



عنوان مقالات

- ۱۴۳.....برآکشی ویروس برگ قاشقی و ویروس وای سیب-زمینی در مزارع تولید بذر سیب-زمینی استان همدان
بابک درویشی - مسعود نادرپور - هومن محمدی - فرشید حسنی - داوود علیپور - فاضل پرگال
- ۱۵۵.....واکشی ژنوتیپ‌های سویای دارای آلل‌های ژن مقاومت (*Rsv*) به آلودگی با سه سویه از ویروس موزائیک سویا
جواد رضائی اول ربایی - محسن مهرور - محمد زکی عقل - علیرضا محمدزاده - محمدرضا حاجی مراد
- ۱۶۹.....بررسی ویژگی‌های ژرم پلاسما گندم دیم جهت مقاومت به بیماری زنگ زرد در اردبیل
صفرعلی صفوی - فرزاد افشاری - مقصود حسینی
- ۱۸۵.....سطوح نسبی مقاومت به بلایت باکتریایی در تعدادی از ارقام و ژنوتیپ‌های انتخابی گردو
رقیه محمدی - منصوره کشاورزی - نادر حسن زاده - داراب حسنی - آفاق فرهادنژاد
-اولین گزارش از جداسازی و شناسایی عامل پوسیدگی ریشه و پژمردگی فوژاریومی گیاه سیر از
مزارع شهرستان ساری
نیما اکبری اوغاز - کامران رهنا - رقیه حبیبی
- ۱۹۷.....ترکیب شیمیایی اسانس گیاه مورد و فعالیت حشره‌کشی آن در ترکیب با خاک دیاتومه علیه حشرات
کامل شیشه گندم، (*Sitophilus granarius* (L.))
محسن یزدانیان - ملیحه ریحانی
- ۲۰۳.....بررسی توان رقابتی سویا و سه گونه دمریاهی *Setaria glauca*، *S. verticillata* و *S. viridis*
در نسبت‌های مختلف کاشت
وجیهه امینی - فائزه زعفریان - محمد رضوانی
- ۲۱۷.....ارزیابی تأثیر کشت مخلوط گندم با گاوآنه و خرب بر تراکم و تنوع علف‌های هرز در
سامانه‌های مختلف خاک‌ورزی
اخلاص امینی - علیرضا تاب - امانول رادبستی
- ۲۳۱.....تعیین دوره بحرانی کنترل علف‌های هرز کتان روغنی (*Linum usitatissimum* L.) در یاسوج
سیده آمنه حسینیان - علیرضا یدوی - هوشنگ فرجی - حمیدرضا بلوچی - محمد حمیدیان
- ۲۵۱.....تأثیر الگو و حجم پاشش بر کارایی هالوکسی‌فوپ-آر-متیل علیه جودره (*Hordeum spontaneum*)
اکبر علی وردی - سید مسعود برقمی

Contents

- Dispersion of *Potato Leafroll Virus* and *Potato Y Virus* in Potato Seed Production Fields of Hamedan Province..... 153
B. Darvishi - M. Naderpour- H. Mohammadi- F. Hasani- D. Alipour- F. Pargal
- Reaction of Soybean Genotypes Containing Alleles of *Rsv*-Resistance Gene Inoculated with Three Strain of Soybean Mosaic Virus..... 167
J. Ramezani Avval Reiahi - M. Mehrvar- M. ZakiAghl- A.R. Mohammadzadeh- M.R. Hajimorad
- Characterization of Dry-Land Wheat Germplasm for Stripe Rust (*Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*) Resistance in Ardabil..... 167
S.A. Safavi - F. Afshari - M. Hasanpour-Hossni
- Relative Resistance Level to Bacterial Blight in a Number of Walnut Cultivars and Selected Genotypes..... 195
R. Mohammadi - M. Keshavarzi- N. Hassanzadeh- D. Hassani- A. Farhadnejad
- First Report of Isolation and Identification of Fusarium wilt and Root Rot of Garlic Fields from Sari Area..... 202
N. Akbari Oghaz - K. Rahnama- R. Habibi
- Chemical Composition of Myrtle Essential Oil and its Insecticidal Activity in Combination with Diatomaceous Earth against Adults of the Granary Weevil, *Sitophilus granarius* (L.)..... 216
M. Yazdaniyan - M. Reihani
- Competitive Ability of Soybean and Three Species of Foxtail *Setaria glauca*, *S. verticillata* and *S. viridis* in Different Planting Ratios..... 230
V. Amini - F. Zaefarian - M. Rezvani
- Evaluation the Effect of Wheat Intercropping with Bitter Vetch and Grass Pea on Weed Diversity and Density under Different Soil Tillage Systems..... 250
E. Amini - A. Taab- E. Radicetti
- Determination of the Critical Period of Weed Control in Linseed (*Linum usitatissimum* L.) in Yasuj..... 263
S.A. Hoseinian - A. Yadavi- H. Farajee- H. Balouchi- M. Hamidian
- The Effect of Spray Pattern and Volume on Haloxypop-r-methyl Efficacy against Wild Barley (*Hordeum spontaneum*) 278
A. Aliverdi - S.M. Borghei

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

جلد 35 شماره 2 تابستان 1400

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

صاحب امتیاز: دانشگاه فردوسی مشهد

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

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

اعضای هیئت تحریریه:

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

ناشر: انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد

نشانی: مشهد - کد پستی 91775 صندوق پستی 1163

دانشکده کشاورزی - دبیرخانه نشریات علمی - نشریه حفاظت گیاهان

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

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

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

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

مندرجات

صفحه	عنوان مقاله
143	پراکنش ویروس برگ قاشقی و ویروس وای سیبزمینی در مزارع تولید بذر سیبزمینی استان همدان بابک درویشی - مسعود نادرپور - هومن محمدی - فرشید حسنی - داوود علیپور - فاضل پرگال
155	واکنش ژنوتیپ‌های سویای دارای آلل‌های ژن مقاومت (Rsv) به آلودگی با سه سویه از ویروس موزائیک سویا جواد رمضانی اول ریایی - محسن مهرور - محمد زکی عقل - علیرضا محمدزاده - محمدرضا حاجی مراد
169	بررسی ویژگی‌های ژرم پلاسما گندم دیم جهت مقاومت به بیماری زنگ زرد در اردبیل صفرعلی صفوی - فرزاد افشاری - مقصود حسینی
185	سطوح نسبی مقاومت به بلایت باکتریایی در تعدادی از ارقام و ژنوتیپ‌های انتخابی گردو رقیه محمدی - منصوره کشاورزی - نادر حسن زاده - داراب حسنی - آفاق فرهادنژاد
197	اولین گزارش از جداسازی و شناسایی عامل پوسیدگی ریشه و پژمردگی فوزاریومی گیاه سیر از مزارع شهرستان ساری نیما اکبری اوغاز - کامران رهنما - رقیه حبیبی
203	ترکیب شیمیایی اسانس گیاه مورد و فعالیت حشره‌کشی آن در ترکیب با خاک دیاتومه علیه حشرات کامل شیشه گندم، <i>Sitophilus granarius</i> (L.) محسن یزدانیان - ملیحه ریحانی
217	بررسی توان رقابتی سویا و سه گونه دمروباهی <i>Setaria glauca</i> ، <i>S. verticillata</i> و <i>S. viridis</i> در نسبت‌های مختلف کاشت وجیهه امینی - فائزه زعفریان - محمد رضوانی
231	ارزیابی تأثیر کشت مخلوط گندم با گاوآنه و خلر بر تراکم و تنوع علف‌های هرز در سامانه‌های مختلف خاک‌ورزی اخلاص امینی - علیرضا تاب - امانول رادبستی
251	تعیین دوره بحرانی کنترل علف‌های هرز کتان روغنی (<i>Linum usitatissimum</i> L.) در یاسوج سیده آمنه حسینیان - علیرضا یدوی - هوشنگ فرجی - حمیدرضا بلوچی - محمد حمیدیان
265	تأثیر الگو و حجم پاشش بر کارایی هالوکسی‌فوپ-آر-متیل علیه جودره (<i>Hordeum spontaneum</i>) اکبر علی وردی - سید مسعود برقی



مقاله پژوهشی

پراکنش ویروس برگ قاشقی و ویروس وای سیب‌زمینی در مزارع تولید بذر سیب‌زمینی استان همدان

بابک درویشی^{۱*} - مسعود نادرپور^۲ - هومن محمدی^۳ - فرشید حسینی^۴ - داوود علیپور^۵ - فاضل پرگال^۶

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۲/۱۲

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۲/۱۸

چکیده

از میان بیمارگرهای ویروسی، ویروس برگ قاشقی سیب‌زمینی و ویروس وای سیب‌زمینی در اغلب مناطق تولید سیب‌زمینی ایران، خسارت اقتصادی به محصول وارد می‌نمایند. این پژوهش با هدف بررسی میزان آلودگی مزارع تولید بذر سیب‌زمینی در مناطق مختلف استان همدان به ویروس برگ قاشقی و ویروس وای سیب‌زمینی و نیز ارزیابی حساسیت ارقام مختلف مورد مطالعه به ویروس‌های مذکور انجام شد. برای این منظور از کلیه مزارع تکثیر بذر سیب‌زمینی کلاس بذری S در استان همدان که بر اساس استانداردهای ملی تولید بذر این محصول دارای فاصله ایزولاسیون ۴۰۰ متر و تناوب ۳ ساله بودند، نمونه برگ تهیه شده و از طریق آزمون ساندویچ دو طرفه الایزا و آزمون آی‌سی-آرتی-پی‌سی‌آر آلودگی نمونه‌ها به ویروس‌های مورد مطالعه تعیین شد. نتایج نشان داد که در منطقه کبودرآهنگ آلودگی به هر دو ویروس وجود دارد، در حالی که در دو منطقه دیگر مورد مطالعه (گل‌تپه و رزن) آلودگی به ویروس برگ قاشقی و ویروس وای سیب‌زمینی دیده نشد. در منطقه گل‌تپه که منطقه عاری از بیماری‌های مورد مطالعه بود، شرایط اقلیمی برای فعالیت و تکثیر ناقلین بیماری‌های ویروسی نامطلوب بوده است بدین ترتیب که میانگین دمایی و میزان بارندگی در این منطقه نسبت به مناطق دیگر مورد مطالعه پایین‌تر بود. از بین ارقام مورد مطالعه ارقام آگریا و آریندا به هر دو ویروس مورد مطالعه آلوده شدند در حالی که آلودگی به ویروس برگ قاشقی و ویروس وای سیب‌زمینی در ارقام سائنه، بانبا و جلی مشاهده نشد. آلودگی به ویروس برگ قاشقی و ویروس وای سیب‌زمینی عملکرد رقم آریندا را کاهش داد در حالی که عملکرد رقم آگریا تحت تأثیر آلودگی به ویروس‌های مورد مطالعه قرار نگرفت.

واژه‌های کلیدی: بذر، سیب‌زمینی، ویروس، همدان

مقدمه

در ایران، سیب‌زمینی به روش رویشی و از طریق غده‌های بذری تکثیر می‌شود. در این روش آفات و بیمارگرهای زیادی از نسلی به نسل دیگر انتقال یافته و غده‌های بذری آلوده باعث کاهش شدید عملکرد و کیفیت محصول زراعی می‌شوند (۱۶). بنابراین امروزه تولید سیب‌زمینی در جهان و ایران متکی به استفاده از بذر گواهی شده سیب‌زمینی است. یک مشکل مهم در تولید بذر سیب‌زمینی سرعت نسبتاً بالای دژنراسیون توده بذری است به‌طوری که در بسیاری مناطق فقط پس از دو تا سه نسل تکثیر، توده بذری با کیفیت پایین ایجاد می‌شود. تولید بذر سالم با عملکرد بالا تا اندازه زیادی به کنترل بیماری‌های ویروسی وابسته است (۶). ویروس‌ها یکی از عوامل مهم دژنراسیون بذر ارقام سیب‌زمینی هستند و به دلیل این که سبب

سیب‌زمینی (*Solanum tuberosum* L.) به شکل گسترده‌ای در نواحی مختلف جهان کشت می‌شود و از نظر سطح زیرکشت پس از گندم، ذرت و برنج چهارمین محصول زراعی مهم در جهان به شمار می‌رود (۴). سطح زیرکشت این محصول در ایران در سال زراعی ۹۸-۱۳۹۷ حدود ۱۴۳ هزار هکتار برآورد شده و میزان تولید آن در سال زراعی مذکور در کشور حدود ۵/۲ میلیون تن برآورد شده که متوسط عملکرد آن در اراضی آبی ۳۶۳۶۳ کیلوگرم در هکتار بوده است (۱). بنابراین سیب‌زمینی با چنین سطحی از تولید پس از گندم به عنوان مهمترین ماده غذایی قابل مصرف در ایران مطرح است.

۳، ۵ و ۶- کارشناسان محقق، مؤسسه تحقیقات ثبت و گواهی بذر و نهال، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

DOI: 10.22067/jpp.2021.32223.0

۱، ۲ و ۴- استادیاران پژوهش، مؤسسه تحقیقات ثبت و گواهی بذر و نهال، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

(*)- نویسنده مسئول: (Email: bdarvishi_84@yahoo.com)

کاهش شدید عملکرد در سیب زمینی می شوند، بیمارگر بسیار خطرناکی برای این محصول به شمار می آید (۲۳). گزارش شده است که عملکرد سیب زمینی ممکن است تحت تأثیر حداقل ۴۰ ویروس قرار گیرد که از میان آنها شش ویروس از جمله ویروس برگ قاشقی سیب زمینی^۱ و ویروس وای سیب زمینی^۲ در مناطق زیر کشت سیب زمینی پراکنش گسترده ای دارند (۲۵). از میان بیمارگرهای ویروسی، ویروس برگ قاشقی سیب زمینی و ویروس وای سیب زمینی از اهمیت بالایی برخوردار بوده و در اغلب مناطق تولید سیب زمینی ایران، خسارت اقتصادی به محصول وارد می نمایند (۱۶). خسارت ناشی از بیمارگرهای ویروسی بسته به نوع ویروس، رقم سیب زمینی و شرایط محیطی از ۱۰ تا ۹۰ درصد گزارش شده است (۷). خاکور و همکاران (۱۳) گزارش نمودند که ویروس وای سیب زمینی می تواند بین ۴۰ تا ۷۰ درصد و ویروس برگ قاشقی سیب زمینی نیز تا ۹۰ درصد خسارت ایجاد نماید. بیماری برگ قاشقی سیب زمینی گسترده ترین و به لحاظ اقتصادی مهم ترین بیماری ویروسی سیب زمینی است (۲) که در بسیاری از مناطق تولید سیب زمینی در ایران گزارش شده است (۲۸).

برخلاف بسیاری از بیماری های دیگر، امکان مبارزه شیمیایی با بیماری های ویروسی وجود ندارد و استفاده از ارقام مقاوم اقتصادی ترین و کم خطرترین روش مبارزه و کاهش خسارت می باشد (۲۰). پژوهش ها نشان داده است که ارقام سیب زمینی از نظر واکنش در مقابل ویروس با یکدیگر تفاوت دارند و بر همین اساس به عنوان ارقام مقاوم یا متحمل معرفی می شوند (۹ و ۲۶). شدت ظهور علائم بیماری های ویروسی به شرایط آب و هوایی، رقم سیب زمینی، نژاد ویروس و وجود یا عدم وجود آلودگی های مخلوط با سایر ویروس ها بستگی دارد (۳). بنابراین اجرای برنامه های تولید بذر گواهی شده با بهره گیری از منابع مقاومت مستلزم اطلاع از منابع احتمالی مقاومت و ارزیابی شرایط آنها در اقلیم مورد نظر است. این موضوع را نباید از نظر دور داشت که شرایط اقلیمی، نقش حیاتی در توسعه بیماری های سیب زمینی از جمله بیماری های ویروسی دارد (۱۵). تولید بذر سیب زمینی از آن جهت در مناطق مرتفع توصیه می شود که در این مناطق به دلیل جمعیت کمتر شته های ناقل ویروس ها، امکان انتقال کم و به تبع آن، سرعت دژنراسیون بذر سیب زمینی نیز کمتر است (۸). بنابراین به نظر می رسد پایش میزان آلودگی مزارع بذری سیب زمینی به بیماری های ویروسی در مناطق مختلف تولید بذر به عنوان راهکاری در شناسایی و معرفی مناطق مستعدتر برای تولید بذر سیب زمینی مطرح باشد. بدیهی است در صورتی که تولید بذر گواهی شده سیب زمینی در مناطق سالم تر صورت بگیرد بذر باکیفیت تری استحصال شده و چنین بذری مدت زمان بیشتری در چرخه تولید بذر باقی خواهد ماند.

در کشورهای در حال توسعه معمولاً بذر گواهی شده سیب زمینی به مقدار کافی وجود ندارد. چنین کشورهایی معمولاً بذور طبقات بالا (هسته اولیه یا مادری) را وارد کرده و آنرا در کشور واردکننده تا رسیدن به بذر گواهی شده مورد نیاز زارعین تکثیر می کنند (۱۰). در طی فرآیند تکثیر بذر، مؤسسات گواهی کننده موظف به پایش مزارع بذری و ارایه توصیه های فنی لازم به تولیدکنندگان بذر سیب زمینی جهت حفظ کیفیت بذر هستند تا از این طریق سرعت دژنراسیون توده ارزشمند بذری به حداقل رسیده و در نهایت عملکرد مزارع تولید سیب زمینی خوراکی افزایش یابد. در ایران، بر اساس ضوابط کنترل و گواهی بذر سیب زمینی، بذر استحصالی از مزارع کلاس S علاوه بر بازدیدهای مزرعه ای که توسط کارشناس بازرس مزرعه انجام می شود، مورد آزمون آزمایشگاهی نیز قرار می گیرند. بر اساس استانداردهای ملی تولید بذر سیب زمینی (www.spcrri.ir)، بذور کلاس S از نظر احتمال آلودگی به دو ویروس برگ قاشقی سیب زمینی و ویروس وای سیب زمینی توسط آزمون های سرم شناسی مبتنی بر الایزا (۵) بررسی می شوند.

هدف از این پژوهش ارایه گزارش مستند از میزان آلودگی مزارع تولید بذر سیب زمینی در مناطق مختلف استان همدان به ویروس برگ قاشقی و ویروس وای سیب زمینی و نیز ارزیابی حساسیت ارقام مختلف مورد مطالعه به ویروس های مذکور بوده است. چنین گزارشی ضمن اینکه می تواند اطلاعات ارزشمندی در اختیار کارشناسان و برنامه ریزان تولید بذر سیب زمینی قرار دهد، در شناسایی مناطق مناسب تولید بذر سیب زمینی در استان همدان مفید خواهد بود.

مواد و روش ها

در ۳ ماهه نخست سال ۱۳۹۴، کلیه مزارع تکثیر بذر سیب زمینی از کلاس بذری S در استان همدان که واجد شرایط مندرج در استانداردهای ملی تولید بذر این محصول بودند (ایزولاسیون ۴۰۰ متری و تناوب ۳ ساله) مشخص شدند. به دلیل اینکه ظهور علائم بیماری و نحوه بروز این علائم تحت تأثیر شرایط مختلف بویژه فاکتورهای مرتبط با نژاد ویروس، رقم میزبان و شرایط محیطی قرار دارد، صرف نظر از بروز یا عدم بروز علائم هر یک از دو ویروس برگ قاشقی و ویروس وای سیب زمینی، یک هفته تا ۱۰ روز پیش از سرزنی مزارع تکثیر بذر سیب زمینی طبقه مادری کلاس بذری S، از این مزارع ۲۰۰ نمونه برگی (۱۰۰ برگ به عنوان نمونه کاری و ۱۰۰ برگ به عنوان نمونه اطمینان) به روش استاندارد تهیه شده و به آزمایشگاه سلامت بذر مؤسسه تحقیقات ثبت و گواهی بذر و نهال انتقال یافت. بررسی وجود یا عدم وجود ویروس های مورد مطالعه با استفاده از

غده‌های بذری کشت شده در مناطق سنقرآباد، گزل‌دره و گل‌تپه عاری از دو بیماری ویروسی مورد مطالعه بودند. چنین مشاهده‌ای می‌تواند یک دلیل احتمالی مبنی بر عاری بودن مناطق یادشده از ناقلین یا عوامل بیماری‌های مورد مطالعه و مناسب بودن آنها برای کشت و تکثیر غده‌های بذری سیب‌زمینی باشد.

در جدول ۱ دیده می‌شود که بوته‌های مادری کشت شده در منطقه کبودآهنگ در چهار مورد از پنج مورد مطالعه شده به ویروس برگ قاشقی سیب‌زمینی و ویروس وای سیب‌زمینی آلوده بودند. بررسی نمونه‌های آلوده با آزمون‌های اختصاصی آی‌سی-آرتی-پی‌سی‌آر و تکثیر قطعات ژنومی اختصاصی ۱۹۳۳ و ۱۱۶۷ نوکلئوتیدی مربوط به ویروس‌های PVY و PLRV نتایج آزمون‌های سرولوژیکی را تأیید نمود. از این رو مناسب بودن منطقه مذکور (کبودآهنگ همدان) جهت کشت و تکثیر غده‌های بذری سیب‌زمینی محل تردید بوده و این موضوع باید در مطالعات سال‌های آتی با دقت پیگیری گردد. تأثیر منطقه کشت بر شدت آلودگی به ویروس برگ قاشقی سیب‌زمینی در پژوهش انجام شده توسط نصرا... نژاد و زینتی فخرآباد (۱۸) مورد تأیید قرار گرفته است. در این پژوهش که به منظور ارزیابی پراکنش ویروس برگ قاشقی سیب‌زمینی در استان اصفهان انجام شد گزارش شده است که شدت آلودگی در مناطق مختلف مورد مطالعه از استان اصفهان (دامنه، چادگان و فریدون‌شهر) به طور معنی‌داری با یکدیگر متفاوت بوده است.

موضوع دیگری که از نتایج ارایه شده در جدول ۱ قابل استنتاج است، واکنش ارقام مختلف مورد مطالعه نسبت به بیماری‌های ویروسی ارزیابی شده در آنهاست؛ در مورد رقم سانته که توسط یک شرکت و در منطقه گزل‌دره کشت شده بود، آلودگی به ویروس‌های مورد مطالعه دیده نشد. پیمان و همکاران (۲۱) در پژوهشی که به منظور ارزیابی مقاومت برخی ارقام سیب‌زمینی نسبت به بیماری‌های ویروسی انجام دادند گزارش نمودند که رقم سانته نسبت به ویروس وای سیب‌زمینی مقاوم بوده است. نیکان (۱۹) به بررسی میزان حساسیت برخی ارقام سیب‌زمینی نسبت به بیماری برگ قاشقی سیب‌زمینی پرداخت. در این پژوهش از شته‌های ناقل ویروس برگ قاشقی سیب‌زمینی برای تلقیح بوته‌ها و از آزمون داس الایزا برای ارزیابی آلودگی آنها استفاده شده و در نهایت گزارش شد که رقم سانته نسبت به بیماری یادشده مقاوم بوده است. البته در پژوهش دیگری که توسط خان (۱۴) انجام شده از رقم سانته به عنوان یک رقم نسبتاً مقاوم به ویروس پیچیدگی برگ سیب‌زمینی نام برده شده است.

در مورد رقم بانبا نیز وضعیت مشابه رقم سانته بوده است؛ این رقم که توسط یک شرکت و در یک منطقه کشت شده بود، در منطقه

آزمون ساندویچ دو طرفه الایزا^۱ (۵) و استفاده از آنتی‌بادی‌های چند همسانه‌ای اختصاصی تهیه شده از شرکت آگدیا^۲ و با پروتکل پیشنهادی شرکت انجام شد. برای تفسیر نتایج آزمون الایزا، میانگین جذب شاهد‌های منفی آزمون در طول موج ۴۰۵ نانومتر بعلاوه سه برابر انحراف معیار جذب شاهد‌های منفی ($R = X + 3SD$) به عنوان مرز آلودگی در نظر گرفته شد (۱۷). نمونه‌هایی که مقدار جذب نوری آنها بالاتر از این عدد بود به عنوان نمونه آلوده تلقی شدند. در مواردی که دانسیته نوری نمونه‌ها برابر R بود، برای اطمینان از وجود یا عدم وجود ویروس‌های مورد مطالعه از آزمون آی‌سی-آرتی-پی‌سی‌آر^۳ اختصاصی توسعه داده شده در آزمایشگاه سلامت نهال مؤسسه تحقیقات ثبت و گواهی بذر و نهال استفاده شد (نادرپور، اطلاعات منتشر نشده). بنابراین، نتایج ارایه شده در مورد بوته‌های آلوده در واقع نتایج مربوط به هر دو آزمون (آزمون ساندویچ دو طرفه الایزا و آزمون اختصاصی آی‌سی-آرتی-پی‌سی‌آر) بوده است. در این روش ابتدا تیوب‌های نیم میکرولیتری با آنتی‌بادی اختصاصی ویروس موردنظر و با نگهداری آنها در دمای ۳۷ درجه سلسیوس به مدت ۴ ساعت پوشش داده می‌شوند. پس از شستشو با بافر پی-بی-اس-توین، عصاره نمونه در تیوب‌ها ریخته شده و به مدت یک شب در دمای ۴ درجه سلسیوس نگهداری می‌شود تا در صورت وجود ویروس در نمونه، ویروس با آنتی‌بادی اختصاصی باند شود. پس از شستشو، اتصال ویروس-آنتی‌بادی به عنوان نمونه آزمایشی برای انجام آزمون‌های نسخه‌برداری معکوس-واکنش زنجیره‌ای پلیمرز (RT-PCR) مورد استفاده قرار می‌گیرد. عملکرد در واحد سطح کلیه مزارع مورد مطالعه پس از برداشت ثبت شده و اطلاعات هواشناسی مناطق تولید بذر که مزارع تکثیر بذری در آن مناطق قرار داشتند از ایستگاه‌های هواشناسی مربوطه تهیه شد.

نتایج و بحث

در جدول ۱ میزان آلودگی مزارع تکثیر بذر سیب‌زمینی کلاس S بذری استان همدان به ویروس‌های مورد مطالعه و نیز میزان عملکرد مزارع مربوطه نشان داده شده است. در جدول مذکور دیده می‌شود که در سال ۱۳۹۴ در استان همدان پنج شرکت اقدام به کشت غده بذری سیب‌زمینی در کلاس S بذری نموده‌اند. ارقام مورد کشت عبارت بودند از آگربا، آریندا، سانته، جلی و بانبا که بیشترین سطح کشت مربوط به رقم آگربا بوده و چهار شرکت از پنج شرکت کشت‌کننده اقدام به کشت و تکثیر این رقم نمودند.

توزیع مکانی آلودگی به بیماری‌های ویروسی نشان می‌دهد که

3 - Immunocapture reverse transcription-polymerase chain reaction (IC-RT-PCR)

1 - Double antibody sandwich-Enzyme-linked immunosorbent assay, DAS-ELISA
2- Agdia (USA)

کشت هیچ نوع آلودگی به بیماری‌های مورد مطالعه را نشان نداد (جدول ۱). زینتی فخرآباد و نصر... نژاد (۲۹) نیز در پژوهشی که به منظور ارزیابی مقاومت به ویروس وای سیب‌زمینی در چهار رقم سیب‌زمینی انجام دادند گزارش نمودند که رقم بانبا نسبت به ویروس وای سیب‌زمینی از خود مقاومت نشان داده است.

در مورد رقم آگریا، در جدول ۱ نشان داده شده است که این رقم که توسط چهار شرکت و در چهار منطقه کشت شده بود، در دو منطقه از چهار منطقه کشت‌شده (کبودآهنگ - مرکزی و کبودآهنگ - طاسران) به ویروس وای سیب‌زمینی و در یک منطقه (کبودآهنگ - طاسران) به ویروس برگ قاشقی سیب‌زمینی آلوده شد. در پژوهش

صورت گرفته توسط نصر... نژاد و زینتی فخرآباد (۱۸) نیز گزارش شده است که رقم آگریا نسبت به ویروس برگ قاشقی سیب‌زمینی حساس است. نیکان (۱۹) نیز در پژوهش خود، حساسیت رقم آگریا نسبت به ویروس برگ قاشقی سیب‌زمینی را مورد تأیید قرار داده است. چاتزیواسیلیو و همکاران (۴) نیز روی ۳۰ رقم سیب‌زمینی به مطالعه پرداخته و گزارش نمودند که میزان آلودگی رقم آگریا به ویروس برگ قاشقی سیب‌زمینی و ویروس وای سیب‌زمینی بیش از ۲۰ درصد بوده است و از این رو این رقم را به عنوان یک رقم حساس نسبت به بیماری‌های ویروسی یاد شده معرفی نمودند.

جدول ۱- آلودگی مزارع بذر سیب‌زمینی (کلاس S) به PLRV و PVY در استان همدان

Table 1- Infection of seed potato fields (S class) to PLRV and PVY in Hamedan province

ردیف No	نام پیمانکار Contractor name	استان/منطقه Province/Region	رقم Cultivar	کلاس بذری Seed class		نوع نمونه Kind of Sample	آلودگی ویروسی (%) Viral infection (%)		عملکرد کل Total yield (T/Ha)
				اولیه Primitive	نهایی Final		PLRV	PVY	
1	شرکت شماره ۱ Company No. 1	همدان Hamedan رزن، گزل‌دره Razan. GozalDarre	سانته Sante	S	SE	برگ Leaf	0	0	45
			آگریا Agria	S	SE	برگ Leaf	0	0	42
			جلی Jelly	S	SE	برگ Leaf	0	0	50
2	شرکت شماره ۲ Company No. 2	همدان Hamedan کبودآهنگ، طاسران Kaboodarahang	آگریا Agria	S	B	برگ Leaf	0	3	50
3	شرکت شماره ۳ Company No. 3	همدان Hamedan رزن، سنقرآباد Razan. Songorabad	آگریا Agria	S	SE	برگ Leaf	0	0	55
			جلی Jelly	S	SE	برگ Leaf	0	0	60
			آریندا Arinda	S	SE	برگ Leaf	0	0	50
4	شرکت شماره ۴ (قطعه ۱) Company No. 4.1	همدان Hamedan کبودآهنگ، مرکزی Kaboodarahang. Central	آگریا Agria	S	SE	برگ Leaf	0	0	50
			آریندا Arinda	S	E	برگ Leaf	2	1	45
			آگریا Agria	S	مردود Rejected	برگ Leaf	1	8	55
5	شرکت شماره ۵ Company No. 5	همدان Hamedan گل‌تپه Goltape	آریندا Arinda	S	SE	برگ Leaf	1	0	45
			بانبا Banba	S	SE	برگ Leaf	0	0	50
			جلی Jelly	S	SE	برگ Leaf	0	0	50

افزایش معنی‌دار عملکرد در این رقم شده است. بنابراین عدم وجود ارتباط بین عملکرد و آلودگی بوته‌های مادری رقم آگریا به ویروس برگ قاشقی سیب‌زمینی و ویروس وای سیب‌زمینی ممکن است ناشی از کودپذیری زیاد این رقم نیز باشد.

در ارقام جلی، بانبا و سانته در تمام موارد بوته‌های مادری سالم بوده و آلودگی به ویروس برگ قاشقی سیب‌زمینی و ویروس وای سیب‌زمینی در آنها دیده نشد؛ از این رو امکان ارزیابی وجود یا عدم وجود رابطه بین عملکرد و سلامت بوته مادری در این ارقام وجود نداشته است (جدول ۱). اما در مورد رقم آریندا وضعیت کاملاً برعکس رقم آگریا بود. در این رقم میانگین عملکرد مزرعه سالم و عاری از بیماری (۵۰ تن در هکتار) بیشتر از میانگین عملکرد (۴۵ تن در هکتار) مزارعی بود که به ویروس برگ قاشقی سیب‌زمینی و ویروس وای سیب‌زمینی آلوده بودند. بنابراین به نظر می‌رسد در رقم آریندا، آلودگی بوته‌های مادری به ویروس برگ قاشقی سیب‌زمینی و ویروس وای سیب‌زمینی با کاهش عملکرد این بوته‌ها ارتباط داشته است.

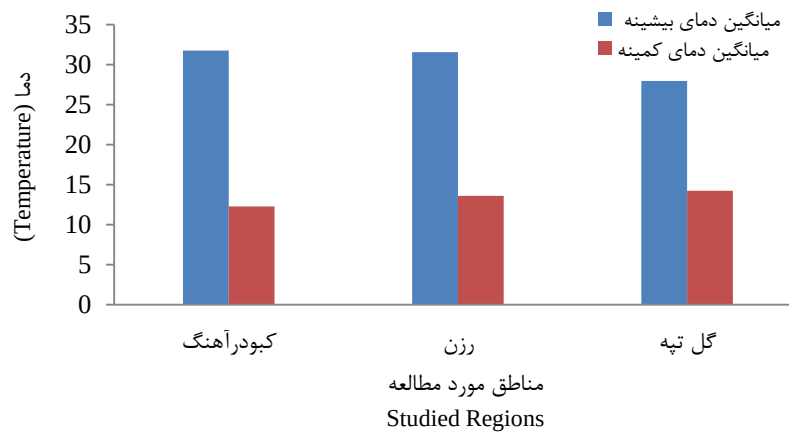
در شکل ۱ میانگین کمینه و بیشینه دما در مناطقی از استان همدان که شرکت‌های تولیدکننده اقدام به کشت سیب‌زمینی بذری کلاس S نموده بودند (کبودآهنگ، رزن و گل‌تپه) با یکدیگر مقایسه شده‌اند. در این شکل دیده می‌شود که میانگین دمای بیشینه در منطقه گل‌تپه (۲۷/۹ درجه سانتی‌گراد) کمتر از دو منطقه کبودآهنگ (۳۱/۷ درجه سانتی‌گراد) و منطقه رزن (۳۱/۶ درجه سانتی‌گراد) بوده و در مورد میانگین دمای کمینه نیز تفاوت‌ها چندان فاحش نبوده است.

نتایج آزمایشات ارزیابی بیماری‌های ویروسی (جدول ۱) نیز سالم بودن منطقه گل‌تپه را مورد تأیید قرار داد. مناسب‌ترین دما برای فعالیت جمعیت ناقلین بیماری‌های ویروسی در گیاه سیب‌زمینی بین ۲۰ تا ۲۵ درجه سانتی‌گراد گزارش شده است (۲۴). این پژوهشگران گزارش نمودند که در دماهای بالاتر از ۲۵ درجه سانتی‌گراد اگرچه فعالیت تولید مثلی ناقلین رو به کاهش می‌گذارد اما میزان مهاجرت و میزان فعالیت جمعیت موجود همچنان رو به افزایش خواهد بود و از همین‌روست که علی‌رغم کاهش جمعیت ناقلین در دماهای بالاتر از ۲۵ درجه سانتی‌گراد، تعداد بوته‌های آلوده به ویروس برگ قاشقی سیب‌زمینی و ویروس وای سیب‌زمینی همچنان رو به افزایش بوده است. بنابراین علت احتمالی آلودگی بالاتر در منطقه کبودآهنگ می‌تواند به دلیل مهاجرت گسترده‌تر ناقلین و فعالیت بیشتر آنها در این منطقه باشد که نسبت به دو منطقه دیگر مورد مطالعه از میانگین دمایی بیشتر برخوردار بوده است.

رقم جلی همچنان که در جدول ۱ دیده می‌شود توسط سه شرکت و در سه منطقه متفاوت (گزل دره، سنقرآباد و گل‌تپه) کشت شد و تحت هر سه سیستم مدیریتی (شرکت‌های کارنده) و هر سه منطقه مختلف هیچ نوع آلودگی به ویروس برگ قاشقی سیب‌زمینی و ویروس وای سیب‌زمینی را نشان نداد. بنابراین رقم جلی که در سال ۱۳۹۴ در سه منطقه متفاوت از استان همدان کشت شده بود، در تمام موارد فاقد آلودگی به بیماری‌های ویروسی مورد مطالعه بود و این موضوع می‌تواند یک دلیل جهت ارزیابی بیشتر مقاومت احتمالی رقم جلی نسبت به بیماری‌های ویروسی مورد مطالعه باشد.

رقم آریندا توسط سه شرکت و در دو منطقه کشت شد که نتایج آزمایشات الایزا نشان داد این رقم در دو مورد از سه مورد کشت شده، به ویروس وای سیب‌زمینی و در یک مورد از سه مورد به ویروس برگ قاشقی سیب‌زمینی آلوده شده است. از این رو رقم آریندا را باید جزو ارقام حساس به ویروس برگ قاشقی سیب‌زمینی و ویروس وای سیب‌زمینی به شمار آورد.

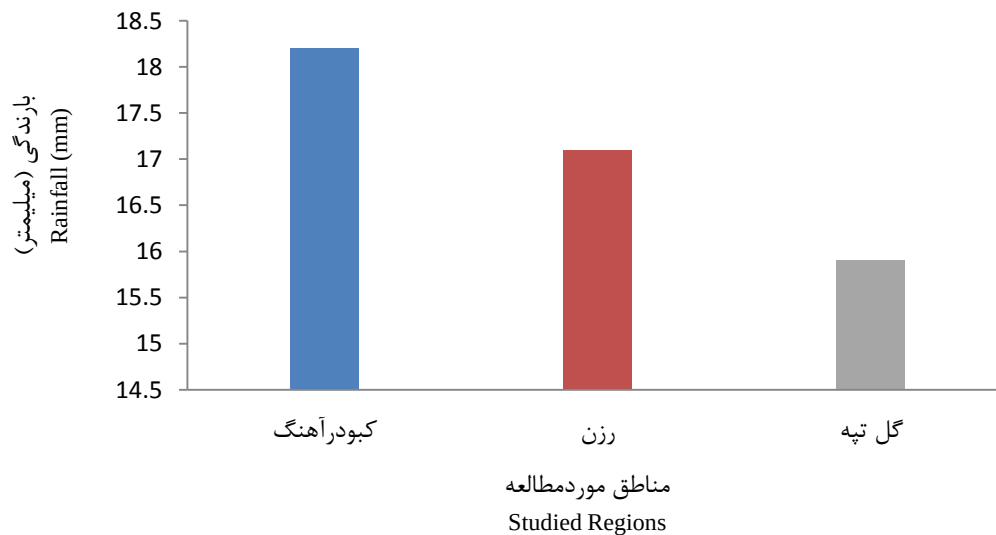
بررسی امکان وجود ارتباط بین آلودگی بوته‌های مادری به ویروس برگ قاشقی سیب‌زمینی و ویروس وای سیب‌زمینی با عملکرد این بوته‌ها (جدول ۱) نشان داد که در رقم آگریا در سطح آلودگی ۱ تا ۳ درصد چنین ارتباطی وجود نداشته است؛ به بیان روشن‌تر میانگین عملکرد رقم آگریا در مواردی که بوته مادری آلوده نبوده ۴۹/۲۵ تن در هکتار بوده است در حالی که میانگین عملکرد در دو مورد آلوده به ویروس برگ قاشقی سیب‌زمینی و ویروس وای سیب‌زمینی حدود ۵۲/۵ تن در هکتار بوده است. از این رو به نظر می‌رسد ارتباطی بین آلودگی بوته مادری به ویروس برگ قاشقی سیب‌زمینی و ویروس وای سیب‌زمینی و عملکرد همان بوته‌ها در رقم آگریا وجود نداشته و عملکرد رقم مذکور بیشتر تابع مدیریت مزرعه و شرایط اقلیمی بوده است تا میزان آلودگی به ویروس‌های یادشده. البته باید توجه داشت که عدم وجود چنین ارتباطی در سطوح پایین آلودگی (۱ تا ۳ درصد) بوده و ممکن است در سطوح بالاتر آلودگی این ارتباط به گونه‌ای دیگر باشد. از سوی دیگر، جاناتان (۱۱) گزارش نمود که واکنش عملکرد ارقام مختلف سیب‌زمینی نسبت به ویروس وای سیب‌زمینی متفاوت بوده و تابع میزان کودپذیری نیتروژنه ارقام مورد مطالعه است؛ در این پژوهش عنوان شده است که اگر رقم مورد مطالعه نسبت به کاربرد مقادیر مازاد نیتروژن واکنش مثبت نشان دهد کاهش عملکرد ناشی از ویروس وای سیب‌زمینی تا حد زیادی تقلیل خواهد یافت. واکنش مثبت عملکرد در رقم آگریا نسبت به کود نیتروژنه در پژوهش انجام شده توسط واعظزاده و نادری درباغشاهی (۲۷) مورد تأیید قرار گرفته است. در این پژوهش گزارش شده است که افزایش کود نیتروژنه (به صورت کود اوره) تا ۵۲۵ کیلوگرم در هکتار که ۵۰ درصد بالاتر از مقدار توصیه شده توسط آزمون خاک بوده است، موجب



شکل ۱- مقایسه میانگین دما (کمینه و بیشینه) در مناطق مورد مطالعه تولید بذر سیب زمینی در استان همدان
Figure 1- Comparison of average temperature (Max and Min) in studied seed potato production regions of Hamedan province

دوره کشت در منطقه آلوده کبودرآهنگ بیشتر از مناطق غیرآلوده رزن و گل تپه بوده است. نکته دیگر اینکه میزان بارندگی در منطقه گل تپه کمتر از دو منطقه دیگر گزارش شده است. بنابراین منطقه گل تپه علاوه بر برخورداری از میانگین دمایی پایین تر (شکل ۱)، از میزان بارندگی کمتر در طول دوره رشد برخوردار بوده است (شکل ۲).

شاخص اقلیمی دیگری که در این پژوهش مورد بررسی قرار گرفت، مجموع بارندگی صورت گرفته در مناطق مورد مطالعه در طی دوره کشت بوده است. در شکل ۲ نشان داده شده است که بیشترین بارندگی صورت گرفته در طی دوره مطالعه در منطقه کبودرآهنگ (۱۸/۲ میلی متر) و پس از آن به ترتیب در مناطق رزن (۱۷/۱ میلی متر) و گل تپه (۱۵/۹ میلی متر) بوده است. بنابراین میزان بارندگی در طول



شکل ۲- مقایسه میزان بارندگی در مناطق مورد مطالعه تولید بذر سیب زمینی در استان همدان
Figure 2- Comparison of rainfall in studied seed potato production regions of Hamedan province



شکل ۳- مقایسه میانگین و حداکثر سرعت وزش باد در مناطق مورد مطالعه تولید بذر سیب‌زمینی در استان همدان
Figure 3- Comparison of mean & maximum wind speed in studied seed potato production regions of Hamedan province

مزارع سالم و عاری از بیماری‌های ویروسی مورد مطالعه بوده‌اند. نکته‌ای که نباید آنرا از نظر دور داشت این است که در پژوهش حاضر تمام مزارع مورد مطالعه بر اساس دستورالعمل فنی کنترل و گواهی مزارع سیب‌زمینی بذری دارای فاصله ایزوله ۴۰۰ متری بوده‌اند. به بیان دیگر این مزارع از کلیه مزارعی که ممکن بوده میزبان ناقلین و یا میزبان بیماری‌های مشترک ویروسی باشند دست کم ۴۰۰ متر فاصله داشته‌اند (۱۲). رادکلیف و راگزاله (۲۲) نیز عنوان نموده‌اند که حداقل فاصله ایزوله مزارع بذری سیب‌زمینی به منظور جلوگیری از انتقال بیماری‌های ویروسی توسط ناقلین بسته به شرایط مدیریتی مزرعه می‌تواند بین ۴۰۰ متر تا ۵ کیلومتر باشد. همین پژوهشگران گزارش کرده‌اند که اگرچه توان پروازی ناقلی همچون شته *Myzus persicae* به ندرت ممکن است از ۱۰۰ متر تجاوز نماید اما پروازی که به کمک باد انجام می‌شود می‌تواند شته‌ها را تا چند صد کیلومتر نیز انتقال دهد. بر این اساس آنچه که بیش از فاصله ایزوله اهمیت دارد سلامت منطقه تولید بذر و سرعت و جهت وزش باد است که در صورت آلوده بودن مزارع منطقه به بیماری‌های مشترک ویروسی و وزش باد در جهت مناسب، آلوده شدن مزارع حتی مزارع ایزوله امری اجتناب ناپذیر خواهد بود. بر این اساس و با توجه به نتایج به دست آمده از این پژوهش به نظر می‌رسد مناطق گل تپه و رزن مناطق مناسب‌تری برای تولید بذر سیب‌زمینی در استان همدان باشند.

در شکل ۳ آخرین پارامتر اقلیمی (وزش باد) مورد بررسی قرار گرفته است. در این شکل نشان داده شده است که حداکثر سرعت وزش باد در منطقه کبودرآهنگ (۲۵ متر بر ثانیه) بسیار بیشتر از منطقه گل تپه (۱۷ متر بر ثانیه) و منطقه رزن (۱۱ متر بر ثانیه) بود. بالاتر بودن حداکثر سرعت وزش باد در منطقه کبودرآهنگ می‌تواند امکان انتقال ناقلین بیماری‌های ویروسی از مزارع آلوده و غیربذری و نیز از مزارع میزبان بیماری‌های مشترک همچون مزارع یونجه به مزرعه بذری را فراهم آورد (جدول ۱). همچنین در شکل ۳ دیده می‌شود که میانگین سرعت وزش باد در منطقه گل تپه (۸/۷ متر بر ثانیه) و کبودرآهنگ (۸/۱ متر بر ثانیه) بالاتر از منطقه رزن (۴/۵ متر بر ثانیه) بوده است. بنابراین با وجودی که میانگین سرعت وزش باد در منطقه گل تپه (منطقه سالم) تفاوت چندانی با منطقه کبودرآهنگ (منطقه آلوده) نداشته است، بوته‌های کشت شده در منطقه گل تپه عاری از بیماری و بوته‌های کشت شده در منطقه کبودرآهنگ آلوده به بیماری‌های مورد مطالعه بوده‌اند. چنین مشاهده‌ای می‌تواند ناشی از بالاتر بودن حداکثر سرعت وزش باد در منطقه کبودرآهنگ، سلامت کلی منطقه گل تپه و احتمالاً تفاوت در جهت وزش باد در این دو منطقه باشد؛ به این ترتیب که یا جهت وزش باد در منطقه گل تپه به شکلی نبوده است که امکان انتقال ناقلین به مزارع مورد مطالعه فراهم آید و یا این که در صورت فراهم شدن چنین امکانی، مزارع مجاور،

- 1- Agriculture Statistics. 2018-2019. Crops. Jihade-Agriculture ministry. First volume. (In Persian)
- 2- Barker H. 2001. Potato Leafroll, In: O. C. Maloy and T. D. Murray (ed.) Encyclopeddia of plant pathology, 2nd ed., John Wiley & Sons inc.
- 3- Cerovska N., Filigarova M., Branisova H., Zak P., and Dedic P. 1991. Some factors influencing purification of potato virus A. *Virology Journal* 35: 469-471.
- 4- Chatzivassiliou E.K., Moschos E., Gazi S., Koutretsis P., and Tsoukaki M. 2008. Infection of potato crop and seeds with potato virus Y and potato leafroll virus in Greece. *Journal of Plant Pathology* 90: 253-261.
- 5- Clark M.F., and Adams A.N. 1977. Characteristics of the microplate method of Enzyme-linked immunosorbent assay for the detection of plant viruses. *Journal of General Virology* 34: 475- 483.
- 6- DeBokx J.A. 1972. Viruses of potato and seed potato production. Centre for Agricultural Publishing and Documentation. Wageningen. 233 pp.
- 7- De Bokx J.A., and van der Want J.P.H. 1987. Viruses of Potatos and Seed Potato Production, 2ed. Pudoc, Wageningen, Netherlands, 259 pp.
- 8- Dongyu Q., Kaiyun X., Liping J., Chunsong B., and Shaoguang D. 2004. Advances in molecular genetics of the pathogen of potato late blight. 5th Word Potato Congress. Kunming, Yunnan, China.
- 9- Dusi A.N., Carvalho C., Torres A.C., and Avila A.C. 2001. Resistance levels to two strains of Potato Virus Y (PVY) in transgenic Potatoes cv. Achat. *HorticulturaBrasileria* 19: 348-350.
- 10- Grigoriadou K., and Leventakis N. 1999. Large scale commercial production of potato minitubers, using in vitro techniques. *Potato Research* 42:607-610.
- 11- Jonathan L.W. 2006. Effect of Potato virus Y on Yield of Three Potato Cultivars Grown under Different Nitrogen Levels. *Plant Diseases* 90: 73-76.
- 12- Hassani F., Darvishi B., and Alipour D. 2009. Technical instructions for certification of potato seed fields. Seed and Plant Certification and Registration Institute. (In Persian)
- 13- Khakvar R., Shamsbakhsh M., and Poorrahim R. 2005. Status of six potato viruses in Khuzestan province. *Entomology and phytopathology Journal* 73: 25-37.
- 14- Khan M.A. 2006. Identification of resistant sources against Potato leafroll virus and *Myzus persicae* Sulz. by biological tests and ELISA. *Pakistan Journal of Phytopathology* 18: 191-198.
- 15- Khan N.M.A., and Rashid A. 2003. Correlation of Environmental Conditions with Potato Virus X (PVX) and Y (PVY) Disease Severities Recorded on 21 Advance Lines/Varieties of Potato (*Solanum tuberosum* L.). *International Journal of Agriculture and Biology* 5: 181-184.
- 16- Majidi Hervan A. 2004. Potato minituber seed production. Final report of research project. Agricultural biotechnology research institute of Iran. (In Persian)
- 17- Naderpour M., Shahbazi R., Sadeghi L., and Maddah-Arefi H. 2013. Simultaneous detection of *Arabis mosaic virus*, *Cherry leafroll virus* and *Cucumber mosaic virus* with coamplification of plant mRNA as internal control for olive certification programs. *Iranian Journal of Virology* 7: 7-12. (In Persian)
- 18- Nasrollanejad S., and ZinatiFakhrabad F. 2012. Detection of potato leaf roll virus in imported potato tubers by class Elite and Super elite and its distribution at Fereydan, Isfahan province. *International Journal of Agricultural Crop Science* 4: 1101-1106. (In Persian)
- 19- Nikan J. 2014. Assessment of some potato cultivars and genotypes for resistance to potato leaf roll virus. *Journal of Plant Pest Science* 1: 44-53. (In Persian)
- 20- Palukaitis P., and Carr J.P. 2008. Plant resistance responses to viruses. *Journal of Plant Pathology* 90: 153-171.
- 21- Peiman M., Ghannadha M.R., Majidi A., Zarbakhsh E., Darvishi F., and Hasanabadi H. 2005. Identification and introduction of virus resistant genotypes in potato. *Iranian Journal of Agriculture Science* 35: 809-815. (In Persian)
- 22- Radcliffe E.B., and Ragsdale D.W. 2002. Aphid-transmitted potato viruses: The importance of understanding vector biology. *American Journal of Potato Research* 79: 353-386.
- 23- Ross H. 1986. Potato Breeding- Problems and Perspectives in Plant Breeding. Volume 13. Paul Parey, Berlin and Hamburg.
- 24- Shamimhasan M., and Mamunur Rashid M. 2015. Viral Infections in Potato Fields in Relation to Aphid Population. *World Applied Science Journal* 33: 63-68.
- 25- Spetz C., and Valkonen J.P.T. 2003. Genomic sequence of wild potato mosaic virus as compared to the genomes of other potyvirus. *Archives of Virology* 148: 373-380.
- 26- Takacs A.P., Horvath J., Kazicz G., and Pribek D. 1999. Solanum species as new resistance sources of C strain of Potato Y Potyvirus. Proceedings of the 51st International Symposium on Crop Protection. Gent, Belgium, May 1999, Part II – Mededeligen.
- 27- Vaezzadeh M., and Naderidarbaghshahi M. 2012. The effect of various nitrogen fertilizer amounts on yield and nitrate accumulation in tubers of two potato cultivars in cold regions of Isfahan (Iran). *International Journal of Agricultural Crop Science* 4: 1688-1691. (In Persian)

- 28- Yunesi B., Shams Bakhsh M., Safaei N., and Khalghatibanaine F. 2011. Simultaneous detection of several important viruses in naturally infected potato plants using multiplex RT-PCR in comparing with ELISA, Modern Genetic Journal 6: 17-26. (In Persian)
- 29- ZinatiFakhrabad F., and Nasrollanejad S. 2013. Evaluation of resistance to the ordinary strain of potato virus Y (PVYO) in four potato cultivars under greenhouse condition. Plant Pathology Research Journal 2: 17-22. (In Persian)



Dispersion of *Potato Leafroll Virus* and *Potato Y Virus* in Potato Seed Production Fields of Hamedan Province

B. Darvishi^{1*}- M. Naderpour²- H. Mohammadi³- F. Hasani⁴- D. Alipour⁵- F. Pargal⁶

Received: 02-05-2018

Accepted: 06-05-2021

Introduction: Potato (*Solanum tuberosum* L.) is widely grown in different environments, forming the fourth largest crop in the world, with a production of almost 321 million metric tons. Seed potato degeneration, the reduction in yield or quality caused by an accumulation of pathogens and pests in planting material due to successive cycles of vegetative propagation, has been a long-standing production challenge for potato growers around the world. In developed countries this problem has been overcome by general access to and frequent use of the seed, produced by specialized growers, that has been certified to have pathogen and pest incidence below established thresholds, often referred to as certified seed. Potato leaf roll virus (PLRV) and potato virus Y (PVY) are the most important viruses infecting potato crops and also reduce the size as well as a number of potato tubers with annual global yield losses of up to 20 million tonnes. In Iran, PLRV and PVY are widely distributed in most potato-growing areas in Iran and have caused severe yield losses of up to 40 percent.

This study was carried out to evaluate the amount of potato seed field's infection to potato leaf roll virus and potato virus Y in different regions of Hamedan province and to survey the sensitivity of cultivars to studied viruses.

Materials and Methods: Leaf samples were prepared from potato seed field (S seed class) which has a 3-years rotation and 400 meters isolated distance from other potato growing fields. Studied potato seed fields were located in three regions of Hamedan province included: KaboodarAhang, Goltappe and Razan. These regions are the main potato production areas in Hamedan province of Iran. Leaf samples infection to potato leafroll virus and potato virus Y was determined by DAS-ELISA test using specific antiserum (Patho Screen Kit, supplied by Agdia Incorporated, USA) following the fundamental protocol outlined by Clark and Adams (1977) ELISA assay. The yield of all studied fields was determined after harvesting. Meteorological information of three seed production areas included average temperature, rainfall and wind speed was collected during the studied period.

Results and Discussion: Results showed that infected potato plants by both studied viruses (potato leaf roll virus and potato virus Y) were seen in KaboodarAhang region, while potato plants infected by studied viruses were not seen in the other regions (Goltappe and Razan). The probable cause of higher virus infection in KaboodarAhang region could be due to the wider migration of carriers and their greater activity in the region which had higher average temperature and rainfall than the other two studied areas. In Goltappe region which was diseases free, the temperature means and the amount of rainfall was lower than the other regions during the growth period. Maximum wind speed (25 m.s⁻¹) in the infected region (KaboodarAhang) was higher than regions which were free of diseases (Goltappe and Razan). The wind blowing provides the possibility of transmission of viral infection by aphids (especially *Myzus persicae*) from neighbor infected fields. However, portable flight capacity such as the aphid *Myzus persicae* may rarely exceed 100 meters, but Wind-assisted flight can carry aphids for several hundred kilometers. Therefore, what matters more than the isolated distance between potato seed production fields is the health of the seed production area and the speed and direction of the wind.

Among studied cultivars, Agria and Arinda cvs. were infected by both studied viruses, while the other studied cultivars (Sante, Banba and jelly) were not infected.

In Agria cv. and in the range of infection between 1 and 3%, the relationship between yield and potato plants infection to PLRV and PVY was not found, but in Arinda cv., the yield of virus (PLRV and PVY) free fields were much higher than those of infected by PLRV and PVY.

Conclusion: Since the Agria and Arinda cvs. were infected by potato leaf roll virus and potato virus Y, this can be concluded that these cultivars are sensitive to potato leafroll virus and potato virus Y. It seems Goltappe and Razan regions are suitable for potato seed production in Hamedan province. In the low range of viral infection, no logical relation was seen between potato plant's yield and viral infection of plants. Among studied

1, 2 and 4- Assistant Professors, Seed and Plant Certification and Registration Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Karaj, Iran

(*- Corresponding Author Email: bdarvishi_84@yahoo.com)

3, 5 and 6- Researchers, Seed and Plant Certification and Registration Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Karaj, Iran

DOI: 10.22067/JPP.2021.32223.0

meteorological parameters, temperature mean and the amount of rainfall in the free of diseases region are lower than infected region.

Keywords: Hamedan, Potato, Seed, Virus



مقاله پژوهشی

واکنش ژنوتیپ‌های سویای دارای آلل‌های ژن مقاومت (*Rsv1*) به آلودگی با سه سویه از ویروس موزائیک سویا

جواد رمضانی اول ریایی^۱ - محسن مهرور^{۲*} - محمد زکی عقل^۳ - علیرضا محمدزاده^۴ - محمدرضا حاجی مراد^۵

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۲/۲۲

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۹/۲۹

چکیده

ژن‌های مقاومت گیاه (*R*)، شناسایی هشدارهای (*Signals*) غیر بیماری‌زایی (*Avirulent*) مربوط به بیمارگرها را که منجر به فعال‌سازی پاسخ‌های دفاعی گیاه می‌شوند، برعهده دارند. از مدت‌ها پیش تصور بر این است که تحت فشار انتخاب، نرخ موتاسیون بالای ویروس‌های دارای ژنوم آر‌ان‌ای (*RNA*)، به همراه اندازه بزرگ جمعیت و فاصله کوتاه تولید نسل، باعث ظهور جهش‌یافته‌هایی (*Mutants*) از عوامل بیماری‌زا می‌شود که قادرند از شناسایی به‌وسیله ژن‌های *R* میزبان فرار کنند. در این مطالعه، پاتوسیستم *Rsv1* / *Soybean mosaic virus* (*SMV*) برای شناسایی این فرضیه بکار برده شد. ژنوتیپ‌های سویای دارای آلل‌های مقاومت *Rsv1* با عصاره دارای نتاج ویروسی همسانه عفونی سویه‌های *G7*، *G7d* و ویروس موزائیک سویا روی گیاهان سویای حساس، مایه‌زنی شدند. بعد از گذشت بیست و یک روز از مایه‌زنی، گیاهان فاقد علائم ویروسی توسط آزمون الیزای غیرمستقیم (*Indirect ELISA*) بررسی شدند. یکی از ده گیاه *York* و *Kwanggyo* و دو گیاه از سی گیاه *Ogden* مایه‌زنی شده با عصاره دارای نتاج ویروسی به‌دست‌آمده از تکثیر مولکول دی‌ان‌ای مکمل (*cdNA*) سویه *N* ویروس موزائیک سویا روی گیاهان سویای حساس که در آزمایشگاه همسانه‌سازی شده بود (*molecularly cloned SMV-N* یا *pSMV-N*)، علائم ویروسی را نشان دادند و در آزمون الیزای غیرمستقیم، مثبت بودند. در مایه‌زنی مکانیکی انجام شده با استفاده از عصاره به‌دست‌آمده از این گیاهان، مجدداً ویروس به گیاهان *York*، *Kwanggyo* و *Ogden* منتقل شده و توانست با این گیاهان سازگار شود. بعد از انجام آزمون آر‌تی پی‌سی آر (*RT-PCR*) و پی‌سی آر آشیانه‌ای (*Nested PCR*) و تعیین ترادف طول کامل سیستم‌های *HC-Pro* (*Helper Component-Protease*) و *P3* ویروس، موقعیت جهش نقطه‌ای ایجادشده و اسیدآمینه رمز شده در اثر تغییر نوکلئوتید در نقطه جهش، با استفاده از نرم‌افزار *MEGA7* مشخص شد. در گیاهان *York* و *Kwanggyo*، جهش نقطه‌ای در سیستم *HC-Pro* و به ترتیب در موقعیت‌های نوکلئوتیدی *T1138* و *A1210* و در گیاه *Ogden*، در سیستم *P3* ویروس و در موقعیت نوکلئوتیدی *A3079* مشاهده شد.

واژه‌های کلیدی: جهش نقطه‌ای، ژن مقاومت *Rsv1*، سویا، ویروس موزائیک سویا

مقدمه

عوامل بیمارگر زنده و غیر زنده وجود دارند که این محصول استراتژیک را تحت تأثیر قرار داده و باعث کاهش عملکرد آن در سطح جهان می‌شوند. ویروس‌ها، از جمله این عوامل بیمارگر بوده که در تمام نواحی کشت سویا در جهان، وجود داشته و می‌توانند اثرات مخربی روی این محصول داشته باشند. تاکنون بالغ بر ۱۱۱ ویروس یا سویه ویروسی متعلق به جنس‌ها و خانواده‌های ویروس‌های گیاهی مختلف شناسایی شده‌اند که قادرند سویا را در شرایط طبیعی آلوده کنند (۲۱).

سویا [*Glycine max* (L.) Merr.]، گیاهی یک‌ساله، و یکی از مهم‌ترین اعضا خانواده بقولات در سطح جهان می‌باشد. پس از غلات، دانه‌های روغنی یکی از مهم‌ترین محصولات استراتژیک کشاورزی محسوب می‌شوند. در این میان، سویا با داشتن ۱۸ درصد روغن و ۵۰ درصد پروتئین، سهم بسزایی را در تولید، به خود اختصاص داده و ۴۸ درصد تولید دانه‌های روغنی را در دنیا، شامل می‌شود (۱۳). بسیاری از

۵- دانشیار دپارتمان حشره‌شناسی و بیماری‌شناسی گیاهی، انستیتوی کشاورزی، دانشگاه تنسی آمریکا، ناکسویل

DOI: 10.22067/jpp.2021.32763.0

۱، ۲ و ۳- به‌ترتیب دانشجوی دکتری رشته بیماری‌شناسی گیاهی و دانشیاران گروه گیاه‌پزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

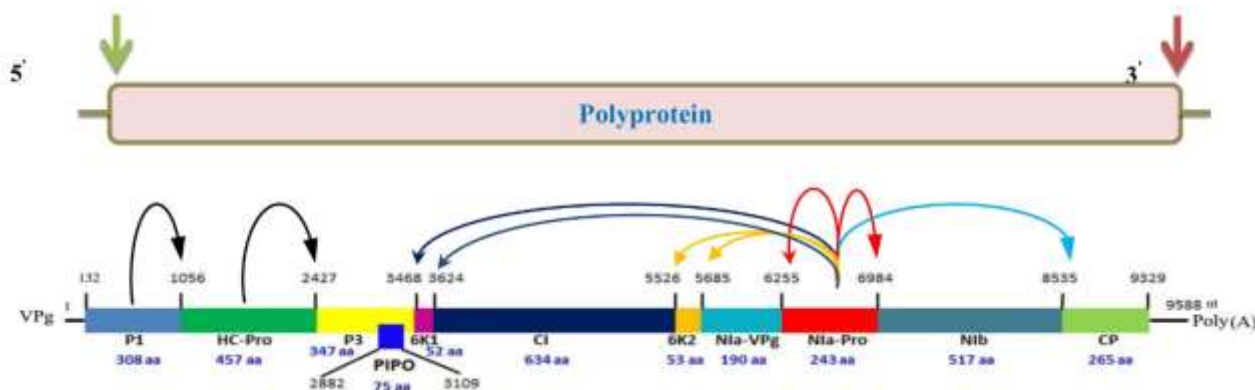
(*)- نویسنده مسئول: (Email: mehrvar@um.ac.ir)

۴- دانشیار گروه میکروبیولوژی، دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی گناباد

می‌توانند این ویروس را به روش ناپایا در آزمایشگاه، به گیاهان سالم انتقال دهند. ولی تعداد خیلی کمتری شته شناسایی شده که می‌توانند ویروس را در مزرعه انتقال دهند. در شمال امریکای مرکزی، شته‌های *Myzus persicae*، *Macrosiphum euphorbiae* و *Aphis crassivora* در مزرعه انتقال می‌دهند. در الینویز، دو گونه *Aphis crassivora* و *M. euphorbiae* که در اواخر بهار و اوایل تابستان، بیشترین پرواز را دارند، از کارایی نسبتاً بالایی در انتقال این ویروس در مزرعه برخوردار هستند (۱۱). آلودگی گیاه سویا به این ویروس در شرایط طبیعی باعث کاهش ۳۵ تا ۵۰ درصدی محصول و در حالت طغیانی بین ۵۰ تا ۱۰۰ درصدی کاهش آن می‌شود. باتوجه‌به اینکه مهم‌ترین روش انتقال این ویروس، از طریق بذرهای آلوده می‌باشد، استفاده از بذر سالم و ارقام مقاوم به این ویروس، می‌تواند نقش مهمی در کنترل آن داشته باشد. ژنوم این ویروس، یک آران‌ای تک‌ رشته‌ای مثبت می‌باشد (شکل ۱)، (۱۲ و ۱۵).

۲۷ ویروس از این مجموعه، نسبت به بقیه، مهم‌تر بوده و به‌طور بالقوه در مناطق کشت سویا، مسئله‌ساز می‌باشند (۷). شایع‌ترین این ویروس‌ها که خسارت قابل توجهی به محصول سویا وارد می‌کنند، متعلق به دو خانواده *Potyviridae* و *Comoviridae* هستند (۲۲).

در بین این ویروس‌ها، ویروس موزائیک سویا (*Soybean mosaic virus; SMV*)، به دلیل خسارت زیادی که همه‌ساله به محصول سویا وارد می‌کند، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار بوده، طوری که گاهی خسارت حاصل از آن تا بیش از ۵۰ درصد عملکرد محصول برآورد شده است (۱). خسارت ناشی از این ویروس بسته به رقم سویا، سویه ویروس و شرایط محیطی متفاوت می‌باشد. ژنوم این ویروس، مانند ژنوم سایر پوتی‌ویروس‌ها می‌باشد. این ویروس، بذربرد بوده و آلودگی اولیه در مزرعه توسط بذرهای آلوده ایجاد شده و سپس شته‌های ناقل، باعث گسترش آن شده و کاهش کمیت و کیفیت محصول را در مناطق تولید سویا به همراه دارد. بالغ‌بر ۳۵ گونه شته



شکل ۱- سازمان ژنومی ویروس موزائیک سویا. این طرح براساس توالی نوکلئوتیدی سویه N ویروس، ترسیم شده است (۱۵). فلش‌ها، محل برش پلی‌پروتئین و تبدیل آن به پروتئین‌های فعال، توسط آنزیم‌های پروتئاز ویروس را نشان می‌دهند. فلش‌های عمودی سبز و قرمز، به ترتیب، کدون‌های شروع و خاتمه پلی‌پروتئین ویروس را نشان می‌دهند. شماره‌های بالای خطوط عمودی، موقعیت‌های شروع سیستم‌های ویروس را نشان می‌دهند. اندازه پروتئین‌های ویروس (تعداد اسیدآمینه‌ها)، زیر اسم پروتئین با شماره‌های آبی‌رنگ مشخص شده است. پروتئین PIPO (Pretty Interesting Potyvirus ORF) پروتئین قرار گرفته داخل P3، بصورت چارچوبی به رنگ آبی تیره نشان داده شده است. این پروتئین در حرکت ویروس داخل میزبان نقش دارد. P1 یا پروتئین ۱، در تعیین دامنه میزبانی و بیماری‌زایی ویروس، HC-Pro یا پروتئاز کمکی، در بیماری‌زایی، انتقال ویروس بوسیله شته و بذر، جلوگیری از خاموشی ژن ویروس توسط گیاه و جابجایی ویروس در داخل گیاه، نقش دارد. P3 یا پروتئین ۳ و CI یا اینکلوزن سیتوپلاسمی در بیماری‌زایی ویروس، مهم هستند. NIa یا اینکلوزن هسته‌ای a و NIB یا اینکلوزن هسته‌ای b، به ترتیب، نقش پروتئاز و پلیمرازی دارند. VPg، پروتئین متصل به انتهای ۵' ژنوم ویروس.

Figure 1- Genome organization of soybean mosaic virus (SMV). The diagram was drawn based on the nucleotide sequences of the SMV N strain (15). The arrows show the location of the cut of the polypeptide and turn it into active proteins by the protease enzymes of the virus. The green and red vertical arrows represent, respectively, the codons for the start and stop of the viral polypeptide. The upper numbers of vertical lines represent the starting positions of the cistrons of the virus. The size of the viral proteins (the number of amino acids) is indicated by the name of the protein with blue numbers. The PIPO (Pretty Interesting Potyvirus ORF) protein located inside the P3 is shown in a dark blue framework. This protein plays a role in the virus movement inside the host. The P1 or protein 1, in determining of the host range and pathogenicity of the virus and the HC-Pro or helper component protease, in pathogenicity, the transmission of the virus by aphid and seed, suppression of RNA silencing by host genes and transferring the virus inside the plant play a role. P3 or protein 3 and CI or cytoplasmic inclusion are important in the pathogenesis of the virus. NIa or nuclear inclusions a and NIB or nuclear inclusion b, have the role of protease and polymerase chain reaction, respectively. VPg (Viral Protein genome-linked), a protein linked to the 5' end of genome.

واریانت آزمایشگاهی ایجاد شده از SMV-G7) القاء می‌کند. در سویاهای دارای ژنوتیپ *Rsv1*، SMV-N یک جدایه غیر بیماری‌زای سویه G2، ER را ایجاد می‌کند، درحالی‌که سویه SMV-G7، پاسخ فوق حساسیت سیستمیک کشنده (Lethal Systemic Hypersensitive Response; LSHR) را ایجاد می‌کند. SMV-G7d، علائم موزائیک سیستمیک را باعث می‌شود؛ بنابراین برای سویاهای دارای ژنوتیپ *Rsv1*، SMV-N، غیر بیماری‌زا است، درحالی‌که SMV-G7 و SMV-G7d، هر دو بیمارزا هستند (۱۰).

بر اساس مطالعات گذشته، بیان حساسیت یا مقاومت میزبان در ارتباط با یک بیمارگر خاص، به ژنوتیپ هر دوی آنها وابسته است و قدرت بیماری‌زایی یک بیمارگر (virulence)، بر اساس ژنوتیپ میزبان بیان می‌شود؛ بنابراین برهم‌کنش بیمارگر - میزبان، به‌وسیله وجود یک ژن غالب *R* در گیاه که شناسایی مستقیم یا غیر مستقیم بیمارگر را از طریق شناسایی پروتئین‌های خاصی که توسط بیمارگر تولید می‌شود برعهده دارد، تعیین می‌شود (۹ و ۲۴).

در این مطالعه که در دانشگاه تنسی امریکا انجام شد، ژنوتیپ‌هایی از سویا که دارای آلل‌هایی از ژن مقاومت *Rsv1* بودند استفاده شدند. هدف از این مطالعه، بررسی واکنش آلل‌های مختلف *Rsv1* سویا به سویه‌های ویروس موزائیک سویا از گروه‌های G2 و G7 و تعیین وراثت حساسیت و مقاومت به سویه N ویروس موزائیک سویا در ارقام سویای York، Kwanggyo و Ogden در اثر جهش نقطه‌ای در سیسترون‌های P3 و HC-pro ویروس بود.

در این مطالعه، برهم‌کنش بین سه سویه از ویروس موزائیک سویا (SMV-N، G7- و G7d) و هفت ژنوتیپ سویای دارای آلل‌های ژن مقاومت *Rsv1* مورد بررسی قرار گرفت (جدول ۱).

مواد و روش‌ها

منبع سویه‌های ویروس

همسانه‌های عفونی دی‌ان‌ای مکمل (Infectious cDNA Clones) مربوط به سویه N (pSMV-N) و سویه G7 (pSMV-G7) ویروس موزائیک سویا که به‌عنوان والد و به روش بیولیستیکی، با استفاده از تفنگ ژنی (Bio-Rad laboratories Hercules CA)، روی گیاه سویای رقم حساس Essex (*rsv1*) انتقال و تکثیر شدند. سویه G7d (pSMV-G7d) که روی برگ‌های سویای رقم حساس Williams 82 (*rsv1*) منتقل و تکثیر شده بود و در یخچال ۸۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری می‌شدند، به‌عنوان منبعی از پاتوتیپ‌های استاندارد ویروس موزائیک سویا، برای مایه‌زنی مکانیکی گیاهان، مورد استفاده قرار گرفتند (۹ و ۲۶).

گیاهان مکانیسم بسیار پیشرفته‌ای را برای شناسایی و مقابله با بیمارگرهای مهاجم به خدمت می‌گیرند که شامل استفاده از ژن‌های مقاومت غالب (R) هستند (۱۶). مکانیسم تشخیص، بر اساس فرضیه ژن برای ژن فلور (*Gene-for-Gene*) عمل کرده و از طریق تطبیق اختصاصی بین محصولات یک ژن *R* میزبان و یک ژن غیر بیماری‌زایی یا avirulent (*Avr*) بیمارگر که به‌واسطه برهم‌کنش‌های مستقیم یا غیر مستقیم به‌دست می‌آید، ایجاد می‌شود (۲۵). از نظر فنوتیپی، شناسایی ویروس‌های گیاهی به‌وسیله گیاه، به‌واسطه ژن‌های *R*، به شکل مقاومت بی‌نهایت (Extreme Resistance; ER) یا به‌صورت یک پاسخ فوق حساسیت (Hypersensitive Resistance; HR) بوده که در هر دو نوع مقاومت، تصور بر این است که نتیجه رویداد شناسایی ویروس توسط گیاه مقاوم باشد (۱۰).

بیمارگرها، ابزاری را برای شناسایی ژن‌های *R* یا توقف پاسخ مقاومت گیاه، ایجاد کرده‌اند. به‌دلیل عملکرد چندگانه محصولات ژنی ویروسی، تغییرات جزئی در ژن‌های *Avr*، تنها مکانیسم مقرون‌به‌صرفه ویروس، برای فرار از شناسایی به‌وسیله گیاه است. سه ژن مقاومت غالب (*R*) *Rsv1*، *Rsv3* و *Rsv4* در سویا شناسایی شده است که در مواردی برای کنترل بیماری مورد استفاده قرار گرفته است. در جدیدترین مطالعه انجام شده روی سویای رقم York، نشان داده شده است که جایگاه *Rsv1* و *Rsv1-y* روی کروموزوم شماره ۱۳ سویا، ۲/۲ سانتی‌مورگان اختلاف دارند. این اختلاف جایگاه، باعث شده است که *Rsv1-y* را که مقاومت به G1 را ایجاد می‌کند، ولی به G7 مقاومت ندارد، پیشنهاد شود که به *Rsv5* تغییر نام داده شود (۲۹). محققین آمریکایی، مجموعه‌ای از پاتوتیپ‌های استاندارد ویروس موزائیک سویا (SMV) را در گروه‌هایی به‌صورت SMV-G1 تا SMV-G7 برای مطالعه برهم‌کنش با ژنوتیپ‌هایی از سویاهای دارای ژن‌های *Rsv* یا آلل‌های آنها مورد استفاده قرار داده‌اند. ویروس موزائیک سویا در طبیعت از طریق بذر و شته منتقل می‌شود؛ بنابراین، انتظار می‌رود که در نتیجه فشارهای انتخاب ناشی از ارقام مختلف سویا، یا به‌وسیله انتقال از طریق بذرها و یا شته‌ها، تحت شرایط مزرعه، سویه‌های مختلفی از ویروس موزائیک سویا، در طول زمان ظاهر شده و شیوع پیدا کنند (۲). فنوتیپ مقاومتی که در اثر مایه‌زنی مکانیکی پاتوتیپ‌های G1 تا G7 ویروس موزائیک سویا، روی سویاهای دارای ژن مقاومت *Rsv1*، *Rsv3* و *Rsv4* ظاهر می‌شود، متفاوت است. همچنین، واکنش آلل‌های این ژن‌های *R* در مقابل سویه‌های مختلف SMV متفاوت است (۲۹). *Rsv1* یک جایگاه (locus) چندژنی غالب مقاوم در لاین گیاه سویای معرف 96983 (Plant Introduction; PI 96983)، مقاومت بی‌نهایت (ER) را بعد از مایه‌زنی مکانیکی علیه اکثر سویه‌های SMV، شامل SMV-N (یک جدایه از G2)، به‌استثنای SMV-G7 و SMV-G7d (یک

جدول ۱- واکنش ژنوتیپ‌های سویای دارای آلل‌های ژن مقاومت *Rsv1* به هفت گروه از سویه‌های SMV (21)Table 1- Reactions of soybean genotypes containing *Rsv1* alleles to seven strain groups of SMV (21)

گروه‌های سویه و ویروس موزائیک سویا									
SMV Strain Groups									
ژنوتیپ‌های سویا	آلل‌های <i>Rsv1</i>	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7	منبع
Soybean genotypes	Alleles of <i>Rsv1</i>								Reference
PI 96983	<i>Rsv1</i>	R	R	R	R	R	R	N	18
Ogden	<i>Rsv1-t</i>	R	R	N	R	R	R	N	4
York	<i>Rsv1-y</i>	R	R	R	N	S	S	S	4
Marshal	<i>Rsv1-m</i>	R	N	N	R	R	N	R	4
Kwanggyo	<i>Rsv1-k</i>	R	R	R	R	N	N	N	4
Tousan 50	<i>Rsv1-n</i>	N	N	S	S	N	N	S	20
Raiden	<i>Rsv1-r</i>	R	R	R	R	N	N	R	5
Suweon 97	<i>Rsv1-sk</i>	R	R	R	R	R	R	R	6
Williams 82	<i>rsv1</i>	S	S	S	S	S	S	S	30

N= بافت‌مردگی (necrosis); R= مقاوم (resistance); S= حساس (susceptible)

مایه تلقیح

بافت‌های آلوده به ویروس (Viral Progenies) گیاهان سویای حساس Essex و Williams 82 که به روش بیولیستیکی آلوده شده بودند، در بافر فسفات ۵۰ میلی‌مولار، pH 7 با استفاده از هاون چینی، عصاره‌گیری شدند. عصاره حاصل، با روش مکانیکی روی برگ‌های اولیه (unifoliolate) ارقام مختلف سویا که از قبل با کاربوراندوم (۶۰۰ مش) گردپاشی شده بودند، مایه‌زنی شد (۲).

ارقام سویا

سویای رقم Williams 82 (*rsv1*)، حساس به تمام سویه‌های ویروس موزائیک سویا (۹)؛ PI 96983 (*Rsv1*)، مقاوم به تمام سویه‌ها (به جز G7 و G7d که علائم بافت‌مردگی و موزائیک را نشان می‌دهند)؛ ارقام سویای Kwanggyo (*Rsv1-k*)، Marshal (*Rsv1-m*)، Ogden (*Rsv1-t*)، Raiden (*Rsv1-r*)، Suweon 97 (*Rsv1-sk*)، Tousan 50 (*Rsv1-n*) و York (*Rsv1-y*) در این مطالعه مورد استفاده قرار گرفتند. بذر این ژنوتیپ‌ها، در مرکز آموزش و تحقیقات شرق تنسی [East Tennessee Research and Education Center (ETREC); Knoxville, TN 37996-4576] تکثیر شده بود. تمام این بذرها، از گیاهان سویای پرورش داده شده در مزارع عاری از ویروس موزائیک سویا تهیه شده و سلامت و اصالت آنها گواهی شده بود.

بذرهای ارقام مختلف، در گلدان‌های حاوی خاک پیت ماس کشت داده شدند. در هر گلدان، حدود ۵۰ بذر کشت شد. گلدان‌ها به اتاقک رشد، با شرایط دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد و ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی منتقل شد. بعد از گذشت سه روز، بذرهای جوانه‌زده، به گلدان‌های جدیدی انتقال و نشاء شد. در هر گلدان، ۵ گیاهچه نشاء

شد و مشخصات گیاهچه و تاریخ نشاء روی اتیکت درج گردید. گلدان‌ها در اتاقک‌های رشد با شرایط دمای ۲۲ درجه سانتی‌گراد و ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی نگهداری شد. بعد از گذشت یک هفته، مایه‌زنی مکانیکی سویه‌های ویروس، روی برگ‌های اولیه (دوبرگی) از قبل گردپاشی شده با کاربوراندوم انجام شد. برای هر سویه ویروس که روی ارقام مختلف سویا مایه‌زنی شد، یک گلدان از گیاهچه‌های سویای رقم حساس ویلیامز نیز به‌عنوان شاهد (positive control)، مایه‌زنی شد. گیاهچه‌های مایه‌زنی شده، به اتاقک‌های رشد منتقل و در شرایط دمای ۲۲ درجه سانتی‌گراد و ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی نگهداری شدند.

ردیابی ویروس موزائیک سویا

بعد از گذشت ۲۱ روز از مایه‌زنی، ردیابی ویروس باتوجه به علائم مشاهده شده و با استفاده از آزمون‌های سرولوژیکی الیزای غیر مستقیم (Enzyme-Linked Immunosorbent Assay (indirect-Reverse) (ELISA) و مولکولی واکنش زنجیره‌ای پلی‌مرز معکوس (Reverse-Transcription Polymerase Chain Reaction (RT-PCR) انجام شد.

آزمون الیزای غیر مستقیم

شناسایی سرولوژیکی ویروس برطبق روش لومل و همکاران (۱۹) و در حضور ایمونوگلوبولین جی (IgG) ویروس موزائیک سویا (تهیه شده برضد پوشش پروتئینی ویروس در بخش ویروس‌شناسی دانشگاه تنسی) و ایمونوگلوبولین جی عمومی متصل به آنزیم آلکالین فسفاتاز (Anti-Rabbit IgG(whole molecule)-Alkaline phosphatase conjugate, produced in goat; Sigma Aldrich,

نسخه‌بردار معکوس Super Script reverse-transcriptase III (Invitrogen, Carlsbad, CA) و طبق دستورالعمل شرکت سازنده انجام شد. در این مرحله، از آغازگرهای تصادفی شش‌تایی (IA, USA) به‌عنوان آغازگر استفاده شد.

آغازگر SMV-۳۹۱۰a، در همه واکنش‌های زنجیره‌ای پلیمراز، بکار برده شد. این آغازگر، به همراه آغازگر G7-239s برای تکثیر طول کامل (Full-length) سیستم‌های P3 و HC-pro (Helper Component-Protease) ویروس‌های حاصل از مایه زنی (Progenies) بکار برده شد (جدول ۲). پی‌سی‌آر آشیانه‌ای (Nested PCR)، با دو جفت آغازگر SMV-482s و SMV-3840a و با استفاده از محصول به‌دست‌آمده و خالص شده از پی‌سی‌آر اول (به‌عنوان الگو) انجام شد (جدول ۲).

انجام شد، با این تفاوت که برای بلوکه کردن چاهک‌های پلیت و رقیق کردن ایمونوگلوبین‌ها، از مخلوط شیر خشک بدون چربی در آب مقطر دو بار یونیزه، به نسبت ۵ درصد استفاده شد.

استخراج آران‌ای

استخراج آران‌ای کل، از برگ‌های سه‌تایی بالایی و کاملاً رشدیافته گیاه که به طور سیستمیک آلوده شده بودند، با استفاده از کیت RNeasy Mini kit (Qiagen, Valencia, CA, USA) و برطبق دستورالعمل شرکت سازنده، انجام شد.

واکنش زنجیره‌ای پلیمراز معکوس و آشیانه‌ای

ساخت رشته دی‌ان‌ای مکمل ویروس، در حضور آنزیم

جدول ۲- توالی‌های آغازگرهای الیگونوکلوئیدی مورد استفاده در آزمون آر تی پی سی آر، پی سی آر آشیانه‌ای و تعیین توالی

Table 2- Sequences of oligonucleotide primers used for RT-PCR, Nested PCR and Sequencing

نام آغازگر Primer name	توالی (۵'-۳') Sequence (5'-3')	موقعیت Position*
SMV-3910a	AAACCTGTTGATTCCCTGAGCC	3910-3888
SMV-3840a	CCAAATTTGCAATTTTGGCTGCTG	3840-3817
SMV-1614a	GGTTGAGTAGTGCTTT	1614-1599
G7-239s	TTCAGGCAGTTCAGATGGCGAAACAA	239-264
SMV-482s	GAAGCGCAATTGCAAGGCGAAAGCAAG	482-509
SMV-1468s	TCACATGCTTCAAATACAGGATATTAATAAG	1468-1498
SMV-2919s	CGCGCATTAAGCTGGTTG	2916-2933
SMV-2289s	ATTTTGGTTGACCATGCGT	2289-2307

*موقعیت نوکلئوتیدها روی ژنوم Soybean mosaic virus (SMV) براساس توالی‌های همسانه عفونی سی‌دی‌ان‌ای مکمل SMV-N (شماره دسترسی در بانک ژن D00507).

*The position of oligonucleotides on the Soybean mosaic virus (SMV) genome are based on sequences of the infectious cDNA clone of SMV-N (Gen Bank Accession No. D00507).

تعیین ترادف سیستم‌های P3 و HC-Pro ویروس (Progenies)، به مرکز تعیین ترادف دانشگاه تنسی (The University of Tennessee DNA Sequencing Facility) ارسال گردید. ترادف‌های دریافتی، با نرم افزار Finch TV (<https://softfamouse.com/finchtv>)، ویرایش شد و با استفاده از نرم افزار MEGA7 (<https://en.freownloadmanager.org/Windows-PC/MEGA-FREE.html>) تجزیه و تحلیل شدند.

