatments with the same letters are not significantly different according to Duncan's multiple range test at 1%

قارچ تریکودرما به دلیل داشتن توانایی بالا در تولید انواع ترکیبات آنزیمی لیز کننده تخم نماتدها و فاکتورهای القاء کننده مقاومت در گیاهان مختلف به عنوان یکی از موفق‌ترین عوامل کنترل نماتد ریشه‌گرهی معرفی می‌گردد (۲۸، ۳۶ و ۴۶). با توجه به نتایج جدول یک کاربرد تریکودرما اثر بیشتری در کنترل نماتد ریشه‌گرهی در مقایسه با دیگر تیمارها نشان داد. نتیجه بدست آمده همخوانی با یافته‌های قبلی را نشان می‌دهد به طوری که جدایه BI از گونه *T. harzianum* دارای اثرات مستقیم بر تخم‌ها و لاروهای نماتد داشته و از طرف دیگر با القاء مقاومت به صورت غیرمستقیم می‌تواند نفوذ و خسارت نماتد را کاهش دهد (۳۶).

در تیمار میکوریز اگر چه اختلاف معنی‌داری در شاخص گال و کیسه تخم با شاهد دیده نشد اما تعداد لارو سن دوم و فاکتور تولید مثل نماتد کاهش معنی‌داری در مقایسه با شاهد نشان دادند. این

مطلب می‌تواند به دلیل کوچک بودن اندازه کیسه تخم و تأثیر بر روی تعداد تخم داخل کیسه‌ها باشد. نتیجه یافته قبلی بر روی گونه میکوریزایی *Rizophagus irregularis* در گیاه گوجه‌فرنگی نشان داد که توده تخم و تخم‌ها در ریشه‌های تیمار شده کاهش قابل توجهی دارند (۳۸). در یافته‌های قبلی مشخص شده است که ریشه پنبه به طور معنی‌داری وقتی که ۵۰ درصد از آن توسط *G. intraradices* کلونیزه شود اثر بازدارندگی بر روی نماتد ریشه‌گرهی نشان می‌دهد در حالی که در میزان کمتر از ۵۰ درصد هیچ تأثیری ندارد. در حالی که در مورد گونه *Scutellospora heterogama* گیاه پشن فروت (*Passiflora edulis*) تنها ۴۰ درصد از کلونیزاسیون میکوریزایی برای کاهش اثرات منفی *M. incognita* کافی است (۵). در مورد نهال‌های پسته احتمال دارد که در تیمار میکوریزایی میزان لازم کلونیزاسیون برای اثر بازدارندگی معنی‌دار رخ

نداده است و لاروهای نماتدی توانستند از سد دفاعی اولیه رد شوند. به طوری که بر اساس یافته‌های قبلی نماتدهایی که بر روی موانع موجود در ریزوسفر غلبه کرده و موفق به آلوده کردن ریشه‌های تیمار شده با میکوریز می‌شوند، احتمالاً با موانع اضافی ناشی از القای پاسخ‌های دفاعی گیاه روبه‌رو خواهند شد که تکثیر نماتد را تحت تأثیر قرار می‌دهد (۴۴). تیمار نماتدکش به تنهایی از نظر آماری با تیمار شاهد مثبت تفاوت معنی‌داری در کاهش شاخص‌های بیماریزایی نماتد ریشه‌گرهی در نهال‌های پسته نشان ندادند و این مطلب می‌تواند احتمالاً به دلیل پایین بودن غلظت آن برای گیاه پسته باشد. کاهش تعداد گال در تیمارهای میکوریز - *Trichoderma* نسبت به تیمار میکوریز می‌تواند به دلیل جلوگیری از ورود لاروهای آلوده‌کننده نماتد به ریشه به دلیل فعالیت پروتئینازی قارچ *Trichoderma* باشد. تیمار گیاه گوجه‌فرنگی با قارچ *T. harzianum* T-203 و یا با عصاره آن کاهش شدیدی در تعداد گال‌های ریشه و بهبود قابل توجهی در وزن تر بخش هوایی نشان داد. بررسی‌ها نشان دادند که عامل مهار زیستی بر روی نفوذ نماتد به دلیل فعالیت پروتئینازی اثر داشته است (۳۹).

نتایج حاصل از تجزیه واریانس مقادیر آنزیم‌های دفاعی نشان داد که فعالیت آنزیم پراکسیداز (POX)، پلی‌فنل اکسیداز (PPO) و فنیل آلانین آمونیالاز (PAL) در نهال‌های پسته رقم بادامی ریز زرد تحت تأثیر نماتد، قارچ‌های مهار زیستی، زمان مورد بررسی و اثرات متقابل آن‌ها در سطح احتمال یک درصد قرار گرفتند (جدول ۲).

سطح آنزیم‌های مختلفی به دنبال تیمار با میکوریز و تریکودرما در گیاهان افزایش می‌یابد که هر یک از آنزیم‌ها به نحوی در محدود کردن توسعه عوامل بیمارگر نقش دارند (۱۴). نتایج حاصل از آنزیم POX در حضور نماتد افزایش بیشتری نسبت به شرایط عدم حضور نماتد نشان داد این مطلب به دلیل تحریک سیستم دفاعی گیاه در اثر حضور نماتد می‌باشد (شکل ۱). بررسی‌های قبلی نشان داده که، نماتد ریشه‌گرهی می‌تواند سبب القاء آنزیم‌های دفاعی گیاهان مختلف شود اما سازو کار القاء آنزیم توسط عامل مهار زیستی با بیمارگر تفاوت دارد (۴۴). کاهش تکثیر نماتد در نهال‌های پسته، اهمیت نقش آنزیم‌های دفاعی القاء شده توسط قارچ‌های مهار زیستی را در برابر نماتد تقویت می‌کند. تیمار میکوریزایی افزایش سطح آنزیمی POX بیشتری را در مقایسه با تیمارهای تریکودرمایی نشان داد. هر چند که قارچ تریکودرما توانست سبب القاء این آنزیم شود. حداکثر سطح این آنزیم در تیمارهای مختلف در دوازده روز بعد از مایه‌زنی نماتد مشاهده شد به طوری که در تیمار میکوریز - تریکودرما افزایش ۱۳۶ و ۱۸۳ درصد به ترتیب در شرایط عدم حضور و حضور نماتد رخ داد (شکل ۱). افزایش سطح این آنزیم در تیمار میکوریز به تنهایی در هر دو شرایط از نظر آماری با تیمار مخلوط میکوریز - تریکودرما تفاوت معنی‌داری نداشت. از جمله نقش‌های که آنزیم پراکسیداز علیه بیمارگرها برعهده دارند می‌توان به سنتز فیتوالکسین‌ها، تجمع ترکیبات فنلی در دیواره سلولی گیاهان، محدود کردن گسترش بیماری و تولید لیگنین اشاره نمود (۱۱).

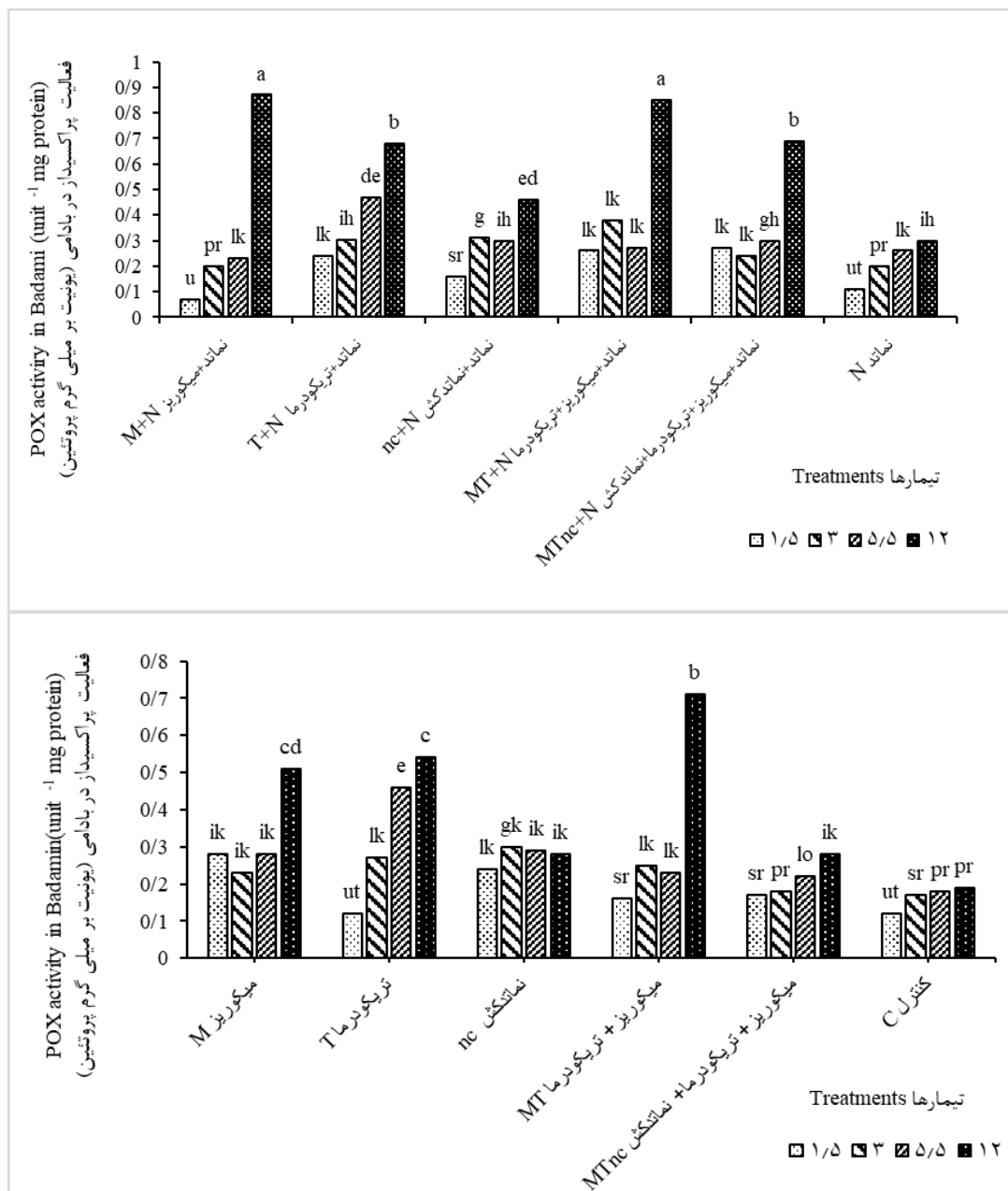
جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس تأثیر عوامل مهار زیستی قارچی و نماتد کش بر روی فعالیت آنزیم‌های دفاعی علیه نماتد ریشه‌گرهی

Table 2- Results of variance analysis of the effect of fungal biological control agents and nematocides on the activity of defensive enzymes against root-knot nematode

منابع تغییر Source of variations	میانگین مربعات Mean of squares			
	درجه آزادی Df	پراکسیداز Peroxidase	پلی فنل اکسیداز Polyphenol oxidase	فنیل آلانین آمونیالاز Phenylalanine Ammonylase
تیمار Treatment	11	0.08**	21.96**	1.38**
زمان Time	3	0.79**	129.33**	6.50**
زمان × ساعت H × T	33	0.04**	5.32**	0.17**
خطا Error	-	0.0008	0.008	0.01
Coefficient of variation%	-	9.32	3.14	6.93

**تفاوت در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار است.

** Significant difference at 1% probability level.



شکل ۱- تأثیر قارچ‌های vesicular-arbuscular mycorrhiza و *Trichoderma* بر فعالیت آنزیم پراکسیداز در حضور نماتد (بالا) و عدم حضور نماتد (پایین)

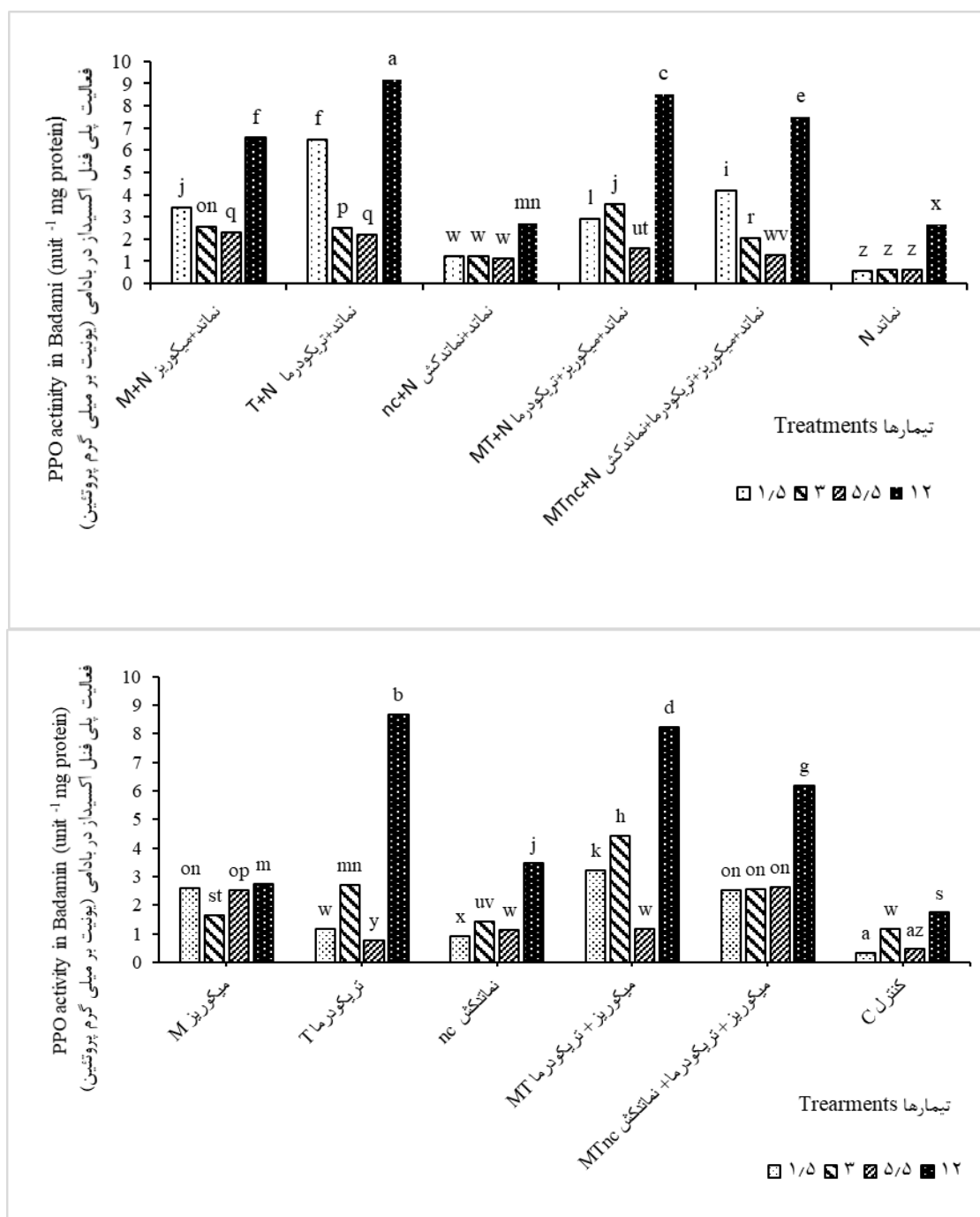
تیمارها با حروف یکسان با توجه به آزمون چند دامنه‌ای دانکن اختلاف معنی‌دار ندارند.

Figure 1- Effect of vesicular-arbuscular mycorrhiza and *Trichoderma* fungi on the activity of peroxidase enzyme in the presence (up) and absence (down) of nematode

Treatments with common words are statistically no significant difference (Duncan test, $\alpha=0.01$).

شرایط حضور و عدم حضور نماتد بود. آنزیم پلی فنل اکسیداز موجب تبدیل ترکیبات منو یا دی فنل به ترکیبات کینون می‌گردند (۲۷). تیمار میکوریزایی در شرایط حضور نماتد در روز دوازدهم افزایش ۱۴۷ درصدی را نشان داد در حالی که در شرایط عدم حضور نماتد این تیمار فعالیت قابل توجهی نداشت.

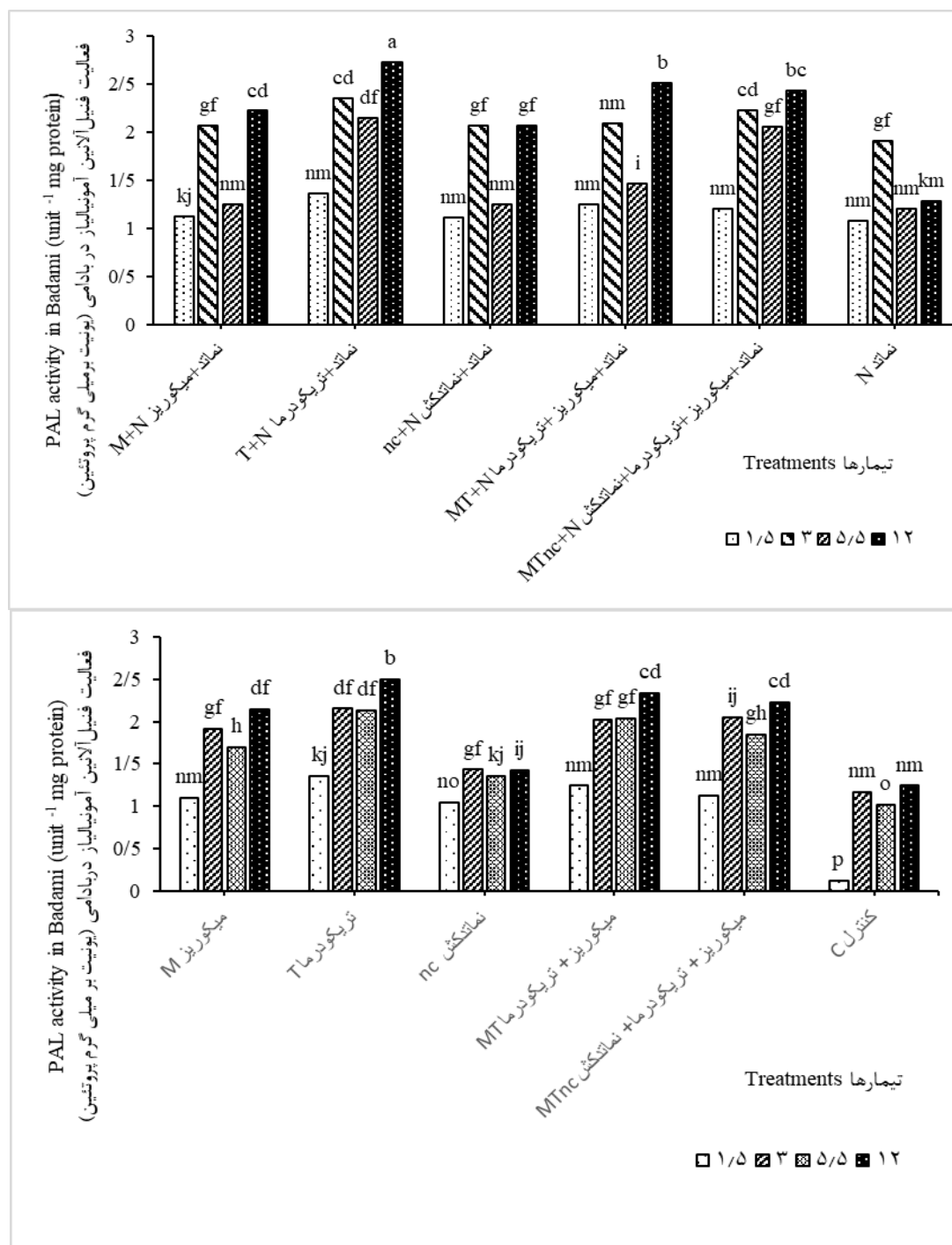
نتایج حاصل از مقایسه میانگین داده‌های مربوط به پلی فنل اکسیداز نشان داد که در روز دوازدهم بین تیمارهای مورد بررسی در حضور و عدم حضور نماتد با شاهد تفاوت معنی‌دار وجود دارد (شکل ۲). افزایش میزان آنزیم PPO در تیمار تریکودرما بیشتر از بقیه بود که این میزان برابر با ۹/۱۷ unit/mg protein و ۸/۶۶ به ترتیب در



شکل ۲- تأثیر قارچ‌های vesicular-arbuscular mycorrhiza و *Trichoderma* بر فعالیت آنزیم پلی‌فنل اکسیداز در حضور نماتد (بالا) و عدم حضور نماتد (پایین)

تیمارها با حروف یکسان با توجه به آزمون چند دامنه‌ای دانکن اختلاف معنی‌دار ندارند.

Figure 2- Effect of vesicular-arbuscular mycorrhiza and *Trichoderma* fungi on the activity of polyphenol oxidase enzyme in the presence (up) and absence (down) of nematode
Treatments with common words are statistically no significant difference (Duncan test, $\alpha=0.01$).



شکل ۳- تأثیر قارچ‌های vesicular-arbuscular mycorrhiza و *Trichoderma* بر فعالیت آنزیم فنیل آلانین آمونیاز در حضور نماتد (بالا) و عدم حضور نماتد (پایین)

تیمارها با حروف یکسان با توجه به آزمون چند دامنه‌ای دانکن اختلاف معنی‌دار ندارند.

Figure 3- Effect of vesicular-arbuscular mycorrhiza and *Trichoderma* fungi on the activity of phenylalanine ammonia lyase enzyme in the presence (up) and absence (down) of nematode

Treatments with common words are statistically no significant difference (Duncan test, $\alpha=0.01$).

دفاعی نظیر تولید گونه‌های فعال اکسیژن و آماده باش گیاه میزبان می‌شود (۱۵). تحقیقات متعدد در مورد محرک‌های ویژه و شیمیایی نشان داده است که گیاهان توانایی تشخیص تعداد زیادی از ترکیبات مشتق شده از سطح میکروب‌ها را دارا هستند. این ترکیبات واکنش‌های دفاعی را در گیاهان میزبان (سازگار) و غیر میزبان (ناسازگار) القاء می‌کنند (۱۲ و ۱۹). به دنبال تیمار ریشه گیاهان توسط گونه‌های قارچ *Trichoderma* و میکوریز، شاهد تحریک سیستم دفاعی گیاه به دلیل افزایش سطوح آنزیم‌های دفاعی و افزایش جذب عناصر و مواد غذایی می‌باشیم. این مطلب نشان می‌دهد که با استفاده همزمان این دو عامل مهار زیستی می‌توانیم از اثرات مثبت هر دو در بهبود بنیه گیاه و مقاومت در برابر بیماری سود ببریم. نتایج مطالعات قبلی نشان داد که کاربرد همزمان چند عامل بیوکنترل توانایی بهتری در بهبود شاخص‌های رشدی-افزایش سطوح آنزیم‌های دفاعی مانند PAL, PPO, POX در گیاه گوجه فرنگی نسبت به نماتد *M. incognita* را دارند (۶ و ۱۵). استفاده از قارچ‌های افزایشنده رشد گیاهان مانند میکوریز و تریکودرما ضمن بهبود رشد گیاه، می‌تواند مصرف کود و سموم شیمیایی را کاهش دهد و جهت رشد و توسعه بهتر گیاه و کنترل بیماری‌ها مؤثر باشند (۲۸). البته بررسی‌های دیگری در آینده در خصوص شناسایی دیگر سازوکارهای کنترلی این آنتاگونیست‌ها، کاربرد ترکیب این قارچ‌ها با دیگر آنتاگونیست‌های باکتریایی و حتی کودهای دامی و همچنین مطالعات باغی ضروری می‌باشد.

این مطلب با نتایج قبلی که نشان داد گیاهان گوجه‌فرنگی تیمار شده با میکوریز فعالیت PPO کمی داشتند هماهنگ می‌باشد. از طرفی کارایی عوامل بیوکنترل با توجه به گونه و رقم گیاه می‌تواند تنوع نشان دهد (۲۸). کمترین فعالیت آنزیمی PPO در تیمار نماتدکش برابر با $2/7 \text{ unit/mg protein}$ نسبت به سایر تیمارها مشاهده گردید. نتایج کلی بیانگر افزایش میزان آنزیم PAL در نهال‌های تیمار شده پسته در کلیه تیمارها می‌باشد. حداکثر میزان فعالیت این آنزیم در تیمار میکوریزایی و تریکودرمایی پنج و نیم روز بعد در شرایط حضور و عدم حضور نماتد ملاحظه شد (شکل ۳). این نتایج با مطالعه قبلی که به دنبال تیمار میکوریزای شاهد افزایش آنزیم PAL در گیاه گوجه‌فرنگی در حضور نماتد بوده‌اند مطابقت دارند (۳۸). میزان فعالیت آنزیم‌های دفاعی در تیمارهای مورد بررسی پس از مایه‌زنی نماتد سیر صعودی و نسبت به تیمار شاهد افزایش معنی‌داری داشت. یافته‌ها با نتایج بررسی تأثیر *Meloidogyne javanica* بر روی ریشه گوجه‌فرنگی در تعامل با قارچ عامل پژمردگی آوندی مطابقت داشت، به‌طوری که بعد از مایه‌زنی نماتد شاهد افزایش سطوح آنزیم PAL بودند (۳۵). آنزیم PAL آنزیمی کلیدی در شروع بیوستز ترکیبات دفاعی گیاه از جمله فیتوالکسین‌ها به ویژه فنیل پروپانویدها و برخی از ترکیبات فنلی و لیگنینی می‌باشد. افزایش سطح ترکیبات فنلی و آنزیم‌های دفاعی در گیاهان تیمار شده با عوامل آنتاگونیست می‌تواند سبب افزایش مقاومت گیاهان و کاهش شاخص‌های بیماریزای نماتدی گردد. استفاده از فعال کننده‌های دفاعی قبل از آلودگی توسط بیمارگر منجر به راه‌اندازی پاسخ‌های

منابع

1. Akbar N.S., and Nadeem S. 2014. Simulation of peristaltic flow of chyme in small intestine for couple stress fluid. *Meccanica* 49(2): 325-334.
2. Aliramaji F., Pourjam E., and Karegar A. 2005. Some tylenchids associated with pistachio and almond trees in Iran. In: IV International symposium on pistachios and almonds, *Acta Horticulturae* 726: 659-666.
3. AL-Shammari T.A., Bahkali A.H., Elgorban A.M., El-Kahky M.T., and Al-Sum B.A. 2013. The use of *Trichoderma longibrachiatum* and *Mortierella alpina* against root-knot nematode, *Meloidogyne javanica* on tomato. *Journal of Pure and Applied Microbiology* 7: 199-207.
4. Anita B., and Samiyappan R. 2012. Induction of systemic resistance in rice by *Pseudomonas fluorescens* against rice root knot nematode *Meloidogyne graminicola*. *Journal of Biopesticides* 5: 53-59.
5. Anjos É.C.T.D., Cavalcante U.M.T., Gonçalves D.M.C., Pedrosa E.M.R., Santos V.F.D., and Maia L.C. 2010. Interactions between an arbuscular mycorrhizal fungus (*Scutellospora heterogama*) and the root-knot nematode (*Meloidogyne incognita*) on sweet passion fruit (*Passiflora alata*). *Brazilian Archives of Biology and Technology* 53(4): 801-809.
6. Annapurna M., Bhagawati B., and Kurulkar U. 2018. Biochemical Mechanism of Native Fungal Bioagents in the Management of Root-Knot Nematode *Meloidogyne incognita* on Tomato. *International Journal of Current Microbiology and Applied Science* 7(11): 380-395.
7. Barea J.M., Azcón R., and Azcón-Aguilar C. 2002. Mycorrhizosphere interactions to improve plant fitness and soil quality. *Antonie van leeuwenhoek* 81(1-4): 343-351.
8. Barker K.R., and Koenning S.R. 1998. Developing sustainable system for nematode management. *Annual Review of Phytopathology* 36(1): 165-205.
9. Beckman T.G., and Pusey P.L. 2001. Field Testing peach rootstocks for resistance to *Armillaria* root rot. *HortScience* 36(1): 101-103.

10. D'cunha G.B., Satyanarayan V., and Nair P.M. 1996. Purification of phenylalanine ammonia lyase from *Rhodotorula glutinis*. *Phytochemistry* 42(1): 17-20.
11. Deepak S., Niranjana-Raj S., Shailasree S., Kini R.K., Boland W., Shetty H.S., and Mithöfer A. 2007. Induction of resistance against downy mildew pathogen in pearl millet by a synthetic jasmonate analogon. *Physiological and Molecular Plant Pathology* 71(1-3): 96-105.
12. Dong H., Li W., Zhang D., and Tang W. 2003. Differential expression of induced resistance by an aqueous extract of killed *Penicillium chrysogenum* against *Verticillium* wilt of cotton. *Crop Protection* 22(1): 129-134.
13. Duncan L.W., and Ferris H. 1983. Validation of a model for prediction of host damage by two nematode species. *Journal of Nematology* 15: 227-234.
14. Edreva A., Velikova V., Tsonev T., Dagnon S., Gürel A., Aktaş L., and Gesheva E. 2008. Stress-protective role of secondary metabolites: diversity of functions and mechanisms. *General and Applied Plant Physiology* 34(1-2): 67-78.
15. Esfahani L., Jamali S., Saeedizadeh A., and Pedramfar H. 2017. Inducing systemic resistance of tomato by salicylic acid and two - biocontrol agents against root- knot nematode. *Iranian Journal of Plant Protection Science* 48(2): 283-294. (In Persian with English abstract)
16. Farivar Mehdi H. 1984. Study of the Root-knot Nematodes on Pistachio in Iran. In: Proceeding of the first International Congress of Nematology, 5-10 Aug, Guelph, Ontario, Canada. 26-27.
17. Fatemy S. 2009. Integrated management of pistachio nematodes. P. 243-252. In Ciancio A. Mukerji, K.G. (ed.) *Integrated Management of Fruit Crops and Forest Nematodes*. Springer the Netherlands.
18. Hagn A., Pritsch K., Schlöter M., and Munch J.C. 2003. Fungal diversity in agricultural soil under different farming management systems, with special reference to biocontrol strains of *Trichoderma* spp. *Biology and Fertility of Soils* 38(4): 236-244.
19. He C.Y., Hsiang T., and Wolyn D.J. 2002. Induction of systemic disease resistance and pathogen defense responses in *Asparagus officinalis* inoculated with nonpathogenic strains of *Fusarium oxysporum*. *Plant Pathology* 51(2): 225-230.
20. Hussey R.S., and Barker K.R. 1973. A Comparison of methods of collecting inocula of *Meloidogyne* spp., including a new technique. *Plant disease Report* 57:1025-1028.
21. Jebeli ameli F. 2006. Factors affecting export of pistachio saffron and dates in the non-oil commodities basket. *Journal of Agriculture and Development*, 14(54): 85-102. (In Persian)
22. Jepson S.B. 1987. Identification of root-knot nematodes (*Meloidogyne* species). CAB international, Wallingford, UK.
23. Khatamidoost Z., Jamali S., Moradi M., and Saberi-Riseh R. 2015. Effect of Iranian Strains of *Pseudomonas* spp. On the Control of Root-Knot Nematodes on Pistachios. *Biocontrol Science Technology*, 25(3): 291-301.
24. Liu R., Dai M., Wu X., Li M., and Liu X. 2012. Suppression of the root-knot nematode [*Meloidogyne incognita* (Kofoid and White) Chitwood] on tomato by dual inoculation with arbuscular mycorrhizal fungi and plant growth-promoting rhizobacteria. *Mycorrhiza* 22(4): 289-296.
25. Manandhar S. 2011. Study on the bioprotective effect of endomycorrhizae against *M. graminicola* in rice. *Journal of Biological Pest Control* 5(1): 28-35.
26. Martínez-Medina A., Roldán, A., Albacete A., and Pascual J. A. 2011. The interaction with arbuscular mycorrhizal fungi or *Trichoderma harzianum* alters the shoot hormonal profile in melon plants. *Phytochemistry* 72(2-3): 223-229.
27. Milavec M., Gruden K., Ravnikar M., and Kovač M. 2008. Peroxidases in the early responses of different potato cultivars to infection by Potato virus YNTN. *Plant Pathology* 57(5): 861-869.
28. Nagesh M., and Reddy P.P. 2004. Biochemical changes in *Glomus fasciculatum* colonized roots of *Lycopersicon esculentum* in presence of *Meloidogyne incognita*. *Indian Journal of Experimental Biology* 42: 721-727.
29. Nicoli M.C., Elizabete B.E., Piotti A., and Lerici C.R. 1991. Effect of sugar and maillard reaction products on polyphenol oxidase and peroxidase activity in food. *Journal of Food Biochemistry* 15:169-184.
30. Odeyemi I.S., Afolami S.O., and Sosanya O.S. 2010. Effect of *Glomus mosseae* (arbuscular mycorrhizal fungus) on host parasite relationship of *Meloidogyne incognita* on four improved cowpea varieties. *Journal of Plant Protection Research* 50(3): 320-325.
31. Phillips J.M., and Hayman D.S. 1970. Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. *Transactions of the British mycological Society* 55(1): 158-161.
32. Pieterse J.N. 2001. Hybridity, so what? Department of Sociology of University of Illinois at Urbana-Champaign.
33. Plewa M.J., Smith S.R., and Wanger E.D. 1991. Diethyldithiocarbamate suppresses the plant activation of aromatic amines into mutagens by inhibiting tobacco cell peroxidase. *Mutation Research* 247: 57-64.
34. Reuveni R., Agapov V., and Reuveni M. 1994. Foliar spray of phosphates induces growth increase and systemic resistance to *Puccinia sorghi* in maize. *Plant Pathology* 43(2): 245-250.
35. Sahebani N., and Hadavi N. 2008. Study on the Systemic Effect of Root-knot Nematode (*Meloidogyne javanica*)

- on Phenylalanine Ammonia Lyase Enzyme Activity in Tomato Root in the Interaction between Root-Knot Nematode and Tomato Fusarium Wilt (*Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*). Isfahan University of Technology- Journal of Crop Production and Processing, 12(43), 217-225. (In Persian)
36. Sahebani, N., and Hadavi, N. 2008. Biological control of the root-knot nematode *Meloidogyne javanica* by *Trichoderma harzianum*. Soil Biology and Biochemistry 40(8): 2016-2020.
37. Schüssler A., and Walker C. 2010. The Glomeromycota: a species list with new families and new genera. The Royal Botanic Garden Kew, Botanische Staatssammlung Munich, and Oregon State University, 19.
38. Sharma I.P., and Sharma A.K. 2017. Physiological and biochemical changes in tomato cultivar PT-3 with dual inoculation of mycorrhiza and PGPR against root-knot nematode. Symbiosis 71(3): 175-183.
39. Sharon E., Bar-Eyal M., Chet I., Herrera-Estrella A., Kleifeld O., and Spiegel Y. 2001. Biological control of the root-knot nematode *Meloidogyne javanica* by *Trichoderma harzianum*. Phytopathology 91(7): 687-693.
40. Siddiqui Z.A., and Akhtar M.S. 2009. Effects of antagonistic fungi, plant growth-promoting rhizobacteria, and arbuscular mycorrhizal fungi alone and in combination on the reproduction of *Meloidogyne incognita* and growth of tomato. Journal of General Plant Pathology 75(2): 144-153.
41. Sohrabi F., Sheikholeslami M., Heydari R., Rezaee S., and Sharifi R. 2020. Investigating the effect of *Glomus mosseae*, *Bacillus subtilis* and *Trichoderma harzianum* on plant growth and controlling *Meloidogyne javanica* in tomato. Indian Phytopathology 1(3): 1-8.
42. Taylor A., and Sasser J. 1978. Biology, identification and control of root-knot nematodes (*Meloidogyne* species). North Carolina State University Graphics, 111.
43. Van Wees S.C., Van der Ent S., and Pieterse C.M. 2008. Plant Immune Responses Triggered by Beneficial Microbes. Curr. Opin. Plant Biol 11(4): 443-448.
44. Vos C., Schouteden N., Van Tuinen D., Chatagnier O., Elsen A., De Waele D., and Gianinazzi-Pearson V. 2013. Mycorrhiza-induced resistance against the root-knot nematode *Meloidogyne incognita* involves priming of defense gene responses in tomato. Soil Biology and Biochemistry 60(1): 45-54.
45. Whitehead A.G., and Hemming J.R., 1965. A comparison of some quantitative methods of extracting small vermiform nematodes from soil. Annals of applied Biology 55: 25-38.
46. Zhang S.h., Gan Y., and Xu B. 2014. Efficacy of *Trichoderma longibrachiatum* in the control of *Heterodera avenae*. BioControl 59(3): 319-331.



Evaluation of the Level of Defense Enzymes Induced by Antagonistic Fungi against Root Knot Nematode, *Meloidogyne javanica* in Pistachio Seedlings

F. Mehdinejad¹- A. Zeynadini Riseh^{2*}- E. Sedaghati³- H. Alaei⁴- M. Moradi⁵

Received: 31-10-2020

Accepted: 13-03-2021

Introduction: Pistachio is one of the most important export products of the country and root knot nematode is one of the threatening factors in its production. The most prevalent species in pistachio orchards are those of *Meloidogyne javanica* and *M. incognita*. Plants have a wide range of defense mechanisms effective against the invasion of various pathogens and pests. These mechanisms include pre-existing physical barriers, chemical barriers, and induced defense responses. Beneficial soil microorganisms such as *Trichoderma* spp. and arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) can protect plants from infection by direct mechanisms such as production of toxins, enzymes, and other metabolites or by inducing systemic resistance. Induce resistance to the root knot nematode occurs following an increased accumulation of different antagonistic compounds such as peroxidase and polyphenol oxidase. Increased levels of these enzymes has been observed in different plants that are responsible for the induced protection against *Meloidogyne*.

Materials and Methods: In this study potential of antagonistic fungi, vesicular-arbuscular mycorrhiza (*Funneliformis mosseae*, *Rhizophagus intraradices*, *Funneliformis caledonius*) and *Trichoderma* (*Trichoderma aureoviride*, *Trichoderma harzianum*) and mixed of both fungi against *Meloidogyne javanica* under greenhouse conditions was investigated. In order to investigate the effect of antagonistic fungi on the induction of defense enzymes in pistachio seedlings of Badami Riz Zarand cultivar, the study was performed as a factorial experiment based on completely randomized design with twelve treatments in three replications in the greenhouse. Pistachio seedlings were inoculated at the stage of 8-10 leaf with 60 g of mycorrhizal mixture and three months later, these plants were sampled for examination. In order to ensure the purity of the fungi and the colonization of the roots, staining of the plant roots was performed and microscopic examination was performed to observe different organs of the fungus. After confirming the mycorrhiza treatment, *Trichoderma* treatment was applied. For *Trichoderma* treatment, 10 g of mixture of isolates T1, T2, T3, T4 and T5 per kg of soil was used. Pure nematode populations were prepared from a single egg mass on Early Urbana tomatoes. Pistachio seedlings were inoculated with 5000 second-stage juveniles of nematode 21 days after *Trichoderma* treatment. Nematode indices including the number of galls, egg masses and second juveniles per gram of root, the number of eggs in each egg mass and reproductive factor after 75 days for each treatment were measured. The second experiment was performed to investigate the effect of biological treatments on nematode indices in a completely randomized design with six treatments and three replications. Defense enzymes level of Peroxidase (POX), Polyphenol oxidase (PPO) and phenylalanine ammonia lyase (PAL) determined at four times of one and a half, three, five and a half and twelve days after nematode inoculation.

Results and Discussion: Disease indices showed a significant decrease in fungi treatments compared to the nematode control. *Trichoderma* treatment showed a significant difference in all indicators compared to the other treatments. Reproductive index in *Trichoderma* treatment and its combination with mycorrhizal treatment decreased by 72 and 33.3 and nematode population decreased by 73.4% and 36.2% compared to the control, respectively. Extracellular hydrolytic enzymes play important role in the infection process of *Tichoderma* species against plant-parasitic nematodes. In mycorrhiza treatment, although there was no significant difference in gall index and egg mass with the control, but the number of second juveniles and nematode reproductive factor showed a significant decrease compared to the control. This may be due to the small size of the egg mass and the effect on the number of eggs. Previous results on mycorrhizal species of *Rizophagus irregularis* in tomato plant showed that egg masses and number of eggs in treated roots have a significant reduction. The maximum enzymatic activity for POX, and PPO was obtained in different treatments on the twelfth day. The

1, 2, 3 and 4- M.Sc. Student of Plant Pathology, Assistant Professor and Associate Professors, Faculty of Agriculture, Vali-e-Asr University of Rafsanjan, respectively.

(*- Corresponding Author Email: zeynadini@vru.ac.ir)

5- Assistant Professor, Pistachio Research Center, Horticultural Sciences Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Rafsanjan

DOI: 10.22067/JPP.2021.32842.0

maximum amount for PAL activity in seedlings treated with mycorrhizal and *Trichoderma* fungi was observed after five and a half days. The level of different enzymes increases after treatment with mycorrhiza and *Trichoderma* in plants, each of which plays a role in limiting the development of nematodes.

Conclusion: Due to the high proliferation of nematodes in pistachio orchards and due to the environmental hazards of nematicides, the use of biocontrol agents is recommended. The studied fungal strains in the present study could be used as components in an integrated approach to manage *M. incognita* on pistachio plants. The use of plant growth promoting fungi such as mycorrhiza and *Trichoderma* while improving plant growth, can reduce the use of fertilizers and chemical pesticides and are effective for better plant growth and development and disease control. However, further studies on the use of combinations of these fungi with other bacterial antagonists and even animal manures as well as garden studies are necessary.

Keywords: Biological control, Mycorrhiza, Pistachio, *Trichoderma*

مقاله پژوهشی

تأثیر برخی ترکیبات سمی گیاهی و ایمیداکلوپراید بر پارامترهای بیوشیمیایی

سرخرطومی حنایی خرما (*Rhynchophorus ferrugineus* Olivier)

امیر پیری^۱ - نجمه صاحب زاده^{۲*} - آرش زیبایی^۳ - عباس خانی^۴

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۸/۲۴

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۲/۰۴

چکیده

امروزه مبارزه با سرخرطومی حنایی خرما بعنوان آفت قرنطینه‌ای و مخرب نخلستان‌ها بدلیل تغذیه از قسمت‌های داخلی تنه درخت، صرفاً به مبارزه شیمیایی محدود گردیده که کاربرد بی‌رویه آفت‌کش‌های مختلف مانند ایمیداکلوپراید باعث بروز مقاومت این حشره شده است. در این پژوهش اثر کشندگی ترکیبات سمی گیاهی شامل اسانس سیر و متابولیت‌های ثانویه آن (دی‌آلیل‌دی‌سولفاید، دی‌آلیل‌تری‌سولفاید) و اسانس اکالیپتوس و متابولیت‌های ثانویه آن (۸و۱-سینتول، آرومادندرن) بر فعالیت آنزیمی (استرازهای عمومی، گلوکاتیون‌اس-ترانسفراز، استیل‌کولین‌استراز) سرخرطومی حنایی خرما مطالعه و با ایمیداکلوپراید (فرم تجاری و ماده‌تکنیکال) مقایسه شدند. حشرات بالغ (نر و ماده) از نخلستان‌های آلوده سراوان جمع‌آوری و در آزمایشگاه (25 ± 3 درجه سلسیوس، رطوبت نسبی 60 ± 5 درصد و دوره نوری ۱۲:۱۲ ساعت تاریکی: روشنایی) پرورش یافتند. آزمایش‌های زیست‌سنجی روی لاروهای همسن (سن دوم) انجام شد. اثرات سمی تمام ترکیبات سمی به طور جداگانه و در حالت‌های اختلاط دوگانه بررسی شدند. همچنین اثر حالت‌های اختلاط دوگانه و مقادیر LC₂₅ و LC₅₀ وضعیت انفرادی هر ترکیب سمی بر میزان فعالیت آنزیم‌های اشاره شده در ۲۴ ساعت پس از تیمار ارزیابی شد. مقادیر غلظت کشنده بیست و پنج درصد (LC₂₅) و غلظت کشنده پنجاه درصد (LC₅₀) برای اسانس سیر، دی‌آلیل‌دی‌سولفاید، دی‌آلیل‌تری‌سولفاید به ترتیب برابر با "۹/۲۳" و "۲۳/۶۱"، "۲/۳۳" و "۴/۶۴"، "۲/۷۵" و "۵/۰۱" میکرولیتر بر میلی‌لیتر؛ برای اسانس اکالیپتوس، ۸و۱-سینتول، آرومادندرن به ترتیب برابر با "۱۲/۴۶" و "۳۳/۴۱"، "۴/۲۶" و "۷/۸۳"، "۳/۶۸" و "۷/۸۴" میکرولیتر بر میلی‌لیتر و برای فرم تجاری و ماده‌تکنیکال ایمیداکلوپراید به ترتیب برابر با "۰/۱۲" و "۰/۲۵"، "۰/۰۹" و "۰/۰۴" میکرولیتر بر میلی‌لیتر تعیین شدند. اختلاط دوگانه LC₅₀+LC₅₀ شامل "دی‌آلیل‌تری‌سولفاید+ ماده‌تکنیکال ایمیداکلوپراید"، "دی‌آلیل‌تری‌سولفاید+ آرومادندرن"، "دی‌آلیل‌تری‌سولفاید+ ۸و۱-سینتول"، "دی‌آلیل‌دی‌سولفاید+ ماده‌تکنیکال ایمیداکلوپراید"، "دی‌آلیل‌دی‌سولفاید+ آرومادندرن"، "دی‌آلیل‌دی‌سولفاید+ ۸و۱-سینتول" اثرات هم‌افزایی داشتند. نتایج، افزایش معنی‌دار فعالیت استرازهای عمومی و گلوکاتیون‌اس-ترانسفراز را در لاروهای تیمار شده با وضعیت انفرادی ترکیبات سمی و حالت‌های اختلاط دوگانه کاهش فعالیت گلوکاتیون‌اس-ترانسفراز را سبب شدند. کاهش معنی‌دار فعالیت استیل‌کولین‌استراز در همه تیمارها مشاهده شد. نتایج نشان داد که کمترین و بیشترین غلظت ترکیبات سمی مورد مطالعه برای ۵۰ درصد مهار آنزیم استیل‌کولین‌استراز با غلظت ۰/۳۲۸ میکرولیتر بر میلی‌لیتر اختلاط دوگانه "دی‌آلیل‌تری‌سولفاید+ ۸و۱-سینتول" و ۴/۴۸۵ میکرولیتر بر میلی‌لیتر اسانس سیر بدست آمد. همچنین نتایج نشان داد که بیشترین (۸۰/۳۰ درصد) و کمترین (۶/۵۰ درصد) میزان مهار استیل‌کولین‌استراز به ترتیب توسط غلظت ۲ میکرولیتر بر میلی‌لیتر "دی‌آلیل‌تری‌سولفاید+ ۸و۱-سینتول" و غلظت ۰/۱ میکرولیتر بر میلی‌لیتر "فرم تجاری ایمیداکلوپراید" بدست آمد. علیرغم کنترل بهتر سرخرطومی حنایی خرما پس از تیمار با ایمیداکلوپراید در مقایسه با ترکیبات سمی گیاهی (اسانس‌ها و متابولیت‌های ثانویه)، مقاومت در برابر این آفت کش به دلیل قرار گرفتن در معرض طولانی مدت به اثبات رسیده است. بنابراین باتوجه نتایج اثرات هم‌افزایی متابولیت‌های ثانویه با هم یا حتی با ایمیداکلوپراید، کاهش فعالیت آنزیم‌های سم‌زدا و همچنین استیل‌کولین‌استراز مشاهده شد که بیانگر این نکته کلیدی است که آنزیم‌ها قادر به حذف حالت‌های اختلاط دوگانه از همولنف سرخرطومی حنایی خرما نبوده‌اند، در نتیجه می‌توانند در مدیریت این آفت نقش موثری ایفا نمایند. همچنین، برای افزایش کارایی متابولیت‌های ثانویه نیاز است تا انواع فرمولاسیون‌های آنها مانند نانوفرمولاسیون‌ها جهت افزایش پایداری آنها در محیط مورد ارزیابی قرار گیرد. با توجه به کارایی بالای حالت‌های اختلاط دوگانه ترکیبات سمی بر فیزیولوژی سرخرطومی حنایی خرما، می‌توان با آزمایش‌های تکمیلی در سطح نخلستان‌ها به امکان جایگزینی آنها با آفت‌کش امیدوار بود.

واژه‌های کلیدی: آنزیم سم‌زدا، اختلاط دوگانه، حشره کش گیاهی، سمیت، هم‌افزایی

۱ و ۲ - به ترتیب دانشجوی سابق کارشناسی ارشد، استادیار و دانشیار، گروه گیاه‌پزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل

(Email: n.sahebzaadeh@uoz.ac.ir)

(*) - نویسنده مسئول:

۳ - دانشیار، گروه گیاه‌پزشکی، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه رشت

مقدمه

سرخرطومی حنایی خرما *Rhynchophorus ferrugineus* (Coleoptera: Curculionidae) Olivier یکی از آفات مهم درختان خرما در ایران، شرق آسیا و همچنین اروپا به حساب می آید که سالانه خسارات بسیاری به خرما کاری ها وارد می کند. لاروهای این آفت ضمن تغذیه از دستجات آوندی، جوانه مرکزی، غلاف های تازه و لیفی نشده برگ، کانال هایی در جهات مختلف بالا و پایین ایجاد می کنند و باعث ضعف و حتی خشکیدن درختان خرما می شوند (۲۵). این آفت در استان سیستان و بلوچستان انتشار داشته و یکی از مهم ترین و مخرب ترین آفات خرما در این منطقه به حساب می آید (۵). به دلیل اقدامات خوب انجام شده از جمله اجرای دقیق قرنطینه گیاهی و جلوگیری از نقل و انتقال پاجوش از مناطق آلوده سراوان به سایر نقاط کشور، این آفت تا سال ۱۳۹۲ در همین منطقه محدود شد اما متأسفانه در سال ۱۳۹۳ احتمالاً از طریق پاجوش های آلوده از کشورهای حاشیه خلیج فارس به استان های جنوبی کشور مانند هرمزگان، فارس و کرمان، منتقل گردید (۱).

استفاده از ترکیبات شیمیایی مانند فسفین (فسفید آلومینیوم) یکی از مهم ترین راهکارهای کنترل این آفت در مناطق آلوده به حساب می آید (۲۵ و ۱). با این وجود استفاده ی مکرر از آفت کش های شیمیایی روی موجودات غیرهدف، انسان ها و سایر موجودات اثرات سوء داشته و نیز باعث بروز مقاومت در حشرات آفت و از بین رفتن دشمنان طبیعی می شود. بنابراین با توجه به خسارت بالای آفات و اثرات سوء آفت کش های شیمیایی، تحقیق برای به دست آوردن جایگزین های مناسب و امن در جهت کنترل آفات کشاورزی ضروری به نظر می رسد به طوری که استفاده از روش های غیرشیمیایی از قبیل کنترل بیولوژیک و استفاده از ترکیبات سمی گیاهی (اسانس ها و عصاره ها) به علت آلودگی های کمتر زیست محیطی در حال گسترش می باشند (۱۲ و ۱۳).

اسانس ها و عصاره های گیاهی، یکی از گزینه های مناسب به عنوان جایگزین ترکیبات شیمیایی سنتزی هستند که کمترین خطر را برای انسان و محیط زیست دارند. اسانس های استخراج شده از گیاهان دارای اثراتی مانند تخم کشی، دورکنندگی، ضد تغذیه ای، عقیم کنندگی و کشندگی روی حشرات می باشند. این ترکیبات می توانند از طریق تماسی، خوراکی، گوارشی و یا تنفسی مسمومیت ایجاد کنند. دارای قدرت تبخیر و سمیت زیاد برای آفات بوده و می توانند به عنوان راهکاری مؤثر، ایمن و نیز جایگزینی مناسب برای ترکیبات شیمیایی نامطلوب باشند (۱۲). با این حال هنوز محدودیت هایی از قبیل قدرت رقابت پایین با سایر آفت کش های جدید دارند که بایستی مرتفع شوند (۱۳).

سازوکار اثر اسانس های گیاهی به طور کامل شناسایی نشده است. صرف نظر از روش های رایج کاربرد سموم (گوارشی، تماسی و تدریجی)، احتمالاً نحوه اثر اسانس های گیاهی روی حشرات علائمی مشابه سموم عصبی (مهارکنندگی روی استیل کولین استراز و گیرنده های سیستم عصبی) را نشان می دهد (۱۱، ۱۳ و ۱۴). اسانس های گیاهی حاوی تعداد زیادی ترکیبات ترپنوئیدی^۱ هستند که می توانند در فعالیت آنزیم های استیل کولین استراز^۲ و گلوکاتینون اس ترانسفراز^۳ بدن حشرات اختلال ایجاد کنند (۱۳).

گزارش شده است که بیش از ۵۰ دشمن طبیعی به سرخرطومی حنایی خرما حمله می کنند لذا کنترل بیولوژیک این آفت می تواند حایز اهمیت باشد (۲۱). با توجه به کلیدی بودن خسارت سرخرطومی حنایی خرما در جنوب ایران به ویژه استان سیستان و بلوچستان، همچنین منسوخ شدن ترکیبات رایج از جمله قرص فسفین و جایگزینی آن با ایمیداکلوپراید، امکان آسیب رسیدن به دشمنان طبیعی وجود دارد. بنابراین مطالعه حاضر به منظور یافتن جایگزین هایی با منشا گیاهی و مطالعه تاثیرات فیزیولوژیک غلظت های با کشندگی ۵۰ و ۲۵ درصد آنها روی میزان فعالیت استرازهای عمومی، گلوکاتینون اس-ترانسفراز و استیل کولین استراز انجام شد. هدف این بخش از مطالعه این بود که بعلت داشتن تعداد سن لاروی بین ۹ تا ۱۲ عدد، از طریق اختلالات فیزیولوژیکی بتوان بطور غیرمستقیم این آفت را کنترل کرد تا کمترین میزان اثر جانبی روی عوامل کنترل بیولوژیک ایجاد شود. همچنین سنجش میزان سمیت مورد مطالعه (ایمیداکلوپراید، اسانس های سیر و اکالیپتوس و مهمترین متابولیت های ثانویه آنها) در دو حالت جداگانه و اختلاط دوگانه مورد ارزیابی قرار گرفت تا غلظت موثر برای کنترل جمعیت آفت مورد مطالعه مشخص شود.

مواد و روش ها

تهیه ترکیبات شیمیایی و گیاهی

سم ایمیداکلوپراید (35% SC) از شرکت بایر (آلمان) و ماده تکنیکال آن (درجه خلوص ۹۷٪؛ 3-41-138261 CAS) از شرکت سیگما آلدريج (اسپانیا) خریداری شدند. متابولیت های ثانویه گیاهی از شرکت سیگما آلدريج (اسپانیا) تهیه شدند. سایر مواد شیمیایی برای آزمون های بیوشیمیایی نیز از شرکت سیگما آلدريج (اسپانیا) بودند.

پرورش حشرات

- 1- Terpenoids
- 2- Acetylcholinesterase
- 3- Glutathione S-transferase

مرگومیری بین ۲۰ تا ۸۰ درصد می‌شدند، آزمایش‌های زیست‌سنجی اولیه انجام شد. بطور کلی، آزمایش‌های زیست‌سنجی به‌صورت موضعی-تدخینی در سه تکرار (هر تکرار با ۱۰ لارو همسن) در قالب طرح کاملاً تصادفی انجام شد. مقدار دو میکرو لیتر از غلظت‌های مختلف ترکیبات سمی بالا با سمپلر (۲۰-۲ لاند، دراگون، چین) روی قسمت پیش‌قفس سینه لارو سن‌دوم حشره ریخته و به ظروف پتری‌دیش ۸ سانتی‌متری سه خانه منتقل شدند. روی درب بالایی پتری‌دیش‌ها یک سوراخ تهویه به قطر یک سانتی‌متر تعبیه گردیده که با توری ارگاندی ۵۰ مش به کمک چسب حرارتی چسبانده شده بودند. پس از انجام آزمایش‌های اولیه، مشابه آزمایش‌های مقدماتی دو میکرو لیتر از غلظت‌های اصلی ترکیبات سمی بالا که در جدول ۱ آورده شده است، روی لاروهای سن دوم تیمار شدند. لاروهای شاهد با استون (به‌عنوان حلال استفاده شده برای غلظت‌سازی سایر سموم) تیمار و ۲۴ ساعت پس از تیمار، تلفات لاروی ثبت و غلظت‌های کشندگی LC_{25} و LC_{50} با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۰ (۳۴) محاسبه شدند.

سپس حالت‌های اختلاط دوگانه^۵ غلظت‌های LC_{25} و LC_{50} ($LC_{25}+LC_{25}$ ، $LC_{50}+LC_{25}$ ، $LC_{50}+LC_{50}$) ترکیبات مورد مطالعه جهت بررسی اثرات افزایشی^۶، هم‌افزایی^۷ و بازدارندگی (کاهش^۸) با شرایط مشابه زیست‌سنجی (۲۳) روی سرخرطومی حنایی خرما انجام شدند. با استفاده از آزمون خی‌دو^۹ (χ^2) و فرمول (۱)، اثرات دوگانه بین سموم مطالعه تعیین شد:

$$M_E = M_A + M_B (1 - M_A / 100) \quad (1)$$

M_A و M_B به‌ترتیب معادل درصد مرگومیر مشاهده‌شده در ماده سمی اول و ماده سمی دوم است. M_E نیز بیانگر درصد مرگومیر مورد انتظار اختلاط دوگانه ماده سمی اول و دوم می‌باشد.

$$\chi^2 = (M_O - M_E)^2 / M_E \quad (2)$$

در این فرمول M_O بیانگر درصد مرگومیر مشاهده‌شده در هنگام اختلاط دوگانه ماده سمی اول و دوم در بررسی حالت دوگانه است. براساس فرمول (۲)، مقدار χ^2 بدست آمده حاصل از حالات اختلاطی دوگانه ماده سمی اول و دوم با مقدار χ^2 جدول در سطح ۵ درصد (۳/۸۴) مقایسه و چنانچه مقدار χ^2 محاسباتی بیشتر یا کمتر از χ^2 جدولی باشد، به ترتیب نشان‌دهنده اثر هم‌افزایی یا افزایشی است. اگر میزان درصد مرگومیر مشاهده‌شده در حالت اختلاط دوگانه دو سم (M_O) کمتر از درصد مرگ و میر مورد انتظار اختلاط ماده سمی اول و دوم (M_E) باشد، نشان‌دهنده این است که حالت اختلاط دوگانه دو

صد جفت از حشرات نر و ماده سرخرطومی حنایی خرما از نخلستان‌های آلوده شهرستان سراوان (مختصات جغرافیایی ۶۲ درجه و ۲۰ دقیقه طول شرقی و ۲۷ درجه و ۳۷ دقیقه عرض شمالی) جمع‌آوری و برای تکثیر در ظروف پلاستیکی ($20 \times 14 \times 7$ سانتی‌متر) قرار داده شدند. اتاق پرورش حشرات کامل دارای شرایط دمایی 25 ± 3 درجه سلسیوس، رطوبت نسبی 60 ± 5 درصد و دوره نوری ۱۲ ساعت تاریکی و ۱۲ ساعت روشنایی بود. برای تغذیه و تخم‌گذاری حشرات کامل از قطعات ساقه نیشکر (20×15 سانتی‌متر) استفاده شد. هر سه روز یک‌بار ساقه‌های که حشره از آن‌ها تغذیه کرده و تخم‌گذاری روی آن‌ها انجام شده بود با ساقه‌های تازه تعویض شدند. ساقه‌های دارای تخم‌ریزی در ظروف جدید به مدت ۱۵-۱۰ روز نگهداری شدند. سپس ساقه‌ها شکاف داده شد و لاروهای خارج‌شده به ظروف حاوی غذای نیمه مصنوعی (جودوسر، لوییای سفید، چغندرقد، الیاف درخت خرما، شکر، ملاس، مخمر، نمک و آب) انتقال داده شدند (۱۶). چهار هفته پس از تفریخ لاروها، لاروهای با سن ۴ یا ۵، به‌درون ساقه نیشکر برای شفیره شدن منتقل شدند. برای این کار از ساقه نیشکر به طول ۴۰-۵۰ سانتی‌متر استفاده شد. به این ترتیب که یک‌طرف ساقه‌ها سوراخ شد و لارو درون آن قرار گرفت و طرف دیگر برای خارج نشدن لارو با چسب کاغذی بسته شد (۱۶).

جمع‌آوری گیاهان و استخراج اسانس

اسانس‌های سیر (*Allium sativum* L., Amaryllidaceae) و اکالیپتوس (*Eucalyptus globulus* Labill, Myrtaceae) مورد استفاده در این پژوهش از ارقام محلی شهرستان زابل استخراج شدند. ۵۰ گرم از گیاه خردشده همراه با ۶۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر با استفاده از دستگاه کلونجر در دمای ۱۰۰ درجه سلسیوس به روش تقطیر و به‌مدت چهار ساعت، اسانس‌گیری شد. اسانس‌ها با سولفات سدیم آب‌گیری و تا زمان استفاده، در چهار درجه‌سلسیوس نگهداری شدند (۲۸).

آزمون زیست‌سنجی

زیست‌سنجی اسانس‌های سیر و اکالیپتوس، ایمیداکلوپراید و ماده تکنیکال آن و متابولیت‌های ثانویه اصلی اسانس سیر (دی‌آلیل‌تری سولفاید^۱ و دی‌آلیل‌دی‌سولفاید^۲) و اسانس اکالیپتوس (۸۱-سینئول^۳، آرومادندرن^۴) روی سرخرطومی حنایی خرما انجام شد (۳۲). اثرات سمی ترکیبات سمی مورد مطالعه بطور جداگانه و اختلاط دوگانه بررسی شدند. برای دستیابی به غلظت‌هایی از ترکیبات سمی که باعث

5- Binary mixture
6- Additive
7- Synergistic
8- Antagonistic
9- Chi-squared test

1- Diallyl trisulfide
2- Diallyl disulfide
3- 1,8-Cineole (monoterpenes)
4- Aromadendrene (sesquiterpenes)

سم، دارای اثر بازدارندگی یا کاهشی دو سم در مقایسه با حالت جداگانه است.

جدول ۱- غلظت‌های نهایی سموم علیه سرخرطومی‌حنایی خرما

Table 1- Final concentrations of the pesticides against the red palm weevil

تیمارهای مورد آزمایش Tested treatments	غلظت‌های اصلی (میکرولیتر بر میلی لیتر) استفاده شده در آزمایش‌های نهایی زیست‌سنجی Main concentrations (microliters per milliliter) used in the final bioassay tests				
	غلظت اول First concentration	غلظت دوم Second concentration	غلظت سوم Third concentration	غلظت چهارم Fourth concentration	غلظت پنجم Fifth concentration
اسانس سیر Garlic essential oil	5.00	10.00	20.00	40.00	80.00
دی‌آلیل‌تری‌سولفاید Diallyl trisulfide	2.00	4.00	6.00	10.00	16.00
دی‌آلیل‌دی‌سولفاید Diallyl disulfide	2.00	4.00	6.00	10.00	16.00
اسانس اکالیپتوس Eucalyptus essential oil	5.00	10.00	20.00	40.00	80.00
۱-۸-سینئول 1,8-Cineole	3.00	5.00	10.00	15.00	20.00
آرومادندرن Aromadendrene	3.00	5.00	10.00	15.00	20.00
فرم تجاری ایمیداکلوپراید Imidacloprid commercial form	0.006	0.012	0.024	0.048	0.096
ماده تکنیکال ایمیداکلوپراید Imidacloprid technical substance	0.003	0.006	0.012	0.024	0.048

آزمون‌های بیوشیمیایی

آماده‌سازی نمونه‌ها

برای آزمون‌های بیوشیمیایی، لاروهای مورد بررسی در ۲۴ ساعت پس از تیمار موضعی-تدخینی با غلظت‌های کشنده LC_{25} و LC_{50} ترکیبات سمی، به صورت جداگانه و به نسبت چهار لارو در یک میلی لیتر آب مقطر هموژنایز شدند. سپس نمونه‌ها (۱۳۰۰۰) دور در دقیقه، ۲۰ دقیقه، چهار درجه سلسیوس) سانتریفیوژ (اپندورف، R۵۸۱۰) و مایع روشن‌شده به عنوان منبع آنزیمی استفاده شد (۲۳). عصاره آنزیمی تیمارهای اختلاط دوگانه که اثرات هم‌افزایی نشان داده بودند، نیز مشابه روش بالا استخراج شد.

سنجش فعالیت استراز

جهت سنجش فعالیت استراز، از سوبسترای آلفانفتیل‌استات استفاده شد. ۲۰ میکرو لیتر از هر سوبسترا (۱۰ میلی‌مولار) با ۵۰ میکرو لیتر RR-Salt blue (یک میلی‌مولار) جداگانه با ۸۰ میکرو لیتر بافر فسفات (۲۰ میلی‌مولار، pH=7) مخلوط شد. سپس ۱۰ میکرو

لیتر نمونه آنزیمی به آن‌ها اضافه و پس از پنج دقیقه آنکوباسیون در ۲۵ درجه‌ی سلسیوس، جذب‌نوری در طول موج ۴۵۰ نانومتر (۱۰) و با میکروپلیت‌ریدر مدل BioTeK ELX800 (Winooski, USA) خوانده شد.

سنجش فعالیت گلوکوتایون اس-ترانسفراز

در این روش از معرف کلرودی‌نیتروبنزون^۲ (CDNB) استفاده شد. ۴۰ میکرو لیتر بافر فسفات (۲۰ میلی‌مولار) و ۲۰ میکرو لیتر گلوکوتایون احیاء شده با ۱۰ میکرو لیتر از معرف به طور جداگانه با هم مخلوط و سپس ۱۰ میکرو لیتر نمونه آنزیمی به آن‌ها اضافه و پس از پنج دقیقه آنکوباسیون در دمای ۲۵ درجه سلسیوس، جذب نوری در ۳۴۰ نانومتر خوانده شد (۲۲).

سنجش فعالیت استیل کولین استراز

برای سنجش فعالیت استیل کولین استراز ۸۰ میکرو لیتر فسفات بافر (۱۰۰ mM، pH=7)، ۵۰ میکرو لیتر پدیداستیل کولین^۳ (۱۰ mM)

2- 1-chloro-2,4-dinitrobenzene

3- Acetylcholine iodide

1- Eppendorf® Centrifuge 5810R

افزار SPSS نسخه ۲۰ محاسبه شدند. نمودار خط و شیب رگرسیون بین غلظت‌های مختلف سموم برای مهار استیل کولین استراز با نرم‌افزار سیگما پلات نسخه ۱۲/۳ (۳۳) محاسبه شد. همچنین مقایسه بین غلظت‌های کشنده با استفاده از نسبت غلظت‌های کشنده و فاصله اطمینان ۹۵ درصد انجام شد. علاوه بر این، مقایسه میانگین بین داده‌های حاصل از آزمایش‌های بیوشیمیایی با نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۰ (۳۴) و آزمون توکی در سطح پنج درصد انجام شد.

نتایج

نتایج زیست‌سنجی ارائه شده در جدول ۲ نشان می‌دهد که ماده تکنیکال ایمیداکلوپراید دارای سمیت بالایی ($LC_{50}=0.004 \mu L mL^{-1}$)^۱ برای لارو سرخرطومی حنایی خرما است و میزان این سمیت در غلظت‌های کم، بیشتر از سایر ترکیبات مورد مطالعه در این پژوهش بود. در مقایسه با ماده تکنیکال و فرم تجاری ایمیداکلوپراید، غلظت‌های بیشتری از اسانس‌های سیر ($LC_{50}=23.61 \mu L mL^{-1}$) و اکالیپتوس ($LC_{50}=33.41 \mu L mL^{-1}$) مورد نیاز بود تا بتوانند ۵۰ درصد کشندگی روی این آفت ایجاد نمایند. این موضوع در سنجش اثرات سمی متابولیت‌های ثانویه گیاهی در این مطالعه نیز مشاهده شد ($LC_{50} \geq 4.640-7.841 \mu L mL^{-1}$). هر چند که متابولیت‌های ثانویه اسانس سیر ($LC_{50}=4.640-5.010 \mu L mL^{-1}$) در مقایسه با متابولیت‌های ثانویه اسانس اکالیپتوس ($LC_{50}=7.834-7.841 \mu L mL^{-1}$)، سمیت بیشتری روی این آفت نشان دادند (جدول ۲).

نتایج حالت‌های اختلاط دوگانه غلظت‌های LC_{50} و LC_{25} جهت بررسی اثرات افزایشی، هم‌افزایی و بازدارندگی (کاهش) نشان داد که فقط حالت‌های اختلاط دوگانه LC_{50} متابولیت‌های ثانویه سیر با سایر ترکیبات سمی، دارای بهترین میزان هم‌افزایی کشندگی لاروهای سرخرطومی حنایی خرما بود که نشان‌دهنده کارایی آنها در کنترل این آفت بودند، بنابراین برای بررسی‌های فیزیولوژیک فقط از این حالت‌های اختلاط دوگانه استفاده شد. جدول ۳ نتایج هم‌افزایی حالت‌های اختلاط دوگانه متابولیت‌های ثانویه سیر با سایر ترکیبات سمی را نشان می‌دهد.

بعنوان سوبسترا و ۵۰ میکرولیتر DTNB^۱ (۱۰ mM) باهم مخلوط و به مدت پنج دقیقه در دمای ۲۷ درجه سلسیوس انکوبه شد. سپس ۲۰ میکرولیتر از عصاره آنزیمی به مخلوط بالا اضافه و به مدت ۳۰ دقیقه در دمای ۲۵ درجه سلسیوس انکوبه شده و جذب نوری نمونه‌ها در ۴۰۵ نانومتر ثبت شد (۸).

