



عنوان مقالات

۳۰۳..... شناسایی مولکولی و بررسی جایگاه تبارزایی ویروس پيسک بادام‌زمینی در مزارع سویای شمال ایران
جواد رمضانی اول ریایی - محسن مهرور

تأثیر قارچ *Trichoderma harizianum* T22 بر مقاومت القایی گیاه گوجه‌فرنگی نسبت به
۳۱۵..... *Helicoverpa armigera* Hübner
نجمه بدخشان - سید مظفر منصوری - آزاده حبیبی - بهرام ناصری - شهریار شاکری

ارزیابی القای تحمل به ستوکسیدیم در ذرت (*Zea mays* L.) با استفاده از سالیسیلیک اسید به عنوان ایمن‌ساز
۳۲۹.....
ایوب شافعی - مهدی راستگو - ابراهیم ایزدی دربندی - علی قنبری

بررسی خصوصیات رشدی و مراحل پدیده‌شناسی دو گونه شقایق *Papaver rhoeas* L. و *Papaver dubium* L.
۳۴۱.....
بر اساس درجه روز - رشد
ساجده گل محمدزاده - فائزه زعفریان - محمد رضوانی

ارزیابی کارایی علف‌کش کلپ‌فورت (کلوپیرالید، 72% SG) در مزارع کلزای (*Brassica napus*) استان فارس
۳۵۵.....
ابراهیم ممنوعی - ناصر باقرانی ترشیز - علی رضا عسکری کلبستانی

کارآیی فلوروکسی پیر در مقایسه با پین برگ‌کش‌های رایج علیه علف‌های هرز مزارع گندم
۳۶۹..... (*Triticum aestivum* L.)
مهدی مین‌باشی معینی - محمدحسن هادیزاده - محمدرضا کرمی نژاد - حسین ثابت زنگنه - محمد جمالی - عبد‌العزیز حقیقی

اثر دزهای علف‌کش‌های سولفونیل‌اوره بر کنترل علف‌های هرز و رشد و عملکرد ذرت شیرین
۳۸۷..... (*Zea mays* L. var. *saccharata*)
فاطمه بستگان - سید عبدالرضا کاظمینی - حسین غدیری

Contents

Molecular Identification and Phylogenetic Analysis of *Peanut mottle virus* in Soybean
Fields in the North of Iran301
J. Ramezani Avval Reiahi, M. Mehrvar

Effect of *Trichoderma harizianum* Strain T22 on Induced Resistance of Tomato to
Helicoverpa armigera Hübner313
N. Badakhshan, S.M. Mansouri, A. Habibi, Sh. Shakeri, B. Naseri

Evaluation of Induction of Sethoxydim Tolerance in Maize (*Zea mays* L.) Using Salicylic
Acid as a Safener327
A. Shafeei, M. Rastgoo, E. Izadi Darbandi, A. Ghanbari

Investigation of Growth Characteristics and Phenological Stages of *Papaver dubium* L. and
Papaver rhoeas L. Species Based on Growth Degree Day339
S. Golmohammadzadeh, F. Zaefarian, M. Rezvani

Evaluation of the Efficiency of Clipfort (Clopyralid, SG 72%) Herbicide in Rapeseed Fields
of Fars Province353
E. Mamnoie, N. Bagherani Torshiz, A.R. Askari Kelestani

Efficacy of Fluroxypyr Compared with Common Broadleaf Herbicides in the Wheat Fields367
M. Minbashi Moeini, M.H. Hadizadeh, M.R. Karaminejad, H. Sabet-Zanganeh, M. Jamali, A.A. Haghighi

Effect of Sulfonyleurea Herbicides on Weeds Control, Growth and Yield of Sweet Corn
(*Zea mays* L. var. *saccharata*)385
F. Bastegan, S.A. Kazemeini, H. Ghadiri

نشریه پژوهش های حفاظت گیاهان ایران

(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

پایین 1401

شماره 3

جلد 36

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	استاد - علوم علف های هرز (دانشگاه فردوسی مشهد)
بقائی راوری، ساره	دانشیار - بیماری شناسی گیاهی (دانشگاه فردوسی مشهد)
پور جم، ابراهیم	استاد - 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 بالهولکداران، 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)
کریم مجنی، حسن	دانشیار - تولید و ژنتیک گیاهی (دانشگاه صنعتی اصفهان)
مرعشی، سید حسن	استاد - بیوتکنولوژی و به نژادی گیاهی (دانشگاه فردوسی مشهد)
مهدیخانی مقدم، عصمت	استاد - بیماری شناسی گیاهی (دانشگاه فردوسی مشهد)

ناشر: دانشگاه فردوسی مشهد

نشانی: مشهد - کد پستی 91775 صندوق پستی 1163

دانشکده کشاورزی - دبیرخانه نشریات علمی

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

- 303 شناسایی مولکولی و بررسی جایگاه تبارزایی ویروس پیسک بادام زمینی در مزارع سویای شمال ایران
جواد رمضان‌انی اول ریایی - محسن مهرور
- 315 تاثیر قارچ *Trichoderma harizianum* T22 بر مقاومت القایی گیاه گوجه فرنگی نسبت به *Helicoverpa armigera* Hübner
نجمه بدخشان - سید مظفر منصوری - آزاده حبیبی - بهرام ناصری - شهریار شاکری
- 329 ارزیابی القای تحمل به ستوکسیدیم در ذرت (*Zea mays* L.) با استفاده از سالیسیلیک اسید به عنوان ایمن‌ساز
ایوب شافعی - مهدی راستگو - ابراهیم ایزدی دربندی - علی قنبری
- 341 بررسی خصوصیات رشدی و مراحل پدیده‌شناسی دو گونه شقایق *Papaver rhoeas* L. و *Papaver dubium* L. براساس درجه روز- رشد
ساجده گل محمدزاده - فائزه زعفریان - محمد رضوانی
- 355 ارزیابی کارایی علف‌کش کلپ‌فورت (کلوپیرالید، SG 72%) در مزارع کلزای (*Brassica napus*) استان فارس
ابراهیم ممنوعی - ناصر باقرانی ترشیز - علی رضا عسکری کلستانی
- 369 کارآیی فلوروکسی پیر در مقایسه با پهن برگ‌کش‌های رایج علیه علف‌های هرز مزارع گندم (*Triticum aestivum* L.)
مهدی مین‌باشی معینی - محمدحسن هادی‌زاده - محمدرضا کرمی نژاد - حسین ثابت زنگنه - محمد جمالی - عبدالعزیز حقیقی
- 387 اثر دزهای علف‌کش‌های سولفونیل‌اوره بر کنترل علف‌های هرز و رشد و عملکرد ذرت شیرین (*Zea mays* L. var. *saccharata*)
فاطمه بستگان - سیدعبدالرضا کاظمینی - حسین غدیری



Molecular Identification and Phylogenetic Analysis of *Peanut mottle virus* in Soybean Fields in the North of Iran

