



عنوان مقالات

ارزیابی مقاومت برخی ارقام گوجه‌فرنگی نسبت به نماتد ریشه‌گرهی *Meloidogyne javanica* در شرایط گلخانه ۲۷۹
آمنه اسدی سرداری- عصمت مهدیخانی مقدم- محمد زکی عقل

اثرات بیولوژیکی گونه‌های تریکودرمای ریزوسفر گوجه‌فرنگی و قارچ کش بیولوژیکی
Trichomax-HV علیه بیماری پژمردگی فوزاریومی گوجه‌فرنگی در شرایط آزمایشگاهی ۲۹۳
سجاد جلالی- مصطفی درویش‌نیا- ناصر پنجه‌که- سمیرا پاکباز

ارزیابی کارایی میکروارگانیسم‌های موثر (EM®) علیه نماتد ریشه‌گرهی (*Meloidogyne javanica*)
در گیاه گوجه‌فرنگی ۳۰۳
حبیب‌الله چاره‌گانی- سعید مهدی

ارزیابی کنه‌کش انویدور اسپید درصد اس سی در کنترل کنه قرمز مرکبات در استان مازندران ۳۱۱
مسعود اربابی- شعبانعلی مافی پاشاکلانی- مولود غلام زاده چیتگر- مجتبی خانی

تأثیر دو ماده افزودنی Torpedo n و Scorch در کارایی حشره‌کش‌های ایمیداکلورپراید و فلونیکامید روی شته جالیز
(*Aphis gossypii* Glover) در گلخانه خیار ۳۲۱
هادی مصلی‌نژاد- مریم فروزان- لاله ابراهیمی

اثر قارچ *Beauveria bassiana* و نانوسیلیکا روی شته مومی کلم *Brevicoryne brassicae* و زنبور پارازیتوید آن
Diaeretiella rapae در شرایط آزمایشگاهی ۳۳۳
ساناز امامی- شهرام آرمیده- سجاد پیرسا- جی بی میجاود

تأثیر دما و شوری بر ویژگی‌های جوانه‌زنی بذر دو اکوتیپ سس‌درختی (*Cuscuta monogyna* Vahl.) ۳۴۷
اسماعیل ابراهیمی- ابراهیم ایزدی دربندی- محمد حسن راشد محصل- رضا توکل افشاری

تعیین گیاهان و پراکنش گیاهان هرز مزارع سویا با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی
(مطالعه موردی: شهرستان گرگان) ۳۵۷
سعید موشانی- حسین کاظمی- افشین سلطانی- محمداسماعیل اسدی

ارزیابی شاخص‌های رقابتی و کارایی کشت مخلوط پنبه- چغندر علوفه‌ای در شرایط تداخل علف هرز ۳۷۳
مهدی راستگو- قربانعلی اسدی- عبدالله درپور سرخ‌سرای- سلمان رحیمی

اثر رقابت اندام‌های هوایی و زیر زمینی علف‌هرز خردل وحشی (*Sinapis arvensis*) بر رشد و عملکرد ارقام گندم
(*Triticum aestivum*) ۳۸۹
عادل مدحج

Contents

Evaluation of Resistance to Root-Knot Nematode, *Meloidogyne javanica*, in Some
Tomato Cultivars under Greenhouse Conditions 291
A. Asadi Sardari - E. Mahdikhani-Moghadam- M. Zakiaghl

Biological Effects of *Trichoderma* spp. Isolated from Tomato Rhizosphere and
Trichomax-HV Biofungicide against Tomato *Fusarium* Wilt *in Vitro* 302
S. Jalali - M. Darvishnia- N. Panjekeh- S. Pakbaz

Evaluation of Effective Microorganisms (EM®) against Root-Knot Nematode
(*Meloidogyne javanica*) in Tomato 310
H. Charehgani - S. Mahdi

Evaluation Envidorspeed % SC Effectiveness in Control of Citrus Red Mite
(*Panonychus citri*) in Mazandaran Province 320
M. Arbabi - S. Mafi Pashakolaei- M. Gholamzadeh-Chitgar- M. Khani

Effects of Two Adjuvants (Scorch and Torpedo n) on Efficacy of Imidacloprid and Flonicamid to
Control the *Aphis gossypii* Aphid in Greenhouse Cucumber 331
H. Mosallanejad - M. Forouzan- L. Ebrahimi

Lethal Effects of Fungi *Beauveria bassiana* (Bals.) and Nanosilica on Cabbage Aphid
Brevicoryne brassicae (L.) and Its Parasitoid *Diaeretiella rapae* (McIntosh)
in Laboratory Conditions 345
S. Emami - S. Aramideh- S. Pirsai- J.P. Michaud

Effect of Temperature and Salinity on Two Eastern Dodder
(*Cuscuta monogyna* Vahl) Ecotypes Seed Germination Characteristics 356
E. Ebrahimi - E. Izadi Darbandi- M.H. Rashed Mohassel- R. Tavakol Aafshari

Determination of Flora and Distribution of Weeds in Soybean Fields Using Geographic
Information System (Case Study: Gorgan County) 372
S. Moushani - H. Kazemi- A. Soltani- M.E. Asadi

Evaluation of Competitive Indices and Cultivation Efficiency of Cotton-Fodder Beet
Intercropping under Weed Interference Conditions 387
M. Rastgoo - G.A. Asadi- A. Dorpoor- S. Rahimi

Evaluation of the Aerial and Underground Organs of Wild Mustard (*Sinapis arvensis*)
Competition on Growth and Yield of Wheat (*Triticum aestivum*) Cultivars 398
A. Modhej

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

پاییز 1400

شماره 3

جلد 35

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

دانشگاه فردوسی مشهد

صاحب امتیاز:

استاد - تغذیه نشخوارکنندگان (دانشگاه فردوسی مشهد)

رضا ولی زاده

مدیر مسئول:

استاد - علوم علف های هرز (دانشگاه فردوسی مشهد)

راشد محصل، محمد حسن

سرمدیر:

اعضای هیئت تحریریه:

استاد - علوم علف های هرز (دانشگاه فردوسی مشهد)

ایزدی دربندی، ابراهیم

استاد - بیماری شناسی گیاهی (دانشگاه تربیت مدرس تهران)

پور جم، ابراهیم

دانشیار - حشره شناسی کشاورزی (دانشگاه فردوسی مشهد)

حسینی، مجتبی

استاد - علوم علف های هرز (دانشگاه فردوسی مشهد)

راشد محصل، محمد حسن

محقق، اکولوژی حشرات، تگزاس

راشد محصل، آرش

دانشیار - ژنتیک مولکولی (دانشگاه شیراز)

راضی، هومن

حشره شناس، مدیر کلکسیون بالپولکداران، موزه ایالتی تاریخ طبیعی اشتوتگارت (آلمان)

رجائی، حسین

استاد - حشره شناسی کشاورزی (دانشگاه فردوسی مشهد)

صادقی نامقی، حسین

استاد - حشره شناسی کشاورزی (دانشگاه تهران)

صبوری، علیرضا

استاد - حشره شناسی کشاورزی (دانشگاه گیلان)

صحراگرد، احد

استاد - بیوتکنولوژی و به نژادی گیاهی (دانشگاه فردوسی مشهد)

مرعشی، سید حسن

استاد - بیماری شناسی گیاهی (دانشگاه فردوسی مشهد)

مهدیخانی مقدم، عصمت

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
279	ارزیابی مقاومت برخی ارقام گوجه فرنگی نسبت به نماتد ریشه گرهی <i>Meloidogyne javanica</i> در شرایط گلخانه آمنه اسدی سرداری - عصمت مهدیخانی مقدم - محمد زکی عقل
293	اثرات بیولوژیکی گونه های تریکودرمای ریزوسفر گوجه فرنگی و قارچ کش بیولوژیکی Trichomax-HV علیه بیماری پژمردگی فوزاریومی گوجه فرنگی در شرایط آزمایشگاهی سجاد جلالی - مصطفی درویش نیا - ناصر پنجه که - سمیرا پاکباز
303	ارزیابی کارایی میکروارگانسیم های موثر (EM®) علیه نماتد ریشه گرهی (<i>Meloidogyne javanica</i>) در گیاه گوجه فرنگی حبیب اله چاره گانی - سعید مهدی
311	ارزیابی کنه کش انویدور اسپید درصد اس سی در کنترل کنه قرمز مرکبات در استان مازندران مسعود اربابی - شعبانعلی مافی پاشاکلائی - مولود غلام زاده چیتگر - مجتبی خانی
321	تأثیر دو ماده افزودنی Scorch و Torpedo n در کارایی حشره کش های ایمیداکلوپراید و فلوونیکامید روی شته جالیز (<i>Aphis gossypii</i> Glover) در گلخانه خیار هادی مصلی نژاد - مریم فروزان - لاله ابراهیمی
333	اثر قارچ <i>Beauveria bassiana</i> و نانوسیلیکا روی شته مومی کلم <i>Brevicoryne brassicae</i> و زنبور پارازیتوئید آن <i>Diaeretiella rapae</i> در شرایط آزمایشگاهی ساناز امامی - شهرام آرمیده - سجاد پیرسا - جی پی میچاود
347	تأثیر دما و شوری بر ویژگی های جوانه زنی بذر دو اکوتیپ سس درختی (<i>Cuscuta monogyna</i> Vahl.) اسماعیل ابراهیمی - ابراهیم ایزدی دربندی - محمد حسن راشد محصل - رضا توکل افشاری
357	تعیین گیاهان و پراکنش گیاهان هرز مزارع سویا با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی (مطالعه موردی: شهرستان گرگان) سعید موشانی - حسین کاظمی - افشین سلطانی - محمد اسماعیل اسدی
373	ارزیابی شاخص های رقابتی و کارایی کشت مخلوط پنبه - چغندر علوفه ای در شرایط تداخل علف هرز مهدی راستگو - قربانعلی اسدی - عبدالله درپور سرخ سرایی - سلمان رحیمی
389	اثر رقابت اندام های هوایی و زیر زمینی علف هرز خردل وحشی (<i>Sinapis arvensis</i>) بر رشد و عملکرد ارقام گندم (<i>Triticum aestivum</i>) عادل مدحج



مقاله پژوهشی

ارزیابی مقاومت برخی ارقام گوجه‌فرنگی نسبت به نماتد ریشه‌گرهی *Meloidogyne javanica* در شرایط گلخانه

آمنه اسدی سرداری^۱ - عصمت مهدیخانی مقدم^{۲*} - محمد زکی عقل^۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۲/۱۰

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۴/۲۴

چکیده

نماتدهای ریشه‌گرهی، از مهم‌ترین نماتدهای انگل گیاهی در سطح جهان می‌باشند که اغلب محصولات زراعی را مورد حمله قرار می‌دهند. استفاده از ارقام متحمل یا مقاوم به نماتد، یکی از روش‌های موثر در کاهش خسارت ناشی از نماتدهای ریشه‌گرهی است. در این مطالعه با هدف ارزیابی سطح مقاومت تعدادی از ارقام گوجه‌فرنگی شامل ALYSTE F-1، ARYZA F-1، Rutgers، Early Urbana، Mobil (هلند و مجارستان)، نسبت به حمله‌ی نماتد ریشه‌گرهی *Meloidogyne javanica* در قالب پنج تکرار و در دو حالت مایه‌زنی و عدم مایه‌زنی در شرایط گلخانه‌ای، برخی شاخص‌های رشدی گیاه (وزن تر و خشک ریشه، وزن تر و خشک بخش هوایی، طول ریشه، ارتفاع گیاه و وزن تر و خشک کل) و تولیدمثلی نماتد (تعداد گال و توده تخم نماتد در گرم ریشه و کل ریشه، تعداد تخم موجود در توده تخم، تعداد لاروهای سن دوم موجود در خاک، جمعیت نهایی نماتد و فاکتور تولیدمثلی) بررسی شده است. نتایج نشان داد که رقم ALYSTE F-1 با کم‌ترین تعداد گال ریشه، توده تخم، تخم و لارو سن دوم موجود در خاک و به تبع آن کم‌ترین میزان جمعیت نماتد، به عنوان رقمی نسبتاً مقاوم شناخته شد. از نظر صفات رویشی گیاه نیز مشخص گردید رقم ALYSTE F-1 در بالاترین سطح، از لحاظ ویژگی‌های رویشی بوده و از تفاوت آماری معنی‌داری نسبت به دیگر ارقام برخوردار بوده است. نتایج هم‌چنین نشان داد که ارقام موبیل هلند، موبیل مجارستان، ارلی‌اربان، ARYZA F-1 و روتگرس نسبت به نماتد ریشه‌گرهی، براساس فاکتور تولیدمثلی (RF) و شاخص گال در زمره‌ی ارقام خیلی حساس طبقه‌بندی شدند. براساس ویژگی‌های زایشی نماتد مشخص گردید که ارقام موبیل هلند، موبیل مجارستان و ارلی‌اربان، بیش‌ترین جمعیت نماتد و بالاترین فاکتور تولیدمثلی را به خود اختصاص دادند اما از لحاظ ویژگی‌های رویشی، رقم روتگرس در بین ارقام، از تاثیرپذیری بیش‌تری برخوردار بود. نتایج تجزیه خوشه‌ای براساس مجموع صفات رویشی گیاه و تولیدمثلی نماتد نیز نشان داد که رقم ALYSTE F-1 به صورت مجزا از دیگر ارقام قرار گرفت. در نهایت براساس مجموع نتایج حاصل از این پژوهش، رقم ALYSTE F-1، به عنوان مقاوم‌ترین رقم شناخته شد.

واژه‌های کلیدی: ارقام گوجه‌فرنگی، صفات تولیدمثلی نماتد، صفات رویشی گیاه، مقاومت، *Meloidogyne javanica*

مقدمه

عوامل بیماری‌زای گیاهی است که از این میان نماتدهای ریشه‌گرهی (*Meloidogyne* spp.) با توجه به گستردگی دامنه‌ی انتشار و شدت خسارت، از عوامل محدودکننده‌ی کشت محصولات گلخانه‌ای از جمله گوجه‌فرنگی در کشور هستند.

امروزه به کارگیری ارقام مقاوم و شناسایی ژن‌های دخیل در مقاومت و سازوکارهای آن، توجه زیادی را به خود جلب کرده است (۴). مقاومت به نماتد ریشه‌گرهی، اولین بار توسط بایلی (۳) در گونه‌ی وحشی *Lycopersicon peruvianum* مشاهده و اسمیت (۳۴)، موفق به انتقال این مقاومت به گونه‌ی زراعی *Lycopersicon esculentum* گردید. پس از آن در این مورد تحقیقات مختلفی در

گوجه‌فرنگی با نام علمی *Lycopersicon esculentum* گیاهی است یک‌ساله و از خانواده بادمجانیان (Solanaceae)، که بومی آمریکای مرکزی و ساحل غربی آمریکای جنوبی می‌باشد (۲۶). از چالش‌های عمده تولید گوجه‌فرنگی در ایران، خسارت وارده توسط

۱ و ۲ - به‌ترتیب دانشجوی دکتری بیماری‌شناسی گیاهی، استاد و دانشیار گروه گیاه‌پزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
(*) - نویسنده مسئول
(Email: mahdikhani-e@um.ac.ir)

پیش گیریم، بنابراین با این هدف، به بررسی مقاومت برخی ارقام گوجه‌فرنگی نسبت به نماتد ریشه‌گرهی *M. javanica* در شرایط گلخانه پرداخته شد.

مواد و روش‌ها

انتخاب بذور گوجه‌فرنگی

در این تحقیق از تعدادی ارقام گوجه‌فرنگی به نام‌های Rutgers Early Urbana (تهیه شده از موسسه نهال و بذر کرج)، ARLYSTA F-1 و ARYZA F-1 (تولید شرکت FITO (اسپانیا)) و Mobil (هلند و مجارستان) استفاده گردید.

جمع‌آوری، خالص‌سازی و تکثیر نماتد ریشه‌گرهی

بدین منظور پس از دریافت نمونه‌ی خاک و ریشه گوجه‌فرنگی آلوده به نماتد ریشه‌گرهی از مرکز تحقیقات تیرتاش، براساس روش هوسی و بارکر (۱۳) و هوسی و جانسن (۱۴)، نسبت به خالص‌سازی و تکثیر نماتد ریشه‌گرهی اقدام شد.

شناسایی گونه‌ی نماتد ریشه‌گرهی

برای شناسایی گونه‌ی نماتد ریشه‌گرهی، از مشخصات ریخت-شناسی و ریخت‌سنجی لارو سن دوم، ماده‌های بالغ، شبکه‌ی کوتیکولی انتهای بدن نماتدهای ماده‌ی بالغ یا همان اثر انگشت، بهره برده شد (۱۶). همچنین برای شناسایی ملکولی گونه‌ی نماتد، ابتدا DNA مربوط به ماده بالغ نماتد، به روش الوانی و همکاران (۲) استخراج شد و سپس براساس روش مبصری و همکاران (۲۵)، نسبت به انجام واکنش زنجیره‌ای پلیمرز (PCR) با استفاده از جفت آغازگر اختصاصی OPAFjav (-5' و OPAFjav (-5' و GGTGCGCGATTGAACTGAGC-3' و OPAFjav (-5' و CAGGCCCTTCAGTGGAACCTATAC-3') قطعه‌ای به طول ۶۷۰ جفت‌باز همانندسازی شد. پروفایل دمای واکنش شامل یک چرخه در ۹۴°C به مدت ۵ دقیقه و ۳۵ چرخه در ۹۴°C به مدت ۳۰ ثانیه، ۶۴°C به مدت ۳۰ ثانیه و ۷۲°C به مدت ۴۵ ثانیه و در پایان یک چرخه بسط نهایی در ۷۲°C به مدت ۵ دقیقه بود. محصول PCR در ژل آگارز یک درصد حاوی گرین ویور الکتروفورز و در نهایت پس از رویت باند مورد نظر بر روی ژل، برای توالی‌یابی به شرکت ماکروژن کره جنوبی منتقل شد.

استخراج تخم و لارو سن دوم نماتد ریشه‌گرهی از

ریشه‌های آلوده

برای استخراج تخم‌های نماتد ریشه‌گرهی از ریشه‌ی گیاهان

سراسر جهان انجام گرفته است. مانی و زیدگالی (۲۳) با انتخاب شاخص گال، به عنوان معیار ارزیابی مقاومت، واکنش ۲۱ رقم گوجه‌فرنگی را در برابر *M. incognita* مطالعه و دریافتند که تنها یکی از ارقام، مقاومت متوسطی در مقابل این گونه نشان می‌دهد. کمال‌وانشی و همکاران (۱۸)، واکنش ژرم‌پلاسماهای گوجه‌فرنگی در مقابل نماتد ریشه‌گرهی *M. incognita* را ارزیابی نمودند. آن‌ها ژرم پلاسماهای با شاخص دو را مقاوم، ژرم پلاسماهای با شاخص ۳ را با مقاومت متوسط و ژرم پلاسماهای با شاخص ۴-۳ را حساس تا خیلی حساس گزارش نمودند. در بررسی دیگر، غربال گیاهان F2 گوجه‌فرنگی از نظر مقاومت به نماتد ریشه‌گرهی گونه‌ی *M. incognita*، مورد ارزیابی قرار گرفت. براین اساس، گیاهان با شاخص گال بیش‌تر از دو و گیاهان با شاخص گال برابر دو و یا کمتر به ترتیب حساس و مقاوم و گیاهان با ضریب تکثیر صفر و بیشتر از یک را به ترتیب مقاوم و حساس، در نظر گرفتند (۸). همچنین، واکنش شش رقم گوجه‌فرنگی در مقابل ۳ غلظت مختلف نماتد ریشه‌گرهی گونه‌ی *M. incognita* نیز مورد آزمایش قرار گرفت و مشخص گردید که تمامی ارقام از درجات مختلف حساسیت برخوردار می‌باشند (۳۳). اودو و همکاران (۳۸)، عکس‌العمل هفت رقم گوجه‌فرنگی و یک گونه‌ی وحشی (*Lycopersicon pimpinellifolium*) را در گلخانه و در برابر *M. javanica* بررسی نمودند. براساس نتایج آن‌ها دیده شد که کلیه ارقام نسبت به نماتد از حساسیت بالایی برخوردار بوده و تنها دو رقم HTA-18 و HTA-31 با شاخص گال سه، به عنوان ارقام نسبتاً مقاوم معرفی شدند.

جیت و همکاران (۱۵)، واکنش ۳۳ رقم گوجه‌فرنگی را در پنج غلظت از مایه‌ی تلقیح نماتد ریشه‌گرهی، مورد مطالعه قرار دادند. طبق بررسی‌ها، بیش‌ترین مقدار تخم، لارو سن دوم نماتد و وزن تر ریشه، متعلق به غلظت ۱۵۰۰ تخم در هر گیاه، بود. در این بررسی، دو رقم Tomato Beef Master و Mongal T-11، به عنوان ارقام با مقاومت بالا که شاخص تولیدمثلی آن‌ها به ترتیب ۰/۷۱ و ۰/۵۳ بود، معرفی گردیدند.

ردی و همکاران (۲۹)، از مارکرهای ملکولی برای یافتن ژنوتیپ‌های مقاوم حاوی ژن *Mi-1*، بهره جستند. طبق بررسی‌های آن‌ها، مارکرهای 23 Mi و Pmi نسبت به دیگر مارکرها در انتخاب ژنوتیپ‌های *Mi-1*، ارجحیت داشتند. در بررسی دیگر، ۴۰ ژنوتیپ گوجه‌فرنگی در برابر نژاد ۳ *M. incognita*، مورد ارزیابی قرار گرفت و در نهایت ارقام Hisar Lalit، HN 2، PNR 7، IHR 2614 و IHR 2868، به عنوان ارقام مقاوم به نماتد معرفی شدند (۳۶).

بررسی مقاومت ارقام مختلف گوجه‌فرنگی نسبت به نماتد ریشه‌گرهی، این امکان را فراهم می‌سازد تا با معرفی ارقام مناسب چه از نظر مقاومت به نماتد و چه از نظر ویژگی‌های کمی و کیفی محصول، راهی ایمن و کارا را جهت جلوگیری از خسارات احتمالی نماتد، در

کردن کل ریشه‌ی گیاه مربوطه و تقسیم نمودن آن به قطعات کوچک‌تر، نسبت به مخلوط نمودن آن جهت یکنواخت کردن نمونه، اقدام شد، سپس مقدار ۶ گرم از ریشه را به طور تصادفی برداشته و پس از شمارش تعداد گال و کیسه‌تخم، به کل ریشه تعمیم داده شد. البته لازم به ذکر است که با توجه به شفاف بودن کیسه‌تخم‌های موجود بر روی ریشه، نسبت به رنگ‌آمیزی ریشه براساس روش کاستاگنون-سرنو و همکاران، اقدام شد (۶). در ارزیابی شاخص گال و توده تخم از کلید توسعه یافته‌ی کوزنبری و همکاران (۲۷) استفاده گردید. در این درجه‌بندی از سیستم تایلور و ساسر (۳۷) برای تعیین شاخص گال یا کیسه‌تخم استفاده و در فرمول مربوطه درج می‌شود تا شاخص مقاومت^۲، که در ریشه دوم مجموع توان دوم شاخص گال و شاخص کیسه‌تخم است، محاسبه شود. بدین صورت که هیچ گال یا توده تخم در ریشه، شاخص صفر؛ ۱-۲ گال یا توده‌تخم در ریشه، شاخص ۱؛ ۳-۱۰ گال یا کیسه‌تخم، شاخص ۲؛ ۱۱-۳۰ گال یا کیسه‌تخم، شاخص ۳؛ ۳۱-۱۰۰ گال یا کیسه‌تخم، شاخص ۴ و بیش‌تر از ۱۰۰ گال یا کیسه‌تخم، شاخص ۵ لحاظ گردید.

فرمول ۱:

$$\text{Resistance Index (RI)} = \sqrt{(\text{gall index}^2 + \text{egg mass index}^2)}$$

براین اساس شاخص مقاومت ۰-۰/۹ به منزله مصون؛ ۱-۱/۹ بسیار مقاوم؛ ۲-۲/۹ مقاوم؛ ۳-۳/۹ نسبتاً مقاوم؛ ۴-۴/۹ با مقاومت متوسط؛ ۵-۵/۹ نسبتاً حساس؛ ۶-۶/۹ حساس و بیشتر از ۷ خیلی حساس در نظر گرفته شد (۱).

برای جداسازی و تخمین تعداد لاروهای سن دوم در خاک هر گلدان، ۲۰۰ گرم خاک پس از شستشو، با روش الک و شربت قند، سانتریفیوژ گردید و سپس به کل خاک تعمیم داده شد (۷). هم‌چنین محاسبه‌ی فاکتور تولیدمثل طبق فرمول $RF = Pf/Pi$ انجام گرفت (۳۹) که در آن RF فاکتور تولیدمثل، Pf جمعیت نهایی (تعداد تخم درون ریشه و تعداد لارو سن دوم موجود در خاک) و Pi جمعیت اولیه است که ۳۰۰۰ لارو سن دوم نماتد در نظر گرفته شد. برای شمارش تعداد کیسه‌ی تخم موجود بر روی سیستم ریشه، ریشه‌های هر رقم به طور جداگانه به مدت ۵ دقیقه در بشرهای شیشه‌ای در جریان ملایم آب شسته شدند تا خاک چسبیده به آن‌ها جدا شود ولی کیسه‌های تخم در انتهای بدن نماتد ماده باقی بماند. پس از تکه کردن ریشه به قطعات ۳-۴ سانتی‌متری، با روش کاستاگنون-سرنو و همکاران (۶) رنگ‌آمیزی ریشه انجام شد. به منظور تعیین تعداد تخم‌های موجود در ریشه، قطعات ریشه در فلاسک‌های حاوی محلول نیم درصد هیپوکلریت سدیم در شیکر تکان داده شدند و پس از ۵ دقیقه محتویات فلاسک بر روی الک ۲۰۰ مش که بر روی الک ۴۰۰ مش قرار گرفته بود، ریخته شد. محتویات الک ۴۰۰ مش به بشر

میزبان، ابتدا ریشه‌های آلوده‌ی مربوط به گیاهان ۴۵-۵۵ روزه پس از زمان مایه‌زنی، از خاک خارج و توسط جریان آب شستشو داده شد تا کاملاً تمیز و عاری از خاک شوند، سپس براساس روش استیرلینگ و همکاران (۳۵) و هوسی و بارکر نسبت به استخراج تخم‌ها اقدام شد (۱۳). لاروهای سن دوم با استفاده از تخم‌های استخراج شده و نیز به کمک سینی وایت هد استخراج شد. بدین منظور تخم‌ها به الک ۲۶ میکرونی منتقل گردیده و در جریان آب سرد به خوبی شسته شدند. سپس الک به داخل سینی استیل یا پلاستیکی منتقل شده و مقدار کافی آب به آن اضافه شد تا سطح تخم‌ها کاملاً در آب محصور گردند. سپس سینی، در شرایط دمایی اتاق قرار داده شد و پس از هر ۲۴ ساعت لاروهای سن دوم را به کمک استوانه مدرج جمع‌آوری نموده و تا زمان استفاده در چهار درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند.

کشت ارقام انتخابی و تلقیح نماتد جهت بررسی مقاومت

بذور گوجه‌فرنگی در محلول وایتکس تجاری ۲ درصد به مدت ۵ دقیقه ضد عفونی شدند و چهار مرتبه با آب مقطر استریل به خوبی آبکشی گردیدند. برای کشت بذور از سینی نشاء استفاده شد. بدین صورت که بذور مربوطه را به چاهک‌هایی که حاوی نسبت مساوی کوکوپیت، پرلیت و ورمی‌کولیت بود، انتقال داده و به مدت سه هفته به طور منظم آبیاری گردیدند. سپس این گیاهچه‌ها به گلدان‌هایی با قطر ۹ سانتی‌متری و حاوی یک و نیم کیلوگرم خاک استریل (به نسبت مساوی خاک، ماسه و خاک برگ یا ورمی‌کولیت)، منتقل شدند و بعد از دو هفته به سه هزار لارو سن دوم (دو عدد به ازای هر گرم خاک) تلقیح گردیدند. گلدان‌های مربوطه با ۵ تکرار، به مدت ۷۰ روز در دمای ۲۴-۳۳ درجه‌ی سانتی‌گراد و رطوبت پنجاه درصد نگهداری شدند. تیمار گیاه با آب مقطر به عنوان شاهد در نظر گرفته شد. آزمایش در ماه‌های آذر، دی و بهمن سال ۹۷ در گلخانه‌ی گیاه‌پزشکی دانشگاه فردوسی انجام گردید.

ارزیابی مقاومت ارقام

ارزیابی مقاومت براساس شاخص‌های رشد گیاه و تولیدمثلی نماتد صورت گرفت. شاخص‌های رشد گیاه شامل وزن تر و خشک ریشه، وزن تر و خشک بخش هوایی، طول ریشه، ارتفاع گیاه و وزن تر و خشک کل گیاه بود که این صفات براساس روش قاییدی و عبدالهی (۱۱) اندازه‌گیری شد.

شاخص‌های تولیدمثلی نماتد شامل تعداد گال و توده تخم نماتد در گرم ریشه و کل ریشه، تعداد تخم موجود در توده تخم، تعداد لارو سن دوم موجود در خاک، جمعیت نهایی نماتد و فاکتور تولیدمثلی (RF^1) می‌باشد. جهت بررسی شاخص گال و کیسه‌تخم، پس از وزن

۲۵۰ میلی لیتری منتقل و حجم به ۱۰۰ میلی لیتر رسانده شد. با سه بار شمارش، تعداد تخم در ۱۰۰ میلی لیتر محاسبه گردید (۱). پس از محاسبه ی فاکتور تولیدمثل، جهت گروه بندی ارقام از روش کانتو- سانز (۵) نیز استفاده گردید. بر این اساس، اگر فاکتور تولیدمثل کمتر یا برابر یک و شاخص گال کوچک تر یا مساوی ۲ بود، مقاوم؛ اگر فاکتور تولیدمثل کمتر یا برابر یک و شاخص گال بیشتر از ۲ بود، نیمه مقاوم؛ اگر فاکتور تولیدمثل بیش تر از یک و شاخص گال کوچک تر یا مساوی ۲ بود، متحمل و اگر فاکتور تولیدمثل بیش تر از یک و شاخص گال بیش تر از ۲ بود، حساس در نظر گرفته شد. در نهایت، تجزیه آماری صفات رشدی (به صورت فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی در دو حالت تلقیح و بدون تلقیح نماتد) و صفات تولیدمثلی نماتد (بر پایه طرح کاملاً تصادفی) با نرم افزار Minitab 17 صورت گرفت و سپس مقایسه میانگین آن ها براساس آزمون LSD انجام شد. همچنین در این بررسی، نسبت به تجزیه خوشه ای براساس مجموع صفات رویشی گیاه و زایشی نماتد اقدام شد.

نتایج

شناسایی گونه ی *Meloidogyne javanica* براساس روش های مرفولوژیکی و ملکولی

پس از بررسی خصوصیات ریخت شناسی و ریخت سنجی مربوط به لاروهای سن دوم، نماتدهای ماده ی بالغ و شبکه ی کوتیکولی انتهای بدن نماتدهای ماده ۱، مشخص گردید که گونه ی مورد بررسی، *M. javanica* می باشد، هم چنین در ادامه برای تایید کار، از روش ملکولی نیز استفاده شد. بدین صورت که پس از دیدن باند مورد نظر به طول قطعه ۶۷۰ جفت باز و توالی یابی محصول PCR و تطابق توالی با بانک اطلاعات ژن (NCBI)، تعیین گردید که گونه ی مورد بررسی *M. javanica* می باشد.

نتایج تجزیه ی صفات رویشی

نتایج تجزیه واریانس صفات رشدی در ارقام مورد مطالعه ی گوجه فرنگی آلوده به نماتد ریشه گرهی در جدول ۱ و مقایسات میانگین آن ها در جداول ۲ و ۳ نمایش داده شده است. در صفت وزن تر ریشه، با توجه به معنی دار شدن اثرات متقابل رقم و مایه زنی نماتد در سطح یک درصد (جدول ۱)، دو رقم F-1 ALYST و ARYZA در دارای بیش ترین وزن تر ریشه و موبیل هلند و روتگرس دارای کم ترین وزن بودند، هم چنین مشاهده گردید که در ارقام ALYST F-1 و موبیل مجارستان و ارلی اربانا، تفاوت معنی دار در وزن تر ریشه بین تیمار شاهد و آلوده مشاهده نشد (جدول ۲). نتایج جدول ۱،

معنی داری اثرات متقابل وزن خشک ریشه، ارتفاع گیاه و طول ریشه را اثبات نمود. داده های حاصل از وزن خشک ریشه نشان داد که بیش ترین وزن خشک متعلق به F-1 ALYST و کم ترین مقدار متعلق به موبیل هلند و روتگرس (مایه زنی شده) می باشد، با این تفاوت که روتگرس نسبت به شاهد خود (حالت بدون تلقیح) تفاوت معنی داری را داشته و در مواجه با نماتد کاهش وزن خشک را داشته است. براساس صفت ارتفاع گیاه نیز، F-1 ALYST (در حالت مایه زنی و عدم مایه زنی)، بیش ترین ارتفاع را در بین ارقام مورد بررسی، به خود اختصاص داده و بعد از آن ARYZA F-1، در رتبه ی بعدی قرار داشت، این در حالی بود که ارقام ارلی اربانا، روتگرس، موبیل مجارستان و موبیل هلند (در حالت مایه زنی شده)، از نظر ارتفاع گیاه، با یکدیگر تفاوت معنی داری نداشته و کم ترین مقدار صفت مربوطه را داشتند. بیش ترین اختلاف بین ارتفاع بوته های شاهد و مایه زنی شده در رقم روتگرس بود در حالی که عکس العمل دیگر ارقام نسبت به نماتد، تفاوت معنی داری را در مقایسه با شاهد در ارتفاع بوته نشان نداد که این ناشی از تاثیرپذیری بیش تر این رقم نسبت به نماتد ریشه گرهی می باشد (جدول ۲). بیش ترین طول ریشه متعلق به F-1 ARYZA و موبیل مجارستان و کم ترین متعلق به F-1 ARYZA و F-1 ALYST (در حالت تلقیح) می باشد. هم چنین نتایج نشان داد که بیش ترین طول ریشه در تیمارهای شاهد قابل رویت است. در صفت وزن تر و خشک بخش هوایی، اثر متقابل رقم و مایه زنی معنی دار نبود (جدول ۱) و تنها مقایسه میانگین اثر رقم به صورت مستقل انجام شد. براین اساس، در صفت وزن تر بخش هوایی، F-1 ALYST و ارلی اربانا به ترتیب، بیش ترین و کم ترین مقدار و در صفت وزن خشک بخش هوایی، F-1 ALYST و ARYZA F-1، بیش ترین مقدار و کم ترین میزان صفت مربوطه را به خود اختصاص داده اند (جدول ۳). براساس نتایج تجزیه واریانس جدول شماره ۱، مشاهده گردید که وزن تر کل و وزن خشک کل نیز از لحاظ اثرات متقابل رقم و تلقیح نماتد، معنی دار (در سطح یک درصد) می باشند. مقایسه میانگین وزن تر کل و وزن خشک کل، نشان داد که در هر دو صفت، رقم F-1 ALYST و موبیل هلند به ترتیب، بیش ترین و کم ترین وزن را به خود اختصاص داده اند (جدول ۲).

جدول ۱ - تجزیه واریانس صفات رشدی در ارقام مورد مطالعه گوجه‌فرنگی آلوده شده به نماتد ریشه‌گرهی *Meloidogyne javanica*
Table 1- Analysis of variance of growth- related parameters of tomato cultivars inoculated with root-knot nematode, *Meloidogyne javanica*

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی (df)	میانگین مربعات					Mean squares (MS)					میانگین مربعات وزن خشک بخش هوایی* (MS of aerial part dry weight)	df	میانگین مربعات (MS of plant height)
		وزن تر ریشه (Root fresh weight)	وزن تر بخش هوایی (Aerial part fresh weight)	طول ریشه (Root length)	وزن تر کل (Total fresh weight)	وزن خشک کل (Total dry weight)	میانگین مربعات وزن خشک ریشه* (MS of root dry weight)	df	میانگین مربعات وزن خشک بخش هوایی*	df				
Cultivar(رقم)	5	**326.51	**461.82	**34.08	**1007.58	**53.23	5	18.11**	5	10.60**	5	132.14**		
Inoculation(تلقیح)	1	**444.72	1.29 ^{ns}	**313.46	206.13 ^{ns}	**43.45	1	18.22**	1	1.99 ^{ns}	1	247.62**		
Cultivar*inoculation(رقم*تلقیح)	5	**66.84	52.01 ^{ns}	*18.17	305.18**	3.12*	5	1.43**	5	1.08 ^{ns}	5	130.47**		
Error خطا	48	17.30	21.99	6.25	61.50	1.25	39	0.26	46	0.68	44	20.82		
CV%		11.35	10.1	8.85	9.37	10		13.18		11.19		11.95		

* نتایج براساس طرح کاملاً تصادفی نامشاهد (یا تکرارهای نامساوی) می‌باشد. * و ** به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد و ۱ درصد

The results are based on completely unbalanced randomized design. ns, * and **; non-Significant, significant at 1% and 5% of probability, respectively. *

جدول ۲ - مقایسات میانگین صفات رشدی در ارقام مورد مطالعه گوجه‌فرنگی آلوده شده به نماتد ریشه‌گرهی *Meloidogyne javanica*
Table 2- Comparison of the average of growth- related parameters of tomato cultivars inoculated with root-knot nematode, *Meloidogyne javanica*

رقم (Cultivar)	مایدزنی با نماتد (Inoculation)	وزن تر ریشه Root fresh weight (g)	طول ریشه Root length (cm)	وزن تر کل Total fresh weight (g)	وزن خشک کل Total dry weight (g)	وزن خشک ریشه Root dry weight (g)	ارتفاع گیاه Plant height (cm)
ALYSTE F-1	Control	43.41ab	32.4a	97.20ab	16.10a	5.42a	41b
	Inoculated	40.27bc	24.2e	102.44a	13.50bc	5.78b	40.7b
ARYZA F-1	Control	48.23a	32.2a	93.77abc	13.78b	5.22b	39.18bc
	Inoculated	39.56bc	29.4abcd	85.60cde	12.22cd	3.41de	38.5bc
Dutch Mobil (موبیل هلند)	Control	32.74d	26.67de	81.98def	9.51e	2.27fg	35.33bc
	Inoculated	25.89e	25.08e	73.33fg	7.74f	1.94g	34.60c
Hungarian Mobil (موبیل مجارستان)	Control	40.54bc	31.2abc	84.89cde	11.42d	4.20c	34.50c
	Inoculated	35.51cd	28.4cd	78.89ef	9.36e	2.89ef	33.6c
Early Urbana	Control	33.65d	29bcd	64.26g	9.52e	3.77cd	37.34bc
	Inoculated	36.71cd	24.36e	77.37ef	9.92e	3.70 cd	34.13c
Rutgers	Control	37.58cd	31.8ab	91.50bcd	11.54d	3.99cd	53.72a
	Inoculated	25.54e	24.4e	73.37fg	8.91ef	1.86g	34c

مقایسات میانگین براساس روش LSD می‌باشد. میانگین‌ها با حروف مشترک در هر ستون فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ هستند.
Means followed by dissimilar letters in a column are significantly different (P≤5%) based on Fisher's LSD test.

جدول ۳- مقایسات میانگین وزن تر و خشک بخش هوایی در ارقام مورد مطالعه گوجه‌فرنگی آلوده شده به نماتد ریشه‌گرهی *Meloidogyne javanica*

Table 3- Comparison of the average of aerial part fresh and dry weight of tomato cultivars inoculated with root-knot nematode, *Meloidogyne javanica*

رقم (Cultivar)	وزن تر بخش هوایی Aerial part fresh weight (g)	وزن خشک بخش هوایی Aerial part dry weight (g)
ALYST F-1	55.84a	8.69a
Rutgers	50.68b	7.30b
Dutch Mobil (موبیل هلند)	47.5bc	6.52bc
ARYZA F-1	45.79c	8.6a
Hungarian Mobil (موبیل مجارستان)	44.3c	6.83bc
Early Urbana	35.54d	6.26c

مقایسات میانگین براساس روش LSD می‌باشند. میانگین‌ها با حروف مشترک در هر ستون فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ هستند.

Means followed by dissimilar letters in a column are significantly different ($P \leq 5\%$) based on Fisher's LSD test.

نتایج تجزیه‌ی صفات تولیدمثلی نماتد

نتایج تجزیه واریانس صفات تولیدمثلی نماتد و مقایسه میانگین آن‌ها، در جداول ۴ و ۵ نمایش داده شده است. همان‌طور که از نتایج جدول تجزیه واریانس برمی‌آید صفات تولیدمثلی مورد مطالعه در این پژوهش، تفاوت معنی‌داری (در سطح یک درصد) را در ارقام مختلف، از خود بروز داده‌اند. نتایج مقایسه میانگین صفات تولیدمثلی نماتد (جدول ۵)، نشان داد که از لحاظ تعداد توده تخم و تعداد گال موجود در ریشه، رقم‌های ارلی‌اربانا، موبیل هلند و موبیل مجارستان، دارای بیش‌ترین تعداد توده تخم و بعد از آن، ارقام روتگرس و ARYZAF-1 در درجه بعدی اهمیت قرار گرفتند و در این بین، ALYST F-1 از کم‌ترین تعداد گال و توده تخم برخوردار بود. بیش‌ترین تعداد تخم در توده‌ی تخم در رقم ARYZA F-1، مشاهده شد که با سایر ارقام اختلاف معنی‌دار داشت و بقیه ارقام از این لحاظ در یک سطح قرار داشتند.

شمارش تعداد کل تخم‌های موجود در ریشه نشان داد که کم‌ترین تعداد تخم در رقم ALYST F-1 و بیش‌ترین تعداد تخم در ارقام موبیل مجارستان و ارلی‌اربانا بوده که می‌تواند تأثیری قابل توجه را در افزایش تعداد نماتد در خاک داشته باشد.

تعداد لارو سن دوم موجود در خاک، یکی دیگر از صفات تعیین‌کننده در بررسی مقاومت یا حساسیت گیاه نسبت به نماتد ریشه‌گرهی می‌باشد. بررسی‌ها نشان داد که رقم ارلی‌اربانا، بیش‌ترین تعداد لارو سن دوم خاک را به خود اختصاص داده است و بعد از آن موبیل مجارستان، موبیل هلند، ARYZA F-1 و روتگرس (به ترتیب اهمیت) قرار داشتند. هم‌چنین رقم ALYST F-1، کم‌ترین تعداد لارو سن دوم خاک را داشت.

بدون شک جمعیت نهایی نماتد ناشی از ۲ صفت تعداد لارو سن دوم خاک و تخم‌های موجود در ریشه، به عنوان یکی از صفات کارآمد، این قابلیت را دارد که در تعیین حساسیت و یا مقاومت میزبان

به نماتد استفاده شود. با دانستن جمعیت نهایی نماتد و تقسیم آن بر جمعیت اولیه نماتد (RF)، می‌توان به درجه مقاومت یک گیاه نسبت به نماتد پی برد. براساس این صفت، موبیل مجارستان، ارلی‌اربانا و موبیل هلند به عنوان ارقامی با حساسیت بالا (براساس فاکتور تولیدمثل و شاخص گال)، از نظر مقدار جمعیت نماتد، در یک سطح بوده و تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشته‌اند. این در حالی است که رقم ALYST F-1 به عنوان مقاوم‌ترین رقم (نسبت به دیگر ارقام) سهم کم‌تری را در افزایش جمعیت نهایی نماتد، از خود بروز داده است (جدول ۵).

در این پژوهش، برای تعیین سطح مقاومت ارقام مختلف، از دو روش کانتو-سانز (۶) و کوزنبری و همکاران (۲۲)، استفاده شد. براساس روش کانتو-سانز، مجموع دو فاکتور تولیدمثل (RF) و شاخص گال (GI)، نقش تعیین‌کننده‌ای در ارزیابی سطح مقاومت ارقام دارند. براین اساس، اگر شاخص گال بیش‌تر از دو و فاکتور تولیدمثل نیز بیش‌تر از یک باشد، آن رقم به عنوان رقم حساس تلقی می‌گردد. همان‌طور که در جدول ۶ مشخص می‌باشد ارقام روتگرس، ارلی‌اربانا، موبیل مجارستان، موبیل هلند و ARYZA F-1 با شاخص گال بیش‌تر از دو و فاکتور تولیدمثل بیش‌تر از یک، به عنوان ارقام حساس به نماتد، شناخته شدند. براساس همین روش، اگر شاخص گال بیش‌تر از دو و فاکتور تولیدمثل کم‌تر از یک باشد، آن رقم به عنوان رقمی نسبتاً مقاوم تلقی می‌گردد و بنابراین رقم ALYST F-1 1 نسبت به نماتد ریشه‌گرهی نسبتاً مقاوم است (جدول ۶). براساس درجه‌بندی شاخص مقاومت (RI) (روش کوزنبری و همکاران (۲۲))، نیز مشخص شد که رقم ALYST F-1 به عنوان رقم نسبتاً مقاوم و ارقام روتگرس، ارلی‌اربانا، موبیل مجارستان، موبیل هلند و ARYZA F-1 به عنوان ارقام خیلی حساس نسبت به نماتد ریشه‌گرهی شناخته شدند.

جدول ۴- تجزیه واریانس شاخص‌های نماتد در ریشه ارقام مورد مطالعه‌ی گوجه‌فرنگی آلوده شده به نماتد ریشه‌گرهی *Meloidogyne javanica*
Table 4- Analysis of variance of nematode parameters of tomato cultivars inoculated with root-knot nematode, *Meloidogyne javanica*

میانگین مربعات (MS)		میانگین مربعات (MS)		تعداد		تعداد		تعداد		فاکتور تولید مثل
منابع تغییر (S.O.V)	df	تعداد توده تخم در ریشه (No. of egg masses/root)	df	تعداد گال در ریشه (No. of galls/root)	تخم در توده تخم (No. of eggs/egg mass)	تعداد لارو سن دوم خاک (No. of J2s/soil)	تعداد تخم در ریشه (No. of eggs/root)	جمعیت نهایی (Total population)		Reproduction (n factor)
Cultivar	5	343572**	5	2422476**	73154**	40847753**	1864090725**	2329340926**		258.82**
Error	17	8433	24	34038	18041	107318	19863929	20268725		2.25
CV (%)		19.98		19.29	18.78	9.36	12.49	11.49		11.49

** معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد. نتایج تعداد توده تخم در ریشه براساس طرح کاملاً تصادفی نامتعادل (با تکرارهای نامساوی) می‌باشد.

**: significant at 1% of probability. The results of number of egg mass/root are based on unbalanced completely randomized design.

جدول ۵- مقایسه میانگین شاخص‌های نماتد در ریشه ارقام مورد مطالعه‌ی گوجه‌فرنگی آلوده شده به نماتد ریشه‌گرهی *Meloidogyne javanica*
Table 5- Comparison of the average of nematode parameters of tomato cultivars inoculated with root-knot nematode, *Meloidogyne javanica*

رقم	تعداد توده تخم در ریشه (No. of egg masses/root)	تعداد گال در ریشه (No. of galls/root)	تعداد تخم در توده تخم (No. of eggs/egg mass)	تعداد لارو سن دوم خاک (No. of J2s/soil)	تعداد تخم در ریشه (No. of eggs/root)	جمعیت نهایی (Total population)
ALYSTE F-1	7.59c	28.40d	584.24b	420.13f	460d	880.1d
ARYZA F-1	439.95b	407.09c	939.52a	1811.86d	41986.7b	43798.5b
Dutch Mobil (موبیل هلند)	713.68a	1340.72b	657b	4383.60c	46286.7ab	50670.3a
Hungarian Mobil (موبیل مجارستان)	740.09a	1733.96a	673b	5436.87b	50746.7a	56183.5a
Early Urbana	656.74a	1592.04a	734.60b	7793.46a	48220a	56013.5a
Rutgers	371.13b	635.15c	703.40b	1144.93e	26346.7c	27491.6c

اعداد نمایش داده شده شامل میانگین حداقل ۳ تکرار بوده، مقایسات میانگین براساس روش LSD می‌باشند. میانگین‌ها با حروف مشترک هر ستون فاقد اختلاف معنی‌دار در

سطح احتمال ۵٪ هستند.

Data presented are means at least 3 replicates. Means followed by dissimilar letters in a column are significantly different ($P \leq 5\%$) based on Fisher's LSD test.

تجزیه خوشه‌ای

براساس تجزیه خوشه‌ای مجموع صفات رویشی گیاه و زایشی نماتد (شکل ۱)، مشخص گردید که ارقام مورد مطالعه در دو گروه مجزا قرار گرفتند. در یک گروه رقم ALYSTE F-1 قرار داشته و در گروه دیگر ارقام روتگرس، ARYZAF-1، موبیل هلند، ارلی‌اربانا و موبیل مجارستان قرار داشتند که با نتایج طبقه‌بندی شاخص‌های مقاومت (جدول ۶) و همچنین مقایسات میانگین صفات رویشی گیاه و صفات زایشی نماتد (جداول ۲، ۳ و ۵) که رقم ALYSTE F-1 را مقاوم‌تر از بقیه دانسته، هم‌خوانی داشت. براساس نتایج تجزیه

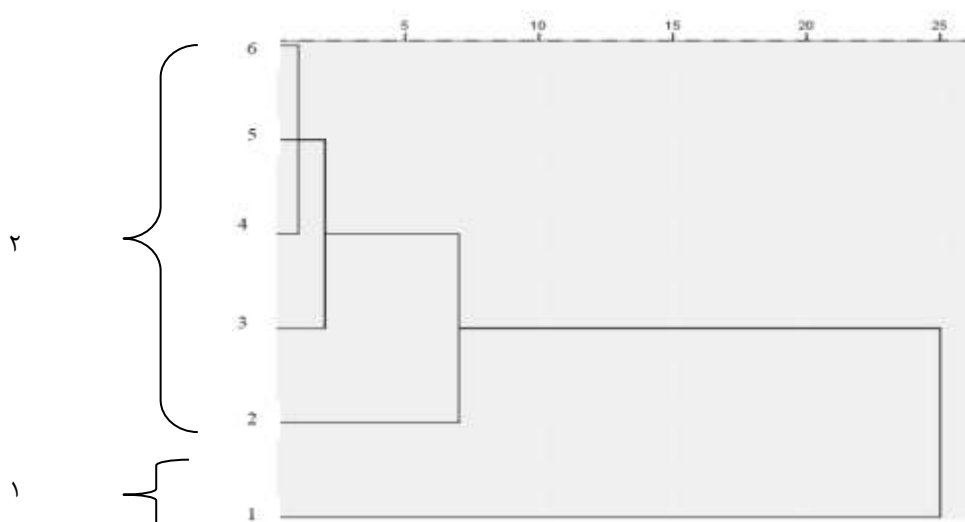
خوشه‌ای دیده شد که در گروه دوم نیز رقم روتگرس متمایز از دیگر ارقام قرار داشته و این با نتایج مقایسات میانگین صفات زایشی نماتد (جدول ۵) هم‌راستا بود چرا که مشخص گردید رقم روتگرس بعد از ALYSTE F-1 قرار دارد. در ادامه دیده شد که ارقام موبیل هلند، ارلی‌اربانا و موبیل مجارستان در یک سطح بوده و متمایز از ARYZAF-1 قرار داشتند. همچنین براساس نتایج جدول ۵ دیده شد که ارقام مورد نظر سبب ایجاد بیش‌ترین جمعیت نماتد شده و در بسیاری از صفات در یک سطح قرار دارند و بیش‌تر از روتگرس و ARYZA F-1 در افزایش جمعیت نماتد نقش دارند و این موضوع با نتایج تجزیه خوشه‌ای هم‌خوانی داشت.

جدول ۶- واکنش ارقام مختلف گوجه فرنگی نسبت به نماتد ریشه گرهی *Meloidogyne javanica* براساس شاخص‌های تعیین کننده‌ی سطح مقاومت

Table 6- Response of tomato cultivars to root-knot nematode, *Meloidogyne javanica*, based on resistance indices

رقم	EI	GI	RI	سطح مقاومت براساس RI Host response based on RI	فاکتور تولیدمثل (RF)	سطح مقاومت براساس RF Host response based on RF
ALYSTE F-1	2	3	3.61	نسبتاً مقاوم (MR)	0.29d	نیمه مقاوم (MR)
ARYZA F-1	4.8	5	7.07	خیلی حساس (HS)	14.60b	حساس (S)
Dutch Mobil (موبیل هلند)	5	5	7.07	خیلی حساس (HS)	16.89a	حساس (S)
Hungarian Mobil (موبیل مجارستان)	5	5	7.07	خیلی حساس (HS)	18.73a	حساس (S)
Early Urbana	5	5	7.07	خیلی حساس (HS)	18.67a	حساس (S)
Rutgers	5	5	7.07	خیلی حساس (HS)	9.16c	حساس (S)

EI: شاخص توده تخم، GI: شاخص گال، RI: شاخص مقاومت، RF: فاکتور تولیدمثل، MR: نسبتاً مقاوم، HS: خیلی حساس، S: حساس
EI: Egg mass Index, GI: Gall Index, RI: Resistance Index, RF: Reproduction Factor, MR: Moderately resistant, HS: Highly susceptible, S: Susceptible



شکل ۱- تجزیه خوشه‌ای شاخص‌های رویشی و شاخص‌های مرتبط با نماتد در ارقام گوجه فرنگی آلوده شده به نماتد ریشه گرهی *Meloidogyne javanica* به روش جاکارد

Cluster analysis of growth and nematode- related parameters on tomato cultivars inoculated with *Meloidogyne javanica*, using Jaccard's method.

1: ALYSTE F-1, 2: Rutgers, 3: ARYZA F-1, 4: Dutch Mobil, 5: Early Urbana, 6: Hungarian Mobil.

بحث

براساس اندازه‌گیری تقریبی از تولیدمثل نماتد ریشه گرهی بوده و در آن به جای تعداد واقعی تخم‌ها و لاروهای سن دوم، فقط به شمارش تعداد توده تخم‌ها در گیاه بسنده نموده است. به همین ترتیب شاخص گال (GI)، که اساس درجه بندی آن مشابه EI است نیز به عنوان شاخص خسارت محسوب می‌گردد. نتایج نشان می‌دهد که تعداد گال‌ها و درجه گال‌زایی این امکان را دارد که توانایی گیاه را در کاهش یا غلبه بر نماتد ریشه گرهی ارائه دهد اما به طور مستقیم به تولیدمثل نماتد اشاره ندارد. اما تعداد توده تخم، شاخص توده تخم و

در نماتدشناسی گیاهی، مقاومت اشاره به توانایی گیاه در ممانعت از توسعه یا تولیدمثل نماتد دارد (۳۱). کارسن و مونز (۱۹)، گزارش کردند که گیاهان میزبان خیلی حساس، به لاروها اجازه ورود، بلوغ و تولیدمثل را داده در حالی که ارقام مقاوم از توسعه و تولیدمثل نماتد ممانعت می‌کنند. در همین راستا تیلور و ساسر (۳۷)، جهت بررسی مقاومت ارقام، شاخص توده تخم (EI) را پیشنهاد دادند. این شاخص

تعداد تخم در هر گرم ریشه می‌تواند تفسیر بهتری از تولیدمثل نماتد را ارائه دهد (۹). هادیسواگاندا و ساسر (۱۲) جهت گروه‌بندی ارقام، از ارتباط بین EI و IR (Index of Resistance) کمک گرفتند. براساس تقسیم‌بندی EI، شاخص بین ۱-۰ خیلی مقاوم، ۳-۱/۱ مقاومت بالا، ۵/۳-۳/۱ نسبتاً مقاوم، ۴-۳/۶ مقاومت ضعیف و ۵-۴/۱ حساس در نظر گرفته شد. سپس به مقایسه ارقام مقاوم نسبت به رقم حساس استاندارد پرداختند تا درک درست‌تری از نوع مقاومت را به دست بیاورند. براین اساس با تقسیم جمعیت نهایی میزبان (تعداد تخم و لارو سن دوم) بخش بر جمعیت نهایی رقم حساس استاندارد توانستند IR را محاسبه کنند. اما این سیستم طرفداران چندانی نداشت چرا که در هر گیاه نیاز به رقم استاندارد حساس بود. در واقع رقم استاندارد حساس رقمی است که به گونه‌های اصلی نماتد و تمامی نژادهای آن حساس می‌باشد. جدا از یافتن رقم حساس استاندارد، در دسترس بودن آن نیز اهمیت دارد. هم‌چنین در این سیستم، رابطه بین EI و RI در بین محصولات مختلف بسیار متنوع بوده و این تفاوت ناشی از اختلافات تولیدمثل نماتد روی کولتیوارهای حساس استاندارد می‌باشد. به همین دلیل RI شاخص مناسبی جهت گروه‌بندی ارقام نبوده زیرا دیده شده که یک کولتیوار بسیار مقاوم گوجه‌فرنگی را با کولتیوار نسبتاً مقاوم یا با مقاومت ضعیف ذرت برابر دانسته است (۳۲). در ادامه کانتو-سانز (۵)، سیستمی مبتنی بر فاکتور تولیدمثل (RF) و شاخص گال (شاخص خسارت) را ارائه داد که خوشبختانه در آن نیازی به حضور میزبان حساس استاندارد نبود. کوزنبری و همکاران (۲۷) نیز سیستمی بر مبنای شاخص گال و شاخص توده‌تخم (RI) ارائه دادند که در نهایت در این پژوهش از دو روش کانتو-سانز (۵) و کوزنبری و همکاران (۲۷) استفاده گردید که نتایج کم و بیش مشابهی به دست آمد. براساس نتایج حاصل از این پژوهش، رقم ALYSTE F-1، به عنوان مقاوم‌ترین رقم شناخته شد. در واقع رقم ذکر شده با کم‌ترین تعداد گال، توده‌تخم، تخم و لارو سن دوم موجود در خاک و به تبع آن کم‌ترین مقدار جمعیت نماتد، به عنوان رقمی نسبتاً مقاوم (براساس فاکتورهای RI، RF و شاخص گال) شناخته شد (جدول ۵ و ۶). هم‌چنین از نظر صفات رویشی، رقم ALYSTE F-1 نسبت به دیگر ارقام مورد مطالعه در این پژوهش از ویژگی‌های رویشی مناسب‌تری برخوردار بود و در مایه‌زنی با نماتد هم خصوصیات مطلوب آن نسبت به شاهد تفاوت معنی‌دار نداشت. نتایج تجزیه خوشه‌ای نیز نشان داد که رقم ALYSTE F-1 متمایز از بقیه و در خوشه‌ای جداگانه قرار گرفته (شکل ۱) و با نتایج مقایسات میانگین خصوصیات زایشی نماتد و رویشی گیاه (جدول ۲، ۳ و ۵) مطابقت داشت. نتایج هم‌چنین نشان داد که دیگر ارقام گوجه‌فرنگی نسبت به نماتد (براساس RF و شاخص گال)، بسیار حساس بودند. براین اساس دیده شد که از لحاظ خصوصیات زایشی نماتد، ارقام موبیل هلند، موبیل مجارستان و ارلی‌اربان در یک سطح بوده و بیش‌ترین میزان جمعیت نماتد را سبب

شده‌اند، این در حالی است که از لحاظ خصوصیات رویشی گیاه، در مجموع، ابتدا رقم روتگرس و سپس موبیل هلند، عکس‌العمل بیش‌تری را از خود بروز داده‌اند. اما در کل نتایج تجزیه خوشه‌ای براساس مجموع خصوصیات رویشی گیاه و زایشی نماتد (شکل ۱) نشان داد که ارقام موبیل هلند، ارلی‌اربان و موبیل مجارستان در یک سطح بوده و متمایز از ارقام روتگرس و ARYZA F-1 قرار گرفتند. خدایی اربط و همکاران (۲۱)، به ارزیابی مقاومت چهار رقم گوجه‌فرنگی نسبت به گونه‌ی *M. javanica* پرداختند که نتایج آنان نشان داد که هیچ کدام از ارقام دارای مقاومت کافی در برابر نماتد ریشه‌گرهی نبودند. براساس پژوهش میره‌کی و همکاران (۲۴) نیز مشخص گردید که تمامی ارقام درجات مختلفی از حساسیت را در برابر نماتد ریشه‌گرهی گونه‌ی *M. javanica* دارند. براساس یافته‌های آنان دیده شد که ارقام CH12 و Ajeet به عنوان نیمه مقاوم، ارقام Manisha و CH1 به عنوان متحمل و ارقام Karina، Tolstoi، Cluster 5 و یک رقم بومی به عنوان حساس طبقه‌بندی شدند. در بررسی ردی و همکاران (۲۹) مشخص گردید که از بین ۳۲ وارسته گوجه‌فرنگی، دو وارسته ایمن (Motelle و H-88-78-1) و دو وارسته مقاوم (Mogor و Hisar Lalit) و بقیه نسبت به نماتد ریشه‌گرهی گونه *M. incognita* حساس‌اند. مقایسه این یافته‌ها با نتایج حاصل از این پژوهش نشان می‌دهد که اکثر ارقام گوجه‌فرنگی نسبت به نماتد ریشه‌گرهی حساس‌اند. نتایج خان (۲۰)، نشان داد که مقاومت به نماتدها در گیاهان میزبان با لیستی از نرخ‌های کاهش‌یافته‌ی تولیدمثل نماتد، توده تخم و به تبع آن، جمعیت‌های پایین نماتد همراه است. او هم‌چنین ثابت کرد که توسعه‌ی گال‌ها روی ریشه‌ها، به طور معنی‌داری روی ژنوتیپ‌های حساس در مقایسه با ژنوتیپ‌های مقاوم، افزایش می‌یابد و در نتیجه روی عملکرد و کارایی گیاه، تاثیرگذار است که تا حدی با نتایج حاصل از این پژوهش هم‌خوانی دارد. هم‌چنین رقم موبیل، که رقم مشترک مورد بررسی توسط رضانی و همکاران (۲۸) و تحقیق حاضر می‌باشد، به عنوان رقمی مقاوم در مقایسه با سایر ارقام ارزیابی گردید و با نتیجه این تحقیق که رقم نام‌برده به عنوان رقمی خیلی حساس، ارائه شد، هم‌خوانی ندارد. شواهد نشان از آن دارد که ارقام مقاوم معرفی شده توسط تحقیقات مختلف نیز این امکان را دارند که بر اثر عوامل محیطی مقاومت آن‌ها شکسته شوند. درجه حرارت، یکی از مهم‌ترین عوامل محیطی موثر در پاسخ ارقام گوجه‌فرنگی، نسبت به نماتدهای ریشه‌گرهی می‌باشد، دما بر روی بقا، پراکنش، تفریح تخم، مهاجرت و نفوذ نماتد در خاک و ریشه، مراحل تکاملی و بیان علائم در گیاه، اثر دارد (۱۰). مقاومت در گونه‌های گیاهی غالباً به سبب وجود ژن‌های خاصی است که در داخل آن‌ها می‌تواند تفکیک شود. چالش اصلی در استفاده از میزبان مقاوم بخصوص مقاومت تک ژنی، این است که نماتدهای ریشه‌گرهی و سایر نماتدهای انگل گیاهی با تغییر ژنتیکی

تاثیر چندانی نخواهد داشت (۱۷ و ۴۰). نتایج این تحقیق نشان داد رقم ALYSTE F-1 به عنوان رقمی نسبتاً مقاوم امکان تکثیر کمتری را به نماتد ریشه گرهی داده و علاوه بر آن از ویژگی‌های رویشی خوبی نیز برخوردار است.

می‌توانند روی میزبان‌های مقاوم، زاد و ولد نمایند و توده‌ای از زیر جمعیت‌های مقاوم نماتد را به وجود آورند، اما در ارقام با مقاومت کمتر، ژن‌های بیشتری البته با اثر پایین‌تر دخیل بوده و احتمال شکستن آن‌ها و واگیری نماتدها به حداقل می‌رسد. در این حالت از مقاومت، بالاخره مقداری بیماری هم به وجود می‌آید اما در عملکرد

منابع

1. Abdollahi M. 2015. Response of ten greenhouse cucumber cultivars to root-knot nematode, *Meloidogyne javanica*. Seed and Plant Improvement Journal 30-1(1): 55-75. (In Persian)
2. Alvani S., Mahdikhani Moghadam E., Giblin-Davis R.M., and Pedram M. 2016. Description of *Ektaphelenchus berbericus* n.sp. (Rhabditida: Ektaphelenchinae) from eastern Iran. Nematology 18: 1063-1077.
3. Bailey D.M. 1941. The seedling method for root-knot nematode resistance. Proceeding of American Society of Horticultural Science 38: 573-575.
4. Bakker E., Dees R., Bakker J., and Govers A. 2006. Mechanisms involved in plant resistance to nematodes. In: Tuzun S., and Bent E (ed.). Multigenic and Induced Systemic Resistance in Plants. Springer science+Business Media Inc.
5. Canto-Saenz M. 1983. The nature of resistance to *Meloidogyne incognita* (Kofoid & White) Chitwood. P. 160-165. In: C.C Carter (Ed.). Proceedings of the Third Research & Planning Conference on Root-Knot Nematodes, *Meloidogyne* spp. International Meloidogyne Project. Lima, Peru.
6. Castagnone-Sereno P., Wajnberg E., Bongiovanni M., Leroy F., and Dalmasso A. 1994. Genetic variation in *Meloidogyne incognita* virulence against the tomato *Mi* resistance gene: evidence from isofemale line selection studies. Theoretical and Applied Genetics 88: 749-753.
7. Caveness F.E., and Jepsen H.J. 1955. Modification of the centrifugal flotation technique for the isolation and concentration of nematodes and their eggs from soil and plant tissue. Proceedings of the Helminthological Society of Washington 22: 87-89.
8. Devran Z., and Elekcioglu I.H. 2004. The screening of F₂ plants for the root knot nematode resistance gene *Mi* by PCR in tomato. Turkish Journal of Agriculture and Forestry 28: 253-257.
9. Dong W., Holbrook C.C., Timper P., Brennen T.B., and Mullinix G. 2007. Comparison of methods for assessing resistance to *Meloidogyne arenaria* in peanut. Journal of Nematology 39: 169-175.
10. Dropkin V.H. 1969. The necrotic reaction of tomatoes and other hosts resistance to *Meloidogyne*: reversal by temperature. Phytopathology 59:1632-1637.
11. Ghayedi S., and Abdollahi M. 2013. Evaluation of eight bean cultivars for resistance to root knot nematode, *Meloidogyne javanica*. Seed and Plant Improvement Journal 30-1(1): 17-36. (In Persian)
12. Hadisoeganda W.W., and Sasser J.N. 1982. Resistance of tomato, bean, southern pea and garden pea cultivars to root-knot nematodes based on host suitability. Plant Disease 66: 145-150.
13. Hussey R.S., and Barker K.R. 1973. A comparison of methods of collecting inocula of *Meloidogyne* spp. including a new technique. Plant Disease Reports 57: 1025-1028.
14. Hussey R.S. and Jansen G.S. 2002. Root-knot nematodes: *Meloidogyne* species. P. 69-76. In: J. L. Starr et al. Plant Resistance to Parasitic Nematodes. CAB International.
15. Jaiteh F., Kwoseh C., and Akromah R. 2012. Evaluation of tomato genotypes for resistance to root-knot nematodes. African Crop Science 20: 41-49.
16. Jepson S.B. 1987. Identification of root-knot nematodes *Meloidogyne* species. CABI Publishing.
17. Kaloshian I., Williamson V.M., Miyao G., Lawn D.A., and Westerdahl B.B. 1996. Resistance-breaking nematodes in California tomatoes California Agriculture 50: 18-19.
18. Kamalwanshi R.S., Khan A., and Srivastava A.S. 2004. Reaction of tomato germplasm against root knot nematode, *Meloidogyne incognita*. Indian Journal of Nematology 34: 94-95.
19. Karssen G., and Moens M. 2006. Root-knot nematodes. p. 59-90. In R.N Perry and M Moens. (ed). Plant Nematology Wallingford. CABI Publishing.
20. Khan M.R. 1994. Nematology in developing countries. p. 379- 398. In: C.C. Carter and J. N. Sasser. (ed.) An Advanced Treatise on *Meloidogyne* vol. 1: Biology and control. Co-publication of Department of Plant Pathology, North Carolina State University and the USAID, Raleigh, North Carolina, USA.
21. Khodaei Arbat A., Taheri A.A.H., Pahlevani M.H., and Niknam CH. R. 2009. Evaluation of tomato cultivars resistance to root-knot nematode (*Meloidogyne javanica* Chitwood, 1949). Journal of Plant Production 16: 45-55. (In Persian)
22. Li X.X., and Zhu D.W. 2005. Descriptors and data standard for cucumber (*Cucumis sativus* L.). Beijing: China

- Agriculture Press, 78-79.
23. Mani A., and Zidgali T.A. 1995. Screening of tomato cultivars for resistance against *Meloidogyne incognita*. *Nematologia Mediterranea* 23: 269.
24. Mirehki K., **Abdollahi M.**, and Dehdari A. 2014. Response of eight tomato cultivars to root-knot nematode, *Meloidogyne javanica*, under glasshouse condition. *Iranian Journal of Plant Protection Science* 44: 291-298. (In Persian)
25. Mobasser M., Pedram M., and Pourjam E. 2017. A new species of the rare genus *Anguillonema* Fuchs, 1938 (Nematoda: Hexatyline, Sphaerulariidae) with its molecular phylogenetic study. *Journal of Nematology* 49: 286-294.
26. Nasohi G., and koshki M. 2002. Tomato in Greenhouse. Authors, 122p.
27. Quesenberry K.H., Baltensperger D.D., Dunn R.A., Wilcox C.J., and Hardy S.R. 1989. Selection for tolerance to root-knot nematodes in red clover. *Crop Science* 29: 62-65.
28. Ramezani B., Mahdikhani Moghadam E., and Rouhani H. 2013. Resistance evaluation of some tomato cultivars to root-knot nematode, *Meloidogyne javanica*, in greenhouse conditions. *Journal of Plant Protection* 27(3): 276-285. (In Persian)
29. Reddy Y.S., Sellaperumal C., Prasanna H.C., Yadav A., Kashyap S.P., Singh S., Rai N., Singh M., and Singh B. 2016. Screening of tomato genotypes against root-knot nematode and validation of *Mi 1* gene linked markers. *Proceedings of the National Academy of Sciences, India Section B: Biological Sciences*, 88.DOI: 10.1007/s40011-016-0731-1.
30. Roberts P.A. 2002. Concepts and consequences of resistance. Pp. 23–41 in J. L. Starr, R. Cook, and J. Bridge, eds. *Plant Resistance to Parasitic Nematodes*. Wallingford, UK: CAB International.
31. Sasser J.N., Carter C.C., and Hartman K.M. 1984. Standardization of host suitability studies and reporting of resistance to root-knot nematode. North Carolina State University, Raleigh and United States Agency for International Development, 7pp.
32. Singh S.J., and Khurma U.R. 2007. Susceptibility of six tomato cultivars to the root-knot nematode, *Meloidogyne incognita*. *The south pacific Journal of Natural Science* 13: 73-77.
33. Smith P.G. 1944. Embryo culture of a tomato species hybrid. In: *Proceeding of American Society of Horticultural Science* 44: 413-416.
34. Stirling G., Nicol J., and Reay F. 2002. Advisory services for nematode pests (operational guidelines). Publication No. 99/4. Rural Industries Research Development Corporation 99(4). 114 pp.
35. Sujatha R., Irene Vethamoni P., Manivanna N., and Sivakumar M. 2017. Screening of tomato genotypes for root knot nematode (*Meloidogyne incognita* Kofoid and White Chitwood). *International Journal of Current Microbiology and Applied* 6: 1525-1533.
36. Taylor A.L., and Sasser J.N. 1978. Biology, Identification and Control of Root Knot Nematodes (*Meloidogyne* spp.). A Cooperative Publication of the Department of Plant Pathology, North Carolina State University and The United States Agency for International Development. North Carolina State Graphics, Raleigh, N.C.
37. Udo I., Uguru M.I., Ogbuji R.O., and Ukeh D.A. 2008. Sources of tolerance to root-knot nematode *Meloidogyne javanica* In cultivated and wild tomato species. *Plant Pathology* 7: 40-44.
38. Walters S.A., Wehner T.C., and Barker K.R. 1999. Greenhouse and field resistance in cucumber to root-knot nematodes. *Nematology* 1: 279-284.
39. Williamson V.M., and Kumar A. 2006. Nematode resistance in plants: the battle underground. *Trends in Genetics* 22: 396-403.



Evaluation of Resistance to Root-Knot Nematode, *Meloidogyne javanica*, in Some Tomato Cultivars under Greenhouse Conditions

A. Asadi Sardari¹- E. Mahdikhani-Moghadam^{2*}- M. Zakiaghl³

Received: 29-04-2020

Accepted: 14-07-2020

Introduction: The root-knot nematodes of the genus *Meloidogyne* are highly adapted, obligate plant parasites, consisting of nearly one hundred valid species, and are considered the most economically important group of plant-parasitic nematodes. The control of root-knot nematodes has been sought by the use of nematicides, resistant varieties, crop protection and organic amendments. Because of toxicity of nematicides for environment, human health and wild life, application of them are restricted. Identification of genes responsible for resistance to root-knot nematode and their mode of actions have attracted a lot of attentions to develop resistant cultivars. Resistance in the plant species is often due to the presence of specific genes. In resistant cultivars, resistance genes can prevent or suppress one or more stages of nematode infection cycle. In fact, in response to nematode infection, resistance genes can prevent or suppress one or more stages of nematode infection process. In the most incompatible interactions, depending on the mechanism of resistance, the root galls are reduced or eliminated at the sites of infection. Assessment of resistance to the root-knot nematodes in different tomato cultivars is helpful for selection of suitable cultivars with satisfying plant growth and nematode tolerance traits for suitable management of the root-knot nematode. Thus, in the present study we evaluate the response of some tomato cultivars for resistance to root-knot nematodes, *Meloidogyne javanica*, in greenhouse conditions.