نتایج و بحث

واکنش گیاهان مایه‌زنی شده با سویه‌های G7، N و G7d بعد از گذشت بیست و یک روز از مایه‌زنی، بررسی شد. علایم مشاهده شده روی ژنوتیپ‌های مختلف سویا، تا حدود زیادی با مطالعات سایر محققین مطابقت داشت. این علایم، از موزائیک خفیف تا موزائیک

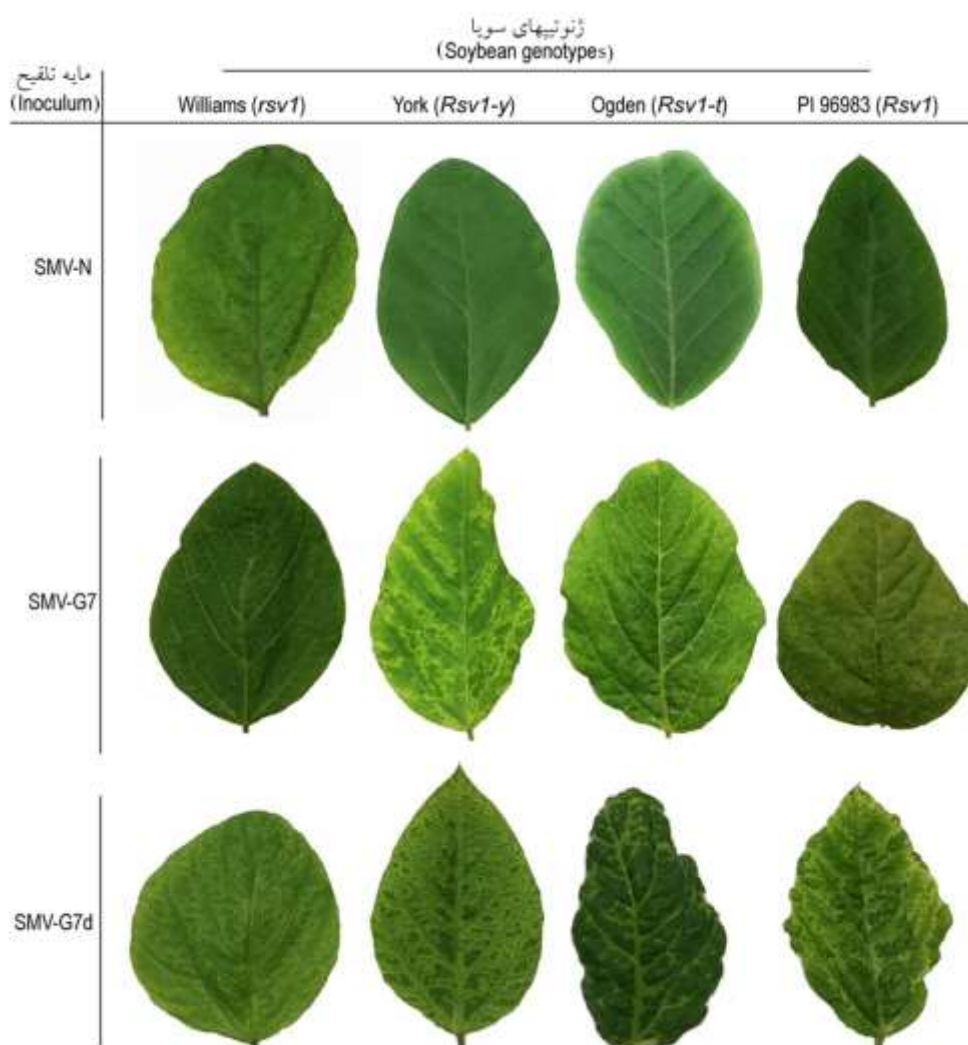
محصول به‌دست‌آمده از پی‌سی‌آر آشیانه‌ای، دارای قطعات کامل سیستم‌های P3 و HC-Pro بود. پی‌سی‌آر اول و آشیانه‌ای، در حضور آنزیم EX Taq polymerase (Takara Bio, Madison, WI) و برطبق دستورالعمل شرکت سازنده انجام شد.

تعیین ترادف و تجزیه و تحلیل محصول واکنش‌های پی‌سی‌آر

محصول واکنش‌های زنجیره‌ای پلیمراز آشیانه‌ای، با استفاده از کیت‌های QIA quick-PCR Purification Kit (Qiagen, Valencia, CA) و MinElute® PCR Purification Kit (Qiagen, Valencia, CA) خالص‌سازی شد و محصول خالص‌شده بعد از کنترل کیفی با دستگاه طیف‌سنج نوری (NanoDrop®ND-1000 Spectrophotometer)، به همراه آغازگرهای SMV-1468s، SMV-1614a، SMV-2289s و SMV-2916s (جدول ۲) برای

موزائیک شدید و بدشکلی برگ مشاهده شد (جدول ۳)، (شکل ۲). یک گیاه از گیاهان York و Kwanggyo و دو گیاه از گیاهان Ogden، مایه‌زنی شده با نتاج ویروسی سویه N (Progeny viruses)، علائم ویروس را نشان دادند. این گیاهان، در آزمون الیزا علیه ویروس، مثبت بودند. در مایه‌زنی مکانیکی انجام شده از این گیاهان به گیاه حساس Williams 82 و گیاهان York و Kwanggyo، ویروس توانست در این گیاهان تکثیر شده و علائم موزائیک شدیدتری را نشان دهد (شکل ۳).

شدید، بدشکلی و چین‌خوردگی سطح برگ، مشاهده شد (۴، ۲۰ و ۲۸). در بعضی از ارقام، از جمله رقم 50 Tousan، بعد از گذشت پنج روز از مایه‌زنی با سویه N ویروس، لکه‌های نکروتیک، روی برگ‌های دوتایی مایه‌زنی شده و موزائیک شدید در برگ‌های سه‌تایی گیاه مشاهده شد. این لکه‌های نکروتیک، روی برگ‌های دوتایی مایه‌زنی شده با سویه N، در سایر ارقام، مشاهده نشد. در گیاهان York، PI96983 و Ogden در مایه‌زنی با سویه G7 علائم موزائیک را نشان دادند. در مایه‌زنی این گیاهان با سویه آزمایشگاهی G7d، علائم



شکل ۲- علائم مشاهده شده در ژنوتیپ‌های سویای مایه‌زنی مکانیکی شده، بعد از ۲۱ روز، با عصاره دارای نتاج ویروسی حاصل از گیاهان حساس Essex (*rsv1*) و Williams 82 (*rsv1*) آلوده شده به روش بیولیستیک (تفنگ ژنی)، با همسانه‌های عفونی cDNA. نوار مقیاس = ۱ سانتی‌متر

Figure 2- Observed symptoms on soybean genotypes inoculated mechanically, 21 days post inoculation, with the sap containing progeny viruses derived from 'Essex' (*rsv1*) [SMV-N and G7] and 'Williams82' (*rsv1*) [G7d] biolistically inoculated with infectious cDNA clones. Inoculated plants were maintained at 22°C until leaflets from trifoliate leaves were photographed 21 dpi. Scale bar = 1cm.



شکل ۳- علایم مشاهده شده در گیاهان York و Kwanggyo بعد از ۲۱ روز از مایه‌زنی مکانیکی اول با نتاج سویه N ویروسی [York (1x) و Kwanggyo (1x)]؛ علایم مشاهده شده از پاساژ دوم ویروس در گیاهان York و Kwanggyo مایه‌زنی شده با عصاره حاصل از گیاهان York و Kwanggyo آلوده شده در پاساژ اول [York (2x) و Kwanggyo (2x)].

Symptoms observed in York and Kwanggyo plants 21 days after mechanical inoculation (dpi) with progenies –Figure 3 of the viral N strain [Kwanggyo(1x) and York(1x)]; Symptoms observed from second passage of the virus in York and Kwanggyo inoculated with sap from York and Kwanggyo infected in first passage [Kwanggyo (2x) and York (2x)].

جدول ۳- تعداد گیاهان آلوده شده بطور سیستمیک به تعداد گیاهان مایه‌زنی شده روی برگ‌های اولیه با عصاره دارای نتاج ویروس‌ها
Table 3- Number of systemically infected plants / number of primary leaves inoculated plants with sap containing progeny viruses derived from infectious molecular clones

ژنوتیپ‌های سویا Soybean genotypes	سویه‌های ویروس Virus strains		
	SMV-N	SMV-G7	SMV-G7d
Williams 82 (<i>rsv1</i>)	11/12	12/12	14/14
Kwanggyo (<i>Rsv1-k</i>)	1 ^a /10(3/3) ^b	2/22	5/22
Raiden (<i>Rsv1-r</i>)	0/10	0/7	0/7
York (<i>Rsv1-y</i>)	1 ^a /10(3/3) ^b	10/10	10/10
Touson 50 (<i>Rsv-n</i>)	10/10	10/10	10/10
Marshal (<i>Rsv1-m</i>)	3/10	8/10	3/8
Suweon (<i>Rsv1-sk</i>)	0/10	0/10	0/10
Ogden (<i>Rsv1-t</i>)	2 ^c /30	9/10	11/11
PI 96983 (<i>Rsv1</i>)	0/10	10/10	10/10

a: تعداد گیاه دارای علایم و مثبت در آزمون الیزا از ۱۰ گیاه مایه‌زنی شده بصورت مکانیکی، b: تعداد گیاهان آلوده شده به تعداد گیاهان مایه‌زنی شده در پاساژ دوم، c: تعداد گیاه دارای علایم به تعداد گیاهان مایه‌زنی شده که در آزمون الیزا مثبت بود.

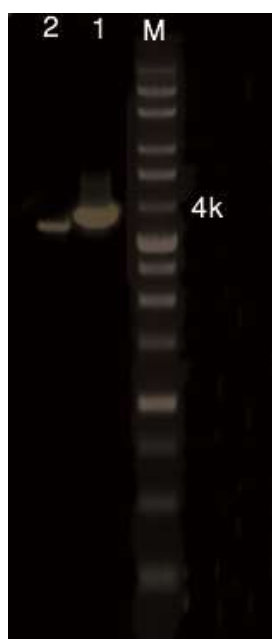
a= number of plants containing symptoms and ELISA positive out of 10 plant inoculated mechanically. b= number of plants infected out of number of plants inoculated mechanically in second passage. C= number of plants infected and ELISA positive out of number of plant inoculated mechanically.

جایگزینی یک نوکلئوتید سیتوزین به جای تیمین و تبدیل اسیدآمین لیزین به آرژنین، توانسته است بر مقاومت گیاه فائق آید. بعد از مایه‌زنی عصاره گیاه York آلوده شده به ویروس به گیاهان York و Williams 82 سالم (به‌عنوان گیاه حساس شاهد)، بعد از گذشت ۲۱ روز از مایه‌زنی، علایم ویروسی روی این دو رقم سویا مشاهده شد. پس از استخراج آران‌ای از این دو رقم و انجام آزمون آر تی پی سی آر و

بعد از استخراج آران‌ای کل از گیاهان York، Kwanggyo و Ogden آلوده شده با نتاج ویروسی (Viral progeny) ناشی از همسانه عفونی pSMV-N و انجام آزمون آر تی پی سی آر و پی سی آر آشیانه‌ای (شکل ۴)، محصول خالص شده آن، تعیین ترادف شد و مشخص شد که در گیاه York، ویروس با جهش نقطه‌ای در نوکلئوتید تیمین شماره ۱۱۳۸ (T۱۱۳۸) خود، واقع در سیستمون HC-Pro، با

تعیین ترادف محصول پی‌سی‌آر، در این گیاهان نیز مشاهده شد که جهش نقطه‌ای در همان نوکلئوتید قبلی صورت گرفته است و اسید آمینه لیزین به آرژنین تبدیل شده است. مشاهده دوباره این جهش نقطه‌ای، می‌تواند بیانگر این حقیقت باشد که جهش در نقطه ذکر شده، جهشی عملکردی بوده و با این جهش، ویروس توانسته است بر مقاومت گیاه فائق آمده و آلودگی تداوم داشته باشد. در مورد ژنوتیپ‌های Kwanggyo و Ogden مقاوم به سویه N ویروس نیز مشاهده شد که ویروس با جهش نقطه‌ای در سیستم‌های HC-Pro (A۱۲۱۰) و P3 (A۳۰۷۹) خود، توانسته است به ترتیب با تبدیل اسید آمینه لیزین و آسپاراژین به گلوتامیک اسید و آسپاراتیک اسید، بر

مقاومت این ژنوتیپ‌ها غلبه کند. در مورد دو ژنوتیپ Kwanggyo و Ogden نیز مانند ژنوتیپ York، انتقال مکانیکی ویروس از این دو گیاه آلوده شده، به گیاهان سالم آنها و دو گیاه حساس ویلیامز به‌عنوان شاهد برای دو ژنوتیپ و انجام فرایند شناسایی جهش نقطه‌ای مانند قبل، نشان داد که جهش در نقطه مورد نظر قبلی، ثابت بوده و عملکردی می‌باشد (جدول ۵) که این موضوع با مطالعات سایر محققین که هر دو سیستم‌های HC-Pro و P3 را به‌عنوان محرک *Rsv1* در شناسایی ویروس نشان داده‌اند مطابقت دارد (۸، ۱۲، ۲۷ و ۲۹).



شکل ۴- نقوش الکتروفورزی محصول آر تی پی سی آر و پی سی آر آشیانه‌ای. M: نشانگر، ۱: محصول آر تی پی سی آر، ۲: محصول پی سی آر آشیانه‌ای

Figure 4- Electrophoretic profiles of RT-PCR and Nested PCR product. M: 1 kb Plus DNA ladder (Invitrogen, Carlsbad, CA); 1: RT-PCR product; 2: Nested PCR product

این اولین گزارش از جهش و انتخاب برای به‌دست آوردن بیماری‌زایی (Virulence) در نتاج SMV-N در گیاهان York (*Rsv1-y*)، Kwanggyo (*Rsv1-k*) و Ogden (*Rsv1-t*) می‌باشد. این نتایج، با مطالعات سایر محققین، مبنی بر اینکه تعیین‌کننده‌های (Determinants) بیماری‌زایی ویروس‌ها، یا از طریق بررسی ارقام ظاهر شده در طبیعت و یا از طریق تکامل آزمایشگاهی با انتقال سریالی ویروس تحت فشارهای انتخاب جدید، شناسایی می‌شوند، مطابقت دارد (۱۲، ۱۷ و ۲۸). در مطالعات مشابهی که در ارتباط با ژن مقاومت *Rsv4* انجام شده، نشان داده شده است که سویه N ویروس

موزائیک سویه، روی ژنوتیپ V94-5152 که دارای ژن مقاومت *Rsv4* هست، غیر بیماری‌زا بوده، ولی روی ژنوتیپ *PI88788* (*Rsv4*)، بیماری‌زا است. ولی یک جهش در نوکلئوتیدهای شماره ۱۰۳۳ (تبدیل گلوتامین به لیزین) یا ۱۰۵۴ (تبدیل گلیسین به آرژنین) در داخل سیستم‌های P3 باعث ایجاد بیماری در ژنوتیپ V94-5152 می‌شود، درحالی که هیچ تأثیری در بیماری‌زایی ویروس، روی ژنوتیپ *PI88788* ندارد (۱۸). در مطالعه دیگری از ایران گزارش شده است که جهش در نوکلئوتید شماره ۱۰۵۳ (تبدیل سرین به آسپاراژین) واقع در سیستم‌های P3 سویه غیر بیماری‌زای ویروس، باعث ایجاد بیماری

در سویاهای دارای ژن مقاومت *Rsv4* شده است، اگرچه این سویه روی ژنوتیپ V94-55152 غیر بیماری‌زا است (۳). ژن‌های مقاومت، مؤثرترین، سازگارترین و باصرفه‌ترین روش کنترل بیماری‌های گیاهی با عامل ویروسی هستند، هرچند، نگرانی اصلی در مورد این ژن‌ها، دوام پایین آن‌ها در برابر ویروس‌هایی با ژنوم RNA هست، زیرا این ویروس‌ها ظرفیت جهش بالا و سازگاری سریع با میزبان دارند. باتوجه به جهش‌های رخ داده در ویروس و شکستن مقاومت ژنوتیپ‌های مختلف سویا و همچنین با در نظر گرفتن اینکه ژنوم ویروس موزائیک سویا، از نوع آر‌ان‌ای بوده و امکان جهش در آن بالا است، می‌تواند زنگ خطری باشد برای به‌هنگام‌گراهای گیاهی تا نسبت به تولید گیاهان سویای دارای ژن مقاومت به سویه‌های مختلف ویروس، اقدام نمایند. همچنین، تلاقی ژنوتیپ‌های مقاوم و حساس و بررسی

آلیسم ژن‌های مقاومت، می‌تواند در تولید ژنوتیپ‌های مقاوم، کمک مؤثری به به‌هنگام‌گران نماید (۱۴). مثل همه ویروس‌هایی که به روش غیر پایا منتقل می‌شوند، کنترل شیمیایی ناقلان شته‌ای، در کنترل ویروس تأثیر کمی دارد. هرچند، ارقام سویای دارای کرک‌های متراکم، به طور معنی‌داری، شیوع آلودگی کمتری به SMV، در مقایسه با ارقام فاقد کرک نشان داده‌اند، ولی کاراترین و از نظر محیطی، سازگارترین روش برای کنترل این ویروس، جدا از کشت بذرها، عاری از ویروس، کشت سویاهای مقاوم دارای ژن‌های مقاومت (*R-genes*) هرمی شده است. همچنین، سطح بالایی از مقاومت به SMV، در سویاهای تراریخته‌ای که مناطقی از ژنوم ویروس را بیان می‌کنند، ایجاد شده است (۱۳).

جدول ۵- جهش‌های نقطه‌ای مشاهده شده در سویه N

Table 5- Point Mutations found in SMV-N strain

کدون جهش‌یافته Mutated codon	کدون اولیه Original codon	اسید آمینه جهش‌یافته Mutated aminoacid	اسید آمینه اولیه Original aminoacid	موقعیت اسید آمینه جهش‌یافته Position of mutated aminoacid	موقعیت نوکلئوتید Position of mutated nucleotide
<u>GAG</u>	<u>AAG</u>	Glutamic acid	lysine	361	1210
<u>GAG</u>	<u>AAG</u>	Glutamic acid	lysine	361	1210
<u>GAG</u>	<u>AAG</u>	Glutamic acid	lysine	361	1210
<u>CGC</u>	<u>TGC</u>	arginine	cystein	337	1138
<u>CGC</u>	<u>TGC</u>	arginine	cystein	337	1138
<u>CGC</u>	<u>TGC</u>	arginine	cystein	337	1138
<u>GAT</u>	<u>AAT</u>	Asparatic acid	Asparagine	984	3079

(1x) = گیاهی که برای اولین بار مایه‌زنی شده است، (2x) = گیاهی که با پاساژ سریالی برای بار دوم، با بکار بردن عصاره گیاه آلوده شده در مایه‌زنی اول به عنوان مایه تلقیح، آلوده شده است، a: گیاه Williams 82 که با عصاره گیاه Kwanggyo آلوده به ویروس مایه‌زنی شده است، b: گیاه Williams که با عصاره گیاه York آلوده به ویروس مایه‌زنی شده است.

(1x) = A plant that was inoculated for the first time, (2x) = A plant that has been infected with a serial passage for the second time using sap from the first infected plant as the inoculum, a: The Williams genotype that inoculated with sap from Kwanggyo genotype infected with the virus, b: The Williams genotype that inoculated with sap from York genotype infected with the virus.

این سازه‌ها به وسیله تفنگ ژنی به سیتوپلاسم سلول گیاهی، توانایی بیماری‌زایی آنها اثبات خواهد شد.

در ادامه این مطالعه، به منظور اثبات اینکه این جهش(های) نقطه‌ای، برای فائق آمدن بر مقاومت در ژنوتیپ‌های سویای دارای آلل‌های ژن مقاومت *Rsv1* کافی است، ساخت سازه‌های عفونی از سویه‌های N جهش‌یافته ویروس، انجام خواهد شد و با انتقال مستقیم

منابع

- Ahangaran A., Mosahebi Mohammadi G.H., Koochi Habibi M., Khezri S., and Shahraeen N. 2009. Use of rapid serological and nucleic acid-based methods for detecting the *Soybean mosaic virus*. Journal of Agricultural Science

- and Technology 11: 91-97.
- 2- Ahangaran A., Koohi Habibi M., Mosahebi Mohammadi G.H., Winter S., and Garcia-Arenal F. 2013. Analysis of Soybean mosaic virus genetic diversity in Iran allows the characterization of a new mutation resulting in overcoming Rsv4-resistance. *Journal of General Virology* 94: 2557-2568.
 - 3- Bachkar C.B., Balgude Y.S., Shinde P.B., and Deokar C.D. 2019. Screening of soybean genotypes against soybean mosaic virus under natural and glass house conditions. *International Journal of Chemical Studies* 7(1): 2267-2269.
 - 4- Chen P., Buss G.R., Roane C.W., and Tolin S.A. 1991. Allelism among genes for resistance to soybean mosaic virus in strain-differential soybean cultivars. *Crop Science* 31: 305-309.
 - 5- Chen P., Ma G., Buss G.R., Gunduz I., Roane C.W., and Tolin S.A. 2001. Inheritance and allelism of Raiden soybean for resistance to soybean mosaic virus. *Journal of Heredity* 92: 51-55.
 - 6- Chen P., Buss G.R., Tolin S.A., Gunduz I., and Cicek M. 2002. A valuable gene in Suweon 97 soybean for resistance to soybean mosaic virus. *Crop Science* 42: 333-337.
 - 7- Eggenberger A.L., Hajimorad M.R., and Hill J.H. 2008. Gain of virulence on *Rsv1*-genotype soybean by an avirulent *Soybean mosaic virus* requires concurrent mutations in both P3 and HC-Pro. *Molecular Plant-Microbe Interaction* 21: 931-936.
 - 8- Golnaraghi A.R., Shahraeen N., Pourrahim R., Farzadfar S.H., and Ghasemi A. 2004. Occurrence and relative incidence of viruses infecting soybeans in Iran. *Plant Disease* 88: 1069-1074.
 - 9- Hajimorad M.R., Eggenberger A.L., and Hill J.H. 2003. Evolution of Soybean mosaic virus-G7 molecularly cloned genome in *Rsv1*-genotype soybean results in emergence of a mutant capable of evading *Rsv1*-mediated recognition. *Virology* 314: 497-509.
 - 10- Hajimorad M.R., Eggenberger A.L., and Hill J.H. 2008. Adaptation of *Soybean mosaic virus* Avirulent Chimeras Containing P3 Sequences from Virulent Strain to *Rsv1*-Genotype Soybeans Is Mediated by Mutations in HC-Pro. *Molecular Plant-Microbe Interactions* 21: 7937-946.
 - 11- Hajimorad M.R., Wen R.H., Eggenberger A.L., Hill J.H., and Saghai Maroof M. A. 2011. Experimental adaptation of an RNA virus mimics natural evolution. *Journal of General Virology* 85: 2557-2564.
 - 12- Hajimorad M.R., Domier L.L., Tolin S.A., Whitham S.A., and Saghai Maroof M.A. 2018. *Soybean mosaic virus*: A successful potyvirus with a wide distribution but restricted natural host range. *Molecular Plant Pathology* 19: 1563-1579.
 - 13- Hamzeh N., Mosahebi Mohammadi G. H., Koohi Habibi M., and Mohammadi M. 2006. Identification and detection of Soybean mosaic virus in Mazandaran and Golestan provinces. *Iranian Magazine of Agriculture Sciences* 37(4): 637-643.
 - 14- Hayes A.J., Jeong S.C., Gore M.A., Yu Y.G., Buss G.R., Tolin S.A., and Saghai Maroof M.A. 2004. Recombination within a nucleotide-binding-site/leucine-rich repeat gene cluster produces new variants conditioning resistance to soybean mosaic virus in soybeans. *Genetics* 166: 493-503.
 - 15- Jian-Zhong L., Yuan F., and Hongxi P. 2016. The current status of the soybean- Soybean mosaic virus (SMV) pathosystem. *Frontiers Microbiology* 7: article 1906.
 - 16- Jonathan DG J. 1996. Plant disease resistance genes: structure, function and evolution. *Current Opinion in Biotechnology* 7: 155-160.
 - 17- Khatabi B., Fajolu O.L., Wen R.-H., and Hajimorad M.R. 2012. Evaluation of North American isolates of *Soybean mosaic virus* for gain of virulence on *Rsv*-genotype soybeans with special emphasis on resistance-breaking determinants on *Rsv4*. *Molecular Plant Pathology* 13: 1077-1088.
 - 18- Kiihl R.A.S., and Hartwig E.E. 1979. Inheritance of reaction to Soybean mosaic virus in soybeans. *Crop Science* 19: 372-375.
 - 19- Lommel S.A., McCain A. H., and Morris T. J. 1982. Evolution of indirect enzyme-linked immunosorbent assay for the detection of plant viruses. *Phytopathology* 72: 1018-1022.
 - 20- Ma G., Chen P., Buss G.R., and Tolin S.A. 1995. Genetic characteristics of two genes for resistance to soybean mosaic virus in PI486355 soybean. *Theoretical and Applied Genetics* 91: 907-914.
 - 21- Ma G., Chen P., Buss G.R., and Tolin S.A. 2003. Genetic study of a lethal necrosis to Soybean mosaic virus in PI 507389 soybean. *Journal of Heredity* 94(3): 205-211.
 - 22- Naghavi A., koohi Habibi M., and Firouzabadi F.N. 2008. Detection and identification of some soybean viral mosaic viruses, using molecular techniques in Lorestan province, south west of Iran. *Asian Journal of Plant Science* 7(6): 557-562.
 - 23- Stacey G., and Jorgensen R. A. 2008. *Genetics and Genomics of Soybean*. Springer Science + Business Media, Vol. 2.
 - 24- Saghai Maroof M.A., Tucker D.M., and Tolin S.A. 2008. Genomics of Viral-Soybean Interactions. *Genetics and Genomics of Soybean*, Springer Science + Business Media 293-319.
 - 25- Takahashi H., Miller J., Nozaki Y., Takeda M., Shah J., Hase S., Ikegami M., Ehara Y., and Dinesh-Kumar S.P. 2002. RCY1, an Arabidopsis thaliana RPP8/HRT family resistance gene, conferring resistance to cucumber mosaic virus requires salicylic acid, ethylene and a novel signal transduction mechanism. *The Plant Journal* 32: 655-667.

- 26- Wang L., Eggenberger A.L., Hill J., and Bogdanove A.J. 2006. *Pseudomonas syringae* effector *avrB* confers soybean cultivar-specific avirulence on *Soybean mosaic virus* adapted for transgene expression but effector *avrPto* does not. *Molecular Plant-Microbe Interact* 19: 304-312.
- 27- Wen R.H., Saghai Maroof M.A., and Hajimorad M.R. 2011. Amino acid changes in P3, and not the overlapping *pipo*-encoded protein, determine virulence of *Soybean mosaic virus* on functionally immune *Rsv1*-genotype soybean. *Molecular Plant Pathology* 12: 799-807.
- 28- Wen R.H., Khatabi B., Ashfield T., Saghai Maroof M.A., and Hajimorad M.R. 2013. The HC-Pro and P3 cistrons of an avirulent *Soybean mosaic virus* are recognized by different resistance genes at the complex *Rsv1* locus. *Molecular Plant-Microbe Interactions* 26(2): 203-215.
- 29- Widyasary K., Alazem M., and Kim K. 2020. Soybean resistance to Soybean Mosaic Virus. *Plants* 9(2): 219-238.
- 30- Zhang C., Hajimorad M.R., Eggenberger A.L., Tsang S., Whitham S.A., and Hill J.H. 2009. Cytoplasmic inclusion of Soybean mosaic virus serves as avirulence determinant on *Rsv3*-genotype soybean and a symptom determinant. *Virology* 391: 240-248.



Reaction of Soybean Genotypes Containing Alleles of *Rsv1*-Resistance Gene Inoculated with Three Strain of Soybean Mosaic Virus

J. Ramezani Avval Reiahi¹– M. Mehrvar^{2*}– M. ZakiAghl³– A.R. Mohammadzadeh⁴– M.R. Hajimorad⁵

Received: 11-05-2020

Accepted: 19-12-2020

Introduction: Among legumes, soybean [*Glycine max* (L.) Merr.] is an important plant that grown throughout the world. There are many pathogens that reduce soybean yield. Plant viral diseases cause serious economic losses in many major crops by reducing yield and quality. Soybean mosaic virus (SMV) is amongst important pathogens that infect soybean. Plants use resistance genes against the invasive pathogens. The identification mechanism is based on gene-for-gene hypothesis. Plant resistance (*R*) genes direct recognition of pathogens harboring matching avirulent genes (signals) leading to activation of host defense responses. It has long been hypothesized that under selection pressure the infidelity of RNA virus replication together with large population size and short generation times results in emergence of variants (mutants) capable of evading *R*-mediated recognition. Four *R* gene including *Rsv1*, *Rsv3*, *Rsv4* and newly *Rsv5* have found in soybean operating against SMV.

Materials and Methods: In this study, *Rsv1*/Soybean mosaic virus (SMV) pathosystem was used to investigate this hypothesis. Infectious cDNA clones of SMV-N (pSMV-N) and SMV-G7 (pSMV-G7) inoculated biolistically on Essex (*rsv1*) and SMV-G7d (pSMV-G7d) on Williams82 (*rsv1*) served as the sources of parental viruses. Sap containing viral progenies in 50 mM phosphate buffer, pH 7.0, derived from the infected tissues of biolistically inoculated Essex (*rsv1*) and Williams82 (*rsv1*) served as inoculum to mechanically inoculate carborundum-dusted primary leaves of other soybean genotypes. Soybean genotypes containing alleles of *Rsv1* were inoculated with SMV strains N, G7 and G7d. Soybean genotype Williams82 (*rsv1*), susceptible to all strains of SMV and *Rsv1*-genotype soybean PI96983, Kwanggyo (*Rsv1-k*), Marshal (*Rsv1-m*), Ogden (*Rsv1-t*), Raiden (*Rsv1-r*), Suweon97 (*Rsv1-sk*) and Touseon50 (*Rsv1-n*) were used in this study. All soybean seed were obtained from field-grown plants shown to be free of SMV by indexing. The inoculated plants were maintained in a growth chamber operating at 22°C with a photoperiod of 16h light and 8h dark. After twenty one days of post-inoculation, plants were examined by indirect ELISA and RT-PCR. Nested PCR was done and after Sanger sequencing of PCR products, results were analyzed by using Finch TV and MEGA7 software. Total RNA was isolated from top fully-developed systemically infected trifoliate leaves using an RNeasy Plant mini kit (Qiagen) as instructed by the manufacturer. RT-PCR was done in the presence of Superscript reverse-transcriptase III (Invitrogen) as instructed by the manufacturer. Nested PCR amplification of the entire HC-pro and P3 cistrons was done using two pairs of primers, SMV-239s / SMV-3910a and SMV-482s / SMV-3840a, in the presence of EX Taq polymerase (Takara Bio). The resultant amplicons were purified with a QIAquick-PCR Purification Kit (Qiagen) or MinElute® PCR Purification Kit (Qiagen) and sequenced using primers SMV-1468s, SMV-1614a, SMV-2289s and SMV-2916s. Sequencing was done at The University of Tennessee DNA Sequencing Facility.

Results and Discussion: One out of ten York and Kwanggyo plants and two out of thirty Ogden plants inoculated with viral progeny derived from the reproduction of soybean mosaic virus strain N complementary DNA (c-DNA) molecule on susceptible soybean plants, which was cloned in the laboratory (molecularly cloned SMV-N or pSMV-N) showed viral symptoms and were positive in indirect ELISA. In mechanical inoculation using the sap from these plants, the virus was again transferred to York, Kwanggyo and Ogden plants and subsequently was adapted to these plants. After performing RT-PCR test and determining the full-length sequence of the HC-Pro (Helper Component-Protease) and P3 cistrons of the virus, the position of the point mutation and the amino acid encoded by the nucleotide exchange at the mutation point, using MEGA7 software, was identified. In York and Kwanggyo plants, a point mutation was observed in the HC-Pro whereas in the Ogden plant in the P3 cistron.

Conclusion: The evolution of viruses is unavoidably linked to the evolution of their hosts. Due to the mutations in virus genome and the breakdown of resistance of various soybean genotypes, as well as the fact that the genome

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

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

4- Associate Professor, Department of Microbiology, School of Medicine, Gonabad University of Medical Sciences, Gonabad

5- Associate Professor, Department of Entomology and Plant Pathology, Institute of Agriculture, University of Tennessee, Knoxville

DOI: 10.22067/jpp.2021.32763.0

of the soybean mosaic virus is RNA type and the possibility of mutation is high, it can be a warning sign for plant breeders producing soybean plants with resistance genes to different strains of the virus. RNA viruses apply all known mechanisms of genetic variation to ensure their survival. Also, the intersection of resistant and susceptible genotypes and the study of the allele of resistance genes can be effective in producing resistant genotypes. The identities of different Rsv genes need to be revealed and the key components in SMV resistant signaling pathway need to be identified. So, a good breeding-for-resistance strategy would aim to develop cultivars with resistance against a wide range of strains of SMV. Transgenic soybean lines expressing part of the P3 and HC-Pro genes have been showed a stable and enhanced resistance to several strains of SMV and have the potential to significantly increase soybean yield.

Keywords: Point mutation, *Rsv1*-resistance gene, Soybean, Soybean mosaic virus



مقاله پژوهشی

بررسی ویژگی‌های ژرم پلاسما گندم دیم جهت مقاومت به بیماری زنگ زرد در اردبیل

صفرعلی صفوی^{۱*} - فرزاد افشاری^۲ - مقصود حسنیپور حسنی^۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۲/۲۲

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۲/۱۵

چکیده

زنگ زرد با عامل *P. striiformis* f. sp. *tritici* یکی از مهم‌ترین بیماری‌های برگی گندم است که کاهش عملکرد قابل توجهی را در نواحی گندم خیز سراسر جهان موجب می‌شود. در ایران نیز در سال‌های همه‌گیری، بیماری زنگ زرد یکی از عوامل مهم کاهش عملکرد گندم به شمار می‌رود. مطالعه حاضر به منظور تعیین منابع مقاومت ژنتیکی نسبت به زنگ زرد انجام شده است، تا برنامه به‌نژادی برای آزادسازی رقم با موفقیت بیشتری انجام شود. ژرم پلاسما گندم دیم شامل ۱۹۱ لاین پیشرفته و امیدبخش (شامل گندم نان زمستانه، بهاره و گندم دوروم) تحت شرایط مزرعه‌ای در ایستگاه تحقیقات کشاورزی آلاروق اردبیل طی سال زراعی ۱۳۹۴-۹۵ ارزیابی شدند. در ارزیابی‌های مزرعه‌ای برای مقایسه لاین‌ها از مقادیر نسبی سطح زیر منحنی پیشرفت بیماری (rAUDPC) استفاده شد. همان تعداد ژرم پلاسما، در مرحله گیاهچه‌ای نیز برای پاتوتیپ‌های 6E158A⁺ و 6E150A⁺ Yr27 در شرایط گلخانه مورد بررسی قرار گرفتند. هر دو تیپ مقاومت مرحله گیاهچه و گیاه بالغ در بین لاین‌های مورد بررسی شناسایی شدند. واکنش گیاهچه‌ای نشان داد که تعداد ۳۴ لاین (۱۸٪) دارای مقاومت گیاهچه‌ای نسبت به هر دو پاتوتیپ و با احتمال وجود ژن/ژن‌های مقاومت Yr3v، Yr3a، Yr4a، Yr4، Yr5، Yr10، Yr15، Yr16، YrCV و YrSD می‌باشند. تعداد ۲۳ ژنوتیپ در مرحله گیاهچه‌ای در برابر حداقل یک پاتوتیپ حساس بوده و در مرحله گیاه بالغ واکنش مقاومت با مقادیر پایین rAUDPC (0-10) نشان دادند و به عنوان ارقام دارای مقاومت گیاه بالغ (APR) انتخاب شدند. همچنین تعداد ۲۷ ژنوتیپ در مرحله گیاه بالغ مقادیر متوسط rAUDPC (11-30) و در مرحله گیاهچه‌ای در برابر حداقل یک پاتوتیپ حساس بودند و به عنوان گروه دارای مقاومت تدریجی (SR) انتخاب شدند. بقیه ژنوتیپ‌ها دارای مقادیر بالای rAUDPC و یا بدون مقاومت گیاهچه‌ای بودند. منابع ژنتیکی امیدبخش برای تجمع هر دو تیپ مقاومت جهت دستیابی به مقاومت پایدار و کنترل پایدار علیه زنگ زرد در ایران استفاده خواهند شد.

واژه‌های کلیدی: زنگ نواری، گندم دیم، مقاومت پایدار، مقاومت گیاهچه‌ای، rAUDPC

مقدمه

ناشی از بیماری به طور متوسط بین ۷۰-۱۰٪ گزارش شده است، اما در همه‌گیری‌های شدید، خسارت تا ۱۰۰٪ نیز می‌رسد (۱۰). عوامل زنگ‌های گندم به راحتی بین قاره‌ها جا به جا می‌شوند (۱۷). سازگاری بالای عوامل زنگ‌ها به تغییرات شرایط آب و هوایی موجب گردیده تا زنگ‌ها در بیشتر نقاط جهان، خود را با شرایط آن‌ها وفق دهند. چنین خصوصیتی شامل جهش، مهاجرت، هیبریداسیون رویشی و جنسی می‌باشد (۱۶ و ۱۷). اگرچه تمام زنگ‌ها، شامل زنگ قهوه‌ای، زنگ ساقه و زنگ زرد از لحاظ اقتصادی از عوامل

زنگ زرد یا زنگ نواری با عامل *Puccinia striiformis* Westend. f. sp. *tritici* Eriksson یکی از مهم‌ترین بیماری‌های برگی گندم به شمار می‌رود. این بیماری در نواحی معتدل، خنک و مرتفع گزارش شده است (۶). بیماری زنگ زرد در تمام قاره‌ها بجز نواحی قطب جنوب دیده می‌شود. دامنه گسترش وسیع این بیماری در سراسر جهان، همواره تولید گندم را تهدید کرده و کاهش عملکرد

۲- استاد پژوهش، بخش تحقیقات غلات، موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران
۳- مربی، بخش تحقیقات غلات، موسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مراغه، ایران

۱- دانشیار پژوهش، بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اردبیل، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اردبیل، ایران
(*)-نویسنده مسئول: (Email: Safaralisafavi@yahoo.com)

بیماری‌های مهم غلات می‌باشند، اما میزان خسارت آن‌ها براساس کاهش عملکرد دانه متفاوت است. زنگ زرد با عامل *Pst* دامنه گسترش وسیع‌تری داشته و خطرناک‌تر از سایر زنگ‌ها است (۱۰). عامل بیماری زنگ زرد تولید محصول را از طریق آسیب به سیستم تنفسی گیاه تحت تاثیر قرار داده، قسمت‌های برگ را از بین برده و رشد گیاه را کند می‌کند. مهم‌تر از همه باعث چروکیدگی دانه، کاهش وزن هزاردانه و کیفیت آن شده و موجب کاهش عملکرد شدید دانه نیز می‌شود (۱۰ و ۱۹).

در طی دهه‌های گذشته چندین همه‌گیری از این بیماری در بیشتر نواحی گندم خیز ایران و دنیا گزارش شده است که به‌عنوان مثال می‌توان به همه‌گیری‌های سال‌های ۱۳۷۱ و ۱۳۷۳ در ایران اشاره کرد که به ترتیب باعث کاهش عملکرد ۱/۵ و ۱ میلیون تن شده است (۵۰). از سال ۱۹۹۹ تاکنون، پنج بار همه‌گیری زنگ زرد در آسیای مرکزی گزارش شده است (۵۴). مطالعات حاکی از آن است که جدایه‌های جدید زنگ زرد باعث همه‌گیری‌های مکرر و با شدت خسارت بیشتر در مناطق مرکزی و غرب آسیا از سال ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۰ شده است (۲۳). در سال‌های ۲۰۰۲ و ۲۰۰۳ چین، استرالیا و در سال‌های ۲۰۰۳ و ۲۰۱۰، ایالات متحده همه‌گیری‌های شدیدی را پشت سر گذاشتند (۱۰ و ۵۱). همچنین در سال‌های ۲۰۰۹ و ۲۰۱۰ شیوع شدید بیماری زنگ زرد در نواحی مرکزی و غرب آسیا و در نواحی شمال آفریقا اتفاق افتاد (۵۴).

استفاده از سموم شیمیایی و عملیات زراعی در کاهش خسارت ناشی از زنگ زرد تا حدودی موثر هستند. اگر چه روش مبارزه شیمیایی در سراسر جهان متداول است، اما این روش مبارزه توسط کشاورزان کشورهای در حال توسعه، قابل اجرا نیست. از طرف دیگر، روش‌های مدیریت سالم در امنیت غذایی جهت مبارزه با عامل بیماری اولویت دارند (۹). عملی‌ترین روش جایگزین، استفاده از مقاومت ژنتیکی در کنترل زنگ زرد است. استفاده از مقاومت ژنتیکی میزبان، اقتصادی بوده و خطرات سلامتی و زیست محیطی را به دنبال ندارد (۱۱ و ۴۳).

علاوه بر این، ارقام مقاوم در کنترل بیماری برای مدت طولانی‌تری موثر بوده و در تولید پایدار محصول نقش مهمی دارند. دو نوع مقاومت ژنتیکی شامل مقاومت اختصاصی- نژاد (Race-specific resistance) و مقاومت غیر اختصاصی- نژاد (Non-race-specific resistance) به خوبی شناخته شده‌اند. مقاومت نوع اول براساس فرضیه ژن برای ژن عمل می‌کند (۱۳). بعد از تکامل نژادهای جدید عامل بیماری، مقاومت اختصاصی- نژاد تقریباً در عرض ۵-۳ سال غیر موثر می‌شود (۲۰).

مقاومت غیر اختصاصی- نژاد توسط ژن‌های کوچک‌اثر (Minor genes) کنترل می‌شود و طول عمر زیادی دارد. استفاده عالمانه از مقاومت ژنتیکی به روش تجمع ژن‌های اختصاصی- نژاد و غیر

اختصاصی- نژاد جهت مدیریت موثر زنگ‌ها پیشنهاد می‌شود. ارقام حاصل از تجمع دو نوع ژن، به هر دو نوع مقاومت تجهیز شده و مدت طولانی‌تری در مدیریت عامل بیماری زنگ زرد، موثر باقی می‌مانند (۴۷). بنابراین، برای مدیریت کامل عامل بیماری زنگ زرد، منابع ژنتیکی گندم با ژن‌های مقاومت متنوع لازم و ضروری است (۷).

در بسیاری از پاتوسیستم‌های زنگ-غلات، مفاهیم کمی مقاومت ارقام، تشریح شده و مقادیر آن در مرحله گیاه کامل با اندازه‌گیری شدت نهائی بیماری (Final disease severity) در مرحله مشخصی از رشد گیاه، سطح زیر منحنی پیشرفت بیماری (Area Under Disease Progress Curve = AUDPC)، نرخ آلودگی ظاهری (Apparent infection rate) و متوسط ضریب آلودگی (coefficient of infection) برآورد می‌شوند (۵ و ۴۰). پژوهشگران مختلفی با استفاده از این پارامترها مقادیر کمی مقاومت ارقام و لاین‌ها را در سطح مزرعه مشخص کرده‌اند (۴، ۳۸، ۳۹ و ۴۱). در بررسی‌های این پژوهشگران همبستگی بالای پارامترهای شدت نهائی بیماری، ضریب آلودگی و سطح زیر منحنی پیشرفت بیماری با یکدیگر مشخص گردیده است. به عنوان مثال، می‌توان به همبستگی مثبت و معنی‌دار بین rAUDPC با پارامترهای مقاومت کمی (Quantitative resistance) از جمله دوره نهان آلودگی (Latent period) و فراوانی تولید اسپور در واحد سطح برگ اشاره کرد (۳۹). همچنین، ضریب همبستگی بالایی بین rAUDPC و کاهش عملکرد در مطالعات پژوهشگران مختلف دیده شده است (۲۶ و ۳۵).

در زمینه ارزیابی مقاومت ارقام و لاین‌های گندم نسبت به زنگ زرد، از سال‌ها پیش تاکنون تحقیقات متعددی در جهان و ایران انجام گرفته است. در مطالعه ۱۴۹ ژنوتیپ آمفی‌پلوئید گندم در دو مرحله گیاهچه‌ای و گیاه بالغ به ترتیب ۱۳/۵ و ۸۸ درصد ژنوتیپ‌ها مقاوم بودند (۳). در بررسی دیگر انجام شده در پاکستان برای ارزیابی واکنش ۵۰ رقم و لاین کاندید تحت شرایط گلخانه‌ای (با استفاده از دو پاتوتیپ) و مزرعه‌ای، مشخص شد که ۱۱ ژنوتیپ در مرحله گیاهچه‌ای به هر دو پاتوتیپ واکنش مقاومت و ۳۹ ژنوتیپ مقادیر مختلف مقاومت تدریجی را داشتند (۴۰). باکس و همکاران (۸) هم با استفاده از مقادیر نسبی سطح زیر منحنی پیشرفت بیماری (rAUDPC) و واکنش گیاهچه‌ای در ارزیابی ۲۰۰ ژنوتیپ گندم، دریافتند که هر دو تیپ مقاومت گیاهچه‌ای و گیاه بالغ در بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی وجود دارد. این محققین همچنین احتمال وجود ژن‌های مقاومت گیاهچه‌ای *Yr3*، *Yr5*، *Yr10*، *Yr15*، *YrSP* و *YrCV* را در ژنوتیپ‌های مقاوم ثابت کردند. در بررسی دیگری زینق و همکاران (۵۳)، ۴۹۴ ژنوتیپ گندم را در مرحله گیاهچه‌ای (با استفاده از پنج پاتوتیپ) و گیاه بالغ در چین ارزیابی کردند. در بررسی این محققین ۱۶ ژنوتیپ دارای مقاومت گیاهچه‌ای (All-stage or seedling resistance)، ۹۹ ژنوتیپ مقاومت گیاه بالغ

بررسی واکنش گیاهچه: تعداد ۱۹۱ ژنوتیپ (شامل ۷۲ ژنوتیپ گندم نان زمستانه، ۸۶ ژنوتیپ گندم نان بهاره و ۳۳ ژنوتیپ گندم دوروم) ارسالی از بخش تحقیقات غلات موسسه تحقیقات دیم کشور برای این بررسی استفاده شدند. برای بررسی گیاهچه‌ای تعداد ۵-۷ بذر از هر ژنوتیپ در گلدان‌های ۷×۷ سانتی متر (حاوی ترکیب خاک، پیت ماس و شن به نسبت‌های ۷:۵:۵) تحت شرایط کنترل شده در گلخانه‌های بخش غلات کرج کاشته شدند. ده روز بعد از کاشت گلدان‌ها مایه زنی هر ژنوتیپ با استفاده از پاتوتیپ‌های 6E158A⁺ و 6E150A⁺, Yr27 به طور جداگانه و از طریق اسپورپاشی گیاهچه‌ها با مخلوط اسپور و پودر تالک (به نسبت ۱ به ۴) انجام گردید. گلدان‌ها به مدت ۲۴ ساعت در اتاق تاریک در ۱۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند. سپس به گلخانه با درجه حرارت ۸-۱۰ درجه سانتی‌گراد با ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی منتقل گردیدند. بعد از ۱۷-۱۴ روز از مایه زنی، از تیپ آلودگی گیاهچه‌ها با استفاده از مقیاس ۰-۴ که توسط استاکمن و همکاران (۴۸) معرفی شده بود، یادداشت برداری شد. در این روش تیپ‌های آلودگی ۳-۴ به عنوان حساس و تیپ‌های آلودگی ۰-۲ به عنوان مقاوم در نظر گرفته شدند. به منظور بالا بردن دقت آزمایش، بررسی واکنش گیاهچه‌ای برای هر پاتوتیپ دو بار تکرار شد.

بررسی واکنش گیاه بالغ در شرایط مزرعه: همان تعداد ژنوتیپ مورد بررسی در مرحله گیاهچه‌ای، برای ارزیابی واکنش گیاه کامل نیز مورد استفاده قرار گرفتند. ژرم پلاسما مورد نظر در ایستگاه تحقیقات کشاورزی آلاروق اردبیل (واقع در فاصله ۱۰ کیلومتری جنوب غربی جاده اردبیل-خلخال با طول جغرافیای ۴۸ درجه و ۲۶ دقیقه و عرض جغرافیای ۳۸ درجه و ۲۲ دقیقه و ارتفاع از سطح دریا ۱۳۴۳ متر). طی سال زراعی ۹۵-۱۳۹۴ کشت شدند. تقریباً هشت گرم بذر از هر ژنوتیپ در کرت‌های دو ردیفه با ۳۰ سانتی‌متر فاصله از یکدیگر کاشته شدند. دو ردیف از رقم حساس مورکو نیز بعد از هر ده ژنوتیپ و در کل حاشیه ردیف‌ها به عنوان انتشار دهنده بیماری کاشته شد. در طول فصل زراعی عملیات داشت شامل آبیاری غرقابی (یک بار در فصل پاییز و ۶ بار در فصل بهار با فاصله هر ده روز یکبار)، وجین علف‌های هرز، کودپاشی و دو بار اسپورپاشی انجام گرفت. عملیات مایه‌زنی مصنوعی خزانه در فاصله بین زمان ساقه‌دهی تا قبل از ظهور برگ پرچم (Gs 36) با مخلوط اسپور زنگ زرد (که در فصل زراعی سال قبل جمع‌آوری و در یخچال نگهداری شده بودند) و پودر تالک به کمک گردپاش و در هنگام غروب انجام گردید. توده اسپوری جمعیت عامل زنگ زرد دارای پرازدی (Virulence) بر روی ژن‌های Yr1, Yr2, Yr6, Yr7, Yr9, Yr17, Yr22, Yr23, Yr24, Yr25, Yr26, Yr27, YrA, Yr31, Yr32, YrSU و ناپراژاری (Avirulence) برای ژن‌های Yr3a, Yr3v, Yr4a, Yr4, Yr5،

(Adult plant resistance)، ۲۸ ژنوتیپ مقاومت تدریجی (Slow rusting resistance) و ۳۵۱ ژنوتیپ هم واکنش حساسیت در مرحله گیاهچه‌ای و گیاه بالغ نشان دادند.

در یک پژوهش انجام شده در ایران، ۲۸۴ نمونه ژنتیکی گندم نان از بانک ژن گیاهی ملی ایران دریافتی از ۱۹ کشور، به منظور بررسی تنوع ژنتیکی مقاومت در شرایط مزرعه‌ای (ساری) و گلخانه‌ای (در برابر چهار پاتوتیپ) مورد مطالعه قرار گرفتند (۵۴). از بین این تعداد، ۱۶۵ ژنوتیپ براساس نتایج ارزیابی اجزاء مقاومت، برای مطالعه مزرعه‌ای در سال دوم انتخاب شدند. سپس تعداد ۵۱ نمونه ژنتیکی برتر در مرحله گیاهچه‌ای در گلخانه توسط چهار پاتوتیپ 6E2A⁺, Yr27, 174E10A⁺, Yr27, 38E158A⁺, Yr27 و 238E190A⁺, Yr27 مورد ارزیابی قرار گرفتند. نتایج نشان داد تعداد ۹ ژنوتیپ در برابر هر چهار پاتوتیپ مورد بررسی مقاومت نشان دادند و وجود ژن‌های Yr1, Yr4, Yr10 و YrSP در آن‌ها محتمل می‌باشد. یک ژنوتیپ از هر یک از کشورهای پرتغال، ایران، ژاپن، کره، ایتالیا و پنج ژنوتیپ با منشاء ناشناخته فقط در برابر پاتوتیپ 6E2A⁺, Yr27 مقاومت نشان دادند و وجود ژن‌های YrSD یا YrND در آن‌ها محتمل می‌باشد. عمرانی و همکاران (۲۷)، در ارزیابی ۲۴ لاین پیشرفته گندم با ۹ پاتوتیپ زنگ زرد در مرحله گیاهچه‌ای و با دو پاتوتیپ در مرحله گیاه بالغ، ثابت کردند که سه ژنوتیپ نسبت به همه پاتوتیپ‌ها در مرحله گیاهچه‌ای مقاوم بودند. به ترتیب ۲۷ و ۷۷ درصد ژنوتیپ‌ها، در منطقه زرقان و گرگان مقاومت کامل در مرحله گیاه بالغ نشان دادند صفوی و افشاری (۳۶) نیز در یک بررسی هفت ساله پایداری مقاومت ۵۰ رقم گندم، با بررسی پارامترهای مقاومت تدریجی در اردبیل مشخص ساختند که سه رقم همراه با رقم حساس بالاترین مقادیر FRS، CI، r و AUDPC را دارند و به عنوان ارقام حساس گروه‌بندی شدند. هشت رقم در هر دو مرحله گیاهچه‌ای و گیاه کامل مقاوم بودند. سیزده رقم در مرحله گیاهچه‌ای مقاوم ولی در مرحله گیاه کامل واکنش متوسط (MR, M, MS) یا حساس تا نیمه حساس (MSS) نشان دادند. شانزده رقم هم در مرحله گیاهچه‌ای حساس ولی در مرحله گیاه کامل واکنش متوسط (MR, M, MS) نشان دادند.

با توجه به اهمیت منابع ژنتیکی مقاومت به ویژه مقاومت پایدار (Durable resistance)، تعیین ویژگی‌های ژرم پلاسما گندم دیم برای تشخیص چنین مقاومت‌های متنوعی بسیار مهم و ضروری است. بنابراین، مطالعه حاضر نیز به منظور تشخیص منابع ژنتیکی با تیپ‌های مختلف مقاومت جهت افزایش بهبود عملیات به نژادی برای آزادسازی رقم در ایران انجام شد.

مواد و روش‌ها

تیپ‌های آلودگی در مرحله گیاه بالغ براساس روش رولفر و همکاران (۳۲) یادداشت‌برداری شدند. بعد از هر هفت روز یک‌بار و به مدت سه بار یادداشت‌برداری تکرار شد. شدت بیماری براساس درصد برگ آلوده از ۰ تا ۱۰۰ یادداشت‌برداری شد (۲۸). اولین یادداشت‌برداری از بیماری زمانی انجام شد که بیماری روی رقم حساس به ۵۰٪ رسیده بود. داده‌های شدت بیماری برای محاسبه سطح زیر منحنی پیشرفت بیماری (AUDPC) مورد استفاده قرار گرفتند. محاسبه سطح زیر منحنی پیشرفت بیماری بر اساس روش میلوس و لاین (۲۲). مطابق با فرمول زیر:

$$AUDPC = ((N_1 (X_1 + X_2)/2) + (N_2 (X_2 + X_3)/2))$$

محاسبه شد که در این فرمول:

AUDPC = سطح زیر منحنی پیشرفت بیماری

N_1 = فاصله اولین یادداشت‌برداری با دومین یادداشت‌برداری به

روز

N_2 = فاصله دومین یادداشت‌برداری با سومین یادداشت‌برداری

X_1, X_2, X_3 بترتیب ضریب آلودگی اولین، دومین و سومین

یادداشت‌برداری می‌باشند.

مقدار نسبی سطح زیر منحنی پیشرفت بیماری (rAUDPC) نیز با مقایسه هر لاین با رقم حساس (با فرض ۱۰۰ درصد مقدار رقم حساس) مطابق فرمول زیر محاسبه شد (۲۱):

$$rAUDPC = AUDPC \text{ رقم حساس} / (AUDPC \times 100 \text{ هر لاین}) =$$

به منظور تعیین گروه‌های مختلف مقاومت، تلفیقی از روش باکس و همکاران (۸) و زینق و همکاران (۵۳)، برای این دسته‌بندی انجام شد. لاین‌هایی که دارای واکنش گیاهچه‌ای حساس حداقل نسبت به یک پاتوتیپ و مقادیر rAUDPC بین ۰-۱۰ بودند، به عنوان گروه دارای مقاومت گیاه بالغ (APR) در نظر گرفته شدند. لاین‌هایی که دارای واکنش گیاهچه‌ای حساس حداقل نسبت به یک پاتوتیپ و rAUDPC بین ۱۱-۳۰ بودند، به عنوان گروه دارای مقاومت تدریجی (SR) و لاین‌های که دارای مقادیر rAUDPC بالای ۳۰ بودند، به عنوان گروه حساس دسته‌بندی شدند. ژنوتیپ‌هایی هم که دارای واکنش مقاومت در برابر هر دو پاتوتیپ بودند، به عنوان گروه دارای مقاومت گیاهچه‌ای انتخاب شدند (ASR). برای رسم نمودارها نیز از نرم‌افزار Excel استفاده شد.

جدول ۱- مشخصات پاتوتیپ‌های مورد استفاده در بررسی واکنش گیاهچه‌ای ژنوتیپ‌های گندم دیم نسبت به زنگ زرد

Table 1- Details of the pathotypes used to study the reaction of the dry-land wheat germplasm to yellow rust at seedling stage

پاتوتیپ Pathotype	محل جمع‌آوری Site of collection	فرمول ناپر آزاری / پرازاری Airulence / Virulence formula
6E158A ⁺	Mashhad, Khorasan- Razavi	Yr1, Yr3, Yr4, Yr5, Yr10, Yr15, Yr16, YrCV, YrSD, YrSU, YrSP / Yr2, Yr6, Yr7, Yr8, Yr9, Yr22, Yr23, YrA, YrND
6E150A ⁺ , Yr27	Zarghan, Fars	Yr1, Yr3, Yr4, Yr5, Yr10, Yr15, Yr16, YrCV, YrSD, YrSU, YrSP / Yr2, Yr6, Yr7, Yr8, Yr9, Yr22, Yr23, YrA, Yr27

نتایج

نتایج بررسی واکنش گیاهچه در شرایط گلخانه: نتایج

ارزیابی با استفاده از پاتوتیپ 6E158A⁺ در مرحله گیاهچه‌ای نشان داد که از ۶۳ ژنوتیپ دارای واکنش مقاومت، ۳۱ ژنوتیپ مربوط به گندم نان زمستانه، ۴ ژنوتیپ از گندم دوروم و ۲۸ ژنوتیپ از گندم نان بهاره بوده است. نتایج ارزیابی با استفاده از پاتوتیپ 6E150A⁺, Yr27 نیز در مرحله گیاهچه‌ای نشان داد که از ۶۴ ژنوتیپ مقاوم، ۲۶ ژنوتیپ از گندم نان زمستانه، ۸ ژنوتیپ از گندم دوروم و ۳۰ ژنوتیپ از گندم نان بهاره بودند.

همچنین نتایج ارزیابی در مرحله گیاهچه‌ای مشخص ساخت که ۵۱ ژنوتیپ در مقابل هر دو پاتوتیپ مقاوم می‌باشند که ۲۴ ژنوتیپ از گندم نان زمستانه، ۴ ژنوتیپ از گندم دوروم و ۲۳ ژنوتیپ از گندم نان بهاره بودند (شکل ۱). تعداد ۲۴ ژنوتیپ در هر دو مرحله گیاهچه‌ای و

گیاه بالغ مقاوم بودند. برخی از ژنوتیپ‌های مقاوم در مرحله گیاهچه‌ای، در مرحله گیاه بالغ آلودگی بالائی نشان دادند که در نهایت ۳۴ ژنوتیپ (۱۸٪) انتخاب شدند. فهرست لاین‌های انتخاب شده در جدول ۲ آورده شده است. از بین ۱۹۱ ژنوتیپ مورد بررسی، تعداد ۵۰ ژنوتیپ (۲۶٪) در مرحله گیاهچه‌ای در برابر حداقل یک پاتوتیپ حساس و در مرحله گیاه بالغ تیپ‌های مختلف واکنش مقاومت نشان دادند.

نتایج بررسی واکنش گیاه بالغ در شرایط مزرعه: به علت شرایط آب و هوایی مساعد در سال زراعی ۹۵-۱۳۹۴، ظهور و استقرار بیماری زنگ زرد روی ژنوتیپ‌های گندم مورد ارزیابی به خوبی انجام گرفت و ارزیابی دقیق از ژنوتیپ‌ها به عمل آمد. در شرایط مزرعه‌ای به طور کلی ۸۱ ژنوتیپ حساس و ۱۱۰ ژنوتیپ (۵۷/۶٪) مقاوم بودند. از بین ژنوتیپ‌های مقاوم، براساس مقادیر نسبی سطح زیر منحنی پیشرفت بیماری (rAUDPC)، عکس العمل گندم نان زمستانه، بهاره

مقاومت تدریجی (Slow rusting resistance) می‌باشند. ژنوتیپ‌های دارای ژن‌های مقاومت تدریجی نیز از مقاومت پایداری برخوردارند. تعداد ۲۷ (۱۴٪) ژنوتیپ در این گروه قرار گرفتند (جدول ۲).

گروه سوم: ژنوتیپ‌هایی که در مرحله گیاهچه‌ای (در برابر هر دو پاتوتیپ) مقاوم هستند. این گروه دارای ژن‌های مقاومت اختصاصی-نژاد یا ژن‌های مقاومت تمام مرحله‌ای (All-stage resistance genes) هستند. این ژنوتیپ‌ها ممکن است ژن‌های مقاومت غیر اختصاصی-نژاد نیز داشته باشند، اما بوسیله ژن‌های مقاومت موثر اختصاصی-نژاد پوشیده می‌مانند (۴، ۱۲ و ۳۴). تعداد ۵۱ (۲۷٪) ژنوتیپ در این گروه قرار گرفتند، اما با توجه به درصد آلودگی بالای برخی از آن‌ها در مرحله گیاه بالغ، فقط فهرست ۳۴ ژنوتیپ در جدول ۲ آورده شده است.

گروه چهارم: گروهی که در مرحله گیاهچه‌ای نسبت به دو پاتوتیپ مورد بررسی واکنش حساسیت و در مرحله گیاه بالغ دارای شدت آلودگی بالا ($rAUDPC > 30$) و تیپ آلودگی نیمه حساس تا حساس (MSS) یا حساس (S) هستند. این گروه فاقد ژن‌های مقاومت گیاه بالغ بوده و ژن مقاومت اختصاصی-نژاد در مقابل پاتوتیپ‌های استفاده شده ندارند. درصد زیادی از این‌ها در این گروه قرار می‌گیرند. فهرست این گروه در جدول ۲ آورده نشده است.

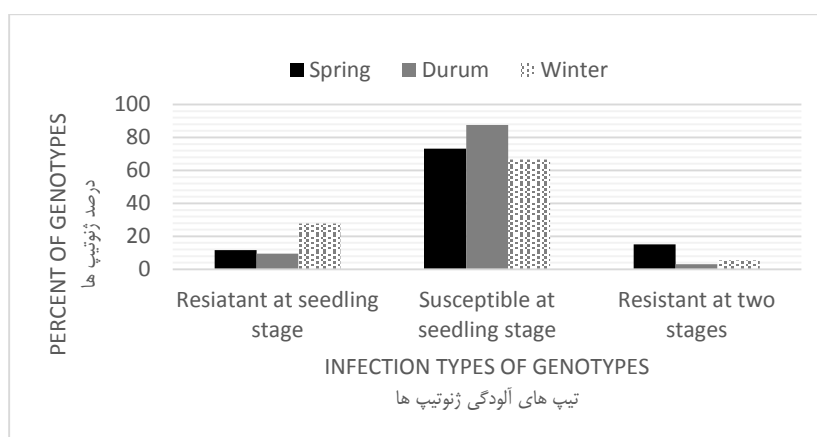
گروه پنجم: گروهی که در مرحله گیاهچه‌ای مقاوم و در مرحله گیاه بالغ شدت آلودگی بالا و تیپ آلودگی نیمه حساس (MS) یا نیمه حساس تا حساس (تیپ آلودگی MSS) نشان دادند. این حالت نشان می‌دهد که این ژنوتیپ‌ها فاقد ژن‌های مرحله گیاه بالغ هستند. با وجود داشتن واکنش مقاومت در مرحله گیاهچه‌ای، بوسیله پاتوتیپ یا پاتوتیپ‌های از پاتوژن که در مزرعه موجود هستند آلوده می‌شوند. به عبارت دیگر، دارای ژن‌های مقاومت اختصاصی-نژاد هستند، اما نسبت به پاتوتیپ‌های مزرعه‌ای موثر نیستند.

و گندم دوروم متفاوت بود. به طوری که از بین ژنوتیپ‌های گندم نان زمستانه، بهاره و دوروم به ترتیب تعداد ۹ (۱۲/۵٪)، ۳۸ (۴۴/۲٪) و ۴ (۱۲/۱٪) ژنوتیپ دارای مقادیر پایین سطح زیر منحنی پیشرفت بیماری ($rAUDPC=0-10$) بودند و به عنوان گروه مقاوم دسته‌بندی شدند (شکل ۲). گروهی از ژنوتیپ‌ها هم دارای مقادیر نسبی متوسط سطح زیر منحنی پیشرفت بیماری ($rAUDPC = 11-30$) بودند، که از بین ژنوتیپ‌های گندم نان زمستانه، بهاره و دوروم به ترتیب تعداد ۱۶ (۲۲/۲٪)، ۳۷ (۴۳٪) و ۱۱ (۳۳/۳٪) ژنوتیپ در این گروه قرار می‌گرفتند. در نهایت گروهی هم مقادیر نسبی بالای سطح زیر منحنی پیشرفت بیماری ($rAUDPC > 30$) را داشتند که از بین ژنوتیپ‌های گندم نان زمستانه، بهاره و دوروم به ترتیب تعداد ۴۷ (۶۵/۲٪)، ۱۱ (۱۲/۸٪) و ۱۸ (۵۴/۵٪) ژنوتیپ در این گروه قرار گرفتند و این گروه به عنوان گروه حساس طبقه‌بندی شدند.

به طور کلی با در نظر گرفتن نتایج واکنش مزرعه‌ای ژنوتیپ‌ها و نتایج واکنش مرحله گیاهچه‌ای در برابر دو پاتوتیپ مطالعه شده، ژنوتیپ‌ها در پنج گروه مختلف قرار می‌گیرند:

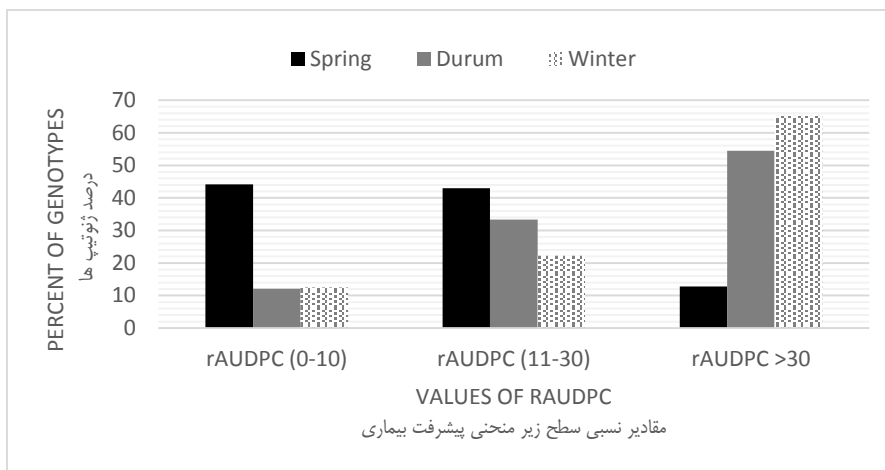
گروه اول: ژنوتیپ‌هایی که در مرحله گیاهچه‌ای حداقل نسبت به یک پاتوتیپ واکنش حساسیت و در مرحله گیاه بالغ مقادیر نسبی پایین سطح زیر منحنی پیشرفت بیماری ($rAUDPC = 0-10$) داشتند، این ژنوتیپ‌ها مهم هستند، زیرا حامل ژن یا ژن‌های مقاومت گیاه بالغ (Adult plant resistance) می‌باشند. ژنوتیپ‌های دارای ژن‌های مقاومت گیاه بالغ از مقاومت پایداری برخوردارند. تعداد ۲۳ (۱۲٪) ژنوتیپ در این گروه قرار گرفتند (جدول ۲).

گروه دوم: ژنوتیپ‌هایی که در مرحله گیاهچه‌ای حداقل نسبت به یک پاتوتیپ واکنش حساسیت و در مرحله گیاه بالغ مقادیر نسبی متوسط سطح زیر منحنی پیشرفت بیماری ($rAUDPC = 11-30$) داشتند، این ژنوتیپ‌ها نیز مهم هستند، زیرا حامل ژن یا ژن‌های



شکل ۱- نتایج ارزیابی واکنش گیاهچه‌ای در ژرم پلاسما گندم دیم نسبت به دو پاتوتیپ زنگ زرد

Figure 1- The evaluation results of seedling reaction in dry-land wheat germplasm against two pathotypes of yellow rust (6E158A⁺ and 6E150A⁺, Yr27)



شکل ۲- واکنش گیاه بالغ در ژرم پلاسما گندم دیم نسبت به زنگ زرد با اندازه گیری مقدار نسبی سطح زیر منحنی پیشرفت بیماری
Figure 2- The adult plant reaction of dry-land wheat germplasm against stripe rust by measuring of relative area under disease progress curve (rAUDPC)

ژنوتیپ‌ها غیر اختصاصی است، اما تغییر در پاتوتیپ‌های بیمارگر موجب شکسته شدن مقاومت بسیاری از این ژنوتیپ‌ها نسبت به زنگ زرد شده است که نشان دهنده ناپایداری مقاومت می‌باشد (۳۲). ناپایداری مقاومت در ارقام، متخصصین به‌نژادی را در جهت جستجوی مقاومت تدریجی در برنامه‌های به‌نژادی تشویق کرده است. مقاومت تدریجی، که به نظر می‌رسد مقاومت غیر اختصاصی و پایدار باشد، در گندم به‌طور وسیعی مطالعه و پیدا شده است (۴، ۳۸ و ۴۱) و تلاش در جهت یافتن ارقام گندم دارای این نوع مقاومت در طی سال‌های گذشته ادامه داشته است (۵ و ۳۳).

در مطالعه حاضر، برخی از ژنوتیپ‌ها در شجره خود دارای ارقامی مانند Pastor، Trap، Kiritati، Attila، kukuna، Tukuru و Pastor هستند (جدول ۲). این ارقام به دلیل دارا بودن تعدادی ژن مقاومت غیر اختصاصی- نژاد (تدریجی) نسبت به زنگ زرد، سیاه و قهوه‌ای و حتی برخی بیماری‌های دیگر، مقاومت پایدار و چند پاتوزنی (Multipathogenic) را به رقم معرفی شده اعطا می‌کنند. از جمله این ژن‌ها می‌توان به ژن‌های مقاومت غیر اختصاصی- نژاد *Yr18*، *Yr29*، *Yr30*، *Yr36*، *Yr39*، *Yr46*، *Yr48*، *Yr52* و ژن‌های ناشناخته دیگر اشاره کرد، که به صورت انفرادی یا در ترکیب با یکدیگر در ژرم پلاسما مقاوم دیگر مانند Chapio، Kingbird، Toinchi 81، Vivitsi، Muu و Bluebird وجود دارند (۴۳ و ۴۵). اخیراً برخی از این ارقام دارای مقاومت غیر اختصاصی- نژاد، در تلاقی‌های مربوط به برخی از لاین‌های امیدبخش گندم ایران (به غیر از لاین‌های مورد بررسی در این تحقیق) به کار گرفته شده‌اند.

جمعیت این پاتوتیپ یا پاتوتیپ‌ها تحت تاثیر شرایط گلخانه‌ای پایین است و یا از مزرعه جمع آوری نشده است ولی تحت شرایط مزرعه در مدت زمان طولانی اثر بیشتری روی رقم دارد.

بحث

در بررسی حاضر بر اساس داده‌های جدول ۲، مشاهده می‌گردد که تنوع بالائی در بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه در واکنش نسبت به زنگ زرد وجود دارد. به‌طوری که در این بررسی براساس واکنش گیاهچه‌ای و گیاه بالغ، ژنوتیپ‌های مورد بررسی در گروه‌های مختلفی قرار گرفتند. گروه بندی‌های مشابهی برای واکنش ژنوتیپ‌های گندم در برابر زنگ‌ها در بررسی‌های زینتی و همکاران (۵۳)، شاه و همکاران (۴۰) و طریق خان و عرفان الحق (۴۹) دیده می‌شود.

ژن‌های مقاومت گیاه بالغ در مرحله گیاهچه‌ای بیان نمی‌شوند ولی ژن‌های مقاومت گیاهچه‌ای در تمام مراحل رشدی گیاه بیان می‌گردند (۱۰). تکیه بر آزمایشات بررسی‌های گیاهچه‌ای برای تعیین منابع مقاومت به دو دلیل کافی نیست (۳۹). زیرا، اولاً منابع ارزشمند مقاومت کمی ممکن است با مقاومت مرحله گیاهچه‌ای همپوشانی داشته باشند. برخی از نتایج نشان می‌دهند ارقامی که در مرحله گیاهچه‌ای در گروه حساس طبقه‌بندی می‌شوند، ممکن است سطح بالائی از مقاومت کمی گیاه بالغ را دارا باشند. ثانیاً مشخص گردیده است که مقاومت کمی موجود در چنین لاین‌هایی نسبت به مقاومت اختصاصی- نژاد (که در مرحله گیاهچه‌ای تعیین می‌شود) پایدارتر است.

در بررسی برخی محققین اگر چه تصور می‌شود مقاومت برخی

جدول ۳- مشخصات ژرم پلاسما گندم دیم و نتایج بررسی واکنش گیاهچه‌ای و گیاه بالغ نسبت به زنگ زرد در برخی از ژنوتیپ‌های منتخب گندم دیم

Table 2- Characteristics of used dry land wheat germplasm and, results of seedling and adult plant responses against yellow rust in some of selected wheat lines									
No.	Pedigree/ Variety	Growth habit ¹	Seedling response ²		Adult plant response ³		Kind of resistance		
			Path. 1	Path. 2	FRS & IT	rAUDPC			
1	SPIH Genebank Collection -2010- 288	W	0	0	10MR	8	ASR		
2	BUC/PVNO/MILAN/3/TX96V2427	W	4	4	10MR	15	SR		
3	88 (CB-R6)/Azer2 /JUn known-99/14 Gene Bank Material IRBW 05- 165-08MAR-08MAR-08MAR-5MAR-2MAR	W	2C	0	20MR	5	ASR		
4	NGDA146-4/YMH/TOB/MCTD/3/ILRA/5/F1301.1.12 -8/Azer2 -7/7Trakia/Maga/5/74Mon/5/3Shah/4/Khuzar/7/Jcam/Emu/5/7Dore*	W	0	0	30MR	18	ASR		
5	Fengjiang15/Scid/4/Dari-16/3/H21122/Blodun/9/Azadi -5/10 GHZAGZAGSTAN 96-99/2Zams	W	0	0	20MR	19	ASR		
6	Gabur4/Trakia/Maga/5/74Mon/5/3Shah/5/Gabur/40/MCH/ILKATY/1 IRBW 05- 201-08MAR-08MAR-08MAR-2MAR-1MAR	W	0	0	10MR	8	ASR		
7	ID000994W/VEL/P00K/5/PONY/OPATA/4/4848 Mahad/Tur/5 -5/10 known-2/4 Trakia/Maga/5/74Mon/5/3Shah IRBW 05- 004-08MAR-08H-	W	0	0	10MR	8	ASR		
8	IRANA963/RSKCC/AR055/CHAM6 TCI001093-030YE-030YE-7E-0E	W	2C	0	20M	5	ASR		
9	SABALAN/ALTAY	W	0	0	20MR	14	ASR		
10	PAVONI (dwar)/KAUZ (tall) IRW 05-06-84-08MAR-08MAR-08MAR	W	0	0	10MR	11	ASR		
11	CROC-1/AE.SQUARROSA (2005)/ KAUZ/3/SASLA/4/CHEN/ AEGILOPS SQUARROSA/TAUSU/BCN/3/VEE7/... IRW 05-06-22-1-08MAR-	W	2C	3	10MR	3	APR		
12	OMAR-08MAR	W	0	0	10MR	8	ASR		
13	ZARGANA-3/JUN/0808B IRW 05-06-333-08MAR-08MAR	W	0	0	R	4	ASR		
14	SOROCA/SAUL/ESKU 844/TRA/0200 IRW 05-06-171-08MAR-08MAR	W	0	0	30MR	16	ASR		
15	SOROCA/SAUL/ESKU 844/TRA/0200 IRW 05-06-171-08MAR-08MAR	W	0	0	20MS	11	SR		
16	KACHU #1/KIRITAT/KAUCHU/CMSS065/0778T-099TOPN-099Y-099ZTM-099N-099N-6WGY-0B	S	3	3	R	1	ASR		
17	BABAX/KS93U76/BABAX/3/2/SOKOLLCMSA000000081-024/PSHDI/BBHTY-040ZTM-056/PSHDI/BRUS/3ZTY-20ZTM-0Y-0B	S	2CN	3	R	27	SR		
18	BERKUT/MUL/DONPIJE #1CMSA070000073T-050Y-040ZTM-040ZTY-3/1ZTM-010Y-02B-0Y	S	3	3	30MR	11	SR		
19	ROLF07/2/5/REH/HARE/2/4BCN/3/CROC_1/AE.SQUARROSA (213)/WQO/4-1UTESC/MS5/06/09/26T-099TOPN-099Y-099ZTM-099Y-099M-SWGY-0B	S	3	3	20MR	11	SR		
20	SLP152/BL0K #1CMS090000335-0Y-099ZTM-099N-099N-3WGY-0B	S	2C	3	R	1	APR		
21	MUTUS/AKURIC/CMSS00004515-0Y-099ZTM-099Y-099M-1WGY-0B	S	2CN	3	R	1	ASR		
22	NAC/THAC/3/9VNO/AMBL/010/C4/2/PASTOR/5/KACHU/6/KACHU/CMSS0600734T-099TOPY-099ZTM-099Y-099M-13WGY-0B	S	3	3	R	1	APR		
23	KIRITAT/WHLLI/2/2BL0K #1CMS0507/0084T-099TOPN-099Y-099M-17M-0WGY	S	2C	3	30M	22	SR		
24	BAI #1/2/WHLE/ARC/MS07/01201-099TOPN-099Y-099M-15M-0WGY	S	3	3	20M	23	SR		
25	FRET2-2/BRAMBLING/BECA/3/WHLLI #2/BRAMBLING/CMSS07/000560T-099TOPY-099M-099Y-099M-19WGY-0B	S	4	3	10MR	14	SR		
26	KACHU/BECA/3/WHLLI #2/BRAMBLING/CMSS07/000560T-099TOPY-099M-099Y-099M-10WGY-0B	S	0	2CN	R	22	ASR		
27	KACHU/BECA/3/WHLLI #2/BRAMBLING/CMSS07/000560T-099TOPY-099M-099Y-099M-10WGY-0B	S	2C	3	30MR	22	ASR		
28	OR 943734/SOKOL/CMSS04/01203-040Y-040ZTM-040ZTY-040M-040SY-3M-0Y-02B-0Y	S	3	3	20MR	14	SR		
29	KLCOVER/2000/WHLLI/CMSS01/000286T-040Y-040ZTM-040ZTY-040M-040SY-3M-0Y-02B-0Y	S	3	3	10MR	3	APR		
30	CHEN/AEGILOPS SQUARROSA (TAUSU/BCN/3/BAV92/4/BEK/ITCMSA02/001045-040ZTM-040SY-21ZTM-03Y-0B	S	0	2C	R	1	APR		
31	FRET2/2/ASNU/TRA9/1/3/KAUZ/2/TRA9/KAUZ/5/ONX CMSA05/003225-040ZTM-040SY-21ZTM-03Y-0B	S	3	3	10MR	3	APR		
32	CNO79/RI70354/MUS/3/PASTOR/4/BAV92/5/FRET2/KUKUNA/4/FRET2/6/MILAN/KAUZ/PRINIA/3/BAV92 CMSA05/01011T-040M-040ZTPPY-040ZTM-040SY-14ZTM-03Y-0B	S	0	0	R	1	ASR		
33	MILAN/KAUZ/PRINIA/3/BAV92/4/WHLLI #2/KUKUNA CMSA04/000405-040ZTM-040ZTY-040ZTM-040SY-22TM-01Y-0B	S	0	2C	20MR	5	ASR		
34	TC870344/ GUL/TEMPORALERA M 87/AGR/3/2/WHLLI CMSA01/000725T-040M-030ZTM-040SY-10M-0Y-0SY	S	3	4	30MR	22	SR		
35	ATTILA #2/PBW65/BERCUT CMSA01/0000745-040PM-030ZTM-040SY-040M-20Y-0M-0SY	S	3	4	20MR	14	SR		
36	FRET2/2/ASNU/TRA9/1/3/KAUZ/2/TRA9/KAUZ/5/PE/AL/WEAVER/BRAMBLING/CMSS05/0004005-099Y-099M-099Y-099ZTM-22WGY-0B	S	2C	4	10MR	8	APR		
37	KAUZ/ALTAR 84/AOS/3/MILAN/KAUZ/4/HUTES /7/CAL/NIH/1567.71/3/SER/4/CAL/NIH/1567.71/5/2*KAUZ/6/PASTOR/CMSS05/0005815-099Y-099M-099Y-099ZTM-2WGY-0B	S	2C	0	R	1	ASR		
38	PBW343/2/KUKUNA/4/PARUS/3/PBW343/2/KUKUNA/AC/SS05/000256T-099TOPY-099M-099N-099N-5WGY-0B	S	3	3	10MR	8	APR		
39	PBW343/2/KUKUNA/4/2/ANAC/SS05/000256T-099TOPY-099M-099N-099N-5WGY-0B	S	3	3	R	10	APR		
40	CHAMBA/4/CMR2A.1294/2-KAUZ/2/MUNIA/CHTO/3/MILAN/CMW02-00275-1/AP0TS-0AP-0AP-5/AP-0AP	S	0	0	R	6	APR		
41	HAMAM-4/ANG01-2C/W02-00621-2AP0TS-0AP-0AP-6/AP-0AP	S	3	4	10MR	8	APR		
42	CNO79/PE70354/MUS/3/PASTOR/4/BAV92/5/FRET2/KUKUNA/4/FRET2/6/MILAN/KAUZ/PRINIA/3/BAV92CMSA05/01011T-040M-040ZTPPY-040ZTM-040SY-14ZTM-03Y-0B	S	0	0	R	1	ASR		
43	ATTILA #2/PBW65/KAUCHU/CMSS05/000045-099Y-099M-099Y-099ZTM-1WGY-0B	S	2CN	3	10MR	8	ASR		
44	PBW343/2/KUKUNA/4/SRU/3/PBW343/2/KIV/AC/SS05/000361T-099TOPY-099M-099N-099N-6WGY-0B	S	3	2CN	30MR	11	SR		
45	ATTILA #2/PBW65/PVN/3/CA422/ANA/5/BOW/CROW/BLU/PVN/3/YR4-TRA9/1/7/ATTILA/2/PASTOR/CMSS05/000290T-099TOPY-099M-099N-099N-7WGY-0B	S	3	0	10MR	8	APR		
46	WHLLI/KUKUNA/4/ACUPETO F2001/5/ WAXWING /4/ SN/TRA9/1/3/KAUZ/2/TRA9/KAUZ/CMSS05/000538-099Y-099M-099Y-099ZTM-19WGY-0B	S	3	3	30MR	18	SR		
47	KANZ/4/KS85-4-4/5/2/FRET2/2/ASNU/TRA9/1/3/KAUZ/2/TRA9/KAUZ/CMSS05/00116T-099M-099Y-099M-099Y-099ZTM-2WGY-0B	S	3	4	20MR	16	SR		
48	KANZ/4/KS85-4-4/5/2/FRET2/2/ASNU/TRA9/1/3/KAUZ/2/TRA9/KAUZ/CMSS05/00116T-099M-099Y-099M-099Y-099ZTM-2WGY-0B	S	3	4	20MR	19	SR		
49	SAUAL/3/MILAN/587236/BAV92/CMSS05/0005935-099Y-099M-099Y-099ZTM-14WGY-0B	S	0	2CN	10M	3	ASR		
50	FRET2/KUKUNA/4/FRET2/3/TUKURU/4/FRET2/TUKURU/4/FRET2/CMSS05/000149T-099TOPY-099M-099N-099N-2WGY-0B	S	3	3	10MR	3	APR		

ادامہ جدول ۳.....
Table 2- To be continued....