J. Ramezani Avval Reiabi¹, M. Mehrvar^{2*}

Received: 07-12-2021

Revised: 18-12-2021

Accepted: 25-05-2022

Available Online: 21-11-2022

How to cite this article:Ramezani Avval Reiabi, J., & Mehrvar, M. (2022). Molecular Identification and Phylogenetic Analysis of *Peanut mottle virus* in Soybean Fields in the North of Iran. *Journal of Iranian Plant Protection Research* 36(3): 301-312. (In Persian with English abstract)DOI: [10.22067/JPP.2022.73939.1067](https://doi.org/10.22067/JPP.2022.73939.1067)

Introduction

Soybean (*Glycine max*) is one of the major oilseeds of the Fabaceae family. *Peanut mottle virus* (PeMoV) is a *Potyvirus* that can infect not only peanuts, but also soybeans, and some other legumes. Aphids and contaminated peanut seeds transmit the virus to healthy peanut and soybean plants, causing significant damage. Soybeans infected with the virus have been found to exhibit symptoms such as mosaic, mottling, yellowing, and stunting.

Materials and Methods

From May to October 2020, 132 leaf samples with presumptive symptoms of the virus, such as mosaic, mottling, deformation, stunting, yellowing, and wrinkling, were collected from soybean fields in Mazandaran and Golestan provinces of Iran. Total RNA was isolated using Promega SV Total RNA Isolation Kit (USA). Complementary DNA (cDNA) was synthesized using random hexamer primers and reverse transcriptase enzyme, M-MuLV thermo-resistant H (ParsTous, Iran). Subsequently, the cDNA library was amplified in the presence of Taq DNA polymerase with degenerate primers related to the genomic regions of the cylindrical inclusion (CI) and Helper component proteinase (HC-Pro) of potyviruses and the coat protein (CP)-specific primer pairs of PeMoV for Sanger sequencing. Phylogenetic analysis was performed using MEGAX (Kumar *et al.*, 2018). Multiple alignments were performed using the MAFFT software version 7. A phylogenetic tree was constructed using the Minimum Evolution (ME) and Tamura-Nei methods with 1000 bootstraps.

Results and Discussion

RT-PCR tests with degenerate primers for potyviruses (HC-Pro and CI) and specific primer pairs for PeMoV virus (CP), followed by Sanger sequencing, confirmed the presence of this virus in soybean samples. The RT-PCR amplified fragments of 700 and 1450 bp with degenerate primers for potyviruses and CP-specific primer pairs for PeMoV, respectively, whereas no fragment was amplified from the healthy plants. The nucleotide sequence of the coat protein region of this isolate shared 88.56-95.80% identity with the corresponding sequence of other GenBank isolates. Phylogenetic trees based on coat protein alignments of the PeMoV-soya isolate with 16 other PeMoV isolates in the GeneBank grouped these isolates into two phylogroups I and II. Group I included isolates from China, Israel, Brazil, Iran, Kenya, South Korea, Turkey, Colombia, Australia, and the USA isolated from soybean, *Arachis pinto*, and peanut. Group II were consisted of two isolates from Zambia (*Phaseolus vulgaris*). The Iranian isolate (PeMoV-soya) was placed in Group I and formed a clade with isolates from Kenya, South Korea, and Turkey. Based on phylogenetic analysis, the results showed that isolates from different hosts with different geographical origins belonged to the same phylogenetic group and probably shared a common ancestor. It indicates that geographical distribution and host do not play a role in grouping of Iranian isolate. Accordingly, it can be assumed that the multiple transmissions from one host to another (peanuts, beans, and

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

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

soybeans) or host jumping, has led to the accumulation of mutations in its coating protein gene. In the study of motifs in this region (CP), the functional DAA motif at the amino terminus of the PeMoV coat protein replaced the DAG motif which is involved in aphid transmission. All PeMoV isolates contain the DAA motif, allowing their identification. A repetitive conserved sequence (EK)₃ was observed upstream of this motif. PeMoV isolates (distributed across Africa, Asia, and the United States) may be geographically widespread due to this conserved sequence. In bioassay, there was a limited host range for this isolate, which was limited to soybean (Williams 82 and Essex) and peanut.

Conclusion

For effective disease management, viruses must be correctly identified. Virus detection and disease management are difficult as viruses can evolve and produce molecular and biological variations. A well-established approach that is usually used when a new virus-like disease appears is to test for known viruses. PCR is the most widely used technique for detection of plant viruses. Based on the results of this study, the presence of the peanut mottle virus was confirmed in soybean fields in the north of Iran using the RT-PCR test. Based on the CP gene, the molecular characteristics of the virus were determined. According to this, unlike mutations, recombination plays no role in the evolution of the new PeMoV. Since the *Peanut mottle virus* can infect peanut plants, soybeans, beans, and most legumes, avoiding cultivating soybeans, peanuts, and beans close to each other will assist in management of the disease. Using integrated cultivation and avoiding crofting will effectively reduce the creation of recombinant isolates and appearance of the resistance-breaking isolates.

Keywords: PeMoV, Phylogeny, *Potyvirus*, Recombination, Soybean

مقاله پژوهشی

جلد ۳۶، شماره ۳، پاییز ۱۴۰۱، ص. ۳۰۱-۳۱۲

شناسایی مولکولی و بررسی جایگاه تبارزایی ویروس پیسک بادام‌زمینی در مزارع سویای شمال ایران

جواد رمضانی اول ریایی^۱ - محسن مهرور^{۲*}

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۹/۱۶

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۳/۰۴

چکیده

ویروس پیسک بادام‌زمینی (Peanut mottle virus, PeMoV) یک پوتی‌ویروس است که می‌تواند علاوه بر بادام‌زمینی، با سویا و برخی حبوبات دیگر نیز سازگار شود. این ویروس در بادام‌زمینی و سویا خسارت قابل‌توجهی ایجاد می‌کند و از طریق بذره‌های آلوده بادام‌زمینی و شته‌های ناقل به روش ناپایا به گیاهان سالم بادام‌زمینی و سویا منتقل می‌شود. طی فصل زراعی ۱۳۹۹، تعداد ۱۳۲ نمونه برگ‌ی دارای نشانه‌های مشکوک به ویروس شامل موزائیک، پیسک، بدشکلی، کوتولگی، زردی و چروکیدگی برگ، از مزارع سویا در دو استان مازندران و گلستان جمع‌آوری و آران‌ای کل با استفاده از کیت پرومگا استخراج و دی‌ان‌ای مکمل ساخته شد. در ادامه، با استفاده از آغازگرهای دژنره مربوط به نواحی ژنومی (CI) cylindrical inclusion و helper component proteinase (HC-Pro) پوتی‌ویروس‌ها و جفت آغازگر اختصاصی پروتئین پوششی (coat protein, CP) ویروس پیسک بادام‌زمینی، قطعاتی به طول ۷۰۰ و ۱۴۵۰ جفت باز تکثیر شد. توالی‌یابی سنگر محصول پی‌سی‌آر و بلاست نوکلئوتیدی، وجود این ویروس را در سویا تأیید نمود. نتیجه به‌دست‌آمده نشان داد که ناحیه پروتئین پوششی این جدایه در سطح نوکلئوتیدی، به میزان ۸۸/۵۶ تا ۹۵/۸۰ درصد با توالی‌های دیگری از PeMoV در GenBank، شباهت دارد. این جدایه، با نام PeMoV-soya و رِس شمار MW464637 در GenBank ثبت شد. بررسی روابط تبارزایی با روش حداقل تکامل بر اساس توالی نوکلئوتیدی ناحیه پروتئین پوششی نشان داد که جدایه‌های مختلف PeMoV در دو گروه تبارزایی قابل‌تفکیک بوده و جدایه PeMoV-soya در گروه I تبارزایی و در کنار جدایه‌هایی از کنیا، کره جنوبی و ترکیه قرار گرفت. در جدایه soya نیز مانند سایر جدایه‌های PeMoV، موتیف DAG در پروتئین پوششی با موتیف DAA جایگزین شده است. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که PeMoV-soya دارای دامنه میزبانی محدودی در میان گیاهان خانواده Fabaceae است.