Materials and Methods: In this study, the nematode population was obtained from roots of tomatoes collected at a glasshouse in Tirtash-Mazandaran, Iran. The root-knot nematode were purified and multiplied on tomato cv. Early Urbana plants. Then the nematode species were identified based on morphological and molecular methods. The seeds of ALYSTE F-1, ARYZA F-1, Rutgers, Early Urbana, Dutch Mobil and Hungarian Mobil tomato cultivars were spawned in equal proportions of cocopit, perlite and vermiculite and irrigated for 3 weeks. Then, the seedlings were transferred to the pots containing mixture of sterile soil, sand and vermiculite (1:1:1) with 9 cm diameter. After 2 weeks, the seedlings were inoculated with 3000 second stage juveniles (J2s) of *M. javanica*. The pots were kept for 70 days at 24-33°C and 50% relative humidity. Resistance evaluation was based on plant growth and nematode reproduction indices. Growth indices were fresh and dry weight of root and aerial part, root length, plant height and total fresh and dry weight and nematode reproductive indices were number of galls and egg masses/g root and total root, eggs/egg mass, eggs/root, J2s /soil, final nematode population and reproduction factor (RF) were measured and recorded. The experiment was carried out in a completely randomized design with 5 replicates in the both of inoculated and non-inoculated with nematode. Data were analyzed in Minitab version 17. The means were compared by using Fisher's LSD. Also to determine the resistance level, resistance index (RI) and reproduction factor (RF) were calculated. The RI is depended to frequency of the gall and egg mass index in the root. To determine Gall Index (GI) and Egg mass Index (EI), 0= no galls or egg masses, 1= 1 to 2, 2= 3 to 10, 3= 11 to 30, 4= 31 to 100 and 5= more than 100 were considered, in the following for RI, 0-0.9= immune, 1-1.9= highly resistant, 2-2.0= resistant, 3-3.9= moderately resistant, 4-4.9= intermediate, 5-5.9= moderately susceptible, 6-6.9= susceptible and more than 7= highly susceptible. The reproductive factor (RF) of the root-knot nematode in the different genotypes was obtained by dividing the final and initial population densities of the nematode ($RF = Pf/Pi$). Thus, $RF \leq 1$, $GI \leq 2$ = resistant; $RF \leq 1$, $GI > 2$ = moderately resistant; $RF > 1$, $GI \leq 2$ = tolerant and $RF > 1$, $GI > 2$ susceptible.

Results and Discussion: This study results showed that ALYSTE F-1, had the lowest number of gall, egg mass, second stage juveniles and consequently the lowest nematode population and was recognized as moderately resistant cultivar. In terms of the growth indices, ALYSTE F-1 also had the highest growth characteristics and contained a significant difference with other cultivars. Totally, Rutgers, ARYZA F-1, Dutch

1, 2 and 3- Ph.D. Student of Plant Pathology, Professor and Associate Professor, Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, respectively.

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

DOI: 10.22067/JPP.2021.32748.0

Mobil, Hungarian Mobil and Early Urbana varieties were introduced as highly susceptible cultivars based on RF and GI. However, Dutch Mobil, Hungarian Mobil and Early Urbana had the highest nematode population and reproduction factor (RF). In terms of the growth traits, the results showed that Rutgers, as a highly susceptible cultivar, was more impressible than other cultivars followed by Dutch Mobil. The cluster analysis based on the sum of the plant growth and nematode reproductive traits showed that ALYSTE F-1 cultivar was distinct from the other cultivars. Thus, the cluster analysis confirmed the results of comparison of the average of the plant growth and nematode reproductive traits.

Conclusion: Based on the results of this study, ALYSTE F-1 was identified as a moderately resistant cultivar to the root- knot nematode, *M. javanica*. and the others were highly sensitive to the nematode.

Keywords: *Meloidogyne javanica*, Nematode reproductive traits, Plant growth traits, Resistance, Tomato cultivars



مقاله پژوهشی

اثرات بیولوژیکی گونه‌های تریکودرمای ریزوسفر گوجه‌فرنگی و قارچ کش بیولوژیکی Trichomax-HV علیه بیماری پژمردگی فوزاریومی گوجه‌فرنگی در شرایط آزمایشگاهی

سجاد جلالی^۱ - مصطفی درویش نیا^{۲*} - ناصر پنجه که^۳ - سمیرا پاکباز^۴

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۸/۲۴

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۴/۲۴

چکیده

پژمردگی فوزاریومی گوجه‌فرنگی از مهم‌ترین و شایع‌ترین بیماری‌های گوجه‌فرنگی در مناطق زیر کشت این گیاه در سراسر جهان می‌باشد. کنترل بیولوژیک بیماری‌های گیاهی با استفاده از میکروارگانیسم‌های غیر بیماری‌زا توجه بسیاری از پژوهشگران را به خود جلب نموده است. از موفق‌ترین و پرکاربردترین میکروارگانیسم‌هایی که باعث جلوگیری از خسارت قارچ‌ها در گیاهان می‌شوند، گونه‌های مختلف جنس *Trichoderma* می‌باشند. در این تحقیق اثر دو جدایه *Trichoderma harzianum* و *Trichoderma virens* و سم بیولوژیک Trichomax-HV علیه *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* عامل بیماری پژمردگی فوزاریومی گوجه‌فرنگی در آزمایشگاه و گلخانه مورد ارزیابی قرار گرفت. فعالیت آنتاگونیستی این جدایه‌ها علیه این بیمارگر در آزمایشگاه به روش کشت متقابل مورد مطالعه قرار گرفت. به منظور بررسی اثر این جدایه‌های آنتاگونیست در گلخانه، ابتدا مایه تلقیح قارچ بیمارگر به یک‌سوم تحتانی خاک گلدان‌ها افزوده شد و به محض انتقال دادن گیاهچه‌ها به گلدان، آنتاگونیست‌های قارچی به گلدان‌ها اضافه شد و پس از ۶۰ روز برهم‌کنش بین بیمارگر و آنتاگونیست، مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج بررسی‌های آزمایشگاهی نشان داد که *T. harzianum* به میزان ۴۸.۹ درصد، Trichomax-HV به میزان ۴۵.۶ درصد و *T. virens* به میزان ۲۲.۳۶ درصد از رشد بیمارگر (در مقایسه با شاهد) جلوگیری کردند و باعث کلونیزه کردن پرگنه‌های بیمارگر شدند. عوامل آنتاگونیست در آزمایش‌های گلخانه‌ای موجب افزایش ارتفاع ساقه، وزن تر و خشک اندام‌های هوایی و ریشه در گیاه بیمارگر شدند. فقط *T. harzianum* در برهم‌کنش با بیمارگر باعث افزایش ارتفاع ساقه، وزن تر و خشک اندام‌های هوایی و ریشه نسبت به شاهد آلوده شد.

واژه‌های کلیدی: کنترل بیولوژیک، *T. virens*، *T. harzianum*

مقدمه

بافت‌های آوندی در طول ساقه و در نهایت از بین رفتن گیاه می‌شود (۳۰). استفاده از میکروارگانیسم‌های مفید، به ویژه قارچ‌های آنتاگونیست تریکودرما به عنوان راه‌کاری مکمل برای مهار قارچ بیمارگر محسوب می‌گردد (۲۲ و ۳۴). تحقیقات نشان داده است که افزودن آنتاگونیست‌های مختلف به محیط خاک و ریزوسفر می‌تواند از خسارت بیماری‌ها تا زیر آستانه زیان اقتصادی بکاهد. این موفقیت با همراه داشتن سلامت محیط زیست از مقبول‌ترین روش‌های کنترل بیماری‌ها در مبارزه تلفیقی با بیماری‌های گیاهی محسوب می‌شود (۱۳). کنترل بیولوژیک بیماری‌های گیاهی با استفاده از میکروارگانیسم‌های غیربیماری‌زا توجه بسیاری از پژوهشگران را به خود جلب نموده است. از موفق‌ترین و پرکاربردترین میکروارگانیسم‌هایی که باعث جلوگیری از خسارت قارچ‌ها در گیاهان می‌شوند، گونه‌های مختلف جنس *Trichoderma* می‌باشند (۷ و ۲۹).

پژمردگی فوزاریومی گوجه‌فرنگی که توسط *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* ایجاد می‌شود، یکی از مهم‌ترین و شایع‌ترین بیماری‌های گوجه‌فرنگی در مناطق زیر کشت این گیاه می‌باشد (۱۵ و ۳۱). تا به حال از پنج قاره جهان و دست‌کم از ۳۲ کشور دنیا گزارش شده است (۶ و ۳۵). بیماری پژمردگی آوندی موجب زردی، پژمردگی و ریزش برگ‌ها، قهوه‌ای شدن شدید

۱ و ۳- به ترتیب دانش‌آموخته کارشناسی ارشد رشته بیماری‌شناسی گیاهی و دانشیار گروه گیاه‌پزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل، سیستان و بلوچستان، ایران
۲ و ۴- به ترتیب دانشیار و استادیار گروه گیاه‌پزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان، لرستان، ایران
(*)- نویسنده مسئول

(Email: darvishnia.m@lu.ac.ir)

DOI: 10.22067/JPP.2021.32846.0

گونه‌های *Trichoderma* spp. از مکانیسم‌های مختلفی برای مقابله با بیمارگرهای گیاهی برخوردارند، مانند افزایش مقاومت گیاه و فعال کردن واکنش‌های دفاعی، مقابله مستقیم با بیمارگر از طریق مایکوپارازیتسم، آنتی بیوزیس، رقابت، تحریک رشد گیاه، تنظیم و القای فاکتورهای رشدی گیاه از جمله اکسین‌ها، سیتوکینین‌ها و اتیلن که در تحریک رشد گیاه نقش دارند (۸ و ۱۴). در مطالعه دیگری قارچ عامل پژمردگی فوزاریومی از طریق فعال شدن سیستم دفاعی گیاه گوجه‌فرنگی توسط جدایه‌هایی از تریکودرما و افزایش سطح آنزیم‌های پراکسیداز و پلی فنل اکسیداز، مهار شده است (۲۷). به‌طور کلی تخریب بیولوژیکی اندام‌های تکثیری، بقاء و تولیدمثل، تضعیف و بیرون راندن عوامل بیماری‌زا از بقایای گیاهان و جلوگیری از تشکیل مایه آلودگی سه روش اساسی هستند که مبارزه بیولوژیکی به‌موجب آن محقق می‌شود. قارچ *Trichoderma* از جمله عوامل زنده‌ای است که می‌تواند سه مکانیسم فوق را به طور همزمان انجام دهد و در نتیجه از آن به‌عنوان یک قارچ بیولوژیک که باعث افزایش رشد گیاه و فعالیت میکروارگانیسم‌های مفید می‌شود، استفاده می‌شود (۹).

مواد و روش‌ها

جداسازی قارچ بیمارگر

بوته‌های گوجه‌فرنگی که دارای نشانه‌های بارز بیماری پژمردگی فوزاریومی بودند، از مزارع گوجه‌فرنگی مناطق مختلف شهرستان‌های خرم‌آباد (رباط و دوره چگنی) و پلدختر (چم انجیر) استان لرستان جمع‌آوری و به آزمایشگاه منتقل شدند. بدین صورت که از هر مزرعه مورد بررسی در هر شهرستان (سه مزرعه گوجه‌فرنگی در هر شهرستان) تعداد ۱۰ عدد بوته آلوده به صورت تصادفی انتخاب و پس از انتقال به آزمایشگاه قطعاتی از ریشه، طوقه و ساقه آن‌ها بر روی محیط‌های عصاره سیب‌زمینی-دکستروز-آگار (PDA) حاوی اسید لاکتیک کشت گردید. جداسازی قارچ بیمارگر طبق روش بنی‌هاشمی و دی‌زیو (۳) با استفاده از محیط کشت PDA اسیدی انجام شد. میان‌گره بالای طوقه و بندهای اول و دوم ساقه‌های آلوده جدا و با هیپوکلریت سدیم یک درصد به مدت ۱ تا ۳ دقیقه ضدعفونی سطحی شدند. سپس، نمونه‌ها سه بار با آب مقطر سترون شستشو داده شدند و پس از خشک کردن آن‌ها بر روی کاغذ صافی سترون، با استفاده از چاقوی جراحی سترون پوست رویی ساقه برداشته شد و از بافت‌های آوندی تغییر رنگ داده شده، قطعات ۵ میلی‌متری برش داده شد. از مجموع نمونه‌های تهیه‌شده از هر اندام آلوده، به‌طور جداگانه دو قطعه در یک تشتک پتری حاوی محیط PDA کشت شد و تشتک‌ها در انکوباتور در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. پس از ۲ روز توده‌های میسلیمی هر تشتک به یک تشتک پتری جدید حاوی محیط کشت PDA منتقل شد و تشتک‌ها تا چهار روز در دمای ۲۵

درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. پس از رشد پرگنه قارچ، از آن‌هایی که ظاهری شبیه پرگنه‌های گونه‌های فوزاریوم داشتند کشت جدید تهیه شد. پس از جداسازی قارچ نسبت به خالص‌سازی آن با استفاده از روش تک اسپور کردن اقدام شد. شناسایی گونه‌های فوزاریوم با استفاده از کلیدهای معتبر لزی و سامرل (۱۸)، گِراخ و نیرنبرگ (۱۲) و نلسون و همکاران (۲۳) انجام شد. سه جدایه *F. oxysporum* f. *lycopersici* sp. از بوته‌های گوجه‌فرنگی آلوده مزارع گوجه‌فرنگی رباط و دوره چگنی (شهرستان خرم‌آباد) و مزارع چم انجیر (شهرستان پلدختر) انتخاب شدند. به قارچ‌های فوزاریوم جدا شده به ترتیب کدهای FOM، FOK و FOS اختصاص داده شد. از بین سه جدایه مزبور، جدایه FOM (جدا شده از مزارع رباط) که از شدت بیماری‌زایی بالاتری برخوردار بود جهت انجام آزمایشات بعدی مورد استفاده قرار گرفت.

آزمون اثبات بیماری‌زایی روی گیاهچه‌های گوجه‌فرنگی

جهت تهیه مایه تلقیح قارچ فوزاریوم مطابق روش بنی‌هاشمی (۴) ابتدا مقدار ۱۰ گرم کلش خردشده گندم را به همراه ۲۵۰ میلی‌لیتر آب مقطر در یک ارلن مایر یک لیتری ریخته و دو بار متوالی و هر بار به مدت ۲۴ ساعت در ۱۲۱ درجه سانتی‌گراد اتوکلاو شد. یک قطعه ۵ میلی‌متری از کشت ۴ روزه قارچ را به آن اضافه نموده و به مدت ۴ روز روی دستگاه شیکر در ۱۲۰ دور در دقیقه قرار داده شد تا به‌اندازه کافی تولید اسپور نماید. با استفاده از لام هماسیتومتر جمعیت اسپور، 10^6 اسپور در میلی‌لیتر تعیین شد. برای بررسی عکس‌العمل گیاهچه‌های گوجه‌فرنگی به هر یک از جدایه‌های بیمارگر، مطابق روش منافی (۲۰) بعد از ضدعفونی سطحی بذرها با هیپوکلریت سدیم یک درصد به مدت یک دقیقه و شستشو با آب مقطر سترون، به مدت ۴۸ ساعت به کمک پارچه ملل مرطوب خیسانده شدند. بذرها پس از جوانه‌زنی به بسترهای کشت مخلوط خاک و پرلیت به نسبت ۱:۱ انتقال داده شدند. بیست روز بعد از نگهداری بسترها در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد با دوره نوری ۱۲ ساعت روشنایی، گیاهچه‌های دو تا چهار برگی به دست آمده برای مایه‌زنی در نظر گرفته شدند. بر اساس روش بنی‌هاشمی (۴) ریشه گیاهچه‌ها به آرامی از بستر خارج و پس از شستشو زیر جریان ملایم شیر آب به مدت ۳ تا ۵ دقیقه در سوسپانسیون میکروکنیدی فوزاریوم با تراکم 10^6 اسپور در میلی‌لیتر فرو برده شدند. سپس گیاهچه‌ها در گلدان‌های حاوی مخلوط خاک، کوکوپیت و پرلیت به نسبت ۱:۱:۳ کشت و در گلخانه در دمای 23 ± 2 درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. در گلدان‌های شاهد به‌جای سوسپانسیون اسپور از آب مقطر سترون استفاده شد. گیاهچه‌ها هر روز مورد بررسی قرار گرفته و نشانه‌های ظاهری و تعداد گیاهچه‌های سالم و بیمار و درصد پژمردگی هر گیاهچه یادداشت‌برداری شد.

محیط کشت فاقد قارچ گذاشته شد. تشنگ‌ها دوباره در دمای 25 ± 1 درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. با بازدید روزانه تشنگ‌های پتری و ثبت مشخصات ماکروسکوپی پرگنه‌های قارچ‌های آنتاگونیست و بیمارگر اعم از سرعت رشد پرگنه‌های قارچی، سرعت پیشروی آنتاگونیست در میسلیم بیمارگر پس از متوقف نمودن رشد پرگنه بیمارگر، اندازه‌گیری روزانه شعاع پرگنه هر دو قارچ که نشان‌دهنده قدرت رقابت آنتاگونیست‌ها با یکدیگر و با عامل بیماری می‌باشد، و اسپورزایی قارچ آنتاگونیست بر روی پرگنه قارچ بیمارگر با مشاهدات میکروسکوپی، قدرت آنتاگونیستی جدایه‌ها مورد ارزیابی و مقایسه قرار گرفت. درصد بازدارندگی آنتاگونیست از رشد میسلیم بیمارگر با استفاده از رابطه زیر محاسبه شد (رابطه ۱):

$$100 \times \frac{\text{قطر ناحیه رشدی در تیمار} - \text{قطر ناحیه رشدی در شاهد}}{\text{قطر ناحیه رشدی در شاهد}} = \text{درصد}$$

بازدارندگی آنتاگونیست از رشد قارچ بیمارگر (رابطه ۱)

بررسی اثرات بازدارندگی آنتاگونیست‌ها از رشد بیمارگر در گلخانه

مایه تلقیح بیمارگر مطابق روش نیک‌نژاد کاظم‌پور و همکاران (۲۵) روی مخلوطی از ماسه و آرد ذرت مرطوب (۹۵ گرم ماسه + ۵ گرم آرد ذرت به‌علاوه ۵۰ میلی‌لیتر آب) که به مدت ۳۰ دقیقه در حرارت ۱۲۱ درجه سانتی‌گراد استرون شده بود تهیه شد. برای این کار از کشت چهار روزه قارچ روی PDA استفاده شد. سوسپانسیون قارچ با غلظت $10^6 \times 6$ اسپور در هر میلی‌لیتر آب مقطر با استفاده از لام هماسیتومتر تهیه شد و ۲ میلی‌لیتر از آن به هر فلاسک حاوی ۱۰۰ گرم مخلوط ماسه و آرد ذرت اضافه شد. فلاسک‌ها در انکوباتور با دمای 28 ± 2 درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۰ روز قرار داده شدند. به تعدادی از فلاسک‌های حاوی ۱۰۰ گرم مخلوط ماسه و آرد ذرت به‌جای سوسپانسیون اسپور فقط ۲ میلی‌لیتر آب مقطر استرون اضافه و در انکوباتور نگهداری شدند تا به‌عنوان شاهد مورد استفاده قرار گیرند.

تهیه سوسپانسیون *Trichoderma*

تکثیر جدایه‌های *Trichoderma* مطابق روش محمدی (۲۱) روی دانه گندم صورت گرفت. مقدار ۱۰۰ گرم دانه گندم با ۴۰ میلی‌لیتر آب مقطر مرطوب شد و در یک ارلن مایر ۲۰۰ میلی‌لیتری ریخته شد و دو روز متوالی هر بار به مدت ۴۵ دقیقه در حرارت ۱۲۱ درجه سانتی‌گراد اتوکلاو شد. پنج دیسک ۱۰ میلی‌متری از کشت چهار روزه یک‌گونه *Trichoderma* به درون ارلن مایر محتوی ۱۰۰ گرم دانه گندم اضافه شد. ارلن مایر در دمای ۲۳ تا ۲۶ درجه سانتی‌گراد در انکوباتور نگهداری شدند تا قارچ کاملاً دانه‌های گندم را کلونیزه کند. به تعدادی از ارلن‌ها حاوی ۱۰۰ گرم دانه گندم فقط پنج

ارزش‌گذاری شدت بیماری، ۳۰ روز بعد از مایه‌زنی به روش کمال و همکاران (۱۶) و امینی (۲) با معیار نمره‌دهی پنج عددی صورت گرفت که در آن صفر: گیاه سالم و مصون از هرگونه علائم بود، ۱: ظهور نشانه‌های کلروز و پیچیدگی در برگ‌ها تا ۲۵ درصد، ۲: ظهور نشانه‌ها از ۲۶ تا ۵۰ درصد، ۳: ظهور نشانه‌ها از ۵۱ تا ۷۵ درصد، و ۴: ظهور نشانه‌ها از ۷۶ تا ۱۰۰ درصد بود.

جداسازی قارچ‌های آنتاگونیست

جداسازی قارچ‌های آنتاگونیست از خاک اطراف ریشه بوته‌های گوجه‌فرنگی مطابق روش داوه (۱۰) صورت گرفت. مقدار ۵۰۰ گرم خاک تا عمق ۲۰ سانتی‌متری از ناحیه ریزوسفر بوته‌های گوجه‌فرنگی، جدا و درون گلدان پلاستیکی ریخته شد و با اضافه کردن آب، رطوبت کافی تأمین گردید. بعد از یک هفته نگهداری گلدان‌ها در دمای اتاق، مقدار ۲۰ گرم از خاک در ۵۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر استرون به حالت تعلیق درآورده شد تا سوسپانسیون یکنواختی به دست آید. به این سوسپانسیون، یک میلی‌لیتر اسیدسیتریک برای جلوگیری از رشد باکتری‌ها و یک قطره مویان (مایع ظرف‌شویی) برای معلق ماندن اسپورهای قارچ اضافه شد. از سوسپانسیون حاصل ۲ میلی‌لیتر به هر یک از تشنگ‌های پتری حاوی ۲۰ میلی‌لیتر آب آگار اتوکلاو شده که پس از سرد شدن دمای آن به حدود ۴۵ درجه سانتی‌گراد رسیده بود، اضافه شد و با حرکت دادن ملایم تشنگ‌ها روی میز، محلول خاک با آب آگار کاملاً مخلوط شد. پس از انعقاد آگار از هر تشنگ، دیسک‌هایی به قطر یک سانتی‌متر تهیه و در وسط محیط کشت انتخابی داوه یک عدد دیسک قرار داده شد. تشنگ‌ها به مدت ۴۸ ساعت در انکوباتور با دمای 25 ± 1 درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند تا میسلیم قارچ به‌خوبی رشد کند. سپس تشنگ‌ها در معرض نور فلورسنت قرار داده شدند تا کنیدی‌ها تشکیل شوند (۲۸)، آنگاه پرگنه‌های قارچی به دست آمده به روش نوک ریشه خالص‌سازی شدند.

ارزیابی اثرات آنتاگونیست‌ها بر بیمارگر در آزمایشگاه

اثرات آنتاگونیست‌های قارچی بر قارچ *F. oxysporum* f. sp. *lycopersici* با استفاده از روش کشت متقابل دنیس و وبستر (۱۱) در تشنگ‌های پتری ۹ سانتی‌متری حاوی محیط کشت PDA صورت گرفت. ابتدا در یک حاشیه هر تشنگ، یک دیسک ۵ میلی‌متری از کشت چهار روزه قارچ *F. oxysporum* f. sp. *lycopersici* قرار داده شد و تشنگ‌ها در انکوباتور در دمای 25 ± 1 درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند. پس از گذشت یک روز در نقطه مقابل دیسک بیمارگر در حاشیه دیگر تشنگ از کشت چهار روزه یکی از قارچ‌های آنتاگونیست، یک دیسک ۵ میلی‌متری گذاشته شد. در تشنگ شاهد، یک دیسک از

دیسک از محیط PDA فاقد قارچ افزوده و در انکوباتور نگهداری شدند تا به عنوان شاهد مورد استفاده قرار گیرند.

آمیختن مایه تلقیح بیمارگر با خاک و کاشت گیاهچه گوجه-فرنگی در آن

مایه تلقیح بیمارگر *F. oxysporum* f. sp. *lycopersici* مطابق روش نیک‌نژاد کاظم‌پور و همکاران (۲۵) به نسبت ۱۰ درصد وزنی با خاک سترون گلدانی مخلوط شد و به یک سوم فوقانی گلدان‌ها اضافه شد. خاک گلدانی مخلوطی از ماسه، خاک و کود حیوانی به نسبت ۱:۲:۱ بود. حجم دوسوم تحتانی گلدان‌ها با خاک پاستوریزه با نسبت یاد شده پر شده بود. گلدان‌ها به مدت ۲۵ روز در گلخانه با دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد نگهداری و ۳ روز یک بار آبیاری شدند تا بیمارگر به خوبی در خاک مستقر گردد. قارچ‌های آنتاگونیست بلافاصله قبل از انتقال دادن گیاهچه‌ها (در مرحله ۴-۵ برگی) به گلدان‌ها، به خاک گلدان اضافه شدند. بدین صورت که مطابق روش کاری دولت‌آبادی و محمدی گل‌تپه (۱۷) ۱۰ گرم سوسپانسیون یک جدایه آنتاگونیست که حاوی ۱۰^۶ واحد تشکیل‌دهنده پرگنه (CFU) بود با یک کیلوگرم خاک گلدان مخلوط شد. ارزیابی قارچ‌کش زیستی Trichomax-HV در گلخانه به میزان ۳۰ و ۵۰ گرم در متر مربع خاک گلدان مورد استفاده قرار گرفت. خاک شاهد سالم بیمارگر مایه‌زنی نشد و خاک شاهد بیمار با آنتاگونیست آغشته نشد. برهم‌کنش بین جدایه‌های آنتاگونیست با بیمارگر مطابق روش کمال و همکاران (۱۶) و امینی (۲) پس از ۶۰ روز از طریق تعیین درصد افزایش طول گیاهچه، درصد افزایش وزن خشک و تر گیاه به دست آمد. در تیمار شاهد به‌جای سوسپانسیون اسپور باکتری از آب مقطر دو بار سترون استفاده شد. جهت تعیین درصد افزایش وزن یا ارتفاع گیاهچه‌ها مطابق روش اکرمی و ابراهیموف (۱) از فرمول زیر استفاده شد (رابطه ۲).

$$100 \times \frac{\text{وزن یا ارتفاع گیاهچه شاهد} - \text{وزن یا ارتفاع گیاهچه در تیمار آنتاگونیست}}{\text{وزن یا ارتفاع گیاهچه در تیمار آنتاگونیست}}$$

درصد افزایش وزن یا ارتفاع گیاهچه (رابطه ۲)

تعیین درصد کاهش بیماری با استفاده از فرمول سیوان و همکاران (۳۳): $DR\% = (1 - DT/DC) \times 100$ محاسبه شد که در این فرمول DR: disease reduction به معنی کاهش بیماری، DC: disease in inoculated control به معنی بیماری در شاهد و DT: disease in treatment به معنی بیماری در تیمار می‌باشد.

این آزمون در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۱۰ تیمار و سه تکرار انجام شد. جهت نرمال نمودن داده‌ها و یکنواخت کردن و منحنی توزیع در صورت نیاز تبدیل داده انجام شد. برای تبدیل داده‌ها مطابق روش لیتل و هیلز (۱۹) از فرمول‌های $Y = \sin \sqrt{x}$ که در آن x درصد کاهش بیماری و رشد قارچ می‌باشد و $Y = \sqrt{x}$ که در آن x ارتفاع بوته،

وزن تر بوته و وزن خشک بوته می‌باشد، استفاده شد و داده‌های به‌دست‌آمده از آزمایش با استفاده از نرم‌افزار SPSS 16 مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفتند و مقایسه میانگین تیمارها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد صورت گرفت.

نتایج و بحث

جدایه‌های عامل بیماری

در این تحقیق سه جدایه از قارچ *F. oxysporum* f. sp. *lycopersici* که از بوته‌های گوجه‌فرنگی آلوده به بیماری پژمردگی فوزاریومی از مزارع گوجه‌فرنگی رباط (شهرستان خرم‌آباد) و دوره چگنی و مزارع چم انجیر (شهرستان پلدختر) با سطح زیر کشت حداقل یک هکتار و هر منطقه سه مزرعه و از هر مزرعه سه نمونه جمع‌آوری و جداسازی شده بودند. به منظور اثبات بیماری‌زایی به روش آغشته‌سازی ریشه نشاء گوجه‌فرنگی در سوسپانسیون اسپور (با غلظت ۱۰^۶ اسپور در میلی‌لیتر) مورد آزمایش قرار گرفتند و به جدایه‌ها به ترتیب کدهای FOM، FOK و FOS اختصاص داده شد.

جدایه‌های آنتاگونیست

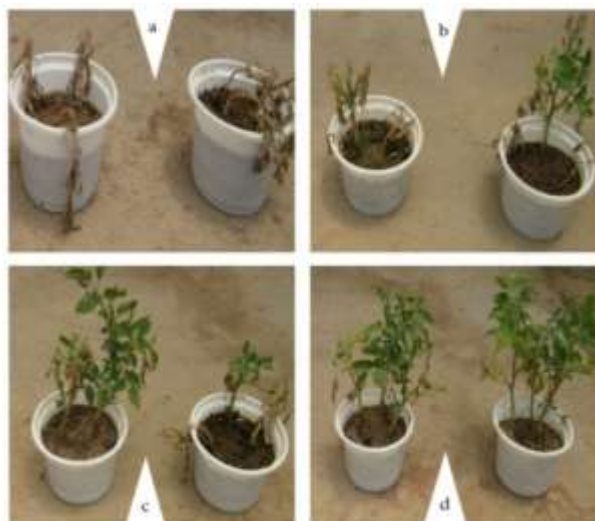
در این تحقیق ۹ مزرعه گوجه‌فرنگی در سطح حداقل یک هکتار و هر مزرعه سه نمونه خاک نمونه‌برداری شد. از مجموع ۲۷ نمونه خاک ناحیه ریزوسفر گوجه‌فرنگی جمع‌آوری شده از مزارع گوجه‌فرنگی شهرستان خرم‌آباد و پلدختر (نه نمونه از رباط، نه نمونه از دوره چگنی و نه نمونه از چم انجیر) و در مجموع ۶۷ جدایه قارچ آنتاگونیست جداسازی شد. با ارزیابی اثر بازدارندگی این جدایه‌ها از رشد بیمارگر، دو جدایه با ایجاد بیشترین هاله بازدارندگی از رشد میسلیم بیمارگر جلوگیری کردند. انتخاب آنتاگونیست‌ها از طریق بررسی اثرات بازدارندگی آن‌ها در مقابل بیمارگر در آزمایشگاه صورت گرفت. این جدایه‌ها شامل *T. harzianum* (جداسازی شده از ریزوسفر بوته‌های گوجه‌فرنگی شهرستان خرم‌آباد) و *T. virens* (جداسازی شده از ریزوسفر بوته‌های گوجه‌فرنگی شهرستان پلدختر) بودند. جدا شدن قارچ *Trichoderma* از خاک و از ریزوسفر گوجه‌فرنگی نشان‌دهنده وجود این قارچ در خاک مزارع گوجه‌فرنگی می‌باشد. چنانچه بتوان به نحوی این آنتاگونیست مهم را در خاک افزایش داد قادر به کنترل بسیاری از قارچ‌های بیماری‌زای خاک‌زاد می‌باشد (۲۴).

نتایج آزمون اثبات بیماری‌زایی

نتایج نشان داد که هر سه جدایه FOM، FOK و FOS قارچ *F. oxysporum* f. sp. *lycopersici* از قدرت بیمارگری زیادی برخوردار بودند. بین دو جدایه FOM و FOK به ترتیب با ۱۰۰ و

قدرت بیماری‌زایی بالاتری نسبت به سایر جدایه‌های مورد آزمایش، در آزمایش‌های آزمایشگاهی و گلخانه‌ای مورد استفاده قرار گرفت (شکل ۱).

۸۳/۲۰ درصد آلودگی، اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد ($P \leq 5\%$) ولی این دو جدایه با جدایه FOS با ۳۸/۸۷ درصد آلودگی و مرگ گیاهچه اختلاف معنی‌داری نشان دادند ($P \leq 5\%$). جدایه FOM با دارا بودن



شکل ۱- مقایسه قدرت بیماری‌زایی جدایه‌های FOM (a)، FOK (b) و FOS (c) از قارچ *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* و شاهد سالم (d) به روش آلوده‌سازی ریشه نشاء

Figure 1- Comparison of pathogenicity of FOM (a), FOK (b) and FOS (c) isolates of *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* and healthy control (d) by seedling root infection method

نمودند (۵) (شکل ۲).

اثر عوامل آنتاگونیست روی بیمارگر در گلخانه

در بررسی گلخانه‌ای مربوط به تأثیر جدایه‌های *Trichoderma* قارچ‌کش بیولوژیکی Trichomax-HV (با غلظت‌های ۵۰ و ۳۰ گرم بر متر مربع) روی بیماری پژمردگی فوزاریومی گوجه‌فرنگی ملاحظه شد که همه آن‌ها اثر خوبی روی بیماری دارند. جدایه‌ها آنتاگونیست در عدم حضور بیمارگر نسبت به شاهد آلوده افزایش معنی‌داری روی شاخص‌های رشدی گیاه اعم از ارتفاع ساقه، ارتفاع ریشه، وزن تر اندام‌های هوایی، وزن تر ریشه، وزن خشک اندام‌های هوایی، وزن خشک ریشه و کاهش شدت بیماری داشت (جدول ۲). جدایه‌ها در حضور قارچ بیمارگر باعث کاهش شدت بیماری شدند ولی تنها جدایه *T. harzianum* توانست در برهم‌کنش با قارچ بیمارگر اختلاف معنی‌داری روی همه فاکتورهای رشدی داشته باشد. طبق بررسی انجام‌شده، در آزمایش‌های قارچ‌کش بیولوژیکی و در گلخانه *T. harzianum* بیشترین تأثیر را در کنترل قارچ بیمارگر داشتند که این به دلیل وجود سیستم پیچیده بیولوژی و اکولوژی خاک و استقرار آنتاگونیست در منطقه ریزوسفر و قدرت کلونیزاسیون ریشه و بقای عامل آنتاگونیست، pH خاک و بافت خاک می‌باشد.

تأثیر آنتاگونیست‌های قارچی بر بیمارگر در آزمایشگاه

اثر رقابت تغذیه‌ای جدایه‌های مختلف *Trichoderma* در تقابل مستقیم با قارچ *F. oxysporum* f. sp. *lycopersici* مشخص کرد که جدایه‌های به‌کار رفته بعد از رشد و برخورد با پرگنه‌های قارچ عامل بیماری مانع رشد و توسعه آن شدند و سپس شروع به پیشروی، کلونیزاسیون و اسپورزایی روی ریشه بیمارگر نمودند. درصد کاهش رشد در دو زمان ۱۲۰ و ۱۴۴ ساعت پس از رشد قارچ عامل بیماری نسبت به شاهد بررسی شد. مقایسه درصد بازدارندگی جدایه‌های مختلف علیه قارچ بیمارگر نشان داد که جدایه *T. harzianum* در دو زمان ۱۲۰ و ۱۴۴ ساعت پس از کشت از بیشترین مقدار بازدارندگی برخوردار بود ولی نسبت به *Trichomax-HV* اختلاف معنی‌داری نداشت و در یک گروه آماری قرار گرفت. جدایه *T. virens* در دو زمان ۱۲۰ و ۱۴۴ ساعت پس از کشت با شاهد اختلاف معنی‌داری نشان داد (جدول ۱). نتایج به‌دست‌آمده نشان داد که قارچ *T. harzianum* از نظر کلونیزاسیون، اسپورزایی و بازدارندگی از رشد بیمارگر بهتر از دو جدایه دیگر عمل می‌کند. در بررسی کشت متقابل جدایه‌های آنتاگونیست *Trichoderma* و قارچ بیمارگر، تمام جدایه‌های قارچ‌های آنتاگونیست مورد بررسی ضمن رشد و تماس با میسلیوم قارچ بیمارگر مانع رشد و توسعه شده و سپس شروع به پیشروی، کلونیزاسیون و اسپورزایی روی ریشه‌های قارچ بیمارگر



شکل ۲- فاصله بازدارندگی حاصل از تقابل بین قارچ *Trichoderma* با قارچ *F. oxysporum f. sp. lycopersici* در محیط کشت PDA: *T. virens* (a)، *T. harzianum* (b)، *Trichomix-HV* (c) و شاهد (D)

Figure 2- Inhibitory distance from the interaction between *Trichoderma* and *F. oxysporum f. sp. lycopersici* in PDA culture medium: *T. virens* (a), *T. harzianum* (b), *Trichomix-HV* (C) and control (D)

جدول ۱- مقایسه میانگین فاصله بازدارندگی جدایه‌های *T. virens*، *T. harzianum* و *Trichomax-HV* از رشد *F. oxysporum f. sp. lycopersici* در آزمایشگاه

Table 1- Mean comparison of inhibition distance of *T. harzianum*، *T. virens* isolates and *Trichomax-HV* from growth of *F. oxysporum f. sp. lycopersici* in vitro

آنتاگونیست (Treatments)	پنج روز پس از کشت			شش روز پس از کشت		
	گروه‌بندی* (Group)	بازدارندگی (Inhibitory)	قطر پرگنه	گروه‌بندی* (Group)	بازدارندگی (Inhibitory)	قطر پرگنه
<i>T. harzianum</i>	a	41.78	17	A	48.90	17
<i>Trichomax-HV</i>	a	38	18	A	45.60	18
<i>T. virens</i>	b	11.35	26	B	22.36	26
Control	c	0.00	29.33	C	0.00	33.67

* گروه‌بندی معرف متفاوت بودن تأثیر بازدارندگی تیمارها از رشد بیمارگر در سطح احتمال ۵٪ است.

*Grouping indicates the difference in the inhibitory effect of treatments on pathogen growth at a 5% probability level.

مصنوعی تکثیر و به خاک اضافه نمود (۳۲). در مطالعه‌ای که زمانی‌زاده و همکاران (۳۶) روی بیماری مرگ گیاهچه خیار (damping-off) در گلخانه انجام دادند، اثر قارچ‌کش زیستی تجاری *Trichomax-HV*، قارچ *T. harzianum* و دو قارچ‌کش تجاری (متالاکسیل و متالاکسیل-ام زد) را مورد بررسی قرار دادند، نتایج نشان داد که *Trichomax-HV* به‌طور معنی‌داری آلودگی گیاهچه را به میزان ۸۲ درصد کاهش می‌دهد. این نتایج نشان داد که *Trichomax-HV* می‌تواند جایگزین مناسبی برای قارچ‌کش‌های شیمیایی در کنترل این بیماری باشد.

بر اساس نتایج به دست آمده گونه *T. harzianum* بیشترین درصد بازدارندگی از رشد قارچ بیمارگر و همچنین افزایش ارتفاع، وزن تر و خشک بوته و کاهش شدت بیماری را در بین تیمارهای مختلف مورد آزمایش داشته است. قارچ *Trichoderma* در شرایط گلخانه‌ای تا حدود بسیار زیادی از بیماری پژمردگی فوزاریومی گوجه‌فرنگی در اثر قارچ *F. oxysporum f. sp. lycopersici* جلوگیری نمود (۲۶). جدا شدن قارچ‌های *Trichoderma* از خاک مناطق مختلف نشان از وجود آن‌ها در بسیاری از خاک‌های زیر کشت گیاهان است. بنابراین به نظر می‌رسد برای مبارزه با بیماری‌ها می‌توان این عوامل را به طور

جدول ۲- مقایسه میانگین تأثیر آنتاگونیستی جدایه‌های *T. harzianum*، *T. virens* و قارچ‌کش بیولوژیک Trichomax-HV (با دو غلظت ۵۰ گرم بر متر مربع و ۳۰ گرم بر متر مربع خاک گلدان) بر فاکتورهای رشدی گیاهچه‌های گوجه‌فرنگی و بیماری پژمردگی فوزاریومی در گلخانه در مقایسه با شاهد

Table 2- Mean comparison of the antagonistic effect of *T. harzianum*, *T. virens* and Trichomax-HV isolates (with two concentrations of 50 g/m² and 30 g/m² of potting soil) on growth factors of tomato seedlings and *Fusarium* wilt disease in greenhouse in comparison with the control

تیمار Treatment	ارتفاع ساقه Shoot height	ارتفاع ریشه Root height	وزن خشک‌ریشه Root dry weight	وزن خشک اندام‌های هوایی Shoot dry weight	وزن تر ریشه Root wet weight	وزن تر اندام‌های هوایی Shoot wet weight	شدت بیماری Disease severity %
Trichomax-HV 50	29.09 a	54.70 a	64.52 a	63.29 a	60.87 a	62.68 a	-
<i>T. harzianum</i>	25.82 a	51.91 ab	59.26 ab	57.35 ab	49.65 b	58.72 ab	-
<i>T. harzianum</i> + <i>F. oxysporum</i>	25.40 a	27.65 c	59.26 abc	51.67 abc	39.50 bcd	52.12 bc	100 a
Control	25.34 a	45.22 b	50 cd	52.46 abc	42.86 bc	53.69 abc	-
Trichomax-HV 30	24.15 a	44.16 b	42.11 d	46.79 de	42.40 bc	46.65 c	-
<i>T. virens</i>	21.11 ab	45.06 b	54.17 bc	57.97 ab	43.75 bc	59.12 ab	-
<i>T. virens</i> + <i>F. oxysporum</i>	15.09 bc	8.86 cd	15.38 e	43.69 bcd	29.41 cde	41.83cd	66.67 b
Trichomax-HV 30 + <i>F. oxysporum</i>	6.41 cd	27.75 c	15.38 e	18.31 bcd	14.29 e	23.11 de	55.56 c
Trichomax-HV 50 + <i>F. oxysporum</i>	6.16 cd	24.48 cd	15.38 e	24.68 cde	20.88 de	25.04 de	62.96 bc
<i>F. oxysporum</i>	0 d	0 d	0 e	0 e	0 e	0 e	0 d

گروه‌هایی با حروف یکسان در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌دار ندارند.

اعداد جدول میانگین سه تکرار هستند.

Groups with identical letters do not differ significantly at the 5% level.

The table numbers are the average of three iterations.

منابع

1. Akrami M., and Ebrahimof A. 2010. The Investigation efficiency of combining two *Trichoderma* species in the biological control of *Fusarium* diseases of chickpea under greenhouse conditions. Journal Uni. Agricultural Science Tabriz 1(14): 75-83.
2. Amini K. 2009. Physiological race of *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* in Kurdistan Province of Iran and reaction of some tomato cultivars to race 1 of pathogen. Plant Pathology 8: 68-73.
3. Banihashemi Z., and Dezeuw D.J. 1969. Two improved methods for selectively isolating *Fusarium oxysporum* from soil and plant roots. Journal Plant Disease 53: 589-591.
4. Banihashmi Z. 2010. Reaction of *Cucumis melo* cultivars to races of *Fusarium oxysporum* f.sp. *melonis* the cause of melon vascular wit. Journal Plant Disease 46(1): 11-22.
5. Behboudi K., Sharifi Tehrani A., Hejaroud G.H., and ZAD J. 2005. Antagonistic effects of *Trichoderma* species on *Phytophthora capsici*, the causal agent of pepper root and crown rot. Plant Phytopathology 41: 345-362.
6. Booth C. 1971. The Genus *Fusarium*, Common wealth Mycological Institute Kew, Surrey, England, Printed in Great Britain by the Eastern Press Limited London and Reading 237 pp.
7. Chet I. 1987. *Trichoderma*— Application, mode of action and potential as a biocontrol agent of soil borne plant pathogenic fungi, Innovative Approaches to Plant Disease Control (I, Chet, Ed), J. Wiley and Sons, New York: 137-160.
8. Chet I., Inbar J., and Hadar Y. 1997. Fungal Antagonists and mycoparasites in: The mycota, Environmental and microbial relationships. Wicklow, D. T. And B. soders trom (eds). Vel 4. Springer- verlag, Berlin, Germany 165-184.
9. Cook R.J., and Baker K.F. 1983. The Nature and Practice of Biological Control of Plant Pathogens. American Phytopathological Society, 539 pp.
10. Davet P. 1979. Technique pour lanalyse des populations de *Trichoderma* et de *Gliocladium virens* dans le sol. Annuals Phytopathology 11: 529-533.
11. Dennis C., and Webster J. 1971. Antagonist properties of species group of *Trichoderma* 111. Hyphal interaction. Transaction of the British Mycological Society 57: 363-369.
12. Gerlach W., and Nirenberg H. 1982. The Genus *Fusarium* a Pictorial atlas. Mitt. Biol. Bundesanst. Land-und Forstwirtschaft. Berlin Dahlem, 406 pp.
13. Harman G. E., Howell C.R., Viterbo A., Chet I., and Lorito M. 2004. *Trichoderma* species- opportunistic, avirulent

- plant symbionts. *Nature Reviews Microbiology* 2: 43–56.
14. Howell C.R. 2003. Mechanisms employed by *Trichoderma* species in the biological control of plant diseases: The history and evolution of current concepts. *Journal Plant Disease* 87(1): 4-10.
15. Juber K.S., Hassan A.K., Alhamiri Y.N. 2014. Evaluation of biocontrol agents and chemical inducers for managing a vascular wilt of tomato caused by *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*. *Journal Biology Agriculture Healthcare* 4(27): 335-343.
16. Kamal A.M., Elyours A., and Mohamed H.M. 2009. Biological control of *Fusarium* wilt in tomato by plant Growth-promoting yeast and *Rhizobacteria*. *Plant Pathology* 25(2): 199-204.
17. Kari Dolatabadi H., and Mohammadi Goltapeh E. 2010. In vivo biological activity of *Piriformospora indica*, *Sebacina vermifera* and *Trichoderma* spp. against *Fusarium* wilt of lentil. *Journal of Plant Protection Research* 2(2): 127-143.
18. Leslie J.F., and Summerell B.A. 2006. *The Fusarium Laboratory Manual*. Blackwell Publishing Professional, Ames, USA, 388pp.
19. Little T.M., and Hills F.J. 1978. *Agricultural experimentation design and analysis*. John Willy & Sons 350 pp.
20. Manafi R., Babai ahri A., Arznlo M., and Valizadeh M. 2012. Evaluation common resistance varieties a greenhouse tomato to *Fusarium* wilt in East Azerbaijan province and study of biological control of the disease. *Journal of Sustainable Agricultural Production* 22(1): 145-158.
21. Mohammadi N. 2010. Studies on pathogenicity and genetic diversity of some Iranian isolates *Fusarium oxysporum* f. sp *lentis* and determination of resistant lentil cultivars. M. SC. Thesis, Uni. Tarbiat Modares, Iran. 134p.
22. Nawrocka J., Malolepza V. 2013. Diversity in plant systemic resistance induced by *Trichoderma*. *Biology Control* 67(2): 149-156.
23. Nelson P.E., Toussoun T.A., and Marasas W.F.O. 1983. *Fusarium Species: An Illustrated Manual for Identification*. Pennsylvania State Uni. Press, Uni. Park. 193p.
24. Niknejad Kazempour M. 1992. Effect of several fungicides and *Trichoderma* fungi on tomato pathogen *Fusarium* wilt *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici*, MSc thesis, Faculty of Agriculture Tehran Uni. Karaj: 129 p.
25. Niknejad Kazempour M., and Sharifi Tehrani A. 1992. Effect of antagonistic fungi *Trichoderma* on pathogen *Fusarium* wilt of tomato *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici*. Laboratory and in greenhouse condition. Proc. 11th Iran. Plant Protec. Cong. Uni. Gilan-Rasht: 165p.
26. Niknejad Kazempour M., Sharifi Tehrani A., and Okhovat M. 2000. Effect of Antagonistic fungi *Trichoderma* spp. On the control of *Fusarium* wilt of tomato caused *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici* under greenhouse condition. *Iranian Journal Agricultural Science* 31(1): 31-37. (In Persian with English abstract)
27. Ojha S., Chatterjee NC. 2012. Induction of resistance in tomato against *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* mediated through salicylic acid and *Trichoderma harzianum*. *Journal Plant Protection Research* 52(2): 220-225.
28. Panjekeh N., Saberian A., Afshari Azad H., and Salari M. 2011. Biological control of phomalingam, the causal agent of rapeseed blackleg, by *Trichoderma* and *Bacillus subtilis* isolates. *Iranian Journal of Plant Pathology* 47(1): 19-30. (In Persian with English abstract)
29. Papavizas G.C. 1985. *Trichoderma* and *Gliocladium*: Biology, Ecology, and Potential for Biocontrol. *Annual Review of Phytopathology* 23: 23-54.
30. Pourjam E., Kamali N., and Sahebani N. 2015. Elicitation of defense responses in tomato against *Meloidogyne javanica* and *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* wilt complex. *Journal Crop Protection* 4(1): 29-38.
31. Rajik M., Biswas SK., and Shakti S. 2012. Biochemical basis of defense response in plant against *Fusarium* wilt through bio-agents as an inducer. *Afr Journal Agriculture Research* 7(43): 5849-5857.
32. Sajadi S.A., and Asemi H. 2008. Evaluation of biological control potential *Trichoderma* species against of tobacco collar rot in Mazandaran province; *New Findings in Agriculture* 2(3): 253-270.
33. Sivan A., Ucko O., and Chet I. 1986. *Trichoderma harzianum* and effective biocontrol agent of *Fusarium* spp. *Microbial Communities in Soil*, 447pp.
34. Sundaramoorthy S., and Balabaskar P. 2013. Biocontrol efficacy of *Trichoderma* spp. against wilt of tomato caused by *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*. *Journal Appl Biol Biotechnology* 1(3): 36- 40.
35. Walker J.C. 1981. *Fusarium* wilt of tomato. Monograph NO. 6, APS Press, 56 pp.
36. Zamanizadeh H.R., Hatami N., Aminaee M.M., and Rakhshandehroo F. 2011. Application of biofungicides in control of damping disease off in greenhouse crops as a possible substitute to synthetic fungicides. *International Journal Environment Science Technology* 8 (1): 129-136.



Biological Effects of *Trichoderma* spp. Isolated from Tomato Rhizosphere and Trichomax-HV Biofungicide against Tomato *Fusarium* Wilt *in Vitro*

S. Jalali¹- M. Darvishnia^{2*}- N. Panjehkeh³- S. Pakbaz⁴

Received: 14-11-2020

Accepted: 15-07-2021

Introduction: *Fusarium* wilt of tomato is one of the most important and common tomato diseases growing in the cultivated areas of this plant around the world. Biological control of plant diseases using non-pathogenic microorganisms has attracted the attention of many researchers. *Trichoderma* is one of the most successful and widely used microorganisms that prevent fungal damage in plants. *Trichoderma* spp. have different mechanisms to deal with plant pathogens, such as increasing plant resistance and activating defense reactions, direct confrontation with the pathogen through mycoparasitism, antibiosis, competition, plant growth stimulation, regulation and induction of plant growth factors including auxins, cytokinins and ethylene that stimulate growth. Plants are involved. Totally, they destroyed biological reproductive organs, survival and reproduction, weakening and expelling pathogens from plant debris and preventing the formation of contaminants are the three basic methods by which biological control is achieved. *Trichoderma* is one of the living fungi that can perform the above three mechanisms simultaneously and as a result it is used as a biological fungus that increases plant growth and activity of beneficial microorganisms.

Material and Methods: In this study, the effects of two isolates; *Trichoderma harzianum* and *Trichoderma virens*, and biological toxin of Trichomax-HV against *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* which is the agent of *Fusarium* wilt disease in tomato was evaluated in the laboratory and greenhouse. Trichomax-HV is a biofungicide that use as commercially. During summer and autumn, tomato plants with obvious signs of *Fusarium* wilt were collected from tomato fields in different parts of Lorestan province and transferred to the laboratory. Isolation of pathogenic fungi was performed according to Bani Hashemi and Dezeew methods using acidic PDA culture medium. Antagonistic activity of these isolates against this pathogen was studied by dual culture method in the laboratory. In order to investigate the effect of these antagonist isolates in the greenhouse, first the inoculum of pathogenic fungus and fungal antagonists were added to the pots as soon as the seedlings were transferred to the pots and then after 60-days, the interactions between the pathogen and antagonist was evaluated. This test was performed in a completely randomized design with 10 treatments and three replications. The data obtained from the experiment were statistically analyzed using SPSS 16 software and the average of the treatments were compared using Duncan's multiple range test at 5% probability level.

Results and Discussion: In this study, a total of three isolates of *F. oxysporum* f. sp. *lycopersici* were isolated from tomato plants infected with *Fusarium* wilt disease from Robat and Chegeni Dore tomato fields (Khorramabad city) and Cham fig fields (Poldokhtar city) that was assigned them codes FOM, FOK and FOS respectively. A total of 27 fungal isolates were isolated from soil samples of tomato rhizosphere collected from tomato fields of two cities in Lorestan province. By evaluating the inhibitory effect of these isolates on pathogenic growth, two isolates prevented the growth of pathogenic mycelium by creating an inhibitory aura. The results of laboratory studies showed that *T. harzianum* by 48.9 percent, Trichomax-HV by 45.6 percent and *T. virens* to 22.36 percent prevented the growth of pathogen and colonized the pathogen's colonies (in comparison with the control). Antagonist agents in greenhouse experiments increased stem height, wet and dry weight of shoots and root in the absence of pathogen. Comparing with the control sample, only the isolate *T. harzianum* in the interaction with the pathogen increased the plant height, wet and dry weight of shoots and root. According to study, in the greenhouse biological tests of biofungicide (Trichomax-HV) and *Trichoderma* spp. had shown good control on causal agent of the disease (*Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*). Among these treatments, *T. harzianum* had the best effect on the control of pathogenic fungi, which is due to the complex

1 and 3- M.Sc. Student and Associate Professor of Plant Pathology, Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, Zabol University, Sistan & Balouchestan, Iran, respectively.

2 and 4- Associate Professor and Assistant Professor of Plant Pathology, Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, Lorestan University, Lorestan, Iran, respectively.

(*- Corresponding Author Email: darvishnia.m@lu.ac.ir)

DOI: 10.22067/JPP.2021.32846.0

system of soil biology and ecology and the presence of antagonists in the rhizosphere and the power of root colonization and antagonist survival, soil pH and soil texture.

Conclusion: Based on the this study results, *T. harzianum* had the highest percentage of inhibition of pathogenic fungal growth as well as increase in height, fresh and dry weight of the plant and decrease in disease severity among the different treatments tested. In greenhouse conditions, *T. harzianum* prevented from tomato *Fusarium* wilt disease (caused by *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*) in very large extent. Also this results showed that Trichomax-HV could be a viable alternative to chemical fungicides in controlling this disease.

Keywords: Biological Control, *T. harzianum*, *T. virens*



مقاله پژوهشی

ارزیابی کارایی میکروارگانسیم‌های موثر (EM®) علیه نماتد ریشه‌گرهی
(*Meloidogyne javanica*) در گیاه گوجه‌فرنگی

حبیب‌اله چاره‌گانی*^۱ - سعید مهدی^۲

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۰/۱۰

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۲/۳۱

چکیده

نماتدهای موجود در جنس *Meloidogyne* spp. به دلیل انتشار جغرافیایی گسترده، دامنه میزبانی وسیع و ایجاد خسارت شدید در گیاهان به عنوان خطرناکترین نماتدهای انگل گیاهی مطرح می‌باشند. به دلیل آثار منفی استفاده از سموم نماتدکش بر سلامت انسان و محیط زیست، توسعه سایر روش‌های مدیریتی برای نماتدهای انگل گیاهی ضروری می‌باشد. مهار زیستی یکی از گزینه‌های مورد توجه برای کنترل این نماتدهای به جای سموم شیمیایی می‌باشد. در مطالعه حاضر، در شرایط گلخانه تأثیر غلظت‌های مختلف از ترکیب تجاری EM® (میکروارگانسیم‌های موثر) به تنهایی و EM® + عصاره برگ گیاه گل‌جعفری (*Tagetes erecta*) مخلوط شده با نسبت مساوی، روی گیاه گوجه‌فرنگی برای کنترل نماتد *M. javanica* بررسی شدند. گیاهچه‌های گوجه‌فرنگی در مرحله چهار برگی با یک میلی‌لیتر از سوسپانسیون تخم نماتد *M. javanica* حاوی ۶۰۰۰ تخم مایه‌زنی شدند. هم‌زمان با مایه‌زنی نماتد و به روش خیساندن خاک، گیاهچه‌ها با ۵۰ میلی‌لیتر EM® و EM® + عصاره برگ گیاه گل‌جعفری در غلظت‌های ۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ درصد تیمار شدند. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با پنج تکرار انجام پذیرفت. نتایج پس از ۶۰ روز نشان داد که خیساندن خاک گیاهان سالم و آلوده با EM® به تنهایی و EM® + عصاره برگ گیاه گل‌جعفری باعث بهبود شاخص‌های رویشی گیاه می‌شود. تعداد تخم، گال و کیسه تخم در ریشه و فاکتور تولیدمثل نماتد در گیاهان تیمار شده با مخلوط EM® + عصاره برگ گیاه گل‌جعفری در غلظت ۲۰٪ به عنوان بهترین تیمار، به ترتیب ۲۸، ۴۰، ۳۷ و ۲۷ درصد نسبت به گیاهان شاهد کاهش یافت.

واژه‌های کلیدی: شاخص‌های جمعیتی نماتد، شاخص‌های رویشی گیاه، عصاره برگ گل‌جعفری، گلخانه، مهار زیستی

مقدمه

مناطق استوایی و نیمه‌استوایی می‌شوند (۷). مدیریت نماتدهای انگل گیاهی بسیار دشوار می‌باشد (۴). به‌طور سنتی، استفاده از سموم نماتدکش روش اصلی کنترل نماتدهای انگل گیاهی می‌باشد اما با توجه به ایجاد خطرات زیست محیطی و همچنین عدم ماندگاری طولانی مدت این سموم در خاک، یافتن روش‌های کم‌خطر و ماندگارتر برای کنترل نماتدهای انگل گیاهی و تلفیق این روش‌های برای افزایش کارایی آن‌ها در مهار نماتدها الزامی می‌باشد (۱۱). یافتن ترکیبات آلی با منشأ گیاهی با خواص نماتدکشی به عنوان یک روش ایمن در مدیریت نماتدهای انگل گیاهی مورد توجه محققان فراوانی بوده است. خواص نماتدکشی برخی گیاهان از جمله گیاه چریش با نام علمی *Azadirachta indica* A. Juss. (۸) و گیاه گل‌جعفری، اعضای جنس *Tagetes* spp. (۲۶) در مطالعات فراوانی به اثبات رسیده است. همچنین در سال‌های اخیر خاصیت نماتدکشی گونه‌های مختلف گیاهی مورد ارزیابی قرار گرفته و نتایج قابل قبولی به دست

بیش از ۴۱۰۰ گونه از نماتدهای بیماری‌زای گیاهی وجود دارد که به‌صورت بالقوه تقریباً به تمام محصولات کشاورزی آسیب می‌رسانند (۲۴). میزان کاهش محصول در اثر خسارت نماتدهای انگل گیاهی در ۴۰ محصول عمده کشاورزی به‌طور متوسط ۱۲/۳ درصد از محصول تولید شده می‌باشد که ارزش اقتصادی آن بالغ بر ۱۰۰ میلیارد دلار در سراسر جهان است (۱۵). اعضای جنس *Meloidogyne* spp. (Goeldi, 1987) به عنوان خطرناک‌ترین نماتدهای انگل گیاهی، باعث کاهش قابل توجه محصول مخصوصاً در گیاه گوجه‌فرنگی در

۱ و ۲- به‌ترتیب استادیار و دانشجوی کارشناسی ارشد بیماری‌شناسی گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه یاسوج

(*)- نویسنده مسئول: (Email: H.charehgani@yu.ac.ir)

DOI: 10.22067/JPP.2021.67213.0

در ظروف پلاستیکی به صورت تجاری (EM®) از شرکت امکان پذیر پارس (شیراز، ایران) تهیه شد. به منظور مخلوط نمودن عصاره گیاهی با EM® تجاری، حجم مساوی از EM® و عصاره گیاهی با یکدیگر مخلوط و در ظرف تیره در دمای ۴ درجه سلسیوس نگهداری شد.

مطالعات گلخانه‌ای

آزمایش به صورت فاکتوریل با دو فاکتور غلظت‌های EM و نماتد در قالب طرح کاملاً تصادفی با پنج تکرار برای هر تیمار در شرایط گلخانه (دمای 27 ± 4 درجه سلسیوس، ۱۶ ساعت روشنائی و ۸ ساعت تاریکی) انجام شد. بذور گوجه‌فرنگی رقم Early-Urbana در گلدان‌های پلاستیکی ۱/۵ کیلوگرمی حاوی خاک مزرعه و کود دامی (به نسبت ۲ به ۱) سترون شده با بخار آب داغ (یک ساعت در دمای ۱۲۱ درجه سلسیوس و فشار یک اتمسفر) کشت و به طور منظم آبیاری شدند. گیاهچه‌ها در مرحله چهار برگی به دو گروه تقسیم شدند. گروه اول با یک میلی لیتر از سوسپانسیون تخم نماتد *M. javanica* حاوی ۶۰۰۰ تخم (۴ تخم در گرم خاک) مایه‌زنی شدند. برای این منظور سه حفره به عمق یک سانتی‌متر در خاک اطراف گیاهچه‌ها ایجاد و سوسپانسیون تخم نماتد درون حفره‌ها ریخته و بلافاصله با خاک پر شدند. گیاهچه‌ها در گروه دوم مایه‌زنی نشدند. هم‌زمان با مایه‌زنی نماتد و به روش خیساندن خاک^۲، هر دو گروه گیاهچه‌ها با ۵۰ میلی لیتر برای هر گلدان از ترکیبات مورد بررسی تیمار شدند. تیمارهای مورد بررسی شامل:

(۱) شاهد

(۲) EM در غلظت ۵٪

(۳) EM در غلظت ۱۰٪

(۴) EM در غلظت ۱۵٪

(۵) EM در غلظت ۲۰٪

(۶) EM + عصاره گل جعفری در غلظت ۵٪

(۷) EM + عصاره گل جعفری در غلظت ۱۰٪

(۸) EM + عصاره گل جعفری در غلظت ۱۵٪

(۹) EM + عصاره گل جعفری در غلظت ۲۰٪

بودند. برداشت گیاهان ۶۰ روز پس از مایه‌زنی انجام و شاخص‌های رویشی گیاه شامل طول، وزن تر و خشک شاخساره و شاخص‌های جمعیتی نماتد شامل تعداد تخم گال و کیسه تخم در ریشه و تعداد لارو سن دوم در خاک مورد ارزیابی قرار گرفت. تخم نماتد با استفاده از روش هوسی و بارکر (۱۲) انجام شد. برای این منظور ریشه گیاه آلوده از اندام هوایی گیاه جدا، شسته و به قطعات کوچک تقسیم و کاملاً مخلوط شد. سپس یک گرم از ریشه داخل

آمده است (۹، ۱۹، ۲۲ و ۲۷). مهار زیستی نیز از جمله روش‌های طبیعی برای مهار و کاهش خسارت نماتدهای ریشه‌گرهی می‌باشد (۲۱). کودهای زیستی زیادی در بازار و به صورت تجاری وجود دارند که باعث افزایش رشد گیاهان و میزان محصول آن‌ها می‌شوند (۲۹). یکی از کودهای زیستی که اخیراً مورد توجه محققان قرار گرفته است، محصولی معرفی شده در ژاپن توسط پروفسور Teruo Higa (۱۰)، معروف به "میکروارگانیسم‌های موثر (Effective microorganisms (EM))" می‌باشد. ترکیبات دقیق این کود زیستی که ترکیبی از حدود ۸۰ میکروارگانیسم مختلف می‌باشد تاکنون فاش نشده است (۱۰). EM شامل ترکیبی از میکروارگانیسم‌هایی می‌باشد که به‌طور طبیعی در خاک‌های حاصلخیز زندگی و در افزایش میزان محصول گیاهان موثر می‌باشند (۲۰).

هدف از انجام این مطالعه بررسی اثر (۱) غلظت‌های مختلف EM® و (۲) غلظت‌های مختلف EM® در ترکیب با عصاره آبی برگ گیاه گل جعفری بر گیاه گوجه‌فرنگی سالم و آلوده به نماتد *M. javanica* در شرایط گلخانه می‌باشد.

مواد و روش‌ها

تهیه و خالص‌سازی نماتد

به منظور تهیه‌ی نماتد، ریشه آلوده به نماتدهای ریشه‌گرهی از گلخانه‌های شهر یاسوج تهیه و خالص‌سازی با استفاده از روش تک توده تخم^۱ انجام شد. گونه نماتد با استفاده از نقوش کوتیکولی ناحیه‌ی پیرامون مخرج نماتد ماده و با استفاده از کلیدهای رایج شناسایی، مشخص گردید (۱۳). به منظور تهیه جمعیت کافی از گونه *M. javanica*، نماتد روی ریشه گوجه‌فرنگی رقم Early-Urbana (حساس به نماتدهای ریشه‌گرهی) به طور مکرر تکثیر شد (۱۲).

تهیه EM® و عصاره برگ گل جعفری

به منظور تهیه‌ی عصاره گیاهی، برگ گیاه گل جعفری (*Tagetes erecta* L.) از بوستان‌های شهر شیراز تهیه شد. پس از شستن برگ‌ها به مدت ۱۴ روز در سایه خشک و با استفاده از آسیاب برقی به پودر تبدیل شدند. به منظور عصاره‌گیری، ۱۰ گرم پودر برگ درون ارلن شیشه‌ای حاوی ۱۰۰ میلی لیتر آب مقطر سترون ریخته شد و به مدت ۲۴ ساعت در دمای اتاق (۲۵ درجه سلسیوس) با استفاده از دستگاه هم‌زن افقی با سرعت ۱۰۰ دور در دقیقه مخلوط شد. سپس با استفاده از کاغذ صافی واتمن شماره یک، عصاره از بقایای برگ جدا و در ظرف تیره در دمای ۴ درجه سلسیوس نگهداری شد (۱). میکروارگانیسم‌های موثر مورد استفاده در این آزمایش به صورت مایع

یک طرفه (One-Way ANOVA) و داده‌های مربوط به شاخص‌های رویشی گیاه به روش آنالیز واریانس دو طرفه (Two-Way ANOVA) با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS 9.1 و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از روش حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح یک درصد انجام شد.

نتایج

نتایج تحقیق حاضر نشان داد که تعداد تخم و گال در ریشه و فاکتور تولیدمثل نماتد در تمام تیمارها به طور معنی‌داری از گیاهان شاهد کمتر بود. کمترین تعداد تخم و کیسه‌تخم در ریشه و فاکتور تولیدمثل نماتد در گیاهان تیمار شده با مخلوط EM و عصاره برگ گیاه گل‌جعفری در غلظت ۲۰٪ مشاهده شد که تنها با گیاهان تیمار شده با مخلوط EM و عصاره برگ گیاه گل‌جعفری در غلظت ۱۵٪ اختلاف معنی‌دار نداشت. کمترین تعداد گال در ریشه در گیاهان تیمار شده با مخلوط EM و عصاره برگ گیاه گل‌جعفری در غلظت ۲۰٪ مشاهده شد که با سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری داشت (جدول ۱).

نتایج مربوط به شاخص‌های رویشی گیاه نشان داد که در ارتباط با گیاهان سالم، طول شاخساره گیاهان تیمار شده با مخلوط EM و عصاره برگ گیاه گل‌جعفری در غلظت ۲۰٪ بیشترین میزان بود که تنها با گیاهان تیمار شده با مخلوط EM و عصاره برگ گیاه گل‌جعفری در غلظت ۱۵٪ و گیاهان تیمار شده با EM در غلظت ۲۰٪ اختلاف معنی‌دار مشاهده نشد. در ارتباط با گیاهان آلوده، طول شاخساره گیاهان تیمار شده با مخلوط EM و عصاره برگ گیاه گل‌جعفری در غلظت ۲۰٪ بیشترین میزان بود که تنها با گیاهان تیمار شده با EM در غلظت ۲۰٪ اختلاف معنی‌دار مشاهده نشد. در ارتباط با گیاهان سالم، وزن تر شاخساره در گیاهان تیمار شده با مخلوط EM و عصاره برگ گیاه گل‌جعفری در غلظت ۲۰٪ به طور معنی‌داری از سایر تیمارها بیشتر بود. در ارتباط با گیاهان آلوده، وزن تر شاخساره گیاهان تیمار شده با مخلوط EM و عصاره برگ گیاه گل‌جعفری در غلظت ۲۰٪ بیشترین میزان بود که تنها با گیاهان تیمار شده با EM در غلظت ۱۵٪ و گیاهان تیمار شده با EM در غلظت ۲۰٪ اختلاف معنی‌دار مشاهده نشد. در ارتباط با گیاهان سالم و آلوده، بیشترین میزان وزن خشک شاخساره در گیاهان تیمار شده با EM در غلظت ۲۰٪ مشاهده شد که تنها با گیاهان شاهد خود اختلاف معنی‌دار داشتند. بیشترین میزان وزن تر ریشه در گیاهان آلوده به نماتد تیمار شده با مخلوط EM و عصاره برگ گیاه گل‌جعفری در غلظت ۲۰٪ مشاهده شد که تنها با گیاهان تیمار شده با مخلوط EM و عصاره برگ گیاه گل‌جعفری در غلظت ۱۵٪ اختلاف معنی‌دار نداشتند (جدول ۲).

مخلوط کن حاوی هیپوکلریت سدیم ۵/۰٪ به مدت ۴۰ ثانیه مخلوط گردید. سپس محتویات مخلوط کن روی الک ۱۰۰ مش که در زیر آن الک ۵۰۰ مش بود، ریخته شد. تخم نماتد از الک ۱۰۰ مش به راحتی عبور کرد و درون الک ۵۰۰ مش جمع‌آوری شد، بقیای گیاهی و تفاله‌های اضافی درون الک ۱۰۰ مش جمع و حذف گردید. سپس به منظور حذف بقیای هیپوکلریت سدیم ۵/۰ درصد، محتویات الک ۵۰۰ مش بلافاصله با آب شسته و به داخل بشر منتقل شد. بعد از این که نماتدها استخراج شد، سوسپانسیون تخم نماتد درون بشری به حجم مشخص تهیه گردید و به کمک پمپ هم زده شد تا ترکیب یکنواخت شود. سپس به کمک میکرو پمپ مقدار ۱۰۰۰ میکرولیتر از ترکیب مورد نظر درون تشتک پتری ریخته و تعداد تخم نماتد با استفاده از دستگاه استرئومیکروسکوپ (40 X) شمارش شد. در نهایت با ضرب نمودن تعداد تخم شمارش شده در حجم کل سوسپانسیون، تعداد تخم استخراج شده در گرم ریشه تعیین گردید و به وزن کل ریشه تعمیم داده شد (۲). تعداد گال و کیسه‌تخم در ریشه با استفاده از روش تیلور و ساسر (۳۲) انجام شد. برای این منظور یک گرم از ریشه‌های هر تیمار با محلول اسید فوشین ۰/۱٪ رنگ‌آمیزی و با استفاده از دستگاه استرئومیکروسکوپ (40 X)، تعداد گال و توده تخم به صورت جداگانه شمارش و برای کل ریشه محاسبه گردید. تعداد لارو سن دوم در خاک با استفاده از روش وایتهد و همینگ (۳۴) مورد ارزیابی قرار گرفت. برای این منظور یک سبد پلاستیکی درون یک سینی قرار داده و روی آن یک لایه دستمال کاغذی پهن و ۱۰۰ گرم خاک گلدان که به طور کامل مخلوط شده بود به آرامی به صورت یک لایه نازک روی دستمال کاغذی ریخته شد. سپس آب درون سینی ریخته تا سطح آب به لایه‌ی دستمال کاغذی رسید و خاک به حالت مرطوب درآمد. پس از گذشت ۴۸ ساعت سبد پلاستیکی حاوی خاک به آرامی برداشته و آب درون سینی، روی الک ۵۰۰ مش ریخته شد، سپس لاروهای استخراج شده روی الک ۵۰۰ مش با آب‌فشان شسته و در یک تشتک پتری جمع‌آوری و با استفاده از دستگاه استرئومیکروسکوپ (40 X) تعداد لارو سن دوم نماتد ریشه‌گرهی شمارش و سپس به کل خاک موجود در گلدان تعمیم و محاسبه گردید. در نهایت فاکتور تولیدمثل نماتد با استفاده از فرمول ۱ تعیین گردید (۳۲).

$$\text{تعداد نماتد در خاک و ریشه} = \frac{\text{جمعیت نهایی نماتد}}{\text{جمعیت اولیه نماتد}} \times \text{فاکتور تولیدمثل}$$

فرمول ۱

محاسبات آماری

آزمایش به صورت فاکتوریل با دو فاکتور غلظت‌های EM و نماتد در قالب طرح کاملاً تصادفی با پنج تکرار برای هر تیمار انجام شد. داده‌های مربوط به شاخص‌های جمعیتی نماتد به روش آنالیز واریانس

جدول ۱- تأثیر غلظت‌های مختلف میکروارگانیسم‌های موثر (EM®) و مخلوطی از نسبت مساوی از (EM®) + عصاره برگ گیاه گل‌جعفری (marigold) بر تعداد تخم، گال و توده تخم در ریشه، تعداد لارو سن دوم (J2s) در گلدان و فاکتور تولیدمثل در گوجه‌فرنگی آلوده به نماتد

ریشه‌گرهی *Meloidogyne javanica*

Table 1- The effect of different concentrations of effective microorganisms (EM®) and a mixture of equal amount of EM®+ marigold leaf extract on the number of eggs, galls and egg masses per root, reproduction factor and number of second stage juveniles (J2s) in the pot of tomato plants inoculated with *Meloidogyne javanica*

Treatments تیمارها	Nematode indices شاخص‌های نماتی				
	Number of eggs/root تعداد تخم/ریشه	Number of galls/root تعداد گال/ریشه	Number of egg masses/root تعداد توده تخم/ریشه	Number of J2s/pot تعداد لارو سن دوم/گلدان	Reproduction factor فاکتور تولیدمثل
Control	51357 ± 1623 a	1004 ± 66.64 a	407 ± 22.78 a	470 ± 0.21 b	6.96 ± 0.21 a
EM® 5%	49327 ± 600 b	925 ± 17.75 b	388 ± 15.43 a	554 ± 0.08 a	6.71 ± 0.08 b
EM® 10%	47002 ± 653 c	878 ± 23.22 c	346 ± 13.73 b	365 ± 0.08 d	6.36 ± 0.08 c
EM® 15%	45488 ± 766 d	767 ± 19.67 d	302 ± 7.63 c	420 ± 0.10 c	6.16 ± 0.10 d
EM® 20%	39387 ± 1623 f	637 ± 19 ef	257 ± 14 d	441 ± 0.07 bc	5.34 ± 0.07 f
EM® + marigold 5%	47565 ± 1623 c	927 ± 21 b	352 ± 20 b	557 ± 0.16 a	6.44 ± 0.10 c
EM® + marigold 10%	43012 ± 1227 e	839 ± 21 c	307 ± 15 c	554 ± 0.11 a	5.85 ± 0.16 e
EM® + marigold 15%	37852 ± 853 g	674 ± 15 e	272 ± 13 d	547 ± 0.1 a	5.15 ± 0.1 g
EM® + marigold 20%	37095 ± 748 g	605 ± 16 f	256 ± 17 d	470 ± 0.22 b	5.05 ± 0.09 g

اعداد میانگین پنج تکرار ± خطای استاندارد آورده شده است. حروف مشابه لاتین نشان دهنده عدم تفاوت معنی‌دار بین تیمارها در سطح احتمال ۱ درصد می‌باشد.

Data are means of five replicates ± standard error. Values followed by the same letters in each column are not significantly different ($P \leq 0.01$).