No.	Pedigree/ Variety	Growth habit ¹	Seedling response ²		Adult plant response ³		Kind of resistance ²
			واکنش گیاهچه‌ای		واکنش گیاه بالغ		
			Path. ¹	Path. ²	FRS & IT	rAUDPC	
51	FRET2/KUKUNA//FRET2/3/PASTOR/HXL7573/2*BAL/5/FRET2/2/4/SNI/TRAP#1/3/KAUZ/2/2/TRAP#KAUZCGSS05B00162T-099TOPY-099M-099Y-099ZTM-16WGY-0B	S	3	4	30MR	18	SR
52	FRET2/KUKUNA//FRET2/3/PASTOR/HXL7573/2*BAL/5/FRET2/2/4/SNI/TRAP#1/3/KAUZ/2/2/TRAP#KAUZCGSS05B00162T-099TOPY-099M-099N1-099N3-7WCY-0B	S	3	4	10MR	8	APR
53	PBW343/2/KUKUNA//WBLL1/2/KUKUNACMSA05N000118S-0100ZTM-0290LR34-HOM-HET/2TY-040ZTM-040SY-16ZTM-0Y-0B KACHU/1/KIRITATE/KACHUCMISS06Y00778T-099TOPY-099Y-099ZTM-040SY-16ZTM-040SY-16ZTM-0Y-0B	S	2CN	2CN	30MR	18	ASR
54	BECARD/KACHUCMISS06Y00778T-099TOPY-099Y-099ZTM-040SY-16ZTM-040SY-16ZTM-0Y-0B	S	3	2CN	10MR	3	APR
55	KABY/4/TEL2/3/HURES/FUN/KAUZ IRBWG-2006-001G-0G-0G-0G-10G-0G	S	2CN	2CN	R	1	ASR
56	KABY/4/TEL2/3/HURES/FUN/KAUZ IRBWG-2006-001G-0G-0G-0G-10G-0G	S	2C	3	20MS	11	SR
57	KABY/4/TEL2/3/HURES/FUN/KAUZ IRBWG-2006-001G-0G-0G-0G-12G-0G	S	2C	2C	10MR	14	ASR
58	VEE'S*/SAKER/ZAGROS IRBWG-2006-033G-0G-0G-0G-3G-0G	S	3	3	30MS	16	SR
59	KOCHDASHI	S	0	0	10MR	3	ASR
60	DEHDASHI	S	3	3	30M	18	SR
61	KS821422/WBL1/CMSA01Y00397T-040M-040POY-040M-030ZTM-040SY-4M-0Y-0SY	S	3	3	R	1	APR
62	KS821422/WBL1/CMSA01Y00397T-040M-040POY-040M-030ZTM-040SY-21M-0Y-0SY	S	3	3	R	6	APR
63	PASTOR/HXL7573/2/BAL/3/WBL1PTISS02Y000233S-0Y-030ZTM-040SY-040M-19Y-0M-0SY	S	3	3	20MR	16	SR
64	TCT970344/GULU/TEMPORALERA M 87/AGR/3/2* WBL1 CMSA01Y00725T-040M-040POY-040M-030ZTM-040SY-33M-0Y-0SY	S	4	3	20MR	16	SR
65	KS82W418/SPN/3/CHEN/AE SQ/2/*OPATA/4/FRET2/CMSA01M00316T-040Y-040M-030ZTM-040SY-040M-53Y-0M-0SY	S	3	3	R	1	APR
66	QIMMA-8 CMSS93Y00332S-JAP-3/AP-3/AP-0APS-0AP	S	3	3	10MR	3	APR
67	TCT970344/GULU/TEMPORALERA M 87/AGR/3/2* WBL1 CMSA01Y00725T-040M-030ZTM-040SY-10M-0Y-0SY	S	3	3	20MR	23	SR
68	FRET2/2/4/SNI/TRAP#1/3/KAUZ/2/2/TRAP/KAUZ/5/PFA/WEAVER/BRAMBLINGCMSS05B00480S-099Y-099M-099Y-099ZTM-22WGY-0B	S	3	4	10MR	3	APR
69	KAUZ//ALTAK 84/AOS/3/MILAN/KAUZ/4/HUTES 7/CAL/NH/H567 71/3/SERI-4/CAL/NH/H567 71/5/2*KAUZ/6/PASTORCMSS05B00581S-099Y-099M-099Y-099ZTM-2WGY-0B	S	0;	1CN	10MR	3	ASR
70	IHAMAM-4/VANGH-2/CW02-06621-2AP/OTS-0AP-0AP-6XP-0AP	S	3	3	20MR	19	SR
71	ATTILA-2/PBW65/KACHUCMISS05B00004S-099Y-099M-099Y-099ZTM-1WGY-0B	S	3	3	20MR	5	APR
72	PBW343/2/KUKUNA//SRU/3/PBW343/2/KHVAKRCSS05B00261T-099TOPY-099M-099N1-099N2-6WGY-0B	S	0	3	10MR	3	APR
73	KANZ/4/KS85-8-4/5/2*FRET2/2/4/SNI/TRAP#1/3/KAUZ/2/2/ TRAP/KAUZCGNS05Y001861-099M-099Y-099M-099Y-099ZTM-2WGY-0B	S	4	3	30MR	18	SR
74	PBW343/2/KUKUNA//WBLL1/2/KUKUNACMSA05N000118S-0100ZTM-0290LR34-HOM-HET/2TY-040ZTM-040SY-16ZTM-0Y-0B	S	2C	3	30MR	22	SR
75	BECARD/KACHUCMISS06Y00778T-099TOPY-099Y-099ZTM-040SY-16ZTM-040SY-16ZTM-0Y-0B	S	0	2CN	R	1	ASR
76	KARIM 61-130	S	3	3	R	6	APR
77	61-130	F	0	2CN	R	13	ASR
78	Sajil	F	3	3	30MR	16	SR
79	G-1252	F	2CN	3	20MR	11	SR
80	61-130	F	2CN	0	10MR	3	ASR
81	46078	F	3	3	10MR	3	APR
82	46078	F	3	3	20MR	17	SR
83	46061	F	3	3	10MR	6	APR
84	TN 12736 Morocco	F	0	0	R	1	ASR
check		-	3	3	100S	100	S

۱- فصل: روش: گندم نان، گندم دو، و م. بنامان: [F]

نتایج ارزیابی در مرحله گیاهچه‌ای مشخص ساخت که ۵۱ ژنوتیپ در مقابل هر دو پاتوتیپ مقاوم می‌باشند که ۲۴ ژنوتیپ از گندم نان زمستانه، ۴ ژنوتیپ از گندم دوروم و ۲۳ ژنوتیپ از گندم نان بهاره بودند. به طور کلی با توجه به عدم کارایی برخی ژن‌های مقاومت گیاهچه‌ای در شرایط مزرعه‌ای، از بین ژنوتیپ‌های دارای مقاومت گیاهچه‌ای ۳۴ ژنوتیپ انتخاب شدند (۱۸٪). بقیه ژنوتیپ‌ها از بین سه دسته ژرم پلاسما حداقل نسبت به یک پاتوتیپ حساس بودند، که بیانگر نبود ژن‌های مقاومت گیاهچه‌ای در آن‌ها بود. براساس الگوی پرآزاری و نا پرآزاری توده جمعیت بیمارگر و پاتوتیپ‌های بررسی شده، ژنوتیپ‌های مقاوم گیاهچه‌ای احتمالاً دارای ژن یا ژن‌های مقاومت *YrSD* می‌باشند. وجود احتمالی تعدادی از این ژن‌های گیاهچه‌ای در ژنوتیپ‌های مقاوم در بررسی‌های محققین دیگر نیز به اثبات رسیده بود (۸ و ۵۲). این ژن‌های مقاومت در شرایط مزرعه‌ای نیز در مکان‌های مختلف در ایران، موثر گزارش شده‌اند (۱ و ۳۷). با وجود این، برای اثبات وجود این ژن‌های مقاومت در ژرم پلاسما مطالعه شده، نشانگرهای مولکولی و مطالعات ژنتیکی و نیز بررسی‌های گیاهچه‌ای با استفاده از چند پاتوتیپ مورد نیاز می‌باشد.

برای بررسی وجود مقاومت مزرعه‌ای، همان تعداد ژرم پلاسما بررسی شده در مرحله گیاهچه‌ای در ایستگاه تحقیقات کشاورزی آلازوق به عنوان یکی از مکان‌های اصلی برای بررسی زنگ زرد، برای سال زراعی ۹۵-۱۳۹۴ ارزیابی شدند. همه‌گیری‌های سنگین زنگ زرد که قبلاً در این ایستگاه گزارش شده بود، این مکان را برای ارزیابی و غربالگری زنگ زرد کاملاً مناسب ساخته است (۳۶ و ۳۸).

در مرحله گیاه بالغ داده‌های شدت بیماری برای محاسبه rAUDPC برای هر ژنوتیپ با مقایسه شدت آلودگی آن‌ها با شدت آلودگی رقم حساس (موروکو) استفاده شدند. این روش، پیشرفت بیماری در مرحله گیاه بالغ در زمان مورد نظر را نشان می‌دهد و نشانگر میزان مقاومت در برابر بیماری در ژرم پلاسما میزبان است. بنابراین، این روش به طور گسترده‌ای جهت تشخیص مقاومت تدریجی (Slow rusting) یا پایدار (Durable) در ژرم پلاسما استفاده شده است. در مطالعات مشابهی که قبلاً انجام شده است، مقدار rAUDPC توسط بیماری‌شناسان مختلف برای تجزیه و تحلیل داده‌های بیماری نسبت به زنگ‌ها مورد استفاده قرار گرفته است (۸، ۱۴، ۳۳ و ۴۱). مشاهدات مزرعه‌ای مشخص کرد که در مرحله گیاه بالغ به ترتیب ۱۲، ۵، ۴۴/۲ و ۱۲/۱ درصد از ژنوتیپ‌های گندم نان زمستانه، بهاره و گندم دوروم با داشتن مقدار rAUDPC = 0-10 مقاوم بودند (شکل ۲، جدول ۲). در حالی که فقط ۶۴ ژنوتیپ، واکنش متوسط (rAUDPC=11-30) داشتند. تعداد زیادی از این ژنوتیپ‌ها با داشتن واکنش مقاومت تا نیمه‌مقاومت تحت شرایط مزرعه‌ای، در

مطالعات انجام شده در سیمیت (CIMMYT) نشان داده است که ژن *Yr29* با ژن *Lr46* و ژن *Nkroz* نوک برگ (*Ltn2*) پیوستگی دارد (۴۵ و ۱۸). ژن مقاومت *Yr46* نیز با ژن *Lr67* پیوستگی دارد (۱۵). این ژن‌های مقاومت، مسئول مقاومت غیر اختصاصی - نژاد (تدریجی) در برابر زنگ زرد و زنگ قهوه‌ای هستند. ژن مقاومت تدریجی *Yr30* که در چندین رقم گندم با منشا سیمیت پیدا شده است، در ناحیه کروموزومی حامل ژن مقاومت تدریجی *Sr2* که نسبت به برخی از پاتوتیپ‌های عامل زنگ ساقه مقاوم هستند، یافت می‌شود (۴۶).

ژن‌های مقاومت تدریجی *Yr29* و *Yr30* به طور وسیعی در ژرم پلاسما گندم سیمیت استفاده شده‌اند (۴۵). ژن‌های مقاومت *Yr18/Lr34* با ژن *Nkroz* نوک برگ (*Ltn1*) پیوستگی دارند. ژن‌های مقاومت نسبی *Yr46/Lr67* نیز با ژن دیگر *Nkroz* برگ (*Ltn3*) پیوستگی دارند (۱۸). *Nkroz* نوک برگ، ویژگی مورفولوژیکی است که پیوستگی کامل با ژن‌های مختلف مقاومت غیر اختصاصی - نژاد نسبت به زنگ زرد، قهوه‌ای، سیاه و سفیدک سطحی نشان می‌دهد (۱۸ و ۴۲) و در مواردی می‌تواند به عنوان یک نشانگر مهم در تشخیص اولیه لاین‌های گندم حامل این ژن‌های مقاومت استفاده شود (۱۸).

در بررسی سال‌های اخیر نیز مشخص گردیده است که ژن *Yr46* با ژن‌های *Sr55* (دارای مقاومت غیر اختصاصی - نژاد نسبت به زنگ سیاه) و ژن *Pm46* (دارای مقاومت غیر اختصاصی - نژاد نسبت به سفیدک سطحی گندم) پیوستگی دارد (۱۸ و ۴۴). ژن‌های *Yr18* و *Yr29* نیز به ترتیب با ژن‌های *Stb1*، *Pm38* (ژن مقاومت به لکه‌برگی سپتوریایی گندم)، *Sr57*، *Bdv1* و ژن‌های *Pm39*، *Lr46*، *Sr58* پیوستگی دارند (۴۴).

طی بررسی‌های سال‌های قبل مشخص شده بود که طیف ژنتیکی مقاومت در بیشتر ژنوتیپ‌های قدیم گندم دیم ایران نسبت به تنش‌های زنده مهم (به ویژه زنگ زرد)، محدود هستند (۲۴ و ۲۵). بیشتر ارقام ملی گندم در ایران، براساس تعداد محدود ژن مقاومت مرحله گیاهچه‌ای، نسبت به زنگ زرد اصلاح و معرفی شده‌اند (۲۵ و ۳۶). بنابراین، در مقابل ظهور پاتوتیپ‌های جدید زنگ زرد که هر از چندگاهی بروز می‌یابند، آسیب‌پذیر هستند (۷ و ۳۷). چنین سناریوی هشدار دهنده‌ای، گسترش طیف ژن‌های مقاومت را در ارقام محلی (که ترکیب ژنتیکی محدودی دارند)، از طریق تلفیق ژرم پلاسما متنوع از نظر مقاومت ژنتیکی در برنامه‌های به‌نژادی توصیه می‌کند. در مطالعه حاضر، مقاومت به زنگ زرد در هر دو مرحله گیاهچه‌ای و گیاه بالغ در ژرم پلاسما گندم دارای زمینه ژنتیکی متنوع مشاهده شد. به منظور تشخیص و تعیین منابع مقاومت گیاهچه‌ای، ژرم پلاسما گندم در مرحله گیاهچه‌ای با استفاده از دو پاتوتیپ زنگ زرد *6E158A+* و *Yr27*، *6E150A+* تحت شرایط کنترل شده گلخانه غربال شدند.

بهاره، مدیریت زنگ زرد پایدار خواهد بود. زیرا در چنین ارقامی سطح شیوع کلی بیماری، ماده آلوده کننده اولیه (Inoculum) و زمستان گذران زنگ زرد و سرعت تکامل پاتوتیپ پایین می ماند (۳۰). برخی از محققین هم معتقدند بسته به زمان ظهور زنگ زرد، می توان نوع متفاوتی از مقاومت را به کار برد (۵۳). به این ترتیب که در صورت ظهور دیر هنگام زنگ زرد، ژن های مقاومت گیاه بالغ و در صورتی که آلودگی در پاییز و یا زودتر اتفاق بیافتد، به کارگیری ژن های مقاومت گیاهچه ای و گیاه بالغ توأمأ توصیه می شود.

در تحقیق حاضر، با بررسی پرازاری و ناپرازاری پاتوتیپ ها و جمعیت پاتوتیپ مزرعه ای، منابع مقاومت گیاهچه ای که احتمالاً حامل ژن های مقاومت *Yr15*, *Yr10*, *Yr5*, *Yr4*, *Yr4a*, *Yr3a*, *Yr3v*, *YrSD*, *YrCV*, *Yr16* و یا ژن های ناشناخته دیگری هستند و منابع مقاومت گیاه بالغ که در ژرم پلاسسم مورد بررسی گزارش شدند، می توانند برای تجمع و هرمی کردن ژن ها مورد استفاده قرار گیرند، تا مقاومت پایدارتری علیه بیمارگر مخرب زنگ زرد در ایران ایجاد شود.

نتیجه گیری

در مطالعه حاضر تعدادی از ژنوتیپ ها که دارای مقاومت گیاهچه ای و با احتمال وجود ژن/ژن های مقاومت *Yr3v*, *YrSD* و *YrCV*, *Yr16*, *Yr15*, *Yr10*, *Yr5*, *Yr4*, *Yr4a*, *Yr3a* بودند، شناسائی شدند. بیشتر ژنوتیپ های گندم نان زمستانه فاقد مقاومت گیاهچه ای بودند. تعدادی از ژنوتیپ ها مقاومت غیر اختصاصی-نژاد و پایدار (مقاومت گیاه بالغ و یا تدریجی) داشتند و این درصد در بین ژنوتیپ های گندم نان بهاره بیشتر از ژنوتیپ های گندم نان زمستانه و گندم دورم بود. این ژرم پلاسسم با منابع متنوع مقاومت در تجمع هر دو تیپ ژن های مقاومت از طریق هرمی کردن ژن ها برای مقاومت پایدار مفید خواهند بود و در نهایت ارقام مقاوم (دارای مقاومت پایدار) با عملکرد بالا برای کشاورزان معرفی خواهد شد.

سپاسگزاری

این پژوهش با حمایت مالی موسسه تحقیقات دیم کشور، تحت پروژه به شماره ۹۴۱۲۳-۱۵-۱۵-۰ اجرا گردیده است. بدینوسیله از کلیه همکاران محترم موسسه و مرکز تحقیقات، آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اردبیل که در اجرای این تحقیق ما را یاری کردند، تشکر و قدردانی خود را اعلام می کنیم.

مرحله گیاهچه ای واکنش حساسیت (حداقل نسبت به یک پاتوتیپ) نشان دادند که بیانگر وجود مقاومت گیاه بالغ (مقاومت تدریجی یا پایدار) است. مطالعه حاضر، ژنوتیپ های دو گروه دارای سطح پایین و متوسط مقدار نسبی سطح زیر منحنی پیشرفت بیماری (rAUDPC) را به عنوان منبع بالقوه مقاومت گیاه بالغ نسبت به زنگ زرد تعیین کرده است. بسیاری از این ژنوتیپ ها از ارقام خارجی و با منشاء سیمیت (CIMMYT) حاصل شده اند و دارای ژن های مقاومت گیاه بالغ (Adult plant resistance) یا مقاومت تدریجی می باشند (۴۳ و ۴۵).

لاین های مقاوم بعد از آزمایشات ویژگی های زراعی به ویژه عملکرد و ویژگی های مهم دیگر در آزمایشات ملی، می توانند معرفی شده و یا در برنامه های به نژادی وارد شوند. برای ارتقاء ژنتیکی لاین های امیدبخش ایران، هیبریداسیون با منابع ژرم پلاسسم خارجی مختلف انجام شده است. به منظور بررسی وضعیت مقاومت آن ها نسبت به زنگ زرد لاین های به نژادی جدید تحت شرایط مزرعه ای بررسی شدند. داده های شدت بیماری در شرایط مزرعه ای در مرحله گیاه بالغ نشان دادند که ۵۱ ژنوتیپ از کل ژنوتیپ ها با داشتن مقدار rAUDPC=0-10 مقاوم بودند، درحالی که ۳۳/۵٪ ژنوتیپ ها واکنش حدواسط (rAUDPC =11-30) داشتند. از میان ژنوتیپ های بررسی شده در این مطالعه بیشترین تعداد ژنوتیپ مقاوم در مرحله گیاهچه ای و گیاه بالغ به ژنوتیپ های گندم نان بهاره اختصاص داشت که بیانگر استفاده از ارقام دارای ژن های مقاومت تدریجی متنوع، مانند *Pastor* و *Trap* در شجره این گروه می باشد. برخی از این ارقام ۳-۴ ژن مقاومت غیر اختصاص-نژادی را حمل می کنند و در صورت جمع شدن ۴-۵ ژن مقاومت غیر اختصاص-نژادی در یک رقم، مقاومت آن نزدیک به مقاومت کامل یا مصون خواهد بود (۴۳).

علاوه بر معرفی ژرم پلاسسم خارجی به عنوان رقم، این لاین ها که از لحاظ ژنتیکی جهت اصلاح ارقام استفاده می شوند، می توانند در شرایط ایران به عنوان ارقام سازگار استفاده شوند. در مطالعه مشابهی، افضل و همکاران (۲)، مقاومت پایدار مزرعه ای نسبت به زنگ زرد را در میان ۱۸۸ لاین به نژادی در پاکستان گزارش کرده است.

در مقیاس جهانی، بیماری شناسان تشخیص داده اند که طول عمر ژن های مقاومت بزرگ اثر (Major genes) کوتاه است. به منظور پایدار ساختن مقاومت ژنتیکی، ژن های کوچک اثر (Minor genes) یا QTLs نسبت به ژن های مقاومت اختصاصی-نژاد ترجیح داده می شوند. اگر چه تشخیص و استفاده از منابع مقاومت پایدار پر زحمت و زمان بر است، ژرم پلاسسم گندم با مقاومت پایدار به خوبی تشخیص و استفاده شده اند (۴۳ و ۴۷). روش جایگزین دیگر، تجمع (تلفیق) منابع مقاومت ژن های کوچک اثر و بزرگ اثر در یک رقم از طریق برنامه های به نژادی و انتخاب به کمک نشانگرهای مولکولی است. با به کارگیری هر دو نوع مقاومت گیاهچه ای و گیاه بالغ در ارقام گندم زمستانه و

منابع

- 1- Afshari F. 2008. Prevalent pathotypes of *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici* in Iran. Journal of Agricultural Science and Technology 10: 67-78.
- 2- Afzal S.N., Haque M.I., Ahmedani M.S., Munir M., Firdous S.A., Rauf A., Ahmad I., Rattu A.R., and Fayaz M. 2009. Resistance potential of wheat germplasm (*Triticum aestivum* L.) against stripe rust disease under rain fed climate of Pakistan. Pakistan Journal of Botany 41(3): 1463-1475.
- 3- Ahmed S., Bux H., Rasheed A., Gul Kazi A., Rauf A., Mahmood T., and Mujeeb Kazi A. 2014. Stripe rust resistance in *Triticum durum*- *T. monococcum* and *T. durum*- *T. urartu* amphiploids. Australasian Plant Pathology 43: 109-113.
- 4- Ali S., Shah S.A., and Ibrahim M. 2007. Assessment of wheat breeding lines for slow yellow rusting (*Puccinia striiformis* west. *tritici*). Pakistan Journal of Biological Sciences 19: 3440-3444.
- 5- Alo F., Al-Saaid W., Baum M., Alatwani H., and Amri A. 2018. Slow rusting of bread wheat landraces to *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici* under artificial field inoculation. Arab Journal of Plant Protection 36(2): 164-175
- 6- Boyd L.A. 2005. Centenary review: Can Robigus defeat an old enemy? – Yellow rust of wheat. Journal of Agricultural Sciences 143: 1–11.
- 7- Bux H., Ashraf M., Chen X.M., and Mumtaz A.S. 2011. Effective genes for resistance to stripe rust and virulence of *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici* in Pakistan. African Journal of Biotechnology 10(28): 5489-5495.
- 8- Bux H., Ashraf M., Hussain F., Rattu A.U., and Fayyaz M. 2012. Characterization of wheat germplasm for stripe rust (*Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*) resistance. Australian Journal of Crop Science 6(1): 116-120.
- 9- Chakravarty B. 2011. Trends in Mushroom cultivation and breeding. Australian Journal of Agricultural Engineering 2(4):102-109.
- 10- Chen X.M. 2005. Epidemiology and control of stripe rust on wheat [*Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*] on wheat. Canadian Journal of Plant Pathology 27: 314-337.
- 11- Chen X.M. 2007. Challenges and solutions for stripe rust control in the United States. Australian Journal of Agricultural Research 58: 648–655.
- 12- Dadrezaie S. T., Lababidi S., Nazari K., Mohammadi E., Afshari F., Alo F., Shams-Bakhsh M., and Safaei N. 2013. Molecular genetic diversity in Iranian populations of *Puccinia triticina*, the causal agent of wheat leaf rust. American Journal of Plant Science 4: 1375-1386.
- 13- Flor H.H. 1942. Inheritance of pathogenicity in *Melampsora lini*. Phytopathology 32: 653–669.
- 14- Hei N., Shimelis H.A., Laing M., and Admassu B. 2015. Assessment of Ethiopian wheat lines for slow rusting resistance to stem rust of wheat caused by *Puccinia graminis* f. sp. *tritici*. Journal of Phytopathology 163: 353-363.
- 15- Herrera-Foessel S., AHerrera-Foessel S.A., Lagudah E. S., Huerta-Espino J., Hayden M.J., Bariana H. S., Singh D., and Singh R.P. 2011. New slow-rusting leaf rust and stripe rust resistance genes *Lr67* and *Yr46* in wheat are pleiotropic or closely linked. Theoretical and Applied Genetics 122: 239-49.
- 16- Jin Y., Szaboand L., and Carson M. 2010. Century-old mystery of *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici* life history solved with the identification of Berberis as an alternate host. Phytopathology 100: 432-435.
- 17- Kolmer J.A. 2005. Tracking wheat rust on a continental scale. Current Opinion in Plant Biology 8: 441-449.
- 18- Kumar S., Phogat B.S., Vikas V.K., Sharma A.K., Saharan M.S., Singh A.K., et al. 2019. Mining of Indian wheat germplasm collection for adult plant resistance to leaf rust. PLoS One 14(3): e0213468.
- 19- Line R.F. 2002. Stripe rust of wheat and barley in North America: a retrospective historical review. Annual Review of Phytopathology 40: 75–118.
- 20- Line R.F., and Qayoum A. 1992. Virulence, aggressiveness, evolution, and distribution of races of *Puccinia striiformis* (the cause of stripe rust of wheat) in North America, 1968-87. USDA-ARS, Technical Bulletin 1788: 44 pp.
- 21- Ma H., Singh R.P., and Kazi-Mujeeb A. 1995. Resistance to stripe rust in *Triticum turgidum*, *T. tauschii* and their synthetic hexaploids. Euphytica 82: 117–124.
- 22- Milus E.A., and Line R.F. 1986. Gene action for inheritance of durable, high- temperature, adult plant resistances to stripe rust in wheat. Phytopathology 76: 435-441.
- 23- Morgounov A., Tufan H.A., Sharma R., Akin B., Bagci A., Braun H.J., Kaya Y., Keser M., Payne T.S., Sonder K., and McIntosh R. 2012. Global incidence of wheat rusts and powdery mildew during 1969-2010 and durability of resistance of winter wheat variety Bezostaya 1. European Journal of Plant Pathology 132: 323-340.
- 24- Nazari K., Torabi M., Dehghan M.A., Aghnom R., Ahmadian-Moghaddam M.S., and Fallah H. 2000a. Pathogenicity of *Puccinia striiformis*, and reactions of improved cultivars and advanced lines of wheat to yellow rust in Northern provinces of Iran. Seed and Plant 16: 393-424. (In Persian with English abstract)
- 25- Nazari K., Torabi M., Hasni M.H., Kashani A., Hooshyar R., Mogaddam M.S.A. 2000b. Evaluation of resistance to yellow rust in advanced wheat lines suitable for dryland areas at seedling and adult-plant stages. Seed and Plant 16: 252-262. (In Persian with English abstract)

- 26- Ochoa J., and Parlevliet J.E. 2007. Effect of partial resistance to barley leaf rust, *Puccinia hordei*, on the yield three barley cultivars. *Euphytica* 153: 309-312.
- 27- Omrani A., Khodarahmi M., and Afshari F. 2013. Genetics study of resistance to yellow rust in CIMMYT origin wheat advanced lines at seedling and adult plant stages. *Archives of Phytopathology and Plant Protection* 46: 2341-2355.
- 28- Peterson R.F., Campbell A.B., and Hannah A.E. 1948. A diagrammatic scale for estimating rust intensity on leaves and stems of cereals. *Canadian Journal of Research* 26: 496-500.
- 29- Pritchard D.J., Hollington P.A., Davies W.P., Gorham J., Díaz De León J.L. and Mujeeb-Kazi A. 2001. Synthetic hexaploids wheats ($2n = 6x = 42$, AABBDD) and their salt tolerance potential. *Annual Wheat Newsletters* 47: 103-104.
- 30- Randhawa H., Puchalski B.J., Frick M., Goyal A., Despins T., Graf R.J., Laroche A., and Gaudet D.A. 2012. Stripe rust resistance among western Canadian spring wheat and triticale varieties. *Canadian Journal of Plant Science* 92(4):713-722.
- 31- Reynolds M.P., Skovmand B., Trethowan R., and Pfeiffer W. 1999. Evaluating a conceptual model for drought tolerance. In: Ribaut, J.M. (Ed.), *Using Molecular Markers to Improve Drought tolerance*. CIMMYT, Mexico, D.F.
- 32- Roelfs A.P., Singh R.P., and Saari E.E. 1992. Rust diseases of wheat: Concepts and Methods of Diseases Management. Mexico, D.F. CIMMYT. 81 pp.
- 33- Safavi S.A. 2015. Effects of yellow rust on yield of race-specific and slow rusting resistant wheat genotypes. *Journal of Crop Protection* 4: 395-408.
- 34- Safavi S.A. 2018. Response of thirty barley cultivars to yellow rust and barley pathotypes in seedling and adult stages. *Journal of Plant Protection* 32(1):71-82. (In Persian with English abstract)
- 35- Safavi S.A. 2019. Effectiveness of resistance genes to stripe rust and virulence of *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici* during two years monitoring in Ardabil. *Applied Researches in Plant Protection* 8(3): 95-107. (In Persian with English abstract)
- 36- Safavi S.A., and Afshari F. 2017. A seven-year assessment of resistance durability to yellow rust in some wheat cultivars in Ardabil province, Iran. *Journal of Crop Protection* 6: 409-421.
- 37- Safavi S.A., Afshari F., and Yazdanehpas A. 2013. Effective and ineffective resistance genes to wheat yellow rust during six years monitoring in Ardabil. *Archives of Phytopathology and Plant Protection* 46: 774-780.
- 38- Safavi S.A., and Afshari F. 2012. Quantitative resistance of some Elite wheat lines to *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*. *Archives of Phytopathology and Plant Protection* 45: 740-749.
- 39- Sandoval-Islas J.S., Broers L.H.M., Mora-Aguilera G., Parlevliet J.E., Osada K.S. and Vivar H.E. 2007. Quantitative resistance and its components in 16 barley cultivars to yellow rust, *Puccinia striiformis* f. sp. *hordei*. *Euphytica* 153: 295-308.
- 40- Shah S.J.A., Hussain S., Ahmad M., Farhatullah M., and Ibrahim M. 2014. Characterization of Slow Rusting Resistance against *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici* in Candidate and Released Bread Wheat Cultivars of Pakistan. *Journal of Plant Pathology and Microbiology* 5: 223.
- 41- Shah S.J.A., Imtiaz M., and Hussain S. 2010. Phenotypic and Molecular Characterization of Wheat for Slow Rusting Resistance against *Puccinia striiformis* Westend. f. sp. *tritici*. *Journal of Phytopathology* 158: 393-402.
- 42- Singh R.P. 1992. Association between gene *Lr34* for leaf rust resistance and leaf tip necrosis in wheat. *Crop Science* 32: 874-878.
- 43- Singh R.P., Huerta-Espino J., Bhavani S., Herrera-Foessel S.A., Singh D., Singh P.K., Velu G., Mason R.E., Jin Y., Njau P., and Crossa J. 2011. Race non-specific resistance to rust diseases in CIMMYT spring wheats. *Euphytica* 179: 175-186.
- 44- Singh R.P., Hodson D.P., Jin Y., Lagudah E. S., Ayliffe M.A., Bhavani S., Rouse M. N., Pretorius Z. A., Szabo L.J., Huerta-Espino J., Basnet B.R., Lan C., and Hovmøller M.S. 2015. Emergence and spread of new races of wheat stem rust fungus: Continued threat to food security and prospects of genetic control. *Phytopathology* 105: 872-84.
- 45- Singh R.P., Huerta-Espino J., and William H.M. 2005. Genetics and breeding for durable resistance to leaf and stripe rusts in wheat. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry* 29: 121-127.
- 46- Singh R.P., Nelson J.C., and Sorrells M.E. 2000. Mapping *Yr28* and other genes for resistance to stripe rust in wheat. *Crop Sciences* 40: 1148-1155.
- 47- Singh R.P., William H.M., Huerta-Espino J., and Rosewarne G. 2004. Wheat Rust in Asia: Meeting the challenges with old and new technologies. In: *New directions for a diverse planet*. Proceedings of the 4th International Crop Science Congress, Brisbane, Australia.
- 48- Stakman E.C., Stewart D.M., and Loegering W.Q. 1962. Identification of physiologic races of *Puccinia graminis* var. *tritici*. Washington, D.C., United States Department of Agriculture, Agricultural Research Service 1-53.
- 49- Tariq-Khan M., and Irfan Ul-Haque M. 2011. Elite-II synthetic hexaploid wheats as a potential source of resistance against yellow rust. *Archives of Phytopathology and Plant Protection* 44: 1165-1170.
- 50- Torabi M., Mardoukhi V., Nazari K., Afshari F., Forootan A.R., Ramai M.A., Golzar H., and Kashani A.S. 1995. Effectiveness of wheat yellow rust resistance genes in different parts of Iran. *Cereal Rusts and Powdery Mildews*

Bulletin 23: 9-12.

- 51- Wellings C.R. 2011. Global status of stripe rust: a review of historical and current threats. *Euphytica* 179: 129-141.
- 52- Zahravi M., Afshari F., and Ebrahimnejad S. 2019. Study of genetic diversity of resistance to yellow rust in bread wheat germplasm. *Modern Genetics Journal* 14(3): 263-274.
- 53- Zeng Q.D., Han D.J., Wang Q.L., Yuan F.P., Wu J.H., Zhang L., Wang, X.J., Huang, L.L., Chen X.M. and Kang Z.S. 2014. Stripe rust resistance and genes in Chinese wheat cultivars and breeding lines. *Euphytica* 196: 271-284.
- 54- Ziyaev Z.M., Sharma R.C., Nazari K., Morgounov A.I., Amanov A.A., Ziyadullaev Z.F., Khalikulov Z.I., and Alikulov S.M. 2011. Improving wheat stripe rust resistance in Central Asia and the Caucasus. *Euphytica* 179(1): 197-207.



Characterization of Dry-Land Wheat Germplasm for Stripe Rust (*Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*) Resistance in Ardabil

S.A. Safavi^{1*}- F. Afshari²- M. Hasanpour-Hossni³

Received: 11-05-2020

Accepted: 05-05-2021

Introduction: Yellow (stripe) rust, caused by *P. striiformis* f. sp. *tritici*, is one of the most important foliar diseases of wheat. The disease has been reported in temperate, cool, and higher altitudes regions, where wheat is grown. The widespread of the disease has always threatened wheat production and resulted in 30 to 100% losses in yield. Although chemical method is common throughout the world, it is not practical by farmers in developing countries. The most alternative practical way is to use genetic resistance which is economical and safely to environment. Two types of genetic resistance, including race-specific and non-race-specific resistance, are well known. Race-specific resistance operates based on the gene for gene hypothesis. Following the evolving of new races of pathogens, race-specific resistance becomes almost ineffective within 3–5 years. Non-race-specific resistance is controlled by small-effect (additive) genes and is long lasting. The wisely use of genetic resistance through the combination of race-specific and non-race-specific genes is suggested for the effective management of rusts. In view of the above, it is important to determine the properties of wheat germplasm for the detection of such diverse resistance. Therefore, the present study was performed to identify genetic sources with different resistance types to enhance the improvement of breeding operations for the release of cultivar in Iran.

Materials and Methods: In order to study of seedling reactions, a total of 191 dry land wheat lines were used. Seeds of each genotype (5-7 seeds) were planted in 7×7 cm pots under controlled conditions in the greenhouses of Karaj. Seedlings were inoculated with two pathotypes of pathogen (6E158A⁺ and 6E150A⁺, Yr27). The inoculated Plants were transferred to a growth chamber at 10°C with 16 h of light and 8 h of darkness for 24 h. Plants were then transferred to greenhouses at 6–10°C temperature. 14-17 days later, seedling infection types were recorded based on a 0-4 scale (Stakman et al., 1962). The same number of studied lines at the seedling stage, were also used to evaluate the adult plant responses. The germplasm was cultivated at Ardebil Agricultural Research Station during the 2015-2016 cropping year. About eight grams seeds of each entry were planted in two-row plots of 1 m length with 30 cm distance. Plots were spaced at 65 cm. Infection types were recorded in the adult plant stage according to the method of Rolfs et al. Disease severity data were used to calculate the area under the disease progress curve (AUDPC). The relative area under the disease progress curve was also compared by comparing each line with the susceptible cultivar (assuming 100% susceptible cultivar value). In order to determine different resistance groups according to the method of Bux et al. (2012), lines with rAUDPC between 0-10 was considered as resistant group, rAUDPC = 11-30 as intermediate and lines with rAUDPC values above 30 were classified as susceptible.

Results and Discussion: Seedling evaluation using pathotype 6E158A⁺ showed that of 63 resistant genotypes, 31 genotypes were from winter wheat, 4 from durum wheat and 28 genotypes of spring bread wheat. The seedling reactions using pathotype 6E150A⁺, Yr27 indicated that of 64 resistant genotypes, 26 genotypes were of winter bread wheat, 8 genotypes of durum wheat and 30 genotypes of spring bread wheat. The results at seedling stage also revealed that 51 genotypes were resistant to both pathotypes, of which 24 were genotypes of winter bread, 4 genotypes of durum wheat and 23 genotypes of spring bread wheat. Of the 191 genotypes studied, 24 (12.5%) genotypes also showed resistance at both seedling (against to two pathotypes) and adult plant stages. In field conditions, 81 genotypes were susceptible and 110 (57.6%) were resistant. Among the resistant genotypes, the differences were observed based on the values of the relative area under the disease progress curve (rAUDPC). The response of winter wheat, spring wheat and durum wheat varied. Among the winter bread wheat, spring and durum wheat genotypes, 9 (12.5%), 38 (44.2%) and 4 (12.1%) genotypes had low levels of the area under the

1- Associate Professor, Crop and Horticultural Science Research Department, Ardabil Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Ardabil, Iran

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

2- Professor, Department of Cereal Research, Seed and Plant Improvement Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Karaj, Iran

3- Researcher, Department of Cereal Research, Dryland Agricultural Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Maragheh, Iran

DOI: 10.22067/jpp.2021.32761.0

disease progress curve ($rAUDPC = 0-10$), respectively, and were classified as resistant group. A group of genotypes also had moderate values of the area under the disease progress curve ($rAUDPC = 3-11$), of which 16 (22.2%), 37 (43%) and 11 (33.3%) genotypes were of winter, spring, and durum wheat genotypes, respectively.

Conclusion: A number of genotypes having seedling resistance were identified with probability of resistance gene/genes; *Yr3v*, *Yr3a*, *Yr4a*, *Yr4*, *Yr5*, *Yr10*, *Yr15*, *Yr16*, *YrCV*, *YrSD*, or unknown genes. Most winter wheat genotypes lacked seedling resistance. Some of the genotypes had adult plant and slow rusting resistance (Non-race-specific or durable resistance) and this percentage was higher among spring bread wheat than winter wheat and durum wheat genotypes. This germplasm with various sources of resistance will be useful in integrating both types of resistance through the pyramiding of genes for durable resistance and eventually high-yielding resistant varieties will be introduced to farmers.

Keywords: Dryland wheat, Durable resistance, $rAUDPC$, Seedling resistance, Stripe rust



مقاله پژوهشی

سطوح نسبی مقاومت به بلایت باکتریایی در تعدادی از ارقام و ژنوتیپ‌های انتخابی گردو

رقیه محمدی^۱ - منصوره کشاورزی^{۲*} - نادر حسن زاده^۳ - داراب حسنی^۴ - آفاق فرهادنژاد^۵

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۲/۱۶

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۳/۰۴

چکیده

کاشت ارقام مقاوم یکی از مهم‌ترین راهکارهای کنترل بیماری بلایت باکتریایی گردو با عامل *Xanthomonas arboricola* pv. *juglandis* است. در این تحقیق، سطوح نسبی مقاومت به بلایت باکتریایی در برگ و میوه نارس برخی ارقام تجاری و ژنوتیپ‌های انتخابی گردو در دو سال تکرار بررسی شد. ارقام و ژنوتیپ‌های مورد بررسی شامل 88-1، 88-2، KZ3، SHK2، C25، H2-1، H1-7، H1-1 و رقم Shinova بوده و ارقام تجاری Serr، Hartley و Chandler به‌عنوان شاهد به کار برده شدند. برای ارزیابی مقاومت میوه نارس، علاوه بر مواد فوق، ارقام و ژنوتیپ‌های Vina، Round de montignac (RDM)، Lara، G4، G5، B10، K15 و H1-8 نیز گنجانده شدند. از میان مواد گیاهی ارزیابی شده، چهار ژنوتیپ داخلی 88-1، 88-2، KZ3 و 88-1 در سال ۱۳۹۸ معرفی شدند. مخلوط جدایه‌های باکتری عامل با منشا قزوین، کرج، زنجان و ارومیه در تهیه مایه تلقیح به کار برده شد. ارزیابی مقاومت برگ در شرایط گلخانه و با اسپری نهال‌های پیوندی انجام شد و بررسی مقاومت میوه نارس در شرایط آزمایشگاهی و با مایه‌زنی میوه‌های ۴۵ روزه صورت گرفت. بر اساس نتایج، شدت بلایت برگ و میوه نارس در ارقام و ژنوتیپ‌های مختلف در هر دو سال ارزیابی متفاوت بود. نتایج تجزیه مرکب داده‌ها نشان داد که ژنوتیپ‌های G3 (الوند) و 88-2 (پرشین) حساس‌ترین و رقم Hartley مقاوم‌ترین برگ و ژنوتیپ‌های H1-1 و SHK2 به‌ترتیب حساس‌ترین و مقاوم‌ترین میوه نارس را داشتند. میانگین شدت بلایت برگ و میوه نارس در سال‌های اول و دوم تفاوت معنی‌داری نداشت. بر اساس مقایسه ارقام صورت گرفته در این تحقیق، ارقام داخلی تازه معرفی شده پرشین، کاسپین، الوند و چالدران از نظر مقاومت نسبی برگ به‌ترتیب حساس، نسبتاً مقاوم، حساس و نسبتاً حساس و از نظر مقاومت نسبی میوه نارس به‌ترتیب مقاوم، مقاوم، نسبتاً مقاوم و حساس بودند. ارتباط آماری بین شدت بلایت برگ و میوه نارس دیده نشد.

واژه‌های کلیدی: حساسیت، رقم، گردو، *Xanthomonas arboricola* pv. *juglandis*

مقدمه

و ایران به‌ترتیب با احراز ۶۱۳ هزار هکتار و ۴۱۰ هزار هکتار در مقام‌های دوم و سوم قرار دارند (۴). تولید جهانی گردو در سال ۲۰۱۸، ۴/۵ میلیون تن برآورد شده است و کشورهای چین، ایالات متحده و ایران به‌ترتیب با تولید ۲/۵ میلیون تن، ۵۹۲ هزار تن و ۳۲۱ هزار تن، در مقام‌های اول تا سوم جهانی قرار گرفته‌اند.

بیماری بلایت باکتریایی با عامل *Xanthomonas arboricola* pv. *juglandis* از مهم‌ترین بیماری‌های گردو در سراسر جهان است. تنها میزبان شناخته شده این بیماری جنس جوگلانس است و به کلیه

گردو، متعلق به خانواده Juglandaceae و جنس *Juglans*، یکی از مهم‌ترین محصولات خشکباری در سراسر جهان است. این گیاه در ایران در ۲۶ استان کشت می‌شود و بیش‌ترین سطح زیر کشت آن متعلق به استان‌های کرمان، کرمانشاه، همدان، چهارمحال بختیاری، سیستان و بلوچستان و خوزستان بوده و به‌صورت خودرو در جنگل‌های شمال و غرب کشور نیز یافت می‌شود. از نظر سطح جهانی زیر کشت گردو، چین با دارا بودن ۳۹۰ هزار هکتار در مقام اول و ایالات متحده

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

۵- کارشناس دفتر امور فناوری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران

۱ و ۳- دانشجوی سابق کارشناسی ارشد و استاد، گروه گیاه‌پزشکی، دانشکده کشاورزی و صنایع غذایی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران
۲ و ۴- دانشیاران، پژوهشکده میوه‌های معتدله و سردسیری، موسسه تحقیقات باغبانی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج

گونه‌های این جنس شامل گردوی ایرانی (*J. regia*)، گردوی سیاه (*J. nigra*)، گردوی آمریکایی (*J. californica*)، گردوی ژاپنی (*J. ailantifolia*)، گردوی سیاه کالیفرنیا (*J. hindsii*) و گردوی روغنی (*J. cinerea*) حمله می‌کند (۳۶). در ایران، اولین گزارش بیماری بلایت باکتریایی گردو مربوط به سال ۱۳۲۶ توسط اسفندیاری از مناطق آمل، بابل و رشت است. در سال ۱۳۵۶، باکتری عامل آن از باغات قزوین جداسازی و شناسایی شد (۳). پس از آن شیوع بیماری بلایت باکتریایی گردو در استان‌های همدان، تهران، مرکزی، آذربایجان شرقی، اردبیل، گیلان، مازندران، گلستان، لرستان، زنجان و ایلام گزارش شد (۵، ۳۰، ۱۴، ۲۷ و ۲۱) و در استان‌های آذربایجان غربی، کرمانشاه و کردستان نیز شایع است (۱۷). از منظر خسارت اقتصادی، محققین معتقدند که میزان خسارت بیماری بلایت باکتریایی بیش از مجموع خسارات سایر بیماری‌های گردو است (۲۹). این بیماری خسارت‌زاترین بیماری گردو در ایالات متحده است که قادر است ۱۰۰ درصد محصول را نابود کند (۳۶) خسارت میوه در نیوزیلند تا ۶۰ درصد است و گاهی حتی یک میوه سالم باقی نمی‌گذارد (۲۲). کلیه بافت‌های سبز و تازه اعم از شاخه، برگ و میوه به این بیماری حساس هستند. در برگ، لکه‌های آب‌سوخته قهوه‌ای-سیاه محاط با هاله زرد رنگ، بدشکلی و ریزش ایجاد می‌شود. شدت خسارت به گل ماده و میوه، به زمان آلودگی بستگی دارد، آلودگی زودهنگام در ابتدای بهار، موجب ریزش گل ماده و میوه نارس و آلودگی‌های دیرتر، موجب ایجاد لکه‌های سیاه در پوست سبز میوه و چروکیدگی، سیاهی، پوکی، لزجی و غیر قابل مصرف شدن مغز می‌شود. این بیماری در شاخه‌های سبز یک‌ساله زخم‌های نکروزه سیاه ایجاد می‌کند اما چوب سال قبل مقاوم است. مقاومت گردو به بیماری بلایت به عوامل متعددی از جمله عوامل ژنتیکی، محیطی (مانند باد، شدت اشعه ماورا بنفش، شدت نور، دما، رطوبت و عملیات زراعی) و باکتریایی (مکانیسم‌های تهاجمی و درجه سازگاری به زندگی اپی‌فیتی/اندوفیتی) مرتبط است. از جمله عوامل ژنتیکی دخیل در مقاومت می‌توان به خصوصیات آناتومیک و فیزیولوژیک برگ و شاخه مانند آناتومی برگ، فراوانی و تراوشات منافذ سطحی و محتوای پلی فنلی بافت سبز اشاره نمود (۲۴، ۱۰ و ۴۹). منافذ سطحی گیاه (استوماتا، هیداتود، تریکوم‌های غده‌ای، نکتریا، عدسک‌های ریشه و تنه) و اسکارهای برگ، مجاری نفوذی این باکتری در مرحله تبدیل فاز اپی‌فیتی به اندوفیتی (و شروع بیماری) هستند (۲۲). در برخی باکتری‌های بیماری‌زا، سلول‌های محافظ استوماتا باکتری را تشخیص داده و بسته می‌شوند. در مقابل، باکتری نیز موادی ترشح می‌کند تا مانع بسته شدن استوماتا و یا موجب باز شدن آن شود. مثلاً باکتری *Pseudomonas syringae* با ترشح سم coronatine، استوماتا را باز کرده و نفوذ می‌کند (۳۵). لذا احتمال دارد مشابه این سم توسط *X. a. juglandis* نیز تولید می‌شود که نیازمند بررسی است. همچنین نوع و میزان

تراوشات هیداتودها و تریکوم‌های غده‌ای، محتوای پلی فنلی و انواع خاصی از فنل‌ها نیز در مقاومت نقش دارند. ارقام دیربرگه مقاومت بیشتری دارند. این نوع مقاومت ضرورتاً منشأ ژنتیک ندارد و بیشتر به دلیل فرار از اوج فعالیت‌های باکتریایی در ابتدای بهار است، به‌عنوان مثال، رقم Meylannaise دیربرگه اما بسیار حساس است (۴۶).

کنترل بیماری بلایت باکتریایی گردو مبتنی بر عملیات تلفیقی شامل سم‌پاشی، اقدامات زراعی-بهداشتی و کاشت ارقام مقاوم است. نتایج تحقیقات صورت گرفته به‌خصوص در کشورهای اروپایی نشان دهنده وجود تفاوت در سطوح مقاومت به این بیماری در بین گونه‌های مختلف جنس جوگلانس و ارقام مختلف گردوی خوراکی (ایرانی، *J. regia*) است (۲، ۷ و ۸). بررسی‌ها نشان می‌دهند که مقاومت نسبی ارقام گردوی فرانسه، ایتالیا، یونان، ایالات متحده، ژاپن، اروگوئه و چین متفاوت است و ارقام در گروه‌های مختلف مقاومتی رده‌بندی می‌شوند (۴۳، ۲۳ و ۲۲). این مطالعات در طول زمان ادامه داشته و آخرین ارزیابی‌ها اخیراً در رومانی و قزاقستان انجام شده است (۱ و ۱۳). بر اساس نتایج غربالگری چندین ساله بر روی ژرم پلاسما محلی گردوی قدیمی در استوریای (Austria) اسپانیا که شرایط آن برای ظهور بلایت بسیار مساعد است، ۲۵ رقم در دراز مدت همواره عاری از علائم بیماری مانده بودند و لذا احتمالاً مقاوم بودند (۱۹). در ایران، اولین ارزیابی مقاومت گردو به بیماری بلایت باکتریایی بر روی برگ ژنوتیپ‌های بومی همدان انجام شد (۴۱). سپس سیل‌سپور و همکاران (۳۸ و ۳۹) مقاومت برگ، میوه نارس، میوه بالغ و شاخه برخی ژنوتیپ‌های برتر ایرانی و ارقام تجاری فرانسوی و آمریکایی را بررسی و تنوع قابل ملاحظه‌ای مشاهده کردند. موسوی و همکاران (۲۹) نیز با بررسی مقاومت میوه نارس ژنوتیپ‌های بومی شاهرود، چندین ژنوتیپ مقاوم و ژنوتیپ‌های به‌شدت حساس را شناسایی کردند. اسکندری و همکاران نیز مقاومت چهار رقم گردو و پکان را در شرایط گلخانه‌ای بررسی و پکان را حساس‌ترین ارزیابی کردند (۹). در ادامه مطالعات فوق، با توجه به لزوم تهیه شناسنامه از لحاظ خصوصیات باغی و مقاومتی ارقام در دست معرفی، سطوح مقاومت به بلایت باکتریایی در برگ و میوه نارس مجموعه‌ای از ژنوتیپ‌های امیدبخش داخلی در شرایط آزمایشگاه و گلخانه بررسی شد.

مواد و روش‌ها

مواد گیاهی

ارزیابی مقاومت نسبی به بلایت باکتریایی در اندام‌های برگ و میوه نارس در دو سال تکرار (۱۳۹۴ و ۱۳۹۵) انجام شد. مقاومت نسبی برگ در نه ژنوتیپ امیدبخش داخلی KZ3، 88-2، 88-1، G3، SHK2، C25، H1-7، H2-1 و H1-1 و رقم Shinova بررسی شد. مقاومت نسبی میوه نارس در ژنوتیپ‌های فوق به علاوه

کولیس دیجیتال اندازه‌گیری و شدت بلایت بر اساس میانگین مساحت لکه‌های ایجاد شده در برگچه‌های سه برگ علامت زده شده، تعریف شد. مساحت‌گیری بر مبنای طول و عرض در لکه‌های چهارگوش و میانگین بزرگ‌ترین و کوچک‌ترین قطر در لکه‌های گرد/بی‌شکل انجام شد. آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی با توزیع نامتقارن در سه الی پنج تکرار (نهال) انجام شد. ارزیابی مقاومت میوه نارس ۴۵ روزه در شرایط آزمایشگاهی انجام شد. بدین منظور، به سه نقطه از هر میوه، ۰/۵ میلی‌لیتر مایه تلقیح به زیر پوست تزریق شد. سپس میوه‌ها درون ظروف شفاف چیده شده و رطوبت مورد نیاز با اسپری روزانه آب بر سطح داخلی درب ظروف تامین شد. پس از دو هفته نگهداری در شرایط آزمایشگاه، قطر نکروز توسط کولیس دیجیتال اندازه‌گیری و بر آن اساس شدت بلایت میوه نارس تعریف شد. آزمایش بر اساس طرح کاملاً تصادفی با توزیع نامتقارن در ۱۵ تکرار (میوه نارس) انجام شد. تجزیه و تحلیل آماری و مقایسه میانگین داده‌ها به روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن و با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.1 انجام شد.

نتایج و بحث

علائم بیماری در گیاهان مایه‌زنی شده

مشاهدات دو ساله بر روی علائم بلایت نشان داد که طی هفته اول پس از مایه‌زنی، لکه‌های زاویه‌ای محاط با هاله زردرنگ در برگ ایجاد شده و به تدریج بدشکلی‌هایی در برگ مشاهده گردید (شکل ۱). در میوه نارس نیز لکه‌های سیاه فرورفته در پوست سبز میوه که گاه تا مغز میوه گسترش یافته بود، ایجاد شد. چنین علائمی در نمونه‌های شاهد که با آب مقطر استریل مایه‌زنی شده بودند، مشاهده نشد (شکل ۲).

سطوح نسبی مقاومت برگ

مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که در هر دو سال ارزیابی، شدت بلایت برگ در ارقام و ژنوتیپ‌های مختلف متفاوت بود (جدول ۱). در سال اول، 88-2 حساس‌ترین و H1-1 مقاوم‌ترین و در سال دوم، 88-2 و G3 حساس‌ترین و Hartley مقاوم‌ترین بودند (جدول ۲). بر اساس نتایج تجزیه مرکب داده‌های دو ساله، ژنوتیپ‌های G3 و 88-2 حساس‌ترین و رقم Hartley مقاوم‌ترین برگ را داشتند (جدول ۲ و ۳). میانگین شدت بلایت برگ در سال‌های اول و دوم به ترتیب معادل ۱۱۰/۶۸ میلی‌متر مربع و ۹۶/۰۹ میلی‌متر مربع بود و تفاوت معنی‌داری نداشت. تنوع در سطوح مقاومت برگ ارقام گردو به بلایت باکتریایی توسط تحقیقات متعددی تأیید شده است (۳۶، ۳۷، ۲۹، ۷، ۴۶، ۴۵، ۴۱ و ۱).

B10، G5، G4، Lara، Round de montignac (RDM)، Vina، K15، H1-8 و H2-12 بررسی شد. از میان ژنوتیپ‌های امیدبخش داخلی، چهار ژنوتیپ KZ3، 88-2، 88-1 و G3 تحت نام‌های به ترتیب چالدران، پرشین، کاسپین و الوند در سال ۱۳۹۸ معرفی شدند. ارقام Serr، Chandler و Hartley به عنوان شاهد به کار برده شدند، رقم Serr از نظر برگ حساس و از نظر میوه حد وسط است و ارقام Hartley و Chandler از نظر برگ مقاوم و میوه حساس تا حد وسط هستند (۳۹). مواد گیاهی در سال ۱۳۹۳ در نهالستان پژوهشکده میوه‌های معتدله و سردسیری کرج روی پایه بذری (گردوی ایرانی) پیوند شدند و در خرداد ماه سال‌های ۱۳۹۴ و ۱۳۹۵، برای سنجش مقاومت برگ، در شرایط گلخانه مایه‌زنی شدند. میوه‌های نارس ۴۵ روزه از درختان مادری در کلکسیون ارقام گردو واقع در ایستگاه تحقیقات باغبانی پژوهشکده میوه‌های معتدله و سردسیری در کرج برداشت شد.

تهیه مایه تلقیح

برای تهیه مایه تلقیح از چهار جدایه بومی باکتری *X. a. pv. juglandis* با منشأ کرج، قزوین، ارومیه و زنجان استفاده شد (۳۸). این جدایه‌ها در محیط مایع غذایی (Nutrient broth) حاوی ۳۰ درصد گلیسرول در ۸۰- درجه سلسیوس در آزمایشگاه بیماری‌شناسی پژوهشکده میوه‌های معتدله و سردسیری کرج نگهداری می‌شوند. برای تهیه مایه تلقیح، ابتدا سوسپانسیون آبی از کشت سه روزه جدایه‌ها روی محیط آگار غذایی (Nuterient agar) تهیه و میزان جذب نوری هر یک در طول موج ۶۰۰ نانومتر، بر روی یک (معادل ۱۰^۸ واحد سازنده سلول در میلی‌لیتر) تنظیم شد. سپس حجم مساوی از سوسپانسیون‌ها با هم مخلوط و به عنوان مایه تلقیح به کار برده شد.

ارزیابی مقاومت برگ و میوه نارس

سطوح نسبی مقاومت برگ و میوه نارس در دو سال تکرار (۱۳۹۴ و ۱۳۹۵) بر اساس روش سیلسپور و همکاران (۳۸) ارزیابی شد. در کلیه آزمایشات، آب مقطر سترون به جای مایه تلقیح به عنوان شاهد منفی به کار برده شد. ارزیابی مقاومت برگ در بهار و در شرایط گلخانه با دمای ۲۸ درجه سلسیوس و رطوبت نزدیک به اشباع، بر روی نهال‌های پیوندی یک ساله (۱۳۹۴) و دو ساله (۱۳۹۵) انجام شد. بدین منظور، ابتدا در هر نهال، سه عدد از جوان‌ترین برگ‌ها (هر یک حاوی تعدادی برگچه) علامت‌گذاری شدند. نهال‌ها به مدت دو روز زیر پوشش پلاستیکی قرار داده شده و رطوبت در حد اشباع با آب‌پاشی بستر تامین شد. سپس به طور کامل با مایه تلقیح اسپری شده و سه روز در زیر پوشش پلاستیکی ابقا شدند و پس از آن، در فضای گلخانه نگهداری و رطوبت مورد نیاز با دوبار آب‌پاشی روزانه بستر تامین گردید. ۲۱ روز پس از مایه‌زنی، مساحت لکه‌ها در برگچه‌ها توسط



شکل ۱- نشانه‌های بلایت باکتریایی در برگ‌های مایه‌زنی شده گردو: لکه برگی محاط با هاله زردرنگ (راست)، بدشکلی برگ (وسط) و واژگونی برگ (چپ) طی ۲۱ روز پس از مایه‌زنی

Figure 1- Bacterial blight signs in inoculated walnut leaves: leaf spots surrounded with yellow halo (right), leaf malformation (middle) and leaf collapse (left), during 21 days after inoculation



شکل ۲- نشانه‌های بلایت باکتریایی در میوه‌های نارس در مقایسه با شاهد منفی (ردیف دوم، چپ) دو هفته پس از مایه‌زنی

Figure 2- Bacterial blight signs in unripe fruits in comparison with negative control fruit (second row, left) two weeks after inoculation

وجود، گاهی تفاوت‌هایی نیز دیده می‌شود چنانچه برگ رقم Hartley در اسلونی نسبتاً حساس برآورد شد (۴۰).
با توجه به تعدد عوامل موثر بر شدت بلایت باکتریایی، تشخیص مقاومت ژنتیک ارقام گردو فرایندی پیچیده خواهد بود. بررسی تاریخچه ارزیابی‌های مقاومت گردو نیز مبین وجود این پیچیدگی

تیز و همکاران (۴۵) ارقام محلی رومانی را مقاوم و زانی و همکاران (۴۲) ارقام محلی مجارستان را حساس تا متوسط ارزیابی کردند و برخی (۴۸ و ۱۱) هیچ رقمی را مقاوم نیافتند. مقاومت برگ در رقم شاهد Serr به‌طور نسبی پائین و در Chandler و Hartley بالا بود که مشابه برخی دیگر گزارشات است (۷، ۸، ۴۴ و ۳۸)، با این

هیچیک به مایه‌زنی مصنوعی در گلخانه مقاومت کامل نشان ندادند (۱۹). مترویک و همکاران (۲۶) معتقدند که مطمئن‌ترین روش برای شناسایی ارقام مقاوم، غربالگری باغات قدیمی گردوی واقع در مناطق مستعد بلایت (دارای شرایط آب و هوایی گرم، مرطوب و پربارش در مرحله شکوفه مانند شرایط استریای اسپانیا) می‌باشد.

سطوح نسبی مقاومت میوه نارس

در میوه نارس، میانگین قطر نکرور در ارقام و ژنوتیپ‌های مختلف در هر دو سال ارزیابی متفاوت بود (جدول ۴). در سال اول، ژنوتیپ H2-12 حساس‌ترین و Vina، SHK2، Chandler، H1-7، 88-1، Hartley و RDM مقاوم‌ترین بودند. در سال دوم، ژنوتیپ‌های H1-1 و K15 به ترتیب حساس‌ترین و مقاوم‌ترین بودند (جدول ۵).

است. این ارزیابی‌ها که ابتدا تنها بر پایه آلودگی طبیعی در شرایط باغی بودند، به تدریج به سمت شرایط کنترل شده سوق پیدا کردند تا بتوانند تاثیر عواملی به جز ژنتیک، در بروز مقاومت را بکهند و لذا امروزه ترکیبی از شرایط مختلف برای ارزیابی مقاومت به کار برده می‌شود (۴۳، ۱۲، ۳۴ و ۴۷). به عنوان مثال، گزارش شده که مایه‌زنی مصنوعی برگ و نهال با غربالگری طبیعی باغی توام شود (۳۴). ژانگ و همکاران (۱۶)، ۱۸ رقم گردوی چین را با سه روش مایه‌زنی مصنوعی با اسپری نهال، مایه‌زنی برگ بریده و غربالگری باغی مقایسه کرده و نتایج هر سه روش بیانگر مقاومت بالای ۵ رقم بود. بر اساس یافته‌های محققین فوق، روش‌های مایه‌زنی مصنوعی برای اطمینان از نتایج غربالگری‌های باغی مورد نیاز هستند. در استریای اسپانیا، از ۲۵ رقم که سال‌ها در شرایط طبیعی باغ بی‌نشانه بودند،

جدول ۱- آنالیز واریانس شدت بلایت برگ در سال‌های اول و دوم ارزیابی

Table 1- Analysis of variance of leaf blight severity in the first and second years of evaluation

منابع تغییرات Source of variance	درجه آزادی D.f.		میانگین مربعات Mean squares	
	سال اول (۱۳۹۴) Year 1 (2015)	سال دوم (۱۳۹۵) Year 2 (2016)	سال اول (۱۳۹۴) Year 1 (2015)	سال دوم (۱۳۹۵) Year 2 (2016)
Cul/genotype رقم/ژنوتیپ	10	8	95570.18**	400.54*
Error خطا	37	17	196.00	121.91
Total کل	47	25		
%CV			28.14	22.31

*وجود تفاوت معنی‌دار ($P \leq 0.05$), **وجود تفاوت معنی‌دار ($P \leq 0.01$)

*Significant difference ($P \leq 0.05$), **Significant difference ($P \leq 0.01$)

جدول ۲- میانگین شدت بلایت برگ در برگچه‌های ارقام و ژنوتیپ‌های گردو در سال‌های اول و دوم و میانگین دو ساله

Table 2- Mean leaf blight severity in leaflets of different walnut cultivars and genotypes in the first and second years and the combined analysis

رقم/ژنوتیپ Cul/genotype	میانگین شدت بلایت برگ Mean leaf blight severity (mm ²)		
	سال اول (۱۳۹۴) Year 1 (2015)	سال دوم (۱۳۹۵) Year 2 (2016)	میانگین دوساله Average
88-2 (Persian)	203.87a	136.00a	133.05a
Serr	137.47b	45.00cd	91.23bc
G3 (Alvand)	124.67b	136.00a	130.33a
KZ3 (Chaldoran)	124.20b	112.5bc	105.06b
H1-7	122.80b	-	-
88-1 (Caspian)	95.13bc	89.50c	103.77b
H2-1	66.78cd	-	-
C25	56.17cd	124a	90.08bc
Chandler	49.87d	-	-
Hartley	34.63de	21.67e	27.40d
H1-1	30.89e	-	-
SHK2	-	126ab	-
Shinova	-	36.33de	-

اعدادی با حروف متفاوت اختلاف معنی‌دار دارند ($P \leq 0.05$).

Means with different letters are significantly different ($P \leq 0.01$).

جدول ۳- تجزیه مرکب شدت بلایت برگ در برگچه‌های گردو

Table 3- Combined analysis of leaf blight severity in awlnut leaflets

منابع تغییرات	میانگین مربعات	درجه آزادی
Source of variance	Mean squares	D.f.
سال Year	102.36 ^{ns}	1
خطای سال Year*rep	73543.76 ^{ns}	7
رقم/ژنوتیپ Cul/genotype	5558.30*	6
رقم در سال Cul*year	10340.79 ^{ns}	6
خطا Error	1902.68	30
کل Total		50
%CV		27.78

*وجود تفاوت معنی‌دار ($P \leq 0.05$)، ^{ns} عدم وجود تفاوت معنی‌دار*Significant difference ($P \leq 0.05$), ^{ns}: no significant difference

بهارهای مرطوب، پرباران و گرم بوده و اولویت اصلی در انتخاب ارقام مقاوم در شرایط آب و هوایی اروپا و ایالات متحده است (۱۸ و ۲۵). مقاومت میوه نارس نیز از اهمیت بالایی برخوردار است و خسارت اصلی ناشی از بلایت میوه است که عمدتاً در زمان ناری میوه ایجاد می‌شود. رادیکس و همکاران (۳۳) با بررسی آلودگی طبیعی باغات گردوی فرانسه مشاهده کردند که شدت خسارت عمدتاً با مرتبط درصد میوه‌های آلوده نارس است. آنها در میوه نارس، ارتباطی بین جمعیت باکتری عامل و شدت نکروز مشاهده نکردند چون باکتری سریعاً خود را به بالاترین سطح جمعیتی رسانده و موجب نکروز و ریزش میوه نارس می‌شود. در شرایط خشک‌تر مانند ایران که دوره‌های بارندگی و رطوبت بهاره پائین است، آلودگی برگ اهمیت اقتصادی کم‌تری دارد و خسارت اصلی ناشی از بلایت میوه است و لذا سطوح مقاومت میوه نارس از اولویت برخوردار است.

ژنوتیپ‌های امیدبخش بررسی شده در این تحقیق از مناطق مختلف کشور جمع‌آوری شده بودند که برای وارد شدن به فرایند معرفی، باید مورد ارزیابی‌های متعدد از جمله مقاومت به بیماری‌های بلایت باکتریایی، آنتراکنوز و شانکر پوستی سطحی قرار می‌گرفتند. از این میان، چهار ژنوتیپ KZ3، 88-2، 88-1 و G3 تحت نام‌های به‌ترتیب چالدران، پرشین، کاسپین و الوند در سال ۱۳۹۸ معرفی شدند. الوند رقمی پاکوتاه، پر بار با عادت باردهی جانبی و زودرس، پرشیا و کاسپین دیربرگ با عادت باردهی جانبی و کیفیت بالای مغز و چالدران پربار با عادت باردهی جانبی و زودرس است. از نظر مقاومت به بلایت، نتایج این تحقیق نشان داد که ارقام پرشین، کاسپین، الوند و چالدران از نظر مقاومت نسبی برگ به‌ترتیب حساس، نسبتاً مقاوم، حساس و نسبتاً حساس و از نظر میوه نارس به‌ترتیب مقاوم، مقاوم، نسبتاً مقاوم و حساس بودند. این رده‌بندی نتیجه مایه‌زنی مصنوعی در شرایط گلخانه‌ای و آزمایشگاهی است و نتیجه‌گیری قطعی منوط به مشاهدات تکمیلی با غربالگری شدت آلودگی طبیعی در شرایط مساعد باغی خواهد بود.

بر اساس نتایج تجزیه مرکب داده‌های دو ساله، ژنوتیپ‌های H1-1 و SHK2 به‌ترتیب حساس‌ترین و مقاوم‌ترین بودند (جدول ۴). میانگین شدت بلایت میوه نارس در سال‌های اول و دوم به‌ترتیب ۴/۶۹ میلی‌متر و ۳/۹۷ میلی‌متر بوده و اختلاف معنی‌داری نداشت. تفاوت در سطوح مقاومت میوه نارس ارقام و ژنوتیپ‌های مختلف در برخی منابع خارجی (۸، ۴۶، ۳۹، ۴۵، ۱ و ۳۰) و داخلی (۲۶ و ۳۷) نیز آمده است. باندی و همکاران (۶) مقاومت میوه نارس ۲۱ ژنوتیپ برتر رومانی و مجارستان را بررسی کرده و هیچیک را کاملاً مقاوم نیافتند در حالی‌که ۴۸ رقم و هیبرید یونان و ۱۵ رقم محلی ترکیه در گروه‌های مختلف مقاومتی رده‌بندی شدند (۴۶ و ۳۲). بین ارقام و ژنوتیپ‌های بررسی شده، مقاومت میوه نارس ارقام شاهد Chandler و Hartley حدوسط ارزیابی شد. میوه نارس رقم Chandler توسط سیلسپور و همکاران (۳۸ و ۳۹) و سایرین (۲) حساس گزارش شده است. میوه نارس رقم Hartley توسط لوورا و همکاران (۲۰)، Hartley را حساس تشخیص داده شد، هر چند ۹۰ درصد میوه‌های آلوده در نهایت مغز سالمی داشتند. در بررسی مقاومت میوه نارس در یونان، ۴۸ رقم و هیبرید در چهار گروه از مقاوم تا بسیار حساس رده‌بندی شدند، رقم Hartley مقاوم، ارقام Chandler، Vina، Payne و Ferner نیمه مقاوم و Serr نیمه حساس بود (۴۶). مقاومت میوه نارس رقم Serr در این آزمایش و گزارش سیلسپور و همکاران (۳۸) حدوسط بوده است.

همبستگی صفات

بررسی همبستگی صفات نشان داد که بین شدت بلایت برگ و میوه نارس همبستگی معکوس ضعیفی وجود داشت ($R^2 = -0.46$ ، $P = 0.076$). وجود ارتباط معکوس مشابهی قبلاً نیز توسط سیلسپور و همکاران (۳۸) گزارش شده و نشان می‌دهد که نمی‌توان بر اساس میزان مقاومت برگ، مقاومت میوه نارس را پیش‌بینی کرد و برعکس. مقاومت برگ یکی از شاخص‌های مهم در به‌گزینی رقم به‌خصوص در

جدول ۴- آنالیز واریانس شدت بلایت میوه نارس در سال‌های اول و دوم ارزیابی

Table 4- Analysis of variance of blight severity in unripe fruit in the first and second years of evaluation

منابع تغییرات Source of variance	درجه آزادی D.f.		میانگین مربعات Mean squares	
	سال اول (۱۳۹۴) Year 1 (2015)	سال دوم (۱۳۹۵) Year 2 (2016)	سال اول (۱۳۹۴) Year 1 (2015)	سال دوم (۱۳۹۵) Year 2 (2016)
Cul/genotype رقم/ژنوتیپ	15	18	12.08**	53.96**
Error خطا	66	416	1.29	2.81
Total کل	81	434		
%CV			29.85	22.76

**وجود تفاوت معنی‌دار ($P \leq 0.01$), ($P \leq 0.01$)

جدول ۵- میانگین شدت بلایت در میوه نارس ارقام و ژنوتیپ‌های گردو در سال‌های اول، دوم و تجزیه مرکب

Table 5- Mean blight severity in unripe fruits of walnut cultivars and genotypes in the first and second years of evaluation and combined analysis

ژنوتیپ Genotype	شدت بلایت Blight severity (mm)		
	سال اول (۱۳۹۴) Year 1 (2015)	سال دوم (۱۳۹۵) Year 2 (2016)	میانگین دو ساله Average
H2-12	10.03a	-	-
H1-1	8.49ab	7.29a	7.99a
G3 (Alvand)	6.14b	7.14a	6.67ab
B10	6.12b	5.98ab	6.18ab
KZ3 (Chaldoran)	5.78bc	4.07cdef	4.34c
K15	5.49bc	2.04f	2.83d
C25	5.23cd	4.25cd	4.97c
88-2 (Persian)	3.68de	2.85ef	2.87d
Lara	3.36e	2.58ef	3.31cd
RDM	3.28e	2.44ef	2.69c
Hartley	3.16e	4.12cde	3.65c
88-1 (Caspian)	3.14e	2.55ef	2.68d
H1-7	3.07e	-	-
Chandler	3.06e	3.57def	3.46c
SHK2	2.63e	2.56ef	2.36d
Vina	2.52e	-	-
Serr	-	4.76bc	-
H1-8	-	4.17cde	-
H2-1	-	3.15def	-

اعدادی با حرف متفاوت اختلاف معنی‌دار دارند ($P \leq 0.01$)

Data with different letters are significantly different ($P \leq 0.01$)

جدول ۶- تجزیه مرکب شدت بلایت میوه نارس

Table 6- Combined analysis of blight severity in unripe fruit

منابع تغییرات Source of variance	درجه آزادی D.f.	میانگین مربعات Mean squares
سال Year	1	1.47 ^{ns}
خطای سال Year*rep	42	3.15 ^{ns}
رقم/ژنوتیپ Cul/genotype	12	79.82*
رقم در سال Cul*year	11	14.31*
خطا Error	361	2.34
کل Total	427	
%CV	30.86	

*وجود تفاوت معنی‌دار ($P \leq 0.05$), ^{ns}عدم وجود تفاوت معنی‌دار

*Significant difference ($P \leq 0.05$), ^{ns}no significant difference

- 1- Akça Y., Yuldaşulu Y.B., Murad E., and Vahdati K. 2020. Exploring of Walnut Genetic Resources in Kazakhstan and Evaluation of Promising Selections. *International Journal of Horticultural Science and Technology* 7: 93-102.
- 2- Aleta N., Ninot A., Moragrega C., Liorente I., and Montesinos E. 2001. Blight sensitivity of Spanish selections of *Juglans regia*. *Acta Horticulturae* 544: 353-362.
- 3- Amani B. 1987. Walnut rot. *Iranian Journal of Plant Pathology* 13: 14-23. (In Persian with English abstract).
- 4- Anonymous. 2018. FAO Statistics, FAOSTAT.
- 5- Ashrafi G., Keshavarzi M., and Hasanzadeh N. 2010. Identification of agent and distribution of walnut bacterial blight in Ilam province. *Proceedings of the 19th Iranian Plant Protection Congress*, Tehran, p. 404. (In Persian with English abstract)
- 6- Bandi A., Heves M., Szani Z., and Toth M. 2010. Assessment of bacterial blight tolerance of Persian walnut based on immature fruit test. Available in: www.notulaeobiologicae.ro
- 7- Belisario A., Are M., Palangio C.S., and Zonia A. 1997. Walnut blight in the genus *Juglans*. *Acta Horticulturae* 442: 357-359.
- 8- Belisario A., Zoina A., Pezza L., and Luongo L. 1999. Susceptibility of species of *Juglans* to pathovars of *Xanthomonas campestris*. *European Journal of Plant Pathology* 29: 75-80.
- 9- Eskandari S., Khakvar R., and Torchi M. 2018. Detection of bacterial blight of walnut in northwest of Iran and investigation of its pathogenicity on different native walnut cultivars. *Biochemistry and Cell Archives* 18: 1785-1788.
- 10- Frutos D., Ruiz L., and López G. 2010. Finding sources of Persian walnut (*Juglans regia*) resistant to *X. arboricola* pv. *juglandis*. Available in: http://www.cost873.ch/_uploads/_files/Dfrutos_Walnut_Germplasm_Resources.pdf.
- 11- Germain E. 1997. Genetic improvement of the Persian walnut (*Juglans regia* L.). *Acta Horticulturae* 442: 21-31.
- 12- Gibson M.P. 1967. The mandarin walnut. *Annual Report of North Nut Growers Association* 58: 105-109.
- 13- Giura S., Valeriu G.M., and Mitrea R. 2016. Reaction of walnut native genotypes to key attack of *Xanthomonas campestris* pv. *juglandis* under climatic condition of Valcea area. *Annals of the University of Craiova-Agriculture, Montanology, Cadastre Series: XLVI*: 131.
- 14- Golmohammadi M., Alizade A., and Rahimian H. 2002. Homogeneity of walnut blight isolates from central and north provinces of Iran. *Iranian Journal of Plant Pathology* 38: 11-20. (In Persian with English abstract)
- 15- Jiang S., Han S., Cao G., Zhang F., and Wan X. 2019b. Evaluating walnut for resistance to walnut blight and comparisons between artificial assays and field studies. *Australian Plant Pathology* 48: 221-231.
- 16- Jiang S., Han S., He D., Cao G., Xiao K., Yi J., and Wan X. 2019a. The accumulation of phenolic compounds and increased activities of related enzymes contribute to early defence against walnut blight. *Physiological and Molecular Plant Pathology* 108: 101433.
- 17- Keshavarzi M. 2008. Fungal and bacterial diseases of walnut trees in Tehran, Zanjan, Kordesta, West Azarbijan and Damghan provinces. *Proceedings of the First National Walnut Symposium*, Hamedan, p. 49. (In Persian with English abstract)
- 18- Lang MD., Hills JL., and Evans KE. 2006. Preliminary studies toward managing walnut blight in Tasmania. *Acta Horticulturae* 705: 451-456.
- 19- López MM., Frutos D., Moragrega C., Arrieta A., Cambronero D., Carrillo A., López G., Lacasa C., and Frutos C. 2007. Evaluation of selections of native walnuts from Asturias for susceptibility to *X. a.* pv. *juglandis* in controlled environment. Available in: http://www.cost873.ch/_uploads/_files/m_lopezXaj_Murcia.pdf
- 20- Lovera M., Arquero O., Serrano N., and Trapero A. 2008. Walnut blight (*Xanthomonas arboricola* pv. *juglandis*): Factors that influence the disease. Available in: http://www.cost873.ch/_uploads/_files/m_Athens_Abstracts_FinalBook.pdf
- 21- Mahsul F., Rahimian H., Magidee E., and Gafaree H. 1989. Investigation on walnut bacterial blight in Mazandaran province. *Proceedings of 9th Iranian Plant Protection Congress*, Karaj, p. 148. (In Persian with English abstract)
- 22- Marias P., Donatella C., and Cennaro C. 1997. Susceptibility of walnut varieties to *Gnomonia leptostyla* and *Xanthomonas campestris* pv. *juglandis*. *Acta Horticulturae* 442: 379-382.
- 23- McNeil D.L., Romero S., Kandula J., Stark C., Stewart A., and Larsen S. 2001. Bacteriophages, a potential biocontrol agent against walnut blight. *New Zealand Plant Protection* 54: 220-224.
- 24- Melotto M., Underwood W., and He S.Y. 2008. Role of stomata in plant innate immunity and foliar bacterial diseases. *Annual Review of Phytopathology* 46: 101-122.
- 25- Miller P.W., and Bollen W.B. 1946. Walnut Bacteriosis and Its Control. US Department of Agriculture and Plant Industry, Soils and Agricultural Engineering, Oregon.
- 26- Mitrovic M., Miletic R., Lukic M., Rakicevic M., and Blagojevic M. 2009. Pomological /phenological properties of walnut selections. *Acta Horticulturae* 825: 187-190.
- 27- Mohammadipur M. 2004. Walnut bacterial blight in East-Azarbijan province. *Proceedings of the 16th Iranian Plant Protection Congress*, Tabriz, p. 386. (In Persian with English abstract)

- 28- Murlean E.N., and Chorth M.N. 1977. Understanding the disease cycle of walnut blight. Diamond Walnut News, Oct, Pp. 12-14.
- 29- Musavi F., Keshavarzi M., Haghjouyan R., and Sobhani A. 2015. Repeatability of laboratory and inoculation on accessing susceptibility of walnut unripe fruits to bacterial blight and relationship between resistance and total phenols. Seed and Plant Improvement Journal 31: 581-594. (In Persian with English abstract)
- 30- Najafi S.H., Aminian H., Marefat A., Etebarian H.R., and Gafaree H. 2008. A survey on bacterial and fungal diseases in Zanzan province. Proceedings of 18th Iranian Plant Protection Congress, Hamedan, p. 41. (In Persian with English abstract)
- 31- Ninot A., Aleta N., Moragrega C., and Montesinos E. 2002. Evaluation of a reduced copper spraying program to control bacterial blight of walnut. Plant Disease 86: 583-587.
- 32- Özaktan H., Erdal M., Akkopru A., Aslan E. 2008. Evaluation of susceptibility of some walnut cultivars to *X. arboricola* pv. *juglandis* by immature nut test. Available in: http://www.cost873.ch/_uploads/_files/Ozaktan_WalnutSusceptibility.pdf
- 33- Radix P., Siegel-Murandi F., and Charlot G. 1994. Walnut blight: development of fruit infection in two orchards. Crop Protection 13: 629-631.
- 34- Ramsey H.J. 1908. The possibilities of walnut blight control by the use of immune varieties. Pacific Rural Press 75: 212-213.
- 35- Rico A., and Preston G. 2011. The metabolic interface between *Pseudomonas syringae* and plant cells. Current Opinion in Microbiology 14: 31-38.
- 36- Rudolph B.A. 1933. Bacteriosis of English walnut in California and its control. California Agricultural Experiment Station Bulletin 564: 3-88.
- 37- Shijiao Jiang S., Han S., He D., Cao G. and Wan X. 2019. Evaluating walnut (*Juglans* spp.) for resistance to walnut blight and comparisons between artificial inoculation assays and field studies. Australian Journal of Plant Pathology 48: 221-231.
- 38- Silsepur L., Keshavarzi M., Hassani D., and Hashemi M. 2010. Necessity of different walnut organs evaluation for selection of blight resistant cultivars. Iranian Journal of Plant Pathology 46: 325-329. (In Persian with English abstract)
- 39- Silsepur L., Keshavarzi M., Hassani D., and Hashemi M. 2012. Reaction of a number of walnut genotypes/cultivars to bacterial blight disease caused by *Xanthomonas arboricola* pv. *juglandis*. Seed and Plant Improvement Journal 28: 395-405. (In Persian with English abstract)
- 40- Solar A., Jakopic J., Veberic R., and Stampar F. 2007. Phenolic compounds as a potential marker of walnut resistance against *Xanthomonas arboricola* pv. *juglandis*. Available in: http://www.cost873.ch/_uploads/_files/m_Solar_murcia.pdf
- 41- Soltani G., and Aliabadi A. 1992. Genetic diversity of walnuts in response to bacterial blight. Proceedings of 15th Iranian Plant Protection Congress, Kermanshah, p. 243. (In Persian with English abstract)
- 42- Szani Z. 2009. Biotic and abiotic stress factors influence on walnut varieties bred in Central Europe. Cereal Research Communications Supplement 37: 329-332.
- 43- Tamponi G., and Donati G. 1990. Walnut cultivars susceptibility to *Xanthomonas juglandis*. Acta Horticulturae 284: 301-302.
- 44- Teviotdale B.L., Schroth M.N., and Mulrean E.M. 1985. Bark, fruit and foliage diseases. In: Walnut Orchard Management. Ramos D.E. Ed., The Regents of The University of California, Division of Agriculture and Natural Resources, Oakland, Publication 21410, pp. 153-157.
- 45- Thiesz R., Bandi A., Tóth M and Balog A. 2007. Epidemiological survey of *Xanthomonas arboricola* pv. *juglandis* and *Gnomonia leptostyla* on natural population of walnut (*Juglans regia*) in Eastern Transylvania. International Journal of Horticultural Science 13: 7-11.
- 46- Tsiantos J., Vagelas I.K., Rumbos C.I., Chatzaki A., Rouskas D., and Gravanis F.T. 2008. Evaluation of resistance of cultivated walnut varieties and selections to *Xanthomonas arboricola* pv. *juglandis* in Greece. Available in: http://www.cost873.ch/_uploads/_files/Tsiantos_WalnutResistanceInGreek_Varieties.pdf
- 47- Vagelas I.K., Rumbos C.I., and Tsiantos J. 2012. Variation in disease development among Persian walnut cultivars, selections and crosses when inoculated with *Xanthomonas arboricola* pv. *juglandis*. Plant Pathology 94: 57-61.
- 48- Woeste K.E., McGranahan G.H., and Schroth M.N. 1992. Variation in Persian walnuts in response to inoculation with *Xanthomonas campestris* pv. *juglandis*. Journal of American Society for Horticultural Sciences 117: 527-531.
- 49- Yang H., Han S., Jiang S., Cao G., Wan X., Chen L., Xiao J., and Zhu P. 2021. Resistance evaluation of walnut against *Xanthomonas arboricola* and the correlation between leaf structure and resistance. Forest Pathology online: 1-12.