واژه‌های کلیدی: پوتی‌ویروس، تبارزایی، سویا، نوترکیبی، PeMoV

مقدمه

در مازندران کشت شد. بیشترین سطح زیر کشت سویای جهان، در قاره آمریکا وجود دارد و آسیا، اروپا و آفریقا در رتبه‌های بعدی قرار دارند. ایالات متحده آمریکا با ۸۷/۱ درصد، بالاترین رتبه تولید جهانی سویا را به خود اختصاص داده است. در آسیا، هندوستان با بیش از یازده میلیون و چین با بیش از هشت میلیون هکتار، بزرگ‌ترین کشورهای تولیدکننده‌های سویا می‌باشند. بر اساس آمار نامه کشاورزی وزارت جهاد کشاورزی، در سال زراعی ۹۷-۹۸، سطح زیر کشت سویا در دو استان گلستان و مازندران، به ترتیب، ۱۵۵۰۰ و ۳۶۴۰ هکتار بوده است (Ahmadi et al., 2021).

عوامل زنده و غیرزنده زیادی وجود دارند که می‌توانند روی کمیت و کیفیت محصول سویا تأثیرگذار باشند (Khalil et al., 2001).

سویا با نام علمی *Glycine max*، یکی از گیاهان دانه روغنی مهم در خانواده Fabaceae است. این گیاه، بومی آسیای جنوب شرقی بوده و بالاترین سطح زیر کشت و تولید دانه روغنی و پروتئینی را در جهان به خود اختصاص داده است (Sinclair and Backman, 1989). در ایران، این گیاه در سال ۱۳۴۲، توسط گروه صنعتی بهشهر

۱ و ۲- به‌ترتیب دانشجوی سابق دکتری و دانشیار گروه گیاه‌پزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، ایران

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

DOI: 10.22067/JPP.2022.73939.1067

مطالعات نشان داده است که گیاهان سویای آلوده‌شده با این ویروس، نشانه‌های موزاییک، پسیک، زردی و کوتولگی را نشان می‌دهند (Lim et al., 2014).

در ایران، این ویروس قبلاً توسط گلنراقی و همکاران با استفاده از روش سرولوژیکی الیزا از مزارع سویای گرگان گزارش شده است (Golnaraghi et al., 2004). قبل از ظهور روش‌های مولکولی، محققین از معیارهایی از جمله نوع میزبان، نشانه‌های مشاهده‌شده در مزرعه و روش‌های سرولوژیکی برای شناسایی و توصیف ویروس‌ها استفاده می‌کردند. در حال حاضر از روش‌های مولکولی مختلف و همچنین، فناوری‌های نسل جدید تعیین توالی برای شناسایی ویروس‌ها و سویه‌های مختلف آن‌ها به فراوانی استفاده می‌شود. استفاده از اطلاعات مربوط به بخشی از ژنوم یا ژنوم کامل ویروس، به‌عنوان معیاری برای تعیین گونه‌های ویروسی مطرح شده است (Wylie et al., 2017). مطالعات گذشته بیان داشته است که پروتئین پوششی ویروس، یکی از نواحی ژنومی است که با توجه به حفاظت‌شدگی بالای توالی‌های آن و نیز وجود تعداد زیادی اپی‌توب اختصاصی پوتی‌ویروس‌ها در این ناحیه از اهمیت بالایی برخوردار است (Baradar et al., 2020).

در این مطالعه باتوجه‌به مشاهده نشانه‌های ویروس پسیک بادام‌زمینی (موزاییک، پسیک، زردی و کوتولگی) در مزارع سویای شمال کشور باهدف شناسایی مولکولی و بررسی جایگاه تبارزایی این جدایه تعیین ترادف ناحیه ژنومی پروتئین پوششی ویروس انجام شده و با مقایسه آن با سایر جدایه‌های موجود در GenBank جایگاه تبارزایی آن مشخص شد.

مواد و روش‌ها

نمونه‌برداری و جمع‌آوری گیاهان سویای دارای نشانه‌های ویروسی

در طول فصل زراعی (اردیبهشت تا مهرماه) سال ۱۳۹۹ مناطق عمده کشت سویا در دو استان شمالی ایران (گلستان و مازندران) مورد پایش و نمونه‌برداری قرار گرفت. تعداد ۱۳۲ نمونه برگ دارای نشانه‌های مشکوک ویروسی (شکل ۱) از مناطق عمده کشت سویا در استان‌های گلستان و مازندران جمع‌آوری شد (جدول ۱). نمونه‌ها داخل کیسه‌های پلاستیکی زیپ‌دار قرار داده شده، مشخصات جغرافیایی محل جمع‌آوری روی آن‌ها نوشته شد. کیسه‌ها روی یخ داخل یخدان یونولیتی (به ابعاد ۱۹×۲۳/۵×۴۲) قرار داده شده، برای مراحل بعدی مطالعه به آزمایشگاه و دمای چهار درجه سانتی‌گراد انتقال داده شدند.

تخمین زده می‌شود که عواملی مانند قارچ‌ها، باکتری‌ها، نماتودها و ویروس‌ها قادرند در مجموع، ۱۲ درصد از کل محصول یک سال سویا را از بین ببرند (Dunleavy et al., 1966). در بین این عوامل، بعد از قارچ‌ها، ویروس‌ها نقش مهمی در کاهش محصول دارند. نیمی از اپیدمی‌های بیماری‌های گیاهی، مربوط به ویروس‌ها است (Strange and Scott, 2005). بیماری‌های ویروسی علاوه‌براین که باعث آسیب مستقیم به میزبان می‌شوند، گیاه را نسبت به حمله بیمارگرهای ثانویه، مستعد می‌کنند (Hull, 2013).