بحث

اکولوژیکی خاک، افزایش راندمان فتوسنتزی و تثبیت زیستی نیتروژن می‌شود (۳۱). تاکنون نقش EM در کنترل نماتدهای ریشه‌گرهی بررسی نشده اما تأثیر موثر این ترکیبات در کاهش خسارت سایر عوامل بیماری‌زای گیاهی به اثبات رسیده است. در مطالعه‌ای مشخص شد که تیمار گیاهان سیب‌زمینی در مزرعه با EM، باعث کاهش شدت بیماری‌زایی قارچ *Phytophthora infestans* و افزایش میزان محصول می‌شود. همچنین مشخص شد که استفاده هم‌زمان از EM و کود سبز (سبوس و برگ برنج) آثار مثبت بیشتری در مقایسه با تیمار EM به تنهایی دارد (۳۵). نتایج این تحقیق با نتایج مطالعه حاضر که استفاده از EM و تلفیق EM با عصاره گیاهی باعث کاهش خسارت نماتد و بهبود شاخص‌های رویشی گیاه شد در یک راستا می‌باشند. مشخص شده که EM با افزایش تجمع ذرات خاک موجب خشک شدن سریعتر سطح خاک می‌شوند. خشک شدن لایه‌های بالایی خاک باعث تأخیر در جوانه‌زنی اسپور قارچ‌ها می‌شود همچنین با افزایش رقابت با قارچ‌ها برای کسب عناصر موجود در خاک و تولید ترکیبات آنتی‌بیوتیک باعث کاهش جمعیت قارچ‌های بیمارگر گیاهی می‌شوند.

لزوم توسعه کشاورزی پایدار محققان را بر آن داشته که به دنبال روش‌های کم کردن مصرف سموم آفت‌کش و کودهای شیمیایی باشند (۱۸). استفاده از میکروارگانیسم‌های موثر در رشد^۱ به عنوان کود یا آفت‌کش‌های زیستی به دلیل توانایی بالقوه در تثبیت زیستی نیتروژن (۱۴)، فراهم کردن عناصر غذایی برای گیاه (۱۶) و عامل بازدارنده بیمارگرهای گیاهی (۵) از راهکارهای مهم در اجرای کشاورزی پایدار می‌باشند. در این مطالعه نقش ترکیب تجاری "میکروارگانیسم‌های موثر" بر گوجه‌فرنگی سالم و آلوده به نماتد *M. javanica* در شرایط گلخانه بررسی شد. میکروارگانیسم‌های غالب در EM باکتری‌های فتوسنتز کننده می‌باشند. مطالعات نشان داده که این باکتری‌ها به صورت هم‌افزایی با سایر میکروارگانیسم‌ها در خاک موجب تأمین نیاز غذایی گیاهان شده و همچنین باعث کاهش بروز بیمارگرهای گیاهی می‌شوند (۶). EM با اکوسیستم خاک-گیاه تعامل داشته و موجب بازداری عوامل بیمارگر گیاهی، افزایش در دسترس بودن عناصر غذایی برای گیاه، حفظ تعادل میکروبی و

جدول ۲- تأثیر غلظت‌های مختلف میکروارگانیسم‌های موثر (EM®) و مخلوطی از نسبت مساوی از (EM®) + عصاره برگ گیاه گل‌جعفری (marigold) بر شاخص‌های رویشی گیاه گوجه‌فرنگی سالم و آلوده به نماتد ریشه‌گرهی *Meloidogyne javanica*

Table 2- The effect of different concentrations of effective microorganisms (EM®) and a mixture of equal amount of EM®+ marigold leaf extract on plant growth indices of non-inoculated and inoculated tomato plants with *Meloidogyne javanica*

Treatments تیمارها	Nematode نماتد	Growth parameters شاخص‌های رویشی			
		Shoot length (cm) طول شاخساره (سانتی‌متر)	Shoot fresh weight (g) وزن تر شاخساره (گرم)	Shoot dry weight (g) وزن خشک شاخساره (گرم)	Root fresh weight (g) وزن تر ریشه (گرم)
Control	Non-inoculated	42.5 ± 4.43 gh	26.25 ± 1.25 jk	7.08 ± 0.42 c-f	8.59 ± 0.22 ef
EM® 5%		46.5 ± 4.65 fg	29.56 ± 1.19 hi	7.73 ± 0.31 abc	9.02 ± 0.35 cde
EM® 10%		51.75 ± 5.37 de	33.5 ± 1.73 efg	7.94 ± 0.89 a	9.25 ± 0.84 bcd
EM® 15%		53.5 ± 3.5 d	34.61 ± 2.44 def	8.01 ± 0.38 a	9.51 ± 0.40 bc
EM® 20%		59 ± 2.94 abc	bc 38.74 ± 3.09	8.16 ± 0.49 a	9.59 ± 0.29 b
EM® + marigold 5%		53 ± 2.94 d	31.75 ± 1.70 fgh	7.52 ± 0.14 a-e	8.42 ± 0.41 f
EM® + marigold 10%		56 ± 0.81 bcd	37.35 ± 1.89 bcd	7.58 ± 0.31 a-d	8.69 ± 0.45 ef
EM® + marigold 15%		59.25 ± 2.98 ab	b 39.88 ± 1.22	7.81 ± 0.34 ab	8.64 ± 0.39 ef
EM® + marigold 20%		63.75 ± 2.5 a	43.24 ± 2.61 a	7.96 ± 0.35 a	8.91 ± 0.12 def
Control	Inoculated	39 ± 3.16 h	25 ± 1.41 k	6.14 ± 0.28 g	9.29 ± 0.20 bcd
EM® 5%		44 ± 3.74 gh	27.5 ± 2.38 ijk	6.47 ± 0.25 fg	9.36 ± 0.23 bcd
EM® 10%		47.5 ± 5.8 efg	31 ± 1.82 gh	6.61 ± 0.80 fg	9.37 ± 0.22 bcd
EM® 15%		51.5 ± 2.38 def	31.5 ± 2.08 gh	6.83 ± 0.65 efg	9.72 ± 0.31 b
EM® 20%		56.25 ± 5.05 bcd	34.5 ± 1.73 def	7 ± 0.31 def	9.7 ± 0.39 b
EM® + marigold 5%		47 ± 0.81 efg	29 ± 2.45 hij	6.83 ± 1.10 efg	9.37 ± 0.38 bcd
EM® + marigold 10%		51.25 ± 3.30 def	32.7 ± 1.99 fg	6.89 ± 0.23 def	9.28 ± 0.19 bcd
EM® + marigold 15%		54 ± 1.63 cd	34.5 ± 1.29 def	7.08 ± 0.28 c-f	10.28 ± 0.25 a
EM® + marigold 20%		59.5 ± 4.04 ab	36.16 ± 2.66 cde	7.17 ± 0.25 b-f	10.48 ± 0.35 a

اعداد میانگین پنج تکرار ± خطای استاندارد آورده شده است. حروف مشابه لاتین نشان دهنده‌ی عدم تفاوت معنی‌دار بین تیمارها در سطح احتمال ۱ درصد می‌باشد.

Data are means of five replicates ± standard error. Values followed by the same letters in each column are not significantly different ($P \leq 0.01$).

معدنی‌سازی ترکیبات آلی توسط موجودات هتروتروف و تثبیت نیتروژن توسط موجودات اتوتروف تولید می‌شوند (۲۸). مطالعات مختلف نقش ترکیبات ارگانیک اسید از جمله هیومیک اسید در کاهش جمعیت و خسارت نماتدهای ریشه‌گرهی را به اثبات رسانده است (۳۰ و ۳۶).

در مطالعه‌ای مشخص شد که استفاده از EM باعث رشد زودرس میوه و رشد ریشه گیاه گوجه‌فرنگی می‌شود (۲۳) که این نتیجه با نتایج مطالعه حاضر مبنی بر افزایش وزن تر ریشه گوجه‌فرنگی همسو می‌باشد. افزایش حجم ریشه باعث افزایش شاخص‌های طول، وزن تر و خشک شاخساره گیاه می‌شود. EM اثر مواد آلی را به عنوان کود

همچنین کنترل قارچ‌های بیماری‌گر *Rhizoctonia solani*، *Phytophthora* spp.، *Pythium* spp.، *Fusarium* spp. و *Sclerotium rolfsii* در خاک‌های تیمار شده با EM مشاهده شده است. دلیل این امر تغییر در ساختار و محیط خاک می‌باشد که باعث افزایش هوادهی و خشک شدن خاک می‌شوند (۳۳). این مکانیسم‌ها نیز می‌توانند دلیلی بر کاهش جمعیت نماتد *M. javanica* در مطالعه حاضر باشند. در مطالعه‌ای مشخص شد که کاربرد EM در خاک باعث کاهش pH خاک می‌شود. دلیل این کاهش به دلیل تولید ترکیبات ارگانیک اسید (organic acids) از جمله هیومیک اسید، آمینواسید، گلیسین و سیستئین می‌باشد. این ترکیبات در طی فرایند

نمو بهینه گیاه و افزایش مقاومت در برابر بیمارگرهای گیاهی می‌شوند (۲۵). در مطالعه حاضر مشخص شد که مخلوط EM[®] + عصاره برگ گیاه گل جعفری در غلظت ۲۰٪ در مقایسه با سایر تیمارها به عنوان بهترین تیمار در کاهش جمعیت نماتد *M. javanica* می‌باشد. با توجه به نتایج حاصل، بررسی نقش EM در کاهش خسارت نماتدهای انگل گیاهی به عنوان روشی ایمن و کارا به منظور برقراری کشاورزی پایدار در سطح گلخانه و مزرعه توصیه می‌گردد.

افزایش می‌دهد که این دلیلی بر تأثیر بیشتر EM در ترکیب با عصاره گیاه گل جعفری در مطالعه حاضر می‌باشد. ترکیب EM همراه با کود سبز (*Gliricidia sepium*) موجب افزایش معنی‌دار شاخص‌های رویشی گوجه‌فرنگی در مقایسه با کودهای شیمیایی شد (۱۷). کاربرد EM باعث افزایش معنی‌دار میزان فتوسنتز و رشد و عملکرد گیاه می‌شود (۳). همچنین مشخص شده که EM باعث افزایش مقاومت گیاه به تنش خشکی، افزایش معدنی شدن کربن، بهبود ساختار خاک و رشد و توسعه ریشه در خاک می‌شود که همه این موارد باعث رشد و

منابع

1. Alikarami M., Charehghani H., and Abdollahi M. 2017. Nematicidal activity of some plant extracts on root-knot nematode on tomato (*Solanum lycopersicum*) *in vitro* and *in vivo* conditions. Iranian Journal of Plant Protection Science 48(2): 317-326. (In Persian with English abstract)
2. Ansari S., Charehghani H., and Ghaderi R. 2019. Resistance of ten common medicinal plants to the root-knot nematode *Meloidogyne javanica*. Hellenic Plant Protection Journal 12: 6-11.
3. Chantal K., Xiaohou S., Weimu W., and Basil T.I.O. 2010. Effects of effective microorganisms on yield and quality of vegetable cabbage comparatively to nitrogen and phosphorus fertilizers. Pakistan Journal of Nutrition 9: 1039-1042.
4. Chapuis-Lardy L., Diakhate S., Djigal D., BA A.O., Dick R.P. Sembene P.M., and Masse D. 2015. Potential of sahelian native shrub materials to suppress the spiral nematode *Helicotylenchus dihystera*. Journal of Nematology 47(3): 214-217.
5. Compant S., Duffy B., Nowak J., Clement C., and Barka E.A. 2005. Use of plant growth promoting bacteria for biocontrol of plant diseases: principles, mechanisms of action, and future prospects. Applied and Environmental Microbiology 71: 4951-4959.
6. Condor A.F., Gonzalez P., and Lakre C. 2007. Effective microorganisms: Myth or reality? The Peruvian Journal of Biology 14: 315-319.
7. Dehghanian S.Z., Abdollahi M., Charehghani H., and Niazi A. 2020. Combined application of salicylic acid and *Pseudomonas fluorescens* CHA0 on the expression of *PR1* gene and control of *Meloidogyne javanica* in tomato. Biological Control 141: 104134. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2019.104134>.
8. Dourado D.P., de Oliveira Lima F.S., and Muraishi C.T. 2013. Nematicidal activity *in vitro* and *in vivo* of neem oil on *Meloidogyne incognita*. Brazilian Journal of Applied Technology for Agricultural Science 6(1): 63-68.
9. Hashemi S., Abdollahi M., and Charehghani H. 2017. Inhibitory effect of *Quercus brantii* L. extract on *Meloidogyne javanica*, the causal agent of root-knot disease, in tomato plants. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 33(1): 39-50. (In Persian with English abstract)
10. Higa T. 1991. Effective microorganisms: a biotechnology for mankind. p. 8-14. In J.F. Parr, S.B. Hornick and C.E. Whitman (eds.). First International Conference on Kyusei Nature Farming. Washington, DC, USA.
11. Huang W.K., Cui J.K., Liu S.M., Kong L.A., Wu Q.S., Peng H., He W.T., Sun J.H., and Peng D.L. 2016. Testing various biocontrol agents against the root-knot nematode (*Meloidogyne incognita*) in cucumber plants identifies a combination of *Syncephalastrum racemosum* and *Paecilomyces lilacinus* as being most effective. Bioological Control 92: 31-37.
12. Hussey R.S., and Barker K.R. 1973. A comparison of methods of collecting inocula of *Meloidogyne* spp. including a new technique. Plant Disease Reporter 57: 1025-1028.
13. Jepson S.B. 1987. Identification of root knot nematodes. Cambrian News Ltd. CABI, Wallingford, UK.
14. Kennedy I.R., Choudhury A., and Kecskes M.L., 2004. Non-symbiotic bacterial diazotrophs in crop-farming systems: can their potential for plant growth promotion be better exploited? Soil Biology and Biochemistry 36: 1229-1244.
15. Khan I.A., Sayed M., Shaukat S.S., and Handoo Z.A. 2008. Efficacy of four plant extracts on nematodes associated with papaya in Sindh, Pakistan. Nematologia Mediterranea 36(1): 93-98.
16. Khan M.S., Zaidi A., and Wani P.A. 2007. Role of phosphate-solubilizing microorganisms in sustainable agriculture: a review. Agronomy for Sustainable Development 27: 29-43.
17. Marambe B., and Sangakkara U.R. 1996. Effect of EM on weed populations, weed growth and Tomato production in Kyusei nature farming. <http://www.futuretechtoday.net/em/index2.htm> 6.htmlnt growth.
18. Mayer J., Scheid S., Widmer F., Fliessbach A., and Oberholzer H.R. 2010. How effective are 'Effective microorganisms' (EM)? Results from a field study in temperate climate. Applied Soil Ecology 46: 230-239.

19. Moazezikho A., Charehgani H., Abdollahi M., and Rezaei R. 2020. The evidence for inhibitory effect of *Pseudomonas fluorescens* CHA0 and aqueous extracts of *Datura stramonium* and *Myrtus communis* on tomato plants infected with *Meloidogyne javanica* (Tylenchida: Heteroderidae). Egyptian Journal of Biological Pest Control 30: 15. <https://doi.org/10.1186/s41938-020-00217-0>
20. Mohan B. 2008. Evaluation of organic growth promoters on yield of dryland vegetable crops in India. Journal of Organic Systems 3: 23-36.
21. Mosahaneh L., Charehgani H., Abdollahi M., and Rezaei R. 2020. Biological control agents in the management of different initial population densities of *Meloidogyne javanica* in tomato. Acta Phytopathologica et Entomologica Hungarica 55(2): 161-170.
22. Mozafaryan S., Abdollahi M., and Charehgani H. 2017. Inhibitory effects of *Prangos ferulacea* and *Satureja hortensis* on root knot nematode, *Meloidogyne javanica*. Iranian Journal of Plant Pathology 52(4): 445-464. (In Persian with English abstract)
23. Ncube L., Minkeni P.N.S., and Brutsch O. 2011. Agronomic suitability of effective microorganisms for tomato production. African Journal of Agricultural Research 6: 650-654.
24. Nicol J.M., Turner S.J., and Coyne D.L. 2011. Current nematode threats to world agriculture. p. 21-43. In J. Jones, G. Gheysen, and C. Fenoll (eds.). Genomics and Molecular Genetics of Plant-Nematode Interactions. Springer, Berlin.
25. Olle M. 2020. Review: Bokashi technology as a promising technology for crop production in Europe, The Journal of Horticultural Science and Biotechnology DOI:10.1080/14620316.2020.1810140.
26. Osman H.A., El-Gindi A.Y., Taha H.S., El-Kazzaz A.A., Youssef M.M.A., Ameen H.H., and Lashein A.M. 2008. Biological control of root-knot nematode *Meloidogyne incognita* and evaluation of the nematicidal effects of *Tagetes erecta* tissue culture under laboratory and greenhouse conditions. Egyptian Journal of Phytopathology 35(1-2): 33-44.
27. Rafiee F., Charehgani H., and Abdollahi M. 2019. Evaluation of burdock and mountain almond leaf extracts against *Meloidogyne javanica* on tomato. Archives of Phytopathology and Plant Protection 52(11-12): 1035-1047.
28. Sarwar G., Naseem A.R., and Mujeeb F. 2009. Efficiency of various organic materials for improving chemical characteristics of normal soil. Pakistan Journal of Botany 40(5): 2107-2113.
29. Schenck zu Schweinsberg-Mickan M., and Müller T. 2009. Impact of effective microorganisms and other biofertilizers on soil microbial characteristics, organic-matter decomposition, and plant growth. Journal of Plant Nutrition and Soil Science 172(5): 704-712.
30. Seenivasan N., and Senthilnathan S. 2017. Effect of humic acid on *Meloidogyne incognita* (Kofoid and White) Chitwood infecting banana (*Musa* spp.). International Journal of Pest Management 64(2): 110-118.
31. Subadiyasa N.N. 1997. Effective microorganisms (EM) technology: its potential and prospect in Indonesia. Majalah Ilmiah Fakultas Pertanian Universitas Udayana 16: 45-51.
32. Taylor A.L., and Sasser J.N., 1978. Biology, identification, and control of root-knot nematodes (*Meloidogyne* species). Raleigh, North Carolina, US.
33. Tokeshi H., Alves M.C., Sanches A.B., and Harada D.Y. 2010. Effective microorganisms for controlling the phytopathogenic fungus *Sclerotinia sclerotiorum* in Lettuce. <http://emrojan.com/emdb/content/12>.
34. 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.
35. Wijesinghe D., and Sangakkara R. 2014. Successful potato production in nature farming with effective microorganisms – A case study. p. 995-997. In G. Rahmann and U. Aksoy (eds.). Proceedings of the 4th ISOFAR Scientific Conference. 'Building Organic Bridges', at the Organic World Congress. Istanbul, Turkey.
36. Yass S.T.A., Ammar A., Aish A.A., Al-Sandoq D.L.E., and Mostafa M.M. 2020. Activity of humic acid against root knot nemaodes on tomato. Plant Archives 20(Supplement 1): 1-3.



Evaluation of Effective Microorganisms (EM[®]) against Root-Knot Nematode (*Meloidogyne javanica*) in Tomato

H. Charehgani^{1*}- S. Mahdi²

Received: 30-12-2020

Accepted: 21-05-2021

Introduction: Plant-parasitic nematodes cause significant yield losses in a wide range of crops. Root-knot nematodes (*Meloidogyne* spp.) are the most important plant-parasitic nematodes, because they widely distributed all around the world and have wide host range. Chemical nematicide is one of the primary means of control for plant-parasitic nematodes. Due to negative impact of synthetic nematicides, it will be necessary to develop other management strategies for plant-parasitic nematodes which are safe for the environment and humans. Latest interest in organic farming lead to substitution for conventional nematicides by low-risk compounds such as natural products derived from plants. Also, biological control is an interesting option to control these nematodes. Effective microorganisms (EM[®]) consist of a mixture of live cultures of microorganisms such as photosynthetic bacteria, which they are reported to reduce the incidence of pathogenic microorganisms.

Materials and Methods: In the present study, the aerial parts of the marigold (*Tagetes erecta*) were collected from Shiraz, Iran. Marigold leaves dried in shade and finely grinded using an electric grinder and a stock solution (10% w/v) was prepared. Seeds of tomato (cv. Early-Urbana) were sown in plastic pots containing 1500 g of a sterilized mixture of farm soil (sandy loam soil) and cow manure. The pots were kept under greenhouse conditions with 16:8 h light to dark photoperiod and 27 ± 4 °C. Four-leaf stage seedlings were soil-drenched (50 ml per plant) with EM[®] or a mixture of equal amount of EM[®]+ marigold leaf extract at the rate of 5, 10, 15 and 20% and simultaneously inoculated with a suspension of *M. javanica* (6000 eggs per pot). The experiment was carried out in a completely randomized design with five replications. Sixty days after nematode inoculation, plants were harvested and the vegetative indices including shoots length, shoot fresh and dry weight and root fresh weight and the nematode population indices including the number of eggs as described by Hussey and Barker (1973), number of galls and egg masses per root system as described by Taylor and Sasser (1978) and the number of second stage juveniles (J2s) in the pot were recorded. Finally, the reproduction factor calculated as described by Sasser and Taylor (1978). Data were subjected to one-way analysis of variance (ANOVA) for plant growth parameters and two-way ANOVA for nematode population indices using SAS 9.1 program (Statistical Analysis System Institute Inc., USA). Treatment means were compared using least significance differences (LSD) at $p < 0.01$.

Results and Discussion: Results showed that soil drenching of EM[®] and EM[®]+ marigold leaf extract increased the plant growth parameters on inoculated and non-inoculated plants as compared to control. The treatment with EM[®]+ marigold leaf extract at the rate of 20% was the most effective treatment and increased shoot length, shoot fresh weight and shoot dry weight of non-inoculated plants by 33, 39 and 11% respectively, as compared to non-inoculated control plants. In the case of inoculated plants, shoot length, shoot fresh weight, shoot dry weight and root fresh weight of treated plants with EM[®]+ marigold leaf extract at the rate of 20% were 34, 31, 15 and 11% higher than inoculated control plants. The number of eggs and egg masses per root system and the reproduction factor were significantly reduced in treated plants with EM[®]+ marigold leaf extract at the rate of 15 and 20%. EM[®]+ marigold leaf extract at the rate of 20% reduced the number of eggs, galls, egg masses per root system and the reproduction factor by 28, 40, 37 and 27% respectively, as compared to control. The lowest numbers of egg masses were observed in the root system of tomato plants treated with EM[®]+ marigold leaf extract at the rate of 20%. It had significant difference than other treatments, except EM[®] at the rate of 20%. These data for the first time in Iran, suggest that EM[®] might have utility in controlling root-knot nematodes. A mixture of EM[®] and marigold leaf extract was more effective than alone application of EM[®] for control of *M. javanica*. Findings from this study, suggest that a mixture of equal amount of EM[®] and marigold leaf extract at the rate of 20% reduced *M. javanica* reproduction rates in tomato plants grown in greenhouse.

Keywords: Biological control, Greenhouse, Marigold leaf extract, Nematode indices, Plant growth indices

1 and 2- Assistant Professor and M.Sc. Student of Plant Protection, College of Agriculture, Yasouj University, Yasouj, Iran, respectively.

(*- Corresponding Author Email: H.charehgani@yu.ac.ir)

DOI: 10.22067/JPP.2021.67213.0



مقاله پژوهشی

ارزیابی کنه‌کش انویدور اسپید ۲۴ درصد اس سی در کنترل کنه قرمز مرکبات در استان مازندران

مسعود اربابی^{۱*} - شعبانعلی مافی^۲ - پاشاکلانی^۲ - مولود غلام زاده چیتگر^۳ - مجتبی خانی^۴

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۲/۰۹

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۶/۰۸

چکیده

استفاده کنه‌کش‌ها از گروه‌های شیمیایی جدید در تناوب مصرف علیه کنه‌های آفت از کاهش کارایی آنها جلوگیری می‌کند. در این بررسی، تاثیر غلظت‌های ۰/۳ و ۰/۲ در هزار کنه‌کش جدید انویدور اسپید ۲۴٪ اس سی با کنه‌کش‌های آلی، سموم گیاهی، معدنی و دترجنت (شوینده) علیه جمعیت فعال کنه قرمز مرکبات در شرق و غرب استان مازندران مطالعه شد. محلولپاشی تیمارها با ملاحظه میانگین جمعیت ۵ کنه فعال در سطح فوقانی ۳۰٪ نمونه برگ‌ها انجام شد. کارایی هر تیمار از طریق جمع‌آوری تصادفی تعداد ۴۸ نمونه برگ و شمارش جمعیت زنده کنه در سطح فوقانی برگ در فواصل یک روز قبل و ۳، ۷، ۱۴ و ۲۱ روز بعد صورت گرفت. تاثیر سوء تیمارها روی دشمنان طبیعی با شمارش جمعیت آنها یک روز قبل و در مقایسه با ۲۱ روز بعد و برای تعیین خسارت کمی کنه از توزین ۱۶ پرتقال برای هر تیمار یک ماه بعد از محلولپاشی در سه نوبت به فاصله یک‌ماه تکرار شد. نتایج تلفات کنه از تاثیر هر دو غلظت انویدور- اسپید تا نوبت ۲۱ روز بعد با کنترل کنه آفت همراه شد و میانگین بالای ۱۸/۰۱ جمعیت کنه روی هر برگ در کارایی انویدور اسپید خللی ایجاد نکرد. تلفات کنه از تاثیر کنه‌کش‌های ارگانیک (بایومایت، مایع معدنی سیلیکون، دترجنت) و آلی (انویدور، آبامکتین، اورتوس) در شرق نسبت به غرب استان بیشتر بود. بیشترین کاهش دشمنان طبیعی از تاثیر غلظت ۰/۳ در هزار انویدور-اسپید و بایومایت و کمترین برای دترجنت ملاحظه شد. اثرات سوء تیمارها روی کنه اوربایتیده (*Scheloribates* sp.) کم و برای کنه‌های شکارگر (*Amblyseius herbicolus*)، *Typhlodromus caspiensis* بیشتر مشاهده شد. خسارت کمی کنه روی وزن میوه تفاوت معنی‌داری ($p > 0.05$) در بین تیمارها نداشت. با استفاده از غلظت کمتر انویدور اسپید در شروع فعالیت کنه آفت تا ۳۳ درصد از مصرف آن صرفه‌جویی خواهد شد.

واژه‌های کلیدی: پرتقال، کنترل، کنه آفت، کنه‌کش جدید، مازندران

مقدمه

limon، لیمو شیرین (*C. limetta*) و غیره قرار دارد. در این استان ۳۳ درصد مرکبات کشور تولید می‌شود (۱). کشت مرکبات در بیش از ۱۴۰ کشور در جهان رایج است و سطح زیر کشت آن بیش از ۸۳۲۲۶۰۵ هکتار (بیش از هشت میلیون هکتار) و تولید آن ۱۱۵۶۵۰۵۴۵ تن (بیش از یک صد و پانزده میلیون تن) اعلام شده است (۱۳). تولید مرکبات در ایران بعد از کشورهای چین و هند رتبه سوم در آسیا و ششم را در جهان دارد (۱۳).

در ارقام مختلف مرکبات در جهان بالغ بر ۱۰۴ گونه از کنه‌های گیاهی متعلق به هفت خانواده (*Phytoptidae* Murray, *Eriophyidae* Nalepa, *Diptilomiopidae* Kerifer, *Tarsonemidae* Canestrini and Fanzago, *Tenuipalpidae* Berlese, *Tuckerellidae* Baker and *Tetranychidae* (Donnadieu)) تاکنون شناسایی و معرفی شده‌اند (۲۵). از این تعداد،

در استان مازندران بیش از ۱۱۱ هزار هکتار باغات مرکبات وجود دارد و بیشترین آن تحت پوشش ارقام پرتقال (*Citrus sinensis*) و نارنگی/ تنجیرین (*tangerine*) (*C. reticulata*) و تا حدودی گریپ فروت (*C. paradisi*)، نارنج (*C. aurantium*)، لیمو ترش (*C.*

۱ و ۴- به ترتیب استاد پژوهش و کارشناس ارشد گیاهپزشکی، بخش تحقیقات جانورشناسی کشاورزی، مؤسسه تحقیقات گیاهپزشکی کشور
(*) - نویسنده مسئول: (Email: marbabi18@yahoo.com)

۲ و ۳- استادیاران پژوهش بخش تحقیقات گیاهپزشکی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان مازندران، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ساری، ایران

۶۰ گونه متعلق به خانواده کنه‌های تارتین (Tetranychidae) می‌باشند (۲۰ و ۲۱)، با این حال فقط چند گونه فعالیت دائمی و خسارت‌زای روی مرکبات در جهان دارند. در ایران سه گونه از کنه‌های خسارت‌زای مرکبات شامل کنه زنگار یا نقره‌ای (Citrus rust mite) (*Phyllocoptruta oleivora* (Ashmead))، کنه قرمز مرکبات (*Panonychus citri* (McGregor)) در شمال کشور (۴) و کنه‌ی قهوه‌ای مرکبات (*Eutetranychus orientalis* Kelen) طی ماه‌های گرم و خشک فصول بهار-پائیز روی ارقام مختلف پرتقال در جنوب کشور توسط سموم مبارزه می‌شوند و به عنوان کنه‌های آفت مهم مرکبات با استفاده از کنه‌کش‌ها کنترل می‌شوند (۳).

فعالیت خسارت‌زای کنه قرمز مرکبات از اوایل بهار همراه با افزایش دما و کاهش بارندگی در شمال کشور شدت می‌یابد. این کنه برای تغذیه از سبزینه سلول‌های برگ و حتی پوسته سبز شاخه‌های جوان از کلیسر سوزنی استفاده و با تخلیه سبزینه سلول‌های برگ علائمی به صورت لک‌های سوزنی زرد رنگ روی سلول‌های تغذیه شده ایجاد و به مرور زمان و با افزایش علائم، برگ‌های آسیب دیده به رنگ قهوه‌ای تغییر می‌یابد و دچار ریزش زود هنگام در قسمتی یا کل درخت مرکبات می‌شود (۵). نزدیک به هفت دهه از آفت‌کش‌های شیمیایی علیه کنه‌های آفت در شمال کشور استفاده می‌شود. اولین بار از گرد سولفور برای کنترل جمعیت و خسارت کنه زنگار مرکبات در غرب مازندران در سال ۱۳۳۲ استفاده شد (۲۶). با گسترش باغات مرکبات، تغییرات آب و هوایی، افزایش میانگین دما، کاهش میزان بارندگی و توسعه چندین برابری باغات مرکبات استان مازندران نسبت به دهه ۱۳۷۰ و از سوی دیگر سوء مدیریت مصرف کنه‌کش‌ها علیه دو گونه کنه آفت (زنگار و قرمز مرکبات) و سایر حشرات آفت مرکبات، برهم خوردن تعادل اکولوژیک، کاهش فعالیت دشمنان طبیعی، افزایش وابستگی به مصرف کنه‌کش‌ها را باعث گردیده است (۵، ۶ و ۷) یکی از روش‌های مقابله با کاهش کارایی کنه‌کش‌هایی که دائماً مصرف می‌شوند، معرفی ترکیبات شیمیایی جدید برای استفاده در تناوب مصرف با سایر کنه‌کش‌ها و قابلیت‌های تاثیرگذاری روی مراحل زیستی کنه آفت، عدم ایجاد آثار سوء سمیت بصورت برگ‌سوزی و غیره روی میزبان گیاهی و دشمنان طبیعی کنه آفت است (۹). در این راستا و در ربع قرن اخیر کنه‌کش‌های ماندگزی تیاژوکس ۱۰ درصد ای سی (Hexythiazox 10% EC)، ورتی مک ۱/۸ درصد ای سی (Vertimec 1.8% EC)، سان مایت ۲۰ درصد دابلیو پی (Pyridaben, 20% WP)، انویدور ۲۴۰ اس سی (Spirodiclofen) از گروه جدید تترانیک اسیدها علیه کنه زنگار مرکبات (۵)، فن پیروکسی میت ۵ درصد اس سی (Fenpyroximate 5% SC) (۷)، اسپیرودیکلوفن ۲۴۰ اس سی علیه کنه قرمز مرکبات (۷)، کنه‌کش بایوک دارای ماده موثره ورتی مک علیه کنه قرمز مرکبات در استان

مازندران معرفی شده‌اند (۶).

کنه‌کش جدید انویدور اسپید ۲۴٪ اس سی از ترکیب ۲۲۲ گرم ماده موثره اسپیرودیکلوفن و ۱۸ گرم ماده موثره آبامکتین ساخته شده و جهت کنترل جمعیت کنه‌های خسارت‌زا درختان میوه دانه‌دار، هسته‌دار و خشکبار توصیه شده است و مطالعات بسیار کمی درباره کارایی آن علیه کنه‌های آفت در منابع علمی به چاپ رسیده است. نتایج ارزیابی کنه‌کش انویدور-اسپید علیه کنه تارنکبوتی (*Eotetranychus hirsti* P.&B) در انجیرستان‌های منطقه استهبان استان فارس (۱۴) و مطالعه درباره کارایی دو غلظت آن در کنترل کنه قرمز اروپائی درختان سیب در سه استان آذربایجان غربی، شرقی و خراسان رضوی انجام و غلظت ۰/۴ در هزار آن را با تلفات ۹۷ درصد کنه آفت در نوبت ۲۸ روز بعد روی درختان سیب گزارش می‌کنند (۲۳). سوابق تحقیقاتی درباره ارزیابی ماده موثره اسپیرودیکلوفن در ایران نزدیک به ۱۶ سال و در جهان زمانی بیشتر است (۱۹) و درباره سابقه استفاده از ماده موثره آبامکتین در ایران و جهان بیش از سه دهه می‌باشد. نتایج استفاده از غلظت ۰/۴ در هزار کنه‌کش/حشره‌کش آبامکتین در ترکیب با روغن باغبانی، حداکثر برای سه نوبت به فاصله یک ماه در شرایط در میانگین دمای بیش از ۳۶ درجه سانتی‌گراد در ایالت فلوریدای امریکا مؤثر اعلام می‌شود (۱۰). کارایی تاثیر آبامکتین در مقایسه با ۲۸ کنه/حشره و قارچ‌کش در کنترل تلفیقی و با استفاده از کنه شکارگر (*Amblyseius longispinosus* (Evans)) روی مراحل تخم و نابالغ کنه شکارگر بی خطر و روی جمعیت بالغ کنه شکارگر پرخطر از کشور تایلند گزارش می‌شود (۱۷).

کنه‌کش انویدور-اسپید با ایجاد سمیت روی سیستم عصبی و مراحل رشدی کنه آفت باعث تلفات می‌شود. در این بررسی دو غلظت این کنه‌کش (۰/۲ و ۰/۳ در هزار) در مقایسه با کنه‌کش‌های آلی و ارگانیک دارای پایه گیاهی و معدنی روی جمعیت فعال کنه قرمز مرکبات، دشمنان طبیعی و تاثیر کمی وزن میوه پرتقال رقم تامسون در شرق و غرب استان مازندران ارزیابی شد.

مواد و روش‌ها

کارایی دو غلظت ۰/۲ و ۰/۳ در هزار کنه‌کش انویدور اسپید ۲۴٪ اس سی (Envidor-Speed 240 SC) تهیه شده از ترکیب ۲۲۲ گرم ماده موثره اسپیرودیکلوفن و ۱۸ گرم ماده موثره آبامکتین علیه جمعیت فعال کنه قرمز مرکبات رقم تامسون پرتقال در سال ۱۳۹۶ مطالعه شد. از غلظت ۰/۳ در هزار کنه‌کش انویدور ۲۴٪ اس سی (spirodiclofen 24% SC)، غلظت ۰/۲ در هزار کنه‌کش/حشره‌کش آبامکتین ۱/۸٪ ای سی (vertimec, 1.8% EC) + ۲۵۰ سی سی روغن در ۱۰۰ لیتر آب، غلظت ۰/۵ در هزار کنه‌کش فن‌پیروکسی میت (fenpyroximate 5% SC) با بیش از ۲۵ سال سابقه مصرف

در باغات مرکبات استان مازندران، از غلظت ۲/۵ در هزار کنه‌کش گیاهی بايومیت (biomite) ساخت کشور فرانسه، از ۱/۵ درصد مایع ظرفشویی گلی، از ۵ درصد مایع سیلیکون ساخت داخل کشور که تاثیر بازدارنده بر تغذیه کنه دارد در مقایسه با تیمار شاهد (آب‌پاشی) استفاده شد. کارائی تیمارها در دو منطقه شرق استان مازندران با بارش کمتر و غرب آن با بارش‌های بیشتر مورد مقایسه قرار گرفت. در طرح آماری بلوک‌های کامل تصادفی از ۹ تیمار در چهار تکرار و هر تکرار شامل ۲ درخت پرتقال رقم تامسون که از نظر سن و کانوپی تقریباً مشابه بودند استفاده شد. زمان محلولپاشی تیمارها از طریق نمونه‌برداری تصادفی ۲۰۰ نمونه برگ و پس از ملاحظه میانگین جمعیت فعال ۵ کنه قرمز مرکبات در سطح فوقانی ۳۰٪ نمونه برگ‌ها صبح زود انجام شد. برای تعیین کارائی هر تیمار اقدام به جمع‌آوری تصادفی حداقل ۴۸ نمونه برگ از قسمت‌های مختلف سطح میانی درختان پرتقال در فواصل یک روز قبل، ۳، ۷، ۱۴ و ۲۱ روز بعد و شمارش جمعیت زنده کنه در سطح فوقانی برگ توسط میکروسکوپ بینوکولار انجام شد. با تبدیل داده‌های خام به درصد تلفات توسط فرمول هندرسون - تیلتون، برای تجزیه آماری میانگین درصد تلفات از نرم‌افزار SAS و گروه‌بندی تیمارها از آزمون چند دامنه‌ای دانکن استفاده شد. تاثیر سوء احتمالی تیمارها روی جمعیت کنه‌های شکارگر (شامل زیر راسته پیش استیگمایان (Prostigmata) و راسته میان استیگمایان (Mesostigmata) از طریق جمع‌آوری آنها یک روز قبل در مقایسه با ۲۱ روز بعد از محلولپاشی تعیین گردید. تاثیر تیمارها در کنترل خسارت کمی کنه قرمز مرکبات با جمع‌آوری تصادفی تعداد ۱۶ پرتقال از هر تیمار و توزین آنها در فواصل یک ماه بعد از محلولپاشی و در سه نوبت پیاپی در مقایسه با خسارت کنه آفت روی تیمار شاهد انجام شد.

نتایج

الف: شرق استان مازندران (ساری)

میانگین جمعیت کنه قرمز مرکبات در مرداد ماه قبل از محلولپاشی تیمارها در شرق مازندران روی سطح فوقانی برگ درختان پرتقال رقم تامسون نسبت به شرایط در نظر گرفته شده (میانگین ۵ کنه) در تمامی تیمارها بیشتر ملاحظه شد. حداقل میانگین جمعیت ۹/۴۱ کنه برای تیمار انویدور ۰/۳ در هزار و بیشترین ۱۸/۰۱ کنه برای تیمار سیلیکون ۵ درصد ثبت گردید (شکل ۱). درصد آلودگی نمونه برگ‌ها به جمعیت کنه فعال بیش از دو برابر شرایط پیش‌بینی شده در تیمارها در شرق استان مازندران ملاحظه شد.

نتایج تجزیه میانگین درصد تلفات جمعیت مراحل فعال کنه قرمز مرکبات در میان هشت تیمار در نوبت‌های نمونه‌برداری ۳ روز ($F=3.67$, $df=3,7$, $p>0.0131$)، ۷ روز ($F=3.76$,

$df=3,7$, $p>0.0038$)، ۱۴ روز ($F=2.99$, $df=3,7$, $p>0.0131$) و ۲۱ روز ($F=3.20$, $df=3,7$, $p>0.0074$) در سطح احتمال خطای ۵ درصد ($p<0.05$) تفاوت آماری با یکدیگر داشتند (جدول ۱). بالاترین تلفات کنه تا نوبت ۲۱ روز بعد از تاثیر هر دو غلظت انویدور اسپید ملاحظه و میانگین جمعیت ۱۵/۵۱ و ۱۶/۵۷ کنه در نمونه برگ‌های پرتقال این تیمارها تاثیری در کارائی آنها نداشت. چنین نتیجه‌ای در سایر تیمارها از تلفات کنه قرمز مرکبات از نوبت ۳ الی ۲۱ روز به جز برای کنه‌کش فن پیروکسی میت نیز به ثبت رسید (جدول ۱). روند کاهش تلفات کنه از نوبت ۳ الی ۲۱ روز بعد برای کنه‌کش فن پیروکسی میت از ۸۵/۵۵ درصد به ۵۸/۶۹ درصد با حدود ۲۸ درصد کاهش تلفات ملاحظه شد (جدول ۱). مقایسه تلفات کنه قرمز مرکبات در تیمار فن پیروکسی میت در نوبت ۲۱ روز بعد نسبت به تاثیر کنه‌کش‌های ارگانیک بايومیت، ماده معدنی سیلیکون و مایع ظرفشویی بین ۳۵ تا ۴۱ درصد کمتر شد (جدول ۱). از دلایل کاهش تاثیر این کنه‌کش به استفاده مستمر آن در ۲۵ سال اخیر در باغات مرکبات در شرق مازندران اشاره داشت که موجب ایجاد پدیده مقاومت در برخی از سوش‌های جمعیتی این کنه آفت شده است. نتایج تیمارهای بايومیت، مایع ظرفشویی و مایع سیلیکون که اولین بار و با هدف جایگزینی با برخی کنه‌کش‌های آلی پرخطر در باغات مرکبات استان مازندران ارزیابی شدند نشان داد در کاهش فعالیت کنه آفت در باغ مرکبات موثر بوده و بکارگیری آنها در تناوب مصرف هزینه‌های مبارزه علیه کنه قرمز مرکبات را کاهش می‌دهد و برای حفظ محیط زیست، دشمنان طبیعی و کاهش وابستگی به کنه‌کش‌های وارداتی یک دستاورد مطرح نمود.

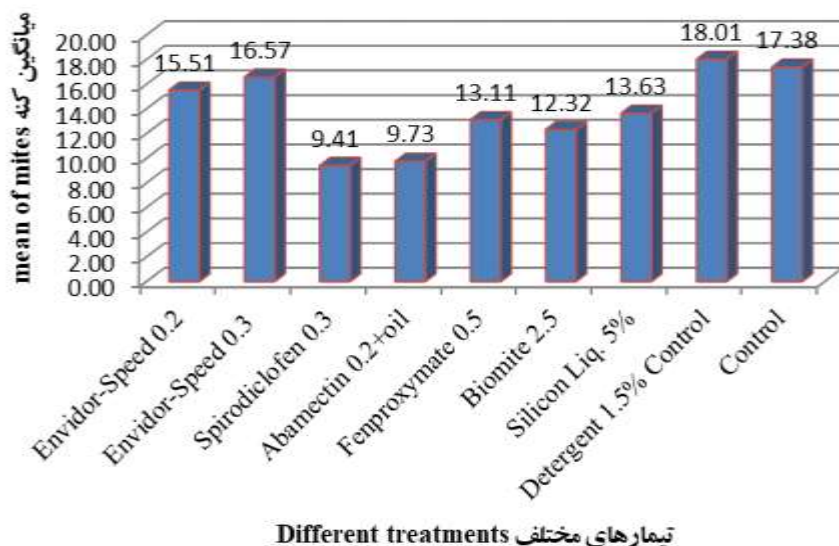
تجزیه آماری نتایج تاثیر تیمارها در مقایسه با تیمار شاهد در کنترل خسارت کمی کنه قرمز مرکبات روی وزن میوه رقم تامسون پرتقال در سه نوبت نمونه‌برداری در فواصل یک ماه ($F=0.52$, $df=3,8$, $p>0.7945$)، دو ماه ($F=0.95$, $df=3,8$, $p>0.6464$) و سه ماه ($F=0.67$, $df=3,8$, $p>0.8426$) بعد از محلولپاشی تیمارها تفاوت آماری در سطح احتمال ۵ درصد ایجاد نکرد ($p>0.05$) و تمامی تیمارها در گروه a آزمون دانکن قرار گرفتند (جدول ۲) و افزایش میانگین وزن میوه در مدت ۳ ماه به بیش از دو برابر رسید (جدول ۲).

ب: غرب مازندران (تنکابن، خشک‌داران)

میانگین جمعیت فعال کنه قرمز مرکبات در مرداد ماه در سطح فوقانی برگ درختان پرتقال رقم تامسون در منطقه تنکابن در غرب استان مازندران بین ۲ الی ۴ کنه در زمان انجام این آزمایش در سال ۱۳۹۶ متفاوت ملاحظه شد. حداکثر میانگین جمعیت ۴ کنه برای تیمار شاهد و حداقل ۲ کنه برای تیمار مایع ظرفشویی ۱/۵ درصد ثبت شد (شکل ۲). این شرایط از حداقل میانگین جمعیت ۵ کنه فعال

خانواده Phytoseiidae (*Amblyseius herbicolus*, *Bdellus* sp.) *Bdellidae*, *Typhlodromus caspiensis*، کنه‌های پارازیتیگونا (*Trombidiidae*, *Erythraeidae*)، کنه‌های تیدئیده (*Tydeidae*)، سوسک‌های شکارگر (*Stethorus* spp.)، عنکبوت‌ها و کنه‌های مفید شامل اوریباتیده (*Scheloribates* sp.) و مقایسه جمعیت یک روز قبل آنها با ۲۱ روز بعد، با ملاحظه بیشترین جمعیت کنه‌های اوریباتیده همراه شد (جدول ۴). جابجائی کنه‌های اوریباتیده از زیستگاه طبیعی که بستر خاک تا عمق چند سانتی‌متر می‌باشد و قرار گرفتن آنها روی اندام‌های هوایی درختان پرتقال باعث اشباع شدن خاک از تاثیر بارش‌های زیاد و نامساعد شدن شرایط زیستی و جهت حفظ بقاء انجام شده در نیمه دوم سال در غرب استان مازندران توده جمعیت‌های طغیانی آنها در بارش‌های سیلابی روی تنه درختان مرکبات به دفعات قابل ملاحظه است. کمترین جمعیت کنه‌های شکارگر و مفید در نوبت ۲۱ روز بعد از محلولپاشی در مقایسه با نوبت یک روز قبل برای هر دو غلظت کنه‌کش انویدور اسپید ثبت شد (جدول ۴). جمعیت دشمنان طبیعی برای تیمارهای انویدور، آبامکتین، بایوماپت حدود ۵۰ درصد و برای تیمارها فن پیروکسی میت، مایع سیلیکون ۵ درصد و ۱/۵ درصد مایع ظرفشویی حدود ۲۰ الی ۲۵ درصد کمتر در مقایسه با نوبت یک روز قبل مشاهده شد (جدول ۴). با اینکه اثرات محلولپاشی هر دو غلظت انویدور اسپید روی جمعیت دشمنان طبیعی محدود کننده بود ولی باعث تلفات کامل کنه‌های شکارگر و مفید نشد (جدول ۴).

در نظر گرفته شده کمتر بود. تجزیه میانگین درصد تلفات جمعیت مراحل فعال کنه قرمز مرکبات بین ۸ تیمار نسبت به تیمار شاهد و نوبت‌های نمونه‌برداری ۳ روز ($F=4.26$, $df=3,7$, $p>0.0008$)، ۷ روز ($F=4.75$, $df=3,7$, $p>0.0072$)، ۱۴ روز ($F=2.94.76$, $df=3,7$, $p>0.0007$) و ۲۱ روز ($F=5.61$, $df=3,78$, $p>0.0002$) تفاوت آماری معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد ($p<0.05$) ایجاد کرد (جدول ۳). تلفات جمعیت فعال کنه قرمز مرکبات بطور کامل (۱۰۰ درصد) تحت تاثیر هر دو غلظت کنه‌کش انویدور اسپید، انویدور ۲۴۰ اس سی و کنه‌کش فن پیروکسی میت ۵ درصد اس سی طی چهار نوبت نمونه‌برداری و مدت ۲۱ روز در غرب مازندران مشاهده شد (جدول ۳). کمترین تلفات کنه برای کنه‌کش/حشره‌کش آبامکتین در اختلاط با روغن باغبانی برای نوبت‌های ۳ و ۷ روز بعد ولی در نوبت ۱۴ روز بعد با تلفات کامل کنه همراه شد در حالی که در نوبت ۲۱ روز بعد جمعیت زنده کنه در نمونه برگ‌ها مشاهده شد (جدول ۳). کارائی کنه‌کش/حشره‌کش گیاهی بایوماپت، جز برای نوبت سه روز (۷۱/۵۸ درصد)، برای نوبت‌های ۷ الی ۲۱ روز باعث تلفات کامل جمعیت فعال کنه شد (جدول ۳). حداکثر تلفات کنه از تاثیر ۱/۵ درصد مایع ظرفشویی برای نوبت ۷ روز ۶۶/۵۲ درصد و مایع سیلیکون ۵ درصد در نوبت ۱۴ روز بعد ۷۳/۲۷ درصد ملاحظه شد و تلفات کنه در این تیمارها و در سایر نوبت‌های نمونه‌برداری با کاهش مواجه شد (جدول ۳). ارزیابی تاثیر تیمارها روی جمعیت دشمنان طبیعی متعلق به



شکل ۱- میانگین جمعیت فعال کنه قرمز مرکبات قبل از محلولپاشی تیمارها در سال ۱۳۹۶ در منطقه شرق استان مازندران
Figure 1- Mean *Panonychus citri* active stages before treatments in eastern part of Mazandaran province during 2017

جدول ۱- میانگین درصد تلفات جمعیت فعال کنه قرمز مرکبات در تیمارها و نوبت های مختلف نمونه برداری در باغ پرتقال در شرق استان مازندران در سال ۱۳۹۶

Table 1- Mean mortality % of *Panonychus ulmi* active stages in different treatments and sampling times in citrus orange orchard in eastern parts of Mazandaran province during 2017

دوره نمونه برداری/تیمارها Treatments/sampling time	۳ روز بعد 3 days after	۷ روز بعد 7 days after	۱۴ روز بعد 14 days after	۲۱ روز بعد 21 days after
Envidor-Speed 240 SC 0.2 ml/l	100a	100a	100a	100a
Envidor-Speed 240 SC 0.3 ml/l	100a	100a	100a	100a
Spirodiclofen 240 SC, 0.3 ml/l	94.58a	99.21a	100a	100a
Abamectin 1.8% EC, 20ml+250ml horticultural oil/100l water	99.83a	100a	100a	99.04a
Fenpyroximate 5% SC, 0.5 ml/l	85.55b	71.86b	76.40b	58.69b
Biomite 2.5ml/l	99.35a	99.70a	100 a	99.91a
Detergent of Goli 1.5%	94.51a	95.87a	91.28a	93.93a
Mineral silicon liquid 5%	99.18 a	97.71a	100a	100 a

میانگین حروف مشابه در هر ستون از نظر آماری در سطح احتمال خطای ۵ درصد تفاوتی با یکدیگر براساس آزمون دانکن ندارند.

Means with same letters in each column are not significantly different at 5% level (Duncan test).

جدول ۲- میانگین وزن ۱۶ پرتقال رقم تامسون آلوده به جمعیت کنه قرمز مرکبات در تیمارها و نوبت های نمونه برداری در شرق مازندران در سال ۱۳۹۶

Table 2- Mean weighted of 16 orange fruits (Thomson variety) infested by *Panonychus ulmi* and controlled at different treatments and sampling times in eastern parts of Mazandaran province during 2017

دوره نمونه برداری/تیمارها Treatments/sampling time	یک ماه بعد One month after	دو ماه بعد Two months after	سه ماه بعد Three months after
Envidor-Speed 240 SC 0.2 ml/l	24.89a	35.70a	55.74a
Envidor-Speed 240 SC 0.3 ml/l	24.30a	35.87a	55.60a
Spirodiclofen 240 SC, 0.3 ml/l	24.22a	35.17a	55.00a
Abamectin 1.8% EC, 20ml+250ml horticultural oil/100l water	24.50a	35.55a	55.87a
Fenpyroximate 5% SC, 0.5 ml/l	24.77a	35.20a	55.45a
Biomite 2.5ml/l	24.25a	35.35a	55.77a
Detergent of Goli 1.5%	24.47a	35.07a	55.32a
Mineral silicon liquid 5%	24.22a	34.97a	55.20a
Control treatment (water sprayed)	24.60a	32.20a	55.37a

میانگین حروف مشابه در هر ستون از نظر آماری در سطح احتمال خطای ۵ درصد تفاوتی با یکدیگر براساس آزمون دانکن ندارند.

Means with same letters in each column are not significantly different at 5% level (Duncan test).

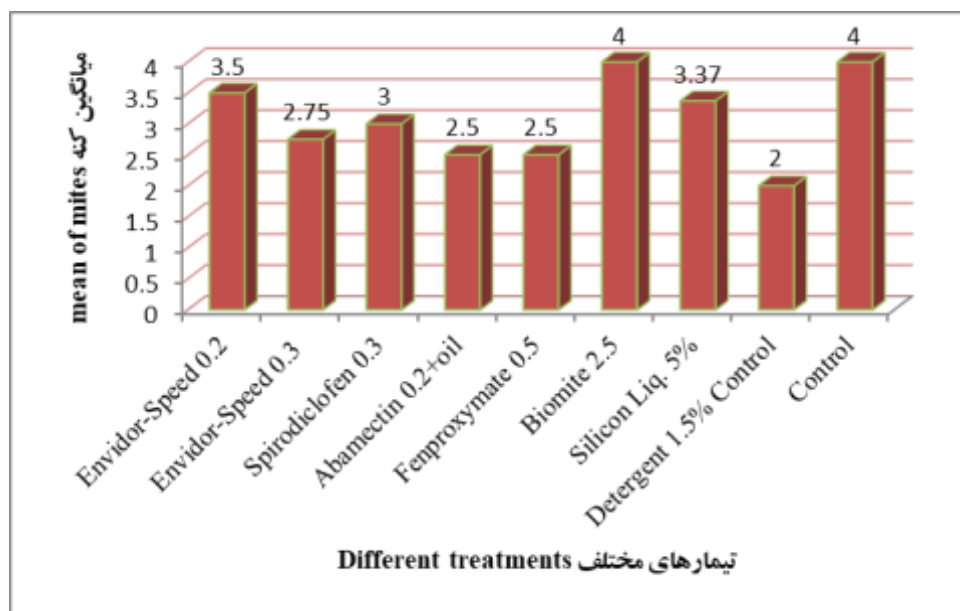
بحث

اروپائی به مقدار ۹۷ درصد در نوبت نمونه برداری ۲۸ روز بعد گزارش شد (۲۳). نتایج تلفات کنه از محلولپاشی غلظت ۰/۲ در هزار کنه‌کش انویدور اسپید زیاد و تقریباً مشابه کارائی غلظت ۰/۳ در هزار آن علیه کنه آفت قرمز مرکبات در هر دو منطقه بررسی ملاحظه شد (جدول ۱ و ۳). میانگین بارش بیشتر در غرب استان مازندران و جمعیت بیشتر کنه آفت در شرق مازندران تفاوتی در کارائی این کنه‌کش ایجاد نکرد. لذا با استفاده غلظت کمتر (۰/۲) در هزار) انویدور اسپید برای محلولپاشی علیه کنه قرمز مرکبات می‌توان تا ۳۳ درصد در مصرف این کنه‌کش در سطح وسیع باغات مرکبات مازندران صرفه‌جویی ایجاد نمود. نتایج تاثیر کنه‌کش انویدور که روی مراحل رشدی تلفات بیشتری دارد و در مقایسه با دو غلظت انویدور اسپید تفاوتی در مناطق

کارائی هر دو غلظت انویدور اسپید تا مدت ۲۱ روز بعد از محلولپاشی در کنترل جمعیت مراحل فعال کنه قرمز مرکبات در باغات پرتقال رقم تامسون در شرق و غرب استان مازندران بازدارنده بود و میانگین بیشتر جمعیت فعال کنه آفت (لارو، مراحل نمفی و بالغ) در سطح فوقانی برگ پرتقال مانع از تاثیر تیمارها در شرق استان مازندران مشاهده نشد. مقایسه این نتایج با کارائی تاثیر غلظت ۰/۳ در هزار کنه‌کش انویدور اسپید در کنترل جمعیت تخم و مراحل فعال کنه تار عنکبوتی انجیر *Eotetranychus hirsti* P. & B. (۱۴) تلفات بیشتر (جدول ۱) و با غلظت ۰/۴ در هزار آن سبب کنترل کنه قرمز

شد. علت کاهش کارایی این دو کنه کش مجاز می‌تواند از استفاده بی‌رویه و ایجاد پدیده مقاومت در سوش‌های جمعیت کنه قرمز مرکبات را برشمرد. اولین نتایج محلولپاشی غلظت ۲/۵ در هزار بایومایت ساخت شرکت نوگوئر فرانسه علیه کنه قرمز مرکبات در دو منطقه بررسی نسبتاً مشابه و موثر ملاحظه شد.

بررسی بوجود نیامورد و تنها اولویت استفاده از غلظت کمتر انویدور اسپید در مقایسه با انویدور می‌تواند قیمت تمام شده آن را مورد توجه قرار داد. حداکثر تلفات کنه از محلولپاشی آبامکتین در غرب و شرق مازندران به ترتیب تا ۱۴ روز و ۲۱ روز بعد و برای کنه کش فن پیروکسی تا نوبت ۳ روز بعد ۸۵/۵۵ درصد در شرق (جدول ۲) و تا نوبت ۲۱ روز بعد ۱۰۰ درصد در غرب (جدول ۳) مازندران ملاحظه



شکل ۲- میانگین جمعیت فعال کنه قرمز مرکبات قبل از محلولپاشی تیمارها در سال ۱۳۹۶ در منطقه غرب استان مازندران
Figure 2- Mean *Panonychus citri* active stages before treatments in western part of Mazandaran province during 2017

جدول ۳- میانگین درصد تلفات جمعیت فعال کنه قرمز مرکبات در تیمارها و نوبت های نمونه برداری در باغ پرتقال در غرب استان مازندران در سال ۱۳۹۶

Table 3- Mean mortality % *Panonychus ulmi* active stages in different treatments and sampling times in citrus orange orchard in western parts of Mazandaran province during 2017

دوره نمونه برداری/تیمارها Treatments/sampling time	۳ روز بعد 3 days after	۷ روز بعد 7 days after	۱۴ روز بعد 14 days after	۲۱ روز بعد 21 days after
Envidor-Speed 240 SC 0.2 ml/l	80.23b	100a	100a	100a
Envidor-Speed 240 SC 0.3 ml/l	100a	100a	100a	100a
Spiroclufen 240 SC, 0.3 ml/l	91.06a	100a	100a	100a
Abamectin 1.8% EC, 20ml+250ml horticultural oil/100l water	68.06ab	88.54ab	100a	47.77b
Fenpyroximate 5% SC, 0.5 ml/l	100a	89.65ab	100a	100a
Biomite 2.5ml/l	71.58 ab	97.06a	100 a	100a
Detergent of Goli 1.5%	47.92bc	66.52bc	40.40b	49.66b
Mineral silicon liquid 5%	31.57 c	58.46c	73.27a	56.72b

میانگین حروف مشابه در هر ستون از نظر آماری در سطح احتمال خطای ۵ درصد تفاوتی با یکدیگر براساس آزمون دانکن ندارند.

Means with same letters in each column are not significantly different at 5% level (Duncan test).

جدول ۴- میانگین ($\pm$ SE) جمعیت دشمنان طبیعی (مفید و شکارگر) جمع آوری شده از ۴۸ برگ پرتقال قبل و بعد از محلولپاشی تیمارها علیه جمعیت کنه قرمز مرکبات در منطقه تنکابن در غرب استان مازندران در سال ۱۳۹۶

Table 4- Mean ($\pm$ SE) natural enemies collected from 48 orange leaves before and after 21 days from treatments in control of *Panonychus citri* in western part of Mazandaran province during 2017

دوره نمونه‌برداری/تیمارها Treatments/sampling time	یک روز قبل One day before	۲۱ روز بعد 21 days after
Envidor-Speed 240 SC 0.2 ml/l	5.25 $\pm$ 0.70	0.25 $\pm$ 0.16
Envidor-Speed 240 SC 0.3 ml/l	8.00 $\pm$ 0.70	1.00 $\pm$ 0.30
Spirodiclofen 240 SC, 0.3 ml/l	6.75 $\pm$ 0.90	3.60 $\pm$ 0.80
Abamectin 1.8% EC, 20ml+250ml horticultural oil/100l water	1.10 $\pm$ 0.30	0.25 $\pm$ 0.20
Fenpyroximate 5% SC, 0.5 ml/l	4.50 $\pm$ 1.10	3.75 $\pm$ 0.30
Biomite 2.5ml/l	1.25 $\pm$ 0.30	0.50 $\pm$ 0.20
Detergent of Goli 1.5%	4.10 $\pm$ 1.00	3.60 $\pm$ 0.60
Mineral silicon liquid 5%	5.10 $\pm$ 1.00	3.00 $\pm$ 0.50
Control treatment (water sprayed)	9.25 $\pm$ 0.90	8.10 $\pm$ 0.80

و مایع ظرفشویی روی جمعیت کنه‌های تارتن در شرایط گلخانه‌ای (۲۲) و مزرعه‌ای موثر (۸، ۱۱، ۱۲ و ۱۸) و کمترین اثر سوء را روی مهم‌ترین دشمنان طبیعی (*Phytoseiulus persimilis* A.H) کنه‌های تارتن داشته است (۹ و ۲۲). ارزیابی تاثیر آبامکتین در میان ۲۹ تیمار سموم (کنه/حشره/ قارچ کش) برای مدیریت تلفیقی روی مراحل تخم و نابالغ کنه شکارگر *A. longispinosus* (Evans) روی مراحل نابالغ بی‌خطر و روی جمعیت بالغ کنه شکارگر تلفات کمی داشته است (۱۷). مقایسه وزن میوه پرتقال علی‌رغم میانگین جمعیت بالای کنه آفت در برخی از تیمارهای در شرق استان مازندران در مقایسه با تیمار شاهد تفاوتی نداشت (جدول ۲). در حالی که نتایج تراکم فعالیت دو کنه قرمز مرکبات روی پرتقال رقم ناول در دره San Joaquin valley در ایالت کالیفرنیا امریکا اعلام می‌شود زمانی که میانگین جمعیت به تعداد ۸ کنه روی هر برگ پرتقال به افزایش برسد تولید پرتقال معادل ۱۰ درصد دچار خسارت کمی می‌شود (۱۵). در بررسی دیگری و علی‌رغم ملاحظه میانگین بیش از ۱۹ کنه ماده روی هر برگ لیمو ترش، تفاوتی در میزان برداشت، اندازه و درجه‌بندی میوه لیمو ترش در سال دوم یک بررسی اعلام نشده است (۱۳).

در حالی که تاثیر غلظت ۲ در هزار بابومایت حداکثر باعث ۷۴/۴۰ درصد تلفات کنه قرمز اروپائی (*P. ulmi*) درختان سیب در آذربایجان غربی (۲) و مقدار کمتر از آن در آذربایجان شرقی ملاحظه شده است (۲۴). اولین بررسی از تاثیر محلولپاشی ۵ درصد مایع سیلیکون و ۱/۵ درصد مایع ظرفشویی در شرق نسبت به غرب استان مازندران کارائی و کنترل بالاتری بر جمعیت کنه آفت داشت. از دلایل این تفاوت می‌توان به میزان، شدت و دفعات بیشتر بارش‌ها در غرب استان مازندران اشاره کرد. استفاده از این دو تیمار در تناوب مصرف، از ایجاد پدیده مقاومت جمعیت کنه قرمز مرکبات و آلودگی‌های زیست محیطی در سطح باغات مرکبات این استان جلوگیری می‌نماید. بیشترین کاهش جمعیت دشمنان طبیعی در میان تیمارها برای هر دو غلظت انویدور اسپید ثبت شد (جدول ۴). کمترین تفاوت در جمعیت دشمنان طبیعی در نوبت ۲۱ روز نسبت به ۱ روز قبل از محلولپاشی برای تیمارهای دترجنت، بابومایت و فن پیروکسی میت ثبت و اثرات کلی سوء تیمارها روی جمعیت کنه‌های اورپاتیده کم و روی کنه‌های فیتوزئیده (*Amblyseius herbicolus*, *Typhlodromus caspiensis*) زیاد ملاحظه شد (جدول ۴). نتایج استفاده از دترجنت‌ها

منابع

- Ahmadi K., Gholizadeh H., Ebadizadeh H.R., Hossienipour R., Hatami F., Abdshah H., Rezai M.M., Kazemifard R., and Fazeli A. 2015. Agricultural data, Horticultural crop, Deputy of Economic and Programming framework, Ministry of Jihad-e-Agriculture, 147 pp. (In Persian)
- Akbarzadeh Shokat Gh.A., and Arbabi M. 2014. Effectiveness of biomite in the control European red mite (*Panonychus ulmi* Koch) in Ourmieh. Proceedings of 21st National Iranian Congress of Plant Protection. 23-26 August, Collage of Agriculture and natural resources, Ourmieh University, p. 10-16. (In Persian)
- Arbabi M. 2010. Evaluation six decades pesticides application to control agricultural mite pests in Iran. Extended abstract proceeding of half century pesticides uses in Iran, Iranian Research Institute of Plant Protection, p. 145-159.
- Arbabi M., Baradaran P., and Khosrowshahi M. 1998. Important plant feeding mites in agriculture of Iran. Ministry Agric., Agric. Res. Edu. & Ext. Organization, Plant Pests & Diseases Res., Amozesh Nasher Keshavarzi Publ., Karaj, 27 pp.
- Arbabi M., Javadi S., and Jafari M.A. 2005. The effects of Spirodiclofen SC 240 on citrus rust mite (*Phyllocoptura*

- oleivora* (Ashmead)) in Western parts of Mazandaran province. Journal of Agriculture 7(1): 7-16.
6. Arbabi M., Javadi S., and Baradaran P. 2012. Study and comparison of registered acaricides in control citrus red mite (*Panonychus citri*). Applied Plant Protection Journal 1: 55-62.
7. Arbabi M., Asadi U., Mirhosseini M.R., and Zaghi A.R. 2006. Evaluation of Fenpyroximate 5% EC against citrus red mite (*Panonychus citri* (McGroger) in Sari region. Iranian Journal of Agriculture Sciences 2(3): 83-90.
8. Arbabi M., Daneshvar H., Shirdel R., and Baradaran P. 2011. Results of half century investigation of phytoseiid mite fauna in Iran. Extend abstract proceeding of first national biological control development in Iran. Iranian Research Institute of Plant Protection 369-378.
9. Arbabi M., Akbarzadeh Shokat Gh.A., Karbalaee Khiavi H., Imami M.S., Kamali H., and Farazmand H. 2020. Evaluation of Kaolin in control of *Panonychus ulmi* in apple orchards of Iran. Journal of Plant Protection 34(1): 47-53.
10. Childers C.C., Rogers M.E., McCoy C.W., Nigg H.N., and Stansly P.A. 2009. Florida citrus pest management guide: Rust mites, University of Florida Extension article, IFAS 7, pp.
11. Curkovic T., Araya J.E., Canales C., and Medina A. 2006. Evaluation of two agriculture detergents as control alternatives for green peach aphid and two spotted spider mite, two pests affecting peach orchards in Chile. Acta Horticulture 713: 405-407.
12. Curkovic T.S. 2016. Detergents and Soaps as Tools for IPM in Agriculture, in: integrated Pest Management (IPM): Environmentally Sound Pest Management, <http://dx.doi.org/10.5772/64343>, 155-189pp.
13. FAO of United Nations. 2015. Citrus fruits statistic of 2015, market and policy analyses of raw materials, horticulture and tropical (RAMHOT) products team trade and markets division. <http://www.fao.org/economic/est/est-commodities/citrus/en/>
14. Gheibi M., and Taheri Y. 2014. Effects of acaricide, envidor speed, on fig spider mite *Eotetranychus hirsti* (Acari: Tetranychidae). Plant Protection Journal 6(3): 211-223.
15. Hare D.J., and Phillips P.A. 1992. Economic effect of the citrus red mite (Acari: Tetranychidae) on southern California coastal lemons. Journal Economic of Entomology 85(5): 1926-1932.
16. Hare D.J., Pehrson J., Clemens J., Menge J.L., Coggins C.W., Tom JR., Embleton W., and Meyer J.L. 1990. Effects of managing citrus red mite (Acari: Tetranychidae) and cultural practices on total yield, fruit size, and crop value of Navel' orange. Journal of Economic Entomology 83(3): 976-984.
17. Kongchuensin M., and Takafuji A. 2006. Effects of Some Pesticides on the Predatory Mite, *Neoseiulus longispinosus* (Evans) (Gamasina: Phytoseiidae), Journal Acarology of Society of Japan 15(1): 17-2.
18. Lee C.Y., Lo K.C., and Yao M.C. 2006. Effects of household soap solutions on the mortality of the two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae). Formosan Entomology 26: 379-390.
19. Marcis D. 2012. Acaricides in modern management of plant-feeding mites. Journal of Pesticide Sciences 85: 395-408.
20. Migeon A., and Nougier E., and Dorkeld F. 2011. Spider Mites Web: a comprehensive database for the Tetranychidae. In Sabelis, M.W. and Bruin, J. (Eds.). Trends in Acarology, Proceedings of the 12th International Congress, pp. 557-560.
21. Migue J.G., Santos V.F., Amadeu M.V., Soares M., and Susana L. 2011. Evaluation of the combined effects of dimethoate and spirodiclofen on plants and earthworms in a designed microcosm experiment. Applied Soil Ecology 48: 294-300.
22. Osborne L.S., and Pettitt F.L. 1985. Insecticidal soap and the predatory mite, *Phytoseiulus persimilis* (Acari: Effects of Household Soap Solutions on *Tetranychus urticae* 389 Phytoseiidae), used in management of the two spotted spider mite (Acari: Tetranychidae) on greenhouse grown foliage plants. J. Econ. Entomology 78: 687-691.
23. Rezai M., Kamali H., Shirdel D., and Akbarzadeh-Shokat Gh. 2020. Efficiency of new acaricide of EnvidorSpeed (24% SC) in control of European red mite (*Panonychus ulmi*) in apple orchards of west, east Azerbaijan and Khorasan Razavi provinces. Journal of Animal Environments 11(3): 257-264.
24. Shirdel D., and Arbabi M. 2016. Evaluation of biomite pesticide in control of *Panonychus ulmi* Koch population (Acari: Tetranychidae) in east Azerbaijan province. Proceeding of 22nd National Iranian Congress of Plant Protection. 27 - 30 August, College of agriculture and natural resources Karaj, Tehran University, P. 820. (In Persian)
25. Vacante V. 2010. Review of the phytophagous mites collected in citrus in the world. Acarologica 50(2): 221-241.
26. Zomorodi A. 2003. History of Iran Plant Protection. Deputy of Horticulture, Publication, 724 pp. (In Persian)



Evaluation Envidorspeed 24% SC Effectiveness in Control of Citrus Red Mite (*Panonychus citri*) in Mazandaran Province

M. Arbabi^{1*}- S. Mafi Pashakolaei²- M. Gholamzadeh-Chitgar³- M. Khani⁴

Received: 28-04-2020

Accepted: 30-08-2021

Introduction: Three mite species (*Panonychus citri* (McGregor)), *Phyllocoptruta oleivora* (Ashmead) in Caspian costal region in north part Iran and *Eutetranychus orientalis* Klein in southern part of the country playing major mite pests role in citrus orchards. An increase of *Panonychus citri* population activities onset with spring season and this mite damages on leaves and greenhouse shield of different citrus species mostly occurred during middle part of spring season and extended up to late summer season under low amount and number of rainfalls happened. At present control of this mite damages on citrus spp mostly depended to pesticide application in various citrus orchards in Mazandaran and other neighboring citrus growing provinces. Moreover, the highest amount of acaricides used in Mazandaran province applied for control of citrus mite pests only. To avoid further *P. citri* population resistance to limited number of pesticides available in market, introducing, a new compound of acaricide which being effective on eggs and active stages of this mite pests is necessary for sustainable mite pest management program.

Materials and Methods: In this study, effects of two doses (0.2, 0.3 ml) of Envidorspeed 24% SC were investigated in comparison to registered acaricides (Spirodiclofen 240 SC, 0.3 ml/l, Abamectin 1.8% EC, 20ml+250ml horticultural oil/100l water, Fenpyroximate 5% SC, 0.5 ml/l), organic pesticides (Biomite 2.5ml/l, Mineral silicon liquid 5%), detergent (Detergent of Goli 1.5%), Control treatment (water sprayed) were investigated on *P. citri* active stages in eastern and western parts of Mazandaran province. Those pesticides applied at the time of observing 5 active mite stages observed in 30 % of infested leaves collected randomly. Number of mobile mite stages on upper surface of 48 citrus leaves randomly collected from each treatment, mobile mites counted and registered with the help of stereomicroscope at laboratory conditions. Collected raw data of mite at one day before, 3, 7, 14 and 21 days after treatments converted with Henderson-tilton formula into mortality%. Statistical analysis variance on mean mortality% done with SAS software and grouping of those treatment carried out according Duncan multiple range test methods. Side effects of those treatments on citrus natural enemy's trees (mostly predatory mites from Phytoseiidae, Tydeidae, Cunaxidae, Stigmaeidae, Erythraeidae, and Trombidiidae) and few predatory insects, evaluated by data collected one day before treatments with data of natural enemies collected 21 days after treatments. Quantities damages of this mite pest on citrus fruit weight were also evaluated from end of leaves sampling treatments for toxicities at interval of one month during 3 months sampling period. Amount of mite damages in each treatment determined by random collection of 16 citrus fruits from middle part of citrus trees of each treatment and weighted them at each interval time until harvesting time in autumn season.

Results and Discussion: Result of both Envidorspeed doses efficiency in control of citrus red mite caused absolute mite control (100%) through sampling period of time. Mean population of 8.01 mite active stages recorded on upper surface of orange leaves did not influences on mite mortality % in eastern part of Mazandaran province. The organic treatments effects (Biomite 2.5ml/l, Mineral silicon liquid 5%) on citrus mite pest observed almost identical to effects of those registered acaricides applied in this study. The mite mortality% in eastern part found higher than western part of province. The different caused by this phenomena, mostly related to higher rate of rainfall in west than east part of this province as decreasing toxicity of pesticides affects. Maximum and minimum number of natural enemies as compared to controlled treatment were recorded for 0.3 ml/l of Envidorspeed dose and biomite organic pesticide, detergent (Goli 1.5%) treatments respectively. Less side effects of treatments toxicity recorded on an Oribatida mite (*Scheloribates* sp.) population, whereas harmful

1 and 4- Professor and Post Graduated in Plant Protection, Agricultural Zoology Research Department, Iranian Research Institute of Plant Protection respectively, Tehran, Iran (ARREO), respectively.