Relative Resistance Level to Bacterial Blight in a Number of Walnut Cultivars and Selected Genotypes

R. Mohammadi¹- M. Keshavarzi^{2*}- N. Hassanzadeh³- D. Hassani⁴- A. Farhadnejad⁵

Received: 06-03-2021

Accepted: 25-05-2021

Introduction: The major disease of Persian walnut is walnut blight caused by the bacterium *Xanthomonas arboricola* pv. *juglandis*. This disease limits walnut production in many regions of the world in particular those with warm and humid springs. All succulent tissues including recent shoots, fruits and catkins may be attacked but their sensitivity decreases over time. Symptoms on leaves begin as small, water-soaked spot that can expand to form angular necrotic lesions surrounded by a yellow halo. Infection on the hull of the unripe fruits is initiated as a dark spot, which rapidly creates dark sunken lesions. If fruit infection occurs before shell hardening, the kernels are usually destroyed, infection after shell hardening results in dark kernels and poor-quality nuts, while the kernel is until consumable. The main current strategy for walnut blight control is to protect succulent tissues by copper-based sprays from bud-burst. However, multiple copper sprays do not always control the disease and there is the risk of development of copper resistant bacterial strains. Cultivation of resistant cultivars is the most practical, environmental friendly and economical approach for controlling of this disease. So far, there have not been any cultivar completely resistant or immune to this disease. However, variation in susceptibility level has been shown to occur, worldwide. The objective of this study was to determine leaf and unripe fruit resistance of Iranian promising walnut genotypes in response to controlled inoculation with *X. arboricola* pv. *juglandis* in orchard and laboratory conditions.

Material and Methods: In this research, the relative resistance of leaf and unripe fruits to bacterial blight were studied in a number of *promising walnut genotypes* replicated during two years of 2015 and 2016. The local genotypes have been selected through massive surveys of native orchards in different provinces of the country. The main selective criterion for walnut selection was late leafing trait. In addition, correlation between leaf blight and unripe fruit blight severities were studied. The material included H1-7, H2-1, SHK2, Vina, Round de montignac (RDM), Lara, G4, G5, B10 and K15 genotypes and cultivars. From this material, KZ3, 88-2, 88-1 and G3 were registered and released in year 2019. Also, Serr, Chandler and Hartley cvs. were used as controls. A mixture of four local bacterial isolates originated from Qazvin, Karaj, Zanzan and Urmie was used as inoculum. The bacterial strains have already been characterized using different phenotypical and molecular tests. They were cultured on Nutrient Agar (NA) plates at 28 °C. After 72 hours of cultivation, the colonies were suspended in distilled water; the concentration of the suspensions was read by spectrophotometer and after equalization, mixed and used as inoculum. Assessing leaf resistance was performed by spraying one year old grafted seedlings in glasshouse condition and lesion area was recorded 21 days after inoculation. Three leaves (contacting leaflets) of three seedlings were used per genotype. Assessing unripe fruit resistance was achieved by inoculating 45 days old fruits in laboratory condition and lesion diameter data was read 15 days after inoculation. 15 fruits per genotype were used and three lesions were created in each fruit. Statistical analysis of data was performed by Duncan Multiple test range using SAS software.

Result and Discussion: Based on the results, leaf and unripe fruit blight severities were different among different cultivars and genotypes in both years of evaluation. Combined analysis of blight severity data indicated that G3 (Alvand) and 88-2 (Persian) genotypes had the most leaf blight severity and thus, rated as the most susceptible, while Hartley cultivar had the least leaf blight severity and thus, as the most resistant. Based on combined analysis of data, H1-1 and SHK2 genotypes had the most blight diameters of unripe fruits and thus rated as the most susceptible and resistant genotypes, respectively. Leaves of newly released cultivars of Persian, Caspian, Alvand and Chaldoran were rated as susceptible, relatively resistant, susceptible and relatively susceptible, respectively. On the other hand, unripe fruits of Persian, Caspian, Alvand and Chaldoran were classified as resistant, resistant, relatively resistant and susceptible, respectively. Mean leaf blight severities were not different between the two years of study and also there was no difference between unripe fruit severities

1 and 3- Graduated of Plant Pathology and Professor, Plant Pathology Department, Agriculture and Food Sciences College, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran, respectively.

2 and 4- Associate Professors, Cold and Temperate Fruit Center, Horticultural Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Karaj, Iran

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

5- Technology Office, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Tehran, Iran

DOI: 10.22067/jpp.2021.68825.1012

between two years of the experiment. No significant correlation was found between leaf blight and unripe fruit blight severities.

Keywords: Cultivar, Susceptibility, Walnut, *Xanthomonas arboricola* pv. *juglandis*



مقاله کوتاه پژوهشی

اولین گزارش از جداسازی و شناسایی عامل پوسیدگی ریشه و پژمردگی فوزاریومی گیاه سیر از مزارع شهرستان ساری

نیما اکبری اوغاز^۱ - کامران رهنما^{۲*} - رقیه حبیبی^۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۴/۰۳

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۲/۱۹

چکیده

گیاه سیر یکی از سبزی‌های پرمصرف بوده که هر ساله خسارت بالای بیمارگرهای خاکزاد در این گیاه دیده می‌شود. در بهار سال ۱۳۹۷، طی بازدید از مزارع حومه شهرستان ساری، علائم پژمردگی و خشکیدگی گیاهان سیر مشاهده و از بوته‌های بیمار نمونه برداری شد. پس از جداسازی روی محیط کشت آب-آگار و خالص‌سازی روی محیط سیب زمینی-دکستروز-آگار، قارچ‌ها به محیط میخک-آگار جهت تولید ماکروکنیدیوم انتقال و شاخص‌های ریخت‌شناسی با کلیدهای شناسایی معتبر بررسی گردید. DNA قارچ به روش CTAB استخراج و با آغازگرهای ITS4، ITS5، EFGR و EF1-983F تکثیر و توالی‌یابی شد. اثبات بیماری‌زایی در گیاه سیر رقم طارم با اثر دو میزان ۳۰ و ۶۰ گرم مایه تلقیح قارچ بیمارگر (اسپان گندم) در یک کیلوگرم خاک ارزیابی گردید. ویژگی‌های ریخت‌شناسی شامل پرگنه ارغوانی، رشد پنبه‌ای، ماکروکنیدیوم‌های چهار تا شش سلولی و کلامیدسپورهای زنجیری مشابه قارچ *Fusarium oxysporum* بود. توالی ژنوم در ناحیه ITS با تشابه ۱۰۰ درصد و در ناحیه TEF با تشابه ۹۸-۹۹ درصد به قارچ *F. oxysporum* با رس شمار MK790682.1 و کد جدایه 7391 در بانک ژن (NCBI) ثبت گردید. با میزان ۳۰ g/kg مایه تلقیح در مقایسه با شاهد سالم پس از ۴۵ روز علائم پژمردگی، زردی و در نهایت خشکیدگی گیاه مشابه شرایط مزرعه ظاهر گردید. در میزان ۶۰ g/kg مایه تلقیح نیز پس از ۳۰ روز حبه‌ها رشدی نداشتند و قبل از جوانه‌زنی حبه کاملاً پوسیده گردید. بنابر داده‌های حاصل، عامل بیمارگر *F. oxysporum* 7391 احتمالاً یکی از عوامل مهم پژمردگی و پوسیدگی فوزاریومی گیاه سیر در مزارع حومه شهرستان ساری می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: پژمردگی، پوسیدگی ریشه، گیاه سیر، TEF، ITS

مقدمه

نراقی و همکاران (۱) نیز قارچ‌های *F. solani*، *F. oxysporum* و *F. proliferatum* را به عنوان بیمارگر گیاه سیر از استان همدان گزارش نمودند. هر ساله خسارت عوامل بیماری‌زای خاکزاد قارچی مختلف در استان‌های شمالی کشور ایران از جمله مازندران به عنوان یکی از مناطق مهم کاشت سبزی و صیفی بخصوص گیاه سیر با میزان ۳۰۲۹ تن در سال ۹۷-۹۶، کشاورزان سیر کار را به شدت تحت تاثیر قرار داده، بطوری که در مزارع با درصد آلودگی بالای خاک، کشاورزان زمین‌های کشاورزی خود را رها کرده یا روی به کشت محصولات دیگر می‌آورند (۴). نظر به خسارت بالای اقتصادی در مناطق کشت گیاه سیر در استان‌های شمالی کشور، در این تحقیق

سیر (*Allium sativum* L.) یکی از سبزی‌های رایج، پرمصرف و مهم در پیش‌گیری و درمان بیماری‌های انسانی به شمار می‌آید. گونه‌های خاکزی *Fusarium* spp. از مهم‌ترین عوامل تنش‌زا در این گیاه و ایجاد خسارت در گیاهان زراعی، باغی و حتی در انبارداری پس از برداشت هستند (۲). در ایران تحقیقات محدودی در رابطه با جداسازی و شناسایی قارچ‌های بیماری‌زای *Fusarium* spp. در گیاه سیر صورت گرفته است. موسوی و امیری (۳) قارچ‌های *F. solani*، *F. oxysporum* و *F. semitectum* را به عنوان مهم‌ترین بیمارگرهای گیاه سیر از منطقه جیرفت گزارش کردند. مهدی زاده

(Email: rahnama@gau.ac.ir)

(*)- نویسنده مسئول:

DOI: 10.22067/jpp.2021.32779.0

۱، ۲ و ۳- به ترتیب دانش آموخته کارشناسی ارشد بیماری‌شناسی گیاهی، استاد گروه گیاهپزشکی و دانش آموخته مقطع دکتری بیماری‌شناسی گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

سعی شده به بررسی و شناسایی عوامل مهم قارچی خاکزاد بیمارگر این گیاه در مزارع حومه شهرستان ساری-استان مازندران پرداخته شود.

مواد و روش‌ها

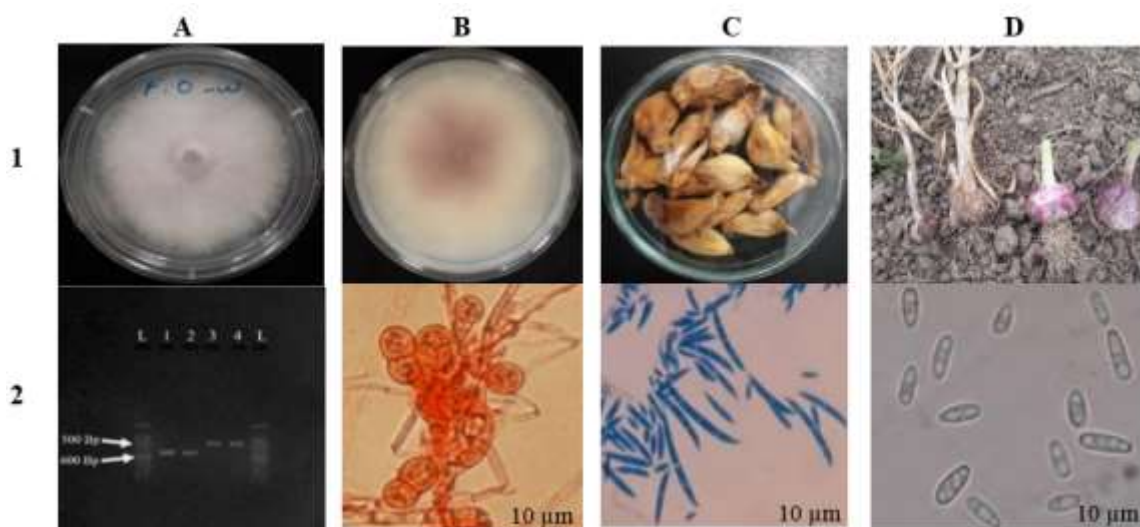
نمونه‌برداری از گیاهان بیمار با علائم پژمردگی و خشکیدگی بوته‌ها در مزارع سیر بنفش رقم طارم (۹) واقع در حومه شهرستان ساری در بازه‌های زمانی نزدیک به برداشت در نیمه اول و دوم فروردین و اردیبهشت ماه سال ۱۳۹۷ طی دو مرحله صورت گرفت. محیط کشت آب آگار (Agar-Biolife Italiana S.R.l) جهت جدا سازی، محیط کشت سیب زمینی-دکستروز-آگار (PDA-Biolife Italiana S.R.l) جهت خالص سازی و جهت تحریک به اسپوردهی از محیط کشت اختصاصی برگ میخک-آگار (CLA) استفاده شد (۷). نمونه‌های میکروسکوپی از توده رشد کرده قارچ‌ها تهیه و شاخص‌های ریخت شناسی مورد بررسی قرار گرفت (۶ و ۷). استخراج DNA به روش CTAB انجام (۸)، ژنوم استخراج شده با چهار آغازگر ITS4، ITS5، EF1-983F و EfgR (۱۰) تکثیر و برای الکتروفورز، از بافر TBE با ولتاژ ۸۵ استفاده شد (۸). شباهت توالی ژنوم بدست آمده با سایر توالی‌ها در بانک ژن NCBI از طریق نرم افزار بلاست بررسی گردید. در آزمون اثبات بیماری‌زایی، مایه تلقیح دانه گندم جهت تلقیح قارچ به خاک و سیر بنفش رقم طارم جهت کاشت استفاده گردید. بستر کاشت (۵۴ درصد خاک، ۳۶ درصد ماسه و ۱۰ درصد کود گاوی کاملاً پوسیده) دو بار قبل از تلقیح قارچ سترون شد. مایه تلقیح در دو حجم ۳۰ و ۶۰ گرم در یک کیلوگرم خاک اعمال و گلدان‌ها قبل از کاشت سیر جهت گسترش و تثبیت قارچ، دو هفته در دمای اتاق قرار داده شدند. پس از کاشت، گلدان‌ها به دستگاه ژرمیناتور (رطوبت نسبی ۴۵٪، دمای $25 \pm 2^\circ\text{C}$ و ۱۲ ساعت روشنایی و هشت ساعت تاریکی) منتقل، سه تکرار از هر تیمار انجام و نتایج به صورت کیفی مورد ارزیابی قرار گرفت.

نتایج و بحث

در زمان نمونه‌برداری اولین نشانه‌های خفیف شامل؛ زرد شدن برگ که از نوک شروع به پیشروی کرده و حرکت رو به جلو داشت. در این مرحله احتمالاً قارچ از طریق ریشه یا زخم وارد غده گیاه سیر شده که در نهایت پوسیدگی پایه غده را ایجاد می‌نمود. نشانه‌های شدیدتر از جمله؛ فرا گرفتن بافت برگ‌ها و ساقه علفی گیاه و ایجاد خسارتی شبیه به آبسوختگی که از پایه نزدیک به سطح خاک شروع شده به سمت انتهای اندام فوقانی گیاهان حرکت کرده و به مرور کل سطح گیاه را می‌پوشاند نیز در مزارع نمایان بود. میسلیم‌های سطحی سفید

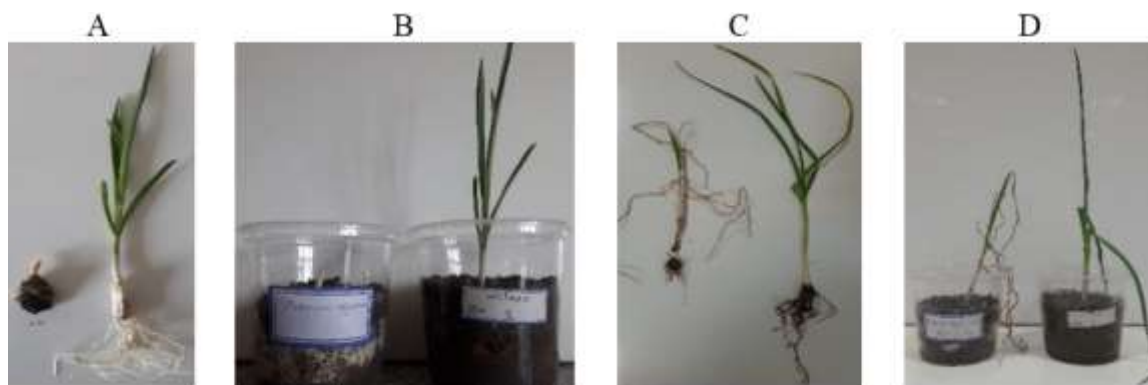
یا صورتی روی غده‌ها، کاهش کیفیت محصول، خشک شدن و مومیایی شدن غده‌ها، پژمردگی بوته‌های آلوده، پوکی، لهیدگی غده و رنگ قهوه‌ای، صورتی یا بنفش ریشه‌ها از دیگر علائمی بودند که در مزارع با خاک مشکوک آلوده به این قارچ مشاهده شدند (شکل ۱). در بررسی ریخت‌شناسی، از میان قارچ‌های جدا و خالص شده اکثریت قارچ‌ها (بیش از ۹۰ درصد) مطابق با کلیدهای شناسایی (۶ و ۷) نزدیک به قارچ *F. oxysporum* شناسایی گردیدند. شاخص‌های ریخت‌شناسی ظاهر شده در محیط کشت PDA، دمای $23 \pm 2^\circ\text{C}$ و شرایط تاریکی شامل؛ رشد پنبه‌ای و رنگ ارغوانی ریشه‌های قارچ طی ۷۲ ساعت، سلول‌های میکروکنیدی کوچک تک سلولی با میانگین اندازه $1/34 \times 1/06$ میکرومتر طی ۹۶ ساعت، ماکروکنیدی‌های کشیده شفاف با چهار تا شش سلول و میانگین اندازه $5/80 \times 8/05$ میکرومتر به همراه یک پاشنه و کلامیدوسپورهای زنجیری با میانگین اندازه $4/25 \times 4/70$ میکرومتر پس از دو هفته در محیط کشت میخک آگار CLA بودند (شکل ۱). پس از الکتروفورز، ژنوم تکثیر شده در ناحیه ITS و TEF به تریب در محدوده ۶۰۰ و ۵۰۰ جفت باز قرار گرفتند (شکل ۱). مقایسه توالی ژنوم در ناحیه ITS در بانک ژن NCBI، تشابه ۱۰۰ درصد را به چندین قارچ *F. oxysporum* نشان داد، همچنین در ناحیه TEF نیز تشابه نزدیک به ۹۹ و ۹۸ درصد بود.

قارچ شناسایی شده در این تحقیق با نام *F. oxysporum* و کد جدایه 7391 با رس شمار MK790682.1 در بانک ژن NCBI ثبت گردید (۱۱). در بخش تست بیماری‌زایی مشاهده شد در مقدار ۶۰ گرم مایه تلقیح، حبه‌های گیاه سیر در مقایسه با تیمار شاهد (تیمار بدون حضور قارچ) بعد از گذشت ۳۰ روز از زمان کاشت، رشدی نداشتند و قبل از جوانه‌زنی رویان حبه پوسیده و از بین رفته است. علائم در تمام تیمارها به صورت قهوه‌ایی شدن، کدر شدن، لهیدگی و پوسیدگی حبه‌ها نمایان گردید. در حالی که در تیمار شاهد حبه‌ها به خوبی بدون ظهور علائم بیماری جوانه زده و رشد کردند (شکل ۲). در میزان ۳۰ گرم مایه تلقیح بعد از گذشت ۴۵ روز از زمان کاشت علائم خفیف‌تری نمایان شد، بطوری‌که در تمام تیمارها علائمی همچون زرد شدن برگ گیاهان آلوده، که از نوک برگ آغاز و پیشروی داشت نمایان گشت، این روند پیشروی در نهایت منجر به خشک شدن بوته گیاه سیر شد. در تیمار شاهد این علائم مشاهده نگردید و گیاه سیر بدون ایجاد علائم بیماری به رشد و نمو ادامه داد (شکل ۲). علائم مشاهده شده همانند علائمی بودند که در مرحله نمونه‌برداری از مزارع بر روی گیاهان بیمار مشاهده گردید. نمونه‌های میکروسکوپی از بافت ریشه و طوقه گیاهان نیز حضور و خاصیت بیماری‌زایی قارچ بیمارگر را بر روی گیاه سیر تایید نمود. احتمال می‌رود کاهش میزان مایه تلقیح به بتدریج در بازه‌های زمانی طولانی مدت علائم بیماری را ظاهر سازد.



شکل ۱- بخشی از علائم بیماری در مزارع، شاخص‌های ریخت‌شناسی و ارزیابی توالی ژنوم قارچ بیمارگر جداسازی شده. A1 و B1: رشد پنبه‌ای و رنگ ارغوانی ریشه‌های قارچ؛ C1: علائم چروکیدگی حبه در اثر عامل بیماری؛ D1: علائم خسارت در مزارع؛ A2: باندهای تشکیل شده با پرایمرهای مختلف (L-چاهک حاوی ژنوم تکثیر شده شاهد (DNA-Ladder)، ۳ و ۴-چاهک‌های حاوی ژنوم تکثیر شده در ناحیه TEF؛ ۱ و ۲-چاهک‌های حاوی ژنوم تکثیر شده در ناحیه ITS)؛ B2: کلامیدوسپورهای زنجیری؛ C2: سلول‌های ماکروکنیدی کشیده شفاف با چهار تا شش سلول؛ D2: میکروکنیدی‌های کوچک و تک سلولی.

Figure 1- Some of the disease symptoms, morphological indicators and sequencing evaluation of the plant pathogenic fungus genome. A1 and B1: Cotton growth and purple color of fungal mycelium; C1: wrinkle bulb samples from infected plants; D1: Signs of damage in farms; A2: Evaluation of genome band on electrophoresis gel analysis by different primers (L-Wells: multiplied genome of the control (DNA-Ladder); 3 and 4-Wells: multiplied genome in the region TEF; 1 and 2-Wells: multiplied genome in the region ITS); B2: Chain of chlamydospores; C2: Transparent macroconidia cells with four or six cells; D2: Small, single-celled microconidia.



شکل ۲- تست بیماری‌زایی. A: حبه سیر آلوده شده در حجم ۶۰ g/kg اینوکولوم قارچ بیمارگر سمت چپ و گیاه سالم (شاهد) سمت راست؛ B: تیمار شاهد (گل‌دان سمت راست) و تیمار گیاه بیمار (گل‌دان سمت چپ) در حجم ۶۰ g/kg اینوکولوم؛ C: شاهد (گیاه سمت راست) و تیمار گیاه بیمار (گیاه سمت چپ) در ۳۰ g/kg اینوکولوم؛ D: شاهد (گل‌دان سمت راست) و تیمار گیاه بیمار (گل‌دان سمت چپ) در ۳۰ g/kg اینوکولوم.

Figure 2- Pathogenicity test. A: Diseased garlic bulb in a volume of 60 g/kg of inoculum at left side and healthy plant as control treatment on right side; B: Control treatment (right pot) in comparison with the treatment of the diseased garlic bulb (left pot) in a volume of 60 g/kg of inoculum; C: control treatment (right plant) compared to the treatment of diseased garlic plant (left plant) in a volume of 30 g/kg of inoculum; D: control treatment (right pot) compared to the treatment of diseased garlic plant (left pot) in a volume of 30 g/kg of inoculum.

مازندران بشمار آمده که باعث جابجایی مایه اینوکوم قارچ‌های بیمارگر حتی به استان‌های مجاور می‌شود. برای اولین بار این تحقیق گزارش کننده قارچ *F. oxysporum* 7391 به عنوان یکی از عوامل مهم ایجاد پژمردگی، پوسیدگی ریشه و تنش در مزارع سیر واقع در استان مازندران می‌باشد. اگرچه نیاز است مطالعات جامع تر و کاملی جهت شناسایی، تنوع و پراکنش فرم‌های اختصاصی و زیرگونه‌های قارچ *F. oxysporum* در مزارع این استان اجرا گردد.

سپاسگزاری

نویسندگان از معاونت پژوهشی و فناوری دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان به جهت تامین مالی و سازمان جهاد کشاورزی استان مازندران به جهت همکاری‌های متقابل و صمیمانه در به ثمر رسیدن این تحقیق علمی کمال تشکر و قدردانی را به عمل می‌آورند.

بنابراین می‌توان پی برد، چرا خاک‌های مزارعی که به تازگی آلوده می‌گردند علائم بیماری را زود نشان نمی‌دهند یا امکان دارد این علائم در بازه‌های بسیار طولانی مدت ظاهر گردد. اغلب در این زمان گیاهان سیر برداشت شده و قارچ‌های بیمارگر خسارت اقتصادی قابل ملاحظه‌ای را برای کشاورزان در زمان تازه فروشی ایجاد نمی‌کنند. احتمالاً اسپوره‌های موجود در خاک اطراف حبه‌های برداشت شده در انبار پوسیدگی‌های بعدی را به وجود می‌آورند و باعث خسارات انباری در نگهداری‌های طولانی مدت می‌گردند. به همین جهت می‌بایست به علائم خفیف نیز در مزارع کشت گیاهان سیر توجه و اقدامات لازم مدیریتی را قبل از کشت اعمال نمود.

با توجه به پراکنش و گستردگی این بیمارگر و پایداری آن در خاک و اهمیت شهرستان ساری در اختصاص سطح بالایی از اراضی کشاورزی به کاشت گیاه سیر، هم به هدف تولید محصول مصرفی ساکنین استان و هم به جهت تولید بذر در سال کشاورزی آتی، این شهر منبعی مهم جهت صادرات بذر سیر به دیگر شهرهای استان

منابع

- 1- Mahdizade Naraghi R., Zafari D., Zamanizade H.R., and Argmandian A. 2007. Identification of fungal pathogens in garlic at Hamadan province. *Agricultural Research* 7(3): 11-29. (In Persian with English abstract)
- 2- Elshahawy I.E., Saied N.M., and Morsy A.A. 2017. *Fusarium proliferatum*, the main cause of clove rot during storage, reduces clove germination and causes wilt of established garlic plants. *Journal of Plant Pathology* 99(1): 85-93.
- 3- Mosavi N.N., and Amiri M. 2010. Identification of fungal agents of seedling death, burns and leaf spot of garlic and onion in Jiroft region. *Plant Production Research* 17: 91-103. (In Persian with English abstract)
- 4- Ghanbari Shir Savar A. 2019. Investigating the situation of vegetables and summer crops in Iran. IRIB News Agency. Retrieved from www.iribnews.ir. (In Persian)
- 5- Fisher N.L., Burgess L.W., Toussoun T.A., and Nelson P.E. 1982. Carnation leaves as a substrate and for preserving cultures of *Fusarium* species. *Phytopathology* 72(1): 151-153.
- 6- Barnett H.L., and Hunter B.B. 2006. Illustrated genera of imperfect fungi. Illustrated genera of imperfect fungi. APS press (3rd ed). 457p.
- 7- Nelson P.E., Toussoun T.A., and Marasas W.F.O. 1983. *Fusarium* species: an illustrated manual for identification. University Park: Pennsylvania State University Press. 193p.
- 8- Liu L., Wang C.L., Peng W.Y., Yang J., Lan M.Q., Zhang B., and Li C.Y. 2015. Direct DNA extraction method of an obligate parasitic fungus from infected plant tissue. *Genetics and Molecular Research* 14(4): 18546-18551.
- 9- Zahedi B., Kashi A., ZabihAllah Z., and Masahebi G.H. 2008. Genetic diversity of some garlic (*Allium sativum* L.) masses in Iran using RAPD markers. *Iranian Agricultural Sciences* 39(2): 245-56. (In Persian with English abstract)
- 10- Karlsson I., Edel-Hermann V., Gautheron N., Durling M.B., Kolseth A.K., Steinberg C., Persson P., and Friberg H. 2016. Genus-specific primers for study of *Fusarium* communities in field samples. *Applied and Environmental Microbiology* 82(2): 491-501.
- 11- Akbari Oghaz N., Rahnama K., and Habibi R. 2019. First Report of Isolation and Identification of *Fusarium* Wilting of Garlic by *Fusarium oxysporum* from Mazandaran Province-Iran. 4th Iranian Mycological Congress, Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran. (In Persian with English abstract)



First Report of Isolation and Identification of *Fusarium* wilt and Root Rot of Garlic Fields from Sari Area

N. Akbari Oghaz¹- K. Rahnama^{2*}- R. Habibi³

Received: 23-06-2020

Accepted: 09-05-2021

Background and Objectives: Garlic (*Allium sativum*) is one of the most common and high consumption vegetables in the world specializing in the northern provinces of Iran. Various civilizations and cultures throughout history have realized the importance of this valuable plant in the prevention and treatment of human diseases. One of the most important environmental stresses on garlic plant specialty at the fields of Sari countryside, are different species of soil-borne plant pathogen fungi, which are causing damage to crops and even in the storage of the post-harvest. The most important parts that are damaged by these pathogens are bulbs and roots. Identifying these fungi that cause plant stress and weaken the plant in production or cause drought and eventually plant death, has been a very important issue in plant protection science. In this research, for the first time, an attempt has been made to isolate and identify the cause of garlic wilt and root rot at the farms in Sari countryside, Mazandaran province, Iran.

Materials and Methods: At the time of harvesting garlic (spring of 2018) several samples were taken from purple garlic farms of Tarom cultivar at Sari countryside. The fungi were isolated and purified on Water-Agar and PDA medium respectively, then transferred to CLA medium to stimulate the production of macro-conidia. The morphological characters of the fungi as the shape, type and size of the spores (length and width), the color of the mycelia and shape of chlamydospores determined by keys of Barnett and Hunter and Nelson et al., DNA of fungus was extracted by CTAB method, amplified and sequenced by the ITS4, ITS5, EFGR and EF1-983F primers. The similarity of the genome compared with other sequences in the NCBI gene bank. In order to test prove the pathogenicity of the fungus, the interaction of the fungus and purple garlic plant (Tarom cultivar) was evaluated by the effect of 30 and 60 g/kg of pathogenic fungus inoculum during seed germination and growth of this plant into the soil.

Results and Discussion: The morphological characters of the fungus were; purple colony color, cottony growth of mycelia, four to six cell macro-conidia and chain shape chlamydospores, which were confirmed in accordance by the identification keys close to the *Fusarium oxysporum* fungus. ITS genome aligned with 100 and TEF genome aligned approximately with 98-99 percent similarity to *F. oxysporum*, which were recorded at the GenBank with NCBI accession number; MK790682.1 and isolate code;7391. Symptoms at pathogenicity test included; wilting, yellowing, necrosing leaf and finally drying of garlic plant appeared at 30g/kg inoculum compared to healthy control treatment. Bulbs were rotted by 60g/kg inoculum and the plant did not grow. It was observed that reducing the amount of inoculation caused damage over a long period.. Garlic plants with few symptoms are usually harvested and transferred to the storehouse which probably causes the spreading of pathogen spores and makes storage rot even on healthy crops. Fewer symptoms are very important at farms and the fungus should be controlled before causing more damage. Also, the transmission of diseased plants with fewer symptoms should be avoided to the storehouse. Therefore, based on morphological and molecular characteristics and pathogenicity test probably *F. oxysporum* 7391 is one of the important factors of wilt and root rot of garlic plants in Mazandaran province.

Conclusion: Farmers take serious damages from soil-borne plant pathogens every year at the time of harvesting crops especially at the garlic farms from Mazandaran province. The importance of soil-born plant pathogen fungi on garlic has been reported from all around the world. High production of garlic in Sari, storage for planting at the next agricultural year and most important export of these garlic bulbs to other cities of Mazandaran and even neighboring provinces, will probably cause the spreading of pathogenic fungi inoculum. For the first time, this study reports the fungus *F. oxysporum* 7391 as one of the important factors in causing the disease of the Garlic-Tarom plant in Sari. More comprehensive studies are needed to identify, diversify and distribute specific forms and subspecies of the fungus *F. oxysporum* in farms at Mazandaran province. Epidemy criteria need to be defined for these *Fusarium* spp., and bulbs must be carefully inspected before export or storage. Quarantine should be used

1, 2 and 3- M.Sc. Graduated of Plant Pathology, Professor and Ph.D. Graduated of Plant Pathology of Plant Protection Department, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, respectively.

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

DOI: 10.22067/jpp.2021.32779.0

to prevent the spread of inoculum to other provinces until the pathogen is completely controlled.

Keywords: Garlic Plant, Root Rot, Wilting, ITS, TEF



مقاله پژوهشی

ترکیب شیمیایی اسانس گیاه مورد و فعالیت حشره کشی آن در ترکیب با خاک دیاتومه علیه

حشرات کامل شیشه گندم، (*Sitophilus granarius* (L.))

محسن یزدانپان^{۱*} - ملیحه ریحانی^۲

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۲/۱۹

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۳/۲۴

چکیده

خاک‌های دیاتومه و اسانس‌های گیاهی جزو مهم‌ترین ترکیبات جایگزین سموم شیمیایی می‌باشند که مشکلات مهم فراروی استفاده از آن‌ها به ترتیب شامل کنداثر بودن و ناپایداری می‌باشند. استفاده ترکیبی از این دو عامل حشره کش یکی از راه‌حل‌های این مشکلات می‌باشد. در این پژوهش، اثر حشره کشی تماسی یک خاک دیاتومه ایرانی (با نام تجاری سایان) در ترکیب با اثر تنفسی اسانس گیاه مورد *Myrtus communis* L. روی حشرات کامل شیشه گندم (*Sitophilus granarius* (L.)) بررسی شد. اجزای شیمیایی تشکیل دهنده اسانس به روش GC-MS شناسایی شدند. در اسانس ۴۶ ترکیب شیمیایی شناسایی شدند که سه ترکیب 1,8-cineole (Eucalyptol) (۱۸/۰۲۹٪)، Isoterpinolene (۱۴/۷۰۴٪) و α -Fenchene (۱۳/۱۳۵٪) بیشترین مقدار را داشتند. درصد مرگومیر در اثر استفاده انفرادی از دزهای خاک دیاتومه (گرم بر کیلوگرم) حتی پس از ۷۲ ساعت قابل توجه نبود ولی استفاده ترکیبی باعث افزایش معنی‌دار مرگومیر شد. در ترکیب‌های تیماری غلظت LC₅₀ اسانس مورد (۳۴۵۱ میکرولیتر بر لیتر هوا) با دزهای ۰/۵ و ۱/۵ گرم بر کیلوگرم خاک دیاتومه پس از ۷۲ ساعت، به ترتیب ۹۸/۲۵، ۱۰۰ و ۱۰۰ درصد مرگومیر مشاهده شد. برهمکنش خاک دیاتومه در ترکیب با اسانس به ویژه پس از ۴۸ و ۷۲ ساعت عمدتاً از نوع سینرژیستی بود. تولید نتاج ۴۵ روز پس از حذف حشرات کامل تیمار شده از ظروف آزمایش (تولید نتاج در نسل اول) در ترکیب دزهای ۰/۱۲۵، ۰/۲۵ و ۰/۵ گرم بر کیلوگرم خاک دیاتومه با غلظت‌های LC₁₀، LC₂₀ و LC₅₀ اسانس (به ترتیب ۱۲۶۷، ۱۷۹۰ و ۳۴۵۱ میکرولیتر بر لیتر) بسیار پایین بود (با حداکثر ۷ عدد حشره کامل ظاهر شده) ولی مرگومیر این حشرات کامل ظاهر شده در تمام موارد ۱۰۰ درصد بود. در تیمارهای ترکیبی دزهای ۱ و ۱/۵ گرم بر کیلوگرم خاک دیاتومه با سه غلظت مختلف اسانس نیز تولید نتاج مشاهده نشد. درصد مرگومیر نتاج تولیدی در اثر استفاده انفرادی از دزهای مختلف خاک دیاتومه در مقایسه با تیمارهای ترکیبی بسیار کمتر بود. تولید نتاج ۹۰ روز پس از حذف حشرات کامل تیمار شده از ظروف آزمایش (تولید نتاج در نسل دوم) نیز مشابه نتایج نسل اول بودند. نتایج این تحقیق به خوبی نشان می‌دهند که استفاده ترکیبی از این دو عامل حشره کش به دلیل بروز اثرات سینرژیستی می‌تواند کنداثر بودن خاک دیاتومه سایان و ناپایداری اسانس مورد را برطرف سازد.

واژه‌های کلیدی: اثر سینرژیستی، اجزای شیمیایی، اسانس مورد، خاک دیاتومه، *Sitophilus granarius*

مقدمه

(۳۴). این ترکیبات در ساختارهای ترش‌هی و ویژه‌ای مانند غده‌ها، موها، مجراهای ترش‌هی، حفره‌های ترش‌هی یا مجاری رزین گیاهان ذخیره می‌شوند (۳۳). در این میان، اسانس گیاه مورد، *Myrtus communis* L. روی تعداد زیادی از آفات و بیمارگرهای انسانی و گیاهی دارای اثرات زیستی مختلفی می‌باشد که از آن جمله می‌توان به اثر حشره کشی آن اشاره نمود (۴). خاک‌های دیاتومه موادی ساینده

اسانس‌های گیاهی ترکیبات بودار و فراری هستند که تنها در ۱۰ درصد از گونه‌های گیاهی یافت می‌شوند (۱۵). این اسانس‌ها و ترکیبات موجود در آن‌ها به علت دارا بودن ایمنی نسبی، پذیرش گسترده توسط مصرف کنندگان و داشتن پتانسیل مصرف برای استفاده در زمینه‌های گوناگون، عوامل زیستی امیدبخشی به شمار می‌روند

(Email: mohsenyazdanian@gau.ac.ir

*) نویسنده مسئول:

۱ و ۲- به ترتیب استادیار و دانشجوی سابق کارشناسی ارشد، گروه گیاهپزشکی،

دانشکده تولید گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

گندم در ایران و استان گلستان، در این پژوهش اثر سینرژیستی یک فرمولاسیون ایرانی خاک دیاتومه در ترکیب با اسانس گیاه مورد علیه حشرات کامل این آفت در شرایط آزمایشگاهی مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

آنالیز GC-MS

اسانس گیاه مورد (به صورت قطره ۱۸ میلی‌لیتری فرموله شده با نام تجاری ام‌جی؛ استاندارد شده بر اساس وجود ۳۰ میلی‌گرم ۸و۱-سینئول در هر میلی‌لیتر از فراورده) از شرکت باریج اسانس کاشان^۱ خریداری شد. شناسایی اجزای اسانس با استفاده از دستگاه گازکروماتوگراف (GC-MS) مدل Varian CP-3800 مجهز به طیف‌سنج جرمی Varian Saturn 2200 ion trap (گاز هلیوم به عنوان ناقل؛ نرخ جریان 1:100 ml/min، فشار 10 psi و حجم تزریق 0.1 µl) انجام شد. ستون گازکروماتوگرافی مورد استفاده (VF-5ms capillary column) به طول ۳۰ متر در ۰/۳۲ میلی‌متر و قطر داخلی ۰/۲۵ میکرومتر بود. دمای انژکتور ۲۲۰ و دمای دتکتور ۳۰۰ درجه سلسیوس بود. دمای آون از ۵۰ تا ۲۲۰ درجه سلسیوس با نرخ ۵ درجه بر دقیقه تنظیم شد و سپس به مدت ۲۰ دقیقه ثابت نگه داشته شد و در نهایت با نرخ ۱۰ درجه بر دقیقه به ۳۰۰ درجه افزایش یافت. انرژی یونیزاسیون برابر با 70 eV، با زمان اسکن ۱ ثانیه و mass range برابر با 40-350 amu بود (۲۱). ترکیبات تشکیل‌دهنده اسانس از طریق مقایسه زمان‌های ابقای گازکروماتوگرافی با ترکیبات شناخته شده و نیز طیف‌های جرمی آن با ترکیبات یا طیف‌های شناسایی شده موجود در کتابخانه دستگاه تعیین شدند.

پرورش شپشه گندم

حشرات کامل شپشه گندم از کلنی موجود در آزمایشگاه حشره‌شناسی، گروه گیاه‌پزشکی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان تهیه و به مدت سه نسل بر روی دانه‌های گندم دمای ۲۶±۲ درجه سلسیوس، رطوبت نسبی ۶۵±۵ درصد و L:D 16:8 (۷) در ژرمیناتور نگهداری و تکثیر شدند. برای پرورش حشرات کامل از ظروف پلاستیکی مستطیلی به رنگ سفید شفاف به ابعاد ۱۸×۲۴×۱۰ سانتی‌متر استفاده شد. برای تهویه ظروف پرورش، قسمت میانی درب آن‌ها بریده و با توری ۱۲۰ مش پوشانده شد. نصف حجم ظروف با دانه‌های سالم گندم پر شد و حشرات کامل شپشه گندم بر روی آن‌ها رهاسازی شدند. پس از سه نسل پرورش، حشرات کامل حداکثر هفت‌روزه نسل چهارم برای انجام آزمایش‌های زیست‌سنجی

هستند که سطح کوتیکول حشرات را خراش می‌دهند. استفاده از این خاک‌ها علیه حشرات باعث جذب شدن لیپیدهای کوتیکولی به آن‌ها و از بین رفتن خاصیت ضدآب بودن کوتیکول می‌شود (۶). این خاک‌ها کارایی خود را در رطوبت‌های نسبی بالا (بیشتر از ۸۱ درصد) از دست می‌دهند (۱۷). خاک‌های دیاتومه برای پستانداران نیز غیرسمی هستند که یک مزیت مهم آن‌ها بر آفت‌کش‌های مرسوم می‌باشد (۴۱). برای محافظت از دانه‌ها، خاک‌های دیاتومه به صورت پودر با غلات مخلوط می‌شوند و تا زمانی که غله خشک بماند و رطوبت آن از ۱۵ درصد کمتر باشد، کارایی خود را حفظ می‌کنند (۳۹).

با وجود تمامی مزایای استفاده از خاک‌های دیاتومه و اسانس‌های گیاهی، استفاده از آن‌ها به تنهایی دارای محدودیت‌ها یا مشکلاتی می‌باشد. اسانس‌های گیاهی باید در غلظت‌های بالا استفاده شوند و بو برجای می‌گذارند. این ترکیبات همچنین فرار هستند، پایداری کمی دارند و قدرت نفوذ آن‌ها به داخل مواد غذایی اندک می‌باشد (۲۲). خاک‌های دیاتومه نیز ممکن است در دز بالا باعث بروز تغییرات فیزیکی و شیمیایی در دانه‌های غلات انباری شوند (۱۸)، برای کارایی مناسب آن‌ها به دزهای بالا و اغلب بیشتر از ۱۰۰۰ پی‌پی‌ام نیاز می‌باشد (۲۳)، دارای اثر تاخیری هستند (۳۸)، و حتی مقاوم شدن حشرات به این خاک‌ها گزارش شده است (۳۹). استفاده ترکیبی از فراورده‌های طبیعی حشره‌کش و خاک‌های دیاتومه به عنوان یکی از راه‌های رفع این مشکلات توصیه شده است (۲، ۳، ۲۶، ۱۹ و ۳۸).

شپشه گندم، *Sitophilus granarius* (L.) (Col.; Curculionidae)، یکی از مخرب‌ترین آفات انباری غلات در سراسر جهان است که لاروهای آن در درون دانه‌های غلات نشوونما می‌کنند (۲۶) و با تغذیه از دانه‌ها خسارت‌های سنگینی را به بار می‌آورند (۲۷). این حشره از دانه‌های سالم و شکسته غلاتی مانند گندم، جو، گندم سیاه، برنج، ذرت، ارزن، یولاف، چاودار و غیره تغذیه می‌کند. شپشه گندم به ویژه آفت گندم و جو می‌باشد (۲۷). نرخ تخمگذاری این آفت با افزایش دسترسی به غذا افزایش می‌یابد که نشان می‌دهد در صورت نامحدود بودن منابع غذایی، تخمگذاری در بیشترین مقدار انجام خواهد شد (۱۶). شپشه گندم قادر به پرواز نیست و معمولاً غلات موجود در مزرعه را آلوده نمی‌کند. راه رفتن اولین روش پراکنش این حشره است، اما با انتقال غلات آلوده از یک منطقه به منطقه دیگر توسط انسان یا ماشین‌آلات آلوده به آسانی پراکنده می‌شود (۲۹).

با توجه به موثر بودن خاک‌های دیاتومه و اسانس‌های گیاهی علیه آفات انباری، استفاده از آن‌ها یکی از روش‌های جایگزین مهم برای سموم شیمیایی به شمار می‌رود. وجود برخی محدودیت‌ها در استفاده از این دو عامل حشره‌کش، ضرورت بررسی اثر ترکیبی و میزان کارایی آن‌ها را نشان می‌دهد. به دلیل اهمیت اقتصادی شپشه

مورد استفاده قرار گرفتند. تمام آزمایش‌ها روی دانه‌های گندم (رقم گنبد) انجام شدند.

برآورد غلظت‌های کشنده LC₁₀، LC₂₀ و LC₅₀ اسانس مورد

آزمایش‌های زیست‌سنجی مقدماتی در شرایط آزمایشگاهی ذکر شده روی حشرات کامل هفت‌روزه انجام و غلظت‌های ایجادکننده مرگومیر حدود ۲۰ و ۸۰ درصدی (بر حسب میکرولیتر بر لیتر هوا) تعیین شدند. در تشتک‌های پتری شیشه‌ای (قطر ۷ سانتی‌متر و حجم ۵۰ میلی‌لیتر) یک تکه کاغذ صافی (واتمن شماره ۱، به قطر ۲ سانتی‌متر) به غلظت مورد نظر اسانس آغشته گردید و در سطح داخلی درب تشتک‌ها قرار داده شد. علاوه بر شاهد (غلظت صفر)، شش غلظت با فواصل لگاریتمی مساوی مورد استفاده قرار گرفت. برای جلوگیری از تماس حشرات کامل با کاغذ صافی به منظور حذف اثر تماسی اسانس، روی کاغذهای صافی با توری سفید ۱۲۰ مش پوشانده شد. اطراف درب تشتک‌های پتری برای جلوگیری از خروج اسانس با پارافیلیم مسدود شد (۱۳). آزمایش‌ها چهار بار تکرار شدند. تشتک‌های پتری به داخل ژرمیناتور با شرایط ذکرشده قبلی منتقل شدند. پس از ۲۴ ساعت، مرگومیر با مشاهده در زیر استریومیکروسکوپ ارزیابی گردید و حشراتی که در اثر تحریک شدن با سوزن پنجه‌های پاها و شاخک‌های خود را تکان نمی‌دادند، مرده در نظر گرفته شدند. با استفاده از تجزیه پروبیت، مقادیر LC₁₀، LC₂₀ و LC₅₀ (به ترتیب برابر با ۱۲۶۷، ۱۷۹۰ و ۳۴۵۱ میکرولیتر بر لیتر هوا) برآورد شدند. جهت بررسی نوع برهمکنش، میزان مرگومیر حشرات کامل بر اثر هر یک از غلظت‌های LC₁₀، LC₂₀ و LC₅₀ پس از ۲۴، ۴۸ و ۷۲ ساعت برآورد گردید.

کارایی استفاده ترکیبی از اسانس و خاک دیاتومه و تعیین نوع برهمکنش

حشرات کامل به روش تماس با سطوح سمی (سطح دانه‌های گندم) در معرض خاک دیاتومه (فرمولاسیون ایرانی با نام تجاری سایان؛ خریداری شده از شرکت ایرانی کیمیا سبزآور) قرار داده شدند. دزهای خاک دیاتومه با توجه به میزان توصیه شده توسط شرکت سازنده و نیز آتاناسیو و همکاران (۱۰) برابر با ۰/۱۲۵، ۰/۲۵، ۰/۵، ۱ و ۱/۵ گرم بر کیلوگرم دانه گندم انتخاب شدند. برای آغشته‌سازی دانه‌های گندم از ظروف پلاستیکی دهان‌گشاد (به قطر ۱۰ و ارتفاع ۲۲ سانتی‌متر) استفاده گردید. آزمایش‌ها در چهار تکرار به همراه تیمار شاهد (حشرات کامل رهاسازی شده بر روی دانه‌های گندم بدون

تیمارهای خاک دیاتومه و اسانس) انجام شدند. در هر تکرار، ۵۰ گرم گندم آغشته به هر یک از دزهای خاک دیاتومه در داخل یک ظرف پلاستیکی استوانه‌ای شکل (به قطر و ارتفاع ۵ سانتی‌متر) ریخته شد. سپس، ۵۰ عدد حشره کامل حداکثر هفت‌روزه (۲۵ نر و ۲۵ ماده) به هر ظرف اضافه شدند (۹ و ۱۲). برای بررسی اثر ترکیبی اسانس-خاک دیاتومه، غلظت‌های LC₁₀، LC₂₀ و LC₅₀ اسانس در ترکیب با هر یک از دزهای خاک دیاتومه مورد استفاده قرار گرفتند. مقدار مورد نیاز اسانس برای تامین غلظت مورد نظر با استفاده از سمپلر بر روی کاغذهای صافی تعبیه شده در سطح داخلی درپوش‌های ظروف پلاستیکی تزریق شد. برای اطمینان از عدم خروج اسانس، اطراف درپوش‌های ظروف توسط پارافیلیم مسدود گردید و ظرف‌ها در شرایط دمایی ذکر شده نگهداری شدند. مرگومیر حشرات کامل پس از ۲۴، ۴۸ و ۷۲ ساعت شمارش شد.

برای بررسی تولید نتاج، پس از شمارش مرگومیر ۷۲ ساعته، کلیه حشرات کامل زنده یا مرده از ظرف‌ها خارج و آن‌ها به مدت ۴۵ روز دیگر در شرایط آزمایشگاهی فوق نگهداری شدند. پس از سپری شدن این مدت زمان ظرف‌ها باز و تعداد حشرات کامل نسل اول بر حسب زنده و مرده شمارش گردید و پس از شمارش (زنده یا مرده) حذف شدند. تعداد نتاج نسل دوم نیز (پس از گذشت ۴۵ روز دیگر) بر حسب زنده و مرده شمارش شد. برای هر دز خاک دیاتومه، یک طرح کاملاً تصادفی با چهار تیمار (چهار غلظت اسانس) و چهار تکرار بررسی گردید (۱۲).

تجزیه و تحلیل‌های آماری

تجزیه پروبیت داده‌های زیست‌سنجی اسانس با نرم‌افزار PoloPlus ver. 2.0 انجام شد. در صورت مشاهده تلفات در تیمار شاهد، درصد مرگومیر تیمار اسانس با استفاده از فرمول آبوت اصلاح گردید (۱). داده‌های مربوط به مرگومیر حشرات کامل به صورت فاکتوریل (دز خاک دیاتومه × غلظت اسانس) و در قالب طرح کاملاً تصادفی تجزیه و تحلیل شدند. داده‌های مربوط به مرگومیر و تولید نتاج نیز با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS تجزیه واریانس شدند. مقایسه میانگین‌ها به روش Tukey-HSD در سطح احتمال یک درصد انجام شد.

برای بررسی اثرات سینرژیستی و آنتاگونیستی از دو روش استفاده شد: در روش تالاریدا (۴۲)، اگر مرگومیر مشاهده‌شده از مرگومیر مورد انتظار بیشتر یا کمتر باشد، برهمکنش به ترتیب از نوع سینرژیستی و آنتاگونیستی، و اگر با هم برابر باشند، از نوع تجمیعی^۱ خواهد بود. عدم همپوشانی خط‌های معیار دو میانگین مرگومیر مشاهده‌شده و مورد انتظار، نشان‌دهنده معنی‌دار بودن اختلاف بین آن

دو محسوب گردید. در روش دوم از معادله فاکتور سمیت مشترک (۱)

$$CF = \left[\frac{\text{مرگومیر مورد انتظار}}{\text{مرگومیر مورد مشاهده شده}} - 1 \right] \times 100$$

 (CF) ^۱ ارایه شده توسط منصور و همکاران (۲۸) استفاده گردید:

جدول ۱- ترکیبات شیمیایی شناسایی شده در اسانس فرموله شده گیاه مورد
 Table 1- Chemical composition of the formulated myrtle essential oil

ترکیب Compound	مقدار Composition (%)	RT*	ترکیب Compound	مقدار Composition (%)	RT*
Tricyclene	0.361	3.155	Bornyl acetate	0.277	10.073
Isoterpinolene	14.704	3.269	Linalyl formate	0.743	10.250
Camphene	1.055	3.498	α -Terpineol acetate	1.318	11.476
α -Phellandrene	0.344	3.744	Nerol acetate	0.273	11.669
α -Fenchene	13.135	3.858	α -Copaene	0.652	12.157
3-Carene	3.450	4.261	β -Bourbonene	0.145	12.395
Terpinolene	0.556	4.374	Methyl eugenol	0.318	12.902
tert-Butylbenzene	2.927	4.526	β -Caryophyllene	1.699	13.294
Isosylvestrene	4.420	4.584	Cedrene	0.310	13.450
1,8-Cineole (Eucalyptol)	18.029	4.674	Carane	0.369	13.596
γ -Terpinene	0.864	5.058	Alloaromadendrene	0.284	13.743
Terpinolene	0.603	5.573	Cedrene	0.280	14.323
Linalool	4.712	5.862	γ -Murolene	0.237	14.581
d-Camphor	1.687	7.007	β -Cubebene	0.423	14.772
Menthone	0.607	7.325	Eremophilene	0.321	14.988
Borneol	1.419	7.425	α -Murolene	0.286	15.141
4-Terpineol	1.038	7.716	γ -Cadinene	0.420	15.523
α -Terpineol	2.426	8.087	β -Cadinene	0.874	15.602
Fenchyl acetate	0.403	8.389	Geranyl butyrate	0.372	16.357
2-Octen-1-ol, 3,7-dimethyl-	5.372	8.676	Caryophyllene oxide	0.952	17.244
2-Isopropyl-1-methoxy-4-methylbenzene	0.774	8.898	2-(3,8-Dimethyl-1,2,3,4,5,6,7,8-octahydro-5-azulenyl)-2-propanol	0.998	17.574
Linalyl anthranilate	0.974	9.018	γ -Eudesmol	1.542	18.197
Geraniol	3.324	9.262	α -Eudesmol	0.555	18.995
2,6-Octadiene, 2,6-dimethyl-	1.523	9.625	Bulnesol	0.845	19.149
Bornyl acetate	0.161	9.988	γ -Eudesmol	0.640	19.567

*RT: Retention time (min.)

تشکیل دادند (جدول ۱).

نتایج کارایی استفاده ترکیبی از اسانس و خاک دیاتومه

پس از ۲۴ ساعت، درصد مرگومیر حشرات کامل با افزایش دز خاک دیاتومه ($F_{4,60}=39.97$; $P<0.001$) و غلظت اسانس ($F_{3,60}=2222.07$; $P<0.001$) افزایش یافت. اثر متقابل غلظت $\times$ دز ($F_{12,60}=9.87$; $P<0.001$) نیز معنی دار بود. میانگین مرگومیر در اثر دزهای مورد بررسی خاک دیاتومه حداکثر ۱/۵ درصد بود که در اثر استفاده ترکیبی از غلظت LC_{50} اسانس با دزهای ۱ و ۱/۵ گرم بر کیلوگرم خاک دیاتومه به ترتیب به حداکثر $2/87 \pm$ و $66/75 \pm$ و $2/21 \pm$ کیلوگرم خاک دیاتومه رسید که با هم دارای اختلاف معنی دار بودند (جدول ۲). پس از ۴۸ ساعت نیز درصد مرگومیر حشرات کامل با افزایش دز

مقدار ۲۰ یا بیشتر از آن به معنی اثر سینرژیستی، ۲۰- یا کمتر از آن به معنی اثر آنتاگونیستی، و بین ۲۰- و ۲۰ به معنی اثر تجمیعی است.

نتایج

شناسایی ترکیبات شیمیایی اسانس

با استفاده از GC-MS، ۴۶ ترکیب شیمیایی در اسانس شناسایی شدند. از میان آن‌ها شش ترکیب 1,8-cineole (Eucalyptol) ($18/03$ درصد)، Isoterpinolene ($14/7$ درصد)، α -Fenchene ($13/13$ درصد)، 2-Octen-1-ol, 3,7-dimethyl- ($5/37$ درصد)، Linalool ($4/712$ درصد)، و Isosylvestrene ($4/42$ درصد) به ترتیب بیشترین مقدار را داشتند و $60/37$ درصد از کل اسانس را

خاک دیاتومه ($F_{4,60}=77.63$; $P<0.001$) و غلظت اسانس ($F_{3,60}=1445.54$; $P<0.001$) افزایش یافت و اثر متقابل غلظت $\times$ دز ($F_{12,60}=21.38$; $P<0.001$) نیز معنی دار بود. کمترین میانگین های مرگومیر در اثر استفاده انفرادی از خاک دیاتومه مشاهده شدند که حداکثر ۰/۵ درصد بودند. بیشترین میانگین های مرگومیر حشرات

جدول ۲- میانگین ($\pm$ SE) درصد مرگومیر حشرات کامل *Sitophilus granarius* در تیمارهای ترکیبی دزهای خاک دیاتومه با غلظت های اسانس *Myrtus communis* پس از ۲۴ ساعت بر روی دانه های گندم

Table 2- Percentage mortality (mean $\pm$ SE) of the *Sitophilus granarius* adults exposed to different combinations of dose rates of diatomaceous earth and *Myrtus communis* essential oil concentrations after 24 h exposure on wheat kernels

غلظت اسانس Concentration (μ l/l air)	دز خاک دیاتومه Dose rate (g/kg)				
	0.125	0.25	0.5	1.0	1.5
LC ₀ (0)	0.00 $\pm$ 0.00 i	0.51 $\pm$ 0.50 i	0.00 $\pm$ 0.00 i	0.51 $\pm$ 0.50 i	1.50 $\pm$ 0.96 i
LC ₁₀ (1267)	11.00 $\pm$ 1.08 h	10.50 $\pm$ 0.64 h	10.50 $\pm$ 0.96 h	14.0 $\pm$ 0.91 gh	17.0 $\pm$ 1.29 fg
LC ₂₀ (1790)	21.00 $\pm$ 0.41 ef	21.25 $\pm$ 0.48 ef	23.50 $\pm$ 0.64 e	24.50 $\pm$ 0.64 de	28.25 $\pm$ 0.85 d
LC ₅₀ (3451)	52.50 $\pm$ 1.32 c	54.00 $\pm$ 1.87 c	54.25 $\pm$ 1.75 c	66.75 $\pm$ 2.87 b	73.25 $\pm$ 2.21 a

میانگین های دارای حروف غیرمشابه با هم اختلاف معنی دار دارند (آزمون Tukey-HSD، سطح احتمال یک درصد)

Means with different letters are significantly different (Tukey-HSD; $P<0.01$).

جدول ۳- میانگین ($\pm$ SE) درصد مرگومیر حشرات کامل *Sitophilus granarius* در تیمارهای ترکیبی دزهای خاک دیاتومه (گرم بر کیلوگرم غله) با غلظت های اسانس *Myrtus communis* (میکرولیتر بر لیتر هوا) پس از ۴۸ ساعت بر روی دانه های گندم

Table 3- Percentage mortality (mean $\pm$ SE) of the *Sitophilus granarius* adults exposed to different combinations of dose rates of diatomaceous earth and *Myrtus communis* essential oil concentrations after 48 h exposure on wheat kernels

غلظت اسانس Concentration (μ l/l air)	دز خاک دیاتومه Dose rate (g/kg)				
	0.125	0.25	0.5	1.0	1.5
LC ₀ (0)	0.00 $\pm$ 0.00 k	0.51 $\pm$ 0.50 k	0.00 $\pm$ 0.00 k	0.51 $\pm$ 0.50 k	0.51 $\pm$ 0.50 k
LC ₁₀ (1267)	12.25 $\pm$ 1.03 j	19.50 $\pm$ 1.26 ij	23.0 $\pm$ 2.38 hi	24.50 $\pm$ 2.22 ghi	29.00 $\pm$ 3.11 gh
LC ₂₀ (1790)	25.25 $\pm$ 2.87 ghi	31.75 $\pm$ 2.93 g	40.25 $\pm$ 1.70 f	66.25 $\pm$ 2.06 e	76.75 $\pm$ 3.06 cd
LC ₅₀ (3451)	72.00 $\pm$ 3.03 de	76.00 $\pm$ 2.12 cd	81.75 $\pm$ 1.70 bc	87.50 $\pm$ 2.25 ab	92.25 $\pm$ 2.66 a

میانگین های دارای حروف غیرمشابه با هم اختلاف معنی دار دارند (آزمون Tukey-HSD، سطح احتمال یک درصد)

Means with different letters are significantly different (Tukey-HSD; $P<0.01$).

جدول ۴- میانگین ($\pm$ SE) درصد مرگومیر حشرات کامل *Sitophilus granarius* در تیمارهای ترکیبی دزهای خاک دیاتومه (گرم بر کیلوگرم غله) با غلظت های اسانس *Myrtus communis* (میکرولیتر بر لیتر هوا) پس از ۷۲ ساعت بر روی دانه های گندم

Table 4- Percentage mortality (mean $\pm$ SE) of the *Sitophilus granarius* adults exposed to different combinations of dose rates of diatomaceous earth (g/kg grain) and *Myrtus communis* essential oil concentrations (μ l/l air) after 72 h exposure on wheat kernels

غلظت اسانس Concentration (μ l/l air)	دز خاک دیاتومه Dose rate (g/kg)				
	0.125	0.25	0.5	1.0	1.5
LC ₀ (0)	0.00 $\pm$ 0.00 h	0.00 $\pm$ 0.00 h	0.00 $\pm$ 0.00 h	1.04 $\pm$ 0.60 h	1.03 $\pm$ 0.59 h
LC ₁₀ (1267)	23.50 $\pm$ 3.50 g	25.00 $\pm$ 3.79 fg	34.00 $\pm$ 4.32 efg	35.00 $\pm$ 5.26 ef	42.00 $\pm$ 5.23 e
LC ₂₀ (1790)	55.00 $\pm$ 3.58 d	65.00 $\pm$ 3.65 d	80.00 $\pm$ 2.12 c	86.75 $\pm$ 4.23 bc	92.00 $\pm$ 3.39 ab
LC ₅₀ (3451)	77.25 $\pm$ 3.22 c	84.25 $\pm$ 2.84 bc	98.25 $\pm$ 1.18 a	100 $\pm$ 0.00 a	100 $\pm$ 0.00 a

میانگین های دارای حروف غیرمشابه با هم اختلاف معنی دار دارند (آزمون Tukey-HSD، سطح احتمال یک درصد)

Means with different letters are significantly different (Tukey-HSD; $P<0.01$).

آن دو ($F_{12,60}=4.61$; $P<0.001$) معنی دار بود. درصد مرگومیر حشرات کامل پس از ۷۲ ساعت در اثر استفاده ترکیبی از خاک دیاتومه

پس از ۷۲ ساعت نیز اثر دز خاک دیاتومه ($F_{4,60}=31.22$; $P<0.001$) و غلظت اسانس ($F_{3,60}=959.98$; $P<0.001$) و اثر متقابل

و اسانس به طور معنی داری افزایش یافت. همانند ۲۴ و ۴۸ ساعت، میزان مرگومیر در اثر استفاده انفرادی از خاک دیاتومه حداکثر ۱/۰۴ درصد بود. همچنین، بیشترین میانگین های مرگومیر در ترکیب های تیماری LC₅₀ اسانس با دزهای مختلف خاک دیاتومه مشاهده شدند. این میزان در ترکیب های تیماری LC₅₀ با دزهای ۱ و ۱/۵ گرم بر کیلوگرم خاک دیاتومه به ۱۰۰ درصد رسید (جدول ۴).

تعیین نوع برهمکنش

پس از ۲۴ ساعت، اثر سینرژیستی به طور کلی در اثر استفاده ترکیبی دزهای ۱ و ۱/۵ گرم بر کیلوگرم خاک دیاتومه با غلظت های مختلف اسانس مشاهده گردید (جدول ۵). پس از ۴۸ ساعت، اثر سینرژیستی در اثر استفاده ترکیبی از دزهای ۰/۲۵ و ۰/۵ گرم بر کیلوگرم با غلظت های مختلف اسانس نیز مشاهده شد (جدول ۶). پس از ۷۲ ساعت، کلیه اثرات ترکیبی مشاهده شده از نوع سینرژیستی بودند، به استثنای ترکیب دز ۰/۱۲۵ با غلظت LC₅₀ که روش فاکتور سمیت مشترک آن را تجمیعی نشان داد (جدول ۷).

تولید نتاج

جدول ۵- برهمکنش ترکیب خاک دیاتومه با اسانس *Myrtus communis* علیه حشرات کامل *Sitophilus granarius* پس از ۲۴ ساعت در

معرض گذاری بر روی دانه های گندم

Table 5- Interactions of diatomaceous earth and *Myrtus communis* essential oil combinations, against the *Sitophilus granarius* adults after 24 h exposure on wheat kernels

دز خاک دیاتومه + غلظت اسانس Dose (g/kg) + Concentration (µl/l air)	مرگومیر Mortality (%)			فاکتور سمیت مشترک Co-toxicity factor	برهمکنش Interaction
	مورد انتظار Expected	مشاهده شده Observed	برهمکنش Interaction		
0.125 + LC ₁₀ (1267)	9.75 ± 1.70	11.0 ± 1.08	Additive	12.82	Additive
0.125 + LC ₂₀ (1790)	19.75 ± 1.70	21.0 ± 0.41	Additive	6.33	Additive
0.125 + LC ₅₀ (3451)	50.25 ± 1.71	52.5 ± 1.32	Additive	4.48	Additive
0.25 + LC ₁₀ (1267)	10.26 ± 2.20	10.5 ± 0.64	Additive	2.34	Additive
0.25 + LC ₂₀ (1790)	20.26 ± 2.20	21.25 ± 0.48	Additive	4.89	Additive
0.25 + LC ₅₀ (3451)	50.76 ± 2.21	54.0 ± 1.87	Additive	6.38	Additive
0.5 + LC ₁₀ (1267)	9.75 ± 1.70	10.5 ± 0.96	Additive	7.69	Additive
0.5 + LC ₂₀ (1790)	19.75 ± 1.70	23.5 ± 0.64	Synergist	18.98	Additive
0.5 + LC ₅₀ (3451)	50.25 ± 1.71	54.25 ± 1.75	Synergist	7.96	Additive
1.0 + LC ₁₀ (1267)	10.26 ± 2.20	14.0 ± 0.91	Synergist	36.45	Synergist
1.0 + LC ₂₀ (1790)	20.26 ± 2.20	24.5 ± 0.64	Synergist	20.92	Synergist
1.0 + LC ₅₀ (3451)	50.76 ± 2.21	66.75 ± 2.87	Synergist	31.5	Synergist
1.5 + LC ₁₀ (1267)	11.25 ± 2.66	17.0 ± 1.29	Synergist	51.11	Synergist
1.5 + LC ₂₀ (1790)	21.25 ± 2.66	28.25 ± 0.85	Synergist	32.94	Synergist
1.5 + LC ₅₀ (3451)	51.75 ± 2.67	73.25 ± 2.21	Synergist	41.45	Synergist

در هر دز خاک دیاتومه، تولید نتاج در نسل های اول و دوم بر اثر استفاده از سه غلظت LC₁₀، LC₂₀ و LC₅₀ اسانس به شکل معنی داری کاهش یافت ($P < 0.01$). در تمام دزهای خاک دیاتومه و در هر دو نسل، کمترین میانگین تولید نتاج در اثر استفاده از سه غلظت اسانس مشاهده گردید که با هم اختلاف معنی داری نداشتند. بیشترین تولید نتاج نیز در اثر استفاده انفرادی از خاک دیاتومه (معادل تیمارهای ترکیبی دز خاک دیاتومه- غلظت LC₀ اسانس در جدول ۸) مشاهده شد که اختلاف آن با میانگین های مربوط به سه غلظت اسانس معنی دار بود. تولید نتاج در ترکیب های تیماری دزهای ۰/۱۲۵، ۰/۲۵ و ۰/۵ گرم بر کیلوگرم خاک دیاتومه با غلظت های LC₁₀، LC₂₀ و LC₅₀ اسانس بسیار پایین و حداکثر حدود ۷ عدد حشره کامل ظاهر شده بود که تمام موارد، میزان مرگومیر ۱۰۰ درصد بود. در تیمارهای ترکیبی دزهای ۱ و ۱/۵ گرم بر کیلوگرم خاک دیاتومه با سه غلظت مختلف اسانس نیز هیچگونه تولید نتاجی مشاهده نشد. طبق نتایج، درصد مرگومیر نتاج تولیدی در اثر استفاده انفرادی از خاک دیاتومه در مقایسه با تیمارهای ترکیبی بسیار کمتر بود (جدول ۸).

جدول ۶- برهمکنش ترکیب خاک دیاتومه با اسانس *Myrtus communis* علیه حشرات کامل *Sitophilus granarius* پس از ۴۸ ساعت در معرض گذاری بر روی دانه‌های گندم

Table 6- Interactions of diatomaceous earth and *Myrtus communis* essential oil combinations, against the *Sitophilus granarius* adults after 48 h exposure on wheat kernels

دوز خاک دیاتومه + غلظت اسانس Dose (g/kg) + Concentration (µl/l air)	مرگ‌ومیر Mortality (%)		برهمکنش Interaction	فاکتور سمیت مشترک Co-toxicity factor	برهمکنش Interaction
	مورد انتظار Expected	مشاهده شده Observed			
0.125 + LC ₁₀ (1267)	12.75 ± 1.89	12.25 ± 1.03	Additive	-3.92	Additive
0.125 + LC ₂₀ (1790)	22.5 ± 2.38	25.25 ± 2.87	Additive	12.22	Additive
0.125 + LC ₅₀ (3451)	61.25 ± 2.99	72.0 ± 3.03	Synergist	17.55	Additive
0.25 + LC ₁₀ (1267)	13.26 ± 2.39	19.5 ± 1.26	Synergist	47.06	Synergist
0.25 + LC ₂₀ (1790)	23.01 ± 2.88	31.75 ± 2.93	Synergist	37.98	Synergist
0.25 + LC ₅₀ (3451)	61.76 ± 3.49	76.0 ± 2.12	Synergist	23.06	Synergist
0.5 + LC ₁₀ (1267)	12.75 ± 1.89	23.0 ± 2.38	Synergist	80.39	Synergist
0.5 + LC ₂₀ (1790)	22.5 ± 2.38	40.25 ± 1.70	Synergist	78.89	Synergist
0.5 + LC ₅₀ (3451)	61.25 ± 2.99	81.75 ± 1.70	Synergist	33.47	Synergist
1.0 + LC ₁₀ (1267)	13.26 ± 2.39	24.5 ± 2.22	Synergist	84.77	Synergist
1.0 + LC ₂₀ (1790)	23.01 ± 2.88	66.25 ± 2.06	Synergist	187.92	Synergist
1.0 + LC ₅₀ (3451)	61.76 ± 3.49	87.5 ± 2.25	Synergist	41.68	Synergist
1.5 + LC ₁₀ (1267)	13.26 ± 2.39	29.0 ± 3.11	Synergist	118.7	Synergist
1.5 + LC ₂₀ (1790)	23.01 ± 2.88	76.75 ± 3.06	Synergist	233.55	Synergist
1.5 + LC ₅₀ (3451)	61.76 ± 3.49	92.25 ± 2.66	Synergist	49.37	Synergist

جدول ۷- برهمکنش ترکیب خاک دیاتومه با اسانس *Myrtus communis* علیه حشرات کامل *Sitophilus granarius* پس از ۷۲ ساعت در معرض گذاری بر روی دانه‌های گندم

Table 7- Interactions of diatomaceous earth and *Myrtus communis* essential oil combinations, against the *Sitophilus granarius* adults after 72 h exposure on wheat kernels

دوز خاک دیاتومه + غلظت اسانس Dose (g/kg) + Concentration (µl/l air)	مرگ‌ومیر Mortality (%)		برهمکنش Interaction	فاکتور سمیت مشترک Co-toxicity factor	برهمکنش Interaction
	مورد انتظار Expected	مشاهده شده Observed			
0.125 + LC ₁₀ (1267)	16.25 ± 2.99	23.50 ± 3.50	Synergist	44.61	Synergist
0.125 + LC ₂₀ (1790)	36.50 ± 6.87	55.00 ± 3.58	Synergist	50.68	Synergist
0.125 + LC ₅₀ (3451)	65.75 ± 5.50	77.25 ± 3.22	Synergist	17.49	Additive
0.25 + LC ₁₀ (1267)	16.25 ± 2.99	25.00 ± 3.79	Synergist	53.87	Synergist
0.25 + LC ₂₀ (1790)	36.50 ± 6.87	65.00 ± 3.65	Synergist	78.08	Synergist
0.25 + LC ₅₀ (3451)	65.75 ± 5.50	84.25 ± 2.84	Synergist	28.14	Synergist
0.5 + LC ₁₀ (1267)	16.25 ± 2.99	34.00 ± 4.32	Synergist	109.23	Synergist
0.5 + LC ₂₀ (1790)	36.50 ± 6.87	80.00 ± 2.12	Synergist	118.35	Synergist
0.5 + LC ₅₀ (3451)	65.75 ± 5.50	98.25 ± 1.18	Synergist	49.43	Synergist
1.0 + LC ₁₀ (1267)	17.29 ± 3.59	35.00 ± 5.26	Synergist	102.43	Synergist
1.0 + LC ₂₀ (1790)	37.54 ± 7.47	86.75 ± 4.23	Synergist	131.09	Synergist
1.0 + LC ₅₀ (3451)	66.79 ± 6.10	100 ± 0.00	Synergist	49.72	Synergist
1.5 + LC ₁₀ (1267)	17.28 ± 3.58	42.00 ± 5.23	Synergist	143.05	Synergist
1.5 + LC ₂₀ (1790)	37.53 ± 7.46	92.00 ± 3.39	Synergist	145.14	Synergist
1.5 + LC ₅₀ (3451)	66.78 ± 6.09	100 ± 0.00	Synergist	49.74	Synergist

جدول ۸- تولید نتاج ($\pm$ SE میانگین تعداد حشرات کامل) و درصد مرگومیر نتاج ($\pm$ SE) *Sitophilus granarius* در اثر استفاده از دزهای مختلف خاک دیاتومه در ترکیب با غلظت‌های مختلف اسانس *Myrtus communis*

Table 8- Progeny production (mean $\pm$ SE) and their percentage mortality ($\pm$ SE) in the *Sitophilus granarius* by using different dose rates of diatomaceous earth in combination with different concentrations of *Myrtus communis* essential oil

دوز خاک دیاتومه Dose (g/kg)	غلظت اسانس Essential oil concentration (μ l/l air)	تولید نتاج ^a		حشرات کامل مرده ^b	
		Progeny production ^a		Dead adults (%) ^b	
		نسل اول 1st generation	نسل دوم 2nd generation	نسل اول 1st generation	نسل دوم 2nd generation
Control	-	84.37 $\pm$ 10.95	243.3 $\pm$ 15.83	1.28 $\pm$ 0.55	2.74 $\pm$ 0.67
0.125 ^d	LC ₀ (0.0)	59.65 $\pm$ 5.87 a ^c	210.81 $\pm$ 21.69 a	9.94 $\pm$ 0.37	12.54 $\pm$ 3.47
	LC ₁₀ (1267)	5.54 $\pm$ 1.63 b	25.07 $\pm$ 3.64 b	100 $\pm$ 0.0	100 $\pm$ 0.0
	LC ₂₀ (1790)	6.13 $\pm$ 1.44 b	24.65 $\pm$ 2.94 b	100 $\pm$ 0.0	100 $\pm$ 0.0
	LC ₅₀ (3451)	5.56 $\pm$ 1.73 b	15.17 $\pm$ 2.13 b	100 $\pm$ 0.0	100 $\pm$ 0.0
0.25	LC ₀ (0.0)	48.68 $\pm$ 4.81 a	181.85 $\pm$ 17.88 a	11.92 $\pm$ 0.41	23.76 $\pm$ 4.57
	LC ₁₀ (1267)	5.67 $\pm$ 1.01 b	25.31 $\pm$ 3.51 b	100 $\pm$ 0.0	100 $\pm$ 0.0
	LC ₂₀ (1790)	6.94 $\pm$ 1.35 b	30.14 $\pm$ 4.16 b	100 $\pm$ 0.0	100 $\pm$ 0.0
	LC ₅₀ (3451)	6.15 $\pm$ 1.49 b	16.19 $\pm$ 2.48 b	100 $\pm$ 0.0	100 $\pm$ 0.0
0.5	LC ₀ (0.0)	31.25 $\pm$ 3.76 a	155.7 $\pm$ 14.52 a	22.94 $\pm$ 0.34	35.41 $\pm$ 4.81
	LC ₁₀ (1267)	3.32 $\pm$ 0.82 b	17.22 $\pm$ 3.11 b	100 $\pm$ 0.0	100 $\pm$ 0.0
	LC ₂₀ (1790)	3.19 $\pm$ 0.94 b	13.29 $\pm$ 2.54 b	100 $\pm$ 0.0	100 $\pm$ 0.0
	LC ₅₀ (3451)	2.36 $\pm$ 0.66 b	9.92 $\pm$ 2.16 b	100 $\pm$ 0.0	100 $\pm$ 0.0
1.0	LC ₀ (0.0)	27.81 $\pm$ 3.68 a	123.64 $\pm$ 11.88 a	22.19 $\pm$ 0.65	34.29 $\pm$ 5.15
	LC ₁₀ (1267)	0.0 $\pm$ 0.0 b	0.0 $\pm$ 0.0 b	-	-
	LC ₂₀ (1790)	0.0 $\pm$ 0.0 b	0.0 $\pm$ 0.0 b	-	-
	LC ₅₀ (3451)	0.0 $\pm$ 0.0 b	0.0 $\pm$ 0.0 b	-	-
1.5	LC ₀ (0.0)	12.31 $\pm$ 2.6 a	60.39 $\pm$ 5.49 a	32.43 $\pm$ 1.27	45.83 $\pm$ 6.37
	LC ₁₀ (1267)	0.0 $\pm$ 0.0 b	0.0 $\pm$ 0.0 b	-	-
	LC ₂₀ (1790)	0.0 $\pm$ 0.0 b	0.0 $\pm$ 0.0 b	-	-
	LC ₅₀ (3451)	0.0 $\pm$ 0.0 b	0.0 $\pm$ 0.0 b	-	-

^a تعداد حشرات کامل ظاهر شده (زنده + مرده) در هر ظرف، ۴۵ و ۹۰ روز پس از حذف حشرات کامل والد از ظروف تیمار

^b درصد حشرات مرده محاسبه شده از نتاج تولید شده

^c در هریک از دزها، میانگین‌های دارای حروف مشابه فاقد اختلاف معنی‌دار می‌باشند

^d برای هر دز خاک دیاتومه، تجزیه واریانس‌های مربوط به تعداد نتاج، با چهار غلظت اسانس به عنوان تیمار انجام شدند

^a Number of emerged adults (alive + dead) in each container, 45 and 90 days after removing the parental adults from treatment containers

^b Percentage dead adults calculated based on progeny production

^c For each dose rate, means with the same letters are not significantly different

^d For each dose rate, ANOVA was carried out with four essential oil concentrations as treatments

بحث

لیمون، لینالوئول، آلفا-پینن، ۸،۱-سینئول، آلفا-کاربوفیلین، پارا-سایمن، جرانول، نرول (منوترین) و متیل اوژنول (فنیل پروپانویید) (۴ و ۳۰). نقش عوامل زیست‌محیطی در تعیین ترکیبات شیمیایی اسانس

طبق نتایج، منوترین‌ها اجزای اصلی اسانس مورد بودند. مهم‌ترین ترکیبات شیمیایی اسانس مورد عبارتند از: میرتنول، میرتنول استات،

اسانس‌های گیاهی - خاک‌های دیاتومه، انجام تحقیقات موردی روی هر آفت ضروری است تا از نوع برهمکنش اطمینان حاصل شود. در این پژوهش نشان داده شد که ترکیب خاک دیاتومه با اسانس گیاه مورد روی مرگومیر حشرات کامل شپشه گندم اثر سینرژیستی داشت و مرگومیر حشرات کامل پس از ۴۸ ساعت به حدود نود درصد و پس از ۷۲ ساعت (در بالاترین دزها و غلظت‌های مورد بررسی) به ۱۰۰ درصد رسید که با نتایج ضیائی و محرمی پور (۴۵) مطابقت دارند.

با وجود گزارش‌های متعدد در مورد اثرات حشره‌کشی اسانس‌های گیاهی و خاک‌های دیاتومه، مطالعات انجام شده در زمینه برهمکنش بین این دو عامل حشره‌کش در اثر استفاده ترکیبی محدودتر هستند. از جمله، در تحقیق انجام شده توسط ضیائی و محرمی پور (۴۵)، غلظت زیرکشنده (LC₂₅) اسانس زیره سبز، *Cuminum cyminum* L.، روی حشرات کامل شپشه گندم بر روی گندم بررسی شد و میزان تلفات دو روز پس از تیمار شمارش گردید. علاوه بر این، آزمایش دیگری برای تعیین مقدار LC₂₅ خاک دیاتومه ایرانی از معدن دیاتومیت ممقان انجام شد. مقادیر LC₂₅ اسانس گیاهی و خاک دیاتومه به ترتیب ۲۷۴/۳۶ و ۶۱/۵۵ پی‌پی‌ام به دست آمدند. سپس، اثر سینرژیستی دز LC₂₅ خاک دیاتومه و اسانس بررسی شد. نتایج نشان داد که ترکیب خاک دیاتومه با اسانس گیاهی خاصیت سینرژیستی داشت و موجب بروز ۸۸ درصد تلفات گردید. اثر سینرژیستی استفاده ترکیبی از خاک دیاتومه و اسانس گیاهی علیه شپشه قرمز آرد، *Tribolium castaneum* (Herbst) نیز گزارش شده است (۲۴). از سایر تحقیقات انجام شده در این زمینه می‌توان به افزایش کارایی حشره‌کشی خاک دیاتومه در ترکیب با اسانس سیر، *Allium sativum* L.، علیه حشرات کامل شپشه برنج، *Sitophilus oryzae* (L.)، و شپشه قرمز آرد (۴۳)؛ بررسی اثرات کشندگی ترکیب پودر و اسانس زنیان *Carum copticum* (L.)، در ترکیب با خاک دیاتومه روی حشرات کامل شپشه آرد، *T. confusum* du Val، و شپشه گندم (۴۶)، بررسی کارایی حشره‌کشی ترکیب خاک دیاتومه (سایان) و کائولین (سپیدان) در ترکیب با اسانس مورد روی حشرات کامل شپشه برنج (۳۷ و ۳۸) و اثر سینرژیستی خاک دیاتومه سیلیکوسک با سه اسانس گیاهی (۳۵) اشاره نمود. ضیائی و همکاران (۴۴ و ۴۶) اظهار داشته‌اند که اسانس‌های گیاهی دست‌کم از طریق افزایش تحرک و در نتیجه افزایش تماس حشرات با ذرات خاک‌های دیاتومه می‌توانند کارایی این خاک‌ها را افزایش دهند. مقایسه نتایج بررسی حاضر با نتایج ریحانی و همکاران (۳۸)، که با استفاده از همین دزهای سایان و غلظت‌های اسانس مورد روی شپشه برنج انجام شده‌اند، نشان می‌دهد که شپشه گندم در مقایسه با شپشه برنج در برابر تیمارهای ترکیبی سایان - اسانس مورد احتمالاً مقاوم‌تر می‌باشد.

در یک تحقیق مشابه انجام شده روی تولید نتاج شپشه برنج (۳۸)، تولید نتاج تنها در اثر استفاده انفرادی از سایان مشاهده شد. بر اثر

مورد بسیار مهم می‌باشد (۴۰). نوع ترکیبات شیمیایی اسانس‌ها بسته به موقعیت اقلیمی و جغرافیایی و شرایط رشد گیاه، شامل غلظت مواد مغذی، دما، رطوبت، نوع خاک، طول روز، اقلیم، ارتفاع، میزان آب قابل دسترس، فصل یا دوره زمانی رشد رویشی گیاه (قبل یا بعد از گلدهی) (۵ و ۱۴)، اندام گیاهی مورد استفاده (۴) و زمان برداشت (۲۰) متغیر است. تفاوت‌های مشاهده شده در نوع و میزان ترکیبات اسانس‌های گیاهی از جمله اسانس مورد را در تحقیقات مختلف می‌توان به عوامل فوق نسبت داد.

مقایسه کلی جدول‌های ۲ تا ۴ نشان می‌دهد که درصد مرگومیر با افزایش دز خاک دیاتومه، غلظت اسانس و مدت زمان در معرض‌گذاری به طور معنی‌داری افزایش یافت و افزودن اسانس گیاهی (به ویژه در غلظت LC₅₀) باعث افزایش کارایی حشره‌کشی خاک دیاتومه شد. طبق گزارش‌های بسیار، تاثیر خاک‌های دیاتومه به صورت تاخیری است (مانند ۸، ۱۰ و ۳۸). این تاخیر در تاثیر با توجه به نحوه اثر خاک‌های دیاتومه (جذب لیپیدهای روکوتیکول و خراش دادن کوتیکول که باعث از دست رفتن آب بدن حشرات و در نهایت مرگ آن‌ها می‌شود) قابل توجیه است. افزایش دز باعث افزایش جذب لیپیدها و ایجاد خراش در بدن حشره در واحد زمان می‌شود. همچنین، افزایش غلظت اسانس نیز میزان سم ورودی به بدن در واحد زمان را افزایش می‌دهد. این امر اثر معنی‌دار افزایش دز/ غلظت را روی مرگومیر حشرات توجیه می‌کند. افزایش مدت زمان در معرض‌گذاری نیز باعث می‌شود تا جذب لیپیدها و ایجاد خراش در بدن توسط خاک‌های دیاتومه یا ورود اسانس به بدن به مرور افزایش یابد تا در نهایت به مرگ منجر شود.