تاکنون، چندین ویروس آلوده‌کننده سویا، از دنیا و ایران گزارش شده‌اند. مهم‌ترین این ویروس‌ها عبارت‌اند از: ویروس موزاییک سویا (Soybean mosaic virus; SMV)، ویروس موزاییک یونجه (Alfalfa mosaic virus; AMV)، ویروس موزاییک خیار (Cucumber mosaic virus; CMV)، ویروس موزاییک زرد لوبیا (Bean yellow mosaic virus; BYMV)، ویروس موزاییک معمولی لوبیا (Bean common mosaic virus; BCMV)، ویروس پسیک بادام‌زمینی (Peanut mottle virus; PeMoV)، ویروس پژمردگی لکه‌ای گوجه‌فرنگی (Tomato spotted wilt virus; TSWSV)، ویروس لکه حلقوی توتون (Tobacco ringspot virus; TRSV)، ویروس رگه‌ای توتون (Tobacco streak virus; TSV) و ویروس غلاف پسیکی لوبیا (Bean pod mottle virus; BPMV) (Golnaraghi et al., 2002). در بین این‌ها، ویروس‌های متعلق به جنس پوتی‌ویروس، فراوان‌تر هستند (Golnaraghi et al., 2004). ویروس PeMoV، متعلق به جنس Potyvirus از خانواده Potyviridae بوده و دارای ژنوم آر آن ای تک‌لای مثبت با پیکره رشته‌ای خمش‌پذیر به طول تقریبی ۷۴۰ تا ۷۵۰ نانومتر است. این ویروس، توسط چندین گونه شته به‌صورت ناپایا و مایه‌زنی مکانیکی منتقل می‌شود. این ویروس، اولین بار در سال ۱۹۶۵ از بادام‌زمینی (*Arachis hypogaea*) در ایالت جورجیای آمریکا شناسایی و گزارش شد. انتقال آن از طریق بذر بادام‌زمینی نیز گزارش شده است (Kuhn, 1965). علاوه بر بادام‌زمینی، این ویروس قادر به آلوده نمودن سویا (*Glycine max*)، لوبیا (*Phaseolus vulgaris*)، نخودفرنگی (*Pisum sativum*) و گونه‌های مختلف درختی از جنس *Cassia* می‌باشد (Shahraeen and Bananej, 1995). با توجه به اینکه PeMoV در بادام‌زمینی از طریق بذر قابل انتقال است در تمام مناطق کشت بادام‌زمینی قابل مشاهده است (Demski and Kuhn, 1977). انتقال این ویروس از طریق بذر بادام‌زمینی نتیجه آلودگی جنین بذر بوده و ویروس از پوشش بذر یا لپه‌ها جداسازی نشده است (Adams and Kuhn, 1977). مطالعات باک، دمیسکی و هریس نشان داد که PeMoV از طریق بذر سویا منتقل نمی‌شود. همچنین، مدرکی که ثابت کند که ویروس از طریق خاک منتقل می‌شود نیز وجود ندارد (Demski and Harris, 1974; Bock, 1973).



شکل ۱- نشانه‌های بدشکلی، موزائیک، پیسک و زردی همراه با ویروس پیسک بادام زمینی مشاهده شده در مزارع سویای شمال ایران
Figure 1- The symptoms of deformation, mosaic, mottling and yellowing associated with *Peanut mottle virus* observed in the soybean fields in the north of Iran

جدول ۱- مناطق عمده نمونه برداری از مزارع سویا در شمال ایران
Table 1- The major areas of soybean sampling in the north of Iran

نام استان Province	شهرستان / شهر County	روستا Vilage	تعداد نمونه Number of sample	توضیحات Description
گلستان Golestan	گرگان Gorgan		5	ایستگاه تحقیقات کشاورزی عراقی محله Agricultural Research Station of Araghimahaleh
	گرگان Gorgan		17	ارقام عمده سویای کشت شده در استان: گرگان ۳، کتول، سامان، سحر، دی پی ایکس Major Varieties of soybean cultivated in the province: Gorgan3, Katool, Saman, Sahar, dpx
	گرگان Gorgan	مرزن کلاته Marzankalateh	14	
	گرگان Gorgan	میان آباد Meianabad	13	
	گرگان Gorgan	شصت کلاته Shastkelateh	10	
	جلین Jelin		14	
	سرخن کلاته Sorkhankalateh		12	
	کالاله Kalaleh		9	
	کردکوی Kordkooy	بالا چاده Balachadeh	6	
	ساری Sari		15	ارقام عمده سویای کشت شده در استان: ساری، تپور، ویلیامز Major Varieties of soybean cultivated in the province: Sari, Tapour, Williams
مازندران Mazandaran	دشت ناز Dasht e naz		7	
	ساری Sari	بادله Badleh	10	
جمع کل نمونه‌ها Total of samples			132	

نشان می‌دادند انتخاب شدند. از هریک از این ده نمونه برگ، قطعات کوچک (disk) تهیه و با هم تلفیق (pooling) شدند. مقدار نیم گرم از قطعات برگ تلفیق شده انتخاب و برای استخراج RNA کل، از کیت پرومگا بر اساس دستورالعمل شرکت سازنده (Promega, USA) استفاده شد. برای بررسی کمی و کیفی RNA، از

استخراج آران ای کل، واکنش زنجیره ای پلیمرز معکوس (RT-PCR) و توالی یابی سنگر

از بین ۱۳۲ نمونه برگ دارای نشانه‌های مشکوک به این ویروس، در مجموع تعداد ۱۰ نمونه برگ که نشانه‌های مختلف ویروسی (بدشکلی برگ، موزائیک، زردی و چروکیدگی سطح برگ) را

دستگاه طیف‌سنج نوری (NanoDrop, Thermo Fisher Scientific, USA) و همچنین ژل آگارز با غلظت یک درصد و نیز ده درصد از ماده رنگ‌آمیزی ایمن اسیدهای نوکلئیک (DNA Green) (Viewer™, ParsTous) استفاده شد. فرایند الکتروفورز با استفاده از سیستم الکتروفورز یکپارچه (شرکت دانش‌بنیان سلول بافت زیست، شماره کاتالوگ SB-14001) با ولتاژ ۱۱۰ ولت و به مدت نیم ساعت اجرا شد. در پایان، باندهای مربوط به آر‌ان‌ای‌های ریبوزومی (18S rRNAs و 28S) زیر نور آبی دستگاه مشاهده و بررسی شد. برای ساخت رشته مکمل دی‌ان‌ای، از RNA کل استخراج شده از نمونه‌های برگ‌های سویای دارای نشانه‌های ویروسی و سالم استفاده شد. فرایند ساخت در حجم نهایی ۲۰ میکرولیتر در حضور آنزیم نسخه‌بردار معکوس (Thermo-resistant H M-MuLV (200u/μl) (ParsTous) و آغازگر تصادفی شش نوکلئوتیدی (یکتا تجهیز آزما) و بر اساس دستورالعمل شرکت سازنده آنزیم انجام شد. براین اساس،