(*- Corresponding Author Email: marbabi18@yahoo.com)

2 and 3- Assistant Professors, Plant Protection Research Department, Mazandaran Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Sari, Iran

DOI: 10.22067/JPP.2021.32750.0

effects of them observed on two species of phytoseiid mite family (*Amblyseius herbicolus*, *Typhlodromus caspiensis*). Statistical analysis of citrus red mite damages on weight of citrus fruits at different treatments compared with control treatment did not showed a significant differences ($p>0.05$) and all treatment remained in a same group according Duncan method. According published articles, proper rate of citrus red mite damages on oranges or other citrus species remained unknown.

Conclusion: This finding suggested that, if lower Envidorspeed dose (0.2ml/l) applied at early stages of citrus red mite population, up to 33% cost of pesticide will reduce, protect further environmental pollution at citrus orchards which broadly scattered through Mazandaran province.

Keywords: Mazandaran province, New acaricide, Orange tree, *Panonychus citri*, Pest control



مقاله پژوهشی

تأثیر دو ماده افزودنی Scorch و Torpedo π در کارایی حشره کش های ایمیداکلوپراید و فلونیکامید روی شته جالیز (*Aphis gossypii* Glover) در گلخانه خیار

هادی مصلی نژاد^{۱*} - مریم فروزان^۲ - لاله ابراهیمی^۳

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۳/۱۲

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۴/۰۹

چکیده

شته جالیز (پنبه) (*Aphis gossypii* Glover) یکی از مهم ترین آفات می باشد. مواد افزودنی (ادجوانت ها) باعث بهبود و افزایش کارایی آفت کش ها شده و در کاهش مصرف آنها می توانند تاثیر داشته باشند. در تحقیق حاضر، تاثیر دو ماده افزودنی به نام های Scorch و Torpedo π بر کارایی حشره کش های ایمیداکلوپراید و فلونیکامید روی شته جالیز در دو گلخانه خیار (کرج و ارومیه) در قالب طرح کاملاً تصادفی در ۱۵ تیمار و سه تکرار انجام شد. نمونه برداری یک روز قبل از سمپاشی و سه، هفت و ۱۴ روز پس از سمپاشی انجام شد. تجزیه واریانس مرکب داده ها نشان داد که اثر متقابل تیمار در مکان معنی دار نیست. به عبارت دیگر تیمارهای آزمایشی در مکان های مختلف، پاسخ های مشابهی را نشان داده اند. بنابراین داده ها بر این اساس و بدون در نظر گرفتن مکان های مورد مطالعه (ارومیه و کرج) تجزیه آماری شدند. نتایج نشان داد که هر دو ادجوانت قادرند کارایی ایمیداکلوپراید و فلونیکامید را افزایش دهند. مثلاً در بازه زمانی سه روز پس از سمپاشی، کارایی تیمار ایمیداکلوپراید به تنهایی با کارایی ۸۱/۴۷ درصد در گروه آماری bc قرار گرفت اما تیمارهای "ایمیداکلوپراید+تورپیدو" و "ایمیداکلوپراید+اسکورچ" به ترتیب ۹۲/۶۰ و ۹۳/۴۳ درصد کارایی (گروه آماری a) نشان دادند. با اضافه شدن ادجوانت تورپیدو به ایمیداکلوپراید، وقتی که با کاهش دز حشره کش همراه شد، کارایی ایمیداکلوپراید به شدت کاهش یافت. بنابراین اضافه کردن تورپیدو همراه با کاهش دز ایمیداکلوپراید توصیه نمی شود. در عوض اضافه شدن اسکورچ، وقتی با کاهش دز ایمیداکلوپراید همراه شد، توانست کارایی ایمیداکلوپراید را در حد بالائی حفظ کند. علاوه بر آن، اضافه شدن هر دو ادجوانت به فلونیکامید، وقتی با کاهش دز این حشره کش همراه شد، باعث شد که کارایی در حد بالائی حفظ شود. در مجموع نتایج تحقیق حاضر می تواند هم از نظر اقتصادی و هم از نظر زیست محیطی حائز اهمیت باشد چون طبق نتایج گرفته شده، می توان مقدار مصرف ایمیداکلوپراید و فلونیکامید را تا ۲۰ درصد کاهش داد.

واژه های کلیدی: ادجوانت، شته جالیز، ایمیداکلوپراید، فلونیکامید

مقدمه

حمایت جدی وزارت جهاد کشاورزی می باشد. در این راستا لازم به ذکر است که سطح زیرکشت محصولات گلخانه ای در سال ۱۳۹۸ بالغ بر ۱۱ هزار هکتار بوده که از این سطح، حدود ۲/۷ میلیون تن انواع محصولات تولید و برداشت شده است. در این بین، خیار (*Cucumis sativus* L.) با ۱/۹ میلیون تن، (تقریباً ۷۰ درصد) بالاترین تولید محصولات سبزی و صیفی گلخانه ای را داشته است رتبه چهارم تولید محصولات باغبانی را به خود اختصاص داده است (۴). خیار از تیره گیاهی کدوئیان^۴، یک ساله و از مهم ترین سبزیجات به حساب می آید که ۸۰ تا ۹۰ آن را آب تشکیل داده و بقیه شامل مواد معدنی نظیر کوکوروبیتاسین (cucurbitacin)، لیگنان ها (lignans) و

به دلایل مختلف از جمله محدودیت منابع آبی و لزوم بهره روری بیشتر در بخش کشاورزی، کشت های گلخانه ای طی سال های اخیر، در کشور افزایش یافته و از اهمیت زیادی برخوردار شده و مورد

۱ و ۳- استادیاران پژوهشی، مؤسسه تحقیقات گیاه پزشکی کشور، سازمان تحقیقات،

آموزش و ترویج کشاورزی تهران، ایران

(*)- نویسنده مسئول: (Email: hmosalla@gmail.com)

۲- استادیار پژوهشی بخش تحقیقات گیاه پزشکی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان غربی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ارومیه، ایران

DOI: 10.22067/JPP.2021.70680.1025

فلاونوئیدها (flavonoids) می باشد.

شته‌ها از آفات مهم در ایران و جهان هستند که خسارت قابل توجهی را به محصولات کشاورزی وارد می کنند. در میان شته‌ها، شته جالیز یا شته پنبه (*Aphis gossypii* Glover) یکی از مهم ترین آفات خسارت‌زا به گیاهان تیره کدوئیان در گلخانه و مزارع است. این آفت به دلیل پراکنش وسیع و دامنه میزبانی گسترده (بیش از ۷۰۰ گونه میزبان)، دارای اهمیت اقتصادی زیادی می باشد. گیاهان تیره‌های Malvaceae, Solanaceae, Rutaceae از میزبان‌های دیگر این آفت هستند. این آفت با تغذیه از شیر گیاهی سبب ضعیف شدن گیاه شده و در صورت انبوهی جمعیت آفت، حتی به خشک شدن گیاه میزبان نیز منجر می شود (۴۵). انتقال انواع ویروس‌های گیاهی نظیر *Watermelon Mosaic*, *Citrus Tristeza Virus* و *Cucumber Mosaic Virus* از خسارت‌های دیگر این آفت است (۲۴). گزارش‌ها نشان داده‌اند که این آفت دارای بیوتیپ‌های تخصصی وابسته به میزبان می باشد. به عنوان مثال از چین بیوتیپ‌های مخصوص پنبه و خیار گزارش شده است (۴۶). بیوتیپ‌های فوق با میزبان مخصوص خود سازگاری پیدا کرده و تفاوت‌های اساسی از خود نشان می دهند. محوریت مدیریت این آفت در کشور ما استفاده از حشره کش‌هاست، به طوری که مقاومت به حشره کش‌ها در اثر مصرف بی رویه آنها گزارش شده است (۴۱). براساس توصیه‌ی سازمان حفظ نباتات، حشره کش‌های توصیه شده علیه این آفت عبارتند از: پی متروزین (چس[®])، ایمیداکلوپراید (کونفیدور[®])، پریمیکارب (پریمور[®]) دی کلرووس، هپتتفوس و فلونیکامید (تپکی[®]) (۳۲).

یکی از مهم ترین نگرانی‌های مصرف کنندگان محصولات گلخانه‌ای، بالابودن باقیمانده آفت کش‌ها به خاطر تأثیرات سوء بر سلامت آنهاست. بنابراین کاهش مصرف آفت کش‌ها به ویژه در محصولات گلخانه‌ای اهمیت قابل توجهی داشته و لزوم تحقیق و پژوهش در این زمینه بر کسی پوشیده نیست. مواد افزودنی (ادجوانت-*adjuvant*) به موادی گفته می شود که درصدی از مواد تشکیل دهنده فرمولاسیون آفت کش‌ها را به خود اختصاص می دهند. این مواد ممکن است هنگام تهیه فرمولاسیون آفت کش‌ها در کارخانه اضافه شوند و یا هنگام مصرف آفت کش‌ها به محلول سمپاشی اضافه شوند (۱۱). وقتی به فرمولاسیون آفت کش‌ها (علف کش‌ها، قارچ کش‌ها و حشره/کنه کش‌ها) اضافه شوند، باعث افزایش کارایی و اثربخشی می شوند. با اضافه شدن این مواد به فرمولاسیون آفت کش‌ها، خواص فیزیکی-شیمیایی تغییر پیدا می کند. بعضی از این مواد در کاهش دز مصرف آفت کش‌ها و یا کاهش تعداد دفعات سمپاشی نیز می توانند تأثیر داشته باشند. از فواید و مزایای دیگر کاربرد مواد افزودنی می توان به کاهش اثرات باران در شستن باقیمانده سطحی آفت کش‌ها (۱۴) و

یا اثر هم افزایی (سینرژیستی) با آفت کش‌ها اشاره کرد (۳ و ۱۱). اهمیت این مواد به حدی است که روند تجاری شدن این مواد در سال‌های اخیر افزایش یافته، به طوری که بر اساس گزارش شرکت مشاوره‌ای "مارکت و دیتا" که بازارهای جهانی محصولات مختلف بازرگانی-تجاری را رصد می کند، میزان فروش انواع مواد افزودنی کشاورزی در جهان در سال ۲۰۱۹، معادل سه و چهار دهم (۳/۴) میلیارد دلار بوده و پیش بینی می شود این رقم در سال ۲۰۲۷ به حدود ۵/۳۹ میلیارد دلار برسد. به نقل از زند و همکاران (۴۸) در استرالیا بیش از ۳۰۰ نوع از انواع مختلف مواد افزودنی ثبت شده است.

بیشتر کارهای پژوهشی در حوزه مواد افزودنی در دنیا، روی علف کش‌ها انجام شده است (۳۳). این قاعده در کشور ما نیز تا حدودی حاکم است، به طوری که از لحاظ کاربردی، استفاده از ادجوانت‌ها همراه با علف کش‌ها جای خود را باز کرده و جا افتاده است. به عنوان مثال ادجوانت‌های فریگیت و سیتوویت عملاً همراه با علف کش‌های گلایفوسیت و پاراکوات استفاده می شوند. اما در خصوص حشره کش‌ها، متأسفانه کاربرد این مواد آن طور که باید هنوز جا نیفتاده و لزوم ترویج و گسترش استفاده از این مواد، به خوبی احساس می شود. در راستای افزایش کارایی و مصرف بهینه آفت کش‌ها در کشور، استفاده از مواد افزودنی به عنوان یک راهکار مناسب می تواند در نظر گرفته شود. از آنجائی که انجام تحقیقات می تواند زمینه‌های لازم برای مصرف عملی و کاربردی این مواد را فراهم نماید، بنابراین هدف از تحقیق حاضر، بررسی تأثیر دو ماده افزودنی تورپدو-دو (*Torpedo II*) و اسکورچ (*Scorch*) روی کارایی ایمیداکلوپراید و فلونیکامید برای مدیریت شته جالیز (*Aphis gossypii* Glover) در گلخانه می باشد. نتایج حاصل از این پروژه می تواند نقش مهمی در کاهش مصرف و استفاده بهینه از حشره کش‌ها در گلخانه‌ها را به دنبال داشته باشد.

مواد و روش‌ها

ترکیبات شیمیایی مورد استفاده

ایمیداکلوپراید (SC/35) با نام تجاری کونفیدور[®] از شرکت کاووش کیمیا کرمان و فلونیکامید (WG50%) با نام تجاری تپکی (*Teppeki*[®]) از شرکت رهاندیش کاوان تهیه شد. ایمیداکلوپراید از مهم ترین نئونیکوتینوئیدها محسوب می شود و خاصیت سیستمیک دارد. این ترکیبات به عنوان آگونیست استیل کلین عمل کرده و به گیرنده‌های نیکوتینی استیل کولین (nAChR)، در پس سیناپس پیوند می شوند و منجر به باز نگه داشتن غشا و ورود یون‌های سدیم و تحریک بیش از حد عصب و در نهایت مرگ حشره می شوند (۴۴). در

تقسیم‌بندی کمیته بین‌المللی ایراک (IRAC)، در گروه 4A قرار دارند و تحت عنوان دقیق تر "تنظیم‌کننده‌های رقابتی گیرنده‌های نیکوتینی استیل‌کولین"^۱ معرفی شده‌اند.

فلونیکامید (Flonicamid) از حشره‌کش‌های سیستمیک است که در سال ۱۹۹۲ توسط شرکت ژاپنی ISK کشف شد اما به طور مشترک با شرکت FMC به بازار معرفی شد. این ترکیب از هر دو طریق تماسی و گوارشی عمل می‌کند اما روش گوارشی تأثیر بیشتری دارد (۳۰ و ۳۱). این حشره‌کش به طور انتخابی روی آفات مکنده، مثل شته‌ها، سفیدبالک‌ها، تریپس‌ها، زنجبرک‌ها و پس‌یل‌ها عمل می‌کند (۲۳، ۲۲ و ۳۹). در تقسیم‌بندی کمیته بین‌المللی ایراک، در گروه ۲۹ قرار دارد و تحت عنوان دقیق تر "تنظیم‌کننده‌های اندام کوردوتونال"^۲ معرفی شده‌اند (البته نقطه هدف معینی برای آنها تعریف نشده است). این حشره‌کش در ایران برای شته جالیز خیار در گلخانه در تاریخ (۱۳۹۲/۱۲/۵) ثبت شده است (۳۲).

ادجوانت تورپدو (Torpedo-II): این ادجوانت ساخت شرکت فرانسوی به نام De Sangosse Ltd. می‌باشد که ترکیبی از چهار ماده به شرح زیر می‌باشد:

alkoxylated tallow amine, (210 g/kg); alcohol alkoxylate, (380 g/kg); natural fatty acids, (75 g/kg); polyalkylene glycol, (210 g/kg)

ادجوانت اسکورچ (Scorch): این ادجوانت نیز ساخت همان شرکت فرانسوی (De Sangosse Ltd.) می‌باشد و از موادی از گروه‌هایی نظیر: (alkoxylated cocoamine), (hydroxyethylene glycol humectant), (acetic acid), (diphosphonic acid), (phosphoric acid) و urea, ammonium sulphate تشکیل شده است (درصد هر یک از این مواد در کاتالوگ اشاره نشده بود). هر دو ادجوانت توسط نماینده شرکت فرانسوی یاد شده در ایران تهیه شد. براساس مشخصات فنی ارائه شده توسط شرکت سازنده، این دو ماده افزودنی چندکاره^۳ هستند و ویژگی‌های عمومی مانند خیس‌کنندگی، چسبندگی، پخش‌کنندگی و افزایش نفوذکنندگی^۴ برای آنها ذکر شده است (از این به بعد در تمام متن مقاله از واژه‌های تورپدو و اسکورچ استفاده خواهد شد).

نحوه انجام آزمایش: این تحقیق در دو گلخانه خیار (رقم ناگین ۷۹۲) در کرج و ارومیه در فصل زراعی ۱۳۹۷-۱۳۹۸ انجام شد. بدین منظور آزمایشی در شرایط گلخانه‌ای در قالب طرح کاملاً تصادفی در ۱۵ تیمار (به شرح زیر) و سه تکرار انجام شد. هر تکرار (هر واحد

آزمایشی) شامل قطعات پنج متر مربعی بوته‌های خیار کشت شده در سطح گلخانه بود. برای نمونه‌برداری از هر واحد آزمایشی ۵ بوته و از هر بوته سه برگ انتهایی در نظر گرفته شد و جمعیت پوره و حشرات کامل روی برگ‌ها شمارش شدند. تیمارهای آزمایشی عبارتند از (۱) ایمیداکلوپراید در دز توصیه شده (نیم در هزار)، (۲) ایمیداکلوپراید+اسکورچ، (۳) ایمیداکلوپراید با ۱۰ درصد کاهش دز+اسکورچ، (۴) ایمیداکلوپراید با ۲۰ درصد کاهش دز+اسکورچ؛ (۵) ایمیداکلوپراید+تورپدو؛ (۶) ایمیداکلوپراید با ۱۰ درصد کاهش دز+تورپدو؛ (۷) ایمیداکلوپراید با ۲۰ درصد کاهش دز+تورپدو؛ در تیمارهای ۸ تا ۱۴ فلونیکامید، جایگزین ایمیداکلوپراید شد. تیمار شاهد (۱۵)، با آب محلول‌پاشی شد. طبق اطلاعات فنی شرکت سازنده ادجوانت‌ها، دز یک در هزار از ادجوانت‌ها استفاده شد. نمونه‌برداری از واحدهای آزمایشی، یک روز قبل از سمپاشی و ۳، ۷ و ۱۴ روز پس از سمپاشی انجام شد. درصد کارایی هر تیمار با فرمول هندرسون-تیلتون (۱۷) تعیین شد. سمپاشی با استفاده از سمپاش پستی که قبلاً کالیبره شده بود، انجام شد. داده‌های حاصل با استفاده از نرم‌افزار SAS (ver. 9.1) مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت و مقایسه میانگین‌ها توسط آزمون توکی در سطح احتمال پنج درصد انجام شد. بین واحدهای آزمایشی یک ردیف به عنوان فاصله در نظر گرفته شد. دو ردیف نیز از طرفین گلخانه به عنوان حاشیه نیز در نظر گرفته شد.

نتایج

تجزیه واریانس مرکب داده‌ها نشان داد که اثر متقابل تیمار در مکان معنی‌دار نیست. مولفه‌های آماری این تجزیه عبارتند از: سه روز بعد از سمپاشی ($F=0.88$; $P<0.99$; $df=13$), هفت روز ($F=1.24$; $P<0.28$; $df=13$) و ۱۴ روز ($F=0.58$; $P<0.58$; $df=13$) می‌باشد. به عبارت دیگر تیمارهای آزمایشی در مکان‌های مختلف، پاسخ‌های مشابهی را نشان داده‌اند. بنابراین داده‌ها بر این اساس و بدون در نظر گرفتن مکان‌های مورد نظر (ارومیه و کرج) تجزیه آماری شدند.

الف) مقایسه درصد کارایی تیمارهای آزمایشی پس از گذشت سه روز بعد از سمپاشی: با توجه به نتایج تجزیه آماری ($F=21.47$; $P<0.0001$; $df=13$) اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای آزمایشی دیده شد. گروه‌بندی میانگین درصد کارایی تیمارهای آزمایشی در جدول ۱ آمده است. براساس این نتایج می‌توان گفت که در فاصله زمانی سه روز پس از سمپاشی، اضافه کردن هر دو ادجوانت به ایمیداکلوپراید باعث افزایش کارایی شد چون تیمار ایمیداکلوپراید به تنهایی در گروه آماری bc قرار داشت اما تیمارهای "ایمیداکلوپراید+تورپدو" و "ایمیداکلوپراید+اسکورچ" در گروه آماری a قرار گرفتند. علاوه بر آن اضافه کردن تورپدو همراه با کاهش دز ایمیداکلوپراید باعث کاهش کارایی شد به‌طوری‌که تیمارهای

- 1- Nicotinic Acetylcholine Receptor Competitive Modulators
- 2- Chordotonal organ modulators, undefined target site
- 3- multi-functional adjuvant
- 4- penetration

یک سطح از کارائی با تیمار متناظر خود (بدون کاهش دز) قرار گرفتند.

ج) مقایسه درصد کارایی تیمارهای آزمایشی پس از گذشت ۱۴ روز بعد از سمپاشی: با توجه به نتایج تجزیه آماری ($F=20.44$; $P<0.0001$; $df=13$) اختلاف معنی داری بین تیمارهای آزمایشی دیده شد. گروه بندی میانگین درصد کارایی تیمارهای آزمایشی در جدول ۱ آمده است. براساس این نتایج می توان گفت که در فاصله زمانی ۱۴ روز پس از سمپاشی، اضافه کردن هر دو ادجوانت به ایمیداکلوپراید باعث افزایش کارائی این حشره کش شد، چون تیمار ایمیداکلوپراید به تنهایی، در گروه آماری b قرار داشت اما تیمارهای "ایمیداکلوپراید+ تورپدو" و "ایمیداکلوپراید+اسکورچ" در گروه آماری a قرار گرفتند. به علاوه، اضافه کردن تورپدو و همراه با کاهش دز ایمیداکلوپراید باعث کاهش کارائی شد، به طوری که تیمارهای "ایمیداکلوپراید با ۱۰ درصد کاهش دز+ تورپدو" و "ایمیداکلوپراید با ۲۰ درصد کاهش دز+ تورپدو" کمترین کارائی را نشان دادند (گروه آماری c). در خصوص کاهش دزهای ایمیداکلوپراید همراه با اضافه کردن اسکورچ، می توان گفت که علی رغم کاهش دزها، کارائی ترکیب در حد بالائی دیده شد.

در خصوص فلونیکامید می توان گفت که اضافه کردن هر دو ادجوانت باعث افزایش کارائی شد، چون تیمار فلونیکامید به تنهایی در گروه آماری b قرار داشت، اما تیمارهای "فلونیکامید+تورپدو" و "فلونیکامید+اسکورچ" در گروه a قرار گرفتند. به علاوه، اضافه کردن هر دو ادجوانت همراه با کاهش دزهای فلونیکامید، باعث کاهش کارائی نشد، بلکه تیمارهای "فلونیکامید با ۱۰ درصد کاهش دز+ تورپدو" و "فلونیکامید با ۲۰ درصد کاهش دز+تورپدو" و "فلونیکامید با ۱۰ درصد کاهش دز+اسکورچ" و "فلونیکامید با ۲۰ درصد کاهش دز+اسکورچ" همگی در یک سطح از کارائی با تیمار متناظر خود (بدون کاهش دز) بودند (جدول ۱).

بحث

همان طور که در قسمت نتایج اشاره شد، هر دو ادجوانت قادر بودند که کارائی ایمیداکلوپراید و فلونیکانید را افزایش دهند چون در همه زمان های پس از سمپاشی، نتایج فوق تایید شد (جدول ۱). بر اساس مشخصات فنی ارائه شده توسط شرکت سازنده، تورپدو و اسکورچ، دو ماده افزودنی چندکاره هستند که ویژگی های عمومی مانند خیس کنندگی، چسبندگی، پخش کنندگی و افزایش نفوذ کنندگی برای آنها ذکر شده است. بنابراین، خواص اشاره شده سبب شدند که کارائی حشره کش های مورد نظر افزایش پیدا کند. گزارش های نسبتاً محدودی در خصوص این دو ادجوانت در دنیا گزارش شده است. در بررسی منابع، فقط سه پژوهش از لهستان گزارش شده است.

"ایمیداکلوپراید با ۱۰ درصد کاهش دز+ تورپدو" و "ایمیداکلوپراید با ۲۰ درصد کاهش دز+ تورپدو" کمترین کارائی را نشان دادند (گروه آماری dc و d). در خصوص کاهش دز ایمیداکلوپراید (۱۰ و ۲۰ درصد) همراه با اضافه کردن ادجوانت اسکورچ، می توان گفت که علی رغم کاهش دز، کارائی ایمیداکلوپراید در حد بالائی دیده شد. در خصوص حشره کش فلونیکامید می توان گفت که اضافه کردن هر دو ادجوانت باعث افزایش کارائی شد، چون تیمار فلونیکامید به تنهایی در گروه آماری b قرار داشت، اما تیمار "فلونیکامید + تورپدو" و "فلونیکامید+اسکورچ" در گروه a قرار گرفتند. به علاوه، اضافه کردن هر دو ادجوانت همراه با کاهش دزهای فلونیکامید باعث کاهش کارائی نشد، بلکه تیمارهای "فلونیکامید با ۱۰ درصد کاهش دز+تورپدو" و "فلونیکامید با ۲۰ درصد کاهش دز+تورپدو" و "فلونیکامید با ۱۰ درصد کاهش دز+ اسکورچ" و "فلونیکامید با ۲۰ درصد کاهش دز+ اسکورچ" همگی کارائی یکسانی با تیمار متناظر خود (بدون کاهش دز) نشان دادند.

ب) مقایسه درصد کارایی تیمارهای آزمایشی پس از گذشت هفت روز بعد از سمپاشی: با توجه به نتایج تجزیه آماری ($F=37.42$; $P<0.0001$; $df=13$) اختلاف معنی داری بین تیمارهای آزمایشی دیده شد. گروه بندی میانگین درصد کارایی تیمارهای آزمایشی در جدول ۱ آمده است. براساس این نتایج می توان گفت که در فاصله زمانی هفت روز پس از سمپاشی، اضافه کردن هر دو ادجوانت به ایمیداکلوپراید باعث افزایش کارائی این حشره کش شد، چون تیمار ایمیداکلوپراید به تنهایی در گروه آماری c قرار داشت اما تیمارهای "ایمیداکلوپراید+تورپدو" و "ایمیداکلوپراید+اسکورچ" در گروه آماری ab قرار گرفتند. ضمناً اضافه کردن تورپدو و همراه با کاهش دز ایمیداکلوپراید باعث کاهش کارائی شد به طوری که تیمارهای "ایمیداکلوپراید با ۱۰ درصد کاهش دز+تورپدو" و "ایمیداکلوپراید با ۲۰ درصد کاهش دز+تورپدو" کمترین کارائی را نشان دادند (گروه آماری d). در خصوص کاهش دزهای ایمیداکلوپراید همراه با اضافه کردن ادجوانت اسکورچ، می توان گفت که علی رغم کاهش دزها، کارائی ترکیب در حد بالائی دیده شد.

در خصوص حشره کش فلونیکامید می توان گفت که اضافه کردن هر دو ادجوانت باعث افزایش کارائی شد، چون تیمار فلونیکامید به تنهایی در گروه آماری bc قرار داشت، اما تیمارهای "فلونیکامید+تورپدو" و "فلونیکامید+اسکورچ" در گروه a قرار گرفتند. به علاوه، اضافه کردن هر دو ادجوانت همراه با کاهش دزهای فلونیکامید، باعث کاهش کارائی نشد، بلکه تیمارهای "فلونیکامید با ۱۰ درصد کاهش دز+ تورپدو" و "فلونیکامید با ۲۰ درصد کاهش دز+ تورپدو" و "فلونیکامید با ۱۰ درصد کاهش دز+ اسکورچ" و "فلونیکامید با ۲۰ درصد کاهش دز+ اسکورچ" همگی در

جدول ۱- میانگین درصد کارایی (± اشتباه استاندارد) تیمارهای مختلف آزمایشی علیه شته جالبز خیبار (*Aphis gossypii* Glover) در ۳، ۷ و ۱۴ روز بعد از سمپاشی

Table 1- Mean percentage of efficacy (±Standard Error) in different experimental treatments against cotton-melon aphid, *Aphis gossypii* Glover in 3, 7 and 14 days after spraying

Treatments (تیمارها)	+3	+7	+14
Imidacloprid	81.47±1.92 bc	84.07±3.12 c	81.59±3.01 b
Imidacloprid + Torpedo II	92.60±1.83 a	93.94±1.41 ab	93.92±1.78 a
Imidacloprid (10% dose reduction) + Torpedo II	72.85±1.70 dc	71.99±1.04 d	71.04±2.19 c
Imidacloprid (20% dose reduction) + Torpedo II	69.41±2.40 d	70.96±1.33 d	70.19±1.70 c
Imidacloprid + scorch	93.43±1.84 a	93.26±2.02 ab	94.80±1.99 a
Imidacloprid (10% dose reduction) + scorch	93.65±1.51 a	93.45±1.56 ab	95.20±1.57 a
Imidacloprid (20% dose reduction) + scorch	94.23±1.48 a	94.02±1.38 ab	94.35±1.62 a
Flonicamid	87.08±2.96 b	87.45±1.57 bc	85.75±3.95 b
Flonicamid + Torpedo II	94.44±2.02 a	94.34±1.67 a	94.41±1.78 a
Flonicamid (10% dose reduction) + Torpedo II	93.92±2.39 a	95.41±1.92 a	93.75±1.48 a
Flonicamid (20% dose reduction) + Torpedo II	93.09±1.89 a	93.93±2.07 ab	93.21±1.74 a
Flonicamid + scorch	93.28±1.90 a	95.31±1.67 a	93.79±1.95 a
Flonicamid (10% dose reduction) + scorch	93.22±2.07 a	93.07±1.93 ab	93.94±1.94 a
Flonicamid (20% dose reduction) + scorch	94.27±1.52 a	95.26±1.78 a	93.48±1.96 a

Different letters in each column indicate a significant difference in the probability level of 0.05%.

Beauveria bassiana (فرمولاسیون تجاری) نیز شد. گزارش دیگری نشان داده است که کاربرد ماده افزودنی روغن استری کلزا باعث افزایش کارایی حشره‌کش اسپیروتترامات (Movento®) روی شپشک‌های کیوی شده و از سوی دیگر باعث کاهش باقیمانده آفت‌کش روی محصول می‌شود (۱۲). همچنین گزارش شده است که استفاده هم زمان مواد افزودنی مختلف (Silwet®, Agridex®) با حشره‌کش اسپینوساد (spinosad) باعث افزایش کارایی ترکیب روی آفت کلم به نام *Trichoplusia ni* Hubner می‌شود (۲۵). در تحقیق دیگری (۳)، گزارش شده است که ادجوانت سیلیکونی به نام Sylgard 309 با حشره‌کش پی‌متروزین خاصیت سینرژیستی دارد. افزایش کارایی اسپیروتترامات (Movento®) با استفاده از ادجوانت‌های نفوذکننده^۴ (penetrating adjuvants)، برای کنترل شته سبز هلو (*Myzus persicae* Sulzer)، روی کاهو (۳۴ و ۳۵) و گیاه اسفناج (*Spinacia oleracea* L.)، (۳۶) از آریزونای آمریکا گزارش شده است. تحقیقی در مصر نیز نشان داده است که ادجوانت‌های Bio new film^۶ و Glue، باعث افزایش کارایی مالاتیون علیه تریپس پیاز (*Thrips tabaci*) شدند (۱)، به علاوه در مصرف حشره‌کش را نیز به مقدار یک چهارم کاهش دادند. افزایش کارایی حشره‌کش‌های استامی پراید (موسپیلان®)، دیافن‌تیورون

اولی حاکی از آن بود که ادجوانت تورپدو، باعث افزایش کارایی علف‌کشی با نام تجاری هکتور^۱ برای کنترل علف‌هرز سلمک (*Chenopodium album* L.) در مزارع ذرت می‌شود. به نقل از نویسندگان، ادجوانت اشاره شده با بهبود اندازه قطرات محلول سمپاشی، تأثیر قابل توجهی در پوشش سطح برگ داشت (۲۱). همچنین بر اساس دو تحقیق دیگر (۳۷ و ۳۸) انجام شده در لهستان، کاربرد تورپدو، باعث کاهش معنی‌دار باقیمانده قارچ‌کش سیستمیک آزوکسی‌استروبین (azoxystrobin) و قارچ‌کش تماسی کلروتالونیل (chlorothalonil) در گوجه فرنگی شده است. به نقل از هی و همکاران (۱۶) برگ‌های خیار آبدوست^۲ هستند که مستعد ریزش قطرات (دریفت) در هنگام سمپاشی هستند. بنابراین اضافه کردن ادجوانت‌ها، به خوبی توانسته اند این مشکل را حل کنند.

در خصوص تأثیر سایر ادجوانت‌ها در کارایی حشره‌کش‌ها و کنه‌کش‌ها در دنیا تحقیقات زیادی انجام شده است. مثلاً کاربرد ماده افزودنی اتوکسیلیت-پروپوکسیلیت تریسیلوگسان^۳ باعث کاهش ۷۰ درصدی خسارت کنه تارتن دولکه‌ای (*Tetranychus urticae*) Koch روی برگ‌های خیار شده است (۱۳). همچنین کاربرد ماده افزودنی ذکر شده، باعث افزایش ۲۵ درصدی کارایی قارچ بیماریارگر

4- Cabbage looper

5- Dyne-Amic, Fulvex

6- Bio new film (spreading and wetting agent)

1- Hector 53,6 WG (42,9% nikosulfuron 10,7% rimsulfuron)

2- hydrophile

3- Ethoxylated- propoxylated trisiloxane

(Diafenthion) و دیمتوات با کاربرد ادجوانت اولترا (Ultra®) برای سفید بالک بمبیزا (*Bemisia tabaci* Gennadius) از پاکستان نیز گزارش شده است (۴۳).

از نیوزلند و طی یک تحقیق دو ساله (۲۸)، گزارش شده است که کاربرد اسپیروترامات به همراه ادجوانت‌های نفوذکننده (Engulf®^۱) و یا پخش کننده (Du-Wett®^۲) نقش قابل توجهی در کاهش آلودگی میوه کیوی به شپشک‌ها و سپردارها در پس از برداشت دارند. در تحقیق دیگری (۲)، افزایش کارایی کلرپایرِفوس (EC48%) و سی هالوترین (EC5%) علیه کرم برگ‌خوار مصری (*Spodoptera littoralis* Boisduval) با ادجوانت‌های Tritone K و Top Film روی لاروهای سنین دو و چهار این آفت گزارش شده است. کارایی سی-هالوترین (میانگین درصد مرگ و میر روی لاروها) به تنهایی پس از چهار روز سمپاشی حدوداً بین ۳۵ تا ۴۵ درصد برآورد شد که این مقدار با اضافه کردن ادجوانت‌ها به ۱۰۰ درصد رسید. در مورد کلرپایرِفوس نیز، کارایی به تنهایی پس از چهار روز، بین ۵۰ تا ۷۸ درصد برآورد شد، اما اضافه کردن ادجوانت‌ها، کارایی را به ۸۸ تا ۹۶ درصد افزایش داد. علاوه بر افزایش کارایی، ادجوانت‌ها ماندگاری اثربخشی حشره‌کش‌ها را نیز تا ۱۵ روز برای کلرپایرِفوس و تا ۲۱ روز برای سی هالوترین افزایش دادند.

به طور کلی، برای آفت‌کش‌های سیستمیک که کار خود را پس از نفوذ به برگ انجام می‌دهند، مرحله نفوذ به برگ از اهمیت بسیار بالایی برخوردار است و پژوهش‌ها ثابت کرده‌اند که ادجوانت‌های معینی می‌توانند نفوذ به برگ را افزایش داده و لذا کارایی آفت‌کش‌های سیستمیک را بهبود بخشند. در این خصوص گزارش شده است که کارایی ایمیداکلوپراید علیه شته سبز هلو روی گیاه تنباکو، توسط دو ادجوانت به نام‌های Beichuang و Jiexiaoli از طریق نفوذ بهتر حشره‌کش، افزایش پیدا کرد (۸).

از طرف دیگر هر چه چسبندگی و میزان نفوذ آفت‌کش به برگ افزایش یابد، هدررفت آفت‌کش نیز کمتر شده و لذا موجودات غیرهدف نیز کمتر در معرض آفت‌کش‌ها قرار می‌گیرند. علاوه بر این، چسبندگی بیشتر آفت‌کش به سطح برگ، باعث می‌شود که میزان تبخیر ماده موثره از سطح برگ نیز کاهش یابد. با توجه به شرایط دمایی گلخانه‌ها که ممکن است تبخیر آفت‌کش‌های مصرفی، شدت بیشتری داشته باشد، بنابراین استفاده از ادجوانت‌ها که چسبندگی محلول را افزایش می‌دهند، قطعاً در کاهش تبخیر و هدررفت آفت‌کش‌ها تاثیر دارند. مطالعات قبلی این موضوع را ثابت کرده است (۱۹ و ۴۷). همچنین اوگن برادی و همکاران (۱۰)، گزارش کردند که

اضافه کردن پنج ادجوانت با خاصیت چسبانندگی (Triton X-100، Plant Gard®، Exhalt®، Nu-film 17 و Plyac®) به کلرپایرِفوس و لیندن باعث افزایش اندکی در ماندگاری دو حشره‌کش، علیه سوسک پوست خوار کاج (*Dendroctonus frontalis* Zimmermann) شدند.

یافته دیگر تحقیق حاضر این است که با اضافه شدن ادجوانت تورپدو به ایمیداکلوپراید، وقتی که با کاهش دز حشره‌کش همراه شد، کارایی ایمیداکلوپراید به شدت کاهش یافت. بنابراین اضافه کردن تورپدو همراه با کاهش دز ایمیداکلوپراید توصیه نمی‌شود. این به این مفهوم است که دز توصیه شده ایمیداکلوپراید برای کارایی مطلوب آن ضروری است و در صورت کاهش دز، حتی در حضور ادجوانت تورپدو، کارایی ایمیداکلوپراید کاهش خواهد یافت. در این راستا، اندازه‌گیری غلظت ایمیداکلوپراید (به روش الایزا) در برگ مرکبات ثابت کرده است که غلظت حشره‌کش بایستی به اندازه کافی وجود داشته باشد تا اثر کشندگی روی پسیل آسیائی مرکبات (*Diaphorina citri*) و مینوز مرکبات (*Phyllocnistis citrella*) داشته باشد (۴۰). چنین نتیجه‌ای در مورد ادجوانت اسکورج دیده نشد، به طوری که اضافه شدن اسکورج، وقتی با کاهش دز ایمیداکلوپراید همراه شد، توانست کارایی ایمیداکلوپراید را در حد بالائی حفظ کند. علاوه بر آن، اضافه شدن هر دو ادجوانت، وقتی با کاهش دز فلونیکامید همراه شد، باعث شد که کارایی در حد بالائی حفظ شود. یکی از دلایل این می‌تواند باشد که ماده موثره آفت‌کش‌ها، در ترکیب شدن با ادجوانت‌ها، ممکن است پاسخ‌های فیزیولوژیک مختلفی را باعث شوند. در این راستا گزارش شده است که ماده افزودنی Sylgard 309، وقتی که با حشره‌کش فپرونیل همراه شود، سمیت آن برای زنبور عسل افزایش می‌یابد، در حالی که اگر با حشره‌کش‌های ایمیداکلوپراید، کاربوفوران (carbofuran) و متومیل (methomyl) همراه شود، سمیت برای زنبورهای عسل کاهش می‌یابد (۲۷). ضمن اینکه تفاوت در عملکرد ادجوانت‌ها، می‌تواند ناشی از ترکیبات متفاوت در مواد تشکیل دهنده آنها نیز باشد که طی مطالعات قبلی ثابت شده است (۱۵ و ۱۸).

کاهش دز مصرف حشره‌کش‌ها، می‌تواند هم از نظر اقتصادی و هم از نظر زیست محیطی حائز اهمیت باشد، چون طبق نتایج گرفته شده، در صورت استفاده از ادجوانت‌های کار شده در این تحقیق، می‌توان مقدار مصرف ایمیداکلوپراید و فلونیکامید را تا ۲۰ درصد کاهش داد. گزارشی از چین نیز نشان داده است که در مزارع گندم برای مبارزه با شته گندم (*Schizaphis graminum*)، افزودن دو نوع ادجوانت یکی از نوع ارگانوسیلیکون (organosilicone QF-LY) و دیگری از نوع روغن گیاهی متیله شده^۴ به صورت مخلوط در تانک

3- bark-beetles

4- methylated vegetable oil adjuvant FFD

1- Engulf (a super-spreading penetrant)

2- Du-Wett (a super-spreader)

براساس نتایج این تحقیق هر دو ادجوانت قادر هستند کارایی ایمیداکلوپراید و فلونیکامید را افزایش دهند. همچنین قابلیت و توانایی این ادجوانت‌ها در پائین آوردن دز مصرف حشره‌کش‌های مورد مطالعه از لحاظ برنامه‌های کاهش مصرف آفت‌کش‌ها در مدیریت تلفیقی آفات، حائز اهمیت است. اما باید در نظر داشت که عوامل دیگری مثل قیمت ادجوانت‌ها، در استفاده کاربردی و میدانی آنها توسط کشاورزان دخالت دارند که بایستی مد نظر قرار گیرد.

سپاسگزاری

این پژوهش با حمایت مالی موسسه تحقیقات گیاهپزشکی کشور انجام شده است که بدین وسیله نهایت تشکر و قدردانی را داریم. از آقای دکتر علی محمدی پور به خاطر کمک در آنالیزهای آماری نیز تشکر می‌شود.

سمپاش، قادر است دز مصرفی ایمیداکلوپراید را تا ۲۰ درصد کاهش دهد (۲۹).

همچنین گزارش شده است که افزودن ادجوانتی به نام Glow® به اسفن‌والریت (esfenvalerate) و پروفنفوس (profenfos)، ضمن افزایش کارایی آنها باعث کاهش دز مصرف این دو حشره‌کش، به نصف مقدار توصیه شده می‌شود (۷). گزارش دیگری از فلوریدی آمریکا نیز حاکی از آن است که در شرایط گلخانه کاربرد ادجوانت Silwet L-77 قادر است که دز مصرف ایمیداکلوپراید و آبامکتین را (به میزان نصف تا یک چهارم کمترین دز توصیه شده) در مبارزه با پسیل آسیائی مرکبات (*Diaphorina citri*) کاهش دهد (۴۲). در تحقیق دیگری که در مصر روی شته حبوبات (*Aphis craccivora* Koch) انجام شد، گزارش شد که دو ادجوانت به نام‌های Sylgard 309® و Agrimax-3H® توانستند کارایی تیموتوکسام را با نصف دز توصیه شده، در شرایط مزرعه‌ای افزایش دهند (۵).

منابع

1. Abd-Allah A.A.A. 2011. Influence of some adjuvants on efficacy of certain insecticides against onion thrips, *Thrips tabaci* (LIND.) infesting onion and garlic plants. Journal of Plant Protection and Pathology 2: 169-178.
2. Abdelgaleil S.A., Abdel-Aziz N.F., Sammour E.A., El-Bakry A.M., and Kassem S.M. 2015. Use of tank-mix adjuvants to improve effectiveness and persistence of chlorpyrifos and cyhalothrin formulations. Journal of Agricultural Science and Technology 17(6): 1539-1549.
3. Acheampong S., and Stark J.D. 2004. Effects of the agricultural adjuvant Sylgard 309 and the insecticide pymetrozine on demographic parameters of the aphid parasitoid, *Diaeretiella rapae*. Biological Control 31(2): 133-137.
4. Ahmadi K., Ebadzadeh H., Hatami F., Hosseinpour R., and Abdshah H. Iran agricultural statistics of 2019. Ministry of Agricultural Jihad. 163 pp.
5. Aioub A.A., Omar A.E., and El-Sobki A.E.A. 2015. Field evaluation of thiamethoxam insecticide and its mixtures with certain adjuvants in controlling leguminous aphid, *Aphis craccivora* (Koch) and their residues in plants and soil. Zagazig Journal of Plant Protection Research 42(4): 835-841.
6. Barbosa P.R., Michaud J.P., Bain C.L., and Torres J.B. 2017. Toxicity of three aphicides to the generalist predators *Chrysoperla carnea* (Neuroptera: Chrysopidae) and *Orius insidiosus* (Hemiptera: Anthocoridae). Ecotoxicology 26(5): 589-599.
7. Betana M.D.M.A., Hussein and EL-Kadi A.M.A. 2004. Influence of some adjuvants on physico-chemical properties, effectiveness, and pesticides formulations. Journal of Agricultural Science, Mansoura 29(4): 2105-2116.
8. Chen H., Zhang Y., Zhang H., and Ding W. 2014. Synergistic effect of imidacloprid combined with synergistic agents (Beichuang, Jiexiaoli) on *Myzus persicae*. International Journal of Pest Management 60(3): 201-207.
9. Colomer I., Aguado P., Medina P., Heredia R.M., Fereres A., Belda J.E., and Viñuela E. 2011. Field trial measuring the compatibility of methoxyfenozide and flonicamid with *Orius laevigatus* Fieber and *Amblyseius swirskii* in a commercial pepper greenhouse. Pest Management Science 67(10): 1237-1244.
10. Eugene Brady U., Wayne Berisford C., Thomas Hall L., and Joseph Hamilton S. 1980. Efficacy and persistence of chlorpyrifos, chlorpyrifos-methyl, and lindane for preventive and remedial control of the southern pine beetle. Journal of Economic Entomology 73(5): 639-641.
11. Foy C.L. 1996. Adjuvants—current trends and technology. Pesticide formulation and adjuvant technology, Eds. C. L. Foy and D. W. Pritchard, CRC Press. pp. 323–352.
12. Gaskin R.E., Horgan D.B., and Manktelow D.W. 2010. Adjuvant effects on the retention and uptake of spirotetramat insecticide sprays on kiwifruit. New Zealand Plant Protection 63: 60-65.
13. Gatarayihya M.C., Laing M.D., and Miller R.M. 2010. Effects of adjuvant and conidial concentration on the efficacy of *Beauveria bassiana* for the control of the two spotted spider mite, *Tetranychus urticae*. Experimental and Applied Acarology 50(3): 217-29.

14. Gautam B.K., Little B.A., Taylor M.D., Jacobs J.L., Lovett W.E., Holland R.M., and Sial A.A. 2016. Effect of simulated rainfall on the effectiveness of insecticides against spotted wing drosophila in blueberries. *Crop Protection* 81: 122-128.
15. Green J.M., and Beestman G.B. 2007. Recently patented and commercialized formulation and adjuvant technology. *Crop Protection* 26(3): 320-327.
16. He L., Ding L., Zhang P., Li B., Mu W., and Liu F. 2021. Impact of the equilibrium relationship between deposition and wettability behavior to the high-efficiency utilization of pesticides. *Pest Management Science* 77: 2485-2493.
17. Henderson CF., and Tilton EW. 1955. Tests with Acaricides against the brown wheat mite. *Journal of Economic Entomology* 48: 157-161.
18. Holloway P.J. 1998. Improving agrochemical performance: possible mechanisms for adjuvancy. *Chemistry and technology of agrochemical formulations*, Ed. Knowles D. A., Kluwer Academic Publisher, Dordrecht, The Netherlands. pp. 232-263.
19. Houbraken M., Senaeve D., Fevery D., and Spanoghe P. 2015. Influence of adjuvants on the dissipation of fenpropimorph, pyrimethanil, chlorpyrifos and lindane on the solid/gas interface. *Chemosphere* 138: 357-363.
20. Jeschke P., Nauen R., and Beck M.E. 2013. Nicotinic acetylcholine receptor agonists: a milestone for modern crop protection. *Angewandte Chemie International Edition* 52(36): 9464-9485.
21. Kierzek R., Wachowiak M., Krawczyk R., and Ratajkiewicz H. 2014. Effect of spray nozzle type and adjuvants on herbicide activity in maize. *Problems of Agricultural Engineering Journal* 2(84): 29-39. (In Polish with English abstract)
22. Kodandaram M.H., Kumar Y.B., Banerjee K., Hingmire S., Rai A.B., and Singh B. 2017. Field bioefficacy, phytotoxicity and residue dynamics of the insecticide flonicamid (50 WG) in okra (*Abelmoschus esculenta* (L) Moench). *Crop Protection* 94: 13-19.
23. Kumar V., Jindal V., Kataria S.K., and Pathania M. 2019. Activity of novel insecticides against different life stages of whitefly (*Bemisia tabaci*). *Indian Journal of Agricultural Sciences* 89(10): 1599-1603.
24. Kunjwal N., and Srivastava R.M. 2018. Insect pests of vegetables. *Pests and their Management*, Ed. Omkar (2018) Springer, Singapore. pp. 163-221.
25. Larson L.L. 1997. Effects of adjuvants on the activity of Tracer™ 480SC on cotton in the laboratory, 1996. *Arthropod Management Tests* 22: 415-416.
26. Liu T.X., and Stansly P.A. 2000. Insecticidal activity of surfactants and oils against silverleaf whitefly (*Bemisia argentifolii*) nymphs (Homoptera: Aleyrodidae) on collards and tomato. *Pest Management Science* 56(10): 861-866.
27. Mayer D.F., and Lunden J.D. 1994. Effects of the adjuvant Sylgard 309 on the hazard of selected insecticides to honey bees. *Bee Science* 3(3): 135-138.
28. McKenna C., Gaskin R., Horgan D., Dobson S., and Jia Y. 2013. Efficacy of a postharvest spirotetramat spray against armoured scale insects on kiwifruit vines. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science* 41(3): 105-116.
29. Meng Y., Lan Y., Mei G., Guo Y., Song J., and Wang Z. 2018. Effect of aerial spray adjuvant applying on the efficiency of small unmanned aerial vehicle for wheat aphids control. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering* 11(5): 46-53.
30. Morita M., Ueda T., Yoneda T., Koyanagi T., and Haga T. 2007. Flonicamid, a novel insecticide with a rapid inhibitory effect on aphid feeding. *Pest Management Science* 63(10): 969-973.
31. Morita M., Yoneda T., and Akiyoshi N. 2014. Research and development of a novel insecticide, flonicamid. *Journal of Pesticide Science* 39(3): 179-180.
32. Noorbaksh S. 2019. List of important pests, diseases and weeds of major agricultural products, pesticides and recommended methods to control them. PPO publication. 197 pp.
33. Pacanoski Z. 2015. Herbicides and adjuvants. *Intech Open Science* 125-147.
34. Palumbo J.C. 2009. Influence of adjuvants and Movento spray timing on aphid contamination in head lettuce. *Arthropod Management Tests*, ESA, Vol 34, E34.
35. Palumbo J.C. 2010. Efficacy of Movento and adjuvant combinations for pre-harvest control of lettuce aphid in romaine lettuce. *Arthropod Management Tests*, ESA, Vol 35, E33.
36. Palumbo J.C. 2011. Influence of adjuvants and spray timing of Movento on aphid contamination and crop injury in Baby Spinach. *Plant Health Progress* 12(1): 10.
37. Ratajkiewicz H., Kierze R., Raczkowski M., Kulas A.H., Łacka A., Wójtowicz A., and Wachowiak M. 2016. Effect of the spray volume adjustment model on the efficiency of fungicides and residues in processing tomato. *Spanish Journal of Agricultural Research* 14(3): 23-31.
38. Ratajkiewicz H., Kierzek R., Raczkowski M., Kulas A.H., Łacka A., and Szulc T. 2018. The effect of coarse-droplet spraying with double flat fan air induction nozzle and spray volume adjustment model on the efficiency of fungicides and residues in processing tomato. *Spanish Journal of Agricultural Research* 16(1): 22-32.

39. Roditakis E., Fytrou N., Staurakaki M., Vontas J., and Tsagkarakou A. 2014. Activity of flonicamid on the sweet potato whitefly *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) and its natural enemies. *Pest Management Science* 70(10): 1460-1467.
40. Sétamou M., Rodriguez D., Saldana R., Schwarzlose G., Palrang D., and Nelson S.D. 2010. Efficacy and uptake of soil-applied imidacloprid in the control of Asian citrus psyllid and a citrus leaf miner, two foliar-feeding citrus pests. *Journal of Economic Entomology* 103(5): 1711-1719.
41. Seyedebrahimi S.S., Talebi Jahromi K., Imani S., Hosseininaveh V., and Hesami S. 2016. Resistance to imidacloprid in different field populations of *Aphis gossypii* Glover (Hem.: Aphididae) in South of Iran. *Journal of Entomological and Acarological Research* 48: 6-10.
42. Srinivasan R., Hoy M.A., Singh R and Rogers M.E. 2008. Laboratory and field evaluations of Silwet L-77 and kinetic alone and in combination with imidacloprid and abamectin for the management of the Asian citrus psyllid, *Diaphorina citri*. *Florida Entomologist* 91(1): 87-100.
43. Tariq K., Ali R., Butt Z. A., Ali A., Naz G., Anwar Z., and Shah J.A. 2016. Comparative efficacy of different insecticides alone and along with adjuvant against cotton whitefly, *Bemisia tabaci* in Multan, Pakistan. *American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Sciences* 16: 1424-30.
44. Tomizawa M., and Casida J.E. 2005. Neonicotinoid insecticide toxicology: mechanisms of selective action. *Annual Review of Pharmacology and Toxicology* 45: 247-268.
45. Van Emden H.F., and Harrington R. 2017. Aphids as crop pests, second edition. CABI. 450 pp.
46. Wang L., Zhang S., Luo J.Y., Wang C.Y., Lv L.M., Zhu X.Z., and Cui J.J. 2016. Identification of *Aphis gossypii* Glover (Hemiptera: Aphididae) biotypes from different host plants in North China. *PLoS One* 11(1): e0146345.
47. Xu L.Y., Zhu H.P., Ozkan H.E., Bagley W.E., Derksen R.C., and Krause C.R. 2010. Adjuvant effects on evaporation time and wetted area of droplets on waxy leaves. *American Society of Agricultural and Biological Engineers* 53(1): 13-20.
48. Zand E., Aliverdi A., Hammami H., and Heidari A. 2013. Adjuvants, oils, surfactants and other additives for farm chemicals. 94 pp. (translation in Persian)



Effects of Two Adjuvants (Scorch and Torpedo II) on Efficacy of Imidacloprid and Flonicamid to Control the *Aphis gossypii* Aphid in Greenhouse Cucumber

H. Mosallanejad^{1*} - M. Forouzan² - L. Ebrahimi³

Received: 02-06-2021

Accepted: 30-06-2021

Introduction: Cucumber, *Cucumis sativus* L. is one the most important economic vegetables crop cultivated in Iran and many countries of the world. The cotton-melon aphid, *Aphis gossypii* Glover (Hemiptera: Aphididae), is one of the most destructive polyphagous pests of Cucurbitaceae plants in greenhouses and open fields. *A. gossypii* can cause severe damage in commercial fields. The honeydew that aphid excretes decreases the photosynthetic activity of plants and contaminates fruit, resulting in severely reduced quality. Moreover, *A. gossypii* can transmit more than 80 type of viral diseases that can cause substantially greater losses than the damage from direct feeding of the insect. The focus of the control methods against this pest in our country is the use of insecticides. Additionally, *A. gossypii* has developed different levels of resistance to many insecticides. Agricultural adjuvants can improve the efficacy of pesticides and can be effective in reduction of pesticides use. In the current research, the effects of two adjuvants (Scorch and Torpedo II) on efficiency of imidacloprid (SC35%) and flonicamid (WG50%) to control this aphid were investigated on cucumber in greenhouse. These two insecticides have systemic property doing their job after leaf penetration. It is known that the leaf penetration step is very determinative for systemic pesticides. Besides, Scorch and Torpedo II are multi-functional adjuvant, showing penetration, wetting, adhesion and spreading properties.

Materials and Methods: The project was performed based on a completely randomized design with 15 treatments and 3 replicates. The efficacy in the sampling units was recorded at 1, 3, 7 and 14 days after treatment. The treatments were: 1) imidacloprid (recommended dose); 2) imidacloprid+Scorch; 3) imidacloprid+Torpedo II; 4) imidacloprid (10% reduction of dosage)+Scorch; 5) imidacloprid (20% reduction of dosage)+Scorch; 6) imidacloprid (10% reduction of dosage)+Torpedo II; 7) imidacloprid (20% reduction of dosage)+Torpedo II. Flonicamid was replaced by imidacloprid in the treatments 8 to 14. The control treatment (No. 15) was sprayed by water only. The efficacy was calculated using the Henderson and Tilton formula. Statistical analysis was performed using the SAS software (ver. 9.1). One row was considered as the distance between the experimental units. Two rows on either side of the greenhouse were also considered as margins.

Results and Discussion: The combine analysis of variance showed that interaction of treatment $\times$ place was not significant, meaning that the experimental treatments had the same respond in different locations. Therefore, the data were statistically analyzed based on this, without considering the locations (Urmia and Karaj). The results showed that both adjuvants were able to improve the efficacy of imidacloprid and flonicamid, as it was confirmed at all times after spraying. For example, three days after spraying, the efficacy of imidacloprid alone was estimated at 81.47%, while "imidacloprid + Torpedo" and "imidacloprid + Scorch" were estimated at 92.60% at 93.43%, respectively. Similarly, seven days after spraying flonicamid alone showed 87% efficiency, whereas the treatment of "flonicamid+Torpedo" and "flonicamid+Scorch" exhibited 94.34% and 95.31%, respectively. When Torpedo II was used in combination of reduced doses of imidacloprid, the efficacy was severely reduced. Thus, the addition of Torpedo II is not recommended with reduced doses of imidacloprid. Instead, adding the Scorch when reducing the imidacloprid dosage, the efficacy was remained as high. For example, three days after spraying, "Imidacloprid with 10% dose reduction + Scorch" and "Imidacloprid with 20% dose reduction + Scorch" treatments were 93.65% and 94.23% efficacy, respectively. Besides, by reducing the flonicamid dosage and adding both adjuvant, the efficiency was as high as to the treatment using the recommended dosage. For example, 14 days after spraying, flonicamid with 10% dose reduction + Scorch and

1 and 3- Assistant Research Professors at Iranian Research Institute of Plant Protection, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran

(* - Corresponding Author Email: hmosalla@gmail.com)

2- Assistant Research Professor at Plant Protection Research Department, West Azarbaijan Agricultural and Natural Resources Research Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Urmia, Iran

DOI: 10.22067/JPP.2021.70680.1025

flonicamid with 20% dose reduction+ Scorch showed 93.94% and 93.48% efficacy, respectively. Our results can be important from both economic and environmental point of view, as the obtained results indicated that imidacloprid and flonicamid dosage can be reduced by 20%. However, it should be keep in mind that other factors, such as the price of adjuvants, are involved in their practical and field use by farmers, which should be taken into account.

Keywords: Adjuvants, *Aphis gossypii*, Efficacy, Imidacloprid, Flonicamid



مقاله پژوهشی

اثر قارچ *Beauveria bassiana* و نانوسیلیکا روی شته مومی کلم *Brevicoryne brassicae* و زنبور پارازیتوئید آن *Diaeretiella rapae* در شرایط آزمایشگاهی

ساناز امامی^۱ - شهرام آرمیده^{۲*} - سجاد پیرسا^۳ - جی پی میچاود^۴

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۳/۲۲

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۴/۲۰

چکیده

شته مومی کلم *Brevicoryne brassicae* یکی از آفات مهم و خسارت‌زای چلیپاییان است که در بسیاری از نقاط ایران فعال است و در طول دوره‌ی زمستان موجب ایجاد خسارت کمی و کیفی در زراعت گیاهان مذکور می‌شود. دشمنان طبیعی متعددی نظیر زنبور پارازیتوئید *Diaeretiella rapae* روی این شته فعالیت دارند. در سال‌های اخیر عوامل سازگار با محیط زیست به دلیل اثرات جانبی کمتر در کنترل آفات بیشتر مورد توجه قرار گرفته‌اند. این مطالعه برای تعیین تاثیر غلظت‌های مختلف (۱۰^۳، ۱۰^۴، ۱۰^۵، ۱۰^۶ و ۱۰^۷ اسپور بر میلی‌لیتر) قارچ *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. و نانوسیلیکا در غلظت‌های (۱۲۵، ۲۵۰، ۵۰۰، ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ ppm) به صورت جداگانه و توأم روی زنده‌مانی جمعیت شته مومی کلم و زنبور پارازیتوئید آن انجام شد. آزمایش‌ها در دمای ۲۵±۲ درجه سلسیوس، رطوبت نسبی ۶۵±۵ و دوره نوری ۸:۱۶ ساعت (تاریکی: روشنائی) در آزمایشگاه انجام شد. مقادیر LC₅₀ حاصل از تجزیه پروبیت در نتیجه تاثیر غلظت‌های مختلف قارچ بعد از گذشت ۷ روز و نانوسیلیکا طی ۴۸، ۷۲ و ۹۶ ساعت پس از تیمار روی حشرات کامل شته مومی کلم به ترتیب برابر با ۲/۲×۱۰^۵ اسپور بر میلی‌لیتر و ۴۳۵۶/۱۴، ۱۱۶۴/۴۲ و ۴۸۷/۱۹ ppm بود، همچنین در نتیجه تاثیر غلظت‌های مختلف قارچ بعد از گذشت ۴ روز و نانوسیلیکا طی ۴۸، ۷۲ و ۹۶ ساعت پس از تیمار روی زنبور پارازیتوئید به ترتیب ۱/۲×۱۰^۶ اسپور بر میلی‌لیتر و ۳۶۳۹/۷۹، ۶۱۹/۵۱ و ۲۸۹/۷۷ ppm بدست آمد. نتایج حاکی از حساسیت حشرات کامل شته مومی کلم به قارچ بود. کمترین زمان لازم برای مرگ ۵۰ درصد افراد جمعیت شته مومی کلم توسط قارچ در غلظت ۱۰^۷ اسپور بر میلی‌لیتر ۵/۰۲ روز محاسبه شد. میزان تلفات نانوسیلیکا ۷۲ ساعت پس از تیمار در بالاترین غلظت روی شته مومی کلم و زنبور پارازیتوئید به ترتیب ۹۰ و ۹۶/۶۶ درصد برآورد شد. همچنین اختلاط این دو عامل در ۷۲ و ۱۲۰ ساعت پس از تیمار حشرات کامل شته مومی کلم و زنبور پارازیتوئید تفاوت معنی‌داری با تیمار شاهد داشت. بر اساس نتایج این تحقیق قارچ *B. bassiana* و نانوسیلیکا می‌توانند به عنوان عوامل مؤثر در برنامه مدیریت تلفیقی این شته مورد استفاده قرار گیرند.

واژه‌های کلیدی: پارازیتوئید، شته مومی کلم، قارچ بیمارگر حشرات، کنترل غیرشیمیایی

مقدمه

کلم (CaMV) و ویروس موزاییک شلغم (TuMV) می‌باشد (۳۹). تغذیه شته مذکور از شیر گیاهی موجب پیچیدگی و قاشقی شدن حاشیه برگ‌ها، ضعیف شدن بوته و پایین آمدن کیفیت و کمیت محصول و در نهایت از بین رفتن کامل بوته می‌شود (۳۴ و ۲۵). این آفت با ایجاد کلنی‌های بزرگ روی برگ‌ها، ساقه‌ها و جوانه‌ها ضمن مکیدن شیره گیاهی، بزاق خود را وارد گیاه می‌زبان می‌نماید که موجب ایجاد حلقه‌های نکروزه در اطراف محل‌های تغذیه‌ای می‌شود (۶). همچنین تجمع ترشحات عسلک و مواد مومی و بقایای پوست‌اندازی موجب اختلال در فتوسنتز و کاهش بازارپسندی محصول می‌شود. زنبور *Diaeretiella rapae* (Hymenoptera: Braconidae) یکی از مهمترین عوامل کنترل کننده بیولوژیک شته مومی کلم می‌باشد (۲۹) که به طور انحصاری پارازیتوئید داخلی

شته مومی کلم، *Brevicoryne brassicae* (L.) (Hemiptera: Aphididae) یکی از آفات مهم و کلیدی گیاهان تیره کلم در جهان می‌باشد. خسارت کمی و کیفی این گونه به دلیل رفتار تغذیه ای شته است که توانایی مکیدن شیره گیاهی از تمام اندام‌های هوایی گیاه میزبان را داشته و ناقل ۲۳ بیماری ویروسی از جمله ویروس موزاییک

۱، ۲ و ۳- به ترتیب دانشجوی دکتری و دانشیاران دانشکده کشاورزی، دانشگاه

ارومیه، ایران

(*) نویسنده مسئول: (Email: Sh.aramideh@urmia.ac.ir)

۴- استاد مرکز تحقیقات کشاورزی هی- دانشگاه کانزاس امریکا

DOI: 10.22067/JPP.2021.70807.1030

شته‌ها است (۳۶). این زنبور پلی‌فاژ بوده و روی ۹۸ گونه شته فعالیت دارد. زنبور *D. rapae* نقش بسزایی در کاهش خسارت شته‌ها روی محصولات تیره چلباییان دارد (۱۰). استفاده از حشره‌کش‌های شیمیایی روش اولیه و متداول کنترل شته‌ها می‌باشد (۳). مقاومت آفات به سموم شیمیایی و سمیت آن‌ها برای انسان و محیط زیست محققین را بر آن داشته تا امکان استفاده از روش‌های موثر و غیر شیمیایی را برای کنترل این شته مورد بررسی قرار دهند. یکی از این روش‌ها روش کنترل زیستی توسط قارچ‌های بیمارگر حشرات است. این قارچ‌ها معمولاً در طبیعت موجب بیماری و تنظیم جمعیت حشرات می‌شوند (۱۵). این عوامل با ایجاد بیماری از راه تماس توانایی آلوده کردن میزبان در تمام مراحل زندگی را دارند. قارچ *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. (Ascomycota, Hypocreales) از شناخته‌ترین قارچ‌های بیمارگر حشرات است (۳۸). دامنه میزبانی وسیع و متنوع موجب شده است که این قارچ به یکی از بهترین گونه‌های قارچ‌های بیمارگر برای کنترل آفات تبدیل گردد (۳۲). در آزمایشی تاثیر جدایه IRAN 429C از قارچ *B. bassiana* روی حشرات بالغ شته مومی کلم مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاکی از آن بود که جدایه مذکور موجب ۵۴ تا ۸۳ درصد مرگ و میر در جمعیت این آفت شده است (۱). بررسی تاثیر جدایه‌هایی از قارچ‌های *B. bassiana* و *Lecanicillium lecanii* (Zimm.) (Hypocreales: Cordycipitaceae) روی قدرت زنده‌مانی و تولید مثل شته *Aphis gossypii* (Glover) (Homoptera: Aphididae) نشان داد که تماس شته با اسپورهای هر دو قارچ مرگ و میر حشرات را به طور قابل توجهی افزایش داده است (۱۸). همچنین بیمارگری جدایه‌هایی از قارچ‌های *B. bassiana* و *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) (Hypocreales: Clavicipitaceae) روی حشرات کامل شته مومی کلم بررسی شد. نتایج نشان داد که با گذشت زمان درصد مرگ و میر نیز افزایش یافت (۱۳). امروزه استفاده از سموم مبتنی بر میکرو و نانو نیز به عنوان جایگزین مناسب برای سموم شیمیایی در کنترل حشرات جایگاه ویژه‌ای پیدا کرده است (۱۹). هدف از فرمولاسیون حشره‌کش‌ها در مقیاس میکرو و نانو کنترل رهش ماده موثر آن‌ها، افزایش پایداری در شرایط انباری، حفاظت از اثرات نامطلوب زیست‌محیطی حشره‌کش‌ها و کاهش سمیت آن‌ها روی پستانداران گونه‌های غیرهدف و حشرات مفید می‌باشد (۴۰). حشره‌کش‌های نانو در مبارزه علیه آفات و ناقلین بیماری‌ها عملکرد بهتری نسبت به انواع حشره‌کش‌های معمولی داشته‌اند و به همین دلیل از لحاظ پزشکی، بهداشتی و اقتصادی جایگاه ویژه‌ای پیدا کرده‌اند (۱۴). برخی از نانوذرات فلزی، غیرفلزی و اکسید فلزی دارای اثر حشره‌کشی می‌باشند. نانوذرات مزبور با حمله به سلول‌های لارو حشره موجب تغییر شکل و مرگ آن‌ها می‌شوند. از جمله این ذرات می‌توان به

نانوذرات سیلیس اشاره کرد. استفاده از سیلیس برای کنترل حشرات روی محصولات کشاورزی هیچ گونه باقیمانده‌ای روی محصول و محیط زیست پیرامون ندارد و به همین دلیل می‌تواند جزو مدیریت تلفیقی آفات و بیماری‌ها محسوب شود (۱۲ و ۲۳). مکانیسم کنترل آفات با نانوسیلیکا بر این مبنا می‌باشد که این ماده توسط لیپیدهای کوتیکولی جذب و به صورت فیزیکی موجب مرگ حشره می‌شود (۷). در یک تحقیق تاثیر ذرات نانوسیلیکا و نانونقره روی آفت *Callosobruchus maculatus* (Fab.) (Coleoptera: Bruchidae) بررسی شد. نتایج حاکی از آن بود که این مواد ۷۵ تا ۱۰۰ درصد مرگ و میر در غلظت حداکثر در جمعیت حشرات مذکور دارند (۳۳). در بررسی دیگری ذرات نانوسیلیکا تا ۹۰ درصد سبب مرگ و میر در جمعیت *Sitophilus oryzae* (L.) (Coleoptera: Curculionidae) شد (۸). علاوه بر این، به نظر می‌رسد نانوسیلیکا اثر حشره‌کشی خوبی روی *Aphis gossypii* و *Phenacoccus solenopsis* (Tinsley) (Hemiptera: Pseudococcidae) دارد (۲۸).

هدف از انجام این تحقیق تخمین مقادیر LC_{50} و LT_{50} قارچ *B. bassiana* نانوذرات سیلیس و اثر ترکیبی آن‌ها روی شته مومی کلم و پارازیتوئید آن می‌باشد.

مواد و روش‌ها

پرورش گیاه میزبان

به منظور تأمین گیاه مورد نظر جهت پرورش شته مومی کلم به طور دایم حدود ۵۰ گلدان کلم قرمز در شرایط گلخانه با دمای 25 ± 2 درجه سلسیوس و رطوبت نسبی 60 ± 5 درصد و دوره نوری ۸:۱۶ (تاریکی: روشنایی) کشت شد.

پرورش حشرات

پرورش شته مومی کلم: جهت پرورش حشرات طی بازدیدهای دوره‌ای و مداوم از مزارع کلم شهرستان ارومیه نمونه‌های مورد نظر جمع‌آوری و به آزمایشگاه منتقل شدند. بعد از شناسایی آنها در سطح گونه، روی گیاهان رهاسازی و تکثیر داده شدند. همچنین روی گلدان‌ها استوانه‌هایی (قطر ۲۶ و ارتفاع ۴۰ سانتی‌متر) از جنس طلق شفاف که در یک طرف آن پارچه توری جهت تهویه تعبیه شده است، قرار داده شد.

پرورش زنبور *D. rapae*: به منظور پرورش زنبور، شته‌های مومیایی شده از مزارع کلم شهرستان ارومیه با دقت با قلم‌مو جمع‌آوری و به داخل اتاقک رشد منتقل و درون پتری‌ها نگهداری شدند. روی درب پتری‌ها به منظور ایجاد تهویه کافی سوراخی پوشانده شده توسط توری ارگانزا ایجاد شد که تا در صورت خروج

بررسی تأثیر نانوسیلیکا بر جوانه‌زنی اسپور قارچ *B. bassiana*

غلظت‌های ۱۲۵، ۲۵۰، ۵۰۰، ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ ppm در شرایط استریل به پتری‌دیش‌های محتوی ۱۰ میلی‌لیتر محیط کشت SDA با پنج تکرار اضافه شد. سپس، یک قطره سوسپانسیون 1×10^5 اسپور بر میلی‌لیتر قارچ روی محیط‌های کشت SDA حاوی غلظت‌های مختلف نانوسیلیکا پخش شد و به مدت ۲۴ ساعت در انکوباتور با دمای 25 ± 2 درجه سلسیوس و در تاریکی قرار گرفتند. از محیط‌های کشت SDA فاقد نانوسیلیکا به عنوان شاهد استفاده شد. پس از این مدت نمونه‌ای از محیط برداشته و در زیر میکروسکوپ با عدسی چشمی $\times 40$ تعداد ۵۰ تا ۱۰۰ عدد اسپور شمارش شد. اسپورهایی که طول تندش آن‌ها از نصف طول اسپور بیشتر بود به عنوان جوانه‌زده در نظر گرفته شدند.

زیست‌سنجی نانوسیلیکا روی شته مومی کلم و زنبور *D. rapae*

به منظور ارزیابی اثرکشدگی نانوسیلیکا روی شته‌ها، طی آزمایشات مقدماتی غلظت‌هایی که بین ۲۵ تا ۷۵ درصد تلفات روی شته‌ها ایجاد کردند، مشخص و مابین این دو غلظت سه غلظت به روش لگاریتمی تعیین شد. پنج غلظت به همراه تیمار شاهد (آب مقطر) به روش غوطه‌وری دیسک برگی در محلول‌های مورد نظر استفاده شد (۲۰) بدین ترتیب که برای هر غلظت ۱۰ عدد شته‌ی بالغ یک روزه با یک قلم‌موی نرم به صورت کاملاً تصادفی از کلونی برداشته و روی دیسک‌های برگی آلوده به نانوذر قرار داده شد. آزمایش‌ها در دمای 25 ± 2 درجه سلسیوس، رطوبت نسبی 65 ± 5 و دوره نوری ۸:۱۶ ساعت (تاریکی: روشنایی) در آزمایشگاه انجام شد. مرگ و میر پس از ۲۴، ۴۸ و ۷۲ ساعت بررسی شد. شته‌های که در صورت تحریک با سوزن پس از گذشت پنج ثانیه قادر به حرکت نبودند، مرده در نظر گرفته شدند.

برای زیست‌سنجی حشرات کامل زنبور پارازیتوئید *D. rapae* از روش کاربرد غیرمستقیم حشره‌کش‌ها استفاده شد (۹). در این روش از استوانه‌های شیشه‌ای به قطر ۶ سانتی‌متر و ارتفاع ۱۰ سانتی‌متر استفاده شد. آزمایش‌های مقدماتی برای تعیین حدود غلظت‌های موثر نانوسیلیکا انجام گرفت. سطح داخلی هر استوانه با ۱۵۰ میکرولیتر از هر غلظت نانوسیلیکا و آب مقطر به عنوان شاهد آغشته شد. یک ساعت بعد از خشک شدن در معرض هوا، تعداد ۱۰ عدد زنبور ماده که کمتر از ۱۲ ساعت عمر دارند در هر استوانه رهاسازی شدند. برای تهیه، دهانه هر استوانه توسط پارچه ارگانزا پوشیده شد. جهت تغذیه زنبورها یک نوار کوچک روغنی آغشته به محلول آب و عسل استفاده شد. آزمایش‌ها در دمای 25 ± 2 درجه سلسیوس، رطوبت نسبی 65 ± 5 و دوره نوری ۸:۱۶ ساعت (تاریکی: روشنایی) در آزمایشگاه انجام شد. ۲۴ ساعت بعد از معرفی زنبورها، تعداد تلفات شمارش شد.

زنبورهای کامل از شته‌ها از فرار آنها جلوگیری شود. شته‌های مومیایی تا زمان تفریخ و خروج زنبور در اتاقک رشد با دمای 25 ± 2 درجه سلسیوس و رطوبت نسبی 60 ± 5 درصد و دوره نوری ۸:۱۶ (تاریکی: روشنایی) نگهداری شدند و پس از خروج، زنبورها شناسایی و جهت ایجاد نسل آزمایشگاهی وارد گلخانه شدند و درون قفس‌های ویژه پرورش زنبور پارازیتوئید ($40 \times 40 \times 40$ سانتی‌متر) روی شته قرار گرفتند. زنبورها به صورت روزانه بوسیله آب عسل ۱۰ درصد تغذیه شدند.