مهار استیل کولین استراز

برای مهار استیل کولین استراز، دو لارو سن دوم در محلول بافر Tris-HCl (pH= 7.8) حاوی ۲۰ میلی‌مولار کلرید سدیم و ۰/۵ درصد تریتون ایکس-۱۰۰ قرار داده و همگن شدند. محلول همگن شده، سانتریفیوژ شد (دور ۱۵۰۰، ۱۵ دقیقه، چهار درجه سلسیوس). سپس غلظت‌های مختلف (بین ۰/۱ تا ۵ میکرولیتر بر میلی‌لیتر) از تیمارهای مورد مطالعه تهیه شده و ۲۰ میلی‌لیتر از هر کدام از غلظت‌ها به‌طور جداگانه به مخلوط واکنش حاوی ۱۰۰ میکرولیتر Tris-HCl (۱۰۰ میلی‌مولار، pH=7.8)، ۵۰ میکرولیتر یدیداستیل کولین (۱۰ میلی‌مولار) و ۱۰ میکرولیتر DTNB (۴ mM) اضافه و به مدت ۳۰ دقیقه انکوبه شده و سپس جذب نوری نمونه‌ها در ۴۰۵ نانومتر خوانده شد.

درصد بازدارندگی (مهار) فعالیت استیل کولین استراز^۳ (I) بصورت مقایسه بین نمونه‌های تیمار و نمونه شاهد^۴ و با استفاده از فرمول شماره (۳) بدست آمد:

$$I (\%) = (A - A_1) / A \times 100 \quad (3)$$

که در این فرمول A و A₁ بیانگر فعالیت آنزیم در نمونه شاهد و نمونه تیمار می‌باشد (۳۶).

سنجش غلظت پروتئین

جهت تعیین غلظت پروتئین نمونه‌ها، از روش لوری و همکاران و کیت شرکت زیست‌شیمی (تهران، ایران) استفاده شد. ۱۰ میکرولیتر نمونه آنزیمی (برای استاندارد، ۱۰ میکرولیتر میکروپروتئین) به ۵۰ میکرولیتر ماکروپروتئین اضافه شد و پس از ۱۵ دقیقه جذب نوری در طول موج ۵۴۵ نانومتر خوانده شد (۲۰).

تجزیه و تحلیل داده‌ها

داده‌های زیست‌سنجی (LC_{25} و LC_{50}) و غلظت مهار ۵۰ درصد فعالیت استیل کولین استراز (IC_{50}) با استفاده از مدل پروبیت و نرم

- 1- 5,5-dithiobis-2-nitrobenzoic acid
- 2- Triton X-100
- 3- Inhibition rate
- 4- Blank sample
- 5- Inhibition concentration 50%

جدول ۲- پارامترهای تجزیه پروبیت سمیت موضعی (LC₂₅ و LC₅₀) تیمارهای مورد آزمایش روی سرخرطومی حنایی خرما

Table 2- Pobit parameters of the tested treatments against the red palm weevil

تیمارهای مورد آزمایش Tested treatments	غلظت‌های کشندگی (میکرولیتر بر میلی لیتر) Lethal Concentrations (μL mL ⁻¹)			شیب خط ± خطای معیار Line slope±Standards Error	آزمون خی دو (درجه آزادی) χ ² (df)	مقدار احتمال P value	مقدار F F value
	LC ₂₅	LC ₅₀	LC ₉₀				
	(حد بالا- حد پایین) (Upper limit- lower limit)	(حد بالا- حد پایین) (Upper limit- lower limit)	(حد بالا- حد پایین) (Upper limit- lower limit)				
اسانس سیر Garlic essential oil	9.23 (5.35-13.00)	23.61 (17.30-33.29)	140.69 (81.33-392.80)	2.27±0.39	1.57 (3)	P<0.0001	210.60
دی‌آلیل‌تری‌سولفاید Diallyl trisulfide	2.75 (1.85-3.52)	5.01 (4.00-6.134)	15.64 (11.57-26.31)	1.81±0.33	2.74 (3)	P<0.0001	286.87
دی‌آلیل‌دی‌سولفاید Diallyl disulfide	2.33 (1.39-3.14)	4.64 (3.54-5.81)	17.13 (12.11-32.40)	1.506±0.31	1.21 (3)	P<0.0001	195.90
اسانس اکالیپتوس Eucalyptus essential oil	12.46 (7.46-17.47)	33.41 (24.19-51.26)	217.64 (81.33-392.80)	2.4±0.40	0.82 (3)	P<0.0001	299.00
۱-۸-سینئول 1,8-Cineole	4.26 (2.90-5.44)	7.83 (6.28-9.61)	24.87 (18.26-42.29)	2.28±0.39	1.08 (3)	P<0.0001	95.71
آرومادندرن Aromadendrene	3.68 (2.11-4.99)	7.84 (5.97-10.06)	33.06 (21.78-75.21)	1.83±0.37	3.63 (3)	P<0.0001	97.02
فرم تجاری ایمیداکلوپراید Imidacloprid commercial form	0.012 (0.008-0.016)	0.025 (0.019-0.032)	0.101 (0.068-0.191)	3.40±0.52	1.15 (3)	P<0.0001	351.37
ماده تکنیکال ایمیداکلوپراید Imidacloprid technical substance	0.009 (0.007-0.012)	0.004 (0.200-0.005)	0.040 (0.027-0.077)	4.1±0.62	3.23 (3)	P<0.0001	263.10

جدول ۳- میزان سمیت نسبی حالت‌های اختلاط دوگانه (LC_{50,A}+LC_{50,B}) سموم روی سرخرطومی حنایی خرماTable 3- Relative toxicity of binary mixture (LC_{50,A} + LC_{50,B}) of the pesticides against red palm weevil

سم ۱ (A) Pesticide 1 (A)	سم ۲ (B) Pesticide 2 (B)	M _A	M _B	M _E	M _O	χ ²	اثر مشاهده شده در حالت اختلاط دوگانه The observed effect in binary mixture
دی‌آلیل‌تری‌سولفاید Diallyl trisulfide	ماده تکنیکال ایمیداکلوپراید Imidacloprid technical substance	50.00	46.67	26.66	40.00	6.67	هم‌افزایی Synergistic
	آرومادندرن Aromadendrene	50.00	50.00	25.00	40.00	9.00	هم‌افزایی Synergistic
	۱-۸-سینئول 1,8-Cineole	50.00	50.00	25.00	40.00	9.00	هم‌افزایی Synergistic
دی‌آلیل‌دی‌سولفاید Diallyl disulfide	ماده تکنیکال ایمیداکلوپراید Imidacloprid technical substance	50.00	46.67	26.66	40.00	6.67	هم‌افزایی Synergistic
	آرومادندرن Aromadendrene	50.00	50.00	25.00	36.67	5.44	هم‌افزایی Synergistic
	۱-۸-سینئول 1,8-Cineole	50.00	50.00	25.00	36.67	5.44	هم‌افزایی Synergistic

M_A و M_B به ترتیب معادل درصد مرگ‌ومیر مشاهده شده در سم اول و سم دوم است. M_E بیانگر درصد مرگ‌ومیر مورد انتظار در هنگام حالت اختلاط دوگانه ترکیبی سم اول و دوم می باشد. M_O بیانگر درصد مرگ‌ومیر مشاهده شده در هنگام حالت اختلاط دوگانه سم اول و دوم است.

M_A and M_B are the percentage of mortality observed in the first and second pesticides, respectively. M_E indicates the percentage of expected mortality during the binary mixture of the first and second pesticides. M_O represents the percentage of mortality observed during the binary mixture of the first and second pesticides.

تأثیر اسانس‌ها بر فعالیت آنزیم‌های سم‌زدا

میزان فعالیت استراز عمومی با استفاده از سوبسترای آلفا نفتیل استات و بتانفتیل استات

در جدول ۴، سطح فعالیت آنزیم استراز سرخرطومی حنایی خرما با استفاده از دو سوبسترای آلفانفتیل استات و بتانفتیل استات تحت تأثیر غلظت‌های کشنده ۲۵ و ۵۰ درصد ترکیبات سمی مورد مطالعه نشان داده شده است. میزان فعالیت این آنزیم در همه تیمارها افزایش یافته و با شاهد اختلاف معنی‌دار داشتند ($F=377/24$, $P<0/0001$) که نشان‌دهنده این موضوع می‌باشد که اسانس‌ها و همین‌طور فرم تکنیکال و تجاری ایمیداکلوپراید باعث القای معنی‌دار آنزیم استراز در سرخرطومی حنایی خرما می‌شوند. همچنین نتایج نشان داد غلظت‌های ۵۰ درصد کشنده هر یک از ترکیبات نام برده در مقایسه با غلظت‌های ۲۵ درصد کشنده خود، باعث افزایش بیشتر فعالیت استراز در سرخرطومی حنایی خرما گردیده که به معنی القای بیشتر استراز در تیمارهای غلظت ۵۰ درصد کشنده می‌باشد (جدول ۴). همچنین نتایج نشان دادند که غلظت ۵۰ درصد کشنده "۸۰۱-سینئول" و "فرم تجاری ایمیداکلوپراید" با استفاده از سوبسترای آلفانفتیل استات بیشترین تأثیر را بر میزان فعالیت استراز سرخرطومی حنایی خرما داشتند به طوری که میزان فعالیت آنزیم تحت تأثیر این تیمار با سایر تیمارها اختلاف معنی‌دار ($P<0/0001$) داشت. علاوه بر این، با وجود سمیت بیشتر اسانس سیر ($9/23 \mu\text{L mL}^{-1}$ و $LC_{50,25}=23/61$) در مقایسه با اسانس اکالیپتوس ($12/46 \mu\text{L mL}^{-1}$ و $LC_{50,25}=33/41$) مشخص شد که میزان فعالیت آنزیم در هنگام تیمار با اسانس سیر در مقایسه با اسانس اکالیپتوس باعث کاهش معنی‌دار فعالیت استراز با سوبسترای آلفانفتیل استات شده است. مقایسه بین میزان فعالیت استراز با سوبسترای آلفانفتیل استات در تیمارهای انفرادی و اختلاطی نشان داد که تیمارهای انفرادی باعث افزایش میزان فعالیت آنزیم در مقایسه با حالت‌های اختلاط دوگانه شدند.

همچنین نتایج جدول ۴ نشان داد که میزان فعالیت استراز با سوبسترای بتانفتیل استات در مقایسه با شاهد افزایش معنی‌دار داشت ($F=25/697$, $P<0/0001$). برخلاف حالت قبل، بیشترین میزان فعالیت استراز با سوبسترای بتانفتیل استات توسط دو تیمار اختلاط دوگانه شامل "دی‌آلیل‌تری‌سولفاید+ماده تکنیکال ایمیداکلوپراید" و "دی‌آلیل‌تری‌سولفاید+۸۰۱-سینئول" ایجاد شده است. همچنین میزان فعالیت استراز با سوبسترای بتانفتیل استات در حالات مقایسه‌ای بین حالت‌های انفرادی و اختلاط دوگانه ترکیبات سمی مورد مطالعه اختلافات معنی‌دار نشان ندادند.

میزان فعالیت گلوکوتایون‌اس-ترانسفراز

در جدول ۴، میزان فعالیت گلوکوتایون‌اس-ترانسفراز سرخرطومی حنایی خرما نشان داده شده است. میزان فعالیت گلوکوتایون‌اس-ترانسفراز در همه تیمارهای انفرادی و اختلاط دوگانه با شاهد اختلاف معنی‌دار داشتند ($F=127/72$, $P<0/0001$) نشان دادند. بیشترین میزان فعالیت این آنزیم توسط فرم تجاری ایمیداکلوپراید (غلظت LC_{50}) نشان داده شد. اختلاف معنی‌دار بین میزان فعالیت گلوکوتایون‌اس-ترانسفراز در سرخرطومی حنایی خرما تیمار شده با اسانس اکالیپتوس و تیمار LC_{25} اسانس سیر مشاهده نشد. مقایسه نتایج بین تیمارهای انفرادی و حالت‌های اختلاط دوگانه نشان داد که میزان فعالیت گلوکوتایون‌اس ترانسفراز در تیمارهای انفرادی بیشتر از تیمارهای اختلاط دوگانه بوده است که نشان‌دهنده افزایش القای فعالیت این آنزیم تحت تأثیر ترکیبات سمی مورد مطالعه است.

استیل‌کولین استراز و مهار آن

جدول ۴، میزان فعالیت استیل‌کولین استراز در سرخرطومی حنایی خرما تیمار شده با ترکیبات سمی مورد مطالعه را ارائه می‌دهد. نتایج نشان داد که میزان فعالیت استیل‌کولین استراز در سرخرطومی حنایی خرما تیمار شده با ترکیبات مورد مطالعه بطور معنی‌دار در مقایسه با شاهد کاهش معنی‌دار داشت ($F=105/05$, $P<0/0001$). مقایسه بین میزان فعالیت استیل‌کولین استراز در تیمارهای انفرادی و اختلاط دوگانه نشان داد که کاهش فعالیت آنزیم در تیمارهای اختلاطی بیشتر از تیمارهای انفرادی بود.

جدول ۵ نشان می‌دهد که در شرایط *in vitro* نتایج ۵۰ درصد مهار آنزیم استیل‌کولین استراز توسط ترکیبات سمی مورد مطالعه با کمترین غلظت ($0/328$ میکرولیتر بر میلی‌لیتر) توسط اختلاط دوگانه "دی‌آلیل‌تری‌سولفاید+۸۰۱-سینئول" و بالاترین غلظت ($4/485$ میکرولیتر بر میلی‌لیتر) توسط اسانس سیر بدست آمد (جدول ۵) که بیانگر غلظت‌های لازم از ترکیبات سمی مورد مطالعه برای مهار ۵۰ درصد آنزیم استیل‌کولین استراز می‌باشد.

رابطه بین غلظت‌های مختلف ترکیبات سمی مورد مطالعه و میزان مهار استیل‌کولین استراز توسط آنها در شکل ۱ نشان داده شده است. نتایج نشان داد که بیشترین ($80/30$ درصد) و کمترین ($6/50$ درصد) میزان مهار استیل‌کولین استراز به ترتیب توسط غلظت ۲ میکرولیتر بر میلی‌لیتر "دی‌آلیل‌تری‌سولفاید+۸۰۱-سینئول" و غلظت $0/1$ میکرولیتر بر میلی‌لیتر "فرم تجاری ایمیداکلوپراید" بدست آمد. شکل ۱ نشان می‌دهد که با افزایش غلظت ترکیبات سمی مورد مطالعه، میزان مهار استیل‌کولین استراز افزایش یافته است.

جدول ۴- فعالیت آنزیمی سرخروطی خنایی خرما تحت تأثیر برخی ترکیبات سمی گیاهی و ایمیداکلوپراید

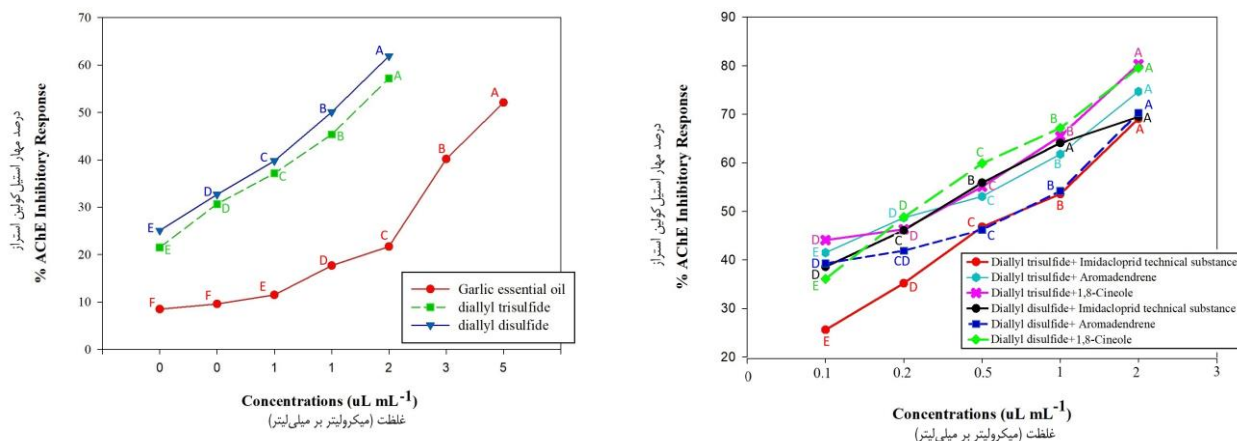
Table 4- Enzymic activities in red palm weevil treated with the some botanicals and imidacloprid

Treatment	تیمار	غلظت Concentration (ul mL ⁻¹)	فعالیت‌های آنزیمی ۲۴ ساعت پس از تیمار Enzymetic activities 24 hours post treatment		
			General Esterase (α-NA)	Gluthation S-transferase (β-NA)	Acetylcholine esterase
Control	شاهد		0.089±0.002 ^f	0.070±0.005 ⁱ	0.174±0.003 ^g
Imidacloprid commercial form	فرم تجاری ایمیداکلوپراید	LC ₂₅	0.210±0.004 ^b	0.116±0.002 ^{elghi}	0.330±0.003 ^b
		LC ₅₀	0.235±0.001 ^a	0.145±0.002 ^{cde}	0.385±0.004 ^a
Imidacloprid technical substance	ماده تکنیکال ایمیداکلوپراید	LC ₂₅	0.215±0.002 ^{cd}	0.112±0.003 ^{elghi}	0.323±0.017 ^b
		LC ₅₀	0.229±0.001 ^{bc}	0.125±0.005 ^{deligh}	0.322±0.019 ^b
Eucalyptus essential oil	اسانس اکالیپتوس	LC ₂₅	0.150±0.003 ^f	0.082±0.003 ^{hi}	0.227±0.004 ^f
		LC ₅₀	0.177±0.002 ^e	0.106±0.002 ^{elghi}	0.243±0.003 ^{ef}
Aromadendrene	آرومادندرن	LC ₂₅	0.236±0.001 ^b	0.095±0.004 ^{ghi}	0.235±0.017 ^{ef}
		LC ₅₀	0.237±0.001 ^b	0.112±0.004 ^{elghi}	0.238±0.015 ^{ef}
1,8-Cineole	۱ و ۸-سینئول	LC ₂₅	0.258±0.001 ^a	0.099±0.002 ^{elghi}	0.269±0.015 ^{cde}
		LC ₅₀	0.263±0.001 ^a	0.125±0.003 ^{deligh}	0.330±0.019 ^b
Garlic essential oil	اسانس سیر	LC ₂₅	0.100±0.002 ^{hij}	0.096±0.002 ^{lghi}	0.235±0.003 ^{ef}
		LC ₅₀	0.111±0.004 ^{ghi}	0.142±0.003 ^{cdef}	0.310±0.005 ^{bcd}
Diallyl trisulfide	دی آلیل تری سولفاید	LC ₂₅	0.102±0.004 ^{hij}	0.086±0.011 ^{hi}	0.314±0.015 ^{bc}
		LC ₅₀	0.124±0.001 ^g	0.142±0.018 ^{cdefg}	0.324±0.018 ^b
Diallyl disulfide	دی آلیل دی سولفاید	LC ₂₅	0.102±0.001 ^{hij}	0.095±0.009 ^{ghi}	0.269±0.022 ^{def}
		LC ₅₀	0.117±0.001 ^{gh}	0.139±0.023 ^{cdefg}	0.324±0.011 ^b
Diallyl trisulfide+ Imidacloprid technical substance	دی آلیل تری سولفاید + ماده تکنیکال ایمیداکلوپراید	LC ₅₀ +LC ₅₀	0.093±0.007 ^j	0.115±0.009 ^{elgh}	0.116±0.009 ^h
Diallyl trisulfide+ Aromadendrene	دی آلیل تری سولفاید + آرومادندرن	LC ₅₀ +LC ₅₀	0.097±0.008 ^{ij}	0.166±0.013 ^{bcd}	0.135±0.009 ^h
		LC ₅₀ +LC ₅₀	0.106±0.005 ^{hij}	0.210±0.011 ^{ab}	0.114±0.009 ^h
Diallyl disulfide+ Imidacloprid technical substance	دی آلیل دی سولفاید + ماده تکنیکال ایمیداکلوپراید	LC ₅₀ +LC ₅₀	0.095±0.007 ^{ij}	0.221±0.006 ^a	0.122±0.006 ^h
		LC ₅₀ +LC ₅₀	0.093±0.006 ^{ij}	0.186±0.009 ^{abc}	0.111±0.007 ^h
Diallyl disulfide+ 1,8-Cineole	دی آلیل دی سولفاید + ۱ و ۸-سینئول	LC ₅₀ +LC ₅₀	0.098±0.006 ^{ij}	0.220±0.007 ^a	0.117±0.008 ^h
P value	مقدار احتمال		<0.0001	<0.0001	<0.0001
F value	مقدار F		377.24	25.70	122.72

حروف مختلف تفاوت‌های آماری را نشان می‌دهند. حروف کوچک اختلاف بین تیمارها و حروف بزرگ اختلاف میان زمان‌ها می‌باشد (Tukey test, $p \leq 0.05$).
Different letters show statistical differences. Lower case letters are the difference between treatments and uppercase letters are the difference between times. (Tukey test, $p \leq 0.05$)

جدول ۵- پارامترهای تجزیه پروبیت برای تعیین غلظت مهارکنندگی ۵۰ درصد فعالیت استیل کولین استراز (IC₅₀) سرخرطومی حنایی خرما توسط برخی ترکیبات سمی گیاهی و ایمیداکلوپراید
Table 5- Probit parameters to determine the inhibitory concentration of 50% acetylcholinesterase (IC₅₀) activity of red palm weevil treated with the some botanicals and imidacloprid

تیمارهای مورد آزمایش Tested treatments	IC ₅₀ (uL mL ⁻¹) (حد بالا - حد پایین) (Upper limit-lower limit)	شیب خط ± خطای معیار Line slope±Standards Error	آزمون خی دو (درجه آزادی) χ^2 (df)	مقدار احتمال P value	مقدار F F value
فرم تجاری ایمیداکلوپراید Imidacloprid commercial form	4.09 (3.70-4.59)	0.39±0.03	1.91 (5)	P<0.0001	1549.38
ماده تکنیکال ایمیداکلوپراید Imidacloprid technical substance	2.29 (2.07-2.57)	0.64±0.06	1.26 (4)	P<0.0001	7059.02
اسانس اکالیپتوس Eucalyptus essential oil	4.33 (3.81-5.07)	0.29±0.03	0.97 (5)	P<0.0001	4196.87
آرومادندرن Aromadendrene	1.20 (0.92-1.64)	0.41±0.08	5.16 (3)	P<0.0001	410.59
۸ و ۱ سینئول 1,8-Cineole	1.82 (1.57-2.14)	0.45±0.05	4.65 (4)	P<0.0001	790.82
اسانس سیر Garlic essential oil	4.48 (3.94-5.26)	0.29±0.03	3.75 (5)	P<0.0001	1153.20
دی آلیل تری سولفاید Diallyl trisulfide	1.45 (1.16-1.95)	0.44±0.08	3.18 (3)	P<0.0001	243.32
دی آلیل دی سولفاید Diallyl disulfide	1.21 (0.96-1.58)	0.47±0.08	2.52 (3)	P<0.0001	218.93
دی آلیل تری سولفاید + ماده تکنیکال ایمیداکلوپراید Diallyl trisulfide+ Imidacloprid technical substance	0.94 (0.75-1.19)	0.54±0.08	4.32 (3)	P<0.0001	280.03
دی آلیل تری سولفاید + آرومادندرن Diallyl trisulfide+ Aromadendrene	0.39 (0.01-0.65)	0.43±0.08	0.85 (3)	P<0.0001	321.16
دی آلیل تری سولفاید + ۸ و ۱ سینئول Diallyl trisulfide+ 1,8-Cineole	0.33 (0.02-0.55)	0.53±0.09	0.34 (3)	P<0.0001	310.29
دی آلیل دی سولفاید + ماده تکنیکال ایمیداکلوپراید Diallyl disulfide+ Imidacloprid technical substance	0.43 (0.01-0.72)	0.38±0.08	4.29 (3)	P<0.0001	156.62
دی آلیل دی سولفاید + آرومادندرن Diallyl disulfide+ Aromadendrene	0.73 (0.43-1.02)	0.42±0.08	0.03 (3)	P<0.0001	151.16
دی آلیل دی سولفاید + ۸ و ۱ سینئول Diallyl disulfide+ 1,8-Cineole	0.41 (0.13-0.61)	0.55±0.09	3.63 (3)	P<0.0001	176.62



شکل ۱- رابطه مهار استیل کولین استراز سرخرطومی حنایی خرما تیمار شده با غلظت‌های مختلف برخی ترکیبات سمی گیاهی و ایمیداکلوپراید
Figure 1- Relationship between inhibitions of date fawn weevil acetylcholinesterase treated with the some botanicals and imidacloprid

بحث

مصرفی، غلظت مورد استفاده و زمان در معرض قرار گرفتن می‌تواند برجسته باشد (۱۲ و ۱۳).

تحقیقات محدودی در خصوص اثرات ترکیبات گیاهی روی سرخرطومی حنایی خرما انجام شده است. بعنوان مثال اثرات بازدارندگی تغذیه‌ای اسانس‌های گیاهی (*Eupatorium adenophorum*) (Asteraceae) Spreng و (*Artemisia nilagirica* Clarke) (Asteraceae) روی فعالیت سرخرطومی حنایی خرما گزارش شده است (۳۲). در بررسی مشابهی، کارایی سموم گیاهی به‌عنوان جایگزین آفت‌کش‌ها در مدیریت تلفیقی سرخرطومی حنایی خرما بررسی و نتایج نشان داد که سموم گیاهی مختلف می‌توانند بعنوان دورکننده یا جلب کننده این آفت استفاده شوند (۳۱). در بررسی دیگری خاصیت بازدارندگی تخم‌ریزی این آفت با اسانس میخک صدپر، اکالیپتوس، علف لیمو و ریحان شیرین بین ۷۵-۹۸ درصد گزارش شد. اختلاط دوگانه "اسانس میخک صدپر+اکالیپتوس" باعث ۱۰۰٪ بازدارندگی تخم‌ریزی این آفت شده و در مدیریت سرخرطومی حنایی خرما توصیه شده است (۲).

طبق بررسی منابع انجام شده تاکنون اثرات سمی اسانس سیر و متابولیت‌های ثانویه آن و همچنین متابولیت‌های ثانویه اسانس اکالیپتوس روی سرخرطومی حنایی خرما ارزیابی نشده است اما این تحقیقات تا حدی روی سایر آفات مطالعه شده است. به‌عنوان مثال، در تحقیقی اثر اسانس سیر روی حشرات بالغ گونه‌ای پسیل (*Cacopsylla chinensis* Yang et Li, (Psyllidae)) نشان داد که اسانس سیر دارای سمیت تماسی مناسب با LC_{50} ۴۲/۱ میکروگرم برای هر حشره بالغ بود. همچنین دو ترکیب اصلی گیاه سیر شامل دی‌آلیل‌تری‌سولفاید و دی‌آلیل‌دی‌سولفاید، سمیت حاد علیه این حشرات نشان دادند (۳۸).

نتایج این پژوهش نشان داد که ماده تکنیکال و همچنین فرم تجاری ایمیداکلوپراید در مقایسه با سایر ترکیبات سمی مطالعه شده دارای سمیت بالایی بر سرخرطومی حنایی خرما بود. اسانس سیر در مقایسه با اسانس اوکالیپتوس توانست با غلظت کمتری (۲۳/۶۱ میکرولیتر بر میلی‌لیتر در مقایسه با ۳۳/۴۱ میکرولیتر بر میلی‌لیتر) باعث ایجاد ۵۰ درصد کشندگی روی این آفت گردید. با وجود اینکه سمیت اسانس‌های مورد مطالعه در مقایسه با سمیت ماده تکنیکال و فرم تجاری ایمیداکلوپراید کمتر بود و نتایج نشان داد که اسانس‌ها در فرم خالص نتوانسته‌اند در رقابت با ایمیداکلوپراید موفق عمل نمایند. با این وجود، متابولیت‌های ثانویه این دو گیاه بخصوص دی‌آلیل‌تری‌سولفاید و دی‌آلیل‌دی‌سولفاید (مربوط به سیر) در مقایسه با ۸۱-سینئول و آرومادندرن (مربوط به اکالیپتوس)، توانستند در غلظت‌های قابل قبولی (۵/۰۱، ۴/۶۴، ۷/۸۳ و ۷/۸۴ میکرولیتر بر میلی‌لیتر برای دی‌آلیل‌تری‌سولفاید، دی‌آلیل‌دی‌سولفاید، ۸۱-سینئول و آرومادندرن به‌ترتیب) باعث تلفات ۵۰ درصدی سرخرطومی حنایی خرما گردند هرچند که در مقایسه با ایمیداکلوپراید (۰/۰۲۵ و ۰/۰۰۴ میکرولیتر بر میلی‌لیتر برای فرم تجاری و فرم تکنیکال به ترتیب)، مقادیر غلظتی اشاره شده بطور معنی‌دار بالاتر بود اما با توجه به نگرانی در خصوص بروز مقاومت به آفت‌کشی مثل ایمیداکلوپراید (۴)، در دسترس نبودن همگانی به ماده تکنیکال آن و همچنین غیرکاربردی بودن ماده تکنیکال بدلیل خصوصیات ویژه فیزیکی و شیمیایی آن در محیط، نتایج مطالعه حاضر پیشنهاد می‌کند که با خالص سازی و فرموله کردن متابولیت‌های ثانویه گیاهی، می‌توان در مدیریت مبارزه با این آفت، موثر واقع گردید. به‌طور کلی چندین عامل در ایجاد کشندگی یک ترکیب سمی نقش ایفا می‌کنند که در این میان نقش نوع اسانس

گزینه‌های مناسبی برای تولید آفت‌کش‌های بی‌خطر و ایمن برای انسان و محیط‌زیست هستند به‌طوری که می‌توان بسیاری از آفات که به سموم آفت‌کش‌شیمیایی مقاوم شده‌اند را با استفاده از این ترکیبات و یا به‌صورت مخلوط (اختلاط‌دوگانه) با این ترکیبات کنترل نمود. با این وجود، این پیش‌بینی‌ها نیازمند تحقیقات تکمیلی‌تر در مورد تأثیر ترکیبات با منشا گیاهی در مدیریت آفات گیاهی و بهداشتی است.

در خصوص تأثیرات فیزیولوژیک اسانس‌ها و متابولیت‌های ثانویه آنها بطور جداگانه یا در حالت اختلاط‌دوگانه، نتایج قابل توجه‌ای روی لارو سرخرطومی حنایی خرما بدست آمد. نتایج مربوط به تأثیر ایمیداکلوپراید و اسانس‌های سیر و اکالیپتوس بر میزان فعالیت استراز نشان داد که این ترکیبات باعث افزایش معنی‌دار فعالیت این آنزیم در مقایسه با شاهد شدند. با توجه به نتایج به‌دست آمده می‌توان نتیجه گرفت که استراز در سم‌زدایی ترکیبات مورد بررسی در این مطالعه نقش داشته و در متابولیزه کردن اسانس‌های سیر و اکالیپتوس و همچنین ایمیداکلوپراید در بدن حشره موثر بوده است.

پژوهش‌های زیادی در مورد تأثیر سموم بر میزان فعالیت آنزیم‌های سم‌زدا انجام گرفته‌است که بسیاری از آنها هم مشابه نتایج این تحقیق بود. به‌طور مثال، لی و همکاران (۱۸) نشان دادند که میزان فعالیت گلوکاتایون‌اس-ترانسفراز و استرازها در شپشه‌برنج تحت تأثیر اسانس اکالیپتوس افزایش یافت و نتیجه گرفتند که این آنزیم‌ها از عوامل مهم تجزیه سموم و اسانس‌های گیاهی در حشرات هستند که با یافته‌های تحقیق حاضر مطابقت داشت. هرچند که در بیشتر مطالعات مربوط به اثر سموم گیاهی روی میزان فعالیت استرازهای عمومی، افزایش فعالیت آنها گزارش شده اما شهریاری و همکاران (۲۷ و ۲۹) یافتند که در لاروهای بیدارد تیمار شده با اسانس کلپوره و آلفاپین میزان فعالیت استراز بطور معنی‌دار کمتر از شاهد بود. براساس یافته‌های پژوهش حاضر می‌توان گفت که کاهش میزان فعالیت استراز در تیمارهای اختلاط‌دوگانه در مقایسه با تیمارهای انفرادی بیانگر این است که در این حالت‌ها، استراز کمتر توانسته است این تیمارها را تجزیه و سم‌زدایی نماید که می‌تواند بعنوان نکته ای کلیدی در مدیریت مبارزه با سرخرطومی حنایی خرما مدنظر قرار گیرد.

نتایج حاصل از مطالعه میزان فعالیت گلوکاتایون‌اس-ترانسفراز در تیمارهای اختلاط‌دوگانه سموم، در ۲۴ ساعت پس از تیمار نشان دهنده‌ی، کاهش معنی‌دار این تیمارها در مقایسه با تیمارهای انفرادی بودند که مشابه حالت فعالیت استراز بوده و بیانگر این نکته است که در این تیمارها، گلوکاتایون‌اس-ترانسفراز نتوانسته است توسط تیمارهای مذکور القا شود تا بتواند در سم‌زدایی این ترکیبات موفق عمل نماید.

با توجه به نتایج سنجش آنزیم‌های مطالعه شده، می‌توان نتیجه‌گیری کرد که گلوکاتایون‌اس-ترانسفراز نقش مهمی در پاسخ فیزیولوژیک سرخرطومی حنایی خرما به حضور حالات اختلاطی دوگانه

در پژوهش حاضر نشان داده‌شد که سمیت اسانس سیر و متابولیت‌های ثانویه آن محرز بوده و همبستگی مستقیمی بین افزایش غلظت اسانس با میزان مرگ‌ومیر آفت دارد. مطالعات مختلفی به تعیین نوع و مقدار متابولیت‌های ثانویه گیاهی در سیر پرداخته‌اند. مشخص شد که اجزای اصلی اسانس سیر شامل دی‌آلیل‌تری سولفاید (۴۶/۶۶٪)، دی‌آلیل‌دی‌سولفاید (۲۰/۱۳٪) و متیل‌آلیل‌تری‌سولفاید (۸/۹۵٪) می‌باشند (۱۹). علاوه براین، مشخص شده که اسانس سیر توانسته است به‌عنوان یک نوع مهم آفت‌کش گیاهی با اثرات کشندگی تماسی، القای اجتناب^۱ و بازدارندگی رشد در مبارزه با حشرات آفت مختلف، موفق عمل نماید (۱۳، ۳۵ و ۳۷).

فعالیت حشره‌کشی اسانس سیر و متابولیت‌های ثانویه آن روی سوسک آرد (*Tenebrio molitor* L., Tenebrionidae) مطالعه و مشخص شد که سمیت اسانس سیر بر این آفت بیشتر از متابولیت‌های ثانویه آن است. مقایسه بین سمیت متابولیت‌های ثانویه نیز نشان داد که دی‌آلیل‌دی‌سولفاید سمیت بیشتری نسبت به دی‌آلیل‌سولفاید داشت (۲۴). در مطالعه مشابه، نیز مشخص شد که اسانس سیر و اکالیپتوس باعث تلفات معنی‌دار روی بیدارد (*Ephestia kuehniella* Zeller, Pyralidae) شده‌است (۳۰).

در پژوهش حاضر، سمیت اسانس و متابولیت‌های ثانویه اکالیپتوس روی سرخرطومی حنایی خرما نیز ارزیابی شد که در مقایسه با اسانس خالص، متابولیت‌های ثانویه ۸۰-سینئول و آرومادندرن کارایی بالاتری در ایجاد تلفات روی این آفت داشتند. در مطالعاتی مشابه، نیز مشخص شد که متابولیت‌های ثانویه ۸۰-سینئول (۷۰-۸۰ درصد)، آرومادندرن (۲۵-۲۰ درصد)، آلفاپینن (۱۹-۶ درصد) و آلفاترپینئول (۱۳-۹ درصد) بالاترین درصد میزان را در گونه‌های مختلف جنس اکالیپتوس دارند (۶). علاوه براین، در مطالعات مختلفی سمیت اسانس اکالیپتوس و برخی از متابولیت‌های آن ثابت شده‌است. همچنین اثر اختلاط دوگانه اسانس‌ها باهم یا با سایر سموم نیز موارد موافقی در کنترل آفات را نشان داده‌است. به‌عنوان مثال در پژوهشی مشخص شد که استفاده اختلاطی دوگانه "اسانس‌های اکالیپتوس+زیره سبز" و همچنین "اسانس‌های اکالیپتوس و نعنای فلفلی" سمیت قابل توجهی روی سوسک چهار نقطه‌ای حبوبات (*Callosobruchus maculatus* F., Bruchidae) ایجاد کرده‌اند (۹). در بررسی دیگری نیز مشخص شد که اسانس اکالیپتوس و ۸۰-سینئول جداگانه توانسته باعث تلفات بالایی روی شپشه‌برنج (*Sitophilus oryzae* L., Curculionidae) شوند (۱۸).

با توجه به نتایج مطالعه حاضر و سایر بررسی‌ها مشخص است که اسانس‌ها و متابولیت‌های ثانویه گیاهان قادر به ایجاد تأثیر بالایی روی بسیاری از آفات بوده و بنابراین می‌توان گفت این ترکیبات

تیمول^۱، پی-سایمین^۲ و آلفاترپین^۳ دارای بالاترین میزان مهار استیل کولین استراز (بین ۵۰ تا ۷۰ درصد) و میزان IC₅₀ بین ۰/۳۷۰ تا ۱/۳۲۳ میلی گرم بر میلی لیتر در *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) بودند. توانایی مهارکنندگی استیل کولین استراز توسط ۸۰۱-سینئول، آلفاپینن، لیمون^۴ و فنچون^۵ روی دو گونه آفت انباری نیز به اثبات رسیده است (۳). توانایی بالقوه اسانس ها و متابولیت های ثانویه گیاهی در مهار استیل کولین استراز یکی از موارد کلیدی برای معرفی این گروه از ترکیبات به عنوان ترکیبات زیستی جدید با منشا گیاهی هستند. در مقاله مروری اشاره شده که از مجموع ۲۸ متابولیت ثانویه، ۲۳ مورد توانسته اند اثرات مطلوب در مهار استیل کولین استراز حشرات مختلف نشان دهند که مهمترین آنها شامل آلفاپینن، لیمون^۶، ۸۰۱-سینئول، کارواکرول^۷ و منتول^۸ معرفی شده اند (۱۵). فرض بر این است که این گروه از ترکیبات به عنوان مهارکننده های رقابتی^۹ و برخی دیگر به عنوان مهارکننده های غیررقابتی^{۱۰} عمل می کنند (۱۴). مهارکننده های رقابتی به مناطق فعال در آنزیم استیل کولین استراز وصل شده و از اتصال استیل کولین جلوگیری می کنند. همچنین مهارکننده های غیررقابتی به سایر نقاط استیل کولین استراز متصل شده و بطور دگرریختاری^{۱۱} عملکرد آنزیم را تغییر می دهند. در این حالت اسانس ها (یا متابولیت های ثانویه آنها) بیشتر از آنزیم به کمپلکس آنزیم-سوبسترا متصل شده و بنابراین از تشکیل محصول جلوگیری کرده و در نتیجه، فعالیت آنزیم به میزان قابل توجهی کاهش می یابد (۱۴، ۱۵).

نتیجه گیری

با توجه به مشکلاتی که در کنترل سرخروطی حنایی خرما در نخلستان های استان های جنوبی کشور وجود دارد و همچنین به علت این که این آفت در بسیاری از مناطق انتشار توسط روش های معمول و آفت کش های مرسوم قابل کنترل نیست، بنابراین روش های جدید مبتنی بر ترکیباتی که کمترین تأثیر را روی موجودات مفید و همچنین انسان و محیط زیست داشته باشد، مورد نیاز هستند که از بین این روش ها می توان به ترکیبات سمی گیاهی اشاره کرد. این ترکیبات که شامل اسانس ها و عصاره های گیاهی می باشند، می توانند راه حل

ترکیبات مورد مطالعه ایفا نموده به طوری که این آنزیم در تیمارهای اشاره شده قادر نبوده است نقش مهمی در سم زدایی همولف حشره از تیمارهای اختلاط دوگانه داشته باشد و کاهش میزان فعالیت گلو تاتیون اس-ترانسفراز همولف بدلیل تجمع این ترکیبات در همولف و احتمالاً بلوکه شدن گیرنده های این آنزیم رخ داده است. افزایش میزان فعالیت گلو تاتیون اس-ترانسفراز توسط سایر محققین در آفات تیمار شده با ترکیبات مختلف به اثبات رسیده است. در تحقیقی دیگر شهریاری و همکاران (۲۸) با بررسی پاسخ متابولیکی شب پرآرد به اسانس زنیان و تیمول، نشان دادند فعالیت گلو تاتیون اس-ترانسفراز تحت تأثیر غلظت های مختلف افزایش پیدا کرده است. در پژوهشی دیگر اثر تیمول و ۸۰۱-سینئول روی میزان فعالیت استراز، گلو تاتیون اس-ترانسفراز و استیل کولین استراز لارو سن سوم بیدکلم (*Plutella xylostella* L., Plutellidae) بررسی شد که فعالیت این آنزیم ها نسبت به شاهد افزایش و نتیجه گرفته شد که القای سمیت حاد توسط تیمول و ۸۰۱-سینئول باعث افزایش میزان فعالیت آنزیم های سم زدا جهت متابولیزه کردن و کاهش اثر سموم بوده است (۱۷).

اکثر پژوهش های انجام شده مربوط به تأثیر اسانس ها بر میزان فعالیت آنزیم های سم زدا با تأکید بر افزایش فعالیت گلو تاتیون اس ترانسفراز در هنگام تیمار با حالت انفرادی ترکیبات روی آفات مختلف بوده اند و یافته های پژوهش حاضر نشان می دهد که کاهش فعالیت این آنزیم در تیمارهای اختلاط دوگانه برای اولین بار در سرخروطی حنایی خرما گزارش شده است.

در خصوص آنزیم استیل کولین استراز نتایج نشان داد که میزان فعالیت این آنزیم در همه تیمارها، اختلاف معنی دار با شاهد داشته و کمترین میزان فعالیت این آنزیم در تیمار اختلاط دوگانه "دی آلیل تری سولفاید+۸۰۱-سینئول" مشاهده شد. طبق بررسی های سایر محققین، مشخص شده که استیل کولین استراز یکی از آنزیم های هدف اغلب اسانس ها و متابولیت های ثانویه آنها می باشد (۷ و ۱۴). استیل کولین استراز باعث تسریع تخریب استیل کولین شده که بعنوان یک ناقل عصبی مهم، مسئول انتقال پالس های عصبی در موجودات مختلف بوده و همچنین در ثبت، نگهداری و یادآوری اطلاعات در مغز نقش کلیدی دارد (۱۴). مشخص شده که مهار بالاتر AChE منجر به اختلال بیشتر در هماهنگی سامانه عصبی عضلانی و نهایتاً باعث فلج و مرگ می شود (۱۴). مهار استیل کولین استراز در مطالعه حاضر هم جهت با سایر پژوهش های انجام شده است. محققین مختلف به بررسی اثرات ترکیبات با منشا گیاهی مانند اسانس ها و متابولیت های ثانویه گیاهان بر میزان مهار استیل کولین استراز پرداخته اند (۲۶، ۲۷، ۳۱، ۳۶). در مطالعه ای مشابه توسط پیری و همکاران (۲۳) مشخص شده که اسانس زنیان و برخی از متابولیت های ثانویه آن مانند

- 1- Thymol
- 2- P-cymene
- 3- α -Terpinene
- 4- Limonene
- 5- Fenchone
- 6- Carvacrol
- 7- Menthol
- 8- Competitive inhibitors
- 9- Uncompetitive inhibitors
- 10- Allosterically

ایمیداکلوپراید" یا "آرومادرن" یا "۸۰-سینتول"، اثرات هم‌افزایی معنی‌دار در غلظت‌های ترکیبی $LC_{50} + LC_{50}$ ایجاد گردید که توانستند اثرات معنی‌دار در کاهش فعالیت آنزیم‌های سم‌زدا و همچنین استیل‌کولین‌استراز ایجاد کنند. این میزان از کاهش فعالیت آنزیم‌ها، بیانگر این نکته کلیدی است که آنزیم‌ها قادر به حذف حالت‌های اختلاط دوگانه از همولنف سرخرطومی حنایی خرما نبوده‌اند، در نتیجه حالت‌های اختلاط دوگانه می‌توانند در مدیریت این آفت نقش موثری ایفا نمایند. بنابراین می‌توان امیدوار بود که ترکیبات سمی گیاهی بتوانند به‌تنهایی و یا به‌صورت اختلاط دوگانه با هم یا با سایر آفت‌کش‌ها باعث کنترل این آفت در نخلستان‌ها شوند. البته بایستی تحقیقات تکمیلی انجام گیرد تا بتوان با اطمینان بیشتری در این مورد تصمیم‌گیری کرد. یکی از مشکلات اسانس‌های گیاهی و همچنین متابولیت‌های ثانویه آنها، پایداری کم این ترکیبات در محیط بوده، بنابراین یکی از موضوعاتی که می‌تواند بیشتر به آن توجه شود، افزایش پایداری آنها در محیط و همچنین نحوه رهایش آنها در محیط می‌باشد که می‌توان با انواع فرمولاسیون بخصوص نانوفرمولاسیون‌ها این مشکل را مرتفع نمود. از این رو مطالعه پایداری و فرمولاسیون اسانس‌های گیاهی و متابولیت‌های ثانویه آنها در محیط موضوعی است که در تحقیقات آینده بایستی به آن توجه شود تا بتوان توانایی بالقوه این ترکیبات در مدیریت آفات کشاورزی را به‌طور عملی اجرا نمود.

سپاسگزاری

از دانشگاه زابل جهت مهیا ساختن اجرای این طرح سپاسگزاری می‌گردد. طرح حاضر با حمایت مالی معاونت پژوهشی دانشگاه زابل و پژوهانه نویسنده مسئول مقاله (UOZ-GR-9517-78) اجرا شده است.

جدیدی برای کنترل این حشره بخصوص از طریق ایجاد اختلالات فیزیولوژیکی و متابولیکی باشند. در این میان، ترکیبات فرار گیاهی مانند اسانس‌ها و متابولیت‌های ثانویه گیاهی به‌دلیل خلوص بالایی که دارند و همچنین با توجه به نحوه زندگی سرخرطومی حنایی خرما می‌توانند گزینه‌های مناسبی برای این منظور باشند. به‌طوری‌که این ترکیبات می‌توانند جایگزین مناسب آفت‌کش‌های شیمیایی که علاوه بر تأثیر سو روی محیط باعث مقاومت آفت نیز شده‌اند. طبق یافته‌های پژوهش حاضر مشخص شد که ماده تکنیکال ایمیداکلوپراید بیشترین میزان سمیت را در مقایسه با حالت‌های انفرادی سایر ترکیبات سمی مورد مطالعه (اسانس‌ها و متابولیت‌های ثانویه گیاهی) داشته است. نتایج نشان داد که سم ایمیداکلوپراید به دلیل ساختار شیمیایی خاص خود توانسته است نسبت به اسانس‌ها و متابولیت‌های آنها بهتر این آفت را کنترل کند. اگر چه داده‌ها نشان داد که ترکیبات سمی گیاهی در مقایسه با ایمیداکلوپراید اثر کمتری بر سرخرطومی حنایی خرما داشت، اما این ترکیبات در مقایسه با شاهد اثرات قابل توجهی روی پارامترهای فیزیولوژیکی این آفت نشان داد. از جمله عواملی که باعث می‌شود از ترکیبات سمی گیاهی که در عین حال تأثیر کمتری نسبت به آفت‌کش‌های شیمیایی دارند، در مدیریت آفات گیاهی استفاده شوند این است که علاوه بر در دسترس بودن این گیاهان بطور بومی، سموم گیاهی در مقایسه با آفت‌کش‌های شیمیایی زودتر تجزیه شده و باقیمانده کمتری در زیست‌بوم بجا گذاشته و باعث کمتر آلوده شده محیط زیست می‌گردند. همچنین اثرات سوء کمتری روی انسان و موجودات غیرهدف دارند.

کاربرد حالت‌های اختلاط دوگانه با غلظت‌های کمتر می‌تواند باعث ایجاد اثر افزایشی یا هم‌افزایی ترکیبات سمی گردد. در مطالعه حاضر، نتایج نوید بخشی در خصوص اثرات هم‌افزایی متابولیت‌ها با هم مشاهده شد و بطور معنی‌دار همه موارد، سمیت بیشتری نسبت به اثرات جداگانه آنها داشتند. در اختلاط دوگانه "دی‌آلیل دی سولفاید" و همچنین حالات مشابه "تری‌آلیل دی سولفاید" با "ماده تکنیکال

منابع

1. Abbasi J., Dabiri H., and Amiri A. 2017. Quarantine pest of date weevil. Promotional publication. Agricultural Jihad Organization of Fars Province (Agricultural Extension Coordination Management). 20 pages. (In Persian with English abstract)
2. Abdel Kareim A.I., Mohamed A.M., Rashed A.A., Said Ahmed F.M., Qasim M.A., and Mohsen Saad M. 2017. Oviposition deterrent effect of four essential oils against the date palm weevil, *Rhynchophorus ferrugineus* Olivier. Middle East Journal of Agriculture Research 6(4): 1336-1345.
3. Abdelgaleil S.A., Mohamed M.I., Badawy M.E., and El-arami S.A., 2009. Fumigant and contact toxicities of monoterpenes to *Sitophilus oryzae* (L.) and *Tribolium castaneum* (Herbst) and their inhibitory effects on acetylcholinesterase activity. Journal of Chemical Ecology 35: 518-525.
4. Ahmed R., and Freed S. 2021. Biochemical resistance mechanisms against chlorpyrifos, imidacloprid and lambda-cyhalothrin in *Rhynchophorus ferrugineus* (Olivier) (Coleoptera: Curculionidae). Crop Protection 143. In press. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2021.105568>.
5. Avand Faghil A. 1996. The biology of red palm weevil, *Rhynchophorus ferrugineus* Oliv. (Coleoptera:

- Curculionidae) in Saravan region (Sistan and Balouchistan Province, Iran). *Applied Entomology and Phytopathology* 63(1/2): 61-86.
6. Brežani V., and Šmejka K. 2013. Secondary metabolites isolated from the genus *Eucalyptus*. *Current Trends in Medicinal Chemistry* 7: 65-95.
7. Campolo O., Giunti G., Russo A., Palmeri V., and Zappalà L. 2018. Essential oils in stored product insect pest control. *Journal of Food Quality*. Article ID 6906105. 1-18 pages. <https://doi.org/10.1155/2018/6906105>.
8. Ellman G.L., Courtney K.D., Andres V., and Featherstone R.M. 1961. A new and rapid colorimetric determination of acetylcholinesterase activity. *Biochemical Pharmacology* 7: 88-95.
9. Faraji N., Saber M., Sarif Moayeri H.R., and Kavous A. 2015. Investigation of insecticidal properties and combined effects of eucalyptus, cumin and peppermint essential oils on four-spot beetle *Callosobruchus maculatus*. Thesis. Master. Maragheh University. (In Persian with English abstract).
10. Han Z., Moores G., Devonshire A., and Denholm I. 1998. Association between biochemical marks and insecticide resistance in the Cotton Aphid, *Aphis gossypii*. *Pesticide Biochemistry and Physiology* 62: 164-171.
11. Isman M.B. 2015. A renaissance for botanical insecticides? *Journal of Pest Management Science* 71(12): 1587-1590.
12. Isman M.B. 2020a. Botanical insecticides in the twenty-first century-fulfilling their promise? *Annual Review of Entomology* 65: 233-249.
13. Isman M.B. 2020b. Commercial development of plant essential oils and their constituents as active ingredients in bioinsecticides. *Phytochemistry Reviews* 19: 235-241.
14. Isman M.B., and Tak J.H. 2017. Inhibition of acetylcholinesterase by essential oils and monoterpenoids: A relevant mode of action for insecticidal essential oils? *Biopesticides International* 13(2): 71-78.
15. Jankowska M, Rogalska J., Wyszowska J., and Stankiewicz M. 2017. Molecular targets for components of essential oils in the insect nervous system-A review. *Molecules* 23: 2-20.
16. Kaakeh W., Abou-Nour M.M., and Khamis A.A. 2001. Mass rearing of the Red Palm Weevil, *Rhynchophorus ferrugineus* Olivier on sugarcane and artificial diets for laboratory studies: Illustration of methodology. *Proceedings of the 2nd International Conference on Date Palm, Al-Ain, 25-27 March, 344-357*.
17. Kumrungsee N., Pluempanupat W., Koul O., and Bullangpoti V. 2014. Toxicity of essential oil compounds against diamondback moth, *Plutella xylostella*, and their impact on detoxification enzyme activities. *Journal of Pest Science* 87(4): 721-729.
18. Lee S.E., Choi W.S., Lee H.S., and Park B.S. 2000. Cross-resistance of a chlorpyrifos-methyl resistant strain of *Oryzaephilus surinamensis* (Coleoptera: Cucujidae) to fumigant toxicity of essential oil extracted from *Eucalyptus globulus* and its major monoterpene, 1, 8-cineole. *Journal of Stored Products Research* 36: 383-389.
19. Lin S.F., Li T.H., Chen K., Gao H.T., and L, G.W. 2005. GC-MS analysis of garlic and garlic essential oil for the contents of volatile oil and of chemical components. *Physical Testing and Chemical Analysis* 41:87-89.
20. Lowry O.H., Rosebrough N.J., Farr A.L. and Randall R.J. 1951. Protein measurement with the Folin phenol reagent. *Journal of Biological Chemistry* 193: 265-75.
21. Mazza G., Francardi V., Simoni S., Benvenuti C., Cervo R., Faleiro J.R., Llácer E., Longo e S., Nannelli R., Tarasco E., and Roversi P.F. 2014. An overview on the natural enemies of *Rhynchophorus* palm weevils, with focus on *R. ferrugineus*. *Biological Control* 77: 83-92.
22. Oppenoorth F.J. 1985. Biochemistry and Genetics of Insecticide Resistance. *Comprehensive Insect Physiology*, Eds G.A. Kerlutr L.I. Gilbert (1985) Pergamon, Oxford. pp. 731-773.
23. Piri A., Sahebzadeh N., Zibaee A., Jalali Sendi J., Shamakhi L., and Shahriari M. 2020. Toxicity and physiological effects of ajwain (*Carum copticum*, Apiaceae) essential oil and its major constituents against *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae). *Chemosphere* 256: 127103. 1-7 (In press). doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.127103
24. Plata-Rueda A., Martínez L.C., Santos M.H.D., Fernandes F.L., Wilcken C.F., Soares M.A., Serrão J.E., and Zanutio J.C. 2017. Insecticidal activity of garlic essential oil and their constituents against the mealworm beetle, *Tenebrio molitor* Linnaeus (Coleoptera: Tenebrionidae). *Scientific Reports* 7(1): 1-11.
25. Roachat D., Dembilio O., Jaques J.A., Suma P., La A., Pergola R.H., Kontodimas D., and Soroker V., 2017. *Rhynchophorus ferrugineus*: Taxonomy, distribution, biology, and life cycle. *Handbook of Major Palm Pests: Biology and Management*. Eds V. Soroker and S. Colazza. Wiley & Sons Ltd. pp. 105-130.
26. Saad M.M.G., Abou-Taleb H.K., and Abdelgaleil S.A.M. 2018. Insecticidal activities of monoterpenes and phenylpropenes against *Sitophilus oryzae* and their inhibitory effects on acetylcholinesterase and adenosine triphosphatases. *Applied Entomology and Zoology* 53: 173-181.
27. Shahriari M., Sahbzadeh N., and Zibaee A. 2019a. Effects of *Teucrium polium* L. (Lamiaceae) essential oil and α -pinene on the detoxifying- and intermediary engaged enzymes of *Ephestia kuehniella* Zeller, 1879 (Lep.: Pyralidae). *Acta agriculturae Slovenica* 113(2): 251-261.
28. Shahriari M., Sahbzadeh N., Zibaee A., Khani A., and Senthil-Nathan S. 2017. Metabolic response of *Ephestia kuehniella* Zeller (Lepidoptera: Pyralidae) to essential oil of Ajwain and thymol. *Toxin Reviews* 36 (3): 204-209.

29. Shahriari M., Zibae A., Sahebzadeh N., and Shamakhi L. 2018. Effects of a-pinene, trans-anethole, and thymol as the essential oil constituents on antioxidant system and acetylcholine esterase of *Ephestia kuehniella* Zeller (Lepidoptera: Pyralidae). *Pesticide Biochemistry and Physiology* 150: 40-47.
30. Shahriari M., Zibae A., Shamakhi L., Sahebzadeh N., Naseri D., and Hoda H. 2020. Bio-efficacy and physiological effects of *Eucalyptus globulus* and *Allium sativum* essential oils against *Ephestia kuehniella* Zeller (Lepidoptera: Pyralidae). *Toxin Reviews* 39(4): 422-433.
31. Sharaby A., and AL-Dosary M. 2014. An electric air flow olfactometer and the olfactory Response of *Rhynchophorus ferrugineus* weevil to some volatile compounds. *Journal of Agriculture and Ecology Research International* 1(1): 40-50.
32. Shukla P., Vidyasagar P.S.P.V., Aldosari S.A., and Abdel-Azim M. 2012. Antifeedant activity of three essential oils against the red palm weevil, *Rhynchophorus ferrugineus*. *Bulletin of Insectology* 65(1): 71-76.
33. SigmaPlot for Windows Version 12.3. 2011. Wpcubed GmbH, Germany.
34. SPSS Inc. 2011. IBM Corp. IBM SPSS statistics 20.0. Chicago, IL.
35. Wu M.Y., Ying Y.Y., Zhang S.S., Li X.G., Yan W.H., Yao Y.C., Shah S., Wu G., and Yang F.L. 2020. Effects of diallyl trisulfide, an active substance from garlic essential oil, on energy metabolism in male moth *Sitotroga cerealella* (Olivier). *Insects* 11 (270): 1-12.
36. Yeom H.J., Kang J.S., Kim G.H., and Park I.K. 2012. Insecticidal and acetylcholine esterase inhibition activity of apiaceae plant essential oils and their constituents against adults of German cockroach (*Blattella germanica*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 60(29): 7194-7203.
37. Zhang Q., Liang W.B., Du X.Y., Fa Y.H., and Wang X.G. 2016. Effects of garlic essential oil on biological activity, physiology and Biochemistry of *Mysus persicae*. *Guizhou Agricultural Sciences* 44: 68-71.
38. Zhao N.N., Zhang H., Zhang X.C., Luan X.B., Zhou C., Liu Q.Z., Shi W.P., and Liu Z.L. 2013. Evaluation of acute toxicity of essential oil of garlic (*Allium sativum*) and its selected major constituent compounds against overwintering *Cacopsylla chinensis* (Hemiptera: Psyllidae). *Journal of Economic Entomology* 106(3): 1349-1354.



Effect of some Botanicals and Imidacloprid on the Biochemical Parameters of Red Palm Weevil (*Rhynchophorus ferrugineus* Olivier)

A. Piri¹- N. Sahebzadeh^{2*}- A. Zibae³- A. Khani⁴

Received: 14-11-2020

Accepted: 22-02-2021

Introduction: Today, the control of *Rhynchophorus ferrugineus* Olivier (Coleoptera: Curculionidae) as quarantine and destructive pest of date plantation due to the inner parts of the tree trunk is limited to chemical control that indiscriminate application of different types of pesticides such as imidacloprid has caused the resistance of this insect. In this study, the lethal effect of botanical compounds including garlic essential oil and its secondary metabolites (diallyl disulfide, diallyl trisulfide) and eucalyptus essential oil and its secondary metabolites (1,8-cineole, aromadendrene) on enzymatic activity (general esterases, glutathione S-transferase, acetylcholinesterase) in red palm weevil were studied and compared with imidacloprid (commercial form and technical substance).

Materials and Methods: Adults (Male and female) of *R. ferrugineus* (red palm weevil) were collected from infected date palm plantations in Saravan (Iran) and transferred to the laboratory for propagation (25±3°C, 60±5% relative humidity, 12:12-h light: dark cycle). Bioassay tests were performed on larvae of the same age (2nd instar). The toxic effects of all compounds were investigated separately and in binary mixtures. The bioassay experiment was performed using a topical-fumigant method in three replications (10 larvae per replicate) in a completely randomized design. Two µl of different lethal concentrations (LCs) of chemicals were poured on the anterior part of the 2nd instar larval thorax and they were transferred to 8 cm Petri dishes. The mortalities were recorded 24 hours after treatment. Lethal concentrations of LC₂₅ and LC₅₀ were calculated using SPSS software version 21. Then, binary mixtures of LC₂₅ and LC₅₀ concentrations (LC₂₅+LC₂₅, LC₅₀+LC₂₅, LC₅₀+LC₅₀) of the studied compounds were performed to investigate the additive, synergistic, and antagonistic effects with a similar bioassay method. Enzymatic assays were performed using conventional methods. The effect of these binary mixtures, as well as LC₂₅ and LC₅₀ values of the individual status of each toxic compound on the activity of the mentioned enzymes, were evaluated 24 hours after treatment. Lethal concentrations (25 and 50%) and inhibition concentration of 50% of acetylcholinesterase (IC₅₀) activity were calculated using the probit model and SPSS (v. 21). Scatter diagrams and regression lines between different concentrations of chemicals for inhibition of acetylcholinesterase were calculated with Sigma Plot software version 12.3. Also, the comparison between lethal concentrations was performed using the ratio of lethal concentrations and 95% confidence interval. In addition, the mean comparison between the data obtained from biochemical experiments with SPSS software (v. 21) and the Tukey test was performed at a 5% level.

Results and Discussion: The LC₂₅ and LC₅₀ values of garlic essential oil, diallyl disulfide, diallyl trisulfide were calculated as "9.23 and 23.61", "2.33 and 4.64", "2.75 and 5.01" µL mL⁻¹; for eucalyptus essential oil, 1,8-cineole, aromadendrene were as "12.46 and 33.41", "4.26 and 7.83", "3.68 and 7.84" µL mL⁻¹ and for commercial form and technical substance imidacloprid were as "0.012 and 0.025" and "0.009 and 0.004" µL mL⁻¹, respectively. Results showed that the binary mixtures of LC₅₀+LC₅₀ including "diallyl trisulfide+imidacloprid technical substance", "diallyl trisulfide+aromadendrene", "diallyl trisulfide+1,8-cineole", "diallyl disulfide+technical substance imidacloprid", "diallyl disulfide+aromadendrene", "diallyl disulfide+1,8-cineole" had synergistic effects. The results showed a significant increase in general esterases and glutathione S-transferase activity in the larvae treated with the individual status and binary mixtures. A significant decrease in acetylcholinesterase activity was observed in all treatments. Results showed that the lowest and highest concentrations of the studied toxic compounds for 50% inhibition of acetylcholinesterase activity were obtained by 0.328 mg mL⁻¹ of "diallyl trisulfide+1,8-cineole" and 4.485 mg mL⁻¹ of garlic essential oil, respectively. In addition, the results showed that the highest (80.30%) and lowest (6.50%) levels of acetylcholinesterase inhibition were obtained by 2 µL mL⁻¹ of "diallyl trisulfide+1,8-cineole" and 0.1 µL mL⁻¹ of the commercial form of imidacloprid.

1, 2 and 4- Former M.Sc Student, Assistant Professor and Associate Professor, Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, University of Zabol, respectively.

(*- Corresponding Author Email: n.sahebzadeh@uoz.ac.ir)

3- Associate Professor, Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, University of Guilan

DOI: 10.22067/JPP.2021.32849.0

Conclusion: Despite the better control of red palm weevil after treatment with imidacloprid compare to botanical insecticides (essential oils and secondary metabolites), however, the resistance to this pesticide has been demonstrated because of long-term exposure. Therefore, according to the results of the synergistic effects of secondary metabolites together or even with imidacloprid, a decrease in the activity of detoxifying enzymes, as well as acetylcholinesterase, was observed, which may indicate the key point that these enzymes have not been able to eliminate these binary mixtures from the hemolymph of red palm weevil, so they could play an effective role in the management of this pest. Therefore, it can be hoped that plant essential oils can control red palm weevil in palm plantation alone or in binary mixture together or with other conventional pesticides. Further studies are needed to make a more confident decision in this regard. One of the problems of plant essential oils as well as their secondary metabolites is the low stability of these compounds in the environment, so one of the issues that can be paid more attention to is increasing their stability in the environment and how to release them in the environment, which can be done with various formulations such as nanoformulations, in particular, assume to solve this problem. Therefore, the study of the stability and formulation of plant essential oils and their secondary metabolites in the environment is a topic that should be considered in future research to be able to implement the potential ability of these compounds in agricultural pest management in practice.

Keywords: Binary mixture, Botanical insecticide, Detoxifying enzyme, Synergy, Toxicity

گرده‌شناسی عسل تولیدی زنبور عسل (*Apis mellifera* L.) در استان سمنان

محمد نیکنام^۱ - حسین صادقی نامقی^{۲*} - حسن نظریان^۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۸/۲۵

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۲/۱۲

چکیده

برای شناسایی منابع شهد و گرده مورد استفاده زنبور عسل در مناطق مختلف استان سمنان در سال ۱۳۹۶، نمونه‌های استاندارد عسل بصورت تصادفی از زنبورداری‌های ۲۵ منطقه مختلف استان جمع‌آوری شد. دانه‌های گرده موجود در نمونه‌های عسل با دانه‌های گرده از گونه‌های گیاهی که در تشکیل عسل نقش دارند از نظر مرفولوژیکی مقایسه شدند. بر اساس تنوع مرفولوژیکی دانه‌های گرده موجود در نمونه‌های عسل تعداد ۵۰۵ نوع دانه گرده متعلق به ۸۳ خانواده گیاهی شناسایی شد. با توجه به تنوع و فراوانی دانه‌های گرده شناسایی شده در نمونه‌های عسل مطالعه شده، مهم‌ترین گونه‌های گیاهی مورد استفاده زنبور عسل در مناطق مهم زنبورداری استان به ترتیب مربوط به تیره‌های گیاهی کاسنی، بقولات، نعنائیان، رزاسه، چتریان، چلیپائیان، سوسن و آلاله بودند. در این تحقیق با استفاده از هموسایتمتر اقدام به شمارش دانه‌های گرده موجود در نمونه‌های استاندارد ۱۰ گرمی عسل با ۱۰ تکرار شد. از نظر تراکم تعداد دانه گرده در حجم استاندارد عسل مشخص شد که ۴٪ از نمونه‌ها دارای کمتر از ۲۰۰۰۰ دانه گرده در نمونه استاندارد (۱۰ گرم عسل) بوده و در کلاس ۱ (بسیار ضعیف) قرار گرفتند. هیچ نمونه عسلی در کلاس ۲ یا ضعیف (۲۰۰۰۰ تا ۱۰۰۰۰۰ دانه گرده) قرار نگرفت. ۷۲٪ از نمونه‌ها در کلاس ۳ یا متوسط (۱۰۰۰۰۰ تا ۵۰۰۰۰۰ دانه گرده در نمونه)، ۱۶٪ نمونه‌ها در کلاس ۴ یا خوب (۵۰۰۰۰۰ تا ۱۰۰۰۰۰۰۰ دانه گرده) و ۸٪ از نمونه‌ها در کلاس ۵ یا عالی (بیش از ۱۰۰۰۰۰۰ دانه گرده) قرار گرفتند. نتایج نشان داد که زنبور عسل معمولی در شرایط منطقه مورد مطالعه در رفتار چراگری وابستگی به گیاه خاصی ندارد. آنالیز دانه‌های گرده عسل نشان داد به استثنای چند مورد خاص، منابع مورد چرای زنبورهای عسل کارگر در شرایط منطقه بسته به فصل و شرایط، طیف متنوعی از گیاهان گلدار را در بر می‌گیرد.

واژه‌های کلیدی: دانه گرده، زنبور عسل، عسل، گرده‌شناسی عسل

مقدمه

همچنین بر کیفیت خدمات گرده‌افشانی باشد (۲۸). از این رو، گرده گل تأثیر به‌سزایی بر سلامت کلنی دارد. تحقیقات نشان داده است که کیفیت گرده، از نظر نوع و کیفیت اسیدهای آمینه و مقدار پروتئین کل، با توجه به منشأ گل متفاوت است. لذا تنوع پالینولوژیکی گرده‌ها معیار مناسبی برای کیفیت محیط زندگی زنبورهای عسل است. شناسایی و کمی‌سازی دانه‌های گرده در نمونه‌های عسل یکی از بهترین روش‌های تعیین دامنه انواع گل مورد استفاده در تولید عسل است، که برچسب‌گذاری صحیح بر اساس منابع مورد استفاده‌ی زنبورهای کارگر را امکان‌پذیر می‌کند. همچنین مطالعات تحلیلی طولانی مدت روی دانه‌های گرده موجود در عسل گرده می‌تواند روند برخی تغییرات ناشی از دخالت‌ها و فعالیت‌های انسان را در محیط نشان دهد.

زنبورهای عسل کارگر (*Apis mellifera* L.) برای جمع‌آوری شهد و گرده بسیاری از گل‌ها را مورد بازدید قرار می‌دهند (۱۳). اگرچه

با افزایش فعالیت زنبورداری، شناسایی منابع اصلی گرده در یک منطقه و ارزش آن‌ها برای کلنی‌های زنبور عسل و تولید گرده اهمیت بیشتری می‌یابد. گرده‌های جمع‌آوری شده از گل‌ها توسط زنبورهای عسل کارگر تنها منبع پروتئین طبیعی برای رشد زنبورهای پرستار و نوزادان و فعالیت ملکه در کندو است. همچنین کیفیت ژله رویال به رژیم غذایی زنبورهای پرستار بستگی دارد، که مورد اخیر ممکن است تأثیر مهمی در ریخت‌شناسی، رفتار و فیزیولوژی همه افراد (۲) و

۱ و ۲- به ترتیب دانشجوی دکتری حشره‌شناسی و استاد گروه گیاهپزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، ایران

(*- نویسنده مسئول: (Email: sadeghin@um.ac.ir)

۳- دانشیار گیاه‌شناسی، مرکز آموزش عالی امام خمینی (ره)، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

کشورهای اروپایی برای تجزیه و تحلیل عسل مورد استفاده قرار گرفته است.