مقدار ۳ میکرولیتر از حجم نهایی آر‌ان‌ای کل به ۸ میکرولیتر آب فاقد ریبونوکلاز اضافه شد و به مدت پنج دقیقه در دمای ۶۵°C نگهداری و سپس بلافاصله به روی یخ انتقال داده شد. سایر مواد مورد نیاز شامل ۴ میکرولیتر از بافر RT (5x buffer)، یک میکرولیتر از آغازگر تصادفی (10 pmol/μl)، ۲ میکرولیتر از مخلوط dNTPs (۱۰mM) و ۲ میکرولیتر از آنزیم RT، روی یخ به محلول بالا اضافه شد. مخلوط RT در دمای ۲۵°C به مدت ۱۰ دقیقه، ۴۷°C به مدت یک ساعت و در پایان به مدت ۱۰ دقیقه در دمای ۷۰°C برای غیرفعال کردن آنزیم RT نگهداری شد.

cDNA سنتز شده، با استفاده از آزمون PCR در حجم نهایی ۲۵ میکرولیتر و در حضور آنزیم Taq DNA Polymerase و با کمک آغازگرهای دژنره HC-Pro و CI جنس پوتی‌ویروس و اختصاصی پروتئین پوششی (CP) PeMoV (جدول ۲) تکثیر شد.

جدول ۲- جفت آغازگرهای استفاده شده در این مطالعه

Table 2- The primer pairs used in this study

منبع Reference	دمای اتصال Annealing temperature	اندازه قطعه Amplicon size (bp)	توالی آغازگر Primer sequence (5'→3')	نام آغازگر Primer name	ویروس/ژن Gene/Virus
(Ha et al., 2008)	40	~700	GGIVVIGTIGGIWSIGGIAARTCIC ACICCRTTYTCDATDATRTTIGTIGC	CIFor CIRev	CI/potyvirus
(Ha et al., 2008)	40	~700	TGYGAYAAAYCARYTIGAYIIIAAYG GAICCRWAIGARTCIAIIACRTG	HPFo HPRev	HC-Pro/potyvirus
(Lim et al., 2014)	50	1449	TGAGCAGGAAAGAATTGTGTC GGAAGCGATATACACACCAAC	pmvF* pmvR	CP/PeMoV

- در توالی این آغازگرها: D= A/G/T و S= C/G, V= A/C/G, W= A/T, R= G/A, Y= C/T, I= inosine

* در این مطالعه، نوکلئوتید T در آغازگر اولیه، به نوکلئوتید G تغییر داده شد.

- In the sequence of this primers: I=inosine, Y= C/T, R= G/A, W=A/T, V= A/C/G, S= C/G and D=A/G/T

* In this study nucleotide T in original primer was substituted with nucleotide G.

جنوبی) ارسال شد. نمونه قبل از ارسال بر اساس دستورالعمل شرکت ماکروژن آماده‌سازی شد.

بررسی روابط تبارزایی و جایگاه تاکسونومیک جدایه

PeMoV-soya بر اساس توالی پروتئین پوششی

برای تجزیه و تحلیل تبارزایی (phylogenetic analysis)، ابتدا توالی نوکلئوتیدی ناحیه پروتئین پوششی جدایه‌های مختلف PeMoV از GenBank به دست آمد. توالی نوکلئوتیدی پروتئین پوششی جدایه‌ها با شباهت بالا و با تکیه بر انتشار آنها در نشریات معتبر علمی، به همراه توالی نوکلئوتیدی کامل پروتئین پوششی جدایه PeMoV-soya و توالی نوکلئوتیدی پروتئین پوششی ویروس آبله آلو (Plum pox virus, PPV) [M92280.1] به عنوان یک توالی برون گروه (outgroup) برای رج‌بندی و بررسی جایگاه تبارزایی استخراج و ذخیره شدند. رج‌بندی توالی‌ها با استفاده از نرم‌افزار

برای این منظور، ۷/۵ میکرولیتر آب مقطر استریل، ۱۲/۵ میکرولیتر Master mix (1.5 mM MgCl₂, Ampliqon, Odense, Denmark) یک میکرولیتر از هر کدام از آغازگرهای رفت و برگشت (10 pmol/μl) و در نهایت ۳ میکرولیتر از cDNA، مخلوط و تکثیر در دستگاه ترموسایکلر (Peltier-based Thermal Cycler, UK) در سه مرحله شامل: مرحله یک، واسرشت‌سازی اولیه به مدت سه دقیقه در دمای ۹۴°C؛ مرحله دو (۳۵ چرخه)، واسرشت سازی به مدت سی ثانیه در دمای ۹۴°C، اتصال به مدت ۴۰ ثانیه در دمای ۴۰°C برای جفت آغازگرهای دژنره و ۵۰°C برای جفت آغازگر CP و بسط به مدت دو دقیقه در دمای ۷۲°C و مرحله سه، بسط نهایی به مدت ده دقیقه در دمای ۷۲°C انجام شد.

محصول PCR قبل از توالی‌یابی سنگر ابتدا روی ژل آگارز یک درصد بارگذاری شد و پس از اطمینان از وجود تک باند موردنظر جهت خالص‌سازی و توالی‌یابی به شرکت ماکروژن (سئول، کره

وجود این ویروس را در نمونه‌های سویا اثبات کرد که این نتایج هم راستا با نتایج حاصل از مطالعات Ha و همکاران و Lim و همکاران است (Lim et al., 2014; Ha et al., 2008). بلاست نوکلئوتیدی داده‌های حاصل از تعیین توالی قطعه دی‌ان‌ای پروتئین پوششی این ویروس، بیشترین یکسانی (۹۵/۸۰ درصد) با جدایه Liaoning از کشور چین (رس شمار MH270528) و کمترین یکسانی (۸۸/۵۶ درصد) با جدایه CP415-56 از کشور زامبیا (رس شمار MT900844) نشان داد. پس از مشخص شدن توالی نوکلئوتیدی منطقه تکثیر شده پروتئین پوششی ویروس، این توالی با رس شمار MW464637 در GenBank ثبت شد.

تجزیه و تحلیل تبارزایی و جایگاه تاکسونومیک PeMoV-soya

در این جدایه‌ها، بهترین مدل جانشینی برای رسم درخت تبارزایی بر اساس رج‌بندی توالی‌های نوکلئوتیدی ناحیه پروتئین پوششی برآورد شده با برنامه مدل‌یاب موجود در نرم‌افزار مگا، مدل T93+I (Tamura-Nei) بود. درخت تبارزایی حاصل از رج‌بندی ژن پروتئین پوششی جدایه PeMoV-soya با توالی‌های متناظر آن در ۱۶ جدایه ثبت شده از PeMoV در GenBank، این جدایه‌ها را در دو گروه تبارزایی I و II قرار داد (شکل ۳).