تهیه و کشت قارچ *B. bassiana*

برای انجام آزمایشات از جدایه DEBI010 قارچ *B. bassiana* تهیه شده از مرکز تحقیقات کشاورزی تهران، استفاده شد. برای کشت جدایه و بدست آوردن اسپور به منظور آلوده‌سازی شته‌ها از محیط کشت (SDA) Sabouraud Dextrose Agar استفاده شد. بعد از کشت قارچ روی محیط کشت ذکرشده، ظروف پتری به مدت دو هفته در انکوباتور با دمای 25 ± 2 درجه سلسیوس و در تاریکی قرار داده شد تا اسپورزایی قارچ به اندازه کافی انجام گیرد (۳۰). تمام مراحل کشت در زیر هود لامینار در شرایط استریل انجام شد. پتری‌های مذکور روزانه بررسی شده و در صورت وجود هر گونه آلودگی حذف شدند.

تهیه سوسپانسیون قارچ

محیط‌های کشت حاوی قارچ که اسپورزایی آن‌ها به حد کافی انجام شده بود انتخاب و اسپورها توسط اسکالپل استریل از سطح محیط کشت خراش داده شدند. سپس، به داخل لوله‌های آزمایش حاوی آب مقطر استریل به همراه ۰/۰۵ درصد Tween®-80 منتقل و به صورت سوسپانسیون در آمدند. درب لوله‌ها توسط پارافیلیم بسته و لوله‌ها به مدت پنج دقیقه بخوبی تکان داده شدند. سپس، از چند لایه پارچه ملل عبور داده شدند تا میسیلیوم‌ها و قطعات محیط کشت حذف شوند. برای تعیین تراکم اسپوری از لام گلبول‌شمار نتوبار استفاده و غلظت مورد نظر اسپوری با افزودن مقدار مشخص آب مقطر استریل به داخل سوسپانسیون اصلی تهیه شد (۳۸). جوانه‌زنی کنیدی‌ها قبل از زیست‌سنجی تعیین شد.

تهیه نانوسیلیکا

نانوذرات سیلیسیم دی اکسید (SiO_2) ساخته شده توسط شرکت پیشگامان (Pishgamannano®) با قطر متوسط ذرات ۲۰-۳۰ نانومتر و خلوص بیش از ۹۹ درصد برای انجام آزمایش‌ها تهیه شد.

زیست‌سنجی قارچ *B. bassiana* روی شته مومی کلم و زنبور *D. rapae*

به منظور زیست‌سنجی قارچ روی شته، طی آزمایشات مقدماتی غلظت‌هایی که بین ۲۵ تا ۷۵ درصد تلفات روی شته‌ها ایجاد کردند، مشخص و مابین این دو غلظت سه غلظت به روش لگاریتمی تعیین شد. پنج غلظت به همراه تیمار شاهد (آب مقطر) در آزمایشات استفاده شد. بعد از تهیه غلظت‌های مورد نظر، شته‌ها به مدت ۱۰ ثانیه در سوسپانسیون‌های مربوطه غوطه‌ور شده و بعد از آن روی برگ‌های کلم منتقل شدند (۳۵). حشرات تیمار شده به مدت ۱ دقیقه روی کاغذ صافی قرار داده شدند تا مقدار اضافی محلول حذف شود (۲۴). داخل هر ظرف (قطر هشت سانتی‌متر و عمق یک سانتی‌متر) پنبه‌ای استریل و مرطوب به همراه کاغذ صافی در کف ظرف، جهت تامین رطوبت برگ‌ها و نگهداری شته‌ها قرار داده شد. آزمایش‌ها در دمای 25 ± 2 درجه سلسیوس، رطوبت نسبی 65 ± 5 و دوره نوری ۸:۱۶ ساعت (تاریکی: روشنایی) در آزمایشگاه انجام شد. ارزیابی آلودگی و یا بیماری‌زایی روی شته‌ها بعد از گذشت ۲۴ ساعت تا ۱۰ روز ادامه یافت. شته‌هایی که مشکوک به آلودگی بودند و با نزدیک کردن سوزن به بدن آن‌ها حرکتی نداشتند جمع شده و در درون ظروف پتری حاوی کاغذ صافی استریل خیس شده قرار داده شدند و مجموعه به انکوباتور با دمای ۲۵ درجه سلسیوس منتقل شد. بعد از آن تشتک‌ها هر روز بررسی و در صورت وجود پوشش قارچی در سطح حشرات بعنوان آلوده شده توسط قارچ محاسبه شدند (۲۲). برای هر تیمار (غلظت‌های 10^3 ، 10^4 ، 10^5 ، 10^6 ، 10^7 اسپور بر میلی‌لیتر) به همراه شاهد (آب مقطر حاوی ۰/۰۵ درصد Tween®-80) روی حشرات کامل شته مومی کلم انجام شد.

برای زیست‌سنجی قارچ روی زنبور *D. rapae*، ۱۰ عدد زنبور هم‌سن ماده بالغ یک روزه به صورت تصادفی با شش تکرار روی شته‌های مومی بالغ یک روزه آلوده به غلظت‌های (10^3 ، 10^4 ، 10^5 ، 10^6 ، 10^7 اسپور بر میلی‌لیتر) قارچ، محصور در یک پتری (قطر هشت سانتی‌متر و عمق یک سانتی‌متر) حاوی کاغذ صافی، رهاسازی شدند (۵). داخل هر پتری پنبه‌ای استریل و مرطوب جهت تامین رطوبت قرار داده شد. در تیمار شاهد از آب مقطر حاوی ۰/۰۵ درصد توین ۸۰ (Tween®-80) استفاده شد. پتری‌ها به مدت دو ساعت در دمای اتاق نگهداری شدند. پس از آن درب پتری‌ها بسته شده و در انکوباتور در دمای 25 ± 2 درجه سلسیوس و رطوبت نسبی 65 ± 5 درصد قرار داده شدند و تعداد حشرات تلف شده پس از ۲۴ ساعت شمارش شد. همچنین در این مدت آب و عسل در اختیار زنبورها قرار گرفت.

اثر اختلاط نانوسیلیکا و قارچ *B. bassiana* روی شته مومی کلم و زنبور *D. rapae*

این آزمایش به منظور ارزیابی تاثیر اختلاط نانوسیلیکا و قارچ *B. bassiana* روی مرگ و میر حشرات کامل یک روزه شته مومی کلم و زنبور *D. rapae* به طور جداگانه طراحی شد. آزمایش‌ها در دمای 25 ± 2 درجه سلسیوس، رطوبت نسبی 65 ± 5 و دوره نوری ۸:۱۶ ساعت (تاریکی: روشنایی) در آزمایشگاه انجام شد. این آزمایش در چهار تیمار مختلف، شامل غلظت LC₅₀ قارچ *B. bassiana*، غلظت LC₅₀ نانوسیلیکا، اختلاط غلظت LC₂₅ قارچ با غلظت LC₂₅ نانوسیلیکا و تیمار شاهد (آب مقطر حاوی ۰/۰۵ درصد Tween®-80) در شش تکرار انجام شد. در هر تکرار ۱۰ عدد حشره بالغ شته مومی کلم و زنبور پارازیتوئید تیمار شدند. میزان تلفات ۲۴، ۷۲ و ۱۲۰ ساعت پس از تیمار شمارش شد.

تجزیه و تحلیل داده‌ها

زیست‌سنجی در قالب طرح کاملاً تصادفی صورت گرفت. تجزیه پروبیت داده‌های تلفات با استفاده از نرم‌افزار IBM SPSS Statistics 22 انجام شد. برای محاسبه LC₅₀ و LT₅₀ از گزینه پروبیت در نرم‌افزار استفاده شد. جهت مقایسه میانگین تیمارها از آزمون توکی در سطح اطمینان ۹۵ درصد استفاده شد. برای رسم نمودارها نیز از نرم‌افزار Excel-2016 استفاده شد.

نتایج

تأثیر نانوسیلیکا بر جوانه‌زنی اسپور قارچ *B. bassiana*

بر اساس نتایج حاصل از تجزیه آماری، درصد جوانه‌زنی اسپور قارچ در تیمارهای ۱۲۵، ۲۵۰، ۵۰۰، ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ ppm با تیمار شاهد تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۱).

تأثیر نانوسیلیکا روی شته مومی کلم و زنبور پارازیتوئید *D. rapae*

نتایج زیست‌سنجی نانوسیلیکا بعد از ۲۴، ۴۸ و ۷۲ ساعت روی حشرات کامل شته مومی کلم و زنبور پارازیتوئید مطابق جدول ۲ برآورد شد. مقادیر LC₅₀ حاصل از تجزیه پروبیت نانوسیلیکا برای شته مومی کلم برابر با $4356/14$ ، $1164/42$ و $487/19$ ppm و برای زنبور پارازیتوئید $3639/79$ ، $619/51$ و $289/77$ ppm بود (جدول ۲). مقایسه درصد تلفات حشرات کامل شته مومی کلم و زنبور پارازیتوئید بوسیله نانوسیلیکا در شکل ۱ نشان داده شده است. کمترین مدت زمان لازم برای تلفات ۵۰٪ از جمعیت مورد آزمایش برای نانوسیلیکا علیه شته مومی کلم و زنبور پارازیتوئید به ترتیب ۱/۵۱ و ۱/۲۴ روز بود (جدول ۳).

جدول ۱- میانگین ($\pm$ SE) درصد جوانه‌زنی اسپورهای قارچ *Beauveria bassiana* تحت تاثیر غلظت‌های مختلف نانوسیلیکا طی ۲۴ ساعت پس از تیمار

Table 1- Mean ($\pm$ SE) spore germination percentage of *Beauveria bassiana* affected by different concentrations of nanosilica, 24 hours after treatment

غلظت نانوسیلیکا در محیط کشت SDA (ppm)	درصد جوانه‌زنی $\pm$ خطای استاندارد
Concentration of nanosilica in SDA medium (ppm)	Germination percentage ($\pm$ SE)
Control	91.6 $\pm$ 1.8 ^a
125	91.2 $\pm$ 2.1 ^a
250	89.2 $\pm$ 3.1 ^a
500	88.0 $\pm$ 1.1 ^a
1000	86.8 $\pm$ 1.5 ^a
2000	81.6 $\pm$ 2.2 ^a

Values with different letters have a significant difference at 5% level using Tukey's test

جدول ۲- تجزیه پروبیت حاصل از تاثیر غلظت‌های مختلف نانوسیلیکا طی ۲۴، ۴۸ و ۷۲ ساعت روی حشرات کامل شته مومی کلم و زنبور پارازیتوئید *Diaeretiella rapae*

Table 2- Probit analysis data of cabbage aphid adults and parasitoid wasp *Diaeretiella rapae* treated with nanosilica 24, 48 and 72 hours after treatment

حشره Insect	زمان Time	Slop $\pm$ SE	Intercept	X ² (df)	LC ₅₀ (95% CLs)	LC ₂₅ (95% CLs)
شته مومی کلم <i>Brevicoryne brassicae</i>	24 Hours	1.69 $\pm$ 0.34	-6.17 $\pm$ 1.04	1.6(3)	4356.14 (2668.13-12455.28)	1244.34 (1279.47-2938.94)
	48 Hours	1.84 $\pm$ 0.22	-5.65 $\pm$ 0.65	0.3(3)	1164.42 (935.0-1544.80)	501.70 (390.41-618.86)
	72 Hours	2.54 $\pm$ 0.23	-6.68 $\pm$ 0.65	2.53(3)	487.19 (414.44-571.51)	260.79 (207.40-312.56)
زنبور پارازیتوئید <i>Diaeretiella rapae</i>	24 Hours	1.41 $\pm$ 0.26	-5.04 $\pm$ 0.76	0.71(3)	3639.79 (2256.44-9182.51)	1216.14 (894.33-1856.00)
	48 Hours	1.73 $\pm$ 0.20	-4.85 $\pm$ 0.56	2.46(3)	619.51 (503.31-774.13)	253.58 (183.57-322.00)
	72 Hours	2.50 $\pm$ 0.25	-6.15 $\pm$ 0.66	4.33(3)	289.77 (241.68-340.76)	155.72 (117.83-191.54)

مذکور و رابطه‌ی مستقیم نرخ مرگ و میر با غلظت اسپور بود.

تأثیر قارچ *B. bassiana* روی شته مومی کلم و زنبور

D. rapae پارازیتوئید

اثر اختلاط نانوسیلیکا و قارچ *B. Bassiana* روی شته

مومی کلم و زنبور *D. rapae*

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌های مربوط به تلفات تیمارهای قارچ (LC_{50} , *B. bassiana*)، نانوسیلیکا (LC_{50})، نانوسیلیکا (LC_{25})، ترکیب قارچ با نانوسیلیکا (LC_{25} , *B. bassiana*) و Nanosilica+ LC_{25} ، تیمار شاهد روی حشرات کامل شته مومی کلم و زنبور *D. rapae* بعد از ۲۴، ۷۲ و ۱۲۰ ساعت به ترتیب نشان داد که با اطمینان ۹۵ درصد بین تیمارها از نظر کشندگی اختلاف معنی‌داری وجود دارد. بیشترین و کمترین نرخ مرگ و میر در تیمار نانوسیلیکا (LC_{50} , Nanosilica) و تیمار شاهد (آب مقطر) مشاهده شد (شکل ۳).

نتایج زیست‌سنجی قارچ *B. bassiana* بعد از گذشت هفت روز برای حشرات کامل شته مومی کلم و بعد از گذشت چهار روز برای زنبور پارازیتوئید مطابق جدول ۴ برآورد شد. مقادیر LC_{50} حاصل از تجزیه پروبیت قارچ *B. bassiana* برای حشرات کامل شته مومی کلم و زنبور پارازیتوئید به ترتیب 1.06×10^6 و 2.2×10^5 اسپور بر میلی‌لیتر بود (جدول ۴). مقایسه درصد تلفات حشرات کامل شته مومی کلم و زنبور پارازیتوئید بوسیله قارچ *B. bassiana* به ترتیب در شکل ۲ نشان داده شده است. کمترین مدت زمان لازم برای تلفات ۵۰٪ از جمعیت مورد آزمایش برای قارچ *B. bassiana* علیه حشرات کامل شته مومی کلم و زنبور پارازیتوئید به ترتیب ۵/۰۲ و ۲/۸۶ روز بود (جدول ۵). این نتایج حاکی از زهرآگینی بالای این قارچ روی حشرات

جدول ۳- مقادیر LT_{50} (بر حسب روز) نانوسیلیکا علیه حشرات کامل شته مومی کلم و زنبور پارازیتوئید *Diaeretiella rapae*
 Table 3- LT_{50} values (days) of nanosilica against cabbage aphid adults and parasitoid wasp *Diaeretiella rapae*

حشره Insect	غلظت Concentration (ppm)	Slop $\pm$ SE	Intercept	X ² (df)	LT_{50} (95% CLs)
شته مومی کلم <i>Brevicoryne brassicae</i>	125	2.42 $\pm$ 1.55	-2.73 $\pm$ 0.63	0.56 (1)	13.59 (7.01-16.11)
	250	2.97 $\pm$ 0.88	-2.15 $\pm$ 0.34	0.01 (1)	5.31 (3.75 – 17.55)
	500	3.78 $\pm$ 0.67	-1.72 $\pm$ 0.25	0.41 (1)	2.86 (2.48 – 3.54)
	1000	3.66 $\pm$ 0.55	-0.99 $\pm$ 0.18	2.26 (1)	1.87 (0.71-3.22)
	2000	3.96 $\pm$ 0.55	-0.71 $\pm$ 0.16	0.59 (1)	1.51 (1.31 – 1.70)
زنبور پارازیتوئید <i>Diaeretiella rapae</i>	125	2.03 $\pm$ 0.33	-1.86 $\pm$ 0.88	0.25 (1)	12.31 (5.17 – 15.33)
	250	3.49 $\pm$ 0.64	-1.58 $\pm$ 0.23	0.22 (1)	2.85 (2.46 – 3.60)
	500	4.09 $\pm$ 0.60	-1.36 $\pm$ 0.20	0.92 (1)	2.15 (1.91 – 2.45)
	1000	3.93 $\pm$ 0.55	-0.73 $\pm$ 0.17	0.94 (1)	1.52 (1.32 – 1.72)
	2000	4.62 $\pm$ 0.62	-0.44 $\pm$ 0.16	0.11 (1)	1.24 (1.07 – 1.40)

جدول ۴- تجزیه پروبیت حاصل از تاثیر غلظت‌های مختلف قارچ *Beauveria bassiana* بعد از گذشت هفت روز برای حشرات کامل شته مومی کلم و بعد از گذشت چهار روز برای زنبور پارازیتوئید *Diaeretiella rapae*

Table 4- Probit analysis data of cabbage aphid adults 7 days after treatment and parasitoid wasp *Diaeretiella rapae* 4 days after treatment with fungus *Beauveria bassiana*

حشره Insect	زمان Time	Slop $\pm$ SE	Intercept	X ² (df)	LC50 (95% CLs)	LC25 (95% CLs)
شته مومی کلم <i>Brevicoryne brassicae</i>	7 Days	0.42 $\pm$ 0.05	-2.25 $\pm$ 0.30	2.94(3)	2.2 $\times$ 10 ⁵ (9.5 $\times$ 10 ⁴ -5.5 $\times$ 10 ⁵)	5.5 $\times$ 10 ³ (1.2 $\times$ 10 ³ -1.4 $\times$ 10 ⁴)
زنبور پارازیتوئید <i>Diaeretiella rapae</i>	4 Days	0.34 $\pm$ 0.05	-2.12 $\pm$ 0.30	3.80(3)	1.2 $\times$ 10 ⁶ (4.2 $\times$ 10 ⁵ -5.6 $\times$ 10 ⁶)	1.4 $\times$ 10 ⁴ (2.8 $\times$ 10 ³ -4.1 $\times$ 10 ⁴)

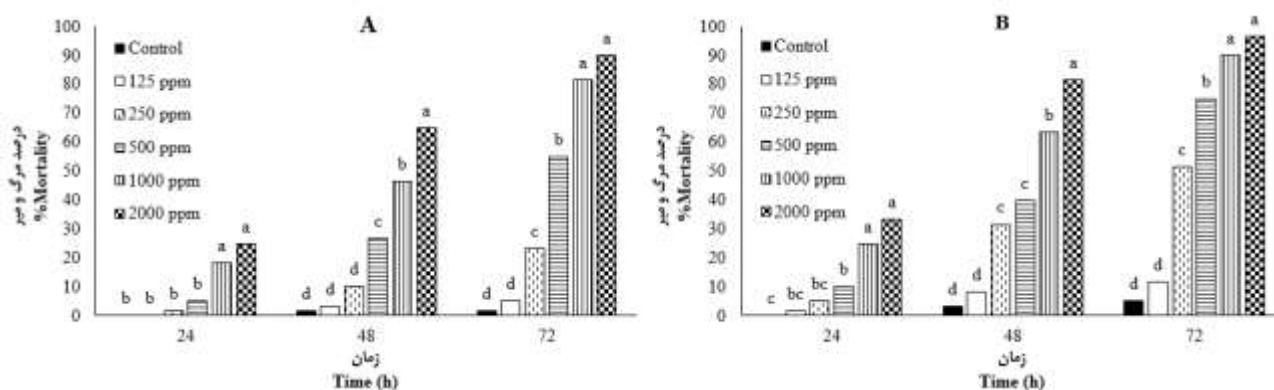
بحث

bassiana علیه حشرات کامل شته مومی کلم بررسی شد (۱). نتایج نشان داد که پایین‌ترین غلظت کشنده برای مرگ نیمی از جمعیت، ۲/۰۴ $\times$ ۱۰^۵ اسپور بر میلی‌لیتر بود و کمترین زمان لازم برای مرگ ۵۰ درصد جمعیت در بالاترین غلظت ۷/۶۷ روز بود (۱) که تاثیر مطلوب آن با نتایج حاصل از این تحقیق مطابقت داشت. در بررسی آلودگی طبیعی شته‌های غلات به قارچ‌های بیمارگر حشرات، جدایه SGBB8601 از قارچ *B. bassiana* بیمارگری نسبتاً بالایی روی شته‌های غلات از جمله شته روسی گندم نشان داد (۱۶) که با نتایج تحقیق حاضر مبنی بر خاصیت حشره‌کشی قارچ *B. bassiana* روی شته‌ها مطابقت دارد.

با توجه به رشد روزافزون جمعیت بشر، تلاش برای یافتن روش‌های افزایش تولید مواد غذایی و کنترل آفات و بیماری‌های گیاهی بیشتر شده است. از طرف دیگر این روش‌ها باید بر اساس موازین علمی و حساب شده انجام گیرد تا به زیست بوم آسیبی نرساند و در عین حال بتواند از رشد انبوهی جمعیت آفات و جانوران مضر جلوگیری کند (۲۷). استفاده از عوامل بیولوژیک و نانوذرات فلزات نه تنها عوارض ناشی از آفت‌کش‌ها را ندارد بلکه با کاهش جمعیت آفات مانع از رسیدن جمعیت آن به سطح زیان اقتصادی می‌شود. محققین مختلفی تاثیر قارچ‌های بیمارگر حشرات را روی شته‌ها بررسی کرده‌اند. در یک تحقیق اثر بیمارگری جدایه IRAN 429C قارچ *B.*

جدول ۵- مقادیر LT₅₀ (بر حسب روز) قارچ *Beauveria bassiana* علیه حشرات کامل شته مومی کلم و زنبور پارازیتوئید *Diaeretiella rapae*
Table 5- LT₅₀ values (days) of the fungus *Beauveria bassiana* against cabbage aphid adults and parasitoid wasp *Diaeretiella rapae*

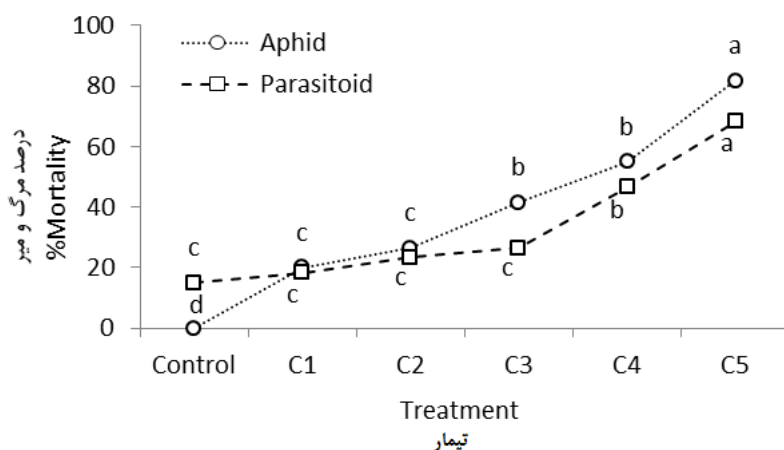
حشره Insect	غلظت Concentration (Spore/ml)	Slop ± SE	Intercept	X ² (df)	LT ₅₀ (95% CLs)
شته مومی کلم <i>Brevicoryne brassicae</i>	10 ³	4.61 ± 1.11	-4.70 ± 0.85	0.69 (5)	10.41 (8.41 – 18.32)
	10 ⁴	4.24 ± 0.87	-4.19 ± 0.65	0.15 (5)	9.74 (8.07 – 14.73)
	10 ⁵	4.27 ± 0.69	-3.86 ± 0.50	1.10 (5)	8.04 (7.05 – 10.09)
	10 ⁶	3.40 ± 0.44	-2.74 ± 0.30	0.59 (5)	6.42 (5.74 – 7.52)
	10 ⁷	4.03 ± 0.42	-2.83 ± 0.28	10.27 (5)	5.02 (4.31 – 6.12)
زنبور پارازیتوئید <i>Diaeretiella rapae</i>	10 ³	2.86 ± 0.47	-2.49 ± 0.30	2.37 (4)	7.41 (6.13 – 10.33)
	10 ⁴	3.08 ± 0.45	-2.45 ± 0.28	2.89 (4)	6.24 (5.39 – 7.86)
	10 ⁵	3.48 ± 0.43	-2.40 ± 0.26	10.66 (4)	5.07 (3.99 – 8.36)
	10 ⁶	3.05 ± 0.35	-1.87 ± 0.21	1.62 (4)	4.10 (3.67 – 4.65)
	10 ⁷	4.12 ± 0.37	-1.88 ± 0.20	14.78 (4)	2.86 (2.10 – 3.67)



شکل ۱- میانگین درصد تلفات حشرات کامل شته مومی کلم (A) و زنبور پارازیتوئید *Diaeretiella rapae* (B) بوسیله غلظت‌های مختلف نانوسیلیکا
ستون‌های دارای حروف متفاوت با استفاده از آزمون توکی دارای اختلاف معنی‌دار آماری در سطح احتمال ۵٪ هستند.

Figure 1- Mean mortality (%) of cabbage aphid adults (A) and parasitoid wasp *Diaeretiella rapae* (B) treated with different concentrations of nanosilica

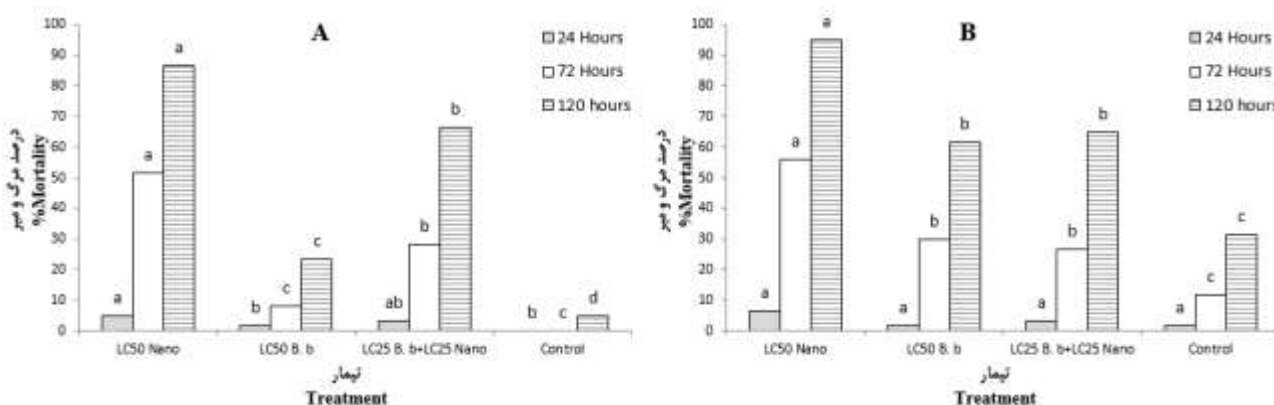
Columns with different letters have a significant difference at 5% level using Tukey's test



شکل ۲- میانگین درصد تلفات حشرات کامل شته مومی کلم و زنبور پارازیتوئید *Diaeretiella rapae* بوسیله غلظت‌های مختلف ($C1:10^3$, $C2:10^4$, $C3:10^5$, $C4:10^6$, $C5:10^7$ spore/ml) قارچ *Beauveria bassiana*

مقادیر دارای حروف متفاوت با استفاده از آزمون توکی دارای اختلاف معنی‌دار آماری در سطح احتمال ۵٪ هستند.

Figure 2- Mean mortality (%) of cabbage aphid adults and parasitoid wasp *Diaeretiella rapae* treated with different concentrations ($C1:10^3$, $C2:10^4$, $C3:10^5$, $C4:10^6$, $C5:10^7$ spore/ml) of *Beauveria bassiana*
Values with different letters have a significant difference at 5% level using Tukey's test



شکل ۳- میانگین درصد تلفات حشرات کامل شته مومی کلم (A) و زنبور پارازیتوئید *Diaeretiella rapae* (B) بوسیله تیمارهای مختلف (LC_{50} nanosilica, LC_{50} B, LC_{25} B, LC_{25} B+nanosilica, control)

ستون‌های دارای حروف متفاوت با استفاده از آزمون توکی دارای اختلاف معنی‌دار آماری در سطح احتمال ۵٪ هستند.

Figure 3- Mean mortality (%) of cabbage aphid adults (A) and parasitoid wasp *Diaeretiella rapae* (B) treated with different concentrations (LC_{50} nanosilica, LC_{50} B, LC_{25} B, LC_{25} B+nanosilica, control)
Columns with different letters have a significant difference at 5% level using Tukey's test

پیدا می‌کند. نتایج حاصل از بررسی بیماری‌گری قارچ‌های *B. bassiana* و *M. anisoplae* علیه حشرات کامل شته لوبیا چشم‌بلبلی نشان داد که تمام جدایه‌های مورد آزمایش علیه این شته بیماری‌زا بوده و جدایه ICIPE 62 بیشترین میزان بیماری‌گری را ایجاد کرده است. میزان LT_{50} بین ۳/۳ تا ۶/۳ روز متغیر بود و میزان LC_{50} این جدایه $2/3 \times 10^6$ برآورد شد (۲۶). طی تحقیقات انجام شده توسط اکبری و همکاران (۲) در مورد تاثیر پنج قارچ بیمارگر حشرات و سم ایمیداکلوپراید روی شته مومی کلم و زنبور *D. rapae* پایین-

تحقیقات متعددی درباره اثربخشی قارچ‌های بیمارگر حشرات روی حشرات مختلف وجود دارد. دروسچنر و همکاران (۱۱) اثر بیماری‌گری جدایه SGBB601 از قارچ *B. bassiana* روی شته رازک *Phorodon humuli* (Schrank) (Homoptera: Aphididae) بررسی کرد و کمترین غلظت کشندگی ۵۰ درصد را $1/37 \times 10^5$ اسپور بر میلی‌لیتر و کمترین LT_{50} را معادل ۶ روز به دست آوردند. در بحث بیماری‌گری قارچ‌های بیمارگر زمان نقش موثری دارد و هر چه مقدار LT_{50} کمتر باشد، آن جدایه از لحاظ مبارزه بیولوژیک اهمیت بیشتری

پارازیتوئید (Aphelinidae: Hymenoptera) *Eretmocerus mundus* (Mercet) با نانوذرات اکسید روی (Zno) نشان داد که این ذرات ۷۲ ساعت پس از تیمار، ۱۱/۲۳ درصد مرگ و میر در بین حشرات ایجاد نمودند (۳۷). در بررسی ما نیز درصد مرگ و میر زنبور در غلظت‌های پایین تفاوت معنی داری با شاهد نداشت. نتایج حاصل از زیست‌سنجی حشره‌کش پروتئوس روی زنبور پارازیتوئید (Braconidae: Hymenoptera: Say) *Habrobracon hebetor* حاکی از آن بود که این حشره‌کش ۷۶/۶ درصد مرگ و میر در بین جمعیت مورد آزمایش ایجاد کرده است (۴). طبق نتایج بدست آمده در تحقیق حاضر قارچ *B. bassiana* و نانوسیلیکا به طور موثری روی حشرات کامل *B. brassicae* بیماری‌زا بود و اعتقاد بر این است که می‌توان از این عوامل در مدیریت تلفیقی آفت مذکور استفاده نمود. هرچند تاثیرات زیست‌محیطی نانوسیلیکا نیاز به بررسی بیشتری دارد. به طور کلی زهرآگینی متفاوت جدایه‌های مختلف قارچی روی میزبان‌های مختلف و احتمال کاهش کارایی این قارچ‌ها در شرایط مزرعه‌ای در تصمیم‌گیری‌های کنترلی حائز اهمیت است. لذا مطالعات بیشتر جهت بررسی عوامل تاثیرگذار در بیمارگری و استفاده از فرمولاسیون‌های مختلف جهت افزایش شدت زهرآگینی قارچ ضروری می‌باشد. با توجه به نتایج تحقیق حاضر، جهت حفظ زنبور پارازیتوئید در هنگام حداکثر ظهور دشمن طبیعی استفاده از تیمار قارچ و در هنگام حداکثر ظهور آفت استفاده از هر دو تیمار قارچ و نانوسیلیکا پیشنهاد می‌شود.

سپاسگزاری

این تحقیق با حمایت مالی دانشگاه ارومیه در قالب پایان‌نامه دکتری انجام شده است که بدین‌وسیله تشکر و قدردانی می‌گردد.

ترین غلظت کشنده قارچ *Simplicillium* sp. برای مرگ نیمی از جمعیت شته مومی کلم و زنبور پارازیتوئید به ترتیب، $4/7 \times 10^5$ و $1/7 \times 10^5$ اسپور بر میلی‌لیتر محاسبه شد که با نتایج بدست آمده از تحقیق حاضر مطابقت دارد. در یک تحقیق تاثیر قارچ‌های *B. bassiana* و *Metarhizium brunneum* (Petch) (Hypocreales: clavicipitaceae) روی زنبور پارازیتوئید *Trybliographa rapae* (Hymenoptera: Figitidae) (Westwood) مورد بررسی قرار گرفت و مقادیر LC_{50} برای قارچ *B. bassiana* و *M. brunneum* به ترتیب $1/8 \times 10^7$ و $1/5 \times 10^7$ اسپور بر میلی‌لیتر برآورد شد که همسو با نتایج حاصل از تحقیق حاضر بود (۳۱). در سال‌های اخیر کاربرد نانوتکنولوژی در مبارزه تلفیقی علیه آفات موجب کاهش چشم‌گیر مصرف سموم شیمیایی و استفاده بهینه از آن‌ها می‌شود. کاربرد کریستال‌های نانو امکان استفاده از آفت‌کش‌ها با دزهای کمتر را مهیا می‌سازد و این به معنی به حداقل رساندن ورود این ترکیبات مضر به محیط زیست می‌باشد. در یک بررسی از نانوذرات مس برای کنترل شته سبز هلو استفاده شد (۱۷). میزان مرگ و میر شته در غلظت‌های ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ ppm به ترتیب ۲۶ و ۶۲ درصد بود و در بین غلظت‌های مختلف اختلاف معنی‌دار وجود داشت. همچنین درصد مرگ و میر شته با افزایش غلظت ذرات افزایش یافت (۱۷) که تاثیر مطلوب آن با نتایج حاصل از این تحقیق مطابقت داشت. نتایج حاصل از بررسی تاثیر نانوسیلیکا و قارچ *Penicillium* sp. در کنترل شته سبز هلو نشان داد که اختلاط قارچ مذکور با نانوسیلیکا و استفاده از نانوسیلیکا به تنهایی مرگ و میر این آفت را در مقایسه با شاهد به طور معنی‌داری افزایش می‌دهد (۲۱). طی تحقیقات انجام شده توسط پاپوئیترا و همکاران (۲۸) در مورد کارایی نانوسیلیکا برای کنترل شته پنبه نتایج زیست‌سنجی حاکی از آن بود که بالاترین میزان مرگ و میر شته‌ها در غلظت ۲۰۰۰ ppm است که با نتایج حاصل از این تحقیق مطابقت دارد. علاوه بر این تیمار مرحله شفیرگی زنبور

منابع

1. Akbari S., Safavi S.A., and Ghosht Y. 2014. Efficacy of *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. Against Cabbage aphid *Brevicoryne brassicae* L. (Hem.: Aphididae) in laboratory condition. Archives of Phytopathology and Plant Protection 47(12): 1454-1458.
2. Akbari S., Mirfakhraie S., Aramideh S., and Safaralizadeh M.H. 2020. Effect of fungal isolates and imidacloprid on cabbage aphid *Brevicoryne brassicae* and its parasitoid *Diaeretiella rapae*. Zemdirbyste-Agriculture 107(3): 255-262.
3. Al Antary T.M., Ateyyat M.A., and Abussamin B.M. 2010. Toxicity of certain insecticides to the parasitoid *Diaeretiella rapae* (McIntosh) (Hymenoptera: Aphididae) and its host, the cabbage aphid *Brevicoryne Brassicae* L. (Homoptera: Aphididae). Australian Journal of Basic and Applied Sciences 4(6): 994-1000.
4. Jarrahi A., and Safavi S.A. 2016. Effects of pupal treatment with Proteus® and *Metarhizium anisopliae* sensu lato on functional response of *Habrobracon hebetor* parasitizing *Helicoverpa armigera* in an enclosed experiment system. Biocontrol Science and Technology 26(2): 206-216.
5. Jarrahi A., and Safavi S.A. 2016. Sublethal effects of *Metarhizium anisopliae* on life table parameters of *Habrobracon hebetor* parasitizing *Helicoverpa armigera* larvae at different time intervals. Biocontrol 61: 167-175.
6. Blackman R.A., and Eastop V.F. 1984. Aphis on the Worlds Crops. John Wiley and Sons, New York. 466 pp.

7. De A., Bose R., Kumar A., and Mozumdar S. 2014. Management of insect pests using nanotechnology: as modern approaches. In Targeted delivery of pesticides using biodegradable polymeric nanoparticles (pp. 29-33). Springer, New Delhi.
8. Debnath N., Das S., Seth D., Chandra R., Bhattacharya S.C., and Goswami A. 2011. Entomotoxic effect of silica nanoparticles against *Sitophilus oryzae* (L.). Journal of Pest Science 84(1): 99-105.
9. Desneux N., Rafalimanana H., and Kaiser L. 2004. Dose-response relationship in lethal and behavioral effects of different insecticides on the parasitic wasp *Aphidius ervi*. Chemosphere 54(5): 619-627.
10. Dhiman S.C. 2007. Population dynamics of *Diaeretiella rapae* (McIntosh): a parasitoid of mustard aphid, *Lipaphis erysimi* (Kalt). Journal of Applied Zoological Researches 18(2): 117-120.
11. Dorschner K.W., Feng M., and Baird C.R. 1991. Virulence of an aphid derived isolate of *Beauveria bassiana* (Fungi: Hyphomycetes) to the hop aphid, *Phorodon humuli* (Homoptera: Aphididae). Environmental Entomology 20(2): 690-693.
12. El-Bendary H.M., and El-Helaly A.A. 2013. First record nanotechnology in agricultural: Silica nano-particles a potential new insecticide for pest control. Applied Scientific Reports 4(3): 241-246.
13. Embaby E.E., and Lotfy D.E. 2016. Controlling cabbage aphid (*Brevicoryne brassicae* L.) using isolated mycoinsecticides. Journal of Plant Protection and Pathology 7(1): 73-77.
14. Enayati A., and Ebrahimnejad P. 2012. Nanopesticides: Production, application and biological considerations. Journal of Mazandaran University of Medical Sciences 21(86): 296-311. (In Persian with English abstract)
15. Ezz N. 2012. Entomopathogenic fungi associated with certain scale insects (Hemiptera: Coccoidea) in Egypt. Egyptian Academic Journal of Biological Sciences 5(3): 211-221.
16. Feng M., Johnson J.B., and Kish L.P. 1990. Virulence of *Verticillium lecanii* and an aphid derived isolate of *Beauveria bassiana* (Fungi: Hyphomycetes) for six species of cereal-infesting aphids (Homoptera: Aphididae). Environmental Entomology 19(3): 815-820.
17. Ghidan A.Y., Al-Antary T.M., and Awwad A.M. 2016. Green synthesis of copper oxide nanoparticles using *Punica granatum* peels extract: Effect on green peach aphid. Environmental Nanotechnology, Monitoring and Management 6: 95-98.
18. Gurulingappa P., McGee P.A., and Sword G. 2011. Endophytic *Lecanicillium lecanii* and *Beauveria bassiana* reduce the survival and fecundity of *Aphis gossypii* following contact with conidia and secondary metabolites. Crop Protection 30(3): 349-353.
19. Harper S. 2010. New approaches needed to gauge safety of nanotech-based pesticides, Researchers Urge. Physics and Chemistry 4(33): 2010-2012.
20. Helle W., and Overmeer W.P.J. 1985. Toxicological test methods. In: W. Helle & Sabelis, M.W. (eds.), Spider Mites: their Biology, Natural Enemies and Control. Elsevier. Amsterdam. Oxford. New York. Tokio. 1: 391-395.
21. Hersanti Susanto A., Virgiawan R., and Joni I.M. 2018. The effectiveness of *Penicillium* sp. mixed with silica nanoparticles in controlling *Myzus persicae*. In: American Institute of Physics Conference Series. 1927(1).
22. Kassa A. 2003. Development and testing of mycoinsecticides based on submerged spores and aerial conidia of the entomopathogenic fungi *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* (Deuteromycotina: Hyphomycetes) for control of locusts, grasshoppers and storage pests. Doctoral Dissertation. Georg-August-University Gottingen. (Germany)
23. Laing M.D., Gatarayiha M.C., and Adandonon A. 2006. Silicon use for pest control in agriculture: a review. In: Proceedings of the South African Sugar Technologists' Association 80: 278-286.
24. Meyling N.V., and Eilenberg J. 2007. Ecology of the entomopathogenic fungi *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* in temperate agroecosystems: potential for conservation biological control. Biological Control 43(2): 145-155.
25. Modarres-Najafabadi S.S., Akbari-Moghaddam H., and Gholamian G. 2005. Population fluctuations of cabbage aphid (*Brevicoryne brassicae*) and identification of its natural enemies in Sistan region. Iranian Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources 8(4): 175-185. (In Persian with English abstract)
26. Mweke A., Ulrichs C., Nana P., Akutse K.S., Fiaboe K.K.M., Maniania N.K., and Ekesi S. 2018. Evaluation of the Entomopathogenic Fungi *Metarhizium anisopliae*, *Beauveria bassiana* and *Isaria* sp. for the Management of *Aphis craccivora* (Hemiptera: Aphididae). Journal of Economic Entomology 111(4): 1587-1594.
27. Oerke E.C., and Dehne H.W. 2004. Safe guarding production-losses in major crops and the role of crop protection. Crop Protection 23(4): 275-285.
28. Pavitra G., Sushila N., Sreenivas A.G., Ashok J., and Sharanagouda H. 2018. Biosynthesis of Green Silica Nanoparticles and Its Effect on Cotton Aphid, *Aphis gossypii* Glover and Mealybug, *Phenacoccus solenopsis* Tinsley. International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences 7(10): 1450-1460.
29. Qayyum A. 2021. Effects of host age on two closely related parasitoid species *Diaeretiella rapae* (McIntosh) and *Aphidius colemani* (Viereck) (Aphidiidae: Hymenoptera). Pakistan Journal of Zoology 33: 193-200.
30. Quesada-Moraga E.E.A.A., Maranhao E.A.A., Valverde-García P., and Santiago-Álvarez C. 2006. Selection of *Beauveria bassiana* isolates for control of the whiteflies *Bemisia tabaci* and *Trialeurodes vaporariorum* on the

- basis of their virulence, thermal requirements, and toxicogenic activity. *Biological Control* 36(3): 274-287.
31. Rannback L.M., Cotes B., Anderson P., Ramert B., and Meyling N.V. 2015. Mortality risk from entomopathogenic fungi affects oviposition behavior in the parasitoid wasp *Trybliographa rapae*. *Journal of Invertebrate Pathology* 124: 78-86.
32. Rehner S.A., and Buckley E. 2005. A *Beauveria* phylogeny inferred from nuclear ITS and EF1-a sequences: evidence for cryptic diversification and links to *Cordyceps teleomorphs*. *Mycologia* 97(1): 84-98.
33. Rouhani M., Samih M.A., and Kalantari S. 2013. Insecticidal effect of silica and silver nanoparticles on the cowpea seed beetle, *Callosobruchus maculatus* F. (Col.: Bruchidae). *Journal of Entomological Research* 4: 297-305.
34. Satar S., Kersting U., and Ulvsoy M.R. 2005. Temperature dependent life history traits of *Brevicoryne brassicae* (Hom.: Aphididae) on white cabbage. *Turkish Journal of Agriculture* 29(5): 341-346.
35. Serebrov V.V., Gerber O.N., Malyarchuk A.A., Martemyanov V.V., Alekseev A.A., and Glupov V.V. 2006. Effect of Entomopathogenic Fungi on detoxification enzyme activity in reater wax moth *Galleria mellonella* L. (Lepidoptera: Pyralidae) and role of detoxification enzymes in development of insect resistance to entomopathogenic fungi. *Biological Bulletin* 33(6): 581-586.
36. Singh R., and Singh G. 2015. Systematics, distribution and host range of *Diaeretiella rapae* (McIntosh) (Hymenoptera: Braconidae, Aphidiinae). *International Journal of Research Studies in Biosciences* 3(1): 1-36.
37. Taheri Sarhozaki M., Aramideh S., Akbarian J., and Pirsai S. 2020. The effect of zinc oxide nanoparticles, kaolin powder and *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin in combination with neemarin against *Bemisia tabaci* and pupae of *Eretmocerus smundus* under field conditions. *Plant Protection* 43(3): 97-115. (In Persian with English abstract)
38. Wraight S.P., Carruthers R., Bradley C.A., Jaronski S.T., Lacey L.A., Wood P., and Galaini-Wraight S. 1998. Pathogenicity of the entomopathogenic fungi *Paecilomyces* spp. and *Beauveria bassiana* against the silver leaf whitefly, *Bemisia argentifolii*. *Journal of Invertebrate Pathology* 71(3): 217-226.
39. Zavareh M., and Emam Y. 2000. An identification guide for rapeseed (*Brassica napus* L.) developmental stages. *Iranian Journal of Crop Sciences* 2(1): 1-14. (In Persian with English abstract)
40. Ziaee M., and Hamzavi F. 2014. Application of nanoparticles in pest management programs. *Nanotechnology* 10: 18-23. (In Persian)



Lethal Effects of Fungi *Beauveria bassiana* (Bals.) and Nanosilica on Cabbage Aphid *Brevicoryne brassicae* (L.) and Its Parasitoid *Diaeretiella rapae* (McIntosh) in Laboratory Conditions

S. Emami¹- S. Aramideh^{2*}- S. Pirsa³- J.P. Michaud⁴

Received: 12-06-2021

Accepted: 11-07-2021

Introduction: Cabbage aphid, *Brevicoryne brassicae* (L.), is one of the most important and harmful pests of crucifers, which is active in many parts of Iran and causes quantitative and qualitative damage in the cultivation of these plants during the winter. Some natural enemies such as the parasitoid wasp *Diaeretiella rapae* (McIntosh) are active on this pest. The indiscriminate use of insecticides for controlling pests caused evolution of pest resistance, environmental pollution and negative effects on natural enemies and beneficial insects. In recent years, environmentally compatible factors have received more attention due to less side effects in pest control. This study was carried out to determine the effects of the entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana* (Bals.), and nanosilica separately and in combination on survival of the cabbage aphid and its parasitoid treated by different concentrations of fungus (10^3 , 10^4 , 10^5 , 10^6 and 10^7 spore/ml) and nanosilica (125, 250, 500, 1000 and 2000 ppm).

Material and Methods: Cabbages (*Brassica oleraceae* var. *capitata*) were grown from seed in plastic flower pots. Aphids were collected from Brassicaceae plants in fields of Nazlo Campus of Urmia University near Urmia city. This colony was used as a source for all aphids used in all laboratory experiments. Also, a colony of *D. rapae* was reared on *B. brassicae* under greenhouse conditions. Wasps were fed a 10% honey solution and used to parasitize aphids, or for use in experiments, 24 hours later. Fungi was cultured on Sabouraud Dextrose Agar (SDA) in petri dishes (6 cm in diameter) and incubated for two weeks to induce sporulation. Spores were harvested from the surface of 14-day old culture and transferred to a test tube containing sterilized distilled water with 0.05% Tween[®]-80. The conidial concentration of final suspension was determined by direct count using a Neubauer hemocytometer and serial dilutions were made to obtain different conidial concentrations. SiO₂ nanoparticles of pashgamannano[®] company was used in bioassay tests. Bioassay test was carried out on aphid and its parasitoid. Aphids were treated by conidial concentrations using dipping method. Control adults were treated with distilled water containing 0.05% Tween[®]-80. In order to evaluate the effect of nanosilica on aphids, leaf discs were dipped in to different concentrations of nanosilica and after drying, adult cabbage aphids were transferred on treated leaf discs in Petri dishes. The mortality was counted 24, 48 and 72 hours after treatment. Experiments were carried out at 25±2 C° temperature, 65±5% RH and a photoperiod of 16: 8 h. (L: D) under laboratory conditions. LC₂₅, LC₅₀ and LT₅₀ values of fungi and nanosilica were estimated. Also, combination effects of fungi and nanosilica were evaluated in laboratory. A preliminary test was evaluated to determine side effects of different concentrations of nanosilica on viability and germination of fungi spore. Germination rate for fungi was calculated after 24 hours. The LC₂₅, LC₅₀ and LT₅₀ values (with 95% confidence limits) were calculated using the Probit analysis method. Bioassay data were subjected to one-way analysis of variance (ANOVA) after checking for normality and means were compared by Tukey's test.

Results and Discussion: The LC₅₀ values obtained from the analysis of probit as a result of the effect of different concentrations of *B. bassiana* 7 days after treatment and nanosilica 24, 48 and 72 hours after treatment on cabbage aphid were 2.2×10^5 spore/ml and 4356.14, 1164.42, 487.19 ppm, respectively. Furthermore the LC₅₀ values of *B. bassiana* 4 days after treatment and nanosilica 24, 48 and 72 hours after treatment on *D. rapae* were 1.2×10^6 spore/ml and 3639.79, 619.51, 289.77 ppm, respectively. Results showed that the adults of the cabbage aphid were completely sensitive to the fungal isolate. The shortest time needed for the mortality of 50% of the population of cabbage aphid was 5.02 days at 10^7 conidia/ml concentration. The mortality rate of nanosilica at highest concentration, 72 hours after treatment was 90 and 96.6% respectively for cabbage aphid and parasitoid

1, 2 and 3- Ph.D. Student and Associate Professors of Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran, respectively.

(*- Corresponding Author Email: Sh.aramideh@urmia.ac.ir)

4- Professor of Department of Entomology, Kansas State University, Agricultural Research Center-Hays, Hays, KS, USA

DOI: 10.22067/JPP.2021.70807.1030

wasp. Also, combination of these factors against adults of cabbage aphid had significant difference with control.

Conclusion: According to the results of this study, it can be concluded that *B. bassiana* and nanosilica are effective on cabbage aphid and can be used as effective factors in the integrated pest management program of this pest.

Keywords: Cabbage aphid, Entomopathogenic fungi, None-chemical control, Parasitoid



مقاله پژوهشی

تأثیر دما و شوری بر ویژگی‌های جوانه‌زنی بذر دو اکوتیپ سس درختی (*Cuscuta monogyna* Vahl.)

اسماعیل ابراهیمی^۱ - ابراهیم ایزدی دربندی^{۲*} - محمد حسن راشد محصل^۳ - رضا توکل افشاری^۴

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۱۱/۱۹

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۹/۲۲

چکیده

سس درختی از مهمترین گونه‌های سس است که انگل درختان میوه و درختچه‌های زینتی است. به منظور مطالعه تأثیر شوری و دما بر ویژگی‌های جوانه‌زنی دو اکوتیپ سس درختی آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در سال ۱۳۹۴-۹۵ در دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد اجرا گردید. تیمارهای مورد بررسی شامل شوری در ۸ سطح صفر (شاهد)، ۱/۱، ۲/۲، ۴/۴، ۶/۶، ۸/۸، ۱۰/۱۰ و ۱۲/۱۲ - مگاپاسکال و دما هم در ۸ سطح ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۳۰، ۳۵ و ۴۰ درجه سانتی‌گراد بودند. نتایج نشان داد که با افزایش شوری در هر سطح دمایی درصد و سرعت جوانه‌زنی در هر دو اکوتیپ کاهش یافت به طوری که در پتانسیل ۱۲/۱۲ - مگاپاسکال جوانه‌زنی هر دو اکوتیپ متوقف شد. در هر دو اکوتیپ در دماهای ۵، ۱۰ و ۴۰ درجه سانتی‌گراد در تمام سطوح مختلف شوری جوانه‌زنی متوقف شد. بیشترین درصد و سرعت جوانه‌زنی هر دو اکوتیپ در تیمار شوری شاهد و در دماهای ۲۵ و ۳۰ درجه به دست آمد. با توجه به نتایج به دست آمده جوانه‌زنی اکوتیپ بردسکن هم در دماهای بالا و هم در سطوح بالای شوری نسبت به اکوتیپ قوچان برتری داشت. با توجه به نتایج آزمایش، شوری موثر برای ۵۰ درصد کاهش جوانه‌زنی در اکوتیپ قوچان در دماهای ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۳۰ و ۳۵ درجه سانتی‌گراد به ترتیب ۷۹/۰ - ۸۶/۰، ۸۷/۰ - ۷۷/۰ و ۶۸/۰ - مگاپاسکال و در اکوتیپ بردسکن ۹۳/۰ - ۹۵/۰، ۹۰/۰ - ۷۵/۰ و ۰/۰ - مگاپاسکال برآورد شد. اطلاعات این مطالعه برای پیش‌بینی پتانسیل این گونه علف‌هرز برای انتشار به مناطق جدید و برای بهبود برنامه‌های مدیریتی این گونه علف‌هرز انگلی مفید خواهد بود.

واژه‌های کلیدی: استقرار گیاهچه، اکولوژی علف‌هرز، تنش شوری، عوامل محیطی، گیاهان انگلی

مقدمه^۱

در ایران در مناطق معتدل تا نیمه‌گرمسیری انتشار دارد و درختان مثمری از جمله انگور، انار، مرکبات و همچنین درختان غیر مثمری مثل بلوط، نارون به عنوان میزبان‌های آن گزارش شده‌اند (۷ و ۳۲). گیاهانی که توسط گونه‌های مختلف سس پارازیت می‌شوند، ضعیف و رشدشان محدود می‌شود و اگر اقدامی جهت مدیریت یا حذف آنها از روی میزبان نشود معمولاً سبب نابودی کامل میزبان می‌شوند (۲۷). بطوری که بر اساس اطلاعات موجود خسارت این گونه سس در گیاهان میزبان می‌تواند تا بیش از ۹۰ درصد برسد (مذاکرات شخصی با کشاورزان).

گونه سس درختی نسبت به بقیه گونه‌های سس دارای ساقه‌های نسبتاً قطوری می‌باشد. گیاهچه‌های این گونه اطراف ساقه و برگ‌های گیاه میزبان می‌پیچند و به بافت و سیستم آوندی گیاه نفوذ می‌کنند. این گیاه علاوه بر بذر بوسیله قطعات ساقه نیز تکثیر می‌شود (۱۷). بطوریکه اگر یک قطعه سس روی گیاه میزبان قرار گیرد بلافاصله

گیاهان متعلق به جنس *Cuscuta* انگل‌های کامل اجباری هستند. بر اساس اطلاعات موجود، جنس سس تقریباً دارای ۲۰۰ گونه مختلف می‌باشد و در سراسر دنیا انتشار وسیعی دارد و از انگل‌های اجباری گیاهان می‌باشد (۱۷). در ایران، حدود ۱۸ گونه سس وجود دارد که در بین آنها، دو گونه سس‌زراعی *Cuscuta campestris* (L.) و سس شرقی یا سس درختی (*C. monogyna* Vahl.) بیشترین پراکنش را داشته و به ترتیب در گیاهان زراعی و باغی یکساله و درختان و درختچه‌ها مشکل ایجاد می‌کنند. گونه سس درختی بیشتر

۱، ۲، ۳ و ۴ - به ترتیب فارغ‌التحصیل دکتری علوم علف‌های هرز، دانشیار، استاد و دانشیار دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

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

(*) نویسنده مسئول:

تناوب دمایی ۲۵ تا ۳۵ درجه سانتی‌گراد در غلظت ۶۰۰ و ۸۰۰ میلی‌مولار بالا بود. بطوری‌که در دمای بالا و شوری زیاد، سرعت جوانه‌زنی علف‌شور^۲ به طور معنی‌داری کاهش یافت (۲۱). با توجه به موارد فوق و با توجه به اینکه گیاه انگلی سس درختی یکی از مهمترین انگل‌های درختان میوه مانند انار و انگور است که سالانه خسارت زیادی بخصوص در باغات انار و انگور خراسان رضوی وارد می‌کند و تاکنون مطالعه‌ای در خصوص نقش متقابل دما و شوری به عنوان عوامل محیطی تأثیرگذار بر ویژگیهای جوانه‌زنی آن انجام نشده است این بررسی به منظور به مطالعه تأثیر دما و شوری بر ویژگی‌های جوانه‌زنی سس شرقی انجام شد.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی تأثیر شوری و دما بر جوانه‌زنی بذر دو اکوتیپ علف‌هرز انگلی سس شرقی آزمایشی در سال ۱۳۹۵-۱۳۹۴ در آزمایشگاه علف‌های هرز دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد اجرا شد. بذور سس شرقی اکوتیپ قوچان در اوایل آبان‌ماه ۱۳۹۴ از روی انگور (میزبان آلوده به سس) با عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۵۷ دقیقه شمالی، طول جغرافیایی ۵۸ درجه و ۳۱ دقیقه شرقی و ارتفاع ۱۵۲۶ متری از سطح دریا و بذور سس شرقی اکوتیپ بردسکن نیز از روی میزبان انگور با عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۷۸ دقیقه شمالی، طول جغرافیایی ۵۷ درجه و ۹۲ دقیقه شرقی و ارتفاع ۸۶۲ متری از سطح دریا در آذرماه ۱۳۹۴ جمع‌آوری گردیدند. بذور هر دو اکوتیپ به طور تصادفی از باغات انگور آلوده به سس انتخاب و جمع‌آوری گردید. بذور سپس تمیز گردیده و در دمای ۵ درجه سانتی‌گراد تا زمان مصرف نگهداری شدند. بردسکن دارای اقلیم گرم و خشک و قوچان دارای اقلیم سرد کوهستانی می‌باشد. میزان بارندگی قوچان در سال زراعی ۹۴-۹۳ و ۹۵-۹۴ به ترتیب ۳۱۵ و ۴۴۱ میلی‌متر و میزان بارندگی بردسکن در مدت مشابه ۱۲۷ و ۱۰۱ میلی‌متر می‌باشد.

روش عمومی آزمایشات جوانه‌زنی

جوانه‌زنی هر دو اکوتیپ سس شرقی با قرار دادن ۲۵ عدد بذر به طور مساوی در پتری‌دیش‌های استریل هفت سانتی‌متری که حاوی کاغذ صافی واتمن شماره ۱ و میزان ۵ میلی‌لیتر آب مقطر یا محلول مورد نظر بود، تعیین شد. جهت جلوگیری از تبخیر شدن آب، پتری‌دیش‌ها به وسیله پارافیلیم بسته شدند و به دماهای مورد نظر با دوره‌ی نوری ۱۲ ساعته برای ۱۴ روز منتقل شدند. شمارش بذرهاي جوانه زده هر ۲۴ ساعت پس از شروع آزمایش انجام و تا پایان آزمایش (۱۴ روز) به طور روزانه یادداشت گردید. معیار جوانه‌زنی،

شروع به رشد می‌کند و آن را آلوده می‌کند. سس علاوه بر آنکه انگل گیاهان سبز است و از شیرهی پرورده‌ی آنها تغذیه می‌کند، سبب انتقال بیماریهای گیاهی و ویروس‌های مختلف از گیاهی به گیاه دیگر می‌شود (۱۸). اندازه بذر در این گونه نسبت به سایر گونه‌های سس بزرگتر (۱/۸۷ میلی‌متر) می‌باشد (۱۰)، و گزارش شده است که وزن هزاردانه آن ۵/۵۹ گرم می‌باشد (۷). گزارش شده است که جنس سس زراعی قادر است تا ۱۶۰۰۰ بذر و سس درختی ۳۰۰۰ بذر در هر گیاه تولید کند (۳۲ و ۳۵) و بعد از جوانه‌زنی، گیاهچه‌های گونه‌های سس بسته به ذخیره غذایی بذر، ۲ تا ۳ هفته بدون میزبان دوام می‌آورند (۱). در شرایط مزرعه بذور گونه‌های سس از اسفند تا فروردین زمانی که میانگین دمای روزانه خاک به ۱۰ درجه سانتی‌گراد برسد جوانه می‌زنند و حداکثر جوانه‌زنی آن در اردیبهشت تا خرداد وقتی که دمای روزانه خاک به ۲۰ درجه برسد صورت می‌گیرد (۱۳).

برای ارائه راهکار مدیریتی مناسب علف‌های هرز دارا بودن اطلاعاتی در زمینه خواب بذر، الگوهای جوانه‌زنی، سبز کردن گیاهچه، بیماری‌های بذر و تغییرات آن‌ها بین توده‌های علف‌های هرز بسیار حیاتی است (۳۱). رادوسویچ و همکاران (۳۳) اظهار داشتند که با توجه به این که آلودگی اولیه مناطق به وسیله علف‌های هرز عمدتاً از طریق بذر صورت می‌پذیرد، لذا شناخت اکولوژی بذر علف‌های هرز از ضروریات است. نامبردگان معتقدند شناسایی عوامل محیطی مؤثر بر رفتار علف‌های هرز و مطالعه عکس‌العمل این گیاهان در برابر عوامل فوق، می‌تواند در دستیابی به یک مدیریت صحیح و بنیادی کمک زیادی نماید. در این ارتباط، شوری یکی از عوامل مهم بر جوانه‌زنی و رشد گیاهان در بسیاری از مناطق جهان محسوب می‌گردد. شوری از یک سو پتانسیل آب محیط ریشه را به دلیل کاهش پتانسیل آب قابل دسترس گیاه کاهش داده و از سوی دیگر برخی از یون‌ها، آثار سمی بر فرآیندهای فیزیولوژیک و بیوشیمیایی گیاه به جا می‌گذارند که هر دو مسأله سبب اختلال در جذب عناصر غذایی توسط ریشه و در نهایت منجر به کاهش رشد گیاه می‌شود (۱۱ و ۱۹). کرسمانوویچ و همکاران (۲۸) تأثیر دماهای ۵ تا ۴۵ درجه سانتی‌گراد روی جوانه‌زنی سس زراعی را مطالعه کردند و گزارش کردند که بذور سس در دو دمای ۵ و ۴۵ درجه سانتی‌گراد جوانه نزدند. جوانه‌زنی بذور سس زراعی از ۶/۲۵ درصد در دمای ۱۰ تا ۹۶/۸۸ در دمای ۳۰ درجه متغیر بود. کیانی و همکاران (۲۵) در مطالعه تأثیر عوامل محیطی بر جوانه‌زنی گیاه نیلوفرپیچ^۱ دریافتند که در هر سطح دمایی، با افزایش غلظت نمک از میزان جوانه‌زنی نیلوفرپیچ کاسته شد. نامبردگان، غلظت نمک مورد نیاز برای کاهش ۵۰ درصدی جوانه‌زنی بذر نیلوفرپیچ، را ۰/۷۳- مگاپاسکال گزارش کردند. خان و همکاران (۲۴) گزارش کردند که جوانه‌زنی بذور *Salicornia rubra* Nels به طور معنی‌داری در

۵۰ درصد بازدارندگی (حداکثر جوانه‌زنی) و G_{rate} نشانگر شیب مدل می‌باشد.

سرعت جوانه‌زنی بذور نیز با استفاده از فرمول ماگویر (۳۰) به شرح زیر محاسبه شد:

$$GR = \sum_{i=1}^n \frac{Si}{Di} \quad (3)$$

که در آن GR سرعت جوانه‌زنی (تعداد بذر در روز)، S_i تعداد بذر جوانه‌زده در شمارش i ام و D_i تعداد روز تا شمارش i ام است. از نرم‌افزار DSAASTAT Ver. 1.0192 جهت تجزیه واریانس و برای رسم گراف‌ها از نرم‌افزار SigmaPlot 12.5 استفاده شد. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون LSD در سطح ۵٪ صورت گرفت.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تأثیر دما، شوری، اکوتیپ و اثرات متقابل آنها بر درصد و سرعت جوانه‌زنی بذور سس شرقی در سطح ۱ درصد معنی‌دار شدند (جدول ۱). در هر سطح دمایی با افزایش غلظت نمک جوانه‌زنی هر دو اکوتیپ کاهش یافت به طوری که در غلظت ۱/۲- مگاپاسکال در تمام دماهای آزمایش جوانه‌زنی هر دو اکوتیپ صفر بود (شکل ۱). در هر دو اکوتیپ جوانه‌زنی بذور در دماهای ۵، ۱۰ و ۴۰ درجه سانتی‌گراد در تمام سطوح شوری متوقف شد. بیشترین درصد و سرعت جوانه‌زنی هر دو اکوتیپ در تمام دماهای مورد بررسی در آزمایش در شوری صفر (شاهد) و ۱/۰- و در دمای ۲۵ و ۳۰ درجه سانتی‌گراد به دست آمد و با افزایش سطوح شوری جوانه‌زنی به طور معنی داری کاهش یافت (شکل ۱).

خروج ریشه‌چه قابل رویت بود (۵). لازم به ذکر است برای شکستن خواب بذور از تیمار آب‌جوش به مدت ۳۰ ثانیه استفاده شد (۸).

تیمارها و طرح آزمایشی

آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار انجام شد. تیمارهای مورد بررسی شامل شوری در ۸ سطح صفر (شاهد)، ۱/۰-، ۲/۰-، ۴/۰-، ۶/۰-، ۸/۰-، ۱- و ۱/۲- مگاپاسکال و دما هم در ۸ سطح ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۳۰، ۳۵ و ۴۰ درجه سانتی‌گراد بودند. در پایان این آزمایش به منظور اینکه مشخص شود آیا اثر کلریدسديم بر جوانه‌زنی به دلیل سمیت یونی بوده یا صرفاً به علت کاهش پتانسیل اسمزی، بذور جوانه نرزه در پتانسیل ۱/۲- مگاپاسکال دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد مجدداً در آب مقطر قرار داده شده (آزمایش بازیابی) و در ژرمیناتور قرار گرفتند. سطوح مختلف شوری با استفاده از محلول کلریدسديم و با استفاده از مدل وانت‌هوف (معادله ۱) تهیه شدند.

$$\Psi_s = -CIRT \quad (1)$$

در این رابطه Ψ_s : پتانسیل اسمزی (مگاپاسکال)، C: غلظت نمک بر اساس مولاریته، I: ضریب پیداسیون (۱/۸)، R: ثابت گازها (۰/۰۸۳۱۴) و T: دما بر حسب درجه کلون (۲۷۳+C) می‌باشد.

داده‌های مربوط به درصد جوانه‌زنی بذور در غلظت‌های مختلف شوری در دماهای مختلف با استفاده از یک مدل لجستیک سه پارامتری (۴) توسط نرم‌افزار SigmaPlot 12.5 برازش داده شدند. مدل لجستیک مذکور عبارت بود از:

$$G(\%) = G_{max} / \{1 + (x/x_{50})^{G_{rate}}\} \quad (2)$$

دراین معادله G درصد جوانه‌زنی در غلظت‌های مختلف شوری x ، G_{max} حداکثر درصد جوانه‌زنی، x_{50} غلظت کلریدسديم لازم جهت

جدول ۱- میانگین مربعات تأثیر شوری و دما بر درصد و سرعت جوانه‌زنی بذور دو اکوتیپ سس شرقی

Table 1- Mean square effect of salinity and temperature on the percentage and rate of two eastern dodder ecotypes seed germination

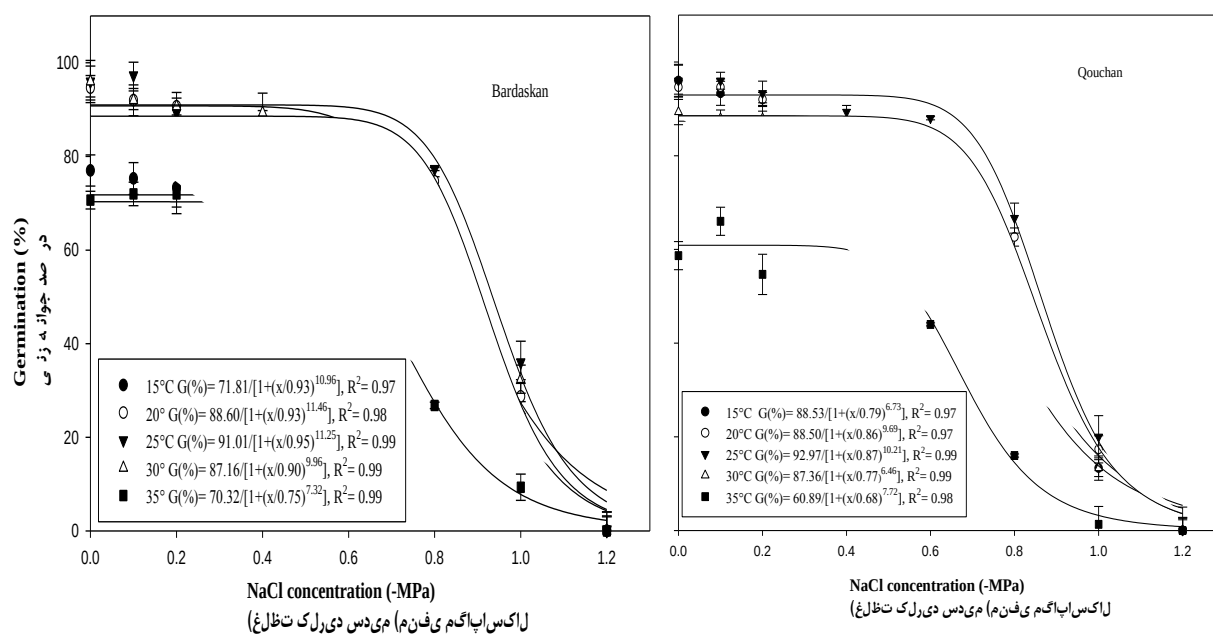
منابع تغییر Source of variation	درجه آزادی df	درصد جوانه‌زنی Germination (%)	سرعت جوانه‌زنی Germination rate	طول گیاهچه Seedling length
Ecotype (اکوتیپ)	1	109.71**	21.93**	1.31*
Temperature (دما)	6	2955.82**	328.62**	548.47**
Salinity (شوری)	7	1503.05**	246.51**	381.43**
E×T (اکوتیپ × دما)	6	11.49**	11.12**	6.11**
E×S (اکوتیپ × شوری)	7	15.86**	1.19**	0.92**
T×S (دما × شوری)	42	109.10**	19.14**	29.23**
E×T×S (اکوتیپ × دما × شوری)	42	2.72**	1.49**	0.86**
Error (خطا)	224	0.83	0.18	0.25
C.V (ضریب تغییرات)	-	8.29	12.01	10.87

**Significant at 5 and % level respectively.

*و ** معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

جوانه‌زنی در اکوتیپ بردسکن ۳۲ و در اکوتیپ قوچان ۱۳/۰۴ درصد بود که با کاهش ۵۲ درصدی در مقایسه با اکوتیپ بردسکن همراه بود (شکل ۱). علت کاهش درصد جوانه‌زنی با افزایش شوری را می‌توان به حضور بیش از حد کاتیون‌ها و آنیون‌ها نسبت داد که علاوه بر ایجاد مسمومیت با توجه به قابل انحلال آنها در آب، پتانسیل آب را نیز کاهش می‌دهد (۳۴).

درصد جوانه‌زنی در غلظت‌های پایین شوری در هر دو اکوتیپ تحت تاثیر قرار نگرفت. به طوری که میزان جوانه‌زنی در شوری‌های صفر، ۱/۰، ۲/۰، ۴/۰ و ۶/۰ -مگاپاسکال در دماهای ۱۵، ۲۰، ۲۵ و ۳۰ و ۳۵ درجه سانتی‌گراد در هر دو اکوتیپ از ۸۸/۵۲ درصد در تیمار شاهد تا ۷۴/۱۲ درصد در غلظت ۰/۶ -متغیر بود. اما با افزایش غلظت شوری جوانه‌زنی در هر دو اکوتیپ به طور معنی‌داری کاهش یافت، به طوری که در غلظت ۱- مگاپاسکال در دماهای فوق میانگین



شکل ۱- تأثیر شوری و دما بر درصد جوانه‌زنی بذر دو اکوتیپ سس شرقی

خط رسم شده نمایانگر مدل لجستیک سه پارامتری برازش داده شده به داده‌ها است.

خطوط عمودی نشانگر خطای استاندارد می‌باشند.

Figure 1- Effect of salinity and temperature on two eastern dodder ecotypes seed germination percentage
Line represents the functional three-parameter logistic model fitted to the data.
Vertical bars represent standard error.

درجه سانتی‌گراد، اکوتیپ بردسکن دارای ۸۱/۳۲ درصد جوانه‌زنی بود که نسبت به اکوتیپ قوچان ۷/۳۲ درصد بیشتر بود. در اکوتیپ قوچان در تمام سطوح شوری با افزایش دما از ۱۵ به ۲۵ درجه سانتی‌گراد میزان جوانه‌زنی افزایش یافت در حالی که در اکوتیپ بردسکن روند افزایش جوانه‌زنی تا دمای ۳۰ درجه در شوری‌های صفر، ۱/۰، ۲/۰، ۴/۰ و ۶/۰ -مگاپاسکال ادامه داشت و در سطوح شوری ۱/۰، ۲/۰ و ۴/۰ -مگاپاسکال با افزایش دما به ۳۰ و ۳۵ درجه سانتی‌گراد از میزان جوانه‌زنی آن کاسته شد (شکل ۱). اعتقاد بر این است که اثر غلظت زیاد کلرید سدیم در دماهای بالا را می‌توان به سمیت سدیم نسبت داد که باعث خسارت غیرقابل برگشت می‌شود؛ با این حال، کاهش جوانه‌زنی در سطوح بالای شوری در دمای پایین

با توجه به نتایج به دست آمده اکوتیپ بردسکن در دماهای ۳۰ و ۳۵ درجه سانتی‌گراد و غلظت‌های ۰/۸ و ۱- مگاپاسکال شوری نسبت به اکوتیپ قوچان ۴۸/۵ درصد جوانه‌زنی بالاتری داشت که این برتری می‌تواند مربوط به تفاوت در شرایط آب و هوایی و محیط گیاه مادری که هر دو اکوتیپ در آن رشد کرده‌اند باشد. علاوه بر این درشت‌تر بودن بذر و بالا بودن وزن هزاردانه اکوتیپ بردسکن (۷/۳۲ گرم) در مقایسه با وزن هزاردانه اکوتیپ قوچان (۴/۸۲ گرم) نیز می‌تواند عامل این برتری باشد. صرف‌نظر از غلظت شوری، درصد جوانه‌زنی اکوتیپ قوچان در دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد نسبت به اکوتیپ بردسکن حدود ۱۰ درصد بیشتر بود که با توجه به وضعیت اقلیمی این اکوتیپ دور از انتظار نیست. در مقابل در دماهای ۳۰ و ۳۵

میزان جوانه‌زنی نیلوفرپیچ کاسته شد. نامبردگان، غلظت نمک مورد نیاز برای کاهش ۵۰ درصدی جوانه‌زنی بذر نیلوفرپیچ، را ۰/۷۳- مگاپاسکال گزارش کردند.

وقتی که بذور جوانه نرزه هر دو اکوتیپ قوچان و بردسکن در شوری ۱/۲- مگاپاسکال و دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد، به درون آب مقطر انتقال داده شدند (آزمایش بازبایی) به ترتیب $68 \pm 3/1$ و $73 \pm 3/1$ درصد از بذور جوانه زدند. می‌توان نتیجه گرفت که جوانه نرزدن بذور در مجاورت محلول نمک، به دلیل سمیت یونی نبوده و صرفاً اثر منفی آن بر جوانه‌زنی، به دلیل کاهش شدید پتانسیل اسمزی بوده است. بر طبق نظر دانشمندان بذور گیاهان هالوفیت قادر هستند که قوه‌ی نامیه خود را در طول دوره‌ای که در معرض شرایط شوری بالا قرار می‌گیرند حفظ نمایند و بعد از اینکه شوری کاهش یافت مجدداً جوانه بزنند (۱۸). هر چند ظرفیت بازبایی گیاهان هالوفیت در شرایط تنش شوری متفاوت است (۲۱).