تا کنون منابع گرده و شهد گیاهان مورد استفاده زنبورهای عسل در برخی مناطق ایران بررسی شده است (۱۷، ۱۸، ۲۴ و ۲۷). به عنوان مثال، صانعی شریعت پناهی و سعید آبادی (۲۷) برای اولین بار گرده های موجود در عسل را در کرج با روش گرده شناختی مشخص نمودند. منافعی (۱۸) گرده های موجود در عسل های آذربایجان را با استفاده از روش های معمول آنالیز و ارزشیابی دانه های گرده در منطقه خوی، اسکو و کلیبر مورد بررسی قرار داد و مشخص نمود که میزان گرده موجود در عسل های خوی متعلق به گیاهان تیره گل مینا Compositae به ویژه گونه آفتابگردان، در عسل های اسکو از تیره Fabaceae و در عسل کلیبر از تیره پروانه آسا Labiatae و در عسل کلیبر از تیره پروانه آسا Fabaceae به ترتیب ۸۰٪، ۸۰٪ و ۴۴٪ می باشد. معماریانی (۱۷) ده نمونه از عسل های جمع آوری شده از نقاط مختلف استان خراسان را تهیه نمود و پس از استخراج و تیمار گرده ها با بررسی خصوصیات مورفولوژیکی عسل ها نشان داد که در تعداد زیادی از نمونه ها گرده گیاهان خانواده Compositae (با ۳۶/۴ تا ۶۱/۴ درصد) نسبت قابل توجهی از ترکیب گرده های عسل را تشکیل می دهند. وی در مجموع ۴۳ تیپ گرده متعلق به ۲۸ تیره گیاهی را شناسایی نمود. رزاقی کامرودی و همکاران (۲۴) در شناسایی گرده های موجود در عسل های حوزه آبخیز نور رود مازندران گرده های ۲۵ نمونه عسل را استخراج و به روش استولیز مورد مطالعه قرار دادند و در بررسی مرفولوژیکی ۵۲ تیپ گرده متعلق به ۱۸ تیره گیاهی را در نمونه ها شناسایی کردند. بطور کلی بیشترین گرده های موجود در نمونه عسل ها مربوط به تیره های Labiatae (۲۳/۱ درصد)، Leguminosae (۲۱/۲ درصد)، Rosaceae (۱۵/۴ درصد) و Compositae (۱۳/۵ درصد) بود و سایر تیره ها ۲۶/۸ درصد را شامل شدند.

علی رغم اهمیت و گسترش روزافزون زنبورداری در استان سمنان، تاکنون اطلاعاتی در مورد وضعیت منابع شهد و گرده مورد استفاده زنبورهای عسل در مناطق زنبورداری استان منتشر نشده است. تحقیق حاضر با هدف بررسی تنوع و فراوانی دانه های گرده در نمونه های عسل از مناطق عمده زنبورداری استان سمنان انجام شد، تا علاوه بر تعیین رجحان چراگری زنبورهای عسل کارگر در منطقه مورد مطالعه، تقویم گلدهی گیاهان منطقه تهیه شود و برای راهنمایی زنبورداران و کشاورزان، به منظور آگاهی از دوره شکوفایی گیاهان مورد علاقه زنبور عسل در شرایط منطقه، مورد استفاده قرار گیرد.

مواد و روش ها

موقعیت جغرافیایی مناطق مورد مطالعه

این تحقیق در سال ۱۳۹۶ در مناطق مختلف استان سمنان انجام

زنبورهای چراگر ممکن است در یک زمان با گل های بالقوه زیادی روبرو شوند، اما فقط برخی از آن ها را انتخاب می کنند. لذا به نظر می رسد که این زنبورها نوعی رفتار ترجیحی را در مورد گل هایی که بازدید می کنند از خود نشان می دهند. چنین رفتار انتخابی طبق تئوری چراگری بهینه (۳۰) قابل پیش بینی است و بیانگر این واقعیت است که زنبورها ارزش غذایی هر گل را نسبت به هزینه بهره برداری از آن گل برآورد می کنند. مطالعات متعددی ارتباط بین انتخاب گل و محتوای شهد در بین زنبورها را بررسی کرده اند (۱، ۲، ۵ و ۲۲). در مطالعات دیگر و با استفاده از گل های مصنوعی، روابط نزدیکی بین بازدید زنبورها از گل های مدل و برداشت شهد نشان داده شده است (۵ و ۸). دانه های گرده موجود در عسل به عنوان شواهدی در نظر گرفته می شود که زنبورهای کارگر از گیاهان گلدار بازدید کرده اند. لذا تجزیه و تحلیل گرده ابزاری قدرتمند برای تعیین گیاهانی است که زنبورها از آن ها بازدید می کنند (۴ و ۲۳). زنبورها با توجه به پوشش گیاهی اطراف، در دسترس بودن منابع، فصلی بودن، برهم کنش با سایر زنبورها و نیازهای کندو منابع گیاهی را انتخاب می کنند (۲۶). اطلاعات مربوط به منابع گل مورد استفاده زنبورهای عسل به زنبورداران این امکان را می دهد که کندوها را در نزدیک ترین، مناسب ترین و غنی ترین محل های دارای منابع شهد و گرده قرار دهند. همچنین چنین اطلاعاتی می تواند به بهره برداری منطقی و توسعه برنامه هایی برای حفاظت از زنبورهای عسل کمک کند. علاوه بر این، ترکیب دانه های گرده در عسل می تواند به عنوان شاخصی برای رفتار تغذیه ای زنبورهای عسل روی گونه های گیاهان در یک منطقه و دوره مشخص استفاده شود (۱۰).

اگرچه اطلاعات مربوط به ترکیب قند، هدایت الکتریکی و تجزیه و تحلیل اسیدهای آمینه موجود در عسل ممکن است به تعیین منشأ جغرافیایی عسل کمک کند، اما طبق برخی مطالعات روش مطمئنی نیست (۱۴ و ۱۵). مرور منابع علمی نشان می دهد که هم چنان متداول ترین روش برای تعیین منشأ گیاهی عسل، تجزیه و تحلیل دانه های گرده موجود در عسل است (۶). گرده شناسی عسل (Melissopalynology) شاخه ای از گرده شناسی است که با تحقیقات میکروسکوپی عسل سر و کار دارد. مطالعات گرده شناسی عسل در صنعت زنبورداری اهمیت کاربردی دارد (۶ و ۹). تجزیه و تحلیل دانه های گرده موجود در عسل و تجزیه و تحلیل حسی، فیزیکی و شیمیایی عسل برای تعیین منشأ جغرافیایی و گیاه شناسی عسل مورد استفاده قرار می گیرد (۳۲). به علاوه این علم اطلاعات اساسی در مورد جنبه های بهداشتی تولید عسل نظیر آلودگی آن با مواد معدنی، گرد و غبار، دوده، ذرات نشاسته (۱۶)، فیلتراسیون، تخمیر (۲۵) و تقلب در عسل (۳۱) فراهم می کند. روش گرده شناسی عسل توسط کمیسیون جهانی گیاه شناسی زنبور عسل در سال ۱۹۷۸ مورد تأیید قرار گرفت (۱۶) و پس از آن به طور گسترده ای در آزمایشگاه های

شد (جدول ۱). استان سمنان با وسعت ۹۷۴۹۱ کیلومتر مربع ۵/۸ درصد از مساحت کشور را به خود اختصاص داده است. این استان از ۳۴ درجه و ۱۳ دقیقه تا ۳۷ درجه و ۲۰ دقیقه عرض شمالی و از ۵۱ درجه و ۵۱ دقیقه تا ۵۷ درجه و ۳ دقیقه طول شرقی می‌باشد. بلندترین نقطه استان به نام کوه شاهوار به ارتفاع ۳۹۴۵ متر می‌رسد. با مرکزیت شهرستان سمنان از جانب شمال به استان مازندران و

گلستان، از جنوب به استان اصفهان، از مشرق به استان خراسان و از مغرب به استان تهران محدود است. در این مطالعه برای تجزیه و تحلیل کمی دانه‌های گرده، مقدار یک کیلوگرم عسل در اواخر تابستان ۱۳۹۶ (زمان عسل‌گیری زنبورداران) از ۲۵ زنبوردار استان سمنان تهیه و مختصات جغرافیایی محل نگهداری کندوها با استفاده از دستگاه GPS ثبت شد (جدول ۱).

جدول ۱- مشخصات جغرافیایی مناطق مورد مطالعه

Table 1- Geographical characteristics of the study areas

ردیف No	نام منطقه Location	ارتفاع از سطح دریا (متر) Above sea level (m)	عرض جغرافیایی Latitude	طول جغرافیایی Longitude
1*	ابرسج ۱	1761	36° 34' 35.18 "	54° 54' 59.148 "
2	ابرسج ۲	1729	36° 34' 44.23 "	54° 55' 12.52 "
3	آب اوستا	2076	36 ° 34 ' 08.98 "	54 ° 52 ' 06.58 "
4	تپال شاهرود	1413	36 ° 24 ' 41.06 "	54 ° 55 ' 52.82 "
5	قطری	1792	36 ° 4 ' 4 39.90 "	55 ° 08' 41.58 "
6	میامی	1047	36 ° 25 ' 33.49 "	55 ° 43' 08.45 "
7	تاش	2328	36 ° 34' 08.33 "	54 ° 41' 04.81 "
8	سیاهکوه	1760	36 ° 34' 45.40 "	55 ° 11' 11.90 "
9	ابر	1812	36 ° 42' 54.01 "	55 ° 03' 43.30 "
10	میقان	1845	36 ° 38' 05.26 "	54 ° 57' 59.16 "
11	چهار طاق پرو	1431	36 ° 36' 09.05 "	55 ° 06' 13.27 "
12	شاهکوه پایین	2525	36 ° 33' 39.77 "	54 ° 26' 11.506 "
13	شاهکوه بالا	2376	36 ° 35' 00.54 "	54 ° 39' 21.60 "
14	آبشار مچن	2358	36 ° 28' 25.47 "	54 ° 33' 31.52 "
15	بازار محلی شاهرود	----	-----	-----
16	مهماندویه ۱	2247	36 ° 25' 16.37 "	54 ° 34' 03.27 "
17	مهماندویه ۲	2004	36 ° 24' 03.23 "	54 ° 32' 59.46 "
18	دیباج	1855	36 ° 25' 51.39 "	54 ° 14' 2.60 "
19	دامغان	1122	36 ° 09' 33.62 "	54 ° 23' 08.19 "
20	چمن ساور	1601	36 ° 34' 59.55 "	54 ° 12' 17.51 "
21	شهمیرزاد	2149	35 ° 46' 47.34 "	53 ° 18' 45.25 "
22	فولاد محله	1860	36 ° 03' 17.26 "	53 ° 42' 52.95 "
23	رامه گرمسار	2081	35 ° 28' 36.44 "	52 ° 43' 30.02 "
24	گرمسار	880	35 ° 14' 03.03 "	52 ° 21' 30.15 "
25	نمونه تجاری	-----	-----	-----

*-1, Abrisaj1; 2, Abrisaj2; 3, Abosta; 4, Tepal Shahrood; 5, Qatari; 6, Miamay; 7, Tash; 8, Siah kooh; 9, Abr; 10, Mighan; 11, Chartagh pro; 12, Shahkooh paeen; 13, Shahkooh bala; 14, Mojen; 15, Shahrood local bazar; 16, Mehmandoyeh1; 17, Mehmandoyeh2; 18, Dibaj; 19, Damaghan; 20, Chamansaw; 21, Shahrizad; 22, Folad mahalle; 23, Rameh Garmsar; 24, Garmsar; 25, commercial sample.

دقیقه، مقدار ۹ سانتی‌متر مکعب مایع رویی از هر لوله برداشته و دور ریخته شد. سپس به مقدار ۱ سانتی‌متر مکعب باقیمانده از هر لوله، ۵ سانتی‌متر مکعب آب مقطر استریل اضافه شد و لوله‌ها تا به دست آمدن یک مخلوط یکنواخت به هم زده شد. نهایتاً با افزودن آب مقطر استریل حجم نمونه هر لوله به ۳۰ سانتی‌متر مکعب رسید. محتوی هر

از هر نمونه ۱۰ گرم عسل در یک استوانه مدرج طبق روش فرگرون (۳۲) توزین و با اضافه کردن آب مقطر استریل به حجم ۲۰ سانتی‌متر مکعب رسانده شد. سپس محلول عسل به دست آمده به دو قسمت ۱۰ سانتی‌متر مکعبی در دو لوله سانتریفیوژ مدرج تقسیم شد. پس از سانتریفیوژ لوله‌ها با سرعت ۲۵۰۰ دور در دقیقه به مدت ۱۰

دو لوله به مدت ۱۰ دقیقه با ۲۵۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ گردید. با یک پیپت خودکار مایع فوقانی هر یک از لوله‌ها دور ریخته شد. سپس از ۱ سانتی‌متر مکعب باقیمانده محلول عسل، با پیپت خودکار ۱۰ میلی‌متر مکعب (میکرولیتر) نمونه گرفته شد. پس از قرار دادن لامل شیشه‌ای (به ابعاد ۲۴ در ۳۲ میلی‌متر و ضخامت ۱۳، ۱۷ تا ۰،۱ میلی‌متر) دو قطره از رسوبات محلول‌گرفته روی هر شبکه شمارشگر هموسایتومتر قرار داده شد (شکل ۲). نهایتاً شمارش دانه‌های گرده با استفاده از میکروسکوپ نوری و با بزرگنمایی ۱۰۰ انجام شد. این مراحل برای هر نمونه عسل ده بار تکرار شد.

شمارش سلول‌ها به صورت کلی نیازمند روش عمومی استفاده از اتاقک‌های شمارش‌کننده به نام هموسایتومتری باشد. این ابزار به وسیله یک آناتومیست فرانسوی در قرن ۱۹، به نام Louis-Charles Malassez برای شمارش سلول‌های خون ابداع شد (۱۲). این شبکه قطر مشخصی دارد و ناحیه پوشیده شده به وسیله خطوط مشخص است. در نتیجه شمارش تعداد سلول‌ها در حجم مشخصی از محلول امکان‌پذیر می‌شود.

قرار دادن نمونه بر روی هموسایتومتر

یک هموسایتومتر از یک لام میکروسکوپی نازک شیشه‌ای با شبکه‌ای از مربع‌های هاشور خورده در وسط تشکیل شده است. پیش از شروع کار اطمینان حاصل شد که هر دو سطح هموسایتومتر و لاملی که روی آن قرار می‌گیرند با استفاده از یک کاغذ تمیز کننده لنز کاملاً عاری از هر نوع غبار و ذره‌ای باشند. لامل استفاده شده بر روی هموسایتومتر ضخیم‌تر از لامل‌های معمول به کار رفته در سنجش‌های میکروسکوپی است، تا بتوانند بر کشش سطحی یک قطره مایع غلبه کنند. پیش از قرار دادن محلول گرده، لامل را بر روی سطح شمارش‌کننده قرار داده، سپس نوک سمپلر حاوی نمونه را همانطور که در شکل ۱ نشان داده شده در یکی از چاهک‌های V شکل قرار داده و نمونه تخلیه می‌شود. بایستی دقت شود که به میزان کافی محلول نمونه در محل مورد نظر قرار گیرد تا سطح شیشه‌ای کاملاً پوشیده شود که این مقدار تقریباً ۱۰ میکرولیتر است. دقت می‌شد که بیش از مقدار لازم نمونه بر روی لام قرار نگیرد. با توجه به این موضوع، دو نمونه را بر روی یک هموسایتومتر قرار داده به صورتی که هر نمونه بر روی یک ناحیه مشبک قرار می‌گرفت. در استفاده از هموسایتومتری که چاهک نداشت دو قطره از محلول حاوی گرده روی ناحیه مشبک قرار داده به آرامی لامل را به صورت اریب بر روی قطره محلول قرار داده تا از تشکیل حباب و رانده شدن گرده‌ها به اطراف جلوگیری شود. سپس هموسایتومتر دارای نمونه بر روی صفحه میکروسکوپ قرار داده می‌شد و بر روی بخش مشبک با قدرت بزرگنمایی کم (۱۰۰) تمرکز و کار شمارش انجام می‌شد. جهت شناسایی گونه گیاهی دانه گرده از بزرگنمایی بالا (۴۰۰) استفاده

گردید.

شمارش گرده‌ها در هموسایتومتر

یک شبکه کامل در هموسایتومتر شامل ۹ مربع است که هر کدام ۱ میلی‌متر مربع می‌باشند (شکل ۱). ناحیه شمارش مرکزی هموسایتومتر (شکل ۱-B) شامل ۲۵ مربع بزرگ بوده و هر مربع بزرگ دارای ۱۶ مربع کوچک‌تر است. در زمان شمارش، تنها گرده‌هایی که روی خطوط دو لامل قرار گرفته و روی مربع‌های بزرگ بودند شمارش می‌شد تا از شمارش دوباره سلول‌ها اجتناب شود (شکل ۱-G). محلول‌ها تا حدی رقیق می‌شد تا سلول‌ها یا ذراتی که شمارش می‌شدند بر روی هم قرار نگیرند و به صورت یکسانی پخش شده باشند.

طبقه‌بندی نمونه‌های عسل با استفاده از روش لیووکس و همکاران (۱۶) صورت گرفت. طبقه‌بندی فراوانی دانه‌های گرده در نمونه استاندارد عسل با استفاده از روش جونز و برایانت (۱۲) جهت مشخص کردن عسل تک گل صورت گرفت (فراوانی گرده‌ی خاص بالای ۵۰ درصد کل دانه‌های گرده شمارش شده در نمونه استاندارد در کلاس ۱ قرار گرفته و عسل به عنوان تک گل قلمداد می‌شود. کلاس ۲، شرایطی که تعداد گرده گونه خاص بین ۲۰ تا ۵۰ درصد کل دانه‌های گرده را دارا می‌باشد. در کلاس ۳ تعداد گرده‌ی خاص بین ۱۰-۲۰ درصد کل می‌باشد و کلاس ۴ فراوانی دانه‌های گرده هیچ یک از گرده‌های موجود در نمونه استاندارد عسل به ۱۰ درصد نمی‌رسد).

تهیه پریپاراسیون

اسلاید دانه‌های گرده براساس عناصر میکروسکوپی موجود در عسل پس از انجام سانتریفیوژ و جداسازی رسوب گرده با استفاده از روش معمول (۱۸) و یا در صورت نیاز به روش استولیز ارتمن (۸) تهیه شد.

تجزیه و تحلیل آماری

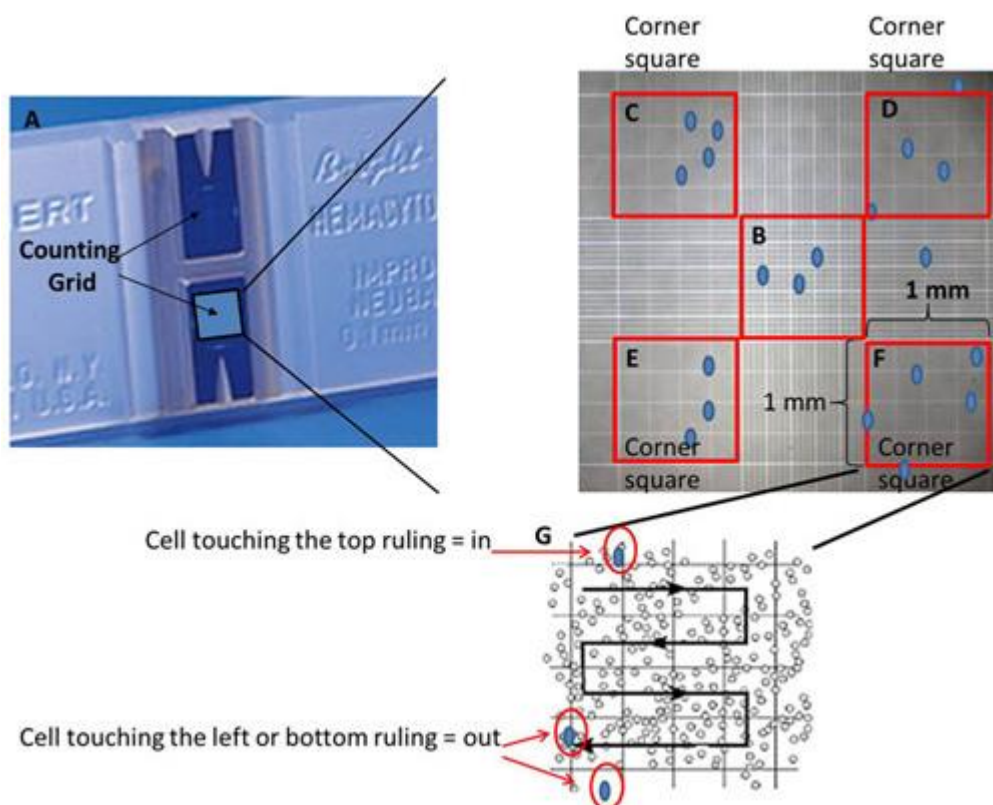
تحلیل آماری داده‌ها با استفاده از نرم افزار آماری SPSS version 16، مقایسه میانگین‌ها با آزمون دانکن و ترسیم نمودارها با Sigma Plot 12 انجام گرفت.

نتایج و بحث

در این تحقیق ۵۰۵ نوع دانه گرده گیاهی در نمونه‌های عسل جمع‌آوری شده از مناطق مورد مطالعه شناسایی شد، که متعلق به ۸۳ تیره گیاهی بودند. از این تعداد، دانه گرده‌ی ۴۷۴ گونه گیاهی در

(به ترتیب با میانگین ۱/۱۷۴/۰۰۰ و ۱/۰۶۹/۰۰۰ عدد) و کمترین تعداد دانه گرده در نمونه های عسل تجاری و منطقه ابرسج ۲ به ترتیب با میانگین (۱۷/۰۰۰ و ۱۴۰/۰۰۰ عدد) مشاهده گردید (شکل ۳).

عسل مناطق ابرسج، ابر، شاهکوه سفلی، بسطام، دیباج دامغان و رامه گرمسار و ۳۱ گونه از عسل مناطق دیگر استان و از عسل تولیدی زنبوردارانی که به استان سمنان کوچ می‌نمایند، شناسایی شد. بر اساس مقایسه میانگین‌های تعداد دانه گرده در نمونه‌های استاندارد (جدول ۲)، بیشترین تعداد دانه گرده در مناطق قطری و فولاد محله



شکل ۱- شمارش تعداد دانه گرده به روش Louis-Charles Malassez

Figure 1- Counting pollen by Louis-Charles Malassez method

تعداد گرده در هر نمونه به وسیله فرمول زیر محاسبه شد:

$$\text{Total cells/ml} = \text{total cells counted} \times (\text{dilution factor} / \# \text{ of square}) \times 10000 \text{ cells/ml}$$

$$\text{Dilution factor} = \text{میزان رقیق شدگی} \quad \# \text{ of squares} = \text{تعداد مربع ها}$$

در کلاس ۲ قرار نگرفت. نتایج حاصل از شناسایی دانه‌های گرده و فراوانی آن‌ها در نمونه‌های عسل مناطق مختلف استان سمنان نشان داد که مهم‌ترین گونه‌های گیاهی مورد استفاده زنبورهای عسل چراگر به ترتیب مربوط به تیره‌های گیاهی کاسنی، بقولات، نعنائیان، رزاسه، چتریان، چلیپاییان، سوسن و آلاله می‌باشند. گیاهان متعلق به تیره‌های گیاهی ذکر شده در بسیاری از نقاط دیگر کشور نیز مورد علاقه زنبور عسل بوده و نتایج چندین تحقیق انجام شده (۱۷، ۱۸، ۲۴ و ۲۷) موید نتایج حاضر می‌باشد. با توجه به شرایط آب‌وهوایی، تنوع گیاهی در مناطق مختلف استان سمنان نسبتاً زیاد است. احتمالاً

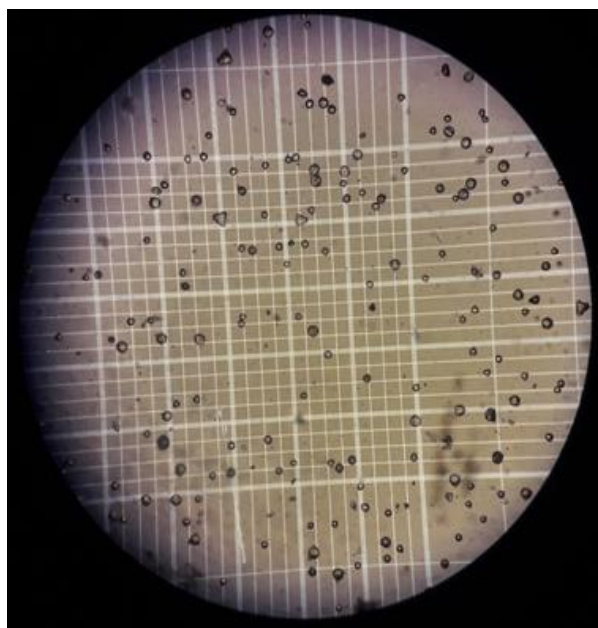
با توجه به تعداد و تنوع پوشش گیاهی که در مناطق قطری و فولاد محله وجود دارد، وجود این میزان دانه گرده قابل توجیه است. همچنین نتایج حاصل از مقایسه میانگین‌ها و همچنین جدول طبقه‌بندی دانه‌های گرده (جدول ۳) نشان داد که ۷۲ درصد از مناطق مورد مطالعه (۱۸ منطقه) از نظر تعداد دانه گرده در ده گرم عسل در کلاس ۳ (۱۰۰۰۰۰ تا ۵۰۰۰۰۰ دانه در نمونه استاندارد)، ۱۶ درصد (۴ منطقه) در کلاس ۴ (۵۰۰۰۰۰ تا ۱۰۰۰۰۰۰ دانه گرده)، ۸ درصد (۲ منطقه) در کلاس ۵ (بالاتر از ۱۰۰۰۰۰۰) و ۴ درصد (۱ منطقه) در کلاس ۱ (کمتر از ۲۰۰۰۰) قرار گرفتند. در این مطالعه هیچ نمونه‌ای

و گرده برای زنبورهای عسل منطقه می باشد، که می تواند تنوع زیادی برای خصوصیات عسل ایجاد کند. به طور کلی رژیم غذایی چند گل برای زنبور عسل بهتر از رژیم تک گل تلقی می شود (۱). در اولی خطر کمبود اسیدهای آمینه ضروری کم تر است و در اثر وجود گرده های مناسب اثر گرده های سمی یا زیر بهینه متعادل می شود (۸). همچنین رژیم غذایی گرده مخلوط تأثیر مثبتی بر توانایی ایمنی کلنی دارد (۱).

نتیجه گیری

تجزیه و تحلیل گرده نمونه های عسل طیف گسترده ای از منابع گیاهی را نشان داد. نتایج نشان داد که انواع گرده گیاهان خانواده های کاسنی، بقولات، نعنایان، رزاسه، چتریان، چلیپاییان، سوسن و آلاله بیشترین فراوانی را در بین نمونه ها دارند. تحقیق حاضر مطالعات ملیسوپالینولوژی قبلی از سایر استان های ایران را تکمیل می کند و اطلاعات اضافی و جدیدی در مورد منابع گیاهی منطقه ای از گرده موجود در عسل می دهد. در این مطالعه تمام نمونه های عسل به طور مستقیم از زنبورداران محلی به دست آمد و تجزیه و تحلیل ملیسوپالینولوژی با مشاهدات مستقیم رفتار جستجوی زنبورهای عسل کارگر تکمیل شد. لذا منشأ گرده موجود در عسل با استفاده از محل کندو، فصل و منبع گل موجود تعیین شد. اگرچه مطالعات بیشتر برای آگاهی کامل از رفتار ترجیحی زنبورهای عسل چراگر و گرده شناختی عسل تولیدی منطقه مورد نیاز است.

به دلیل همین تنوع بالای پوشش گیاهی منطقه است که به جز موارد خاص اکثر عسل های تولیدی استان دارای تنوعی از دانه های گرده بوده و لذا عسل تک گل یا عسلی که بیش از ۵۰ درصد دانه های گرده آن در یک نمونه استاندارد متعلق به یک نوع گل باشد اندک است. البته در بازه های زمانی و مناطق خاص وجود عسل تک گل در شرایط منطقه دور از انتظار نیست. چنان که در مورد مزارع یک دست یونجه در دشت میامی، یا مزارع آفتابگردان دیم در ماه های مرداد و شهریور در منطقه کالپوش و خارشتر در ماه های تیر و مرداد در دشت ده ملا و کلزا در ماه های اردیبهشت و خرداد در دشت میامی و زردآلو در دشت بسطام چنین شرایطی وجود دارد. نتایج حاصله از این تحقیق نشان می دهد که گستردگی و تنوع گیاهان در ترکیب طیف عسل هر منطقه از اهمیت خاصی بر خوردار است. بطوری که هر قدر میزان تراکم یک گونه گیاهی و سطح انتشار آن گسترده تر باشد، به مقدار چشمگیری مورد استفاده زنبور عسل قرار می گیرد. اهمیت این نتایج به اثبات پیچیدگی و غیرهمگون بودن پدیده های زیست محیطی و اکولوژیکی در فرآیند تغذیه و چراگری زنبورها کمک می کند. در استان سمنان این امر نشان می دهد که ارزش عسل را بودن گیاهان با توجه به ترکیب پوشش گیاهی، گستردگی و تراکم از یک منطقه به منطقه دیگر متفاوت است. طبق جدول ۱ عسل هایی که در کلاس عالی و خوب قرار دارند، از نظر شرایط آب و هوایی و پوشش جنگلی و مرتعی بی نظیر هستند و باید در حفظ پوشش گیاهی این مناطق تلاش نمود. نتایج این مطالعه نشان می دهد که عسل مورد مطالعه بیشتر مخلوط است و حاوی گرده چندین گونه گیاه گل دار است. عدم وجود غالبیت بیش از ۵۰ درصدی دانه ی گرده خاص بیانگر تنوع منابع شهد



شکل ۲- نمونه های دانه گرده در عسل منطقه فولاد محله

Figure 2- Samples of pollen from honey of Folad Mahalle

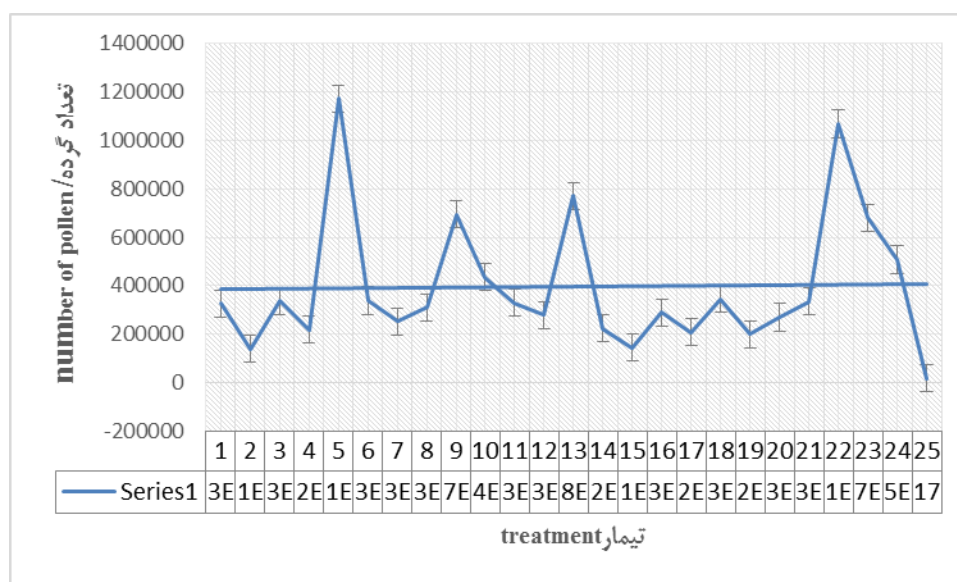
جدول ۲- میانگین تعداد دانه گرده در نمونه عسل از مناطق مختلف استان سمنان

Table 2- Average number of pollen grains in honey sample from different regions of Semnan province

تکرار Replication	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	میانگین Mean** ($\times 10^4$)
تیمار Treatment*											
1	26	30	20	22	48	46	36	28	32	38	32.6
2	18	10	16	18	10	14	12	15	16	11	14
3	32	26	37	31	42	20	38	54	26	32	33.8
4	22	20	22	24	32	12	24	28	20	14	21.8
5	134	98	110	144	96	124	80	132	106	148	117.4
6	24	34	42	46	38	28	32	28	44	23	33.9
7	28	22	26	22	26	25	32	24	28	20	25.3
8	32	32	38	28	37	26	34	20	36	28	31.1
9	60	51	61	57	43	53	54	104	116	96	69.5
10	22	40	44	24	16	50	64	52	70	54	43.6
11	25	48	46	42	30	24	26	32	32	24	32.9
12	32	38	26	40	26	22	18	24	26	28	28
13	84	44	102	54	60	83	120	73	48	104	77.2
14	18	24	19	18	28	26	30	21	23	17	22.4
15	22	6	10	7	19	24	12	16	16	13	14.5
16	32	28	24	24	14	20	40	32	42	33	28.9
17	30	12	20	21	12	26	22	24	23	18	20.8
18	42	44	32	24	33	32	26	34	38	41	34.6
19	23	26	16	24	23	18	16	12	13	28	19.9
20	20	34	16	32	18	17	40	37	23	33	27
21	26	38	58	24	30	22	26	41	25	44	33.4
22	120	84	90	112	116	86	140	97	110	114	106.9
23	62	40	76	49	71	88	64	74	62	96	68.2
24	36	16	34	35	37	76	50	98	78	48	50.8
25	0	2	2	2	2	1	0	1	3	4	1.7

*- 1, Ahrsaj1; 2, Ahrsaj2; 3, Abosta; 4, Tepal Shahrood; 5, Qatari; 6, Miamay; 7, Tash; 8, Siah kooh; 9, Abr; 10, Mighan; 11, Chartagh pro; 12, Shahkooh paeen; 13, Shahkooh bala; 14, Mojen; 15, local bazar; 16, Mehmandoyeh1; 17, Mehmandoyeh2; 18, Dibaj; 19, Damaghan; 20, Chamansaw; 21, Shahmirzad; 22, Foad mahalle; 23, Rameh Garmsar; 24, Garmsar; 25, commercial sample.

** - Mean= 399000, STDEV= 279748, C.V= 0.70



شکل ۳- فراوانی میانگین تعداد گرده در نمونه‌های استاندارد مناطق مختلف مورد مطالعه در استان سمنان در سال ۱۳۹۶

Figure 3- Abundance of the average number of pollens in different standard samples from different parts of study area in Semnan province of Iran in 2017

جدول ۳- طبقه‌بندی نمونه‌های عسل (روش لیووکس و همکاران، ۱۹۷۸)
Table 3- Classification of honey samples (following Louveaux et al. 1978)

تعداد دانه گرده در ۱۰ گرم عسل Class of honey samples (No. of pollen in 10 g. of honey)	نمونه‌ها Samples	درصد نمونه‌های عسل در هر طبقه Percentage samples in each class
class1: <20000	25	4%
class2: 20000 – 100000	0	0%
class 3: 100000- 500000	19, 18, 17, 16, 15, 14, 12, 11, 10, 8, 7, 6, 4, 3, 2, 1	72%
class4: 500000-1000000	20 و 21	16%
class5: > 1000000	24, 23, 13, 9	8%
Total	22 & 5	100

سپاسگزاری

این مقاله بخشی از نتایج رساله دکتری نویسنده اول است که در پردیس بین‌الملل دانشگاه فردوسی انجام گرفته است. بدین‌وسیله از کلیه عزیزانی که نگارندگان را در پروسه نمونه برداری‌ها و کارهای آزمایشگاهی یاری نمودند قدردانی می‌گردد. از داورهای مقاله که با پیشنهاداتشان موجب ارتقاء کیفی مقاله شدند تشکر می‌گردد.

این تحقیق نشان داد که تعداد مناسبی از گونه‌های گیاهی مولد شهد و گرده در استان سمنان وجود دارد. بیشتر این گیاهان مورد علاقه زنبور عسل بوده و از جذابیت نسبتاً مناسبی برخوردار هستند. دانش کافی از وجود منابع شهد و گرده در هر منطقه می‌تواند به زنبور داران کمک کند تا ضمن حفاظت از پوشش گیاهی، زمان کوچ دادن زنبورها به مناطق مختلف را برای تغذیه و پرورش زنبور عسل مدیریت کنند.

منابع

- Alaux C., Ducloz F., Crauser D., and Le Conte Y. 2010. Diet effects on honey bee immunocompetence. *Biology Letters* 6(4): 562–565.
- Brodschneider R., and Crailsheim K. 2010. Nutrition and health in honey bees. *Apidologie* 41: 278-294. DOI:10.1051/apido/2010012.
- Carter R., and Dill L. 1990. Why are bumble bees risk-sensitive foragers? *Behavioral Ecology and Sociobiology* 26: 121–127.
- Çelemlı Ö.G., Özenirler Ç., Bayram N.E., Zare G., and Sorkun K. 2018. Melissopalynological analysis for geographical marking of Kars honey. *Kafkas Universitesi Veteriner Fakultesi Dergisi Journal* 24(1): 53-59.
- Corbet S.A., Williams I.H. and Osborne J.L. 1991. Bees and the Pollination of Crops and Wild Flowers in the European Community. *Bee World* 72(2): 47-59.
- Dinkov D. 2015. Quantitative melissopalynological analysis of bee honey using a Bürker chamber. *International Food Research Journal* 22(4): 1538-1543.
- Eckhardt M., Haider M., Dorn S., and Müller A. 2014. Pollen mixing in pollen generalist solitary bees: a possible strategy to complement or mitigate unfavourable pollen properties? *Journal of Animal Ecology* 83: 588–597. DOI:10.1111/1365-2656.12168.
- Erdtman G. 1960. The acetolysis method: A revised description. *Svensk BotaniskTidskrift* 54: 556-564.
- Harder L.D., and Real L.A. 1987. Why are bumble bees risk averse? *Ecology* 68(4):1104-1108.
- Hassanien M.M., El-Sherif M.E.M., Salem A.A.A., and Ali M.A.M. 2018. Quantitative pollen analysis of bee honey at certain apiaries in qalyubia governorate and available honey in local market. *Egypt Arab University, Ain Shams University, Cairo Journal of Agricultural Science* 26(1): 303-311.
- Human H., Brodschneider R., Dietemann V., Dively G., Ellis J., Forsgren E., Fries I., Hatjina F., Hu F-L., Jaffè R., Jensen A. B., Köhler A., Magyar J., Özkýrým A., Pirk C.W. W., Rose R., Strauss U., Tanner G., Tarpý D.R., van der Steen J.J.M., Vaudo A., Vejsnaes F., Wilde J., Williams G. R. and Zheng H-Q. 2013. Miscellaneous standard methods for *Apis mellifera* research. *Journal of Apicultural Research* 52(4): 1-53.
- Jones G.D, and Bryant V.M. 1996. Melissopalynology. P. 933–938. In: J. Jansonius, and McGregor D.C., (eds.) *Palynology, principles and applications*. Salt Lake City, UT: AASP Foundation.
- Keller I., Peter F., and Imdorf A. 2005. Pollen nutrition and colony development in honey bees: part I *Bee World*

- 86: 3–10.
14. Kerkvliet J.D., Shrestha M., Tuladhar K. and Manandhar H. 1995. Microscopic detection of adulteration of honey with cane sugar and cane sugar products. *Apidologie* 26: 131–139.
15. Kaškonienė V., Venskutonis R., and Čeksteryte V. 2010. Carbohydrate composition and electrical conductivity of different origin honeys from Lithuania. *Food Science and Technology* 43(5):801-807.
16. Louveaux J., Maurizio A., and Vorwohl G. 1978. Methods of Melissopalynology. *Bee World* 59:139–157.
17. Memariani F. 1997. Pollen study of some honey samples in Khorasan province. *Journal of Research and Construction* 49: 79-83.
18. Manafi H. 1991. Polynological study of Azerbaijani honeys in samples prepared from Khoy, Osko and Kalibar regions. *Journal of Research and Construction* 22(B 73): 180-182.
19. Özler H. 2015. Melissopalynological analysis of honey samples belonging to different districts of Sinop, Turkey. *Mellifera* 15(1): 1-11.
20. Persano O.L., and Piro R. 2004. Main European unifloral honeys: descriptive sheets. *Apidologie* 35(1): S38–S81.
21. Piana M.L., Persano O. L., Bentabol A., Bruneau E., Bogdanov S., and Declerck Ch. G. 2004. Sensory analysis applied to honey: state of the art. *Apidologie* 35: S26–S37.
22. Ponnuchamy R., Bonhomme V., Prasad S., Das L., Patel P., Gaucherel C. D., Pragasa A., and Anupama K. 2015. Honey Pollen: Using melissopalynology to understand foraging preferences of bees in tropical south India. *PLoS One* 9(7): 1-12.
23. Pirani J.R., and Cortopassi-Laurino M. 1993. Flowers and bees of São Paulo. São Paulo, SP, Brazil. 192 pp.
24. Razzaghi kaamroudi M., Saneie Shariat Panahi M., Nazarian H., and Ghalichnia, H. 2001. Identification of pollens in honey of Nour region in Mazandaran. *Journal of Research and Construction* 72: 74-83.
25. Russmann, H. 1998. Yeasts and glycerin in flower honey Evidence of fermentation or stopped. *Lebensmittelchemie* 52: 116–117. (In German)
26. Sabugosa-Madeira B., Ribeiro H., Cunha M., and Abreu I. 2008. Anemophilous and entomophilous pollen flowers of *Castanea sativa* in the Northeast of Portugal. *Acta Horticulturae* 784: 133–136.
27. Saneie Shariat Panahi M., and Saeed Abadi H. 1999. Honey-producing plants in Karaj region by palinologicaal method. *Journal of the Faculty of Agriculture, University of Tehran*, No. 2 and 3:18-24. (In Persian with English abstract)
28. Scofield H. N. and Mattila H.R. 2015. Honey bee workers that are pollen stressed as larvae become poor foragers and waggle dancers as adults. *PLoS One* 10(4): 1-19. DOI:10.1371/journal.pone.0121731.
29. Song X-Y., Yao Y-F., and Yang W-D. 2012. Pollen analysis of natural honeys from the central region of Shanxi, north China. *PLoS One* 7(11): e49545 1-11.
30. Stephens D.W., and Krebs J.R. 1986. Foraging Theory. Princeton university press, Princeton. 247 pp.
32. Vergeron P. 1964. Statistical interpretation of the results of pollen analysis of honey. *Les Annales de l'Abeille* 7(4): 349-364. (In French)
32. Von der Ohe W., Oddo L., Piana M., Morlot M., and Martin P. 2004. Harmonized methods of melissopalynology. Springer Verlag. *Apidologie* 35 (Suppl. 1): S18-S25.



Palynological Analysis of Honey Produced by *Apis mellifera* L. in Semnan-Iran

M. Niknam¹- H. Sadeghi-Namaghi^{2*}- H. Nazarian³

Received: 15-11-2020

Accepted: 02-03-2021

Introduction: Increasing beekeeping activities, it is important to identify the main sources of pollen in a region and their value for bee colonies and pollen production. The latter may have a significant impact on the morphology, behavior, and physiology of all individuals and on the quality of pollination services as well. Therefore, pollen has a great impact on colony health. Several researches have shown that pollen quality varies in terms of the type and quality of amino acids and the amount of total protein, depending on the origin of the flower. For this reason, the palynological diversity of pollen is a good measure of the quality of bees' lives. Pollen and nectar of plants used by bees in some regions of Iran have been investigated in the literature. However, there are no data about the status of bee pollen sources in Semnan province. The present work aims to consider changes in the plant composition and pollen concentrations of honey samples during the investigation period. Especially, to determine honey bee forager's pollen preferences in the study area, and to prepare a guide of a year round floral calendar for beekeepers and farmers for better understanding the blooming periods of bee pollinated plants.

Material and Methods: This research was conducted in 2017 in different regions of Semnan province. Semnan province with an area of 97491 square kilometers occupies 5.8 percent of the country's area. This province located between 34°, 13' to 37°, 20' N latitude and from 51°, 51' to 57°, 3' E longitude. In this study, for quantitative analysis of pollen grains, the amount of one kilogram of honey was prepared from 25 beekeepers in Semnan province at the end of summer and the geographical coordinates of the hive locations were recorded using a GPS device. All samples were analysed using the standard pollen analysis a hemocytometer was used to count the number of pollens in a certain volume of solution. Pollen grains were counted using a light microscope with a magnification of 100. These steps were repeated ten times for each sample of honey. To identify pollen grains, one drop of the well-homogenised pollen grain suspension was applied to a microscope slide, covered with a 22 mm × 22 mm cover glass and sealed with nail varnish. For each sample, several microscopic slides were prepared and were observed using light and polarised light microscopy. Pollen grains were identified to species level where possible by comparison to the reference pollen collection prepared from hand-collected pollens from known flowering plants in the study area. The frequency of occurrence was calculated as the percentage of samples, in which one pollen type was observed. Honey samples were classified using the method of Liux et al. (16).

Results and Discussion: In this research, 505 types of pollen grains were identified in honey samples collected from the study areas, which belonged to 83 plant families. Among these grains, pollen grains of 474 plant species were identified in honey of Ahrsaj, Abar, Shahkooh paeen, Bastam, Dibaj Damghan and Rameh Garmsar regions and 31 species of honey from other regions of the province and from the honey supplied by beekeepers migrated to Semnan province. Based on the comparison of the means between the number of pollen grains in standard samples, the highest number of pollen grains was recorded in Qatari and Folad mahalle regions (respectively with an average of 1174 000 and 169000). The lowest number of pollen grains was observed in Comercial sample and Ahrsaj2 (with the mean of 17000 and 140000, respectively) (Figure 3). The results of comparing the means as well as the classification table of pollen grains showed that 72% of the studied areas (18 areas) placed in class 3 (100000 to 500000 grains in the standard sample), 16% (4 regions) in class 4 (500000 to 1000000 pollen grains), 8% (2 regions) in class 5 (above 1000000) and 4% (1 region) in class 1 (less than 20000), in terms of the number of pollen grains per 10 grams of honey. In this study, no sample was included in class 2. The results of identifying pollen grains and their abundance in honey samples showed that the most important plant species used by foraging bees were related to Asteraceae, Leguminosae, Lamiaceae, rosaceae, Apiaceae, and Brassicaceae, Liliaceae and Ranunculaceae families, respectively. The results also showed that the range and diversity of plants in the composition of the honey spectrum of each region are of

1 and 2- Ph.D. Student and Professor, Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran, respectively.

(*- Corresponding Author Email: Sadeghin@um.ac.ir)

3- Associate Professor of Botany, Imam Khomeini Higher Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Karaj, Iran

DOI: 10.22067/JPP.2021.67070.0

particular importance. The higher density of a plant species and the wider level of its distribution, the more dramatic use of bees. These results help to prove the complexity and heterogeneity of environmental and ecological phenomena in feeding and grazing bees' process.

Conclusion: The present study complements previous melissopalynological studies from other provinces of Iran and provides additional and new information on regional plant resources for pollen in honey. In this study all honey samples were obtained directly from local beekeepers and the melissopalynological analysis was completed with direct observations of the search behavior of worker bees. Therefore, we were able to determine the origin of the pollen in the honey using the location of the hive, the season and the available flower source. However, more studies are needed to fully understand the preferential behavior of grazing bees and the pollen of honey produced in the area.

Keywords: Bees, Honey, Melissopalynology, Pollen grains



مقاله پژوهشی

تهیه نقشه پراکنش علف‌های هرز مزارع نخود دیم استان کردستان با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی

سحر منصوریان^۱ - ابراهیم ایزدی دربندی^{۲*} - محمد حسن راشد محصل^۳ - مهدی راستگو^۴ - همایون کانونی^۵

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۳/۲۶

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۴/۰۹

چکیده

به منظور شناسایی و تعیین غالبیت و تراکم علف‌های هرز مزارع نخود دیم استان کردستان، تعداد ۳۳ مزرعه نخود به طور تصادفی بر اساس سطح زیر کشت و خصوصیات توپوگرافی در شهرستان‌های سنندج، دهگلان، کامیاران، دیواندره و سقز، طی سال زراعی ۱۳۹۱-۹۲ انتخاب شدند. در هر مزرعه در دو مرحله سه برگه و غلاف‌بندی نخود، علف‌های هرز به تفکیک جنس و گونه، شمارش و طول و عرض جغرافیایی و ارتفاع از سطح دریا توسط دستگاه سیستم موقعیت‌یاب جهانی تعیین و ثبت شدند. با استفاده از این اطلاعات نقشه پراکنش گونه‌های مختلف علف‌های هرز مزارع نخود دیم استان کردستان در محیط ArcGIS تهیه شد. تعداد علف‌های هرز مشاهده‌شده در نمونه‌برداری در مرحله سه برگه نخود، ۵۱ گونه و به ترتیب خانواده‌های کاسنی، گندمیان، چتریان و میخک دارای بیشترین فراوانی بودند. علف‌های هرز مهم مناطق مورد بررسی در این مرحله بر اساس شاخص غالبیت به ترتیب شامل: بی تی راخ، پیچک صحرایی، سوزن چوپان، شنگ، گندم خودرو، شمعدانی وحشی و ماستونک بودند. تعداد علف‌های هرز مشاهده‌شده در نمونه‌برداری در مرحله غلاف‌بندی، ۵۸ گونه و بیشترین فراوانی به ترتیب مربوط به خانواده‌های کاسنی، گندمیان، شب بو، چتریان و میخک بود. علف‌های هرز مهم استان در این مرحله بر اساس غالبیت به ترتیب شامل: پیچک صحرایی، شنگ، فریفون، سوزن چوپان، بی تی راخ، گوش بره و هندوانه ابوچهل بودند.

واژه‌های کلیدی: شاخص غالبیت، فراوانی، میانگین تراکم، یکنواختی

مقدمه

است (۲). در این ارتباط، برای توسعه مدیریت مناسب علف‌های هرز، دسترسی به اطلاعات کافی در مورد پراکنش مکانی، زمانی، فلور، تراکم و نقشه‌های پراکنش و نیز مطالعه پویایی جوامع علف‌های هرز بسیار مهم است. کولر و لانینی (۱۴) اذعان داشتند که جمع‌آوری اطلاعات در خصوص چگونگی انتشار و توزیع علف‌های هرز از سالی به سال دیگر کمک مؤثری در بهینه‌سازی مدیریت علف‌های هرز می‌نماید و جهت نیل به اطلاعات مذکور نمونه‌برداری از علف‌های هرز از ابزار اولیه می‌باشد. متداول‌ترین روش برای کسب اطلاعات مذکور در قالب نمونه‌برداری، نمونه‌برداری مستقیم از علف‌های هرز است. باین وجود، اعتقاد بر این است که نمونه‌برداری مستقیم همراه با اندازه‌گیری‌های آزمایشگاهی یا صحرایی، معمولاً، پُر هزینه و وقت‌گیر بوده و برای اهداف کاربردی دارای محدودیت است. لذا در سال‌های اخیر، گرایش به استفاده از روش‌های غیرمستقیم برای تخمین و احتمال حضور علف‌های هرز در مزارع رو به فزونی است (۲۹). در این ارتباط نمونه‌برداری مهم‌ترین مرحله تهیه فلور و نقشه‌های

با توجه به اهمیت علف‌های هرز در عملکرد بالقوه نخود، پیش‌بینی حضور علف‌های هرز و شناخت جوامع آن‌ها به عنوان اساسی‌ترین اقدام در مدیریت علف‌های هرز محسوب می‌شود. فلور علف‌های هرز موجود در یک منطقه در نتیجه ظهور گونه‌های جدید، سازگاری‌های درون‌گونه‌ای و همچنین انجام عملیات زراعی مختلف تغییر می‌کند که اطلاع و شناخت آن از اصول اولیه مدیریت علف‌های هرز

۱، ۲، ۳ و ۴- به ترتیب دانش‌آموخته دکتری علوم علف‌های هرز، دانشیار، استاد و دانشیار گروه آگروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
(*) نویسنده مسئول: Email: e-izadi@um.ac.ir

۵- دانشیار بخش تحقیقات زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کردستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، سنندج، ایران

پراکنش علف‌های هرز و نیز مطالعه پویایی جوامع علف‌های هرز در مزارع می‌باشد (۱۷). تقریباً از هر داده مکان‌دار، امکان تهیه نقشه با استفاده از تکنیک‌های مختلف وجود دارد، ولی قطعاً کیفیت این نقشه‌ها بستگی به میزان دقت نقشه دارد (۲۸). برای این مهم گرایش به استفاده از روش‌های دقیق‌تر که هم صرفه اقتصادی داشته باشد و هم در بعد جغرافیایی وسیع کارآمد باشند بوجود آمده است. سیستم‌های موقعیت‌یاب جهانی (GPS^۱) یکی از روش‌های تهیه نقشه و فنون کنترل در مدیریت علف‌های هرز را ارائه می‌دهد (۲۸ و ۲۶). سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی (GIS^۲) از اواسط دهه ۱۹۸۰ به‌صورت تکنولوژی رایج و مرسوم در محاسبه و مدیریت خطرات طبیعی به کار گرفته شد (۱۵) و برای مدیریت و تلفیق اطلاعات کشاورزی و تجزیه و تحلیل آن‌ها در علم علف‌های هرز کاربرد وسیعی یافته است (۳۶).

در دنیا حدود ۶۰ گونه علف هرز در مزارع نخود گزارش شده است (۳۴). موسوی و همکاران (۲۲)، علف هفت‌بند (*Polygonum aviculare* L.)، پیچک صحرایی (*Convolvulus arvensis* L.)، جنجنگ (*Vaccaria pyramidata* Medico.)، شیرین‌بیان (*Glycyrrhiza glabra* L.)، تلخه (*Acroptilon repens* L.)، از مگ (*Cardaria draba* L.)، گلرنگ وحشی (*DC.* Sinapis) و خردل وحشی (*Carthamus oxyantha* M. B.) را به‌عنوان گونه‌های علف‌های هرز شایع در مزارع نخود در استان‌های مختلف کشور گزارش کردند (۲۲). حسن و همکاران (۹) به مطالعه و ترکیب گیاهی علف‌های هرز نخود در ناحیه کارآک پاکستان پرداختند. نتایج آن‌ها نشان داد که در این منطقه بالاترین تراکم و انبوهی و درجه اهمیت مربوط به علف هرز سریش (*Asphodelus tenuifolius* L.) بود. در تحقیقی دیگر حسن و همکاران (۱۰) به بررسی توزیع علف‌های هرز نخود با استفاده از کوادرات در ناحیه لاکه مروات پاکستان پرداختند. ایشان گزارش کردند که علف‌های هرز گون (*Astragalus spp*)، یونجه وحشی (*Fumaria indica* L.) و سریش دارای بیشترین فراوانی و اهمیت در مزارع نخود بودند. نامبردگان همچنین گزارش کردند که در خاک‌های شنی، علف هرز گلرنگ وحشی دارای بیشترین فراوانی بود. توماس (۳۲) به مدت چهار سال در کانادا، نقشه پراکنش علف‌های هرز را در محصولات زراعی مختلف تهیه کرد. شرویدر و همکاران (۳۰) با جمع‌آوری اطلاعات از ۲۶ کشور اروپایی، پراکندگی و فراوانی مهم‌ترین علف‌های هرز را در محصولات زراعی عمده مشخص نمودند. فریک و توماس (۸) بیان نمودند که طی سال‌های ۱۹۶۰-۱۹۹۷، ظهور و

غالبیت گونه‌های مختلف علف‌های هرز با تغییر عوامل و شرایط محیطی و نیز مدیریت‌های زراعی به‌شدت تحت تأثیر قرار گرفته است. در مطالعه دیگری توماس و دونگی (۳۳) به مدت سه سال پراکنش علف‌های هرز محصولات زراعی یک‌ساله بهاره را در مرحله گیاهچه ای تعیین نمودند. در ایران نیز تحقیقات مختلفی به‌منظور تهیه نقشه پراکنش و تعیین گونه‌های غالب مزارع گندم و جو (۱۹) صورت گرفته است. در مزارع نخود دیم استان کرمانشاه چاله چاله و همکاران (۵) گزارش نمودند که ۶۱ گونه علف‌های هرز وجود دارد. پهن برگ‌های مزارع نخود استان کرمانشاه به ترتیب غالبیت شامل کاسنی، پیچک صحرایی، بی تی راخ (*Galium aparine* L.)، گلرنگ وحشی و جنجنگ و باریک برگ‌های غالب به ترتیب غالبیت شامل جو دره (*Hordeum spontaneum* Koch.)، یولاف وحشی (*Avena ludoviciana* L.) و پنجه مرغی (*Cynodon dactylon* L.) (Pers.) بودند.

از آنجاکه بر اساس آمار موجود، نخود از مهم‌ترین محصولات زراعی موجود در استان کردستان به شمار می‌رود و تاکنون مطالعاتی در ارتباط با عوامل محدودکننده تولید از جمله وضعیت پراکنش و گونه‌های خسارت زای علف‌های هرز نخود دیم استان کردستان انجام نشده است، این مطالعه به‌منظور بررسی و شناخت فلور و تهیه نقشه پراکنش علف‌های هرز انجام شد.

مواد و روش‌ها

استان کردستان بین ۳۴ درجه و ۴۴ دقیقه تا ۳۶ درجه و ۳۰ دقیقه عرض شمالی و ۴۵ درجه و ۳۱ دقیقه تا ۴۸ درجه و ۱۶ دقیقه طول شرقی قرار گرفته است و به سبب وجود اختلاف در توپوگرافی و اثر فعالیت سامانه‌های جوی دارای اقلیم‌های گوناگونی است (۱). طی سال زراعی ۹۲-۱۳۹۱ از مزارع نخود دیم شهرستان‌های شاخص استان کردستان (سندج، دهگلان، کامیاران، دیواندره و سقز) تعداد ۳۳ مزرعه، جهت نمونه‌برداری انتخاب شدند (شکل ۱).

از آنجایی که علف‌های هرز به‌صورت لکه‌ای در کنار یکدیگر حضور می‌یابند، لذا نمونه‌برداری با استفاده از روش سیستمیک W ارائه‌شده توسط توماس (۳۲) و مک کولی و همکاران (۱۷) با اندکی تغییر (روش سیستمیک تصادفی W بجای روش سیستمیک W)، انجام شد. انتخاب مزارع، به‌طور تصادفی و بر اساس خصوصیات توپوگرافی و نمونه‌برداری از هر مزرعه بر اساس درصد فراوانی مزارع با توجه به سه مقیاس زیر بود. مزارع نوع a: مزارع یک تا ۵ هکتاری، مزارع نوع b: مزارع ۶ تا ۱۵ هکتاری و مزارع نوع c: مزارع ۱۶ هکتار به بالا که به ترتیب با پرتاب ۵، ۹ و ۱۳ عدد (۱۰ و ۱۹) کادر چوبی ۰/۵×۰/۵ متری (۰/۲۵ متر مربع) (۲۴) در مزارع انتخابی اقدام به نمونه‌برداری شد. به‌طوری که اساس نمونه‌برداری به‌صورت سیستمیک

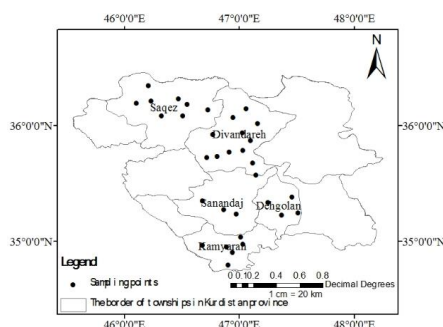
1- Global Positioning System

2- Geographic Information System

گونه دقیقاً شناسایی و شمارش شد و در مواردی که نیاز به تشخیص گیاهان در حد گونه و جنس بود پس از برش آن‌ها و انتقال به آزمایشگاه، گیاهان مذکور کلید شد. زمان نمونه‌برداری در مناطق مختلف استان طی مرحله غلاف‌بندی نخود بود. برای این منظور ضمن نمونه‌برداری از مزارع، مختصات هر مزرعه از قبیل طول و عرض جغرافیایی و ارتفاع از سطح دریا توسط دستگاه GPS ثبت شد (۱۹ و ۱۰).

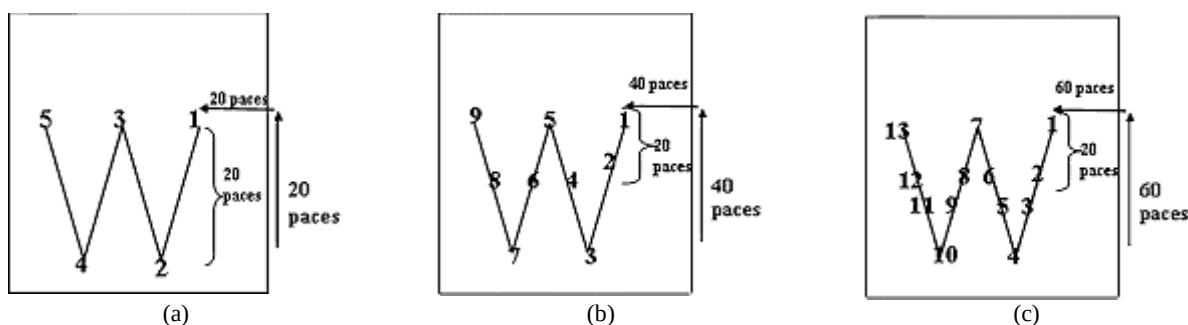
بود ولی بعد از تعیین نقاط اصلی نمونه‌برداری با فواصل ۲۰ قدم در روی سیستم W به‌عنوان نقاط اصلی نمونه‌برداری، برای افزایش دقت نمونه‌برداری و اینکه هیچ‌گونه علف هرزی نادیده گرفته نشود، نقاط دیگری به‌عنوان نقاط فرعی نمونه‌برداری در شعاع ۵ تا ۱۰ متری از نقاط اصلی نمونه‌برداری، به‌صورت تصادفی انتخاب شد تا نمونه‌های تهیه‌شده گویای واقعی جامعه علف هرزی آن مزرعه باشند (شکل ۲).

پس از پرتاب هر کادر، ابتدا علف‌های هرز هر کادر به تفکیک جنس و



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه و نقاط نمونه‌برداری شده از مزارع نخود دیم در استان کردستان

Figure 1- Geographical situation of surveyed area and sampled points of dry chickpea farms in Kurdistan province



شکل ۲- الگوی نمونه‌برداری از علف‌های هرز مزارع نخود: (a) ۱-۵ هکتار، (b) ۶-۱۵ هکتار، (c) بیش از ۱۶ هکتار

Figure 2- Sampling method in the surveyed fields. (a) 1-5 ha, (b) 6-15 ha, and (c) >15 ha. The numbers represent the place in which each 0.25 m² quadrat was taken

علف‌های هرز، شاخص فراوانی^۱ (AI) است. این شاخص با استفاده از سه معیار ارزیابی محاسبه شد که شامل فراوانی، یکنواختی (ضریب همسانی) و میانگین تراکم مزارع می‌باشد (۱۹، ۱۲ و ۱۳). در این آزمایش، بر اساس معادلات ارائه‌شده (۱ تا ۵) فراوانی، یکنواختی، تراکم، میانگین تراکم و شاخص غالبیت گونه‌های مختلف در هر شهرستان محاسبه شد.

فراوانی^۲ (F) شامل درصدی از مزارع که گونه گیاهی موردنظر (علف هرز) حضور دارد و درواقع تخمینی از وسعت و یا گستره جغرافیایی تراکم علف هرز موردنظر در منطقه می‌باشد. برای محاسبه فراوانی گونه‌های مختلف از معادله ۱ استفاده شد:

به‌منظور بررسی پاسخ گونه‌های مختلف علف‌های هرز به شرایط ریز اقلیم خاک، ضمن نمونه‌گیری از علف‌های هرز، از سطح موردنظر نمونه‌های خاک از عمق ۳۰-۱۵ سانتی‌متری خاک مزارع برداشت و برای اندازه‌گیری پارامترهای نیتروژن، فسفر، پتاسیم، هدایت الکتریکی، اسیدیته، درصد ماده آلی، درصد اشیاع، درصد شن، سیلت و رس به آزمایشگاه خاکشناسی منتقل شدند. با توجه به آنکه، نمونه‌ها از مزارع مختلف شهرستان‌های مختلف جمع‌آوری شدند، آمار هواشناسی این شهرستان‌ها نیز ازجمله میانگین بارندگی، میانگین حداقل و حداکثر دما و نیز به‌عنوان عوامل جداگانه از ایستگاه‌های سینوپتیک و باران‌سنجی (جدول ۱) گرفته و اطلاعات مربوط به فصل رویش نخود دیم بهاره استخراج و رابطه آن‌ها با فلور علف‌های هرز موردبررسی قرار گرفت.

یکی از شاخص‌های ارزیابی ترکیب و تنوع گونه‌ای جامعه

1- Abundance Index

2- Frequency

جدول ۱- خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک و آب و هوا در استان کردستان

Table 1- Characteristic of physicochemistry of soils and climate type in 5 townships of Kurdistan province

میانگین حداقل دما Average minimum temperature (°C)	میانگین حداکثر دما Average maximum temperature (°C)	میانگین بارندگی Average rainfall (mm)	کربن آلی Organic carbon (%)	درصد سیلت Silt (%)	درصد شن Sand (%)	درصد رس Clay (%)	هدایت الکتریکی Electrical conductivity (dS/m)	اسیدیته Acidity (H ₂ O, 1:2)	پتاسیم قابل جذب Absorbable potassium (p.p.m.)	فسفر قابل جذب Absorbable phosphorus (p.p.m.)	نیتروژن کل Total nitrogen (%)
3.84	16.8	31.84	0.16	22	20.6	13.4	0.77	7.26	117.8	3.5	0.15
8.28	24.77	59.6	49.5	52.6	62.6	35.4	1.14	7.96	429.5	17.85	1.35
حداقل (Minimum)											
حداکثر (Maximum)											

برای پردازش اولیه داده‌ها و نیز محاسبه شاخص‌های مختلف ارزیابی پوشش گیاهی از جمله فراوانی، تراکم، یکنواختی و تنوع علف‌های هرز از نرم‌افزار Excel استفاده شد. پس از انجام محاسبات لازم و تعیین شاخص‌های جمعیتی علف‌های هرز، مختصات جغرافیایی مزارع مورد ارزیابی در مناطق مورد بررسی در قالب یک بانک اطلاعاتی (در محیط Excel) به این اطلاعات مرتبط گردید. این بانک اطلاعاتی لایه اصلی داده‌ها را در محیط سامانه اطلاعات جغرافیایی تشکیل داد. در نخستین گام، اطلاعات ذکر شده در نرم‌افزار ArcMap از مجموعه نرم‌افزارهای ArcGIS (۷) بر اساس طول و عرض جغرافیایی ثبت شد و به صورت یک لایه اطلاعات نقطه‌ای تهیه گردید و بدین ترتیب لایه اطلاعاتی اصلی گونه‌های مختلف علف‌های هرز تهیه گردید. در مرحله بعدی با استفاده از تکنیک تلفیق^۴ در محیط ArcGIS این اطلاعات به نقشه ژئورفرنس شده استان کردستان متصل گردید و در نهایت نقشه پراکنش گونه‌های مختلف علف‌های هرز مزارع نخود دیم استان کردستان تولید گردید.

نتایج و بحث

در تمامی خاک‌های مورد بررسی، عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم مقدار کافی وجود داشت. آنالیز خاک نشان داد که خاک‌های مورد بررسی دارای بافت سنگین تا متوسط بودند. اسیدیته نمونه‌ها از ۷/۲۶ تا ۷/۹۶ در عمق ذکر شده متغیر بوده و در دامنه خنثی قرار داشتند. همچنین خاک‌های مورد بررسی از فقر ماده آلی رنج می‌بردند (جدول ۱).

بر اساس نتایج حاصل از این بررسی‌ها، ۶۱ گونه علف هرز از ۲۲ خانواده گیاهی در هر دو مرحله سه برگی و غلاف بندی نخود شناسایی شد. در مرحله سه برگی نخود دیم استان کردستان، ۵۱ گونه از ۲۴ خانواده شناسایی شد که خانواده‌های کاسنی، گندمیان، چتریان و میخک به ترتیب با ۲۰، ۱۱، ۱۱ و ۹ درصد از کل گونه‌های علف

$$F_k = \sum Y_i / n \times 100 \quad (۱)$$

که در آن، F_k : فراوانی گونه k (تواتر یا فرکانس)؛ Y_i : حضور (یک) و یا عدم حضور (صفر) گونه k در مزرعه شماره i ؛ n : تعداد مزارع مورد بازدید می‌باشد. یکنواختی مزرعه برای گونه k (ضریب همسانی)^۱ (U_k) عبارت از درصد کوادرات‌هایی که گونه گیاهی مورد نظر (علف هرز) حضور دارد و تخمینی از سطح تراکم گونه را به دست می‌دهد (معادله ۲).

$$U_k = \sum n_i \sum m_{ij} X_{ij} / m \times n \quad (۲)$$

در معادله فوق، U_k : یکنواختی مزرعه برای گونه k ؛ X_{ij} : حضور (یک) و یا عدم حضور (صفر) گونه k در کادر شماره i در مزرعه شماره j ؛ n : تعداد مزارع مورد بازدید؛ m : تعداد کادر پرتاب‌شده؛ تراکم^۲ (D) تعداد بوته هر گونه را در متر مربع در هر مزرعه نشان می‌دهد که از معادله زیر بدست می‌آید (معادله ۳).

$$D_{ki} = \sum Z_j / m \times 4 \quad (۳)$$

که در آن، D_{ki} : تراکم (تعداد بوته در مترمربع) برای گونه k در مزرعه شماره i ؛ Z_j : تعداد گیاهان در کادر؛ m : تعداد کادر پرتاب‌شده می‌باشند.