گروه I شامل جدایه‌هایی از چین، اسرائیل، برزیل، کنیا، کره جنوبی، ترکیه، کلمبیا، استرالیا، مکزیک، ایران و ایالات متحده آمریکا بود که از میزبان‌های بادام زمینی، pinto peanut (*Arachis pintoi*) و سویا جداسازی شده بودند. جدایه ایرانی شناسایی شده در این پژوهش (PeMoV-soya)، در گروه I تبارزایی به همراه جدایه‌هایی از کنیا، کره جنوبی و ترکیه یک کلاد را تشکیل دادند. در مطالعه قبلی انجام شده در ایران توسط بیک‌زاده و همکاران در سال ۲۰۱۵، جدایه PeMoV-IR در میزبان بادام زمینی از ایران گزارش شد. در مطالعه مذکور، آنالیز تبارزایی بر اساس رج‌بندی توالی‌های آمینواسیدی پروتئین پوششی، جدایه‌های PeMoV را در دو گروه تبارزایی طبقه بندی کرد که احتمالاً تا حدودی با منشأ جغرافیایی و میزبان طبیعی آن‌ها در ارتباط بود. نتایج آنالیز تبارزایی در پژوهش مذکور نشان داد که جدایه ایرانی، استرالیایی، اسرائیلی و آمریکایی PeMoV در یک گروه قرار گرفته و ممکن است جد مشترکی داشته باشند (Beikzadeh et al., 2015).

MAFFT version 7 (الگوریتم G-INS-i) انجام شد (Katoh et al., 2019). برای شناسایی بهترین مدل ساخت درخت از برنامه مدل‌یاب موجود در نرم‌افزار مگا کمک گرفته شد. کمترین نمره معیار اطلاعات بیزی [BIC (Bayesian information score)] به عنوان بهترین مدل ساخت درخت انتخاب شد. درخت تبارزایی با استفاده از روش حداقل تکامل (Minimum Evolution) (MEGAX (Kumar et al., 2018) براساس مدل Tamura-Nei با ۱۰۰۰ تکرار حمایت بوت‌استرپ رسم شد. درخت رسم شده، با بکاربردن برنامه interactive Tree Of Life (iTOL) (v4 (itol.embl.de به صورت گرافیکی ویرایش شده و با استفاده از نرم‌افزارهای (version 25.1.0.90, 2021) Adobe Illustrator و Microsoft Paint 3D به تصویر کشیده شدند.

آزمایش زیستی (Bioassay) و تعیین دامنه میزبانی (host range)

بهدف مطالعه خصوصیات زیستی و تعیین دامنه میزبانی جدایه PeMoV-soya بذرهای گیاهان از خانواده‌ها و ارقام مختلف گیاهی از شرکت‌های معتبر داخلی از جمله شرکت توسعه کشت دانه‌های روغنی (تکاتو) تهیه و در گلدان‌های پلاستیکی دارای خاک پیت ماس ضد عفونی شده با قارچ کش کشت شدند (جدول ۳).

گلدان‌ها در دمای ۲۲ تا ۲۵°C و دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی نگهداری شدند. گیاهچه‌های تولید شده از این بذرهای بسته به نوع و خانواده گیاهی در مراحل رشدی متفاوت، با عصاره گیاهی به دست آمده از برگ‌های سویای دارای نشانه‌های ویروسی مایه‌زنی شدند. در هر مورد گیاهچه‌های یک گلدان به عنوان شاهد مایه‌زنی نشدند. برای تهیه عصاره گیاهی از بافر فسفات پتاسیم ۵۰ میلی مولار (pH=7) استفاده شد. گیاهچه‌ها قبل از مایه‌زنی، با پودر کاربوراندوم (۶۰۰ مش) گردپاشی شدند.

نتایج و بحث

واکنش زنجیره‌ای پلیمرز معکوس (RT-PCR) و توالی یابی سنکر

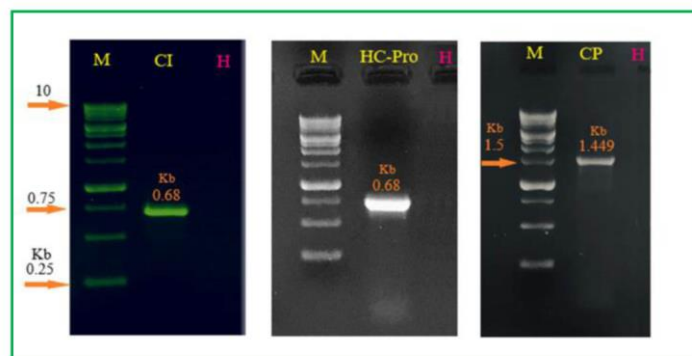
آزمون RT-PCR با آغازگرهای دژنره و اختصاصی پروتئین پوششی PeMoV قطعه‌هایی به اندازه حدود ۷۰۰ و ۱۴۵۰ جفت بازی تکثیر کرد، درحالی‌که در محصول پی‌سی‌آر تکثیر شده از گیاه سالم هیچ قطعه تکثیری مشاهده نشد (شکل ۲).

نتایج به دست آمده از تعیین توالی محصولات آزمون RT-PCR با استفاده از آغازگرهای دژنره پوتی ویروس‌ها (HC-Pro و CI) و همچنین، آغازگرهای اختصاصی پروتئین پوششی ویروس PeMoV

جدول ۳- نتایج زیست‌سنجی ویروس پیسک بادام زمینی در گیاهان مختلف

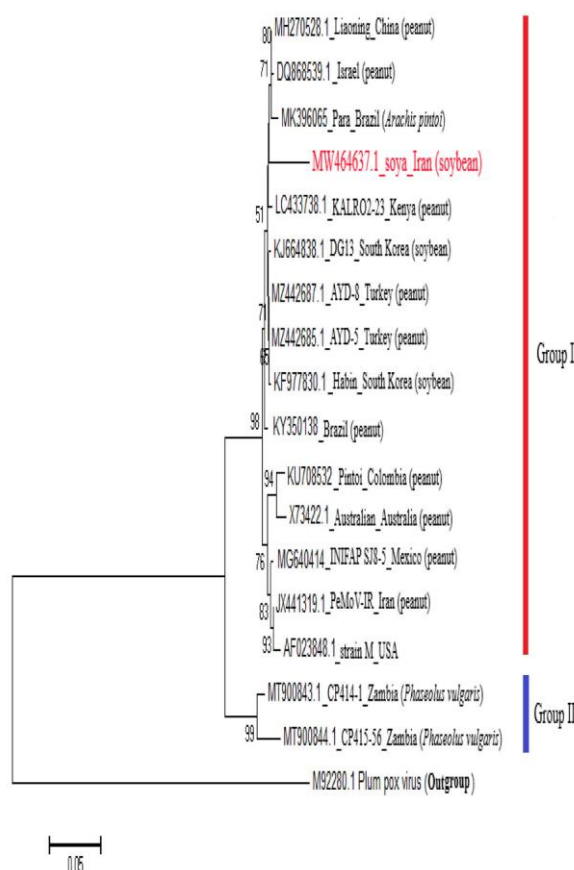
Table 3- Bioassay results of PeMoV in different plants