کند بودن تاثیر خاک‌های دیاتومه، استفاده از دزهای بالای آن‌ها را الزام‌آور می‌سازد که این امر ممکن است روی برخی ویژگی‌های غلات انباری تاثیر منفی بگذارد (۱۸ و ۲۵). اسانس‌های گیاهی نیز ممکن است روی فراورده‌های استفاده شده بو بر جای بگذارند یا برای رسیدن به اثرات حشره‌کشی قابل توجه ظرف مدت زمانی قابل قبول، به غلظت‌های بالای آن‌ها نیاز باشد. طبق نتایج این تحقیق و سایر پژوهشگران (۲، ۹، ۱۱، ۳۱ و ۳۲)، استفاده ترکیبی از این دو عامل حشره‌کش یکی از روش‌های کنترلی بسیار مناسب برای غلبه بر محدودیت‌های آن‌ها می‌باشد. با وجود این، طبق نتایج کامپولو و همکاران (۱۳)، اسانس پرتقال *Citrus sinensis* L.، در صورت استفاده ترکیبی با کائولین، روی مرگومیر سوسک کشیش *Rhyzopertha dominica*، اثر سینرژیستی و در صورت استفاده ترکیبی با خاک دیاتومه دارای اثر آنتاگونیستی بود. این نتیجه نشان می‌دهد که نوع گرد خنثی مورد استفاده در ترکیب با اسانس گیاهی (و نیز اثرات وابسته به گونه (۳۸)) می‌توانند روی نوع برهمکنش بین دو عامل حشره‌کش در استفاده ترکیبی اثر بگذارند. این امر یادآوری می‌کند که با وجود گزارش‌های متعدد در مورد اثرات سینرژیستی

کیلوگرم سایان، حشرات کامل شپشه گندم باید حداقل ۷۲ ساعت در معرض این تیمارهای ترکیبی قرار داشته باشند. مقایسه نتایج پژوهش حاضر با نتایج ریحانی و همکاران (۳۸) نشان می‌دهد که با توجه به تولید نتاج نیز احتمالاً مقاومت شپشه گندم در برابر تیمارهای مورد استفاده نسبت به شپشه برنج بیشتر می‌باشد. با توجه به نتایج این تحقیق و سایر گزارش‌های موجود، به طور کلی می‌توان گفت که هر چند استفاده انفرادی از عوامل حشره‌کشی مانند خاک‌های دیاتومه و اسانس‌های گیاهی ممکن است با برخی محدودیت‌ها (مانند کنداثر بودن، ناپایداری، بر جای گذاشتن بو، آسیب رساندن به دانه‌ها در صورت استفاده از دزهای بالا و غیره) همراه باشد، اما استفاده ترکیبی از این عوامل حشره‌کش راه‌حل مناسبی است که می‌تواند این محدودیت‌ها را تا حد زیادی برطرف نماید.

سپاسگزاری

این مقاله نتیجه طرح تحقیقاتی به شماره ۹۳-۳۳۳-۱۸ می‌باشد و با استفاده از اعتبارات پژوهشی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان انجام شده است که تقدیر و تشکر می‌شود.

استفاده ترکیبی از خاک دیاتومه و اسانس مورد، پس از گذشت ۴۵ و ۹۰ روز از حذف حشرات کامل از ظروف تیمار، تولید نتاج (به ترتیب نسل‌های F1 و F2) مشاهده نشد. دلیل این امر، مرگ‌ومیر نزدیک به ۱۰۰ درصدی نتاج و عدم وجود فرصت کافی برای تخمگذاری طی ۷۲ ساعت بیان شده است. با وجود این، در تحقیق حاضر و بر خلاف نتایج فوق در مورد شپشه برنج، تولید نتاج شپشه گندم در نسل F1 در تیمارهای ترکیبی با دزهای ۰/۱۲۵، ۰/۲۵ و ۰/۵ گرم بر کیلوگرم مشاهده شد (هر چند از حداکثر ۷ عدد حشره کامل فراتر نرفت)، ولی همانند آن، مرگ‌ومیر نتاج صد درصد بود. به گفته ریحانی و همکاران (۳۸)، عدم کنترل موثر شپشه برنج و دادن فرصت تولید مثل به حشرات کامل (مثلاً به دلیل اثر تاخیری خاک‌های دیاتومه) باعث خواهد گردید تا جمعیت‌های نسل‌های بعدی به سرعت تشکیل شوند و خسارت فراوانی را به فراورده‌ی انباری وارد نمایند. ترکیب سایان-اسانس مورد علاوه بر کنترل موثر این دو آفت، با جلوگیری از تولید نتاج آن‌ها، احتمال تشکیل جمعیت‌های بعدی و در نتیجه وارد آمدن خسارت را از بین برده است. بر خلاف نتایج ریحانی و همکاران (۳۸) که برای حصول مرگ‌ومیر صد درصدی در شپشه برنج، قرار داشتن حداقل ۴۸ ساعت در معرض تیمارهای ترکیبی غلظت ۳۴۵۱ میکرولیتر بر لیتر هوای اسانس مورد با دزهای ۱ یا ۱/۵ گرم بر

منابع

- 1- Abbott W.S. 1925. A method for computing the effectiveness of an insecticide. *Journal of Economic Entomology* 18: 265-267.
- 2- Adarkwah C., Obeng-Ofori D., Prozell S., Asante V., Hörman V., Ulrich C., and Scholler M. 2017a. Toxicity and protectant potential of *Piper guineense* (Piperaceae) and *Senna siamea* (Fabaceae) mixed with diatomaceous earth for the management of three major stored product beetle pests. *International Journal of Pest Management* 63: 128-139.
- 3- Adarkwah C., Obeng-Ofori D., Ulrich C., and Scholler M. 2017b. Insecticidal efficacy of botanical food by-products against selected stored-grain beetles by the combined action with modified diatomaceous earth. *Journal of Plant Diseases and Protection* 124: 255-267.
- 4- Aleksic V., and Knezevic P. 2014. Antimicrobial and antioxidative activity of extracts and essential oils of *Myrtus communis* L. *Microbiological Research* 169: 240-254.
- 5- Andrade E.H.A., Alves C.N., Guimaraes E.F., Carreira L.M.M., Maia J.G.S. 2011. Variability in essential oil composition of *Piper dilatatum* L.C. Rich. *Biochemical and Systematic Ecology* 39: 669-75.
- 6- Appel A.G., Moar W.J., and Tanley M.J. 1999. Water loss and mortality of adult cowpea weevils (Coleoptera: Bruchidae) exposed to desiccants and desiccating environments. *Environmental Entomology* 28: 979-982.
- 7- Athanassiou C.G., Kavallieratos N.G., Vayias B.J., and Panoussakis E.C. 2008. Influence of grain type on the susceptibility of different *Sitophilus oryzae* (L.) populations, obtained from different rearing media, to three diatomaceous earth formulations. *Journal of Stored Products Research* 44: 279-284.
- 8- Athanassiou C.G., Arthur F.H., Opit G.P., and Throne J.E. 2009. Insecticidal effect of diatomaceous earth against three species of stored-product psocids on maize, rice, and wheat. *Journal of Economic Entomology* 102(4): 1673-1680.
- 9- Athanassiou C.G., Kavallieratos N.G., and Meletsis C.M. 2007. Insecticidal effect of three diatomaceous earth formulations, applied alone or in combination, against three stored-product beetle species on wheat and maize. *Journal of Stored Products Research* 43(4): 330-334.
- 10- Athanassiou C.G., Kavallieratos N.G., Tsaganou F.C., Vayias B.J., Dimizas C.B., and Buchelos C.Th. 2003. Effect of grain type on the insecticidal efficacy of SilicoSec against *Sitophilus oryzae* (L.) (Coleoptera: Curculionidae). *Crop Protection* 22: 1141-1147.
- 11- Athanassiou C.G., and Steenberg T. 2007. Insecticidal effect of *Beauveria bassiana* (Balsamo) Villemin

- (Ascomycota: Hypocreales) in combination with three diatomaceous earth formulations against *Sitophilus granarius* (L) (Coleoptera: Curculionidae). *Biological Control* 40: 411-416.
- 12- Athanassiou C.G., Vayias B.J., Dimizas C.B., Kavallieratos N.G., Papagregoriou A.S., and Buchelos C.Th., 2005. Insecticidal efficacy of diatomaceous earth against *Sitophilus oryzae* (L.) (Coleoptera: Curculionidae) and *Tribolium confusum* Jacquelin du Val (Coleoptera: Tenebrionidae) on stored wheat: influence of dose rate, temperature and exposure interval. *Journal of Stored Products Research* 41: 47-55.
 - 13- Campolo O., Romeo F.V., Malacrinò A., Laudani F., Carpinteri G., Fabroni S., Rapisarda P., and Palmeri V. 2014. Effects of inert dusts applied alone and in combination with sweet orange essential oil against *Rhyzopertha dominica* (Coleoptera: Bostrichidae) and wheat microbial population. *Industrial Crops and Products* 61: 361-369.
 - 14- Deans S.G., Svoboda K.P., Gundidza M., and Brechany E.Y. 1992. Essential oil profiles of several temperate and tropical aromatic plants: their antimicrobial and antioxidant activities. *Acta Horticulturae* 306: 229-32.
 - 15- Djilani A., and Dicko A. 2012. The Therapeutic Benefits of Essential Oils. *Nutrition, Well-Being and Health*, Eds J. Bouayed and T. Bohn (2012) InTech, Janeza Trdine 9, 51000 Rijeka, Croatia. pp. 155-178.
 - 16- Fava A., and Burlando B. 1995. Influence of female age and grain availability on the oviposition pattern of the wheat weevil *Sitophilus granarius* (Coleoptera: Curculionidae). *European Journal of Entomology* 92: 421-426.
 - 17- Ferng S.F., and Lee L.W. 2002. Indoor air quality assessment of daycare facilities with carbon dioxide, temperature, and humidity as indicators. *Journal of Environmental Health* 65: 14-18.
 - 18- Freo J.D., Dias de Moraes L.B., Santetti G.S., Gottmannshausen T.L., Elias M.C., and Gutkoski L.C. 2014. Physiochemical characteristics of wheat treated with diatomaceous earth and conventionally stored. *Ciência e Agrotecnologia* 38(6): 546-553.
 - 19- Ghafouripoor H. 2019. Insecticidal and repellency effect of five essential oils and their integration with diatomaceous earth in control of saw toothed grain beetle, *Oryzaephilus surinamensis* (L.). M.Sc. Thesis, University of Mohaghegh Ardabili. Ardabil, Iran. 93 pp. (In Persian with English abstract)
 - 20- Goudarzvande Chegini S., Abbasipour H., Karimi J., and Askarianzadeh A. 2017. Fumigant toxicity of the essential oil of caraway, *Carum carvi* on the tomato leaf miner, *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae). *Journal of Plant Protection* 31(1): 172-178. (In Persian with English abstract)
 - 21- Hossain A.M., and Salehuddin S.M. 2013. Analytical determination of nicotine in tobacco leaves by gas chromatography-mass spectrometry. *Arabian Journal of Chemistry* 6: 275-278.
 - 22- Işikber A.A. 2010. Fumigant toxicity of garlic essential oil in combination with carbon dioxide (CO₂) against stored-product insects. In: *Proceedings of the 10th International Working Conference on Stored-Product Protection*. Berlin, Estoril, pp. 371-376.
 - 23- Kavallieratos N.G., Athanassiou C.G., Pashalidou F.G., Andris N.S., and Tomanovi T.L. 2005. Influence of grain type on the insecticidal efficacy of two diatomaceous earth formulations against *Rhyzopertha dominica* (F.) (Coleoptera: Bostrychidae). *Pest Management Science* 61: 660-666.
 - 24- Khorrami F., Valizadegan O., Forouzan M., Soleymanzade A. 2018. The antagonistic/ synergistic effects of some medicinal plant essential oils, extracts and powders combined with diatomaceous earth on red flour beetle, *Tribolium castaneum* Herbst (Coleoptera: Tenebrionidae). *Archives of Phytopathology and Plant Protection* 51: 685-695.
 - 25- Korunic Z. 1998. Diatomaceous earths, a group of natural insecticides. *Journal of Stored Products Research* 34: 87-97.
 - 26- Korunić Z., Liška A., Lucić P., Hamel D., and Rozman V. 2020. Evaluation of diatomaceous earth formulations enhanced with natural products against stored product insects. *Journal of Stored Products Research* 86, doi: org/10.1016/j.jspr.2019.101565
 - 27- Lyon W.F. 2011. Granary and Rice Weevils. Ohio State University Extension Fact Sheet. HYG-2088-97. Available in: <http://ohioline.osu.edu/hyg-fact/2000/2088.html> (visited 6 October 2020).
 - 28- Mansour N.A., El-Defrawi M.E., Tappozada A., and Zeid M., 1966. Toxicological studies of the Egyptian cotton leaf worm *Prodenia litura*. VI potentiation and antagonism of organophosphorus and carbamate insecticides. *Journal of Economic Entomology* 59(2): 307-311.
 - 29- Mason L., and McDonough M. 2012. *Biology, Behavior, and Ecology of Stored Grain and Legume Insects*. *Stored Product Protection*, Eds D.W. Hagstrum et al. (2012) Manhattan, KS: Kansas State University. pp. 7-20.
 - 30- Messaoud C., Laabidi A., and Boussaid M. 2012. *Myrtus communis* L. infusions: the effect of infusion time on phytochemical composition, antioxidant and antimicrobial activities. *Journal of Food Science* 77(9): 941-947.
 - 31- Michalaki M.P., Athanassiou C.G., Kavallieratos N.G., Batta Y.A., and Balotis G.N. 2006. Effectiveness of *Metarhizium anisopliae* (Metschinkoff) Sorokin applied alone or in combination with diatomaceous earth against *Tribolium confusum* Du Val larvae: Influence of temperature, relative humidity and type of commodity. *Crop Protection* 25: 418-425.
 - 32- Moras A., Pereira F.M., Oliveira M., Lorini I., Schirmer M.A., and Elias M.C. 2006. Diatomaceous Earth and Propionic Acid to Control *Sitophilus oryzae* and *Oryzaephilus surinamensis* Rice Stored Grain Pests. In: *Proceedings of the 9th International Working Conference on Stored Product Protection*. Sao Paulo, pp. 823-828.
 - 33- Morone-Fortunato I., Montemurro C., Ruta C., Perrini R., Sabetta W., Blanco A., Lorusso E., and Avato P. 2010.

- Essential oils, genetic relationships and in vitro establishment of *Helichrysum italicum* (Roth) G, Don ssp. *italicum* from wild Mediterranean germ plasm. *Industrial Crops and Products* 32: 639-49.
- 34- Ormancey X., Sisalli S., and Coutiere P. 2001. Formulation of essential oils in functional perfumery. *Parfums, Cosmetiques, Actualites* 157: 30-40.
- 35- Pierattini E.C., Bedini S., Venturi F., Ascrizzi R., Flamini G., Bocchino R., Girardi J., Giannotti P., Ferroni G., and Conti B. 2019. Sensory quality of essential oils and their synergistic effect with diatomaceous earth, for the control of stored grain insects. *Insects* 2019, 10, 114; doi:10.3390/insects10040114
- 36- Rees D. 2007. *Insects of Stored Grain*, a Pocket Reference (2nd edition). CSIRO Publishing, Australia. 77 pp.
- 37- Reihani M., Yazdani M., and Afshari A. 2014. Enhancement of Insecticidal efficacy of Sepidan (a processed kaolin) in combination with a formulated plant essential oil against adults of the Rice weevil. In: *Proceedings of the National Conference on Modern Topics in Agriculture*. Tehran. (In Persian)
- 38- Reihani M., Yazdani M., and Afshari A. 2016. Enhancing insecticidal efficacy and remedying dilatory effect of diatomaceous earth Sayan[®] against adults of the rice weevil, *Sitophilus oryzae* (L.), in combination with myrtle essential oil, *Myrtus communis* L. *Applied Researches in Plant Protection* 5(1): 65-78. (In Persian with English abstract)
- 39- Rigaux M., Haubruge E., and Fields P.G. 2001. Mechanisms for tolerance to diatomaceous earth between strains of *Tribolium castaneum*. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 101: 33-39.
- 40- Scora R.W. 1973. Essential leaf oil variability in green, variegated and albino foliage of *Myrtus communis*. *Phytochemistry* 12: 153-155.
- 41- Subramanyam Bh., and Roesli R. 2000. Inert Dusts. Alternatives to Pesticides in Stored-Product IPM, Eds Bh. Subramanyam and D.W. Hagstrum (2000) Kluwer Academic Publishers. pp. 321-380.
- 42- Tallarida R.J. 2000. *Drug Synergism and Dose-Effect Data Analysis*. Chapman & Hall/CRC, USA. 264 pp.
- 43- Yang F.-L., Liang G.-W., Xu Y.-J., Lu Y.-Y., and Zeng L. 2010. Diatomaceous earth enhances the toxicity of garlic, *Allium sativum*, essential oil against stored-product pests. *Journal of Stored Products Research* 46: 118-123.
- 44- Ziaee M., Ebadillahi A., and Wakil W. 2019. Integrating inert dusts with other technologies in stored product protection. *Toxin Reviews*, <https://doi.org/10.1080/15569543.2019.1633673>
- 45- Ziaee M., and Moharramipour S. 2012. The combination effects of diatomaceous earth and *Cuminum cyminum* essential oil against *Sitophilus granarius*. In: *Proceedings of the 20th Iranian Plant Protection Congress*, Shiraz, p. 370.
- 46- Ziaee M., Moharramipour S., and Francikowski J. 2014. The synergistic effects of *Carum copticum* essential oil on diatomaceous earth against *Sitophilus granarius* and *Tribolium confusum*. *Journal of Asia-Pacific Entomology* 17: 817-822.



Chemical Composition of Myrtle Essential Oil and its Insecticidal Activity in Combination with Diatomaceous Earth against Adults of the Granary Weevil, *Sitophilus granarius* (L.)

M. Yazdanian^{1*}- M. Reihani²

Received: 09-03-2021

Accepted: 14-06-2021

Introduction: The granary weevil, *Sitophilus granarius* (L.), is one of the most destructive insect pests of stored grains worldwide. The larvae feed inside the grain kernels. Larvae and adults feed from grain kernels such as wheat, barley, buckwheat, rice, maize, millet, oat, and rye. This pest causes heavy damages especially to wheat and barley kernels. Due to the negative side effects of chemical pesticides on human health and environment, efficacy of substitution compounds with acceptable insecticidal effects have been evaluated extensively during past two decades. Diatomaceous earths and plant essential oils are amongst the most important substitution compounds that having delayed effects and instability, respectively, and cause problems during their application. Using the two insecticidal agents in combination is a method for solving this problem. Plant essential oils are odorous and volatile compounds that present only in 10% of plant species. Myrtle (*Myrtus communis* L.) essential oil has shown significant effects on different human and plant pests and pathogens, including insecticidal effects. Diatomaceous earths, in the other hand, are inert dusts that absorb insect cuticle lipids and as a result, disrupt the waterproofing nature of the integument. Treated insects with diatomaceous earths finally go to death due to losing their body water content. These materials are not toxic to mammals that is an important privilege in comparison to conventional insecticides. Due to the economic importance of the granary weevil in Iran and the limitations of the application of diatomaceous earths and plant essential oils, in the present research insecticidal efficacy of the diatomaceous earth Sayan[®] in combination with myrtle essential oil was evaluated against adults of this pest.

Materials and Methods: GC-MS analysis carried out using a Varian CP-3800 gas chromatograph equipped with a Varian Saturn 2200 ion trap mass spectrometer (Helium as carrier gas; current rate 1:100 ml/min.; pressure 10 psi, and injection volume of 0.1 µl; with VF-5ms capillary column, 30 m × 0.32 mm, and 0.25 µm inner diameter; injector and detector temperatures 220 and 300°C, respectively). The granary weevil adults were initially obtained from a colony in Entomology laboratory, Plant Protection Department, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources and reared on wheat kernels (Gonbad cultivar) for three generations (26 ± 2 °C, 65 ± 5% R.H., and L:D 16:8). Seven-day old adults of forth generation were used in bioassays. All experiments carried out on kernels of Gonbad cultivar under above mentioned conditions. In myrtle essential oil dose-setting bioassays, concentration causing 20 and 80% mortality (µl/l air) were determined. In each Petri dish (7 cm in diameter; 50 mL), a filter paper (Whatman no. 1; 2 cm in diameter) was attached to the inner part of the lid as evaporation surface. The two halves of petri dishes were sealed with parafilm to prevent essential oil loss. Experiments were repeated four times and adults mortalities were counted after 24 h. Adults that did not move their legs and antennae after a gentle poking with a fine pin were considered as dead individuals. After doing and collecting data via final bioassays, LC₁₀, LC₂₀, and LC₅₀ values were estimated by using probit analysis (1267, 1790, and 3451 µL/L air, respectively). In combination effects experiments, five dose rates of 0.125, 0.25, 0.5, 1.0 and 1.5 g Sayan[®]/kg grain in combination with myrtle essential oil at four concentrations of LC₀, LC₁₀, LC₂₀, and LC₅₀ (equal to 0.0, 1267.0, 1790.0 and 3451.0 µL/L air, respectively) were assessed. Adults' mortalities were recorded after 24, 48, and 72 h of exposure. To determine progeny production at F1 and F2 generations, dead and alive adults were counted and removed from treatment containers after the 72 hand containers were left at the same conditions for 45 and 90 days more. After these periods, emerged adults were counted and recorded as dead or alive. Probit analyses were done using PoloPlus ver. 2.0 software. Mortality data were analyzed using one-way ANOVA as factorial (dose rate × essential oil concentration). Means were separated using Tukey-HSD test at α= 0.01. Synergistic and/or antagonistic interactions were determined using Tallarida (2000) method and co-toxicity factor was proposed by Mansour et al. (1966).

Results and Discussion: In myrtle essential oil, 46 compounds were identified that 1, 8- cineole (eucalyptol) (18.029%), Isoterpinolene (14.704%), and α-Fenchene (13.135%) showed the highest amounts. Application of Sayan[®] alone did not result in notable mortality even after 72 h, so that at the highest dose of 1.5 g/kg it was 1.03%.

1 and 2- Assistant Professor and Former M.Sc. Student, Department of Plant Protection, Faculty of Plant Production, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, respectively.

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

DOI: 10.22067/jpp.2021.69214.1015

Application of Sayan® in combination with myrtle essential oil increased the mortality of adults significantly, so that after 48 and especially 72 h, it was highly notable and increased from 12.25% using LC₁₀-0.125 g/kg after 48 h up to 92.50% using the LC₅₀-1.5 g/kg. After 72 h, mortalities of adults using the combination of LC₅₀ with 0.5, 1.0, and 1.5 g/kg were 98.25, 100, and 100%, respectively. Interaction between Sayan® in combination with myrtle essential oil, especially after 48 and 72 h, was mainly synergistic. After 45 days, progeny production using the combination of 0.125, 0.25, and 0.5 g/kg of Sayan® with LC₁₀, LC₂₀, and LC₅₀ of essential oil was very low (max. 7 adults), but their mortality was 100%. Combination of 1.0 and 1.5 g/kg of Sayan® with different concentrations of essential oil resulted to no progeny production. Compared to the combination treatments, percentage mortality of progenies using the Sayan® alone was much lower. The same trend was observed for progeny production after 90 days.

Conclusion: Results of this study indicated that application of the diatomaceous earth Sayan® in combination with the myrtle essential oil significantly increased the insecticidal efficacy of Sayan® and remedied its delayed effect (it decreased the exposure interval from about more than 14 days down to about 72 h) ($p < 0.0001$). This indicates that due to the synergistic interactions, application of the two insecticide agents in combination can remedy the delayed effects of Sayan® and instability of myrtle essential oil that could be considered in control of the granary weevil.

Keywords: Chemical components, Diatomaceous earth, Myrtle essential oil, *Sitophilus granarius*, Synergistic effect



مقاله پژوهشی

بررسی توان رقابتی سویا و سه گونه دمروباهی *Setaria glauca*، *S. verticillata* و *S. viridis* در نسبت‌های مختلف کاشت

وجیهه امینی^۱ - فائزه زعفریان^{۲*} - محمد رضوانی^۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۸/۱۷

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۱/۲۸

چکیده

این پژوهش با هدف بررسی واکنش سویا به تداخل سه گونه دمروباهی *Setaria glauca*، *S. verticillata* و *S. viridis* و همچنین رقابت‌های بین گونه‌ای این سه علف هرز انجام گردید. آزمایش به صورت گلدانی در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری به صورت طرح کاملاً تصادفی در ۳ تکرار انجام شد. تیمارهای آزمایش اول شامل نسبت‌های کاشت: ۲۵:۷۵، ۵۰:۵۰، ۷۵:۲۵ (سویا-علف هرز) و کشت خالص (۱۰۰٪) سویا و گونه علف هرز بود و در سه آزمایش دیگر نیز هر یک از علف‌های هرز دو به دو با نسبت‌های ذکر شده در بالا با هم مورد مقایسه قرار گرفتند. صفات مورد بررسی در این آزمایش شامل عملکرد دانه، تعداد شاخه فرعی، تعداد غلاف در گیاه، تعداد دانه در غلاف و وزن صد دانه سویا بود. همچنین زیست توده علف هرز، ارتفاع، تعداد برگ، تعداد سنبله و تعداد پنجه علف‌های هرز در رقابت با یکدیگر محاسبه شد. علاوه بر آن شاخص تحمل و شاخص رقابت تعیین نیز گردید. نتایج نشان داد که در بررسی توان رقابتی سه گونه دمروباهی با سویا، حداکثر عملکرد دانه سویا (۱۵/۵۶ گرم در بوته) در شرایط عاری از علف هرز (کشت خالص سویا) به دست آمد و افزایش تراکم سویا در هر سه گونه دمروباهی سبب کاهش زیست توده آن‌ها نسبت به کشت خالص علف هرز گردید. هر چند بررسی شاخص تحمل رقابت سویا به تراکم‌های متفاوت هر سه گونه دمروباهی نشان داد که گیاه سویا به تراکم‌های پایین (۲۵ درصد) *S. glauca* و *S. verticillata* و *S. viridis* متحمل تر است؛ اما توانایی رقابتی سویا نسبت به این سه گونه به صورت $S. glauca < S. verticillata < S. viridis$ بود؛ بطوریکه با افزایش تراکم گونه *S. glauca* عملکرد سویا با شیبی ملایم و با افزایش تراکم گونه *S. viridis* عملکرد سویا با شیبی تند کاهش پیدا کرد. مطالعه توان رقابتی گونه‌های دمروباهی با یکدیگر نشان داد که افزایش تراکم هر گونه سبب کاهش شاخص‌های رشدی گونه دیگر شد و حداکثر ارتفاع ساقه، تعداد پنجه، تعداد برگ، تعداد سنبله و زیست توده هر سه گونه در کشت خالص آن‌ها به دست آمد. نتایج به دست آمده از این مطالعه نشان داد که رقابت بین گونه‌ای در تراکم‌های متفاوت نسبت به رقابت درون گونه‌ای در کاهش زیست توده هر سه گونه مؤثرتر بود. نتایج آزمایشات بین گونه‌ای علف‌های هرز هم بیانگر این مطلب بود که قابلیت رقابتی بین این سه گونه به صورت $S. > S. glauca > S. verticillata$ بود.

واژه‌های کلیدی: رقابت، عملکرد، علف هرز، نسبت‌های کاشت

مقدمه

مناسب برای حشرات و عوامل بیماری‌زا، می‌توانند مشکل ساز باشند (۲۰). یکی از منابع عمده تولید روغن نباتی و پروتئین گیاهی، سویا (*Glycine max* L.) می‌باشد. این گیاه از قدیمی‌ترین گیاهان زراعی محسوب می‌شود و از نظر تولید روغن در سطح جهان در بین گیاهان روغنی، مقام اول را دارد. ارزش این گیاه به دلیل روغنی

علف‌های هرز از دیرباز به عنوان رقیب اصلی گیاهان زراعی مطرح بوده‌اند. این گیاهان به دلیل رقابت با گیاهان زراعی بر سر نور، آب و عناصر غذایی، کاهش کمیت و کیفیت محصول و ایجاد پناهگاهی

۳- دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد قائمشهر، دانشگاه آزاد اسلامی، قائمشهر، مازندران، ایران

۱ و ۲- به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد زراعت و دانشیار، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

(Email: fa_zaefarian@yahoo.com)

(*)- نویسنده مسئول:

نمودند که تراکم بوته در عملکرد کلزا (*Brassica napus* L.) نقش عمده‌ای دارد.

همچنین در پژوهشی محققین گزارش نمودند که با افزایش تراکم کاشت سویا وزن خشک علف‌های هرز کاهش می‌یابد؛ به‌طوری که در تراکم ۶۰ بوته در متر مربع از سویا وزن خشک علف هرز نسبت به دو تراکم دیگر سویا (۴۰ و ۵۰ بوته در متر مربع) کاهش بیشتری نشان داد (۲۰). در تراکم بالای سویا به دلیل افزایش سطح برگ سویا، کمیت و کیفیت نوری که به پایین کانوپی رسیده تغییر کرده و ضمن جلوگیری از ظهور علف‌های هرز جدید، رشد و وزن خشک بوته‌های روئیده شده علف‌های هرز را کاهش می‌دهد.

دم‌روباهی *Setaria sp.* یکی از علف‌های هرز مهم یکساله تابستانه در مزارع مختلف است. این گیاه به دامنه وسیعی از شرایط محیطی سازگار می‌باشد (۱۱). دم‌روباهی یکی از سمج‌ترین و مهم‌ترین علف‌های هرز باریک‌برگ دنیا شناخته شده است که به‌دلیلی همچون قدرت جذب آب و املاح زیاد و در نهایت قدرت رقابت بالا (۸ و ۱۳)، خاصیت دگرآسیبی شدید (۱۹)، میزبانی آفات، بیماری‌ها، ویروس‌ها و نماتدها (۱۳)، قدرت تولید بذر زیاد با طول عمر بالا (۱۱)، خواب بذر (۳۱)، قدرت گسترش و پراکندگی زیاد (۱۱) و همچنین مقاومت به علف‌کش‌های مختلف در دنیا منجر به بروز مشکلات فراوانی در مسیر تولید محصولات زراعی مختلف مانند سویا، گندم (*Triticum aestivum* L.)، جو (*Hordeum vulgare*)، کتان (*Linum usitatissimum*)، کلزا (*Brassica napus*)، یونجه (*Medicago sativa*) و ذرت (*Zea mays* L.) شده است (۱۱). سرعت رشد گونه *S. viridis* بسیار زیاد بوده و ۴۵ روز بعد از جوانه‌زنی می‌تواند بذر تولید کند. همچنین توان تولید بذر بسیار بالایی دارد؛ به‌طوری‌که هر گیاه می‌تواند تا بیش از 34000 بذر در هر گیاه تولید کند (۱۱). گونه‌های *S. glauca* و *S. verticillata* نیز در خاک‌های تخریب یافته و زراعی که دایما در معرض شخم هستند؛ بیشتر دیده می‌شود و فراوانی کمتری در خاک‌های شخم نخورده و تخریب نشده دارند (۱۹).

تعیین تراکم بوته مناسب در سویا، به دلیل افزایش توانایی رقابت با علف‌های هرز و در نتیجه استفاده بهینه از منابع موجود سبب بهبود عملکرد دانه می‌گردد، و از طرفی دیگر با توجه به اهمیت مدیریت علف‌های هرز در تولید محصول سویا و خسارت‌زایی قابل توجه علف هرز دم‌روباهی، این تحقیق با هدف بررسی تأثیر تراکم‌های مختلف سویا و علف هرز دم‌روباهی بر شاخص‌های زراعی این گیاه انجام شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به‌صورت گلدانی در فضای مزرعه در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار انجام شد. خاک مورد استفاده در این

بودن دانه آن و همچنین مناسب بودن آن جهت تأمین پروتئین انسان و دام می‌باشد (۲۸). به طور متوسط از هر ۱۰۰ کیلوگرم دانه ارقام روغنی سویا، ۱۸ کیلوگرم روغن و ۷۶ کیلوگرم کنجاله (حاوی ۴۰ درصد پروتئین) به‌دست می‌آید (۲۵). وجود علف‌های هرز در سویا، عملکرد بذر را کاهش می‌دهد و میزان این کاهش به تراکم علف‌های هرز و مرحله‌ی رشد محصول بستگی دارد. گیاهچه‌های جوان سویا نمی‌توانند با بسیاری از علف‌های هرز که رشد سریعی دارند رقابت کنند؛ لذا، دفع علف‌های هرز در این دوره بیشترین اهمیت را دارد، همچنین مخلوط بودن بذر سویای برداشت شده با بقایای علف هرز سبب کاهش شدید کیفیت و ارزش اقتصادی محصول می‌شود (۲۶). گزارش‌ها حاکی از کاهش ۱۳ تا ۸۹ درصدی عملکرد سویا در اثر عدم کنترل علف‌های هرز می‌باشد (۱). در حقیقت کاهش عملکرد گیاه زراعی نتیجه جذب سهم نامتناسبی از منابع فراهم از سوی علف‌های هرز است که به نوع گیاه زراعی، علف هرز و شرایط رشدی بستگی دارد. بنابراین شناخت دقیق نحوه رقابت علف‌های هرز با گیاهان زراعی، دستیابی به بهترین روش‌های مدیریت آنها را امکان‌پذیر می‌کند.

رقابت به‌عنوان یکی از مهم‌ترین روابط موجود در اجتماع گیاهی عبارت است از فرآیندی که در آن دو گیاه یا دو جمعیت گیاهی بر یکدیگر اثر متقابل منفی دارند. رقابت می‌تواند در بین اندام‌های یک گیاه (درون گیاهی)، یا اثرات متقابل منفی در بین گیاهان یک گونه (رقابت درون گونه‌ای) و یا به صورت تداخل در میان گونه‌های مختلف گیاهی (رقابت برون گونه‌ای) اتفاق بیفتد (۱۸) که شدت رقابت به تراکم و میزان فراهمی عوامل محیطی همچون نور، آب و مواد غذایی بستگی دارد.

یکی از اجزای کلیدی سیستم‌های مدیریت تلفیقی علف‌های هرز بهبود توان رقابتی گیاه زراعی در مقابله با علف‌های هرز می‌باشد (۳۳). تراکم کشت مطلوب گیاه زراعی می‌تواند از طریق افزایش توان رقابتی در مقابل علف‌های هرز اثر تداخلی آن‌ها بر عملکرد گیاهان زراعی را کاهش دهد (۲۱). فواصل زیاد بین ردیف‌های کاشت، به دلیل عدم پوشش کامل سطح خاک، ممکن است کارایی لازم را برای استفاده از منابع رشدی نداشته باشد. لذا، تعیین مناسب‌ترین تراکم بوته برای گیاه به لحاظ تولید عملکرد بالا از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. افزایش تراکم گیاه زراعی روشی برای بالا بردن عملکرد محصول در واحد سطح و همچنین افزایش توانایی رقابتی گیاه زراعی با علف‌های هرز می‌باشد. به نحوی که حداقل رقابت تخریبی بین بوته‌ها وجود داشته باشد. تراکم‌های بیش از حد، ایجاد میکروکلیمای نامناسب و به دنبال آن خطر شیوع بیماری‌ها و آفات را افزایش داده، و عملکرد دانه را کاهش می‌دهد. دانپوت و همکاران (۱۲) گزارش کردند که تیمارهای ژنوتیپ، تراکم و اثر متقابل آنها بر عملکرد و وزن صد دانه در سویا معنی‌دار بود. بیل جیلی و همکاران (۷) و لیگتو و همکاران (۳۳) اعلام

تناوب زراعی اعمال شده در این مزارع به صورت سویا- گندم بود. بذور از سنبله خارج و پس از بوجاری در آزمایشگاه تا زمان انجام آزمایشات در دمای 25 ± 5 درجه سانتی گراد نگهداری شدند.

آزمایش، خاک سیلتی لومی بود که در جدول ۱ مشخصات آن ذکر گردید. بذور سه گونه دمروباهی (*S. verticillata*, *Setaria glauca* و *S. viridis*) از مزارع اطراف شهرستان قائم شهر جمع آوری شد که مشخصات آن‌ها در جدول ۲ قابل مشاهده است. شایان ذکر است که

جدول ۱- برخی از خصوصیات شیمیایی خاک مورد استفاده در آزمایش
Table 1- Some of the chemical properties of soil used in experiment

بافت Texture	پتاسیم قابل دسترس Available K (mg/kg)	فسفر قابل دسترس Available P (mg/kg)	نیتروژن کل (%) Total N (%)	اسیدیته pH	هدایت الکتریکی EC (dS.m^{-1})	کربن آلی (%) OC (%)
1.26 سیلتی- لومی Silty-loamy	270	35.80	0.14	7.60	1.34	1.26

جدول ۲- مشخصات بذر سه گونه دمروباهی
Table 2- Seed characteristics of three species of foxtail

نام فارسی علف هرز Persian name of weed	نام علمی علف هرز Scientific name	خانواده Family	مسیر فتوسنتزی Photosynthetic pathway	فرم رویشی Vegetative form	چرخه رویشی Vegetative cycle
ارزنی سبز	<i>Setaria viridis</i>	Poaceae	C ₄	M	A
ارزنی وحشی	<i>Setaria glauca</i>	Poaceae	C ₄	M	A
چسبک	<i>Setaria verticillata</i>	Poaceae	C ₄	M	A

به ترتیب تک لپه، دو لپه، یک ساله و چند ساله: P, A, D, M

M: Monocotyledon; D: Dicotyledon; A: Annual; P: Perennial

چقدر مقدار AWC بزرگتر باشد نشان دهنده توانایی بیشتر گیاه زراعی برای تحمل به علف هرز است (۳۵).

معادله (۲) شاخص رقابت (CI)

$$CI = (V_{infest} / V_{mean}) / (W_{infest} / W_{mean})$$

در این معادله V_{infest} عملکرد گیاه زراعی i در شرایط آلوده به علف هرز، V_{mean} متوسط عملکرد همه تیمارها در حضور علف هرز، W_i زیست توده علف هرز مربوط به گیاه زراعی i و W_{mean} متوسط زیست توده علف هرز در مخلوط با کل تیمارها می باشد (۱۰).

رقابت سه گونه دمروباهی با هم

در سه آزمایش جداگانه ۵ نسبت کاشت شامل ۵۰:۵۰، ۷۵:۲۵ و خالص (۱۰۰٪ هر گونه) به صورت دو به دو در ۳ تکرار با هم مقایسه شدند؛ به نحوی که گونه‌ها دو به دو با هم در نسبت‌های مختلف با یکدیگر در گلدان‌هایی با قطر ۲۰ سانتی متر و ارتفاع ۱۵ سانتی متر در ۲۲ اردیبهشت کشت شدند. تراکم هر گونه از علف هرز در کشت منفرد ۴ عدد و در نسبت کاشت ۵۰-۵۰ از هر گونه از علف هرز دو عدد در نظر گرفته شد؛ همچنین در نسبت کاشت ۷۵-۲۵، مجموعاً ۴ عدد بذر در هر گلدان کشت شد که در نسبت کاشت ۷۵ درصد، ۳ عدد بذر مربوط به یک گونه علف هرز و در نسبت کاشت ۲۵ درصد، ۱ عدد بذر مربوط به گونه دیگر علف هرز کشت شد. قابل ذکر است که ابتدا تعداد بذر بیشتری کاشته شد که پس از سبز شدن، جهت

رقابت سویا با سه گونه دمروباهی

در این آزمایش هر سه گونه با ۵ نسبت کاشت و در ۳ تکرار با سویا (رقم جی کا، که رقمی نسبتاً متوسط رس است) در گلدان‌هایی با قطر ۳۷ سانتی متر و ارتفاع ۳۰ سانتی متر کشت شدند. نسبت‌های کاشت شامل ۲۵:۷۵، ۵۰:۵۰، ۷۵:۲۵ و خالص (۱۰۰٪ سویا و گونه علف هرز) می باشد. بطوریکه تراکم گیاه سویا و علف هرز در کشت منفرد ۴ عدد و در نسبت کاشت ۵۰-۵۰ سویا و علف هرز از هر گیاه دو عدد در نظر گرفته شد؛ همچنین در نسبت کاشت ۷۵-۲۵ سویا و علف هرز، مجموعاً ۴ عدد بذر در هر گلدان کشت شد که نسبت کاشت ۷۵ درصد بذر سویا یا علف هرز را به خود اختصاص داد. کاشت بذور در ۲۲ اردیبهشت ماه صورت گرفت. پس از رسیدگی محصول در ۷ آبان، بوته‌های هر گلدان کفبر شده و اثر رقابت سه گونه علف هرز بر شاخص‌هایی نظیر عملکرد، تعداد شاخه فرعی، تعداد غلاف در گیاه، تعداد دانه در غلاف و وزن صد دانه سویا و همچنین زیست توده علف هرز اندازه گیری شد. همچنین شاخص تحمل و شاخص رقابت تعیین گردید، که به ترتیب از معادله ۱ و ۲ استفاده شد.

معادله (۱) شاخص تحمل رقابت (AWC)

$$AWC = V_i / V_p \times 100$$

در این معادله V_i عملکرد گیاه زراعی در شرایط آلوده به علف هرز و V_p عملکرد همان گیاه در شرایط عاری از علف هرز می باشد. هر

رسیدن به تراکم مورد نظر گیاهچه‌های اضافی تنک شدند. در نهایت، در تاریخ ۷ آبان، میزان عملکرد آنها (زیست توده کل)، ارتفاع ساقه، تعداد پنجه، تعداد برگ و تعداد سنبله اندازه‌گیری شد.

برای تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها از نرم‌افزار SAS استفاده شد و مقایسه میانگین‌ها از طریق آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (FLSD) حفاظت شده انجام گردید. برای رسم نمودارها از نرم‌افزار Excel استفاده شد.

نتایج و بحث

رقابت سه گونه دمروباهی با سویا

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که بین نسبت‌های مختلف کاشت در حضور علف‌های هرز دمروباهی (هر سه گونه) از لحاظ عملکرد و اجزای عملکرد سویا، و همچنین زیست توده علف هرز اختلاف معنی‌داری وجود دارد (داده‌ها نشان داده نشدند).

تعداد شاخه فرعی: با استناد به نتایج به‌دست آمده، بوته سویا در رقابت با گونه *S. glauca* دارای بیشترین تعداد شاخه فرعی در بوته بود (شکل ۱-ب)؛ بطوریکه تعداد شاخه فرعی بوته‌های سویا در زمان رقابت با این گونه در کشت خالص با دو نسبت کاشت ۲۵-۷۵ و ۵۰-۵۰ (سویا-علف هرز) تفاوت آماری چندانی را نشان نداد. به عبارتی افزایش تراکم علف هرز تا ۵۰ درصد اثر معنی‌داری بر کاهش تعداد شاخه فرعی نسبت به کشت خالص نداشت؛ در حالی که در نسبت کاشت ۲۵-۷۵ (سویا-علف هرز) از تعداد شاخه فرعی به‌طور چشمگیری کاسته شد (شکل ۱-ب). در بین سه گونه علف هرز نیز گونه *S. viridis* باعث کاهش بیشتر تعداد شاخه فرعی سویا نسبت به دو گونه دیگر شد. همچنین نتایج نشان داد که در زمان رقابت با گونه *S. glauca* تیمار ۲۵-۷۵ (سویا-علف هرز) بیشترین تعداد شاخه فرعی (۳/۶۶) را به خود اختصاص داد که با نسبت کاشت ۵۰-۵۰ (سویا-علف هرز) و کشت خالص سویا تفاوت آماری چندانی را نشان نداد. همچنین، تعداد شاخه سویا در زمان رقابت با گونه *S. glauca* حتی در تراکم‌های بالای این علف هرز، میزان کاهش کمتری از خود نشان داد که دال بر توانایی رقابتی بالاتر سویا در زمان رقابت با این گونه بود در حالیکه در زمان رقابت با دو گونه دمروباهی *S. verticillata* و *S. viridis* کاهش معنی‌داری در تعداد شاخه فرعی بوته‌های سویا مشاهده شد. کاهش معنی‌دار تعداد شاخه جانبی در هر بوته در اثر تداخل علف‌های هرز را می‌توان به رقابت برای نور و مواد غذایی توسط گیاه و علف هرز نسبت داد که در شرایط تداخل علف هرز، بخش بیشتری از فتوسنتز جاری با وجود کاهش آن به افزایش ارتفاع گیاه منجر می‌شود که این امر سبب می‌شود تعداد شاخه جانبی کمتری در گیاه تولید شود. نتایج میرشکاری و همکاران (۲۴) نیز نشان داد بیشترین تعداد شاخه‌ی جانبی در بوته در شرایط بدون علف هرز و کمترین آن در شرایط تداخل تمام فصل علف‌های هرز توسعه می‌یابد.

محمدی و همکاران (۲۷) گزارش کردند افزایش طول دوره‌ی تداخل علف‌های هرز سبب کاهش تعداد شاخه‌های بارور می‌شود.

تعداد غلاف در گیاه: بر اساس نتایج مقایسه میانگین با افزایش تراکم هر سه گونه دمروباهی از تعداد غلاف در گیاه سویا کاسته شد که در این خصوص دو گونه *S. viridis* و *S. verticillata* تأثیر چشمگیری بر کاهش تعداد غلاف داشتند (جدول ۳). بیشینه تعداد غلاف در تیمار کشت خالص سویا رویت شد. لازم به ذکر است که افزایش تراکم گونه‌های *S. glauca* و *S. verticillata* تا ۲۵ درصد موجب کاهش معنی‌دار تعداد غلاف در گیاه نسبت به تیمار کشت خالص سویا، نشد (جدول ۳)، که دال بر توانایی رقابتی ضعیف‌تر این دو گونه نسبت به گونه *S. viridis* می‌باشد. حال آنکه حضور ۲۵ درصدی گونه *S. viridis* باعث کاهش ۴۷ درصدی تعداد غلاف در بوته سویا شد (جدول ۳). میرشکاری و همکاران (۲۴) اظهار داشتند که تعداد غلاف در بوته کلزا با افزایش زمان تداخل تاج‌خروس (*Amaranthus retroflexus* L.) با شدت بیشتری در مقایسه با برخی صفات دیگر کاهش می‌یابد. گزارش شده است که تعداد غلاف در بوته‌ی لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) به زمان نسبی سبز شدن و تراکم تاج‌خروس وابسته است و با افزایش تراکم و کاهش زمان نسبی سبز شدن تاج‌خروس، تعداد غلاف در بوته ۴۴ تا ۶۰ درصد کاهش می‌یابد (۲). همچنین در پژوهشی محققین بیان داشتند که با افزایش طول دوره تداخل علف هرز تعداد غلاف در بوته گیاه نخود ایرانی (*Cicer arietinum*) کاهش یافت (۳). به نظر می‌رسد با افزایش تراکم علف هرز و تشدید رقابت بین گیاه زراعی و علف هرز به دلیل نبود فضای کافی از تعداد شاخه جانبی کاسته شد (جدول ۳) که کاهش تعداد شاخه جانبی با کاهش تولید غلاف در بوته همراه شده است. همچنین با افزایش تراکم علف هرز، به نظر می‌رسد که مواد فتوسنتزی لازم برای باروری غلاف یا حفظ آن کاهش پیدا کند که نتیجه آن کاهش تعداد غلاف در بوته می‌باشد. در نتایج تحقیق سایر محققان نیز گزارش شده است که تعداد غلاف در بوته حساس‌ترین جزء عملکرد به رقابت علف‌های هرز و یا تنش‌های محیطی می‌باشد (۶ و ۳۴).

تعداد دانه در غلاف: با استناد به نتایج بدست آمده، بیشترین تعداد دانه در غلاف در رقابت با سه گونه دمروباهی *S. viridis*، *S. verticillata* و *S. viridis* مربوط به تیمار کشت خالص سویا بود (جدول ۳). شایان ذکر است که افزایش تراکم گونه *S. viridis* از صفر به ۲۵ درصد، گونه *S. verticillata* از صفر به ۷۵ درصد و گونه *S. glauca* از صفر به پنجاه درصد اختلاف معنی‌داری در کاهش تعداد دانه در غلاف نسبت به کشت خالص سویا (عاری از علف هرز) نشان نداد (جدول ۳). در مقایسه رقابت بین سه گونه دمروباهی با سویا، نتایج نشان داد که کمترین تعداد دانه در غلاف سویا در تمامی

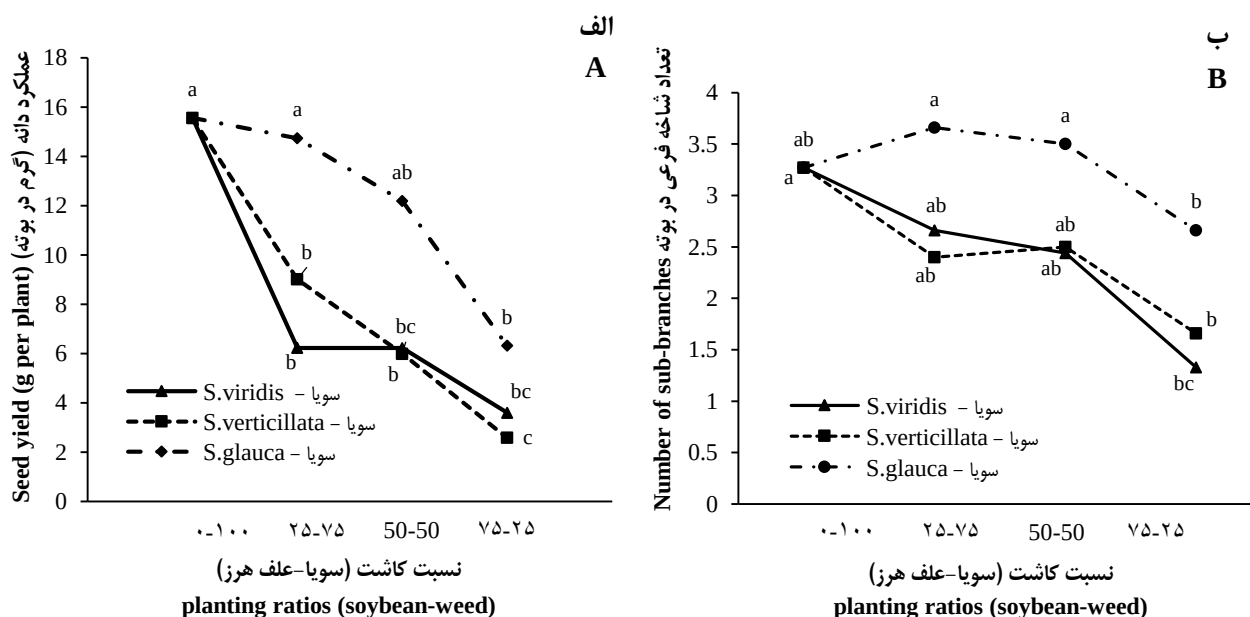
کاهش در زمان رقابت با گونه *S. viridis* شدیدتر بود؛ بطوریکه موجب کاهش ۷۶/۸۶ درصد در عملکرد سویا شد. حال آنکه در زمان حضور گونه *S. glauca* این شیب کاهشی از روند بسیار ملایم‌تری تبعیت می‌کرد (شکل ۱-الف). کاهش عملکرد سویا با افزایش تراکم علف هرز را می‌توان به سایه‌اندازی علف‌های هرز و کاهش دسترسی به نور که سبب کاهش میزان فتوسنتز خواهد شد؛ ارتباط داد. در این شرایط اجزای عملکرد نیز کاهش پیدا می‌کند که این امر سبب کاهش عملکرد اقتصادی خواهد شد. قمری و احمدوند (۱۵) گزارش کردند که سایه‌اندازی علف‌های هرز توسعه سطح برگ در لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) را تحت تأثیر قرار می‌دهد که این امر سبب کاهش شاخص سطح برگ در گیاه می‌شود که نتیجه آن کاهش توانایی گیاه در انجام فتوسنتز و در نهایت کاهش عملکرد اقتصادی می‌شود. گزینلی (۱۶) اظهار داشت که با افزایش تراکم، عملکرد دانه ذرت افزایش یافت؛ اما مقدار آن در بیشینه تراکم، کاهش پیدا کرد. همچنین در بررسی تأثیر رقابت سلمه تره (*Chenopodium album*) با ذرت، کاهش معنی‌دار عملکرد دانه ذرت در شرایط رقابت با علف هرز گزارش شد (۲۴). طی پژوهشی دیگر پژوهشگران اظهار داشتند که تداخل علف‌های هرز عملکرد دانه را به طور چشمگیری نسبت به تیمار کنترل علف‌های هرز کاهش داد (۱۴).

زیست توده علف هرز: بررسی تغییرات زیست توده علف هرز در تراکم‌های متفاوت نیز نشان داد که افزایش تراکم سویا نسبت به هر سه گونه دمروباهی به دلیل بسته شدن کانوپی توسط سویا، کاهش دسترسی علف هرز به نور و کاهش رشد علف هرز سبب کاهش زیست توده آن‌ها نسبت به کشت خالص علف هرز گردید (شکل ۲). همانطور که در شکل ۲ مشخص است گونه *S. glauca* در زمان رقابت با سویا کاهش زیست توده بیشتری از خود نشان داد که دال بر توانایی ضعیف‌تر این گونه نسبت به دو گونه دیگر در زمان رقابت با سویا بود؛ حال آنکه گونه *S. viridis* توانست در زمان رقابت با سویا زیست توده بیشتری تولید نماید که نشان از قابلیت توانایی بالاتر این گونه نسبت به دو گونه دیگر بود و توانایی گونه *S. verticillata* در تولید زیست توده بینابین دو گونه دیگر بود (شکل ۲). بیشترین زیست توده علف هرز *S. glauca*، *S. verticillata* و *S. viridis* به ترتیب به میزان ۱۸/۹۹، ۲۵/۳۸ و ۲۷/۷۴ گرم در بوته در کشت خالص علف هرز مشاهده شد. با افزایش سایه‌اندازی گیاه زراعی روی علف هرز در اثر افزایش تراکم کاشت، میزان تجمع ماده خشک در گونه‌هایی که در زیر کانوپی قرار گرفته‌اند، کاهش می‌یابد (۳۰)؛ حال آنکه گونه‌ای می‌تواند موفق باشد که با کسب ارتفاع و تولید شاخه و برگ موفق به دریافت نور شود. جوزایان و همکاران (۲۱) اظهار داشتند که افزایش تراکم گیاه می‌تواند از طریق استفاده کارتر از انرژی خورشیدی و کاهش سریع انتقال نور از میان سایه‌انداز، باعث کاهش رشد علف‌های هرز و افزایش تولید شود.

نسبت‌های کاشت مربوط به گونه *S. viridis* بود که نشان از تأثیر سوء این علف هرز بر گیاه سویا دارد (جدول ۳). علت کاهش تعداد دانه در غلاف با افزایش سهم این گونه از علف هرز را می‌توان چنین بیان کرد که احتمالاً با افزایش سایه‌اندازی علف‌های هرز و در نتیجه کاهش فتوسنتز و به دنبال آن کاهش تجمع ماده خشک، مواد کمتری به دانه‌ها اختصاص داده می‌شود و رقابت بین دانه‌ها برای جذب بیشتر مواد فتوسنتزی باعث می‌شود تا دانه‌هایی که به عنوان مخزن قوی‌تر عمل می‌کنند؛ مانع از رشد دانه‌هایی شوند که دارای قدرت کمتری در جذب مواد هستند. در پژوهشی محققین گزارش کردند که به دلیل رقابت برون گونه‌ای در شرایط رقابت با علف‌های هرز با خود (*Cicer arietinum*) تعداد دانه در بوته کاهش می‌یابد (۵). اکبری و همکاران (۴) علت کاهش تعداد دانه در غلاف گیاه نخود را به دلیل کاهش کارایی فتوسنتز در اثر رقابت نخود و علف هرز عنوان کردند. قمری و احمدوند (۱۵) گزارش کردند که بیشترین تعداد دانه در غلاف مربوط به تیمار کنترل کامل علف‌های هرز بود؛ به عبارتی افزایش طول دوره تداخل علف هرز، سبب کاهش تعداد دانه در غلاف و افزایش مدت زمان کنترل منجر به افزایش آن شد.

وزن صد دانه: صفت وزن صد دانه نیز تحت تأثیر نسبت‌های مختلف کاشت قرار گرفت. به گونه‌ای که با افزایش تراکم علف هرز، سیری نزولی در میزان وزن صد دانه سویا رویت شد (جدول ۳). رقابت با گونه *S. viridis* نسبت به دو گونه دیگر تأثیر شدیدتری را در کاهش وزن صد دانه سویا موجب گردید به حدی که حضور ۲۵ درصدی این گونه منجر به کاهش معنی‌دار این صفت گردید؛ حال آنکه کاهش معنی‌دار وزن صد دانه سویا در دو گونه دیگر در حضور ۵۰ درصدی آنها رویت گردید (جدول ۳). علاوه بر این، تداخل شدید گونه *S. viridis* در نسبت کاشت ۲۵-۷۵ (سویا-علف هرز)، بیشترین کاهش وزن صد دانه سویا (۵/۷۰ گرم) را نسبت به دو گونه دیگر به همراه داشت (جدول ۳). به نظر می‌رسد افزایش رقابت بین سویا و گونه *S. viridis*، در پی افزایش تراکم این گونه علف هرز موجب کاهش اندازه دانه و همچنین وزن صد دانه در گیاه سویا شد. شایان ذکر است که رقابت ناشی از حضور علف‌های هرز باعث کاهش توان فتوسنتزی سویا و کاهش انتقال مواد فتوسنتزی به دانه‌های سویا گردید؛ که با نتایج کیانی و همکاران (۲۲) و چعب و همکاران (۹) نیز مطابقت دارد.

عملکرد دانه: حداکثر عملکرد سویا (۱۵/۵۶ گرم در بوته) در رقابت با سه گونه *S. glauca*، *S. verticillata* و *S. viridis* در شرایط عاری از علف هرز (کشت خالص سویا) به دست آمد (شکل ۱-الف). به گونه‌ای که افزایش تراکم علف هرز از صفر (کشت خالص سویا) به ۷۵ درصد علف هرز سبب کاهش عملکرد سویا گردید و این



شکل ۱- تاثیر نسبت‌های مختلف کاشت سویا- علف هرز بر عملکرد دانه (گرم در بوته) سویا (الف) و تعداد شاخه فرعی در بوته سویا (ب)
Figure 1- Effect of different planting ratios of soybean-weed on seed yield of soybean (g per pant) (A) and number of soybean sub-branches per plant (B)

جدول ۳- مقایسه میانگین اجزای عملکرد سویا در رقابت با *S. viridis*، *S. verticillata* و *S. glauca*

Table 3- Comparison of average yield components of soybean in competition with *S. viridis*, *S. verticillata* and *S. glauca*

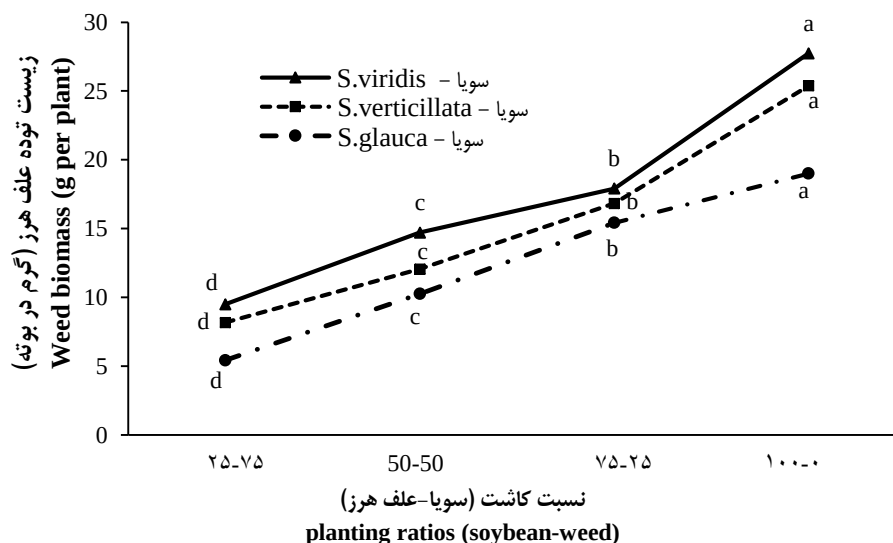
نسبت کاشت سویا- <i>S. viridis</i>	تعداد غلاف در گیاه	تعداد دانه در غلاف	وزن صد دانه (گرم)
Planting ratio soybean - <i>S. viridis</i>	Pod numbers per plant	Seed numbers per pod	100- seed weight (g)
100-0	60.16 ^a	3.06 ^a	8.20 ^a
75-25	32.11 ^b	2.46 ^{ab}	6.76 ^b
50-50	29.99 ^b	2.20 ^b	6.20 ^b
25-75	23.00 ^c	2.13 ^b	5.70 ^b
0-100	-	-	-
نسبت کاشت سویا- <i>S. verticillata</i>	تعداد غلاف در گیاه	تعداد دانه در غلاف	وزن صد دانه (گرم)
Planting ratio soybean - <i>S. verticillata</i>	Pod numbers per plant	Seed numbers per pod	100- seed weight (g)
100-0	60.16 ^a	3.06 ^a	8.20 ^a
75-25	54.11 ^a	3.00 ^a	7.20 ^{ab}
50-50	43.16 ^b	2.73 ^a	6.66 ^b
25-75	21.33 ^c	2.53 ^a	6.33 ^b
0-100	-	-	-
نسبت کاشت سویا- <i>S. glauca</i>	تعداد غلاف در گیاه	تعداد دانه در غلاف	وزن صد دانه (گرم)
Planting ratio soybean - <i>S. glauca</i>	Pod numbers per plant	Seed numbers per pod	100- seed weight (g)
100-0	60.16 ^a	3.06 ^{ab}	8.20 ^a
75-25	60.06 ^a	3.97 ^a	8.00 ^{ab}
50-50	45.50 ^b	3.00 ^a	6.76 ^{bc}
25-75	39.66 ^c	2.60 ^b	6.33 ^c
0-100	-	-	-

در هر ستون میانگین‌های دارای یک حرف مشترک از نظر آماری در سطح ۵٪ آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار فاقد اختلاف معنی‌داری هستند.

According to the LSD test, columns with the same letter are not significantly different at 5 % level.

viridis در تراکم ۵۰-۵۰ (سویا-علف هرز)، (۸۶/۲۲) در رقابت با *S. verticillata* و (۹۴/۷۲) در رقابت با *S. glauca* در تراکم ۲۵-۷۵ (سویا-علف هرز) به‌دست آمد (شکل ۳).

شاخص‌های رقابتی: بررسی شاخص تحمل سویا به تراکم‌های متفاوت هر سه گونه دمر و باقی‌مانده گیاه سویا به تراکم‌های پایین *S. glauca*، *S. verticillata* و *S. viridis* متحمل‌تر است (شکل ۳). حداکثر شاخص تحمل سویا (۴۰/۰۷) نیز در رقابت با *S.*



شکل ۲- تاثیر نسبت‌های مختلف کاشت سویا- علف هرز بر زیست توده (گرم در بوته) علف هرز
Figure 2- Effect of different planting ratios of soybean-weed on weed biomass (g per plant)

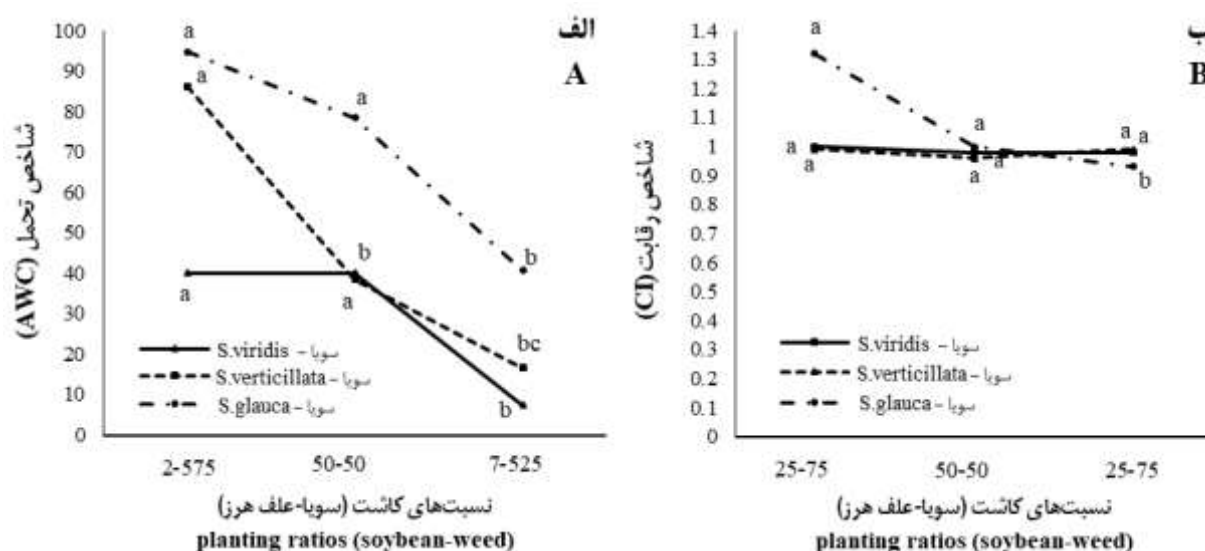
برگ، تعداد سنبله و زیست توده آن‌ها نسبت به کشت خالص گردید (جدول ۴)؛ که این امر می‌تواند به دلیل سایه‌اندازی بوته‌های گونه علف هرز غالب و همچنین افزایش رقابت برون گونه‌ای بر سر منابع آب و مواد غذایی باشد که باعث کاهش صفات نامبرده شد. سرخی لالو و همکاران (۳۲) گزارش کردند که با افزایش تراکم گندم (*Triticum aestivum* L.)، تعداد برگ یولاف وحشی (*Avena fatua* L.) کاهش معنی‌داری یافت. در همین راستا گلستانی‌فر و همکاران (۱۷) اظهار داشتند که با افزایش تراکم چاودار (*Secale cereale* L.) از صفر به ۲، ۴ و ۶ بوته در گلدان ارتفاع گندم به‌ترتیب ۵/۳۳، ۸/۸۷ و ۱۳/۳۹ درصد نسبت به شاهد بدون علف هرز کاهش پیدا کرد که ناشی از افزایش رقابت برون گونه‌ای بود.

حداکثر ارتفاع ساقه، تعداد پنجه، تعداد برگ، تعداد سنبله و زیست توده هر دو گونه در کشت خالص آن‌ها به دست آمد و با افزایش تراکم *S. viridis* از ۲۵ به ۷۵ درصد اختلاف معنی‌داری در میزان ارتفاع و تعداد پنجه گونه *S. verticillata* دیده نشد؛ اما سبب کاهش معنی‌دار تعداد برگ گردید (جدول ۴). تغییرات کم ارتفاع و تعداد پنجه به این دلیل است که شروع پنجه‌دهی در اوایل رشد هر دو گونه اتفاق می‌افتد که منابع محیطی در این زمان در حداکثر خود قرار دارد و رقابت به طور جدی بین دو گونه وجود ندارد؛ اما در مراحل پایانی رشد به دلیل رشد گیاه، رقابت بر سر منابع و کاهش آن، احتمال می‌رود گونه *S. verticillata* در رقابت با تراکم بالای گونه *S. viridis* برای تکمیل چرخه زندگی خود و بذردهی، منابع کمتری را به بخش رویشی اختصاص دهد و ممکن است از انتقال مجدد عناصر غذایی از برگ‌ها استفاده کند که این موضوع سبب ریزش برگ‌ها و کاهش آن می‌گردد.

این درحالی بود که شاخص تحمل سویا به تراکم‌های ۲۵ و ۵۰ درصد دو گونه *S. viridis* و *S. glauca* تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشتند. به عبارت دیگر گیاه سویا قادر به جلوگیری از کاهش عملکرد در این تراکم‌ها می‌باشد (شکل ۳-الف). همانطور که در شکل ۳-الف بارز است بالاترین شاخص تحمل سویا در همه نسبت‌ها در زمان رقابت با گونه *S. glauca* و کمترین میزان این شاخص در همه نسبت‌ها در زمان رقابت با گونه *S. viridis* مشاهده شد. حداکثر شاخص رقابت سویا (۱/۰۰) نیز در رقابت با *S. viridis*، (۰/۹۹) در رقابت با *S. verticillata* و (۱/۳۲) در رقابت با *S. glauca* در تراکم ۲۵-۷۵ (سویا-علف هرز) به‌دست آمد (شکل ۳-ب). بررسی شاخص رقابت نشان داد که افزایش تراکم دو گونه *S. verticillata* و *S. viridis* از ۲۵ به ۷۵ درصد و افزایش تراکم *S. glauca* از ۲۵ به ۵۰ درصد تفاوت معنی‌داری در توانایی سویا در کاهش زیست توده این سه گونه ایجاد نکرد (شکل ۳-ب). به عبارت دیگر سویا حتی با افزایش تراکم هر سه گونه دمروباهی از قدرت رقابتی بالاتری نسبت به این سه گونه برخوردار بوده و مانع از افزایش زیست توده علف هرز گردید. در مجموع با بررسی شاخص‌های رقابتی می‌توان مشاهده کرد که در بین سه گونه مورد بررسی توانایی رقابتی سویا به صورت $S. viridis < S. verticillata < glauca$ می‌باشد.

رقابت گونه‌های دمروباهی با یکدیگر

نتایج نشان داد که تراکم‌های متفاوت کاشت سه گونه دمروباهی با یکدیگر اثر معنی‌داری بر رشد و صفات مورفولوژیکی گونه‌ها داشته است (جدول ۴، ۵ و ۶). به گونه‌ای که کاهش تراکم *S. verticillata* نسبت به *S. viridis* و بالعکس سبب کاهش ارتفاع، تعداد پنجه، تعداد



شکل ۳- تاثیر نسبت‌های مختلف کاشت سویا- علف هرز بر شاخص تحمل (الف) و شاخص رقابت (ب)
Figure 3- Effect of different planting ratios of soybean-weed on AWC (A) and CI (B)

جدول ۴- مقایسه میانگین صفات مورفولوژیکی و زیست توده دو گونه *S. verticillata* و *S. viridis* در رقابت با یکدیگر

Table 4- Comparison of mean morphological and biomass traits of *S. viridis* and *S. verticillata* in competition with each other

<i>S. verticillata</i>					
نسبت <i>S. viridis</i> - <i>S. verticillata</i>	ارتفاع Height (cm)	تعداد پنجه در بوته Number of tillers per plant	تعداد برگ در بوته Number of leaves per plant	تعداد سنبله در بوته Number of spikes per plant	زیست توده Biomass (g in plant)
25-75	99.66 ^b	2.33 ^b	34.00 ^c	4.00 ^c	6.06 ^d
50-50	113.66 ^b	2.77 ^b	34.16 ^c	5.33 ^b	8.50 ^c
75-25	114.02 ^b	3.00 ^b	52.66 ^b	5.66 ^b	15.85 ^b
100-0	152.77 ^a	5.33 ^a	59.66 ^a	7.37 ^a	25.38 ^a
<i>S. viridis</i>					
نسبت <i>S. verticillata</i> - <i>S. viridis</i>	ارتفاع Height (cm)	تعداد پنجه در بوته Number of tillers per plant	تعداد برگ در بوته Number of leaves per plant	تعداد سنبله در بوته Number of spikes per plant	زیست توده Biomass (g in plant)
25-75	105.66 ^c	2.00 ^b	34.33 ^b	5.33 ^c	8.17 ^d
50-50	115.66 ^b	2.66 ^b	38.66 ^b	6.44 ^b	11.32 ^c
75-25	118.37 ^b	3.83 ^a	55.00 ^a	6.66 ^b	18.19 ^b
100-0	151.66 ^a	4.22 ^a	58.77 ^a	9.83 ^a	27.73 ^a

در هر ستون میانگین‌های دارای یک حرف مشترک از نظر آماری در سطح ۵٪ آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار فاقد اختلاف معنی‌داری هستند.

According to the LSD test, columns with the same letter are not significantly different at 5 % level.

می‌توان به وضوح مشاهده کرد که گونه *S. viridis* با ایجاد ارتفاع بیشتر، تعداد پنجه و برگ بیشتر و در نتیجه تولید زیست توده بالاتر توانست اثر کاهشی بیشتری روی گونه *S. glauca* داشته باشد (جدول ۵). از دلایل اصلی افزایش زیست توده پوشش گیاهی با افزایش تراکم هر گونه در این آزمایش را می‌توان افزایش ارتفاع بوته در تراکم‌های بالا که متاثر از افزایش رقابت بوته‌ها برای بهره‌مندی بهتر از نور می‌باشد، برشمرد. یکی از دلایل افزایش ارتفاع بوته به موازات

نتایج مقایسه میانگین صفات مورفولوژیکی و زیست توده دو گونه *S. glauca* و *S. viridis* نشان داد که افزایش تراکم هر گونه سبب کاهش شاخص‌های رشدی گونه دیگر شد و حداکثر ارتفاع، تعداد پنجه، تعداد برگ، تعداد سنبله، و زیست توده هر دو گونه در کشت خالص آن‌ها مشاهده گردید (جدول ۵). همچنین با افزایش تراکم هر گونه میزان شاخص‌های رشدی آن‌ها و زیست توده هر گونه افزایش یافت (جدول ۵). با مشاهده نسبت ۵۰-۵۰ این دو گونه علف هرز

از نور خورشید افزایش می‌یابد. همچنین، در شرایط سایه و کمبود نور در داخل سایه‌انداز گیاهی، تولید برخی هورمون‌های رشد نظیر اکسین افزایش یافته و این امر منجر به افزایش ارتفاع گیاه می‌شود.

افزایش تراکم بوته در واحد سطح می‌تواند ناشی از رقابت برای استفاده از تشعشع خورشیدی باشد. چون در تراکم‌های بالا نفوذ نور به داخل سایه‌انداز گیاهی کاهش و رقابت بین بوته‌ها برای بهره‌مندی

جدول ۵- مقایسه میانگین صفات مورفولوژیکی و زیست توده دو گونه *S. glauca* و *S. viridis* در رقابت با یکدیگر
Table 5- Comparison of mean morphological and biomass traits of *S. viridis* and *S. glauca* in competition with each other

نسبت <i>S. viridis</i> - <i>S. glauca</i>	<i>S. glauca</i>				
	ارتفاع Height (cm)	تعداد پنجه در بوته Number of tillers per plant	تعداد برگ در بوته Number of leaves per plant	تعداد سنبله در بوته Number of spikes per plant	زیست توده Biomass (g in plant)
25-75	92.00 ^c	2.00 ^b	11.00 ^d	2.33 ^d	6.57 ^d
50-50	105.33 ^b	3.00 ^a	19.83 ^c	4.33 ^c	10.24 ^c
75-25	115.55 ^a	3.25 ^a	32.25 ^b	5.91 ^b	12.31 ^b
100-0	118.00 ^a	3.33 ^a	47.55 ^a	7.33 ^a	18.99 ^a

نسبت <i>S. glauca</i> - <i>S. viridis</i>	<i>S. viridis</i>				
	ارتفاع (سانتی‌متر) Height (cm)	تعداد پنجه در بوته Number of tillers per plant	تعداد برگ در بوته Number of leaves per plant	تعداد سنبله در بوته Number of spikes per plant	زیست توده (گرم در بوته) Biomass (g in plant)
25-75	100.00 ^d	3.00 ^c	33.66 ^c	4.33 ^d	8.83 ^d
50-50	120.33 ^c	4.00 ^b	44.33 ^b	6.11 ^c	13.66 ^c
75-25	146.00 ^b	3.99 ^b	46.33 ^b	7.00 ^b	19.86 ^b
100-0	151.66 ^a	4.22 ^a	58.77 ^a	9.83 ^a	27.73 ^a

در هر ستون میانگین‌های دارای یک حرف مشترک از نظر آماری در سطح ۵٪ آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار فاقد اختلاف معنی‌داری هستند.

According to the LSD test, columns with the same letter are not significantly different at 5 % level.

گونه اختلاف معنی‌داری ایجاد نکرد و حداکثر میزان زیست توده و صفات مورفولوژیکی هر گونه در کشت خالص آن‌ها مشاهده گردید (جدول ۶).

نیکچه و همکاران (۲۹) در مطالعه رقابت دو گونه مرتعی *Bromus tomentellus* و *Poa pratensis* گزارش کردند که *B. tomentellus* نسبت به گونه *P. pratensis* در تراکم بالا توانایی پاسخ جبران را دارد و این گونه توانسته در تیمار رقابت (حضور *B. tomentellus* به همراه *P. pratensis*) تقریباً به میزان تیمار شاهد، تولیدات در بخش اندام هوایی (وزن خشک و ارتفاع) را حفظ کند که این امر در *P. pratensis* صادق نبود. آنها علت موفقیت *B. tomentellus* را ناشی از رشد اولیه سریع و سایه‌اندازی این گونه دانستند.

نتایج مقایسه میانگین اثر رقابت بین دو گونه *S. glauca* و *S. verticillata* نشان داد که هر چند افزایش تراکم هر گونه سبب کاهش صفات مورفولوژیکی گونه دیگر و کاهش زیست توده آن می‌گردد (جدول ۶)؛ اما گونه *S. verticillata* در تراکم ۷۵ درصد، در کاهش رشد گونه *S. glauca* از طریق کاهش ارتفاع، تعداد پنجه، تعداد سنبله و در نتیجه کاهش زیست توده بسیار بارزتر و مشهودتر می‌باشد. حال آنکه گونه *S. verticillata* با ایجاد ارتفاع و تعداد سنبله بالاتر توانست زیست توده بالاتری تولید کند که سایه‌اندازی بیشتر این گونه در رقابت با گونه *S. glauca* را به همراه داشت و در نهایت موفق‌تر عمل کرد (جدول ۶). افزایش تراکم *S. verticillata* از صفر تا ۵۰ درصد نتوانست کاهش معنی‌داری در تعداد پنجه گونه *S. glauca* نسبت به کشت خالص ایجاد کند (جدول ۶). همچنین افزایش تراکم گونه *S. verticillata* از ۲۵ به ۵۰ در تعداد سنبله این

جدول ۶- مقایسه میانگین صفات مورفولوژیکی و زیست توده دو گونه *S. glauca* و *S. verticillata* در رقابت با یکدیگر

Table 6 - Comparison of mean morphological and biomass traits of *S. verticillata* and *S. glauca* in competition with each other

<i>S. glauca</i>					
<i>S. verticillata</i> - <i>S. glauca</i> نسبت	ارتفاع Height (cm)	تعداد پنجه در بوته Number of tillers per plant	تعداد برگ در بوته Number of leaves per plant	تعداد سنبله در بوته Number of spikes per plant	زیست توده Biomass (g in plant)
25-75	83.33 ^c	3.00 ^b	30.33 ^b	4.66 ^c	5.72 ^d
50-50	91.75 ^b	3.08 ^{ab}	30.50 ^b	5.00 ^b	7.83 ^c
75-25	89.77 ^b	3.25 ^{ab}	32.25 ^b	5.91 ^b	13.85 ^b
100-0	118.00 ^a	3.33 ^a	47.55 ^a	7.33 ^a	18.99 ^a
<i>S. verticillata</i>					
<i>S. glauca</i> - <i>S. verticillata</i> نسبت	ارتفاع Height (cm)	تعداد پنجه در بوته Number of tillers per plant	تعداد برگ در بوته Number of leaves per plant	تعداد سنبله در بوته Number of spikes per plant	زیست توده Biomass (g in plant)
25-75	61.33 ^c	3.00 ^b	48.33 ^c	5.33 ^c	7.06 ^d
50-50	108.00 ^b	3.00 ^b	54.44 ^b	7.00 ^b	13.50 ^c
75-25	118.44 ^b	3.66 ^b	55.00 ^b	7.33 ^{ab}	18.52 ^b
100-0	152.77 ^a	5.33 ^a	59.66 ^a	7.37 ^a	25.38 ^a

در هر ستون میانگین‌های دارای یک حرف مشترک از نظر آماری در سطح ۵٪ آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار فاقد اختلاف معنی‌داری هستند.

According to the LSD test, columns with the same letter are not significantly different at 5 % level.

نتیجه‌گیری

بررسی سویا داشت. علاوه‌براین، نتایج حاصل از رقابت هر سه گونه دمروباهی با یکدیگر نشان می‌دهد که رقابت بین گونه‌ای در کاهش زیست‌توده علف هرز نسبت به رقابت درون گونه‌ای مؤثرتر بوده است؛ به‌طوری‌که گونه *S. viridis* با ایجاد ارتفاع بیشتر، تعداد پنجه و برگ بیشتر و در نتیجه تولید زیست توده بالاتر توانست اثر کاهشی بیشتری روی دو گونه *S. glauca* و *S. verticillata* داشته باشد. بنابر یافته‌های پژوهش حاضر می‌توان با افزایش تراکم سویا نسبت به مدیریت این علف‌های هرز بخصوص در تراکم‌های پایین آنها اقدام نمود.

به طور کلی در بررسی شاخص تحمل رقابت سویا به تراکم‌های متفاوت هر سه گونه دمروباهی نتایج نشان داد که گیاه سویا در تراکم‌های پایین (۲۵ درصد) *S. glauca*، *S. verticillata* و *S. viridis* متحمل‌تر می‌باشد؛ با این حال توانایی رقابتی سویا نسبت به این سه گونه به‌صورت $S. viridis < S. verticillata < S. glauca$ بود؛ بطوریکه با افزایش تراکم گونه *S. viridis* عملکرد سویا با شیبی تند کاهش پیدا کرد و اثر بازدارندگی بیشتری روی اکثر صفات مورد

منابع

- 1- Abdullahi A.W., Nasrollah Zadeh S., Dabagh Mohammadi Nasab A., Zahtab Salmasi S., and Pourdad S. 2014. Study on effect of weed interference and nitrogen fertilizer on performance of chickpea in intercropping with wheat. *Agricultural Science and Sustainable Production* 23(4): 85-100. (In Persian)
- 2- Adcock T.E., and Banks P.A. 2009. Effects of pre emergence herbicides on the competitiveness of selected weeds. *Weed Science* 39: 54-56.
- 3- Aguyoh J.N., and Masiunas J.B. 2003. Interference of redroot pigweed (*Amaranthus retroflexus*) with snap beans. *Weed Science* 51: 202-207.
- 4- Akbari A., Zand E., and Mosavi K. 2011. Evaluation the effect of row space and weed management approaches on biomass, chickpea (*Cicer arietinum* L.) yield, and yield components in Khorramabad dryland conditions. *Crop Production* 3(3): 1-21. (In Persian)
- 5- Asghari M., and Armin M. 2014. Effect of weed interference in different agronomic managements on grain yield and yield components of chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Crop Ecophysiology* 8: 32(4): 407-422. (In Persian)
- 6- Bakhtiari Moghadam M., Vazan S., Asfyny Farahani M., Azizkhany S., and Rezaei K. 2012. Study of time and location management of weed control on yield and some agronomical traits of chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Journal of Agriculture and Plant Breeding* 8: 87-96. (In Persian)
- 7- Bilgili U., Sincik M., Uzan A., and Acikgoz E. 2003. The influence of row spacing and seeding rate on seed yield and yield components of forage turnip (*Brassica napus* L.). *Journal of Agronomy and Crop Science* 189(4): 250-254.
- 8- Blackshaw R.E., Stobbe E.H., and Sturko A.R.W. 1981. Effect of seeding dates and densities of green foxtail (*Setaria*

- viridis*) on the growth and productivity of spring wheat (*Triticum aestivum* L.). Weed Science 29: 212-217.
- 9- Chaab A., Bakhshandeh A., Zand E., Ebrahimpour F., Shafeinia A., and Anafjeh Z. 2010. Effect of competition of wild mustard (*Sinapis arvensis* L.) on yield and yield components of canola (*Brassica napus* L.) in pot and field conditions. Electronic Journal Crop Production 3(2): 33-48. (In Persian)
- 10- Challaiah O., Burnside C., Wicks G.A., and Johanson V.A. 1986. Competition between winter wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars and downy brome (*Bromus tectorum*). Weed Science 34: 689-693.
- 11- Defelice M. S. 2002. Green foxtail, *Setaria viridis* (L.) P. Beauv. Weed Technology 16: 253-257.
- 12- Dhanput K., Singh K., Kumar D., and Sinugh K. 2002. Stabbility analysis for seed yield and its components over different plant densities in soybean. Legume-Research 25(3): 222-224.
- 13- Douglas B.J., Gordon T.A., Morrison I.N., and Maw M.G. 1985. The biology of Canadian weeds. 70. *Setaria viridis* (L.) Beauv. Canadian Journal of Plant Science 65: 669-690.
- 14- Fereydoni N., Rafei M., and Khorgami A. 2010. Effect of planting, application of nitrogen fertilizer and weed interference on corn yield and morphological characteristics of a Single Cross 704. Journal of Crop Physiology 2(2): 85-95.
- 15- Ghamari H., and Ahmadvand G. 2013. Effect of different periods of weed interference and weed control on height, yield and yield components of common bean. Journal of Crop Production and Processing 3(9): 71-80. (In Persian)
- 16- Golestani Far F., Mahmoodi S., Zamani Gh.R., and Sayyari Zahan M.H., 2016. Effect of inter and intra-specific competition on morphological and growth characteristics of wheat (*Triticum aestivum* L.) and rye (*Secale cereale* L.) under drought stress conditions. Environmental Stresses in Crop Science 9(3): 241-256.
- 17- Gozubenli H. 2010. Influence of planting patterns and plant density on the performance of maize hybrids in the eastern mediterranea conditions. International Journal of Agriculture and Biology 12: 556-560.
- 18- Habibi F., and Sorkhi F. 2011. Effect of wild oats density on morphological characteristics and yield of winter wheat. Journal of Research in Crop Sciences 13(4): 41-50. (In Persian)
- 19- Holm L.G., Plunknett D.L., Pancho J.V., and Herberger J.P. 1991. The world's worst weeds. Distribution and Biology. Krieger Publishing Company, Malabar, Florida.
- 20- Jozarian Z., Yadavi A., Movahedi Dehnavi M., and Maghsodi E. 2014. Effect of row spacing and plant density on yield quality and quantity of soybean under weed competition. Agroecology 6(4): 857-848. (In Persian)
- 21- Jozarian Z., Yadavi A., Movahedi Dehnavi M., and Maghsodi E. 2018. Effect of planting patterns on grain yield and morphological characteristics of soybean (*Glycine max* L.) in the competition with weeds. Plant Ecophysiology 10(33): 138-148. (In Persian)
- 22- Kiani M., Movahedi Dehnavi M., and Yadavi A. 2012. Interaction effects of planting date and weed competition on yield and yield components of three white bean cultivars in Semirom. Journal of Crop Production and Processing 2(3): 17-29. (In Persian)
- 23- Lythgoe B., Norton R.M., Nicolas M.E., and Conner D.J. 2001. Compensatory and competitive ability of tow canola cultivars. International Journal of Agronomy 2: 1-8.
- 24- Masuda T., and Goldsmith P. 2009. World soybean production: area harvested yield, and long-term projections. International Food and Agribusiness Management Review 12: 143-162.
- 25- Mirshekari B., Frahvash F., and Javanshir A. 2010. Phenology and grain yield of maize cv. Hybrid 604 at interference with lambsquarters (*Chenopodium album* L.). Seed and Plant Production Journal 2-26(4): 365-385. (In Persian)
- 26- Mohammadi G.R., Javanshir A., Rahimzadeh-Khoie F., Mohammadi A., and Zehtab-Salmasi S. 2004. The effect of weed interference on shoot and root growth and harvest index in chickpea. Iranian Journal of Crop Sciences 6: 24-33. (In Persian)
- 27- Mousavi M.R. 2008. Integrated Weed Management (Principles and Methods). Miad Publisher. p.468. (In Persian)
- 28- Naseri R., Fasihi K Hatami A., and Poursyahbidi M.M. 2010. Effect of planting pattern on grain yield, yield components, oil and protein contents in winter safflower cv. sina under rainfed condition. Journal of Crop Science 12(3): 227-238.
- 29- Nikcheh M., Mohammad Esmaili M., Nakhzari Moghaddam A., and Bahmanesh B. 2018. Study of competition between two rangeland species *Bromus tomentellus*, *Poa pratensis* in order to protect them in rangeland ecosysteme. Journal of Plant Ecosystem Conservation 6(12): 123-134. (In Persian)
- 30- Rajcan I., and Swanton C.J. 2001. Understanding maize-weed competition: resource competition, light quality and whole plant. Field Crop Research 71: 139-150.
- 31- Sebastian J., Wong M.K., Tang E., and Dinneny J.R. 2014. Methods to promote germination of dormant *Setaria viridis* seeds. PLoS One 9: 95-109.
- 32- Sorkhi Lellahlo F., Dabbagh Mohammadi Nasab A., and Javanshir A. 2008. Evaluation of leaf characteristics and root to shoot ratio on the interference of underground and shoot organs in wheat (*Triticum aestivum*) and different density of wild oats (*Avena fatua*). Journal of Sciences and Technology of Agriculture and Natural Resources 45: 435-446. (In Persian)
- 33- Stefan S., Cragi E.A., and Michael H.D. 2004. Forage soybean yield and quality responses to plant density and row distance. Agronomy Journal 96: 966-970.