میانگین تراکم مزارع^۳ (MFD_{ki}) که برحسب تعداد در مترمربع مطرح می‌شود و برای نشان دادن میزان بزرگی (بزرگنمایی) تراکم در تمام مزارع پایش می‌شود، به کار می‌رود (معادله ۴).

$$MFD_{ki} = \sum D_{ki} / n \quad (۴)$$

که در آن، MFD_{ki} : میانگین تراکم گونه k ؛ D_{ki} : تراکم (تعداد بوته در مترمربع) برای گونه k در مزرعه شماره i ؛ n : تعداد مزارع مورد مطالعه می‌باشند.

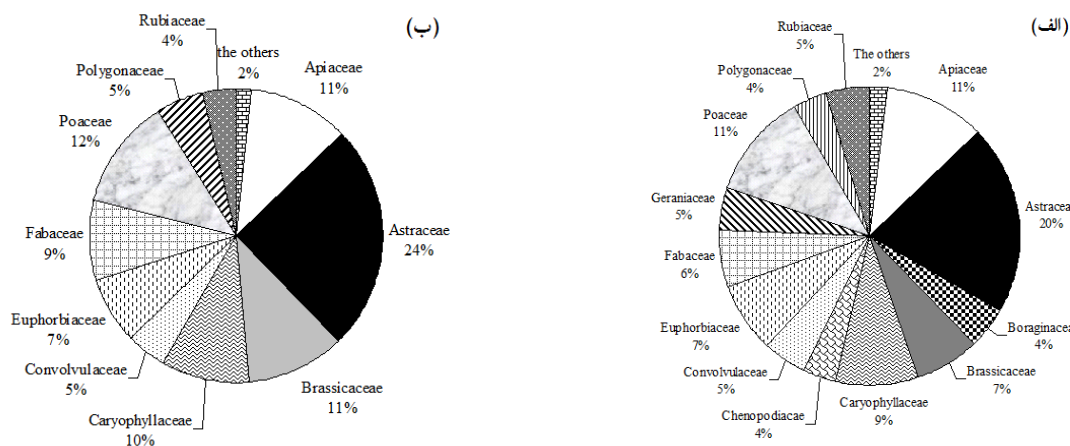
$$AI_k = F_k + U_k + MFD_k \quad (۵)$$

که در این معادله، AI_k : شاخص غالبیت گونه k می‌باشد.

- 1- Uniformity
- 2- Density
- 3- Mean Field Density

۳). با این وجود خانواده پیچک و روناس با دارا بودن تنها یک گونه گیاهی یعنی پیچک صحرایی و بی تی راخ (به دلیل تراکم بالای این دو گونه در واحد سطح در هر دو مرحله نمونه برداری) جزء خانواده‌های غالب مزارع نخود مورد بررسی بود (جدول ۲). از این رو تنها بالا بودن تنوع گونه‌ای در یک خانواده گیاهی نمی‌تواند نشان‌دهنده اهمیت زیاد آن خانواده گیاهی در آلودگی مزارع یک منطقه باشد. این نتایج برخلاف یافته‌های موری و همکاران (۲۱) است.

هرز را به خود اختصاص دادند (شکل ۳- الف). در مرحله غلاف بندی نخود دیم استان کردستان، ۵۸ گونه از ۲۳ خانواده شناسایی شدند که خانواده‌های کاسنی، گندمیان، شب بو، چتریان و میخک به ترتیب با ۲۴، ۱۲، ۱۱، ۱۰ و ۱ درصد از کل گونه‌های علف هرز را به خود اختصاص دادند (شکل ۳- ب) که در تطابق با نتایج بررسی چاله چاله و همکاران (۵) است. خانواده کاسنی با ۱۱ گونه گیاهی، بیشترین تعداد گونه علف هرز (در مرحله سه برگی و غلاف بندی نخود به ترتیب ۲۰ و ۲۴ درصد) را در بین خانواده‌های مختلف گیاهی داشت (شکل

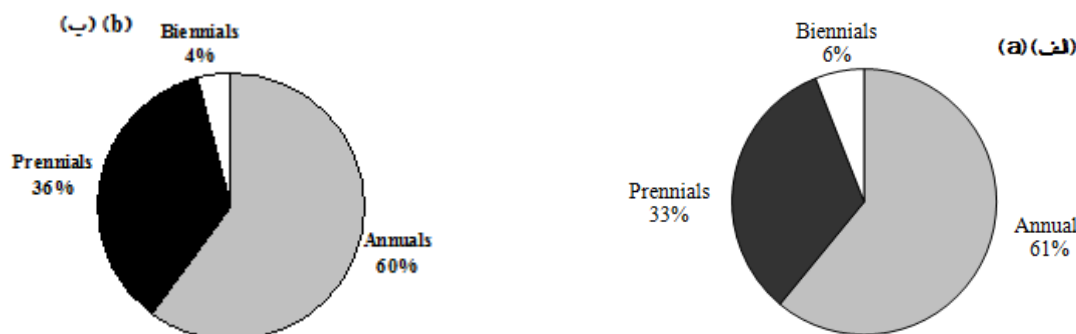


شکل ۳- خانواده‌های مختلف گیاهی و درصد گونه‌های علف هرزی متعلق به این خانواده‌ها در مزارع نخود دیم استان کردستان در طی نمونه برداری در (الف) مرحله سه برگی و (ب) مرحله غلاف بندی

Figure 3- Plant families and percentage of weeds in these families in dryland chickpea fields of Kurdistan province a) three leaves and b) podding stages of chickpea

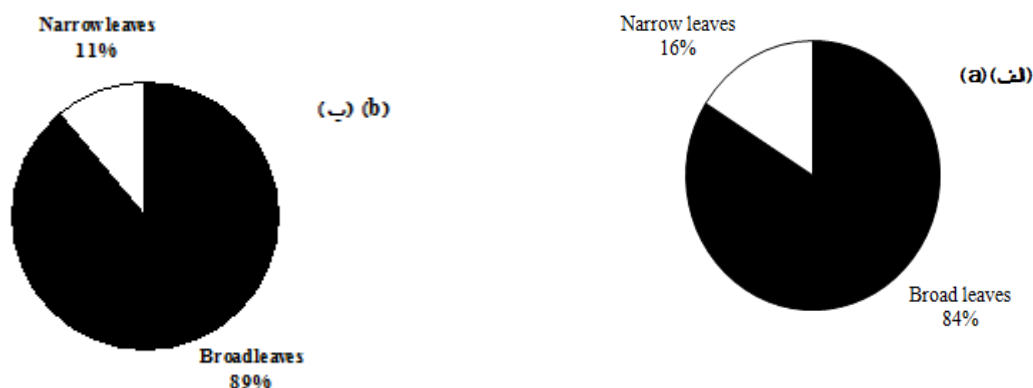
گونه‌ها، باریک برگ (۱۲ درصد از خانواده گندمیان و ۴ درصد از خانواده پیازداران) بودند (شکل ۵- الف). در مرحله غلاف بندی نخود دیم استان کردستان، گونه‌های یک ساله، چندساله و دوساله به ترتیب شامل ۳۷، ۱۸ و ۳ گونه علف هرز بودند (شکل ۴- ب) و در بین گونه‌های شناسایی شده، ۸۹ درصد گونه‌های علف‌های هرز پهن برگ و ۱۱ درصد گونه باریک برگ بودند (شکل ۵- الف).

از نظر چرخه زندگی مشاهده شد که در مرحله سه برگی نخود، علف‌های هرز یک ساله با ۳۱ گونه (۶۰/۸ درصد گونه‌ها)، از بیشترین تنوع گونه‌ای و دوساله‌ها با ۳ گونه (۶ درصد گونه‌ها) از کمترین تنوع گونه‌ای برخوردار بودند و چندساله‌ها با ۱۷ گونه، ۳۳ درصد گونه‌ها را به خود اختصاص داده بودند (شکل ۴- الف). از سوی دیگر، در بین گونه‌های شناسایی شده، ۸۴ درصد گونه‌ها، پهن برگ و ۱۶ درصد



شکل ۴- علف‌های هرز مزارع نخود دیم استان کردستان از نظر چرخه زندگی در (الف) مرحله سه برگی و (ب) غلاف بندی

Figure 4- Weeds in dryland chickpea fields of Kurdistan province (Life cycle) in a) three leaves and b) podding stages



شکل ۵- علف‌های هرز مزارع نخود دیم استان کردستان از نظر شکل برگ در (الف) مرحله سه برگی و (ب) غلاف‌بندی
Figure 5- Weeds in dryland chickpea fields of Kurdistan province (Plant-type) in a) three leaves and b) podding stages



شکل ۶- علف‌های هرز مزارع نخود دیم استان کردستان از نظر چرخه فتوسنتزی در (الف) مرحله سه برگی و (ب) غلاف‌بندی
Figure 6- Weeds in dryland chickpea fields of Kurdistan province (Photosynthetic cycle) in a) three leaves and b) podding stages

اثرات سوء علف‌های هرز بر نخود تأثیرگذار نبوده و فقط از ریزش بذور جدید به بانک بذر خاک جلوگیری می‌کند. همچنین این روش در کنترل علف‌های هرز به دلیل عدم توانایی آن در کنترل برخی از علف‌های هرز خاردار مانند شکر تیغال (*Echinops oreintalis* Trautv.)، گلرنگ وحشی و کنگر خوراکی (*Gundelia tournefortii* L. و چندساله با ریشه‌های عمیق مانند پیچک صحرایی، شنگ و پنجه مرغی و تغییر شرایط رشد آن‌ها، باعث مشکل‌ساز شدن آن‌ها و کنترل علف‌های هرز با ریشه‌های سطحی شده و از تنوع گونه‌ای کاسته است. همچنین نتایج نشان داد که در مزارع نخود دیم استان کردستان، غالبیت با علف‌های هرز پهن‌برگ می‌باشد. البته با حذف گونه‌های حساس و کاهش تنوع گونه‌ای در یک منطقه می‌توان انتظار حضور گونه‌های مشکل‌ساز و متحمل را داشت ولی با مدیریت صحیح می‌توان تراکم گونه‌های مشکل‌ساز را کاهش داده و در زیر آستانه خسارت نگه داشت. در غیر این صورت کنترل علف‌های هرز در مزارع با تنوع پایین، مشکل‌تر و پرهزینه‌تر از کنترل علف‌های هرز در یک مزرعه با تنوع بالای علف هرزی خواهد

با توجه به نتایج حاصل از این مطالعه، به نظر می‌رسد در مزارع نخود استان کردستان، درصد بالای حضور علف‌های هرز یک‌ساله (در مرحله سه برگی و غلاف‌بندی نخود به ترتیب ۶۶ و ۶۰ درصد) می‌تواند ناشی از عوامل مختلف آب و هوایی، اقلیم منطقه، نوع خاک و روش‌های مدیریتی کشاورزان باشد. عملیات خاک‌ورزی مکرر باعث غالبیت علف‌های هرز یک‌ساله شده، که در تطابق با راهبرد تکاملی این گیاهان (فرار کننده-رقابت کننده) می‌باشد (۲۵). از آنجاکه در مزارع نخود استان کردستان نیز شخم مکرر و اجرای تناوب رایج منطقه (گندم-نخود)، معمول بوده، به نظر می‌رسد این مهم با توجه به سازگاری گیاهان یک‌ساله با راهبرد تکاملی مذکور، باعث غالبیت علف‌های هرز یک‌ساله شده باشد. علاوه بر این در کشت بوم‌ها، غالب گیاهان زراعی از نوع یک‌ساله می‌باشند و طبیعی است علف‌های هرز یک‌ساله که از احتیاجات رشدی مشابه با گیاه زراعی برخوردارند فراوان‌تر از علف‌های هرز چندساله باشند (۱۶). از سوی دیگر با توجه به اطلاعات موجود، تنها روش کنترل علف‌های هرز نخود در این استان، وجین دستی در مرحله غلاف‌بندی نخود می‌باشد که در رفع

بود. در مزارع نخود استان، با کنترل گونه‌های حساس زمینه برای
ظهور برخی گونه‌های مشکل ساز همچون پیچک صحرایی، شنگ
(*Tragopogon graminifolius* DC.)، گلرنگ وحشی و کنگر
خوراکی فراهم شده است.

جدول ۲- نام علمی، فراوانی، یکنواختی، میانگین تراکم در مزارع مشاهده شده و شاخص غالبیت علف‌های هرز مزارع نخود دیم استان کردستان در
مراحل (a) سه برگی و (b) غلاف بندی نخود به ترتیب بر اساس غالبیت

Table 2- Weed species of dryland chickpea fields of Kurdistan province in a) three pinate leaves and b) podding stages of chickpea respectively based on Abundance Index

نام فارسی Persian name	نام علمی Scientific name	خانواده Weed family	میانگین تراکم							
			فراوانی F (%)		یکنواختی U (%)		مزرعه MFD (Plant m ⁻²)		شاخص غالبیت AI	
			a	b	a	B	A	b	A	b
بی تی راخ	<i>Galium aparine</i> L.	Rubiaceae	83	49.17	0.5	0.3	16	8.95	99	58.41
پیچک صحرایی	<i>Convolvulus arvensis</i> L.	Convolvulaceae	77	88.86	0.5	0.52	4	6.57	81	95.95
سوزن چوپان	<i>Scandix pecten veneris</i> L.	Apiaceae	65	55.45	0.3	0.25	5	3.17	71	58.87
شنگ	<i>Tragopogon graminifolius</i> DC.	Astraceae	66	72.19	0.3	0.35	4	4.48	70	77.02
گندم خودرو	<i>Triticum aestivum</i> L.	Poaceae	54	49.54	0.2	0.06	2	0.66	56	20.72
شمعدانی وحشی	<i>Geranium molle</i> L.	Geraniaceae	49	9.47	0.2	0.03	3	0.58	51	10.08
هندوانه ابوچهل	<i>Citrolus colocynthis</i> L.	Cucurbitacea	48	49.17	0.2	0.2	1	2.3	49	51.67
فرقیون تخم مرغی	<i>Euphorbia helioscopia</i> L.	Euphorbiaceae	46	58.86	0.1	0.19	1	2.47	47	61.52
ماستونک بنفش	<i>Turgenia latifolia</i> (L.) Hoffm	Apiaceae	42	43.71	0.2	0.19	3	1.87	45	45.77
جغجغ	<i>Vaccaria pyramidata</i> Medico.	Caryophyllaceae	42	44.77	0.2	0.19	1	1.35	43	46.31
گاوپاق کن	<i>Lactuca serriola</i> L.	Astraceae	34	30.45	0.1	0.1	1	0.98	35	31.54
قلیانک	<i>Silene conoidea</i> L.	Caryophyllaceae	32	43.33	0.1	0.11	1	0.77	33	44.21
گوش فلی	<i>Conringia orientalis</i> (L.) Andr.	Brassicaceae	31	35.3	0.1	0.12	1	0.77	32	36.19
پنجه مرغی	<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers.	Poaceae	23	27.5	0.1	0.12	1	3.1	24	30.72
گوش بره	<i>Chrozophora tinctoria</i> (L.) Juss.	Euphorbiaceae	18	45.91	0.1	0.23	4	6.62	23	52.76
گلرنگ وحشی	<i>Carthamus oxyacantha</i> M. B.	Astraceae	16.97	31.97	0.05	0.12	0.28	0.79	17.3	32.88
یونجه باغی	<i>Lotus corniculatus</i> L.	Fabaceae	15.83	15.15	0.05	0.05	0.25	0.58	16.13	15.79
ترب کوهی	<i>Emex spinosus</i> mpd.C	Polygonaceae	15	17.5	0.1	0.08	1	0.8	16	15.88
ازمک	<i>Cardaria draba</i> L. Desv. Subsp. <i>Chalepensis</i> (L.) O. E. Schulz.	Brassicaceae	15.3	23.64	0.04	0.06	0.38	0.87	15.7	24.56
سرشکافته	<i>Cephalaris syriaca</i> (L) Schrad.	Astraceae	15.3	39.01	0.05	0.16	0.33	1.11	15.68	32.78
سلمه تره	<i>Chenopodium album</i> L.	Chenopodiaceae	14	38.1	0.1	0.09	1	1.69	16	22.38
جو وحشی	<i>Hordeum morinum</i> L.	Poaceae	15	11.67	0.06	0.04	0.44	0.36	15.5	12.07
علف هفت بند	<i>Polygonum aviculare</i> L.	Polygonaceae	10	21.74	0.1	0.08	1	1.02	10	22.84
-	<i>Bellevia wendelboi</i> Maassoumi & Jafari ^۱	Liliaceae	10	10	0.03	0.04	0.12	0.16	10.15	10.2
خاکشیر بدل	<i>Erysimum repandum</i> L.	Brassicaceae	8.33	-	0.04	-	0.39	-	8.76	-
تلخه	<i>Acroptilon repens</i> (L.) DC.	Astraceae	7.5	15	0.02	0.04	0.24	0.52	7.76	18.06

۱- این گونه اولین بار در ایران و در استان کردستان شناسایی و معرفی شده است.

کنگر خوراکی	<i>Gundelia tournefortii</i> L.	Astraceae	6.82	6.82	0.03	0.04	0.13	0.15	7	7
اسپرک	<i>Reseda lutea</i> L.	Resedaceae	6.82	6.82	0.01	0.01	0.05	0.05	6.9	6.89
ماشک گل خوشه‌ای	<i>Vicia villosa</i> Roth.	Fabaceae	6.7	33.33	0.03	0.06	0.13	0.38	6.8	15.44
شیرین بیان	<i>Glycyrrhiza glabra</i> L.	Fabaceae	6.7	6.67	0.01	0.02	0.05	0.08	6.7	6.77
علف پشمکی	<i>Bromus tectorum</i> L.	Poaceae	6.14	2.5	0.01	0.01	0.06	0.02	6.2	2.53
گاوزبان بدل	<i>Anchusa italica</i> Retz.	Boraginaceae	6.14	6.14	0.01	0.01	0.05	0.03	6.2	6.18
شاه‌تره	<i>Fumaria vaillantii</i> Lois.	Fumariaceae	5.15	5.15	0.02	0.018	0.31	0.04	5.47	5.47
پا اردکی	<i>Falcaria vulgaris</i> Bernh.	Apiaceae	6.82	18.33	0.01	0.04	0.13	0.33	6.97	18.7
شکر تیغال	<i>Echinops oreintalis</i> Trautv.	Astraceae	5	5	0.01	0.01	0.04	0.04	5.05	5.05
خلرپهن	<i>Lathyrus blephariacarpus</i> L.	Fabaceae	5	22.5	0.01	0.1	0.04	0.5	5.05	23.11
گاوزبان	<i>Borago officinalis</i> L.	Boraginaceae	5	5	0.01	0.01	0.04	0.04	5.05	5.05
گندم نیای استوانه‌ای	<i>Aegilops cylindrica</i> Host.	Poaceae	5	10	0.01	0.02	0.04	0.08	5.05	10.1
هویج وحشی	<i>Daucus carota</i> L.	Apiaceae	3.64	1.82	0.01	0.004	0.07	0.06	3.72	1.88
بومادران زرد	<i>Achillea Biebersteinii</i> Afan	Astraceae	3.33	8.33	0.01	0.02	0.19	0.27	3.53	8.62
گوش موشی	<i>Cerastium glomeratum</i> Thuill.	Caryophyllaceae	3.33	2.5	0.01	0.01	0.53	0.02	3.39	2.53
جو دره	<i>Hordeum spontaneum</i> Koch	Poaceae	3.33	3.33	0.01	0.01	0.05	0.05	3.39	3.39
آفتابگردان	<i>Helianthus annuus</i> L.	Astraceae	3.33	3.33	0.01	0.03	0.03	0.13	3.36	3.5
غریبک	<i>Lamium amplexicaule</i> L.	Lamiaceae	3.33	3.33	0.01	0.01	0.03	0.03	3.37	3.37
خلر	<i>Lathyrus latifolius</i> L.	Fabaceae	3.33	-	0.01	-	0.03	-	3.36	-
پیرگیا	<i>Senecio vulgaris</i> L.	Astraceae	3.33	-	0.01	-	0.03	-	3.36	-
خشخاش هرز	<i>Papaver dubium</i> L.	Papaveraceae	3.33	6.67	0.01	0.02	0.02	0.07	3.35	6.75
کاسنی	<i>Cichorium inthybus</i> L.	Astraceae	2.5	6.82	0.01	0.01	0.14	0.19	2.65	7.02
قیاق	<i>Sorghum halepense</i> (L.) Pers.	Poaceae	2.5	5.83	0.01	0.03	0.06	0.13	2.57	3.5
آجیل مزعه	<i>Neslia apriculata</i> Fisch., C. A. Mey & Ave-Lall.	Brassicaceae	2.5	25	0.01	0.07	0.06	0.49	2.57	18.06
ناخنک	<i>Goldbachia laevigata</i> (M. B.) DC.	Brassicaceae	1.82	6.14	0.01	0.02	0.15	0.25	1.97	6.41
گج‌دوست	<i>Gypsophila paniculata</i> L.	Caryophyllaceae	-	10	-	0.02	-	0.16	-	10.18
بابونه	<i>Anthemis cotula</i> L.	Astraceae	-	7.5	-	0.02	-	0.12	-	7.64
یولاف وحشی	<i>Avena ludoviciana</i> L.	Poaceae	-	6.67	-	0.02	-	0.11	-	6.79
تاج‌خروس ایستاده	<i>Amaranthus retroflexus</i> L.	Amaranthaceae	-	5	-	0.02	-	0.12	-	5.14
خردل مصری	<i>Euclidium syriacum</i> (L.) R. Br.	Brassicaceae	-	3.33	-	0.01	-	0.05	-	3.39
پنیرک	<i>Malva neglecta</i> Wallr.	Malvaceae	-	3.33	-	0.004	-	0.03	-	3.37
خردل وحشی	<i>Sinapis arvensis</i> L.	Brassicaceae	-	2.5	-	0.01	-	0.04	-	2.55
مریم‌گلی	<i>Salvia verticillata</i> L.	Lamiaceae	-	2.5	-	0.01	-	0.02	-	2.53
سنگ‌دانه وحشی	<i>Lithospermum arvense</i> L.	Boraginaceae	-	1.82	-	0.004	-	0.03	-	1.85
گل جالیز	<i>Orobanch ramosa</i> L.	Orobanchaceae	-	1.82	-	0.004	-	0.03	-	1.85

استفاده شد. نتایج حاصل از محاسبه این شاخص نشان داد که علف هرز بی تی راخ با غالبیت ۹۹/۳۶ و فراوانی ۸۳/۱۸ درصد، غالب‌ترین

برای رتبه‌بندی علف‌های هرز مسئله‌ساز در سطح استان از شاخص غالبیت (AI) ارائه شده توسط مین باشی و همکاران (۱۹)

توان فوق‌العاده تکثیر و رشد سریع اولیه از یک‌سو و تحمل انواع تنش (خشکی، عناصر غذایی، سرما و ...) اغلب بر گیاهان زراعی پیشی می‌گیرند (۲). بذر فرفیون در گستره وسیعی از شرایط متنوع قادر به جوانه‌زنی است و این موضوع بیان‌گر گسترش فزاینده این علف هرز سمج در مزارع مورد مطالعه در این بررسی است. مهر آفرین و همکاران (۱۸) گزارش کردند که با بررسی جوانه‌زنی بذرها علف هرز فرفیون در گستره دمایی ۲۰ تا ۴۰ درجه سانتی‌گراد روشن شد که حداکثر جوانه‌زنی (۹۵ درصد) در دمای ۳۵ درجه سانتی‌گراد بوده است. فرفیون در pH ۳ تا ۹/۵ به سهولت جوانه می‌زند. جوانه‌زنی بذر فرفیون با گستره وسیعی از سطوح تنش خشکی سازش یافته است. این مکانیسم باعث می‌شود بذر در سطح خاک نیز همانند اعماق خاک جوانه بزند (۴). این توانایی باعث برتری فرفیون هنگام رقابت با نخود شد. در مورد علف هرز سوزن چوپان باید ذکر کرد که این علف هرز مناطق گرم و زمین‌های لومی آهکی، خاک‌های خشک رسی و سرشار از مواد غذایی را ترجیح می‌دهد (۲۷). از سوی دیگر، فراوانی علف‌های هرز یک‌ساله سوزن چوپان و بی‌تی راخ به دلیل توان بازیابی و قابلیت تکثیر سریع آن‌ها بعد از تخریب‌های مداوم در محصولات یک‌ساله منطقه (گندم و نخود) به دلیل تولید بذر فراوان، دور از انتظار نیست.

زیادتر بودن شاخص غالبیت نشان‌دهنده کاهش تنوع و محدود شدن جامعه گیاهی به چندین گونه غالب می‌باشد. باین‌وجود، چنین شاخص‌هایی فقط قادر به بازتاب بخشی از پیچیدگی‌های جوامع هستند بدون این‌که اطلاعاتی در خصوص تغییرات ترکیب گونه‌ای ارائه دهند. البته باید توجه داشت که با استفاده از شاخص غالبیت به‌تنهایی نمی‌توان به قدرت تهاجمی برخی گونه‌ها پی برد. به‌عنوان مثال وقتی برای علف هرزی که در یک منطقه خاص با ترکم بالایی شایع شده و از قابلیت تهاجمی بالایی در آن منطقه برخوردار است، شاخص غالبیت محاسبه می‌شود، فراوانی، یکنواختی و میانگین تراکم آن‌گونه برای کل استان در نظر گرفته‌شده، لذا شاخص بدست آمده کوچک‌تر شده و اهمیت آن‌گونه چندان مشخص نمی‌شود، حال آنکه آن‌گونه می‌تواند در یک منطقه خاص علف هرز مشکل‌ساز باشد (۱۱). در این بررسی می‌توان به علف هرز سلمه تره (*Chenopodium album* L.) اشاره نمود که در مزارع شهرستان دیواندره با میانگین تراکم ۲۳/۸۵ بوته در مترمربع وجود داشت (نتایج گزارش نشده است)؛ اما میانگین تراکم این‌گونه برای کلیه مزارع موردبررسی استان برابر با ۱/۶۹ بود (جدول ۲).

نتایج بررسی‌ها از مشکلات سال‌های قبل زارعین حاکی از این بود که علف‌های هرز ذکرشده از سال‌های گذشته به‌عنوان پهن برگ‌های مهم مزارع نخود مطرح بوده‌اند و به نظر می‌رسد عملیات مدیریتی اعمال‌شده نتوانسته است طی این سال‌ها این گونه‌ها را کنترل نماید. باریک برگ‌های غالب مزارع نخود استان کردستان را

علف هرز مزارع نخود دیم استان کردستان در مرحله سه برگی بوده و پیچک صحرایی، سوزن چوپان، شنگ، گندم خودرو و شمعدانی وحشی در رتبه‌های بعدی قرار دارند (جدول ۲) و همچنین در مرحله غلاف‌بندی، علف هرز پیچک صحرایی با شاخص غالبیت ۹۵/۹۵، غالب‌ترین علف هرز مزارع نخود دیم استان کردستان در این مرحله بود و علف‌های هرز شنگ، فرفیون، سوزن چوپان، بی تی راخ، گوش بره و هندوانه ابوچهل در رتبه‌های بعدی قرار دارند (جدول ۲).

در مرحله سه برگی نخود دیم استان کردستان، علف هرز بی تی راخ با حضور در ۴۵ درصد کوآدرات های نمونه‌برداری در سطح مزارع نخود از بیشترین میزان یکنواختی برخوردار بوده، درعین‌حال از بیشترین میزان تراکم (۱۵/۷۲ بوته در مترمربع) نیز برخوردار می‌باشد (جدول ۲). در مرحله غلاف‌بندی نخود دیم استان کردستان، علف هرز پیچک صحرایی با حضور در ۵۲ درصد کوآدرات های نمونه‌برداری در سطح مزارع نخود از بیشترین میزان یکنواختی در امر پراکنش برخوردار بوده، باین‌وجود، علف هرز بی تی راخ در این مرحله نیز از بیشترین میزان تراکم (۸/۹۵ بوته در مترمربع) برخوردار می‌باشد (جدول ۲). چاله چاله و همکاران (۵) نیز گزارش نمودند که علف‌های هرز پهن‌برگ غالب مزارع نخود استان کرمانشاه شامل بی تی راخ و پیچک صحرایی می‌باشد که در تطابق با نتایج این بررسی است. استان کردستان که جز نواحی سرد و معتدل ایران می‌باشد، به دلیل کمبود رطوبت، کشت‌ها محدود بوده و در برخی از آن‌ها، مزارع یک سال در میان به‌صورت آیش رها می‌شوند که طبیعتاً خاک‌ورزی نیز کمتر انجام می‌شود. در چنین مناطقی، افزون بر گوناگونی علف‌های هرز، علف‌های هرز چندساله مانند پیچک صحرایی، شنگ، مرغ، ازمک و تلخه بیشتر استقرار یافته‌اند (۲۰).

علف هرز پیچک صحرایی به دلیل سازگاری بالا به تغییرات اقلیمی و خاکی و همچنین دایمی بودن (۳۱) و بومی بودن در تمام مزارع نخود موردبررسی حضور داشت. استقرار و گسترش علف هرز پیچک صحرایی به علت تولید بذر فراوان و سیستم ریشه‌ای وسیعی است که با داشتن تعداد زیادی جوانه می‌تواند ساقه‌های جدیدی ایجاد کند (۲۷). این ریشه‌ها با پیشرفت زمستان سخت شده و در دمای ۸- درجه سانتی‌گراد از بین می‌روند ولی در دمای ۶- درجه سانتی‌گراد تقریباً ۳۰ درصد ریشه‌ها زنده می‌مانند (۶). عامل اصلی انتشار بذور علف هرز شنگ، باد است و بنابراین وجود کاه و کلش و بقایای گندم در سطح خاک سبب به دام افتادن بذور و افزایش تراکم این علف هرز در نخود می‌شود (۲۳). خصوصیات فیزیکی خاک، اثر زیادی روی اکولوژی بذور مدفون‌شده و در نتیجه روی پویایی بانک بذر در سیستم‌های زراعی دارد (۳). در این تحقیق بافت خاک‌های این مناطق دامنه‌ای از بافت‌های سنگین تا متوسط را شامل شد ولی دامنه سازگاری بالای علف‌های هرز نسبت به عوامل محیطی در تعیین حضور گیاهان موردبررسی، مؤثر بوده است. علف‌های هرز به خاطر

علف‌های هرز مزارع نخود دیم شهرستان سنندج

بر اساس نتایج آزمایش، در شهرستان سنندج در مرحله سه برگی و غلاف بندی نخود، به ترتیب ۱۸ و ۲۲ گونه علف هرز شناسایی شد. علف‌های هرز پهن برگ غالب این مزارع در مرحله سه برگی نخود شامل بی تی راخ، شمعدانی وحشی، هندوانه ابوجهل، فرفیون و سوزن چوپان و گندم خودرو بودند و باریک برگ غالب مزارع نخود دیم این شهرستان، گندم خودرو می‌باشد. همچنین بیشترین میانگین تراکم مربوط به علف هرز بی تی راخ بود (جدول ۳). مهم‌ترین علف‌های هرز در مرحله غلاف بندی نخود، گوش بره، فرفیون، هندوانه ابوجهل، پیچک صحرایی، سوزن چوپان و گندم خودرو به ترتیب با شاخص غالبیت ۱۰۶/۴۵، ۱۰۶/۱، ۱۰۴/۸، ۷۷/۸، ۷۷/۱ و ۷۶/۴ بودند. علف هرز ماستونک که از علف‌های هرز مهم استان می‌باشد، در این شهرستان مشاهده نشد (شکل ۸).

نیز به ترتیب اهمیت می‌توان گونه‌های گندم خودرو، پنجه مرغی، جوی وحشی، جو دره، *Bellevia wendelboi* Maassoumi & Jafari، گندم نیای استوانه‌ای، علف پشمکی و یولاف وحشی دانست. گندم خودرو در تمام شهرستان‌های موردبررسی استان کردستان به جز شهرستان کامیاران، مشاهده شد (اشکال ۷ و ۸). این در حالی است که گندم خودرو، غالب‌ترین علف هرز تک‌لپه‌ای در مرحله سه برگی نخود، با شاخص غالبیت ۵۵/۹۷ (در رتبه پنجم استان کردستان) قرار گرفت (جدول ۲). به نظر می‌رسد عدم حضور علف هرز گندم خودرو در شهرستان کامیاران، به دلیل تفاوت تناوب زراعی در این شهرستان باشد.

جدول ۳- نام علمی، فراوانی، یکنواختی، میانگین تراکم در مزارع مشاهده شده و شاخص غالبیت علف‌های هرز مزارع نخود دیم شهرستان سنندج طی مراحل (a) سه برگی و (b) غلاف بندی نخود

Table 3- Scientific name, Frequency (F), Uniformity (U), Mean Field Density (MFD) and Abundance Index (AI) of Weed species of dryland chickpea fields of Sanandaj county during a) three pinnate leaves and b) podding stages respectively based on Abundance Index

نام علمی Scientific name	فراوانی F (%)		یکنواختی U (%)		میانگین تراکم مزرعه MFD (Plant m ⁻²)		شاخص غالبیت AI	
	a	b	a	b	a	b	a	B
<i>Galium aparine</i> L.	100	50	0.55	0.35	10.2	3.8	110.75	54.15
<i>Geranium molle</i> L.	100	-	0.25	-	1.4	-	101.65	-
<i>Citrus colocynthis</i> L.	75	100	0.25	0.4	2.8	4.4	78.05	104.8
<i>Euphorbia helioscopia</i> L.	75	100	0.2	0.3	1.4	5.8	76.6	106.1
<i>Scandix pecten veneris</i> L.	75	75	0.25	0.3	1.2	1.8	76.45	77.1
<i>Triticum aestivum</i> L.	75	75	0.2	0.2	1.2	1.2	76.4	76.4
<i>Convolvulus arvensis</i> L.	50	75	0.1	0.2	2	2.6	52.1	77.8
<i>Tragopogon graminifolius</i> DC.	50	50	0.1	0.1	1.8	2	51.9	52.1
<i>Silene conoidea</i> L.	50	50	0.15	0.1	1	0.8	51.15	50.9
<i>Vaccaria pyramidata</i> Medico.	50	50	0.15	0.1	0.8	0.8	50.95	50.9
<i>Chrozophora tinctoria</i> (L.) Juss.	25	100	0.1	0.45	1.6	6	26.7	106.45
<i>Gundelia tournefortii</i> L.	25	25	0.15	0.15	0.6	0.6	25.75	25.75
<i>Lotus corniculatus</i> L.	25	25	0.1	0.1	0.4	0.4	25.5	25.5
<i>Carthamus oxyacantha</i> M. B.	25	-	0.05	-	0.2	-	25.25	-
<i>Echinops oreintalis</i> Trautv.	25	25	0.05	0.05	0.2	0.2	25.25	25.25
<i>Hordeum morinum</i> L.	25	25	0.05	0.05	0.2	0.2	25.25	25.25
<i>Conringia orientalis</i> (L.) Andr.	25	25	0.05	0.05	0.2	0.35	25.25	25.4
<i>Aegilops cylindrica</i> Host.	25	50	0.05	0.1	0.2	0.4	25.25	50.5
<i>Falcaria vulgaris</i> Bernh.	-	50	-	0.1	-	0.8	-	50.9
<i>Gypsophila paniculata</i> L.	-	50	-	0.1	-	0.8	-	50.9
<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers.	-	25	-	0.05	-	0.6	-	25.65
<i>Achillea wilhelmsii</i> C. Koch	-	25	-	0.05	-	0.4	-	25.45
<i>Acroptilon repens</i> (L.) DC.	-	25	-	0.05	-	0.4	-	25.45
<i>Vicia villosa</i> Roth.	-	25	-	0.05	-	0.4	-	25.45

ترتیب، ۱۶ و ۱۹ گونه علف هرز مشاهده شد بر اساس نتایج حاصل، علف هرز هندوانه ابوجهل که یکی از علف‌های هرز مهم استان بوده

علف‌های هرز مزارع نخود دیم شهرستان دهگلان در این شهرستان، در مراحل سه برگی و غلاف بندی نخود به

بیشترین میزان آلودگی به علف‌های هرز بی تی راخ، پیچک صحرایی و شنگ به ترتیب به میزان ۲۱/۶، ۱۲ و ۸/۲ بوته در مترمربع، دیده شد (جدول ۴).

در این شهرستان مشاهده نشد. در مرحله سه برگه نخود، بالاترین درصد فراوانی مربوط به علف هرز شنگ و بیشترین میانگین تراکم مزارع این شهرستان مربوط به علف‌های هرز بی تی راخ، پیچک صحرایی و شمعدانی وحشی بود. در مرحله غلاف بندی نخود،

جدول ۴ نام علمی، فراوانی، یکنواختی، میانگین تراکم در مزارع مشاهده شده و شاخص غالبیت علف‌های هرز مزارع نخود دیم شهرستان دهگلان طی مراحل (a) سه برگه و (b) غلاف بندی نخود

Table 4- Scientific name, Frequency (F), Uniformity (U), Mean Field Density (MFD) and Abundance Index (AI) of Weed species of dryland chickpea fields of Dehgolan county during a) three pinnate leaves and b) podding stages respectively based on Abundance Index

نام علمی Scientific name	فراوانی F (%)		یکنواختی U (%)		میانگین تراکم در مزارع MFD (Plant m ⁻²)		شاخص غالبیت AI	
	a	b	a	b	A	b	a	B
<i>Tragopogon graminifolius</i> DC.	100	100	0.6	0.75	5.2	8.2	105.8	108.95
<i>Convolvulus arvensis</i> L.	75	100	0.65	0.7	6.2	12	81.85	112.7
<i>Euphorbia helioscopia</i> L.	75	75	0.25	0.3	1.6	2.6	76.85	77.9
<i>Galium aparine</i> L.	50	50	0.3	0.3	6.8	21.6	57.1	71.9
<i>Geranium molle</i> L.	50	-	0.5	-	6.2	-	56.7	-
<i>Triticum aestivum</i> L.	50	50	0.15	0.15	2	2	52.15	52.15
<i>Bellevia wendelboi</i> Maassoumi & Jafari	50	50	0.15	0.2	0.6	0.8	50.75	51
<i>Lactuca serriola</i> L.	50	25	0.1	0.05	0.4	0.2	50.5	25.25
<i>Scandix pecten veneris</i> L.	25	50	0.1	0.15	1.6	2.6	26.7	52.75
<i>Erysimum repandum</i> L.	25	-	0.15	-	1.4	-	26.55	-
<i>Chenopodium album</i> L.	25	-	0.05	-	0.6	-	25.65	-
<i>Turgenia latifolia</i> (L.) Hoffm	25	50	0.05	0.15	0.4	1	25.45	51.15
<i>Vaccaria pyramidata</i> L.	25	25	0.05	0.15	0.2	1.6	25.25	26.75
<i>Lathyrus blephariacarpus</i> L.	25	25	0.05	0.05	0.2	0.2	25.25	25.25
<i>Emex spinosus</i> mpd.C	25	25	0.05	0.05	0.2	0.2	25.25	25.25
<i>Reseda lutea</i> L.	25	25	0.05	0.05	0.2	0.2	25.25	25.25
<i>Silene conoidea</i> L.	-	50	-	0.15	-	1.2	-	51.35
<i>Carthamus oxyacantha</i> M. B.	-	50	-	0.15	-	0.8	-	50.95
<i>Polygonum aviculare</i> L.	-	25	-	0.1	-	1.4	-	26.5
<i>Amaranthus retroflexus</i> L.	-	25	-	0.1	-	0.6	-	25.7
<i>Cardaria draba</i> L. Desv. Subsp. <i>Chalepensis</i> (L.)	-	25	-	0.05	-	0.4	-	25.45
<i>O. E. Schulz.</i>	-	25	-	0.05	-	0.2	-	25.25
<i>Acroptilon repens</i> (L.) DC.	-	25	-	0.05	-	0.2	-	25.25

سرشکافته بود. در مرحله سه برگه نخود، بیشترین میانگین تراکم علف‌های هرز در مزارع این شهرستان مربوط به علف‌های هرز بی تی راخ و گوش بره بودند، درحالی که در مرحله غلاف بندی، علف هرز بی تی راخ مشاهده نشد. همچنین علف هرز هندوانه ابوجهل که از علف‌های هرز مهم استان بود، در مزارع این شهرستان مشاهده نشد (شکل ۸). بیشترین میانگین تراکم علف‌های هرز در مرحله غلاف بندی مربوط به علف هرز گوش بره بود (جدول ۶).

علف‌های هرز مزارع نخود دیم شهرستان سقز

در مزارع شهرستان سقز در مراحل سه برگه و غلاف بندی به ترتیب، ۳۰ و ۳۶ گونه علف هرز مشاهده شد. علف‌های هرز سوزن چوپان و پیچک صحرایی در مرحله سه برگه و علف‌های هرز سلمه تره و پیچک صحرایی در مرحله غلاف بندی دارای بالاترین درصد فراوانی در این شهرستان بودند. در مراحل سه برگه و غلاف بندی به ترتیب بیشترین میانگین تراکم مربوط به علف هرز بی تی راخ و سلمه تره بود (جدول ۷).

علف‌های هرز مزارع نخود دیم شهرستان کامیاران

در شهرستان کامیاران، در مراحل سه برگه و غلاف بندی به ترتیب، ۳۱ و ۳۵ گونه علف هرز مشاهده شد. در مرحله سه برگه نخود، علف‌های هرز بی تی راخ، پیچک صحرایی و هندوانه ابوجهل دارای بالاترین شاخص غالبیت بودند. بیشترین و کمترین میانگین تراکم به ترتیب مربوط به علف‌های هرز بی تی راخ و شنگ در مزارع این شهرستان بود. در مرحله غلاف بندی نخود، علف هرز غالب این شهرستان، پیچک صحرایی بود. بیشترین میانگین تراکم مربوط به علف‌های هرز بی تی راخ، پیچک و پنجه مرغی در مزارع این شهرستان بود (جدول ۵). علف‌های هرز گندم خودرو و فرفیون که از علف‌های هرز مهم استان بودند، در این شهرستان مشاهده نشدند.

علف‌های هرز مزارع نخود دیم شهرستان دیواندره

در شهرستان دیواندره در هر دو مرحله نمونه برداری، ۲۶ گونه علف هرز مشاهده شد. بالاترین درصد فراوانی در مراحل سه برگه و غلاف بندی نخود به ترتیب مربوط به علف‌های هرز بی تی راخ و

جدول ۵- نام علمی، فراوانی، یکنواختی، میانگین تراکم در مزارع مشاهده شده و شاخص غالبیت علف‌های هرز مزارع نخود دیم شهرستان کامیاران طی مراحل (a) سه برگی و (b) غلاف بندی نخود

Table 5- Scientific name, Frequency (F), Uniformity (U), Mean Field Density (MFD) and Abundance Index (AI) of Weed species of dryland chickpea fields of Kamyaran county during a) three pinnate leaves and b) podding stages respectively based on Abundance Index

نام علمی Scientific name	فراوانی F (%)		یکنواختی U (%)		میانگین تراکم در مزارع MFD (Plant m ⁻²)		شاخص غالبیت AI	
	a	b	a	b	A	b	a	B
<i>Galium aparine</i> L.	100	83.33	0.52	0.4	21.85	8.76	122.37	92.49
<i>Convolvulus arvensis</i> L.	100	100	0.63	0.7	3.27	8.16	103.9	108.86
<i>Citrolus colocynthis</i> L.	100	83.33	0.29	0.39	1.7	3.2	101.99	86.92
<i>Scandix pecten veneris</i> L.	66.66	50	0.32	0.22	2.74	2.34	69.72	52.56
<i>Cynodon dactylon</i> L.	50	50	0.24	0.24	3.78	6.79	54.02	57.03
<i>Lactuca serriola</i> L.	50	50	0.23	0.23	3.33	3.2	53.57	53.43
<i>Geranium molle</i> L.	50	16.66	0.21	0.03	2.82	0.4	53.03	17.09
<i>Hordeum morinum</i> L.	50	33.33	0.23	0.17	2	1.6	52.23	35.1
<i>Turgenia latifolia</i> DC.	50	33.33	0.17	0.12	1.99	2.18	52.16	35.63
<i>Silene conoidea</i> L.	50	66.66	0.13	0.13	0.93	0.93	51.07	67.73
<i>Vicia villosa</i> L.	33.33	66.66	0.13	0.34	0.67	1.48	34.13	68.48
<i>Cardaria draba</i> L. Desv. Subsp. Chalepensis (L.) O. E. Schulz.	33.33	50	0.1	0.13	1.2	2.8	34.63	52.93
<i>Cephalaris syriaca</i> (L.) Schrad.	33.33	66.66	0.13	0.33	0.93	2	34.4	68.99
<i>Tragopogon graminifolius</i>	33.33	66.66	0.1	0.3	0.8	2	34.23	68.96
<i>Glycyrrhiza glabra</i> L.	33.33	-	0.07	-	0.27	-	33.66	-
<i>Conringia orientalis</i> (L.) Andr.	33.33	83.33	0.07	0.34	0.27	1.76	33.66	85.43
<i>Fumaria vaillantii</i> Lois.	16.66	16.66	0.07	0.07	1.47	1.47	18.19	18.19
<i>Achillea wilhelmsii</i> C. Koch	16.66	16.66	0.03	0.03	0.93	0.93	17.63	17.63
<i>Chrozophora tinctoria</i> (L.) Juss.	16.66	50	0.17	0.23	0.67	1.73	17.49	51.97
<i>Erysimum repandum</i> L.	16.66	-	0.03	-	0.53	-	17.23	-
<i>Cerastium glomeratum</i> Thuill.	16.66	-	0.07	-	0.27	-	16.99	-
<i>Carthamus oxyacantha</i> M. B.	16.66	66.66	0.07	0.32	0.27	2.22	16.99	69.2
<i>Chenopodium album</i> L.	16.66	66.66	0.03	0.23	0.27	1.39	16.96	68.28
<i>Vaccaria pyramidata</i> Medico.	16.66	50	0.03	0.25	0.27	1.42	16.96	51.67
<i>Hordeum spontaneum</i> Koch	16.66	16.66	0.03	0.03	0.27	0.27	16.96	16.96
<i>Lamium amplexicaule</i> L.	16.66	16.66	0.03	0.03	0.13	0.13	16.83	16.83
<i>Helianthus annuus</i> L.	16.66	16.66	0.03	0.17	0.13	0.67	16.83	17.49
<i>Lathyrus latifolius</i> L.	16.66	-	0.03	-	0.13	-	16.83	-
<i>Lotus corniculatus</i> L.	16.66	16.66	0.03	0.03	0.13	0.13	16.83	16.83
<i>Senecio vulgaris</i> L.	16.66	-	0.03	-	0.13	-	16.83	-
<i>Papaver rhoeas</i> L.	16.66	33.33	0.02	0.09	0.07	0.34	16.75	33.76
<i>Neslia apriculata</i> Fisch., C. A. Mey & Ave-Lall.	-	50	-	0.27	-	1.73	-	52
<i>Lathyrus blephariacarpus</i> L.	-	50	-	0.26	-	1.02	-	51.28
<i>Avena ludoviciana</i> Dur.	-	33.33	-	0.09	-	0.53	-	33.95
<i>Glycyrrhiza glabra</i> L.	-	33.33	-	0.1	-	0.4	-	33.83
<i>Sorghum halepense</i> (L.) Pers.	-	16.66	-	0.17	-	0.67	-	17.49
<i>Polygonum aviculare</i> L.	-	16.66	-	0.03	-	0.27	-	16.96
<i>Euclidium syriacum</i> (L.) R. Br.	-	16.66	-	0.03	-	0.27	-	16.96
<i>Falcaria vulgaris</i> Bernh.	-	16.66	-	0.03	-	0.27	-	16.96
<i>Malva neglecta</i> Wallr.	-	16.66	-	0.02	-	0.15	-	16.83

جدول ۶- نام علمی، فراوانی، یکنواختی، میانگین تراکم در مزارع مشاهده شده و شاخص غالبیت علف‌های هرز مزارع نخود دیم شهرستان دیواندره طی مراحل (a) سه برگی و (b) غلاف بندی نخود

Table 6- Scientific name, Frequency (F), Uniformity (U), Mean Field Density (MFD) and Abundance Index (AI) of Weed species of dryland chickpea fields of Divandareh county during a) three pinnate leaves and b) podding stages respectively based on Abundance Index

نام علمی Scientific name	فراوانی F (%)		یکنواختی U (%)		میانگین تراکم در مزارع MFD (Plant m ²)		شاخص غالبیت AI	
	a	b	a	b	a	b	a	B
<i>Galium aparine</i> L.	90.91	-	0.51	-	20.87	-	112.29	-
<i>Tragopogon graminifolius</i> DC.	81.81	81.81	0.49	0.4	8.58	7.49	90.88	89.7
<i>Triticum aestivum</i> L.	81.81	72.72	0.35	0.327	5.09	2.76	87.25	75.81
<i>Turgenia latifolia</i> (L.) Hoffm	72.72	72.72	0.51	0.45	11.56	4.36	84.79	77.53
<i>Scandix pecten veneris</i> L.	72.72	27.27	0.42	0.11	10.76	0.6	83.9	27.98
<i>Convolvulus arvensis</i> L.	72.72	81.81	0.36	0.38	1.98	4	75.06	86.19
<i>Vaccaria pyramidata</i> Medico.	54.54	36.36	0.22	0.145	3.42	1.24	58.18	37.74
<i>Euphorbia helioscopia</i> L.	54.54	81.81	0.16	0.236	2.33	3.27	57.03	85.32
<i>Chrozophora tinctoria</i> (L.) Juss.	36.36	54.54	0.2	0.38	18.33	23.85	54.89	78.77
<i>Polygonum aviculare</i> L.	36.36	54.54	0.22	0.254	2.4	2.91	38.98	57.7
<i>Conringia orientalis</i> (L.) Andr.	36.36	18.18	0.13	0.054	0.58	0.22	37.07	18.45
<i>Chenopodium album</i> L.	18.18	36.36	0.15	0.218	4.58	7.05	22.91	43.63
<i>Geranium molle</i> L.	18.18	18.18	0.11	0.091	1.96	2.4	20.25	20.67
<i>Cardaria draba</i> L. Desv. Subsp. Chalepensis (L.) O. E. Schulz.	18.18	18.18	0.04	0.054	0.51	0.73	18.73	18.96
<i>Lactuca serriola</i> L.	18.18	27.27	0.07	0.091	0.36	0.51	18.61	27.87
<i>Daucus carota</i> L.	18.18	9.09	0.04	0.018	0.36	0.29	18.58	9.4
<i>Cephalaris syriaca</i> (L) Schrad.	18.18	90.91	0.04	0.45	0.22	3.53	18.44	94.89
<i>Bromus tectorum</i> L.	18.18	-	0.04	-	0.22	-	18.44	-
<i>Anchusa italica</i> Retz.	18.18	18.18	0.04	0.036	0.15	0.07	18.37	18.29
<i>Carthamus oxyacantha</i> M. B.	18.18	18.18	0.04	0.036	0.15	0.15	18.37	18.36
<i>Goldbachia laevigata</i> (M. B.) DC.	9.09	18.18	0.04	0.073	0.73	1.16	9.86	19.42
<i>Silene conoidea</i> L.	9.09	-	0.04	-	0.22	-	9.35	-
<i>Fumaria vaillantii</i> Lois.	9.09	9.09	0.02	0.018	0.07	0.07	9.18	9.18
<i>Falcaria vulgaris</i> Bernh.	9.09	-	0.02	-	0.07	-	9.18	-
<i>Gundelia tournefortii</i> L.	9.09	9.09	0.02	0.036	0.07	0.15	9.18	9.27
<i>Reseda lutea</i> L.	9.09	9.09	0.02	0.018	0.07	0.07	9.18	9.18
<i>Lotus corniculatus</i> L.	-	9.09	-	0.054	-	1.38	-	10.53
<i>Lithospermum arvense</i> L.	-	9.09	-	0.018	-	0.15	-	9.25
<i>Orobanch ramosa</i> L.	-	9.09	-	0.018	-	0.15	-	9.25
<i>Cichorium inthybus</i> L.	-	9.09	-	0.018	-	0.15	-	9.25

جدول ۷- نام علمی، فراوانی، یکنواختی، میانگین تراکم در مزارع مشاهده شده و شاخص غالبیت علف‌های هرز مزارع نخود دیم شهرستان سقز طی مراحل (a) سه برگی و (b) غلاف‌بندی نخود

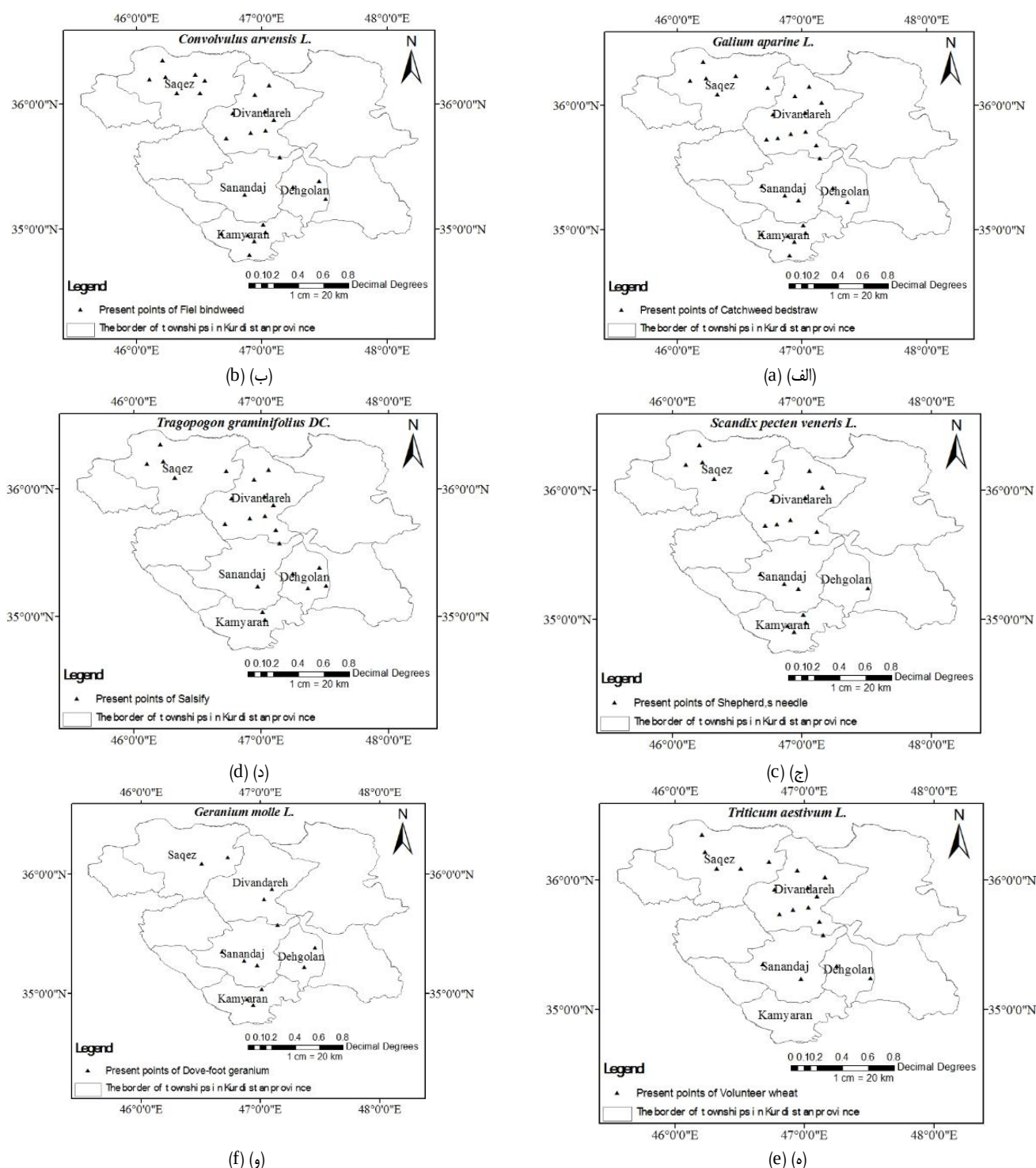
Table 7- Scientific name, Frequency (F), Uniformity (U), Mean Field Density (MFD) and Abundance Index (AI) of Weed species of dryland chickpea fields of Saez county during a) three pinnate leaves and b) podding stages respectively based on Abundance Index

نام علمی Scientific name	فراوانی F (%)		یکنواختی U (%)		میانگین تراکم در مزارع MFD (Plant m ⁻²)		شاخص غالبیت AI	
	a	b	a	b	A	b	a	B
<i>Scandix pecten veneris</i> L.	87.5	75	0.5	0.45	8	8.5	96	83.95
<i>Galium aparine</i> L.	75	62.5	0.38	0.43	18.9	10.6	94.28	73.53
<i>Convolvulus arvensis</i> L.	87.5	87.5	0.6	0.60	4.29	6.1	92.39	94.20
<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers.	62.5	62.5	0.28	0.30	3.1	8.1	65.88	70.90
<i>Citrolus colocynthis</i> L.	62.5	62.5	0.23	0.23	2.8	3.9	65.53	66.63
<i>Tragopogon graminifolius</i> DC.	62.5	62.5	0.23	0.20	2.4	2.7	65.13	65.40
<i>Turgenia latifolia</i> (L.) Hoffm	62.5	62.5	0.25	0.25	1.8	1.8	64.55	64.55
<i>Vaccaria pyramidata</i> Medico.	62.5	62.5	0.3	0.30	1.7	1.7	64.5	64.50
<i>Conringia orientalis</i> (L.) Andr.	62.5	50	0.2	0.18	1.5	1.5	64.2	51.68
<i>Triticum aestivum</i> L.	62.5	50	0.15	0.13	1.4	1.3	64.05	51.43
<i>Emex spinosa</i> Campd.	50	50	0.33	0.33	3.6	3.8	53.93	54.13
<i>Lactuca serriola</i> L.	50	50	0.15	0.15	1	1	51.15	51.15
<i>Silene conoidea</i> L.	50	50	0.18	0.18	0.9	0.9	51.08	51.08
<i>Acroptilon repens</i> (L.) DC.	37.5	37.5	0.1	0.10	1.2	2	38.8	39.60
<i>Lotus corniculatus</i> L.	37.5	25	0.1	0.08	0.7	1	38.3	26.08
<i>Carthamus oxyacantha</i> M. B.	25	25	0.1	0.10	0.8	0.8	25.9	25.90
<i>Falcaria vulgaris</i> Bernh.	25	25	0.05	0.05	0.6	0.6	25.65	25.65
<i>Cephalaris syriaca</i> (L) Schrad.	25	37.5	0.08	0.13	0.5	0.8	25.58	38.43
<i>Euphorbia helioscopia</i> L.	25	37.5	0.08	0.10	0.4	0.7	25.48	38.30
<i>Geranium molle</i> L.	25	12.5	0.05	0.03	0.4	0.1	25.45	12.63
<i>Borago officinalis</i> L.	25	25	0.05	0.05	0.2	0.2	25.25	25.25
<i>Cardaria draba</i> L. Desv. Subsp.	25	25	0.05	0.05	0.2	0.4	25.25	25.45
<i>Chalepensis</i> (L.) O. E. Schulz.								
<i>Chrozophora tinctoria</i> (L.) Juss.	12.5	-	0.05	-	1.4	-	13.95	-
<i>Cichorium inthybus</i> L.	12.5	25	0.03	0.05	0.7	0.8	13.23	25.85
<i>Polygonum aviculare</i> L.	12.5	12.5	0.03	0.03	0.5	0.5	13.03	13.03
<i>Sorghum halepense</i> (L.) Pers.	12.5	12.5	0.03	0.03	0.3	0.3	12.83	12.83
<i>Neslia apriculata</i> Fisch., C. A. Mey & Ave-Lall.	12.5	37.5	0.03	0.10	0.3	0.7	12.83	38.30
<i>Chenopodium album</i> L.	12.5	87.5	0.03	0.53	0.3	18	12.83	106.03
<i>Anchusa italica</i> Retz.	12.5	12.5	0.03	0.03	0.1	0.1	12.63	12.63
<i>Bromus tectorum</i> L.	12.5	12.5	0.03	0.03	0.1	0.1	12.63	12.63
<i>Vicia villosa</i> Roth.	-	75	-	0.28	-	1.9	-	77.18
<i>Lathyrus blephariacarpus</i> L.	-	37.5	-	0.20	-	1.3	-	39.00
<i>Anthemis cotula</i> L.	-	37.5	-	0.10	-	0.6	-	38.20
<i>Chrozophora tinctoria</i> (L.) Juss.	-	25	-	0.10	-	1.5	-	26.60
<i>Sinapis arvensis</i> L.	-	12.5	-	0.05	-	0.2	-	12.75
<i>Cerastium glomeratum</i> Thuill.	-	12.5	-	0.03	-	0.1	-	12.63
<i>Salvia verticillata</i> L.	-	12.5	-	0.03	-	0.1	-	12.63
<i>Goldbachia laevigata</i> (M. B.) DC.	-	12.5	-	0.03	-	0.1	-	12.63

پراکنش علف‌های هرز غالب مزارع نخود دیم استان کردستان

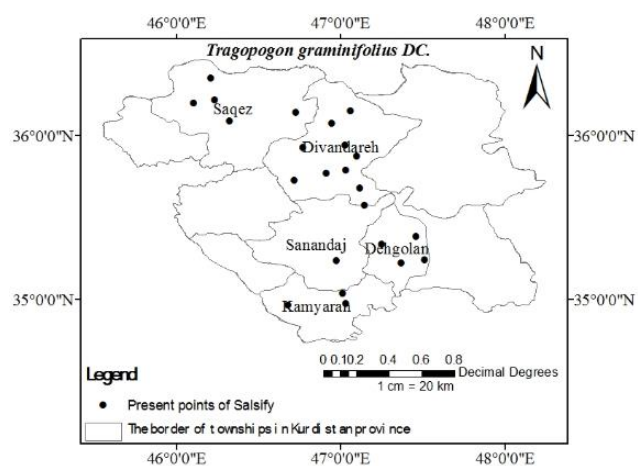
شکل ۷ پراکنش گونه‌های غالب را در مرحله سه برگی مزارع نخود دیم استان کردستان نشان می‌دهد. همان گونه که در نقشه‌های پراکنش مشاهده می‌گردد بالاترین انتشار جغرافیایی را علف‌های هرز بی‌تی‌راخ، پیچک‌صحرائی، شنگ و سوزن‌چوپان، در مزارع نخود دیم تمامی اقلیم‌های مناطق موردبررسی در استان کردستان به خود اختصاص دادند که در بین علف‌های هرز غالب مناطق مورد مطالعه، کمترین تأثیر را نسبت به تغییر اقلیم از خود نشان دادند. همچنین، غالبیت این گونه‌ها در شهرستان‌های موردبررسی را می‌توان به دلیل

تشابهات اکولوژیکی علف‌های هرز مزارع نخود دیم در این مناطق دانست. فرقیون و گندم خودرو در شهرستان کامیاران، هندوانه ابوجهل در شهرستان‌های دهگلان و دیواندره و ماستونک در سنندج و بی‌تی‌راخ و شمعدانی به ترتیب در دیواندره و دهگلان مشاهده نشدند. شکل ۸ پراکنش گونه‌های غالب را در مرحله غلاف‌بندی مزارع نخود دیم استان کردستان نشان می‌دهد. علف‌های هرز بی‌تی‌راخ، پیچک، شنگ و سوزن‌چوپان، در کلیه شهرستان‌های موردبررسی حضور داشتند. فرقیون و گندم خودرو در شهرستان کامیاران و علف هرز هندوانه ابوجهل در شهرستان‌های دهگلان و دیواندره مشاهده نشدند.

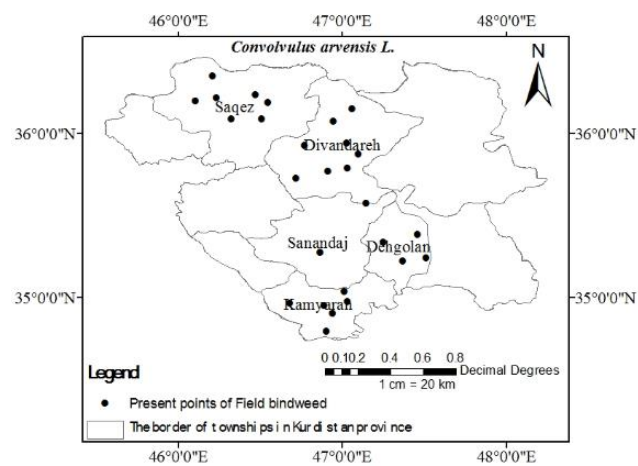


شکل ۷- پراکنش (الف) بی تی راخ، (ب) پیچک، (ج) شنگ، (د) سوزن چویان، (ه) گندم خودرو و (و) شمعدانی وحشی در مرحله سه برگه در مزارع نخود دیم استان کردستان

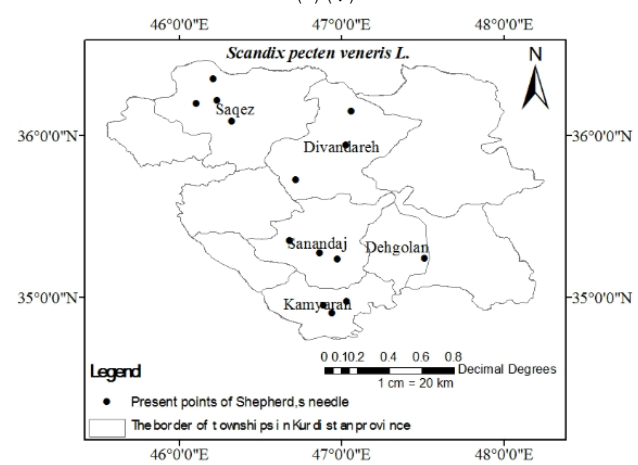
Figure 7- Dispersal of a) Catchweed bedstraw (*Galium aparine* L.), b) Field bindweed (*Convolvulus arvensis* L.), c) Shepherd's needle (*Scandix pecten veneris* L.), d) Salsify (*Tragopogon graminifolius* DC.) e) Volunteer wheat (*Triticum aestivum* L.) and f) Dove-foot geranium (*Geranium molle* L.) during three pinnate leaves stage in dryland chickpea fields of Kurdistan province



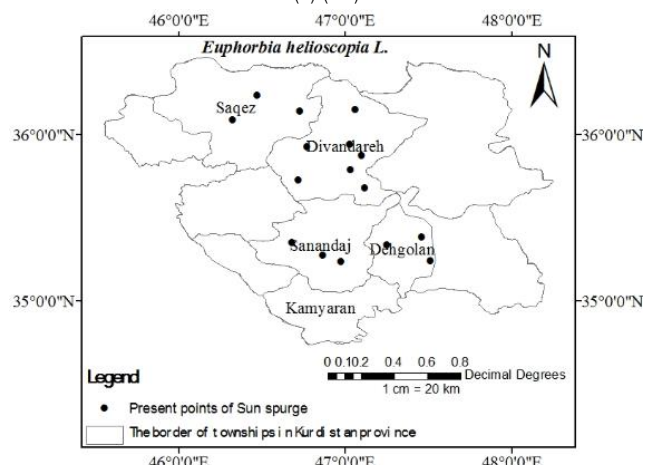
(ب) (b)



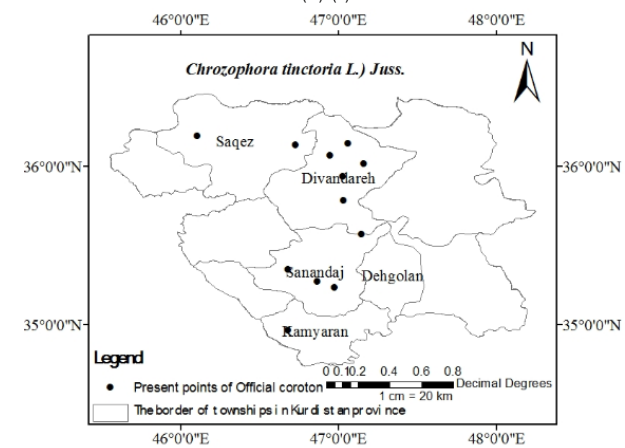
(الف) (a)



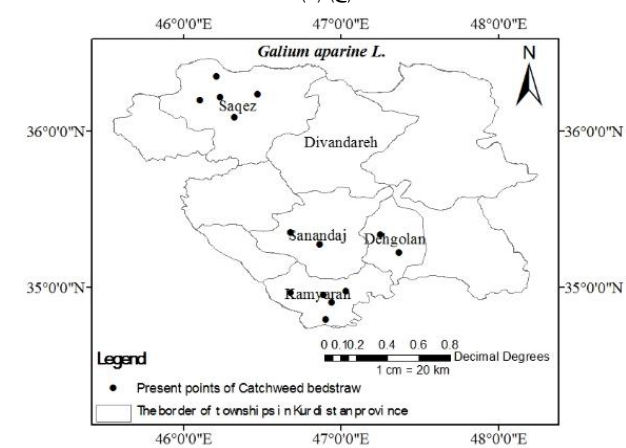
(د) (d)



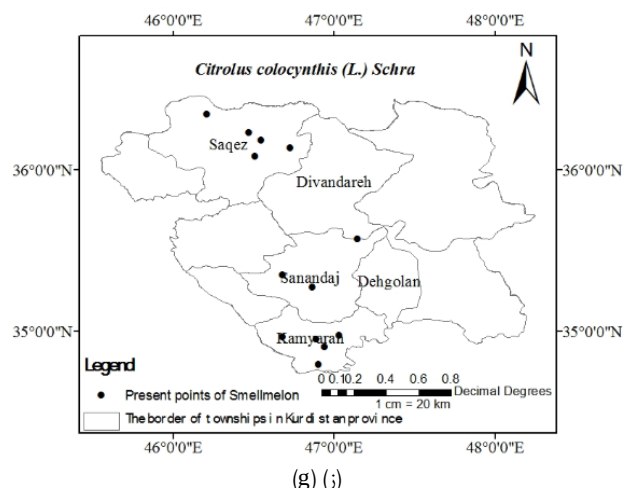
(ج) (c)



(ف) (f)



(ع) (e)



(g) (ز)

شکل ۸- پراکنش (الف) پیچک، (ب) شنگ، (ج) فریبون و (د) سوزن چوپان، (ه) بی تی راخ، (و) گوش بره و (ز) هندوانه ابوجهل در مرحله غلاف بندی در مزارع نخود دیم استان کردستان

Figure 8- Dispersal of a) Field bindweed (*Convolvulus arvensis* L.), b) Salsify (*Tragopogon graminifolius* DC.), c) Sun spurge (*Euphorbia helioscopia* L.), d) Shepherd's needle (*Scandix pecten veneris* L.), e) Catchweed bedstraw (*Galium aparine* L.), f) Official coroton (*Chrozophora tinctoria* L.) Juss.), and g) Smellmelon (*Citrus colocynthis* (L.) Schra) during podding stage in dryland chickpea fields of Kurdistan province

نتیجه گیری

نشان می‌دهد که می‌توان با بهینه‌سازی کاربرد علف‌کش‌ها از لحاظ زمان مصرف، نحوه کاربرد و نوع علف‌کش مصرفی با توجه به فلور علف‌های هرز، مبارزه مکانیکی در زمان مناسب، هدفمند شدن تحقیقات علف‌های هرز نخود با توجه به مشکلات منطقه‌ای و همچنین دیده‌بانی منظم علف‌های هرز این وضعیت را بهبود بخشید. در مجموع با توجه به شناخت علف‌های هرز موجود در مزارع مورد بررسی، تراکم و پراکنش آن‌ها و با استفاده از روش‌های صحیح مدیریتی می‌توان از میزان تداخل گونه‌های مشکل‌ساز کاسته و از ورود علف‌های هرز به‌ویژه گونه‌های مسئله‌ساز از یک منطقه به منطقه مستعد دیگر جلوگیری نمود. شناسایی علف‌های هرز و آگاهی از تراکم آن‌ها در مزارع، گام مهمی در موفقیت برنامه‌های مدیریت علف‌های هرز و افزایش عملکرد گیاه زراعی می‌باشد. با شناخت عوامل مؤثر بر رشد و توسعه علف‌های هرز و اجرای مدیریت‌های پیشگیرانه، می‌توان از پراکنش آن‌ها از مناطق آلوده به مناطق عاری از این نوع علف‌های هرز جلوگیری نمود و بر اساس شباهت‌ها و تفاوت‌های به‌دست‌آمده از جامعه علف‌های هرز مزارع نخود شهرستان‌های مختلف می‌توان برای شهرستان‌های مشابه از لحاظ شاخص‌های جمعیتی دستورالعمل یکسانی را برای مدیریت علف‌های هرز مزارع نخود تدوین و اجرا نمود.