نام علمی Scientific name	نتایج Results	رقم Cultivar	نوع آلودگی Infection type
	+	Williams 82	حساس Susceptible
	+	Essex	حساس Susceptible
	-	سامان Saman	مقاوم Resistance
<i>Glycine max</i>	-	امیر Amir	مقاوم Resistance
	-	کتول Katool	مقاوم Resistance
	-	سحر Sahar	متحمل Tolerance
	-	گرگان ۳ Gorgan3	متحمل Tolerance
<i>Vicia faba</i>	-		مقاوم Resistance
<i>Phaseolus vulgaris</i>	-		مقاوم Resistance
<i>Pisum sativum</i>	-		مقاوم Resistance
<i>Lens esculinaris</i>	-		مقاوم Resistance
<i>Wisteria sinensis</i>	-		مقاوم Resistance
<i>Arachis hypogaea</i>	+		حساس Susceptible
<i>Physalis sp.</i>	-		مقاوم Resistance
<i>Solanum nigrum</i>	-		مقاوم Resistance
<i>Solanum dulcamara</i>	-		مقاوم Resistance
<i>Nicotiana tabacum</i>	-	Samsun	مقاوم Resistance
<i>Nicotiana tabacum</i>	-	Xanthi	مقاوم Resistance
<i>Nicotiana rustica</i>	-		مقاوم Resistance
<i>Datura stramonium</i>	-		مقاوم Resistance
<i>Datura metel</i>	-		مقاوم Resistance
<i>Chenopodium quinoa</i>	-		مقاوم Resistance
<i>Beta vulgaris</i>	-		مقاوم Resistance
<i>Cucumis melo</i>	-	agrestis	مقاوم Resistance
<i>Gossypium herbaceum</i>	-	Khordad	مقاوم Resistance



شکل ۲- الگوی الکتروفورزی نتایج به دست آمده از آزمون RT-PCR با استفاده از آغازگرهای دژنره CI و HC-Pro جنس پوتی ویروس و جفت آغازگر اختصاصی پروتئین پوششی PeMoV، در ژل آگارز یک درصد، رنگ آمیزی شده به وسیله DNA green viewer؛ M: 1 kb DNA ladder؛ CI: جنس پوتی ویروس و جفت آغازگر اختصاصی پروتئین پوششی PeMoV؛ HC-Pro: دژنره؛ H: گیاه سالم.

Figure 2- Electrophoretic pattern of RT-PCR results using HC-Pro & CI degenerate primers of *Potyvirus* and CP-specific primer pairs of PeMoV on 1% agarose gel, stained with DNA green viewer; M: 1 kb DNA ladder RTU GeneDirex®, Seoul, Korea; H: Healthy plant.



شکل ۳- درخت فیلوژنتیکی رسم شده بر اساس توالی نوکلئوتیدی ژن پروتئین پوششی ۱۶ جدایه ویروس پیسک بادام زمینی ثبت شده در GenBank و جدایه به دست آمده از پژوهش حاضر به روش حداقل تکامل با استفاده از نرم افزار مگا ۱۰، بوت استرپ ۱۰۰۰ و مدل T93+I. مقادیر بوت استرپ کمتر از ۵۰ روی گره ها نشان داده نشده است. جدایه ویروس آبله آلو به عنوان برون گروه استفاده شده است.

Figure 3- Phylogenetic tree constructed based on CP nucleotide sequence of the 16 isolates deposited in GenBank, and the isolate obtained from this study by Minimum-evolution method using Mega 10 software, bootstrapping 1000 and T93+I model. Nodes with bootstrap values less than 50 have not shown. *Plum pox virus* isolate has been used as an outgroup virus.

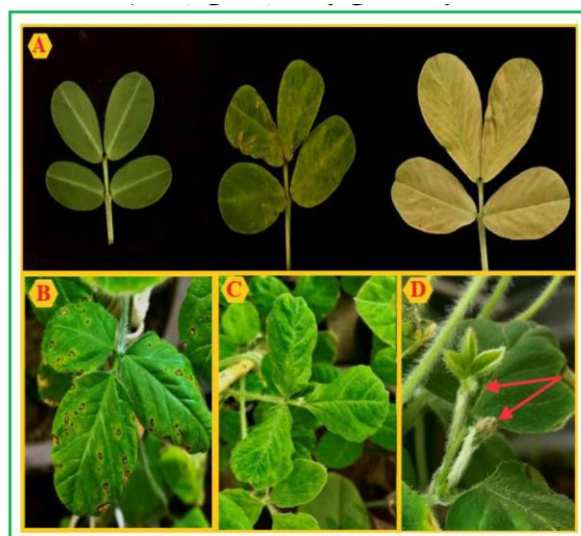
ناهمگونی‌های زیادی در طول آن ایجاد شود. این ویژگی به گسترش جغرافیایی وسیع این ویروس ربط داده شده است. با در نظر گرفتن این ویژگی در پروتئین پوششی جدایه PeMoV-soya، می‌توان گسترش جغرافیایی وسیع جدایه‌های PeMoV (پراکنده‌شده در قاره‌های آمریکا، آسیا و آفریقا) را به این ویژگی ارتباط داد (Srinivasulu and Gopal, 2011). همچنین، موتیف DTG که محل شروع بخش مرکزی پروتئین پوششی (core CP) هست در پروتئین پوششی این جدایه شناسایی شد.

زیست‌سنجی و بررسی دامنه میزبانی

دامنه میزبانی این جدایه، محدود به چند رقم از گیاه سویا (Williams 82 و Essex) و نیز گیاه بادام‌زمینی بود. نشانه‌های ویروسی همراه با این جدایه در رقم Essex به شکل زخم‌های موضعی نکروتیک در سه برگچه اول و موزائیک، ریزبرگی و خمیده شدن حاشیه برگ‌ها به سمت پایین در سه برگچه‌های بعدی ظاهر شد. گاهی اوقات در بعضی از گیاهچه‌های Essex، مرگ جوانه انتهایی دیده شد. نشانه‌های ویروسی روی گیاه بادام‌زمینی به شکل زخم‌های موضعی کلروتیک و زردی برگ‌ها مشاهده شد (شکل ۴).

هم‌راستا با مطالعه قبلی، در پژوهش حاضر نیز نتایج آنالیز تبارزایی نشان داد که جدایه‌ها با منشأ جغرافیایی و میزبانی مختلف در یک گروه تبارزایی قرار گرفته و احتمالاً جد مشترکی داشته و میزبان و منطقه جغرافیایی در گروه‌بندی جدایه‌های PeMoV بر اساس پروتئین پوششی نقشی ندارند؛ بنابراین، این‌طور می‌توان تصور کرد که انتقال‌های متعدد این ویروس از میزبانی به میزبان دیگر (بادام‌زمینی، لوبیا و سویا) و یا به‌عبارتی دیگر، پرش میزبانی (host jumping)، منجر به فراوانی جهش در پروتئین پوششی آن و قرارگرفتن جدایه‌ها با میزبان و منشأ جغرافیایی متفاوت، در کنار هم شده است.