- 34- Tepe I., Erman M., Yergin R., and Bükün B. 2011. Critical period of weed control in chickpea under non-irrigated conditions. Turkish Journal Agriculture and Forestry 35: 525-534.
- 35- Watson P.R., Derksen D.A., Van Acker R.C., and Blrvine M.C. 2002. The contribution of seed seedling, and mature plant traits to barley cultivar competitiveness against weeds. Proceedings of the National Meeting- Canadian Weed Science Society 14: 49-57.



Competitive Ability of Soybean and Three Species of Foxtail *Setaria glauca*, *S. verticillata* and *S. viridis* in Different Planting Ratios

V. Amini¹- F. Zaefarian^{2*}- M. Rezvani³

Received: 07-11-2020

Accepted: 17-04-2021

Introduction: Competition for resources among plants has long been considered to generate stress for plants and to be important for determining the distribution of species, as well as their evolution. Competition can occur among the organs of a plant (intra plant competition), or negative interactions between the plants of a species (intra specific competition) or interference among different plant species (inter specific competition). Weeds have long been considered as the main competitor of crop plants. These plants can be problematic due to competition with crop plants over light, water and nutrients, decreases the quantity and quality of the product and the creation of a suitable refuge for insects and pathogens. The presence of weeds in soybean reduces seed yield and the rate of this decrease depends on weed density and stage growth stage. In agriculture areas, crop density is kept constant whereas weed density varies in accordance to local infestation degree. Therefore, variation in plant proportion of crops and weeds is established. Thus, in competition studies, it is important to measure the influence of plant density on the competitive process as well as the variation in plant proportion. There are several methodologies used to study plant competition. However, most researchers measured just the interference of weeds on crop growth and production without concerning about the competition process. Thus, it is important to use appropriate experimental designs and methods of analysis to understand the competition process not just by quantifying crop losses but in a mechanistic way. Replacement series experiments allow the control of plant density and proportion, where plant density is kept constant while plant proportion is changed for both studied species. This study aimed to investigate the response of soybeans to the interaction of three species of foxtail (*Setaria glauca*, *S. verticillata* and *S. viridis*) and competitions between the species of these three weeds.

Materials and Methods: These pot experiments were carried out at Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University based on a completely randomized design in three replications. The first experimental treatments included planting ratios: 25:75, 50:50, 75:25 (soybean-weed) and pure stand of soybean and weed and in the other three experiments, each of the weeds compared in pairs with the ratios listed above. Density of soybean and weed in the sole stand was four plants per pot and in the planting ratio of 50:05 soybean-weed, two plants were considered from each plant. Also, in the planting ratio of 75:25 soybean and weed, 4 seeds were cultivated in each pot, wherein planting ratio of 75% three seeds of soybean or weed and planting ratio of 25% one seed of soybean or weed was planted. The traits studied in this experiment included seed yield, number of sub-branches, number of pods per plant, number of seeds per pod and 100- seed weight of soybeans. Weed biomass, height, number of leaves, number of spikes and number of tillers of weeds were also calculated in competition with each other. In addition, the ability of weed competition and the competition index were determined.

Results and Discussion: The results showed that the competitive ability of three species with soybean showed that the maximum soybean seed yield (15.56 g plant⁻¹) were obtained in weed-free conditions (soybean monoculture) and increasing soybean density in interference with three species of foxtail reduce weeds biomass compare to the monoculture of weed. Although, survey competitive withstand ability of soybean to different densities of three species of foxtail showed that soybean is more tolerant to low densities (25%) of *S. glauca*, *S. verticillata* and *S. viridis*, but the competitive ability of soybeans compared to these three species was *S. glauca* > *S. verticillata* > *S. viridis*; because the increasing density of *S. glauca*, caused decreasing soybean yield with a gentle slope while, increasing density of *S. viridis*, made a decrement of soybean yield with a steep slope. The competitive ability of three species of foxtail together showed that increasing density of any species will diminished the growth index of other species when maximum height, tiller number, leaf number, spike number and biomass of all three species was observed in their monoculture.

Conclusion: The results of the competition of all three species of terns with each other show that inter-species competition has been more effective in reducing weed population life than the intra-species competition; Thus, *S. viridis* species could have a greater decreasing effect on *S. verticillata* and *S. glauca* species by creating more

1 and 2- M.Sc. Student and Associate Professor of Aronomy, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, respectively.

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

3- Associate Professor of Agronomy and Plant Breeding, Qaemshahr Branch, Islamic Azad University, Qaemshahr, Iran
DOI: 10.22067/jpp.2021.32844.0

height, more tillers and leaves and as a result higher biomass production. So, the competitiveness between the three species was *S. glauca* < *S. verticillata* < *S. viridis*. According to the findings of the present study, by increasing the density of soybeans, weeds can be managed, especially in their low densities.

Keywords: Competition, Planting Ratios, Weed, Yield



مقاله پژوهشی

ارزیابی تأثیر کشت مخلوط گندم با گاوदानه و خلر بر تراکم و تنوع علف‌های هرز در سامانه‌های مختلف خاک‌ورزی

اخلاص امینی^۱ - علیرضا تاب^{۲*} - امانول رادپستی^۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۰/۳۰

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۱/۳۱

چکیده

به منظور بررسی اثر الگوهای مختلف کشت مخلوط سری‌های افزایشی گاوदानه و خلر بر تنوع و تراکم علف‌های هرز در کشت گندم تحت سامانه‌های مختلف خاک‌ورزی، آزمایشی به صورت کرت‌های خردشده بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه ایلام در دو سال زراعی ۱۳۹۷-۹۸ و ۱۳۹۸-۹۹، اجرا شد. کرت‌های اصلی شامل خاک‌ورزی در سه سطح (خاک‌ورزی متداول، خاک‌ورزی حداقل و بدون خاک‌ورزی) و کرت‌های فرعی، شش سری کشت مخلوط افزایشی گاوदानه، خلر با گندم (کشت خالص گندم، کشت مخلوط افزایشی ۱۰۰ درصد گندم+۵۰ درصد گاوदानه، کشت مخلوط افزایشی ۱۰۰ درصد گندم+۵۰ درصد خلر، کشت خالص خلر و شاهد (بدون کشت گیاه زراعی) بودند. صفات مورد بررسی شامل جمعیت، تنوع و تراکم علف‌های هرز بودند. نتایج نشان داد کشت مخلوط افزایشی گندم+گاوदानه موجب کاهش تراکم علف‌های هرز بیشتر از سایر تیمارها شد. میزان کاهش تراکم بوته علف‌های هرز در الگوی کاشت گندم+گاوदानه و گندم+خلر تحت شرایط بدون خاک‌ورزی نسبت به شاهد به ترتیب ۷۷ و ۶۹/۹ درصد بود. این میزان کاهش تحت شرایط خاک‌ورزی حداقل به ترتیب ۸۰/۱ و ۷۶/۱ درصد و در خاک‌ورزی متداول به ترتیب ۷۰/۲ و ۵۴/۵ درصد بود. بیشترین شاخص تنوع علف‌های هرز (شانون-وینر، بریلوین و غنای گونه‌ای مارکالف) در شاهد و کشت خالص خلر مشاهده شد. خاک‌ورزی متداول بیشترین تعداد و تنوع علف‌های هرز را به خود اختصاص داد. در هر دو سال بیشترین شاخص غالبیت (۰/۳۸) در الگوی کاشت گندم+گاوदानه مشاهده شد. بر اساس نتایج این تحقیق، کشت مخلوط افزایشی گیاهان بقولات با گندم می‌تواند گامی مؤثر در راستای مدیریت علف‌های هرز در سامانه‌های کشاورزی پایدار باشد.

واژه‌های کلیدی: الگوی کشت، بقولات، جمعیت علف‌های هرز، خاک‌ورزی حفاظتی

را متأثر می‌سازد (۳).

مقدمه

در سال‌های اخیر، استفاده از کودهای شیمیایی، علف‌کش‌ها و خاک‌ورزی‌های فشرده و مرسوم هزینه‌های تولید را افزایش داده و با کاهش ماده آلی خاک، کاهش کیفیت محصولات زراعی و ایجاد آلودگی‌های زیست محیطی، ریسک تولید در نظام‌های زراعی را افزایش داده است؛ بنابراین به کارگیری راهکارهای مؤثری که شرایط بهینه‌ای را برای مدیریت علف‌های هرز، چرخش عناصر غذایی و افزایش عملکرد گیاه زراعی را فراهم آورده، ضروری کرده است (۹). به همین خاطر، پژوهشگران در تلاش هستند امنیت غذایی را با طراحی و اجرای سامانه‌های برخوردار از پایداری تأمین نمایند. در این

در کشاورزی رایج، کشاورزان معمولاً جهت بهبود ساختمان خاک و کنترل علف‌های هرز از ابزار خاک‌ورزی استفاده می‌کنند. به هر حال، این عملیات‌ها در دراز مدت تخریب ساختمان خاک و کاهش حاصلخیزی خاک را به دنبال خواهد داشت (۲۹). سیستم‌های خاک‌ورزی با جابجایی و انتقال بذور علف‌های هرز به اعماق مختلف خاک، برگرداندن بقایا به خاک و در نتیجه تغییر چرخه عناصر غذایی تأثیر زیادی بر جامعه علف‌های هرز دارند (۴۵). به طور کلی شخم، ترکیب و خصوصیات مورفولوژیک و فیزیولوژیک جوامع علف‌های هرز

۳- محقق گروه علوم شیمیایی و دارویی، دانشگاه فراره، فراره، ایتالیا

DOI: 10.22067/jpp.2021.68035.1004

۱ و ۲- به ترتیب دانشجوی دکتری اکولوژی گیاهان زراعی و استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام، ایلام

(Email: a.taab@ilam.ac.ir)

(*) نویسنده مسئول:

راست، به نظر می‌رسد که بتوان با کاهش عملیات خاک‌ورزی و باقی‌گذاشتن بقایای گیاهی در سطح خاک به عنوان راهکار زراعی مناسب در جهت مدیریت بهتر علف‌های هرز، در جهت بازپرورش عناصر غذایی و حفظ پتانسیل عملکرد گیاهان زراعی اقدام نمود (۹ و ۱۷).

یکی از مؤلفه‌های مهم کشاورزی حفاظتی عملیات بدون خاک‌ورزی است که در نتیجه اجرای آن سطح خاک توسط حداقل ۳۰ درصد از بقایای گیاهی پوشش داده می‌شود، در این روش هیچ نوع عملیات شخم صورت نمی‌گیرد و تنها ماشین کاشت، بذر و کود را با حداقل برهم‌خوردگی در خاک قرار می‌دهد (۲۶). به کارگیری خاک‌ورزی‌های حفاظتی و کاهش یافته در بلندمدت از طریق کاهش تلفات عناصر غذایی و کاهش آبشویی باعث بهبود باروری و حاصلخیزی خاک می‌شود (۸). با وجود مزایای بسیار خاک‌ورزی کاهش یافته نسبت به خاک‌ورزی متداول، در بیشتر مواقع با این تغییر سامانه، مشکل علف‌های هرز افزایش می‌یابد و استقرار و عملکرد گیاهان زراعی را متأثر می‌سازند (۲۸). لذا تغییر در عملیات خاک‌ورزی یا نوع عملیات شخم می‌تواند باعث تغییر در تراکم و تنوع علف‌های هرز گردد (۱۵). بر اساس تحقیقات رنتون و فلاور (۲۸) بر اثر کاربرد شخم متداول با گاواهن برگرداندار و سیستم بدون شخم بر جمعیت علف‌های هرز، مشاهده شد که در زمان برداشت محصول تعداد علف‌های هرز در سامانه بدون خاک‌ورزی به آستانه بحرانی رسید که در نتیجه آن عملکرد محصول کاهش یافت. نتایج این تحقیق نشان داد استفاده سالانه از شخم برگرداندار برای مدیریت جمعیت علف‌های هرز مؤثر است. در واقع مدیریت علف‌های هرز در نظام‌های خاک‌ورزی حفاظتی در مقایسه با نظام‌های متداول خاک‌ورزی، پیچیده‌تر و متمایز است و می‌توان گفت، حداقل در کوتاه‌مدت، وابستگی بیشتری به مصرف علف‌کش‌ها با توجه به نوع گیاه زراعی دارد (۱۸).

جمعیت علف‌های هرز همچنین ممکن است تحت تأثیر تنوع گونه‌ای در سامانه‌های خاک‌ورزی حفاظتی کاهش یابد (۱۴). با افزایش تنوع، آشیان‌ها و فضاهای خالی موجود در زمین اشغال می‌شوند و علف‌های هرز کمتر فرصت حضور در عرصه را پیدا می‌کنند (۵). و از این رو از کشت مخلوط را به عنوان یکی از راهکارهای ایجاد تنوع در سامانه‌های کشاورزی استفاده کرد. کشت مخلوط، عبارت از کشت دو یا چند گیاه در یک قطعه از زمین و در یک سال زراعی است. در حقیقت، این سیستم کشت، الگوی اقتباس شده از سامانه‌های پایدار طبیعی گیاهان مانند مراتع، جنگل‌های بکر و دست‌نخورده می‌باشد و بیانگر این است که طبیعت، همواره ترکیب از گونه‌ها را بر یک گونه ترجیح می‌دهد (۱۳). به کارگیری کشت مخلوط می‌تواند منجر به بهبود استفاده از منابع قابل دسترس توسط گیاه زراعی و

کاهش فرصت استقرار و رشد علف‌های هرز شود (۱۴). به همین خاطر کشت مخلوط تبدیل به یک روش مدیریت کشاورزی شده است که می‌تواند برای کاهش وابستگی به علف‌کش‌های شیمیایی در کنترل علف‌های هرز مورد استفاده قرار گیرد (۷). سرکوب علف‌های هرز و کاهش رشد علف‌هرز بر اثر تداخل گیاه زراعی به عنوان یک عامل تعیین‌کننده برتری عملکرد کشت مخلوط قلمداد می‌شود (۳۹). حضور گیاه زراعی، سلسله مراتب گونه‌های اجتماع علف‌هرز را تغییر می‌دهد. به عبارت دیگر، اضافه کردن گونه دوم گیاه زراعی به کشت خالص توزیع زیست‌توده بین گونه‌ها در اجتماع علف‌های هرز را تغییر خواهد داد (۲۷). کشت مخلوط به دلیل تأثیری که بر جنبه‌های مختلف تولید و به‌ویژه کارایی استفاده از منابع دارد، می‌تواند افزایش عملکرد گونه‌های مخلوط نسبت به کشت خالص را در پی داشته باشد (۳۰). یکی از دلایل افزایش عملکرد در چنین سامانه‌هایی این است که گونه‌های کشت شده در کشت مخلوط از منابع یکسانی در یک آشیان اکولوژیک استفاده نمی‌کنند و در نتیجه منابع قابل دسترس مانند آب، عناصر غذایی و تشعشع خورشید را به صورت مکمل جذب می‌کنند (۱۱). به طور کلی بررسی عملکرد در سامانه‌های کشت مخلوط در گرو انتخاب گیاهان سازگار و واجد صفات مناسب برای ایجاد حداقل رقابت و حداکثر مساعدت و به کارگیری عملیات زراعی مناسب (از جمله تراکم و نسبت اختلاط) گزارش شده است (۲). در میان گیاهان زراعی مختلف غلات از مهمترین محصولات زراعی در سطح جهان می‌باشند که به‌طور متوسط در حدود ۵۵-۵۰ درصد کالری مصرفی انسان را تأمین می‌نمایند. در این بین گندم (*Triticum aestivum* L.) به دلیل قدرت سازگاری بالا و تنوع فرآورده‌های حاصله از اهمیت زیادی برخوردار است، به‌طوری‌که امروزه اولین محصول مهم غذایی جهان به‌شمار می‌آید (۲۴). بنابراین باید بازنگری در روش‌های متداول کشاورزی و استراتژی‌های مربوط به استفاده بهینه از زمین و افزایش تولید در زمینه غلات به‌ویژه گندم، بیش از پیش مورد توجه قرار گیرد (۱۳).

امروزه بر کسی پوشیده نیست که وارد شدن بقولات علوفه‌ای در تناوب دیمزارها با اصلاح الگوی کشت و ایجاد تنوع محصول، منجر به افزایش پایداری تولید می‌شود. در این رابطه برخی بقولات علوفه‌ای یک‌ساله شامل خلر (*Lathyrus sativus* L.) و گاودانه (*Vicia ervilia* L.)، نتایج بسیار امیدبخشی نشان داده‌اند. کشت این گیاهان علاوه بر افزایش مواد آلی و نیتروژن به خاک و تولید علوفه برای دام‌ها، عملکرد غلاتی که بعد از آن‌ها یا همراه آن‌ها کشت می‌شوند را نیز بهبود می‌بخشد (۶). در پژوهشی، کشت مخلوط گندم و شبدر زیرزمینی (*Trifolium subterraneum* L.) باعث کاهش تراکم و زیست‌توده علف‌های هرز در مقایسه با کشت خالص گندم شد (۱۲). در مطالعه دیگری، کشت مخلوط گندم و نخود (*Cicer arietinum*) موجب کاهش تراکم و زیست‌توده علف‌های هرز در مقایسه با کشت

مانند خلر و گاوदानه به عنوان گیاهان پوششی، مفید به نظر می‌رسد. بنابراین، این تحقیق با هدف بررسی کارایی دو نوع گیاه علوفه‌ای خلر و گاوदानه از خانواده بقولات بر پویایی و تنوع جمعیت علف‌های هرز گندم در سامانه‌های مختلف خاک‌ورزی طراحی و اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به منظور بررسی تأثیر کشت مخلوط گیاهان علوفه‌ای از خانواده بقولات بر جمعیت و تنوع علف‌های هرز گندم در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام به عرض جغرافیایی ۳۳ درجه و ۳۹ دقیقه شمالی، طول جغرافیایی ۴۶ درجه و ۲۲ دقیقه شرقی، و ارتفاع ۱۱۷۴ متر از سطح دریا طی دو سال زراعی ۱۳۹۷-۹۸ و ۹۹-۱۳۹۸ اجرا گردید. در طول فصل رشد مجموع بارندگی در سال اول و دوم به ترتیب ۱۰۱۰ و ۶۵۱ میلی‌متر، میانگین دمای حداقل و حداکثر در طول دوره رشد، به ترتیب ۶ و ۱۷/۸ درجه سانتی‌گراد در سال اول؛ ۶/۱ و ۱۸/۸ درجه سانتی‌گراد در سال دوم بود (جدول ۱).

خالص‌های گندم و نخود شد (۷). پاتیناسه و همکاران (۳۳) گزارش کردند که در کشت مخلوط تنوع علف‌های هرز در مقایسه با کشت خالص افزایش، در حالی که زیست‌توده علف‌های هرز کاهش یافت. همچنین پالازر و همکاران (۳۵) بیان کردند که کشت مخلوط گندم و نخود می‌تواند موجب تولید عملکرد بالایی از گندم شود، به طوری که علاوه بر پایداری اقتصادی، سازگار با محیط‌زیست نیز باشد.

خسارت علف‌های هرز و عدم مدیریت صحیح پیشگیری و کنترل آن‌ها، یکی از مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار بر کاهش محصول گندم در خاک‌ورزی حفاظتی می‌باشد. به طوری که میزان کاهش عملکرد گندم تحت شرایط عدم کنترل علف‌های هرز در سامانه‌های بی‌خاک‌ورزی تا ۷۰ درصد گزارش شده است (۴۴). با توجه به تغییر نگرش در زمینه پرهیز از استفاده از علف‌کش‌های شیمیایی، انتخاب روش مناسب برای کنترل علف‌های هرز گندم که علاوه بر کارآمدی، کمترین خسارت را به محیط زیست وارد نماید از اهمیت به‌سزایی برخوردار است. از سوی دیگر، با در نظر گرفتن نقش مثبت گیاهان علوفه‌ای از خانواده بقولات در بهبود خصوصیات خاک و کمک به رشد و عملکرد سایر گیاهان در کشت مخلوط، استفاده از گیاهان علوفه‌ای

جدول ۱- دمای حداقل، دمای حداکثر، دمای متوسط و میزان بارندگی در طول دوره رشد گندم در سال‌های ۱۳۹۷-۱۳۹۸ و ۱۳۹۹-۱۳۹۸

Table 1- Maximum (T max), minimum (T min), average temperature (T mean) and rainfall during wheat growing season in 2018-19 and 2019-20

ماه Month	سال زراعی ۱۳۹۷-۹۸ Year 2018-2019				سال زراعی ۱۳۹۸-۹۹ Year 2019-2020			
	دمای حداقل T min (°C)	دمای حداکثر T max (°C)	دمای متوسط T mean (°C)	بارش (میلی‌متر) Rainfall (mm)	دمای حداقل T min (°C)	دمای حداکثر T max (°C)	دمای متوسط T mean (°C)	بارش (میلی‌متر) Rainfall (mm)
آبان October- November	7.8	18.1	12.9	221	6.5	20	13.2	40.9
آذر November- December	4.3	13.7	9	170.4	2.8	13.7	8.3	173.7
دی December- January	-0.1	10.5	5.2	91.7	0	11.8	5.9	67.3
بهمن January- February	0.6	11.9	6.2	189.3	-0.6	10.2	4.8	77.9
اسفند February-March	1.1	11.9	6.5	104.6	4.9	16.2	10.5	266.1
فروردین March- April	6.3	17	11.7	222.2	6.3	18.5	12.4	18
اردیبهشت April- May	9.8	25.1	17.4	10.9	11.9	26	19	7.2
خرداد May- June	18	34.5	26.3	0	17.3	33.8	25.5	0

گیاه زراعی) قرار گرفتند. ۴۵۵ بذر گندم در متر مربع، ۲۰۰ بذر گاوآنه در مترمربع و ۱۲۰ بذر خلر در مترمربع در کشت خالص و تراکم ۱۰۰ درصد کاشته شد.

بافت خاک سیلت لوم رسی بود. جهت مشخص نمودن خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک قبل از کاشت از عمق صفر تا ۳۰ سانتی متری از نقاط مختلف مزرعه نمونه برداری خاک انجام شد (جدول ۲).

آزمایش به صورت کرت های خرد شده در قالب طرح پایه بلوک های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. در کرت های اصلی، خاک ورزی در سه سطح (خاک ورزی متداول، خاک ورزی حداقل و بدون خاک ورزی) و در کرت های فرعی، شش الگوی کاشت شامل (کشت خالص گندم، کشت مخلوط افزایشی ۱۰۰ درصد گندم + ۵۰ درصد گاوآنه، کشت مخلوط افزایشی ۱۰۰ درصد گندم + ۵۰ درصد خلر، کشت خالص گاوآنه، کشت خالص خلر و شاهد (بدون کشت

جدول ۲- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه آزمایش (عمق ۰-۳۰ سانتی متری)
Table 2- Physical and chemical characteristics of experimental field soil (0-30 cm depth)

سال Year	هدایت الکتریکی EC (dS m ⁻¹)	اسیدیته pH	ماده آلی OM (%)	فسفر قابل جذب P (mg kg ⁻¹)	پتاسیم قابل جذب K (mg kg ⁻¹)	نیترژن کل Total N (%)
2018-2019	0.56	7.86	2.34	10.80	386.66	0.12
2019-2020	0.30	8.09	3.09	3.52	339.68	0.19

شدند به طوری که در کشت مخلوط افزایشی فاصله بین ردیف ها ۱۰ سانتی متر بود.

در مرحله سنبله دهی گندم با توجه به توسعه کامل کانوپی گندم و سبز شدن و رشد حداکثر علف های هرز در این زمان و همچنین قبل از رسیدگی کامل و ریزش اندام های برخی علف های هرز، نمونه برداری جهت تعیین تراکم و تنوع علف های هرز به صورت تصادفی و از مساحتی معادل ۰/۲۵ مترمربع با استفاده از یک کوادرات ۰/۵×۰/۵ متری و با رعایت اثر حاشیه ای به صورت تخریبی انجام شد. علف های هرز موجود در هر کوادرات پس از شمارش، به تفکیک گونه شناسایی گردیدند.

درصد فراوانی نسبی برابر با فراوانی مطلق هر گونه تقسیم بر فراوانی مطلق کل گونه های علف هرز ضربدر ۱۰۰ است. فراوانی مطلق هر گونه نیز برابر با تعداد نمونه حاوی گونه مورد نظر تقسیم بر تعداد کل نمونه هاست. شاخص های تنوع گونه ای علف های هرز با استفاده از معادلات ذیل محاسبه گردید (۱۰ و ۱۶).

معادله (۱) شاخص تنوع شانون-وینر^۱

$$H = -\sum_{i=1}^S [P_i \ln(P_i)]$$
 در این معادله، P_i فراوانی نسبی افراد گونه i ام، S تعداد گونه، 1- و H' شاخص تنوع گونه ای شانون-وینر می باشد. مقدار H' با افزایش تعداد گونه ها در اجتماع فزونی می یابد و از نظر تئوریک می تواند به مقادیر بسیار زیادی برسد، اما در عمل از ۴/۵ بیشتر نیست. این شاخص نیز واحد ندارد.

معادله (۲) شاخص تنوع بریلوین^۲

$$\hat{H} = \frac{1}{N} \log \left(\frac{N!}{n_1! n_2! n_3! \dots} \right)$$
 در این معادلات، N تعداد کل افراد، n_1 : تعداد افراد متعلق به گونه ۱؛ n_2 : تعداد افراد متعلق به گونه ۲، n_3 : تعداد افراد متعلق به گونه ۳

در هر دو سال، آماده سازی و شخم زمین در اواسط مهرماه بر اساس خاک ورزی متداول، خاک ورزی حداقل و بدون خاک ورزی انجام گردید. برای انجام خاک ورزی متداول از دستگاه های متداول و مرسوم منطقه که به صورت کامل خاک ورزی را انجام می دهند، استفاده شد. زمین پس از گاوآنه شدن در آغاز با گاوآهن برگرداندار شخم و پس از آن برای نرم کردن کلوخه ها دو بار دیسک زده شد. در روش خاک ورزی حداقل، زمین با استفاده از گاوآهن قلمی شخم زده شد به طوری که حداقل ۳۰ درصد از بقایا گیاهان روی سطح خاک باقی مانده و بقیه با خاک مخلوط شدند. در روش بدون خاک ورزی نیز کشت بدون شخم صورت گرفت. برای کشت گندم از بذر گواهی شده رقم آبی بهاران که از مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی ایلام تهیه شده بود استفاده گردید این رقم گندم جزء ارقام زودرس با عادت رشدی بهاره مناسب کشت در مناطق معتدل، مقاوم به خوابیدگی، میانگین ارتفاع بوته ۸۹ سانتی متر و میانگین وزن هزار دانه ۴۴ گرم بود. برای کاشت گیاهان علوفه ای خلر و گاوآنه از توده های محلی استفاده گردید. میزان بذر لازم برای گندم ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار و بذر مصرفی گیاهان خلر و گاوآنه در کشت خالص آن ها به ترتیب ۱۵۰ و ۷۰ کیلوگرم در هکتار و متناسب با شیوه کشت مرسوم منطقه در نظر گرفته شد. کرت های فرعی آزمایش به مساحت شش مترمربع (۳×۲ متر) بود، فاصله بین کرت های فرعی از هم ۰/۵ متر و فواصل بین کرت های اصلی از هم سه متر در نظر گرفته شد.

عملیات کاشت گندم و گیاهان همراه در هر دو سال در هفته دوم آبان ماه به طور هم زمان و با دست به صورت ردیفی انجام گردید. کاشت گندم در ردیف های با فاصله ۲۰ سانتی متر و در کشت مخلوط افزایشی، بذر گیاهان علوفه ای در وسط ردیف های کاشت گندم، کشت

می‌باشد. همچنین این شاخص واحد ندارد.

$$E_p = \frac{H'}{\ln(S)} \quad \text{معادله (۳) شاخص یکنواختی پیت}$$

در این معادله، E_p شاخص یکنواختی پیت بدون واحد، S تعداد گونه و H' شاخص تنوع گونه‌ای شانون-وینر می‌باشد. مقدار این شاخص از ۰ (عدم یکنواختی) تا ۱ (یکنواختی کامل) متغیر است.

$$R = \frac{S-1}{\ln(N)} \quad \text{معادله (۴) شاخص تنوع مارگالف}$$

که در این معادلات، N تعداد کل افراد، S تعداد گونه و R شاخص غنای گونه‌ای و بدون واحد می‌باشد.

$$\hat{D} = \sum_{i=1}^S \left[\frac{n_i(n_i-1)}{N(N-1)} \right] \quad \text{معادله (۵) شاخص غالبیت سیمپسون}$$

در این معادله، N تعداد کل افراد، n_i تعداد افراد مربوط به گونه i ، S تعداد گونه و $\hat{D}$ شاخص غالبیت سیمپسون می‌باشد. شاخص غالبیت سیمپسون بدون واحد و دامنه‌ای از صفر (تنوع زیاد) تا تقریباً یک (تنوع کم) دارد.

داده‌های آزمایش با استفاده از نرم‌افزاری آماری SAS ver. 9.1 آنالیز گردیدند. قبل از تجزیه واریانس مرکب داده‌ها، ابتدا یکنواختی واریانس خطاهای آزمایشی با استفاده از آزمون بارتلت بررسی گردید. متغیرهای مستقل شامل سامانه‌های خاک‌ورزی، الگوی کاشت و سال و متغیرهای وابسته شامل تراکم بوته علف‌های هرز، تعداد گونه علف‌هرز، شاخص تنوع گونه‌ای شانون-وینر، بریلوین و شاخص یکنواختی گونه‌ای، شاخص غنای گونه‌ای مارگالف و شاخص غالبیت سیمپسون علف‌های هرز بودند. مقایسه میانگین با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام شد و جهت ترسیم شکل‌ها از نرم‌افزار MS Excel 2010 استفاده گردید. تابع تشخیص برای تعیین و شناسایی علف‌های هرز غالب و رابطه گونه‌های مختلف بر اساس تراکم در الگوهای مختلف کشت مخلوط تحت سامانه‌های مختلف خاک‌ورزی در دو سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶ و ۹۸-۱۳۹۷ به صورت جداگانه و بر اساس روش گام به گام صورت گرفت و مقدار توابع تشخیص استخراج شده برای هر گروه و رسم نمودار تابع تشخیص در سال دوم با نرم‌افزار SPSS (نسخه ۲۰) محاسبه گردید.

نتایج و بحث

در سال اول در تیمارهای مختلف خاک‌ورزی و الگوی کاشت ۲۹ گونه علف‌هرز از ۱۳ خانواده مختلف گیاهی مشاهده شد (جدول ۳). در سال دوم نیز ۳۰ گونه علف‌هرز از ۱۵ خانواده مختلف گیاهی وجود

داشت. در هر دو سال، خانواده گندمیان (Poaceae) بیشترین تعداد علف‌هرز (۹ گونه علف‌هرز) را دارا بود و خانواده‌های شب‌بوین (Brassicaceae) در سال اول با ۴ گونه علف‌هرز و در سال دوم با ۳ گونه علف‌هرز و بقولات (Fabaceae) در هر دو سال با ۳ گونه علف‌هرز از نظر تعداد علف‌هرز در رتبه‌های بعدی قرار داشتند. در سامانه بدون خاک‌ورزی در سال اول، فراوانی نسبی علف‌های هرز جودره و یولاف وحشی به ترتیب با ۱۱/۸۴ و ۱۰/۵۳ درصد و در سال دوم یولاف وحشی و جودره با فراوانی نسبی به ترتیب ۱۲/۶۸ و ۱۱/۹۷ درصد بیشترین جمعیت علف‌هرز را در بین گونه‌های علف‌هرز شناسایی شده داشتند. در مرحله بعدی علف‌هرز شیرپنر در هر دو سال بیشترین فراوانی نسبی را در سامانه بدون خاک‌ورزی دارا بود. علف‌های هرز قلیانک، وایه گل سفید و کاهوی وحشی در هر دو سال در شرایط بدون خاک‌ورزی مشاهده نشدند. همچنین در تیمارهای بدون خاک‌ورزی در سال اول علف‌های هرز سوزن چوپان، سنگدانه وحشی، ماستونک، ماشک برگ پهن و در سال دوم علف‌های هرز خردل وحشی، شقایق و پیچک صحرایی مشاهده نگردیدند (جدول ۳). تحت سامانه خاک‌ورزی حداقل، علف‌هرز جودره در سال اول با ۱۰/۶۲ درصد فراوانی، علف‌هرز غالب مزرعه بود و در سال دوم علف‌هرز جودره و گلرنگ وحشی با ۸/۲۹ درصد فراوانی نسبی، بیشترین جمعیت علف‌های هرز را به خود اختصاص دادند. در این سامانه در سال اول، علف‌های هرز شاخه سر، کله گنجشکی و یولاف وحشی و در سال دوم علف‌های هرز گلرنگ وحشی و یولاف وحشی از نظر فراوانی نسبی در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند. علف‌های هرز خردل وحشی و پنیرک در سامانه خاک‌ورزی حداقل دیده نشدند. همچنین در سال اول، علف‌های هرز ماستونک، کاهوی وحشی، سوزن چوپان، سنگدانه وحشی، ماشک برگ پهن، غربیلک و پیچک صحرایی و در سال دوم، علف‌های هرز وایه گل سفید و هترلیوم در مزارع گندم وجود نداشتند (جدول ۳). تحت شرایط خاک‌ورزی متداول، در سال اول علف‌های هرز جودره، کله گنجشکی، یولاف وحشی و شاخ به سر به ترتیب با ۱۰، ۹/۴ و ۹/۴ درصد فراوانی به عنوان علف‌های هرز غالب مشاهده شدند. در سال دوم نیز بیشترین درصد فراوانی نسبی مربوط به علف‌های هرز یولاف وحشی و جودره بود. علف‌های هرز سنگدانه وحشی، کاهوی وحشی، خردل وحشی، پنیرک، هترلیوم و یونجه در هر دو سال در خاک‌ورزی متداول وجود نداشتند. همچنین در سال اول علف‌های هرز سوزن چوپان، ماستونک، گیامستک، غربیلک و در سال دوم علف‌های هرز وایه گل سفید و پیچک صحرایی در سامانه خاک‌ورزی متداول مشاهده نشدند (جدول ۳).

جدول ۳- فهرست گونه‌های علف‌هرز و درصد فراوانی نسبی در مزرعه کدوم در سامانه‌های مختلف خاک‌ورزی طی دو سال زراعی ۱۳۹۶-۹۷ و ۱۳۹۷-۹۸
Table 3- List of weed species and their relative abundance % in the fields wheat under different tillage systems in 2018-19 and 2019-20

شماره No	نام فارسی Persian name	نام علمی Weed species	نام خانواده Family name	بدون خاک‌ورزی No-tillage			خاک‌ورزی حداقل Minimum tillage			خاک‌ورزی متداول Conventional tillage		
				سال ۱۳۹۷-۹۸ Year 2018-19	سال ۱۳۹۸-۹۹ Year 2019-20	سال ۱۳۹۷-۹۸ Year 2018-19	سال ۱۳۹۸-۹۹ Year 2019-20	سال ۱۳۹۷-۹۸ Year 2018-19	سال ۱۳۹۸-۹۹ Year 2019-20			
1	واپه گل سفید	<i>Ammi majus</i> L.	Apiaceae	0.00	0.00	0.62	0.00	0.56	0.00	0.00	0.00	
2	مانسونک	<i>Turgenia latifolia</i> (L.) Hoffm.	Apiaceae	0.00	0.70	0.00	3.90	0.00	0.00	2.73	2.73	
3	گلرنگ وحشی	<i>Carthamus oxyacanthus</i> M. Bieb.	Asteraceae	5.26	4.93	5.62	8.29	3.33	7.65	3.33	7.65	
4	کاهوی وحشی	<i>Lactuca scariola</i> L.	Asteraceae	0.00	0.00	0.00	0.49	0.00	0.00	0.00	0.00	
5	سنگدانه وحشی	<i>Lithospermum officinale</i> L.	Boraginaceae	0.00	1.41	0.00	1.46	0.00	0.00	0.00	0.00	
6	لُزنگ	<i>Cardaria draba</i> (L.) Desv.	Brassicaceae	2.63	4.93	1.25	4.39	2.78	3.28	2.78	3.28	
7	کله گچ‌خکی	<i>Eucilidium syriacum</i> L.	Brassicaceae	8.55	1.41	8.75	5.85	10.00	6.56	10.00	6.56	
8	آبل مزرعه	<i>Neslia paniculata</i> L.	Brassicaceae	0.66	0.70	3.12	1.46	3.33	1.09	3.33	1.09	
9	خردل وحشی	<i>Sinapis arvensis</i> L.	Brassicaceae	0.66	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
10	قلیابک	<i>Silene conoidea</i> L.	Caryophyllaceae	0.00	0.00	0.62	1.95	0.56	1.09	0.56	1.09	
11	جمنجنگ	<i>Vaccaria pyramidalis</i> Medik.	Caryophyllaceae	3.29	3.52	5.00	5.37	5.56	5.46	5.56	5.46	
12	پیچک صحرایی	<i>Convolvulus arvensis</i> L.	Convolvulaceae	0.66	0.00	0.00	0.49	0.56	0.00	0.56	0.00	
13	زیرک	<i>Cephalaria syriaca</i> L.	Dipsacaceae	5.26	2.82	2.50	2.93	3.33	1.09	3.33	1.09	
14	خلر	<i>Lathyrus aphaca</i> L.	Fabaceae	1.32	3.52	4.37	3.41	2.78	4.37	2.78	4.37	
15	یونجه	<i>Medicago sativa</i> L.	Fabaceae	1.32	0.00	1.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
16	مانشک برگ‌پهن	<i>Vicia narbonensis</i> L.	Fabaceae	0.00	1.41	0.00	1.46	2.22	3.28	2.22	3.28	
17	مانشک معمولی	<i>Vicia sativa</i> L.	Fabaceae	5.92	5.63	5.62	6.34	6.11	6.01	6.11	6.01	
18	سوزن چوبان	<i>Geranium robertianum</i> L.	Geraniaceae	0.00	0.70	0.00	1.46	0.00	1.09	0.00	1.09	
19	غریبک	<i>Lamium amplexicaule</i> L.	Lamiaceae	0.66	0.70	0.00	0.98	0.00	0.55	0.00	0.55	
20	پنیرک	<i>Malva neglecta</i> Waller.	Malvaceae	0.66	0.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
21	شقاقی	<i>Papaver dubium</i> L.	Papaveraceae	1.32	0.00	5.00	3.90	2.22	4.92	2.22	4.92	
22	آژیوس تانوشی	<i>Aegilops tauschii</i> Coss.	Poaceae	4.61	6.34	3.75	4.88	5.56	6.01	5.56	6.01	
23	یولاف وحشی	<i>Avena ludoviciana</i> L.	Poaceae	10.53	12.68	7.50	7.80	9.44	8.74	9.44	8.74	
24	گیسک	<i>Bromus commutatus</i> Schrad.	Poaceae	0.66	2.82	0.62	1.46	0.00	1.09	0.00	1.09	
25	علف‌بشمک	<i>Bromus tectorum</i> L.	Poaceae	3.95	3.52	4.37	0.98	0.56	1.64	0.56	1.64	
26	دگر گل کدیمی	<i>Heteranthellum ptiliferum</i> L.	Poaceae	0.66	2.82	1.87	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
27	چوموشی	<i>Hordeum murinum</i> L.	Poaceae	3.29	8.45	5.62	2.44	2.78	1.09	2.78	1.09	
28	چودره	<i>Hordeum spontaneum</i> L.	Poaceae	11.84	11.97	10.62	8.29	10.00	7.10	10.00	7.10	
29	چو زراعی	<i>Hordeum vulgare</i> L.	Poaceae	0.00	0.00	0.00	0.49	2.22	0.55	2.22	0.55	
30	چچم	<i>Lolium perenne</i> L.	Poaceae	5.26	7.04	3.75	3.41	6.11	4.92	6.11	4.92	
31	شاخ به سر	<i>Ceratocephalus falcatus</i> L.	Ranunculaceae	7.24	1.41	8.75	5.37	9.44	6.56	9.44	6.56	
32	آلاله وحشی	<i>Ranunculus arvensis</i> L.	Ranunculaceae	6.58	1.41	3.12	5.85	5.00	6.56	5.00	6.56	
33	شیر بنیر	<i>Galium tricornutum</i> D.	Rubiaceae	7.24	8.45	6.25	4.88	5.56	6.56	5.56	6.56	

جدول ۴- تجزیه واریانس مرکب اثرات خاک‌ورزی و الگوی کاشت مخلوط بر شاخص‌های تنوع علف‌های هرز طی دو سال ۱۳۹۷-۹۸ و ۱۳۹۸-۹۹
 Table 4- Combined analysis of variance of the effect of tillage and intercropping on weeds diversity indices in 2018-19 and 2019-20

منابع تغییرات Source of variation	درجه آزادی df	تراکم بوته علف‌های هرز Weed density	تعداد گونه علف‌های هرز The number of Weed species	شاخص شانون- وینر Shannon-Weiner index	شاخص غنای مارگالف Margalef index	شاخص تنوع بریلوین Brillouin index	شاخص یکنواختی Evenness index	شاخص غالبیت سیمپسون Simpson's dominance index
سال Year	1	11367 ^{ns}	14.083 ^{ns}	0.00024 ^{ns}	0.8838 ^{ns}	0.0029 ^{ns}	0.0775 ^{ns}	0.0242 ^{ns}
بلوک Block	2	27590 ^{ns}	1.083 ^{ns}	0.0543 ^{ns}	0.0007 ^{ns}	0.0539 ^{ns}	0.0159 ^{ns}	0.0159 ^{ns}
تکرار × سال Rep (Year)	2	39440	45.083	0.3722	1.2541	0.3478	0.0136	0.0113
خاک‌ورزی Tillage	2	77000 ^{**}	44.111 ^{**}	2.7050 ^{**}	2.3566 ^{**}	2.2639 ^{**}	0.2492 ^{**}	0.2751 ^{**}
سال × خاک‌ورزی Year × Tillage	2	26218 [*]	22.333 [*]	1.2448 ^{**}	1.1070 ^{**}	1.0076 ^{**}	0.1863 ^{**}	0.1468 ^{**}
خطای کرت اصلی Error a	8	3678	4.180	0.0335	0.1185	0.0308	0.0019	0.0019
الگوی کاشت Planting pattern	5	250017 ^{**}	55.661 ^{**}	0.3235 [*]	0.6349 ^{**}	0.4255 ^{**}	0.0614 ^{**}	0.0152 ^{ns}
خاک‌ورزی × الگوی کاشت Tillage × Planting pattern	10	15497 ^{**}	5.788 ^{ns}	0.1591 ^{ns}	0.1930 ^{ns}	0.1435 ^{ns}	0.0232 ^{ns}	0.0202 ^{ns}
سال × الگوی کاشت Year × Planting pattern	5	21910 ^{**}	21.439 ^{**}	0.4738 ^{**}	0.6363 ^{**}	0.4302 ^{**}	0.0029 ^{ns}	0.0465 ^{**}
سال × خاک‌ورزی × الگوی کاشت Year × Tillage × Planting pattern	10	7044 ^{ns}	6.589 ^{ns}	0.1425 ^{ns}	0.1721 ^{ns}	0.1417 ^{ns}	0.0158 ^{ns}	0.0178 ^{ns}
خطای کل Error total	60	3728	4.548	0.1089	0.1525	0.0979	0.0137	0.0106
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)	-	25.99	22.51	18.93	24.53	18.95	17.60	40.29

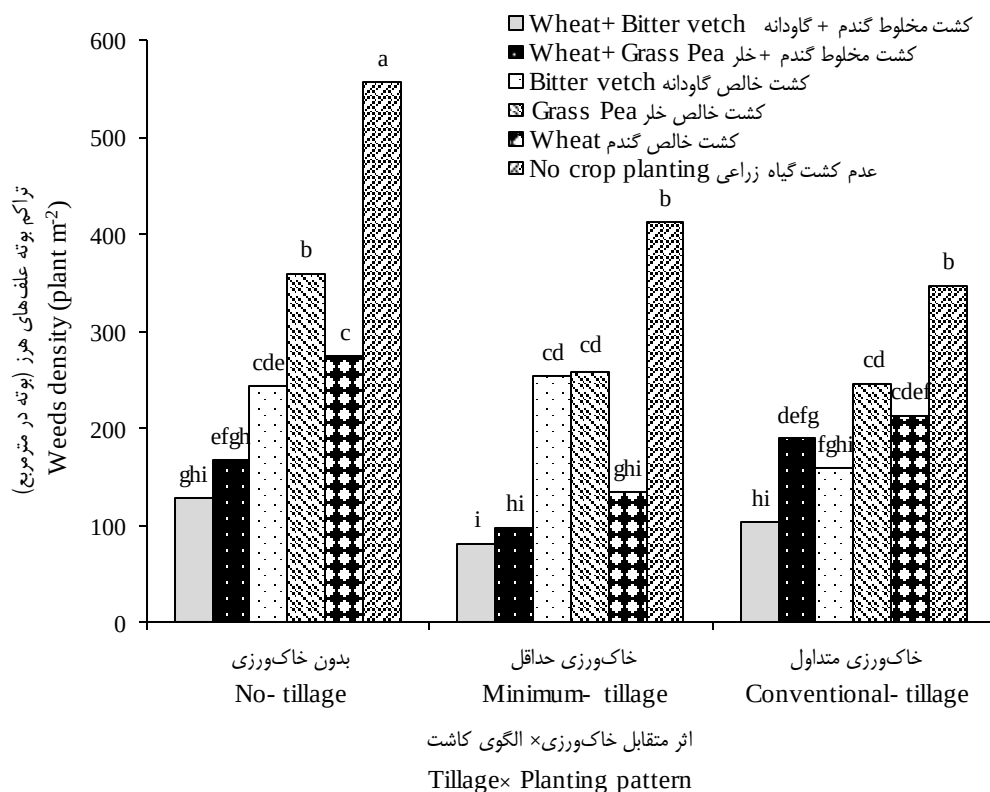
*, **: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵% و ۱%؛ ^{ns}: غیر معنی‌دار
 * and **: significant at 5% and 1% probability levels, respectively; ^{ns}: Not-significant

کاشت) و (سال × الگوی کاشت) بر تراکم بوته علف‌های هرز بود. خاک‌ورزی، الگوی کاشت، اثرات دوگانه (سال × خاک‌ورزی) و (سال × الگوی کاشت) تأثیر معنی‌داری بر تعداد گونه علف‌های هرز داشت. همچنین اثرات خاک‌ورزی، الگوی کاشت و اثرات دوگانه (سال × الگوی کاشت) تأثیر معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد بر شاخص غالبیت سیمپسون علف‌های هرز داشت (جدول ۴).

بر اساس نتایج، کشت مخلوط افزایشی گندم + بقولات موجب کاهش تراکم بوته علف‌های هرز می‌شود. میزان کاهش تراکم بوته علف‌های هرز در الگوی کاشت گندم + گاوآنه و گندم + خلر تحت شرایط بدون خاک‌ورزی به ترتیب ۷۷ و ۶۹/۹ درصد بود. این میزان کاهش تحت شرایط خاک‌ورزی حداقل ۸۰/۱ و ۷۶/۱ درصد و تحت شرایط خاک‌ورزی متداول ۷۰/۲ و ۵/۵۴ درصد بود. بیشترین تراکم علف‌های هرز ۵۵۶ در تیمار بدون کشت گیاه زراعی تحت سامانه بدون خاک‌ورزی مشاهده شد. تیمار بدون کشت گیاه زراعی تحت سامانه‌های خاک‌ورزی متداول با حداقل اختلاف معنی‌داری نداشت و در رتبه دوم قرار گرفت. تراکم علف‌های هرز در کشت خلص خلر در مقایسه با کشت خلص گاوآنه و گندم نیز بیشتر بود (شکل ۱).

در بین علف‌های هرز، جودره بالاترین فراوانی نسبی را به خود اختصاص داد و بیشترین فراوانی نسبی جودره نیز در شرایط بدون خاک‌ورزی مشاهده شد. جودره دارای تنوع ژنتیکی است و یکی از علف‌های هرز سمج و مهاجم مزارع گندم می‌باشد که اکثر باریک برگ‌کش‌های رایج توصیه شده برای مزارع گندم قادر به کنترل کامل آن نیستند (۳۱). افزایش تراکم علف‌های هرز جودره در شرایط بدون خاک‌ورزی در مقایسه با خاک‌ورزی رایج در تحقیقات دیگر نیز مشاهده شده است (۲۹). جوانه‌زنی بیشتر جودره در شرایط تاریکی نسبت به نور اثبات شده است (۲۰). به همین دلیل با توجه به این که در شرایط بدون شخم و شخم حداقل، بذور آن در زیر کاه و کلش قرار می‌گیرند، شرایط برای جوانه‌زنی و رشد این علف‌ها فراهم می‌شود. از طرف دیگر برگ‌های گیاهان باریک‌برگ برخلاف پهن‌برگ‌ها به راحتی از میان کاه و کلش بر جای مانده بر روی زمین خارج می‌شوند (۴۱). این شرایط ممکن است به استقرار زود هنگام و غالبیت این علف هرز کمک کرده باشند.

نتایج تجزیه مرکب داده‌ها بیانگر معنی‌دار بودن اثرات خاک‌ورزی، الگوی کاشت، اثرات دوگانه (سال × خاک‌ورزی)، (خاک‌ورزی × الگوی



شکل ۱- اثرات الگوهای کاشت بر تراکم بوته علف‌های هرز تحت شرایط مختلف خاک‌ورزی
Figure 1- Effect of planting pattern on weeds density under different tillage

گزارش‌هایی در مورد افزایش تراکم علف‌های هرز در سامانه‌های خاک‌ورزی حداقل وجود دارد (۴۰ و ۴۳). سیدی و حمزه‌ئی (۴۳) گزارش دادند که بیشترین تراکم علف‌های هرز (۵۰ بوته علف‌هرز در مترمربع) در کشت خالص آفتابگردان بدون وجین علف‌های هرز تحت سامانه خاک‌ورزی حداقل (چیزل) مشاهده شد، در صورتی که خاک‌ورزی متداول در کشت خالص آفتابگردان بدون کنترل علف‌هرز، به‌طور معنی‌داری تراکم علف‌های هرز ۲۴/۷۵ درصد کاهش داد. همچنین این محققان کاهش تراکم علف‌های هرز در کشت مخلوط افزایشی ۹۰ درصد سویا+ آفتابگردان در سامانه خاک‌ورزی متداول را گزارش دادند. توان رقابتی نظام کشت مخلوط با توجه به افزایش تراکم گونه‌های زراعی نسبت به کشت خالص هر گونه بیشتر خواهد بود که این امر مهار مناسب علف‌های هرز را در پی دارد (۲۱).

الگوی کشت افزایشی گاوदानه و خلر با گندم باعث کاهش تراکم علف‌های هرز در سامانه‌های مختلف خاک‌ورزی شد. احتمالاً به‌دلیل تنوع بیشتر گیاهان در الگوهای چندکشتی در مقایسه با کشت خالص، در نتیجه گیاهان زراعی نیچ‌های اکولوژی بیشتری را در اختیار می‌گیرند و با جذب بیشتر منابع قابل‌دسترس برای رشد، باعث کاهش رشد و در نتیجه جمعیت و تراکم علف‌های هرز را کاهش می‌دهند؛ راشد زمان و جوهانسون (۳۶) نیز گزارش دادند کشت مخلوط باعث کنترل علف‌های هرز به‌خصوص در سامانه‌های کم‌نهاد می‌شود. بانیک و همکاران (۷) گزارش دادند تراکم علف‌های هرز در الگوهای مختلف کشت مخلوط گندم و نخود کاهش می‌یابد. کوچکی و همکاران (۲۴) گزارش دادند که کشت مخلوط گندم و کلزا با داشتن پوشش متراکم‌تر و بیشتر بر سطح زمین باعث افزایش توان رقابتی گیاهان زراعی برای مصرف منابع رشد مانند عناصر غذایی، آب و نور، در مقایسه با کشت خالص شده که در نتیجه، تراکم و تنوع علف‌های هرز در چندکشتی در مقایسه با کشت خالص کاهش می‌یابد. در سامانه خاک‌ورزی متداول، کشت مخلوط گندم و گاوदानه بیشترین تأثیر را در کاهش تراکم علف‌های هرز داشت. احتمالاً بیشتر بودن زیست‌توده و ارتفاع گاوदानه باعث کاهش تراکم علف‌های هرز در مقایسه با الگوی کشت خلر شده است (داده‌ها ارائه نشده است). کشت خالص خلر در سامانه بدون خاک‌ورزی بیشترین تراکم علف‌هرز را داشت. با توجه به بیشتر بودن تراکم علف‌های هرز در کشت خالص خلر، به‌نظر می‌رسد این گیاه رشد ضعیف‌تری در برابر علف‌های هرز دارد. به‌نظر می‌رسد با افزایش توان رقابتی الگوهای چندکشتی با توجه به افزایش تراکم گونه‌های زراعی در مقایسه با تک‌کشتی هر گونه،

منجر به کاهش رشد و تراکم علف‌های هرز شود (۱۹). شاخص‌های تنوع شانون- وینر، بریلوین و غنای گونه‌ای مارگالف تحت تأثیر اثرات خاک‌ورزی، الگوی کاشت، اثرات دوگانه (سال× خاک‌ورزی) و (سال× الگوی کاشت) قرار گرفتند. اثرات خاک‌ورزی، الگوی کاشت و اثرات دوگانه (سال× خاک‌ورزی) بر شاخص یکنواختی علف‌های هرز در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۴).

بیشترین تعداد گونه علف‌های هرز (۱۳/۱۱ گونه علف‌هرز در مترمربع) در سال اول در شاهد مشاهده گردید و الگوی کاشت گندم+ گاوदानه با ۵/۳۳ علف‌هرز در مترمربع کمترین تعداد علف‌های هرز را به خود اختصاص داد. در سال دوم نیز روند مشابهی مشاهده گردید (جدول ۵). بیشترین تعداد گونه علف‌های هرز (۱۱/۳۹ علف‌هرز در مترمربع) در سال دوم تحت شرایط خاک‌ورزی حداقل مشاهده شد که با خاک‌ورزی متداول (۱۰/۱۷) در یک گروه آماری قرار داشتند. تیمار بدون خاک‌ورزی در هر دو سال کمترین تعداد علف‌های هرز را داشت (جدول ۶).

در سال اول، بیشترین میزان شاخص تنوع شانون- وینر (۲/۰۹) در تیمار عدم کشت گیاه زراعی (شاهد) به‌دست آمد که با کشت خالص گاوदानه و گندم تفاوت معنی‌داری نداشت. در سال اول الگوی کاشت گندم+ گاوदानه و گندم+ خلر به‌ترتیب ۳۹/۱۲ و ۲۵/۷۴ درصد شاخص تنوع علف‌های هرز را نسبت به شاهد کاهش دادند. در سال دوم کشت مخلوط افزایشی خلر و گاوदानه با گندم تأثیر معنی‌داری بر شاخص تنوع شانون- وینر علف‌های هرز نداشتند (جدول ۵). در سال اول، کشت خالص گندم، گاوदानه و خلر با تیمار عدم کشت گیاه زراعی از نظر شاخص تنوع بریلوین تفاوت معنی‌داری نداشتند؛ اما الگوی کاشت گندم+ گاوदानه و گندم+ خلر به‌ترتیب ۴۲/۲۹ و ۲۸/۲۵ درصد شاخص تنوع بریلوین علف‌های هرز را نسبت به شاهد کاهش دادند. در سال دوم، میزان کاهش شاخص تنوع بریلوین در الگوی کشت گندم+ گاوदानه در مقایسه با عدم کشت گیاه زراعی ۴/۲۶ درصد بود (جدول ۵).

در سال اول، شاخص غنای گونه‌ای مارگالف در الگوی کاشت گندم+ گاوदानه و گندم+ خلر، کشت خالص گاوदानه و کشت خالص خلر در مقایسه با تیمار شاهد (عدم کشت گیاه زراعی) به‌ترتیب ۴۹/۸۲، ۳۹/۶۵ و ۲۳/۹۶ درصد کاهش یافت (داده‌ها نمایش داده نشده). در سال دوم، شاخص غنای گونه‌ای مارگالف تحت تأثیر الگوهای مختلف کشت مخلوط و خالص گندم و بقولات قرار نگرفت (جدول ۵).

جدول ۵- اثر متقابل دوگانه سال و الگوهای کاشت بر شاخص‌های تنوع علف‌های هرز

Table 5- Effect of planting patterns on weeds diversity indices

سال Year	الگوی کاشت Planting pattern	تعداد گونه علف‌های هرز Weed species (Species m ⁻²)	شاخص تنوع شانون- وینر Shannon- Weiner index	شاخص تنوع بریلوین Brillouin index	شاخص غنای مارگالف Margalef index	شاخص غالبیت سیمپسون Simpson dominance index
سال ۱۳۹۷-۹۸ Year 2018-19	عدم کشت گیاه					
	زراعی No crop planting	13.11 ^a	2.09 ^a	2.04 ^a	1.95 ^a	0.16 ^c
	کشت خالص گاودانه Bitter vetch	8.89 ^{bc}	1.81 ^{ab}	1.72 ^{abc}	1.48 ^{bc}	0.20 ^{bc}
	کشت خالص خلر Grass Pea	10.89 ^b	1.90 ^b	1.82 ^{ab}	1.75 ^{cd}	0.21 ^{bc}
	کشت خالص گندم Wheat	9.67 ^b	1.82 ^{ab}	1.72 ^{abc}	1.67 ^{ab}	0.22 ^{bc}
	کشت مخلوط گندم + گاودانه Wheat + Bitter vetch	5.33 ^d	1.27 ^c	1.18 ^d	0.98 ^d	0.38 ^a
	کشت مخلوط گندم + خلر Wheat+ Grass Pea	6.78 ^{cd}	1.55 ^{bc}	1.46 ^{cd}	1.18 ^{cd}	0.26 ^{bc}
	عدم کشت گیاه					
	زراعی No crop planting	11.22 ^{ab}	1.78 ^{ab}	1.71 ^{abc}	1.75 ^{ab}	0.28 ^{ab}
سال ۱۳۹۸-۹۹ Year 2019-20	کشت خالص گاودانه Bitter vetch	10.44 ^b	1.79 ^{ab}	1.69 ^{bc}	1.78 ^{ab}	0.28 ^{ab}
	کشت خالص خلر Grass Pea	9.56 ^b	1.62 ^b	1.55 ^{bc}	1.55 ^{abc}	0.31 ^{ab}
	کشت خالص گندم Wheat	9.56 ^b	1.67 ^b	1.57 ^{bc}	1.66 ^{ab}	0.30 ^b
	کشت مخلوط گندم + گاودانه Wheat+ Bitter vetch	8.89 ^{bc}	1.78 ^{ab}	1.64 ^{bc}	1.67 ^{ab}	0.23 ^{bc}
	کشت مخلوط گندم + خلر Wheat+ Grass Pea	9.33 ^b	1.82 ^{ab}	1.71 ^{abc}	1.67 ^{ab}	0.23 ^{bc}
	عدم کشت گیاه					
	زراعی No crop planting	11.22 ^{ab}	1.78 ^{ab}	1.71 ^{abc}	1.75 ^{ab}	0.28 ^{ab}

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

Means followed by the same letters in each column are not significantly different according to Duncan's multiple range test ($p \leq 0.05$).

معنی‌داری نداشت و بدون خاک‌ورزی کمترین شاخص تنوع شانون- وینر را به خود اختصاص داد (جدول ۶). شاخص تنوع بریلوین نیز

بیشترین شاخص تنوع شانون- وینر (۲/۰۸) در سال دوم تحت شرایط خاک‌ورزی حداقل به‌دست آمد که با خاک‌ورزی متداول تفاوت

روندی مشابه با شاخص تنوع شانون وینر داشت (جدول ۶). خاک‌ورزی حداقل در سال دوم بیشترین (۲/۰۳) و بدون خاک‌ورزی کمترین (۱/۲۳) شاخص غنای گونه‌ای مارگالف را داشتند. در سال اول، بیشترین و کمترین شاخص غنای مارگالف به ترتیب در خاک‌ورزی متداول و بدون خاک‌ورزی مشاهده شد (جدول ۶).

جدول ۶- مقایسه میانگین اثر متقابل دوگانه سال و سیستم‌های خاک‌ورزی بر شاخص‌های تنوع علف‌های هرز

Table 6- Effect of different tillage on weeds diversity indices

سال Year	خاک‌ورزی Tillage	تعداد گونه علف‌های هرز Weed species (Species m ⁻²)	شاخص شانون- وینر Shannon- Weiner index	شاخص تنوع بریلوین Brillouin index	شاخص غنای مارگالف Margalef index	شاخص غالبیت سیمپسون Simpson dominance index
سال ۱۳۹۷-۹۸ Year 2018-19	بدون خاک‌ورزی No- tillage	8.44 ^c	1.63 ^c	1.55 ^c	1.37 ^d	0.27 ^b
	خاک‌ورزی حداقل Minimum- tillage	8.89 ^{bc}	1.74 ^{bc}	1.65 ^{bc}	1.47 ^{cd}	0.24 ^b
	خاک‌ورزی متداول Conventional- tillage	10 ^{ab}	1.86 ^{ab}	1.77 ^{ab}	1.66 ^{bc}	0.21 ^{bc}
سال ۱۳۹۸-۹۹ Year 2019-20	بدون خاک‌ورزی No- tillage	7.94 ^c	1.23 ^d	1.18 ^d	1.23 ^d	0.44 ^a
	خاک‌ورزی حداقل Minimum- tillage	11.39 ^a	2.08 ^a	1.95 ^a	2.03 ^a	0.17 ^c
	خاک‌ورزی متداول Conventional- tillage	10.17 ^{ab}	1.93 ^{ab}	1.81 ^{ab}	1.79 ^{ab}	0.20 ^{bc}

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

Means followed by the same letters in each column are not significantly different according to Duncan's multiple range test ($p \leq 0.05$).

محصول قبلی در سطح خاک باقی می‌ماند؛ در نتیجه بذر علف‌های هرز در زیر این بقایا قرار گرفته‌اند و تحت این شرایط، علف‌های هرز باریک‌برگ مانند جودره و یولاف وحشی به راحتی می‌توانند جوانه بزنند و در سامانه خاک‌ورزی حفاظتی گسترش یابند (۴۲). سردار و همکاران (۴۲) نیز گزارش کردند جمعیت علف‌های هرز یک‌ساله تک‌لپه در کشت پنبه در روش‌های خاک‌ورزی حفاظتی (بدون خاک‌ورزی و خاک‌ورزی حداقل) بیشتر از خاک‌ورزی متداول است و دلیل آن را مربوط به عدم جوانه‌زنی بذور این علف‌های هرز نسبت به نور دانستند. تعدادی از علف‌های هرز مخصوصاً علف‌های هرز پهن‌برگ برای جوانه‌زنی نیاز به نور دارند وقتی در زیر کاه و کلش بقایا قرار می‌گیرند کاه و کلش مانع رسیدن نور به بذرها و علف‌های دولپه و پهن‌برگ‌ها می‌شود و جوانه‌زنی آن‌ها را کاهش می‌دهد که در نهایت جمعیت این علف‌های هرز در سامانه‌های خاک‌ورزی حفاظتی کمتر است (۴۲).

با افزایش تنوع زیستی در کشت مخلوط گاوآنه و گندم، نیچ‌های اکولوژیکی کمتری در اختیار علف‌های هرز قرار گرفته است. در نتیجه کاهش شاخص‌های تنوع علف‌های هرز در مقایسه با کشت خالص را

در هر دو سال تک‌کشتی خلر و گندم باعث افزایش تعداد گونه علف‌های هرز و شاخص غنای مارگالف شد. در کشت مخلوط گاوآنه+ گندم و خلر+گندم شاخص غنای گونه‌ای مارگالف کمتر از کشت خالص گندم و خلر بود که نشان‌دهنده کنترل مؤثر علف‌های هرز در نظام کشت مخلوط است. راستگو و همکاران (۳۷) نتیجه گرفتند افزایش تراکم گیاه زراعی، باعث کاهش شاخص غنای گونه‌ای مارگالف برای علف‌های هرز شد. آن‌ها علت این امر را به کاهش تعداد گونه‌های علف‌هرز در چندکشتی در مقایسه با تک‌کشتی گزارش کردند.

اعمال مدیریت خاک‌ورزی متداول به علت افزایش تعداد گونه‌های علف‌هرز باعث افزایش شاخص غنای گونه‌ای مارگالف در مقایسه با خاک‌ورزی حفاظتی گردید. در این مطالعه بیشترین غنا و تعداد گونه در خاک‌ورزی متداول به دست آمد. به نظر می‌رسد افزایش تراکم علف‌های هرز در تیمارهای بدون خاک‌ورزی به‌ویژه علف‌های هرز غالب مانند جودره، باعث کاهش نفوذ نور به سطح زمین شده و بدین ترتیب باعث کاهش تعداد گونه در خاک‌ورزی حفاظتی شده است.

در سامانه‌های خاک‌ورزی حداقل و بدون خاک‌ورزی، بقایای

در برداشته است. سایر مطالعات نیز کاهش شاخص‌های تنوع علف‌های هرز در کشت مخلوط در مقایسه با کشت خالص گزارش دادند (۷ و ۲۴). کوچکی و همکاران (۲۴) با مطالعه چندکشتی گندم و کلزا کاهش شاخص شانون-وینر علف‌های هرز، در کشت مخلوط در مقایسه با تک‌کشتی کلزا گزارش کردند. این محققان بیشترین میزان شاخص تنوع شانون-وینر ($0/86$) در کشت خالص گندم و کمترین میزان آن ($0/66$) در کشت مخلوط دو ردیف گندم+ دو ردیف کلزا، مشاهده کردند. این محققان گزارش کردند که با افزایش تنوع، تخصیص منابع و توزیع آن‌ها بین گونه‌ها با کارایی بیشتری صورت گرفته که این امر منجر به کاهش تعداد و تنوع علف‌های هرز شده که در نهایت کاهش شاخص شانون را به دنبال داشته است (۲۴).

با توجه نتایج به‌دست آمده، نتایج شاخص‌های تنوع شانون-وینر و بریلوین روند مشابهی نشان دادند. به‌طوری‌که شخم متداول از نظر تعداد گونه، تراکم، غنا و تنوع گونه‌ای بریلوین و شانون-وینر و یکنواختی دارای مقادیر بالا ولی شخم حفاظتی دارای شاخص غالبیت سیمپسون بیشتری می‌باشد. بالاتر بودن تعداد گونه در سامانه‌های خاک‌ورزی حفاظتی نیز منجر به افزایش شاخص تنوع شانون در این سامانه‌ها در مقایسه با خاک‌ورزی متداول شده است. ساتین مونتانیو و همکاران (۴۰) نشان دادند که مدیریت زراعی از جمله خاک‌ورزی شاخص‌های تنوع علف‌های هرز را به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر قرار می‌دهد. پالاز و همکاران (۳۴) گزارش دادند شاخص غنا، شاخص‌های یکنواختی و تنوع در سیستم خاک‌ورزی متداول بیشتر از خاک‌ورزی حداقل و بدون خاک‌ورزی بود.

شاخص‌های تنوع شانون-وینر و بریلوین در کشت‌های مخلوط کاهش یافته‌اند. در کشت مخلوط گاوآنه و خلر با گندم با افزایش تنوع زیستی، به‌نظر می‌رسد توزیع منابع بین آن‌ها با کارایی بیشتری صورت گرفته باشد که در نهایت کاهش شاخص‌های تنوع شانون-وینر و بریلوین را در مقایسه با کشت خالص در پی داشته است. همچنین تراکم و تعداد گونه بیشتر در کشت خالص خلر و گندم افزایش شاخص تنوع وینر در مقایسه با کشت خالص گاوآنه و مخلوط گردید. احتمالاً اثرات تسهیل‌کنندگی و مکمل بودن گندم با گاوآنه باعث کاهش رشد، تعداد و در نهایت تنوع علف‌های هرز شده است. این نتایج با نتایج سایر محققان مبنی بر کاهش شاخص تنوع شانون-وینر در الگوهای افزایشی کشت مخلوط ۵۰ درصد وسمه+۱۰۰ چای‌ترش و ۱۰۰ درصد وسمه+۱۰۰ درصد چای‌ترش، مطابقت داشت (۲۳). این محققان افزایش شاخص تنوع شانون-وینر در کشت خالص وسمه و چای‌ترش را به فراوانی بیشتر حضور گونه‌های علف‌های هرز در کشت خالص نسبت به کشت مخلوط گزارش کردند (۲۳).

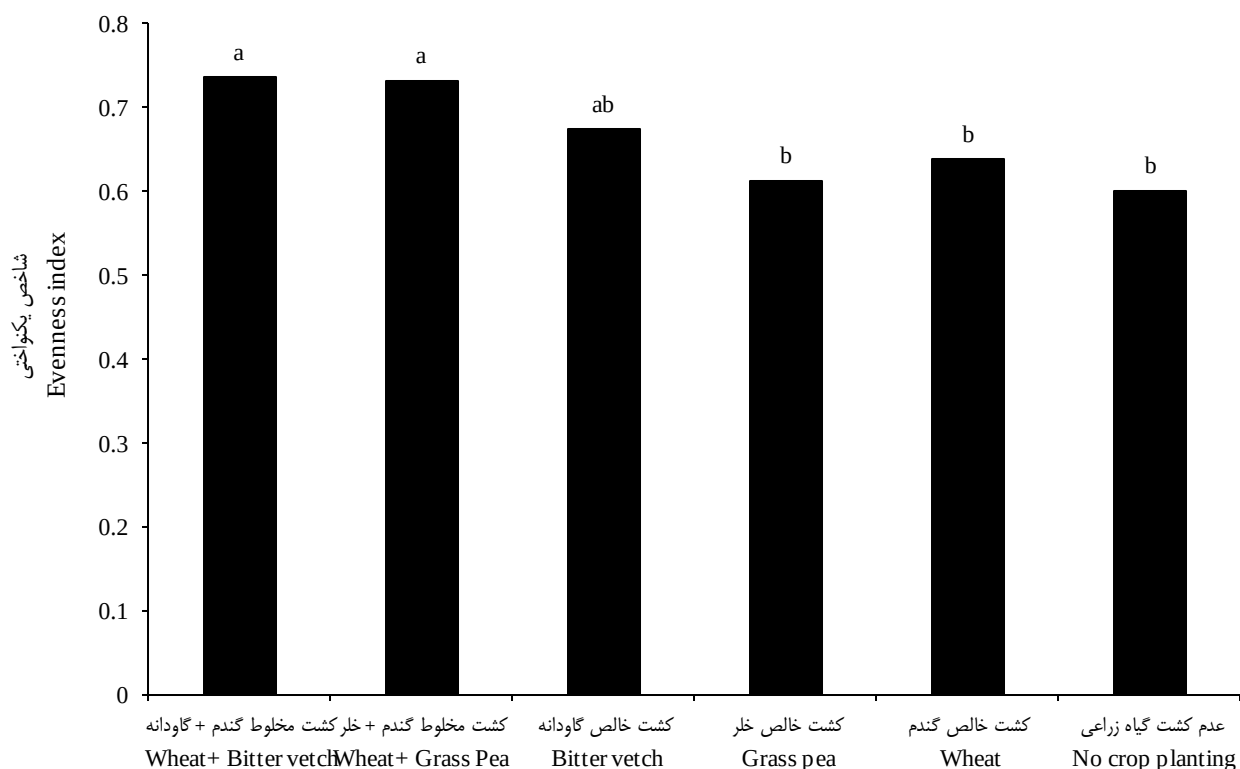
بر اساس شاخص تنوع بریلوین و شاخص تنوع شانون-وینر

میزان تنوع گونه‌ای در کشت خالص گاوآنه در مقایسه با کشت مخلوط بیشتر است که این امر به‌علت حضور بیشتر گونه‌های علف‌های هرز در کشت خالص در مقایسه با تیمارهای کشت مخلوط است. همچنین تاج‌پوشش بیشتر در سیستم کشت‌های مخلوط با تعداد تراکم بالاتر و کاهش فضاهای خالی ممکن است منجر به جلوگیری از جوانه‌زنی و کاهش رشد علف‌های هرز در چند کشتی گاوآنه و گندم شده باشد و به‌دنبال آن شاخص تنوع شانون-وینر نیز کاهش یافته است. سیدی و حمزه‌یی (۴۳) کمترین میزان شاخص‌های تنوع شانون-وینر ($1/22$) و مارگالف ($1/12$) برای علف‌های هرز در تیمار ۹۰ درصد سویا+ آفتابگردان در خاک‌ورزی حفاظتی گزارش دادند. راستگو و همکاران (۳۷) در نتایج بررسی‌های خود اظهار داشتند شاخص شانون-وینر برای علف‌های هرز، در تیمار کشت خالص ماش بیشتر از الگوهای کشت مخلوط ماش و کنجد بود. در این آزمایش، میزان عددی شاخص شانون-وینر برای علف‌های هرز در کشت خالص ماش، کشت مخلوط ۷۵ درصد ماش+ ۲۵ درصد کنجد و در تیمار کشت مخلوط ۲۵ درصد ماش+ ۷۵ درصد کنجد به‌ترتیب $0/41$ ، $0/75$ و $0/45$ گزارش شد. اسدی و خرم‌دل (۴) نیز گزارش کردند که نظام‌های تک‌کشتی ذرت دارای تنوع علف‌های در مقایسه با الگوهای کشت مخلوط هستند.

بیشترین شاخص یکنواختی علف‌های هرز در الگوهای کشت افزایشی گندم با گاوآنه و گندم با خلر مشاهده شد و عدم کشت و کشت خالص گندم و خلر کمترین میزان شاخص یکنواختی را به خود اختصاص دادند (شکل ۲).

شاخص یکنواختی علف‌های هرز در سال اول تحت تأثیر خاک‌ورزی قرار نگرفت. در سال دوم بدون خاک‌ورزی باعث کاهش شاخص یکنواختی گونه‌ای علف‌های هرز شد (شکل ۳).

شاخص یکنواختی نمایانگر توزیع فراوانی افراد در بین گونه‌های می‌باشد. در ارتباط با یکنواختی پراکنش علف‌های هرز در الگوهای مختلف کشت مخلوط، کشت خالص خلر، گاوآنه، گندم و شاهد کمترین میزان یکنواختی را دارا بودند؛ که این نشان‌دهنده شدت غیریکنواختی گونه‌های علف هرز و غالبیت تعدادی کمی از علف‌های هرز مانند جودره و یولاف در این الگوهای کاشت می‌باشد. با توجه به بالا بودن شاخص یکنواختی علف‌های هرز در الگوهای کشت مخلوط گاوآنه و خلر با گندم می‌توان نتیجه گرفت که فلور علف‌های هرز در الگوهای کشت مخلوط بقولات با گندم یکنواخت است. در سامانه‌های مختلف خاک‌ورزی در سال دوم، نتایج به‌دست آمده از تیمار خاک‌ورزی نشان‌دهنده عدم یکنواختی علف‌های هرز در سامانه‌های خاک‌ورزی حداقل و متداول (شکل ۳) می‌باشد.



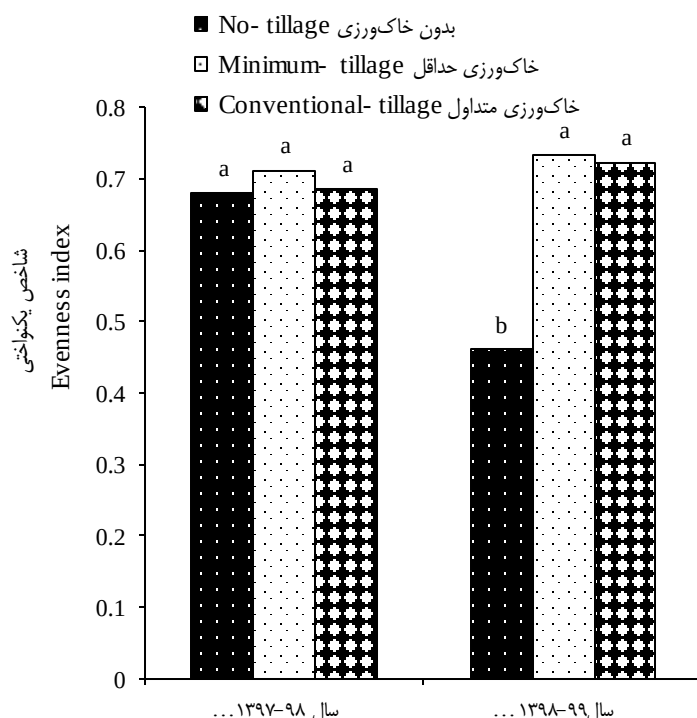
شکل ۲- اثر الگوهای کشت مخلوط بر شاخص یکنواختی علف‌های هرز
Figure 2- Effect of intercropping patterns on weeds evenness index

می‌باشند می‌تواند با افزایش قدرت رقابت بین گونه‌های علف‌هرز، کاهش مقاومت به علف‌کش‌ها و افزایش نیچ‌های اکولوژیکی برای دشمنان علف‌های هرز دارای اهمیت باشد (۳۲). احمدوند و حاجی‌نیا (۱) بیشترین شاخص غالبیت علف‌های هرز (۰/۸۷) در تیمار گیاه پوششی جو توأم با کنترل تلفیقی در سیستم‌های خاک‌ورزی کاهش‌یافته در کشت سیب‌زمینی گزارش دادند که با نتایج این آزمایش مطابقت دارد.

نتایج تابع تشخیص برای تمایز بین گونه‌های مختلف علف‌های هرز در بین الگوهای کشت مخلوط تحت سامانه‌های مختلف خاک‌ورزی در هر دو سال به‌صورت جداگانه در جدول ۷ نشان داده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود در سال اول کل واریانس (۱۰۰ درصد) توسط یک تابع بیان گردید. با توجه به ضرایب تابع تشخیص استخراج شده می‌توان این تابع را به‌عنوان علف‌هرز غالب جو دره معرفی کرد. علف‌هرز جو دره بیشترین ضریب تابع را به خود اختصاص داده است. در سال دوم دو تابع اول و دوم به‌ترتیب ۹۶/۲ و ۳/۸ درصد از واریانس را توجیه کردند و در مجموع ۱۰۰ درصد واریانس به‌وسیله این دو تابع بیان گردید. با توجه به مقادیر توابع تشخیص استخراج شده، می‌توان تابع دوم را به‌عنوان علف‌هرز یولاف وحشی مشخص کرد (جدول ۷).

در سال اول بیشترین شاخص غالبیت (۰/۳۸) در الگوی کاشت گندم + گاوآنه مشاهده شد و بین سایر الگوهای کاشت با عدم کشت تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. در سال دوم نیز الگوی کاشت گندم + گاوآنه و گندم + خلر کمترین شاخص غالبیت سیمپسون را داشتند (جدول ۵). بیشترین شاخص غالبیت (۰/۴۴) در سال دوم در شرایط بدون خاک‌ورزی حاصل شد و کمترین میزان آن (۰/۱۷) در شرایط خاک‌ورزی حداقل مشاهده شد که با خاک‌ورزی متداول در یک گروه آماری قرار داشتند (جدول ۶).

شاخص غالبیت بالا نشان‌دهنده کاهش تنوع و محدود شدن جامعه گیاهی به چندین گونه علف‌هرز غالب می‌باشد (۲۵). در سال دوم بدون خاک‌ورزی بیشترین شاخص غالبیت سیمپسون را به خود اختصاص داد، دلیل افزایش شاخص غالبیت در خاک‌ورزی حفاظتی احتمالاً به علت افزایش فراوانی یک گونه یا چندگونه غالب در این سامانه است، به‌طوری‌که بیشترین فراوانی مربوط به علف‌هرز جو دره در این سامانه خاک‌ورزی است؛ اما سامانه‌های خاک‌ورزی متداول با تعداد گونه و تنوع بیشتر شاخص غالبیت کمتری داشتند. تغییر جمعیت علف‌های هرز به چندگونه غالب نشان‌دهنده فراهم بودن سازش این گونه‌ها به عملیات خاک‌ورزی حفاظتی است. بیشتر بودن تنوع علف‌های هرز در تیمارهایی که عمدتاً دارای یک نوع علف‌هرز غالب



شکل ۳- اثر اصلی خاک‌ورزی بر شاخص یکنواختی گونه علف‌های هرز در طی دو سال زراعی ۱۳۹۷-۹۸ و ۱۳۹۸-۹۹

Figure 3- Effect of different tillages on weeds evenness index 2018-19 and 2019-20

نتیجه‌گیری

بررسی تراکم و تنوع گونه‌ای علف‌های هرز در کشت گندم تحت سامانه‌های مختلف خاک‌ورزی طی دو سال نشان داد که بیشترین تراکم بوته علف‌های هرز مربوط به عدم خاک‌ورزی و بدون کشت گیاه زراعی بود. الگوی کشت افزایشی گاودانه + گندم در سامانه‌های خاک‌ورزی حداقل و متداول کمترین میزان تراکم بوته علف‌های هرز را داشتند. کمترین شاخص تنوع گونه‌ای مانند شاخص تنوع شانون - وینر و غنای گونه‌ای مارگالف در سامانه خاک‌ورزی حفاظتی یا عدم خاک‌ورزی مشاهده شد؛ که می‌تواند به علت تراکم و غالبیت علف‌های هرز جوهره تحت این شرایط باشد. همچنین نتایج این پژوهش نشان داد که تراکم بوته، تعداد گونه و شاخص‌های تنوع علف‌های هرز در کشت گندم تحت تأثیر کشت مخلوط با گاودانه و خلر قرار می‌گیرند. گیاه علف‌های گاودانه در مقایسه با خلر، توانست تراکم و تنوع را در سامانه‌های خاک‌ورزی حفاظتی و متداول کاهش دهد. بنابراین برای کنترل علف‌های هرز در گیاه زراعی گندم تحت شرایط خاک‌ورزی حفاظتی، کشت مخلوط افزایشی با گاودانه می‌تواند توصیه می‌گردد. در نتیجه کاربرد الگوهای کشت مخلوط می‌تواند به عنوان راهکاری اکولوژیکی، در جهت کاهش مصرف علف‌کش‌ها توسط کشاورزان در

بر اساس تابع اول، تیمار علف‌هرز بدون کشت گیاه زراعی تحت شرایط بدون خاک‌ورزی بیشترین میزان این تابع (بیشترین تراکم علف‌هرز جوهره) را به خود اختصاص داد و سپس کشت خالص گندم و گاودانه در شرایط بدون خاک‌ورزی بیشترین میزان تراکم علف‌هرز جوهره را داشتند. کشت مخلوط گندم + گاودانه و گندم + خلر تحت شرایط خاک‌ورزی متداول و خاک‌ورزی حداقل کمترین میزان تراکم علف‌هرز یولاف وحشی و جوهره را داشتند (شکل ۴). بر این اساس می‌توان علف‌های هرز یولاف وحشی و جوهره را به عنوان علف‌های هرز غالب در مزرعه گندم تحت شرایط خاک‌ورزی حفاظتی معرفی کرد. غالب بودن علف‌های هرز جوهره و یولاف وحشی احتمالاً به علت سازگار شدن آنها با شرایط اقلیمی و خاکی مزرعه و عدم رعایت تناوب زراعی در منطقه است. همچنین کشت مخلوط گیاهان علوفه‌ای از خانواده بقولات باعث کاهش جمعیت علف‌های هرز یولاف وحشی و جوهره در سامانه خاک‌ورزی حفاظتی و متداول شد. به نظر می‌رسد اقلیم منطقه و میزان بارندگی در فصل زراعی و همچنین عملیات زراعی مانند شخم، کوددهی و کاربرد علف‌کش‌ها در غالبیت یک گونه نقش داشته است (۲۲).