نتایج ارائه‌شده در این مطالعه نشان می‌دهند که مدیریت علف‌های هرز مزارع نخود دیم استان کردستان در وضعیت مطلوبی قرار ندارد. به‌طور کلی نتایج مطالعه حاضر بر این نکته تأکید دارد که در کشت بوم‌های نخود با فشرده شدن مدیریت زراعی به‌ویژه وجین علف‌های هرز با ریشه‌های سطحی، نه تنها از تنوع و غنای گونه‌ای علف‌های هرز کاسته می‌شود بلکه ترکیب جامعه گیاهی نیز دستخوش تغییر شده و به چیره شدن چند گونه غالب از علف‌های هرز چندساله با ریشه‌های عمیق و علف‌های هرز خاردار و مهاجم می‌انجامد. پیامد کاهش تنوع در این نوع نظام‌ها وابستگی بیشتر به وجین دستی و شخم مکرر است که از تبعات آن تهدید پایداری کشاورزی و فرسایش خاک زراعی خواهد بود.

به نظر می‌رسد که آلودگی اولیه علف‌های هرز خانواده گندمیان از جمله گندم‌خودرو، جو دره، جو وحشی و پنجه‌مرغی از طریق بذر گندم آلوده به این علف‌های هرز صورت گرفته و به دلیل عدم کاربرد باریک‌برگ‌کش‌های انتخابی گندم در تناوب با نخود بر این علف‌های هرز جمعیت آن‌ها طی سال‌های گذشته به تدریج زیاد شده است.

جمع‌بندی مشکلات موجود در خصوص مبارزه با علف‌های هرز مزارع نخود دیم استان کردستان و گیاهان زراعی در تناوب با نخود،

منابع

1. Anonymous. 2011. Almanac of agricultural and horticultural products. Statistic and information processing office of planning and economic of Ministry of Jihad- Agriculture, Tehran.

2. Bazoobandi M., Baghestani Maybodi M.A., and Zand E. 2006. Weed and their management in sugar beet fields. Iranian Plant Pests and Diseases Research Institute press. (In Persian)
3. Benvenuti S. 2003. Soil texture involvement in germination and emergence of buried weed seeds. *Agronomy Journal* 95: 191-198.
4. Bridges D.C., Brecke B.J., and Barbour J.C. 1992. Wild poinsettia (*Euphorbia heterophylla*) interference with peanut (*Arachis hypogaea*). *Weed Science* 40: 37-42.
5. Chalechale Y., Minbashi Moeini M., and Shirani Rad A.H. 2014. Preparation of weed mapping of chickpea (*Cicer arietinum*) fields and predict their presence in agricultural fields of Kermanshah province with using Geographic Information System (GIS). *Journal of Weed Ecology* 2: 95-111. (In Persian with English abstract)
6. Dexter S. 1937. The winter hardiness of weeds. *Journal of the American Society of Agronomy* 29: 512-517.
7. ESRI. 2007. ArcGIS version 9.2. ESRI Readlands C.A.
8. Frick B., and Thomas A.G. 1992. Weed survey in different tillage systems in southeastern Ontario field crops. *Canadian Journal of Plant Science* 72: 1337-1347.
9. Hassan G., Khan I., and Kha I.A. 2006. Studies on Floristic Composition of Chickpea Weeds in District Karak, Pakistan. *Iranian Journal of Weed Science* 2: 69-80.
10. Hassan G., Khan I., Khan M.Z., Shah N.H., Khan M., and Liaquatullah M. 2010. Weed flora of chickpea in district Lakki Marwat, NWFP, Pakistan. *Sarhad Journal of Agriculture* 26: 79-86.
11. Hasanejad S., Mohammad Alizadeh H., Mozaffarian V., Chayichi M.R., and Minbashi Moinni M. 2009. Survey of density and abundance for barely field's weeds in Azarbayjan – e- shargi province. *Iranian Journal of Weed Science* 12: 69-90. (In Persian with English abstract)
12. Hussain F. 1989. Field and laboratory manual of plant ecology. Univ. Grants Commission, Islamabad 155-156.
13. Hussain F., Murad A., and Durrani M.J. 2004. Weed communities in wheat fields of Mastuj, District Chitral, and Pakistan. *Pakistan Journal of Weed Science Research* 10: 101-108.
14. Kooler M., and Lanini W.T. 2005. Site-specific herbicide applications based on weed maps provide effective control. *California Agriculture* 59: 182-187.
15. Lado L.R., Polya D.A., and Hegan A. 2008. A logistic regression method for mapping the as hazard risk in shallow, reducing groundwater in combodia, the mineralogical Society 22: 1-20.
16. Lososova Z., Chytry M., Cimalova S., Kropac Z., Otypkova Z., Pysek P., and Tichy L. 2004. Weed vegetation of arable land in Central Europe: gradients of diversity and species composition. *Journal of Vegetation Science* 15: 415-422.
17. McCully K.M., Simpson G., and Watson A.K. 1991. Weed survey of Nova Scotia Lowbush (*Vaccinium angustifolium*) fields. *Weed Science* 39:180-185.
18. Mehrafarin A., Mighani F., and Labafi M. 2010. Study of effect environment factors on spurge (*Euphorbia bungeri* Boiss.) seeds germination. 3rd Iranian Weed Science Congress 1: 202-204. (In Persian with English abstract)
19. Minbashi Moeini M., Baghestani M.A., and Rahimian Mashhadi H. 2008. Introducing an abundance index for assessing weed flora in survey studies. *Weed Biology and Management* 8:172-180.
20. Montazeri M., Zand E., and Baghestani M.A. 2005. Weeds and their Control in Wheat Fields of Iran. Iranian Plant Protection Research Institute Press, Tehran. (In Persian)
21. Mori S.A., Boom B.M., Carvalino A.M., and Santo T.S. 1983. Ecological importance of Mrtaceae in an Eastern Brazilian Wet forest. *Biotropica* 15: 68-70.
22. Mousavi S.K., Sabeti P., Jafarzadeh N., and Bazazi D. 2010. Investigating the efficacy of some herbicide on weed control of chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Iranian Journal of Pulses Research* 1: 19-31. (In Persian with English abstract)
23. Murphy C.E., and Lemerle D. 2006. Continuous cropping systems and weed selection. *Euphytica* 148: 61-73.
24. Nordmeyer H., and Dunker M. 1999. Variable weed densities and soil properties in a weed mapping concept for patchy weed control. *Proceedings of the Second European Conference on Precision Agriculture, Odense Congress Centre, Denmark* 453-462.
25. Radosvich S.R., and Holt J.S. 1984. *Weed Ecology: Implications for vegetation management*. Johnwiley and Sons. New York.
26. Rashed Mohassel M.H., and Ashrafi A. 2004. An investigation on site specific weed management and weed mapping. *Key Articles of Weed Science of the 16th Iranian Crop Protection Congress* 82-118. (In Persian)
27. Rashed Mohassel M.H., Najafi H., and Akbarzadeh M.D. 2009. *Weed biology and control*. Ferdowsi University of Mashhad Press, Second Edition, Pp 404. (In Persian)
28. Rew L.J., and Cousens R.D. 2001. Spatial distribution of weeds in arable crops: Are current sampling and analytical methods appropriate? *Weed Research* 41:1-18.
29. Rohani A., and Makarian H. 2011. Priparing maps of weed management by Artificial Neural Networks to apply in precise agriculture. *Journal of Agricultural Machinery Engineering* 1: 74-83. (In Persian with English abstract)
30. Schroeder D., Muller H., and Stinson C.S.A. 1993. A European weeds survey in 10 major crop systems to identify targets for biological control. *Weed Research* 33:449-458.

31. Shimi P., and Termeh F. 1994. Weeds of Iran. Agriculture Research, Education and Extension Organization.
32. Thomas A.G. 1985. Weed survey system used in Saskathevan for cereal and oilseed crops. Weed Science 33: 34-43.
33. Thomas A.G., and Donaghy D.I. 1991. A survey of the occurrence of seedling weeds in spring annual crops in anitoba. Canadian Journal of Plant Science 71: 811-820.
34. Vesal S.R., Bagheri A.R., and Nezami A. 2003. Dynamic of weeds of chickpea (*Cicer arientinum* L.) under effects of weeding and plant density in irrigated and dried conditions in North Khorasan province. Iranian Journal of Field Crops Research 1: 61-68. (In Persian with English abstract)
35. Wiles L. 2005. Sampling to make map for site specific weed management. Weed Science 53: 228-235.
36. Wilson J.P., Inskeep W.P., Rubright P.R., Coosey D., Jacobson J.S., and Synder R.D. 1993. Coupling geographic information system (GIS) and models for weed control and groundwater protection. Weed Technology 7: 255-264.
37. Zand E., Baghestani M.A., and Mighani F. 2008. Sustanable management of weeds. Publications of Jihad University of Mashhad. (In Persian)



Weed Mapping for Dryland Chickpea (*Cicer arietinum* L.) Fields in Kurdistan Province using Geographic Information System

S. Mansourian¹- E. Izadi Darbandi^{2*}- M.H. Rashed Mohassel³- M. Rastgoo⁴- H. Kanouni⁵

Received: 16-06-2015

Accepted: 29-06-2016

Introduction: Weeds on dryland chickpea fields are the main yield loss factor. Therefore, weed identification is the most important operation for weed management. Chickpea is one of the most important crops in Kurdistan province of Iran. Kurdistan province ranked forth and first in area under cultivation of chickpea and its production in Iran, respectively. This study was carried out in order to identify weed species, determine the dominant weeds, and develop the distribution maps of dryland chickpea fields in Kurdistan province.

Materials and Methods: Based on cultivation area of chickpea and the topographic condition of Kurdistan province, 33 fields were randomly selected in 2013 and weed species were determined in 5 counties, e.i., Dehgolan, Kamyaran, Divandareh and Saez. The selection of the fields in each county was done based on acreage of chickpea in the county. Weed identification were done at each region, during three leaf and podding stages of chickpea. These periods were chosen because of easiness identification of weed species at these stages and the possible recording of weed control practices applied on fields. Demographic indices of weed species were calculated, and then the dominant weeds were determined. Also the latitude, longitude and altitude of each sampling point using GPS were recorded. By using these data, the distribution maps of the dominant weed species in ArcGIS area were produced.

Results and Discussion: The number of weeds observed in this study during period of three leaf stage of chickpea were 52 species mostly from *Astraceae*, *Poaceae*, *Apiaceae* and *Caryophyllaceae* families and the most important weeds in surveyed area based on abundance index were catchweed bedstraw (*Galium aparine* L.), field bindweed (*Convolvulus arvensis* L.), shepherd's needle (*Scandix pecten veneris* L.), salsify (*Tragopogon graminifolius* DC.), volunteer winter wheat (*Triticum aestivum* L.), dove-foot geranium (*Geranium molle* L.) and great bur parsley (*Turgenia latifolia* (L.) Hoffm). The number of weeds observed at podding stage were 58 species with most abundant families of *Astraceae*, *Poaceae*, *Brassicaceae*, *Apiaceae* and *Caryophyllaceae* and the most important weeds based on abundance index were field bindweed, salsify, sun spurge (*Euphorbia helioscopia* L.), shepherd's needle, catchweed bedstraw, dyer's croton (*Chrozophora tinctoria* (L.) Juss.) and smell melon (*Citrolus colocynthis* L.). The most dominant grass weed species was volunteer winter wheat (*Triticum aestivum* L.) because of the common crop rotation (Chickpea-Winter wheat). The distribution map of the dominant weeds showed that field bindweed, salsify, sun spurge, shepherd's needle and catchweed bedstraw were seen in all surveyed counties but great bur parsley in Sanandaj, volunteer wheat and sun spurge in Kamyaran and smell melon in Divandareh and Dehgolan were not seen. The time of tillage for preparing of chickpea seedbed is spring in Kurdistan province and narrow leaf weeds emerge often in fall but they produce numerous seeds. The annual weeds had the highest population on chickpea fields because of the annual soil disturbance, having similar requirements with the annual crop and abundant seed production. Although, perennial weeds, i.e., field bindweed and salsify caused more problem for the farmers because of herbicides limitation for this crop and tremendous energy required for hand weeding of this crop for weed control in this province. It is not easy to control weeds with rhizome and thorn. To determine the abundance index, frequency and uniformity had a higher values than the mean field density. Higher values for these three parameters for a particular species indicated that these species were well-suited with the soil and climate conditions in which it was growing, while higher rates of the mean field density for certain species indicated that they had a higher competitive or reproductive ability than other species.

Conclusion: The management of weeds on dryland chickpea fields in Kurdistan province is not satisfactory.

1, 2, 3 and 4- Ph.D. Graduated of Weed Science, Associate Professor, Professor and Associate Professor, Department of Agrotechnology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran, respectively.

(*- Coressponding Author Email: e-izadi@um.ac.ir)

5- Associate Professor Kurdistan Agricultural and Natural Resources Research Center, AREEO, Sanandaj, Iran

DOI: 10.22067/JPP.2021.30942.0

The results showed that field bindweed and salsify were dominant weeds in this study area with high density due to particular weed management approaches. Therefore, farmers should change their weed management strategies in these regions. We will be able to make decision based on previously developed weed distribution maps. Better knowledge of the past and present is a key component for the improvement of the planning that will effect Iran's agricultural division in the years ahead. Findings from this study and similar studies are helpful to establish new ways for the sustainable economic development in Iran's agriculture.

Keywords: Abundance index, Frequency, Mean field density, Uniformity

اثر دگرآسیبی دو رقم جو زراعی (*Hordeum vulgare* L.) بر رشد و ویژگی‌های فیزیولوژیکی ریزوم پیچک (*Convolvulus arvensis* L.)

عادل مدحج^{۱*} - روزبه فرهودی^۲ - عصمت رحمتی قلعه علیخانی^۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۴/۱۳

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۱/۲۱

چکیده

به منظور بررسی اثر دگرآسیبی بقایای دو رقم بومی و اصلاح شده جو بر رشد ریزوم علف‌هرز پیچک این تحقیق در سال ۱۳۹۲ در آزمایشگاه بذر دانشگاه آزاد اسلامی واحد شوشتر و در محیط کشت گلدان انجام شد. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار بود. فاکتورهای آزمایش شامل دو رقم جو (توده بومی و ۱۰ سراسری) و تیمار بقایای جو مخلوط شده با خاک شامل ۱۰، ۲۰، ۳۰ و ۴۰ گرم در هر کیلوگرم خاک بودند. همچنین یک تیمار شاهد بدون بقایا نیز در نظر گرفته شد. نتایج نشان داد که اثر رقم، مقدار بقایا و برهمکنش آنها بر فعالیت پراکسیداز، گلاپتیتون ردکتاز، کاتالاز، آلفا آمیلاز، درصد اسیدهای چرب، غلظت مالون دی آلدئید و هورمون‌های جیبرلین و آبسزیک اسید در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. افزایش مقدار بقایا باعث کاهش فعالیت آنزیم‌های آلفا آمیلاز و کاتالاز شد. اثر بقایای توده بومی بر فعالیت آلفا آمیلاز بیشتر از رقم جو ۱۰ سراسری بود، به نحوی که اختلاف ۴۰ گرم بقایای توده بومی و رقم ۱۰ سراسری در کیلوگرم خاک، به ترتیب فعالیت این آنزیم را ۳۸ و ۷۹/۵ درصد نسبت به شاهد بدون بقایا کاهش داد. افزایش مقدار بقایا باعث کاهش غلظت هورمون جیبرلین و افزایش هورمون آبسزیک اسید شد. شیب تغییرات کاهش غلظت هورمون جیبرلین و افزایش آبسزیک اسید در رقم توده بومی بیشتر از رقم ۱۰ سراسری بود. فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدان در واکنش به افزایش مقدار بقایا تا حدود ۲۰ گرم در کیلوگرم خاک افزایش و سپس به طور معنی‌دار کاهش یافتند. کاهش فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدان در مقادیر بالای بقایا جو باعث افزایش مقدار اسیدهای چرب و مالون دی آلدئید شد که بر پراکسیداسیون غشای سلولی دلالت داشت. بطور کلی، بقایای رقم بومی در مقایسه با رقم ۱۰ سراسری از اثر زیانبار بیشتر در تمامی صفات مورد مطالعه ریزوم و گیاهچه پیچک برخوردار بوده و به نظر می‌رسد در مناطقی که علف‌هرز پیچک غالب می‌باشد می‌توان از این بقایای این رقم برای کاهش خسارت‌های این علف‌هرز استفاده نمود.

واژه‌های کلیدی: آلفا آمیلاز، آنزیم‌های آنتی اکسیدان، جوانه‌زنی، مواد آلوشیمیایی، هورمون گیاهی

مقدمه

علف‌کش‌ها و کاهش اثر نامطلوب ناشی از آن می‌شود. برخی از گیاهان دارای ویژگی‌های دگرآسیبی (آلوپاتی) هستند که از این ویژگی می‌توان برای کاهش و یا توقف رشد سایر گیاهان به ویژه علف‌های هرز استفاده نمود (۱۴ و ۲۹). جو زراعی^۴ گیاهی است که ویژگی‌های دگرآسیبی آن در تحقیقات متعددی به اثبات رسیده است (۱۰ و ۱۲). در این ارتباط گزارش شده که بقایای این گیاه دارای سازوکارهای مختلف برای رهاسازی مواد دگرآسیب است. ترکیبات دگرآسیب جو از طریق تجزیه بقایای اندام‌ها در خاک (۲۱)، تراوش از ریشه^۵ (۷) و شستشوی مواد

تداخل علف‌های هرز با گیاه زراعی یکی از مهمترین عوامل محدود کننده تولید گیاهان زراعی است. مصرف روز افزون و بی‌رویه علف‌کش‌ها برای کنترل علف‌های هرز اثر نامطلوبی بر زیست بوم‌ها به دنبال داشته و موجب افزایش مقاومت علف‌های هرز به علف‌کش‌ها شده است. استفاده از روش‌های زیستی سازگار با محیط زیست برای کنترل علف‌های هرز باعث کاهش میزان مصرف

۱، ۲ و ۳- به ترتیب دانشیاران و دانش‌آموخته کارشناسی ارشد گروه شناسایی و مبارزه با علف‌های هرز، واحد شوشتر، دانشگاه آزاد اسلامی، شوشتر، ایران
(Email: adelmodhej2006@yahoo.com * - نویسنده مسئول)

DOI: [10.22067/JPP.2021.32347.0](https://doi.org/10.22067/JPP.2021.32347.0)

4- *Hordum vulgare* L.

5- Root exudates

آلی فرار^۱ از اندام‌های هوایی و زیرزمینی (۱۹) در محیط رها شده و بر رشد سایر گیاهان در تناوب اثر بازدارنده دارند. تجزیه بقایای گیاه جو در خاک، ترکیبات متعدد دگرآسیب را نظیر ترکیبات فنولیک^۲، فلاونوئیدها^۳، ساینوگلایکوزیدها^۴، ترکیبات آلکالوئیدی^۵ و پلی‌آمین^۶ برجای می‌گذارد (۱۵ و ۲۲). بطور کلی تا کنون ۴۴ ترکیب با ویژگی دگرآسیبی از گیاه جو استخراج شده است (۲۶). کرم و بن حمود (۲۶) گزارش دادند که مواد دگرآسیب اندام‌های جو زراعی از قبیل آلکالوئیدها، اسیدهای فنلی و فلاونوئیدها باعث کاهش جوانه‌زنی و رشد گیاهچه سلمه تره^۷، خردل وحشی^۸ و دم روباهی^۹ شد. همچنین در یک تحقیق، رشد رقم‌های مختلف جو به همراه گیاهچه چچم دائمی^{۱۰} باعث کاهش رشد این علف هرز شده است (۵). اشرفی و همکاران (۳) از طریق اختلاط بقایای اندام‌های هوایی و ریشه جو در خاک، اثر دگرآسیبی بقایا بر رشد گیاهچه علف‌هرز بید گیاه^{۱۱} را مطالعه کرده و نتیجه گرفتند، درصد جوانه‌زنی، رشد گیاهچه و ارتفاع بوته علف‌هرز به طور معنی‌دار کاهش یافت. در این پژوهش، عصاره آبی جو نیز دارای ویژگی‌های دگرآسیبی بر جوانه‌زنی بذر و رشد گیاهچه علف هرز مذکور بود. جعفرزاده (۲۲) نتیجه گرفت که بقایای جو به میزان ۴/۸ تن در هکتار اثر معنی‌داری معنی‌داری روی تعداد و وزن تر علف‌های هرز یکساله گوش خرگوش^{۱۲} و علف هفت بند^{۱۳} داشت. از سوی دیگر به نظر می‌رسد ارقام مختلف جو دارای توانایی دگرآسیبی متفاوتی بر علف‌های هرز دارند، به نحوی که یک تحقیق با بررسی توان دگرآسیبی ارقام جو کاشته شده در ایران گزارش دادند که ارقام قدیمی جو از ویژگی بازدارندگی بیشتری بر جوانه‌زنی بذر و رشد گیاهچه خردل وحشی در مقایسه با ارقام اصلاح شده جدید برخوردار بودن (۳۱). در تحقیقی دیگر نیز با مطالعه ویژگی‌های دگرآسیبی ارقام قدیم و جدید جو در تونس نتیجه گرفتند که واکنش رشد گیاهچه علف‌هرز پشمکی^{۱۴} به ارقام قدیمی بیشتر بود (۷). گزارش شده است که ترکیبات دگرآسیب قادرند فرایندهای فیزیولوژیک گوناگونی نظیر غلظت درونی تنظیم کننده‌های رشد گیاهی، سلامت غشاهای سلولی و فعالیت آنزیم‌ها را تحت تاثیر قرار

دهند (۲۷).

یکی از عوامل اصلی خسارت‌زای ترکیبات دگرآسیب بر گیاهان، تولید انواع رادیکال‌های آزاد اکسیژن و بروز تنش اکسیداتیو است (۱۷). حضور گونه‌های فعال اکسیژن در محیط سلولی، سبب تخریب ماکرومولکول‌های عمده سلولی نظیر DNA و RNA و آنزیم‌های حیاتی نظیر آلفا آمیلاز و رابیسکو می‌شود (۲۹). فرهودی و مکی‌زاده (۱۵) با بررسی اثر عصاره جو بر جوانه‌زنی و رشد گیاهچه یولاف وحشی^{۱۵} و چچم^{۱۶} بیان نمودند ترکیبات دگرآسیب جو با تخریب غشا سلولی سبب کاهش فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز و رشد گیاهچه گیاهان هدف شد. فرهودی و لی (۱۴) گزارش نمودند ترکیبات دگرآسیب جو زراعی موجب تخریب غشا سلولی گیاهچه یولاف وحشی شد در حالی که فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان کاتالاز و پراکسیداز در گیاهچه‌های یولاف وحشی افزایش یافت و این افزایش فعالیت در واکنش به ترکیبات دگرآسیب جو بیانگر بروز تنش اکسیداتیو در گیاهچه یولاف وحشی است. ترکیبات دگرآسیب نظیر فنل‌ها، فلاونوئیدها و آلکالوئیدها قادرند با اثر منفی بر ساختار آنزیم آلفا آمیلاز، فعالیت این آنزیم را کاهش دهند (۲۵). ترکیبات دگرآسیب آفتابگردان^{۱۷} سبب تغییر در فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان گیاهچه خردل وحشی شد (۲۹). ترکیبات دگرآسیب می‌توانند بر غلظت درونی تنظیم کنندگان رشد گیاهی اثرگذار بوده و از این طریق بر رشد گیاهان را تحت اثر قرار دهند. به عنوان مثال ترکیبات آللوپاتیک آفتابگردان با اثر منفی بر غلظت درونی اسید جیبرلیک و اکسین موجب کاهش جوانه‌زنی و رشد گیاهچه گندم می‌شوند در حالی که غلظت درونی اسید آبسزیک در این حالت افزایش یافت (۲۳).

پیچک یکی از ۱۰ علف هرز خطرناک جهان به شمار می‌آید که در غلات عملکرد را تا ۶۰ درصد و در کشت‌های ردیفی تا ۸۰ درصد کاهش می‌دهد (۳۲). این علف با پیچش به دور بوته غلاتی نظیر گندم، جو و ذرت^{۱۸} باعث خسارت در هنگام برداشت می‌شود. از سوی دیگر، این گیاه دارای رقابت غیر مستقیم برای منبع محیطی و غذایی و همچنین اثر دگرآسیبی بر برخی غلات زمستانه نظیر گندم است (۳۲). بنابراین کنترل این علف‌هرز برای کاهش خسارت‌های احتمالی ضروری به نظر می‌رسد. این پژوهش به منظور بررسی اثر دگرآسیبی بقایای دو رقم بومی و اصلاح شده جو بر رشد گیاهچه و ویژگی‌های فیزیولوژیکی علف‌هرز پیچک به مرحله اجرا درآمد.

- 1- Volatile organic compounds
- 2- Phenolic
- 3- Flavonoids
- 4- Cyanoglucosides
- 5- Alkaloids
- 6- Polyamines
- 7- *Chenopodium album* L.
- 8- *Sinapis arvensis* L.
- 9- *Alopecurus myosuroides* L.
- 10- *Lolium perenne* L.
- 11- *Agropyron repens* L.
- 12- *Conringia orientalis* L.
- 13- *Polygonum aviculare* L.
- 14- *Bromus diandrus* Roth

15- *Avena fatua* L.

16- *Lolium temulentum* L.

17- *Helianthus annuus* L.

18- *Zea mays* L.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در سال ۱۳۹۲ در آزمایشگاه بذر دانشگاه آزاد اسلامی واحد شوشتر و در محیط کشت گلدان انجام شد. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار بود. فاکتورهای آزمایش شامل دو رقم جو (توده بومی و ۱۰ سراسری) و تیمار بقایای جو مخلوط شده با خاک شامل ۱۰، ۲۰، ۳۰ و ۴۰ گرم در هر کیلوگرم خاک بودند. بقایا به صورت سطحی تا عمق حدود چهار سانتی‌متر با خاک گلدان‌ها مخلوط شدند. همچنین یک تیمار شاهد بدون بقایا نیز در نظر گرفته شد. بقایای دو رقم مذکور از دو مزرعه مختلف با شرایط کشت فاریاب در شهرستان شوش تهیه شد. بافت خاک مزارع جو از نوع لومی‌رسی، با اسیدیته ۷/۴ و تاریخ کاشت ارقام اواسط آبان ماه بود. در مرحله برداشت بوته‌های جو در اواسط اردیبهشت ماه از سطح زمین کف‌بر شده و اندام‌های هوایی پس از حذف سنبله‌ها سایر بقایا شامل ساقه و برگ‌ها در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت در آون خشک شدند.

برای تهیه ریزوم پیچک از عمق ۳۰ سانتی‌متر خاک با استفاده از بیل از سطح مزارع شهرستان شوش برداشت شده و در گلدان‌های به ارتفاع ۴۰ و قطر ۳۰ سانتی‌متر با محیط کشت خاک رس و کود پوسیده حیوانی به نسبت دو به یک کشت گردید. گلدان‌های در طول دوره رشد گیاه در فضای آزاد قرار داده شدند. به منظور یکنواختی ژنتیکی نمونه‌ها، ریزوم‌های یک بوته پیچک مورد استفاده قرار گرفتند. در هر گلدان حاوی سه قطعه ریزوم به طول شش سانتی‌متر و قطر حدود ۲-۳ میلی‌متر با حداقل ۳-۴ گره در عمق سه سانتی‌متری قرار داده شد. آبیاری بر اساس نیاز گیاه و شرایط رطوبت خاک گلدان انجام شد. ۳۰ روز پس از رویش پیچک در گلدان‌ها نسبت به بررسی صفات مرفولوژیکی (وزن تر و طول گیاهچه) و فیزیولوژیکی (آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان) اقدام شد. صفات مورد مطالعه شامل وزن و طول گیاهچه، غلظت مالون دی‌آلدئید، درصد اسید چرب، فعالیت آنزیم‌های کاتالاز، پراکسیداز، آلفا آمیلاز، گلاتیون ردکتاز و غلظت هورمون‌های اسید جبرلیک و آبسزیک اسید بافت ریزوم بودند. وزن تر گیاهچه با ترازوی حساس با دقت میلی‌گرم برای هر بوته در گلدان تعیین شد. طول گیاهچه نیز توسط خطکش مدرج با دقت سانتی‌متر اندازه‌گیری شد.

برای بررسی گلاتیتینون ردکتاز ابتدا پروتئین ریزوم استخراج شد (۱). ۵۰ میکرولیتر محلول پروتئینی استخراج شده از ریزوم‌ها با بافر فسفات ۱۰ میلی‌مولار، محلول 2-NADPH، ۱۰ میلی‌مولار گلاتیتینون و سه میلی‌مول کلرید منیزیم با هم ترکیب شدند. میزان فعالیت آنزیم گلاتیتینون ردکتاز به مدت شش دقیقه و هر ۳۰ ثانیه یکبار در طول موج ۳۴۰ نانومتر بررسی شد (۲۹). برای بررسی فعالیت آنزیم کاتالاز ۵۰ میکرو مول از محلول پروتئینی استخراج شده از

ریزوم به ۱۰۰ میلی‌مول بافر فسفات اضافه و سپس ۳۰ میکرو لیتر پراکسید هیدروژن نیز به مخلوط افزوده شد. در نهایت این مخلوط در کورت اسپکتوفتومتر ریخته شد و در طول موج ۲۴۰ نانومتر فعالیت آنزیمی بر اساس تغییرات جذب قرائت شد (۹). برای بررسی فعالیت آنزیم پراکسیداز مخلوط واکنش شامل بافر فسفات ۱۰ میلی‌مولار، ۸ میلی‌مولار گویاکول، ۲/۷۵ میلی‌مولار پراکسید هیدروژن و ۵۰ میکرو لیتر محلول پروتئینی استخراج شده در ابتدای آزمایش بود. پس از اضافه کردن پراکسید هیدروژن بلافاصله افزایش جذب در طول موج ۴۷۰ نانومتر به مدت ۶۰ ثانیه خوانده شد (۹).

برای تهیه محلول استخراج آنزیم آلفا آمیلاز ابتدا پنج میلی‌لیتر محلول ۶۰ میلی‌مولار بافر فسفات (pH 6.8) به ریزوم‌ها اضافه شد و سپس گیاهچه به مدت ۱۵ دقیقه با ۱۲۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ گردید. جهت اندازه‌گیری آنزیم α -آمیلاز ابتدا ۰/۵ میلی‌لیتر محلول نشاسته به داخل لوله آزمایش منتقل شد سپس ۰/۵ میلی‌لیتر از عصاره تهیه شده در بالا به آن اضافه شده و بعد از ۳۰ دقیقه انکوباسیون در ۳۷ درجه سانتی‌گراد بوسیله یک میلی‌لیتر اسید هیدروکلریدریک ۰/۱ نرمال واکنش را متوقف کرده و در ادامه یک میلی‌لیتر از معرف ید به آن اضافه شد. پس از آن حجم محتوی لوله را با آب مقطر به حدود ۱۰ میلی‌لیتر رسانده و میزان جذب رنگ را با استفاده از اسپکتروفتومتر در طول موج ۶۲۰ نانومتر خوانده و با نمونه شاهد مورد مقایسه قرار گرفت (۳۴).

جهت بررسی درصد اسید چرب آزاد بافت ریزوم علف‌هرز، نیم گرم از نمونه ریزوم تازه درون ارلن مایر قرار داده شد و ۱۰ میلی‌لیتر الکل اتانول ۷۰ درصد به آن اضافه شد و با افزودن ۲ قطره فنل فتالین آن را با سود ۰/۱ درصد تیتیر کرده تا رنگ صورتی کم رنگ حاصل شود و این رنگ حداقل ۳۰ ثانیه باید پایدار باشد و بر اساس فرمول‌های مربوط درصد اسید چرب آزاد بررسی شد (۳۳). به منظور تعیین غلظت مالون دی‌آلدئید گیاهچه، ابتدا نیم گرم بافت ریزوم را در محلول ۲۰ درصد تیوکلرو استیک اسید که حاوی ۰/۵ درصد تیوباربتوریک اسید بود کاملاً پودر کرده و آنگاه این مخلوط به مدت ۲۵ دقیقه در دمای ۹۵ درجه سانتی‌گراد در حمام بن‌ماری حرارت داده شد. سپس این مخلوط در حمام یخ سرد شد غلظت مالون دی‌آلدئید در طول موج ۵۳۲ نانومتر اندازه‌گیری گردید (۳۳). غلظت درونی هورمون‌های آبسزیک اسید و جبرلیک اسید بر اساس روش کمال (۲۳) بررسی شدند.

تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS Ver.13 و مقایسه‌ی میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد انجام شد. نمودارها با استفاده از Excel رسم شدند.

نتایج و بحث

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که اثر مقدار بقایای جو و برهمکنش مقدار بقایا و نوع جو بر وزن تر گیاهچه و طول گیاهچه پیچک در سطح احتمال یک درصد معنی دار بود در حالی که اثر رقم معنی دار نشد (جدول ۱). بیشترین وزن تر گیاهچه پیچک در تیمار ۱۰ گرم بقایای رقم ۱۰ سراسری مشاهده شد. افزایش میزان بقایا در رقم بومی، کاهش معنی دار وزن تر گیاهچه را به دنبال داشت. کمترین وزن تر گیاهچه پیچک در تیمار ۴۰ گرم بقایای رقم بومی بود به نحوی که این صفت در تیمار مذکور ۷۳/۶ درصد نسبت به شاهد بدون بقایا کاهش یافت (جدول ۲). نتایج نشان داد، بین میانگین وزن تر دو رقم جو تفاوت معنی داری مشاهده نشد. جعفرزاده (۲۲) با بررسی اثر بقایای جو در خاک بر علف‌های هرز یکساله و چندساله نتیجه گرفت که پسماندهای جو به مقدار ۴/۸ تن در هکتار باعث کاهش معنی دار وزن تر گیاهچه علف هرز هفت بند شد. فرهودی و همکاران (۱۶) با بررسی اثر ترکیبات آلوشیمیایی جو گزارش دادند که ترکیبات آلکالوئیدی آتروپین و استریکنین باعث کاهش معنی دار وزن تر گیاهچه سلمه‌تره شد.

افزایش مقدار بقایای جو بومی و ۱۰ سراسری در خاک باعث کاهش معنی دار طول گیاهچه پیچک شد (جدول ۲). اشرفی و همکاران (۲) گزارش دادند که بقایای جو در خاک باعث کاهش معنی دار طول گیاهچه در دمراباهی^۱ شد. اگرچه اثر بقایای جو ۱۰ سراسری بر این صفت تا مقدار ۳۰ گرم در کیلوگرم خاک گلدان بر طول گیاهچه معنی دار نبود، اما مصرف ۴۰ گرم پسمان جو توده بومی طول گیاهچه را ۵۰ درصد نسبت به شاهد کاهش داد. در یک تحقیق، ارقام قدیمی جو از ویژگی‌های بازدارندگی بیشتری بر رشد گیاهچه خردل وحشی در مقایسه با ارقام اصلاح شده جدید برخوردار بودند (۳۱). در تحقیقی دیگر نیز با مطالعه ویژگی‌های دگرآسیبی ارقام قدیم و جدید جو در تونس نتیجه گرفتند که واکنش رشد گیاهچه علف هرز به ارقام قدیمی بیشتر بود (۷).

نتایج نشان داد که اثر تیمارهای مورد مطالعه و برهمکنش آنها بر غلظت مالون‌دی‌آلدهید ریزوم پیچک در سطح احتمال یک درصد معنی دار بود (جدول ۱). افزایش مقدار بقایای جو در هر دو رقم بومی و اصلاح شده باعث افزایش مالودی آلدهید شد (جدول ۲). به نظر می‌رسد که آسیب ایجاد شده توسط ترکیبات آلوشیمیایی رها شده در خاک باعث تولید رادیکال‌های آزاد و تخریب دیواره سلولی و در نتیجه افزایش غلظت مالون‌دی‌آلدهید شد (۲۷). فرهودی و لی (۱۴) گزارش دادند که افزایش غلظت عصاره جو زراعی باعث افزایش غلظت مالون‌دی‌آلدهید در گیاهچه یولاف وحشی و چچم شد. اثر ترکیبات

آلوشیمیایی بر افزایش غلظت مالون‌دی‌آلدهید و تخریب غشای سلولی در برخی آزمایش‌ها گزارش شده است (۱۴، ۱۵ و ۱۶). بررسی روند تغییرات رگرسیونی اثر بقایای جو در دو رقم بر این ترکیب نشان داد که شیب تغییرات افزایش در واکنش به بقایای جو بومی بیشتر از رقم جو اصلاح شده بود (شکل ۱) که ممکن است به دلیل برخورداری این رقم از ترکیبات آلوشیمیایی بازدارنده رشد در مقایسه با رقم اصلاح شده باشد.

افزایش درصد اسیدهای چرب به موازات افزایش غلظت مالون‌دی‌آلدهید در واکنش به افزایش مقدار بقایای جو در گلدان‌ها صورت گرفت (جدول ۲). به نظر می‌رسد غلظت بالای اسیدهای چرب و مالون‌دی‌آلدهید به دلیل افزایش پراکسیداسیون اسیدهای چرب غشای سلولی و در واکنش به ترکیبات آلوشیمیایی و تنش اکسیداتیو ناشی از بقایای جو بود. افزایش این دو ترکیب در واکنش به تولید رادیکال‌های آزاد ناشی از مواد آلوشیمیایی و ایجاد تنش اکسیداتیو، توسط برخی محققان گزارش شده است (۱۳ و ۲۰).

با توجه به نتایج جدول ۲، اثر مخرب بقایای جو بومی بر دیواره سلولی و تولید اسید چرب بیشتر از جو اصلاح شده بود که شاید به غلظت و نسبت ترکیبات آلوشیمیایی موجود در این رقم مربوط می‌شود (۲۳). فرهودی و همکاران (۱۶) گزارش دادند که برخی ترکیبات موجود در جو نظیر آتروپین و استریکنین و فنل بیشتر از کونئین بود. این ترکیبات سبب تخریب غشاهای سلولی در گیاهچه علف‌های هرز شدند و میان تخریب غشای سلولی تحت اثر کاربرد آنها افزایش یافت.

اثر تیمارهای آزمایشی و برهمکنش آنها بر فعالیت آنزیم آل‌آمیلاز در سطح احتمال یک درصد معنی دار بود (جدول ۱). با افزایش مقدار بقایا جو فعالیت آنزیم آل‌آمیلاز به طور معنی دار کاهش یافت (جدول ۲). اثر بقایای توده بومی بر آل‌آمیلاز بیشتر از رقم جو ۱۰ سراسری بود، به نحوی که ۴۰ گرم بقایای توده بومی و رقم ۱۰ سراسری به ترتیب این آنزیم را ۳۸ و ۷۹/۵ درصد نسبت به شاهد کاهش داد (جدول ۲). تفاوت بین تیمارهای ۱۰ و ۲۰ گرم و همچنین ۳۰ و ۴۰ گرم بقایا در جو ۱۰ سراسری از نظر میزان فعالیت آل‌آمیلاز معنی دار نبود. آل‌آمیلاز آنزیمی کلیدی است که مولکول‌های نشاسته را به مولکول‌های کوچکتر نظیر گلوکز تجزیه کرده و انرژی لازم برای جوانه‌زنی رشد گیاهچه را فراهم می‌کند. تخریب این آنزیم در واکنش به حضور ترکیبات آلوشیمیایی، جوانه‌زنی، رشد گیاهچه و تولید زیست‌توده گیاهان را کاهش می‌دهد (۱۶). فرهودی و مکی‌زاده (۱۵) گزارش نمودند عصاره گیاه جو موجب کاهش فعالیت آنزیم آل‌آمیلاز و کاهش جوانه‌زنی یولاف وحشی و چچم شد. نتایج یک تحقیق نشان داد ترکیبات آلوشیمیایی اثر منفی بر فعالیت آل‌آمیلاز سبب کاهش کاهش جوانه‌زنی و رشد گیاهچه لوبیا، ذرت و گوجه فرنگی شد (۱۱).

جدول ۱- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر دگرآسیبی بقایای جو بر برخی ویژگی‌های مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی گیاهچه و ریزوم پیچک
Table 1- Analysis of variance of (mean of squares) the effect of a barley residual on some morphological and physiological attributes of field bindweed seedling and rhizome

منابع تغییرات S.OV	درجه آزادی Df.	وزن تر گیاهچه Seedling fresh weight	طول گیاهچه Seedling length	غلظت مالون دی آلدیید ریزوم Rhizome Malondialdehyde concentration	درصد اسید چرب ریزوم Rhizome Fatty acid percent	فعالیت آلفا-آمیلاز ریزوم Rhizome α - amylase activity
بلوک Block	3	0.12 ^{ns}	101.1 ^{**}	0.001 ^{**}	801.5 ^{ns}	2.1 ^{ns}
مقدار بقایای جو Barley residual amount (BRA)	3	1.9 ^{**}	328.0 ^{**}	0.0001 ^{**}	10022.1 ^{**}	41.0 ^{**}
رقم Genotype (G)	1	0.95 ^{ns}	381.5 ^{**}	0.0001 ^{**}	8272.5 ^{**}	24.5 ^{**}
رقم×مقدار بقایا G×BRA	3	0.99 ^{**}	221.1 ^{**}	0.0001 ^{**}	5128.9 ^{**}	38.1 ^{**}
خطا Error	21	0.17	18.1	0.00001	85.81	3.7
ضریب تغییرات CV (%)		8.90	12.1	3.10000	7.0	2.8

ns, * و **: به ترتیب عدم تفاوت معنی‌دار، تفاوت معنی‌دار در سطح آماری پنج و یک درصد هستند.

ns, * and **: indicate an insignificant and significant differences at the P=0.05 and 0.01 level respectively.

جدول ۲- مقایسه میانگین اثر مقدار بقایای دو رقم جو بر برخی ویژگی‌های مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی گیاهچه و ریزوم پیچک
Table 2- Comparison effect of barley genotype residual amount on some morphological and physiological attributes bindweed rhizome

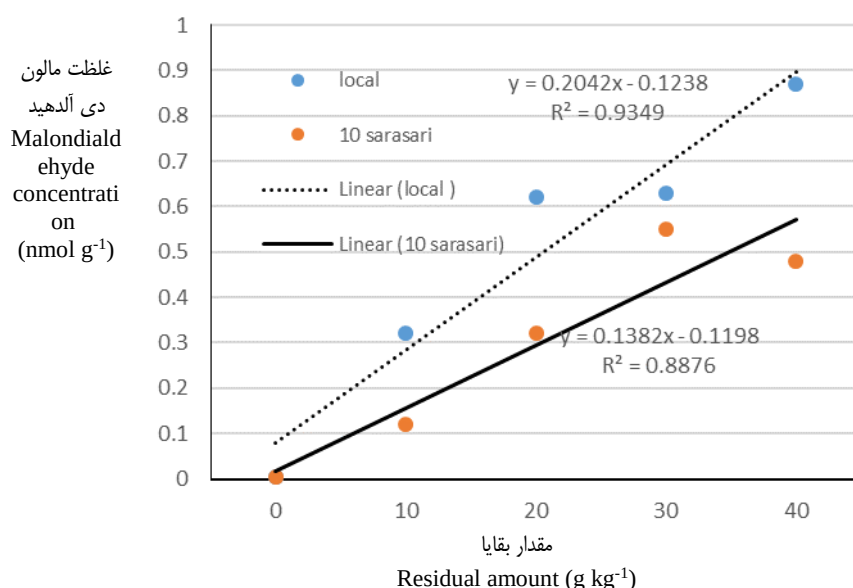
رقم Genotypes	مقدار بقایا Residual amount (g per kg soil)	وزن تر گیاهچه Seedling fresh weight (mg)	طول گیاهچه Seedling length (cm)	غلظت مالون دی آلدیید Malondialdehyde concentration (nmol g ⁻¹)	درصد اسید چرب Fatty acid percent	فعالیت آلفا- آمیلاز A-amylase activity (nmol min ⁻¹)
۱۰ سراسری	10	0.050	3.0	0.12	9.7	7.4
	20	0.035	2.7	0.32	8.5	7.3
10 Sarasari	30	0.040	3.1	0.55	14.0	4.6
	40	0.040	2.2	0.48	28.6	4.8
توده بومی	10	0.040	3.0	0.32	6.1	6.8
	20	0.040	2.9	0.62	11.0	3.2
Local	30	0.030	1.7	0.63	26.0	2.4
ecotype	40	0.029	1.0	0.87	33.8	1.6
شاهد		0.11	4.2	0.004	4.3	7.8
LSD (0.05)		0.29	3.0	0.002	6.5	1.3

گردید. بیشترین میزان فعالیت آنزیم پراکسیداز در رقم‌های جو ۱۰ سراسری و توده بومی به ترتیب در تیمارهای ۳۰ و ۲۰ گرم مشاهده شد (جدول ۴). همچنین محققان گزارش دادند که محلول‌پاشی یولاف وحشی و جودره توسط عصاره جو باعث تحریک فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و پراکسیداز شدند اما افزایش عصاره جو، کاهش معنی‌دار فعالیت این دو آنزیم را به دنبال داشت زیرا آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان دارای ساختار پروتئینی بوده و این ساختار می‌تواند تحت

اثر مقدار بقایا، رقم و برهمکنش آنها بر فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان گلوکاتایون ردکتاز، کاتالاز و پراکسیداز معنی‌دار بود (جدول ۳). فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان در ابتدا تحت اثر افزایش مقدار بقایای جو افزایش و سپس کاهش یافت (جدول ۴). به نظر می‌رسد در مقادیر پایین بقایای جو، این آنتی‌اکسیدان‌ها باعث حذف رادیکال‌های آزاد اکسیژن و کاهش اثر تنش اکسیداتیو شدند، اما افزایش مقدار مواد آلوکسیمایی موجب کاهش فعالیت این آنزیم‌ها

فعالیت این آنزیم نیز در کاربرد ۴۰ گرم بقایای توده بومی بود. اثر بقایای توده بومی بر فعالیت آنزیم گلاپتیتون ردکتاز بیش از ۱۰ سراسری بود. در یک تحقیق مشخص شد که تخریب غشای سلولی در گیاهچه‌های خردل وحشی تحت اثر بقایای آفتابگردان عامل اصلی کاهش رشد گیاهچه خردل وحشی بود. فعالیت آنزیم های آنتی اکسیدان پراکسیداز و کاتالاز تحت تاثیر ترکیبات دگرآسیب آفتابگردان در گیاهچه خردل وحشی یافت که منجر به عدم توانایی گیاهچه در دفع رادیکال‌های آزاد اکسیژن و در نتیجه تخریب غشای سلولی شد (۲۹).

تاثیر ترکیبات آللوپاتیک قرار گیرد (۱۴). بن حمودا و همکاران (۴) نتیجه گرفتند رقم‌های بومی جو در تونس به دلیل برخورداری از نسبت‌های مختلف ترکیبات آلوشیمیایی به ویژه مواد فنلی، دارای اثر دگرآسیبی متفاوتی بر گیاهان هدف بودند. فعالیت آنزیم گلاپتیتون ردکتاز با افزایش مقدار بقایای هر دو رقم در تیمارهای ۳۰ و ۴۰ گرم کاهش داشت (جدول ۴). فرهودی و همکاران (۱۸) گزارش دادند که افزایش غلظت عصاره آبی گلرنگ تا ۲۰ درصد باعث افزایش فعالیت گلاپتیتون ردکتاز شد اما در غلظت‌های بالاتر، میزان فعالیت این آنزیم به طور معنی‌دار کاهش یافت. بیشترین فعالیت گلاپتیتون ردکتاز در ترکیب تیماری ۲۰ گرم بقایای جو ۱۰ سراسری مشاهده شد، کمترین



شکل ۱- روند تغییرات رگرسیونی غلظت مالون‌دی‌آلدئید در واکنش به مقادیر مختلف بقایای دو رقم جو

Figure 1- Regression trend of Malondialdehyde concentration under different amount of residual of barley genotypes

جدول ۳- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر دگرآسیبی جو بر برخی ویژگی‌های فیزیولوژیکی ریزوم پیچک

Table 3- Analysis of variance (mean of squares) of the effect of a barley residual on some attributes of field bindweed rhizome

منابع تغییرات S.OV	درجه آزادی Df.	فعالیت کاتالاز Catalase activity	فعالیت پراکسیداز Peroxidase activity	فعالیت گلاپتیتون ردوکتاز Glutathione reductase activity	غلظت هورمون اسید جیبرلیک GA concentration	غلظت هورمون آبسیزیک اسید ABA concentration
Block بلوک	3	0.97*	2.5 ^{ns}	2.1**	221.6 ^{ns}	109.2 ^{ns}
Barley مقدار بقایای جو residual amount(BRA)	3	2.8**	108.8**	5.2**	2158.6**	2228.1**
Genotype (G) رقم	1	1.5**	71.7**	3.9**	2342.0**	2711.2**
G×BRA رقم×مقدار بقایا	3	1.8**	29.0**	3.7**	1725.1**	2318.5**
Error خطا	21	0.34	5.1	0.18	241.3	185.0
CV (%) ضریب تغییرات		1.50	5.3	1.70	8.1	11.7

ns و * و **: به ترتیب عدم تفاوت معنی‌دار، تفاوت معنی‌دار در سطح آماری پنج و یک درصد هستند.

ns, * and **: indicate an insignificant and significant differences at the P=0.05 and 0.01 level respectively.

جدول ۴- مقایسه میانگین‌های اثر مقدار بقایای دو رقم جو بر برخی ویژگی‌های فیزیولوژیکی گیاهچه و ریزوم پیچک

Table 4- Comparison effect of barley genotype residual amount on some physiological attributes of field bindweed rhizome

رقم Genotypes	مقدار بقایا Residual amount (g per kg soil)	فعالیت کاتالاز Catalase activity (nmol mg pro ⁻¹ min ⁻²)	فعالیت پراکسیداز Peroxidase activity (mg min ⁻¹)	فعالیت گلاوتیتون ردوکتاز Glutathione reductase activity (NADPH mg pro ⁻¹)	غلظت هورمون اسید جیبرلیک GA concentration (Mmol g ⁻¹)	غلظت هورمون آبسزیک اسید ABA concentration (Mmol g ⁻¹)
۱۰ سراسری 10 Sarasari	10	7.1	12.5	7.0	81	34
	20	13.7	22.5	12.1	62	44
	30	13.3	25.1	10.3	62	50
	40	9.0	15.0	5.6	43	65
توده بومی Local ecotype	10	5.0	14.0	11.5	79	42
	20	12.8	23.7	12.3	59	52
	30	3.3	8.0	4.0	58	52
	40	2.8	8.6	3.8	38	75
شاهد Control		7.3	12.5	7.0	82	32
LSD (0.05)		0.41	1.59	0.3	10.9	9.6

گیاهچه نقص اساسی دارد. بنابراین کاهش غلظت این هورمون موجب کاهش جوانه‌زنی و رشد گیاهچه می‌شود که با آزمایش حاضر همخوانی دارد. گزارش شده است که ترکیبات دگرآسیب با اثر منفی بر غلظت درونی هورمون جیبرلین باعث کاهش جوانه‌زنی و رشد گیاهچه می‌شود (۲۳) که با نتایج این تحقیق مطابقت داشت.

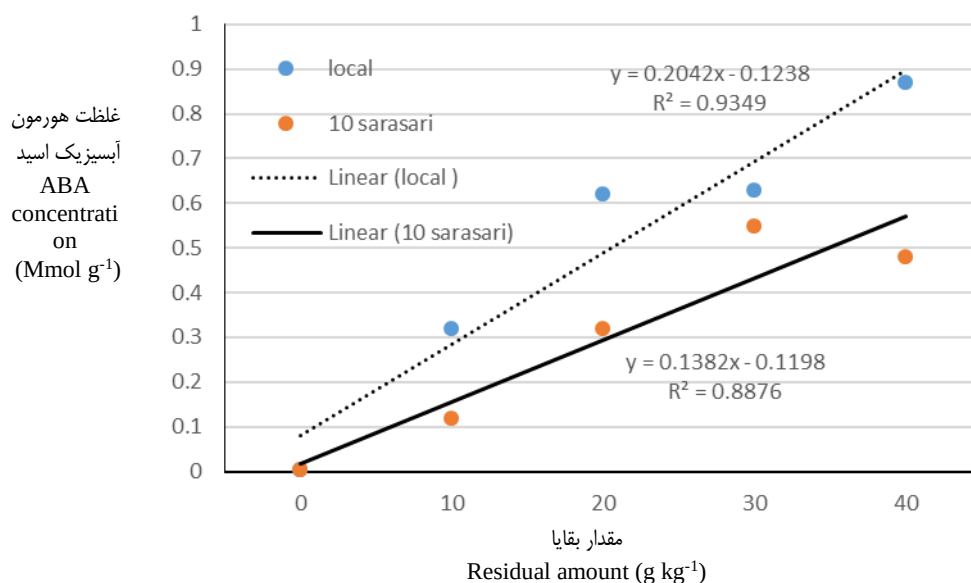
هورمون آبسزیک اسید یک هورمون کلیدی در تنظیم واکنش گیاهان به تنش‌های محیطی است لذا هورمون تنش نیز نامیده می‌شود (۲۸).

ترکیبات دگرآسیب سبب افزایش غلظت درونی آبسزیک اسید گیاهچه گندم شد. افزایش غلظت آبسزیک اسید نیز منجر به کاهش جوانه‌زنی و رشد گیاهچه گندم شد (۲۳). ترکیبات آلوشیمیایی گیاهان قادرند مانند سایر تنش‌های محیطی با اثر بر محتوای درونی آبسزیک اسید گیاهان هدف سبب کاهش رشد گیاهچه شوند (۲۴). عصاره آبی آفتابگردان سبب کاهش شدید جوانه‌زنی و رشد ریشه چه خردل وحشی شد زیرا غلظت درونی آبسزیک اسید گیاهچه خردل وحشی در واکنش به ترکیبات دگرآسیب افزایش یافت (۶).

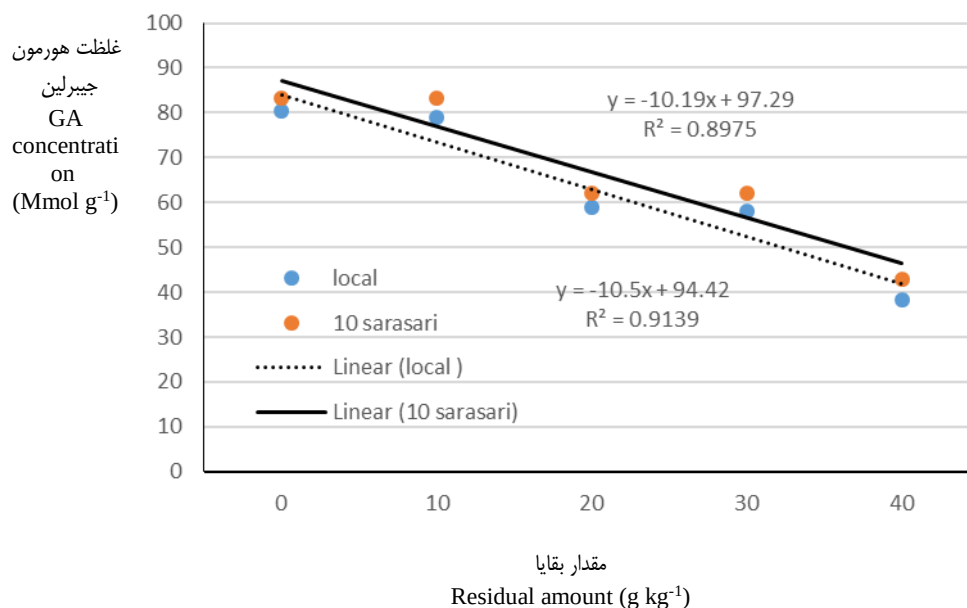
نتیجه‌گیری

بطور کلی نتایج این تحقیق نشان داد که بقایای جو در خاک اثر دگرآسیبی بر رشد ریزوم و گیاهچه پیچک دارد به نحوی که مصرف بقایای کاه و کلش جو در خاک باعث کاهش فعالیت آنزیم‌های رشد نظیر آلفا آمیلاز شده و زیست توده و طول گیاهچه پیچک کاهش داد.

غلظت هورمون‌های آبسزیک اسید و جیبرلین به طور معنی‌دار تحت اثر تیمارهای آزمایشی قرار گرفت (جدول ۳) به طوری‌که افزایش مقدار بقایای جو باعث افزایش غلظت آبسزیک اسید و کاهش هورمون جیبرلین شد (جدول ۴ و شکل‌های ۲ و ۳). این نتایج با گزارش فرهودی و همکاران (۱۸) مبنی بر اثر زیانبار ترکیبات آلوشیمیایی جو و ایجاد شرایط تنش اکسیداتیو در ریزوم پیچک مطابقت داشت (۸). بیشترین و کمترین مقدار جیبرلین در هر دو رقم جو به ترتیب در تیمارهای ۱۰ و ۴۰ گرم در کیلوگرم خاک گلدان بدست آمد. به طوری که مقدار جیبرلین در تیمارهای ۲۰ و ۳۰ گرم بقایای جو (۱۰ سراسری) نسبت به شاهد به ترتیب ۲۴، ۲۴ و ۴۷ درصد و در رقم توده بومی به ترتیب ۲۸، ۲۹ و ۵۳ درصد کاهش یافت (جدول ۴). شیب تغییرات منحنی کاهش هورمون جیبرلین و افزایش آبسزیک اسید تحت تاثیر بقایای رقم توده بومی بیشتر از رقم ۱۰ سراسری بود (شکل‌های ۲ و ۳). تنظیم کننده‌های رشد گیاه نظیر جیبرلین، آبسزیک اسید و ایندول استیک اسید نقش مهمی در فرایندهای فیزیولوژیکی گیاهان و پاسخ آنها به شرایط پیرامون گیاهان دارند (۲۳). به طوری که ترکیبات دگرآسیب مانند سایر عوامل محیطی بر غلظت درونی این تنظیم کننده‌های گیاهی در گیاهان هدف اثر می‌گذراند و سبب بروز تغییراتی نظیر کاهش فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز، کاهش جوانه‌زنی، تغییر در فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدان و تشدید تخریب غشاهای سلولی گیاهان پیرامون گیاه تولید کننده ترکیبات دگرآسیب می‌شوند (۶). پاسخ گیاهان به تنش‌های محیطی نظیر دگرآسیبی با تعادل میان هورمون‌های گیاهی ارتباط مستقیم دارد. هورمون جیبرلین در فرایند جوانه‌زنی، تقسیم میتوز و رشد



شکل ۲- روند تغییرات رگرسیونی غلظت آبسیزیک اسید در واکنش به مقادیر مختلف بقایای دو رقم جو
Figure 2- Regression trend of ABA under different amount of residual of barley genotypes



شکل ۳- روند تغییرات رگرسیونی غلظت جبرلین در واکنش به مقادیر مختلف بقایای دو رقم جو
Figure 3- Regression trend of GA under different amount of residual of barley genotypes

بقایای جو باعث ایجاد شرایط تنش اکسیداتیو، پراکسیداسیون غشای سلولی و در نتیجه افزایش درصد اسیدهای چرب و غلظت مالون دی آلدئید شد. از سوی دیگر غلظت هورمون رشد جبرلین در واکنش به مصرف بقایای جو کاهش یافته و مقدار هورمون آبسیزیک اسید به عنوان هورمون تنش، افزایش یافت. نتایج این پژوهش همچنین نشان داد که بقایای رقم بومی در مقایسه با رقم ۱۰

افزایش مقدار بقایا کاه و کلش جو فعالیت آنزیمهای آنتی اکسیدان نظیر پراکسیداز، کاتالاز و گلاوتیتون ردکتاز را تا تیمار ۲۰ گرم در هر کیلوگرم خاک افزایش داد اما در مقادیر بالاتر بقایا جو در خاک، اثر بازدارندگی مواد آلوپاتی بر این ترکیبات باعث شد که ریزوم قادر به مقابله با تنش اکسیداتیو نبوده و رشد آن دچار اختلال گردید. کاهش فعالیت آنزیمهای آنتی اکسیدان در واکنش به

کاهش خسارت‌های این علف‌هرز استفاده نمود. به هر حال، بررسی اثر بقایای جو بر گیاه زراعی کاشته شده در تناوب پس از آن نیز ضروری است.

سراسری از اثر بازدارندگی بیشتری در تمامی صفات مورد مطالعه ریزوم و گیاهچه برخوردار بوده و به نظر می‌رسد در مزارعی که علف‌هرز پیچک غالب است می‌توان از این بقایای این رقم برای

منابع

- 1- Agrawal J., Sairam R.K., Srivasta G.C., Tyagi A., and Meena R.C. 2005. Role of ABA salisylic acid, calcium and hydrogen peroxide on antioxidant enzymes induction in wheat seedling. Planet Science 169: 559-570.
- 2- Ashrafi Z.Y., Sadeghi S., Mashhadi H.R., and Alizade H.M. 2008. Study of allelopathical effects of barley on inhibition of germination and growth of seedling green foxtail. Journal of SAT Agricultural Research 6: 1-6.
- 3- Ashrafi Z.Y., Sadeghi S., and Mashhadi H.R. 2009. Inhibitive effects of barley (*Hordeum vulgare*) on germination and growth of seedling quack grass (*Agropyrum repens*). Icelandic Agricultural Sciences 22: 37-43.
- 4- Ben-Hammouda M., Oueslati O., and Habib M. 2001. Auto-Toxicity of barley residues in direct sowing. Laboratoire de Physiologie de la Production des Céréales, Tunisia. 1-9. (In Spanish with English abstract)
- 5- Bertholdsson N.O. 2004. Variation in allelopathic activity over 100 years of barley selection and breeding. Weed Research 44: 78-86.
- 6- Bogatek R., Gniazdowska A., Zakrzewska W., Oracz K., and Gawroski S.W. 2005. Allelopathic effects of sunflower extracts on mustard seed germination and seedling growth. Biology Plantarum 50: 156-158.
- 7- Bouhaouel I., Gfeller A., Fauconnier M.L., Rezgui S., Amara H., and Jadin P. 2015. Allelopathic and autotoxicity effects of barley (*Hordeum vulgare* L. ssp. *vulgare*) root exudates. BioControl 60: 425-436.
- 8- Chance B., and Maehly A.C. 1995. Assay of catalase and peroxidases. Methods Enzymology 2: 764-775.
- 9- Chinnusamy V., Schumaker K., and Zhu J.K. 2004. Molecular genetic perspectives on cross-talk and specificity in abiotic stress signaling in plants. Journal of Experimental Botany 55: 225-236.
- 10- Chon S.U., and Kim Y.M. 2004. Herbicidal potential and quantification of suspected allelochemicals from four grass crop extracts. Journal of Agronomy and Crop Science 190: 145-150.
- 11- Cruz-Ortega R., Ayala-Cordero G., and Anaya A.L. 2002. Allelochemical stress produced by the aqueous leachate of *Callicarpa acuminata*: Effects on roots of bean, maize, and tomato. Physiologia Plantarum 116: 20-27.
- 12- Dhima K.V., Vasilakoglou I.B., Eleftherohorinos I.G., and Lithourgidis A.S. 2006. Allelopathic potential of winter cereals and their cover crop mulch effect on grass weed suppression and corn development. Crop Science 46: 345-352.
- 13- Ding H., Cheng Z., Liu M., Hayat S., and Feng H. 2016. Garlic exerts allelopathic effects on pepper physiology in a hydroponic co-culture system. Biology Open 5(5): 631-637.
- 14- Farhoudi R., and Lee D. 2013. Allelopathic effects of barley extract (*Hordeum vulgare*) on sucrose synthase activity, lipid peroxidation and antioxidant enzymatic activities of *Hordeum spontaneum* and *Avena ludoviciana*. Proceeding National Academy of Science Indian Section, Biological Science 83(3): 447-452.
- 15- Farhoudi R., and Makizadeh M. 2011. Allelopathic effect of barley aqueous extract on α -amylase activity and seedling growth of wild oat and ryegrass. 2nd conference of seed science and technology. Mashhad, Iran. (In Persian with English Abstract)
- 16- Farhoudi R., Modhej A., and Alavinia S.R. 2014. Effects of Allelopathic Compounds of Barley (*Hordeum vulgare* L.) on Seed Germination, Seedling Growth and Some Antioxidant Activities of *Chenopodium album* L. Journal of Plant Protection 28(2): 234-241. (In Persian with English Abstract)
- 17- Farhoudi R., Koreshnejad N., and Modhej A. 2014. Effect of wheat aquatic extract (*Triticum aestivum* cv. Chamran) on germination, vegetative growth, cell membrane damage, α -amylase enzyme and sucrose synthesis enzymes activity of winter wild oat (*Avena ludoviciana*). Journal of Plant Protection 28(1): 147-150. (In Persian with English Abstract)
- 18- Farhoudi R., Sohelifar A., and Modhej A. 2016. Effect of Globe Artichoke (*Cynara cardunculus* L. var. *scolymus* L. Fiori) aqueous extracts on antioxidant enzymes activities, endogenous phytohormones concentration and α -amylase activity of Johnson grass (*Sorghum halepense*) rhizomes at germination stage. Journal Plant Proc. Func 5(17): 75-82. (In Persian with English Abstract)
- 19- Gfeller A., Laloux M., Barsics F., Kati D.E., Haubruge E., du Jardin P., Verheggen F.J., Lognay G., Wathélet J.P., and Fauconnier M.L. 2013. Characterization of volatile organic compounds emitted by barley (*Hordeum vulgare* L.) roots and their attractiveness to wireworms. Journal of Chememical Ecology 39: 1129-1139.
- 20- Gniazdowska A., and Bogatek R. 2005. Allelopathic interactions between plants. Multisite Action of Allelochemicals 27(3): 395-407.
- 21- Gubbels G.H., and Kenaschuk E.O. 1989. Agronomic performance of flax grown on canola, barley and flax stubble with and without tillage prior to seeding. Canadian Journal of Plant Science 69: 31-38.20.
- 22- Jafarzadeh N. 2006. Allelopathic potential of barley. The first national conference of legumes. Mashhad. Iran. 29-

30. (In Persian with English Abstract)
- 23- Kamal J. 2011. Impact of allelopathy of sunflower (*Helianthus annuus* L.) roots extract on physiology of wheat (*Triticum aestivum* L.). African Journal of Biotechnology 10(65): 14465-14477.
- 24- Kang G.Q., Wan F.H., Liu X., and Guo L. 2008. Influence of two allelochemicals from *Ageratina adenophora* Sprengel on ABA, IAA and ZR contents in roots of upland rice seedlings. Allelopathy Journal 21: 253-262.
- 25- Kato-Noguchi H., and Macias F.A. 2008. Inhibition of germination and α -amylase induction by 6-methoxy-2-benzoxazolinone in twelve plant species. Biological Plantarum 52: 351-354.
- 26- Kremer R.J., and Ben-Hammoud M. 2009. Allelopathic Plants. 19. Barley (*Hordeum vulgare* L.). Allelopathy Journal 24(2): 225-242.
- 27- Lorenzo P., Palomera-Pérez A., Reigosa M.J., and Gonzal L. 2011. Allelopathic interference of invasive *Acacia dealbata* Link on the physiological parameters of native understory species. Plant Ecology 212: 403-411.
- 28- Munns R. 2002. Comparative physiology of salt and water stress. Plant, Cell and Environment 25: 239-250.
- 29- Oracz K., Bailly C., Gniazdowska A., Côme D., Corbineau D., and Bogatek R. 2007. Induction of oxidative stress by sunflower phytotoxins in germinating mustard seeds. Journal of Chemical Ecology 33: 251-264.
- 30- Oueslati O., Ben-Hammouda M., Ghorbal M.H., Guezah M., and Kremer R.J. 2005. Barley Autotoxicity as Influenced by Varietal and Seasonal Variation. Journal Agronomy and Crop Science 191: 249-254.
- 31- Oveisi M., Hamid R., Mashhadi M., Baghestani H., Alizadeh M., and Badri S. 2008. Assessment of the allelopathic potential of 17 Iranian barley cultivars in different development stages and their variations over 60 years of selection. Weed Biology and Management 8: 225-232.
- 32- Pushak S., Peterson D., and Stahlman P.W. 1999. Field bindweed control in field crops. New York. John Wiley and Sons, INC.
- 33- Valentovic P., Luxova M., Kolarovi L., and Gasparikora O. 2006. Effect of osmotic stress on compatible solutes content, membrane stability and water relation in two maize cultivars. Plant, Soil and Environment 52(4): 186-191.
- 34- Xiao Z., Storms R., and Tsang A. 2006. A quantitative starch-iodine method for measuring alpha-amylase and glucoamylase activities. Annual Biochemistry 351: 146-148.
- 35- Zimdahl R.L. 2004. Weed crop competition. Blackwell Publication. Canada. P22.