بذور سس درختی اکوتیپ بردسکن و قوچان در پتانسیل ۱- مگاپاسکال در تمام سطوح دمایی توانستند به طور میانگین به ترتیب به میزان ۱۸/۷۳ و ۹/۴۶ درصد جوانه بزنند، ولی رشته‌های انگلی در بذور جوانه‌زده در این پتانسیل کاملاً بی‌رنگ و میانگین طول آنها یک سانتی‌متر بود بنابراین این احتمال وجود دارد که این بذور در چنین شرایطی در مزرعه، نتوانند یک گیاهچه‌ی قوی و سالمی جهت انگلی کردن گیاهان میزبان تولید نمایند. در حالیکه در تیمار شاهد تا پتانسیل ۰/۶- مگاپاسکال، رشته‌های انگلی دارای رنگ قرمز مایل به صورتی بود و گیاهچه‌ها به طور متوسط ۹ سانتی‌متر طول داشتند (اطلاعات نشان داده نشده است).

شوری علاوه بر درصد، سرعت جوانه‌زنی بذور هر دو اکوتیپ را تحت تأثیر قرار داد (جدول ۱). حداکثر سرعت جوانه‌زنی (۱۰/۳۹ بذر در روز) در اکوتیپ قوچان در غلظت ۰/۱- مگاپاسکال و دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد به دست آمد در حالی که در اکوتیپ بردسکن بالاترین سرعت جوانه‌زنی (۱۴/۷۴ بذر در روز) در دمای ۳۰ درجه و پتانسیل صفر به ثبت رسید که با سایر سطوح شوری اختلاف معنی‌داری داشت (جدول ۳). در تمام سطوح دمایی با افزایش غلظت کلریدسدیم سرعت جوانه‌زنی کاهش یافت.

بر اساس نتایج آزمایش، در تمام سطوح دمایی در تیمار آب مقطر بیش از ۷۰٪ از بذور در همان ۲۴ ساعت دوم جوانه زدند. بذوری که در پتانسیل ۱- مگاپاسکال کلریدسدیم کشت شده بودند ۵ روز بعد از شروع آزمایش توانستند جوانه بزنند و زمان لازم برای ۵۰٪ جوانه‌زنی آنها در این غلظت ۷/۴ روز بود که می‌تواند به دلیل کاهش پتانسیل اسمزی باشد.

احتمالاً به علت اثر اسمزی برگشت‌پذیر، می‌باشد (۱۵). این نتایج و دیگر گزارشات (۲۳ و ۱۲) نشان می‌دهند که هر گونه و حتی اکوتیپ دارای نیازهای جوانه‌زنی و واکنش به تنش شوری خاصی می‌باشد که ممکن است تحت تأثیر شرایط اقلیمی متغیر باشد.

اعتقاد بر این است که توانایی بذور برای جوانه‌زنی در سطوح شوری به دما وابسته است (۲۰). خان و همکاران (۲۲) جوانه‌زنی بذور علف‌جارو^۱ را در تیمارهای مختلف شوری تحت تأثیر دماهای مختلف بررسی کرده و متوجه شدند که این گونه در مرحله جوانه‌زنی تا حد زیادی متحمل به شوری بوده و تحمل آن با افزایش دما افزایش یافت. ایزدی‌دربندی و همکاران (۲۹) با بررسی اثر دما و شوری بر جوانه‌زنی توده‌های کنجد^۲ نشان دادند که بیشترین درصد جوانه‌زنی کنجد در پتانسیل‌های صفر تا ۴- بار در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد به دست آمد و با کاهش دما به ۱۵ درجه سانتی‌گراد، اثرات منفی شوری افزایش یافت. بر اساس پارامترهای حاصل از برازش داده‌های مربوط به درصد جوانه‌زنی بذور سس به مدل لجستیک رگرسیونی سه پارامتری، شوری موثر برای ۵۰ درصد کاهش جوانه‌زنی در اکوتیپ قوچان در دماهای ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۳۰ و ۳۵ درجه سانتی‌گراد به ترتیب برابر با ۰/۷۹، ۰/۸۶، ۰/۸۷، ۰/۷۷ و ۰/۶۸- مگاپاسکال برآورد شد در حالی که این مقادیر برای اکوتیپ بردسکن برابر با ۰/۹۳، ۰/۹۳، ۰/۹۵، ۰/۹۰ و ۰/۷۵- مگاپاسکال برآورد شد (جدول ۲).

این نتایج نشان می‌دهد که بذور این علف‌هرز انگلی قادرند در سطوح بالای شوری جوانه‌زنی داشته باشند که این امر می‌تواند یک پارامتر مهم برای سازگاری در مناطق با آب و خاک شور مانند جنوب خراسان رضوی در محصولات مختلف باغی مانند انار و انگور باشد. خاکهای با شوری ۴۰ تا ۱۰۰ میلی‌مولار (تقریباً هدایت الکتریکی چهار تا ده میلی‌موس بر سانتی‌متر) جزو خاک‌های با شوری متوسط محسوب می‌شوند (۳۶). میزان جوانه‌زنی بالای سس درختی در غلظت‌های مختلف شوری اشاره به این دارد که این علف‌هرز انگلی در مرحله‌ی جوانه‌زنی مقاومت بالایی به تنش شوری دارد. شاهد این مدعا جوانه‌زنی تنها هفت درصدی شیرتیغک^۳ (۳)، جوانه‌زنی دو درصدی شیرپنیر^۴ (۴) و جوانه‌زنی ۲۷ درصدی *Caperonia palostris* (L.) St. Hil (۲۶) در شوری ۱۶۰ میلی‌مولار و جوانه‌زنی ۵/۳ درصدی اسپرکزرد^۵ (۹) در شوری ۳۲۰ میلی‌مولار است. کیانی و همکاران (۲۵) در مطالعه تأثیر عوامل محیطی بر جوانه‌زنی گیاه نیلوفرپیچ^۶ دریافتند که در هر سطح دمایی، با افزایش غلظت نمک از

1- *Kochia scoparia* L. Schard

2- *Sesamum indicum* L.

1- *Sonchus oleraceus* L.

2- *Galium tricornutum* Dandy

3- *Reseda lutea* L.

4- *Ipomoea* spp.

جدول ۲- پارامترها و ضریب تبیین مدل رگرسیونی لجستیک حاصل از برازش داده‌های مربوط به جوانه‌زنی دو اکوتیپ سس در سطوح مختلف شوری و دما

Table 2- The parameters and the coefficient of determination of logistic regression model fitting of seed germination data in two eastern dodder ecotypes in different levels of salinity and temperature

Eco اکوتیپ	Tem °C دما	MP پارامتر های مدل	Value مقدار	Tem °C	Value	Tem °C	Value	Tem °C	Value	Tem °C	Value
Bar بردسکن	15	a	71.8(±2.2)	20	88.60(±2.4)	25	91.01(±2.5)	30	90.8 (±2.7)	35	70.3 (±1.3)
		b	10.2 (±2.4)		11.46(±2.3)		11.25(±2.4)		7.74 (±1.4)		7.3 (±0.8)
		X ₅₀	0.93(±0.02)		0.93(±0.02)		0.95(±0.02)		0.89(±0.02)		0.75 (±0.01)
		R ²	0.978		0.983		0.981		0.980		0.994
Qou قوچان	15	a	88.53(±3.3)	20	88.5 (±3.3)	25	92.97 (±1.5)	30	87.36(±1.5)	35	60.89 (±2.2)
		b	6.73 (±1.5)		9.69 (±2.5)		10.2 (±1.1)		6.46 (±0.6)		7.72 (±1.7)
		X ₅₀	0.79(±0.03)		0.86(±0.02)		0.87 (±0.01)		0.77(±0.01)		0.68 (±0.02)
		R ²	0.976		0.973		0.994		0.995		0.982

Abbreviations: Eco= Ecotype; Tem= Temperature; MP= Model parameters; Bar= Bardaskan; Qou= Qouchan; (±Standard Error).

جدول ۳- مقایسه میانگین با استفاده از آزمون LSD در سطح ۵٪ تاثیر شوری در دماهای مختلف روی سرعت جوانه‌زنی بذر دو اکوتیپ سس شرقی

Table 3- Means comparison effect salinity at different temperatures on two eastern dodder ecotypes seed germination rate

Ecotype اکوتیپ	Tem °C دما	Salinity -Mpa شوری	GR Seed/ day سرعت جوانه- رنی	Tem °C	GR Seed/ day	Tem °C	GR Seed/ day	Tem °C	GR Seed/ day	Tem °C	GR Seed/ day
Bardaskan بردسکن	15	0	6.37a	20	8.39a	25	10.31a	30	14.74a	35	8.78a
		-0.1	5.80ab		8.61a		10.24a		13.80b		8.07b
		-0.2	5.58bc		7.00b		7.78b		9.29c		7.59b
		-0.4	4.98c		5.67c		7.09bc		7.98d		5.37c
		-0.6	4.28d		4.91d		6.56c		6.63e		3.32d
		-0.8	3.46e		3.89e		3.89d		4.80f		1.36e
		-1	1.64f		2.27f		1.71e		3.59g		0.51f
		-1.2	0.00g		0.00g		0.00f		0.00h		0.00f
Qouchan قوچان	15	0	7.66a	20	9.64a	25	9.44b	30	9.37a	35	6.25a
		-0.1	7.41a		9.45a		10.39a		8.41b		6.41a
		-0.2	5.82b		7.58b		8.08c		7.31c		5.80ab
		-0.4	5.30b		5.04c		6.91d		7.30c		5.14b
		-0.6	4.07c		4.66c		6.73d		5.16d		2.58c
		-0.8	2.52d		3.34d		3.67e		2.51e		0.90d
		-1	0.56e		0.73e		0.86f		0.61f		0.11e
		-1.2	0.00e		0.00f		0.00g		0.00f		0.00e

Abbreviations: Tem= Temperature; GR= Germination rate

مگاپاسکال سرعت جوانه‌زنی در دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد در مقایسه با دمای ۳۵ درجه سانتی‌گراد بیشتر بود (جدول ۳). به عبارت دیگر در دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد سرعت جوانه‌زنی در سطوح شوری بالا (منفی‌تر) نسبت به سطوح شوری پایین، بیشتر بود. در حالی‌که در اکوتیپ قوچان سرعت جوانه‌زنی در دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد در

در حالیکه در شوری‌های کمتر از ۱- مگاپاسکال کلرید سدیم جوانه‌زنی از روز دوم شروع شد و به طور متوسط ۲/۵ روز طول کشید تا ۵۰٪ از بذور جوانه بزنند. در اکوتیپ بردسکن در پتانسیل صفر تا ۰/۴- مگاپاسکال سرعت جوانه‌زنی در دمای ۳۵ درجه سانتی‌گراد بیش از دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد بود اما در پتانسیل‌های ۰/۶- تا ۱- مگاپاسکال

می‌شود (۲).

در مجموع نتایج این مطالعه نشان داد که بذور هر دو اکوتیپ سس‌شرقی در دامنه دمایی ۱۵ تا ۳۵ درجه جوانه می‌زنند و برای هر دو اکوتیپ بیشترین جوانه‌زنی در آب مقطر در دماهای ۲۵ و ۳۰ درجه سانتی‌گراد به دست آمد. اکوتیپ بردسکن در غلظت‌های بالای شوری و دماهای بالا در مقایسه با اکوتیپ قوچان دارای جوانه‌زنی بالاتری بود. تنش شوری باعث کاهش جوانه‌زنی این علف‌هرز انگلی گردید، که این کاهش بیشتر سرعت جوانه‌زنی را در مقایسه با درصد جوانه‌زنی در هر دو اکوتیپ تحت تأثیر قرار داد. با توجه به نتایج این آزمایش بذور این گونه تحمل متوسطی به شوری خاک را دارند و در خاک‌ها و آب‌های با شوری متوسط احتمال جوانه‌زنی آنها و پارازیته کردن میزبان وجود دارد. از سوی دیگر با توجه به نتایج حاصل قدرت انگلی کردن اکوتیپ بردسکن در مقایسه با اکوتیپ قوچان در این شرایط بیشتر است. با توجه به منشاء و محیط گیاه مادری که هر دو اکوتیپ رشد کرده‌اند به نظر می‌رسد اکوتیپ بردسکن نسبت به دماهای بالا و تنش شوری در مقایسه با اکوتیپ قوچان دارای برتری نسبی می‌باشد و لذا با توجه به گرم شدن منطقه و شور شدن آب‌ها در سال‌های آینده می‌تواند در مقایسه با اکوتیپ‌های مناطق معتدل و سرد موفق‌تر عمل کند.

تمام سطوح شوری بیشتر از دمای ۳۵ درجه سانتی‌گراد بود (جدول ۳). با افزایش سطح شوری، زمان رسیدن به ثبات جوانه‌زنی (مدت زمانی (روز) که بعد از آن جوانه‌زنی متوقف شد) تحت تأثیر قرار نگرفت، به طوری که در شوری‌های صفر تا ۰/۶ - مگاپاسکال کلریدسدیم، در تمام سطوح دمایی ثبات جوانه‌زنی به طور میانگین در همان ۹۶ ساعت اول صورت گرفت، ولی در غلظت ۰/۸ - و ۱ - مگاپاسکال ۱۲/۳ درصد از بذور هر دو اکوتیپ حتی پس از ۸ روز از شروع آزمایش جوانه زدند که این امر می‌تواند نشانگر تنوع ژنتیکی بالای بذور علف‌هرز انگلی سس شرقی باشد (۷). تنوع موجود در بذور سس درختی از نظر جوانه‌زنی و سرعت اولیه‌ی آن شاید از دلایل موفقیت سس درختی برای استقرار در محیط‌های شور و نیز پتانسیل آن برای تبدیل شدن به یک علف‌هرز موفق در نظام‌های زراعی و باغی باشد. شوری یک تنش غیر زنده برای گیاهان است و می‌تواند روی فرآیندهای فیزیولوژیکی مهم در گیاهان تأثیر منفی داشته باشد (۶ و ۱۴). علاوه بر فرآیندهای فیزیولوژیکی در گیاهان، سدیم موجود در نمک می‌تواند ساختمان و حاصلخیزی خاک را از طریق جایگزین شدن کلسیم و منیزیم در فرایند تبادل آنیونی تغییر دهد (۶). به طور کلی پذیرفته شده است که اثرات شوری روی جوانه‌زنی از طریق به وجود آوردن یک پتانسیل پایین که مانع جذب آب می‌شود، یا اینکه از طریق ورود یون‌هایی که ممکن است برای جنین سمی باشند، اعمال

منابع

- Benvenuti S., Dinelli G., Bonetti A., and Catizone P. 2005. Germination ecology' emergence and host detection in *Cuscuta campestris*. Weed Research 45: 270-278.
- Bewley J.D., and Black M. 1982. Physiology and biochemistry of seeds in relation to germination. Vol. 2. Viability, dormancy and environmental control, Springer-Verlag. New York.
- Chauhan B.S., Gill G., and Preston C. 2006. Factors affecting seed germination of annual sowthistle (*Sonchus oleraceus*) in southern Australia. Weed Science 54: 854-860.
- Chauhan B.S., Gill G., and Preston C. 2006. Seed germination and seedling emergence of three horn bedstraw (*Galium tricornutum*). Weed Science 54: 867-872.
- Chauhan B.S., and Johnson D.E. 2008. Seed germination and seedling emergence of giant sensitiveplant (*Mimosa invisa*). Weed Science 56: 244-248.
- DiTommaso A. 2004. Germination behavior of common ragweed (*Ambrosia artemisifolia*) populations across a range of salinities. Weed Science 52: 1002-1009.
- Ebrahimi E., Eslami S.V., and Zand E. 2011. Effect of environmental factors on germination and emergence of Eastern dodder (*Cuscuta monogyna*). Journal of Plant Protection 25(1): 83-91. (In Persian with English abstract)
- Ebrahimi E., and Eslami S.V. 2012. Effect of different treatments on dormancy breaking and seed germination of Eastern dodder (*Cuscuta monogyna* Vahl) and African rocket (*Malcolmia africana* L. (R.BR.)). Journal of Plant Protection 26(2): 191-198. (In Persian with English abstract)
- Ebrahimi E., and Eslami S.V. 2013. Seed dormancy breaking and Effect of some environmental factors on germination of cutleaf mignonette (*Reseda lutea* L.) seed. Journal of Plant Protection 27(2): 177-184. (In Persian with English abstract)
- Fathoulla C.N., and Mosleh M.S. 2008. Biological and anatomical study of different *Cuscuta* species. Kurdistan Conference Biological 11: 22-39.
- Fenando E.P., Boero C., Gallardo M., and Gonzalez J. 2000. Effect of NaCl on germination, growth, and soluble suger content in *Chenopodium quinonaseeds*. Botanical Bulletin of Academia Sinica 41: 27- 34.
- Fowler J.L., Hageman J.H., Moore K.J., Suzukida M., and Assadian H. 1988. Evalution of salinity tolerance of Russian-thistle, a potential forage crop. Agronomy Journal 80: 250-258.

13. Goldwasser Y., Miryamchik H., Rubin B., and Eizenberg H. 2016. Field dodder (*Cuscuta campestris*) - a New Model describing temperature dependent seed germination. *Weed Science* 64: 53–60.
14. Greenway H., and Munns R. 1980. Mechanisms of salt tolerance in nonhalophytes. *Annal. Review. Plant. Physiology* 31: 149-190.
15. Guma I.R., Padron-Mederos M.A., Santos-Guerra A., and Reyes-Betancort J.A. 2010. Effect of temperature and salinity on germination of *Salsola vermiculata* L. (Chenopodiaceae) from Canary Islands. *Journal of Arid Environment* 74: 708–711.
16. Holm L., Holm D.L.J., Pancho J.V., and Herberger J.P. 1997. *World Weeds: Natural histories and distribution*. John Wiley and sons, Newyork. 1129 pp.
17. Karimi H. 2001. *Weeds of Iran*. Tehran, 419pp. (In Persian)
18. Keiffer C.W., and Ungar I.A. 1995. Germination responses of halophyte seeds exposed to prolonged hypersaline conditions. In: Khan M.A., Ungar I.A. (eds.) *Biology of Salt Tolerant Plants*. Karachi: Department of Botany, University of Karachi, 43-50.
19. Khaleghi E., and Ramin A.A. 2005. Study of the effects of salinity on growth and development of lawns (*Lolium perenne* L., *Festuca arundinacea* and *Cynodon dactylon*). *Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources* 9: 57-68.
20. Khan M.A., and Ungar I.A. 1999. Seed germination and recovery of *Triglochin maritima* from salt stress under different thermo periods. *Great Basin Naturalist* 59: 144–150.
21. Khan M.A., and Ungar I.A. 1997. Effects of light, salinity, and thermoperiod on the seed germination of halophytes. *Canadian J of Botany* 75: 835-841.
22. Khan M.A., Gul B., and Weber D.J. 2001. Effect of salinity and temperature on the germination of *Kochia scoparia*. *Wetlands Ecology and Management* 9: 483-489.
23. Khan M.A., and Gulzar S. 2002. Germination responses Of *Sporobolus ioclados*: a salin desert grass. *Journal Arid Environment* 53: 387-364.
24. Khan M.A., Gul B., and Weber D.J. 2000. Germination responsesto *Salicornia rubra* to temperature and salinity. *Journal Arid Environment* 45: 207-214.
25. Kiyani E., Siahmarguee A., and Soltani A. 2015. The effects of temperature, Salinity and seeding depth on seed germination and emergence of morning glory (*Ipomoea* spp.). *Journal of Plant Protection* 29(3): 437-448. (In Persian with English abstract)
26. Koger C.H., Reddy K.N., and Poston D.H. 2004. Factors affecting seed germination, seedling emergence, and survival of texasweed (*Caperonia palustris*). *Weed Science* 52: 989-995.
27. Koskela T., Salonen V., and Mutikainen P. 2001. Interaction of a host plant and its holoparasitie effects of previous selection by the parasite. *Journal of Biology* 6: 14-91.
28. Krsmanovic M.S., Bozic D., Pavlovic M., Radivojevic L., and Vrbnicanin S. 2013. Temperature Effects on *Cuscuta campestris* Yunk. Seed Germination. *Journal of Pestic Phytomed* 28(3): 187–193.
29. Izadi-Darbandi E., Mohammadian M., Yanegh A., and Zarghani H. 2012. The Effects of Temperature and Salinity on Germination and Seedling Growth Characteristics of Sesame (*Sesamum indicum*) Landraces. *Journal of Iranian Field Crop Research* 10: 335-345. (In Persian with English abstract)
30. Maguire J.D. 1962. Seed of germination–aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. *Crop Science* 2: 176-177.
31. Mennan H., and Ngouajio M. 2006. Seasonal cycles in germination and seedling emergence of summer and winter population of catch weed bedstraw and wild mustard. *Weed Science* 54: 114-120.
32. Nazari S. 2014. Introducing *Cuscuta monogyna* as Oak Trees Parasite, its Biology, and Method to Fight in Lorestan province. *Bull. Environment. Pharmacol. Life Science* 3(2): 164-168.
33. Radosevich S.R., Holt J.S., and Ghera C.M. 2007. *Ecology of Weeds and Invasive Plants Relationship to Agriculture and Natural Resource Management*. John Wiley& Sons, 472pp.
34. Smith S.E., and Dobrenz A.K. 1987. Seed age and salt tolerance at germination in alfalfa: *Crop Science* 27: 1053-1058.
35. Stevens O.A. 1932. The number and weight of seeds produced by weeds. *American Journal of Botany* 19: 784-794.
36. Tanji K.K., and Kielen N.C. 2002. *Agricultural Drainage Water Management in Arid and Semi-Arid Areas*. Fao Irrigation and Drainage Papper 61. Rome Italy. Food and Agriculture Organization of the United Nations, 202p.



Effect of Temperature and Salinity on Two Eastern Dodder (*Cuscuta monogyna* Vahl) Ecotypes Seed Germination Characteristics

E. Ebrahimi¹- E. Izadi Darbandi^{2*}- M.H. Rashed Mohassel³- R. Tavakol Aafshari⁴

Received: 07-02-2017

Accepted: 13-12-2017

Introduction: Knowledge of weed biology helps to optimize weed management strategies and avoid unnecessary weed control input by for example accurate prediction of emergence timing of the weeds. According to the available references, 200 species of dodder have been reported in the world of which 18 species are in Iran. Among the 18 reported species in Iran, *Cuscuta campestris* and *Cuscuta monogyna* cause the greatest damage to crops and horticultural products in Iran. *Cuscuta monogyna* (Vahl), a member of the Cuscutaceae family, is a non-specific aboveground holoparasite, and as such is totally dependent on its host plant for assimilates, nutrients and water supply. Eastern dodder is one of the important dodder species that parasite fruit trees and ornamental shrubs. Each eastern dodder plant produces greater than 3000 seeds of which low percentage germinate in the first year. In the field, dodder started to germinate in March or April when daily average soil temperatures reached 10°C, and maximum germination was observed in May or June when daily average soil temperatures reached 20°C. After germination, seedlings of *Cuscuta* spp. Undergo a non-parasitic phase of growth, dependent on seed reserves, for 2–3 weeks. To improve management systems for specific weed species, it is critical to have good information on seed dormancy, persistence, production, seasonal germination, seedling emergence, and variations among populations. The objective of the present study was to effect of temperature and salinity on two eastern dodder (*Cuscuta monogyna* Vahl) ecotypes seed germination characteristics.

Materials and Methods: In order to study the effect of salinity and temperatures on seed germination characteristics of two eastern dodder ecotypes experiments were conducted based on factorial in a completely randomized design with three replications in the Research Laboratory of Ferdowsi University of Mashhad Faculty of Agriculture during 2015 and 2016. Treatments include salinity stress in 8 levels (0 (Control), -0.1, -0.2, -0.4, -0.6, -0.8, -1 and -1.2 Mpa) and temperature at 8 levels (5, 10, 15, 20, 25, 30, 35 and 40°C). After 14 days, seeds in treatment solutions were no longer germinating, so all germinated seedlings were removed and ungerminated seeds of the highest salinity treatment (-1.2 Mpa NaCl) were rinsed with distilled water and placed back in their dishes with 5 mL of distilled water for 14 more days.

Results and Discussion: Results showed that with increasing salinity at each level of temperature germination rate and percentage reduced in both ecotypes, so that in potential -1.2 Mpa germination was stopped in both ecotypes. In both ecotypes germination stamped at 5, 10 and 40 °C temperatures in all levels of salinity. In both ecotypes the highest percentage and rate of germination were indicated at control treatment salinity and 25 and 30 °C temperatures. It is believed that the effect of high concentration of NaCl at high temperatures can be attributed to the toxic sodium that causes irreversible damage. According to the results Bardaskan ecotype was better than Qouchan ecotype in view of germination at high levels of temperatures and salinity treatments. The three parameter logistic model provided a satisfactory fit for the response of seed germination to NaCl concentration. The effective salinity for reducing of 50% seed germination in Qouchan ecotype at 15, 20, 25, 30 and 35 °C temperatures were -0.79, -0.86, -0.87, -0.77 and -0.68 Mpa and in Bardaskan ecotype were -0.93, -0.93, -0.95, -0.90 and -0.75 Mpa respectively. Recovering the ungerminated seeds from the salinity level of -1.2 Mpa and reincubating them with distilled water resulted in a germination of 70% in both ecotypes, indicating that enforced seed dormancy was mainly because of an osmotic effect, as opposed to toxicity owing to an ionic effect.

Conclusion: This study shows that eastern dodder has capacity to survive and reproduce even under a higher temperature and higher degree of salinity stress. The information of this study would be helpful for estimating

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

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

DOI: 10.22067/JPP.2021.31941.0

the potential of this species to spread to new areas and for the improvement of this parasitic weed species management programs. As is evident from these experiments, the effective, long-term reduction of eastern dodder populations will require the use of an integrated weed management approach.

Keywords: Environmental factors, Parasitic plant, Salinity stress, Seedling establishment, Weed ecology



مقاله پژوهشی

تعیین گیاگان و پراکنش گیاهان هرز مزارع سویا با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی (مطالعه موردی: شهرستان گرگان)

سعید موشانی^۱ - حسین کاظمی^{۲*} - افشین سلطانی^۳ - محمد اسماعیل اسدی^۴

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱۲/۱۰

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۲/۱۰

چکیده

به منظور بررسی گیاگان و نحوه پراکنش گیاهان هرز مزارع سویا، مطالعه حاضر در سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶ در ۴۸ مزرعه سویای سطح شهرستان گرگان انجام شد. در این مطالعه از روش W برای نمونه برداری علف‌های هرز و GPS برای ثبت اطلاعات مکانی مزارع استفاده شد که در نهایت اطلاعات بدست آمده در نرم‌افزار ArcGIS پردازش و نقشه پراکنش علف‌های هرز استخراج گردید. در این مطالعه ۲۱ نوع گونه علف‌هرز متعلق به ۱۳ تیره گیاهی شناسایی شدند که تیره گندمیان با ۴ گونه گیاهی بیشترین تعداد گونه گیاهی را به خود اختصاص داد. از نظر چرخه زندگی ۱۴/۲۸ درصد از گروه چندساله‌ها و مابقی یکساله بودند. در بررسی گیاهان هرز از لحاظ مسیر فتوسنتزی، ۴۲/۸۵ درصد C₄ و حدود ۵۷/۱۵ درصد C₃ بودند. گیاهان علف‌های هرز مزارع مورد مطالعه شامل ۲۳/۸۰ درصد علف‌های هرز باریک‌برگ و ۷۶/۱۹ درصد علف‌های هرز پهن‌برگ بود. نتایج نشان داد که بیشترین فراوانی‌ها به ترتیب مربوط به عروسک پشت پرده (*Physalis divaricate* L.)، قیاق و خربزه وحشی (*Cucumis melo*. var *agrestis* L.) به ترتیب با ۹۱/۶۶، ۵۴/۱۶ و ۵۲/۰۸ درصد بود. بررسی نقشه پراکنش علف‌های هرز با فراوانی ۵۰ تا ۱۰۰ درصد نشان داد که این گیاهان هرز در اکثر مزارع مورد بررسی، مشاهده شده و تقریباً از شرق تا غرب شهرستان پراکنده هستند. در این مطالعه مشخص شد که تنوع گیاهان هرز در مزارع سویا شهرستان گرگان بالاست که این امر مدیریت آنها را پیچیده‌تر می‌کند و از طرفی حضور برخی گیاهان هرز مهاجم در برخی از مزارع، خطری بالقوه برای اراضی منطقه محسوب می‌شود.

واژه‌های کلیدی: سامانه اطلاعات جغرافیایی، سویا، گیاهان هرز، نقشه پراکنش

مقدمه

کشور از لحاظ سطح زیر کشت در مقام اول قرار دارد که بیشتر این اراضی در شهرستان گرگان واقع شده است. سطح زیرکشت سویا در این شهرستان در سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶ حدود ۱۱۲۰۰ هکتار گزارش شده است.

مدیریت و حفاظت گیاه زراعی از خسارت علف‌های هرز منوط به شناخت گیاگان و وضعیت پراکنش آنها است. در واقع با شناسایی گیاگان، تعیین وضعیت فراوانی و پراکنش گونه‌های علف هرز، می‌توان به اطلاعات زیرساختی مهمی برای طراحی برنامه‌های مدیریت علف‌های هرز دست یافت (۹). تغییرات محیطی مانند گرم شدن کره زمین، افزایش دی اکسید کربن، افزایش ورودی نیتروژن و غیره، ممکن است باعث تهاجم گیاهان هرز شود (۲۲) در نتیجه مطالعه گیاهان هرز امکان به روز بودن اطلاعات در مورد گیاهان هرز جدید و نیز مهاجم را در اختیار ذی‌نفعان می‌گذارد. نقشه پراکنش گیاهان هرز در اعمال صحیح عملیات مختلف کنترل آنها و کاهش مصرف و

دانه‌های روغنی پس از غلات، دومین ذخایر غذایی جهان را تشکیل می‌دهند که از میان آن‌ها سویا (*Glycine max* L.) بزرگترین منبع تامین کننده پروتئین و روغن دنیا می‌باشد (۳). استان گلستان از قطب‌های مهم کشاورزی به شمار می‌رود که در سال زراعی ۹۵-۱۳۹۴ با حدود ۶۲/۰۱ درصد از سطح برداشت سویا در

۱، ۲ و ۳- به ترتیب دانشجوی سابق کارشناسی ارشد کشاورزی اکولوژیک، دانشیار و استاد گروه زراعت، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
(نویسنده مسئول: Email: hkazemi@gau.ac.ir)

۴- دانشیار آبیاری و زهکشی بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، گرگان، ایران

روش‌های خاکورزی تأثیر به‌سزایی در تراکم و ترکیب گیاهان هرز پنبه دارد. آنها نشان دادند که در تیمار بدون خاک‌ورزی، بیشتر گیاهان هرز چندساله غالب بودند، اما در روش شخم مرسوم بیشتر گیاهان هرز یکساله غالبیت داشتند. همچنین در تیمارهای کم‌خاک‌ورزی گیاهان هرز چندساله فراوان بود. با توجه به اهمیت گیاه سویا در استان گلستان و بویژه در شهرستان گرگان، مطالعه گیاهان هرز سویا و همچنین تهیه نقشه پراکنش گیاهان هرز با روش‌های نوین در اراضی کشاورزی این شهرستان می‌تواند به مدیریت مکانی علف‌های هرز کمک شایانی نماید. بنابراین این مطالعه با هدف تعیین گیاهان و پراکنش گیاهان هرز مزارع سویا با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی در شهرستان گرگان اجرا شد.

مواد و روش‌ها

معرفی منطقه

محدوده مورد مطالعه اراضی کشاورزی شهرستان گرگان واقع در استان گلستان بود. این شهرستان در عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۳۰ دقیقه تا ۳۸ درجه و ۸ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۳ درجه و ۵۷ دقیقه تا ۵۶ درجه و ۲۲ دقیقه شرقی قرار دارد. برای نمونه‌برداری ۴۸ مزرعه سویا از چهار جهت اصلی شهرستان انتخاب شدند. این مزارع با همکاری سازمان جهاد کشاورزی و مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان شناسایی شدند.

روش نمونه‌برداری

نمونه‌برداری در اواسط مهرماه تا اوایل آبان ماه سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶ بر اساس الگوی W انجام شد (شکل ۲). مزارع از نظر مساحت به سه گروه a اراضی زیر ۵ هکتار، b اراضی بین ۵ تا ۱۵ هکتار و c اراضی بالای ۱۵ هکتار تقسیم شدند (۲۱). مختصات جغرافیایی نقاط توسط GPS مدل گارمین exs60 ثبت گردید. برای نمونه‌برداری گیاهان هرز از کوادرات ۰/۲۵ در ۰/۲۵ متر مربعی استفاده گردید. نمونه‌های گیاهی به آزمایشگاه علف‌های هرز دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان منتقل شد و در آن محل مشخصات گیاهان هرز شامل نام و تعداد آن در هر کوادرات مشخص و ثبت گردید.

محاسبه شاخص‌های گیاهان هرز

شاخص فراوانی

این شاخص بیاگر درصدی از مزارع در منطقه مورد مطالعه است که توسط گونه‌ای خاص آلوده شده باشد و از رابطه ۱ محاسبه می‌شود (۳۷).

$$F_k = \frac{\sum Y_i}{n} \times 100 \quad \text{رابطه (۱)}$$

افزایش کارایی علف‌کش‌ها استفاده می‌شود. همچنین می‌تواند برای ارزیابی راهبردهای مدیریتی در گذشته و حال و طراحی راهبردهای مدیریت آینده گیاهان هرز نیز مفید باشد (۲۳ و ۲۰). سهرابی راد و همکاران (۳۵) در بررسی گیاهان و پراکنش علف‌های هرز سویا در شهرستان کلاله (استان گلستان)، ۱۶ گونه هرز را شناسایی نمودند و بیان کردند که هم بانک بذر و هم پراکنش تاج خروس، خرفه و کنجد وحشی نسبت به سایر علف‌های هرز بیشتر است. مین‌باشی و همکاران (۲۰) نقشه پراکنش گیاهان هرز مزارع گندم را ترسیم نمودند و نتایج آنها نشان داد که مدیریت علف‌های هرز در مزارع گندم در وضعیت مطلوبی قرار ندارد.

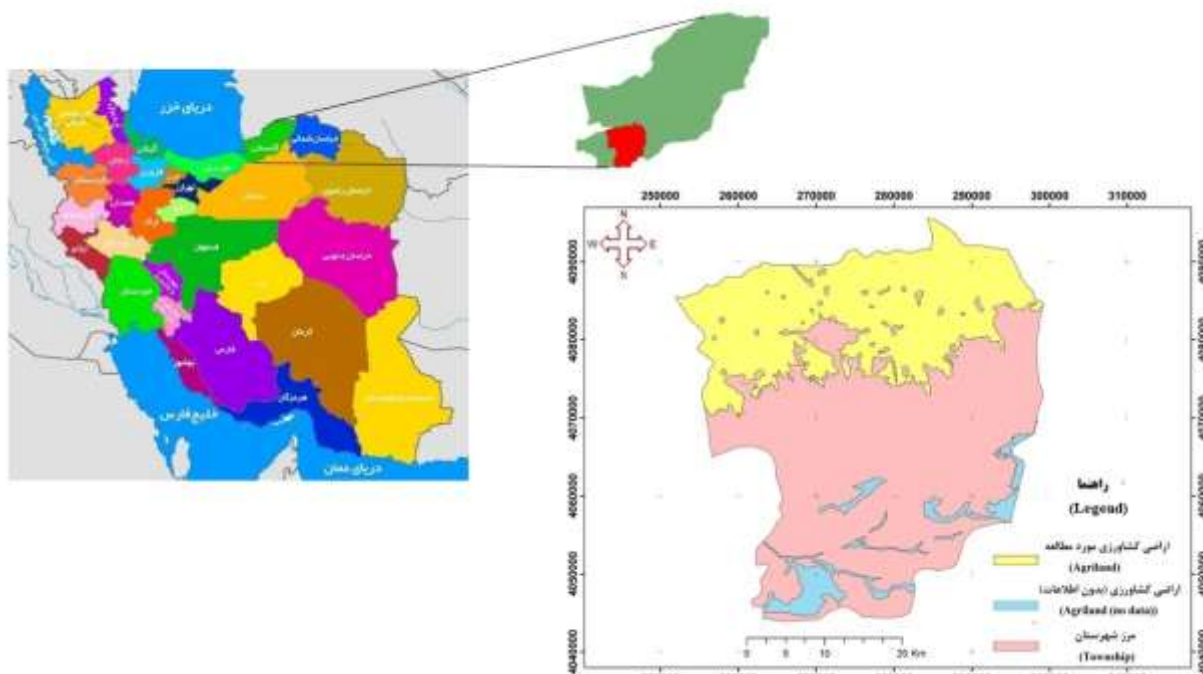
برخی پژوهشگران گزارش دادند که عوامل مختلفی بر گیاهان علف‌های هرز تأثیرگذارند که عبارت‌اند از نوع خاک‌ورزی، عوامل اقلیمی، تناوب زراعی، نوع گیاه زراعی، زمان و نوع مدیریت علف‌هرز (۳۱). از بین عوامل مختلف موثر بر جمعیت گیاهان هرز موجود در یک مزرعه، نوع گیاه زراعی، نحوه کنترل گیاهان هرز و نوع عملیات مدیریتی مهم‌ترین عواملی هستند که ترکیب و تراکم گونه‌ای جمعیت گیاهان هرز موجود در مزرعه را تعیین می‌کنند (۳۸). به عنوان مثال در زمینه عملیات زراعی در شهرستان گرگان از ادوات مختلفی همچون گاواهن برگردان‌دار، چپزل، دیسک، کارنده‌هایی مثل عمیق-کار، کمینات‌ها و کارنده‌های بی‌خاک‌ورز برای آماده‌سازی بستر و کشت محصول سویا استفاده می‌شود. همچنین روش‌های مختلف خاک‌ورزی از جمله خاک‌ورزی رایج، کم‌خاک‌ورزی و بدون خاک‌ورزی یا کشت مستقیم درون بقایا نیز بکار گرفته می‌شود. در مزارع شهرستان گرگان گیاهان زراعی گندم، باقلا، سیب زمینی و کلزا در تناوب با سویا قرار می‌گیرند. این عوامل می‌توانند بر گیاهان و پراکنش گیاهان هرز اثرگذار باشند.

روش‌های مختلف خاکورزی با تأثیر بر محیط جوانه‌زنی بذر، تغییر رطوبت و دمای خاک و نیز تغییر توزیع بذر گیاهان هرز و در خاک از طریق بقایای گیاهی، باعث تغییرات قابل توجهی در گیاهان هرز می‌شود (۲ و ۳۴). کوچکی و برومند رضازاده (۱۵) بیان کردند که حدود ۶۰ تا ۹۰ درصد بذر علف‌های هرز در سطح خاک و در عمق ۰ تا ۵ سانتی‌متری خاک قرار دارد که این موضوع نشان می‌دهد که حفظ بقایا در سطح خاک می‌تواند با ایجاد محدودیت مانع جوانه‌زنی و رشد طیف وسیعی از علف‌های هرز شود. بوهلر و اوپلینگر (۸) گزارش کردند که در مقایسه با گاواهن برگردان‌دار، گاواهن قلمی منجر به افزایش تراکم گیاهچه‌های گیاهان با بذر ریز مثل سلمه‌تره و تاج خروس می‌شود.

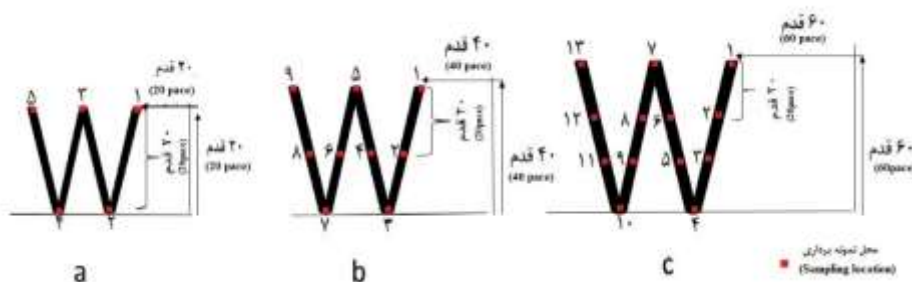
گزارش‌های متعددی در زمینه اثرات خاک‌ورزی و حفظ بقایا بر گیاهان علف‌های هرز منتشر شده است. سردار و همکاران (۲۹) گزارش نمودند که روش‌های خاک‌ورزی در تراکم و ترکیب گیاهان هرز پنبه نقش مهمی دارد. لطیفی و همکاران (۱۸) بیان کردند که

بالاتر نشان‌دهنده فراوانی بیشتر این علف هرز و حضور گسترده‌تر در محدوده مورد مطالعه می‌باشد (۲۶).

F: فراوانی گیاهچه گونه k ، Y_i : حضور یا عدم حضور گیاهچه گونه k در مزرعه شماره i ، n : تعداد مزرعه مورد مطالعه. مقدار عددی این شاخص بین صفر تا ۱۰۰ می‌باشد که مقدار



شکل ۱- موقعیت شهرستان گرگان در استان گلستان و کشور ایران
Figure 1- Location of Gorgan County in Golestan province and Iran



شکل ۲- نحوه نمونه‌برداری بر اساس الگوی W در مزارع گروه a، b و c (۲۱)
Figure 2- W sampling method in groups a, b and c (21)

شاخص یکنواختی گونه

این شاخص درصد کوادرات‌های آلوده به گونه مورد نظر می‌باشد و در واقع نشان دهنده تخمینی از آلودگی یک منطقه توسط گونه خاص می‌باشد و از طریق رابطه ۳ محاسبه می‌گردد (۳۷).

$$U_k = \frac{\sum X_{ij}}{m \times n} \times 100 \quad \text{رابطه (۳)}$$

X_{ij} : حضور (۱) یا عدم حضور (۲) گونه k در کوادرات شماره i در مزرعه شماره j ، n : تعداد مزرعه مورد بازدید، m : تعداد کوادرات پرتاب

شاخص فراوانی نسبی گونه

این شاخص فراوانی نسبی یک گونه علف هرز را نسبت به سایر گونه‌ها در محدوده مورد مطالعه را از طریق رابطه (۲) محاسبه می‌کند (۳۷).

$$RF_k = \frac{\text{فراوانی گونه } k}{\text{مجموع فراوانی تمام گونه‌ها}} \times 100 \quad \text{رابطه (۲)}$$

حدود ۵۷/۱۵ درصد C₃ بودند. مهم‌ترین خانواده گیاهی گندمیان (Poaceae) با ۱۹/۰۴ درصد از علف‌های هرز مشاهده شده در مزارع سویا بود. از مهم‌ترین گونه‌های این خانواده می‌توان به قیاق (*Sorghum halepense* L. Pers)، سوروف (*Echinochloa crus-* *galli* L. P. Beauv) و علف خرچنگ (*Digitaria sanguinalis* L. Scop) اشاره کرد. همچنین در تقسیم‌بندی دیگری مشخص شد که گیاهان علف‌های هرز مزارع مورد مطالعه شامل ۲۳/۸۰ درصد علف-های هرز باریک‌برگ و ۷۶/۱۹ درصد از نوع علف‌های هرز پهن‌برگ می‌باشند.

فراوانی گونه‌های هرز

بیشترین فراوانی‌ها مربوط به عروسک پشت پرده (*Physalis divaricate* L. با فراوانی ۹۱/۶۶ درصد و فراوانی نسبی ۲۰/۸۵ درصد، قیاق (*Sorghum halepense* L. Pers) با فراوانی ۵۴/۱۶ درصد و فراوانی نسبی ۱۲/۳۲ درصد و خربزه وحشی (*Cucumis melo*. var *agrestis* L. با فراوانی ۵۲/۰۸ درصد و فراوانی نسبی ۱۱/۸۴ درصد بود که در گروه فراوانی‌های ۵۰ تا ۱۰۰ درصد مزارع قرار گرفتند. گیاهان هرز گاو پنبه (*Abutilon theophrasti* Medic.)، توق (*Xanthium strumarium* L.)، نیلوفرپیچ (*Ipomoea triloba* L.) و تاج خروس (*Amaranthus chlorostachys* L.) در گروه فراوانی‌های ۳۰ تا ۵۰ درصد قرار گرفتند. همچنین گیاهان هرز سوروف (*Echinochloa crus-galli* L. P. Beauv)، سلمک (*Chenopodium album* L.)، گندم (*Triticum aestivum* L.)، اوپارسلام (*Cyperus rotundus* L.)، خرفه (*Portulaca oleracea* L.)، فرفیون (*Euphorbia heterophylla* L.)، فرفیون خواربیده (*Euphorbia maculate* L.)، علف خرچنگ (*Digitaria sanguinalis* L. Scop.)، کنف وحشی (*Hibiscus trionum* L.)، کنجد (*Sesamum indicum* L.)، آفتاب پرست (*Heliotropium europaeum* L.)، پیچک صحرایی (*Convolvulus arvensis* L.)، کلزا (*Brassica napus* L.) و علف هرز خار مریم (*Silybum marianum* L. Geartn) به ترتیب در طبقه‌بندی زیر ۳۰ درصد فراوانی قرار گرفتند (جدول ۱).

تراکم گونه‌های هرز

با توجه به جدول ۱ بیشترین تراکم مربوط به گیاه هرز عروسک پشت پرده (*Physalis divaricate* L.) با ۱۶/۶۸ بوته در مترمربع نسبت به سایر گونه‌های علف هرز موجود در پلات‌های اندازه‌گیری شده بود. علف خرچنگ (*Digitaria sanguinalis* L. Scop.)، با تراکم ۰/۹۴ و قیاق (*Sorghum halepense* L. Pers) با ۰/۷۸ بیشترین تراکم را پس از عروسک پشت پرده دارند (جدول ۱).

شده. مقدار عددی این شاخص بین صفر تا ۱۰۰ متغیر است و هرچه بزرگتر باشد آلودگی به آن علف هرز در مزارع یکنواخت‌تر است (۲۶).

شاخص یکنواختی نسبی گونه

این شاخص درصد یکنواختی یک گونه نسبت به سایر گونه‌ها را محاسبه می‌کند و از طریق رابطه (۴) محاسبه می‌شود.

$$RU_k = \frac{\text{یکنواختی گونه } k}{\text{مجموع یکنواختی تمام گونه‌ها}} \times 100 \quad \text{رابطه (۴)}$$

شاخص تراکم

بیانگر تعداد بوته علف هرز در واحد سطح می‌باشد (۳۷) و از رابطه (۵) بدست می‌آید.

$$D_{ki} = \frac{\sum Z_j}{m} \times 100 \quad \text{رابطه (۵)}$$

D_{ki} : تراکم (تعداد بوته در متر مربع) برای گونه k در مزرعه شماره i ; Z_j : تعداد گیاهان در کوادرات (۲۵ در ۰/۲۵ متر مربع)، m : تعداد کوادرات پرتاب شده.

شاخص تراکم نسبی گونه

این شاخص تراکم نسبی یک گونه علف‌هرز را نسبت به سایر گونه‌ها را از طریق رابطه (۶) محاسبه می‌کند.

$$RD_{ki} = \frac{\text{میانگین تراکم گونه } k}{\text{مجموع تراکم میانگین تمام گونه‌ها}} \times 100 \quad \text{رابطه (۶)}$$

تهیه نقشه پراکنش گیاهان هرز

پس از جمع‌آوری داده‌ها، به‌منظور ترسیم نقشه‌های پراکنش گیاهان هرز، ابتدا یک پایگاه اطلاعاتی شامل مختصات مکانی ثبت شده هر مزرعه و کلیه اطلاعات مربوط به علف‌های هرز در نرم‌افزار Microsoft Office و در محیط Excel نسخه ۲۰۱۳ ایجاد و سپس با لایه‌های کاربری اراضی و مرز شهرستان در نرم افزار ArcGIS در محیط ArcMap نسخه ۱۰/۳ فراخوانی شد. در نهایت با تفکیک داده‌ها براساس حضور یا عدم حضور گیاهان هرز در مزارع، نقشه پراکنش آن‌ها در اراضی مورد مطالعه در سطح شهرستان گرگان ترسیم و به صورت نقشه خروجی گرفته شد.

نتایج و بحث

گیاهان گیاهان هرز

در این مطالعه ۲۱ نوع گیاه هرز از ۱۳ خانواده شناسایی شدند که ۱۴/۲۸ درصد از گروه چندساله‌ها و مابقی یکساله بودند. همچنین ۷۶/۱۹ درصد دو لپه و حدود ۲۳/۸۱ درصد تک لپه بودند (جدول ۱). در بررسی گیاهان هرز از لحاظ مسیر فتوسنتزی، ۴۲/۸۵ درصد C₄ و

جدول ۱- گیاهان علف‌های هرز و شاخص‌های فراوانی، تراکم و تراکم نسبی در مزارع سویا شهرستان گرگان
Table 1- Weed flora and frequency indices, relative frequency, density and relative density in soybean fields in Gorgan Township

نام فارسی Persian name	نام علمی Scientific name	خانواده Family	مسیر فتوسنتزی Photosynthetic pathway	چرخه رویشی Life cycle	فرم رویشی Vegetative form	فراوانی Frequency (%)	نسبی Relative frequency (%)	تراکم Density (Plant/m ²)	تراکم نسبی Relative density (%)
عروسک پشت پرده	<i>Physalis divaricate</i> L.	Solanaceae	C3	یکساله Annual	دولپه Dicot	91.66	20.85	16.68	73.83
قیاق	<i>Sorghum halepense</i> L. Pers	Poaceae	C4	چندساله Perennial	تک لپه Monocot	54.16	12.32	0.78	4.18
خرزبه وحشی	<i>Cucumis melo</i> .var <i>agrestis</i> L.	Cucurbitaceae	C3	یکساله Annual	دولپه Dicot	52.08	11.84	0.56	2.50
گاوپنبه	<i>Abutilon theophrasti</i> Medic.	Malvaceae	C3	یکساله Annual	دولپه Dicot	35.41	8.05	0.50	2.23
توق	<i>Xanthium strumarium</i> L.	Asteraceae	C3	یکساله Annual	دولپه Dicot	35.41	8.05	0.36	1.61
نیلوفر پیچ	<i>Ipomoea triloba</i> L.	Convolvulaceae	C3	یکساله Annual	دولپه Dicot	35.41	8.05	0.49	2.18
تاج خروس	<i>Amaranthus chlorostachys</i> L.	Amaranthaceae	C4	یکساله Annual	دولپه Dicot	33.33	7.58	0.52	2.31
سوروف	<i>Echinochloa crus-galli</i> L. P. Beauv	Poaceae	C4	یکساله Annual	تک لپه Monocot	14.58	3.31	0.25	1.12
سلمک	<i>Chenopodium album</i> L.	Amaranthaceae	C3	یکساله Annual	دولپه Dicot	14.58	3.31	0.22	1.00
گندم خودرو*	<i>Triticum aestivum</i> L.	Poaceae	C3	یکساله Annual	تک لپه Monocot	12.5	2.84	0.58	2.58
اویار سلام	<i>Cyperus rotundus</i> L.	Cyperaceae	C4	چندساله Perennial	تک لپه Monocot	10.41	2.36	0.01	0.44
خرفه	<i>Portulaca oleracea</i> L.	Portulacaceae	C4	یکساله Annual	دولپه Dicot	10.41	2.36	0.09	0.40
فرفیون	<i>Euphorbia heterophylla</i> L.	Euphorbiaceae	C4	یکساله Annual	دولپه Dicot	8.33	1.89	0.05	0.26
فرفیون خوابیده	<i>Euphorbia maculate</i> L.	Euphorbiaceae	C4	یکساله Annual	دولپه Dicot	6.25	1.42	0.05	0.22
علف خرچنگ	<i>Digitaria sanguinalis</i> L. Scop.	Poaceae	C4	یکساله Annual	تک لپه Dicot	4.16	0.94	0.94	4.18
کف وحشی	<i>Hibiscus trionum</i> L.	Malvaceae	C4	یکساله Annual	دولپه Dicot	4.16	0.94	0.06	0.29
کنجد خودرو*	<i>Sesamum indicum</i> L.	Pedaliaceae	C3	یکساله Annual	دولپه Dicot	4.16	0.94	0.03	0.14
آفتاب پرست	<i>Heliotropium europaeum</i> L.	Boraginaceae	C3	یکساله Annual	دولپه Dicot	4.16	0.94	0.03	0.14
پیچک صحرایی	<i>Convolvulus arvensis</i> L.	Convolvulaceae	C3	چندساله Perennial	دولپه Dicot	4.16	0.94	0.09	0.40
کلزا خودرو*	<i>Brassica napus</i> L.	Brassicaceae	C3	یکساله Annual	دولپه Dicot	2.08	0.47	0.04	0.14
خارمریم	<i>Silybum marianum</i> L. Geartn	Asteraceae	C3	یکساله Annual	دولپه Dicot	2.08	0.47	0.01	0.08

* گیاهان زراعی که از کشت‌های قبلی بذر آنها به جا مانده و سبز شده‌اند که در کشت کنونی گیاه ناخواسته یا هرز می‌باشند.

*Crops from previous cultivation that their seeds sprouted, and known as weed in the current cropping.

گیاهان هرز با تراکم بالا می‌توانند فضاهای موجود را اشغال نمایند و باعث ایجاد رقابت در آب، مواد غذایی و دریافت نور و کاهش رشد گیاه اصلی شوند (۳۵). در همین راستا مومن یساقی و همکاران (۲۴) نوع خاکورزی را یکی از عوامل موثر بر تراکم گیاهان هرز سوبا بیان نمودند. همچنین ناکاموتو و همکاران (۲۵) با مطالعه اثر کم خاکورزی نسبت به خاکورزی مرسوم، نشان دادند که گیاهان هرز چندساله به خاطر از بین رفتن اندام‌های رویشی، جمعیت آن‌ها افزایش می‌یابد. از این رو می‌توان نتیجه گرفت چون اکثر مزارع مورد مطالعه در سطح شهرستان گرگان تحت خاکورزی رایج کشت شده‌اند، در آنها تراکم گونه‌های یکساله بیشتر از گونه‌های چندساله بودند. لونگدن (۱۹) بیان نمود که حضور یک بوته از علف‌های هرز یکساله در یک متر مربع موجب کاهش عملکرد معادل ۱۵ درصد در محصولات زراعی می‌شود. گزارش شده است که عروسک پشت پرده بخاطر بزرگی نسبی بوته آن، مشکلات متعددی را برای سایر گیاهان بخصوص گیاهان زراعی ایجاد می‌کند (۲۷). مطالعه فنولوژی عروسک پشت پرده نشان داد که این گیاه در اردیبهشت ماه جوانه می‌زند و در نیمه دوم خرداد گلدهی این گیاه شروع می‌شود، اما در مطالعه حاضر به دلیل زیر کشت رفتن مزارع (مزارع تحت تناوب سوبا با گندم، کلزا، سیب زمینی، باقلا و غیره) شرایط بهینه برای رشد و نمو این گیاه وجود نداشته است و از طرفی پس از برداشت محصول قبلی (اواخر خرداد) زمین بلافاصله شخم زده شده و بوته‌های کوچک علف هرز عروسک پشت پرده از بین می‌روند. از طرفی استفاده از علفکش‌ها برای مدیریت گیاهان هرز، رشد این گیاه را مختل می‌کند. به نظر می‌رسد زمانی که گیاه سوبا استقرار یافت و شرایط بهینه و نور کافی برای رشد عروسک پشت پرده فراهم نشد، در مزارع این گیاه هرز اغلب با جثه کوچک اما به تعداد زیاد مشاهده می‌شود. این تعداد زیاد به خاطر تولید بذر گیاه قبلی و ماهیت میوه گیاه (میوه سته) می‌باشد. نظری و همکاران (۲۷) در بررسی تراکم عروسک پشت پرده بر عملکرد چغندر قند بیان نمودند که افزایش تراکم بوته علف هرز عروسک پشت پرده تا ۱۶ بوته در متر مربع موجب کاهش عملکرد تا سطح ۱۹ درصد نسبت به شرایط بدون علف هرز در چغندر قند شده است. در مطالعه‌ای مشخص شده که ارتفاع گیاه هرز و اثر آن بر عملکرد سوبا، عامل مهم است به‌طوری که ارتفاع کمتر از ۳۰ سانتی-متری علف هرز تأثیری بر عملکرد سوبا ندارد (۱۷). در مطالعه بایلی و همکاران (۵) با افزایش تراکم گیاه هرز گاو پنبه (*Abutilon theophrasti* Medic. کاهش عملکرد پنبه افزایش یافت، به نحوی که با تراکم ۳/۵ بوته گیاه هرز گاو پنبه در هر متر در ردیف پنبه ۸۴ درصد کاهش عملکرد مشاهده نمودند. در آزمایشی دیگر بنج و همکاران (۶) گزارش نمودند که میزان کاهش عملکرد سوبا با افزایش تراکم علف هرز تاج خروس (*Amaranthus retroflexus* L.)

افزایش می‌یابد. اصولاً بعضی گیاهان هرز ممکن است در تراکم‌های پائین تأثیری بر گیاه زراعی نداشته باشند، اما بذر تولیدی بسیار زیاد آن‌ها باعث غنی‌تر شدن بانک بذر خاک خواهد شد. در این زمینه می‌توان به تاج خروس (*Amaranthus* sp.) (۶) و عروسک پشت پرده که بذر زیادی تولید می‌کنند، اشاره کرد.

در این مطالعه نتایج نشان داد که قیاق از نظر تراکم و فراوانی نسبی بعد از عروسک پشت پرده در مکان دوم قرار دارد (جدول ۱). اصولاً گیاه قیاق جز پنج علف هرز مهم سوبا در ایالات متحده آمریکا نیست اما در گروه علف‌های هرز با اهمیت به شمار می‌آید که مطالعات زیادی در زمینه کنترل آن انجام شده است (۳۹ و ۲۸). خاکزاد و همکاران (۱۴) بیان نمودند که علف هرز قیاق در تیمار خاک‌ورزی، تعداد گیاهچه کمتری نسبت به تیمار بدون خاک‌ورزی دارد. از این رو می‌توان گفت که عملیات خاک‌ورزی در کاهش تعداد علف هرز قیاق نقش موثری دارد. در مطالعه‌ای یوسفی و همکاران (۴۰) بیان نمودند که رقابت علف‌های هرز موجب تغییر تاج پوشش سوبا شده، به‌طوری بخش عمده‌ای از سطح برگ سوبا در لایه‌های فوقانی قرار می‌گیرد و حتی در رقابت با تاج خروس، برگ‌های لایه-های تحتانی (صفر تا ۶۰ سانتی-متر) حذف شدند. علف هرز توق (*Xanthium strumarium* L.) دارای قدرت رقابت بالا با سوبا می‌باشد. در مطالعه‌ای گزارش کاهش عملکرد سوبا در تراکم‌های ۲ تا ۴ بوته در متر مربع توسط این گیاه هرز ثبت شده است، زیرا سطح برگ این گیاه تحت تأثیر رقابت قرار نگرفته و به عبارتی متحمل به سایه می‌باشد (۴۱). در این مطالعه تراکم نسبی توق ۸/۰۵ بدست آمد (جدول ۱). اصولاً توق علف هرز خسارت‌زا در ۱۱ گیاه زراعی اصلی در ۲۸ کشور است (۱۲). یوسفی و همکاران (۴۱) بیان نمودند که تراکم ۸ بوته توق می‌تواند بین ۵۴ تا ۷۶ درصد عملکرد سوبا را کاهش دهد. علف هرز خربزه وحشی به عنوان یک علف هرز جدید و مهاجم در مزارع سوبای استان گلستان در سال‌های اخیر در سطح وسیعی افزایش یافته است و با توجه به خصوصیات رشدی گیاه باعث کاهش کمی و کیفی محصول سوبا در این استان شده است (۳۵).

در این مطالعه فراوانی نسبی علف هرز نیلوفر پیچ ۸/۰۵ بدست آمد (جدول ۱). سیاه‌مرگوبی و همکاران (۳۲) در مطالعه‌ای امکان حضور گونه‌هایی مانند کنجد شیطانی (*Cleome viscosa* L.)، خربزه وحشی، فرفیون خوابیده و فرفیون ناجور برگ (*Euphorbia heterophylla* L.) را در اراضی زراعی استان گلستان مورد مطالعه قرار دادند و دریافتند که محدوده وسیعی از اراضی زراعی این استان، مستعد تهاجم به وسیله گونه‌های کنجد شیطانی، خربزه وحشی و فرفیون خوابیده است. بعضی از علف‌های هرز مهاجم به دلیل نداشتن دشمنان طبیعی (عدم تولید متابولیت‌های ثانویه) مقدار بیشتری از کربوهیدرات‌ها را به بخش تولید مثل اختصاص می‌دهند و به همین

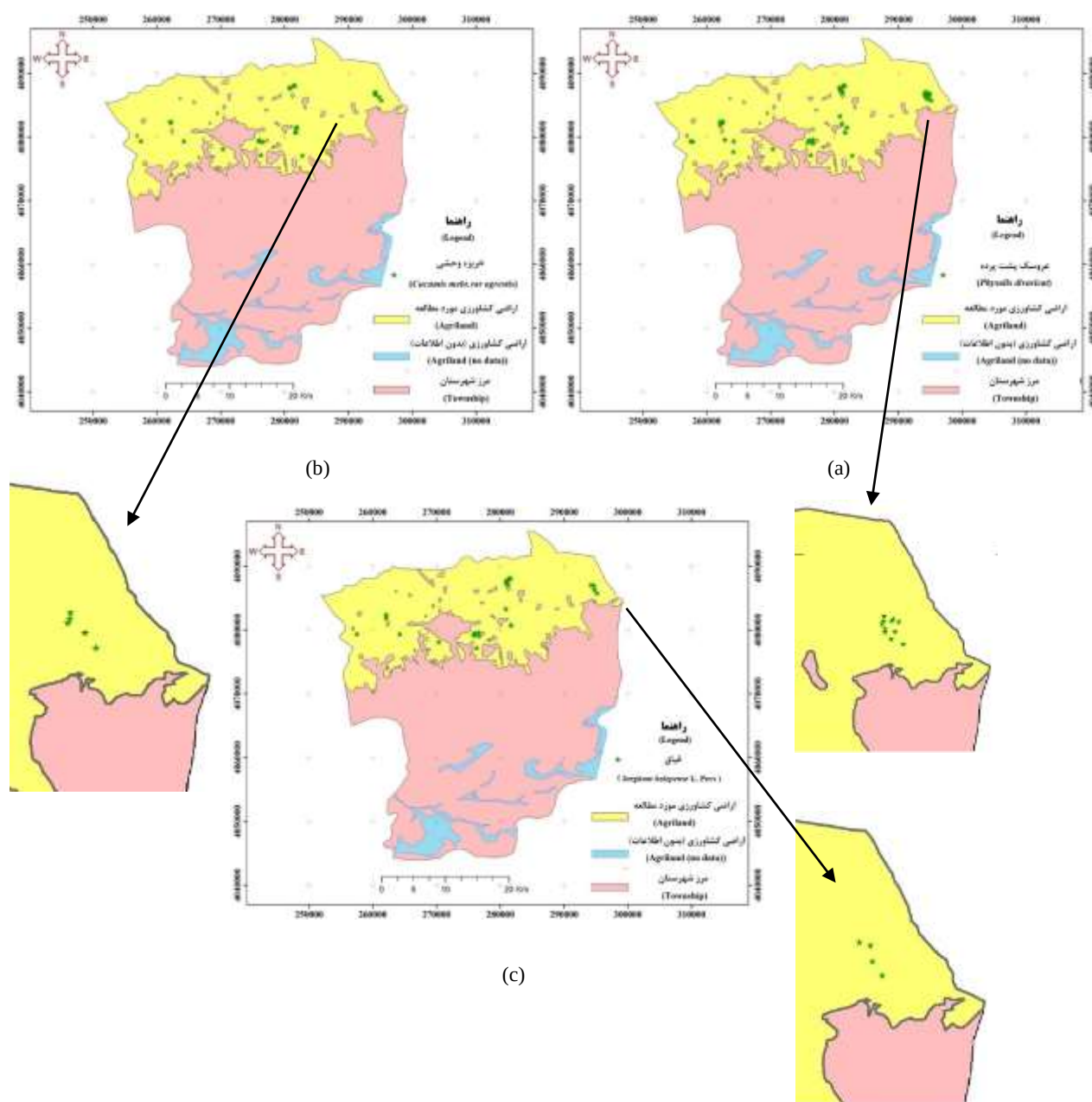
chlorostachys L. در گروه فراوانی‌های ۳۰ تا ۵۰ درصد قرار گرفتند که نقشه پراکنش آنها در شکل ۴ مشخص شده است. در مطالعه حاضر نتایج نشان داد که علف‌های هرز این گروه یکساله اند و بیشتر پراکنش آنها در بخش‌های مرکزی شهرستان وجود دارد. از دلایل این امر می‌توان به عدم تمایل کشاورزان به حفظ بقایا و استفاده از شخم‌های مکرر و برگردان اشاره کرد که باعث حضور بذرها در سطح خاک و سبز شدن آنها می‌شود. مثال بارز این نتیجه، بروز علف هرز تاج خروس می‌باشد که به شدت تحت تاثیر نور قرار می‌گیرد (۱۶). گرگانی و همکاران (۱۰) با امکان سنجی تهاجم نیلوفرپیچ بیان کردند که اصلی‌ترین عامل محدودکننده در تهاجم و پراکنش آن pH خاک می‌باشد. نتایج آنها نشان داد که اراضی گالیکش و کلاله بیشتر برای تهاجم این علف هرز مناسب می‌باشند. نیلوفرپیچ به دلیل رقابت با گیاه زراعی و همچنین شکستن بوته‌ها و ایجاد چتر بر روی آن، به علف‌هرزی خسارت‌زا در مزارع سویای استان تبدیل شده است (۳۰).

در این پژوهش علف‌های هرز سوروف (*Echinochloa crus-* *galli* L. P. Beauv)، سلمک (*Chenopodium album* L.)، گندم خودرو (*Triticum aestivum* L.)، اویارسلام (*Cyperus rotundus*)، خرفه (*Portulaca oleracea* L.)، فریفون (*Euphorbia heterophylla*)، فریفون خوابیده (*Digitaria sanguinalis* L. Scop)، علف خرچنگ (*Sesamum* کنجد (*Hibiscus trionum* L.)، کنبج (*Heliotropium europaeum* L.)، آفتاب پرست (*Convolvulus arvensis* L.)، کلزا (*Brassica napus* L.) و خار مریم (*Silybum marianum* L. Geartn) در طبقه‌بندی زیر ۳۰ درصد فراوانی قرار گرفتند که نقشه پراکنش آنها در شکل ۵ مشخص شده است. این دسته از علف‌های هرز در تعداد محدودی از مزارع سویا مشاهده شدند، اما پراکنش آنها در قسمت‌های مختلف شهرستان نشان می‌دهد که مناطق مختلف، مستعد حضور این گروه از علف‌های هرز می‌باشند. هر چند این گیاهان در مطالعه حاضر به طور محدود مشاهده شدند. هولم و همکاران (۱۳) بیان داشتند که سوروف بواسطه ازدیاد بذر و بزرگی جثه از دسته گیاهان هرز مهم در زراعت برنج، پنبه، ذرت، سویا، بادام زمینی، سورگوم، نیشکر و کاساوا است. در مطالعات دیگری مشخص شد که سلمه‌تره (سلمک) از گیاهان هرز شایع در مزارع ذرت، برنج، سویا و گیاهان تابستانه می‌باشد که می‌تواند تا کاهش ۹۰ درصدی محصول ذرت پیش برود (۴ و ۱۱). گیاهان زراعی گندم، کلزا و کنجد که از کشت‌های قبلی بذرهای آنها باقی مانده بود، در مطالعه حاضر به عنوان گیاه ناخواسته و جز گیاهان هرز محاسبه شده و نقشه پراکنش آنها نیز ترسیم شد (شکل ۵).

علت تولید بذر و اندام‌های زایا در گیاهان مهاجم بیشتر از گیاهان بومی می‌شود (۷، ۳۵). در مطالعه دیگری سیاهمرگویی و همکاران (۳۳) بیان داشتند که نیلوفرپیچ با تراکم ۸-۲ بوته در متر مربع می‌تواند باعث کاهش عملکرد سویا معادل ۲۵ تا ۴۳ درصد شوند. علاوه بر کاهش عملکرد، گونه‌های مختلف نیلوفر باعث ایجاد حالت ورس، کاهش بازدهی محصول و افزایش مواد خارجی و اضافی در محصول برداشت شده می‌شوند (۳۶). از دلایل موفقیت و بقای این علف‌هرز، تولید بذر فراوان و سازگاری بالا با شرایط اقلیمی منطقه و عدم وجود علف‌کش مناسب جهت کنترل آن می‌باشد که در گسترش و غالبیت آن در مزارع سویای استان گلستان نقش بسزایی داشته و شرایط را برای مهاجم شدن آن فراهم می‌کند (۳۰). گرگانی و همکاران (۱۰) بیان داشتند که مزارع سویا در استان گلستان به‌وسیله گونه‌های مختلف نیلوفر (*Ipomoea hederaceae* Jacq) مورد تهاجم قرار گرفته است این گیاهان در گذشته جزء گیاهان علف‌های هرز این مزارع نبوده و اخیراً به آن اضافه شده و تقریباً به‌طور گسترده در اکثر مزارع سویای این استان (به‌خصوص شهرستان‌های گرگان و کردکوی) انتشار یافته‌اند (۳۰ و ۳۲).