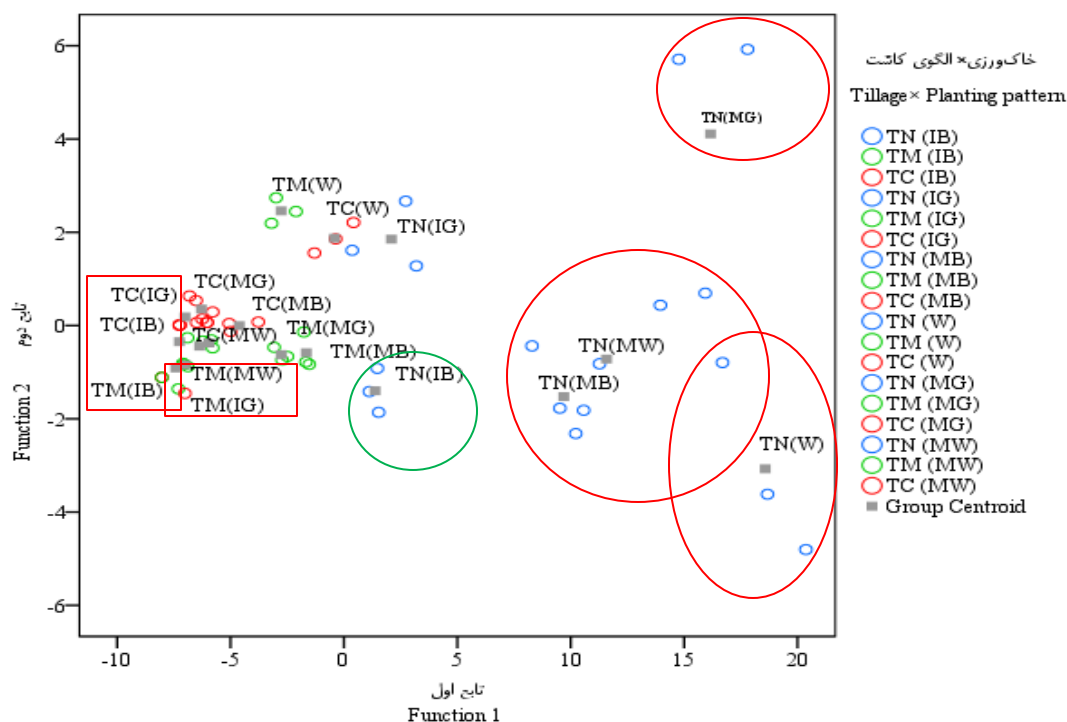
سامانه‌های خاک‌ورزی حفاظتی به کار برده شوند. کاربرد روش‌های علف‌های هرز می‌تواند گام بزرگی در جهت کشاورزی پایدار نیز باشد. خاک‌ورزی حفاظتی در تلفیق با الگوی کشت مخلوط برای کنترل

جدول ۷- مقادیر ویژه، درصد تبیین و ضرایب استاندارد شده حاصل از تجزیه تابع تشخیص برای تراکم گونه‌های مختلف

علف‌های هرز در الگوهای کشت مخلوط تحت سامانه‌های مختلف خاک‌ورزی طی سال‌های ۱۳۹۷-۹۸ و ۱۳۹۸-۹۹

Table 7- Specific eigenvalue values, explanation rate and standardized coefficient traits of discriminant functions in weeds plat density in intercropping under differential tillage systemes in 2018-19 and 2019-20

نام علمی	Weed species	سال ۱۳۹۷	سال ۱۳۹۸	
		Year 2018	Year 2019	
		تابع اول Function 1	تابع اول Function 1	تابع دوم Function 2
وایه گل سفید	<i>Ammi majus</i> L.	0.001		
ماستونک	<i>Turgenia latifolia</i> (L.) Hoffm.		-0.165	-0.116
گلرنگ وحشی	<i>Carthamus oxyacanthus</i> M. Bieb.	-0.294	0.093	-0.161
کاهوی وحشی	<i>Lactuca scariola</i> L.		0.056	-0.008
سنگدانه وحشی	<i>Lithospermum officinale</i> L.		0.054	-0.068
ازمک	<i>Cardaria draba</i> (L.) Desv.	-0.212	0.154	0.045
کله گنجشکی	<i>Euclidium syriacum</i> L.	-0.092	-0.047	-0.058
آجیل مزرعه	<i>Neslia paniculata</i> L.	0.076	0.242	0.210
خردل وحشی	<i>Sinapis arvensis</i> L.	0.046		
قلیانک	<i>Silene conoidea</i> L.	0.046	0.006	0.079
جنگجنگ	<i>Vaccaria pyramidata</i> Medik.	-0.029	-0.121	-0.086
پیچک صحرایی	<i>Convolvulus arvensis</i> L.	-0.082	-0.004	-0.041
زیرک	<i>Cephalaria syriaca</i> L.	-0.077	-0.243	-0.030
خلر	<i>Lathyrus aphaca</i> L.	0.061	-0.141	0.063
یونجه	<i>Medicago sativa</i> L.	0.046		
ماشک برگ پهن	<i>Vicia narbonensis</i> L.	0.098	-0.030	0.125
ماشک معمولی	<i>Vicia sativa</i> L.	0.310	-0.159	0.069
سوزن چوپان	<i>Geranium robertianum</i> L.		-0.017	0.058
غریبک	<i>Lamium amplexicaule</i> L.	0.036	0.081	-0.046
پنیرک	<i>Malva neglecta</i> Waller.	-0.048	0.107	-0.162
شقایی	<i>Papaver dubium</i> L.	-0.080	-0.147	0.057
آژیلوپس تائوشی	<i>Aegilops tauschii</i> Coss.	0.102	-0.202	-0.002
یولاف وحشی	<i>Avena ludoviciana</i> L.	0.177	0.319	0.948
گیامستک	<i>Bromus commutatus</i> Schrad.	0.108	0.086	0.060
علف پشمکی	<i>Bromus tectorum</i> L.	-0.038	-0.152	0.038
دگرگل گندمی	<i>Heteranthelium piliferum</i> L.	-0.029	-0.336	0.458
جوموشی	<i>Hordeum murinum</i> L.	0.096	-0.077	0.009
جودره	<i>Hordeum spontaneum</i> L.	1.000	0.819	-0.574
جو زراعی	<i>Hordeum vulgare</i> L.	-0.097	-0.150	-0.002
چچم	<i>Lolium perenne</i> L.	0.343	0.284	0.307
شاخ به سر	<i>Ceratocephalus falcatus</i> L.	-0.058	0.151	-0.006
شیر پنیر	<i>Galium tricornutum</i> D.	-0.083	-0.052	-0.069
آلاله وحشی	<i>Ranunculus arvensis</i> L.	-0.128	-0.048	0.013
مقدار ویژه	Eigenvalue	7.61	100.12	3.92
درصد واریانس	% of Variance	100.0	96.2	3.8
واریانس تجمعی	Cumulative %	-	-	100.0



شکل ۴- نمودار بای پلات حاصل از تابع تشخیص بر اساس توابع اول و دوم در سال ۱۳۹۸-۹۹.

Figure 4- Bi-plot diagram derived from the discriminant function based on the first and second functions in 2019-20.

TN (IB): الگوی کشت مخلوط گاودانه + گندم تحت شرایط بدون خاک‌ورزی؛ TM (IB): الگوی کشت مخلوط گاودانه + گندم تحت شرایط خاک‌ورزی حداقل؛ TC (IB): الگوی کشت مخلوط گاودانه + گندم تحت شرایط خاک‌ورزی متداول؛ TN (IG): الگوی کشت مخلوط خمر + گندم تحت شرایط بدون خاک‌ورزی؛ TM (IG): الگوی کشت مخلوط خمر + گندم تحت شرایط خاک‌ورزی حداقل؛ TC (IG): الگوی کشت مخلوط خمر + گندم تحت شرایط خاک‌ورزی متداول؛ TN (MB): الگوی کشت خالص گاودانه تحت شرایط بدون خاک‌ورزی؛ TM (MB): الگوی کشت خالص گاودانه تحت شرایط خاک‌ورزی حداقل؛ TC (MB): الگوی کشت خالص گاودانه تحت شرایط خاک‌ورزی متداول؛ TN (MG): الگوی کشت خالص خمر تحت شرایط بدون خاک‌ورزی؛ TM (MG): الگوی کشت خالص خمر تحت شرایط خاک‌ورزی حداقل؛ TC (MG): الگوی کشت خالص خمر تحت شرایط خاک‌ورزی متداول؛ TN (MW): الگوی کشت خالص گندم تحت شرایط بدون خاک‌ورزی؛ TM (MW): الگوی کشت خالص گندم تحت شرایط خاک‌ورزی حداقل؛ TC (MW): الگوی کشت خالص گندم تحت شرایط خاک‌ورزی متداول؛ TN (W): الگوی کشت زراعی بدون کشت گیاه زراعی تحت شرایط بدون خاک‌ورزی؛ TM (W): الگوی کشت زراعی بدون کشت گیاه زراعی تحت شرایط خاک‌ورزی حداقل؛ TC (W): الگوی کشت زراعی بدون کشت گیاه زراعی تحت شرایط خاک‌ورزی متداول.

و همچنین موافقت با انتشار این مقاله به زبان فارسی بدون ذکر نام ایشان، قدردانی می‌شود. به علاوه از دانشگاه ایلام به خاطر حمایت از انجام این رساله دکتری تشکر و قدردانی می‌گردد.

سپاسگزاری

از همکاری و مشاوره استاد محترم آقای پروفسور لارس آندرسون

منابع

- 1- Ahmadvand G., and Hajinia S. 2016. The effect of cover crops and integrated control on weed management and tuber yield of Potato (*Solanum tuberosum*) in different tillage systems. Iranian Journal of Weed Science 12(1): 63-78. (In Persian with English abstract)
- 2- Alizadeh K., and Teixeira da Silva J.A. 2013. Mixed cropping of annual feed legumes with barley improves feed quantity and crude protein content under dry-land conditions. Maejo International Journal of Science and Technology 7(01): 42-47.
- 3- Armengot L., Blanco-Moreno J.M., Barberi P., Bocci G., Carlesi S., Aendekerk R., Berner A., Celette F., Grosse M., Huiting H., Kranzler A., Luik A., Mader P., Peigne J., Stoll E., Delfosse P., Sukkel W., Surbock A., Westaway S., and Sans F.X. 2016. Tillage as a driver of change in weed communities: a functional perspective. Agriculture,

- Ecosystems & Environment 222: 276-285.
- 4- Asadi G.A., Khorramdel S. 2014. Effects of different ratio of barley and hairy vetch intercropping on yield, plant nitrogen content, weed population and diversity. Electronic Journal of Crop Production 7(1): 131-156. (In Persian with English abstract)
- 5- Asadi Gh. A., Ghorbani R., and Azizi E. 2014. Effect of different levels of manure on weed composition and diversity in intercropping spinach (*Spinacia oleracea* L.) and garlic (*Allium sativum* L.). Journal of Plant Protection 28(3): 325-337. (In Persian with English abstract)
- 6- Ates S., Feindel D., El Moneim., and Ryan J. 2014. Annual forage legumes in dryland agricultural systems of the West Asia and North Africa Regions: research achievements and future perspective. Grass and Forage Science 69: 17-31.
- 7- 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.
- 8- Bhatt R., and Khera K.L. 2006. Effect of tillage and mode of straw mulch application on soil erosion in the Submountain oustract of Punjab, India. Soil and Tillage Research 88: 107-115.
- 9- Blanco-Canqui H., Shaver T.M., Lindquist, J.L., Charles A., Shapiro R.W., Elmore C., Francis A., and Hergert G.W. 2015. Cover crops and ecosystem services: Insights from studies in temperate soils. Agronomic Journal 107: 449-474.
- 10- Booth B.D., Murphy S.D., and Swanton C.J. 2003. Weed ecology in natural and agricultural systems. CABI Publishing.
- 11- Brooker R.W., Bennett A.E., Cong W., Daniell T.J., George T.S., Hallett D.D., Hawes, C., Lanneta, P.P.M., Jones, H.G., Karley, A.J., Li, L., McKenzie B.M., Pakeman R.J., Paterson E., Schob C., Shen J., Squire G., Watson C.A., Zhang C., Zhang F., Zhang J., and White P.J. 2015. Improving intercropping: a synthesis of research in agronomy, plant physiology and ecology. New Phytologist 206: 107-117.
- 12- Campiglia E., Mancinelli R., Radicetti E., and Baresel J.P. 2014. Evaluating spatial arrangement for durum wheat (*Triticum durum* Desf.) and subclover (*Trifolium subterraneum* L.) intercropping systems. Field Crops Research 169: 49-57.
- 13- Chapagain T., and Riseman A. 2014. Barley-pea intercropping: Effects on land productivity, carbon and nitrogen transformations. Field Crops Research 166: 18-25.
- 14- Corre-Hellou G., Dibet A., Hauggaard-Nielsen H., Crozat Y., Gooding M., Ambus P., Dahlmann C., von Fragstein P., Pristeri A., Monti M., and Jensen E.S. 2011. The competitive ability of pea-barley intercrops against weeds and the interactions with crop productivity and soil N availability. Journal of Field Crops Research 122: 264-272.
- 15- Demjanova E., Macak M., Dalovi I., Majemik F., Stefan T., and Smatana. J. 2009. Effects of tillage systems and crop rotation on weed density, weed species composition and weed biomass in maize. Agronomy Research 7(2): 785-792.
- 16- Ejtahadi H., Sepehri A., and Akkafi H.R. 2009. Methods of measuring biodiversity. Publication of Ferdowsi university of Mashhad. (In Persian)
- 17- Fakhari R., Tobeh A., Taghi Alebrahim M., Baghestani M.A., and Zand E. 2016. The effect of cover crops and time of sowing on weed population and corn yield in two minimum and conventional tillage systems. Iranian Journal of Weed Science 12: 211-220. (In Persian with English abstract)
- 18- Friedrich T., and Kassam A. 2012. No-till farming and the environment: do no-till systems require more chemicals? Outlooks on Pest Management 23: 153-157.
- 19- Fuente E.B., Suarez S.A., Lenardis A.E., and Poggio S.L., 2014. Intercropping sunflower and soybean in intensive farming systems. Evaluating yield advantage and effect on weed and insect assemblages. NJAS -Wageningen Journal of Life Science 165: 1-6.
- 20- Guterman Y., Corbineau F., and Come D. 1996. Dormancy of *Hordeum spontaneum* caryopses from a population on the Negev desert highlands. Journal of Arid Environments 33: 337-345.
- 21- Guzman C., Autrique J.E., Mondal S., Singh R.P., Govindan V., Morales-Dorantes A., Romano G.P., Crossa J., Ammar K., and Pena R.J. 2016. Response to drought and heat stress on wheat quality, with special emphasis on bread-making quality, in durum wheat. Field Crops Research 186: 157-165.
- 22- Haghian E., and Heshmati G.H. 2014. Application of classification methods and geographical information system (GIS) techniques to identify vegetation structures and vegetation map (Case study: Andavar Rangelands, Amol). Journal of Management System 1(2): 13-29.
- 23- Khoshnam Z., Amiri Nejad M., Aein A., and Parsa Motlagh B. 2020. The evaluation of intercropping system of Indigo (*Indigofera tinctoria* L.) and Roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) on yield, weed biodiversity and changes of weeds community. Journal of Crop Production and Processing 10(2): 109-121. (In Persian with English abstract)
- 24- Koocheki A.R., Flahpour F., Khoramdel S., and Jafari L. 2014. Evaluation of intercropping of wheat and rapeseed on yield and component yield, diversity and weed density. Journal of Agroecology 6(1): 11-20. (In Persian with English abstract)
- 25- Legere A., Stevenson F.C., and Benoit D.L. 2005. Diversity and assembly of weed communities: contrasting

- responses across cropping systems. *Weed Research* 45: 303-315.
- 26- Lugandu S. 2013. Factors influencing the adoption of conservation agriculture by smallholder farmers in karatu and kongwa districts of Tanzania. Presented at REPOA's 18th Annual Research Workshop held at the Kunduchi Beach Hotel, Dares Salaam, and Tanzania.
 - 27- Midega C.A.O., Salifu D., Bruce T.J., Pittchar J., Pickett J.A., and Khan Z.R. 2014. Cumulative effects and economic benefits of intercropping maize with food legumes on *Striga hermonthica* infestation. *Field Crops Research* 155: 144-152.
 - 28- Mishra J.S., and Singh V.P. 2012. Tillage and weed control effects on productivity of a dry seeded rice-wheat system on a vertisol in Central India. *Soil and Tillage Research* 123: 11-20.
 - 29- Mojab M., Hosseini M., and Eslami V. 2016. Weed population dynamics, water productivity and grain yield of durum wheat (*Triticum durum* L.) in no-tillage and conventional tillage systems. *Journal of Plant Protection* 30(2): 313-320. (In Persian with English abstract)
 - 30- Monti M., Pellicano A., Santonoceto C., Preiti G., and Pristeri A. 2016. Yield components and nitrogen use in cereal-pea intercrops in Mediterranean environment. *Field Crops Research* 196: 379-388.
 - 31- Mousavi S.K. 2019. The effect of cutting off the wild barley (*Hordeum spontaneum* C. Koch) spike in wheat on its population in chickpea under a crop rotation system. *Journal of Plant Protection* 33(4): 441-451. (In Persian with English abstract)
 - 32- Murphy S.D., Clements D.R., Belaoussoff S., Kevan P.G., and Swanton C.J. 2006. Promotion of weed species diversity and reduction of weed seedbanks with conservation tillage and crop rotation. *Weed Science* 54: 69-77.
 - 33- Patience M., Lagoke S.T.O., Adigun J.A., and Orija O.R. 2013. Effect of intercropping with maize on weed diversity in cassava. *Environmental and Experimental Biology* 11: 189-193.
 - 34- Pelzer E., Bazot M., Makowski D., Corre-Hellou G., Naudin C., Al Rifai M., Baranger E., Bedoussac L., Biarnes V., Boucheny P., Carrouee P., Dorvillez D., Foissy D., Gaillard B., Guichard L., Mansard C., Omon B., Prieur L., Yvergniaux M., Justes E., and Jeuffroy M.H. 2012. Pea-wheat intercrops in low-input conditions combine high economic performances and low environmental impacts. *European Journal of Agronomy* 40: 39-53.
 - 35- Plaza E.H., Navarrete L., and Gonzalez-Andujar, J.L. 2015. Intensity of soil disturbance shapes response trait diversity of weed communities: The long-term effects of different tillage systems. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 207: 101-108.
 - 36- Raseduzzaman M., and Jensen E.S. 2017. Does intercropping enhance yield stability in arable crop production? A meta-analysis. *European Journal of Agronomy* 91: 25-33.
 - 37- Rastgou S., Ayneband A., and Fateh E. 2013. Evaluation of weed communication properties in sesame and mung intercropping system by biodiversity indices. In *Proceedings 2nd National Congress of Organic and Conventional Agriculture*, 21th to 22th August, Ardabil, Iran, pp. 295-299. (In Persian with English abstract)
 - 38- Renton M., and Flower, K. 2015. Occasional mouldboard ploughing slows evolution of resistance and reduces long-term weed populations in no-till systems. *Agriculture Systems* 139: 66-75.
 - 39- Santiago L.P. 2005. Structure of weed communities occurring in monoculture and intercropping of field pea and barley. *Forage Crops* 109: 48-58.
 - 40- Santin Montanya M.I., Martin Lammerding D., Walter I., Zambrana E., and Tenorio J.L. 2013. Effects of tillage, crop systems and fertilization on weed abundance and diversity in 4-year dry land winter wheat. *European Journal of Agronomy* 48: 43-49.
 - 41- Sardar M., Behdani M.A., Eslami S.V., and Mahmoodi S. 2015a. The effect of different weeds control and tillage systems on cotton's weeds management in second planting after of winter wheat. *Journal of Plant Protection* 29(1): 95-101. (In Persian with English abstract)
 - 42- Sardar M., Behdani M.A., Eslami V., and Mahmodi S. 2015b. The Effect of Soil Disturbance Methods and Weeds Control on the density and distribution of Cotton's (*Gossypium hirsutum*) weeds after wheat. *Agroecology* 7(2): 254-266. (In Persian with English abstract)
 - 43- Seyedi M., and Hamzei J. 2017. Effect of conservation and conventional tillage on weeds biodiversity and water and nitrogen use efficiency in sole and additive intercropping of soybean with sunflower. *Journal of Agroecology* 7(2): 120-133.
 - 44- Singh A.P., Bhullar M.S.m., Yadav, R., and Chowdhury T. 2015. Weed management in zero-till wheat. *Indian Journal of Weed Science* 47(3): 233-239.
 - 45- Virginia N., Nele V., Rachael C., and Bram G. 2015. Weed dynamics and conservation agriculture principles: A review. *Field Crops Research* 183: 56-68.



Evaluation the Effect of Wheat Intercropping with Bitter Vetch and Grass Pea on Weed Diversity and Density under Different Soil Tillage Systems

E. Amini¹- A. Taab^{2*}- E. Radicetti³

Received: 19-01-2021

Accepted: 20-04-2021

Introduction: Weeds represent the major biotic problem in wheat cropping systems, especially when are managed under conservation tillage practices. Indeed, the excessive use of herbicides in agricultural fields caused hazardous consequences, such as loss of biodiversity and resistant plants, therefore, nowadays there is a tendency to adopt ecological based weed control measures to improve the sustainability of the agro-ecosystems. Previous studies showed that cover crops could be successfully intercropped with main cash crops as living mulch to improve weed management. This experiment was performed to evaluate the effects of bitter vetch (*Vicia ervilia* (L.) Willd.) and grass pea (*Lathyrus sativus* L.) intercropped in additive series with winter wheat under different soil tillage systems.

Materials and Methods: Two field experiments were conducted at the Agricultural Research Station of Ilam University, Iran, in 2018-19 and 2019-20. The experimental treatments included three soil tillage systems (no tillage, reduced tillage, and conventional tillage), and two intercropping patterns (wheat+grass pea and wheat+bitter vetch). Moreover, a pure stands of bitter vetch, grass pea, and wheat was adopted. A split plot layout based on randomized complete block design with three replicates was applied where soil tillage systems and intercropping patterns were arranged as the main and sub plots, respectively. Weed species density was used to calculate the species diversity indices including Margalef, Shannon-Wiener, Brillouin, Evenness and Simpson dominance indices. The multivariate analysis was performed to discriminate the difference among species in response to tillage systems and intercropping patterns.

Results and Discussion: The results showed that based on relative abundance, in both studied years under the no-till system, wild barley and oat weeds accounted for the highest weed population with the frequency of 11.84 and 10.53%, in the first year, and 11.97 and 12.68% in the second year, respectively. Under the minimum tillage system, wild barley weeds in the first and second year with 10.62 and 8.29% relative abundance, respectively, had the highest weed population. Under conventional tillage conditions, in the first year, weeds of wild barley, *Euclidium syriacum*, wild oat, and *Ceratocephalus falcatus* were observed as the predominant weeds with the frequency of 10, 10, 9.4, and 9.4% respectively. In the second year, the highest relative abundance was related to weeds of wild oat and barley. The intercropping of wheat+bitter vetch reduces the weed density more than rest of the treatments under different soil tillage systems. The reductions in weed density due to intercropping of wheat+bitter vetch and wheat+grass pea were 77 and 69.9 % under no tillage, 80.1 and 76.1 % under reduced tillage, and 70.2 and 54.5 % under conventional tillage systems, respectively. This could be due to the density and competitive pressure by intercropping to reduce the ecological niche for weed species to occupy. The weed diversity indices (Shannon and Wiener, Brillouin, and Margalef indices) were highest in pure weedy and grass pea monocultures. Weed density and diversity were also highest under conventional tillage system. The highest Simpson dominance index (0.38) was found in wheat+bitter vetch intercropping in both years compared to the other treatments. No significant difference was found among the soil tillage systems in Simpson dominance index in the first year, while it showed a significant increase in no tillage (from 0.27 to 0.44), decreased in reduced tillage (from 0.24 to 0.17) and had no significant change in conventional tillage (0.21 to 0.20) systems in the second year. The pattern of Additive wheat+bitter vetch than wheat+grass pea intercropping reduced the density of weeds in different tillage systems. Probably due to the greater diversity of plants in intercropping patterns compared to monoculture, as a result, crops obtain more ecological niches and, by absorbing more available resources for growth, reduce growth and thus reduce population and weed density.

According to the multivariate analysis, 100% of the variances was explained by the first function in 2018-19, which showed *Hordeum spontaneum* L. as the dominant species. In 2019-20, 96.2 and 3.8% the variances were explained by first and second functions, respectively, which showed *Hordeum spontaneum* L. and *Avena*

1 and 2- Ph.D. Student of Crop Ecology and Assistant Professor, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Ilam University, Ilam, Iran, respectively.

(* - Corresponding Author Email: a.taab@ilam.ac.ir)

3- Researcher, Department of Chemical and Pharmaceutical Sciences, University of Ferrara, Ferrara, Italy

DOI: 10.22067/jpp.2021.68035.1004

ludoviciana L. as dominate species. Therefore, these two weed species might be well adapted to the cropping systems.

Conclusion: The results of this study showed that intercropping patterns could reduce the weed density even if the reduction was higher in wheat+bitter vetch than wheat+grass pea intercropping. Therefore, bitter vetch can be considered as an efficient living mulch for intercropping with wheat to control weeds in different soil tillage systems. Similarly, weed diversity is also affected by soil disturbances and intercropping. *Hordeum spontaneum* L. and *Avena ludoviciana* L. tend to be the dominant weed species. It is concluded that weeds can be controlled to an appropriate level using wheat+ bitter vetch intercropping under conservation and conventional tillage systems. This approach can be used to design an efficient weed management strategies toward sustainable agriculture.

Keywords: Conservation tillage, Cultivation pattern, Legume, Weed population



مقاله پژوهشی

تعیین دوره بحرانی کنترل علف‌های هرز کتان روغنی (*Linum usitatissimum* L.) در یاسوج

سیده آمنه حسینیان^۱ - علیرضا یدوی^{۲*} - هوشنگ فرجی^۳ - حمیدرضا بلوچی^۴ - محمد حمیدیان^۵

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۰/۳۰

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۲/۲۲

چکیده

به منظور تعیین دوره بحرانی کنترل علف‌های هرز کتان روغنی (*Linum usitatissimum* L.) آزمایشی در سال زراعی ۱۳۹۵-۹۶ در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۱۴ تیمار و سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه یاسوج اجرا شد. تیمارها شامل دو گروه، گروه اول به صورت حذف علف‌های هرز (عاری از علف هرز) تا ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۰، ۵۰ و ۶۰ روز پس از سبز شدن کتان روغنی و سپس حفظ آن‌ها اعمال شد و گروه دوم، به صورت حفظ علف‌های هرز (تداخل) تا زمان‌های فوق و سپس حذف آن‌ها اعمال شد. دو تیمار شاهد تداخل و کنترل تمام فصل (۱۱۰ روز) نیز در نظر گرفته شد. با افزایش طول دوره‌های تداخل علف‌های هرز، عملکرد دانه، عملکرد روغن، پروتئین دانه، تعداد کپسول، تعداد دانه در کپسول، وزن هزار دانه و میزان عناصر غذایی دانه (آهن، روی، فسفر و پتاسیم) کاهش معنی‌داری یافتند. ولی افزایش طول دوره‌ی کنترل منجر به افزایش این صفات شد که در همه موارد جز در فسفر دانه این روند افزایشی، معنی‌دار بود. در کل تاثیر منفی رقابت علف هرز بر صفات عملکردی و جذب عناصر در اول فصل بیشتر از باقی طول رشد گیاه بود. با اینکه افزایش طول دوره‌های تداخل علف‌های هرز، باعث افزایش معنی‌دار وزن خشک علف‌های هرز گشت ولی اثر آن بر تراکم علف‌های هرز معنی‌دار نبود. با افزایش طول دوره‌های کنترل، وزن خشک علف‌های هرز و تراکم آن‌ها کاهش معنی‌داری یافت. دوره بحرانی کنترل علف‌های هرز برای کتان روغنی با در نظر گرفتن کاهش مجاز ۱۰ درصد عملکرد دانه، ۵ تا ۴۴ روز پس از سبز شدن کتان روغنی تعیین شد.

واژه‌های کلیدی: افت عملکرد، تعامل گیاه زراعی، علف‌هرز، دوره بحرانی عاری از علف‌هرز، دوره تداخل علف‌هرز

مقدمه

هرز در زراعت کتان تحمیل می‌شود و معمولاً از علف‌کش‌های شیمیایی به منظور کنترل علف‌های هرز برای قبل و بعد از ظهور استفاده می‌شود (۴) امروزه با توجه به تاثیرات منفی علف‌های هرز بر عملکرد گیاهان در مزرعه (۲۷)، مقاوم شدن علف‌های هرز به علف‌کش‌های مختلف و خطرات زیستی آن‌ها (بر سلامت انسان و بوم نظام) (۴۴ و ۴۵) و تاثیر منفی بر روی متابولیت‌های ثانویه گیاهان (۴۲)، نظیر بسیاری از ترکیبات موجود در روغن کتان، روش‌های جایگزینی برای کنترل پایدار علف‌های هرز معرفی می‌شود. سامانه مدیریت تلفیقی علف‌های هرز امروزه یکی از راهکارهای مهم در توسعه کشاورزی پایدار و مبارزه با علف‌های هرز است. این سامانه شامل ترکیبی از روش‌های کشاورزی، مکانیکی، بیولوژیکی، ژنتیکی و شیمیایی برای کنترل مؤثر و اقتصادی علف‌هرز می‌باشد. در این روش‌ها، تعیین دوره بحرانی کنترل علف‌های هرز به عنوان یک راهبرد بسیار کاربردی مطرح می‌شود (۲۱). دوره بحرانی در واقع

کتان روغنی با نام علمی *Linum usitatissimum* L. یک گیاه از تیره کتانیان است؛ که از روغن آن به عنوان منبع خوراکی (حاوی امگا ۳ و اسیدهای چرب غیراشباع مانند امگا ۶) در رژیم غذایی انسان استفاده می‌شود (۳۶ و ۳۵). کتان یک محصول دانه روغنی ارزشمند بوده که از آن با هدف خوراکی و به عنوان جایگزینی برای چربی‌های حیوانی در رژیم غذایی استفاده می‌شود (۸). این گیاه می‌تواند گزینه مناسب برای تنوع بخشیدن به نظام‌های کشت ایران باشد؛ گرچه کشت آن به دلیل حساسیت بالا به رقابت علف‌های هرز محدود می‌شود (۴۰). میزان بارش، میزان آبیاری، بافت خاک و کنترل علف‌های هرز از عوامل اصلی تاثیرگذار بر میزان عملکرد کتان هستند و ثابت شده‌است که علف‌های هرز به شدت عملکرد و حتی کیفیت محصول کتان را تحت تاثیر قرار می‌دهند (۳۸). به علت رقابت ضعیف کتان در برابر علف‌های هرز، هزینه‌های زیادی برای مدیریت علف‌های

(Email:Yadavi@yu.ac.ir

(*) - نویسنده مسئول:

۱، ۲، ۳، ۴ و ۵ - به ترتیب دانش آموخته کارشناسی ارشد زراعت، دانشیاران، استاد و دانشجوی گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه یاسوج

از اهمیت زیادی برخوردار است. بنابراین، پژوهش پیش‌رو به منظور بررسی دوره بحرانی کنترل علف‌های هرز کتان روغنی در یاسوج پرداخته است.

مواد و روش‌ها

آزمایش در بهار سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵ در مزرعه تحقیقات دانشکده کشاورزی دانشگاه یاسوج واقع در شهرستان یاسوج با مختصات جغرافیایی ۵۱ درجه و ۳۶ دقیقه طول شرقی و ۳۰ درجه و ۴۰ دقیقه عرض شمالی و با ارتفاع ۱۸۷۰ متر از سطح دریا اجرا شد. مشخصات خاک بر اساس آزمون خاک در جدول ۱ ذکر شده است. آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۱۴ تیمار و سه تکرار اجرا شد. تیمارها شامل دو گروه، تیمارهای عاری از علف‌های هرز و تیمارهای تداخل علف‌های هرز در نظر گرفته شدند. در گروه اول، کنترل علف‌های هرز تا (۱۱۷/۳۱ GDD)، (۲۶۱/۲ GDD)، (۲۰۱/۱ GDD)، (۴۲۱/۱ GDD)، (۵۸۹/۲ GDD)، (۷۶۶/۳ GDD) و (۹۴۵/۳ GDD) روز پس از سبز شدن کتان روغنی، صورت گرفت و در گروه دوم، به علف‌های هرز اجازه داده شد که با کتان روغنی تا زمان‌های مذکور رقابت کرده و پس از آن تا پایان فصل وجین انجام شد. دو تیمار کنترل و تداخل تمام فصل علف‌های هرز نیز به عنوان تیمارهای شاهد در نظر گرفته شد. زمین طرح متشکل از ۴۲ واحد آزمایشی بود. هر کرت شامل سه پشته به طول چهار متر و به فواصل ۵۰ سانتی‌متر از یکدیگر تشکیل شد. بر روی هر پشته دو ردیف کتان با فاصله ردیف ۲۵ سانتی‌متری و فاصله بین بوته ۴ سانتی‌متر کشت شدند. در هر کرت آزمایشی دوخط کناری به عنوان اثر حاشیه‌ای در نظر گرفته شد و صفات مورد بررسی به صورت تصادفی از چهار ردیف وسط هر کرت اندازه‌گیری شد. عملیات کاشت کتان روغنی به صورت دستی و در تاریخ ۳ تیرماه انجام شد. نمونه‌برداری جهت تعیین تعداد کپسول در بوته، تعداد دانه در کپسول، وزن هزار دانه، عملکرد زیستی و عملکرد دانه پس از اتمام رشد رویشی و زایشی بوته‌ها از وسط هر کرت به مساحت ۲ متر مربع از محل طوقه کف‌بر شدند. بعد از خشک کردن در دمای ۷۰ درجه به مدت ۷۲ ساعت وزن شدند و عملکرد زیستی در واحد سطح محاسبه شد. بعد از آن کپسول‌های ۲۰ بوته (انتخاب تصادفی بوته‌ها) جدا و شمارش شدند و بر اساس میانگین در تک بوته محاسبه شدند. سپس تمامی دانه‌ها از کپسول‌ها به روش دستی جدا و شمارش شده و به صورت میانگین تعداد در هر کپسول محاسبه شدند. سپس بذور جدا شده از هر کرت وزن شدند و در نهایت عملکرد دانه در واحد سطح و وزن هزار دانه برای هر تیمار محاسبه گردید. نمونه‌برداری از علف‌های هرز در دو

دوره‌ای از فصل رشد گیاه هست که در طی آن بایستی علف‌های هرز کنترل شوند تا اطمینان حاصل شود که کاهش عملکرد (به دلیل رقابت گیاه با علف هرز) از آستانه‌ای که باعث خسارت شود فراتر نرفته و آستانه خسارت معمولاً بر اساس هزینه کنترل علف‌های هرز تعیین می‌شود (۲۳ و ۲۶). طول دوره بحرانی کنترل علف‌های هرز بسته به گونه گیاه و ترکیب علف‌های هرز متفاوت بوده (۴۶) و تحت تأثیر دوره‌ای خاص از رشد، زمان ظهور علف‌های هرز و محصول، تغذیه گیاه و حتی سیستم کشت و کار تغییر می‌نماید (۴۷). تخمین دوره بحرانی می‌تواند نقش مهمی در دستیابی به مدیریت پایدار و یکپارچه علف‌های هرز در محصولات زراعی و کاهش هزینه‌ها داشته باشد (۲۱). همانطور که بیان شد خسارت علف‌های هرز در دوره‌های مختلف رشد و در گونه‌های مختلف گیاهان، متفاوت بوده به طور مثال در کلزا (*Brassica napus*) تداوم تداخل علف‌های هرز تا بیش از مرحله چهار برگی کلزا، عملکرد دانه را نسبت به تیمار شاهد (کنترل در تمام فصل) می‌تواند تا ۷۰ درصد کاهش دهد و با به تأخیر افتادن کنترل علف‌های هرز تا ورود کلزا به مرحله روزت، روند نزولی عملکرد دانه شدت بیشتری پیدا می‌کند (۴۸). در گیاه ذرت (*Zea mays*)، عملکرد در تیمار تداخل علف‌های هرز تا مرحله ۲ برگی، اختلاف معنی‌داری با تیمار کنترل تمام فصل نداشت. اما با ادامه تداخل تا مرحله ۵ برگی اختلاف معنی‌داری در عملکرد با تیمار شاهد (۲۳٪ کاهش) مشاهده شد. که با افزایش دوره‌ی تداخل روندکاهشی عملکرد بیشتر شد؛ به گونه‌ای که تداخل تا انتهای فصل، عملکرد را به میزان ۳۶٪ کاهش داد (۱۳). علاوه بر موارد ذکر شده، تأثیر منفی آلودگی علف هرز با توجه به خصوصیات ظاهری و فیزیولوژیکی گونه گیاهان می‌تواند در هر گیاه متفاوت باشد به طور مثال در گلرنگ (*Carthamus tinctorius*)، کنترل علف‌های هرز تأثیر معنی‌دار بر عملکرد دانه، تعداد طبق در بوته، تعداد دانه در طبق (۵) و وزن هزار دانه (۲۸) داشت. در آفتابگردان (*Helianthus annuus*) گزارش شده است بین تیمارهای ۲۰ و ۴۰ روز آلوده به علف‌هرز و تیمارهای عاری از علف‌هرز از نظر وزن هزار دانه اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (۳). اما سه تیمار ۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ روز تداخل با بقیه تیمارها اختلاف معنی‌دار داشتند. در گیاه سیاه‌دانه با افزایش طول دوره تداخل علف‌های هرز و افزایش شدت رقابت آنها با گیاه سیاه‌دانه (*Nigella sativa*) عملکرد دانه و عملکرد روغن نیز کاهش یافت (۴۱).

با توجه به اهمیت گیاه کتان روغنی به عنوان یک گیاه حساس با توان رقابتی پایین در برابر علف‌های هرز، بررسی زمان مناسب مبارزه با علف‌های هرز در این گیاه به منظور پایداری هر چه بیشتر سیستم، حداقل رساندن کاربرد سموم شیمیایی و کاهش هزینه‌های کشاورز در پیرو بهبود کیفیت، عملکرد و تنوع بخشیدن به سیستم زراعی ایران

روز) و b : مقادیر ثابت. در معادله لجستیک (۴) Y عملکرد دانه (درصد از شاهد عاری از علف هرز)، x مدت تداخل با علف‌های هرز پس از سبز شدن (بر حسب روز)، a ، b ، d ، c مقادیر ثابت، c نقطه عطف منحنی (بر حسب روز).

به منظور اندازه‌گیری روغن بذور به از روش سوکسله استفاده شد (۱۹). سپس، درصد روغن دانه و عملکرد روغن (معادله ۲) محاسبه شد. محلول سنجش از نمونه دانه خشک (آسیاب شده) همراه مخلوط هضم و هیدروژن پراکسید بر روی هیتر به دست آمد (۳۴). از این عصاره برای اندازه‌گیری نیترژن (۳۴)، فسفر (۳۹) و پتاسیم (فلیم فتومتر) (۲۴) استفاده شد و درصد پروتئین دانه از حاصلضرب درصد نیترژن در عدد ۶/۲۵ به دست آمد (۶).

برای اندازه‌گیری آهن و روی، نمونه‌های گیاهی آسیاب شده در دمای ۵۰۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴ ساعت خاکستر شد، سپس خاکستر گیاه با کلریدریک اسید حرارت داده شد و بعد از آن محلول سنجش را صاف و به حجم نهایی رساندیم. این عصاره توسط طیف سنجی جذب اتمی غلظت آهن و روی در دانه گیاه بر اساس استاندارد تعیین شد (۷).

برای تجزیه آماری مشاهدات از نرم‌افزار SAS نسخه 9.1، برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد و برای ترسیم نمودارها از نرم‌افزار EXCEL 2007 استفاده شد. از اطلاعات اداره هواشناسی حداقل و حداکثر دمای روزانه جهت محاسبه مجموع درجه روز رشد (GDD) به صورت ماهانه استفاده شد.

گروه تیماری به صورت جداگانه انجام شد. در گروه تیماری کنترل علف‌های هرز، نمونه‌برداری در انتهای فصل رشد برای تمامی آن تیمارها انجام شد. ولی برای تیمارهای تداخل، نمونه‌برداری از علف‌های هرز در پایان هر مرحله از رشد گیاه (۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۰، ۵۰ و ۶۰ روز پس از سبز شدن) قبل از وجین علف‌های هرز انجام شد. نمونه‌برداری علف‌های هرز به وسیله دو بار گذاشتن تصادفی یک کوادرات 25×25 سانتی‌متری در هر تیمار و کف بر نمودن داخل آن تعیین می‌شود که طی آن تراکم کل علف‌های هرز اندازه‌گیری شد و سپس وزن خشک کل گونه‌ها اندازه‌گیری شد. بدین منظور نمونه‌ها در آون الکتریکی در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت قرار گرفتند. برای محاسبه درجه روز رشد پس از کاشت، از معادله (۱) استفاده شد و با استفاده از روش وایازی غیر خطی اجزاء دوره بحرانی تعیین شد. در این روش از معادلات غیر خطی گامپرتز (معادله ۳) برای تعیین پاسخ عملکرد به دوره‌های عاری از علف هرز و لجستیک معادله (۴) برای دوره‌های تداخل علف‌هرز استفاده شد.

$$\text{معادله (۱)} \quad \text{GDD} = \sum (T_{\min} + T_{\max}) / 2 - T_b$$

$$\text{معادله (۲)} \quad \text{عملکرد دانه} \times \text{درصد روغن} = \text{عملکرد روغن}$$

$$\text{معادله (۳)} \quad y = a \exp(-b \exp(-cx))$$

$$\text{معادله (۴)} \quad y = ((1/(a \exp(b(x-c)) + d)) + ((d-1)/d)) \times 100$$

در این معادله (۱) GDD : روز-درجه-رشد، $T_{\min}$: کمینه درجه حرارت روزانه هوا $T_{\max}$: بیشینه درجه حرارت هوا بر حسب درجه سانتی‌گراد و T_b : درجه حرارت پایه کتان روغنی می‌باشد. در معادله (۳)، y : عملکرد دانه (درصد از شاهد عاری از علف هرز)، a : مجانب عملکرد، x : مدت کنترل علف‌های هرز پس از سبز شدن (بر حسب

جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

Table 1- Soil physical and chemical properties of experimental location

روزی	آهن	فسفر	پتاسیم	هدایت الکتریکی	اسیدیته	نیترژن	کربن ارگانیک	بافت خاک
Zn (mg.kg ⁻¹)	Fe (mg.kg ⁻¹)	P (mg.kg ⁻¹)	K (mg.kg ⁻¹)	Ec (dS/m)	pH	N (%)	OC (%)	Soil texture
0.48	1.48	8	260	2.83	7.7	0.16	1.6	Silty clay

تاثیر معنی‌داری بر تراکم وزن خشک علف‌های هرز داشت (جدول ۲). اما تاثیر طول دوره تداخل علف‌های هرز فقط بر وزن خشک علف‌های هرز معنی‌داری بود.

با توجه به شکل ۱ وزن خشک و تراکم علف‌های هرز با افزایش دوره‌های کنترل کاهش یافتند. به طوری‌که تیمار تداخل کامل (۱۱۰ روزه) در کل دوره رشد، بیشترین مقدار زیست توده علف هرز، ۱۴۹ گرم (وزن خشک) در متر مربع، را تولید نمود. در تیمارهای کنترل، بیشترین تراکم علف‌های هرز (۵۸/۷ بوته در متر مربع)، مربوط به تیمار ۱۰ روز کنترل بود در حالی که بیشترین وزن خشک علف‌های هرز (۱۰۰/۲) گرم در متر مربع) در تیمار ۲۰ روز کنترل مشاهده شد اما با تیمار ۱۰ روز کنترل تفاوت معنی‌داری نداشت.

نتایج و بحث

تراکم و وزن خشک علف‌های هرز

علف‌های هرز جمع‌آوری شده شامل چندین گونه غالب نظیر قیاق (*Sorghum halepense*)، سلمه‌تره (*Chenopodium album*)، توق (*Xanthium strumarium*) و عروسک پشت پرده (*Physalis alkekengi*) بودند و اکثر فلور علف هرز مزرعه را تشکیل می‌دادند؛ گرچه نتایجی همسو پژوهش ما در گونه علف هرز مزرعه کتان (مانند عروسک پشت پرده و سلمه‌تره) گزارش شده است (۱) اما در بیشتر مواقع گونه علف‌های هرز غالب در مزرعه در سال‌های ابتدای کشت وابسته به بانک بذر موجود در خاک است. دوره‌های کنترل علف هرز

جدول ۲- تجزیه واریانس اثر دوره‌های کنترل و تداخل علف هرز بر وزن خشک و تراکم علف هرز

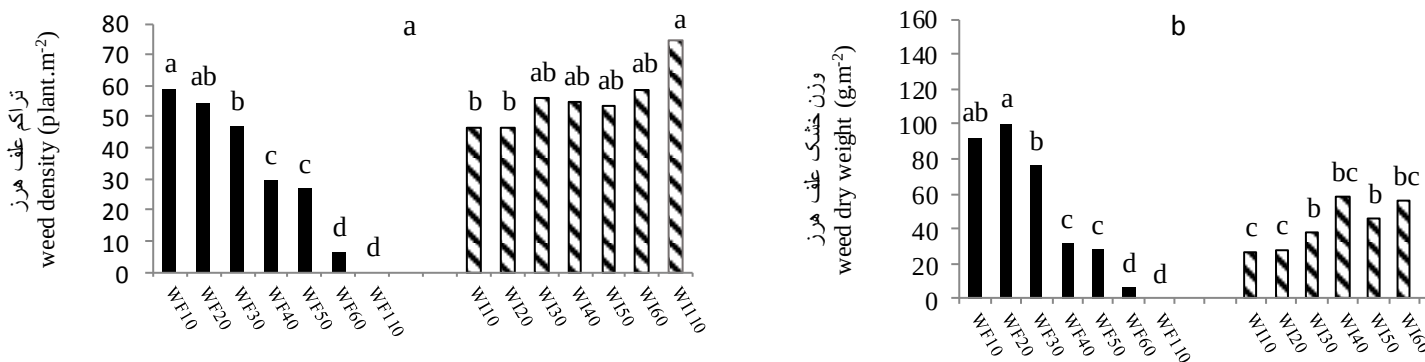
Table 2- Analysis of variance of the effect of weed control and weed interference duration on dry weight and weed density

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی DF.	میانگین مربعات Mean squar		منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی DF.	میانگین مربعات Mean squar	
		وزن خشک علف هرز Weed dry weight	تراکم علف هرز Weed density			وزن خشک علف هرز Weed dry weight	تراکم علف هرز Weed density
تکرار Replication	2	2.13 ^{ns}	101.33 ^{ns}	تکرار Replication	2	235.39 ^{ns}	51.04 ^{ns}
دوره کنترل Control period	6	45.28 ^{**}	1570.53 ^{**}	دوره تداخل Interference period	6	5410.90 ^{**}	269.20 ^{ns}
خطا Error	12	111.89	33.77	خطا Error	12	206.61	2041.90
CV% ضریب تغییرات		22.15	18.27	CV% ضریب تغییرات		25.07	23.37

ns، غیرمعنی‌دار و ** معنی‌دار در سطح خطای ۱ درصد
ns Non significant and **Significant at P<0.01

علف‌های هرز، کاهش امکان سبز شدن آن‌ها در زیر کانوپی گیاه زراعی و پدیده خودتنگی علف‌های هرز و مصادف شدن زمان جوانه‌زنی غالب علف‌های هرز مزرعه با مراحل اولیه رشد محصول باشد (۴۹). اما از طرفی دیگر با افزایش طول دوره‌های تداخل، وزن خشک و تراکم علف‌های هرز روند صعودی داشت. زیرا در طول دوره تداخل به دلیل ضعیف بودن گیاهچه اولیه کتان در اول فصل و کافی بودن منابع رشدی، علف‌های هرز به راحتی می‌توانند رشد کنند (۲۲). در واقع افزایش وزن خشک و تراکم علف‌های هرز با افزایش دوره‌ی تداخل علف‌های هرز امری طبیعی است (۳۳).

با افزایش طول دوره‌ی کنترل کاهش وزن خشک علف‌های هرز امری طبیعی است (۲۲) زیرا با افزایش دوره کنترل، بوته‌های علف‌هرز در شرایطی، فرصت رویش پیدا می‌کنند که قدرت رقابت نسبی بوته‌های کتان روغنی به دلیل گسترش شاخه‌های جانبی، افزایش ارتفاع و سایه‌اندازی شدیدتر، بهبود یافته است. به همین دلیل بوته‌های علف‌هرز به طور کامل موفق به ادامه رویش نمی‌شوند (۱۵). همچنین یکی دیگر از علل سیر نزولی تراکم علف‌های هرز با افزایش دوره‌های کنترل می‌تواند به دلیل کاهش بانک بذر علف‌های هرز در اثر وجین‌های متوالی، سپری شدن زمان مناسب سبز شدن برخی از



شکل ۱- اثر دوره‌های کنترل و تداخل علف‌های هرز در گیاه کتان بر تراکم (الف) و وزن خشک (ب) علف‌های هرز

ستون‌های دارای حرف مشترک بر اساس آزمون LSD در سطح خطای (۵٪) اختلاف معنی‌داری ندارند.

Figure 1- Effect of weed control and weed interference duration on weed density (a) and weed dry weight (b)
Columns followed by the same letter are not significantly different based on LSD test (P≤0.05).

ترتیب مربوط به ۱۱۰ و ۱۰ روز تداخل بود (شکل ۱). تراکم علف‌های هرز از تیمار تداخل ۳۰ روزه تا تداخل کامل تغییر معنی‌داری نکرد زیرا

به‌طوری‌که بیشترین و کمترین تراکم (۷۴/۶۷ و ۴۶/۶۷ بوته در متر مربع) و وزن خشک (۱۴۹/۵۲ و ۲۷/۰۱ گرم در متر مربع) به

رقابت بر سر فضا و منابع غذایی، محدود بودن این دو عامل از یک طرف و پدیده خود تنگی و سایه‌اندازی در بین گونه‌های علف‌های هرز کتان روغنی از طرفی دیگر، رشد و گسترش علف‌های هرز جدید (در نتیجه افزایش تراکم) را با افزایش دوره تداخل محدود کرده است (۳۲). گزارش شده است که با طولانی شدن دوره تداخل علف‌های هرز، تعداد علف‌های هرز در مزرعه آویشن باغی ابتدا یک روند

افزایشی و در انتها به دلیل رقابت و عدم وجود فضای کافی روند کاهش‌ی نشان داده است (۲۲). با افزایش یافتن طول دوره تداخل علف‌های هرز تعداد علف‌های هرز در مزرعه سیاهدانه تا اواسط فصل رشد سیاهدانه دارای روند صعودی بود و پس از رسیدن به حداکثر مقدار خود در ۴۲ روز پس از کاشت رو به کاهش گذاشت به‌طوری‌که در انتهای فصل رشد به کمترین مقدار خود رسید (۴۱).

جدول ۳- تجزیه واریانس عملکرد، اجزاء عملکرد، روغن، پروتئین و محتوای عناصر دانه کتان روغنی تحت تاثیر دوره‌های تداخل و کنترل علف هرز

Table 3- Analysis of variance of yield, yield components, oil, protein and nutrient content of linseed affected by weed interference and weed control duration

Mean of squares میانگین مربعات													
منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی DF.	عملکرد روغن Oil yeild	عملکرد دانه Garin yeild	تعداد کپسول در بوته Number of capsul per plant	تعداد دانه در کپسول Seed number per capsul	وزن هزار دانه 1000 Seed weigh	عملکرد زیستی Biological yield	روغن دانه Seed oil	پروتئین دانه Seed protein	فسفر دانه Seed P	پتاسیم دانه Seed K	روی دانه Seed Zn	آهن دانه Seed Fe
تکرار Replication	2	6.3 ^{ns}	96.9 ^{ns}	24.73 ^{ns}	0.24 ^{ns}	0.01 ^{ns}	503 ^{ns}	12.5 ^{ns}	36.6 ^{ns}	7160462 ^{ns}	1515482 ^{**}	3.37 ^{ns}	117 ^{ns}
تیمار Treatment	13	1087 ^{**}	4109 ^{**}	1874 ^{**}	1.10 ^{**}	0.70 ^{**}	21971 ^{**}	12.7 [*]	46 ^{**}	23527117 ^{**}	1664910 ^{**}	35.1 ^{**}	414 ^{**}
خطا Error	26	937	82.9	3153	0.11	0.11	692	5.7	12.1	2246033	218768.8	7.2	131
ضریب تغییرات CV%		6.40	4.23	13.00	4.46	5.30	3.93	5.52	18.59	14.86	25.27	12.90	20.01

ns غیرمعنی‌دار، * و ** معنی‌دار در سطح خطای ۵ و ۱ درصد
ns Non significant, * and ** Significant at P<0.05 and P<0.01

۶۲/۱ و ۶۲/۵ درصد کمتر بودند. تداخل علف‌های هرز باعث کاهش عنصر آهن، روی و پتاسیم نیز شد؛ اما در رابطه با آهن این روند کاهش‌ی در هیچ کدام از تیمارهای تداخلی معنی‌دار نبود. همچنین کاهش عناصر روی و پتاسیم با افزایش طول تداخل علف‌های هرز از ۳۰ روز به بعد تغییر معنی‌داری نکرد (جدول ۴). در کل کاهش قابل توجه محتوای روی، آهن، فسفر و پتاسیم با افزایش تداخل و کاهش کنترل نشان‌دهنده اختلال جذب عناصر غذایی و انتقال آن به دانه در کتان بوده و علت این رخداد رقابت گونه‌های علف هرز بر سر جذب عناصر غذایی بوده است (۱۴). مدیریت به موقع علف‌های هرز می‌تواند باعث کنترل مناسب مواد مغذی در مزرعه، کاهش علف‌های هرز و عوارض جانبی آنان بر گیاه کتان روغنی شود. زیرا بهبود مواد مغذی نظیر آهن، فسفر، روی و پتاسیم در دانه با کنترل علف هرز علاوه بر اینکه تاثیر مثبتی بر عملکرد دانه دارد بلکه عامل افزایش سطح کیفی دانه نیز می‌باشد (۱۱ و ۱۰).

پروتئین دانه و اجزای عملکرد

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان می‌دهد که تیمارهای تداخل و کنترل علف‌های هرز تاثیر معنی‌داری (در سطح احتمال یک

محتوای عناصر غذایی

اثر تیمارهای تداخل و کنترل علف‌های هرز در سطح خطای یک درصد بر میزان عناصر فسفر، پتاسیم، روی و آهن دانه معنی‌دار شد (جدول ۳). با افزایش دوره‌های کنترل تمامی عناصر در دانه کتان روغنی افزایش یافتند؛ این نتیجه ممکن است به دلیل رقابت کمتر برای مواد مغذی و آب از طریق محدود کردن هجوم علف‌های هرز باشد که منجر به افزایش جذب عناصر مختلف نظیر روی، پتاسیم و فسفر می‌شود (۱۰). اما میزان افزایش فسفر دانه در بین هیچ‌کدام از تیمارهای کنترل (حتی در تیمار کنترل کامل) معنی‌دار نبود. تیمارهای کنترل ۴۰ و ۶۰ روزه از نظر میزان آهن و روی تفاوت معنی‌داری با کنترل کامل نداشتند ولی میزان پتاسیم در این تیمارها به طور معنی‌داری کمتر از کنترل ۱۱۰ روزه بود. کمترین میزان عناصر پتاسیم، آهن و روی مربوط به کنترل ۱۰ روزه بود که به ترتیب ۶۴، ۳۴/۵ و ۲۹/۴ درصد کمتر از کنترل کامل بودند (جدول ۴). در واقع رقابت با علف‌های هرز باعث کاهش جذب عناصر فسفر، پتاسیم (۲۹) آهن و روی (۱۶) و در نتیجه کاهش آن در دانه می‌شود. کمترین میزان فسفر در تیمار تداخل مربوط به تیمار ۵۰، ۶۰ و ۱۱۰ روزه (تداخل کامل) بود و نسبت به کنترل کامل میزان فسفر در این تیمارها به ترتیب ۴۸،

درصد) بر میزان پروتئین دانه، تعداد کپسول در بوته، دانه در کپسول و وزن هزار دانه داشتند (جدول ۳). کمترین و بیشترین میزان پروتئین به ترتیب مربوط تیمار ۱۰ روز کنترل (با تیمار تداخل کامل اختلاف معنی داری نداشت) و کنترل کامل (۱۱۰ روزه) بود.

جدول ۴- مقایسه میانگین اثر دوره‌های تداخل و کنترل علف هرز بر عملکرد و اجزای عملکرد کتان روغنی

Table 4- The mean comparison of the effect of weed control and weed interference duration on yield and yield components of linseed

	روز پس از سبز شدن کتان روغنی Day after linseed emergence	تعداد کپسول در بوته Number of capsul per plant	تعداد دانه در کپسول Seed number per capsule	وزن هزار دانه 1000 Seed weigh (g)	عملکرد زیستی Biological yield (g.m ⁻²)	دانه					
						روغن Oil (%)	پروتئین Protein (%)	فسفر P (mg Kg ⁻¹)	پتاسیم K (mg.Kg ⁻¹)	روی Zn (mg.Kg ⁻¹)	آهن Fe (mg.Kg ⁻¹)
عاری از علف هرز Weed Free	10	81.0 ^{defg}	7.03 ^{fg}	5.8 ^d	652.7 ^{ef}	39.5 ^c	12.1 ^d	10.78 ^{ab}	1.37 ^{de}	18.0 ^{ef}	52.7 ^{cd}
	20	91.3 ^{cde}	7.42 ^{def}	6.1 ^{cd}	678.2 ^{de}	42.3 ^{abc}	16.8 ^{bcd}	11.50 ^{ab}	1.47 ^{cde}	20.0 ^{bcdef}	59.8 ^{abcd}
	30	98.7 ^{cd}	7.48 ^{cdef}	6.6 ^{abc}	706.8 ^{cd}	42.9 ^{abc}	19.7 ^{abc}	11.51 ^{ab}	1.89 ^{bcde}	24.0 ^{abc}	58.5 ^{bcd}
	40	104.9 ^{bc}	7.62 ^{bcdef}	6.7 ^{ab}	725.8 ^{cd}	44.3 ^{ab}	19.6 ^{abc}	11.63 ^{ab}	2.00 ^{bcde}	24.5 ^{ab}	65.2 ^{abcd}
	50	105.3 ^{bc}	8.02 ^{abcd}	6.9 ^{ab}	735.0 ^{bc}	44.2 ^{ab}	21.3 ^{abc}	12.47 ^{ab}	2.30 ^{bc}	23.0 ^{abcde}	69.2 ^{abc}
	60	119.6 ^{ab}	8.07 ^{abc}	7.1 ^a	776.5 ^b	45.2 ^{ab}	24.8 ^a	12.60 ^a	2.65 ^b	24.2 ^{ab}	76.8 ^{ab}
	110	130.1 ^a	8.16 ^{ab}	7.1 ^a	844.5 ^a	45.7 ^a	26.0 ^a	12.94 ^a	3.89 ^a	25.5 ^a	80.5 ^a
تداخل علف‌های هرز Weed Interference	10	82.4 ^{def}	8.37 ^a	6.8 ^{ab}	680.2 ^{de}	44.4 ^{ab}	21.6 ^{ab}	12.32 ^{ab}	2.17 ^{bcd}	23.3 ^{abcd}	52.2 ^{cd}
	20	77.4 ^{efg}	7.90 ^{abcde}	6.8 ^{ab}	647.7 ^{ef}	44.8 ^{ab}	21.0 ^{abc}	11.14 ^{ab}	1.74 ^{cde}	23.0 ^{abcde}	52.8 ^{cd}
	30	67.8 ^{fg}	7.30 ^{ef}	6.4 ^{bcd}	624.5 ^{fg}	44.7 ^{ab}	16.5 ^{bcd}	9.63 ^{bc}	1.40 ^{de}	19.0 ^{cdef}	50.5 ^{cd}
	40	61.8 ^{gh}	7.28 ^{ef}	6.1 ^{cd}	611.0 ^{fg}	45.4 ^{ab}	17.0 ^{bcd}	7.93 ^{cd}	1.29 ^{de}	18.7 ^{def}	46.8 ^d
	50	61.7 ^{gh}	7.45 ^{cdef}	5.9 ^d	596.8 ^{gh}	43.5 ^{abc}	16.1 ^{bcd}	6.98 ^{de}	1.150 ^e	17.0 ^f	46.7 ^d
	60	60.9 ^{gh}	6.65 ^{gh}	5.9 ^d	558.2 ^{hi}	40.9 ^{bc}	16.0 ^{bcd}	4.90 ^e	1.36 ^{de}	15.5 ^f	43.8 ^d
	110	42.4 ^h	6.17 ^h	5.8 ^d	527.3 ⁱ	39.6 ^c	14.6 ^{cd}	4.84 ^e	1.20 ^e	16.3 ^f	45.2 ^d

در هر ستون اعداد با حروف مشترک دارای اختلاف معنی داری در سطح خطای ۵٪ نمی‌باشد.

In each column, numbers followed by the same letter are not significantly differentns ($P \leq 0.05$).

گیاهان به نیتروژن یکی از مهم‌ترین عوامل تاثیرگذار بر پروتئین دانه و رشد گیاه است (۱۷) و افزایش آلودگی به علف‌های هرز در مزرعه باعث رقابت درون و بین گونه‌ای بر سر نیتروژن می‌شود (۳۱) که در نهایت منجر به کاهش پروتئین دانه، رشد رویشی و زایشی می‌شود (۲۵). بسیاری از مشاهدات نیز کاهش میزان پروتئین دانه را در حضور علف‌های هرز تأیید می‌کند (۳۷ و ۳۰). طی تحقیقاتی که بر روی کلزای پاییزه انجام شد، مشخص شد که وزن هزار دانه به طور

تاثیر علف‌های هرز و دوره‌های مختلف کنترل و تداخل علف‌های هرز بر غلظت پروتئین دانه متفاوت است. به طوری که بین تیمار کنترل ۶۰ روزه و کنترل کامل تفاوت معنی داری دیده نشد ولی این دو تیمار به طور معنی داری بیشتر از کنترل ۱۰ و ۲۰ روزه و تداخل ۳۰ روزه به بعد بودند. با افزایش دوره‌های تداخل علف‌های هرز، میزان پروتئین در این گیاه کاهش یافت ولی فقط تیمار تداخل کامل باعث کاهش معنی دار پروتئین نسبت به سایر تیمارها شد (جدول ۴). دسترسی

می‌یابد (۴۶). ولی عملکرد دانه کتان در تیمار کنترل ۶۰ روزه با کنترل کامل (۱۱۰ روزه) اختلاف معنی‌داری نداشت. میزان عملکرد دانه در تداخل ۶۰ روزه با تداخل کامل (۱۱۰ روزه) اختلاف معنی‌داری نداشت؛ اما با افزایش تداخل، افزایش وزن خشک علف هرز و تاخیر در کنترل آنها عملکرد دانه کاهش یافت (شکل ۱). نتایج آزمایشی بر روی کلزا نشان داد با تداوم دوره تداخل علف‌های هرز تا بیش از مرحله چهار برگی کلزا، عملکرد دانه نسبت به تیمار شاهد (کنترل در تمام فصل) بین ۲۰ تا ۷۰ درصد کاهش یافت. همچنین با به تاخیر افتادن کنترل علف‌های هرز تا ورود کلزا به مرحله روزه، عملکرد دانه روند نزولی داشت (۴۸). در سویا گزارش شد تداخل علف هرز بر عملکرد دانه در تیمار وجین علف‌هرز در مرحله دو هفته بعد از یک برگی شدن سویا، همانند مزرعه عاری از علف‌هرز بود. در حالی که با افزایش تداخل تا ۴ هفته بعد از مرحله یک برگی، عملکرد دانه را به طور معنی‌داری کاهش داد. میزان این کاهش در مرحله ۱۰ هفته بعد از یک برگی شدن حدود ۴۳ درصد بود (۱۸). کنترل کامل (۱۱۰ روزه) با عملکرد ۲۷۶/۸۲ گرم در متر مربع بیشترین عملکرد دانه را در بین تیمارها داشت و در مقابل تیمار تداخل تمام فصل با کاهش ۵۳/۴۷ درصدی نسبت به کنترل کامل، کمترین عملکرد دانه (۱۴۸/۰۳ گرم در متر مربع) را دارا بود (شکل ۱). روند تغییرات در میزان عملکرد زیستی تاحدی مشابه عملکرد دانه بود یعنی با افزایش دوره کنترل میزان عملکرد زیستی زیاد و با افزایش دوره تداخل میزان آن کم می‌شود (شکل ۲). میزان عملکرد زیستی در تداخل ۱۰ و ۲۰ روزه (که بعد آن ۱۰۰ و ۹۰ روز حذف علف‌های هرز صورت گرفت) با کنترل ۱۰ و ۲۰ روزه (که بعد آن علف‌های هرز تا پایان دوره رشد گیاه حفظ شدند) تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۴):

در واقع این نتیجه نشان می‌دهد رقابت با علف هرز در اول فصل تاثیر منفی بسیار زیادی بر رشد و تولید زیست توده می‌گذارد زیرا گیاهچه کتان دارای توان رقابتی ضعیف در برابر علف‌های هرز است، بنابراین می‌توان با اقدامات کنترل علف‌های هرز در اول فصل رشد، عملکرد دانه و زیستی این گیاه را بهبود بخشید (۱۲). مشابه نتایج این تحقیق نیز در پژوهشی دیگر علت ضعف کتان در رقابت با علف هرز، ضعیف بودن بذر کتان در ظهور و رقابت با علف هرز گزارش کرده‌اند به طوری که استفاده از تمام علف‌کش‌های قبل از ظهور باعث کاهش قابل توجهی در تراکم علف‌های هرز و بهبود عملکرد دانه، عملکرد زیستی، تعداد کپسول و تعداد دانه در کپسول در گیاه کتان شدند (۱).

عملکرد و درصد روغن

عملکرد و درصد روغن به طور معنی‌داری در سطح خطای یک درصد تحت تاثیر تیمارهای کنترل و تداخل قرار گرفتند (جدول ۳). عملکرد و درصد روغن با افزایش طول دوره حذف علف‌های هرز

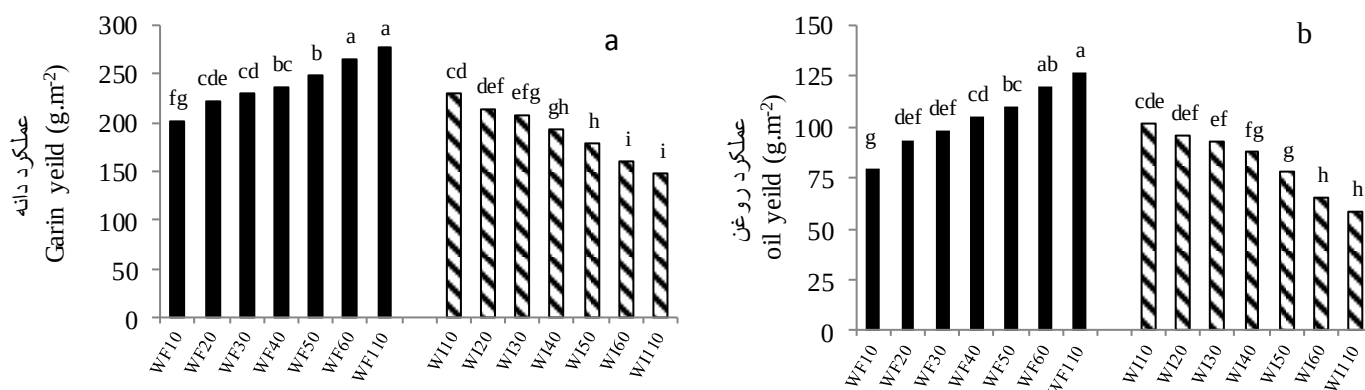
معنی‌داری تحت تاثیر دوره تداخل علف‌های هرز قرار گرفت (۴۸) و حذف علف‌های هرز در کلزا باعث افزایش وزن هزار دانه و سایر صفات مرتبط با عملکرد گشت (۹). در این تحقیق نیز مشاهده شد که افزایش طول دوره‌های کنترل و تداخل به ترتیب موجب افزایش و کاهش تعداد کپسول، تعداد دانه در کپسول و وزن هزار دانه شد (جدول ۴). گزارش شده رقابت با علف هرز تاثیر منفی در عملکرد دانه کتان و ویژگی‌های وابسته به آن یعنی صفات مانند تعداد کپسول، تعداد دانه در کپسول و وزن هزار دانه کتان داشته است (۱). بیشترین تعداد کپسول (۱۳۰)، تعداد دانه در کپسول (۸/۱۵) و وزن هزار دانه (۷/۱) مربوط به تیمار کنترل کامل (۱۰۰ روزه) و کمترین مقدار این صفات مربوط به تیمار تداخل کامل بود. تعداد دانه در کپسول و وزن هزار دانه در تیمارهای کنترل ۶۰، ۵۰، ۴۰ و کنترل کامل اختلاف معنی‌داری نداشتند (جدول ۴). در گیاه سویا گزارش شده است وزن هزار دانه و تعداد دانه در نیام با کنترل علف هرز افزایش یافته. اما وزن هزار دانه در تیمار کنترل ۴۵، ۶۰ روزه و کنترل کامل معنی‌دار نبود؛ همچنین تعداد دانه در نیام در تیمار ۶۰ و کنترل کامل معنی‌دار نبود (۳۲). کنترل علف‌های هرز به دلیل بهبود دسترسی به آب و مواد مغذی و جلوگیری از کوتاه شدن دوره‌ی دانه‌بندی، باعث بهبود وزن هزار دانه و سایر اجزای عملکرد می‌شود (۳۷). تعداد کپسول در تیمارهای کنترل ۶۰، ۵۰ و ۴۰ در نیز اختلاف معنی‌داری نداشت ولی کنترل کامل (۱۱۰ روزه) به صورت معنی‌داری بیشتر از کنترل ۴۰ و ۵۰ روزه بوده که می‌توان گفت به دلیل وجود رقابت بین گونه‌ای علف‌های هرز و استقرار و افزایش ارتفاع بوته کتان در این مرحله از رشد، علف‌های هرز نتوانستند باعث کاهش معنی‌داری در تعداد کپسول و تعداد دانه در کپسول شوند.

عملکرد زیستی و دانه

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که اثر تیمارهای تداخل و کنترل علف‌های هرز بر میزان عملکرد زیستی و عملکرد دانه معنی‌داری بود (جدول ۳). افزایش مدت زمان حذف علف‌های هرز، افزایش هر دو عملکرد را به دنبال داشت و کاهش این دوره با کاهش عملکردها همراه بود (جدول ۴ و شکل ۲). بیان شده آلودگی به علف‌های هرز در مزرعه کتان باعث کاهش رشد در نتیجه کاهش عملکرد دانه و عملکرد زیستی این گیاه می‌شود (۱). در کنترل ۴۰، ۵۰ و ۶۰ روزه (حدوداً در اواسط رشد کتان) عملکرد زیستی و دانه بیشتر از تداخل ۴۰، ۵۰ و ۶۰ روزه بوده (جدول ۴ و شکل ۲) و این نتیجه از اهمیت بالای کنترل علف‌های هرز در اوایل فصل رشد کتان پشتیبانی می‌کند در واقع رقابت علف‌های هرز در اوایل فصل، از رقابت در اواخر فصل مهم‌تر است (۴۳). همچنین با کنترل و کاهش وزن خشک علف هرز (زیست توده علف هرز در مزرعه) میزان عملکرد دانه بهبود

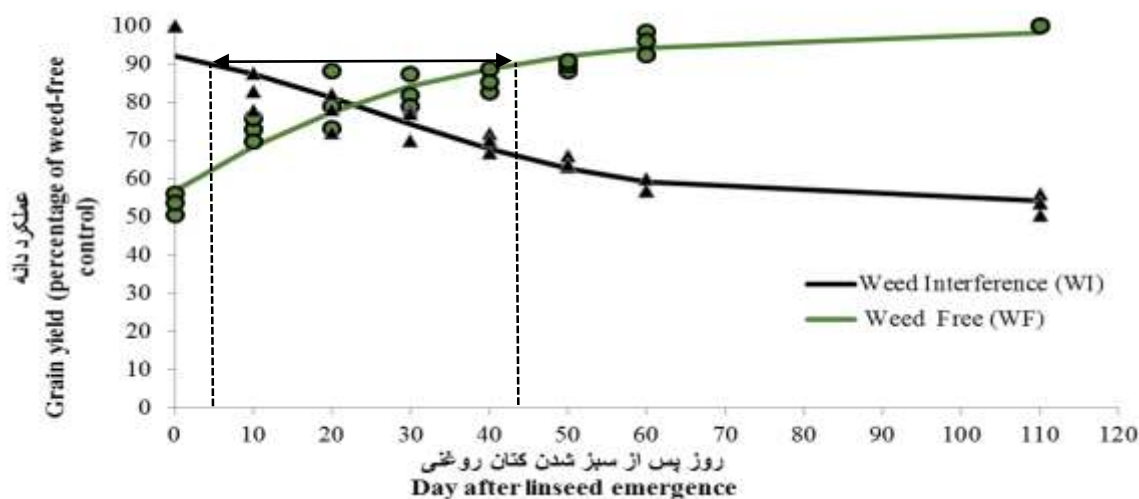
روغن (۱۲۶/۷۱ گرم در متر مربع) مربوط به تیمار کنترل تمام فصل و کمترین عملکرد روغن (۵۸/۷۰ گرم در متر مربع) مربوط تیمار تداخل تمام فصل بود (شکل ۱). گزارش شده است تیمارهای حذف و رقابت علف‌های هرز در سطح خطای یک درصد بر عملکرد روغن معنی‌داری شده‌اند و تیمار شاهد بدون علف‌هرز بیشترین عملکرد روغن را به خود اختصاص داده است (۲).

افزایش و با کاهش دوره‌های وجین علف‌های هرز کاهش یافتند. مطابق با نتایج این تحقیق گزارش شده است که کنترل نکردن علف هرز در کتان باعث کاهش عملکرد روغن، دانه و عملکرد زیستی در کتان شد (۳۷). تغییرات درصد روغن تقریباً در تمامی تیمارها معنی‌دار نبود فقط در شرایطی که بیشترین آلودگی علف هرز وجود داشت، یعنی کنترل ۱۰ روزه و تداخل کامل (۱۱۰ روزه) درصد روغن به طور معنی‌داری از سایر تیمارها کمتر بود (جدول ۴). بیشترین عملکرد



شکل ۲- تاثیر دوره‌های کنترل (WF) و تداخل (WI) علف‌های هرز بر عملکرد دانه (الف) و عملکرد روغن (ب) گیاه کتان
ستون‌های دارای حداقل یک حرف مشترک بر اساس آزمون LSD در سطح خطای (۵٪) اختلاف معنی‌داری ندارند.

Figure 2- Effect of weed control (WF) and weed interference (WI) durations on grain yield (a) and oil yield (b) of linseed
Columns followed by the same letter are not significantly different base on LSD test ($P \leq 0.05$).



شکل ۳- پاسخ عملکرد دانه کتان روغنی به طول دوره‌های کنترل و تداخل علف‌های هرز
Figure 3- Response of linseed yield to weed control and interference periods

دوی این عوامل می‌توانند بر افزایش یا کاهش عملکرد دانه تأثیرگذار باشند. مشابه نتایج این تحقیق، بر روی سیاهدانه گزارش شده است که تاخیر در کنترل علف‌های هرز تأثیر منفی بر عملکرد دانه، درصد

عملکرد روغن بین دو تیمار ۶۰ روز تداخل و تیمار تداخل تمام فصل اختلاف معنی‌داری نداشت. از آنجایی که عملکرد روغن، حاصل‌ضرب درصد روغن و عملکرد دانه است افزایش یا کاهش هر

یافت که این دوره بر اساس روز درجه رشد معادل ۱۴۲/۸ تا ۵۸۹/۸۵ GDD از زمان کاشت کتان روغنی می‌باشد.

نتیجه‌گیری

در واقع در کشت کتان به منظور کنترل علف‌های هرز، بهبود سطح کیفی (عناصر، روغن و پروتئین) و کمی (عملکرد) دانه و کاهش هزینه‌ها، پیشنهاد می‌شود که کنترل‌های علف هرز (بر اساس نتایج حاصل از دوره‌ی بحرانی) از روز پنجم پس از سبز شدن شروع شده و به مدت ۳۹ روز پس از این زمان، از حضور و رشد علف‌های هرز در این محصول جلوگیری شود.

روغن و در نتیجه کاهش عملکرد روغن سیاهدانه را به همراه داشته است (۴۱). بر این اساس می‌توان اذعان داشت که با افزایش طول دوره تداخل علف‌های هرز، شدت رقابت آن‌ها با گیاه زراعی افزایش می‌یابد و به علت کاهش عملکرد دانه و در شرایط آلودگی شدید کاهش درصد روغن، عملکرد روغن کتان نیز افت می‌کند.

دوره بحرانی کنترل علف‌های هرز

بر اساس داده‌های حاصل از این آزمایش، دوره بحرانی کنترل علف‌های هرز برای کتان روغنی در یاسوج، بر اساس ۱۰ درصد کاهش قابل قبول عملکرد دانه، از ۵ روز پس از سبز شدن کتان روغنی شروع شده و ۴۴ روز پس از سبز شدن کتان روغنی خاتمه

منابع

- 1- Acharya S., Nirala R. B. P., Chowdhury A. R., Ghosh M., and Haque M. 2017. Bio-efficacy of herbicides against complex weed flora in linseed (*Linum usitatissimum* L.) in Indo-Gangetic plain of Bihar. *Research on Crops* 18(1): 49-56.
- 2- Asghari J., Khoshnam M., and Mohammadi M. 2010. Compare the critical period of weed control in two row spacing and its effect on the production of canola (*Brassica napus* L.). *Weed Science* 2(6): 41-55. (In Persian)
- 3- Asghari J., Vahedi A., and Khoshghaul H.R. 2011. Critical Period of Weed Control in Sunflower (*Helianthus annuus* L.) in West of Guilan province. *Journal of Plant Protection* 25(2): 116-126. (In Persian with English abstract)
- 4- Bilalis D., Karkanis A., Pantelia A., Patsiali S., Konstantas A., and Efthimiadou A. 2012. Weed populations are affected by tillage systems and fertilization practices in organic flax (*Linum usitatissimum* L.) crop. *Australian Journal of Crop Science* 6(1): 157.
- 5- Boniadi M. 2010. Determination of the Critical Period of Weed Control in Winter Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) in Yasouj. M.Sc. Thesis. 100p. (In Persian)
- 6- Bremner J.M. 1996. Nitrogen total. In: Sparks, D.L. et al. (ed) *Method of soil analysis. Part 3. Chemical method*. SSSA. Book Ser. SSSA and ASA, Madison, USA. Pp: 1085-1122.
- 7- Chapman H.D., and Pratt P.F. 1961. *Method for Analysis of Soil, Plants and Waters*, USA: Division of Agriculture Science. University of California: Riverside. CA, 1188.
- 8- Coskuner Y., and Karababa E. 2006. Some physical properties of flaxseed (*Linum usitatissimum* L.). *Journal of Food Engineering* 78(3): 1067-1073.
- 9- Ehteshami S.M.R., Soleimani S., and Pazaki A. 2016. The effect of weed competition on morphophysiological traits, yield and yield components of canola of Zarfam cultivar in Varamin. *Applied Agricultural Research* 28(4).
- 10- El-Metwally I.M., Abd El-Salam M.S., and Ali O.A. 2015. Effect of zinc application and weed control on wheat yield and its associated weeds grown in zinc-deficient soil. *International Journal of ChemTech Research* 8(4): 1588-1600.
- 11- El-Metwally I.M., Ali O.A., and Abdelhamid M.T. 2015. Response of wheat (*Triticum aestivum* L.) and associated grassy weeds grown in salt-affected soil to effects of graminicides and indole acetic acid. *Agriculture (Pol'nohospodárstvo)* 61(1): 1-11.
- 12- Foulk J.A., Bauer P., Akin D.E., Busscher W.J., Camp C.R., Ayala-Silva T., and Dodd R.B. 2005. Tillage effects on cotton and flax. In *Proceedings of the 27th Southern Conservation Tillage Systems Conference*, Florence, South Carolina, USA, 27-29 June, 2005 (pp. 131-139). North Carolina Agricultural Research Service, North Carolina State University.
- 13- Gerami A., Siadat S.A., Bakhshandeh A.M., Fathi K., and Alami Saeid. 2013. Determination of critical period of weed control in corn (*Zea mays* L.) in Ahvaz region. *Journal of Plant Production* 36(1): 39-44. (In Persian with English abstract)
- 14- Ghasemi-Fasaei R., and Mansoorpoor Y. 2015. Metal micronutrients relationships in crop, soil, and common weeds of two maize (*Zea mays* L.) fields. *Archives of Agronomy and Soil Science* 61(12): 1733-1741.
- 15- Gholampour Sh., Yousef M., Hosseini N., and Alizadeh H. 2013. The effect of different weed management methods and plant density on weed control and crop yield (*Cicer arietinum* L.). *Iranian Crop Science* 44(4): 563-574.
- 16- Glowacka A., Klikocka H., and Onuch J. 2015. Content of zinc and iron in common bean seeds (*Phaseolus vulgaris* L.) in different weed control methods. *Journal of Elementology* 20(2).