The Allelopathic Effect of Two Barley Cultivars (*Hordeum vulgare*) on Growth and Physiological Attributes of Bindweed (*Convolvulus arvensis*) Rhizome

A. Modhej^{1*}- R. Farhoudi²- E. Rahmati Ghaleh Alikhani³

Received: 04-07-2019

Accepted: 10-04-2021

Introduction: Barley is known to be an allelopathic plant and its allelopathic potential on weeds, and some other crops has been proven. Increasing use of herbicides has an adverse environmental impact and increases the weed resistance to herbicides. Eco-friendly methods for controlling weeds reduce the amount of herbicide use and reduce the damage caused by it. Some plants have alternate properties (allelopathies) that can be used to reduce or stop the growth of other plants, especially weeds. Allelopathy is an interference mechanism based on any direct or indirect effect (primarily inhibitory) by one plant on another through the release of chemicals that escape into the environment. Barley (*Hordeum vulgare* L. ssp. *vulgare*) is well known for its allelopathic compounds. The decomposition of barley plant residues in the soil, release numerous allelochemical compounds such as phenolic compounds, flavonoids, synoglycosides, alkaloids and polyamines. Till now 44 chemicals have been identified as potential allelochemicals that contribute to its allelopathic activity in *Hordeum vulgare*. The present work aimed to study the allelopathy potentials expressed by residues as straw among two barley genotypes on rhizome growth and physiological attribute of bindweed (*Convolvulus arvensis* L.).

Materials and Methods: This experiment was conducted in 2013 at Islamic Azad University, Shoushtar Branch. The experiment was factorial based on completely randomized design (CRD) with four replications. Four different amounts (10, 20, 30 and 40 g per one kg soil) of two barley cultivars (local ecotype and Sarasary 10) residual were prepared. Rhizomes were harvested from a depth of 30 cm soil and cultivated in the pot. The culture medium included plastic pots of 30 cm in diameter. The traits included seedling weight and length, malondialdehyde concentration, fatty acid percent, α -amylase activity, catalase activity, peroxidase activity, glutathione reductase activity, GA and ABA concentration of bindweed rhizome. The concentration of GA and ABA hormones was investigated based on the Kamal method. Statistical analysis was made using the SPSS Ver.13 statistical program. Significantly different means were separated at the 0.05 probability level ($p = 0.05$) by the least significant difference (LSD) test. Pearson's correlation analysis was also conducted among different variables.

Results and Discussion: Results indicated the effect of genotype, residual amount and their interaction on rhizome malondialdehyde concentration, fatty acid percent, α -amylase activity, catalase activity, peroxidase activity, Glutathione reductase activity, GA and ABA concentration. Increasing the amount of residues for the local genotype caused a significant decrease in seedling fresh weight. The lowest fresh weight of bindweed was 40 g residues of local genotypes, in which was 73.6% lower than the control without residues. Increasing the amount of local and Sarasary 10 residues in the soil caused a significant reduction in the length of the bindweed seedlings. The negative effect of local ecotype residual on α -amylase activity was more than modern genotype. The mixing of 40 g residues of local ecotype and Sarasary10 genotype with soil decreased this enzyme by 38% and 79.5%, respectively, compared to the control without residues. Increasing the amount of residuals, reduces gibberellin hormone and increased rhizome the ABA content. The slope of the changes in gibberellin hormone and the increase of ABA in the local ecotype was higher than the modern genotype. Antioxidant enzymes increased in response to an increase in the amount of residues up to about 20 grams in the pot and then decreased significantly. Reducing antioxidant enzymes at high levels of barley residues led to an increase in the amount of fatty acids and Malondialdehyde, indicating the peroxidation of the cell membrane. In general, the residuals of local genotype compared to cultivar Sarasary 10 had a more harmful effect on all studied traits of bindweed rhizome and seedling. It seems that in areas where bindweed is dominant, it is possible to use local barley residuals to reduce the damages.

Keywords: α -amylase, Allelochemicals, Antioxidant enzymes, Germination, Hormones

1, 2 and 3- Associate Professors and Former M.Sc. Student, Department of Weed Science, Shoushtar Branch, Islamic Azad University, Shoushtar, Iran, respectively.

(*- Corresponding Author Email: adelmodhej2006@yahoo.com)

DOI: 10.22067/JPP.2021.32347.0



مقاله پژوهشی

بررسی تأثیر علف‌کش‌های ایمازاتاپیر، پندی‌متالین و اکسی‌فلورفن در کنترل علف‌های هرز سویا در استان گلستان

معصومه یونس آبادی^{۱*} - مرتضی نورعلیزاده اطاقسرا^۲ - لایلا حبیبیان^۳ - علیرضا ساوری نژاد^۴

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱۰/۰۷

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۰/۰۳

چکیده

به منظور کنترل علف‌های هرز مزارع سویا، آزمایشی در سال زراعی ۱۳۹۵ در ایستگاه تحقیقات کشاورزی گرگان، در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با ۱۸ تیمار و ۳ تکرار انجام شد. تیمارهای آزمایش عبارت بودند از: ۵ تیمار (استفاده از علف‌کش تریفلورالین ۲/۵ لیتر در هکتار، متریبوزین ۰/۵ کیلوگرم در هکتار، متریبوزین ۰/۵ کیلوگرم در هکتار + تریفلورالین ۲/۵ لیتر در هکتار، ایمازاتاپیر ۰/۶ لیتر در هکتار، ایمازاتاپیر ۰/۸ لیتر در هکتار) بصورت خاک مصرف، ۶ تیمار (استفاده از اکسی‌فلورفن ۰/۷۵ لیتر در هکتار، پندی‌متالین ۳ لیتر در هکتار، ایمازاتاپیر ۰/۶ لیتر در هکتار، ایمازاتاپیر ۰/۸ لیتر در هکتار، متریبوزین ۰/۳ کیلوگرم در هکتار + ایمازاتاپیر ۰/۶ لیتر در هکتار، پندی‌متالین ۲/۵ لیتر در هکتار + ایمازاتاپیر ۰/۶ لیتر در هکتار) بعد از کشت و قبل از سبز شدن و ۶ تیمار (کاربرد علف‌کش‌های اکسی‌فلورفن ۰/۵ لیتر در هکتار، بنتازون ۱/۵ لیتر در هکتار، ایمازاتاپیر ۰/۶ لیتر در هکتار، ایمازاتاپیر ۰/۸ لیتر در هکتار، ایمازاتاپیر ۰/۶ لیتر در هکتار + بنتازون ۱ لیتر، ایمازاتاپیر ۰/۶ لیتر در هکتار + کلتودیم ۱ لیتر در هکتار) بعد از سبز شدن در مرحله ۴-۶ برگی علف‌های هرز و یک تیمار شاهد بدون علف‌هرز (وجین دستی). نتایج نشان داد کلیه تیمارها سبب کاهش درصد تراکم علف‌های هرز نسبت به تیمار شاهد گردیدند گرچه تیمار ایمازاتاپیر ۰/۸ لیتر در هکتار قبل از کشت مخلوط با خاک بیشترین کاهش را در تراکم علف‌هرز نسبت به شاهد سبب گردید بطوریکه با تیمار وجین در یک گروه آماری قرار گرفت و تیمار پندی‌متالین ۲/۵ لیتر در هکتار + ایمازاتاپیر ۰/۶ لیتر در هکتار بلافاصله بعد از کشت و قبل از سبز شدن محصول و تیمار متریبوزین ۰/۳ کیلوگرم در هکتار + ایمازاتاپیر ۰/۶ لیتر در هکتار بلافاصله بعد از کشت و قبل از سبز شدن محصول در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند. بیشترین درصد افزایش عملکرد نسبت به شاهد بعد از تیمار وجین در تیمارهای ایمازاتاپیر ۰/۸ لیتر در هکتار قبل از کشت مخلوط با خاک، تیمار پندی‌متالین ۲/۵ لیتر در هکتار + ایمازاتاپیر ۰/۶ لیتر در هکتار بلافاصله بعد از کشت و قبل از سبز شدن محصول و تیمار ایمازاتاپیر ۰/۸ لیتر در هکتار بلافاصله بعد از کشت و قبل از سبز شدن محصول مشاهده شد. بنابراین با توجه به نتایج این بررسی استفاده از علف‌کش ایمازاتاپیر ۰/۸ لیتر در هکتار قبل از کشت یا بصورت پیش‌رویشی یکی از تیمارهای موفق در کنترل علف‌های هرز مزارع سویا می‌باشد و اختلاط این علف‌کش با پندی‌متالین جهت افزایش طیف علف‌کشی بلامانع است.

واژه‌های کلیدی: ایمیدازولینون، دی نیتروآنیلین، دی فنیل اتر، گیاه‌سوزی، گل، مبارزه شیمیایی

مقدمه

سویا با نام علمی (*Glycine max* (L.) Merr یکی از محصولات استراتژیک جهانی و بخشی از غذای جمعیت ۴۳ کشور جهان است. سطح زیر کشت و تولید سویا در سال ۲۰۱۸ در دنیا به

۱- استادیار پژوهش، بخش تحقیقات گیاه‌پزشکی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، گرگان، ایران

(*)- نویسنده مسئول: (Email: m.younesabadi@areeo.ac.ir)

۲- محقق علف‌هرز، بخش تحقیقات گیاه‌پزشکی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان مازندران، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ساری، ایران

۳- کارشناس ارشد علوم علف‌های هرز، بخش تحقیقات گیاه‌پزشکی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، گرگان، ایران

۴- محقق علف‌هرز، بخش تحقیقات گیاه‌پزشکی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، گرگان، ایران

DOI: [10.22067/JPP.2021.32671.0](https://doi.org/10.22067/JPP.2021.32671.0)

ترتیب حدود ۱۲۴۹۲۱۹۵۶ هکتار و ۳۴۸۷۱۲۳۱۱ تن بوده است (۹). در سال ۱۳۹۲ در ایران سطح زیرکشت سویا حدود ۷۴۶ هزار هکتار بوده است. استان‌های مازندران، گلستان و گیلان مهم‌ترین تولیدکنندگان لوبیا روغنی در ایران بشمار می‌روند. استان گلستان با سطح زیرکشت (۵۳,۴۰۵ هکتار و ۹۰,۰۰۰ تن) مقام اول تولید سویا را در کشور به خود اختصاص داده است. گیاه سویا به دلیل سرعت رشد و نمو کند در اوایل فصل رشد توانایی رقابتی اندکی در مقابل علف‌های هرز دارد و همین امر سبب می‌شود که از تداخل علف‌های هرز آسیب فراوانی ببیند. از آنجایی که حضور طولانی مدت علف‌های هرز در سویا می‌تواند باعث کاهش کیفیت آن گردد، بنابراین کنترل زود هنگام علف‌های هرز برای رسیدن به عملکرد قابل قبول اقتصادی، امری بسیار ضروری است (۸). گزارشی نشان می‌دهد که علف‌های هرز به‌تنهایی سبب ۳۷ درصد کاهش عملکرد سویا می‌شوند در حالیکه بیماری‌های قارچی و آفات کشاورزی روی هم سبب ۲۲ درصد کاهش عملکرد می‌شوند (۱۷). خسارت ناشی از علف‌های هرز در محصول سویا بسیار جدی است به طوری که در تحقیقات به عمل آمده میانگین افت عملکرد سویا در ازای تراکم یک بوته علف‌هرز در مترمربع از صفر تا ۳۰ درصد گزارش شده است (۲۳) (اقتباس از ابطالی و همکاران ۱۳۸۸) و در بیشترین سطوح تراکم ممکن است این خسارت اقتصادی به ۸۰ درصد نیز برسد (۲). امروزه کشاورزان به علت کمبود کارگر، هزینه‌های بالای نیروی انسانی بیشتر تمایل به استفاده از روش‌های شیمیایی در کنترل علف‌های هرز دارند (پیر و همکاران، ۲۰۱۳). در مزارع سویا امکان کاربرد علف‌کش‌ها به صورت پیش‌کاشت، پیش‌رویشی و پس‌رویشی وجود دارد. به‌عنوان مثال نتایج مطالعات ساوری‌نژاد و همکاران (۲۱) نشان داد که مصرف علف‌کش اکسی‌فلورفن به میزان ۰/۴۸ کیلوگرم در هکتار به‌صورت پیش‌رویشی موجب کاهش معنی‌دار تعداد و وزن خشک علف‌هرز فرفیون خوابیده^۱ گردید. همچنین در بررسی‌های عباسی و محمدعلیزاده (۴) نیز گرچه کم‌ترین وزن خشک در تیمار ۱/۲۵ لیتر در هکتار اکسی‌فلورفن پس‌رویشی (در مرحله ۷۲) بدست آمد بالاترین میزان عملکرد دانه سویا از مصرف ۰/۷۵ لیتر در هکتار علف‌کش اکسی‌فلورفن در مرحله ۷۲ سویا بدست آمد. این علف‌کش قادر به کنترل طیف وسیعی از علف‌های هرز از جمله سلمک^۲، خرفه^۳، پنیرک^۴، داتوره^۵، تاج‌خروس^۶، سوروف^۷، دیجیتاریا^۸، چسبک^۹ و قیاق^{۱۰} می‌باشد (۲۷). در یک بررسی

مشخص شده که آلاکلر به‌صورت پیش‌رویشی توانسته عملکرد سویا را نسبت به تیمار دارای علف‌هرز از ۲۰۶۹ به ۲۶۹۱ کیلوگرم در هکتار افزایش دهد. مارشال (۱۴) نشان داد که آلاکلر می‌تواند به‌صورت پیش‌رویشی یا پیش‌کاشت طیف وسیعی از علف‌های هرز باریک‌برگ یک‌ساله و پهن‌برگ دانه‌ریز را در سویا کنترل نماید.

عباسی و همکاران (۳) در بررسی امکان کنترل تاج‌خروس وحشی در سویا توسط دزهای کامل و خردشده و کاهش‌یافته علف‌کش اکسی‌فلورفن نشان دادند که دز ۱ لیتر در هکتار در مرحله ۴-۶ برگی علف‌هرز بیشترین درصد کنترل (۹۰ درصد) این علف‌هرز را سبب گردید ولی باعث ۵۰٪ کاهش عملکرد و بیومس شد. در بررسی ایشان موثرترین تیمار کاربرد خردشده اکسی‌فلورفن به میزان ۰/۳ لیتر در هکتار در دو مرتبه به فاصله زمانی ۲ هفته بود. این تیمار علی‌رغم کاهش ۸۰ درصدی وزن خشک تاج‌خروس عملکرد سویا را ۲۰ درصد کاهش داد.

نتایج مطالعات سالمی و همکاران (۲۰) نشان داد که تیمار ۷۵٪ مقدار توصیه شده ایمازاتاپیر بیشترین کاهش فراوانی و وزن خشک علف‌های هرز و بالاترین درصد افزایش عملکرد سویا را به‌دنبال داشت. آنها نشان دادند که مصرف ایمازاتاپیر از طریق افزایش وزن هزاردانه موجب بهبود نسبی عملکرد سویا شده است. همچنین در این مطالعه کاربرد اتال‌فلورالین و متریبوزین به همراه و جین افزایش عملکردی حدود ۸۶/۵۹٪ را به‌دنبال داشت. تریفلورالین، بذر بیشتر علف‌های هرز را به‌هنگام جوانه‌زنی کنترل می‌کند. این حالت شامل تقریباً بذر همه علف‌های هرز کشیده‌برگ و نیز تعداد زیادی از علف‌های هرز پهن‌برگ مانند تاج‌خروس، خرفه و غیره می‌شود ولی این علف‌کش قادر به کنترل علف‌های هرز خانواده سولاناسه از جمله تاج‌ریزی^{۱۱}، تاتوره و عروسک‌پشت‌پرده^{۱۲} نمی‌باشد (۱۵). متریبوزین نیز یک علف‌کش دومنظوره است ولی میل پهن‌برگ‌کشی آن بیشتر است. به‌علاوه یک علف‌کش مناسب برای کنترل کلزای خودرو در سویا می‌باشد. در مطالعه عباسی و همکاران (۵)، تیمارهای موثر از لحاظ کنترل مطلوب علف‌های هرز و عملکرد بالا، تریفلورالین+ بنتازون و تریفلورالین+ کولتیواسیون+ دز کاهش‌یافته بنتازون بودند. نتایج مطالعات گریچار (۱۲) نشان داد که مصرف علف‌کش‌های ایمازاتاپیر و ایمازاپیک می‌تواند علف‌هرز تاج‌خروس و خربزه‌وحشی را حداقل به میزان ۷۰ درصد در بادام‌زمینی کنترل نماید. تامپسون و همکاران (۲۶) گزارش نمودند که مصرف ایمازاپیک با دز ۰/۰۷ و ۰/۱۴ کیلوگرم در هکتار به‌صورت پیش‌رویشی، پس‌رویشی، پس

1- *Euphorbia maculata*2- *Chenopodium album*3- *Portulaca oleracea*4- *Malva* sp.5- *Datura stramonium*6- *Amaranthus retroflexus*7- *Echinochloa* sp.8- *Digitaria* sp.9- *Setaria* sp.10- *Sorghum halepense*11- *Solanum nigrum*12- *Physalis* sp.

استان گلستان) نشان داد که ۱۵ و ۷۵ روز پس از سبز شدن سویا تیمار اختلاط ترفلان و متریبوزین بیش از مصرف هر یک از آن‌ها به تنهایی وزن خشک کنجدوحشی را کاهش داده است. همچنین بررسی‌های ایشان نشان داد که تیمار پرسوئیت به‌صورت پیش‌رویشی یا پس‌رویشی عملکرد سویا را تا ۲۵ درصد افزایش داد. ولی مصرف این علف‌کش همراه با ترفلان یا متریبوزین به اندازه مصرف آن به تنهایی موجب افزایش عملکرد سویا نشد. ناسوتی و همکاران (۱۶) نشان دادند که علف‌کش ایمازاتاپیر در کنترل علف‌های هرز پهن‌برگ موفق عمل می‌کند ولی در کنترل علف‌های هرز اویارسلام^۶ و علف‌های هرز چندساله کارایی لازم را ندارد. برطبق بررسی‌های ارمشی (۶) تیمار متریبوزین پیش‌رویشی (۷۰۰ گرم در هکتار) + بنتازون پس‌رویشی (۲/۵ لیتر در هکتار) و تیمار پرسوئیت ۱ لیتر در هکتار پیش‌رویشی + بنتازون پس‌رویشی (۲/۵ لیتر در هکتار) ۳۰ روز پس از آخرین سم‌پاشی به‌ترتیب بهترین تیمار در کنترل خربزه‌وحشی بودند. صادق‌قلو (۲۲) در بررسی تأثیر روش‌های مدیریتی مختلف بر کنترل علف‌هرز نیلوفرپیچ^۷ در مزارع سویای شرق استان گلستان نشان داد که تیمار پرسوئیت پیش‌رویشی (۲ لیتر در هکتار) + بنتازون پس‌رویشی (۲/۵ لیتر در هکتار) و تیمار پرسوئیت پیش‌رویشی (۲ لیتر در هکتار) + کولتواتر به‌ترتیب بهترین تیمار در کنترل علف‌هرز نیلوفر پیچ بودند. نتایج بررسی‌های خاکزاد و همکاران (۱۳) در مازندران نشان داد که اتال‌فلورالین (سونالان) به‌تنهایی قادر به کنترل علف‌های هرز باریک‌برگ می‌باشد ولی ترکیب سونالان با سنکور (متریبوزین) چه به‌صورت پیش‌کاشت و چه به‌صورت پیش‌رویشی قادر به کنترل علف‌های هرز پهن‌برگ از جمله خربزه‌وحشی، گاوپنبه^۸، شیرتیغی^۹ و تاج‌ریزی می‌باشد. فرج‌پور در بررسی مشابهی (۱۰) نشان داد کاربرد علف‌کش‌های اتال‌فلورالین و متریبوزین به‌تنهایی قادر به کنترل طیف وسیعی از علف‌های هرز باریک‌برگ می‌باشند و تعداد محدودی از پهن‌برگان را کنترل می‌کنند، اما ترکیب این علف‌کش‌ها با یکدیگر موجب کنترل طیف وسیعی از علف‌های هرز پهن‌برگ همچون گاوپنبه، تاج‌خروس، تاج‌ریزی و سلمک نیز می‌شوند. هدف پژوهش حاضر مقایسه دزهای مختلف علف‌کش ایمازاتاپیر و زمان‌های مختلف کاربرد آن و همچنین بررسی تأثیر علف‌کش‌های پندی‌متالین و اکسی‌فلورفن در کنترل علف‌های هرز مزارع سویا در استان گلستان می‌باشد.

رویشی زودهنگام و یا در اواخر جوانه‌زنی خربزه‌وحشی^۱، منجر به کنترل بیش از ۹۰ درصد این ایمازاپیک علف‌هرز در محصول ذرت مقاوم به ایمیدازولینون‌ها گردید. تینگل و چندلر (۲۴) نیز گزارش کردند که خربزه‌وحشی در سیستم‌های کم، متوسط و پرنهاده مصرف علف‌کش و در تناوب ذرت-پنبه-ذرت حداقل ۹۳ درصد کنترل گردید. همچنین گریچارد (۱۱) نشان داد که در سوبای مقاوم به گلیفوسیت هنگامی که پندی‌متالین به تنهایی و به‌صورت پیش‌رویشی مصرف گردید تقریباً منجر به کنترل ۷۰ درصد علف‌هرز خربزه‌وحشی گردید اما هنگام مصرف پندی‌متالین به همراه ایمازاتاپیر، فلوومی اکسازین و یا کلران‌سولام، به‌صورت پیش‌رویشی، تقریباً ۹۹ درصد کنترل این گیاه صورت گرفت. همچنین زمانیکه علف‌کش گلایفوزیت به‌تنهایی و به‌صورت پس‌رویشی در اواخر فصل مصرف گردید، توانست به صورت ۱۰۰ درصد خربزه‌وحشی را کنترل نماید. یونس-آبادی (۲۹ و ۳۰) طی بررسی‌هایی نشان داد کم‌ترین تراکم علف‌های هرز پهن‌برگ و باریک‌برگ در سویا در تیمار پندی‌متالین ۰/۵ کیلوگرم در هکتار + ایمازاتاپیر ۰/۷۵ کیلوگرم در هکتار مشاهده شد ولی تراکم جگن‌ها در تیمار متریبوزین ۰/۳ کیلوگرم در هکتار + ایمازاتاپیر ۰/۷۵ کیلوگرم در هکتار اندکی کم‌تر از تیمارهای دیگر بود. باغستانی و همکاران (۷) در بررسی طیف علف‌کشی علف‌کش‌های ثبت شده جهت مزارع ذرت نشان دادند که پندی‌متالین می‌تواند علف‌های هرز خرفه، کنجدشیطانی^۲، تاج‌خروس خوابیده، تاج‌خروس ریشه‌قرمز و پیچک‌صحرایی^۳ بسیار عالی و علف‌های هرز عروسک‌پشت‌پرده و سوروف را خیلی خوب کنترل نماید. ولی این علف‌کش تأثیری روی علف‌های هرز باریک‌برگ قیاق و مرغ^۴ نداشت. خاکزاد و همکاران (۱۳) گزارش کردند که ترکیب اتال‌فلورالین به میزان ۳ لیتر در هکتار به‌صورت پیش‌کاشت به همراه سنکور به میزان ۷۰۰ گرم در هکتار چه به‌صورت پیش‌کاشت و چه پیش‌رویشی در کنترل علف‌هرز خربزه‌وحشی در شرایط مازندران موفق عمل کردند. نتایج تحقیقی نشان داد که کاربرد علف‌کش اتال‌فلورالین و متریبوزین در سویا، علف‌های هرز تاج‌خروس، سلمک و دم‌روباهی^۵ را ۸۸ تا ۹۹ درصد کنترل کردند. گریچارد و همکاران (۱۱) گزارش کردند که کاربرد پندی‌متالین به‌صورت پیش‌رویشی حداکثر تا ۷۰٪ یا کلوران سولام با کاربرد پیش‌رویشی تقریباً به‌طور کامل خربزه‌وحشی را کنترل کردند. رزاق‌زاده (۱۹) در کنترل شیمیایی کنجدوحشی (*Cleome viscosa* L.) در مزارع سویای شهرستان کلاله (از توابع

- 1- *Cucumis melo* var. *agrestis*
- 2- *Cleome viscosa*
- 3- *Convolvulus arvensis*
- 4- *Cynodon dactylon*
- 5- *Setaria* sp.

- 6- *Cyperus rotundus*
- 7- *Ipomoea* spp.
- 8- *Abutilon theophrasti*
- 9- *Sonchus* sp.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در سال ۱۳۹۵ در ایستگاه تحقیقات کشاورزی گرگان، واقع در ۵ کیلومتری شمال گرگان با عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۵۴ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۴ درجه و ۲۵ دقیقه شرقی، با ارتفاع

۵ متر از سطح دریا در قطعه زمینی که سابقه آلودگی کافی به علف‌های هرز منطقه را داشت به اجرا در آمد. مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک محل انجام آزمایش در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک در عمق‌های مختلف

Table 1- Physical and chemical characteristics of soil in different depths

ویژگی‌های خاک (Soil characteristic)	عمق (سانتی‌متر) Depth (cm)			
	0-15	15-30	30-60	60-90
اسیدیته (pH)	7.2	7.3	7.3	7.3
درصد کاتیون‌های قابل تبادل (دسی‌زیمنس بر متر) CEC (dS m ⁻¹)	1.35	1.27	1.42	1.41
درصد کربن آلی (Organic carbon (%))	1.5	1.1	0.6	0.4
درصد نیتروژن کل (Total nitrogen (%))	0.15	0.11	0.06	0.03
فسفر قابل دسترس (قسمت در میلیون) (Available Phosphorus (ppm))	8.6	4.8	2	1.01
پتاسیم قابل دسترس (قسمت در میلیون) (Available potassium (ppm))	333	220	108	70
وزن مخصوص ظاهری (گرم بر سانتی‌متر مکعب) (Bulk density (g cm ⁻³))	1.44	1.41	1.4	1.4
بافت خاک (Soil texture)				
درصد رس (Clay %)	28	30	34	33
درصد سیلت (Silt %)	54	52	52	52
درصد ماسه (Sand %)	18	18	14	15
محتوای آب خاک (Water content)				
نقطه اشباع (درصد حجمی) (Saturation point (%)(θ _m))	49.9	52.2	51.9	60
ظرفیت زراعی (درصد حجمی) (Field capacity (%)(θ _m))	27.7	27	6.27	7.27
نقطه پژمردگی دائم (درصد حجمی) (Wilting point (%)(θ _m))	13.1	12.3	9.8	9.8

بلافاصله بعد از کشت و قبل از سبز شدن محصول، پندی متالین ۲/۵ لیتر در هکتار+ ایمازاتاپیر ۰/۶ لیتر در هکتار بلافاصله بعد از کشت و قبل از سبز شدن محصول، اکسی‌فلورفن ۰/۵ لیتر در هکتار بعد از سبز شدن محصول در مرحله ۴-۶ برگگی علف‌هرز^۳، بنتازون (بازاگران ۴۸٪ SL) ۱/۵ لیتر در هکتار بعد از سبز شدن محصول در مرحله ۴-۶ برگگی علف‌هرز، ایمازاتاپیر ۰/۶ لیتر در هکتار بعد از سبز شدن محصول در مرحله ۴-۶ برگگی علف‌هرز، ایمازاتاپیر ۰/۸ لیتر در هکتار بعد از سبز شدن محصول در مرحله ۴-۶ برگگی علف‌هرز، ایمازاتاپیر ۰/۶ لیتر در هکتار+ بنتازون ۱ لیتر در هکتار بعد از سبز شدن محصول در مرحله ۴-۶ برگگی علف‌هرز و شاهد بدون علف‌هرز (وجین دستی). در بهار پس از انجام عملیات تهیه بستر، نقشه کشت اجرا و تیمارهای قبل از کشت اعمال شد. جهت تیمارهای علف‌کش پیش‌از کاشت، پس از نرم کردن و صاف کردن خاک، یک روز قبل از کاشت محصول زراعی، علف‌کش به همراه آبی

آزمایش به صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۱۸ تیمار در ۳ تکرار انجام شد. تیمارهای مورد نظر عبارت بودند از: ۱. تریفلورالین (ترفلان EC 48%) ۲/۵ لیتر در هکتار قبل از کشت مخلوط با خاک^۱، متریبوزین (سکور WP 70%) ۰/۵ کیلوگرم در هکتار قبل از کشت مخلوط با خاک، متریبوزین ۰/۵ کیلوگرم در هکتار+ تریفلورالین ۲/۵ لیتر در هکتار قبل از کشت مخلوط با خاک، ایمازاتاپیر (پرسوئیت ۱۰٪ SL) ۰/۶ لیتر در هکتار قبل از کشت مخلوط با خاک، ایمازاتاپیر ۰/۸ لیتر در هکتار قبل از کشت مخلوط با خاک، اکسی‌فلورفن (گل ۲۴٪ EC) ۰/۷۵ لیتر در هکتار بلافاصله بعد از کشت و قبل از سبز شدن محصول^۲، پندی متالین (استامپ ۳۳٪ EC) ۳ لیتر در هکتار بلافاصله بعد از کشت و قبل از سبز شدن محصول، ایمازاتاپیر ۰/۶ لیتر در هکتار بلافاصله بعد از کشت و قبل از سبز شدن محصول، ایمازاتاپیر ۰/۸ لیتر در هکتار بلافاصله بعد از کشت و قبل از سبز شدن محصول، متریبوزین ۰/۳ کیلوگرم در هکتار+ ایمازاتاپیر ۰/۶ لیتر در هکتار

1- Pre-plant(PP)

2- Pre-emergence(PE)

3- Post-emergence (PO)

معادل ۳۰۰ لیتر در هکتار توسط سمپاش پشتی با نازل بادبونی و فشار ۲۵۰ کیلوپاسکال به‌صورت یکنواخت در سطح مزرعه پخش و به وسیله دیسک به عمق ۱۰ تا ۱۲ سانتی‌متر با خاک مخلوط شد. ابعاد هر کرت ۲×۱۰ متر بود. در این بررسی از سویا رقم کنترل استفاده شد. مقدار بذر مصرفی ۶۰ کیلوگرم در هکتار بود و فاصله ردیف نیز ۵۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. در مواقع لزوم آبیاری بصورت غرقابی انجام شد. سایر عملیات کاشت، داشت و برداشت طبق عرف منطقه صورت گرفت. هر کرت آزمایشی از نظر طولی به دو قسمت تقسیم شد. قسمت بالایی هر کرت سمپاشی نشده و به‌عنوان شاهد آن کرت در نظر گرفته شد. و در قسمت پایین آن تیمارها اعمال شد. در تیمارهای شاهد یا کنترل کامل علف‌هرز، از ابتدای جوانه‌زنی به‌فاصله هر ۱۰ روز یک‌بار علف‌های هرز آنها با دست وجین شده و در طول دوره رشد گیاه زراعی عاری از هر گونه علف‌هرز نگه‌داشته شد و تیمار بدون کنترل علف‌هرز نیز تحت هیچ شرایطی مورد وجین یا کنترل شیمیائی قرار نگرفت. جهت بررسی اثر تیمارها در هر کرت یک کوادرات ثابت ۵/۵×۵/۵ متر نصب گردید (به‌طوری‌که نمایانگر علف‌های هرز آن کرت باشد) سپس به‌منظور بررسی تأثیر تیمارهای کاربردی بر روی وزن خشک علف‌های هرز، قبل از برداشت محصول در مرحله دانه بندی سویا تمامی گونه‌های علف‌های هرز این کوادرات

های ثابت به تفکیک شناسایی، شمارش و در نهایت کف برشده و پس از قرار دادن در آون ۷۵ درجه به مدت ۷۲ ساعت وزن خشک آنها اندازه‌گیری شد. به هنگام برداشت ۵ بوته در هر کرت بطور تصادفی انتخاب و اجزای عملکرد اندازه‌گیری شد. برای عملکرد نیز دو کادر ۰/۵ مترمربعی در هر کرت برداشت و عملکرد دانه و بیومس آن تعیین گردید. ارزیابی کیفی سویا که شامل گیاه‌سوزی و نکروز در برگ است در دو نوبت ۲۰ و ۳۰ روز پس از کشت در تیمارهای قبل از کشت و قبل از سبز شدن و ۲۰ و ۳۰ روز پس از سمپاشی در تیمارهای پس از سبز شدن با روش استاندارد EWRC (جدول ۲) انجام شد پس از اتمام یادداشت‌برداری‌ها، تجزیه واریانس داده‌ها با کمک نرم‌افزار SAS و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون LSD در سطح ۵ درصد انجام شد. از آنجایی که داده‌های حاصل از مزرعه نرمال نبود، از تبدیل لگاریتمی برای نرمال کردن داده‌های مربوط به علف‌های هرز و از تبدیل جذری برای داده‌های مربوط به عملکرد و اجزاء عملکرد استفاده شد. لازم به یاد آوری است که کلیه درصدهای کنترل علف‌هرز و درصد افزایش محصول که در جداول ذیل نشان داده شده است، درصد کاهش یا افزایش نسبت به شاهد تیمار نشده هر کرت می‌باشد.

جدول ۲- جدول EWRC جهت ارزیابی گیاه‌سوزی سویا و علف‌هرز

Table 2- EWRC scale to phytotoxicity evaluation of soybean and weed

نمره ارزیابی Score	واکنش علف‌هرز Weed control		واکنش سویا Soybean phytotoxicity	
	% مهار علف‌هرز Weed control %	توضیح Description	% خسارت به سویا Soybean phytotoxicity	توضیح Description
1	100	نابودی کامل Complete kill	0	بدون خسارت یا کاهش عملکرد گیاه زراعی No effect
2	96.5-99	مهار بسیار خوب Excellent	1-2.5	خسارت ویا رنگ پریدگی بسیار کم ویا علائم خفیف مشابه Very slight effect, some stunting and yellowing just visible
3	93-96.5	مهار خوب Very good	2.5-7	خسارت کمی شدیدتر ولی ناپایدار بر گیاه Slight effect, stunting and yellowing effect reversible
4	87.5-93	مهار مطلوب Good- acceptable	7-12.5	خسارت متوسط ویا پایدارتر بر گیاه زراعی Substantial chlorosis and or stunting most effect probably reversible
5	80-87.5	مهار کمی مطلوب generally acceptable	12.5-20	خسارت متوسط ویا پایدار بر گیاه زراعی Strong chlorosis/stunting, thinning of stand
6	70-80	مهار نامطلوب Fair	20-30	خسارت سنگین بر گیاه زراعی Increasing severity of damage
7	50-70	مهار ضعیف Poor	30-50	خسارت بسیار سنگین بر گیاه زراعی Increasing severity of damage
8	1-50	مهار بسیار ضعیف Very poor	50-99	خسارت در حد نابودی کامل گیاه زراعی Increasing severity of damage
9	0	کاملا بدون تاثیر None	100	نابودی کامل گیاه زراعی Total use of plants and yield

نتایج و بحث

علف‌های هرز پیچک صحرایی^۱، آفتاب پرست^۲، خربزه وحشی^۳، خرفه^۴، سوروف (وازمیل)^۵، تاج‌خروس ریشه قرمز^۶، تاج‌خروس خوابیده^۷، فرفیون خوابیده^۸، گاوپنبه^۹، عروسک پشت پرده^{۱۰}، نیلوفر^{۱۱}، گوش‌بره^{۱۲}، تاج‌ریزی^{۱۳}، اویارسلام^{۱۴} و شیرتیغی^{۱۵} از علف‌های هرز غالب در مزرعه تحقیقاتی بودند. نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۳) نشان داد که بین تیمارهای مختلف از نظر تراکم کل علف‌هرز، وزن تر علف‌هرز و وزن خشک علف‌هرز در متر مربع و همچنین درصد کاهش تراکم کل علف‌هرز، وزن تر علف‌هرز و وزن خشک علف‌هرز در متر مربع نسبت به تیمار شاهد در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌داری وجود دارد. همانگونه نتایج جدول مقایسه میانگین‌ها (جدول ۴) نشان می‌دهد کمترین تعداد بوته علف هرز بعد از تیمار وجین، در تیمار متریوزین ۰/۳ کیلو گرم در هکتار + ایمازاتاپیر ۰/۶ لیتر در هکتار بلافاصله بعد از کشت و قبل از سبز شدن محصول (PE) و به دنبال آن در تیمار ایمازاتاپیر ۰/۸ لیتر در هکتار قبل از کشت مخلوط با خاک (PP) مشاهده شد. بیشترین تعداد بوته علف هرز نیز در تیمار بنتازون ۱/۵ لیتر در هکتار بعد از سبز محصول در مرحله ۴-۶ برگی علف‌هرز (PO) مشاهده شد. مقایسه هر تیمار با شاهد خودش (جدول ۴) نشان داد که کلیه تیمارها سبب کاهش درصد تراکم علف‌های هرز نسبت به تیمار شاهد گردیدند گرچه از بین این تیمارها، تیمار ایمازاتاپیر ۰/۸ لیتر در هکتار قبل از کشت مخلوط با خاک (PP) بیشترین کاهش را در تراکم علف‌هرز نسبت به شاهد سبب گردید بطوریکه با تیمار وجین در یک گروه آماری قرار گرفت و تیمار پندی‌متالین ۲/۵ لیتر در هکتار + ایمازاتاپیر ۰/۶ لیتر در هکتار بلافاصله بعد از کشت و قبل از سبز شدن محصول (PE) و تیمار متریوزین ۰/۳ کیلو گرم در هکتار + ایمازاتاپیر ۰/۶ لیتر در هکتار بلافاصله بعد از کشت و قبل از سبز شدن محصول (PE) در رتبه‌های بعدی قرار

گرفتند. یونس‌آبادی و همکاران (۲۹ و ۳۰) نیز برتری تیمار پیش‌رویشی اختلاط پندی‌متالین با پرسوئیت را در کنترل علف‌های هرز مزارع سویا در هندوستان نشان دادند. ارمشی (۶) نیز نشان داد که تیمارهای علف کش سنکور با دز ۷۰۰ گرم در هکتار به همراه بنتازون با دز ۲/۵ لیتر در هکتار بصورت پس رویشی و یا ایمازاتاپیر با دز ۱ لیتر در هکتار بصورت پس رویشی می‌تواند در مهار خربزه وحشی موفق عمل کند. بیشترین وزن تر علف هرز در تیمار متریوزین ۰/۵ کیلو گرم در هکتار قبل از کشت مخلوط با خاک (PP) و تیمار ایمازاتاپیر ۰/۶ لیتر در هکتار بلافاصله بعد از کشت و قبل از سبز شدن محصول (PE) مشاهده شد و کمترین وزن تر علف هرز بعد از تیمار وجین در تیمار ایمازاتاپیر ۸۰۰ سی‌سی در هکتار قبل از کشت مخلوط با خاک (PP) مشاهده شد (جدول ۴). ولی مقایسه هر تیمار با شاهد خودش نشان داد که بیشترین درصد کاهش در وزن تر علف‌های هرز نسبت به شاهد نیز بعد از تیمار وجین در تیمارهای متریوزین ۰/۳ کیلو گرم در هکتار + ایمازاتاپیر ۰/۶ لیتر در هکتار بلافاصله بعد از کشت و قبل از سبز شدن محصول (PE) و ایمازاتاپیر ۰/۸ لیتر در هکتار قبل از کشت مخلوط با خاک (PP) و تیمار پندی‌متالین ۲/۵ لیتر در هکتار + ایمازاتاپیر ۰/۶ لیتر در هکتار بلافاصله بعد از کشت و قبل از سبز شدن محصول (PE) مشاهده شد. کارایی موثر تیمار پندی‌متالین بعد از کشت و قبل از سبز شدن محصول توام با کاربرد علف‌کش پرسوئیت پس از سبز شدن محصول در کنترل علف‌های هرز مزارع سویا قبلاً توسط تیلور و همکاران (۲۵) گزارش شده‌است. تیمارهای ایمازاتاپیر ۰/۶ لیتر در هکتار قبل از کشت مخلوط با خاک (PP) و تیمار ایمازاتاپیر ۰/۶ لیتر در هکتار بلافاصله بعد از کشت و قبل از سبز شدن محصول (PE) کمترین درصد کاهش وزن تر علف هرز نسبت به شاهد را ایجاد کردند. بیشترین وزن خشک علف هرز در تیمارهای متریوزین ۰/۵ کیلو گرم در هکتار قبل از کشت مخلوط با خاک (PP)، تیمار ایمازاتاپیر ۸۰۰ سی‌سی در هکتار قبل از کشت مخلوط با خاک (PP)، تیمار ایمازاتاپیر ۰/۶ لیتر در هکتار بلافاصله بعد از کشت و قبل از سبز شدن محصول (PE) و تیمار اکسی‌فلورفن ۰/۵ لیتر در هکتار بعد از سبز محصول در مرحله ۴-۶ برگی علف‌هرز (PO) مشاهده شد و کمترین وزن خشک علف هرز بعد از تیمار وجین در تیمار متریوزین ۰/۳ کیلو گرم در هکتار + ایمازاتاپیر ۰/۶ لیتر در هکتار بلافاصله بعد از کشت و قبل از سبز شدن محصول (PE) و قبل از سبز شدن محصول (PE) مشاهده شد (جدول ۴). مقایسه هر تیمار با تیمار شاهد خودش (جدول ۴) نشان داد که بیشترین درصد کاهش در وزن خشک علف‌های هرز نسبت به شاهد نیز بعد از تیمار وجین در تیمارهای متریوزین ۰/۳ کیلو گرم در هکتار + ایمازاتاپیر ۰/۶ لیتر در هکتار بلافاصله بعد از کشت و قبل از سبز شدن محصول (PE) و تیمار پندی‌متالین ۲/۵ لیتر در هکتار + ایمازاتاپیر ۰/۶ لیتر در هکتار بلافاصله بعد از کشت و قبل از سبز شدن محصول

- 1- *Convolvulus arvensis*
- 2- *Heliotropium* sp.
- 3- *Cucumis melo* Var. *agrestis*
- 4- *Portulaca oleraceae*
- 5- *Echinochloa colonum*
- 6- *Amaranthus retroflexus*
- 7- *Amaranthus blitoides*
- 8- *Euphorbia maculata*
- 9- *Abutilon theophrasti*
- 10- *Physalis* sp.
- 11- *Ipomoea* sp.
- 12- *Chrozophora* sp.
- 13- *Solanum nigrum*
- 14- *Cyperus rotundus*
- 15- *Sonchus* sp.

هر تیمار با شاهد خودش نیز نشان داد که بیشترین درصد افزایش عملکرد نسبت به شاهد نیز بعد از تیمار وجین در تیمارهای ایمازاتاپیر ۰/۸ لیتر در هکتار قبل از کشت مخلوط با خاک (۹۲٪)، تیمار پندی‌متالین ۲/۵ لیتر در هکتار + ایمازاتاپیر ۰/۶ لیتر در هکتار بلافاصله بعد از کشت و قبل از سبز شدن محصول (۷۹٪) و تیمار ایمازاتاپیر ۰/۸ لیتر در هکتار بلافاصله بعد از کشت و قبل از سبز شدن محصول (۷۶٪) مشاهده شد. طبق نتایج گریچار و همکاران (۱۱) این علت می‌تواند به ماندگاری طولانی مدت علف‌کش‌های گروه ایمیدازولینون در خاک مرتبط باشد. تیمارهای اکسی‌فلورفن ۰/۵ لیتر در هکتار بعد از سبز شدن محصول در مرحله ۴-۶ برگ علف‌هرز (۰٪) و تیمار ایمازاتاپیر ۰/۶ لیتر در هکتار بعد از سبز شدن محصول در مرحله ۴-۶ برگ علف‌هرز (۱/۵٪) کمترین درصد افزایش عملکرد نسبت به شاهد را ایجاد کردند.

گیاه‌سوزی سویا

یکی از موارد مهم که در این آزمایش مورد بررسی قرار گرفت میزان گیاه‌سوزی سویا در اثر مصرف علف‌کش‌های مختلف بود. در بررسی فوق گیاه‌سوزی ۲۰ و ۳۰ روز پس از سمپاشی ثبت گردید. نتایج نشان داد که تیمارهای مختلف علف‌کش خاک مصرف و پیش‌رویشی به استثنای تیمار اکسی‌فلورفن ۰/۷۵ لیتر در هکتار که اندکی ارتفاع بوته سویا را کاهش داد بقیه تیمارها فاقد هرگونه گیاه سوزی بر روی سویا بودند. اما تیمارهای پس‌رویشی اندکی باعث گیاه سوزی سویا گردیدند که بیشترین گیاه‌سوزی به ترتیب مربوط به تیمار اکسی‌فلورفن ۰/۵ لیتر در هکتار (۲۰٪)، بازگران + پرسویت (۱۵٪)، کلتودیم + پرسویت (۱۰٪)، تیمار بازگران (۵ تا ۱۰ درصد)، بود. تیمارهای پرسویت ۰/۸ لیتر در هکتار نیز سبب زردی خفیفی بر روی بوته‌های سویا گردید که در مراحل بعدی رفع گردید. لازم به ذکر است که گیاه‌سوزی تمامی تیمارها در مراحل بعدی رشد رفع گردید.

(PE) و ایمازاتاپیر ۰/۸ لیتر در هکتار قبل از کشت مخلوط با خاک (PP) مشاهده شد (جدول ۴). تیمارهای ایمازاتاپیر ۰/۶ لیتر در هکتار قبل از کشت مخلوط با خاک (PP) و تیمار ایمازاتاپیر ۰/۶ لیتر در هکتار بعد از سبز شدن محصول در مرحله ۴-۶ برگ علف‌هرز کمترین درصد کاهش وزن خشک علف‌هرز نسبت به شاهد را ایجاد کردند. همچنین نتایج جدول تجزیه واریانس (جدول ۵) نشان داد که ارتفاع بوته، تعداد شاخه، تعداد گره، تعداد غلاف در هر بوته، تعداد دانه در غلاف و وزن هزار دانه تحت تاثیر تیمارهای مورد بررسی واقع نشد ولی تعداد بوته سویا در مترمربع، وزن خشک سویا و عملکرد دانه سویا بطور معنی‌داری تحت تاثیر تیمارهای مورد بررسی واقع شد. براساس جدول مقایسه میانگین‌ها (جدول ۶) بیشترین تعداد بوته سویا در تیمارهای ایمازاتاپیر ۰/۶ لیتر در هکتار قبل از کشت مخلوط با خاک و تیمار وجین و کمترین تعداد بوته در تیمار اکسی‌فلورفن ۰/۷۵ لیتر در هکتار بلافاصله بعد از کشت و قبل از سبز شدن محصول مشاهده شد. بیشترین بیومس سویا در تیمار وجین و به دنبال آن در تیمار اکسی‌فلورفن ۰/۵ لیتر در هکتار بعد از سبز شدن محصول در مرحله ۴-۶ برگ علف‌هرز مشاهده شد و کمترین بیومس در تیمار تریفلورالین ۲/۵ لیتر در هکتار قبل از کشت مخلوط با خاک بعد از آن در تیمار ایمازاتاپیر ۰/۶ لیتر در هکتار بلافاصله بعد از کشت و قبل از سبز شدن محصول مشاهده شد. بیشترین عملکرد دانه در تیمارهای ایمازاتاپیر ۰/۸ لیتر در هکتار بعد از سبز محصول در مرحله ۴-۶ برگ علف‌هرز و ایمازاتاپیر ۰/۶ لیتر در هکتار + بنتازون ۱ لیتر در هکتار بعد از سبز محصول در مرحله ۴-۶ برگ علف‌هرز مشاهده شد و کمترین عملکرد دانه به ترتیب در تیمارهای متریبوزین ۰/۵ کیلوگرم در هکتار قبل از کشت مخلوط با خاک، تریفلورالین ۲/۵ لیتر در هکتار قبل از کشت مخلوط با خاک و بنتازون ۱/۵ لیتر در هکتار بعد از سبز محصول در مرحله ۴-۶ برگ علف‌هرز مشاهده شد. عدم موفقیت متریبوزین در افزایش عملکرد می‌تواند به عدم ماندگاری طولانی مدت آن در خاک و سبز مجدد علف‌های هرز در طول فصل رشد نسبت داده شود (۶) مقایسه

جدول ۳- تجزیه واریانس میانگین مربعات تراکم، وزن تر و وزن خشک علف‌های هرز و درصد کاهش آنها نسبت به شاهد تحت تاثیر تیمارهای

مورد بررسی

Table 3- ANOVA of mean square of weed density, fresh weight and dry weight and their decrease percentage than control treatment under examined treatments

منابع تغییرات	درجه آزادی	تعداد علف هرز در ۲۵/۰ متر مربع	درصد کاهش تعداد علف هرز نسبت به شاهد	وزن تر علف هرز در ۲۵/۰ متر مربع	درصد کاهش وزن تر علف هرز نسبت به شاهد	وزن خشک علف هرز در ۲۵/۰ متر مربع	درصد کاهش وزن خشک علف هرز نسبت به شاهد
Source of variation	Degree of freedom	Weed density in 0.25 m ²	Decrease% of Weed density than control	Weed fresh weight in 0.25 m ²	Decrease% of fresh weight than control	Weed dry weight in 0.25 m ²	Decrease% of dry weight than control
بلوک	2	0.024 ^{ns}	0.65 ^{**}	0.46 ^{**}	0.23 ^{ns}	0.37 ^{**}	0.09 ^{ns}
علف‌کش	17	0.099 ^{**}	0.19 [*]	0.21 ^{**}	0.17 [*]	0.28 ^{***}	0.20 [*]
خطا	34	0.040	0.10	0.060	0.08	0.070	0.10
ضریب تغییرات		20.42	19.96	9.32	17.58	12.55	19.40

*, **, *** اختلافات در سطح احتمال ۵ درصد، ۱ درصد و ۰/۱ و ^{ns} اختلافات در سطح احتمال ۵٪ غیر معنی‌دار هستند.

*, **, *** and ^{ns} are standing for significant differences at 5, 1, 0.1% level and no significant differences, respectively.

جدول ۴- مقایسه میانگین تاثیر تیمارهای مورد بررسی بر تراکم، وزن تر و وزن خشک علف هرز و درصد کاهش آنها نسبت به شاهد

Table 4- The effect of examined treatments on weed density, fresh weight, dry weight and their decrease percentage than control treatment

درصد کاهش وزن خشک علف هرز نسبت به شاهد	گرم وزن خشک علف هرز در ۰/۲۵ متر مربع	درصد کاهش وزن تر علف هرز نسبت به شاهد	گرم وزن تر علف هرز در ۰/۲۵ متر مربع	درصد کاهش تراکم علف هرز نسبت به شاهد	تراکم علف هرز در ۰/۲۵ متر مربع	تیمار
Decrease % of dry weight than control	Weed dry weight in 0.25 m ²	Decrease % of fresh weight than control	Weed fresh weight in 0.25 m ²	Decrease % of Weed density than control	Weed density in 0.25 m ²	Treatment
38.26a-d	153.2 abc	33.04a-f	576.7 abc	30.69b-d	10.33 abc	تریفلورالین ۲/۵ لیتر در هکتار قبل از کشت مخلوط با خاک (PP)
33.50b-d	421.9 a	29.56b-f	1491.6 a	35.80a-d	7.67 abc	متریبوزین ۰/۵ کیلو گرم در هکتار قبل از کشت مخلوط با خاک (PP)
55.51a-c	116.4 abc	54.46a-d	417.4 abc	56.32ab	7.0 abc	متریبوزین ۰/۵ کیلوگرم در هکتار+ تریفلورالین ۲/۵ لیتر در هکتار قبل از کشت مخلوط با خاک (PP)
8.71d	212.7 ab	13.35f	670.9 abc	39.77ab	9.33 abc	ایمازاتاپیر ۰/۶ لیتر در هکتار قبل از کشت مخلوط با خاک (PP)
72.27ab	81.8 a	69.78ab	291.8 c	81.60a	8.0 bc	ایمازاتاپیر ۰/۸ لیتر در هکتار قبل از کشت مخلوط با خاک (PP)
36.51a-d	172.7 abc	47.50a-e	626.2 abc	37.58a-d	9.33 abc	اکسی فلورفن ۰/۷۵ لیتر در هکتار بلافاصله بعد از کشت و قبل از سبز شدن محصول (PE)
22.27a-d	149.0 abc	15.55c-f	510.4 abc	24.70cd	9.67 abc	پندی متالین ۳ لیتر در هکتار بلافاصله بعد از کشت و قبل از سبز شدن محصول (PE)
19.80cd	297.8 a	16d-f	874.2 a	9.23d	11.67 abc	ایمازاتاپیر ۰/۶ لیتر در هکتار بلافاصله بعد از کشت و قبل از سبز شدن محصول (PE)
50.36a-c	157.8 abc	39.96a-f	595.1 abc	43.67a-d	8.33 abc	ایمازاتاپیر ۰/۸ لیتر در هکتار بلافاصله بعد از کشت و قبل از سبز شدن محصول (PE)
76.05ab	94.2 bc	72.69ab	341.9 bc	67.22a-c	6.33 c	متریبوزین ۰/۳ کیلوگرم در هکتار+ ایمازاتاپیر ۰/۶ لیتر در هکتار بلافاصله بعد از کشت و قبل از سبز شدن محصول (PE)
74.06ab	150.8 abc	69.45ab	412.9 abc	71.56ab	21.0 abc	پندی متالین ۲/۵ لیتر در هکتار+ ایمازاتاپیر ۰/۶ لیتر در هکتار بلافاصله بعد از کشت و قبل از سبز شدن محصول (PE)
19.50cd	295.4 a	23.70c-f	837.0 ab	20.63d	16.33 ab	اکسی فلورفن ۰/۵ لیتر در هکتار بعد از سبز شدن محصول در مرحله ۴-۶ برگ علف هرز (PO)
23.20b-d	161.2 abc	39.72a-f	494.4 abc	12.28d	16.0 a	بنتازون ۱/۵ لیتر در هکتار بعد از سبز شدن محصول در مرحله ۴-۶ برگ علف هرز (PO)
10.78cd	139.0 abc	17.56ef	628.6 abc	24.63a-d	10.33 abc	ایمازاتاپیر ۰/۶ لیتر در هکتار بعد از سبز شدن محصول در مرحله ۴-۶ برگ علف هرز (PO)
48.74a-c	132.4 abc	57.80a-c	409.4 abc	20.63d	13.33 abc	ایمازاتاپیر ۰/۸ لیتر در هکتار بعد از سبز شدن محصول در مرحله ۴-۶ برگ علف هرز (PO)
29.63cd	168.1 abc	35.50a-f	530.8 abc	36.93a-d	10.0 abc	ایمازاتاپیر ۰/۶ لیتر در هکتار+ بنتازون ۱/۵ لیتر هکتار بعد از سبز شدن محصول در مرحله ۴-۶ برگ علف هرز (PO)
49.03a-c	179.6 abc	44.88a-e	605.4 abc	35.00a-d	7.0 abc	ایمازاتاپیر ۰/۶ لیتر در هکتار+ کلتودیم ۱ لیتر در هکتار بعد از سبز شدن محصول در مرحله ۴-۶ برگ علف هرز (PO)
96.05a	10.1 d	94.86a	52.3 d	81.60a	1.67 d	شاهد بدون علف هرز (وجین دستی)

تیمارهای دارای حروف مشترک از نظر آماری در سطح ۵ درصد معنی دار نیستند (P>0.05) (Means with the same letter are not significantly different from each other)

جدول ۵- تجزیه واریانس میانگین مربعات صفات مورد بررسی تحت تاثیر تیمارهای آزمایش

Table 5- ANOVA of mean square of increase percentage than control treatment for examined traits

عملکرد دانه	وزن هزار دانه سویا	تعداد دانه در هر بوته	خشک بیومس سویا	وزن غلاف در هر بوته سویا	تعداد گره در هر بوته سویا	شاخه در هر بوته	ارتفاع بوته سویا	تعداد بوته سویا در ۰/۵ متر	درجه آزادی	منابع تغییرات
Seed yield	Soybean thousand seed weight	Seed number/plant	Soybean biomass	Pod number/plant	Node number/plant	Branch number/plant	Soybean plant height	Soybean plant/0.5 m	Degree of freedom	Source of variation
236.70 ⁿ	936.20 ^{ns}	8.30 ^{ns}	2654.11 ^{**}	6.31 ^{ns}	12.33 ^{ns}	1.43 ^{ns}	1332.62 ^{ns}	0.07 ^{ns}	2	بلوک
316.16 [*]	1886.71 ⁿ	8.08 ^{ns}	339.70 [*]	6.47 ^{ns}	3.90 ^{ns}	1.52 ^{ns}	305.74 ⁿ	0.21 ^{**}	17	علف کش
148.23	1739.71	4.54	184.38	4.24	2.51	1.31	222.31	0.081	34	خطا
30.95	23.43	30.32	17.78	32.26	10.68	16.83	14.46	17.19		ضریب تغییرات

*, **, *** اختلافات در سطح احتمال ۵ درصد، ۱ درصد و ۰/۱ و ^{ns} اختلافات در سطح احتمال ۵٪ غیر معنی دار هستند.

*, **, *** and ^{ns} are standing for significant differences at 5, 1, 0.1% level and no significant differences, respectively.

جدول ۶- بررسی تأثیر تیمارهای مورد بررسی بر درصد افزایش وزن هزار دانه و عملکرد و درصد کاهش ارتفاع بوته سویا نسبت به شاهد

Table 6- The effect of examined treatments on increase percentage of thousand seed weight and yield and decrease percentage of soybean plant height than control treatments

تیمار Treatment	تعداد بوته سویا در ۵۰ سانتی متر Soybean plant number/50 cm	زیست توده سویا کیلوگرم در هکتار Soybean biomass kg/ha	عملکرد دانه کیلوگرم در هکتار Yield kg/ha
1 تریفلورالین ۲/۵ لیتر در هکتار قبل از کشت مخلوط با خاک (PP)	3.33ab	3535 f	760 d
2 متریبوزین ۰/۵ کیلوگرم در هکتار قبل از کشت مخلوط با خاک (PP)	2.33 abcde	5148 bcdef	659 d
3 متریبوزین ۰/۵ کیلوگرم در هکتار+ تریفلورالین ۲/۵ لیتر در هکتار قبل از کشت مخلوط با خاک (PP)	2.0 bcde	7828 abcd	1517 bcd
4 ایمازاتاپیر ۰/۶ لیتر در هکتار قبل از کشت مخلوط با خاک (PP)	4.0 a	5229 bcdef	1872 abcd
5 ایمازاتاپیر ۰/۸ لیتر در هکتار قبل از کشت مخلوط با خاک (PP)	3.0 abc	6532 abcdef	1769 abcd
6 اکسی فلورفن ۰/۷۵ لیتر در هکتار بلافاصله بعد از کشت و قبل از سبز شدن محصول (PE)	1.0 e	4355 def	2141 abcd
7 پندی متالین ۳ لیتر در هکتار بلافاصله بعد از کشت و قبل از سبز شدن محصول (PE)	1.67 cde	5453 bcdef	1348 bcd
8 ایمازاتاپیر ۰/۶ لیتر در هکتار بلافاصله بعد از کشت و قبل از سبز شدن محصول (PE)	1.67 cde	3919 ef	1177 bcd
9 ایمازاتاپیر ۰/۸ لیتر در هکتار بلافاصله بعد از کشت و قبل از سبز شدن محصول (PE)	2.0 bcde	5755 bcdef	1178 cd
10 متریبوزین ۰/۳ کیلوگرم در هکتار+ ایمازاتاپیر ۰/۶ لیتر در هکتار بلافاصله بعد از کشت و قبل از سبز شدن محصول (PE)	2.33 abcde	5431 bcdef	2110 abcd
11 پندی متالین ۲/۵ لیتر در هکتار+ ایمازاتاپیر ۰/۶ لیتر در هکتار بلافاصله بعد از کشت و قبل از سبز شدن محصول (PE)	1.33 de	7200 abcde	2620 abc
12 اکسی فلورفن ۰/۵ لیتر در هکتار بعد از سبز محصول در مرحله ۴-۶ برگ علف هرز (PO)	1.33 de	8285 ab	2381 abcd
13 بنتازون ۱/۵ لیتر در هکتار بعد از سبز محصول در مرحله ۴-۶ برگ علف هرز (PO)	2.33 abcde	7080 abcde	673 d
14 ایمازاتاپیر ۰/۶ لیتر در هکتار بعد از سبز محصول در مرحله ۴-۶ برگ علف هرز (PO)	3.33 abc	4785 cdef	997 cd
15 ایمازاتاپیر ۰/۸ لیتر در هکتار بعد از سبز محصول در مرحله ۴-۶ برگ علف هرز (PO)	3.0 abc	8731 abc	3182 a
16 ایمازاتاپیر ۰/۶ لیتر در هکتار+ بنتازون ۱/۵ لیتر در هکتار بعد از سبز محصول در مرحله ۴-۶ برگ علف هرز (PO)	2.67 abcd	5287 bcdef	2952 ab
17 ایمازاتاپیر ۰/۶ لیتر در هکتار+ کلتودیم ۱ لیتر در هکتار بعد از سبز محصول در مرحله ۴-۶ برگ علف هرز (PO)	1.33 de	6367 abcdef	1181 cd
18 شاهد بدون علف هرز (وجین دستی)	3.67 a	9831 a	2394 abc
LSD	1.64	2985.3	1609.3

تیمارهای دارای حروف مشترک از نظر آماری در سطح ۵ درصد معنی‌دار نیستند (Means with the same letter are not significantly different from each other (P>0.05))

نتیجه‌گیری

دانه در تیمارهای ایمازاتاپیر ۰/۸ لیتر در هکتار بعد از سبز شدن محصول در مرحله ۴-۶ برگ علف‌هرز و ایمازاتاپیر ۰/۶ لیتر در هکتار + بنتازون ۱/۵ لیتر در هکتار بعد از سبز شدن محصول در مرحله ۴-۶ برگ علف‌هرز مشاهده شد. بنابراین با توجه به نتایج این بررسی استفاده از علف‌کش ایمازاتاپیر ۰/۸ لیتر در هکتار قبل از کشت یا به‌صورت پیش‌رویشی یکی از تیمارهای موفق در کنترل علف‌های هرز مزارع سویا می‌باشد و اختلاط این علف‌کش با پندی‌متالین نیز جهت افزایش طیف علف‌کشی بلامانع است همچنین می‌توان آن علف‌کش را به‌صورت پس‌رویشی در مرحله ۴-۶ برگ علف‌هرز جهت حصول به عملکرد بالاتر بکار برد

نتایج نشان می‌دهد کلیه تیمارها سبب کاهش درصد تراکم علف‌های هرز نسبت به تیمار شاهد گردیدند گرچه، تیمار ایمازاتاپیر ۰/۸ لیتر در هکتار قبل از کشت مخلوط با خاک (PP) بیشترین کاهش را در تراکم علف‌هرز نسبت به شاهد سبب گردید بطوری‌که با تیمار وجین در یک گروه آماری قرار گرفت و تیمار پندی‌متالین ۲/۵ لیتر در هکتار + ایمازاتاپیر ۰/۶ لیتر در هکتار بلافاصله بعد از کشت و قبل از سبز شدن محصول (PE) و تیمار متریبوزین ۰/۳ کیلوگرم در هکتار + ایمازاتاپیر ۰/۶ لیتر در هکتار بلافاصله بعد از کشت و قبل از سبز شدن محصول (PE) در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند. بیشترین عملکرد

منابع

1. Aghaalikhani M., and Kariminejad R. 2005. The effect of weed control periode duration on species composition and weeds dry material accumulation in soybean (*Glycine max* L.) Proceedings of the 1st Iranian Weed Science Congress, pp 43.
2. Aghaalikhani M., and Rahimian Mashhadi H. 2006. Weeds population dynamic (Translation). Tehran University Publication. 432 p. (In Persian)

- (a) Abassi R., Faraji S., Beheshtian Mesgaran M., Bitarafan M., and Mohamadalizadeh H. 2005. Evaluation the possibility of *Amaranthus retroflexus* control in Soybean by complete and reduced dosage of oxyfluorfen. Proceedings of the 1st Iranian Weed Science Congress, pp 417-420.
- (b) Abassi R., and Mohamadalizadeh H. 2005. Determination of dosage and application time of oxyfluorfen in weed control of Soybean fields. Proceedings of the 1st Iranian Weed Science Congress, pp 421.
- (c) Abassi R., Mohamadalizadeh H., Zinali khanghah H. and Talebi Jahromi K.H. 2005. The effect of Integrated Weed Management on yield and yield components of Soybean. Proceedings of the 1st Iranian Weed Science Congress, pp 27.
3. Armashi M. 2014. Effects of herbicide and cultivation on weed control of Wild Melon (*Cucumis melo* L.) in soybean fields in Golestan province, Thesis for receiving «M.Sc.» degree, Islamic Azad University, Gorgan Branch
4. Baghestani M.A., Zand E., Lotfmavi f., Esfandiary H., Poorazar R. and Mamnooei A. 2013. Evaluation of spectrum efficacy of registered herbicides used in Corn fields. Plant pests and disesis Journal. 1(2): 100-122.
5. Datta A., Ullah H., Tursun N., Pornprom T., Knezevic S. and Chauhan B. 2017. Managing weeds using crop competition in soybean [*Glycine max* (L.) Merr.]. Crop Protection 95: 60–68.
6. Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2020. <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>
7. Farajpoor Kord Asiaei F., Ebtali Y., Filizadeh Y., and Moghadam khamseh A.R. 2009. Evaluation many pre-plant and pre-emergence herbicides on weed density and dry weight and Soybean vegetative traits. Proceedings of the 3th Iranian Weed Science Congress, pp 492.
8. ^(a)Grichar W.J. 2007. Control of smellmelon (*Cucumis melo*) in soybean with herbicides. Weed Technol. 21: 277-779.
9. ^(b)Grichar W.J. 2007. Horese purslane (*Trianthema portulacastrum*), Smellmelon (*Cucumis melo*), and Palmer amaranth (*Amaranthus palmeri*) control in Peanut with postemergence herbicides. Weed Technol. 21:688-691.
10. Kakhzad R., Valiollahpoor R., Noorani S.A., and Ghoolipoori A.GH. 2012. The effects of planting date of soybean (*Glycine max* L.) varieties and herbicide application on weed species density. Plant Protection Journal (Agric. Sci & Tech). 26(4): 395-407 (In Persian with English abstract).
11. Marshall M. 2014. Weed control in soybean. South Carolina Pest Management Handbook for Field Crops –215-244.
12. Montazeri M. 2009. Efficacy of Diuron, Promethrin and Alachlor in weed control in cotton (*Gossypium hirsutum*) fields. Plant pests and disesis Journal. Spring and summer 2009. 128 P.
13. Nassoti B., Siahmarguei A., and Bagherani N. 2015. Evaluation integrated weed management through soybean plant density and imazethapyr application as pre-emergence herbicide on growth index of total dry material production (TDM). Proceedings of the 6th Iranian Weed Science Congress, pp 569.
14. Oerke E.C., and Dehne H.W. 2004. Safeguarding production losses in major crops and the role of crop protection. Crop Protection, 3: 275-285.
15. Peer F.A., Badrul lone B.A., Qayoom S., Ahmed L., Khanday B.A., Singh P., and Singh G. 2013. Effect of weed Control Methods on Yield and Yield Attributes of Soyabeen. Afr. J. Agric. Res. 8: 6135–6141.
16. Razaghzadeh H. 2014. Chemical control of *Cleome viscosa* in soybean fields of Kalaleh. M.S.C Thesis. (In Persian with English abstract)
17. Salemi Parizi SH., Vazan S., Najafi S., and Daneshian J. Evaluation the role of usage Gibberellic Acid and Imazethapyr on soybean potential in competition with *Amaranthus retroflexus*. Proceedings of the 19th Iranian Plant Protection Congress, pp 41.
18. Savarinejad A.R., Montazeri M., Mirhadi M.J., and Younesabadi M. 2009. Chemical control of *Euphorbia maculate* in soybean fields of Golestan province. Proceedings of the 3th Iranian Weed Science Congress, pp 455.
19. Sadeghloo H. 2014. The effect of various management methods on control of *Ipomoea* spp. in east soybean fields of Golestan province. M.Sc. Thesis. (In Persian with English abstract)
20. Stiller E.W., Harrison S.K., Wax L.W., Regnier E.E., and Nafziger E.D. 1987. Weed interference in Soybean (*Glycine max*). Rev. Weed Sci. 3: 155-181.
21. Tingle C.H., and Chandler J.M. 2004. The effect of herbicides and crop rotations on weed control in glyphosate-resistant crops. Weed Technol. 18: 940–946.
22. Taylor-Lovell S., Wax L.M., and Bollero G. 2002. Preemergence Flumioxazin and Pendimethalin and Postemergence Herbicide Systems for Soybean (*Glycine max*). Weed Technology 16(3): 502-511.
23. Thompson A.M., Rosales-Robles E., Chandler J.M., Nester P.R., and Tingle C.H. 2005. Crop tolerance and weed management systems in imidazolinone-tolerant corn (*Zea mays* L.) Weed Technology 19: 1037-1044.
24. Thomson W.T. 1981. Agricultural chemicals - book 2: herbicides. Revised Ed. Thomson Publications, Fresno, CA. 274 pp. (oxyfluorfen (Goal) Herbicide Profile 3/85 http://pmep.cce.cornell.edu/profiles/herb-growthreg/naa-rimsulfuron/oxyfluorfen/oxyfluor_prf_0385.html)
25. Vyvyan J.R. 2002. Allelochemicals as leads for new herbicides and agrochemicals. Tetrahedron. 58: 1631-1646.
26. Younesabadi M. 2013. Weed management effects on non-target toxicity and seed bank dynamics in soybean

(*Glycine max*)-wheat (*Triticum aestivum*) cropping system. Indian Agricultural Research Institute, New Delhi, in partial fulfilment of requirements for the award of degree of Doctor of Philosophy in Agronomy.