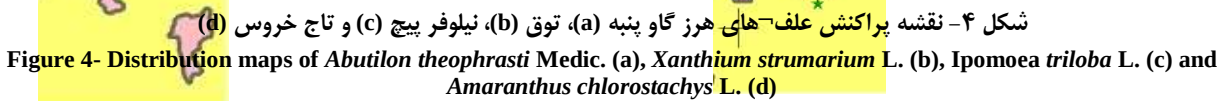
نقشه‌های پراکنش گیاهان هرز

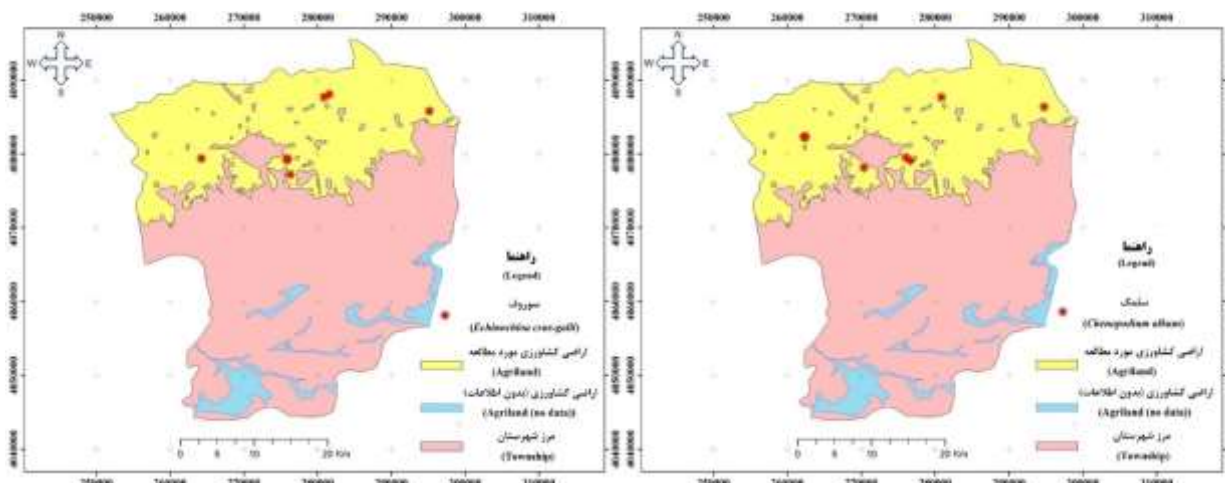
برای نمایش بهتر نقشه‌های پراکنش، گیاهان هرز براساس شاخص فراوانی، به سه طبقه ۵۰-۱۰۰ درصد، ۳۰-۵۰ درصد و پایین‌تر از ۳۰ درصد تقسیم‌بندی شدند. گیاهان هرزی که فراوانی ۵۰-۱۰۰ درصد داشتند، به عنوان گیاهان هرز مهم مزارع سویا در شهرستان گرگان در نظر گرفته شدند. این گیاهان هرز عبارتند از: عروسک پشت پرده (*Physalis divaricate* L.)، قیاق (*Sorghum halepense* L. Pers) و خربزه وحشی (*Cucumis melo. var agrestis* L.) که نقشه پراکنش آنها در شکل ۳ نشان داده شدند. همانگونه که این نقشه‌ها نشان می‌دهند، این علف‌های هرز در اکثر مزارع مورد بررسی، مشاهده شده و تقریباً در سرتاسر شهرستان، از شرق تا غرب پراکنده هستند. سهرابی و همکاران (۳۵) در تهیه نقشه پراکنش خربزه وحشی در مزارع سویا در استان گلستان نشان دادند که بیشتر این پراکنش در بخشی از نوار میانی استان گلستان و در بخش‌های مرکز و شمال غرب شهرستان گرگان تراکم و پراکنش بالاتری نسبت به سایر وجود دارد و نیز بیان کردند که منشأ آلودگی از غرب بوده و ممکن است در آینده دامنه آلودگی به این گونه هرز، مناطق شرقی را در بر گیرد. پس از سپری شدن ۵ سال، در مطالعه حاضر این پیش‌بینی یعنی آلودگی بیشتر مناطق شرقی مشهود بود. در این مطالعه گیاهان هرز گاو پنبه (*Abutilon theophrasti* Medic.)، توق (*Xanthium strumarium* L.)، نیلوفرپیچ (*Ipomoea triloba* L.) و تاج خروس (*Amaranthus*)



شکل ۳- نقشه پراکنش علف-های هرز عروسک پشت پرده (a)، خربزه وحشی (b) و قیاق (c)

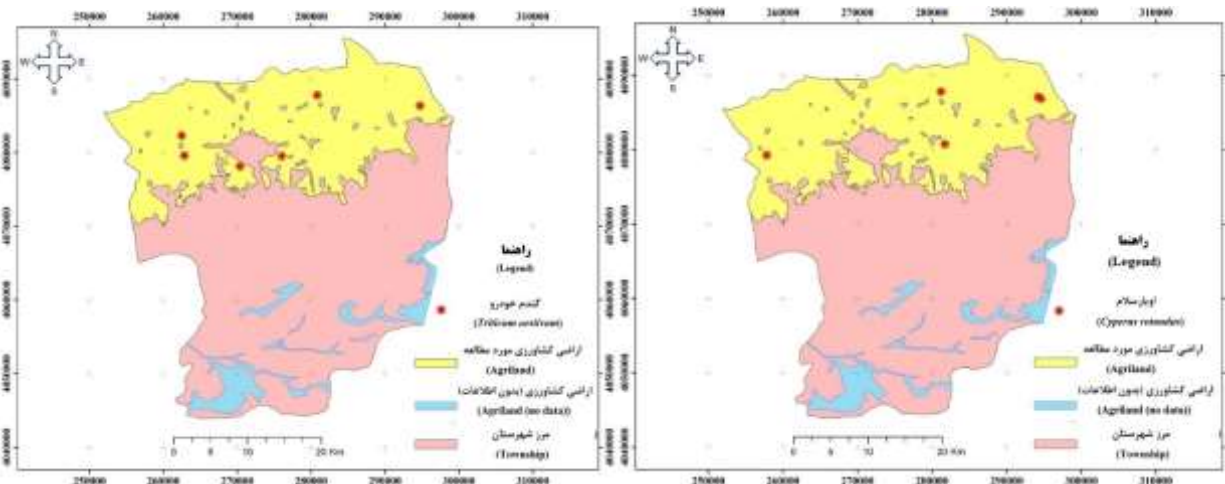
Figure 3- Distribution maps of *Physalis divaricate* L. (a), *Cucumis melo* var *agrestis* L. (b) and *Sorghum halepense* L. Pers (c)





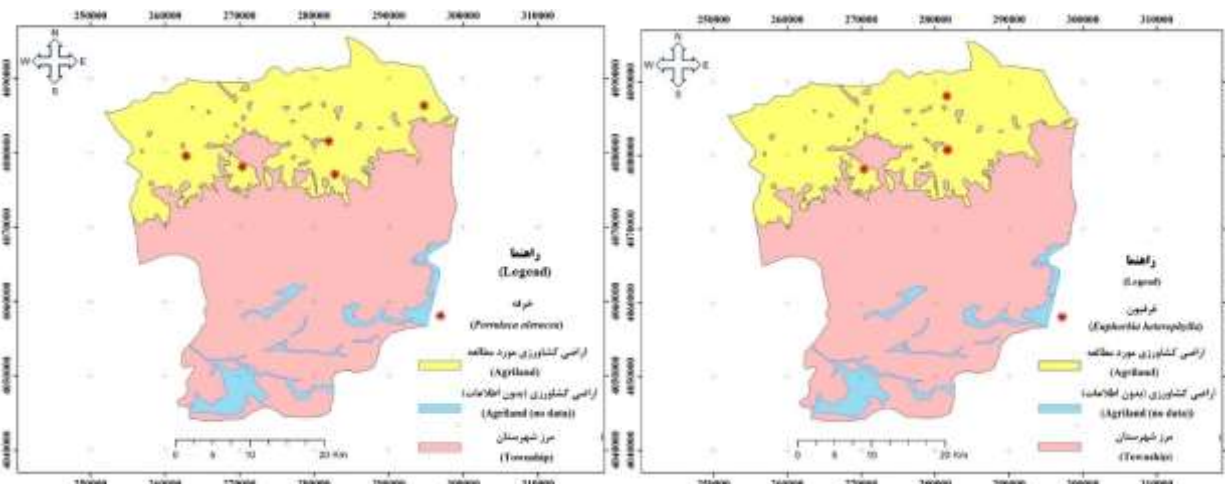
(b)

(a)



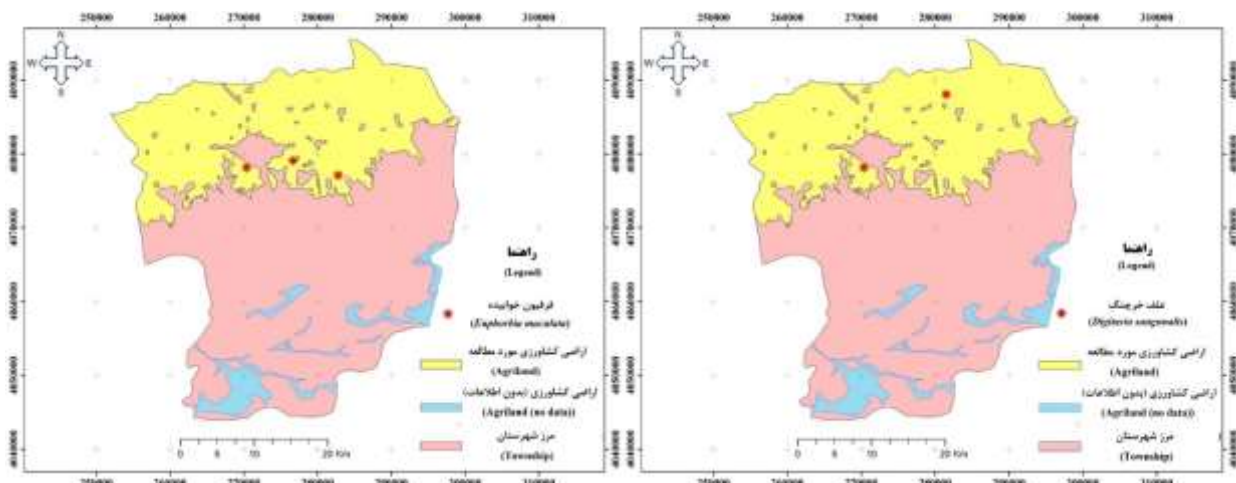
(d)

(c)



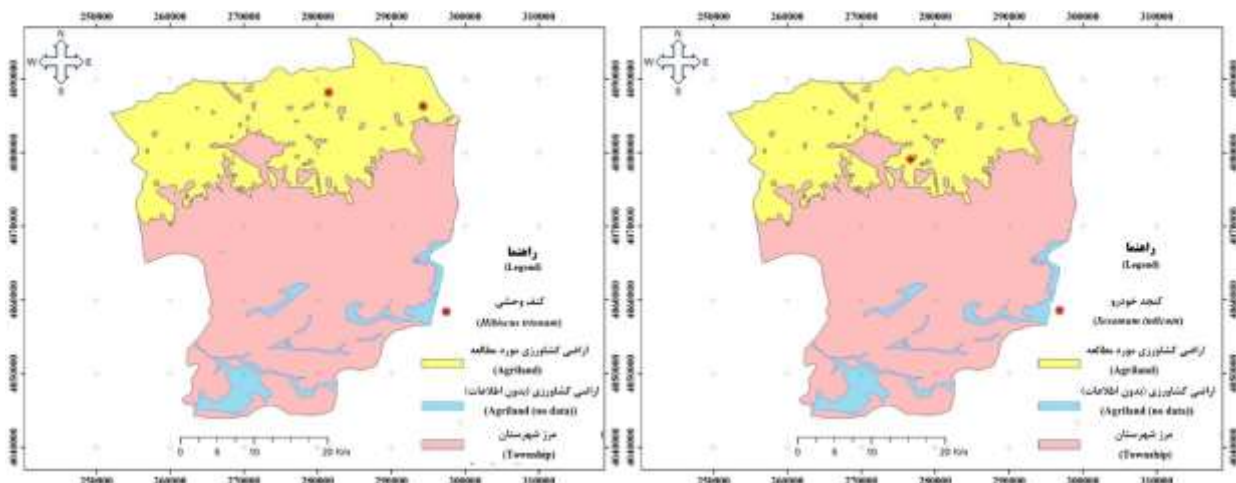
(f)

(e)



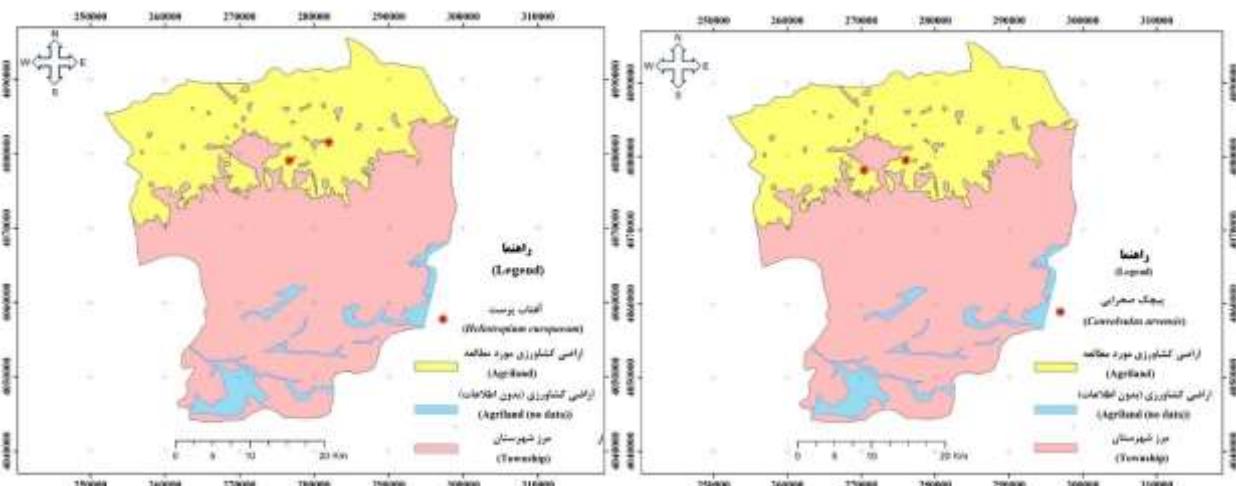
(h)

(g)



(i)

(j)



(l)

(k)



خرچنگ (h)، کنف وحشی (i)، کنجد (j)، آفتاب پرست (k)، پیچک صحرايي (l)، کلزا (m) و خار مریم (n)

Figure 5– Distribution maps of *Echinochloa crus-galli* L. P. Beauv (a), *Chenopodium album* L. (b), *Triticum aestivum* L. (c), *Cyperus rotundus* L. (d), *Portulaca oleracea* L. (e), *Euphorbia heterophylla* L. (f), *Euphorbia maculata* L. (g), *Digitaria sanguinalis* L. Scop. (h), *Hibiscus trionum* L. (i), *Sesamum indicum* L. (j), *Heliotropium europaeum* L. (k), *Convolvulus arvensis* L. (l), *Brassica napus* L. (m) and *Silybum marianum* L. Gaertn (n)

نتیجہ گیری

بخشد که نیازمند توجه کشاورزان، کارشناسان و مدیران کشاورزی منطقه می باشد.

سپاسگزاری

در پایان از دکتر جاوید قرخلو دانشیار گروه زراعت دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، بابت کمک در شناسایی گیاهان هرز و از معاونت پژوهشی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان بابت حمایت مالی، از این پژوهش تشکر و قدردانی می‌گردد.

تعداد زیاد خانواده‌های گیاهی علف‌های هرز شناسایی شده در این مطالعه نشان می‌دهد که تنوع گیاهان هرز در مزارع سویا شهرستان گرگان بالاست که این امر مدیریت آنها را پیچیده‌تر می‌کند و از طرفی حضور برخی گیاهان هرز مهاجم در برخی از مزارع، خطری بالقوه برای سایر مزارع شهرستان محسوب می‌شود. در بررسی نقشه‌های پراکنش گیاهان هرز، حضور گیاهان هرز پهن‌برگ از جمله عروسک پشت پرده (*Physalis divaricate* L.)، قیاق (*Sorghum halepense* L. Pers) و خربزه وحشی (*Cucumis melo*. var *agrestis* L.) در اکثر مزارع مورد مطالعه، ادعای فوق را قوت می‌-

منابع

1. Ahmadi K., Gholizadeh H.A., Ebadzadeh H.R., Abdshah H., Hosseinpour R., Kazemian A., and Rafiei M. 2017. Agricultural Statistics of 2015-16. Ministry of Agriculture Deputy Director of Planning and Economics Information and Communications Center Tehran Iran. (In Persian)
2. Anderson R.L., Tanaka D.L., Black A.L., and Schweizer E.E. 1998. Weed community and species response to crop rotation, tillage and nitrogen fertility. Weed Technology 12: 531-536.
3. Asadi M.E., and Faraji A. 2009. Applied principles on oilseeds cultivation (Soybean, Cotton, Canola, Sunflower). Iranian Agricultural Science Publishing, Tehran. (In Persian)
4. Asghari J., and Mahmoudi A. 2012. Weeds farms and rangelands of Iran. Publishing by University of Mazandaran, Sari. (In Persian)
5. Bailey W.A., Askew S.D., Dorai-Raj S., and Wilcut J.W. 2003. Velvetleaf (*Abutilon theophrasti*) interference and seed production dynamics in cotton. Weed Science 51: 94-101.
6. Bensch C.N., Horak M.J., and Peterson D. 2003. Interference of redroot pigweed (*Amaranthus retroflexus*), Palmer

- amaranth (*A. palmeri*), and common waterhemp (*A. rudis*) in soybean. *Weed Science* 51: 37-43.
7. Blossey B., and Notzold R. 1995. Evolution of increased competitive ability in invasive nonindigenous plants: A hypothesis. *The Journal of Ecology* 83: 887-889.
8. Buhler D.D., and Oplinger E.S. 1990. Influence of tillage systems on annual weed densities and control in solid-seeded soybean (*Glycine max*). *Weed Science* 38: 158-164.
9. Derksen D.A., Anderson R.L., Blackshaw R.E., and Maxwell B. 2002. Weed Dynamics and Management Strategies for Cropping Systems in the Northern Great Plains. *Agronomy Journal* 94: 174-185.
10. Gorgani M., Siahmarguee A., Ghaderifar F., and Ghererkhloo J. 2017. Locating areas prone to infection with Ivy-leaved morning glory (*Ipomoea hederaceae* Jacq) in germination stage: a new entrant's weed in arable lands of Golestan Province. *Weed Research Journal* 8: 35-51. (In Persian with English abstract)
11. Hall M.C., Swanton C.J., and Anderson G.W. 1992. The critical period of weed control in corn (*Zea mays* L.). *Weed Science* 40: 441-447.
12. Holm L.G., Plucknett D.L., Pancho J.V., and Herberger J.P. 1991. *The World's Worst Weeds: Distribution and Biology*. The University Press of Hawaii, Malabar, Florida.
13. Holm L.G., Plucknett D.L., Pancho J.V., and Herberger J. P. 1977. *The World's Worst Weeds*. University Press of Hawaii, Honolulu, Hawaii.
14. Khakzad R., Alebrahim M.T., Tobeh A., Oviesi M., and Valiolahpor R. 2017. Prediction emergence of the most important weed species in soybean (*Glycine max* L) under different management operation. *Plant Protection* 31: 322-336. (In Persian)
15. Koocheki A., and Boroumand Rezazadeh Z. 2009. *Soil Tillage in Agroecosystems*. Ferdowsi University of Mashhad Press, Mashhad. (In Persian)
16. Korres N.E., Norsworthy J.K., and Mauromoustakos A. 2019. Effects of Palmer amaranth (*Amaranthus palmeri*) establishment time and distance from the crop row on biological and phenological characteristics of the weed: implications on soybean yield. *Weed Science* 67: 126-135.
17. Krausz F.R., Young B.G., Kapusta G., and Matthews J.L. 2001. Influence of weed competition and herbicides on glyphosate-resistant soybean (*Glycine max* L.). *Weed Technology* 15: 530-534.
18. Latifi N., Siahmarguee A., Akram-Ghadri F., and Yones-badi M. 2009. Effects of tillage systems on weeds population dynamics in cotton (*Gossypium hirsutum* L.) followed by rapeseed (*Brassica napus* L.). *Agricultural Research* 7: 195-203. (In Persian with English abstract)
19. Longden P.C. 1989. Effects of increasing weed-beet density on sugar-beet. Yield and quality. *Annals Applied Biology* 114: 527-532.
20. Minbashi Moeini M., Baghestani M.A., Rahimian H., and Aleefard M. 2008. Weed mapping for irrigated wheat fields of Tehran province using Geographic Information System (GIS). *Iranian Journal of Weed Science* 4: 97-118. (In Persian with English abstract)
21. Minbashi Moeini M., Ebtali Y., Esfandiyari H., Adiham H., Brajasteh A., Pourazar R., Jahedi A., Jafarzadeh N., Jamali M.R., Hosseini S.M., Sarani M., Sarihi S., Sabahi N., Salahiardakani A., Tabatabaei R., Qasemi M.T., Lak M.R., Mousavi S.K., Maknali A., Saeidi naeini F., Mirvakili S.M., Nazer kakhki S.H., Narimani V., Nourozzadeh S., Vaesi M., and Younes-Abadi M. 2012. Preparation of weed distribution map of irrigated wheat fields using geographic information system (GIS). *Agronomy Journal* 95: 22-31. (In Persian)
22. Minbashi Moeini M., Rahimian H., Zand E., and Baghestan M.A. 2010. Invasion weeds, a forgotten challenge p. 30-38. The 3rd Iranian Weed Science Congress, February 2010. Babolsaer, Iran. (In Persian)
23. Mitchell K.M., and Pike D.R. 1996. Using a geographic information system (GIS) for herbicide management. *Weed Technology* 10: 856-864.
24. Momen-Yesaghi R., Siahmarguee A., Zeinali E., Ghaderi far F., and Kamkar B. 2017. The study of weed population and seed bank dynamic and soybean yield under different tillage methods. *Agroecology* 9: 575-592.
25. Nakamoto T., Yamagishi J., and Miura F. 2006. Effect of reduced tillage on weeds and soil organisms in winter wheat and summer maize cropping on Humic Andosols in Central Japan. *Soil and Tillage Research* 85: 94-106.
26. Nasiri Mahallati M., Koocheki A., Rezvani P., and Beheshti A. 2016. *Agroecology*. Ferdowsi University of Mashhad. Mashhad. (In Persian)
27. Nazari J., Rahimian Mashadi H., Alizade H., and Mousavi S.K. 2011. Comparative phenology and damage of ground cherry (*Physalis divaricate* L.) on sugar beet crop. *Weed Science* 7: 1-13. (In Persian with English abstract)
28. Riar D.S., Norsworthy J.K., Johnson D.B., Scott R.C., and Bagavathiannan M. 2011. Glyphosate resistance in a johnsongrass (*Sorghum halepense*) biotype from Arkansas. *Weed Science* 59: 299-304.
29. Sardar M., Behdani M.A., Eslami S.V., and Mahmodi S. 2015. Effects of tillage systems and chemical control on weeds density and diversity in cotton (*Gossypium hirsutum* L.) followed by wheat. *Journal of Agroecology* 7: 254-266. (In Persian)
30. Savari-Nejad A.R., Habibian L., and Younes-Abadi M. 2010. The introduction of new invasive weeds of wild melon, morning glory and two spurge species in soybean fields in Golestan province. The First National Conference on Advances in the Production of Oil plants, 26-27 May 2010. Bojnourd, Iran. (In Persian with English

abstract)

31. Shrestha A., Knezevic S.Z., Roy R.C., Ball-Coelho B.R., and Swanton C.J. 2002. Effect of tillage, cover crop and crop rotation on the composition of weed flora in a sandy soil. *Weed Research* 42: 76-87.
32. Siahmarguee A., Kazemi H., and Kamkar B. 2016. The feasibility of some invasive weeds presence in Golestan Province. Research Report of Gorgan University of Agricultural Science and Natural Resources. 35p.
33. Siahmarguee A., Nazarian Z., and Ghaderifar F. 2016. Germination response study of tall morningglory (*Ipomoea purpurea* (L.) Roth.), an invasive weed, to temperature and water potential. *Weed Research Journal* 8: 59-71.
34. Singh M., Bhullar M.S., and Chauhan B.S. 2015. Seed bank dynamics and emergence pattern of weeds as affected by tillage systems in dry direct-seeded rice. *Crop Protection* 67: 168-177.
35. Sohrabi S., Ghanbari A., Rashed Mohasel M.H., Nassiri-Mahallati M., Gharekhloo J. and Bagherani, N. 2014. The assessment of seed production of wild melon (*Cucumis melo* L.) and its distribution map in Golestan province. *Weed Research Journal* 6: 39-50. (In Persian)
36. Stanley C., Agustin E., Gimenez A.C., York R.B. and John W.W. 2001. Morningglory (*Ipomoea* spp.) and large crabgrass (*Digitaria sanguinalis*) control with glyphosate and 2, 4-DB mixtures in glyphosate-resistant soybean (*Glycine max*). *Weed Technology* 15: 56-61.
37. Thomas A.G. 1985. Weed survey system used in Saskatchewan for cereal and oilseed crops. *Weed Science* 33: 34-43.
38. Vyn T.J., Opoku G., and Swanton C.J. 1998. Residue management and minimum tillage systems for soybean following wheat. *Agronomy Journal* 90: 131-138.
39. Webster T.M., and Nichols R. 2012. Changes in the weed species in the major agronomic crops of the United States: 1994/1995 to 2008/2009. *Weed Science* 60:145-157
40. Yousefi A. R., Rastgoo M., Alizadeh H., and Baghestani M.A. 2014. Canopy architecture of soybean (*Glycine max*), *Xanthium strumarium* and *Amaranthus retroflexus* under different interference condition. *Journal of Plant Protection* 28: 302-312. (In Persian)
41. Yousefi A.R., Gonzalez-Andujar J.L., Alizadeh H., Baghestani M.A., Rahimian H., and Karimmojeni H. 2012. Interactions between reduced rate of imazethapyr and multiple weed species-soyabean interference in a semi-arid environment. *Weed Research* 52: 242-251.



Determination of Flora and Distribution of Weeds in Soybean Fields Using Geographic Information System (Case Study: Gorgan County)

S. Moushani¹- H. Kazemi^{2*}- A. Soltani³- M.E. Asadi⁴

Received: 29-02-2020

Accepted: 30-04-2021

Introduction: Oilseeds are the second largest food sources in the world after cereals. Soybean (*Glycine max* L.) is the largest source of protein and oil in the world and is cultivated in some regions in Iran. Golestan province is one of the important agricultural regions in Iran with about 62.01% of the soybean cultivation area. Most of these areas are located in Gorgan County. There are a number of approaches that they use to management of weeds in agroecosystems. Management and protection of crops from weed damage depend on our knowledge about weed richness and their distribution status. For this purpose, generation of weed distribution maps provide very important information for weed management. Also, determination of weed flora help to managers and farmers to identify weeds and select the best method for weed control, especially invasive weeds in soybean fields. Therefore, the aim of study was to determination of flora and distribution of weeds in the current soybean fields in Gorgan County.

Materials and Methods: This research was carried out in 48 soybean fields of Gorgan County, during 2015-2016. In the field section, the W method used to collect weed samples in order to calculate the number, frequency, species density, etc. The spatial information of the fields was recorded by GPS and sampling was done by 0.25*0.25 square meters quadrat. Total weed samples moved to weed research laboratory of Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources (GUASNR) and identified in terms of scientific and family names based on taxonomical classification way. Then, all data entered to Microsoft Excel spread sheets var. 2010, and were averaged and arranged. In order to determine the weed flora status of these fields, some indices such as frequency, relative species frequency, species uniformity, relative species uniformity, density and relative species density were calculated. To better display of distribution maps, weeds were divided based on frequency index into three categories; 50-100%, 50-30% and less than 30% and weeds with a frequency of 50-100% were considered as important weeds of soybean fields in Gorgan. Finally, the data were processed in ArcGIS software var. 10.3, and then weed distribution maps of soybean fields were generated.

Results and Discussion: In this study, 21 types of weeds were identified from 14 plant families, which 14.28% were belonged to perennials group and the rest amounts were annual weeds. Also, 76.19% were belonged to dicotyledons and about 23.81% were monocots. The highest density was related to ground cherry (*Physalis divaricate* L.) with 16.68% compared to other weed species in the measured plots. Crab grass (*Digitaria sanguinalis* L. Scop.) with a density of 0.94 and sorghum (*Sorghum halepense* L. Pers) with a density of 0.78 had the highest density than other weeds. The weeds of the studied fields included 23.80% of narrow-leaved weeds and 76.19% of broadleaf weeds. In terms of photosynthetic cycle, 28.57% of weeds classified to C4 cycle and 71.42% to C3 cycle. Also, the most important plant family was *Poaceae* with 19.04% of the observed weeds in soybean fields, compared to other plant families. The most dominate species of this family are sorghum, cockspur grass (*Echinochloa crus-galli* L. P. Beauv) and crab grass. The weeds with a frequency of 50-100% were included ground cherry, sorghum and wild melon (*Cucumis melo* var. *agrestis* L.) with a frequency of 91.66, 54.16 and 52.08%, respectively. Results of weed distribution maps showed that weeds with frequency of 50 to 100% were observed in the most of surveyed field and they were distributed across the county, from east to west.

Conclusion: In the study, the weed distribution maps showed the existence of broadleaf weeds such as ground cherry, sorghum and wild melon in the most of the studied fields. Also, we identified the large number of weed families in this study. Considering this high number of identified weed and the presence of some invasive weeds in the surveyed fields, these results can useful for weed management programs of soybean fields and other crops in Gorgan County. Therefore, it is necessary that farmers and agricultural managers of the Gorgan County care to distribution of invasive

1, 2 and 3- M.Sc. Graduate of Agroecology, Associate Professor and Professor of Plant Production Faculty, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Iran, respectively.

(*- Corresponding Author Email: hkazemi@gau.ac.ir)

4- Associate Professor, Agricultural Engineering Research Department, Golestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Gorgan, Iran

DOI: 10.22067/JPP.2021.32717.0

weeds. Finally, it concluded that a combination of local and longer-term weed management can possible to deliver reduced weed infestation levels. Also, integrated weed management is an essential practice for reducing the impact of pesticides in the agroecosystems.

Keywords: Distribution map, Geographic information system, Soybean, Weeds



مقاله پژوهشی

ارزیابی شاخص‌های رقابتی و کارایی کشت مخلوط پنبه-چغندر علوفه‌ای در شرایط تداخل علف هرز

مهدی راستگو^{۱*} - قربانعلی اسدی^۲ - عبدالله درپور سرخ سرایی^۳ - سلمان رحیمی^۴

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۷/۰۶

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۲/۲۰

چکیده

به منظور ارزیابی تأثیر شاخص‌های رقابتی و کارایی کشت مخلوط پنبه-چغندر علوفه‌ای در شرایط تداخل علف‌های هرز، آزمایشی به صورت فاکتوریل خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه فردوسی مشهد انجام شد. تیمارها شامل الگوی کشت مخلوط پنبه-چغندر علوفه‌ای در دو سطح کشت مخلوط بین ردیفی و کشت مخلوط درون ردیفی و نسبت کشت مخلوط در پنج سطح شامل ۷۵:۲۵، ۵۰:۵۰، ۲۵:۷۵ و کشت خالص دو گیاه پنبه و چغندر علوفه‌ای به عنوان عامل اصلی و تداخل علف‌های هرز در دو سطح شامل وجین و عدم وجین تمام فصل علف هرز به عنوان عامل فرعی بودند. نتایج نشان داد که اثر الگوی کشت مخلوط و برهمکنش الگوی کشت و نسبت‌های کاشت مخلوط پنبه-چغندر علوفه‌ای بر تراکم و وزن خشک کل علف‌های هرز معنی‌دار نبود، اما اثر نسبت‌های مختلف کشت مخلوط پنبه-چغندر علوفه‌ای بر وزن خشک کل علف‌های هرز معنی‌دار بود. در نسبت کشت ۷۵:۲۵ از پنبه-چغندر علوفه‌ای، وزن خشک علف‌های هرز پایین‌تر از سایر نسبت‌های اختلاط بود. در شرایط تداخل و یا عدم تداخل علف‌های هرز، حداقل ۵۰ درصد کاهش در عملکرد و ۸۳ درصد کاهش در عملکرد ریشه چغندر علوفه‌ای در شرایط کشت مخلوط، در مقایسه با کشت خالص هر یک از گیاهان مشاهده شد. دو شاخص نسبت برابری زمین و کاهش عملکرد واقعی نشان‌دهنده برتری کشت خالص پنبه نسبت به کشت مخلوط بود، ولی شاخص مجموع ارزش نسبی بیان‌کننده برتری کشت مخلوط پنبه-چغندر علوفه‌ای نسبت به کشت خالص پنبه بود. به طوری که کاشت مخلوط پنبه-چغندر علوفه‌ای با نسبت ۷۵:۲۵ موجب شد در شرایط حضور و عدم حضور علف هرز مجموع ارزش نسبی به ترتیب ۲/۵ و ۸/۶ برابر کشت خالص پنبه افزایش یابد. شاخص‌های رقابتی شامل ضریب ازدحام نسبی، نسبت رقابت و شاخص غالبیت نشان دادند که چغندر علوفه‌ای نسبت به پنبه از قدرت رقابتی بالاتری برخوردار بود. به طور کلی نتایج این آزمایش نشان داد که کشت مخلوط پنبه-چغندر علوفه‌ای به صورت جانشینی، فقط از نظر یکی از شاخص‌های ارزیابی کشت مخلوط (مجموع ارزش نسبی) مناسب بود و در مجموع قابل توصیه نیست.

واژه‌های کلیدی: سری‌های جانشینی، عملکرد و ش، مجموع ارزش نسبی

(۲ و ۵).

مقدمه

کنترل شیمیایی و مکانیکی دو گزینه اصلی در مدیریت علف‌های هرز مزارع پنبه جهان و کشور به شمار می‌آیند (۸). با این وجود در ایران تنها هفت علف‌کش توصیه شده برای مزارع پنبه در دسترس هست (۳۸). معمولاً کاربرد یکی از آن‌ها به تنهایی نمی‌تواند مؤثر واقع شود و جهت کنترل مناسب باید یک علف‌کش پیش رویشی همراه با حداقل یک مرتبه پاشش علف‌کش پس رویشی بکار برده شود (۲۹) و (۳۱). همچنین کاربرد ادوات مکانیکی همچون کولتیواتور برای کنترل علف‌های هرز به تنهایی و یا یک مرتبه در دوره رشد پنبه مؤثر نبوده و نیاز به کاربرد حداقل دو مرتبه از آن‌ها در طول فصل رشد هست (۴) و (۳۱)، که با داشتن این شرایط نیز علف‌های هرز روی پشته‌ها از بین نمی‌روند و صدماتی نیز به ساختار خاک وارد می‌شود.

پنبه (*Gossypium hirsutum* L.) یکی از محصولات زراعی مهم در منطقه خراسان به شمار می‌آید که در مجموع با داشتن ۳۷ هزار هکتار سطح زیر کشت، ۵۰ درصد از کل سطح زیر کشت پنبه کشور را به خود اختصاص داده‌اند (۱). طولانی بودن دوره رشد پنبه که حدود هفت ماه به طول می‌انجامد و سرعت رشد پایین و سایه‌اندازی بسیار ضعیف در ابتدای رشد دستیابی به عملکرد بهینه آن را به علت تداخل طولانی علف‌های هرز با چالش جدی مواجه می‌کند

۱، ۲ و ۳ - به ترتیب دانشیاران و دانشجویان دکتری علوم علف‌های هرز، گروه
اگرو تکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

(Email: m.rastgoo@um.ac.ir)

(*) - نویسنده مسئول:

DOI: 10.22067/JPP.2021.32834.0

کشت مخلوط به عنوان یکی از ابزارهای مدیریت زراعی علف‌های هرز مطرح است، که از مهم‌ترین اهداف آن افزایش آگاهانه تنوع سیستم زراعی در جهت کاهش خسارت عوامل زنده آسیب‌رسان مانند علف‌های هرز هست (۱۱ و ۲۷). در کشت‌های مخلوط به واسطه حضور حداقل دو گیاه زراعی، دسترسی به منابع و فضا برای علف‌های هرز محدود می‌گردد (۱۳، ۱۹ و ۳۵).

پنبه به واسطه کاستی‌هایی که در رقابت با علف‌های هرز دارد به کشت مخلوط با اکثر گیاهان زراعی پاسخ مثبت نشان می‌دهد (۱۶ و ۳۳). در هندوستان، چین و آمریکا به عنوان سه کشور برتر جهان در تولید پنبه (۱۰)، آن را به صورت مخلوط با بسیاری از گیاهان زراعی مانند غلات پاییزه، برنج (*Oryza sativa* L.)، بادام‌زمینی (*Arachis hypogaea* L.) و سویا (*Glycine max* L.) کشت می‌کنند که به دلیل کنترل بهتر آفات پنبه و مجموع درآمد و ارزش نسبی بیشتر نسبت به کشت خالص پنبه رو به گسترش است (۱۵، ۳۶ و ۳۹). کاندرو و همکاران (۱۷) نتیجه گرفتند که کشت مخلوط دو گیاه زراعی آللوپاتیک سورگوم و آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.) با پنبه، موجب کنترل علف‌های هرز تا ۶۲ درصد و افزایش ۲۲ درصدی عملکرد دانه پنبه شد.

در سال‌های اخیر، پنبه کاران بومی منطقه خراسان، به ویژه در منطقه تربت جام، با استفاده از رهیافت کشت مخلوط پنبه-چغندر علفه‌ای (*Beta vulgaris* subsp. *vulgaris* L.)، از مزایایی مانند رویش بهتر گیاه چغندر علفه‌ای، تأمین علفه برای دام و نیز افزایش درآمد بهره‌مند شده‌اند. در این شرایط، قرار گرفتن بوته‌های چغندر علفه‌ای در بین و یا داخل ردیف‌های کشت پنبه موجب تسریع در تسخیر فضا و منابع نسبت به کشت خالص پنبه می‌شود که می‌تواند زمینه‌ساز برتری رقابتی اجزای کشت مخلوط بر جامعه علف‌های هرز شود. در رابطه با کشت مخلوط پنبه - چغندر علفه‌ای و تأثیرات آن بر عملکرد هر دو گیاه و نیز پتانسیل این سیستم زراعی در کنترل علف‌های هرز، اطلاعات کمی در دسترس هست. بنابراین این آزمایش باهدف ارزیابی تأثیر کشت مخلوط پنبه-چغندر علفه‌ای بر کنترل علف‌های هرز و ارزیابی شاخص‌های رقابتی و سودمندی بین دو گیاه در منطقه مشهد، طراحی شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی ۱۳۹۲-۹۳ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد واقع در ۱۰ کیلومتری شرق مشهد با مختصات طول جغرافیایی ۵۹ درجه و ۲۳ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۱۵ دقیقه شمالی با ارتفاع ۹۸۵ متر از سطح دریا اجرا شد. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش در جدول ۱ ارائه شده است.

اطلاعات هواشناسی در طول دوره رشد پنبه و چغندر علفه‌ای در

سال ۱۳۹۳ از ایستگاه سینوپتیک مشهد تهیه شد (شکل ۱).

آزمایش به صورت فاکتوریل خردشده^۱ در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. تیمارها شامل الگوی کشت مخلوط در دو سطح کشت مخلوط بین ردیفی و کشت مخلوط درون ردیفی و نسبت کشت مخلوط جانشینی پنبه-چغندر علفه‌ای در پنج سطح شامل ۷۵:۲۵، ۵۰:۵۰، ۲۵:۷۵ و کشت خالص دو گیاه پنبه و چغندر علفه‌ای به عنوان عامل اصلی و تداخل علف‌های هرز در دو سطح شامل وجین و عدم وجین تمام فصل علف هرز به عنوان عامل فرعی بودند. هر کرت آزمایشی با ابعاد ۲×۸ متر شامل ۴ ردیف کاشت با فواصل ۵۰ سانتی متر بود که به دو قسمت تقسیم شد. در یک قسمت کنترل کامل علف‌های هرز صورت گرفت و در قسمت دیگر تداخل علف‌های هرز با گیاهان زراعی در تمام فصل وجود داشت.

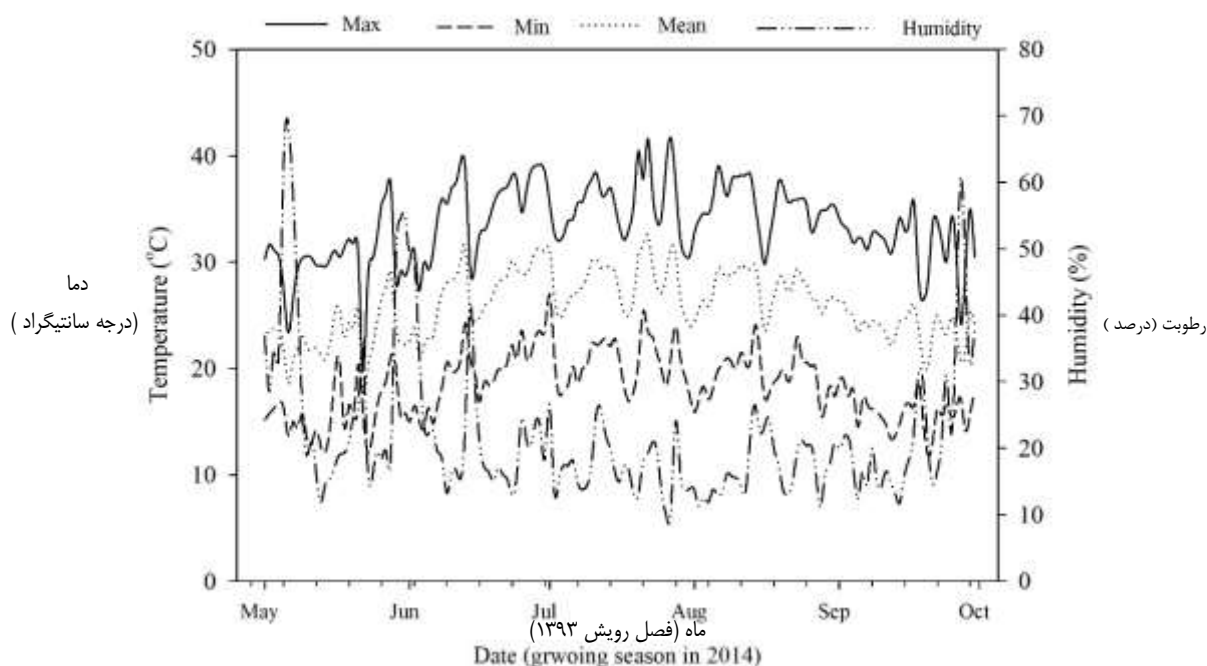
زمین آزمایشی در سال زراعی قبل به صورت آیش بود. عملیات تسطیح و آماده‌سازی زمین یک ماه پیش از اجرای آزمایش صورت گرفت. هم‌زمان با دیسک کود گاوی پوسیده به مقدار ۴۵ تن در هکتار به زمین داده شد. کشت پنبه (رقم خرداد تهیه‌شده از مرکز تحقیقات کشاورزی استان خراسان رضوی) و چغندر علفه‌ای (توده محلی تربت جام) در ۱۵ اردیبهشت ماه ۱۳۹۳ و به صورت دستی انجام شد.

بذر هر دو گیاه در عمق ۴ سانتی‌متری قرار داده شد. ۱۵ روز پس از کاشت به علت عدم یکنواختی در سبز شدن چغندر علفه‌ای، عملیات واکاری انجام شد. الگوی سری‌های جانشینی با رعایت فاصله بوته ۲۵ سانتی‌متر روی ردیف و تراکم کل ۸ بوته در متر مربع بود. فاصله بین کرت‌های آزمایشی یک متر و فاصله بین بلوک‌ها ۲ متر بود. در الگوی کشت مخلوط بین ردیفی جهت حصول نسبت‌های اختلاط دو گیاه از کاشت یک ردیف در میان پنبه و چغندر علفه‌ای برای نسبت ۵۰:۵۰ و ۳ ردیف پنبه و یک ردیف چغندر علفه‌ای و بالعکس برای نسبت‌های ۲۵:۷۵ و ۷۵:۲۵ استفاده شد. در الگوی کشت مخلوط درون ردیفی، بر روی هر کدام از ردیف‌های کاشت کرت‌های آزمایشی، نسبت دو گونه رعایت شد.

در طول دوره رشد دو گیاه، با این هدف که پایداری نظام کشت مخلوط حفظ شود، هیچ‌گونه عملیات کوددهی صورت نگرفت و تنها به همان میزان ۴۵ تن در هکتار کود گاوی پوسیده اکتفا شد. آبیاری به صورت نشتی و بر اساس نیاز آبی دو گیاه هفته‌ای یک‌بار و یک ماه پیش از برداشت به دو هفته یک‌بار کاهش یافت. به علت خشکی بسیار هوا در تیر و مردادماه، برخی اوقات فاصله آبیاری به ۴ روز کاهش می‌یافت.

جدول ۱- خصوصیات شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش
Table 1- Soil chemical properties of the experiment site

بافت خاک Soil texture	نیترژن کل Total N (%)	فسفر قابل دسترس Available P (ppm)	پتاسیم قابل دسترس Available K (ppm)	ماده آلی Organic matter (%)	pH	هدایت الکتریکی Electrical conductivity (dS.m ⁻¹)
سیلتی رسی لومی Silty clay loam	0.0279	1.5	213	0.241	7.13	2.156



شکل ۱- درجه حرارت (کمینه، بیشینه و میانگین) و درصد رطوبت هوا در طول دوره رشد پنبه و چغندر علوفه‌ای در سال ۱۳۹۳
Figure 1- Daily temperature (minimum, maximum, and mean) and air humidity percentage in cotton and fodder beet growing period at 2014 experiment

با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده و سپس توزین شدند. سودمندی کشت مخلوط و اثرات رقابتی بین پنبه و چغندر علوفه‌ای با استفاده از شاخص‌های مختلف ارزیابی شد. نسبت برابری زمین^۱ (LER) به عنوان کاربردی‌ترین معیار سودمندی کشت مخلوط در استفاده از منابع محیطی مطرح است که بیان‌کننده مقدار مساحت موردنیاز زمین برای کشت خالص دو گونه در مقایسه با کشت مخلوط آن‌ها جهت حصول عملکرد برابر هست (۲۳).

$$LER_C = \left(\frac{Y_{cb}}{Y_{ca}} \right) \quad LER_B = \left(\frac{Y_{bb}}{Y_{ba}} \right) \quad (۱) \quad \text{معادله}$$

$$LER = LER_C + LER_B$$

1- Land Equivalent Ratio

در انتهای فصل رشد و در زمان رسیدگی پنبه و چغندر علوفه‌ای، بوته‌های موجود از سطح یک کادر به مساحت یک متر مربع جمع‌آوری و عملکرد و اجزای عملکرد آن‌ها در تیمارهای مختلف اندازه‌گیری شد. برداشت پنبه هم‌زمان با شکوفایی بیش از ۷۵ درصد غوزه‌ها و رطوبت حدود ۱۲ درصدی وش پنبه در ۱۰ مهر و برداشت چغندر علوفه‌ای هم‌زمان با پایان فصل رویش گیاه و زرد شدن و افتادگی برگ‌های گیاه در اول آبان ماه انجام شد. برای چغندر علوفه‌ای عملکرد ریشه و زیست‌توده کل و برای پنبه زیست‌توده کل، تعداد غوزه و عملکرد وش در واحد سطح اندازه‌گیری شد. جهت اندازه‌گیری تراکم و وزن خشک علف‌های هرز در همان کادر، تمامی علف‌های هرز شمارش، جمع‌آوری و به مدت ۴۸ ساعت در داخل آون

معادله (۴)

$$K_C = \left(\frac{Y_{cb} \times Z_{bb}}{Y_{ca} - Y_{cb} Z_{cb}} \right) \quad K_B = \left(\frac{Y_{bb} \times Z_{cb}}{Y_{ba} - Y_{bb} Z_{bb}} \right)$$

$$K = K_C \times K_B$$

در معادله (۴) K_B و K_C به ترتیب ضریب ازدحام نسبی پنبه و چغندر علوفه‌ای هست. مقدار بالاتر از یک برای K نشان‌دهنده بیشترین کارایی مصرف منابع در کشت مخلوط و در نتیجه سودمندی کشت مخلوط نسبت به کشت خالص است، مقدار برابر با یک نشان‌دهنده عدم تفاوت کشت مخلوط و خالص و مقدار کمتر از یک نشان‌دهنده کارایی کم در مصرف منابع در کشت مخلوط نسبت به کشت خالص و در نتیجه عدم سودمندی کشت مخلوط است (۷).
نسبت رقابت برای پنبه و چغندر علوفه‌ای با استفاده از معادله (۵)

برآورد گردید (۷).

معادله (۵)

$$CR_C = \left(\frac{LER_C \times Z_{bb}}{LER_B \times Z_{cb}} \right) \quad CR_B = \left(\frac{LER_B \times Z_{cb}}{LER_C \times Z_{bb}} \right)$$

در معادله (۵۴) CR_B و CR_C به ترتیب نسبت رقابت پنبه و چغندر علوفه‌ای هست. مقادیر بزرگ‌تر نسبت رقابت برای یک‌گونه نسبت به دیگری، نشان‌دهنده رقابت‌پذیری بیشتر آن گونه هست. برای تعیین شاخص غالبیت از معادله (۶) استفاده شد (۷).

$$A = \left(\frac{Y_{cb}}{Y_{ca} \times Z_{cb}} \right) - \left(\frac{Y_{bb}}{Y_{ba} \times Z_{bb}} \right) \quad \text{معادله (۶)}$$

مقدار مثبت شاخص غالبیت نشان‌دهنده غالبیت پنبه و مقدار منفی آن نشان‌دهنده غالبیت چغندر علوفه‌ای در کشت مخلوط هست. تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از مدل‌های خطی تعمیم‌یافته از طریق رویه GLMMIX در محیط نرم‌افزار SAS 9.4 انجام پذیرفت (۲۰). تأثیر سه فاکتور الگوی کشت مخلوط، نسبت اختلاط و تداخل علف‌های هرز و برهمکنش آن‌ها با یکدیگر به‌عنوان اثرات ثابت و تأثیر بلوک و بلوک × الگوی کشت مخلوط × نسبت اختلاط و خطای کل به‌عنوان متغیرهای تصادفی در مدل در نظر گرفته شدند. مقایسه میانگین‌ها اثرات ساده فاکتورها و برهمکنش آن‌ها با استفاده از روش مقایسه میانگین‌های حداقل مربعات در همین رویه انجام شد.

نتایج و بحث

مهم‌ترین علف‌های هرز ثبت‌شده در مزرعه مورد بررسی تاج‌خروس وحشی (*Amaranthus retroflexus* L.)، تاج‌ریزی سیاه (*Solanum nigrum* L.)، سلمه تره (*Chenopodium album* L.)، توبوق (*Xanthium strumarium* L.)، پیچک (*Convolvulus arvensis* L.)، گاو پنبه (*Abutilon theophrasti* Medik.) و سوروف (*Echinochloa crus-galli* (L.) P.Beauv.) بودند. در این آزمایش، اثر الگوی کشت مخلوط و برهمکنش الگوی کشت و

در معادله (۱) Y_{ca} و Y_{cb} عملکرد اقتصادی پنبه در کشت مخلوط و خالص، Y_{ba} و Y_{bb} عملکرد اقتصادی چغندر علوفه‌ای در کشت مخلوط و خالص، LER_B و LER_C به ترتیب نسبت برابری زمین جزئی برای پنبه و چغندر علوفه‌ای و LER نسبت برابری زمین کل هست. مقادیر برابر با یک، بزرگ‌تر از یک و کوچک‌تر از یک برای این شاخص به ترتیب بیان‌کننده عدم اختلاف بین کشت خالص و مخلوط، برتری کشت مخلوط نسبت به خالص و برتری کشت خالص نسبت به مخلوط هست. کاهش یا افزایش عملکرد واقعی^۱ (AYL)، دیگر شاخص سودمندی مورد استفاده در این آزمایش با استفاده از معادله (۲) برآورد شد (۳).

معادله (۲)

$$AYL_C = \{LER_C \times \left(\frac{100}{Z_{cb}}\right)\} - 1 \quad AYL_B = \{LER_B \times \left(\frac{100}{Z_{bb}}\right)\} - 1$$

$$LER = AYL_C + AYL_B$$

در معادله (۲) Z_{bb} و Z_{cb} به ترتیب نسبت پنبه و چغندر علوفه‌ای در کشت مخلوط، AYL_B و AYL_C به ترتیب کاهش عملکرد واقعی جزئی برای پنبه و چغندر علوفه‌ای و AYL کاهش عملکرد واقعی کل هست. مقدار مثبت یا منفی عملکرد واقعی به ترتیب نشان‌دهنده سودمندی و زیان عملکرد کشت مخلوط نسبت به کشت خالص هست. مجموع ارزش نسبی^۲ (RVT) به‌عنوان شاخص سودمندی اقتصادی با استفاده از معادله (۳) برآورد شد (۳۴).

$$RVT_C = \left(\frac{P_c \times Y_{cb} + P_b \times Y_{bb}}{P_c \times Y_{ca}} \right) \quad \text{معادله (۳)}$$

در معادله (۳) RVT_C ارزش نسبی کشت مخلوط نسبت به کشت خالص پنبه و P_b و P_c به ترتیب نشان‌دهنده قیمت هر کیلوگرم از محصول که برای پنبه ۴۸۷۶۰ ریال و برای چغندر علوفه‌ای ۵۰۲۰ ریال در نظر گرفته شد. مقادیر بالاتر از یک برای این شاخص نشان‌دهنده سودمندی اقتصادی کشت مخلوط و مقادیر پایین‌تر نشان‌دهنده عدم سودمندی اقتصادی در کشت مخلوط هست. به علت اصلی بودن کشت پنبه در این آزمایش، مجموع ارزش نسبی تنها برای این گیاه برآورد گردید. سه شاخص ضریب ازدحام نسبی^۳ (RCC)، نسبت رقابت^۴ (CR) و شاخص غالبیت^۵ (A) به‌عنوان شاخص‌های رقابتی در این مطالعه مورد استفاده قرار گرفتند. ضریب ازدحام نسبی که با K نیز نشان داده می‌شود با استفاده از معادله (۴) برآورد شد (۷).

- 1- Actual Yield Loss
- 2- Relative Value Total
- 3- Relative Crowding Coefficient
- 4- Competitive Ratio
- 5- Aggressivity

وزن خشک علف‌های هرز پایین‌تر از سایر نسبت‌های اختلاط بود، بطوریکه در مقایسه با کشت خالص پنبه، حدود ۳۳ درصد و نسبت به کشت خالص چغندر علوفه‌ای نیز ۲۷ درصد کاهش داشت که البته با کشت خالص چغندر علوفه‌ای تفاوت معنی داری هم نداشت (جدول ۲).

نسبت‌های کاشت مخلوط پنبه-چغندر علوفه‌ای بر تراکم و وزن خشک کل علف‌های هرز معنی‌دار نبود، اما اثر نسبت‌های مختلف کشت مخلوط پنبه - چغندر علوفه‌ای بر وزن خشک کل علف‌های هرز معنی‌دار بود ($p \leq 0.05$) (جدول تجزیه واریانس نشان داده نشده است). بر این اساس در نسبت کشت ۷۵:۲۵ از پنبه-چغندر علوفه‌ای،

جدول ۲- مقایسه میانگین تراکم و وزن خشک کل علف‌های هرز و تلفات عملکرد پنبه در نسبت‌های مختلف کشت مخلوط با چغندر علوفه‌ای
Table 2- Mean comparison of total weed dry density, total weed dry weight and cotton yield loss in different intercropping proportions with fodder beet

نسبت کشت مخلوط پنبه-چغندر علوفه‌ای Cotton-Fodder beet intercropping proportion (%)	تراکم علف‌های هرز Weed density (plants m ⁻²)	وزن خشک علف‌های هرز Weed dry weight (g m ⁻²)	تلفات عملکرد Cotton yield loss (%)
100:0	65 (43) ^a	864 (146) ^a	94.4 (1.7) ^a
75:25	46 (40) ^a	811 (168) ^a	94.6 (0.89) ^a
50:50	56 (37) ^a	838 (170) ^a	95.1 (1.6) ^a
25:75	31 (21) ^a	576 (232) ^b	93.2 (2.6) ^a
0:100	42 (19) ^a	791 (225) ^{ab}	-

در هر ستون میانگین‌های با حروف مشابه اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

اعداد داخل پرانتز انحراف معیار می‌باشند.

Values in columns with the same letter are not significantly different

Values in parentheses are standard deviation.

۸۰ درصد لوبیا منجر به ۷۰ درصد کاهش در وزن خشک کل علف‌های هرز نسبت به کشت خالص لوبیا شد. همچنین نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر الگوی کشت مخلوط و برهمکنش آن با سایر متغیرهای آزمایشی، بر هیچ‌کدام از صفات عملکردی پنبه و چغندر علوفه‌ای معنی‌دار نبود، اما اثر نسبت اختلاط آن‌ها در کشت مخلوط و اثر تداخل علف‌های هرز و برهمکنش آن‌ها بر صفات عملکردی پنبه و چغندر علوفه‌ای معنی‌دار بود (جدول ۳).

بر اساس نتایج آزمایش، در شرایط عاری از علف‌های هرز، بیشترین تعداد غوزه پنبه در کشت خالص آن با ۱۴۶ غوزه در مترمربع بدست آمد و همزمان با کاهش نسبت پنبه در کشت مخلوط، تعداد غوزه در مترمربع کاهش یافت که مقدار این کاهش در نسبت ۲۵ درصد پنبه، ۸۵ درصد بود. در شرایط آلوده به علف‌های هرز و بطور مشابه این مقدار کاهش در تعداد غوزه نسبت به کشت خالص پنبه، ۷۸ درصد بود.

در کشت خالص پنبه بدون تداخل علف‌های هرز، عملکرد وش برابر ۴۳۹۰ کیلوگرم در هکتار بود و در شرایط تداخل علف‌های هرز کشت خالص پنبه با افت ۹۴/۵ درصدی در عملکرد وش مواجه شد (جدول ۴).

کاهش تراکم و وزن خشک علف‌های هرز تحت تأثیر استفاده از نظام‌های کشت مخلوط در بسیاری از مطالعات گزارش شده است. از جمله مهنی و همکاران (۲۴) نشان دادند که کشت مخلوط ۲۵ درصد سیاهدانه و ۷۵ درصد سنبله به طور معنی‌داری تراکم و وزن خشک کل علف‌های هرز را نسبت به کشت خالص هر یک از گیاهان کاهش داد. بر اساس نتایج این محققین کاهش عملکرد ناشی از حضور علف‌های هرز در کشت خالص سنبله حدود ۸۷ درصد بود حال آنکه این کاهش عملکرد در نسبت‌های مختلف کشت مخلوط دو گیاه ۲۵ تا ۳۵ درصد بود.

فتح‌الله زاده دیزجی و میرشکاری (۹) نیز در بررسی کشت مخلوط ماش و همیشه بهار بیان کردند که بیشترین وزن خشک علف‌های هرز در نسبت‌های پایین کشت مخلوط ماش با همیشه بهار ایجاد شد و افزایش نسبت کاشت ماش در همیشه بهار به شکل قابل توجهی منجر به کاهش وزن خشک کل علف‌های هرز شد. در پژوهشی دیگر نیز مشخص شد بیشترین ماده خشک علف‌های هرز با ۷۴۲ گرم در مترمربع به کشت لوبیای خالص و کمترین آن با ۲۵۳ گرم در مترمربع در تیمار ۱۰۰ درصد ذرت و ۲۰ درصد لوبیا حاصل شد، که بیانگر تأثیر معنی‌دار کشت مخلوط بر کاهش وزن خشک علف‌های هرز بود (۲۲). منصوری و همکاران (۲۱) نیز گزارش کردند که در کشت مخلوط ذرت-لوبیا، تیمار کشت مخلوط افزایشی

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس عملکرد و اجزای عملکرد پنبه و چغندر علوفه‌ای در نسبت‌های مختلف کشت مخلوط تحت تأثیر الگوی کشت مخلوط و تداخل علف‌های هرز

Table 3- Results of analysis of variance of yield and yield components of cotton and fodder beet in different proportion of intercropping under the influence of planting pattern and weed interference

اثر / متغیر Effect/Variables	تعداد غوزه پنبه NB	عملکرد و ش پنبه CLY	عملکرد بیولوژیک پنبه BYC	عملکرد ریشه چغندر علوفه‌ای RYB	عملکرد بیولوژیک چغندر علوفه‌ای BYB
اثرات ثابت Fixed effects	درجه آزادی Df	درصد از کل واریانس PTV†	احتمال معنی‌داری P value	درصد از کل واریانس PTV	احتمال معنی‌داری P value
الگوی کشت مخلوط Intercropping Pattern (IP)	1	0.003	0.8199	0.013	0.4924
نسبت کشت مخلوط Intercropping Proportion (IP)	4	45.1	<.0001	62.8	<.0001
نسبت کشت × الگوی کشت مخلوط مخلوط IP×IR	4	0.04	0.939	0.03	0.9021
تداخل علف‌های هرز Weed Interference (WI)	1	39.3	<.0001	28.2	<.0001
الگوی کشت مخلوط × تداخل علف‌های هرز IP×WI	1	0.001	0.8727	0.02	0.4079
نسبت کشت مخلوط × تداخل علف‌های هرز IR×WI	4	13.2	<.0001	7.7	<.0001
الگوی کشت مخلوط × نسبت کشت مخلوط × تداخل علف‌های هرز IP×IR×WI	4	0.4	0.1458	0.2	0.1998
اثرات تصادفی Random effects					
بلوک Block (B)		0.00007	0.00004	NE	NE
بلوک × الگوی کشت مخلوط × نسبت کشت مخلوط B×IP×IR		NE	0.00004	0.0001	NE
خطا Error		0.005	0.013	0.011	0.005
ضریب تغییرات (%) C.V.		4.9	4.2	5.3	2.1

داده‌های برای همه متغیرها تبدیل شد

درصد از کل واریانس تیمار

اعداد سیاه نشان‌دهنده اثر معنی‌دار می‌باشند

NE: غیرقابل تخمین

Data were transformed for all variables

†Percentage of total explained treatment variation

Bold numbers show significant effect

NE: non estimated; NB: number of bolls, LYC: lint yield of cotton, BYC: biological yield of cotton, RYB: root yield of fodder beet, BYB: biological yield of fodder beet

نشان دادند که در شرایط عدم تداخل علف‌های هرز، کشت مخلوط ردیفی ذرت و پنبه به نسبت ۵۰:۵۰ درصد از تراکم کل، موجب کاهش ۵۰ درصدی در عملکرد و ش پنبه نسبت به کشت خالص آن شد. ژانگ و همکاران (۳۹) مشاهده کردند که در کشت مخلوط تأخیری گندم-پنبه، عملکرد و ش پنبه بین ۵۴ تا ۶۹ درصد نسبت به کشت خالص آن کاهش یافت. همچنین بر اساس نتایج آزمایش، تداخل علف‌های هرز در مقایسه با شرایط عدم تداخل منجر به ۹۳/۱ درصد کاهش در عملکرد بیولوژیک پنبه در واحد سطح شد (جدول ۴).

همچنین در شرایط عاری از علف‌های هرز، کاهش نسبت پنبه به سطح ۲۵ درصد در کشت مخلوط، منجر به کاهش ۹۶ درصد عملکرد و ش پنبه نسبت به کشت خالص آن شد و این درصد کاهش در کمترین نسبت اختلاط (۲۵ درصد) در شرایط آلوده به علف‌های هرز، ۹۵ درصد بود (جدول ۴). با توجه به اینکه تعداد غوزه در واحد سطح مهم‌ترین جزء تعیین کننده عملکرد و ش در گیاه پنبه می‌باشد، لذا یکی از دلایل کاهش عملکرد و ش در نسبت‌های مختلف کاشت مخلوط در شرایط عاری از علف‌هرز و آلوده به علف‌هرز کاهش تعداد غوزه در واحد سطح می‌باشد (جدول ۴). کوچکی و همکاران (۱۸)

جدول ۴- مقایسه میانگین تعداد غوزه، عملکرد و ش و عملکرد بیولوژیک پنبه در نسبت‌های مختلف اختلاط با چغندر علوفه‌ای تحت تأثیر تداخل و عدم تداخل علف‌های هرز

Table 4- Mean comparison of number of bolls, lint yield and biological yield of cotton in different proportion of intercropping with fodder beet under the interference and non-interference of weeds

تداخل علف‌هرز Weed interference	نسبت کشت مخلوط Intercropping proportion (%)†	تعداد غوزه Number of bolls (m ⁻²)	عملکرد و ش Lint yield (kg ha ⁻¹)	عملکرد بیولوژیک Biological yield (kg ha ⁻¹)
عاری از علف‌هرز Weed free	100	146 (13) ^a	4390 (402) ^a	12478 (1629) ^a
	75	96 (12) ^b	2152 (271) ^b	5866 (613) ^b
	50	54 (12) ^c	812 (179) ^c	2105 (513) ^c
	25	21 (7) ^d	157 (52) ^d	390 (119) ^e
آلوده به علف‌هرز Weed infested	100	14 (6) ^{de} [90%]	239 (70) ^d [94%]	860 (70) ^d [93%]
	75	9 (3) ^{ef} [90%]	115 (30) ^d [94%]	393 (30) ^e [93%]
	50	5 (2) ^{fg} [90%]	39 (18) ^e [95%]	149 (18) ^f [92%]
	25	3 (1) ^g [85%]	10 (5) ^f [93%]	39.6 (5.6) ^g [89%]

درصد مختلف تراکم پنبه از تراکم کل در سطح

اعداد داخل ستون‌ها با حروف مشابه اختلاف معنی‌داری ندارند.

اعداد داخل پرانتز انحراف معیار هستند.

اعداد داخل کروشه درصد کاهش نسبت به تیمار مشابه در شرایط عاری از علف هرز است.

† Different percentage of cotton density of total density in area

Values in columns with the same letter are not significantly different

Values in parentheses are standard deviation

Values in brackets are reduction percentage respect to same treatment in weed free condition

عملکرد و ش پنبه سبب کاهش در عملکرد بیولوژیک شده است. نکته قابل توجه دیگر اینکه بجز در مورد صفت عملکرد و ش، در صفات تعداد غوزه در واحد سطح و نیز عملکرد بیولوژیک همزمان با کاهش نسبت گیاه پنبه در مخلوط و یا به عبارت دیگر همزمان با افزایش نسبت چغندر علوفه‌ای در کشت مخلوط، درصد کاهش عملکرد در مقایسه با شرایط عاری از علف‌های هرز، یک روند کاهشی نشان داد، که نشان از ضعف گیاه پنبه در مقایسه با چغندر علوفه‌ای در شرایط رقابت با علف‌های هرز است (جدول ۴).

نتایج مقایسه میانگین نشان داد که با کاهش نسبت گیاه پنبه در کشت مخلوط، عملکرد بیولوژیک پنبه در شرایط تداخل و عدم تداخل علف‌های هرز نسبت به کشت خالص پنبه به ترتیب ۹۵ و ۹۶ درصد کاهش یافت (جدول ۴). با توجه به اینکه عملکرد بیولوژیک پنبه متأثر از تعداد غوزه در واحد سطح و عملکرد و ش می‌باشد، در نتیجه نتایج مربوط به تأثیر نسبت کشت مخلوط بر صفات عملکردی پنبه، بسیار به هم نزدیک بود (جدول ۴). بر این اساس کاهش همزمان تعداد غوزه در واحد سطح و نیز

تداخل علف هرز ۸۳/۷ درصد کاهش نشان داد. در شرایط عاری از علف های هرز، عملکرد ریشه چغندر علوفه‌ای در نسبت کاشت ۲۵ درصد، در مقایسه با کشت خالص آن، ۹۱ درصد و در شرایط آلوده به علف‌های هرز، نیز ۹۲ درصد کاهش یافت (جدول ۵).

نتایج مقایسه میانگین نشان داد که عملکرد ریشه چغندر علوفه‌ای در شرایط تداخل و عدم تداخل علف‌های هرز کاهش یافت. به طوری که در کشت خالص چغندر علوفه‌ای و در شرایط عدم تداخل علف‌های هرز، عملکرد ریشه حدود ۱۶۲ تن در هکتار بود که نسبت به شرایط

جدول ۵- مقایسه میانگین عملکرد ریشه و عملکرد بیولوژیک چغندر علوفه‌ای در نسبت‌های مختلف کشت مخلوط با پنبه تحت تأثیر تداخل و عدم تداخل علف‌های هرز

Table 5- Mean comparison of root yield and biological yield of fodder beet in different proportion of intercropping with cotton under the interference and non-interference of weeds

تداخل علف‌هرز Weed interference	نسبت کشت مخلوط Intercropping proportion (%)†	عملکرد ریشه Root yield (kg ha ⁻¹)	عملکرد بیولوژیک Biological yield (kg ha ⁻¹)
عاری از علف‌هرز Weed free	100	162083 (37253) ^a	195433 (54502) ^a
	75	102025 (11488) ^b	124509 (13210) ^{ab}
	50	61433 (7198) ^c	82042 (13710) ^b
	25	14281 (1645) ^e	18557 (2924) ^d
آلوده به علف‌هرز Weed infested	100	26400 (2123) ^d [83%]	36250 (449) ^c [81%]
	75	19359 (3218) ^{de} [81%]	25978 (4691) ^{cd} [79%]
	50	7644 (2661) ^f [87%]	10118 (4461) ^e [87%]
	25	2021 (744) ^g [85%]	2789 (802) ^f [84%]

درصد مختلف تراکم پنبه از تراکم کل در سطح

اعداد داخل ستون‌ها با حروف مشابه اختلاف معنی‌داری ندارند.

اعداد داخل پرانتز انحراف معیار هستند.

اعداد داخل کروشه درصد کاهش نسبت به تیمار مشابه در شرایط عاری از علف هرز است.

† Different percentage of cotton density of total density in area

Values in columns with the same letter are not significantly different

Values in parentheses are standard deviation

Values in brackets are reduction percentage respect to same treatment in weed free condition

بود. بنابراین نسبت‌های مخلوط مورد مطالعه کارایی کمتری در استفاده از منابع نسبت به کشت خالص داشتند. کمترین نسبت برابری زمین در نسبت ۵۰:۵۰ از پنبه-چغندر علوفه‌ای در شرایط تداخل علف‌های هرز مشاهده شد که نسبت به کشت خالص هرکدام از اجزای مخلوط، ۵۳ درصد کارایی کمتری در بهره‌برداری از منابع نشان داد (جدول ۶). این مساله تایید می‌کند که کشت مخلوط پنبه-چغندر علوفه‌ای از سودمندی بسیار پایین برخوردار است.

کاهش عملکرد واقعی به‌عنوان شاخص کاهش یا افزایش عملکرد واقعی کشت مخلوط نشان داد که در همه نسبت‌های کشت مخلوط، عملکرد واقعی نسبت به کشت خالص کاهش یافت و در شرایط تداخل علف‌های هرز این کاهش بیشتر از شرایط عدم تداخل آن‌ها بود. شاخص کاهش عملکرد واقعی جزئی نیز نشان داد که میزان کاهش عملکرد پنبه نسبت به چغندر علوفه‌ای در کشت مخلوط بیشتر بود (جدول ۶).

نتایج مقایسه میانگین نشان داد که با کاهش نسبت چغندر علوفه‌ای در کشت مخلوط، عملکرد بیولوژیک در هر دو شرایط تداخل و عدم تداخل علف‌هرز کاهش یافت. به طوری که در کشت خالص چغندر علوفه‌ای و در شرایط تداخل علف‌های هرز، عملکرد بیولوژیک این گیاه به میزان ۸۱ درصد نسبت به شرایط عدم تداخل علف‌های هرز، کاهش یافت (جدول ۵). با توجه به اینکه در چغندر علوفه‌ای بخش قابل توجهی از سهم عملکرد بیولوژیک مرتبط با عملکرد ریشه است، لذا کاهش عملکرد بیولوژیک در نسبت‌های مختلف کاشت مخلوط و در شرایط تداخل و عدم تداخل علف‌های هرز قابل انتظار است. مطالعه رجب و همکاران (۲۸) نشان داد که بازدهی کشت چغندر علوفه‌ای در شرایط اختلاط با جو، گندم و باقلا افزایش یافت.

نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که در هر دو شرایط تداخل و عدم تداخل علف‌های هرز، مقدار نسبت برابری زمین در همه نسبت‌های مخلوط پنبه-چغندر علوفه‌ای کمتر از کشت خالص آن‌ها

جدول ۶- شاخص‌های سودمندی کشت مخلوط پنبه و چغندر علوفه‌ای تحت تأثیر تداخل و عدم تداخل علف‌های هرز

Table 6- Advantage indices of cotton-fodder beet intercropping affected by interference and non-interference with weeds

تداخل علف‌هرز Weed interference	نسبت کشت مخلوط پنبه - چغندر علوفه‌ای Cotton-Fodder beet proportion (%)	نسبت برابری زمین برای پنبه LER _C	نسبت برابری زمین برای چغندر علوفه‌ای LER _B	نسبت برابری زمین کل LER	کاهش عملکرد واقعی پنبه AYL _C	کاهش عملکرد واقعی چغندر علوفه‌ای AYL _B	کاهش عملکرد واقعی کل AYL	مجموع ارزش نسبی پنبه RVT _C
عاری از علف‌هرز Weed free	100:0	1.00	-	1.00	-	-	-	1.00
	75:25	0.49	0.09	0.60	-0.34	-0.62	-0.96	0.83
	50:50	0.19	0.41	0.60	-0.63	-0.18	-0.82	1.64
	25:75	0.04	0.67	0.71	-0.86	-0.11	-0.97	2.46
	0:100	-	1.00	1.00	-	-	-	3.77
آلوده به علف‌هرز Weed infest	100:0	1.00	-	1.00	-	-	-	1.00
	75:25	0.51	0.7	0.58	-0.32	-0.71	-1.03	1.33
	50:50	0.18	0.29	0.47	-0.65	-0.43	-1.08	3.89
	25:75	0.05	0.72	0.77	-0.80	-0.04	-0.84	8.66
	0:100	-	1.00	1.00	-	-	-	12.30

LER_C: Land equivalent ratio for cotton, LER_B: Land equivalent ratio for fodder beet, LER: Total land equivalent ratio, AYL_C: Actual yield loss for cotton, AYL_B: Actual yield loss for fodder beet, AYL: Total actual yield loss, RVT_C: Relative value total for cotton

عمدتاً بالاتر از ۳۰۰ هزار هکتار در کشور بود (۱۰)، اما پس از سال ۱۳۵۷ و خصوصاً در سال‌های اخیر به دلیل سیاست‌گذاری‌های نادرست در زمینه قیمت‌گذاری و همچنین محدودیت بودجه پنبه-کاران، سطح زیر کشت پنبه در کشور به شدت کاهش یافته است. پنبه به عنوان یک محصول با بازدهی اقتصادی پایین در بین کشاورزان مطرح هست (۳۷). به همین دلیل در سال‌های اخیر کشت مخلوط پنبه با سایر گیاهان زراعی به خصوص گیاهان علوفه‌ای یک‌ساله تابستانه، در بین کشاورزان منطقه خراسان رضوی گسترش یافته است. نتایج این آزمایش نشان داد که کشت مخلوط پنبه با چغندر علوفه‌ای می‌تواند در کاهش ریسک قیمت پنبه و افزایش درآمد اقتصادی کشاورزان مؤثر باشد.

مقادیر شاخص‌های رقابتی کشت مخلوط پنبه و چغندر علوفه‌ای در جدول (۷) نشان داده شده است. مقدار ضریب ازدحام نسبی نشان داد که در کشت مخلوط پنبه-چغندر علوفه‌ای، با توجه به اینکه مقادیر محاسبه شده برای این شاخص در همه نسبت‌های کشت مخلوط و نیز شرایط تداخل و عدم تداخل علف‌های هرز کمتر از یک بود، لذا نشان از کارایی کم کشت مخلوط در استفاده از منابع و نیز عدم سودمندی کشت مخلوط نسبت به کشت خالص هر یک از گیاهان می‌باشد (جدول ۷).

هر دو شاخص بیان شده از دیدگاه اکولوژیکی سودمندی کشت مخلوط را ارزیابی می‌کنند، اما شاخص مجموع ارزش نسبی بیان‌کننده وضعیت اقتصادی کشت مخلوط نسبت به کشت خالص هست. نتایج نشان داد که در شرایط عدم تداخل علف‌های هرز (به جز نسبت مخلوط ۷۵:۲۵ از پنبه-چغندر علوفه‌ای) مجموع ارزش نسبی بیشتری برای کشت مخلوط نسبت به کشت خالص پنبه مشاهده شد، به طوری که در نسبت مخلوط ۲۵:۷۵ از پنبه-چغندر علوفه‌ای، مقدار مجموع ارزش نسبی ۲/۵ برابر کشت خالص پنبه بود. همین نسبت در شرایط تداخل علف‌های هرز نشان‌دهنده مجموع ارزش نسبی ۸/۶ برابری کشت مخلوط نسبت به کشت خالص پنبه بود (جدول ۶).

در شرایط این آزمایش، دو شاخص نسبت برابری زمین و کاهش عملکرد واقعی نشان از برتری کشت خالص نسبت به کشت مخلوط پنبه - چغندر علوفه‌ای داشت، ولی شاخص مجموع ارزش نسبی بیان‌کننده برتری مخلوط نسبت به کشت خالص بود. سعید و همکاران (۳۰) گزارش کردند که سامانه‌های مختلف کشت مخلوط بر پایه پنبه در پاکستان، موجب افزایش ۳۰ تا ۴۰ درصدی درآمد خالص مزرعه شدند.