- 17- Hiltbrunner J., Liedgens M., Stamp P., and Streit B. 2005. Effects of row spacing and liquid manure on directly drilled winter wheat in organic farming. *European Journal of Agronomy* 22(4): 441-447.
- 18- Hager A.G., Wax L.M., Stoller E.W., and Bollero G.A. 2002. Common water hemp (*Amaranthus rudis* L.) interference in soybean. *Weed Science* 50: 607-610.
- 19- Johnson C.M., and Ulrich A. 1959. Antalytical methods for use in plant analysis. *California Agricultural Experiment Station* 766: 52-78.
- 20- Johnson C.M., and Ulrich A. 1959. Antalytical methods for use in plant analysis. *Bulletin of the California Agricultural Experiment Station University of California*, 54 pp.
- 21- Karnas Z., Isik D., Tursun N., and Jabran K. 2019. Critical period for weed control in sesame production. *Weed Biology and Management* 19(4): 121-128.
- 22- Khazaei M., Habibi H., Zand I., Kordanaj A., Amini Dehghi M., and Hadizadeh M.H. 2012. Determining the critical period of thymus vulgaris (*Thymus vulgaris*) weed control. *Weed Knowledge of Iran* 8(2): 25-37.
- 23- 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.
- 24- Knudsen D., Peterson G.A., and Pratt P.F. 1982. Lithium, sodium, and potassium. In 'Methods of soil analysis. Chemical and microbiological properties'. *Agronomy no. Soil Science Society of America: Madison, WI. Part 2. 2nd edn: pp, 225-246.*
- 25- Kolb L.N., Gallandt E.R., and Mallory E.B. 2012. Impact of spring wheat planting density, row spacing, and mechanical weed control on yield, grain protein, and economic return in Maine. *Weed Science* 60(2): 244-253.
- 26- Korres N.E., and Norsworthy J.K. 2015. Influence of a rye cover crop on the critical period for weed control in cotton. *Weed Science* 63(1): 346-352.
- 27- Kropf M.J., and Spitters C.J.T. 1991. A simple model of crop loss by weed competition from early observations on relative leaf area of the weeds. *Weed Research* 31: 97-105.
- 28- Matinfar M., Seifzadeh S., Shirani Rad A.H., Baghestani M., and Matinfar M. 2011. Effects of chemical weed control in different irrigation regimes on weed biomass and safflower yield. *Ecophysiology of Crops and Weeds (Agricultural Sciences)* 53-64. (In Persian)
- 29- Mehriya M.L., Yadav R.S., Jangir R.P., and Poonia B.L. 2007. Critical period of crop-weed competition and its effect on nutrients uptake by cumin (*Cuminum cyminum* L.) and weeds. *Indian Journal of Agricultural Science* 77(12): 849-852.
- 30- Metwally I.M., and Shalby E.M. 2007. Bio-remediation of fluzafop-p-butyl herbicide contaminated soil with special reference to efficacy of some weed control treatments in faba bean plants. *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences* 7: 11-19.
- 31- Mohamaddost Chamanabad H.R., Hemati A., Asghari D., and Barmaki A. 2013. Agricultural Nitrogen and Weed Interference on some Agronomic Traits, Five Cultivars wheat Yield and Components. *Journal Agricultural Science and Sustainable Production* 23(4): 131-140.
- 32- Mohammadi G.R., and Amiri F. 2011. Critical period of weed control in soybean (*Glycine max*) as influenced by starter fertilizer. *Australian Journal of Crop Science* 5(11): 1350.
- 33- Nezevic S.Z., Evans SP., and Mainz M. 2003. Row spacing influence the critical timing for weed removal in soybean (*Glycine max*). *Weed Technology* 17: 666-673.
- 34- Novozamsky I., Eck R., Schouwenburg J.C., and Walinga I. 1974. Total nitrogen determination in plant material by means of the indophenol blue method. *Netherlands Journal of Agricultural Science* 22: 3-5.
- 35- Oomah B.D. 2001. Flaxseed as a functional food source. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 81(9): 889-89.
- 36- Pali V., and Mehta N. 2014. Evaluation of oil content and fatty acid compositions of flax (*Linum usitatissimum* L.) varieties of India. *Journal of Agricultural Science* 6(9): 198.
- 37- Peer F.A., Hassan B., Lone B.A., Qayoom S., Ahmad L., Kh, B. A., ... and Singh G. 2013. Effect of weed control methods on yield and yield attributes of soybean. *African Journal of Agricultural Research* 8(48): 6135-6141.
- 38- Pudelko K., Mańkowski J., and Kołodziej J. 2015. Cultivation of fiber and oil flax (*Linum usitatissimum* L.) in no-tillage and conventional systems. Part II. Influence of no-tillage and use of herbicides on yield and weed infestation of oil flax and the physical and biological properties of the soil. *Journal of Natural Fibers* 12(1): 72-83.
- 39- Røtset O. 1985. Determination of phosphate species in nutrient solutions and phosphorus in plant material as phosphovanadomolybdic acid by flow injection analysis. *Analytica Chimica Acta* 178: 217-221.
- 40- Sánchez Vallduví, G. E., and Sarandón S. J. 2011. Effects of changes in flax (*Linum usitatissimum* L.) density and interseeding with red clover (*Trifolium pratense* L.) on the competitive ability of flax against brassica weeds. *Journal of Sustainable Agriculture* 35(8): 914-926.
- 41- Sayyedi S.M., Rezvanimoghaddam P., Ghorbani R., and Nasiri Mahallati M. 2012. Effect of the critical period of weed competition on yield and its components in (*Nigella sativa* L.). *Journal of Horticultural Sciences* 26(1): 113-122. (In Persian with English abstract)
- 42- Seyyedi S.M., Moghaddam P.R., and Mahallati M.N. 2016. Weed competition periods affect grain yield and nutrient

- uptake of Black Seed (*Nigella sativa* L.). Horticultural Plant Journal 2(3): 172-180. (In Persian with English abstract)
- 43- Smitchger J.A., Burke I.C., and Yenish J.P. 2012. The critical period of weed control in lentil (*Lens culinaris*) in the Pacific Northwest. Weed Science 60(1): 81-85.
- 44- Swanton C.J., O'SULLIVAN J.O.H.N., and Robinson D.E. 2010. The critical weed-free period in carrot. Weed Science 58(3): 229-233.
- 45- Swanton C.J., Booth B.D., and Murphy S.D. 2003. Weed ecology in natural and agricultural systems. Agriculture, Ecosystems & Environment 104(3): 683-684.
- 46- Tursun N., Datta A., Budak S., Kantarci Z., and Knezevic S.Z. 2016. Row spacing impacts the critical period for weed control in cotton (*Gossypium hirsutum*). Phytoparasitica 44(1): 139-149.
- 47- Tursun N., Datta A., Tuncel E., Kantarci Z., and Knezevic S. 2015. Nitrogen application influenced the critical period for weed control in cotton. Crop Protection 74: 85-91.
- 48- Yaghoubi S.R., and Aghaalkhani M. 2011. The effects of periods of weed control and weed interference on yield and yield components in winter canola (*Brassica napus* L.). Iran Agricultural Research 9(4): 659-669. (In Persian)
- 49- Yusof G., Shamami N., Majnonhoseini H., and Alizade M. 2013. Effects of Various Weed Management Methods and Crop Density on Weed Control and Yield of Chickpea (*Cicer arietinum* L.). Iranian Journal of Field Crop Science 44(4): 563-574.



Determination of the Critical Period of Weed Control in Linseed (*Linum usitatissimum* L.) in Yasuj

S.A. Hoseinian¹- A. Yadavi^{2*}- H. Farajee³- H. Balouchi⁴- M. Hamidian⁵

Received: 19-01-2021

Accepted: 12-05-2021

Introduction: Due to the high sensitivity of linseed to weed competition, high costs are imposed for weed management of linseed production. Determining the critical period of weed control is a practical strategy that is considered as one of the main pillars of the integrated weed management system due to the limited chemical control of weeds. The critical period is the period of the plant growth season during which weeds must be controlled so that yield damage does not exceed a threshold. This threshold is determined based on the cost of weed control. Critical period estimation can play an important role in achieving sustainable and integrated weed management in crop production and reducing the costs. Therefore, the aim of this study was to determine the critical period of weed control in order to stabilize the system as much as possible, minimize the use of chemical herbicides and reduce farmer costs on linseed in Yasuj.

Materials and Methods: This experiment was conducted in a randomized complete block design with 14 treatments and three replications in 2017 at the research farm of the Faculty of Agriculture, Yasouj University. Treatments included periods of weed control (WF) and weed interference (WI) up to 10, 20, 30, 40, 50 and 60 days after linseed emergence and also two treatments of weed control and weed interference for the whole season (110 days). Three ridges (4 m long and 50 cm apart) were planted in each plot and two rows of linseed (row spacing and plant spacing of 25 and 4 cm) were planted on each ridge. Sampling was done to calculate the density and dry weight of weeds in the control treatment group (WF) at the end of the growing season and for interference treatments (WI) at the end of each stage before weeding. At the time of linseed maturing, yield components, biological yield, grain yield, oil yield, element content and protein of flaxseed were measured. The critical period of weed control was determined using Gompertz nonlinear regression equations (to determine yield response to weed-free periods) and Logistic nonlinear regression equation (to determine yield response to weed interference periods).

Results and Discussion: Weed control and weed interference periods had a significant effect on weed dry weight. With increasing control and interference periods weed dry weight increased and decreased, respectively. Throughout the whole season weed interference treatment produced the highest amount of weed dry biomass (149 g m⁻²), and among the control treatments, the highest dry weight of weeds was observed in the 20-day control treatment.

With increasing control periods, weed plants have the opportunity to grow in a situation where the relative competitiveness of linseed plants has improved due to the expansion of lateral branches, increase in height and more intense shading. For this reason, weed growth is limited. However, increasing the length of interference periods, weeds can grow easily due to the weakness of the initial linseed seedling at the beginning of the season and the lack of sufficient growth resources. The effect of weed interference and weed control treatments on grain content (P, K, Zn and Fe), grain protein, yield components, biological yield and grain yield, oil percentage and oil yield were significant. With increasing control periods and decreasing interference periods of all elements in linseed seed, the number of capsules per plant, the number of seeds per capsule and 1000-seed weight increased. Biological yield of linseed in 10 and 20 day interference treatments was not significantly different from 10 and 20 day control treatments, because weed competition in the first season has a very negative effect on growth and biomass production of linseed and seedlings linseed have poor competitiveness against weeds. Therefore with weed control measures at the beginning of the growing season can improve seed and biological yield of this plant. The critical period of weed control for linseed in Yasuj, based on a 10% reduction in grain yield, was determined from 5 days to 44 days after the emergence linseed, equivalent to 142.8 to 589.85 GDD from the time of linseed planting.

1, 2, 3, 4 and 5- M.Sc. Student, Associate Professors, Professor and Student, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Yasouj University, Yasouj, Iran, respectively.

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

DOI: 10.22067/jpp.2021.68061.1005

Conclusion: In order to prevent weeds growth, improve the quality (elements, oil and protein) and quantity (yield) of linseed grain and reduce the costs, it is recommended that weed control start from five days after linseed emergence to 39 days after aforementioned time.

Keywords: Critical weed free period, Crop-weed interaction, Duration of Weed Interference, Yield loss



مقاله پژوهشی

تأثیر الگو و حجم پاشش بر کارایی هالوکسی فوپ-آر-متیل علیه جودره (*Hordeum spontaneum*)

اکبر علی وردی^{۱*} - سید مسعود برقمی^۲

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۰/۳۰

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۲/۲۵

چکیده

در آزمایشی به صورت دُز-پاسخ، کارآمدی نازل‌های تک بادبزنه و دو بادبزنه ۲۰۲۰ و ۳۰۷۰، هر کدام با شماره‌های ۱۱۰۰۱۵، ۱۱۰۰۲، ۱۱۰۰۲۵، ۱۱۰۰۳، ۱۱۰۰۴ و ۱۱۰۰۵ بر کارایی هالوکسی فوپ-آر-متیل علیه جودره بررسی شد. همزمان، میزان خیس‌شدگی کاغذهای حساس به رطوبت قرار گرفته در سه وضعیت (کاغذ ۱ بطور افقی بر روی سطح زمین و کاغذهای ۲ و ۳ بطور عمودی به ترتیب روبرو و پشت به مسیر حرکت نازل) با تیمارهای مذکور بررسی شد. تمامی انواع نازل‌ها با شماره‌های ۱۱۰۰۳، ۱۱۰۰۴ و ۱۱۰۰۵ کاغذ ۱ را کاملاً خیس کردند. نازل دو بادبزنه ۳۰۷۰ با شماره ۱۱۰۰۱۵ فقط ۷/۳ درصد کاغذ ۱ را خیس کرد. نازل‌های تک بادبزنه و دو بادبزنه ۲۰۲۰ با شماره‌های ۱۱۰۰۳، ۱۱۰۰۴ و ۱۱۰۰۵ کاغذ ۲ را کاملاً خیس کرد. کمترین میزان خیس‌شدگی کاغذ ۲ با نازل تک بادبزنه با شماره‌های ۱۱۰۰۱۵ و ۱۱۰۰۲ حاصل شد (۱۹-۲۴ درصد). نازل‌های دو بادبزنه ۲۰۲۰ و ۳۰۷۰ با شماره‌های ۱۱۰۰۴ و ۱۱۰۰۵ کاغذ ۳ را کاملاً خیس کردند. نازل تک بادبزنه اصلاً نتوانست کاغذ ۳ را خیس کند. بجز با نازل تک بادبزنه در کاغذ ۳، در تمامی انواع نازل‌ها، با افزایش شماره نازل سطح بیشتری از کاغذها خیس شد. براساس کارایی هالوکسی فوپ-آر-متیل، کارآمدی نازل‌ها به صورت دو بادبزنه ۲۰۲۰ < تک بادبزنه = دو بادبزنه ۳۰۷۰ بود. اگرچه افزایش شماره نازل سبب افزایش خیس‌شدگی کاغذهای حساس به رطوبت شد، ولی سبب افزایش مقدار ED₅₀، یعنی کاهش کارایی هالوکسی فوپ-آر-متیل، شد. در بین تیمارها، کمترین مقدار ED₅₀ با نازل دو بادبزنه ۲۰۲۰ با شماره ۱۱۰۰۱۵ مشاهده شد (۹/۳۴ گرم هالوکسی فوپ-آر-متیل در هکتار).

واژه‌های کلیدی: اندازه قطره، باریک برگ‌کش، شماره نازل، نشست پاشش، نوع نازل

مقدمه

متفاوت حجم پاشش بر کارایی علف‌کش‌ها در منابع علمی به چشم می‌رسد که حاکی از رفتار متفاوت علف‌کش‌های شاخ و برگ مصرف در برابر حجم‌های پاشش مختلف است. به طوری که در برخی مطالعات، کاهش حجم پاشش باعث افزایش کارایی علف‌کش شده است. برای مثال، گلایفوسیت (۲۴، ۲۸، ۳۴ و ۴۱)، آسی فلورفن (۳۷)، فورام-سولفورون + بنتازون + توفوردی (۲۵)، سیتوکسیدیم (۲۷)، ایمازاپیک، ایمازتاپیر (۱۷) و کلودینافوپ پروپارژیل (۱۵ و ۲۹). در برخی مطالعات، تغییر در حجم پاشش تأثیری بر کارایی علف‌کش نداشته است. برای مثال، لاکتوفن (۷، ۱۳ و ۱۴)، آیوکسینیل + دیکلروپروپ + ام‌سی‌پی (۳۹)، بنتازون (۱۴ و ۳۸)، ایمازاموکس (۳۳)، گلو فوسینات آمونیوم (۳۰)، فنوکساپروپ-پی-اتیل (۱۵)، کلرانسولام متیل (۳۸)، ریم سولفورون (۱۶)، فلوازیفوپ-پی-بوتیل (۱۲)،

برخی از علف‌کش‌ها باید پس از رقیق شدن در آب بر روی شاخ و برگ علف‌های هرز پاشیده شوند. از آنجایی که مقدار آب سم‌پاشی (حجم پاشش) می‌تواند کارایی علف‌کش‌های شاخ و برگ مصرف را تحت تأثیر قرار دهد؛ لذا، همواره انتخاب حجم پاشش مناسب به عنوان روشی ساده، ارزان و در دسترس برای بهینه‌سازی کارایی چنین علف‌کش‌هایی مطرح بوده است. در بررسی منابعی که نوچی (۲۳) روی ۱۹۶ علف‌کش انجام داده است، کارایی ۱۳۳ علف‌کش تحت تأثیر حجم پاشش قرار گرفته است. از این ۱۳۳ علف‌کش، کارایی ۶۳ علف‌کش با کاهش حجم پاشش و کارایی ۷۰ علف‌کش با افزایش حجم پاشش افزایش یافته است. از این تاریخ به بعد، همچنان تأثیر

(Email: a.aliverdi@basu.ac.ir)

(*) نویسنده مسئول:

DOI: 10.22067/jpp.2021.67963.1003

۱ و ۲- به‌ترتیب استادیار و کارشناسی ارشد اگروتکنولوژی گرایش علوم علف‌های هرز، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران

۱۳). در برخی مطالعات، افزایش حجم پاشش باعث افزایش کارایی علف کش شده است. برای مثال، بروماکسینیل، اکسی فلورفن (۳۶)، نیکوسولفلورون (۸)، کوپیزالوفوپ-پی-اتیل، فومسافن (۳۸)، کارفن ترازون (۳۳)، ایمازیپر (۳۲)، دایکامبا (۱۰)، توفوردی (۱۲ و ۱۳)، سیکلوکسیدیم (۳) و پاراکوات (۴). گاهی محققان گزارش کرده‌اند که تاثیر حجم پاشش بر کارایی علف کش به گونه علف‌هرز نیز بستگی دارد. برای مثال، کارایی هالوکسی فوپ-آر-متیل در کنترل سورگوم (*Sorghum bicolor*) تحت تاثیر حجم پاشش قرار می‌گیرد ولی در کنترل دمرابه‌ای زرد (*Setaria lutescens*) تحت تاثیر حجم پاشش قرار نمی‌گیرد (۹).

تغییر دادن سرعت حرکت سمپاش و شماره نازل، دو روش ممکن برای تنظیم کردن حجم پاشش در مزرعه است. اگر برای حصول کارایی بهینه از علف کشی نیاز به کاربرد حجم‌های پاشش بسیار پایین یا بسیار بالا باشد، اجراپذیری روش اول دچار مشکل خواهد شد. به همین دلیل، روش تغییر دادن شماره نازل همواره روشی اجراپذیرتر به نظر می‌رسد (۲۳). دو یا سه رقم آخر شماره درج شده بر روی بدنه نازل نشان دهنده میزان خروجی آن است. برای مثال، نازل‌ها با شماره‌های ۱۱۰۰۱، ۱۱۰۰۲۵ و ۱۱۰۰۶ به ترتیب دارای خروجی ۰/۱، ۰/۲۵ و ۰/۶ گالن آمریکایی (حدوداً ۳/۸ لیتر) در دقیقه در فشار ۴۰ پوند بر اینچ مربع هستند (۲۶). دو یا سه رقم اول شماره درج شده بر روی بدنه نازل نیز نشان دهنده زاویه بین دو لبه ورقه پاشش می‌باشد که در این آزمایش به شکل بادبزنی است (جدول ۱).

در کلزا و چغندر قند پاییزه، علف‌های هرز باریک برگ، مثل جودره (*Hordeum spontaneum*)، در مرحله ۳ تا ۴ برگی باید تحت تیمار باریک‌برگ‌کش‌ها، مثل هالوکسی فوپ-آر-متیل، قرار بگیرند. در این مرحله رشدی، آنها دارای برگ‌هایی هستند که تقریباً به صورت قائم نسبت به زمین قرار می‌گیرند. وقتی باریک‌برگ‌کش‌ها با کمک نازل یک بادبزنی (شکل ۱) که در حال حاضر رایج‌ترین نوع نازل در دسترس برای اکثر کشاورزان ایرانی است پاشیده شوند، قطرات پاشش که حرکتی عمود بر زمین دارند عمده‌تاً به صورت اریب به سطح برگ علف‌های هرز باریک برگ برخورد می‌کنند. از این‌رو، به احتمال قوی تعداد زیادی از آنها از روی سطح برگ بر روی سطح خاک پرش کرده و هدر می‌روند (۲۲). در چنین وضعیتی، هدر رفتن قطرات پاشش با افزایش سرعت حرکت سمپاش بیشتر نیز خواهد شد. به همین خاطر، در صورتی که حجم پاشش پایین برای کسب کارایی بهتر از علف کشی توصیه شده باشد، ایجاد حجم پاشش پایین به روش افزایش سرعت سمپاش اجراپذیر نخواهد بود (۴۰). از این‌رو، باید متوسل به نازل‌هایی با شماره پایین‌تر برای ایجاد حجم‌های پاشش کمتر شد.

تحقیقات قبلی نشان داده است که تغییر دادن جهت پاشش نازل یک بادبزنی از حالت عمودی به حالت غیرعمودی سبب بهبود قابل

توجهی در کارایی هالوکسی فوپ-آر-متیل (۲۲)، کلودینافوپ پروپارژیل، فلوآزیفوپ-بی-بوتیل (۲۱)، هالوکسی فوپ-آر-متیل (۳)، ستوکسیدیم و سیکلوکسیدیم (۵) شده است. لذا، اخیراً زاویه‌دهی به پاشش نازل یک بادبزنی به عنوان روشی رایگان برای بهینه‌سازی کارایی باریک‌برگ‌کش‌ها مطرح شده است. بیش از یک دهه است که انواع نازل‌های دو بادبزنی برای کاربرد باریک‌برگ‌کش‌ها در سرعت‌های بالای حرکت سمپاش معرفی و توصیه شده‌اند. این نوع نازل‌ها دو بادبزنی با جهت پاشش غیرعمودی نسبت به زمین ایجاد می‌کنند که زاویه بین آنها ممکن است متقارن یا غیرمتقارن باشد که به ترتیب می‌توان به نازل‌های دو بادبزنی ۲۰۲۰ و دو بادبزنی ۷۰۳۰ اشاره کرد (شکل ۱). ایجاد دو پاشش غیرعمودی به وسیله نازل‌های دو بادبزنی امکان برخورد به صورت اریب قطرات پاشش به سطح برگ نسبتاً قائم علف‌های هرز باریک برگ را کاهش خواهد داد. از این‌رو، پُرش قطرات پاشش از سطح برگ آنها به طور قابل توجهی کاهش می‌یابد. همچنین، نتایج تحقیقات قبلی نشان داده است که نازل‌های دو بادبزنی قادرند پشت و روی برگ قائم را به طور بسیار موثری خیس نماید (۹، ۱۱، ۲۲، ۳۱ و ۴۰). به همین دلیل، کارایی اتوفومیسست + فن‌مدیفام + دس‌مدیفام (۳۱)، ستوکسیدیم (۱)، کلودینافوپ پروپارژیل (۲) پاشیده شده به وسیله نازل دو بادبزنی در مقایسه با نازل یک بادبزنی بالاتر گزارش شده است.

تاکنون، کارآمدی نازل‌های دو بادبزنی متقارن و نامتقارن مورد مقایسه قرار نگرفته بود. از طرفی دیگر، همانطور که در بالا اشاره شد، تاثیر حجم پاشش بر کارایی علف کش می‌تواند تحت تاثیر گونه علف‌هرز قرار بگیرد. تاکنون، تاثیر حجم پاشش بر کارایی هالوکسی فوپ-آر-متیل در کنترل جودره ارزیابی نشده بود. از این‌رو، این آزمایش قصد داشت تا فضاهای خالی مذکور در علم را پُر کند.

مواد و روش‌ها

آزمایش دُز-پاسخ علف‌کش

در اواخر بهار ۱۳۹۸، بذرهاى جودره از محوطه دانشگاه بوعلی سینا همدان که سابقه کاربرد هیچ علف‌کشی را نداشت جمع‌آوری و درون پاک کاغذی تا زمان اجرای آزمایش در محیط اتاق نگهداری شدند. در اواخر تابستان ۱۳۹۸، فقط لِمای (نه پالنا) بذرها به صورت دستی از آنها جدا شد؛ چون قبلاً لِمای بذر جودره به عنوان مانع فیزیکی در جوانه‌زنی آن تشخیص داده شده است (۱۸). پس از ضدعفونی سطحی بذرها با محلول NaClO پنج درصد به مدت پنج دقیقه، از بخش شیاردارشان بر روی یک لایه کاغذ صافی در درون پتری دیش‌هایی با قطر ده سانتی‌متری قرار داده شدند. قبلاً، کاغذ صافی با ده میلی‌لیتر از محلول دو گرم KNO₃ در لیتر به هر یک از پتری دیش‌ها خیس شده بود. پتری دیش‌ها به مدت دو روز در دمای

از فاصله یک سانتی‌متری سطح خاک برداشت شدند و وزن خشک آنها پس از دو روز خشکاندن در درون آون با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد توزین شد. در زمان برداشت، تنها در کاربرد مقادیر ۱۰/۸، ۲۱/۶ و ۴۳/۲ گرم هالوکسی‌فوب-آر-متیل در هکتار گیاهان زنده بودند. داده‌های بدست آمده در ابتدا تقسیم بر پنج (تعداد بوته در هر گلدان) و سپس منهای وزن اولیه هر بوته در روز سمپاشی شدند. سپس، پاسخ وزن تک بوته خشک جودره به تیمارها با روش تجزیه و تحلیل رگرسیون غیرخطی با کمک مدل چهار پارامتری لجستیک (معادله ۱) و با استفاده از نرم‌افزار R تخمین زده شد (۳۵). آزمون عدم برازش ($p\text{-value} > 0.05$) نشان داد که این مدل برازش مناسبی روی داده‌ها فراهم کرد. همچنین، با بررسی نمودار باقی‌مانده‌ها، توزیع مستقل، تصادفی و یکنواخت آنها محرز گردید.

$$Y = \frac{C + (D - C)}{1 + \exp[b(\log X - \log ED)]} \quad \text{معادله ۱}$$

در این معادله، Y بیانگر وزن خشک تک بوته جودره، D و C حد مجانب بالا و پایین وزن خشک جودره در مقادیر صفر و بی‌نهایت هالوکسی‌فوب-آر-متیل، پارامتر ED_{50} بیانگر مقدار هالوکسی‌فوب-آر-متیل لازم (X) برای کاهش ۵۰ درصدی وزن خشک جودره بین حدود بالا و پایین (D و C) است، و b متناسب با شیب منحنی در محدوده‌ی پارامتر ED_{50} می‌باشد. علاوه بر این، پارامتر ED_{90} که بیانگر مقدار هالوکسی‌فوب-آر-متیل لازم (X) برای کاهش ۹۰ درصدی وزن خشک جودره بین حدود بالا و پایین (D و C) است نیز محاسبه گردید.

آزمایش نشست پاشش علف‌کش

این آزمایش به طور همزمان با آزمایش دُز-پاسخ علف‌کش انجام گرفت، هنگامیکه مقدار ۱۰۸ گرم هالوکسی‌فوب-آر-متیل در هکتار در حال پاشیده شدن بود. در این آزمایش، از کاغذهای حساس به رطوبت با ابعاد ۲۶×۲۶ میلی‌متر استفاده شد. کاغذ حساس به رطوبت دارای یک سطح زرد رنگ است که پس از برخورد قطرات پاشش به آن به رنگ پایدار آبی در می‌آید. کاغذهای حساس به رطوبت در سه وضعیت قرار داده شدند. برای هر وضعیت، آزمایش به صورت فاکتوریل (۳×۶) در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی با سه تکرار اجرا شد؛ فاکتور نوع نازل در سه سطح (جدول ۱) و فاکتور شماره نازل در شش سطح (جدول ۱).

در شکل ۱ موقعیت قرارگیری کاغذهای حساس به رطوبت روی زمین یا روی سکوی ام‌دی، اف روکش‌دار نمایش داده شده است. کاغذ شماره ۱ به طور افقی بر روی سطح زمین در مسیر حرکت نازل، کاغذ شماره ۲ به طور عمودی بر روی سکو و رو به روی مسیر حرکت نازل و کاغذ شماره ۳ به طور عمودی بر روی سکو و پشت به مسیر حرکت نازل قرار داده شد.

چهار درجه سانتی‌گراد در تاریکی در درون یخچال و سپس به مدت دو روز در دمای آزمایشگاه در تاریکی نگهداری شدند (۳). سپس، تعداد پنج گیاهچه با طول ساقه‌پوش یک سانتی‌متری در درون گلدان‌های دو لیتری پلاستیکی قهوه‌ای رنگ با مقطع مربعی در عمق یک سانتی‌متری خاک کاشته شدند. تراکم کاشت در گلدان معادل ۱۹۵ بوته در متر مربع بود. خاک مورد استفاده در تهیه بستر به ترتیب دارای نسبت چهار:یک:یک از خاک:ماسه بادی:کود دامی بود. گلدان‌ها به درون گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه بوعلی سینا همدان منتقل شدند. دو روز پس از کاشت، با اضافه کردن یک سانتی‌متر خاک به محیط کشت، عمق کاشت به دو سانتی‌متر افزایش یافت. هر پنج روز یکبار، گلدان‌ها به طور یکنواخت و یکسان آبیاری شدند. آزمایش به صورت فاکتوریل ($۶ \times ۳ \times ۷$) در قالب طرح کاملاً تصادفی در چهار تکرار انجام گرفت. تیمارها شامل هفت مقدار از هالوکسی‌فوب-آر-متیل (۰، ۱۰/۸، ۲۱/۶، ۴۳/۲، ۶۴/۸، ۸۴/۴ و ۱۰۸ گرم ماده موثره در هکتار (گالانت سوپر ۱۰/۸ درصد امولسیون شونده، کیمیا گوهر خاک، ایران)) بودند که با استفاده از سه نوع نازل (یک بادبزن، دو بادبزن ۲۰۲۰ و دو بادبزن ۳۰۷۰) در شش شماره نازل (۱۱۰۱۵ سبز رنگ، ۱۱۰۰۲ زرد رنگ، ۱۱۰۰۲۵ بنفش رنگ، ۱۱۰۰۳ آبی رنگ، ۱۱۰۰۴ قرمز رنگ و ۱۱۰۰۵ قهوه‌ای رنگ) بر روی گیاهچه‌های سه برگی جودره بکار رفتند. تصویر جانبی و کیفیت قطرک‌سازی نازل‌های استفاده شده در این آزمایش در فشار سه بار در جدول ۱ نمایش داده شده است. جنس بخش روزنه خروجی این نازل‌ها سرمایی بوده و به وسیله شرکت MagnoJet در برزیل تولید می‌شوند. براساس کتابچه راهنمای این نازل‌ها (۲۶)، کیفیت قطرک‌سازی آنها به صورت بسیار ریز (با قطر قطرات بین ۶۱ تا ۱۰۵ میکرومتر)، ریز (با قطر قطرات بین ۱۰۶ تا ۲۳۵ میکرومتر) و متوسط (با قطر قطرات بین ۲۳۶ تا ۳۴۰ میکرومتر) دسته‌بندی شده است که در جدول ۱ مشخص شده‌اند. نام نازل‌ها برگرفته از تعداد و زاویه پاشش بادبزن(ها) نسبت به زمین است. تیمارها در فضای آزاد بیرون گلخانه تحت شرایط دمای هوای ۱۵ الی ۱۸ درجه سانتی‌گراد، رطوبت نسبی ۴۸ الی ۵۹ درصد و سرعت وزش باد ۰/۳ متر بر ثانیه اعمال شدند. تیمارها به وسیله سمپاش پشتی فشاری در فشار سه بار اعمال شدند. میزان حجم پاشش ایجاد شده به وسیله شماره نازل‌های مذکور در بالا به ترتیب برابر ۱۵۰، ۲۰۰، ۲۵۰، ۳۰۰، ۴۰۰ و ۵۰۰ لیتر آب در هکتار بود. ارتفاع نازل تا سطح خاک گلدان حدوداً نیم متر بود. در روز سمپاشی، گیاهان موجود در درون چهار گلدان از فاصله یک سانتی‌متری سطح خاک برداشت شدند و پس از توزین وزن خشک آنها، به عنوان وزن اولیه گیاهان در زمان اعمال تیمارها در نظر گرفته شدند. پس از سمپاشی، گلدان‌ها مجدداً در درون گلخانه قرار داده شدند.

پس از گذشت چهار هفته از روز سمپاشی، گیاهان درون گلدان‌ها

جدول ۱- نازل‌های مورد استفاده در آزمایش و کیفیت پاشش آنها در فشار ۳ بار
Table 1- The nozzles used in the study and their atomization quality at 3 bar

شماره نازل (Nozzle size)						نوع نازل Nozzle type
11005	11004	11003	110025	11002	110015	یک بادبزنه Single flat fan
						
M	F	F	F	F	F	
						دو بادبزنه ۲۰۲۰ Twin flat fan 2020
F	F	F	F	F	VF	
						دو بادبزنه ۳۰۷۰ Twin flat fan 3070
F	F	F	F	F	VF	

براساس انجمن مهندسان کشاورزی آمریکا (۶)، کیفیت قطره‌سازی نازل‌های مورد استفاده به صورت بسیار ریز (VF: با قطر قطرات بین ۶۱ تا ۱۰۵ میکرومتر)، ریز (F: با قطر قطرات بین ۱۰۶ تا ۲۳۵ میکرومتر) و متوسط (M: با قطر قطرات بین ۲۳۶ تا ۳۴۰ میکرومتر) دسته‌بندی شده است.

According to the American Society of Agricultural Engineers (6), the atomization quality of the nozzles used is classified as very fine (VF: droplet diameter from 61 to 105 μm), fine (F: droplet diameter from 106 and 235 μm) and medium (M: droplet diameter from 236 and 340 μm).

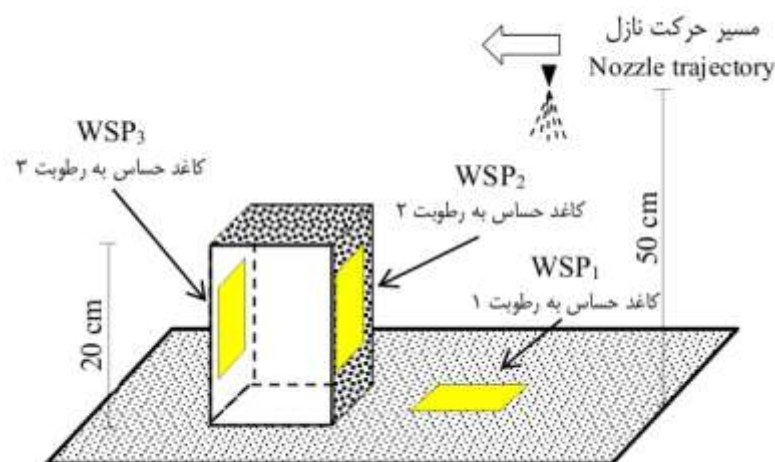
نتایج و بحث

نشست پاشش علفکش

نتایج آنالیز واریانس اثرات ساده نوع نازل و شماره نازل/حجم پاشش بر میزان نشست قطرات پاشش بر کاغذهای حساس به رطوبت قرار گرفته در هر سه موقعیت متفاوت در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار است. همچنین، بین عوامل نوع نازل و شماره نازل نیز اثر متقابل معنی‌داری وجود دارد (جدول ۲).

در موقعیت شماره ۱، نتایج نشان داد که در هر سه نوع نازل، با افزایش شماره نازل/حجم پاشش سطح بیشتری از کاغذ خیس شد (شکل ۲). در شماره‌های نازل ۱۱۰۰۳ و به بعد در تمامی انواع نازل‌ها، بالاترین میزان خیس‌اندن کاغذ (تقریباً ۱۰۰ درصدی) فراهم شد. کمترین میزان خیس‌شدگی با نازل بادبزنه دو بادبزنه ۳۰۷۰ در شماره ۱۱۰۰۱۵ بدست آمد.

امکان ارزیابی میزان پوشش محلول پاشش حاصل از برخورد عمودی قطرات پاشش با کمک کاغذ حساس به رطوبت شماره ۱ ولی کاغذهای حساس به رطوبت شماره ۲ و ۳ امکان ارزیابی میزان پوشش محلول پاشش حاصل از برخورد غیر عمودی قطرات پاشش را میسر می‌سازد. پس از سمپاشی، کاغذها به طور جداگانه اسکن شدند. تصویر کاغذها در محیط نرم‌افزار Image J نسخه ۱.۴۸ پردازش و درصد مساحت آبی رنگ شده کاغذها ارزیابی و به عنوان درصد پوشش محلول پاشش تجزیه و تحلیل شد. به منظور تجزیه واریانس، مقایسه میانگین داده‌ها که نیازی به تبدیل داده نداشتند و رسم نمودارها از نرم‌افزار آماری SAS نسخه ۹.۴ استفاده گردید. میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد مقایسه شدند.



شکل ۱- محل کاغذهای حساس به رطوبت نسبت به مسیر حرکت نازل
Figure 1- Location of moisture-sensitive papers relative to the nozzle trajectory

جدول ۲- تأثیر نوع و شماره نازل بر میزان نشست قطرات پاشش بر کاغذهای حساس به رطوبت قرار گرفته در موقعیت‌های متفاوتی که در شکل ۱ به تصویر کشیده شده است

Table 2- The effect of nozzle type and nozzle size on the deposition of spray droplets on moisture sensitive paper (WSP) placed in the positions shown in Fig. 1.

منابع تغییر Variable source	درجه آزادی DF	میانگین مربعات Mean square		
		کاغذ حساس به رطوبت ۱ WSP ₁	کاغذ حساس به رطوبت ۲ WSP ₂	کاغذ حساس به رطوبت ۳ WSP ₃
شماره نازل Nozzle size	5	8015.98 **	6300.78 **	6466.55 **
نوع نازل Nozzle type	2	412.01 **	5085.79 **	24510.68 **
اثر متقابل Interaction effect	10	167.41 **	342.59 **	1761.28 **
خطا Error	36	16.05	24.11	8.18
Coeff Var		5.21	7.49	6.76

** معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد بر اساس آزمون دانکن.

** Significant at the 0.05 probability level based on Duncan test.

افزایش حجم پاشش در نازل‌های بادبزی تک بادبزنه و دو بادبزنه ۳۰۳۰، میزان پوشش کاغذ حساس به رطوبت با محلول پاشش کلودینافوپ پروپارژیل افزایش یافت (۲۹). طی آزمایشی پیرامون تأثیر سرعت حرکت پهناد سمپاش مجهز به نازل تک بادبزنه، که قبلاً بیان شد که یکی از روش‌های تغییر دادن حجم پاشش است، بر میزان نشست محلول پاشش بر روی کاغذ حساس به رطوبت گزارش شده است که با کاهش حجم پاشش از ۱۵۱ به ۲۲ لیتر در هکتار، میزان خیس شدگی کاغذ از حدوداً ۶۰ به ۲۰ درصد کاهش یافت (۲۰).

در شماره نازل‌های ۱۱۰۰۱۵، ۱۱۰۰۲ و ۱۱۰۰۲۵، میزان پوشش به وسیله نازل بادبزی دو بادبزنه ۳۰۷۰ به طور معنی‌داری نسبت به دو نوع نازل دیگر کمتر بود (۷/۳ درصد). دلیل این اختلاف می‌تواند زاویه ۷۰ درجه‌ای یکی از بادبزن‌های نازل بادبزی دو بادبزنه ۳۰۷۰ باشد. در این بادبزن ۷۰ درجه‌ای، طول مسیر حرکت قطرات از نوک نازل تا هدف در مقایسه با سایر انواع نازل‌ها بیشتر است. لذا، قطره آزاد شده از بادبزن ۷۰ درجه‌ای مدت زمان بیشتری در فضا سیر می‌کند. در این وضعیت، می‌تواند در معرض بادبردگی قرار بگیرد. با

خیساندن کاغذ شماره ۳ بهتر از نازل دو بادبزنه ۳۰۷۰ بود. این برتری با افزایش شماره نازل/حجم پاشش از بین رفت.

دُز-پاسخ علف‌کش

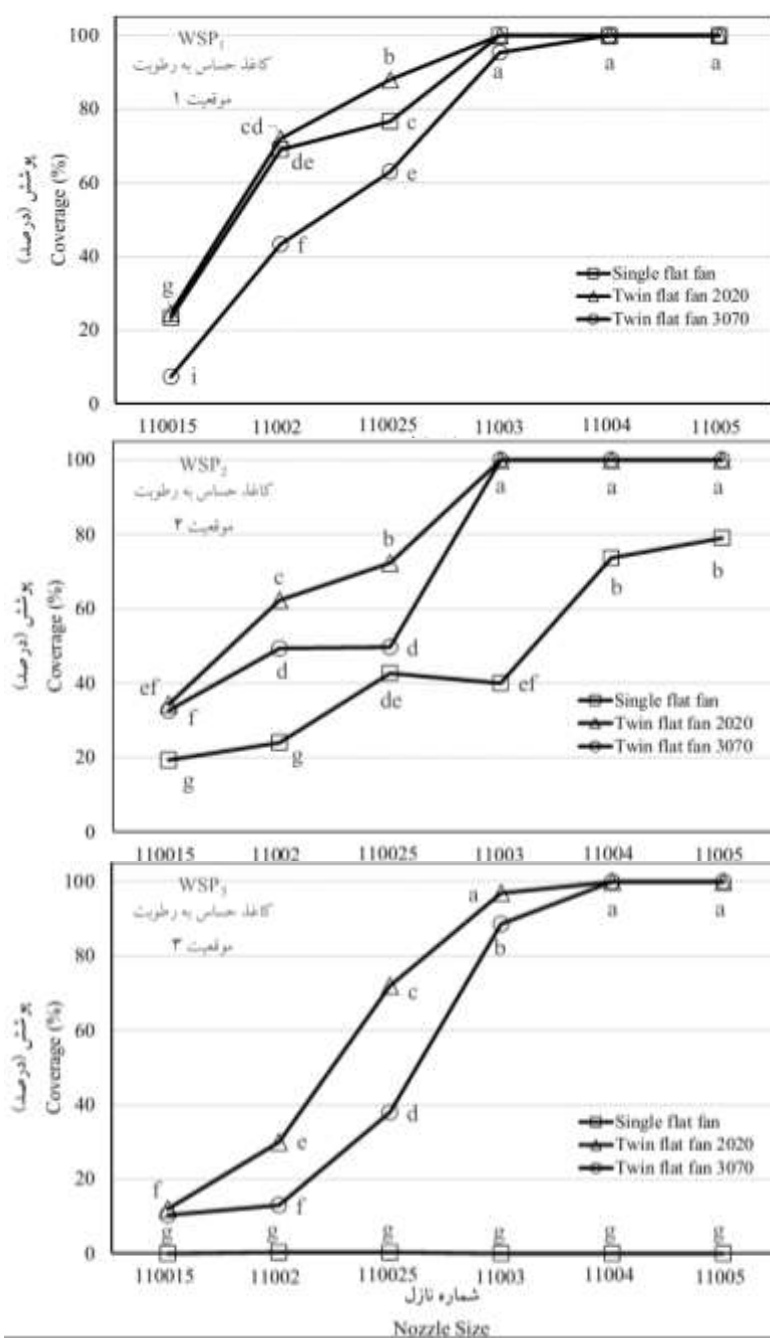
منحنی‌های پاسخ وزن خشک جودره به دُزهای مختلف هالوکسی فوپ-آر-متیل وقتی که با شماره‌های مختلف نازل‌های تک بادبزنه، دو بادبزنه ۲۰۲۰ و دو بادبزنه ۳۰۷۰ بکار برده شد به ترتیب در شکل ۳ نمایش داده شده است. همان طور که از این شکل‌ها پیداست، به طور کلی، با افزایش شماره نازل منحنی دُز-پاسخ به سمت راست تمایل پیدا کرده است که این نشان دهنده کاهش کارایی هالوکسی فوپ-آر-متیل در کنترل جودره می‌باشد.

نتایج نشان داد که کمترین مقدار ED_{50} (۹/۳۴) گرم ماده موثره در هکتار) در تیمار نازل دو بادبزنه ۲۰۲۰ با شماره ۱۱۰۰۱۵ بدست آمد. این تیمار به عنوان بهترین تیمار برای کاربرد هالوکسی فوپ-آر-متیل علیه جودره تشخیص داده شد. در حالی که بیشترین مقدار ED_{50} در تیمار نازل‌های تک بادبزنه دو بادبزنه ۳۰۷۰ هر دو با شماره ۱۱۰۰۵ به ترتیب با مقدار ۴۵/۴۲ و ۴۰/۹۴ گرم ماده موثره در هکتار بدست آمد. کارایی هالوکسی فوپ-آر-متیل علیه جودره وقتی با نازل دو بادبزنه ۲۰۲۰ با شماره ۱۱۰۰۱۵ بکار برده شد حدوداً ۴/۵ برابر بیشتر از کارایی آن وقتی با نازل‌های تک بادبزنه دو بادبزنه ۳۰۷۰ هر دو با شماره ۱۱۰۰۵ بکار برده شد بود (شکل ۴).

در تمامی انواع نازل‌ها، با افزایش شماره نازل/حجم پاشش، مقدار ED_{50} به طور معنی‌داری افزایش یافت. به طوری که در نازل تک بادبزنه، افزایش شماره نازل از ۱۱۰۰۱۵ به ۱۱۰۰۵ (یعنی افزایش حجم پاشش از ۱۵۰ به ۵۰۰ لیتر در هکتار) سبب افزایش مقدار ED_{50} از ۱۵/۹۲ به ۴۵/۴۲ گرم ماده موثره در هکتار شد (حدوداً ۶۵ درصد افزایش). در نازل دو بادبزنه ۲۰۲۰، افزایش شماره نازل از ۱۱۰۰۱۵ به ۱۱۰۰۵ سبب افزایش مقدار ED_{50} از ۹/۳۴ به ۱۸/۲۹ گرم ماده موثره در هکتار شد (حدوداً ۴۹ درصد افزایش). در نازل دو بادبزنه ۳۰۷۰، افزایش شماره نازل از ۱۱۰۰۱۵ به ۱۱۰۰۵ سبب افزایش مقدار ED_{50} از ۱۷/۵۶ به ۴۰/۹۴ گرم ماده موثره در هکتار شد (حدوداً ۵۷ درصد افزایش). بنابراین، براساس درصد تغییرات مذکور می‌توان چنین برداشت کرد که زمانی که از نازل تک بادبزنه استفاده شود، افزایش حجم پاشش اثر منفی بیشتری بر کارایی هالوکسی فوپ-آر-متیل علیه جودره دارد. همچنین، اثر نامطلوب حجم پاشش بالا با استفاده از نازل‌های دو بادبزنه بخصوص نازل دو بادبزنه ۲۰۲۰ می‌تواند تقلیل یابد.

در کاغذ شماره ۲ نتایج نشان داد که در هر سه نوع نازل، با افزایش شماره نازل/حجم پاشش سطح بیشتری از کاغذ خیس شد (شکل ۲). در شماره نازل‌های ۱۱۰۰۳ و به بعد در نازل‌های تک بادبزنه و دو بادبزنه ۲۰۲۰، بالاترین میزان خیساندن کاغذ (۱۰۰ درصدی) مشاهده شد. کمترین میزان خیس شدگی با نازل بادبزنی تک بادبزنه در شماره‌های ۱۱۰۰۱۵ و ۱۱۰۰۲ مشاهده شد (۱۹-۲۴ درصد). به طور کلی، نازل‌های دو بادبزنه در مقایسه با نازل تک بادبزنه در خیساندن کاغذ شماره ۲ موفق‌تر عمل کردند. در نازل تک بادبزنه، حرکت قطرات پاشش از نوک نازل نسبت به زمین به طور عمودی انجام می‌گیرد. لذا، قطرات نمی‌توانند برخورد موثری به این کاغذ داشته باشند. برعکس، در نازل‌های دو بادبزنه، یکی از بادبزن‌ها (بادبزن ۲۰ درجه‌ای در نازل دو بادبزنه ۲۰۲۰ و بادبزن ۷۰ درجه‌ای در نازل دو بادبزنه ۳۰۷۰) می‌تواند قطرات پاشش را به سمت کاغذ پرتاب کند که این عمل سبب نشست موثر آنها بر روی این کاغذ می‌شود. این موقعیت کاغذ حساس به رطوبت تقریباً شبیه‌ساز برگ عمودی در مرحله ۳ تا ۴ برگ علف‌های هرز باریک برگی مانند جودره است (شکل ۳). قبلاً، خیس شدگی حدوداً دو برابری کاغذ شماره ۲ به وسیله پنج نوع نازل دو بادبزنه را در مقایسه با پنج نوع نازل تک بادبزنه گزارش شده بود (۲).

در کاغذ شماره ۳، نتایج نشان داد که در دو نوع نازل دو بادبزنه، با افزایش شماره نازل/حجم پاشش سطح بیشتری از کاغذ خیس شد (شکل ۲). در نازل تک بادبزنه، افزایش شماره نازل/حجم پاشش هیچ تاثیری بر میزان خیس شدگی این کاغذ با محلول پاشش نداشت. در واقع، این کاغذ با نازل تک بادبزنه اصلاً خیس نشد. این اتفاق به دلیل آن است که در نازل تک بادبزنه، حرکت قطرات پاشش از نوک نازل نسبت به زمین به طور عمودی انجام می‌گیرد. موقعیت این کاغذ شبیه پشت دیوار است که قطرات پاشش نمی‌توانند هیچ برخوردی به این کاغذ داشته باشند. نتایج مشابهی را علی‌وردی و احمدوند (۲) گزارش کرده‌اند. همچنین، آنها بیان کردند که در صورتی که وزش بادی در جریان باشد، کاغذ شماره ۳ می‌تواند تا حدودی با پنج نوع نازل تک بادبزنه خیس شود که میزان خیس شدگی این کاغذ رابطه مستقیمی با اندازه قطر قطرات داشته است. در آزمایشی، میزان نفوذ پاشش با انواع نازل‌های تک و دو بادبزنه به درون کانوپی را ارزیابی و گزارش شده است که نازل دو بادبزنه در مقایسه با نازل تک بادبزنه قادر است قطرات پاشش بیشتری را به درون کانوپی نفوذ دهند. نفوذ بیشتر پاشش به درون کانوپی می‌تواند قطرات پاشش را علف‌های هرز کوچکتر و در حال سبز شدن برساند و آنها را نیز هدف قرار دهد (۲۸). در بین نازل‌های دو بادبزنه، عملکرد نازل دو بادبزنه ۲۰۲۰ در



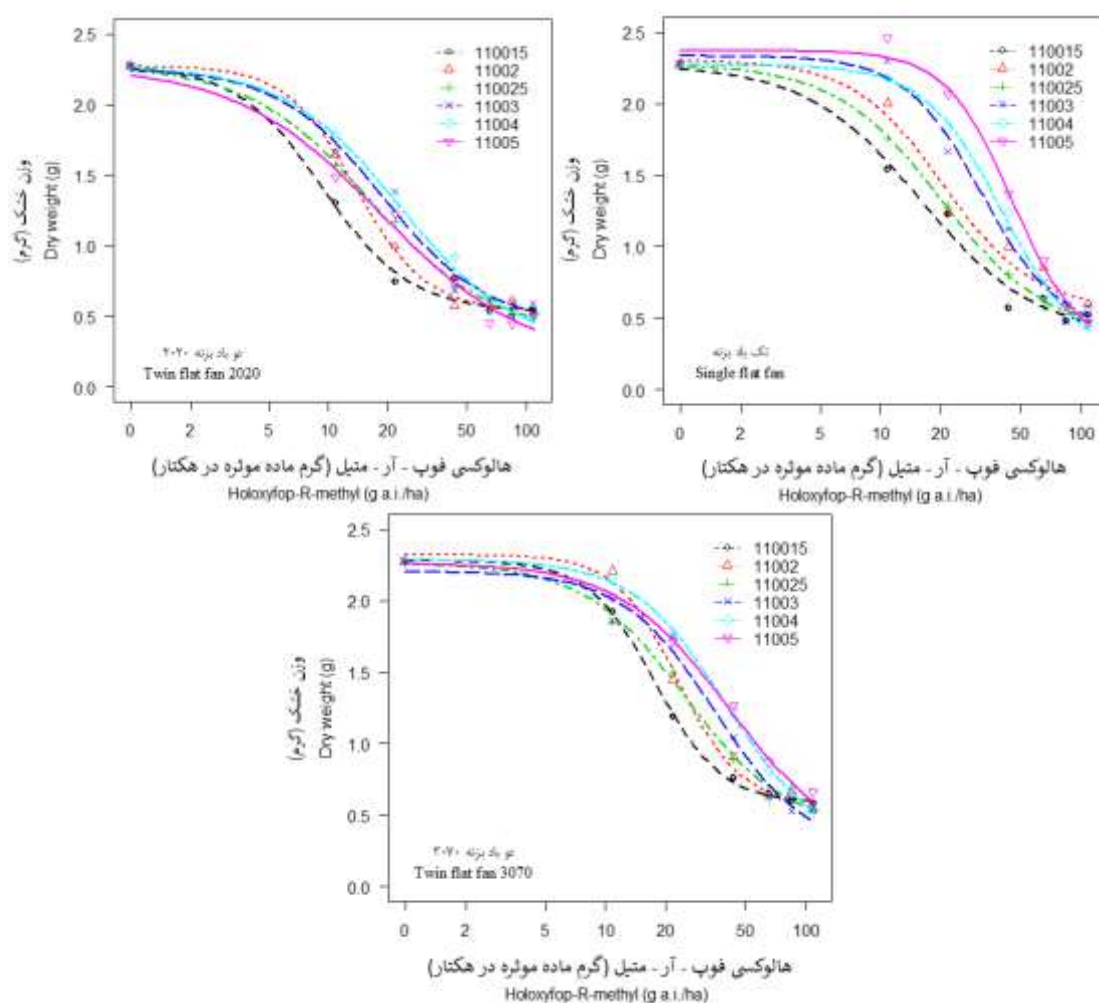
شکل ۲- تأثیر نوع و شماره نازل در میزان نشست پاشش (درصد) بر روی کاغذ حساس به رطوبت قرار گرفته در موقعیت‌هایی که در شکل ۱ به تصویر کشیده شده است

Figure 2- Effect of nozzle type and size on spray deposition (percentage) on moisture-sensitive paper located in the positions shown in Fig. 1.



شکل ۳- برگ‌های تقریباً قائم جودره در مرحله ۳ تا ۴ برگی

Figure 3- Almost vertical leaves of wild barley at the stage of 3 to 4 leaves



شکل ۳- پاسخ وزن خشک جودره به دزهای مختلف هالوکسی فوب-آر-متیل وقتی که با شماره‌های مختلف انواع نازل‌ها بکار برده شد

Figure 3- Response of dry weight of wild barley to different doses of haloxyfop-r-methyl when applied with different sizes of nozzle types

آمد. بر این اساس نیز این تیمار به عنوان بهترین تیمار برای کاربرد هالوکسی فوب-آر-متیل علیه جودره تشخیص داده شد. در حالی که

نتایج نشان داد که کمترین مقدار ED_{90} (۳۸/۲۱) گرم ماده موثره در هکتار) در تیمار نازل دو بادبزنه ۲۰۲۰ با شماره ۱۱۰۰۱۵ بدست

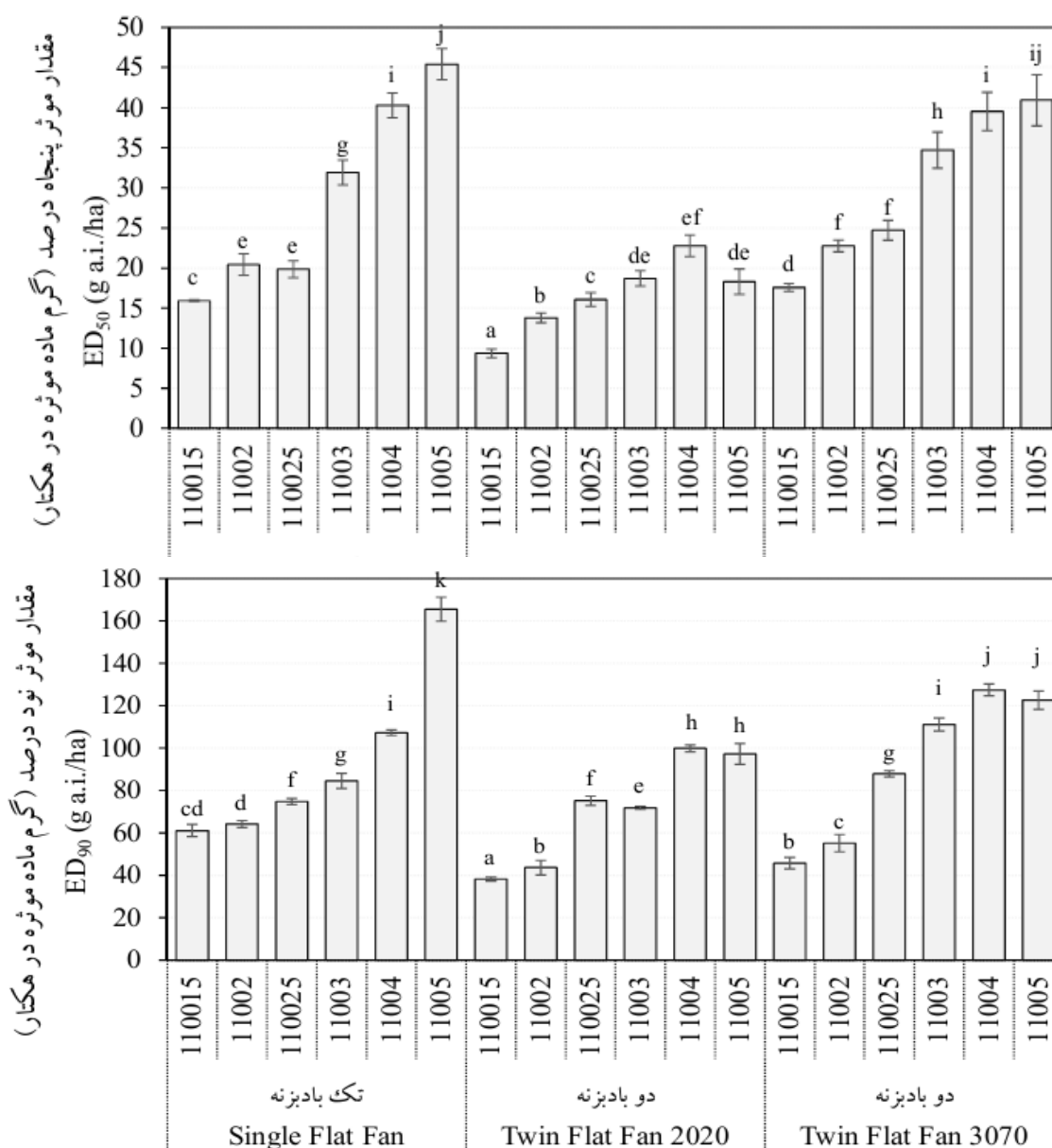
زمانی که از حجم پاشش کمتر استفاده می‌شود وجود دارد. یک نازل با سوراخ خروجی ریزتر درصد بیشتری از قطرات کوچک‌تر تولید می‌کند که ممکن است کارایی علف‌کش را از طریق نشست و جذب بیشتر افزایش دهد. قطرات ریزتر ممکن است روی سطح برگ بهتر توزیع شوند؛ لذا، این امر می‌تواند منجر به جذب بیشتر در واحد زمان به دلیل نشست بهتر آنها شود. غلظت بیشتر علف‌کش در محلول پاشش ممکن است سبب افزایش کارایی علف‌کش شود به دلیل اینکه مولکول علف‌کش بیشتری در واحد حجم محلول می‌تواند جذب شود. محلول پاشش علف‌کش غلیظ‌تر همچنین شیب غلظت شدیدتری را بین محلول پاشش و برگ ایجاد کند که سبب نفوذ مقادیر بیشتری از مولکول علف‌کش شود. همچنین، این احتمال نیز وجود دارد که قطرات درشت‌تر به طور فیزیولوژیکی از طریق مرگ سلول‌های زیر محل برخورد قطره ایزوله شوند که این عمل می‌تواند منجر به کاهش جذب علف‌کش شود. وقتی مقدار برابری علف‌کش استفاده شود، قطرات ریزتر و غلیظ‌تر در مقایسه با قطرات درشت‌تر و رقیق‌تر سبب کنترل بهتر علف‌هرز می‌شوند (۹). اگرچه تعداد قطرات پاشش در اینچ مربع و درصد پوشش با افزایش حجم پاشش از ۲۰ تا ۴۰ لیتر در هکتار افزایش یافت، اما لزوماً منجر به کنترل شیمیایی بهتر علف‌های هرز نشد (۱۹).

وقتی از مقادیر ED_{50} شش شماره از هر نوع نازل میانگین‌گیری انجام گرفت، برای نازل‌های تک بادبزنی، دو بادبزنی ۲۰۲۰ و دوبادبزنی ۳۰۷۰ به ترتیب مقادیر ۲۹/۹۶، ۱۶/۴۸ و ۳۰/۰۲ بدست آمد. همچنین، وقتی از مقادیر ED_{90} شش شماره از هر نوع نازل میانگین‌گیری انجام گرفت، برای نازل‌های تک بادبزنی، دو بادبزنی ۲۰۲۰ و دوبادبزنی ۳۰۷۰ به ترتیب مقادیر ۹۲/۸۷، ۷۰/۹۷ و ۹۱/۶۲ بدست آمد. این نتایج نشان می‌دهد که عملکرد نازل‌های مورد استفاده در این آزمایش به صورت نازل دو بادبزنی ۲۰۲۰ بیشتر از نازل تک بادبزنی و نازل تک بادبزنی دارای عملکردی برابر با نازل دو بادبزنی ۳۰۷۰ است. محققان قبلی بیان کرده‌اند که ایجاد دو پاشش غیر عمودی به وسیله نازل دو بادبزنی می‌تواند برخورد به صورت اریب قطرات پاشش به سطح برگ نسبتاً قائم علف‌های هرز باریک برگ را کاهش دهد. از این‌رو، پُرش قطرات پاشش از سطح برگ آنها به طور قابل توجهی کاهش می‌یابد. این در حالی است که وقتی باریک‌برگ‌کش‌ها با کمک نازل یک بادبزنی بکار برده شوند، قطرات پاشش که حرکتی عمود بر زمین دارند عمده‌تاً به صورت اریب به سطح برگ علف‌های هرز باریک برگ برخورد می‌کنند. از این‌رو، به احتمال قوی تعداد زیادی از آنها از روی سطح برگ بر روی سطح خاک پرش کرده و هدر می‌روند (۲۱). همچنین، در آزمایش نشست پاشش محرز گردید که نازل دو بادبزنی ۲۰۲۰ قادر بود کاغذهای شماره ۲ و ۳ که به ترتیب شبیه‌سازی از پشت و روی بوته علف‌هرز بود را در مسیر حرکت خود خیس نمایند (شکل ۲).

بیشترین مقدار ED_{90} در تیمار نازل‌های تک بادبزنی با شماره ۱۱۰۰۵ به ترتیب با مقدار ۱۶۵/۵ گرم ماده موثره در هکتار بدست آمد. بر این اساس نیز این تیمار به عنوان نامطلوب‌ترین تیمار برای کاربرد هالوکسی‌فوپ-آر-متیل علیه جودره تشخیص داده شد. کارایی هالوکسی‌فوپ-آر-متیل بکار رفته با نازل دو بادبزنی ۲۰۲۰ با شماره ۱۱۰۰۱۵ حدوداً ۴ برابر بیشتر از زمانی بود که با نازل‌های تک بادبزنی و دو بادبزنی ۳۰۷۰ هر دو با شماره ۱۱۰۰۵ بکار برده شده بود (شکل ۴).

در تمامی انواع نازل‌ها، با افزایش شماره نازل/حجم پاشش، مقدار ED_{90} به طور معنی‌داری افزایش یافت. به طوری که در نازل تک بادبزنی، افزایش شماره نازل از ۱۱۰۰۱۵ به ۱۱۰۰۰۵ سبب افزایش مقدار ED_{90} از ۶۱/۰۶ به ۱۶۵/۵ گرم ماده موثره در هکتار شد (حدوداً ۶۴ درصد افزایش). در نازل دو بادبزنی ۲۰۲۰، افزایش شماره نازل از ۱۱۰۰۱۵ به ۱۱۰۰۰۵ سبب افزایش مقدار ED_{90} از ۳۸/۲۱ به ۹۷/۲۴ گرم ماده موثره در هکتار شد (حدوداً ۵۹ درصد افزایش). در نازل دو بادبزنی ۳۰۷۰، افزایش شماره نازل از ۱۱۰۰۱۵ به ۱۱۰۰۰۵ سبب افزایش مقدار ED_{90} از ۴۵/۷ به ۱۲۲/۵۶ گرم ماده موثره در هکتار شد (حدوداً ۶۲ درصد افزایش). بنابراین، براساس درصد تغییرات مذکور می‌توان چنین برداشت کرد که زمانی که از نازل تک بادبزنی استفاده شود، افزایش حجم پاشش اثر منفی بیشتری بر کارایی هالوکسی‌فوپ-آر-متیل علیه جودره دارد. مطالعات قبلی در مورد رابطه حجم پاشش با کارایی علف‌کش‌های بازدارنده استیل کوآنزیم آ کربوکسیلاز، روابط مختلفی را گزارش کرده‌اند. در برخی مطالعات، افزایش حجم پاشش باعث کاهش کارایی علف‌کش شده است؛ برای مثال، سیتوکسیدیم (۲۷) و کلودینافوپ پروپازریل (۱۵ و ۲۹). در برخی مطالعات، تغییر در حجم پاشش تأثیری بر کارایی علف‌کش نداشته است؛ برای مثال، فنوکسپروپ-پی-اتیل (۱۵)، فلوآزیفوپ-پی-بوتیل (۱۳). در برخی مطالعات، افزایش حجم پاشش باعث افزایش کارایی علف‌کش شده است؛ برای مثال، کوئالوفوپ-پی-اتیل، فومسافن (۳۸)، و سیکلوکسیدیم (۳). برخی محققان نیز گزارش کرده‌اند که تأثیر حجم پاشش بر کارایی علف‌کش به گونه علف‌هرز نیز بستگی دارد؛ برای مثال، کارایی هالوکسی‌فوپ-آر-متیل در کنترل سورگوم تحت تأثیر حجم پاشش قرار می‌گیرد ولی در کنترل دمر واهی زرد تحت تأثیر حجم پاشش قرار نمی‌گیرد (۹).

در آزمایش نشست پاشش محرز گردید که افزایش شماره نازل/حجم پاشش می‌تواند سطح بیشتری از کاغذهای حساس به رطوبت را خیس کند. در وهله اول انتظار بر این بود که چون سطح بیشتری از علف‌هرز نیز با افزایش شماره نازل خیس می‌شود، از این‌رو، کارایی علف‌کش افزایش خواهد یافت. اما چنین نشد. کارایی علف‌کش هالوکسی‌فوپ-آر-متیل علیه جودره با افزایش شماره نازل‌ها کاهش یافت. چند دلیل احتمالی برای کارایی بیشتر هالوکسی‌فوپ-آر-متیل



شکل ۴- دُز هالوکسی فوپ-آر-متیل لازم برای کاهش ۵۰ و ۹۰ درصدی وزن خشک جو دره نسبت به شاهد وقتی که با شماره‌های مختلف انواع نازل‌ها بکار برده شد

تیمارهای دارای حرف مشترک از نظر آماری تفاوتی ندارند.

Figure 4- The dose of haloxyfop-r-methyl required to reduce the dry weight of wild barley by 50 and 90% compared to the control when used with different sizes of nozzle types
Treatments with a common letter are not statistically different.

نازل دو بادبزنه متقارن (۲۰۲۰) در مقایسه با نازل تک بادبزنه موافق با نتایج بدست آمده با علف‌کش‌های اتوفومیست + فن‌مدیفام + دس‌مدیفام (۳۱)، ستوکسیدیم (۱) و کلودینافوپ پروپارژیل (۲) بود. مقدار سیکلوکسیدیم لازم برای کاهش ۵۰ درصدی وزن خشک جو دره به طور معنی‌داری با افزایش تعداد بادبزن کاهش می‌یابد (۳).

مشاهده اخیر ما در تحقیقات قبلی نیز مشاهده شده بود. به طوری که نازل دو بادبزنه قادر بوده تا پشت و روی برگ قائم را به طور بسیار موثری خیس نماید (۱۱، ۲۲، ۳۱ و ۴۰). به همین خاطر، عملکرد نازل‌های دو بادبزنه در مقایسه با نازل تک بادبزنه در کاربرد باریک‌برگ‌کش‌ها بیشتر است. در آزمایش حاضر، نتایج بدست آمده با

نتیجه‌گیری

برای کنترل بهتر جودره به وسیله هالوکسی‌فوپ-آر-متیل نیاز به حجم پاشش پایین است. استفاده از حجم پاشش پایین علاوه کسب بهترین کارایی هالوکسی‌فوپ-آر-متیل علیه جودره می‌تواند در مصرف آب صرفه‌جویی ایجاد کند. در حال حاضر، نازل تک بادبزنه رایج‌ترین نوع نازلی است در دسترس کشاورزان ایرانی است. با توجه به اتکای بالای کشاورزان به استفاده از باریک‌برگ‌کش‌ها در کشور و نیز کارآمدی نازل دو بادبزنه در مقایسه با نازل تک بادبزنه، ترویج کشاورزان برای استفاده از نازل دو بادبزنه می‌تواند گام مهم در کاهش مصرف باریک‌برگ‌کش‌ها در مزارع و متعاقباً کاهش آلودگی‌های محیط زیستی باشد.

به طوری که از نظر کارایی علف‌کش، نازل سه بادبزنه بهتر از نازل دو بادبزنه و نازل دو بادبزنه نیز بهتر از نازل تک بادبزنه عمل کرد. با این وجود، عملکرد نازل تک بادبزنه با نازل دو بادبزنه نامتقارن (۳۰۷۰) در این آزمایش برابر بدست آمد که متناقض با نتایج تحقیقات قبلی است. علت اینکه در این دو نازل عملکرد برابر مشاهده شد اینست که نازل دو بادبزنه ۳۰۷۰ برای کاربرد علف‌کش‌ها زمانی که علف‌های هرزی در تراکم انبوه ظاهر شده باشند توصیه شده است. به همین دلیل، اگر عملکرد این دو نازل در شرایط تراکم بالای علف‌های هرز مورد مقایسه قرار گیرند، براساس کتابچه راهنمای این نوع نازل، احتمالاً عملکرد نازل دو بادبزنه ۳۰۷۰ بیشتر از نازل تک بادبزنه خواهد شد (۲۶).

منابع

- 1- Aliverdi A. 2018. The selection of proper nozzle for spraying sethoxydim at two wind speeds to control winter wild oat (*Avena sterilis* ssp. *ludoviciana*). Journal of Plant Protection 32(2): 299–306. (In Persian with English abstract)
- 2- Aliverdi A., and Ahmadvand G. 2018. The effect of nozzle type on clodinafop-propargyl potency against winter wild oat. Crop Protection 114: 113–119.
- 3- Aliverdi A., and Karami S. 2019. The effect of type and size of single, twin, and triplet flat fan nozzles on the activity of cycloxydim against wild barley (*Hordeum spontaneum* Koch.). Journal of Plant Protection 33(4): 465–474. (In Persian with English abstract)
- 4- Aliverdi A., and Sharifi M. 2020. Interaction effect between nozzle type and application time of day on the efficacy of paraquat to control velvetleaf (*Abutilon theophrasti* Medicus.). Journal of Plant Protection 34(1): 113–23. (In Persian with English abstract)
- 5- Aliverdi A., and Zarei M. 2020. Forward angled spray: a method for improving the efficacy of herbicides. Journal Plant Protection Research 60(3): 275–283.
- 6- American Society of Agricultural Engineers. 2009. Spray nozzle classification by droplet spectra. S572.1, 4.
- 7- Berger S.T., Dobrow M.H., Ferrell J.A., and Webster T.M. 2014. Influence of carrier volume and nozzle selection on palmer amaranth control. Peanut Science 41(2): 120–123.
- 8- Brown L., Soltani N., Shropshire C., Spieser H., and Sikkema P.H. 2007. Efficacy of four corn (*Zea mays* L.) herbicides when applied with flat fan and air induction nozzles. Weed Biology and Management 7(1): 55–61.
- 9- Buhler D.D., and Burnside O.C. 1984. Effect of application factors on postemergence phytotoxicity of fluzafop-butyl, haloxyfop-methyl, and sethoxydim. Weed Science 32(5): 574–583.
- 10- Butts T.R., Samples C.A., Franca L.X., Dodds D.M., Reynolds D.B., Adams J.W., Zollinger R.K., Howatt K.A., Fritz B.K., Clint H.W., and Kruger G.R. 2018. Spray droplet size and carrier volume effect on dicamba and glufosinate efficacy. Pest Management Science 74(9): 2020–2029.
- 11- Combella J.H., Western N.M., and Richardson R.G. 1996. A comparison of the drift potential of a novel twin fluid nozzle with conventional low volume flat fan nozzles when using a range of adjuvants. Crop Protection 15(2): 147–152.
- 12- Creech C.F., Henry R.S., Fritz B.K., and Kruger G.R. 2015a. Influence of herbicide active ingredient, nozzle type, orifice size, spray pressure, and carrier volume rate on spray droplet size characteristics. Weed Technology 29(2): 298–310.
- 13- Creech C.F., Henry R.S., Werle R., Sandell L.D., Hewitt A.J., and Kruger G.R. 2015b. Performance of post-emergent herbicides applied at different carrier volume rates. Weed Technology 29(3): 611–624.
- 14- Ferreira M.C., Machado-Neto J.G., and Matuo T. 1998. Reduction in the rate and spray volume in night-time application of post-emergence herbicides on soybean crop. Planta Daninha 16(1): 25–36.
- 15- Gauvrit C., and Lamrani T. 2008. Influence of application volume on the efficacy of clodinafop-propargyl and fenoxaprop-P-ethyl on oats. Weed Research 48(1): 78–84.
- 16- Green J.M. 1996. Interaction of surfactant dose and spray volume on rimsulfuron activity. Weed Technology 10(3): 508–511.
- 17- Grichar W.J., and Dotray P.A. 2015. Influence of spray tip and spray volume on the efficacy of imazapic and imazethapyr on selected weed species. American Journal Experimental Agriculture 8(2): 75–86.

- 18- Guoxiong C., Tamar K., Fahima T., Zhang F., and Koral A.B. 2004. Differential patterns of germination and desiccation tolerance of mesic and xeric wild barley (*Hordeum spontaneum*) in Israel. *Journal of Arid Environments* 56(1): 95–105.
- 19- Hembree K. 2012. Effects of spray coverage and nozzle selection on weed control. CWSS Conference Santa Barbara, CA January 24.
- 20- Hunter J.E., Gannon T.W., Richardson R.J., Yelverton F.H., and Leon R.G. 2019. Coverage and drift potential associated with nozzle and speed selection for herbicide applications using an unmanned aerial sprayer. *Weed Technology* 34(2): 235–240.
- 21- Jensen P.K. 2012. Increasing efficacy of graminicides with a forward angled spray. *Crop Protection* 32: 17–23.
- 22- Jensen P.K., Jorgensen L.N., and Kirknel E. 2001. Biological efficacy of herbicides and fungicides applied with low-drift and twin-fluid nozzles. *Crop Protection* 20(1): 57–64.
- 23- Knoche M. 1994. Effect of droplet size and carrier volume on performance of foliage-applied herbicides. *Crop Protection* 13(3): 163–178.
- 24- Kogan M., and Zuniga M. 2001. Dew and spray volume effect on glyphosate efficacy. *Weed Technology* 15(3): 590–593.
- 25- Lesnik M., Kramberger B., and Vajs S. 2012. The effects of drift-reducing nozzles on herbicide efficacy and maize (*Zea mays* L.) yield. *Zemdirbyste* 99(4): 371–378.
- 26- MagnoJet. 2015. Product Catalogue. Super Turbo flat fan nozzle and Air Induction Super Turbo flat fan nozzle. <http://www.magnojet.com.br/produtos>
- 27- McMullan P.M. 1995. Effect of spray volume, spray pressure and adjuvant volume on efficacy of sethoxydim and fenoxaprop-p-ethyl. *Crop Protection* 14(7): 549–554.
- 28- Meyer C.J., Norsworthy J.K., Kruger G.R., and Barber T.L. 2016. Effect of nozzle selection and spray volume on droplet size and efficacy of Engenia tank-mix combinations. *Weed Technology* 30(2): 377–390.
- 29- Naser N., and Aliverdi A. 2020. Effect of nozzle type and spray volume on clodinafop-propargyl efficacy in winter wild oat (*Avena sterilis* subsp. *ludoviciana* Durieu.) control. *Iranian Journal of Weed Science* 16(1): 37–48. (In Persian with English abstract)
- 30- Nelson K.A., Renner K.A., and Penner D. 2002. Yellow nutsedge (*Cyperus esculentus*) control and tuber yield with glyphosate and glufosinate. *Weed Technology* 16(2): 360–365.
- 31- Nordbo E., Steermen J.K., and Kitknel E. 1995. Deposition and efficiency of herbicide sprays in sugar beet with twin-fluid, low-drift and conventional hydraulic nozzles. *Crop Protection* 14(3): 237–240.
- 32- Patten K. 2002. Smooth cordgrass (*Spartina alterniflora*) control with imazapyr. *Weed Technology* 16(4): 826–832.
- 33- Ramsdale B.K., and Messersmith C.G. 2001. Drift-reducing nozzle effects on herbicide performance. *Weed Technology* 15(3): 453–460.
- 34- Ramsdale B.K., Messersmith C.G., and Nalewaja J.D., 2003. Spray volume, formulation, ammonium sulfate, and nozzle effects on glyphosate efficacy. *Weed Technology* 17(3): 589–598.
- 35- Ritz C., Baty F., Streibig J.C., and Gerhard D. 2015. Dose-response analysis using R. *PLoS One* 10: e0146021.
- 36- Schumacher C.E., and Hatterman-Valenti H.M. 2007. Effect of dose and spray volume on early-season broadleaved weed control in *Allium* using herbicides. *Crop Protection* 26(8): 1178–1185.
- 37- Shaw D.R., Morris W.H., Webster E.P., and Smith D.B. 2000. Effects of spray volume and droplet size on herbicide deposition and common cocklebur (*Xanthium strumarium*) control. *Weed Technology* 14(2): 321–326.
- 38- Sikkema P.H., Brown L., Shropshire C., Spieser H., and Soltani N. 2008. Flat fan and air induction nozzles affect soybean herbicide efficacy. *Weed Biology and Management* 8(1): 31–38.
- 39- Skuterud R., Bjugstad N., Tyldum A., and Terresen K.S. 1998. Effect of herbicides applied at different times of the day. *Crop Protection* 17(1): 41–46.
- 40- Vallet A., and Tinet C. 2013. Characteristics of droplets from single and twin jet air induction nozzles: A preliminary investigation. *Crop Protection* 48:63–68.
- 41- Zhou J., Tao B., and Messersmith C.G. 2006. Soil dust reduces glyphosate efficacy. *Weed Science* 54(6): 1132–1136.



The Effect of Spray Pattern and Volume on Haloxyfop-r-methyl Efficacy against Wild Barley (*Hordeum spontaneum*)

A. Aliverdi^{1*} - S.M. Borghei²

Received: 19-01-2021

Accepted: 15-05-2021

Introduction: Herbicides should be sprayed on weeds after diluting in water. Since the spray volume can affect the efficacy of herbicides; therefore, selecting an appropriate spray volume has always been considered a simple, inexpensive and available method to optimize the efficacy of herbicides. Changing the sprayer speed and the nozzle size are two possible methods to adjust the spray volume. If a very low or high spray volume is required to achieve optimal herbicide efficacy, the applicability of the first method will be problematic. For this reason, the method of changing the nozzle size always seems to be more feasible. When a graminicide is sprayed with a single flat fan nozzle, which is currently the most common type of nozzle available to most Iranian farmers, the spray droplets which move perpendicular to the ground are mostly oblique to the leaf surface of the grass, having erect leaves. Hence, it is likely that a large number of the spray droplets bounced from the leaf surface to the soil. A twin flat fan nozzle can create two non-vertical sprays, reducing the possibility of impacting obliquely the spray droplets to the leaf surface. Therefore, the bouncing of spray droplets from the leaf surface is significantly reduced. To date, the efficacy of twin symmetrical and asymmetrical flat fan nozzles has not been compared. On the other hand, the effect of spray volume on haloxyfop-r-methyl efficacy against wild barley has not been evaluated. Therefore, this experiment was intended to fill the gaps mentioned in science.

Materials and Methods: To compare the efficiency of single, twin symmetrical and twin asymmetrical flat fan nozzles under different spray volumes, a dose-response experiment was performed in the Research Greenhouse of Bu-Ali Sina University. In this experiment, seven doses of haloxyfop-r-methyl (0, 10.8, 21.6, 43.2, 64.8, 84.4 and 108 g a.i. ha⁻¹) were used using three types of nozzles (single flat fan, twin flat fan 2020 and twin flat fan 3070) in six sizes of them (110015, 11002, 110025, 11003, 11004 and 11005, which create the spray volumes of 150, 200, 250, 300, 400 and 500 L ha⁻¹, respectively) were sprayed on wild barley at a three-leaf stage. Simultaneously with spraying 108 g a.i. ha⁻¹, another experiment was performed as a factorial in a completely randomized design. In this experiment, the amount of spray settling from three types of nozzles in six sizes of on moisture-sensitive papers was evaluated in three situations. Paper No. 1 was mounted horizontally on the ground and papers No. 2 and 3 were mounted vertically facing the back and back of the nozzle, respectively.

Results and Discussion: In paper No. 1, in all types of nozzles, more surface of the paper was wetted by increasing the nozzle size (spray volume). In all types of nozzles at 11003, 11004 and 11005, the highest wetting rate was provided (100%). The lowest wetting rate was obtained with twin flat fan 3070 at 110015 (7.3%). In paper No. 2, in all types of nozzles, more surface of the paper was wetted by increasing the nozzle size. The highest wetting rate (100%) was observed with single flat fan and twin flat fan 2020 nozzles at 11003, 11004 and 11005. The lowest wetting rate (24-19%) was observed with single flat fan nozzle at 110015 and 11002. In paper No. 3, in two twin flat fan nozzles, more surface of the paper was wetted by increasing the nozzle size. A single flat-fan nozzle could not wet the paper at all. In general, the performance of the nozzles used in this experiment is twin flat fan 2020 > single flat fan = twin flat fan 3070. In all types of nozzles, with increasing the size of nozzles (spray volume), the rate of haloxyfop-r-methyl is required to reduce 50 and 90% of the dry weight of wild barley (ED₅₀ and ED₉₀) increased significantly, indicating a decrease in the efficacy of haloxyfop-r-methyl against wild barley. As the best treatment, the lowest values of ED₅₀ and ED₉₀, which were equal to 9.34 and 38.21 g a.i. ha⁻¹, respectively, were obtained with twin flat fan 2020 at 110015. Increased efficacy of haloxyfop-r-methyl when spray volume was reduced can be explained as follows small size nozzles create a greater small droplet. Smaller droplets may give better spray retention over the leaf surface, resulting in increased efficacy of haloxyfop-r-methyl. In low spray volume, the higher concentration of herbicide in the spray solution may create a greater concentration gradient between the spray solution and leaf, increasing the diffusion of herbicide into the leaf.

Conclusion: Although the spray coverage increased with increasing spray volume for haloxyfop-r-methyl, it has an adverse effect on its efficacy. Therefore, smaller and more concentration droplets resulted in greater control of wild barley with haloxyfop-r-methyl than did larger and more dilution droplets.

1 and 2- Assistant Professor in Weed Science and Master of Science in Agrothenology, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran, respectively.

(*- Corresponding Author Email: a.aliverdi@basu.ac.ir)

DOI: 10.22067/jpp.2021.67963.1003

Keywords: Droplet size, Graminicide, Nozzle size, Spray retention

Contents

Dispersion of <i>Potato Leafroll Virus</i> and <i>Potato Y Virus</i> in Potato Seed Production Fields of Hamedan Province	153
B. Darvishi - M. Naderpour- H. Mohammadi– F. Hasani– D. Alipour– F. Pargal	
Reaction of Soybean Genotypes Containing Alleles of <i>Rsv</i>-Resistance Gene Inoculated with Three Strain of Soybean Mosaic Virus	167
J. Ramezani Avval Rejabi – M. Mehrvar– M. ZakiAghl– A.R. Mohammadzadeh– M.R. Hajimorad	
Characterization of Dry-Land Wheat Germplasm for Stripe Rust (<i>Puccinia striiformis</i> f. sp. <i>tritici</i>) Resistance in Ardabil	183
S.A. Safavi - F. Afshari - M. Hasanpour-Hossni	
Relative Resistance Level to Bacterial Blight in a Number of Walnut Cultivars and Selected Genotypes	195
R. Mohammadi - M. Keshavarzi- N. Hassanzadeh- D. Hassani- A. Farhadnejad	
First Report of Isolation and Identification of Fusarium wilt and Root Rot of Garlic Fields from Sari Area	202
N. Akbari Oghaz - K. Rahnama- R. Habibi	
Chemical Composition of Myrtle Essential Oil and its Insecticidal Activity in Combination with Diatomaceous Earth against Adults of the Granary Weevil, <i>Sitophilus granarius</i> (L.)	216
M. Yazdanian - M. Reihani	
Competitive Ability of Soybean and Three Species of Foxtail <i>Setaria glauca</i>, <i>S. verticillata</i> and <i>S. viridis</i> in Different Planting Ratios	230
V. Amini - F. Zaefarian - M. Rezvani	
Evaluation the Effect of Wheat Intercropping with Bitter Vetch and Grass Pea on Weed Diversity and Density under Different Soil Tillage Systems	250
E. Amini - A. Taab- E. Radicetti	
Determination of the Critical Period of Weed Control in Linseed (<i>Linum usitatissimum</i> L.) in Yasuj	263
S.A. Hoseinian - A. Yadavi- H. Farajee- H. Balouchi- M. Hamidian	
The Effect of Spray Pattern and Volume on Haloxypop-r-methyl Efficacy against Wild Barley (<i>Hordeum spontaneum</i>)	278
A. Aliverdi - S.M. Borghei	

Plant Protection

(AGRICULTURAL SCIENCES AND TECHNOLOGY)

Vol . 35

No. 2 2021

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

Editorial Board:

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

Publisher: Ferdowsi University of Mashhad.

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

P.O.BOX: 91775- 1163

Fax: +98 -0511- 8787430

E-Mail: Jpp1@um.ac.ir

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