27. Younesabadi M., Das T.K., and Paul S. 2014. Tillage and weed management effect on non-target toxicity in soil and yield of soybean. International Journal of Farming and Allied science.3-9: 962-969.



Evaluation the Effect of Imazethapyr, Pendimethalin and Oxyfluorfen in Soybean Weed Control

M. Younesabadi^{1*} - M. Nouralizadeh Otaghsara² - L. Habibian³ - A. Savarinrjad⁴

Received: 28-12-2019

Accepted: 23-12-2020

Introduction: Soybean is one the strategic crops which contributes to provide a part of food in 43 countries. Soybean planting area and production in the world are 102 million hectare and 261 million tonnes respectively. Its planting area was 764000 ha in Iran in 2013. Mazandaran, Guilan and Golestan are the most soybean producing province in Iran. Golestan with 53405 ha and 90000 tonnes production is the first soybean producer in Iran. Weed competition is considered one of the most important inhibitor factors, which not only causes yield losses but also, reduction in quality by interference in soybean growth and development. Yield reduction by weeds was reported by 28% under the Caspian Sea climate. Mean yield loss for one plant/square meter, has been reported up to 30% and it may reach to 80% in higher weed density. Therefore study of soybean weed control is avoidable.

Materials and Methods: In order to control weeds in soybean fields, an experiment was conducted as Randomized Complete Block Design (RCBD) with three replications in Gorgan agricultural research stations in a field that had enough weed infection. The treatments were trifluralin (treflan 48% EC) 2.5 l/ha, metribuzin (sencor 70 % wp) 0.5 l/ha, metribuzin 0.5 l/ha+ trifluralin 2.5 l/ha, imazethapyr (persuite 10% SL) 0.6 l/ha, imazethapyr 0.8 l/ha as pre plant, oxyfluorfen (goal 24% EC) 0.75 l/ha, pendimethalin (stomp 33% EC) 3 l/ha, imazethapyr 0.6 l/ha, imazethapyr 0.8 l/ha, metribuzin 0.3+ imazethapyr 0.6 l/ha, pendimethalin 2.5 l/ha + imazethapyr 0.6 l/ha as pre-emergence, oxyfluorfen 0.5 l/ha, bentazon (basagran 48% SL) 1.5 l/ha, imazethapyr 0.6 l/ha, imazethapyr 0.8 l/ha, bentazon+ imazethapyr 0.6 l/ha, cletodim (select super 12% EC) 1l/ha + imazethapyr 0.6 l/ha as post-emergence at 4-6 leaf stage and weed free treatment as a control. Plot size was 1.4m×10m. Seed rate, row spacing, cultivar and other cultivation method was done by conventional method. Each plot was divided to two parts, which one part was treated by herbicides and the other part was held untreated and considered as control treatment. In weed free check treatments, weeding was done with 10 days interval but in weedy check no weeding and no chemical weed control was done. To investigate the effect of treatments on weed number, weed fresh and dry weight, a quadrat of 0.5 × 0.5 m was fixed in each plot (so that it represents the weeds of whole plot). Before harvesting, all of the emerged weed species in fixed quadrates were identified, counted and their dry weight was measured after drying in 75 celcius degree oven for 72 hours. At harvest 5 plants per plot were randomly selected and yield components were measured. For yield, two 0.5 m² quadrates were harvested in each plot and grain yield and biomass were determined. Qualitative evaluation of soybean, which includes chlorosis and necrosis in leaves, was done based on EWRC standard method. Data analysis of variance was performed using SAS software version 9.1 and the means were compared using LSD test at 5% level. Since field data were not normal, a logarithmic and root square ($\sqrt{x + 0.5}$) transformation was used to normalize data.

Results: The results showed that all treatments caused reduction in weed number percentage than control treatment. The highest reduction was observed in imazethapyr 0.8 l/ha (pre plant) at par with hand weeding treatment. Pendimethalin 2.5 l/ha + imazethapyr 0.6 l/ha, metribuzin 0.3+ imazethapyr 0.6 l/ha as pre emergence had the next rank. The highest yield after hand weeding was obtained in imazethapyr 0.8 l/ha (pre plant)

1- Assistant Professor, Plant Protection Research Department, Agricultural and Natural Resources Research and Education Center of Golestan, AREEO, Gorgan, Iran

(*- Corresponding Author Email: m.younesabadi@areeo.ac.ir)

2- Weed Researcher, Plant Protection Research Department, Agricultural and Natural Resources Research and Education Center of Mazandaran, AREEO, Sari, Iran

3- M.Sc. of Weed Science, Plant Protection Research Department, Agricultural and Natural Resources Research and Education Center of Golestan, AREEO, Gorgan, Iran

4- Weed Researcher, Plant Protection Research Department, Agricultural and Natural Resources Research and Education Center of Golestan, AREEO, Gorgan, Iran

DOI: 10.22067/JPP.2021.32671.0

followed by pendimethalin 2.5 l/ha + imazethapyr 0.6 l/ha and imazethapyr 0.8 l/ha as pre emergence. Therefore based on the results of this study using of imazethapyr 0.8 l/ha as pre plant or pre emergence are recommended for weed control in soybean fields and mixing of this herbicide with pendimethalin is also conducive to increasing the herbicide spectrum. Application of this herbicide (imazethapyr 0.8 l/ha) at 4-6 leaf stage of weeds, to obtain higher yield is possible too. The results of this experiment showed that some of post-emergence herbicides caused a little phytotoxicity on soybean (oxifluorfen 0.5 liters / ha (20%), Bazagaran + Persoite (15%), Coltodium + Persoite (10%), Bazagaran (5 to 10%), Persuite 0.8 liters per hectare (lower than 5%)). It should be noted that the phytotoxicity of all treatments was eliminated in the later stages of growth.

Keywords: Chemical control, Dinitroaniline, Diphenylether, Imidazolinones, Phytotoxicity



مقاله پژوهشی

تأثیر پیش تیمار بذر آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.) با پلاسمای سرد بر عملکرد و اجزای عملکرد آن در رقابت با علف‌های هرز

مژگان خاکیان^۱ - حسن مکاریان^{۲*} - مهدی برادران فیروز آبادی^۳ - مهدی مومنی^۴ - حسین میرزایی مقدم^۵

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۲/۱۰

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۵/۱۱

چکیده

پیش تیمار بذر گیاه زراعی با پلاسمای سرد از طریق تسریع جوانه زنی بذر می تواند قابلیت رقابت آن را با علف های هرز افزایش دهد. به منظور ارزیابی تأثیر پیش تیمار بذر با پلاسمای سرد بر عملکرد و اجزای عملکرد آفتابگردان در حضور علف های هرز، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۹۵-۱۳۹۴ در مزرعه ای تحقیقاتی دانشگاه صنعتی شاهرود انجام شد. فاکتورهای آزمایش شامل: پیش تیمار بذر در شش سطح، شاهد (بدون پیش تیمار)، خیساندن بذر در آب به مدت ۱۰ ساعت، پیش تیمار بذور با پلاسمای سرد به مدت ۱۵ و ۳۰ ثانیه، خیساندن بذر در آب مقطر به مدت ۱۰ ساعت + پلاسمای سرد به مدت ۱۵ و ۳۰ ثانیه و روش کنترل علف های هرز در سه سطح: عدم وجین، وجین تمام فصل و کاربرد تریفلورالین (۱۲۰۰ گرم ماده مؤثره در هکتار) بودند. نتایج نشان داد که اثر متقابل بین فاکتورهای آزمایشی بر تعداد دانه در طبق، عملکرد بیولوژیک و دانه، شاخص برداشت، عملکرد روغن آفتابگردان و وزن خشک علف های هرز معنی دار ($p \leq 0/01$) بود. در حضور علف های هرز، روش های مختلف پیش تیمار بذری سبب افزایش معنی دار در تعداد دانه در طبق و عملکرد بیولوژیک آفتابگردان شد. همچنین، پیش تیمار بذر با پلاسمای سرد به مدت ۳۰ ثانیه عملکرد روغن و دانه را به ترتیب به میزان ۶۸/۸ و ۵۸/۵ درصد در حضور علف های هرز نسبت به تیمار شاهد (عدم پیش تیمار در حضور علف های هرز) افزایش داد. براساس نتایج این پژوهش، پیش تیمار بذر با پلاسمای سرد می تواند صفات رشدی و عملکرد آفتابگردان را از طریق بهبود قابلیت رقابت آن با علف های هرز افزایش دهد.

واژه های کلیدی: تریفلورالین، خیساندن بذر در آب، کنترل غیرشیمیایی، مدیریت تلفیقی علف های هرز

مقدمه

و به میزان قابل توجهی عملکرد آن بوسیله علف های هرز کاهش می یابد، از این رو باید در برابر علف های هرز به طور کامل حمایت شود (۱۱). در همین راستا در پژوهشی گزارش شده است که حضور علف های هرز سبب کاهش ۳۱ درصدی عملکرد آفتابگردان شد (۳۳). استفاده از علف کش ها روش اصلی کنترل علف های هرز است، با این وجود استفاده نادرست از این تکنولوژی ممکن است منجر به ایجاد مشکلاتی نظیر پسمان علف کش ها، آلودگی آب های زیرزمینی و مقاوم شدن علف های هرز به علف کش ها شود (۷). به همین خاطر امروزه، جامعه ی کشاورزی برای کنترل علف های هرز تمایل به استفاده از روش های مدیریتی غیرشیمیایی، نظیر روش های زراعی کنترل علف های هرز پیدا کرده است (۱۲). یکی از روش های زراعی برای افزایش رشد و قابلیت رقابت گیاهان زراعی با علف های هرز،

آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.) یکی از گیاهان مهم در تولید روغن خوراکی در جهان است و روغن آن به علت خصوصیات ویژه از جمله پایداری اکسیداسیونی بالا و وجود اسیدهای چرب با پیوند دوگانه مانند لینولئیک اسید، نقش مهمی از نظر تغذیه دارد (۲۳). آفتابگردان در اوایل فصل رشد توان رقابتی کمی با علف های هرز دارد

۱، ۲ و ۳- به ترتیب دانش آموخته کارشناسی ارشد اگر واکولوژی و دانشیاران گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی شاهرود
(*)- نویسنده مسئول: (Email: h.makarian@yahoo.com)

۴- استادیار گروه فیزیک پلاسمای دانشکده فیزیک، دانشگاه صنعتی شاهرود

۵- استادیار گروه مکانیک بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی شاهرود

استفاده از پیش تیمار بذور با آب و سایر روش‌های بهبود دهنده بنیه بذر و استقرار آن در مزرعه است (۵). پیش تیمار بذور با آب به مدت معین، یکی از راهکارهای مناسب برای تقویت بنیه بذر و استقرار بهتر گیاهچه است که قبل از کاشت انجام می‌شود. مزیت این روش در گیاهانی که با بذر تکثیر می‌شوند، افزایش سرعت جوانه‌زنی در شرایط مختلف محیطی است. مزیت دیگر آن حصول یکسان رویش گیاهچه از بذر برای افزایش قدرت گیاهچه و بهبود عملکرد کمی و کیفی گیاه است (۲۷). علت تسریع جوانه‌زنی در بذره‌ای آماده شده می‌تواند ناشی از افزایش فعالیت آنزیم‌های تجزیه‌کننده مثل آلفا آمیلاز، افزایش سطح شارژ انرژی زیستی در قالب افزایش تعداد و درعین حال ارتقاء عملکرد میتوکندری‌ها، افزایش سنتز RNA، DNA و ATP باشد (۳). در پژوهشی، پیش تیمار بذور سویا (*Glycine max (L.) MERR*) با آب سبب افزایش معنی‌دار وزن هزار دانه، عملکرد و همچنین درصد پروتئین دانه نسبت به شاهد گردید (۶). استقرار مطلوب گیاهان تحت تأثیر روش‌های پیش تیمار بذری تاکنون به‌طور مؤثر در کاهش خسارت علف‌های هرز به کار گرفته شده است. نصیری دهرسخی و همکاران (۲۴) گزارش کردند که پیش تیمار بذور لوبیا چشم بلبلی (*Vigna sinensis (L.) Walp*) با آب به مدت ۷ ساعت از طریق تسریع فرایندهای جوانه‌زنی و بهبود رشد گیاه زراعی، بطور معنی‌داری قابلیت رقابت آن را با علف‌های هرز افزایش داد.

در سال‌های اخیر از فن‌آوری پلاسما سرد در تحقیقات کشاورزی استفاده شده است و اثر مثبت آن در جوانه‌زنی بذور به اثبات رسیده است (۳۱). در فرایند تولید پلاسما سرد، گازها تحت تأثیر میدان الکتریکی یک یا چند الکترون از دست داده و در اثر یونیزاسیون، یون‌ها و گونه‌های فعال هیدروکسیل، اکسیژن، اوزون، پراکسید هیدروژن و همچنین نور ماورا بنفش بوجود می‌آیند (۲۵). هنگامی که بذر تحت تأثیر این اتم‌ها و رادیکال‌های آزاد ایجاد شده قرار گرفت تغییراتی در پوسته بذر، خصوصیات بیوشیمیایی و فیزیولوژیکی آن ایجاد می‌گردد (۱۸). در فرایند پلاسما دهی بذر، حمله رادیکال‌های اکسیژن و بمباران یونی سبب ساییدگی پوسته بذر می‌شود (۳۰) همچنین خاصیت آبدوستی پوسته بذر زیاد شده و در نهایت جذب آب توسط بذر افزایش می‌یابد (۱۸). اعمال پلاسما سرد روی بذر می‌تواند برخی از فرایندهای فیزیولوژیکی را نیز در گیاه از قبیل فعالیت دهیدروژناز، سوپراکسید دیسموتاز، فعالیت پروکسیداز، رنگدانه‌های فتوسنتزی، کارایی فتوسنتزی و فعالیت نیترات ریدوکتاز را نیز افزایش دهد (۲۱). اثر مثبت پلاسما سرد در بهبود خصوصیات جوانه‌زنی بذر گیاهانی از قبیل سلمه‌تره (*Chenopodium album*) (۲۹) و سویا (۱۸) به اثبات رسیده است. لینگ و همکاران (۱۸) همچنین نشان دادند که شاخص درصد جوانه‌زنی بذور سویا تحت تأثیر پلاسما سرد ۱۶ تا ۶۶ درصد افزایش داشت. همچنین آنها ذکر کردند که جذب آب در بذور تیمار شده ۱۴ درصد افزایش داشت و در

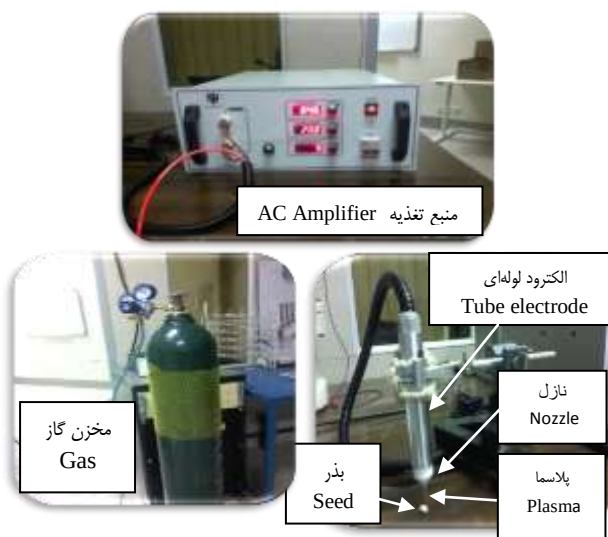
نهایت وزن خشک ساقچه‌چه و ریشه‌چه سویا به ترتیب ۲۱/۹ و ۲۷/۵ درصد نسبت به بذور تیمار نشده افزایش نشان داد. سرا و همکاران (۲۸) تایید نمودند که پلاسما سرد ممکن است اثرات مثبت و منفی بر روی بذر داشته باشد، بطوری که مدت زمان پلاسما سرد روی بذر از این نظر دارای اهمیت زیادی است، به عنوان مثال، آنها مدت زمان ۳ تا ۱۰ دقیقه پلاسما دهی روی بذر گیاه گندم سیاه (*Fagopyrum aesculentum*) را خیلی زیاد و دارای اثر منفی دانستند. حوسین و همکاران (۱۳) با کاربرد تابش گاما روی بذور آفتابگردان گزارش کردند که این تکنیک می‌تواند سبب افزایش جوانه‌زنی، رشد و در نهایت بهبود عملکرد آفتابگردان شود. بنابراین این روش را برای نواحی که شرایط نامناسب برای جوانه‌زنی بذور این گیاه وجود دارد، توصیه کردند. تابش گاما از طریق تأثیر بر اتم‌ها و مولکول‌های درون سلول‌ها به‌ویژه آب سبب تولید رادیکال آزاد شده و این رادیکال‌های آزاد می‌توانند منجر به سنتز پروتئین، پراکسیداسیون لیپیدها و فعالیت آنزیمی در بذر شوند (۱۵). با توجه به نتایج پژوهش‌های انجام شده به‌نظر می‌رسد پیش تیمار بذر با آب و پلاسما سرد از طریق بهبود استقرار گیاهچه نقش مؤثری در قابلیت رقابت گیاه آفتابگردان با علف‌های هرز داشته باشد. بنابراین این پژوهش به‌منظور ارزیابی تأثیر پیش تیمار بذر با پلاسما سرد در مقایسه با خیساندن بذر در آب، بر رشد و عملکرد آفتابگردان در حضور علف‌های هرز انجام شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی شاهرود روی گیاه آفتابگردان رقم هایسان ۳۳ در سال زراعی ۹۵-۱۳۹۴ اجرا شد. موقعیت مزرعه از نظر جغرافیایی در ۵ درجه و ۴ دقیقه طول شرقی و ۳۶ درجه و ۲۹ دقیقه عرض شمالی واقع شده است و میانگین ارتفاع آن از سطح دریا ۱۴۲۰ متر است. فاکتور اول شامل پیش تیمار بذر در شش سطح: شاهد (بدون پیش تیمار)، خیساندن بذر در آب مقطر به مدت ۱۰ ساعت، پیش تیمار بذور با پلاسما سرد به مدت ۱۵ ثانیه، پیش تیمار بذور با پلاسما سرد به مدت ۳۰ ثانیه، خیساندن بذر در آب مقطر به مدت ۱۰ ساعت + پلاسما سرد به مدت ۱۵ ثانیه، خیساندن بذر در آب مقطر به مدت ۱۰ ساعت + پلاسما سرد به مدت ۳۰ ثانیه و فاکتور دوم کنترل علف‌های هرز در سه سطح: تریفلورالین ۲۵۰۰ میلی‌لیتر (۱۲۰۰ گرم ماده مؤثره در هکتار)، شاهد (عدم وجین) و وجین تمام فصل بود. مدت زمان خیساندن بذر در آب بر اساس پیش آزمایش در آزمایشگاه ۱۰ ساعت تعیین گردید. زمین مورد استفاده در سال قبل از آزمایش تحت آیش بود، پس از شخم عمیق در پاییز سال قبل، عملیات آماده‌سازی زمین با مساعد شدن شرایط آب و هوایی و

الکتریکی صرف اجزای الکترون شده و بدلیل چگالی بسیار کم ذرات، دما در حد دمای اتاق باقی می ماند، لذا به این نوع پلاسما پلاسمای سرد اتمسفری گفته می شود (۱۴). یکی از انواع روش های تولید پلاسمای سرد اتمسفری، تخلیه سد دی الکتریک (Discharge Barrier Dielectric) است. عمل تخلیه بین دو الکترود که حداقل یکی از آنها با لایه دی الکتریک پوشانده شده است، صورت می گیرد. این تخلیه با اعمال ولتاژ بالای متناوب بین دو الکترود انجام گرفته و وجود یک لایه دی الکتریک مانع از عبور جریان شدید میان دو الکترود و وقوع جرقه می گردد (۲۵). در نهایت، پلاسمای سرد بصورت جریانی از الکترون و پروتون از قسمت نازل مانند دستگاه خارج می شود و در ظاهر به مشابه یک شعله کوچک می باشد (شکل ۱). سپس، بذور براساس زمان های تعریف شده در معرض جریان الکترون و پروتون (شعله پلاسما) قرار می گیرند. پلاسمای سرد دارای سه پارامتر فرکانس، توان و ولتاژ می باشد. در این آزمایش توان تخلیه سطوح پلاسما ۸۰ وات، ولتاژ استفاده شده ۱۰ کیلو ولت، و فرکانس بکار رفته ۵۸ کیلوهرتز بود (شکل ۱).

رسیدن رطوبت به حد ظرفیت زراعی در اوایل خرداد ماه سال ۱۳۹۵ صورت گرفت. در ابتدا زمین مورد نظر توسط گاواهن برگردان دار شخم زده شد. سپس با استفاده از دو دیسک عمود بر هم، اقدام به عمل تسطیح زمین گردید. عملیات کاشت در نیمه دوم خردادماه انجام شد. مزرعه آزمایشی شامل ۵۴ کرت و هر کرت دارای چهار خط کاشت به طول چهار متر بوده و فاصله بین ردیف ها در هر کرت ۶۰ سانتی متر و فاصله کاشت روی ردیف ها ۲۵ سانتی متر در نظر گرفته شد. بین هر کرت تا کرت بعدی یک ردیف نکاشت در نظر گرفته شد. براساس نتایج آزمایش خاک، بافت خاک مزرعه آزمایشی لومی رسی بود. کنترل علف های هرز به وسیله وجین دستی در کرت هایی که تیمار وجین داشتند، اعمال گردید. پیش تیمار بذور با پلاسمای سرد در آزمایشگاه پلاسمای دانشگاه صنعتی شاهرود انجام شد. برای پلاسمادهی بذور از دستگاه جت پلاسمای سرد (Plasma Supply مدل BK 9401، ساخت شرکت پلاسما طب) استفاده شد و گاز مورد استفاده در آن آرگون بود (شکل ۱). پلاسمای سرد، پلاسمای غیرحرارتی است که در فشار اتمسفر با عبور گاز از میان یک میدان الکتریکی تولید می شود. بنابراین در تولید پلاسمای سرد بیشتر انرژی



شکل ۱- دستگاه جت پلاسمای سرد ساخت ایران که در این پژوهش مورد استفاده قرار گرفت و شامل سه بخش اصلی الف: منبع تغذیه که با ولتاژ ۱۰ کیلوولت، توان ۸۰ وات و فرکانس ۵۸ کیلوهرتز تنظیم شد. ب: کپسول ذخیره گاز، ج: الکتروود لوله ای و نازل آن که محل خروج جریان پلاسمای سرد می باشد.

Figure 1- Cold plasma jet machine that has been used in this research. It consists of three main parts, power supply set with voltage of 10 kV, power of 80 watt and frequency of 58 kHz, gas storage capsule and tubular electrode and its nozzle which is the outlet of cold plasma current.

هنگام بعد از ظهور) به کار برده شد و بلافاصله تا عمق ۵ تا ۱۰ سانتی متر با خاک مخلوط گردید. برای تعیین تعداد دانه در طبق و وزن صد دانه از هر کرت پنج بوته بصورت تصادفی بعنوان نمونه در آخر فصل (۱۲ مهرماه سال ۱۳۹۵) برداشت شد و پس از شمارش

ترفلان (تریفلورالین ۴۸٪ EC) تهیه شده از شرکت پرتونار به مقدار ۱۲۰۰ گرم ماده مؤثره در هکتار قبل از کشت بذور با سم پاش ماتابی شارژی ساخت اسپانیا با نازل بادبزی شماره ۸۰۰۲ و حجم محلول ۲۸۰ لیتر در هکتار و فشار ۲/۸ بار در کرت های مربوطه (در

نتایج و بحث

وزن خشک کل علف‌های هرز

نتایج نشان داد که علف‌هرز غالب مزرعه آزمایشی سوروف (L.) *Echinochloa crus-galli* بود، به‌طوری‌که در تیمارهای عدم وجین تراکم این علف هرز به بیش از ۵۰۰ بوته در متر مربع می‌رسید. سایر گونه‌های علف هرز از قبیل تاج‌خروس ریشه قرمز (*Amaranthus retroflexus* L.)، سلمه‌تره (*Chenopodium album* L.)، فرفیون (*Euphorbi* sp.)، شلمی (*Rapistrum rugosum* L.)، کنف‌وحشی (*Hibiscus trionum* L.) و پیچک صحرایی (*Convolvulus arvensis* L.) نیز در مزرعه با تراکم اندک وجود داشتند. طبق جدول تجزیه واریانس داده‌ها، اثرات ساده و اثرات متقابل تیمارهای آزمایش در سطح احتمال یک درصد بر وزن خشک زیست توده علف‌های هرز معنی‌دار شد (جدول ۱). همان‌طور که در شکل ۲ مشاهده می‌شود، بیشترین وزن خشک علف‌های هرز مربوط به شاهد (عدم پیش تیمار در شرایط عدم وجین) بود. نتایج نشان داد که روش‌های پیش تیمار بذری به‌خصوص پلاسمای سرد به مدت ۱۵ و ۳۰ ثانیه توانست زیست توده علف‌های هرز را نسبت به تیمار آلوده به علف‌هرز به‌طور معنی‌داری کاهش دهد.

و جداسازی دانه‌ها از طبق، آن‌ها را در سایه قرار داده که سایه خشک شوند و سپس توزین شدند. برای تعیین عملکرد دانه و بیولوژیک، بوته‌های آفتابگردان از سطح دو متر مربع با در نظر داشتن اثر حاشیه‌ای برداشت شدند و دانه‌ها برای تعیین عملکرد دانه پس از سایه خشک شدن توزین شدند. همچنین، وزن خشک قسمت‌های مختلف بوته‌های برداشت شده پس از قرار دادن در اون با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت با ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۰۱ اندازه‌گیری و ثبت شد. عملکرد دانه بر مبنای رطوبت ۱۴ درصد دانه محاسبه شد. جهت تعیین زیست‌توده خشک علف‌های هرز نیز با در نظر داشتن اثر حاشیه‌ای در هر کرت، کوادرات یک متر مربعی در سه نقطه بصورت تصادفی در هر کرت قرار داده شد و در هر کوادرات علف‌های هرز از سطح خاک درو شد و در پاکت‌های مقوایی قرار گرفت و به آزمایشگاه منتقل گردید و سپس به مدت ۴۸ ساعت در اون با دمای ۷۰ درجه خشک و با ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۰۱ توزین گردید. پس از تبدیل داده‌ها، آنالیز آماری و تحلیل آنها توسط نرم‌افزار MSTAT-C (نسخه ۱/۴۲) و رسم نمودارها با نرم‌افزار Excel انجام شد و از آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد برای مقایسه میانگین‌ها استفاده گردید.

جدول ۱- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات مورد بررسی آفتابگردان تحت تاثیر تیمارهای آزمایش

Table 1- Analysis of variance (mean of squares) for investigated traits of sunflower as affected by experiment treatments

منابع تغییر Sources of variation	درجه آزادی Df	تعداد دانه در طبق Seed number per head	وزن ۱۰۰ دانه 100 seed Weight	عملکرد بیولوژیک Biological yield	عملکرد دانه Grain yield	شاخص برداشت Harvest index	عملکرد روغن Oil yield	وزن ماده خشک کل Total weed dry weight
بلوک (Block)	2	20260.36 ^{ns}	0.863 ^{ns}	6723.961 ^{ns}	84754.556 ^{ns}	32.167 ^{ns}	56632.611 ^{ns}	4871.05 ^{ns}
کنترل (Control)	2	139287.50 ^{**}	28.959 ^{**}	61254412.033 ^{**}	5016116.133 ^{**}	128.248 [*]	1132078.019 ^{**}	1927800.16 ^{**}
پیش تیمار (Pretreatment)	5	15835.07 ^{ns}	2.739 ^{ns}	3282412.486 [*]	821307.047 ^{ns}	376.254 ^{**}	107178.925 ^{ns}	78848.16 ^{**}
پیش تیمار × کنترل (Pretreatment × Control)	10	46751.74 ^{**}	4.864 ^{ns}	6502641.010 ^{**}	1415563.094 ^{**}	146.211 ^{**}	399936.215 ^{**}	78848.16 ^{**}
خطا Error	34	12069.79	4.081	1303952.498	378489.490	30.899	64116.284	1840.64
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)		13.60	14.08	15.23	17.23	11.04	11.45	22.71

^{**} و ^{*} به ترتیب بیانگر معنی‌داری در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد و ^{ns} عدم وجود تفاوت معنی‌دار را نشان می‌دهد.

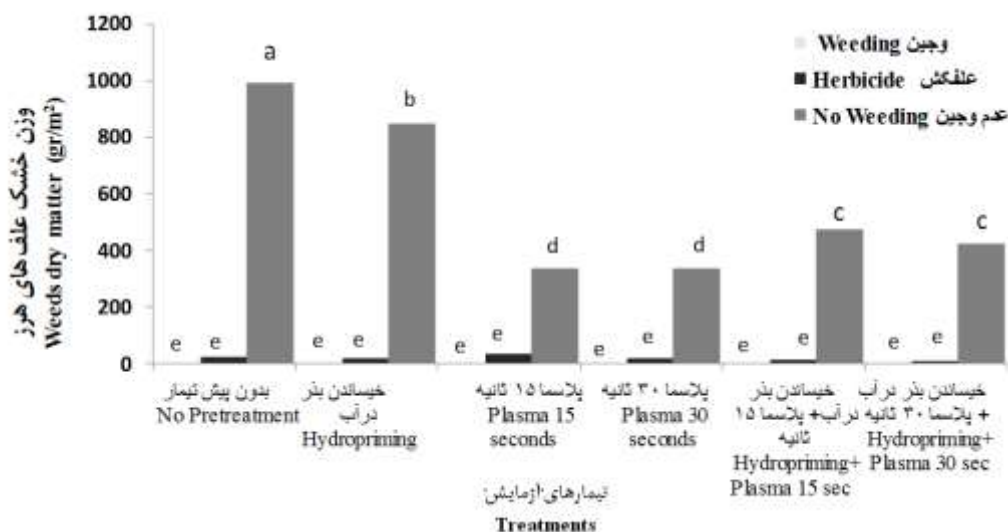
^{**} and ^{*} significant at 1% and 5% respectively and ^{ns} non-significant different.

سبب کاهش معنی‌دار زیست‌توده علف‌های هرز نسبت به تیمار عدم وجین شود. تریفلورالین پر مصرف‌ترین علف‌کش خانواده دی‌نیترو آنیلین‌ها می‌باشد که اکثر علف‌های هرز باریک‌برگ و نیز تعداد زیادی

البته استفاده از تلفیق خیساندن بذر در آب و پلاسمای نیز تأثیر هم‌افزایی در کاهش زیست توده علف‌های هرز نسبت به شاهد نشان داد. کاربرد تریفلورالین در شرایط مختلف نیز همانند تیمار وجین توانست

علت افزایش زیست توده گیاهان زراعی و قابلیت رقابت آنها و در نهایت کاهش زیست توده علف‌های هرز می‌باشد. پژوهشگران گزارش کردند که استفاده از تکنیک خیساندن بذر در آب در کنار سایر روش‌های کنترل علف‌های هرز مانند علف‌کش کاهش یافته و وجین می‌تواند به‌عنوان یک روش مؤثر ضمن افزایش کارایی کنترل علف‌های هرز، از کاهش عملکرد محصول جلوگیری کرده و از طرفی اثرات زیان‌بار زیست محیطی علف‌کش‌ها را کاهش دهد (۱).

از علف‌های هرز پهن‌برگ را کنترل می‌کند، مکانیسم عمل این علف‌کش، مهار تقسیم سلولی و طولیل شدن سلول‌ها در ناحیه مرستمی ریشه می‌باشد (۳۲). در پژوهشی دیگر کمترین تراکم و وزن خشک علف‌های هرز مربوط به تیمارهای تریفلورالین در دز توصیه شده، خیساندن بذر در آب + علف‌کش کاهش یافته و اولتراسونیک + علف‌کش کاهش یافته بود، که نشان دهنده تأثیر مثبت پیش تیمار بذر در ترکیب با علف‌کش و وجین برای کاهش تراکم و وزن خشک علف‌های هرز است (۲۴). تسریع در جوانه‌زنی بذور و رشد اولیه گیاهچه در اثر کاربرد پلاسما (۲۱) و خیساندن بذر در آب (۲۴)



شکل ۲- اثر متقابل تیمارهای آزمایش بر وزن خشک کل علف‌های هرز

حروف مشترک روی ستون‌ها نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد می‌باشد.

Figure 2- Interaction effect of experimental treatments on weeds dry matters

Similar letter(s) on columns represent not significantly different at the 5 % probability level (LSD) test.

عدد تحت تأثیر خیساندن بذر در آب + پلاسما ۱۵ ثانیه در شرایط کاربرد علف‌کش افزایش یافت (شکل ۳). دلیل اصلی کاهش تعداد دانه در طبق در تیمارهای تداخل علف‌هرز در مقایسه با تیمارهای کنترل، استقرار طولانی‌تر و تثبیت بیشتر علف‌های هرز در مزرعه و در نتیجه تشدید رقابت با آفتابگردان بر سر منابع رشد به ویژه در دوران پر شدن دانه گزارش شده است (۴). در راستای نتایج این پژوهش مبنی بر افزایش تعداد دانه در طبق تحت تأثیر خیساندن بذر در آب، گزارش شده است که خیساندن بذر در آب بدلیل راحتی کار و کم هزینه بودن آن روشی بسیار مفید برای افزایش عملکرد محصول می‌باشد (۲۰). طی پژوهشی که به منظور مطالعه تأثیر پلاسمای سرد بر بذر گیاه آرابیدوپسیس^۱ از ابتدای رشد تا برداشت آن صورت گرفت،

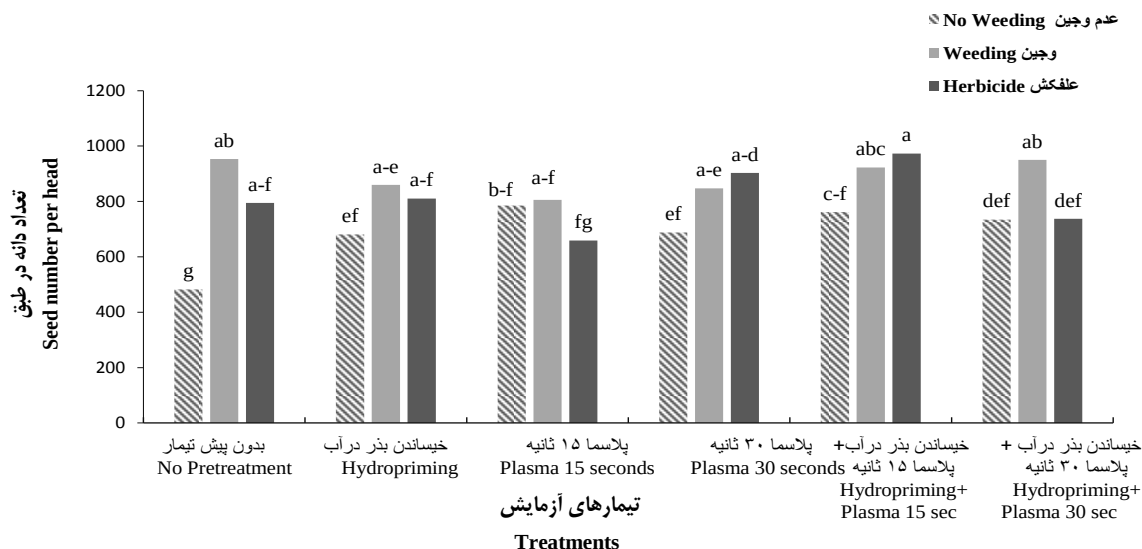
تعداد دانه در طبق

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثرات ساده تیمارهای کنترل در سطح یک درصد بر تعداد دانه در طبق آفتابگردان معنی‌دار بود، اما اثرات ساده پلاسما بر این صفت معنی‌دار نبود. اثر متقابل تیمارهای روش کنترل × پلاسما نیز در سطح احتمال یک درصد بر تعداد دانه در طبق معنی‌دار بود (جدول ۱). نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل تیمارها نشان داد که در شرایط عدم وجین علف‌های هرز، همه روش‌های پیش تیمار بذری باعث افزایش معنی‌دار تعداد دانه در طبق گردید (شکل ۳). اما در شرایط وجین و کاربرد علف‌کش اکثر روش‌های پیش تیمار تأثیر معنی‌داری نسبت به شاهد عدم پیش تیمار بر تعداد دانه در طبق نداشتند. نتایج نشان داد که، تعداد دانه در طبق از ۴۸۲/۳ عدد در تیمار شاهد عدم وجین و عدم پیش تیمار به ۹۷۳

1- *Arabidopsis thaliana* L.

(۱۶). بنابراین می توان گفت که تاثیر مثبت پلاسما و پیش تیمار بذور با آب و کاربرد ترکیبی آنها توانسته است با بهبود رشد آفتابگردان سبب افزایش تعداد دانه در طبق گردد.

گزارش شد که پرتودهی پلاسما به مدت سه دقیقه روی بذور خشک، تمام مراحل رشدی گیاه را سرعت بخشید و مشاهده شد که پلاسما در مقایسه با شاهد، منجر به افزایش ۳۹ درصدی تعداد دانه شده است

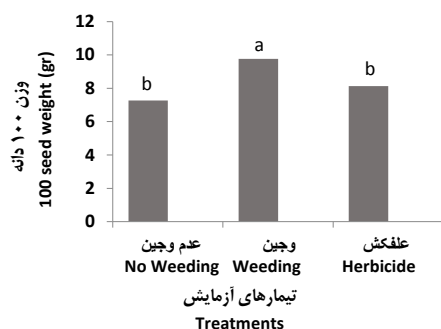


شکل ۳- اثر متقابل تیمارهای آزمایش بر تعداد دانه در طبق آفتابگردان

حروف مشترک روی ستون ها نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی دار بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد می باشند.

Figure 3- Interaction effects of experimental treatments on the seed number per head of sunflower. Similar letter(s) on columns represent not significantly different at the 5 % probability level (LSD) test.

وزن صد دانه



شکل ۴- اثر تیمارهای کنترل علف هرز بر وزن صد دانه آفتابگردان

حروف مشترک روی ستون ها نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی دار بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد می باشند.

Figure 4- Effect of weed control treatments on 100- seed weight

Similar letter(s) on columns represent not significantly different at the 5 % probability level (LSD) test.

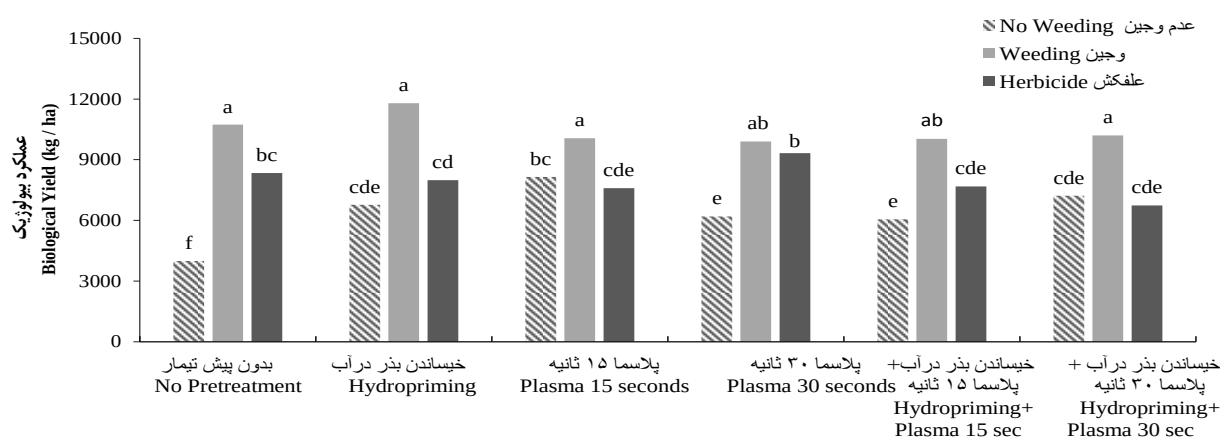
همان طور که نتایج تجزیه واریانس داده ها نشان می دهد (جدول ۱)، اثر ساده تیمارهای کنترل در سطح یک درصد بر وزن صد دانه معنی دار شد، اما اثرات ساده پلاسما و اثر متقابل تیمارهای آزمایش بر این صفت معنی دار نبود. نتایج مقایسه میانگین ها نشان داد که وزن صد دانه در تیمار وجین نسبت به عدم وجین افزایش یافت، به طوری که بیشترین وزن صد دانه آفتابگردان در تیمار وجین ۹/۷۶ گرم بود (شکل ۴). پژوهشگران کاهش وزن صد دانه ذرت را به دلیل کاهش دوام سطح برگ در اثر تنش رقابت علف های هرز روی ذرت در مرحله پر شدن دانه ها گزارش کرده اند (۱۹). همچنین، در پژوهش دیگری علت کاهش وزن صد دانه ذرت در اثر رقابت با علف هرز تاج خروس، کاهش توان فتوسنتزی و کاهش انتقال مواد فتوسنتزی به دانه های ذرت ذکر شده است (۶). در همین راستا گزارش شده است که کنترل علف های هرز از طریق کاهش رقابت و افزایش عناصر غذایی قابل دسترس، ظرفیت منبع را برای تولید آسمیلات ها افزایش داده و باعث افزایش وزن دانه می شود (۸).

عملکرد بیولوژیک

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر ساده کنترل در سطح یک

معنی داری نسبت به شاهد بدون پیش تیمار در حضور علف‌های هرز افزایش داد. همچنین، کاربرد پلاسما به مدت ۱۵ ثانیه روی بذور پرایم نشده توانست ۵۴/۹ درصد عملکرد بیولوژیک را در شرایط عدم وجین نسبت به شاهد بدون پیش تیمار و بدون وجین افزایش دهد (شکل ۵). اما همانطور که مشاهده می شود در شرایط وجین روش‌های پیش تیمار بذری نتوانست تأثیری بر صفت عملکرد بیولوژیک آفتابگردان ایجاد کند.

درصد و اثر ساده تیمار پلاسما در سطح پنج درصد صفت عملکرد بیولوژیک را تحت تأثیر قرار داد. همچنین، اثرات متقابل تیمارهای کنترل × پلاسما نیز بر عملکرد بیولوژیک در سطح یک درصد معنی دار بود (جدول ۱). نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل تیمارها نشان داد که عملکرد بیولوژیک تحت تأثیر علف‌های هرز نسبت به تیمار شاهد (وجین) ۶۲/۷۶ درصد کاهش یافت. پیش تیمار بذر آفتابگردان با پیش تیمار بذور با آب و نیز پلاسما و کاربرد ترکیبی آنها عملکرد بیولوژیک آفتابگردان را در شرایط حضور علف‌های هرز بطور



تیمارهای آزمایش

Treatments

شکل ۵- اثر متقابل تیمارهای آزمایش بر عملکرد بیولوژیک آفتابگردان

حروف مشترک روی ستون‌ها نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی دار بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد می باشد.

Figure 5- Interaction effect of experimental treatments on biological yield of sunflower

Similar letter(s) on columns represent not significantly different at the 5 % probability level (LSD) test.

امر میزان تثبیت دی اکسیدکربن و طبعاً آسمیلات تولیدی و ذخیره هیدروکربن‌های غیر ساختاری در قسمت‌های مختلف گیاه افزایش یافته و در نتیجه بیوماس تولیدی بیشتر می شود. براساس نتایج آزمایش، پیش تیمار بذر آفتابگردان با پلاسما سرد یا خیساندن بذر در آب و کاشت آن در خاک دارای تریفلورالین باعث کاهش معنی دار عملکرد بیولوژیک آفتابگردان شد. در نتایج مشابهی نصیری و همکاران (۲۴) گزارش کردند که کاشت بذور پرایم شده یا پیش تیمار شده با امواج اولتراسونیک در خاک حاوی تریفلورالین تأثیر منفی بر رشد و عملکرد لوبیا چشم بلبلی ایجاد نمود. افزایش سرعت جذب علف کش در بذور پرایم شده دلیل احتمالی کاهش رشد و عملکرد گیاه در چنین شرایطی ذکر شده است. در شرایط وجین تأثیر پیش تیمار بذر بر تعداد دانه در طبق (شکل ۳) و عملکرد بیولوژیک و حتی عملکرد دانه آفتابگردان (شکل ۶) معنی دار نبود. در این رابطه به نظر می رسد اگر چه روش‌های پیش تیمار بذری ممکن است روی سرعت و درصد جوانه زنی تأثیر داشته است اما در مراحل بعدی رشد بدلیل برخورداری

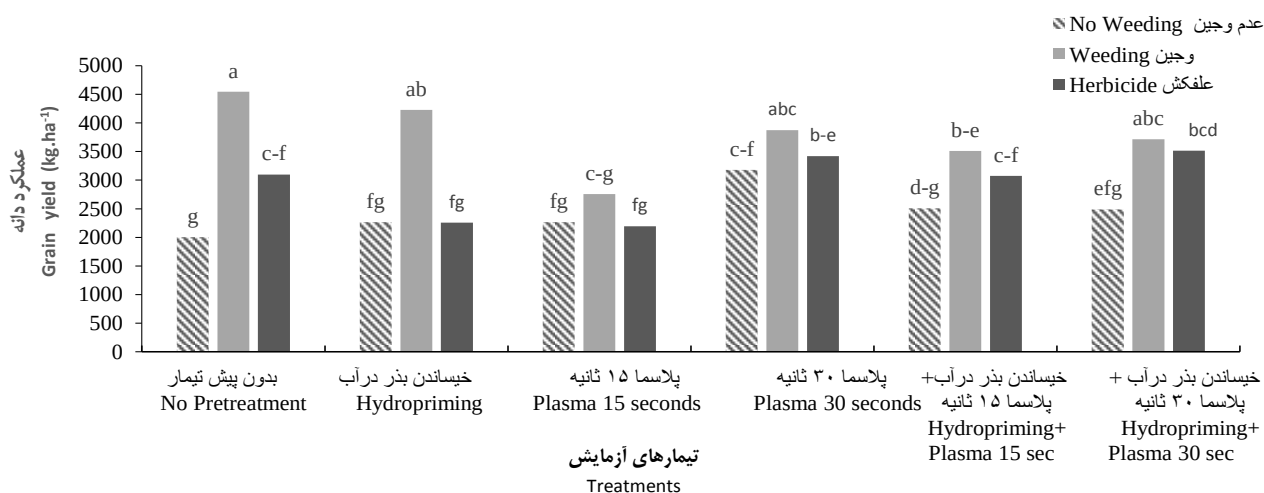
کنترل مؤثر علف‌های هرز از طریق افزایش قابلیت رقابت گیاه زراعی می تواند دلیل افزایش عملکرد بیولوژیک در تیمارهای وجین باشد. در همین راستا گزارش شده است که کنترل مطلوب علف‌های هرز می تواند تولید محصول لوبیا را بهبود بخشد (۱۰). همچنین گزارش شده است که خیساندن بذر در آب سبب افزایش عملکرد بیولوژیک ذرت گردید (۲). در ارتباط با تأثیر پلاسما نیز گزارش شده است که پلاسما سرد می تواند تمام مراحل رشدی گیاه آراییدوپسیس را تسریع بخشد. بدین ترتیب پلاسما سرد روی بذور می تواند یک روش امیدوار کننده برای کاهش دوره‌ی برداشت و بهبود عملکرد بیولوژیک باشد (۱۶). در شرایط خیساندن بذر در آب و یا پلاسما جوانه زنی سریعتر امکان بهره برداری مناسب تر از نهاده‌های محیطی مثل آب، نور و... برای گیاه را فراهم می کند. همین طور در اثر این شرایط، روابط رقابتی آفتابگردان و علف هرز به سود گیاه زراعی تغییر می یابد. برآیند این موارد در نهایت می تواند منجر به افزایش مدت و سطح فتوسنتز کننده در این گیاه زراعی شده که متعاقب این

بوته‌ها از منابع کافی تفاوت‌ها از بین رفته است و منجر به یکنواختی تعداد دانه در طبق، زیست توده و عملکرد آفتابگردان در تیمارهای مختلف شده است. در این خصوص ده احمدی و همکاران (۹) در مطالعه تأثیر تنش خشکی در مراحل مختلف رشد گیاه نخود بیان کردند که اگرچه اثر تنش خشکی در مراحل اولیه رشد گیاه تا ۵۱ روز پس از سبز شدن بر تولید ماده خشک شدید و اثرگذار بود، اما از این زمان به بعد تا ۸۱ روز پس از سبز شدن، سرعت تجمع ماده خشک به گونه‌ای افزایش یافت که ماده خشک نهایی در تیمارهای تنش دیده با تیمار شاهد مشابه بود.

عملکرد دانه

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثرات ساده کنترل در سطح احتمال یک درصد بر عملکرد دانه معنی‌دار بود. همچنین، اثر متقابل تیمارهای کنترل علف‌های هرز × پلاسما نیز بر عملکرد دانه در سطح یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۱). براساس نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل، بیشترین عملکرد دانه متعلق به شاهد بدون پیش‌تیمار در شرایط وجین و آب در شرایط وجین و پلاسما سرد به مدت ۱۵ و ۳۰ ثانیه در شرایط وجین و خیساندن بذر در آب + پلاسما به مدت ۳۰ ثانیه در شرایط وجین در یک گروه آماری قرار داشت. همچنین نتایج نشان داد که پیش‌تیمار بذر پریم شده با پلاسما سبب

افزایش معنی‌دار عملکرد دانه در شرایط وجین (۳۷۱۴ کیلوگرم در هکتار) و علف‌کش (۳۵۱۵ کیلوگرم در هکتار) نسبت به شرایط عدم وجین در همین تیمارها گردید. تیمار کاربرد پلاسما به مدت ۳۰ ثانیه روی بذر پریم نشده در شرایط عدم وجین، عملکرد را نسبت به شاهد بدون پیش‌تیمار در شرایط عدم وجین ۵۸/۵ درصد افزایش داد، از طرفی تیمار عدم وجین تمام فصل سبب کاهش عملکرد دانه آفتابگردان به میزان ۵۵/۸۶ درصد نسبت به تیمار وجین تمام فصل در شرایط بدون پیش‌تیمار گردید (شکل ۶). در همین راستا لطیفی و همکاران (۱۷) کاهش ۱۸ تا ۳۳ درصدی عملکرد آفتابگردان را تحت تأثیر علف‌های هرز گزارش کرده‌اند. پژوهش‌ها ثابت کرده است که در گندم (*Triticum aestivum* L.) و جو (*Hordeum vulgare* L.) محتوای برخی از متابولیت‌ها پس از تیمار با پلاسما سرد تغییر می‌یابد این تغییرات از این فرضیه پشتیبانی می‌کند که رادیکال‌های پلاسما به دانه‌ها نفوذ کرده و بر متابولیسم بذر مؤثر واقع شده است (۲۸). همچنین، اثر پلاسما بر بذر گیاه آراییدوپسیس از ابتدای رشد تا برداشت آن بررسی شد، نتایج نشان داد که پرتودهی پلاسما به مدت سه دقیقه روی بذر خشک، تمام مراحل رشدی گیاه را سرعت بخشید و پلاسما در مقایسه با شاهد، منجر به کوتاه‌تر شدن ۱۱ درصدی دوره‌ی رشد و افزایش ۵۶ درصدی عملکرد دانه و همچنین افزایش ۱۲ درصدی وزن هر دانه گردید (۱۶).



شکل ۶- اثر متقابل تیمارهای آزمایش بر عملکرد دانه آفتابگردان

حروف مشترک روی ستون‌ها نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد می‌باشند.

Figure 6- Interaction effect of experimental treatments on seed yield of sunflower

Similar letter(s) on columns represent not significantly different at the 5 % probability level (LSD) test.

شده است که پیش‌تیمار بذر ذرت با آب از طریق افزایش فعالیت

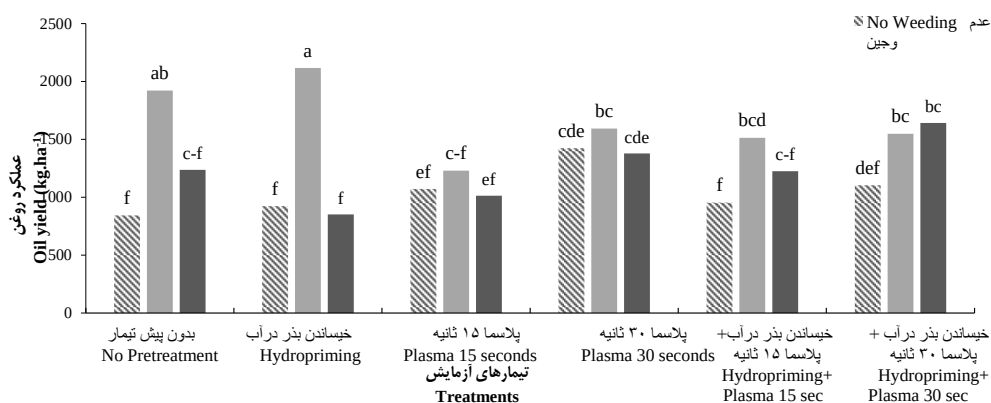
در خصوص تأثیر خیساندن بذر در آب روی گیاهان نیز گزارش

درصد بر صفت عملکرد روغن دانه معنی دار بود. همچنین اثر متقابل کنترل علف‌های هرز $\times$ پلاسما در سطح احتمال یک درصد بر صفت مذکور مؤثر واقع شد (جدول ۱). همان‌طور که در شکل ۶ مشاهده می‌شود خیساندن بذر در آب در شرایط وجین بیشترین عملکرد روغن (۲۱۱۷) کیلوگرم در هکتار را به همراه داشت که البته با شاهد (بدون پیش تیمار) در شرایط وجین تفاوت آماری نداشت. همچنین در شرایط عدم پیش تیمار با پلاسما (تیمارهای شاهد و خیساندن بذر در آب) عملکرد روغن در شرایط وجود علف‌هرز به‌طور معنی‌داری نسبت به تیمار وجین کاهش نشان داد. با کاربرد پلاسما روی بذر خیساندن بذر در آب به مدت ۱۵ و ۳۰ ثانیه، عملکرد روغن در شرایط وجین به‌طور معنی‌داری از تیمار عدم وجین بیشتر بود. در شرایط عدم وجین تیمار کاربرد پلاسما به مدت ۳۰ ثانیه روی بذر پرایم نشده، عملکرد روغن را نسبت به شاهد بدون پیش تیمار در شرایط عدم وجین ۶۸/۸ درصد افزایش داد، همچنین عدم وجین تمام فصل سبب کاهش عملکرد روغن آفتابگردان به میزان ۵۶/۱۱ درصد نسبت به تیمار وجین تمام فصل در شاهد (بدون پیش تیمار) گردید (شکل ۷).

آنزیم‌های مؤثر در متابولیسم ساکارز نظیر ساکارز سینتاز، اینورتازها و ساکارز فسفات سینتاز باعث افزایش وزن هزار دانه و عملکرد می‌شود (۲۲). به‌طور کلی، تداوم رقابت علف‌های هرز با آفتابگردان در تمام دوره رشد گیاه منجر به کاهش عملکرد در تیمار عدم وجین علف‌های هرز گردید، در حالی که علاوه بر وجین، پیش تیمار بذر با آب و پلاسما سرد با افزایش سرعت جوانه‌زنی و استقرار اولیه سریعتر دانه‌رست‌ها سبب کاهش اثرات رقابتی علف‌های هرز بر روی گیاه آفتابگردان شده و در نتیجه عملکرد افزایش پیدا کرد. مشابه نتایج بدست آمده در عملکرد بیولوژیک، تریفلورالین در اکثر تیمارها سبب کاهش رشد و عملکرد دانه گردید، اما در تیمارهایی که خیساندن بذر در آب یا پلاسما بکار رفته بود میزان کاهش عملکرد دانه بیشتر بود. به نظر می‌رسد اثرات سوء علف‌کش خاک مصرف تریفلورالین روی گیاه زراعی در شرایط پیش تیمار بذر تشدید می‌شود.

عملکرد روغن

نتایج نشان داد که تأثیر تیمارهای کنترل در سطح احتمال یک



شکل ۷- اثر متقابل تیمارهای آزمایش بر عملکرد روغن آفتابگردان

حروف مشترک روی ستون‌ها نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد می‌باشند.

Figure 7- Interaction effect of experimental treatments on sunflower oil yield

Similar letter(s) on columns represent not significantly different at the 5 % probability level (LSD) test.

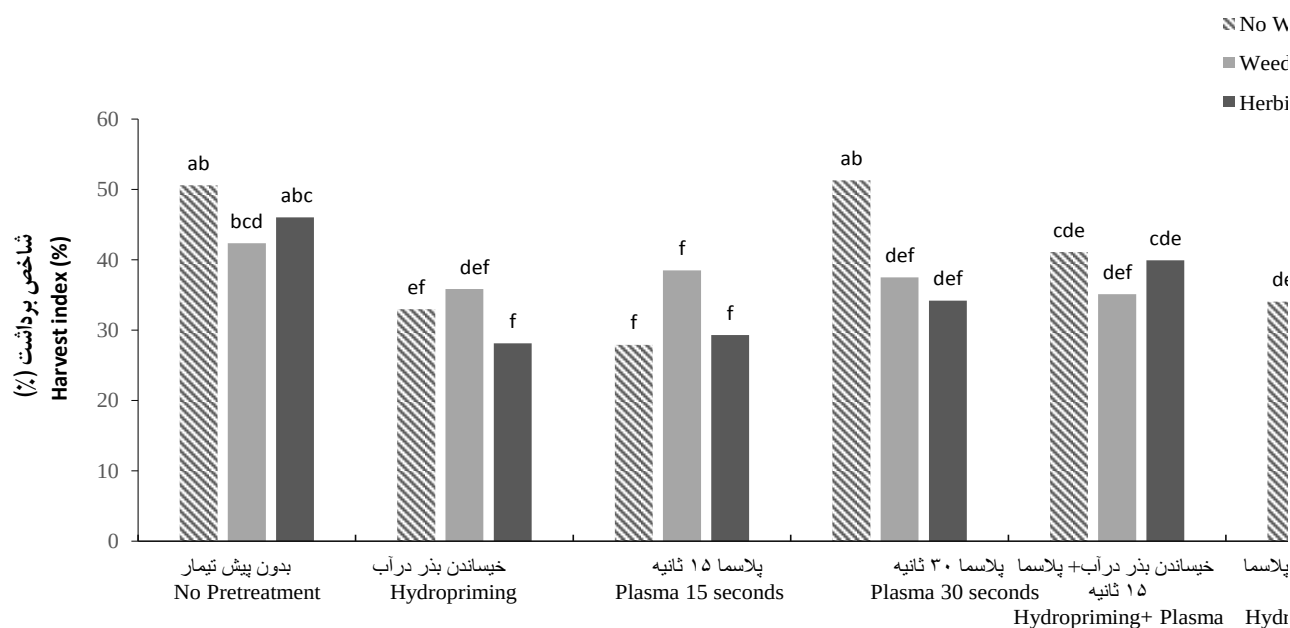
کاهش رشد و عملکرد آفتابگردان می‌شود. همچنین افزایش سرعت جوانه‌زنی و رشد اولیه دانه‌رست‌ها در روش خیساندن بذر در آب و پلاسما نیز توانسته است گیاه آفتابگردان را از نظر رشدی در وضعیت مطلوب‌تری قرار داده و قابلیت رقابت آن را با علف‌های هرز افزایش دهد و در نهایت منجر به عملکرد بالاتر روغن در آفتابگردان شود.

عباس دخت و همکاران (۱) گزارش کردند که تیمار خیساندن بذر در آب سبب افزایش عملکرد روغن آفتابگردان تا ۱۶۱۴ کیلوگرم در هکتار نسبت به تیمار شاهد شد. طی پژوهشی مشاهده شد که در بذر خیس شده به مدت ۱۰ دقیقه و پرتودهی پلاسما جوانه‌زنی بذر سوبا نسبت به بذر خشک سریع‌تر و با قدرت بیشتری اتفاق افتاده است (۲۸). از نتایج چنین استنباط می‌شود که حضور علف‌های هرز از طریق جذب منابع مورد نیاز گیاه مانند، آب، نور و عناصر غذایی سبب

شاخص برداشت

نتایج حاصل از تجزیه واریانس، معنی دار بودن اثرات ساده تیمار پلاسما بر شاخص برداشت را در سطح یک درصد نشان داد، اما اثرات ساده کنترل بر صفت مذکور معنی دار نشد، همچنین اثر متقابل تیمارها در سطح احتمال یک درصد بر این صفت معنی دار بود (جدول ۱). مقایسه میانگین اثرات متقابل تیمارهای آزمایش حاکی از آن بود که پلاسمای سرد به مدت ۳۰ ثانیه روی بذور که در آب خیساندن شده بود در شرایط علف کش بهترین تیمار برای افزایش شاخص برداشت

بوده است، اما از نظر آماری با شاهد (بدون پیش تیمار) در حضور علف هرز، کاربرد علف کش در شرایط بدون پیش تیمار، پلاسمای سرد به مدت ۳۰ ثانیه در شرایط عدم وجین در یک گروه آماری قرار داشت (شکل ۸). تأثیر خیساندن بذر در آب بر افزایش شاخص برداشت گیاه لوبیا توسط محققین دیگر نیز گزارش شده است (۲۶). شاخص برداشت پایین در بعضی تیمارها به کمبود مواد فتوسنتزی قابل انتقال به دانه که همان مقصد اقتصادی است نسبت داده می شود (۱۹).



شکل ۸- اثر متقابل تیمارهای آزمایش بر شاخص برداشت آفتابگردان

حروف مشترک روی ستون‌ها نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی دار بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد می باشد.

Figure 8- Interaction effect of experimental treatments on sunflower harvest index

Similar letter(s) on columns represent not significantly different at the 5 % probability level (LSD) test.

نتیجه گیری

براساس نتایج این پژوهش، روش‌های پیش تیمار بذری مانند خیساندن بذر در آب و پلاسمای سرد در شرایط وجین تأثیر معنی داری بر عملکرد و اجزای عملکرد آفتابگردان نداشت، اما در شرایط عدم وجین روش‌های پیش تیمار بذری به تنهایی و در ترکیب با یکدیگر سبب افزایش معنی دار صفات تعداد دانه در طبق و عملکرد بیولوژیک آفتابگردان گردید. همچنین، پیش تیمار بذر با پلاسمای سرد به مدت ۳۰ ثانیه توانست در شرایط حضور علف‌های هرز، ضمن افزایش صفات عملکرد بیولوژیک، دانه و روغن آفتابگردان، زیست توده خشک علف‌های هرز را به طور معنی داری کاهش دهد. با توجه به نتایج این پژوهش استفاده از پلاسمای سرد به مدت ۳۰ ثانیه روی بذور

آفتابگردان قبل از کاشت می تواند جایگزین فرایند خیساندن بذر در آب گردد. با توجه به اینکه پلاسما دهی در این پژوهش با دستگاه تولید پلاسما با ظرفیت کاری اندک و در سطح آزمایشگاه انجام شد، بنابراین جهت کاربرد تجاری این روش ضروری است که محققین دستگاه‌های تولید پلاسما ی سرد با قابلیت پلاسما دهی مقدار بذر زیاد طراحی نمایند. بطور کلی، پیش تیمار بذر آفتابگردان با پلاسما ی سرد در شرایط تعیین شده در آزمایشات می تواند بعنوان روشی سازگار و بی خطر برای محیط زیست، از طریق بهبود شرایط جوانه زنی و افزایش سرعت بهره‌مندی گیاه از منابع موجود باعث افزایش رشد گیاه زراعی و قابلیت رقابت آن نسبت به علف‌های هرز شده و ضمن جلوگیری از کاهش شدید عملکرد، مصرف علف کش‌ها را نیز کاهش دهد.

منابع

1. Abbasdokht H., Afshari H., Owji E., and Taheri S. 2016. The effect of seed priming and different levels of nitrogen application on quantitative and qualitative yield of sunflower progress cultivar. *Crop Physiology Journal* 8(29): 105-120. (In Persian with English abstract)
2. Abbasdokht H., Makarian H., Ahmadi Sharaf H., Gholami A., and Rahimi M. 2012. The study of integrated weed management (IWM), emphasizing the effect of seed priming on yield and yield components of maize (*Zea mayz* L.). *Weed Research Journal* 2(4): 63-76. (In Persian with English abstract)
3. Afzal I., Ahmad N., Basra S.M.A., Ahmad R., and Iqbal A. 2002. Effect of different seed vigor enhancement techniques on hybrid maize (*Zea mays* L.). *Pakistan Journal of Agriculture Science* 39: 109-112.
4. Asghari J., Vahedi A., and Khoshghaul H.R. 2011. Critical period of weed control in sunflower (*Helianthus annus* L.) in west of Guilan province. *Journal of Plant Protection* 25(2): 116-126. (In Persian with English abstract)
5. Basra S.M.A., Ashraf M., Iqbal N., Khaliq A., and Ahmad R. 2004. Physiological and biochemical aspects of pre-sowing heat stress on cottonseed. *Seed Science and Technology* 32: 765-774.
6. Bayat S., and Sepehry A. 2012. Paclobutrazol and salicylic acid application ameliorates the negative effect of water stress on growth and yield of maize plants. *Journal of Research in Agricultural Science* 8(2): 127-139. (In Persian with English abstract)
7. Caamal-Maldonado J.A., Jimenez-Osornio J.J., Torres-Barragan., and Anaya A.L. 2001. The use of allelopathic legume cover and mulch species for weed control in cropping systems. *Journal of Agronomy* 93: 27-36.
8. Duma I. 2006. Effect of seed priming with PEG and K₃PO₄ on germination and seedling growth in Lettuce. *Pakistan Journal of Biological Science* 9(5): 923-928.
9. Deh Ahmadi A., Parsa S.R., Nezami M., and Ganjeali A. 2011. The effects of drought stress at different phenological stages on growth indices of chickpea (*Cicer arietinum* L.) in greenhouse conditions. *Iranian Journal of Pulses Research* 1(2): 69-84. (In Persian with English abstract)
10. Ebrahimi F., Majnoun Hossieni N., and Hossimi M B. 2012. The effect of extracts of medicinal plants weed control (*Amaranthus retroflexus* L.) and (*Chenopodium album* L.) in beans. *Iranian Journal of Field Crop Science* 4: 757-765. (In Persian with English abstract)
11. Elezovica I., Dattab A., Vrbnicanc S., Glamoclijac S., Simicd M., Malidzae G., and Knezevic. S. Z. 2012. Yield and yield components of imidazolinone-resistant sunflower (*Helianthus annuus* L.) are influenced by pre-emergence herbicide and time of post-emergence weed removal. *Field Crops Research* 128: 137-146.
12. Hiltbrunner J., Jeanneret P., Liedgens M., Stamp P., and Streit B. 2007. Response of weed communities to legume living mulches in winter wheat. *Journal of Agronomy and Crop Science* 193: 93-102.
13. Hussain F., Iqbal M., Shah S.Z., Qamar M.A., Bokhari T.H., Abbas M., and Younus M. 2017. Sunflower germination and growth behavior under various gamma radiation absorbed doses. *Acta Ecologica Sinica* 37: 48-52.
14. Jayasena D.D., Kim H.J., Yong H.I., Park S., Kim K., Choe W., and Jo C. 2015. Flexible thin-layer dielectric barrier discharge plasma treatment of pork butt and beef loin: Effects on pathogen inactivation and meat-quality attributes. *Food Microbiology* 46: 51-57.
15. Kafi M. 2013. Biochemical response of two wheat cultivars (*Triticum aestivum* L.) to gamma radiation. *Pakistan Journal of Botany* 45: 473-477.
16. Koga K., Thapanut S., Amano T., Seo H., Itagaki N., Hayashi N., and Shiratani, M. 2016. Simple method of improving harvest by nonthermal air plasma irradiation of seeds of *Arabidopsis thaliana* (L.). *Applied Physics Express* 9: 016201.
17. Latify S., Yousefi A., and Jamshidi K. 2015. Effect of living mulch application on yield and yield components of Sunflower (*Helianthus annuus* L.) cultivars and weed control. *Agricultural Science and Sustainable Production* 25(2): 33-45. (In Persian with English abstract)
18. Ling L., Jiafeng J., Jiangang L., Minchong S., Xin H., Hanliang S., and Yuanhua, D. 2014. Effects of cold plasma treatment on seed germination and seedling growth of soybean. *Scientific Reports* 4: 5859.
19. Makarian H. 2002. Planting date and population density influence on competitiveness of corn (*Zea mayz* L.) with redroot pigweed (*Amaranthus retroflexus* L.). MSc Thesis, Ferdowsi University of Mashhad, Iran.
20. Manarifard M., and Sepehri A. 2015. Effect of seed priming and foliar application of zinc on yield and yield components of two wheat cultivars. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production* 22(4.1): 151-165. (In Persian with English abstract)
21. Mildažienė V., Aleknavičiūtė V., Žūkienė R., Paužaitė G., Naučienė Z., Filatova I., Lyushkevich V., Haimi P., Tamošiūnė I., and Baniulis D. 2019. Treatment of common sunflower (*Helianthus annus* L.) seeds with radio-frequency electromagnetic field and cold plasma induces changes in seed phytohormone balance, seedling development and leaf protein expression. *Scientific Reports* 9: 6437.