کل سطح زیر کشت پنبه در سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵ حدود ۷۹ هزار هکتار در کشور بوده است (۱). سطح زیر کشت پنبه در دهه ۵۰

جدول ۷- شاخص‌های رقابتی کشت مخلوط پنبه و چغندر علوفه‌ای تحت تأثیر تداخل و عدم تداخل علف‌های هرز

Table 7- Competitive indices of cotton-fodder beet intercropping affected by interference and non-interference with weeds

تداخل علف‌هرز Weed interference	نسبت کشت مخلوط پنبه - چغندر علوفه‌ای Cotton-Fodder beet proportion (%)	ضریب ازدحام نسبی پنبه K _C	ضریب ازدحام نسبی چغندر علوفه‌ای K _B	ضریب ازدحام نسبی کل K	شاخص غالبیت A	نسبت رقابت پنبه CR _C	نسبت رقابت چغندر علوفه‌ای CR _B
عاری از علف‌هرز Weed free	25:75	0.20	0.07	0.015	0.28	1.87	0.58
	50:50	0.10	0.27	0.028	-0.45	0.49	2.23
	75:25	0.03	0.41	0.011	-0.75	0.17	6.63
آلوده به علف‌هرز Weed infest	25:75	0.22	0.05	0.012	0.39	3.89	0.46
	50:50	0.10	0.17	0.017	-0.22	0.63	1.93
	75:25	0.04	0.42	0.016	-0.76	0.23	7.89

K_C: Relative Crowding Coefficient for Cotton, K_B: Relative Crowding Coefficient for Fodder beet, K: Total Relative Crowding Coefficient, A: Aggressivity, CR_C: Competitive Ratio for Cotton, CR_B: Competitive Ratio for Fodder beet

مخلوط چغندر قند با گیاهان سویا و بادرشو و ارزن، بیشترین سودمندی کشت مخلوط یا نسبت برابری زمین را به ترتیب در اختلاط با بادرشو (*Deracocephalum moldavica* L.) و سویا گزارش کردند. علی‌رغم نتایج بدست آمده در پژوهش حاضر، نتایج بسیاری از مطالعات حاکی از برتری کشت مخلوط نسبت به کشت خالص، البته در نسبت‌های خاصی از اختلاط دو گیاه می‌باشد، از جمله مرادی و همکاران (۲۹) در ارزیابی کشت مخلوط جانشینی پنبه و ذرت نشان دادند که عملکرد اقتصادی دو گیاه در کشت خالص، بدلیل تراکم بوته بیشتر، بالاتر از مخلوط بود. با این حال کشت مخلوط از نظر شاخص کارایی مصرف نور نسبت به کشت خالص برتری داشت. خزائی (۱۷) نیز نشان داد که نسبت برابری زمین در نسبت‌های مختلف کشت مخلوط چغندر-ذرت متفاوت است و بیشترین نسبت برابری زمین یا سودمندی کشت مخلوط در نسبت کاشت ۲۵:۷۵ (چغندر قند: ذرت) و ۱/۰۹ و در نسبت کاشت ۷۵:۲۵ (چغندر قند: ذرت) ۱/۰۸ بدست آمد. در مطالعه‌ای دیگر نیز بیان شد که در کشت مخلوط ذرت و لوبیا، بدلیل اینکه مقادیر محاسبه شده برای ضریب ازدحام نسبی، بیشتر از یک بدست آمد، لذا کشت مخلوط ذرت-لوبیا در هر دو شرایط کنترل و عدم کنترل علف‌های هرز، سودمندی داشت. بر اساس نتایج این محققین بیشترین سودمندی بر اساس ضریب ازدحام نسبی به تیمار کشت افزایشی ۴۰ درصد لوبیا در شرایط عدم کنترل علف‌های هرز بدست آمد (۲۱). در کشت مخلوط ذرت، سورگوم و ارزن (*Pennisetum glaucum* L.) با بادام زمینی، بیشترین مقدار ضریب

شاخص غالبیت نشان داد که در هر دو شرایط عدم تداخل و تداخل علف‌های هرز، در نسبت ۲۵:۷۵ از پنبه-چغندر علوفه‌ای، پنبه نسبت به چغندر علوفه‌ای غالبیت و یا چیرگی دارد اما در هر دو نسبت ۵۰:۵۰ و ۷۵:۲۵ از پنبه-چغندر علوفه‌ای، چیرگی متعلق به چغندر علوفه‌ای بود (جدول ۷). غالبیت در حالت‌های بیان شده با استفاده از شاخص نسبت رقابت نیز تأیید شد. شاخص نسبت رقابت پنبه در کشت مخلوط نشان داد که در نسبت ۲۵:۷۵ از پنبه-چغندر علوفه‌ای، پنبه قدرت رقابتی ۱/۸ برابری نسبت به چغندر علوفه‌ای در شرایط عدم تداخل علف‌های هرز و ۳/۹ برابری در شرایط تداخل علف‌های هرز دارد. در نسبت مساوی ۵۰:۵۰ از پنبه-چغندر علوفه‌ای، قدرت رقابتی چغندر علوفه‌ای دو برابر پنبه بود، و این شاخص در نسبت ۷۵:۲۵ از پنبه-چغندر علوفه‌ای، نشان‌دهنده قدرت رقابتی حداقل ۶/۶ برابری چغندر علوفه‌ای بود (جدول ۷). بطور کلی شاخص‌های رقابتی نشان دادند که چغندر علوفه‌ای نسبت به پنبه، در هر دو شرایط تداخل و عدم تداخل علف‌های هرز از قدرت رقابتی بالاتری برخوردار بود. این مساله احتمالاً به دلیل سرعت رشد بالاتر، عادت رشدی خوابیده، توانایی بالا در توسعه تاج‌پوش و پوشاندن سطح خاک چغندر علوفه‌ای نسبت به پنبه باشد.

بطور کلی مزایای کشت مخلوط تحت تأثیر ترکیب گیاهان موجود در مخلوط، تراکم گیاهی، نسبت اختلاط اجزای مخلوط و نیز الگوی کشت مخلوط (افزایشی یا جانشینی) قرار گیرد، و این مساله منجر به تفاوت در سودمندی کشت مخلوط گیاهان مختلف می‌شود (۱۲، ۱۳ و ۵). از جمله نتایج چوب فروش خوئی و همکاران (۶) در بررسی کشت

شاخص‌های ارزیابی کشت مخلوط و شاخص‌های رقابتی، کشت مخلوط پنبه-چغندر علوفه‌ای با الگوی اختلاط جانشینی فاقد سودمندی و لذا قابل توصیه نمی‌باشد. علی‌رغم این موضوع، این نظام کشت برای سال‌ها توسط کشاورزان مناطقی از استان خراسان رضوی (بویژه تربت جام) استفاده شده است و با شاخص‌های مدنظر آن‌ها، به‌ویژه شاخص‌های اقتصادی که در این پژوهش نیز بدان اشاره شد (مجموع ارزش نسبی)، کاملاً توجیه‌پذیر بوده است. لذا ادامه این پژوهش بویژه با سایر الگوهای کشت مخلوط، نظیر کشت مخلوط افزایشی، جالب توجه خواهد بود.

سیاسگزاری

هزینه‌های این پژوهش از محل اعتبارات طرح پژوهشی ۲/۳۰۴۹۵ و توسط معاونت محترم پژوهشی دانشگاه فردوسی مشهد تامین شده است که بدین‌وسیله سیاسگزاری می‌شود.

ازدحام نسبی از کشت مخلوط ذرت با بادام زمینی بدست آمد، که نشانگر سودمندی این کشت مخلوط بود (۱۲).

همانطور که اشاره شد، نتایج بسیاری از پژوهش‌ها حاکی از برتری نسبی کشت مخلوط گیاهان نسبت به کشت خالص آن‌ها می‌باشد، با این حال و بر اساس نتایج پژوهش حاضر به نظر می‌رسد قرارگیری دو گیاه چغندرعلوفه‌ای و پنبه در شرایط کشت مخلوط حداقل بصورت اختلاط جانشینی مورد استفاده در این پژوهش قابل توصیه نباشد. بر اساس شاخص‌های ارزیابی کشت مخلوط، وقوع رقابت شدید بر سر منابع مورد نیاز برای رشد بین دو گیاه، بویژه از سوی گیاه چغندرعلوفه‌ای، از دلایل اصلی و احتمالی کاهش شاخص‌های سودمندی کشت مخلوط پنبه-چغندر علوفه‌ای در این پژوهش شده است. شاید به همین دلیل هم هست که فشار وارده بر جمعیت علف‌های هرز در شرایط کشت مخلوط نیز، بدلیل درگیری شدید رقابتی بین اجزای مخلوط، نتوانست تاثیر معنی‌داری بر کنترل علف‌های هرز ایجاد کند.

نتیجه‌گیری

بطور کلی و بر اساس نتایج این پژوهش، با در نظر گرفتن اثرات کشت مخلوط پنبه-چغندر علوفه‌ای بر تراکم و وزن خشک علف‌های هرز، عملکرد و اجزای عملکرد گیاهان پنبه و چغندر علوفه‌ای و نیز

منابع

- Ahmadi K., Ebadzadeh H.R., Abdeslah H., Kazemian A., and Rafiei M. 2018. Agricultural Statistics; 2016-17 growing season (Vol.1). Iranian Ministry of Agriculture. 116 Pp. (In Persian)
- Akram Ghaderi F., Sirani S., Aghajari A.A.Gh., Sohrabi B., and Younesabadi M. 2006. Determination of the critical period of weed control in cotton (*Gossypium hirsutum*) in Gorgan. Iranian Journal of Agricultural Science 37: 167-175. (In Persian with English abstract)
- Banik P., Midya A., Sarkar B.K., and Ghose S.S. 2006. Wheat and chickpea intercropping systems in an additive series experiment: advantages and weed smothering. European Journal of Agronomy 24: 325-332.
- Barati Mahmoodi H., Jami Alahmadi M., Rashed Mohassel M.H., Mahmoodi S., and Shikhzadeh N. 2012. The Effect of integrated weed management (chemical and mechanical) on density and dry weight of weed and introduction of new herbicide (envoke) in cotton (*Gossypium hirsutum*) field in Birjand region. Iranian Journal of Field Crops Research 9: 176-181. (In Persian with English abstract)
- Buchanan G.A., and Burns E.R. 1970. Influence of weed competition on cotton. Weed Science 18: 149-154.
- Choubforoush Khoei B., Amini R., Dabbagh Mohammadi Nasab A., and Raei Y. 2020. Effect of soybean, moldavian balm and proso millet intercropping on growth characteristics and yield of sugar beet (*Beta vulgaris* L.). Journal of Agricultural Science 30: 41-58. (In Persian with English abstract)
- Dhima K.V., Lithourgidis A.S., Vasilakoglou I.B., and Dordas C.A. 2007. Competition indices of common vetch and cereal intercrops in two seeding ratio. Field Crops Research 100: 249-256.
- Doğan M.N., Jabran K., and Unay A. 2014. Integrated Weed Management in Cotton. Recent advances in weed management. Springer. 197-222 Pp.
- Fathollahzadeh Dizaji R., and Mirshekari B. 2014. Additive intercropping of marigold (*Calendula officinalis*) and mungbean (*Vigna radiata*): a strategy for yield improvement and weeds control. Research in Field Crop Journal 1: 56-68. (In Persian with English abstract)
- Food and Agriculture Organization (FAO). 2019. FAO Statistical. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Available at <http://www.fao.org/faostat/en/#data>.
- Frison E.A., Cherfas J., and Hodgkin T. 2011. Agricultural biodiversity is essential for a sustainable improvement

- in food and nutrition security. Sustainability 3: 238–253.
12. Ghosh P.K. 2004. Growth, yield, competition and economics of groundnut/cereal fodder intercropping systems in the semi-arid tropics of India. Field Crop Research 88: 227-237.
13. Hauggaard-Nielsen H., Jørnsgaard B., Kinane J., and Jensen E.S. 2008. Grain legume-cereal intercropping: the practical application of diversity, competition and facilitation in arable and organic cropping systems. Renew. Agricultural Food Systems 23: 3–12.
14. Jamshidi K., Mazaheri D., Majnoun Hosseini N., Rahimian Mashhadi H., and Peyghambari A. 2011. Investigation of corn/cowpea intercropping effect on suppressing the weeds. Iranian Journal of Field Crop Science 42: 233-241. (In Persian with English abstract)
15. Jayakumar M., and Surendran U. 2017. Intercropping and balanced nutrient management for sustainable cotton production. Journal of Plant Nutrition 40: 632-644.
16. Kandhro M.N., Tunio S., Rajpar I., and Chachar Q. 2014. Allelopathic impact of sorghum and sunflower intercropping on weed management and yield enhancement in cotton. Sarhad Journal of Agricultural Science 30: 311–318.
17. Khazaie M. 2015. The study of maize and Sugar beet intercropping. Journal of Crops Improvement 16: 987-997. (In Persian with English abstract).
18. Koochaki A., Nasiri Mahalati M., Moradi R., and Alizadeh Y. 2015. Effect of different nitrogen levels on yield and nitrogen use efficiency in corn-cotton intercropping. Iranian Journal of Field Crops Research 13: 1-13. (In Persian with English abstract)
19. Liebman M., and Dyck E. 1993. Crop rotation and intercropping strategies for weed management. Ecological Applications 3: 92–122.
20. Littell R.C., Stroup W.W., Milliken G.A., Wolfinger R.D., and Schabenberger O. 2006. SAS for mixed models. SAS Institute.
21. Mansouri L., Jamshidi K., Rastgoo M., Saba J., and Mansouri H. 2013. The effect of additive maize-bean intercropping on yield, yield components and weeds control in zanzan climate conditions. Iranian Journal of Field Crops Research 11: 483-492. (In Persian with English abstract)
22. Mardan poor F., Arian nia N., and Lorzadeh Sh. 2017. Effect of intercropping of maize and bean on growth weeds control and yield plant in Gotvand area. Journal of Plant Production Sciences 7: 32-40. (In Persian with English abstract)
23. Mead R., and Wiley R.W. 1980. The concept of a "Land Equivalent Ratio" and advantage in yields from intercropping. Experimental Agriculture 16: 217-228.
24. Mehni J., Mahdavi B., Azari A., Afkar S., and Hashemi S. 2020. Evaluation of yield and productivity indices of black cumin and fenugreek intercropping under weedy and weed-free conditions. Iranian Journal of Field Crop Science 51: 73-87. (In Persian with English abstract)
25. Mohler C.L., and Liebman M. 1987. Weed productivity and composition in sole crops and intercrops of barley and field pea. Journal of Applied Ecology 24: 685-699.
26. Moradi R., Koocheki A., 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. Journal of Crop Production and Processing 7: 47-59. (In Persian with English abstract)
27. Pannacci E., Lattanzi B., and Tei F. 2017. Non-chemical weed management strategies in minor crops: A review. Crop Protection 96: 44-58.
28. Rajab M.N., Salem A.K., and Abdel-Galil A.M. 2014. Increasing fodder beet productivity by intercropping with some field crops. Journal of Plant Production 5: 821-836.
29. Richardson R.J., Wilson H.P., and Hines T.E. 2007. Preemergence herbicides followed by Triflurysulfuron postemergence in cotton. Weed Technology 21: 1-6.
30. Saeed M., Shahid M.R.M., Jabbar A., Ullah E., and Khan MB. 1999. Agro-economic measurement of different cotton based inter-relay cropping system in two geometrical patterns. International Journal of Agriculture and Biology 4: 234–237.
31. Salimi H., Bazoubandi M., and Fereidoonpour M. 2010. Investigating different methods of integrated weed management in cotton (*Gossypium hirsutum* L.). Journal of Crop Production 3: 187-197. (In Persian with English abstract).
32. Shetty S.V.R., and Rao A.N. 1981. Weed management studies in sorghum/pigeonpea and pearl millet/groundnut intercrop systems-some observations. Pp 238-248 in International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics (ICRISAT). Proceedings of the International Work- shop on Intercropping, 10-13 January 1979, Hyderabad, India. ICRISAT, Patancheru, India.
33. Singh S. 2014. Sustainable weed management in cotton. Haryana Journal of Agronomy 30: 1-14.
34. Vandermeer J.H. 1992. The Ecology of Intercropping. Cambridge University Press.
35. Weeraratne L.V.Y., Marambe B., and Chauhan B.S. 2016. Intercropping as an effective component of integrated weed management in tropical root and tuber crops: A review. Crop Protection 95: 89-100.

36. Xia J.Y., Wang J., Cui J.J., Leffelaar P.A., Rabbinge R., and van der Werf W. 2018. Development of a stage-structured process-based predator-prey model to analyse biological control of cotton aphid, *Aphis gossypii*, by the seven spot ladybeetle, *Coccinella septempunctata*, in cotton. *Ecological Complexity* 33: 11-30.
37. Yazdani S., Shahbazi H., and Kavosi Kelashami M. 2011. Assessment of indirect production function and budget constraint in Khorasan provinces' cotton production. *Iranian Journal of Agricultural Economics and Development Research* 41: 425-433. (In Persian with English abstract).
38. Zand E., Baghestani M.A., Nezamabadi N., Shimi P., and Mousavi S.K. 2017. A Guide to Chemical Control of Weeds in Iran. Jahad e Daneshgahi Mashhad Press. 224 Pp. (In Persian)
39. Zhang L.Z., Van der Werf W., Zhang S.P., Li B., and Spiertz J.H.J. 2007. Growth, yield and quality of wheat and cotton in relay strip intercropping systems. *Field Crops Research* 103: 178-188.



Evaluation of Competitive Indices and Cultivation Efficiency of Cotton-Fodder Beet Intercropping under Weed Interference Conditions

M. Rastgoo^{1*}– G.A. Asadi²– A. Dorpoor³– S. Rahimi⁴

Received: 27-09-2020

Accepted: 10-05-2021

Introduction: Intercropping involves growing more than one crop in the same field at the same time. Intercropping increase diversity in the cropping system and enhance the utilization of resources such as light, heat and water. This practice can also help to suppress weeds and increase the likelihood of being able to reduce herbicide use in the cropping system. Alternatively, in organic systems where herbicides are not used, intercropping can reduce the yield loss potential and provide stability in the system. In recent years, native cotton growers in Khorasan region, especially in Torbat-e Jam region, using the intercropping of cotton-fodder beet (*Beta vulgaris* subsp. *vulgaris* L.), while facilitating the growth of fodder beet plant providing forage for livestock and increasing land income in the cotton crop. Placement of fodder beet plants in or between rows of cotton cultivation accelerates the conquest of space and resources compared to cotton monoculture. Little information is available on the cultivation of fodder beet - cotton intercropping and its effects on the yield of both plants, as well as the potential of this crop system in weed control. Therefore, this experiment was designed with the aim of the effect of cotton- fodder beet intercropping on weed control and evaluation of intercropping and competitive indices in Mashhad region.

Materials and Methods: In order to evaluate the effect of cotton-fodder beet intercropping on weed suppression, a split factorial experiment was conducted based on a randomized complete block design with three replications at Ferdowsi University of Mashhad research farm. Treatments include intercropping pattern at two levels of inter-row and intra-row intercropping and the ratio of cotton-fodder beet substitution intercropping at five levels including 75: 25, 50: 50, 25: 75 and monoculture of cotton and fodder beet as the main factor and weed interference at two levels including weeding and non-weeding throughout the weed season as a secondary factor. Land equivalent ratio for cotton, land equivalent ratio for fodder beet, total land equivalent ratio, actual yield loss for cotton, actual yield loss for fodder beet, total actual yield loss, relative value total for cotton, relative crowding coefficient for cotton, relative crowding coefficient for fodder beet, total relative crowding coefficient, aggressivity, competitive ratio for cotton, and competitive ratio for fodder beet were the indices which calculated and used as a basis for the evaluation of cotton – fodder beet intercropping.

Analysis of variance was performed using generalized linear models through GLMMIX procedure in SAS 9.4 software environment. The effect of three factors: intercropping pattern, intercropping ratio and weed interference and their interaction with each other were considered as fixed effects and block and block effect, mixed intercropping pattern, intercropping ratio and total error were considered as random variables in the model. Comparison of means of the simple effects of factors and their interaction were performed using the least squares mean comparison method in the same procedure.

Results and Discussion: The results showed that the effect of intercropping pattern and intercropping proportion on total weed density was not significant, but was significant on total dry weight of weeds, although it was still not significant compared to monoculture of cotton. Accordingly, at a 25: 75 crop proportion of cotton - fodder beet, the dry weight of weeds was lower than other intercropping proportion. Also, the effect of intercropping pattern on both crop traits was not significant, but the ratio of intercropping on cotton and fodder beet traits was significant. In terms of interference or non-interference of weeds, at least 50% reduction in cotton lint yield and 83% reduction in fodder beet root yield was observed in intercropping conditions, compared to monoculture of each plant. The two indices of land equivalent ratio and actual yield loss showed the superiority of cotton monoculture over intercropping, but the relative value total index expressed the superiority of cotton-fodder beet intercropping over cotton monoculture. So that intercropping of cotton-fodder beet with a ratio of 75:25, in the presence and absence of weeds, the relative value total increased by 2.5 and 8.6 times, respectively, of cotton monoculture. Competitive indices including relative crowding coefficient, competition ratio and aggressivity index showed that fodder beet has higher competitive power than cotton. In general, the results of this experiment showed that cotton-beet forage intercropping, although it had no significant effect on weed

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

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

DOI: 10.22067/JPP.2021.32834.0

control, is still recommended in terms of mixed crop evaluation indicators.

Conclusion: In general, the results of this experiment showed that the cotton-fodder beet intercropping, as replacement pattern, had no significant effect on weed control, and considering that it was suitable only in terms of one of the evaluation indices (relative value total), it is not generally recommendable.

Keywords: Lint yield, Relative value total, Replacement series



مقاله پژوهشی

اثر رقابت اندام‌های هوایی و زیر زمینی علف‌هرز خردل وحشی (*Sinapis arvensis*) بر رشد و عملکرد ارقام گندم (*Triticum aestivum*)

عادل مدحج^{*}

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۲/۲۸

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۲/۳۱

چکیده

این آزمایش به منظور بررسی اثر رقابت اندام‌های هوایی و زیر زمینی علف‌هرز خردل وحشی بر رشد و عملکرد ارقام گندم، بصورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در دانشکده کشاورزی دانشگاه آزاد واحد شوشتر در سال ۱۳۹۵ اجرا شد. رقابت ریشه، اندام‌های هوایی و رقابت کامل (رقابت توام ریشه و اندام‌های هوایی) و شاهد (گیاه زراعی بدون علف‌هرز) و سه رقم گندم چمران، کریم و وریناک به عنوان عوامل آزمایشی مورد بررسی قرار گرفتند. اثر رقابت خردل وحشی بر عملکرد دانه و برخی صفات مورفولوژیکی گندم ارزیابی شد. نتایج نشان داد، در رقابت توام اندام‌های هوایی و ریشه نسبت به هر کدام از رقابت‌های اندام هوایی و ریشه به صورت جداگانه، کاهش عملکرد دانه گندم و اکثر صفات مورد ارزیابی بیشتر بود، بطوری که بیشترین درصد کاهش ارتفاع بوته (۲۲/۱۰ درصد)، طول ریشه (۴۰/۶۰ درصد)، تعداد پنجه بارور در بوته (۵۲/۳۳ درصد)، طول سنبله (۳۷/۶۷ درصد)، تعداد دانه در سنبله (۴۱/۷۱ درصد)، تعداد سنبله در واحد سطح (۲۱/۳۹ درصد)، وزن هزار دانه (۲۷/۸۷ درصد)، عملکرد دانه (۶۹/۷۹ درصد) و عملکرد بیولوژیکی (۴۲/۴۸ درصد) در شرایط رقابت کامل (رقابت توام ریشه و اندام‌های هوایی) علف‌هرز خردل وحشی با رقم وریناک مشاهده شد. بطور کلی رقم چمران به دلیل داشتن عملکرد اقتصادی بیشتر در شرایط عاری از علف‌هرز و شرایط تداخل می‌تواند به عنوان یک رقم رقیب در عملیات زراعی و ویژگی‌های آن در برنامه‌های به نژادی مورد استفاده قرار گیرد که البته این موضوع نیازمند مطالعات تکمیلی می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: تداخل، قدرت رقابتی ارقام، مدیریت غیرشیمیایی، ویژگی‌های رشدی

مقدمه

بهبود مدیریت علف‌های هرز، از طریق کاربرد علف‌کش‌های شیمیایی در نیمه دوم قرن بیستم باعث افزایش تولید در کشورهای توسعه یافته شد (۱۷). کاربرد وسیع علف‌کش‌ها منجر به ظهور بیوتیپ‌های مقاوم شده، که اغلب سبب افزایش هزینه کنترل علف‌های هرز و خسارت به گیاه زراعی گردیده است (۱۱). امروزه راهبردهای جامع مدیریت علف هرز به سمت کاهش مقدار مصرف علف‌کش و مدیریت تلفیقی علف‌های هرز جهت‌گیری شده است (۸). آلودگی‌های زیست محیطی ناشی از کنترل شیمیایی و عدم وجود علف‌کش انتخابی برای بسیاری از علف‌های هرز، بر ضرورت توجه به روش‌های جایگزین افزوده است (۹). برخی از این روش‌ها شامل

کنترل مکانیکی، افزایش تراکم (۱۱، ۱۳ و ۱۹)، کاهش فاصله ردیف‌های کاشت (۲۸) و استفاده از ارقام با قدرت رقابتی بالا در برابر علف‌های هرز (۱۹ و ۲۵) است.

خردل وحشی (*Sinapis arvensis* L.) یکی از مهمترین علف‌های هرز پهن برگ مشکل‌ساز در مزارع غلات به شمار می‌رود. با توجه به شرایط اقلیمی ایران، این علف‌هرز عمدتاً در کشت‌های پاییزه نظیر گندم (*Triticum aestivum* L.)، جو (*Hordeum vulgare* L.) و کلزا (*Brassica napus* L.) ایجاد خسارت می‌کند. میزان خسارت خردل وحشی به گندم در برخی تحقیقات تا ۳۵ درصد گزارش شده است (۳۷). جوانه‌زنی سریع در پاییز و تحت شرایط سرما و رشد سریع آن در ابتدای بهار باعث افزایش توان رقابتی این علف‌هرز با گیاه زراعی می‌شود. در اکثر مناطق دنیا، پایداری بانک بذر، قدرت رقابتی بالا، زادآوری زیاد و مقاومت به علف‌کش‌ها، از مهمترین مشکلات کنترل خردل وحشی به شمار می‌روند. همچنین، عدم کنترل آن در گونه‌های زراعی علاوه بر کاهش عملکرد، کیفیت محصول را نیز تحت تأثیر قرار می‌دهد (۳۷).

۱- دانشیار گروه شناسایی و مبارزه با علف‌های هرز، واحد شوشتر، دانشگاه آزاد اسلامی، شوشتر، ایران

(*)- نویسنده مسئول: (Email: adelmodhej2006@yahoo.com)

DOI: 10.22067/JPP.2021.69400.1019

کاهش وزن هزار دانه و عملکرد دانه گندم شد. همچنین در مطالعاتی دیگر، کاهش وزن هزار دانه گندم توسط دیانت و همکاران (۹) و کاهش وزن هزار دانه کلزا توسط نادری و غدیری (۲۱) در پی رقابت با خردل وحشی گزارش شده است.

با توجه به مطالب ذکر شده، تحقیق حاضر با هدف کلی ارزیابی توانایی رقابتی ارقام گندم با علف‌هرز خردل وحشی و همچنین، اثر این گونه علف‌هرز بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم به منظور انتخاب بهترین رقم گندم رقیب با این علف‌هرز انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در سال زراعی ۹۵-۱۳۹۴ در دانشکده کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد شوشتر به صورت گلدانی در شرایط فضای آزاد در مزرعه انجام شد. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی و در سه تکرار بود. در این آزمایش نوع رقابت به عنوان عامل اول شامل رقابت اندام‌های هوایی علف‌هرز خردل وحشی با ارقام گندم (C1)، رقابت اندام‌های زیرزمینی علف‌هرز خردل وحشی با ارقام گندم (C2)، رقابت کامل (رقابت توأم اندام‌های هوایی و زیرزمینی) علف‌هرز خردل وحشی با ارقام گندم (C3)، تیمار شاهد (گیاه زراعی گندم بدون علف‌هرز) (C4) و ارقام گندم به عنوان عامل آزمایشی دیگر شامل ارقام چمران (V1)، کریم (V2) و وریناک (V3) بود.

خاک گلدان دارای بافت سیلتی رسی (شامل شش درصد شن، ۴۲ درصد لای و ۵۲ درصد رس) با هدایت الکتریکی شش میلی‌موس بر سانتی‌متر و $pH = 7/8$ در منطقه فعال ریشه بود. گیاهان در گلدان‌های مستطیل شکل از جنس پلاستیک و به ابعاد ۰/۱۵ متر مربع (50×30 سانتی‌متر و ارتفاع ۵۰ سانتی‌متر) کاشته شدند. خاک مورد استفاده در هر گلدان از یک سوم کود حیوانی، یک سوم خاک زراعی و یک سوم ماسه تشکیل شد. برای کوددهی به میزان ۰/۳ گرم کود فسفر و ۳/۷۵ گرم کود اوره به خاک گلدان‌ها اضافه گردید. نیمی از کود نیتروژن به صورت پایه با خاک گلدان‌ها مخلوط شد و نیم دیگر در ابتدای مرحله ساقه‌رفتن ($Z_{3.1}$) به صورت محلول در آب مصرف گردید. بذر گندم بر اساس تاریخ کاشت مطلوب در منطقه و در یکم آذرماه کاشته شد. در این آزمایش در هر گلدان تعدادی بذر گندم و تعدادی بذر خردل وحشی به صورت همزمان کاشته شد که در نهایت پس از سبز شدن و تنک کردن بوته‌های اضافی، ۲۰ بوته گندم (در سه ردیف و به عمق کاشت ۱-۰/۵ سانتی‌متر) باقی ماند و در هر گلدان با توجه به سطوح فاکتورها نسبت به اعمال تیمارها اقدام شد. به منظور شکست خواب و افزایش درصد جوانه‌زنی بذر خردل وحشی از روش سرمادهی مرطوب به مدت دو هفته استفاده شد.

لمیرل و همکاران (۱۸) بررسی جامعی در خصوص پیشرفت‌های ژنتیکی و زراعی که باعث افزایش قدرت رقابت ارقام گندم در مقابل علف‌های هرز می‌شوند انجام داده و بیان کردند که با شناخت مهمترین ویژگی‌های رقابتی گیاه زراعی در برنامه‌های به نژادی، می‌توان ارقام با قدرت رقابت بالا را به عنوان یکی از اجزای برنامه‌های مدیریت تلفیقی علف‌های هرز در نظر گرفت. نتایج تحقیقات مختلف حاکی از اثر منفی علف‌های هرز بر گیاهان زراعی است (۱۱، ۱۳، ۱۹ و ۲۸). در بررسی شانزده رقم گندم بهاره مشاهده شد که ارقام گندم از نظر توانایی رقابت با دو علف‌هرز خردل وحشی و یولاف وحشی (*Avena spp.*) متفاوت بوده و متوسط کاهش عملکرد گندم در حضور این دو علف‌هرز، از ۴۵ تا ۵۹ درصد گزارش شد (۱۴). همچنین تحقیقات زند و بکی (۴۰) نشان داد که تنوع قابل ملاحظه‌ای در قدرت رقابتی ارقام مختلف کلزا در رقابت با علف‌های هرز وجود داشته و ارقام با شاخص سطح برگ بالا و ارتفاع بوته بیشتر دارای توانایی رقابت بالاتری با علف‌هرز بودند. در یک تحقیق گزارش شد که ارقام گندم با ارتفاع بوته بیشتر نسبت به ارقام کوتاه‌تر قابلیت رقابتی بالاتری داشته و زیست توده علف‌هرز را بیشتر کاهش داده است (۳۳). باغستانی و زند (۳) گزارش دادند که بیشتر بودن ارتفاع بوته ارقام گندم می‌تواند از طریق سایه‌اندازی بر علف‌های هرز و توانایی بیشتر در جذب نور، یکی از دلایل بالا بودن شاخص رقابت در مقابل علف هرز یولاف وحشی (*Avena ludoviciana*) باشد و نیز نشان دادند که ارقام پاکوتاه قابلیت رقابت کمتری داشته و ارتفاع بوته از شاخص‌هایی است که می‌تواند در ارزیابی قدرت رقابتی ژنوتیپ‌ها مورد استفاده قرار گیرد. آرمین و اصغر پور (۲) اظهار داشتند که افزایش تراکم یولاف وحشی از طریق کاهش تعداد پنجه بارور و تعداد سنبله در مترمربع منجر به کاهش عملکرد گندم شد. رحیمیان و همکاران (۲۶) در مطالعه‌ای گزارش کردند که کمترین کاهش عملکرد در گندم رقم مهدوی و بیشترین کاهش عملکرد در رقم کرج مشاهده شد. در مطالعه‌ای دیگر گزارش شد که حضور دو علف هرز خردل وحشی و سلمه تره (*Chenopodium album*) در مجاورت گندم سبب کاهش قدرت پنجه‌زنی و نیز تعداد پنجه‌های بارور گندم شد که اثر منفی معنی‌داری بر تعداد سنبله در مترمربع داشت (۱۶). ویلیامز و محمد (۳۸) در بررسی اثر خارلته (*Cirsium arvense*) بر اجزای عملکرد گندم بهاره گزارش کردند که این علف‌هرز باعث کاهش تعداد سنبله در واحد سطح و نیز تعداد بذر در هر سنبله شد. کوزنس و همکاران (۷) نیز بیان داشتند که افزایش تراکم یولاف وحشی از طریق سایه‌اندازی و کاهش نفوذ نور به کانوپی گیاه اثر منفی بر تعداد دانه در سنبله گندم داشت. صفاهانی لنگرودی و همکاران (۳۲) گزارش کردند که وزن هزار دانه کلزا تحت تأثیر تیمارهای تداخل با علف‌هرز خردل وحشی قرار گرفت. اولسون و همکاران (۲۳) نشان دادند که خردل وحشی به طور معنی‌داری موجب

جدول ۱- ویژگی ارقام گندم مورد مطالعه در آزمایش

Table 1- Wheat cultivars characteristics

نوع رقم Cultivars	ویژگی Characteristic
چمران Chamran	بهاره، مقاوم به ورس، متوسط رس، ارتفاع بوته ۹۵-۱۰۰، متحمل به گرما و خشکی آخر فصل Spring wheat, resistant to lodging, middle season, plant height 95-100 cm, tolerant to late season heat and drought stress
وریناک Verinak	بهاره، زودرس، متحمل به تنش خشکی و گرمای پایان فصل، ارتفاع بوته حدود ۸۵-۸۰ Spring wheat, tolerant to late season heat and drought stress, plant height 80-85 cm
کریم Karim	بهاره، نسبتاً زودرس، متحمل به گرما و خشکی پایان فصل، ارتفاع بوته حدود ۸۵ سانتی‌متر، مقاوم به ورس Spring wheat, relatively early season, tolerant to late season heat and drought stress, plant height 85 cm, resistant to lodging

مرحله ساقه رفتن از تعداد سه بوته توسط دست و با دقت بالا پس از قرار دادن در آب جهت شناور شدن آن‌ها توسط خط‌کش با دقت زیاد اندازه‌گیری شدند.

در نهایت داده‌ها با استفاده از برنامه آماری MSTAT-C مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. مقایسه میانگین تیمارها در سطح احتمال پنج درصد به روش آزمون دانکن انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر تیمار رقابت علف‌هرز با ارقام گندم، نوع رقم و برهمکنش آن‌ها بر صفات مورفولوژیکی، وزن دانه در متر مربع و اجزای عملکرد گندم معنی‌دار شد (جدول‌های ۲ و ۳).

صفات مورفولوژیکی

ارتفاع بوته

نتایج این آزمایش نشان داد که رقم وریناک در کلیه تیمارهای آزمایشی از ارتفاع بوته کمتری برخوردار بود (جدول ۴). بیشترین میانگین ارتفاع بوته در کلیه تیمارهای رقابت با علف‌هرز در رقم چمران مشاهده شد که این امر برتری رقم چمران را نسبت به ارقام کریم و وریناک در جریان رقابت نشان داد. ارتفاع بیشتر ساقه در رقم چمران منجر بهره‌مندی این رقم از نور شد و در رقابت با علف‌هرز خردل وحشی کمتر خسارت دید. بیشترین میزان کاهش ارتفاع بوته هر سه رقم گندم در تیمار رقابت همزمان اندام‌های هوایی و زیر زمینی مشاهده شد (جدول ۴). به نظر می‌رسد کاهش بیشتر ارتفاع بوته در برهمکنش دو نوع رقابت می‌تواند در اثر رقابت برای نور، آب و مواد غذایی باشد که در رقابت توأم اندام‌های هوایی و ریشه رشد گیاه را تحت تأثیر قرار دهد و به همین دلیل ارتفاع در این تیمارها نسبت به تیمارهای رقابتی که اندام هوایی یا ریشه به تنهایی اعمال

در تیمارهایی که رقابت اندام‌های هوایی گیاه زراعی و علف‌هرز مطرح بود، قبل از کاشت در داخل خاک موانعی از ورقه‌های آلومنیوم با عمق ۴۰ سانتی‌متر ایجاد شد تا ریشه گیاهان با یکدیگر تماس نداشته باشند و در تیمارهایی که فقط رقابت اندام‌های زیرزمینی مطرح بود پس از سبز شدن گیاهان موانعی با استفاده از پلاستیک شفاف برای جلوگیری از رقابت اندام‌های هوایی به ارتفاع ۸۰ سانتی‌متر روی ردیف‌های کاشت ایجاد شد. بذور خردل وحشی بین بوته‌های گندم کاشته شد و پس از سبز شدن بذور علف‌هرز، عملیات تنک کردن به منظور رسیدن به تراکم مورد نظر (۲ بوته در گلدان و به عمق کاشت ۵/۵ سانتی‌متر) انجام شد. به منظور کنترل سایر علف‌های هرز به صورت وجین دستی اقدام گردید و برای آبیاری گلدان‌ها بر حسب نیاز آبی هر گلدان بر اساس ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی (به میزان حدود ۱/۵ متر مکعب برای هر گلدان) اقدام شد.

در پایان فصل رشد طول سنبله و ارتفاع بوته با استفاده از خط‌کش و از سطح خاک تا انتهای سنبله مورد محاسبه قرار گرفت. در انتهای مرحله پنجه‌زنی و قبل از شروع مرحله ساقه‌روی در مرحله ۲۹ زادوکس توتمن در اوایل دی‌ماه تعداد پنجه‌ها در تمامی بوته‌ها شمارش و میانگین‌گیری شد. در مرحله رسیدگی نهایی برای تعیین تعداد سنبله در واحد سطح از هر گلدان به مساحت ۰/۱۵ متر مربع، چهار بوته انتخاب و تعداد سنبله در هر بوته شمارش و در نهایت میانگین‌گیری گردید. همچنین از این چهار بوته، تعداد دانه در سنبله از طریق شمارش بدست آمد. به منظور محاسبه وزن هزار دانه، دو نمونه ۵۰۰ تایی به صورت تصادفی از توده‌های بذور هر تیمار توسط دستگاه شمارشگر مدل WAE-Digital تعیین و بر حسب گرم با ترازوی دقت ۰/۰۰۱ توزین شدند. در مرحله رسیدگی پس از برداشت و شمارش تعداد سنبله در هر گلدان میانگین وزن دانه در واحد معادل یک متر مربع محاسبه شد. همچنین پس از خشک کردن اندام‌های هوایی در آون با دمای ۶۸ درجه به مدت ۷۲ ساعت، وزن خشک زیست توده در واحد یک متر مربع تعیین گردید. طول ریشه‌ها در

مغلوب شده و سایر عوامل رشد را تحت تأثیر قرار می‌دهد، در این میان آرایش سایه‌انداز گیاه زراعی و علف‌هرز به ویژه ارتفاع گیاه، تعیین کننده رقابت برای نور بوده و عامل موثر بر عملکرد گیاه زراعی به شمار می‌رود. همچنین، کنت و کریک لند (۱۵) اظهار داشتند که ارتفاع بالاتر علف‌هرز منجر به کاهش نفوذ نور به درون کانوپی گندم شده و روند پیر شدن برگ‌های گندم را تسریع و سهم برگ در انتقال مواد غذایی به دانه‌ها را به حداقل می‌رساند.

شدند، کاهش بیشتری نشان داد. در مجموع ارتفاع از شاخص‌هایی است که می‌تواند در ارزیابی قدرت رقابتی ارقام مورد استفاده قرار گیرد. سیاهپوش و همکاران (۳۴) در بررسی‌های خود به این نتیجه دست یافتند که علف‌هرز خردل وحشی در مزرعه گندم به طور معنی‌داری موجب کاهش ارتفاع بوته در گندم شد. کوزنس و همکاران (۷) بیان داشتند که افزایش تراکم، در اثر تداخل علف‌هرز با گیاه زراعی موجب رقابت برای نور و کاهش نور موثر در فتوسنتز گیاه

جدول ۲- آنالیز واریانس اثر رقابت اندام‌های زیرزمینی و هوایی خردل بر ویژگی‌های مورفولوژیکی ارقام گندم

Table 2- ANOVA of shoot and root competition effect of wild mustard on morphological characteristics of wheat cultivars

منابع تغییرات		درجه آزادی	ارتفاع بوته	طول ریشه	تعداد پنجه	طول سنبله
Source of Variations		DF	Plant height	Root Length	Number of tillers	Spike length
تکرار	Replication	2	10.21	1.21	0.52	1.93
نوع رقابت (A)	Competition (A)	3	80.21**	12.10**	3.34**	5.60**
رقم (B)	Cultivar (B)	2	83.63**	11.18**	4.38**	6.48**
A × B	A × B	6	81.28**	12.88**	3.74**	5.47**
خطا	Error	22	15.94	1.79	0.8	1.70
CV%		-	10.3	10.3	10.1	9.7

** : معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد **: Significant at 1% levels

جدول ۳- آنالیز واریانس اثر رقابت اندام‌های زیرزمینی و هوایی خردل وحشی بر اجزای عملکرد دانه ارقام گندم

Table 3- ANOVA of shoot and root competition effect of wild mustard on yield components of wheat cultivars

منابع تغییرات		درجه آزادی	تعداد دانه در سنبله	تعداد سنبله در متر مربع	وزن هزار دانه	وزن دانه در متر مربع	زیست توده در متر مربع
Source of variations		df.	Grain number per spikes	Spikes number Per m ²	1000-grain weight	Grain weight per m ²	Biomass per m ²
تکرار	Replication	2	2.66	10.49	3.67	36.82	168.29
نوع رقابت (A)	Competition (A)	3	18.78**	316.73**	28.10**	498.19**	1840.45**
رقم (B)	Cultivar (B)	2	19.49**	311.45**	31.36**	476.58**	1811.62**
A × B	A × B	6	19.12**	314.91**	29.82**	480.34**	1832.37**
خطا	Error	22	3.24	15.94	5.41	76.32	217.14
CV %		-	10.4	11.8	9.15	10.8	11.7

** : معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد **: Significant at 1% levels

سانتی‌متر در رقم وریناک و تیمار رقابت اندام‌های هوایی و زیرزمینی علف‌هرز خردل وحشی بود (جدول ۴). به نظر می‌رسد، اندام‌های زیرزمینی علف‌هرز در ابتدای دوره رویشی گیاه و در ادامه نیز حجم اندام هوایی بر توسعه سیستم ریشه‌ای اثرگذار بوده و هنگامی که اثر

طول ریشه طوقه‌ای

بررسی اثر رقابت علف‌هرز خردل وحشی با ارقام گندم بر طول ریشه طوقه‌ای نشان داد بیشترین طول با ۱۳/۳ سانتی‌متر در رقم چمران و تیمار شاهد بدون رقابت و کمترین طول ریشه با ۷/۹

اندام هوایی و زیر زمینی به طور همزمان بر طول ریشه بررسی گردید مشاهده شد که بیشترین اثرگذاری را بر ریشه داشتند. همچنین زمانی که واکنش اندام‌های زیرزمینی و هوایی علف‌هرز به طور مجزا ارزیابی گردید، تیمار رقابت اندام زیرزمینی اثر منفی بیشتری بر ریشه داشت. در یک تحقیق گزارش شده است که طول ریشه گندم در رقابت با علف هرز *Alopecurus myosuroides* به دلیل رقابت برای جذب آب و مواد غذایی به طول معنی‌دار کاهش یافت. در این تحقیق مشخص شد که در هنگام کاهش میزان مواد غذایی خاک، اثر منفی رقابت علف‌هرز بر طول ریشه گندم کمتر بود (۱۲).

تعداد پنجه

نتایج بررسی اثر رقابت علف‌هرز خردل وحشی با ارقام گندم نشان داد که اندام هوایی (۳۳/۳۳) درصد کاهش نسبت به شاهد) در مقایسه با اندام زیرزمینی (۱۹/۰۴) درصد کاهش نسبت به شاهد) اثر بیشتری بر تعداد پنجه بارور در گیاه زراعی داشت. به نظر می‌رسد اندام‌های

هوایی گیاه زراعی و علف‌هرز رقابت شدیدی برای رشد و نمو داشتند. نتایج برهمکنش نشان داد که بیشترین تعداد پنجه بارور در رقم چمران و تیمار شاهد و کمترین تعداد پنجه در تیمار رقابت اندام‌های هوایی و زیرزمینی علف‌هرز خردل وحشی با رقم وریناک حاصل شد (جدول ۴). رقم چمران در تمامی تیمارهای رقابتی از تعداد پنجه بیشتری نسبت به دو رقم کریم و وریناک برخوردار بود. اگرچه تفاوت این رقم با رقم کریم در کلیه تیمارها معنی‌دار نبود. به اعتقاد برخی محققان افزایش رقابت و محدودیت فضای رشد عامل کاهش پنجه‌زنی گندم در شرایط رقابت است. به‌طوری‌که در اثر رقابت بین گونه‌ای و درون گونه‌ای و از طریق کاهش تعداد پنجه‌های بارور و افزایش میزان مرگ و میر پنجه‌ها، عملکرد نهایی گندم کاهش می‌یابد (۱ و ۳۰). آرمین و اصغری‌پور (۲) اظهار داشتند که افزایش تراکم یولاف وحشی از طریق کاهش تعداد پنجه بارور و تعداد سنبله در متر مربع منجر به کاهش عملکرد گندم شد.

جدول ۴- مقایسه میانگین اثر برهمکنش تیمارهای رقابت ویژگی‌های مورفولوژیک ارقام گندم

Table 4- Mean comparisons of interaction effects of competition treatments on morphological characteristics of wheat cultivars

نوع رقابت Type of competition	نوع رقم Type of Cultivar	ارتفاع بوته Plant height (cm)	طول ریشه Root Length (cm)	تعداد پنجه در بوته Number of tillers/plant	طول سنبله Spike Length (cm)
C1	چمران Chamran	88.3 ^{cd}	11.4 ^{cd}	1.4 ^{de}	9.2 ^{de}
	کریم Karim	83.4 ^{ef}	10.8 ^{de}	1.32 ^{ef}	8.69 ^e
	وریناک Verinak	79.8 ^{fg}	10.2 ^{ef}	1.25 ^{fg}	8.22 ^e
C2	چمران Chamran	93.3 ^{ab}	10.1 ^{ef}	1.7 ^{bc}	10.4 ^b
	کریم Karim	88.4 ^{cd}	9.5 ^{fg}	1.61 ^c	9.83 ^c
	وریناک Verinak	83.1 ^{ef}	9.0 ^{gh}	1.52 ^{cd}	9.29 ^{cd}
C3	چمران Chamran	83.2 ^{ef}	8.9 ^{ghi}	1.1 ^{gh}	8.1 ^e
	کریم Karim	78.1 ^{fg}	8.4 ^{hi}	1.04 ^h	7.65 ^f
	وریناک Verinak	74.2 ^g	7.9 ⁱ	0.98 ^j	7.23 ^f
C4 (Control)	چمران Chamran	95.1 ^a	13.3 ^a	2.1 ^a	11.6 ^a
	کریم Karim	90.3 ^{bc}	12.6 ^{ab}	1.98 ^{ab}	10.96 ^b
	وریناک Verinak	85.5 ^{de}	11.9 ^{bc}	1.88 ^{bc}	10.36 ^b

در هر ستون، میانگین‌های دارای حروف مشترک بر مبنای آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

Means within a column followed by the same letter are not significantly different at the 5% level according to Duncan's multiple range test.

تیمارهای رقابت: رقابت اندام هوایی خردل وحشی با ارقام گندم (C1)، رقابت اندام‌های زیرزمینی خردل وحشی با ارقام گندم (C2)، رقابت اندام‌های هوایی و زیرزمینی خردل وحشی با ارقام گندم (C3) و شاهد (C4)

Competition of treatments: Competition between shoot of weed and wheat (C1), Competing underground parts of weed and wheat (C2), Competition between shoot and underground parts of wild mustard and wheat (C3), and the Control cultivars (C4).

طول سنبله

نتایج مقایسه میانگین برهمکنش تیمارها بر صفت طول سنبله نشان داد بیشترین طول سنبله با ۱۱/۶ سانتی‌متر در رقم چمران و تیمار شاهد و کمترین مقدار این صفت با ۷/۲۳ سانتی‌متر در رقم وریناک و رقابت اندام‌های هوایی و زیرزمینی علف هرز خردل وحشی مشاهده شد (جدول ۴). افزایش ارتفاع خردل وحشی نسبت به گندم می‌تواند باعث سایه اندازی و در نتیجه کاهش فتوسنتز، اختصاص مواد به سنبله و طول سنبله و تعداد دانه در سنبله شود (۲۰).

صفات مربوط به اجزای عملکرد گندم

تعداد دانه در سنبله

نتایج مقایسه میانگین برهمکنش تیمارها نشان داد که بیشترین کاهش این صفت (۴۰/۹۵ درصد نسبت به شاهد) در رقم وریناک و تیمار رقابت اندام‌های هوایی و زیرزمینی علف هرز خردل وحشی با ارقام گندم به دست آمد (جدول ۵). تعداد دانه در سنبله در ارقام مختلف گندم در واکنش به عوامل مختلفی از جمله ژنتیک، شرایط محیط از جوانه‌زنی تا تشکیل دانه، قدرت پنجه‌زنی و تولید پنجه‌های بارو است. مصادف شدن آهنگ رشد سریع ارتفاع خردل وحشی با مراحل گرده‌افشانی گندم، سایه‌اندازی اعمال شده از سوی برگ‌ها و توده انبوه اندام‌های تولید مثلی این علف هرز به ویژه ارتفاع بیشتر آن، از جمله دلایل کاهش تعداد دانه در سنبله گندم به شمار می‌رود (۲۷). سیاهپوش و همکاران (۳۴) به این نتیجه دست یافتند که علف‌هرز خردل باعث کاهش معنی‌دار تعداد دانه در سنبله در گندم شد. در یک تحقیق مشاهده شد که رقابت خردل وحشی در مرحله رویشی، از طریق سایه‌اندازی بر سنبله‌های گندم و تشدید رقابت برای نور باعث کاهش تعداد دانه در سنبله گندم شد (۲۷). نتایج سایر تحقیقات نیز نشان‌دهنده اثر منفی رقابت علف‌هرز بر این جزء از عملکرد می‌باشد (۱، ۲۴ و ۳۵).

تعداد سنبله در واحد سطح

اثر رقابتی علف‌هرز خردل وحشی بر تعداد سنبله نشان داد که بیشترین کاهش تعداد سنبله (۵/۷۷ درصد نسبت به شاهد) در تیمار رقابت اندام‌های هوایی و زیرزمینی علف‌هرز خردل وحشی بدست آمد. بیشترین کاهش تعداد سنبله (۱۷/۶۲ درصد نسبت به شاهد) در تیمار رقابت اندام‌های هوایی و زیرزمینی علف‌هرز خردل وحشی با رقم وریناک مشاهده شد (جدول ۵). گزارش شده است حضور دو علف‌هرز خردل وحشی و سلمه تره در مجاورت گندم سبب کاهش قدرت پنجه‌زنی و نیز تعداد پنجه‌های بارور در گندم شده و افزایش تراکم خردل وحشی اثر منفی معنی‌داری بر تعداد سنبله در مترمربع داشت

(۱۶). ویلیامز و محمد (۳۸) با بررسی اثر علف‌هرز خارلته بر اجزای عملکرد گندم بهاره گزارش دادند که این علف‌هرز باعث کاهش تعداد سنبله در واحد سطح و نیز تعداد دانه در هر سنبله شد.

وزن هزار دانه

اثر حضور علف‌هرز خردل وحشی بر وزن هزار دانه ارقام مختلف گندم معنی‌دار بود، بطوری‌که بیشترین کاهش وزن هزاردانه (۱۷/۵ درصد کاهش نسبت به شاهد) در تیمار رقابت اندام‌های هوایی و زیرزمینی علف هرز خردل وحشی با ارقام گندم بدست آمد. حداکثر وزن دانه با ۴۰ گرم در رقم چمران و تیمار شاهد و حداقل وزن با ۲۸/۸۵ گرم در رقم وریناک و تیمار رقابت اندام‌های هوایی و زیرزمینی علف‌هرز خردل وحشی مشاهده شد (جدول ۵). نتایج برخی تحقیقات در خصوص اثر رقابت علف‌هرز بر وزن دانه گندم نشان داده است که ارتفاع بوته بیشتر و سایه اندازی علف‌هرز در مرحله پرشدن دانه سبب کاهش جذب تابش و تسریع در زرد شدن برگ‌ها و در نتیجه کاهش فتوسنتز جاری (محدودیت منبع) و در نتیجه کاهش وزن دانه‌های گندم خواهد شد (۱ و ۳۰). گزارش‌ها دیگر نیز نشان‌دهنده اثر منفی تداخل علف هرز بر صفت وزن هزار دانه گیاه زراعی است (۱۳، ۲۴ و ۳۲). اولسون و همکاران (۲۳) نشان دادند که خردل وحشی به طور معنی‌داری موجب کاهش وزن هزار دانه و عملکرد دانه گندم شد. همچنین در دیگر مطالعات انجام شده کاهش وزن هزار دانه گندم توسط دیانت و همکاران (۹) و کاهش وزن هزار دانه کلزا توسط نادری و غدیری (۲۱) در پی رقابت با خردل وحشی نیز گزارش شده است.

وزن دانه در واحد سطح

بررسی اثر رقابت علف‌هرز خردل وحشی بر وزن دانه ارقام گندم در متر مربع نشان داد که بیشترین کاهش وزن دانه (۶۵/۰۴ درصد نسبت به شاهد) در تیمار رقابت اندام‌های هوایی و زیرزمینی علف‌هرز خردل وحشی با ارقام گندم بدست آمد. کاهش وزن دانه در واحد سطح در ارقام گندم به دلیل کاهش تعداد سنبله در واحد سطح، تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه بود. بررسی اثر برهمکنش تیمارها نشان داد که بیشترین وزن دانه در متر مربع در رقم چمران و تیمار شاهد و کمترین وزن دانه در رقم وریناک و تیمار رقابت اندام‌های هوایی و زیرزمینی علف‌هرز خردل وحشی مشاهده شد (جدول ۵). وال و همکاران (۳۷) گزارش کردند که رقابت خردل وحشی در مزرعه گندم به طور معنی‌داری موجب کاهش عملکرد کمی و کیفی محصول برداشت شده گندم شد. وان آکر و اوری (۳۶) در بررسی قابلیت رقابت ارقام گندم با علف‌هرز یولاف وحشی گزارش نمودند که عملکرد ارقام

گندم در کرت‌های مخلوط با علف‌هرز کاهش یافته و این کاهش در ارقام متفاوت است. نتایج این مطالعه با نتایج باغستانی و همکاران (۴)، بیکی و همکاران (۶) و نادری و غدیری (۲۱) نیز مطابقت دارد. ابراهیم پور و همکاران (۱۰) بیان داشتند که سایه‌اندازی در اثر رقابت با علف‌هرز، منجر به کاهش تخصیص مواد غذایی به سنبله، نقصان در گرده افشانی و کاهش عملکرد گیاه زراعی می‌شود. همچنین صفاهانی و همکاران (۳۱) گزارش کردند که در تراکم ۳۰ بوته خردل وحشی در متر مربع، عملکرد دانه ارقام رقیب کلزا کاهشی ۵۲ درصدی داشت، اما در ارقام غیر رقیب این میزان بین ۶۴ تا ۹۵ درصد بود. به اعتقاد محققان بسیاری، رقابت نوری گندم با علف‌هرز مهمترین عامل کاهش عملکرد این گیاه زراعی است (۳۰ و ۳۹).

زیست توده گندم

زیست توده گندم به برهمکنش تیمارها واکنش معنی‌دار نشان داد بطوری که بیشترین زیست توده با ۱۷۸۴/۳۹ گرم در متر مربع در رقم چمران و تیمار شاهد و کمترین زیست توده با ۱۰۲۶/۳۱ گرم در متر مربع در رقم وریناک و تیمار تداخل اندام‌های هوایی و زیرزمینی علف‌هرز خردل وحشی حاصل شد (جدول ۵). بررسی نتایج به دست

جدول ۵- مقایسه میانگین برهمکنش عملکرد و اجزای عملکرد ارقام گندم

Table 5- Mean comparisons of interaction effects of competition treatments on yield and component yield of wheat cultivars

نوع رقابت Type of competition	نوع رقم Type of cultivar	تعداد دانه در سنبله Grain number/ spike	تعداد سنبله در متر مربع Spikes number/ m ²	وزن هزارانه 1000 grain weight (g)	وزن دانه گرم در متر مربع Grain weight (g/ m ²)	زیست توده گرم در متر مربع Biomass (g/ m ²)
C1	چمران Chamran	16 ^e	582.75 ^c	35.00 ^c	246.96 ^f	1339.32 ^{fg}
	کریم Karim	14.96 ^f	544.87 ^f	32.73 ^d	230.91 ^{fg}	1252.26 ^{gh}
	وریناک Verinak	13.99 ^{fg}	509.45 ⁱ	30.60 ^e	215.90 ^{gh}	1170.87 ^{hi}
C2	چمران Chamran	19b ^c	595.7 ^b	37.30 ^b	362.19 ^d	1581.64 ^d
	کریم Karim	17.77 ^d	556.98 ^e	34.60 ^c	338.64 ^e	1478.83 ^{de}
	وریناک Verinak	16.61 ^e	520.78 ^h	32.35 ^d	316.63 ^e	1382.71 ^{ef}
C3	چمران Chamran	14f ^g	573.5 ^d	33.00 ^d	171.86 ⁱ	1173.96 ^{hi}
	کریم Karim	13.09 ^{gh}	536.22 ^g	30.86 ^e	160.69 ^j	1097.65 ^{ij}
	وریناک Verinak	12.24 ^h	501.37 ^j	28.85 ^f	150.25 ^j	1026.31 ^j
C4 (Control)	چمران Chamran	21 ^a	608.65 ^a	40.10 ^a	497.45 ^a	1784.39 ^a
	کریم Karim	19.64 ^b	569.09 ^d	37.40 ^b	465.11 ^b	1668.40 ^b
	وریناک Verinak	18.36 ^{cd}	532.10 ^g	34.97 ^c	434.88 ^c	1559.96 ^c

در هر ستون، میانگین‌های دارای حروف مشترک بر مبنای آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

Means within a column followed by the same letter are not significantly different the 5% level according to Duncan's multiple range test.

تیمارهای رقابت: رقابت اندام هوایی خردل وحشی با ارقام گندم (C1)، رقابت اندام‌های زیرزمینی خردل وحشی با ارقام گندم (C2)، رقابت اندام‌های هوایی و زیرزمینی خردل وحشی با ارقام گندم (C3) و شاهد (C4)

Competition of treatments: Competition between shoot of weed and wheat (C1), Competing underground parts of weed and wheat (C2), Competition between shoot and underground parts of wild mustard and wheat (C3), and the Control cultivars (C4).

نتیجه گیری

بطور کلی، نتایج این بررسی نشان داد که اثر منفی تداخل اندام‌های هوایی در مقایسه با رقابت اندام‌های زیر زمینی بر عملکرد دانه ارقام گندم بیشتر بود. کاهش معنی‌دار وزن دانه در واحد سطح در تیمار رقابت اندام‌های هوایی و زیرزمینی به دلیل کاهش معنی‌دار تعداد دانه و وزن هزار دانه بود. در شرایط رقابت هوایی و زیرزمینی، طول ریشه و ارتفاع بوته گندم به طور معنی‌دار تحت اثر قرار گرفت. از سوی دیگر مشخص شد که می‌توان با بررسی شاخص‌های رشدی، عملکرد و اجزای عملکرد ارقام گندم، ارقامی را که توان رقابتی بیشتری دارند را گزینش نموده و در مناطق مشابه که مشکل علف‌هرز وجود دارد از توان رقابتی آنها در این کشت پاییزه استفاده کرد. در این

مطالعه مشاهده شد که رقم چمران با بالاترین ویژگی‌های رشدی، عملکرد و اجزای عملکرد، گونه‌ای دارای قدرت رقابت بالا با خردل وحشی بود اما ارقام کریم و وریناک با کمترین مقدار صفات مورد مطالعه توان رقابتی کمتری با این علف‌هرز داشتند. بدین جهت می‌توان بیان کرد در مناطقی نظیر مزارع کشت گندم در جنوب و جنوب غرب کشور که خردل وحشی در مزارع گندم کشت پاییزه با تیپ‌های گندم بهاره مشکل ساز است علاوه بر سایر مدیریت‌ها مانند بهداشت زراعی، تناوب و ... می‌توان با انتخاب ارقام مناسب مانند چمران بیشترین عملکرد را در تداخل با علف‌هرز خردل وحشی بدست آورد.

منابع

- Ahmadvand G. 2002. Canopy structure and light and nitrogen absorption and use efficiency as affected by wheat and wild oat inter and intra- specific competition. Ph.D thesis. Ferdowsi university of Mashhad. Iran. (In Persian)
- Armin M., and Asghripour M. 2011. Effect of plant density on wild oat competition with competitive and noncompetitive wheat cultivars. Agriculture Science 10: 1554-1561.
- Baghestani M.A., and Zand E. 2004. Study of competitive ability of winter wheat (*Triticum aestivum*) genotypes against weeds with attention to *Goldbachia laevigata* DC and *Avena ludoviciana* Dur in Karaj. Plant Pest and Disease 72: 1-21. (In Persian with English abstract)
- Baghestani M.A., Zand E., Rahimian Mashhadi H., and Soufizadeh S. 2005. Morphological and physiological characteristics which enhance competitiveness of winter wheat (*Triticum aestivum*) against *Goldbachia laevigata*. Weed Science 1: 111-126.
- Baghestani Meybodi M.A., Akbari A.G., Atri A.R., and Mokhtari M. 2003. Competitive effects of rye (*Secale cereale* L.) on growth indices, yield and yield components of wheat. Pajouhesh and Sazandegi 61: 2-11. (In Persian with English abstract)
- Beckie H.J., Johnson E., Blackshaw R.E., and Gan Y. 2008. Weed suppression by canola and mustard cultivars. Weed Technology 22: 182-185.
- Cousens R.D., Barnett A.G., and Barry G.C. 2003. Dynamics of competition between wheat and oats. I. effects of changing the timing of phenological events. Agronomy 95: 1295-1304.
- Cowan P., Weaver S.E., and Swanton C.J. 1998. Interference between pigweed (*Amaranthus* spp.), barnyardgrass (*Echinochloa crusgalli*), and soybean (*Glycine max*). Weed Science 46: 533-539.
- Dianat M., Rahimian Mashhadi H., Baghestani M.A., Alizadeh H.M., and Zand E. 2007. Evaluation of Iranian cultivars of bread Wheat (*Triticum aestivum* L.) for competitive ability against rye (*Secale cereale*). Agriculture Science 23: 267-280. (In Persian with English abstract)
- Ebrahimpour Noorabady F., Ayneband A., Nour Mohammadi Gh., Moosavinia H., and Mesgarbashi M. 2006. Study of some wheat ecophysiological indices as influenced by wild oat interaction. Pajouhesh and Sazandegi 73: 117-125. (In Persian with English abstract)
- Eslami S.V., Gill G.S., Bellotti B., and McDonald G. 2006. Wild radish (*Raphanus raphanistrum*) interference in wheat. Weed Science 54: 749-756.
- Finch J.A., Guillaume G., French S.A., Colaço R.D.D.R., Davies J.M., and Swarbreck S.M. 2017. Wheat root length and not branching is altered in the presence of neighbors, including blackgrass. PLoS ONE 12(5): e0178176.
- Holman J.D., Bussan A., Maxwell B., Miller P., and Mickelson J. 2004. Spring wheat, canola, and sunflower response to Persian darnel (*Lolium persicum*) interference. Weed Technology 18: 509-520.
- Huel D.G., and Hucl P. 1996. Genotypic variation for competitive ability in spring wheat. Plant Breeding 115: 325-329.
- Kennet J., and Kirkland K.J. 1993. Spring wheat (*Triticum aestivum*) growth and yield as influenced by duration of wild oat (*Avena fatua*) competition. Weed Technology 7: 890-893.
- Knezevic S.Z., Evans S.P., Blankenship E.E., Van Acker R.C., and Lindquist J.L. 2002. Critical period for weed

- control: The Concept and Data Analysis. *Weed Science* 50: 773–786.
17. Kropff M.J., and Lotz L.A.P. 1992. Systems approaches to quantify crop-weed interactions and their application in weed management. *Agricultural System* 40: 265-282.
18. Lemerle D., Gill G.S., Murphy C.E., Walker S.R., Cousens R.D., Mokhtari S., Peltzer S.J., Coleman R., and Luckett D.J. 2001. Genetic improvement and agronomy for enhanced wheat competitiveness with weed. *Australian Journal Agricultural Research* 52: 527-548.
19. Mennan H., and Zandstra B.H. 2005. Effect of wheat (*Triticum aestivum*) cultivars and seeding rate on yield loss from *Galium aparine* (cleavers). Short communication. *Crop Protection* 24: 1061-1067.
20. Mohajeri F., and Ghadiri H. 2003. Competition in different densities of wild Mustard (*Brassica kaber*) with winter wheat (*Triticum aestivum*) under different levels of nitrogen fertilizer application. *Iranian Journal of Agriculture* 34(3): 527-537. (In Persian with English abstract)
21. Naderi R., and Ghadiri H. 2011. Competition of wild mustard (*Sinapis arvensis* L.) densities with rapeseed (*Brassica napus* L.) under different levels of nitrogen fertilizer. *Agriculture Science* 13: 45-51.
22. Navabpour S., and Kazemi G. 2013. Study the relation between grain yield and related traits in wheat by path analysis. *Crop Production* 6(1): 191-203. (In Persian with English abstract)
23. Olsen J., Kristensen L., and Weiner J. 2005. Effects of density and spatial pattern, of winter wheat on suppression of different weed species. *Weed Science* 690-694.
24. Paynter B.H., and Hills A.L. 2009. Barley and rigid ryegrass (*Lolium rigidum*) competition is influenced by crop cultivar and density. *Weed Technology* 23: 40-48.
25. Pester T.A., Burnside O.C., and Orf J.H. 1999. Increasing crop competitiveness to weed through crop breeding. *Journal of Crop Production* 2: 59-76.
26. Rahimian Mashhadi H., Baghestani M.A., Zand E., and Dianat M. 2004. Assess the competitiveness of the eight wheat cultivars with rye in Karaj and Varmyn. 8th National Iranian Crop Science congress, Rasht. Guilan University. (In Persian)
27. Rezvani H., Asghari J., Ehteshami M.R., and Kamkar B. 2013. Study reaction yield wheat cultivars in competition with the weed in Gorgan. *Journal of Crop Production* 6(4): 178-214. (In Persian with English abstract)
28. Roberts J.R., Peeper T.F., and Solie J.B. 2001. Wheat (*Triticum aestivum*) row spacing, seeding rate and cultivar affect interference from rye (*Secale cereale*). *Weed Technology* 15: 19-25.
29. Saadatian B., Ahmadvand G., and Soleymani F. 2011. Study of canopy structure and growth characters role of two wheat cultivars in competition, on economic threshold and yield of rye and wild mustard. *Iranian Journal Field Crops Research* 9(3): 494-504. (In Persian with English abstract)
30. Saadatian B., Ahmadvand G., and Soleymani F. 2012. Effect of rye (*Secale cereale*) and wild mustard (*Sinapis arvensis*) competition on yield and yield components of two winter wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars. *Journal Plant Protection* 26(1): 8-19.
31. Safahani Langrodi A., Kamkar B., Zand E., and Bagherani Meybodi M.A. 2008. Evaluation of ability tolerance competition of canola cultivars to wild mustard (*Sinapis arvensis*) using some empirical models in Golestan province. *Journal Agriculture Science Natural Resource* 15: (5):101-111.
32. Safahani Langrodi A., Kamkar B., Zand E., Bagherani Meybodi M.A., and Bagheri M. 2007. Reaction of grain yield and its components of canola (*Brassica napus* L.) cultivars in competition with wild mustard (*Sinapis arvensis* L.) in Gorgan. *Crop Science* 9: 356-370. (In Persian with English abstract).
33. Seefeldt S.S., Ogg A.G., and Yuesheng H. 1999. Near-isogenic lines for *Triticum aestivum* height and crop competitiveness. *Weed Science* 47: 316-320.
34. Siyahpoosh A., Zand E., Bakhshande A., and Gharineh M.H. 2012. Competitive of different densities of two wheat cultivars with wild mustard weed species (*Sinapis arvensis*) in different densities. *Weed Science* 20: 748-752.
35. Soleymani F., Ahmadvand G., and Saadatian B. 2012. The effect of nitrogen levels and wild mustard densities on yield and economic threshold of canola. *Electronic Journal Crop Production* 4(4): 85-102. (In Persian with English abstract)
36. Van Acker R.C., and Oree R. 2004. Wild oat (*Avena fatua* L.) and wild mustard (*Brassica kaber*) wheller interference in canola (*Brassica napus*). *Weed Science* 39: 210-221.
37. Wall D.A., Friesen G.H., and Bhati T.K. 2006. Wild mustard interference in traditional and semi-leafless field wheats. *Canadian Plant Science* 71: 473-480.
38. Williams W.D., and Muhammad K. 1997. Canada thistle (*Cirsium arvense*) effects on yield components of spring wheat (*Triticum aestivum*). *Weed Science* 44: 114-121.
39. Yenish J.P., and Young F.L. 2004. Winter wheat competition against jointed goatgrass (*Aegilops cylindrica*) as influenced by wheat plant height, seeding rate, and seed size. *Weed Science* 52: 996-1001.
40. Zand E., and Beckie H.J. 2002. Competitive ability of hybrid and open pollinated canola (*Brassica napus* L.) with wild oat (*Avena fatua*). *Canadian Plant Science* 82: 473-480.



Evaluation of the Aerial and Underground Organs of Wild Mustard (*Sinapis arvensis*) Competition on Growth and Yield of Wheat (*Triticum aestivum*) Cultivars

A. Modhej^{1*}

Received: 18-03-2021

Accepted: 21-05-2021

Introduction: Among crops, wheat is one of the most widely cultivated crops in the world that supply about 60 to 70 percent of the world population's food energy. Among the factors reducing crop production, weeds are particularly important, and they could reduce crop yield through competition for water and food and also by disrupting the harvest. It is important to assessment of weed-crop competition mechanism to get vital resources as well as assessment useful crop features for increasing competition with weeds. One of these methods could be use of cultivars with high-ability competitors against weeds. So in this regard, awareness of weed-crop competition aspects in addition to yield losses due to weed competition, will leading to a reduction in herbicide application.

Materials and Methods: To evaluate the effect of wild mustard competition on morphological characteristics, yield and yield components of wheat, a factorial experiment was conducted based on a randomized complete block design with three replications in Islamic Azad University Shoushtar Branch in 2016. In the experiment, the treatments were type of competition between weed and wheat that was included: a) the shoots competition of weed with wheat cultivars b) the root competition of wild mustard with wheat c) the shoot and root competition of wild mustard with wheat cultivars and d) no weed competition as control and wheat cultivars was included: Chamran, Karim and Vrynak.

Results and Discussion: Analysis of variance showed that all the studied traits were significantly different from each other. Results showed that the maximum height (95 cm) was observed for Chamran cultivar in control treatment and the minimum height (74 cm) was for Vrynak in the shoot and root competition of wild mustard with wheat cultivars. A comparative evaluation of interaction effects showed that the highest root length (13.3 cm), number of fertile tillers (2.1) and spike length (11.6 cm) were obtained in Chamran cultivar in control treatment. The least of these traits was observed in Vrynak cultivar in the both shoot and root competition of wild mustard with wheat cultivars. The results showed the largest decrease in the number of seeds per spike (40.95 percent compared to control) and spike number per m² (17.62 percent compared to control) was obtained in the treatment of shoot and root competition of wild mustard with Vrynak cultivar. The study showed that the highest 1000-grain weight (40 g) was obtained in Chamran and control treatment and the least was obtained in the treatment of shoot and root competition of wild mustard with Vrynak cultivar. The highest grain yield (497.45 g m⁻²) and biologic yield (1784.39 g m⁻²) were obtained in Chamran and control treatment, while, the lowest ones (150.25 g m⁻² and 1026.31 g m⁻²) were obtained in the treatment of shoot and root competition of wild mustard with Vrynak cultivar, respectively. Reduction in wheat yield was occurred due to decreasing the number of spike, number of grains per spike and 1000-grain weight. Assessment the results of biological yield and grain yield in wheat cultivars showed that compared to economic performance of wheat, total dry matter production was less affected by wild mustard interference.

Conclusion: Overall, in this study, the highest amount of morphological traits, yield, and yield components were obtained in combined treatment of Chamran and control. Accordingly, Chamran due to higher economic performance both in weed-free and weed-interference conditions could be as a competitor cultivar in agricultural operations and its properties could be used in breeding.

Keywords: Competitive ability, Growth characteristics, Interference, Non-chemical management

1- Associate Professor, Department of Weed Science, Shoushtar Branch, Islamic Azad University, Shoushtar, Iran
(*- Corresponding Author Email: adelmodhej2006@yahoo.com)
DOI: 10.22067/JPP.2021.69400.1019

Contents

Evaluation of Resistance to Root-Knot Nematode, <i>Meloidogyne javanica</i>, in Some Tomato Cultivars under Greenhouse Conditions	291
A. Asadi Sardari - E. Mahdikhani-Moghadam- M. Zakiaghl	
Biological Effects of <i>Trichoderma</i> spp. Isolated from Tomato Rhizosphere and Trichomax-HV Biofungicide against Tomato <i>Fusarium</i> Wilt in Vitro	302
S. Jalali - M. Darvishnia- N. Panjekeh- S. Pakbaz	
Evaluation of Effective Microorganisms (EM[®]) against Root-Knot Nematode (<i>Meloidogyne javanica</i>) in Tomato	310
H. Charehgani - S. Mahdi	
Evaluation Envidorspeed % SC Effectiveness in Control of Citrus Red Mite (<i>Panonychus citri</i>) in Mazandaran Province	320
M. Arbabi - S. Mafi Pashakolaei- M. Gholamzadeh-Chitgar- M. Khani	
Effects of Two Adjuvants (Scorch and Torpedo n) on Efficacy of Imidacloprid and Flonicamid to Control the <i>Aphis gossypii</i> Aphid in Greenhouse Cucumber	331
H. Mosallanejad - M. Forouzan- L. Ebrahimi	
Lethal Effects of Fungi <i>Beauveria bassiana</i> (Bals.) and Nanosilica on Cabbage Aphid <i>Brevicoryne brassicae</i> (L.) and Its Parasitoid <i>Diaeretiella rapae</i> (McIntosh) in Laboratory Conditions	345
S. Emami - S. Aramideh- S. Pirs- J.P. Michaud	
Effect of Temperature and Salinity on Two Eastern Dodder (<i>Cuscuta monogyna</i> Vahl) Ecotypes Seed Germination Characteristics	356
E. Ebrahimi - E. Izadi Darbandi- M.H. Rashed Mohassel- R. Tavakol Aafshari	
Determination of Flora and Distribution of Weeds in Soybean Fields Using Geographic Information System (Case Study: Gorgan County)	372
S. Moushani - H. Kazemi- A. Soltani- M.E. Asadi	
Evaluation of Competitive Indices and Cultivation Efficiency of Cotton-Fodder Beet Intercropping under Weed Interference Conditions	387
M. Rastgoo - G.A. Asadi- A. Dorpoor- S. Rahimi	
Evaluation of the Aerial and Underground Organs of Wild Mustard (<i>Sinapis arvensis</i>) Competition on Growth and Yield of Wheat (<i>Triticum aestivum</i>) Cultivars	398
A. Modhej	

Plant Protection

(AGRICULTURAL SCIENCES AND TECHNOLOGY)

Vol . 35

No. 3

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	Prof. Ferdowsi University of Mashhad.
Pourjam, E.	Plant Pathology	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	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/>