22. Mohammadi G., Koohi Mohammad Abadi Y., Ghobadi M., and Najaphy A. 2015. Grain yield and weed control in corn influenced by seed priming and plant density. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production* 25(1): 13-28. (In Persian with English abstract)
23. Moschner C.R., and Biskupek-Korell B. 2006. Estimating the content of free fatty acids in high-oleic sunflower seeds by near- infrared spectroscopy. *European Journal Lipid Science and Technology* 108: 606-613.
24. Nasiri Dehsorkhi A., Makarian H., Gholipour M., and Abbasdokht H. 2017. Investigate effect of ultrasonic waves and seed priming on emergence and growth of cowpea (*Vigna sinensis*) under soil application of trifluralin. *Journal of Plant Protection* 31(1): 40-51. (In Persian with English abstract)
25. Olatunde O.O., Benjakul S., and Vongkamjan K. 2019. Dielectric barrier discharge cold atmospheric plasma: Bacterial inactivation mechanism. *Journal of Food Safety* e12705.
26. Pak Mehr A., Rastgoo M., Shekari F., Saba J., Vazayefi M., and Zangani E. 2011. Effect of Salicylic acid priming on yield and yield components of cowpea (*Vigna unguiculata* L.) under water deficit at reproductive stage. *Iranian Journal of Pulses Research* 2(1): 53-64. (In Persian with English abstract)
27. Santini B.A., Rojas-Aréchiga M., and García Morales E. 2017. Priming effect on seed germination: Is it always positive for cacti species? *Journal of Arid Environments* 147: 155-158.
28. Sera B., Spatenka P., Sery M., Vrchotova N., and Hruskova I. 2010. Influence of plasma treatment on wheat and oat germination and early growth. *IEEE Transactions on Plasma Science* 38: 2963-2968.
29. Sera B., Stranak V., Sery M., Tichy M., and Spatenka P. 2008. Germination of *Chenopodium album* in response to microwave plasma treatment, *Plasma Science Technology* 4: 506-511.
30. Stoffels E., Sakiyama Y., and Graves D.B. 2008. Cold atmospheric plasma: charged species and their interactions with cells and tissues. *IEEE Transactions on Plasma Science* 36: 1441-1451.
31. Thirumdas R. 2018. Exploitation of cold plasma technology for enhancement of seed germination. *Journal of Agricultural Research and Technology* 13(2): 1-5.
32. Zand E., Bena Kashani F., Baghestani M.A., Maknali A., Minbashi M., and Soufizadeh S. 2007. Investigating the distribution of resistant wild oat (*Avena ludoviciana*) populations to clodinafop-propargil herbicide in south western Iran. *Environmental Science* 3: 85-92. (In Persian with English abstract)
33. Yousefi A., and Anjil Eli M. 2013. Weed management in sunflower using cover crops. *Agricultural Science and Sustainable Production* 9: 69-77. (In Persian with English abstract)



Effect of Pretreatment of Sunflower (*Helianthus annuus* L.) Seed with Cold Plasma on its Yield and Yield Components in Competition with Weeds

M. Khakian¹– H. Makarian^{2*}– M. Baradaran Firouz Abadi³– M. Momeni⁴– H. Mirzaei Moghadam⁵

Received: 29-04-2020

Accepted: 01-08-2020

Introduction: Sunflower (*Helianthus annuus* L.) is a major worldwide oilseed crop that develops slowly during the initial weeks after planting. Weed competition with sunflower during the first four weeks after crop emergence can reduce sunflower yield significantly. Promoting seed germination is the most direct way to improve sunflower growth and competition with weeds. Pre-treatment of seed by cold plasma through accelerating seed germination can increase competitive ability of plant with weeds. Cold plasma treatment significantly increased wheat growth and yields. Thus, increasing plant growth can improve competitive ability of it with weeds. The aim of this study was to investigate the effect of cold plasma treatment on growth and yield of sunflower in competition with weeds.

Materials and Methods: This experiment was carried out as factorial based on randomized complete block design with three replications at Shahrood University of Technology (latitude of 36° 25' N and longitude of 54° 57' E with an elevation of 1345 m) in 2016. Experimental factors were including cold plasma at six levels: control, hydro-priming of seeds for 10 hours, pretreatment of seeds with cold plasma radiation for 15 and 30 seconds, hydro-priming of seeds for 10 hours + cold plasma radiation for 15 and 30 seconds and weed control at three levels: control (no weeding), weeding all season and application of trifluralin (1200 g. a.i. ha⁻¹). Dielectric barrier discharge plasma jet was operated in ambient air under sterile conditions in the laboratory of Faculty of Physics, Shahrood University of Technology. After seed priming in distilled water for 10 hours, sunflower seeds were taken in petri plates and treated with the plasma for determined times. Seeds were planted in the field immediately after cold plasma treatment. Seed number per head, 100 seeds weight, harvest index, biological, grain and oil yield of sunflower and weed dry weight were recorded. Statistical analyses of data were performed with statistical software MSTATC. Significant differences between means refer to the probability level of 0.05 by LSD test.

Results and Discussion: The results showed that seed number per head, biological and grain yield, harvest index, oil yield and weed dry weight significantly affected by interaction effects of treatments. Results showed that biological, oil and seed yield of sunflower decreased by 62.76, 56.11 and 55.86% in weed-infest than weed-free treatments respectively. Seed number per head and biological yield of sunflower significantly increased by using different pretreatments methods than control in the weed-infest conditions. Also, pretreatment of seeds with cold plasma for 30 seconds increased oil and seed yield of sunflower by 68.8 and 58.5 percent respectively in the weed infest treatment than control. The plasma treatment of soybean seeds up to 2 min showed positive effects on their germination rate and seedling growth. Cold plasma has essential roles in a broad spectrum of developmental and physiological processes in plants, including reducing the bacterial bearing rate of seeds, changing seed coat structures, increasing the permeability of seed coats, and stimulating seed germination and seedling growth. In addition, plasma treatment also could improve the physiological metabolism of the plant, such as de-hydrogenase activity, superoxide dismutase and peroxidase activities, photosynthetic pigments, photosynthetic efficiency and nitrate reductase activity. It seems that hydro-priming technique and cold plasma irradiation with improving seed germination and seedling early growth can led to more and faster germination and better competition of sunflower plants with weeds.

Conclusion: Based on our results, pre-treatment of seeds by cold plasma and hydro-priming in addition to

1, 2 and 3- M.Sc. Student and Associate Professors Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Shahrood University of Technology, Shahrood, Iran, respectively.

(*- Corresponding Author Email: h.makarian@yahoo.com)

4- Assistant Professor, Faculty of Physics, Shahrood University of Technology, Shahrood, Iran

5- Assistant Professor, Department of Biosystem Engineering, Faculty of Agriculture, Shahrood University of Technology, Shahrood, Iran

DOI: 10.22067/JPP.V35I1.85816

reducing weed biomass, could significantly improve the growth characteristics and yield of sunflower through increasing crop competitive ability with weeds.

Keywords: Hydropriming, Integrated weeds management, Non-chemical control, Trifluralin

مقاله پژوهشی

مطالعه تأثیر همجواری و تغییرات کیفیت نور بر بروز برخی از مکانیسم‌های اجتناب از سایه در گیاه لوبیا قرمز (*Phaseolus vulgaris*)

علی باقری^۱ - قربانعلی اسدی^{۲*} - علی قنبری^۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۶/۱۶

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۰/۰۳

چکیده

برگ گیاه، با قابلیت فیلترسازی طیف‌های مختلف نور سبب تغییر در کیفیت نور می‌گردد. تغییر در کیفیت نور سبب بروز پدیده‌ای با عنوان مکانیسم‌های اجتناب از سایه در گیاه می‌شود. به منظور ارزیابی اثر همجواری بر مکانیسم‌های اجتناب از سایه در گیاه لوبیا قرمز، آزمایشی به صورت گلخانه‌ای در تابستان ۹۶ و بهار ۹۷ در گلخانه‌ی تحقیقاتی دانشگاه فردوسی مشهد اجراء شد. آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار و شامل چهار تیمار عدم همجواری (رشد گیاه بدون حضور گونه‌ی همجوار) و رشد گیاه مرکزی به ترتیب همجوار با ۱، ۲ و ۳ بوته لوبیا قرمز انجام گرفت. در پایان آزمایش نسبت نور قرمز به قرمز دور (R:FR) ارتفاع، زیست‌توده‌ی اندام‌های گیاه، شاخص سطح برگ، طول دمبرگ، تقارن گیاه، حجم تاج گیاه و تانژانت زاویه‌ی پایین‌ترین برگ گیاه به عنوان برخی از مکانیسم‌های اجتناب از سایه مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد کمترین میزان کیفیت نور رسیده به تاج پوشش لوبیا قرمز به میزان ۰/۵۰ از تیمار سه بوته‌ی همجوار به دست آمد. بیشترین میزان ارتفاع (۲۸ سانتی‌متر) و کمترین میزان طول دمبرگ (۴/۵۵ سانتی‌متر) از تیمار عدم همجواری حاصل شد. همچنین بعد از تفکیک گیاه به قسمت‌های چپ و راست بیشترین نرخ برهم‌خوردگی تقارن از تیمار یک بوته‌ی همجوار (۰/۲۳ درصد) بدست آمد. تانژانت زاویه‌ی پایین‌ترین برگ گیاه (۱/۳۵) از تیمار ۳ بوته‌ی همجوار حاصل شد که نشان از تلاش بیشتر برگ‌ها جهت کشیدگی خود به سمت بالا می‌باشند. در این آزمایش، تأثیر کیفیت نور بر روی دو مولفه (تقارن و تانژانت زاویه‌ی برگ اول) برای اولین بار به عنوان مکانیسم‌های اجتناب از سایه معرفی گردید. همچنین افزایش تعداد گیاهان همجوار به دلیل کاهش کیفیت نور سبب بروز مکانیسم‌های اجتناب از سایه از جمله کاهش رشد عرضی، کاهش شاخص سطح برگ و زیست‌توده‌ی برگ گردید. بنابراین در گیاهانی مانند لوبیا قرمز که تولید غلاف و حصول عملکرد با رشد عرضی و تولید شاخه‌های فرعی همبستگی دارد، بررسی نقش کیفیت نور و مکانیسم‌های اجتناب از سایه از اهمیت بالایی برخوردار می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: رقابت، زاویه برگ، سایه‌اندازی، کیفیت نور

مقدمه

از بوم‌نظام‌ها رقابت برای دریافت نور، مهم‌ترین عامل محدودکننده‌ی رشد است (۲). در کانوپی‌های متراکم و در زمین‌های حاصلخیز که گیاه مشکل تغذیه‌ای ندارد، نور مهمترین عامل محدودیت رشد و تولید است (۱۵). شدت، مدت و کیفیت، ویژگی‌هایی از نور هستند که موثر بر رشد، نمو و همجواری گیاهان، از جمله رقابت بین گونه‌ی زراعی و علف‌های هرز بوده و از این‌رو، نور عامل موثری در روابط بین گیاهان می‌باشد (۲۲).

نور خورشید از طیف‌هایی با طول موج‌های مختلفی تشکیل شده است. در بین این طول‌موج‌ها، طول موج ۶۷۰-۶۶۰ نانومتر با عنوان نور قرمز (R) و طول موج ۷۴۰-۷۳۰ نانومتر با عنوان نور

گیاهان توان انتخاب گونه‌های همراه خود را ندارند، اما قادرند طیف وسیعی از رفتارهای رقابتی، همیاری و سازش را در جوار سایر گونه‌های گیاهی، از خود نشان دهند. در راستای تداوم حیات و در شرایط نامطلوب محیطی، گیاهان نیازمند راهکارهایی هستند که میان رشد، تولید مثل و زنده‌مانی خود تعادل ایجاد نمایند (۱۸). در بسیاری

۱، ۲ و ۳- به ترتیب دانشجوی دکتری علوم علف‌های هرز و دانشیاران گروه اگروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

(Email: asadi@um.ac.ir)

(*) نویسنده مسئول:

DOI: [10.22067/JPP.2021.32827.0](https://doi.org/10.22067/JPP.2021.32827.0)

ساقه‌ها و برگ‌ها روی یک بوته رخ می‌دهد (۵). شدت واکنش گیاهان مختلف به تغییرات کیفیت نور متفاوت می‌باشد. حساسیت گیاهان نسبت به تغییرات کیفیت نور، موضوعی است که باید مورد توجه قرار گیرد. در صورتی که گیاه به این تغییرات حساسیت بالایی داشته باشد، حساسیت ایجاد شده می‌تواند به عنوان یکی از ارکان خلاء عملکرد مورد توجه قرار گیرد. با عنایت به مطالب فوق در این پژوهش تاثیر همجواری بر حساسیت و بروز مکانیسم‌های اجتناب از سایه در گیاه لوبیا قرمز (*Phaseolus vulgaris*) در شرایط گلخانه مورد ارزیابی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

به منظور ارزیابی اثر همجواری بر بروز برخی از مکانیسم‌های اجتناب از سایه در گیاه لوبیا قرمز (*Phaseolus vulgaris*) آزمایشی در تابستان ۹۶ و بهار ۹۷ در گلخانه‌ی تحقیقاتی دانشگاه فردوسی مشهد اجرا شد. در محیط گلخانه، ۶ لامپ ۴۰۰ وات سدیم با فشار بالا (HPS^۷) تعبیه گشته بود. این آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار و چهار تیمار انجام گرفت. به منظور جلوگیری از تداخل ریشه‌ای مابین گیاهان، برای هر گیاه یک گلدان مجزا در نظر گرفته شد. تیمارهای آزمایش شامل ۱. عدم همجواری (رشد گیاه بدون حضور گونه‌ی همجوار) ۲. همجوار با یک بوته (حضور یک بوته‌ی همجوار لوبیا قرمز در کنار گیاه مرکزی)، همجوار با دو بوته (حضور دو بوته‌ی همجوار لوبیا قرمز در کنار گیاه مرکزی) و همجوار با سه بوته (حضور سه بوته‌ی همجوار لوبیا قرمز در کنار گیاه مرکزی) بودند. بذر لوبیا قرمز (رقم درخشان، تیپ رشدی ایستاده) از مرکز تحقیقات خمین تهیه گردید و قبل از کشت، از لحاظ اندازه طبقه‌بندی گردید. گلدان‌های هفت کیلویی با قطر ۲۳ و ارتفاع ۲۱/۵ سانتی‌متر تهیه شد و خاک آنها به‌صورت مخلوط یکسان از شن، ماسه، کود دامی پوسیده، کوکوپیت^۸، و پرلیت^۹ تهیه گردید. کشت بذور جوانه‌دار شده به تعداد سه تا چهار بذر در اعماق سه تا پنج سانتی‌متری در مرکز گلدان‌ها انجام شد. آبیاری به صورت دستی و به وسیله‌ی پیمانه‌ی مدرج و به منظور اطمینان از آبیاری یکنواخت گیاهان به فاصله‌ی هر دو روز یک‌بار انجام گرفت. طول دوره‌ی همجواری گیاهان از زمان سبز شدن به مدت ۴۵ روز لحاظ شد (گیاهان مدت بیشتری می‌توانستند به رشد خود ادامه دهند، اما بعد از گذشت ۴۵ روز، ممانعت گیاهان از برخورد فیزیکی امر دشواری بود). فاصله‌ی بین تیمارها به منظور جلوگیری از تداخل، یک متر و فاصله‌ی گیاهان از هم ۲۵ سانتی‌متر لحاظ شد.

قرمز دور (FR)^۱ شناخته می‌شوند (۸). نسبت این دو طول موج به عنوان شاخصی جهت ارزیابی کیفیت نور به حساب می‌آیند (۹). بازتاب نور قرمز دور از برگ گونه‌های گیاهی و در شرایط مختلف محیطی و به‌ویژه در شرایط تنش متغیر است و در برخورد با گیاهان مجاور نوعی سیگنال محیطی^۲، برای درک محیط و شناخت اطرافیان به‌شمار می‌رود. با درک کیفیت نور رسیده به گیاه، واکنش‌هایی تحت عنوان مکانیسم‌های اجتناب از سایه^۳ در گیاه رخ می‌دهد (۱۶). مکانیسم‌های اجتناب از سایه و بروز آن در گیاهان و تاثیرات مثبت و منفی آن بر روابط بین گیاهان، تا حد زیادی بستگی به گونه‌ی گیاهی و شرایط محیطی دارد (۱۲). به عنوان مثال در گیاه ذرت سبب افزایش میان‌گره‌ها و در گیاه سویا سبب کاهش شاخه‌های جانبی می‌گردد (۷). همچنین بروز این مکانیسم‌ها تحت تاثیر عرض جغرافیایی، طول روز و فصول مختلف سال تغییر می‌کند.

این مکانیسم‌ها امکان تداوم نسل سریع‌تر را از طریق تسریع گل‌دهی در بذور فراهم می‌کند (۲۰). به‌علاوه باید در نظر داشت که در بروز مکانیسم‌های اجتناب از سایه، رقابت مستقیم بر سر منابع وجود ندارد، بلکه رفتار گیاه به سمتی پیش می‌رود که گیاهان از رقابت^۴ احتمالی که ممکن است در آینده بر روی آن‌ها اثرگذار باشد، اجتناب کنند (۹). تغییر در نسبت R به FR، سبب ایجاد تغییراتی در گیاه می‌شود که ممکن است گیاه را تحت تاثیر قرار داده و تحمل آن را نسبت به تنش‌های که احتمال بروز آن در آینده می‌رود، کاهش دهد (۱). گیاهانی که در معرض کاهش کمی و کیفی نور قرار می‌گیرند، زیست‌توده‌ی ریشه کمتری داشته و در صورتی که گیاه در ادامه فصل با تنش خشکی مواجه شود، به دلیل اینکه ریشه‌ها به اندازه‌ی کافی در خاک گسترش (عمقی و شعاعی) نیافته‌اند، تنش احتمالی می‌تواند گیاه را دچار مشکل سازد (۱۷ و ۱۸). رقابت گیاهان دارای سه مرحله است. مرحله‌ی اول، قبل از شروع سایه‌اندازی و رقابت مستقیم گیاهان بر سر نور که با تغییر کیفیت نور، فیتوکروم‌های گیاهی^۵، تحریک می‌شوند. در این مرحله علی‌رغم پوشش تنک کانوپی، گیاهان همسایه نور قرمز دور را جذب کرده و لذا می‌توان این نقطه را به عنوان آغاز فرایند رقابت در نظر گرفت. مرحله دوم با شروع سایه‌اندازی و تشدید سیگنال‌های مستقیم گیاهان بر روی هم ادامه می‌یابد و در مرحله سوم اوج رقابت بر سر نور فعال فتوسنتزی^۶ PAR بوده و سایه‌اندازی دوطرفه بین گیاهان همجوار و همچنین بین

- 1- Far Red
- 2- Environmental Signal
- 3- Shade Avoidance
- 4- Competition
- 5- Plant phytochrome
- 6- Photosynthetically active radiation

7- High pressure Sodium

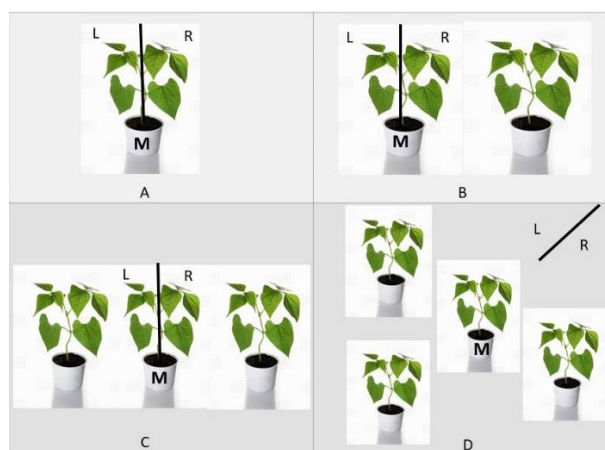
8- Coco Peat

9- Perlite

قسمت‌های سفید رنگ تمایز داشت، که در نهایت مساحت اشغال شده توسط برگ‌ها اندازه‌گیری شد و با واحد متر مربع گزارش شد. همچنین در کنار اندازه‌گیری گیاه، تقارن گیاه مورد بررسی قرار گرفت. این شاخص برای اولین بار مطرح گردیده است. در این شاخص، جهت‌گیری گیاه در حضور یا عدم حضور گیاهان مورد ارزیابی قرار گرفت. بدین منظور، گیاه مرکزی همانند شکل (۲) به زیست‌توده‌ی چپ و راست تقسیم‌بندی شد. به عنوان مثال در تیمار یک بوته‌ی همجواری گیاه به دو بخش ۱. زیست‌توده‌ی راست (قسمتی از گیاه که به سمت گیاه مجاور رشد پیدا نمود) و ۲. زیست‌توده‌ی چپ (قسمتی از گیاه که خلاف جهت گیاه مجاور رشد نمود)، تقسیم‌بندی شد. پس از این تقسیم‌بندی، زیست‌توده‌ی چپ و راست برگ، زیست‌توده‌ی ساقه و زیست‌توده‌ی کل به وسیله‌ی ترازو با دقت ۰/۰۰۱ اندازه‌گیری و به گرم گزارش شد. همچنین سطح برگ چپ و راست نیز به وسیله‌ی دستگاه اندازه‌گیری سطح برگ مدل LI-3100C اندازه‌گیری شد. در نهایت، تجزیه‌ی داده‌ها با نرم افزار SAS 9.3 و مقایسه‌ی میانگین داده‌ها با آزمون LSD انجام گرفت و در نمودار به وسیله‌ی شاخص خطای استاندارد مشخص گردید و رسم نمودارها در محیط Excel انجام گرفت.

در طول دوره‌ی همجواری، به منظور جلوگیری از تماس فیزیکی گیاهان با هم، شاخ و برگ اضافی گیاهان همجوار به صورت منظم حذف می‌گردید. در پایان آزمایش، نسبت نور قرمز (R:۶۶۰) به قرمز دور (FR:۷۳۰) در قسمت پایین تاج‌پوشش، به وسیله‌ی حسگر اندازه‌گیری کیفیت نور (مدل SKP 200) صورت گرفت. صفات ارتفاع گیاه، گروه اول، دوم، سوم، ارتفاع کل و طول دمبرگ (برگ اول) اندازه‌گیری شد. همچنین وضعیت قرارگیری پایین‌ترین برگ در زیر تاج‌پوشش (تانژانت قرارگیری برگ) در هر تیمار همانند شکل ۱ و با تقسیم قاعده برگ (A) بر طول برگ (B) اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری این شاخص که برای اولین بار انجام می‌گرفت به وسیله‌ی دو میله‌ی عمود بر هم در کنار گیاه، موقعیت برگ تثبیت می‌شد و با قرار دادن برگ بر روی میله‌ی افقی به وسیله‌ی خط‌کش، قاعده و طول برگ اندازه‌گیری شد.

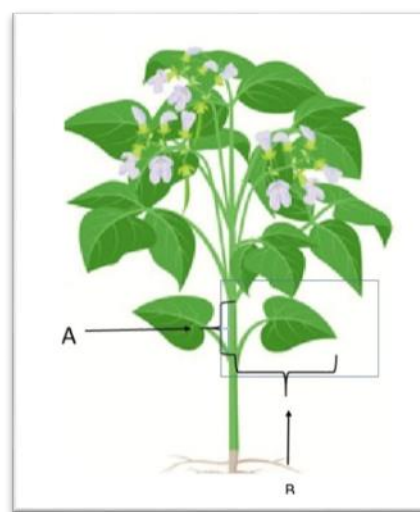
همچنین به منظور ارزیابی فضای اشغال شده توسط بوته از نرم‌افزار اتوکد (AutoCAD 2018. 1. 2) استفاده شد. بدین منظور ابتدا در پایین بوته پارچه‌ی سفید رنگی به مساحت یک متر مربع پهن گردید و از ارتفاع یک متر از فضای بالای تاج‌پوشش عکس‌برداری صورت گرفت. در محیط نرم‌افزار، برگ‌ها به حالت سیاه رنگ از سایر



شکل ۲- اندازه زیست توده‌ی چپ و راست گیاه به منظور اندازه‌گیری تقارن گیاه

شکل A، B، C و D به ترتیب +، ۱، ۲ و ۳ بوته‌ی همجوار
M: گیاه مرکزی، L: زیست توده‌ی چپ R: زیست توده‌ی راست
خط سیاه رنگ، محور تقارن را معین می‌نماید.

Figure 2- Measurement of left and right biomass for summity determination
A, B, C AND D represent 0, 1, 2 and 3 adjacent plant
M: main plant, R: right side of plant biomass, L, left side of plant biomass



شکل ۱- اندازه‌گیری قاعده (A) و طول برگ (B) جهت برآورد تانژانت یا موقعیت قرارگیری برگ در زیر تاج‌پوشش لوبیا در تیمارهای مختلف همجواری

Figure 1- Measurement of the rule and altitude in lower part of red bean canopy to estimate the slope

نتایج و بحث

نسبت نور قرمز به قرمز دور (کیفیت نور)

مقایسه میانگین تغییرات کیفیت نور رسیده به قسمت‌های پایین تاج‌پوشش نشان داد که با افزایش تعداد گیاهان همجوار، کیفیت نور رسیده به قسمت‌های پایین گیاه کاهش پیدا نمود (جدول ۱). بیشترین مقدار از تیمار عدم همجواری به میزان ۰/۶۵ به دست آمد و پس از

آن با افزایش تعداد گیاهان به ۳ بوته، این نسبت به میزان ۵۰ درصد کاهش پیدا نمود (شکل ۳). با توجه به نتایج فوق به نظر می‌رسد که افزایش تراکم گیاهی در تیمار ۳ بوته‌ای همجوار منجر به افزایش بازتابش کانوپی شده و به همین دلیل کمترین کیفیت نور در این تیمار مشاهده شد.

جدول ۱- تاثیر همجواری بر شاخص‌های مختلف در گیاه لوبیا قرمز

Table 1- Effect of different levels of Adjacent on different grow indices on red bean

تیمار Treatment	A0 بدون همجوار Without adjacent	A1 همجوار با ۱ بوته Adjacent with 1 plant	A2 همجواری با ۲ بوته Adjacent with 2 plants	A3 همجوار با ۳ بوته Adjacent with 3 plants
نسبت نور قرمز به قرمز دور R:Fr	0.65(a)	0.62(ab)	0.60(ab)	0.50(b)
زیست‌توده برگ (گرم) Leaf Dry matter(g)	35(a)	23.9(b)	23.1(b)	22(b)
شاخص سطح برگ LAI ^۱	0.7985(a)	0.60425(b)	0.5455(ab)	0.51325(ab)
حجم تاج‌پوشش (مترمربع) canopy Area (M ²)	0.6385(a)	0.52975(ab)	0.49725(ab)	0.372(b)
طول دم‌برگ (سانتی‌متر) Petiol length(cm)	4.55(b)	4.925(ab)	5.09(a)	5.375(a)
تانژانت زاویه‌ی برگ اول Leaf tan	0.63(b)	0.70(b)	0.85(b)	1.35(a)
ارتفاع کل (سانتی‌متر) Height(cm)	28(a)	19.75(b)	21.125(b)	24(ab)
وزن خشک ساقه (گرم) Shoot dry matter (g)	27.8(a)	22.2(b)	23.4(b)	27.8(a)
وزن خشک کل (گرم) Plant dry matter (g)	62/8(a)	46/1(b)	46/6(b)	49.8(b)
وزن خشک چپ (گرم) Left LDM(g)	18.2(a)	14.8(ab)	11.4(b)	10.7(b)
وزن خشک راست (گرم) Right LDM (g)	16.9(a)	9.3(b)	11.8(ab)	11.3(ab)
تقارن گیاه (درصد) Plant Symmetry (%)	0.96(a)	0.76(b)	0.98(a)	0.96(a)
سطح برگ چپ (سانتی‌متر) Left LAI (cm)	0.4195(a)	0.41225(a)	0.2705(ab)	0.22225(b)
سطح برگ راست (سانتی‌متر) Right LAI (cm)	0.379(a)	0.192(b)	0.275(ab)	0.291(ab)
تقارن گیاه (درصد) Plant Symmetry (%)	0.95(a)	0.63(b)	0.99(a)	0.86(a)

حروف مشابه در هر ردیف نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار می‌باشد.

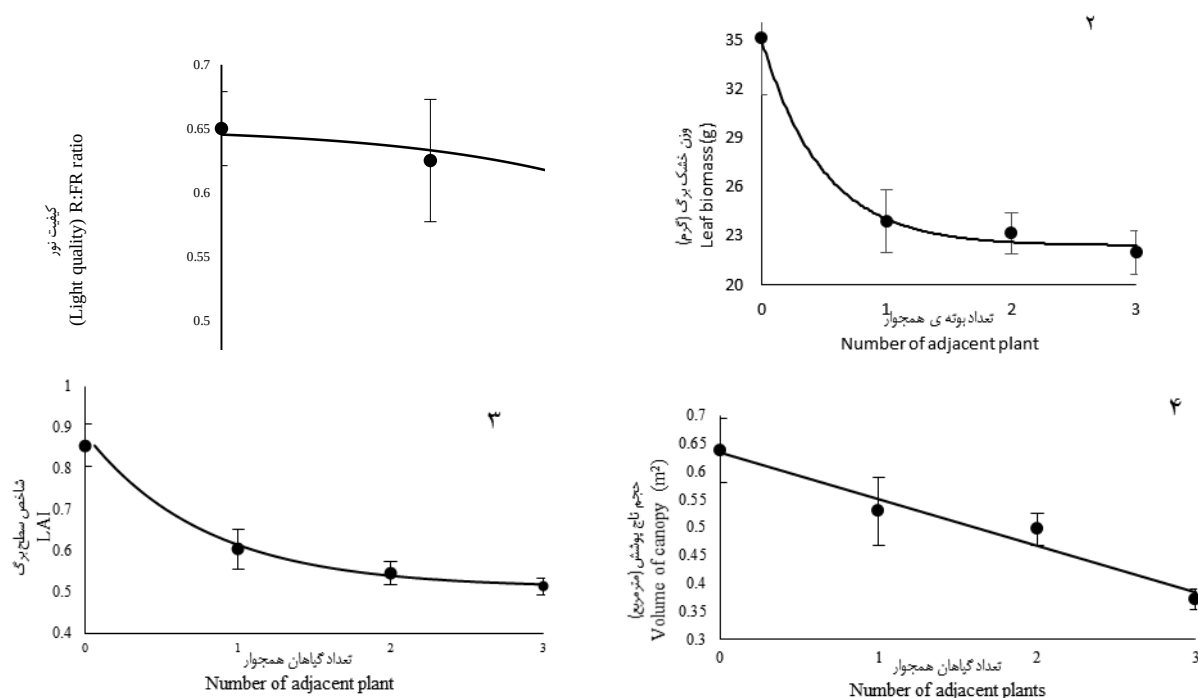
Same letters in each row indicate no significant difference

LDM: Leaf Dry Matter

راستا سعادتیان و همکاران (۲۱) نیز بیان داشتند که شاخص سطح برگ در شرایط تداخل با سایر گیاهان کاهش می‌یابد. مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که حجم تاج‌پوشش، در تیمارهای عدم همجواری، یک، دو و سه بوته‌ی همجوار به ترتیب معادل ۰/۶۳، ۰/۵۲، ۰/۴۹ و ۰/۳۷ متر مربع به دست آمد (جدول ۱). بررسی این نتایج نشان داد که افزایش حضور گونه‌ی همجوار به میزان سه بوته منجر به کاهش ۴۱ درصدی در حجم تاج‌پوشش گیاه لوبیا نسبت به تیمار شاهد شد به نظر می‌رسد که ایجاد حجم تاج‌پوشش تا حد زیادی با مفهوم فضا در ارتباط می‌باشد. با توجه به آن، گیاهان هر چه فضای بازتری داشته باشند تمایل به گسترش عرضی در آن‌ها بیشتر می‌شود. زمانی که گیاه با سه بوته‌ی همجوار احاطه شده بود، امکان رشد عرضی چندانی برای گیاه وجود نداشت، زیرا تمایل رشد گیاه به سمت قسمت‌های دارای کیفیت نور بالاتر می‌باشد (حرکت به سمت بالا)، بنابراین کمترین حجم تاج‌پوشش ایجاد شده از تیمار سه بوته‌ی همجوار به دست آمد. همچنین در تیمارهای عدم همجواری، رشد عرضی گیاه بدون محدودیت ادامه پیدا نموده و سبب ایجاد بیشترین حجم تاج‌پوشش شد.

زیست‌توده‌ی برگ، شاخص سطح برگ، حجم تاج‌پوشش

نتایج حاصل از آزمایش نشان داد که همجواری و عدم همجواری بر روی زیست‌توده‌ی برگ تولید شده توسط گیاهان تأثیر معنی‌داری داشت. بیشترین میزان زیست‌توده‌ی برگ در تیمار عدم همجواری (۳۵ گرم) و کمترین مقدار آن همجواری با سه بوته‌ی همجوار (۲۲ گرم) به دست آمد (جدول ۱). به عبارتی افزایش تعداد گیاهان همجوار از تیمار عدم همجواری تا ۳ بوته‌ی همجوار منجر به کاهش ۵۹/۸ درصدی در میزان زیست‌توده گیاهی شد (شکل ۳). در همین راستا دودلی و همکاران (۶) نیز نشان دادند که حضور گونه‌های همجوار به واسطه‌ی کاهش کیفیت نور منجر به کاهش تولید زیست‌توده برگ می‌شود. نتایج حاصل از آزمایش همچنین نشان داد که افزایش تعداد بوته همجوار منجر به کاهش ۳۶ درصدی در شاخص سطح برگ گیاه نیز شد به طوری که بیشترین و کمترین میزان شاخص سطح برگ به ترتیب در تیمارهای عدم همجواری (۰/۸۰ متر مربع) و سه بوته همجوار (۰/۵۱ متر مربع) به دست آمد (جدول ۱). بنابراین مشابه با زیست‌توده‌ی برگ، شاخص سطح برگ نیز با افزایش تعداد بوته‌های همجوار روندی کاهشی از خود بر جای گذاشت (شکل ۳). در همین



در هر شکل، بارها نشان دهنده‌ی خطای استاندارد می‌باشند.

Error bars in each shape indicates Standard error

شکل ۲- اثر تعداد گیاهان همجوار بر ۱. کیفیت نور رسیده به تاج‌پوشش گیاه لوبیا قرمز ۲. زیست‌توده‌ی برگ ۳. شاخص سطح برگ ۴. حجم تاج‌پوشش

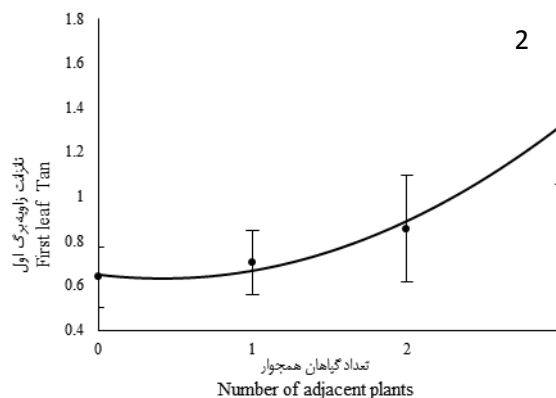
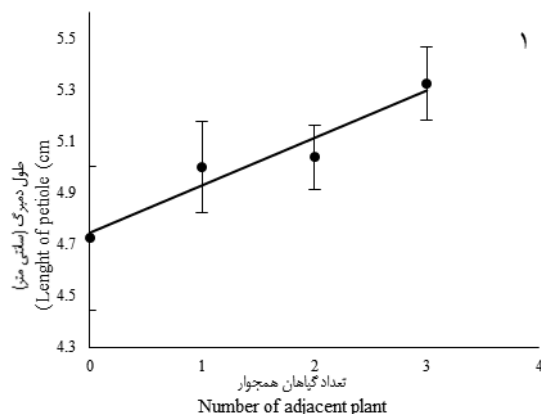
Figure 2- Effect of number of adjacent plants on 1. Light quality 2. Leaf dry matter 3. LAI 4. Volume of canopy

مقدار این پارامتر از تیمار عدم همجواری به میزان $0/63$ به دست آمد. با افزایش تعداد بوته‌های همجوار مقدار آن افزایش یافت، به نحوی که در تیمارهای یک، دو و سه بوته، مقدار آن به ترتیب $0/70$ ، $0/85$ و $1/35$ مشاهده شد (شکل ۳). توانایی برگ در جذب نور تا حد زیادی به نحوه‌ی قرارگیری برگ درون تاج‌پوشش دارد. به نظر می‌رسد که با حضور بوته‌ی همجوار و کاهش کیفیت نور، برگ‌ها حتی در اعماق تاج‌پوشش به منظور دستیابی به نور آرایش خود را به نحوی قرار دادند که به سمت منبع نور حرکت کنند. در شرایط کاهش کیفیت نور، گیاهان دو لپه‌ای با تغییر در پایه‌ی دمبرگ، برگ‌ها را به حالت راست تغییر می‌دهند. این توانایی می‌تواند به عنوان یکی از مکانیسم‌های اجتناب از سایه مطرح گردد. با این توانایی، گیاه قادر است در پروفیل‌های مختلف تاج‌پوشش، گسترش داشته و به همین دلیل قادر است برگ یا اندام جذب نور را در لایه‌های مختلف تاج‌پوشش قرار دهد و کارایی خود را در جذب نور افزایش دهد (۲۳). تغییر در مورفولوژی گیاه یکی از مکانیسم‌هایی است که در گیاهان مختلف به شکل‌های مختلف بروز می‌نماید. به عنوان مثال در گیاه خیار که در موقعیت کاهش‌یافته نسبت R:FR قرار گرفته است، با افزایش فاصله‌ی میانگره‌ها خود را به فضای با کیفیت نور بالاتر هدایت می‌نماید (۳). همچنین چرخش برگ‌ها از قسمت‌های با کیفیت نور پایین به سمت قسمت‌ها با کیفیت نور بالا در گیاه ذرت مشاهده شده است (۱۳).

به عبارتی افزایش تعداد گونه‌های همجوار به واسطه‌ی ایجاد رقابت برای دریافت نور با گیاه اصلی منجر شد که گیاه به جای صرف انرژی در جهت افزایش حجم تاج‌پوشش، انرژی بیشتری را صرف افزایش ارتفاع نماید. به این صورت با افزایش ارتفاع، در بهره‌برداری از نور بالای تاج‌پوشش سهیم شده و با این روش بقای خود را تضمین نموده است (۲۴). با توجه به شکل ۲ حجم تاج‌پوشش با افزایش تعداد بوته‌ی همجوار به صورت خطی کاهش پیدا نمود.

طول دمبرگ و تانژانت زاویه‌ی برگ اول

مقایسه میانگین داده‌های مربوط به اندازه‌ی طول دمبرگ در جدول ۱ آورده شده است. نتایج نشان داد که اندازه‌ی طول دمبرگ با کیفیت نور رابطه‌ی معکوسی دارد. در تیمار عدم همجواری، کمترین میزان طول دمبرگ به میزان $4/55$ سانتی‌متر به دست آمد و پس از آن با افزایش تعداد گیاهان همجوار به ۳ بوته، طول دمبرگ ۱۸ درصد افزایش یافت (شکل ۳). به نظر می‌رسد که با کاهش کیفیت نور، قسمت‌های پایینی گیاه به منظور تغییر موقعیت و استفاده از کیفیت بالاتری از نور، دمبرگ‌های طول‌تری را به وجود آورده‌اند. در این رابطه دیویت و همکاران (۷) عنوان نمودند که تغییر اندازه‌ی طول دمبرگ در پاسخ به تغییرات کیفیت نور یکی از اولین فاکتورهای متغیر در فرایند مکانیسم‌های اجتناب از سایه محسوب می‌شود (۷). همچنین نسبت قائده به ارتفاع در اولین برگ (تانژانت برگ اول) با افزایش تعداد گیاهان همجوار افزایش پیدا نمود (جدول ۱). کمترین



در هر شکل، بارها نشان‌دهنده‌ی خطای استاندارد می‌باشند.

Error bars in each shape indicates Standard error

شکل ۳- اثر تعداد گیاهان همجوار بر ۱. طول دمبرگ ۲. تانژانت زاویه‌ی برگ اول

Figure 3- Effect of number of adjacent plant on 1. Petiole length 2. First leaf tan

(جدول ۱). در بین تیمارهای همجواری با یک، دو و سه بوته نیز بیشترین ارتفاع در تیمار همجواری با سه بوته (24 سانتیمتر) مشاهده شد (شکل ۴). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بیشترین وزن

ارتفاع گیاه، وزن خشک ساقه و وزن خشک کل

بررسی نتایج حاصل از آزمایش نشان داد که بیشترین میزان ارتفاع به میزان 28 سانتی‌متر از تیمار عدم همجواری به دست آمد

مقایسه با سایر تیمارها به دست آمد. در بین تیمارهای همجواری، هر چند افزایش تعداد گیاه همجوار سبب افزایش زیست‌توده‌ی گیاه شد، اما بین تیمارها اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد.

تقارن گیاه^۱

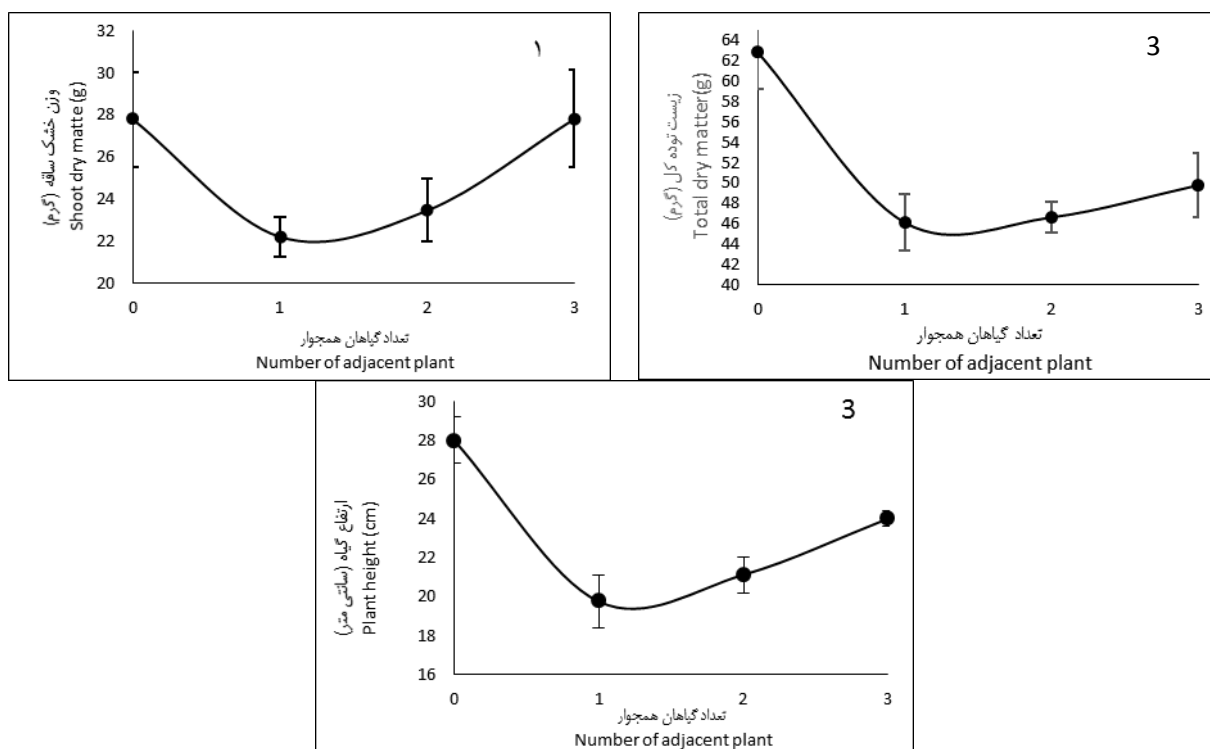
نتایج حاصل از آزمایش نشان داد که در تمام تیمارها به غیر از تیمار یک بوته‌ی همجوار، توازن بین دو طرف گیاه مشاهده شد (جدول ۱). در تیمار یک بوته‌ی همجوار، رشد نامتعادل برگ‌های گیاه اتفاق افتاد (شکل ۵ و ۶). تقارن گیاه در این حالت ۰/۲۳ درصد به سمت چپ تغییر پیدا نمود. در این حالت، زیست‌توده‌ی چپ (زیست توده‌ی برگ گیاه در قسمتی که بر خلاف گیاه مجاور رشد نموده است) به میزان ۱۴/۷ گرم حاصل شد، اما میزان زیست‌توده‌ای که به سمت گیاه مجاور تشکیل شد به میزان ۹/۳ گرم به دست آمد که عدم تقارن در رشد گیاه نشان داد (شکل ۵). کم‌ترین میزان تولید سطح برگ در قسمت راست (قسمتی از گیاه که به سمت گیاه مجاور قرار داشت) به میزان ۰/۱۹۲ مترمربع در تیمار یک بوته‌ی همجوار، به‌دست آمد (شکل ۶). اطلاعات به دست آمده با نتایجی که نشان می‌دهد گیاهان تمایل دارند حرکت خود را به سمت مناطق با کیفیت نور بالاتر سوق دهد همخوانی دارد. در همین راستا بالار و پیریک (۳) عنوان نمودند که گیاهان تمایل دارند، به سمتی حرکت نمایند که کیفیت نور بالاتری وجود داشته باشد. رشد گیاه در جهت کیفیت نور بالاتر به دلیل اجتناب از شرایط پرتنش ایجاد می‌گردد (۳). به عبارتی می‌توان گفت، تمایل رشد گیاه در جهت کیفیت بالاتر نور (فارغ از افقی یا عمودی بودن) صورت می‌گیرد. بنابراین حضور گیاه یا گیاهان همجوار، رشد طولی و عرضی گیاهان را تحت تأثیر قرار می‌دهند.

نتیجه‌گیری

در این آزمایش حضور گیاهان همجوار خویشاوند (لوبیا قرمز) مورد ارزیابی قرار گرفت. در مجموع حضور گیاهان همجوار سبب افزایش طول دم‌برگ، تانژانت زاویه‌ی برگ اول، ارتفاع گیاه و زیست توده‌ی ساقه گردید. در مقابل کیفیت نور، شاخص سطح برگ، زیست توده‌ی برگ و حجم تاج‌پوشش کاهش پیدا نمود. در این آزمایش افزایش تعداد گیاهان همجوار سبب کاهش رشد عرضی گیاه شد. در گیاهانی نظیر لوبیا قرمز، عملکرد با رشد عرضی گیاه و تولید شاخه‌های فرعی به واسطه‌ی تولید غلاف، همبستگی مثبت دارد. همچنین شاخص سطح برگ و به موجب آن زیست‌توده برگ، به عنوان اندام اصلی فتوسنتزکننده کاهش یافت.

خشک ساقه در تیمارهای عدم همجواری و ۳ بوته همجوار (به‌ترتیب ۲۷/۹ و ۲۸ گرم) به دست آمد (جدول ۱). فرایند دریافت تغییرات طول موج و واکنش‌های بعد از آن به واسطه‌ی مولکول‌هایی به نام فیتوکروم (گیرنده‌های نوری)، میانجی‌گری می‌شوند (۱۰). فیتوکروم‌ها در دو فرم مختلف قرار داشته که با تغییر کونفورماسیون به همدیگر تبدیل می‌شوند. اولین فرم، فرم ناکارا یا غیرفعال فیتوکروم (Pr) که بعد از دریافت نور قرمز در محدوده‌ی ۶۶۰ نانومتر به شکل فعال (Pfr) در می‌آید. دومین فرم، فرم فعال فیتوکروم (Pfr) که نور قرمز دور را در محدوده‌ی ۷۳۰ نانومتر جذب می‌نماید و به فرم غیرفعال (Pr) تبدیل می‌شود. فیتوکروم در شرایط کیفیت بالای نور، فرم فعال داشته و با قرارگیری در هسته سبب کاهش و یا توقف فعالیت ژن‌های تولیدکننده‌ی هورمون اکسین (اکسین سنتاز) می‌شود. با کاهش کیفیت نور، فیتوکروم به شکل غیرفعال در آمده و پس از انتقال از هسته به سمت سیتوپلاسم سطح هورمون اکسین زیاد می‌شود (۱۴). افزایش سطح هورمون اکسین یکی از دلایل مهم افزایش ارتفاع ساقه به حساب می‌آید. در همین راستا، ایگل‌سیاس و همکاران (۱۱) رابطه‌ی مستقیمی بین کیفیت نور و مکانیسم‌های اجتناب از سایه گزارش دادند (۱۱) فرایند تبدیل فرم فیتوکروم از فعال به غیرفعال و برعکس و همچنین انتقال دو جانبه‌ی آن‌ها بین هسته و سیتوپلاسم در مدت زمان اندک و ظرف مدت چند دقیقه اتفاق می‌افتد (۴). از این رو گفته می‌شود که بروز مکانیسم‌های اجتناب از سایه حتی زمانی که گیاه در معرض مدت زمان اندکی از کاهش کیفیت نور قرار گیرد، اتفاق می‌افتد (۱۹). در بین تیمارهای همجواری، روند افزایش ارتفاع و زیست‌توده‌ی ساقه از یک تا سه بوته‌ی همجوار در شکل ۴ قابل مشاهده می‌باشد. هر چند تفاوت معنی‌داری بین دو و سه بوته مشاهده نشد. در این پژوهش در تیمار همجواری با ۳ بوته به واسطه‌ی کاهش کیفیت نور و تأثیر بر روابط فیزیولوژیک گیاهی و مخصوصاً تأثیر بر هورمون اکسین، ارتفاع و وزن خشک ساقه به ترتیب ۴۱ و ۲۵ درصد نسبت به دو تیمار دیگر افزایش یافت (شکل ۴). افزایش ارتفاع گیاه در حضور ۳ بوته‌ی همجوار، علاوه بر تغییرات کیفیت نور، با محدودیت گیاه با رشد عرضی نیز توجیه‌پذیر می‌باشد، زیرا نسبت پایین R/FR باعث کاهش رشد عرضی گیاه می‌شود (۲۵).

نتایج تأثیر تعداد بوته‌ی همجوار بر وزن خشک کل گیاه، از برهم‌کنش وزن خشک برگ و وزن خشک سایر اجزای بوته به دست آمد. بیشترین و کمترین میزان وزن خشک کل گیاه به ترتیب از تیمارهای عدم همجواری (۶۲/۸ گرم) و تیمار یک بوته همجوار (۴۶ گرم) حاصل شد (جدول ۱). در این آزمایش بیشترین حجم تاج‌پوشش زمانی به دست آمد که گیاه بدون حضور گیاه همجوار به رشد خود ادامه داد. بنابراین به دلیل رشد طولی و عرضی و به موجب استفاده از حداکثر توان گیاه، با تولید ساقه‌های قوی‌تر و تعداد برگ‌های بیشتر در مجموع وزن بالاتری از زیست‌توده در تیمار عدم همجواری در

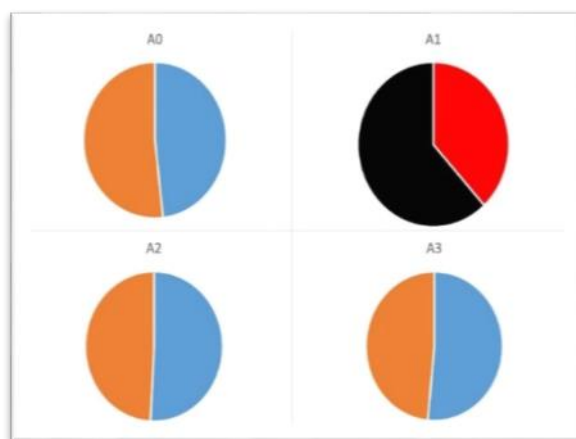


در هر شکل، بارها نشان دهنده خطای استاندارد می باشند.

Error bars in each shape indicates Standard error

شکل ۴- اثر تعداد گیاهان همجوار بر ۱. زیست توده ساقه ۲. زیست توده کل ۳. ارتفاع گیاه

Figure 4- Effect of number of adjacent plant on 1. Shoot dry matter 2. Plant dry matter 3. Plant height

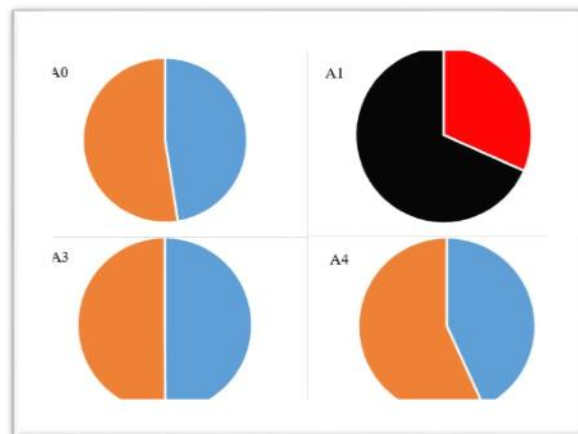


شکل ۵- تاثیر تعداد بوته های همجوار بر زیست توده برگ لوبیا قرمز

قسمت چپ (رشد گیاه بر خلاف رشد گیاه مجاور) و راست (رشد گیاه به سمت رشد گیاه مجاور)

Figure 5- Number of adjacent plants on red bean leaf dry matter

Left (opposite to neighbor plants growth) and right (toward neighbor plant growth)



شکل ۶ - تأثیر تعداد بوته‌ی همجوار بر سطح برگ

قسمت چپ (رشد گیاه بر خلاف رشد گیاه مجاور) و راست (رشد گیاه در جهت رشد گیاه مجاور)

Figure 6- Effect of number of adjacent on bean LAI.

Left (opposite to neighbor plant growth) and right (toward neighbor plant growth)

عملکرد گیاه می‌شود، لحاظ می‌گردد، اما نقش تغییرات کیفیت نور و تأثیر آن بر کاهش عملکرد نادیده گرفته می‌شود. در این صورت به‌نظر می‌رسد کاهش حساسیت گیاهان به تغییرات کیفیت نور بایستی در فعالیت‌های آینده‌ی اصلاح نباتات به عنوان یکی از موارد مهم مد نظر قرار گیرد.

در این آزمایش تأثیر کیفیت نور بر روی دو مولفه (تقارن و تانژانت زاویه‌ی برگ اول) برای اولین بار به عنوان مکانیسم‌های اجتناب از سایه معرفی گردید. در نهایت نتایج این آزمایش و آزمایش‌های مرتبط با تغییرات کیفیت نور بایستی در آینده در مطالعات خلا عملکرد لحاظ گردد. در این آزمایش‌ها، کلیه مواردی که سبب کاهش

منابع

1. Afifi M., Lee E., Lukens L., and Swanton C. 2015. Thiamethoxam as a seed treatment alters the physiological response of maize (*Zea mays*) seedlings to neighboring weeds. *Pest Management Science* 71(4): 505-514.
2. Awal M.A., and Gani M.O. 2020. Study on Radiation Interception and Use in Some Mustard Varieties. *Asian Journal of Advanced Research and Reports* 11-23.
3. Ballaré C.L., and Pierik R. 2017. The shade-avoidance syndrome: multiple signals and ecological consequences. *Plant, Cell and Environment* 40(11): 2530-2543.
4. Bauer D., Viczián A., Kircher S., Nobis T., Nitschke R., Kunkel T., ... and Nagy F. 2004. Constitutive photomorphogenesis 1 and multiple photoreceptors control degradation of phytochrome interacting factor 3, a transcription factor required for light signaling in Arabidopsis. *The Plant Cell* 16(6): 1433-1445.
5. Casal J.J. 2013. Canopy light signals and crop yield in sickness and in health. *ISRN Agronomy*.
6. Dudley S.A., Murphy G.P., and File A.L. 2013. Kin recognition and competition in plants. *Functional Ecology* 27(4): 898-906.
7. De Wit M., Kegge W., Evers J.B., Vergeer-van Eijk M.H., Gankema P., Voeseinek L.A., and Pierik R. 2012. Plant neighbor detection through touching leaf tips precedes phytochrome signals. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 109(36): 14705-14710.
8. Demotes-Mainard S., Péron T., Corot A., Bertheloot J., Le Gourrierec J., Pelleschi-Travier S., and Vian A. 2016. Plant responses to red and far-red lights, applications in horticulture. *Environmental and Experimental Botany* 121: 4-21.
9. Fraser D.P., Hayes S., and Franklin K.A. 2016. Photoreceptor crosstalk in shade avoidance. *Current Opinion in Plant Biology* 33: 1-7.
10. Huq E. 2018. Direct Convergence of Light and Auxin Signaling Pathways in Arabidopsis. *Molecular Plant* 11(4): 515-517.
11. Iglesias M. J., Sellaro R., Zurbriggen D., Casal J. J. 2018. Multiple links between shade avoidance and auxin networks. *Journal of Experimental Botany* 69(2): 213-228.
12. Kim H.W., sadeghi A., McKenzie -Gopsill A., Afifi M., Bozzo G., Lee E.A., and Swanton C.J. 2016. Changes in light quality alter physiological responses of soybean to thiamethoxam. *Planta* 244(3): 639-650.
13. Maddonni G.A., Otegui M.E., Andrieu B., Chelle M., and Casal J.J. 2002. Maize leaves turn away from neighbors.

- Plant Physiology 130(3): 1181–1189.
14. Martínez-García J.F., Gallemí M., Molina-Contreras M.J., Llorente B., Bevilacqua M.R., and Quail P.H. 2014. The shade avoidance syndrome in Arabidopsis: the antagonistic role of phytochrome A and B differentiates vegetation proximity and canopy shade. PLoS one 9(10): e109275.
15. Moradi R., Koocheki A., and Nasiri Mahallati M. 2017. Evaluation of economical yield and radiation use efficiency of maize and cotton in sole and intercropping systems as affected by different levels of Nitrogen. Isfahan University of Technology-Journal of Crop Production and Processing 7(2): 47-59. (In Persian with English abstract)
16. Nozue K., Tat A.V., Devisetty U.K., Robinson M., Mumbach M.R., Ichihashi Y., and Maloof J.N. 2015. Shade avoidance components and pathways in adult plants revealed by phenotypic profiling. PLoS Genetics 11(4): e1004953.
17. Page E.R., Tollenaar M., Lee E.A., Lukens L., and Swanton C.J. 2015. Shade avoidance: an integral component of crop weed competition. Weed Research 50: 281–288.
18. Prasch C.M., and Sonnewald U. 2015. Signaling events in plants: Stress factors in combination change the picture. Environmental and Experimental Botany 114: 4-14.
19. Rajcan I., and Swanton C.J. 2001. Understanding maize-weed competition: resource competition, light quality and the whole plant. Field Crop Research 71:139–150.
20. Roig-Villanova I., and Martínez-García J.F. 2016. Plant responses to vegetation proximity: a whole life avoiding shade. Frontiers in Plant Science 7.
21. Saadatian B., Ahmadvand G., and Soleymani F. 2011. Investigation of growth indices and yield of two wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars in competition with rye (*Secale cereale* L.) and wild mustard (*Sinapis arvensis* L.) weeds. (In Persian with English abstract).
22. Violet-Chabrand S., Matthews J.S., Simkin A.J., Raines C.A., and Lawson T. 2017. Importance of fluctuations in light on plant photosynthetic acclimation. Plant Physiology 173(4): 2163-2179.
23. Wille W., Phipper C. B., Rosenqvist E., Andersen S.B., Weiner J., and Jackson M.B. 2017. Reducing shade avoidance responses in a cereal crop. Aob Plants 9(5).
24. Yaghoubi S. R., Aghaalikhani M., and Zand E. 2011. Effect of the timing of emergence of seedling on morphological characteristics and seed production of redroot pigweed (*Amaranthus retroflexus* L.) in competition with sunflower (*Helianthus annuus* L.). Iranian Journal of Crop Sciences 13(1): 32-48.
25. Yang C., and Li L. 2017. Hormonal regulation in shade avoidance. Frontiers in Plant Science 8: 15-27.



The Effect of Adjacent Plants Number on Shade Avoidance Syndrome Mechanism of Red Bean (*Phaseolus vulgaris*)

A. Bagheri¹- Gh. Asadi^{2*}- A. Ghanbari³

Received: 06-09-2020

Accepted: 23-12-2020

Introduction: The light received by plants is composed of different types of wavelengths (sanged from ultraviolet to infrared). The region among 400 nm to 700 nm is what plants use to drive photosynthesis, typically referred as Photosynthetically Active Radiation (PAR). Plants are so proper light filters. Leaf chlorophylls and carotenoids absorb and use most of the R light available for photosynthesis, but reflect or transmit most of the FR light, those parts of light which transmitted through vegetation, depleted in red and strongly enriched in far-red even before direct shading takes place. The natural R:FR ratio varies from 1 to 1.2 in sunlight above a canopy, gradually decreasing to lower to 0.2 under a dense canopy. Red to Far Red ratio (R:FR) is considered as an indicator of the light quality. Plants are able to detect changing in light quality via their phytochromes. Understanding the decrease of light quality create a series of reactions in the plant such as stem elongation, reduction in stem diameter, and reduction in shoot and root biomass and so forth that are known as shade avoidance syndrome (SAS). In this research, a pot experiment established to evaluate the effects of neighboring on shade avoidance mechanism in red bean (*Phaseolus vulgaris*).

Material and Methods: Pot experiment was conducted based completely randomized designs with four replications at the Research Greenhouse of Ferdowsi University of Mashhad, 2016 and 2017. The treatments included the red bean (*Phaseolus vulgaris*) growth without neighboring and 1, 2 and 3 red bean plants as neighbors. In each pots (23 cm diameter and 21.5 cm height), 3 to 4 red bean seeds (Straight, Derakhshan) were planted and finally one plant was selected and kept for 45 days. The distance between each treatment was one meter for keeping plants away from mutual shading. In each treatment, 25 cm distant was considered between pots. After 45 days, R:FR ratio was measured beneath the canopy using a quantum sensor (SKR 200 model) subsequently, the main plant were harvested and some traits were measured. Shoot height, petiole length, and area of canopy, first leaf and plant symmetry. Then plants separated into leaves and stems. After measuring the total leaf area using LI-3000 area meter, plant parts were oven-dried at 80°C and weighed. The analysis of variance (ANOVA) for completely randomized design was performed for all responses using PROC GLM in SAS 9.3. Treatment means were compared using either the LSD test or single degree of freedom contrasts.

Results and Discussion: Result of this experiment showed that by increasing the number of neighboring plants to 3 plants, the light quality (R to FR ratio) decreased down to 0.5 in 3 plants neighbored treatment. Accordingly, changing the light quality influenced the traits reactions. By increasing the adjacent plants number, shoot and plant height were increased. The highest plant (28 cm) and shortest (4.55 cm) petiole length was recorded in the non-neighbor treatment. To measure the leaf biomass, plants were separated into the left (that part of plant with growth opposite the neighbor) and right (toward neighbor plant growth). Result showed that in the trait with 1 plant in neighborhood, symmetry of plant was impaired (0.23 percent). In the trait with 3 neighbors, the first leaf angle was 1/35 that indicates plants attempt to reach towards high light quality. In this experiment, plant symmetry and plant angle was proposed as a shade avoidance syndrome. One main result in this experiment was reduce in area of canopy and reduction in lateral growth and production of branches in plant. In some crops such as legumes, lateral expansion to making pods is the main part of yield. Reaching out for light and increase in plant height would suppress the lateral growth which impact the productivity of plant. Moreover, diminish in leaf area index reduce the leaf dry matter, as the main photosynthetic organs decreased. Finally, result of this experiment and those study on shade avoidance effect on crop destiny, should be considered in yield gap estimation. In these sort of experiments, total icons involve in yield diminish is considered except shade avoidance. Role of light quality also should be noted in future studies.

Keywords: Competition, Leaf angle, Light quality, Shading and Symmetry

1, 2 and 3- Ph.D. Student of Weed Science and Associate Professors, Department of Agrotechnology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, respectively.

(*- Corresponding Author Email: asadi@um.ac.ir)

DOI: 10.22067/JPP.2021.32827.0

Contents

Morphological and Molecular Identification of <i>Fusarium</i> spp. as Root Endophytes of Spontaneous Barley (<i>Hordeum spontaneum</i>) and Turnipweed (<i>Rapistrum rugosum</i>)	10
F. Nooralvandi - H. Alizadeh- H. Sarami- Gh. Salehi Jouzani	
Identification of Four Species of the Tylenchidae Family in Potato Fields of Friedan Region in Isfahan Province	24
H.R. Maroufi Maroufabadi - E. Mahdikhani Moghadam- H. Rouhani	
Evaluation of the Level of Defense Enzymes Induced by Antagonistic Fungi against Root Knot Nematode, <i>Meloidogyne javanica</i> in Pistachio Seedlings	37
F. Mehdinejad - A. Zeynadini Riseh- E. Sedaghati- H. Alaei- M. Moradi	
Effect of some Botanicals and Imidacloprid on the Biochemical Parameters of Red Palm Weevil (<i>Rhynchophorus ferrugineus</i> Olivier)	55
A. Piri - N. Sahebzadeh- A. Zibae - A. Khani	
Palynological Analysis of Honey Produced by <i>Apis mellifera</i> L. in Semnan-Iran	67
M. Niknam - H. Sadeghi-Namaghi- H. Nazarian	
Weed Mapping for Dryland Chickpea (<i>Cicer arietinum</i> L.) Fields in Kurdistan Province using Geographic Information System	89
S. Mansourian - E. Izadi Darbandi- M.H. Rashed Mohassel- M. Rastgoo- H. Kanouni	
The Allelopathic Effect of Two Barley Cultivars (<i>Hordeum vulgare</i>) on Growth and Physiological Attributes of Bindweed (<i>Convolvulus arvensis</i>) Rhizome	101
A. Modhej - R. Farhoudi- E. Rahmati Ghaleh Alikhani	
Evaluation the Effect of Imazethapyr, Pendimethalin and Oxyfluorfen in Soybean Weed Control	115
M. Younesabadi - M. Nouralizadeh Otaghsara - L. Habibian - A. Savarinrjad	
Effect of Pretreatment of Sunflower (<i>Helianthus annuus</i> L.) Seed with Cold Plasma on its Yield and Yield Components in Competition with Weeds	130
M. Khakian – H. Makarian– M. Baradaran Firouz Abadi– M. Momeni– H. Mirzaei Moghadam	
The Effect of Adjacent Plants Number on Shade Avoidance Syndrome Mechanism of Red Bean (<i>Phaseolus vulgaris</i>)	141
A. Bagheri - Gh. Asadi- A. Ghanbari	

Plant Protection

(AGRICULTURAL SCIENCES AND TECHNOLOGY)

Vol . 35

No. 1 2021

Published by: College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran.
Editor in charge: Valizadeh, R. (Ruminant Nutrition) Prof. Ferdowsi University of Mashhad.
General Chief Editor: Rashed- Mohassel, M.H. (Weed Science) Prof. Ferdowsi University of Mashhad.

Editorial Board:

Izadi Darbandi, E.	Weed Science	Asso. Prof. Ferdowsi University of Mashhad.
Pourjam, E.	Plant Pathology	Asso. Prof. Tarbiat Modarres University.
Hosseini, M.	Agricultural Entomology	Asso. Prof. Ferdowsi University of Mashhad.
Rashed- Mohassel, M.H.	Weed Science	Prof. Ferdowsi University of Mashhad.
Rashed- Mohassel, A.	Insect ecology	Post-Doctoral Research Associate ,Texas A&M AgriLife Extension Service
Razi, H.	Crop Production & Plant Breeding	Asso. Prof. Shiraz University
Rajaei, H.	Entomologist	Assis, Department Entomology State Museum of Natural History Stuttgart Rosenstein 1, 70191 Stuttgart, Germany
Saboori, A.	Agricultural Entomology	Prof. Tehran University
Sadeghi Namaghi, H.	Agricultural Entomology	Prof. Ferdowsi University of Mashhad.
Sahragard, A.	Agricultural Entomology	Prof. Guilan University.
Mahdikhani Moghadam, E	Plant Pathology	Prof. Ferdowsi University of Mashhad.
Marashi, S.H.	Biotechnology & Plant Breeding	Prof. Ferdowsi University of Mashhad.

Publisher: Ferdowsi University of Mashhad.

Address: College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran.

P.O.BOX: 91775- 1163

Fax: +98 -0511- 8787430

E-Mail: Jpp1@um.ac.ir

Web Site: <https://jpp.um.ac.ir/>