در بررسی موتیف‌های این ناحیه، موتیف عملکردی DAA در انتهای آمینی پروتئین پوششی PeMoV جایگزین موتیف DAG شده که در انتقال ویروس با شته نقش دارد. موتیف DAA در همه جدایه‌های PeMoV مشاهده شده و شاخصی برای شناسایی این جدایه‌ها است (Spiegel et al., 2008). در بالادست این موتیف، توالی حفاظت‌شده تکراری EK_3 مشاهده شد. وجود تعداد زیادی از این جعبه‌های EK در انتهای آمینی پروتئین پوششی ویروس لکه حلقوی خربزه درختی (Papaya ringspot virus, Potyviridae) نیز گزارش شده است. این توالی‌های تکراری باعث شده است که این ناحیه مانند یک آکاردئون، گسترش یافته و



شکل ۴- علائم همراه با ویروس پیسک بادام‌زمینی روی برگ‌های بادام‌زمینی (A) و سویا (B، C و D) در شرایط گلخانه
Figure 4- PeMoV-associated symptoms on the peanut (A) and soybean (B, C and D) leaves at greenhouse condition

دماهای بالا ممکن است باعث بروز نشانه‌های ویروسی مختلف و توسعه نشانه‌های نکروز در برگ‌ها شود. مطالعات قبلی نشان داده‌اند که گیاهان بادام‌زمینی که به مدت یک ماه در دمای 16°C نگهداری شدند، نشانه‌های نکروز در آنها ظاهر نشد، ولی زمانی که دما به 26°C تا

وجود ویروس در این گیاهان با آزمون RT-PCR تأیید شد. نشانه‌های ویروسی ایجاد شده توسط PeMoV-soya روی گیاهان مایه‌زنی شده ممکن است بسته به سویه ویروس، شرایط آب‌وهوایی، رقم کشت شده و مرحله رشدی گیاه میزبان، متفاوت باشد. همچنین،

PeMoV در مجاورت مزارع سویا را می‌توان منشأ آلودگی مزارع سویا به این ویروس تصور کرد.

باتوجه به اینکه نشانه‌های ناشی از آفات و کمبود یا بیش‌بود مواد غذایی گاهی شبیه نشانه‌های ویروسی است، شناسایی دقیق گونه ویروسی با استفاده از روش‌های دقیق مولکولی در کنترل مؤثر آن مفید خواهد بود. جلوگیری از گسترش این ویروس در مزارع سویا توسط شته‌ها به دلیل انتقال ناپایای آن مشکل است؛ بنابراین، استفاده از روش مدیریت تلفیقی آفات برای کنترل و مدیریت مؤثر این ویروس توصیه می‌شود. درصد بالای انتقال این ویروس از طریق بذر بادام‌زمینی قبلاً گزارش شده است؛ بنابراین، قرنطینه قبل از ورود و استفاده از بذرهای گواهی شده عاری از ویروس و یا بذرهای تولیدشده در مناطق عاری از ویروس توصیه می‌شود. با درنظرگرفتن اینکه ویروس پیسک بادام‌زمینی قادر به آلودگی گیاهان بادام‌زمینی، سویا، لوبیا و بیشتر حبوبات بوده، اجتناب از کشت سویا، بادام‌زمینی و لوبیا در مجاورت و با فواصل کم از هم در مدیریت این بیماری مفید خواهد بود. کشت یکپارچه و پرهیز از کشت به‌صورت خرده‌مالکی در کنترل بهتر این ویروس و کاهش شیوع آن و همچنین کاهش ظهور جدایه‌های نو ترکیب و شکست مقاومت ارقام مقاوم مؤثر خواهد بود.

سپاسگزاری

از آقای دکتر محمدرضا میرزایی، محقق مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان جنوبی، به‌خاطر کمک‌های علمی ایشان، قدردانی می‌گردد.

۳۳°C افزایش داده شد، نشانه‌های نکرور در آنها مشاهده شد (Beikzadeh et al., 2015).

تحقیقات انجام شده در ویروس‌های آلوده‌کننده سویا نشان داده است که PeMoV در سویا بذرزاد نیست (Demski and Harris, 1974)؛ بنابراین، در طبیعت این ویروس بایستی توسط سایر عوامل انتقال از جمله ناقلین شته‌ای از مزارع بادام‌زمینی و لوبیای مجاور و گیاهان بادام‌زمینی خودرو آلوده به این ویروس، به مزارع سویا منتقل و با آن سازگار شده باشد. مطالعات قبلی نشان داده‌اند که این ویروس می‌تواند از طریق شته‌های *Aphis craccivora* و *Myzus persicae* از بادام‌زمینی به سویا منتقل شود. کارایی انتقال از بادام‌زمینی به بادام‌زمینی بیشتر از بادام‌زمینی به سویا است. میزان انتقال از بادام‌زمینی به بادام‌زمینی، ۲۵ تا ۵۵ درصد و از بادام‌زمینی به سویا ۳ تا ۱۷ درصد تخمین زده شده است. به همین علت، گسترش PeMoV در مزارع سویا، در مقایسه با مزارع بادام‌زمینی کمتر است (Demski and Kuhn, 1977). آزمایش‌های قبلی نشان داده‌اند که گسترش PeMoV در مزرعه از بادام‌زمینی به سویا، سویا به بادام‌زمینی و یا سویا به سویا فقط در فواصل کوتاه (تا ۱۲ متر) به‌راحتی امکان‌پذیر هست. بعد از ۱۲ متر، گسترش خیلی کمتر شده و فراوانی ویروس بسیار کمتر مشاهده می‌شود. نتایج این آزمایش‌ها، ارتباط نزدیک بین فاصله از منبع PeMoV و درصد گیاهان آلوده به این ویروس را نشان می‌دهد (Demski et al., 1975). با درنظرگرفتن نتایج این آزمایش‌ها و باتوجه به اینکه در مناطق نمونه‌برداری از مزارع سویای شمال کشور، مزارع بادام‌زمینی در مجاورت مزارع سویا وجود نداشت و تنها مزارع لوبیا مشاهده شد؛ بنابراین، مزارع لوبیای آلوده به

منابع

- Adams, D., & Kuhn, C. (1977). Seed transmission of *Peanut mottle virus* in peanuts. *Phytopathology* 67(9): 1126-1129.
- Ahmadi, K., Ebadzadeh, H.R., Hatami, F., Mohammadnia Afrooz, S., Esfandiaripour, E., & Abbas-Taghani, R. (2021). *Iran Agricultural Statistics of 2019-2020*, Vol 1: Field Crops (In Persian). Ministry of Agriculture, Statistics and Information Technology Office, Tehran, Iran.
- Baradar, A., Hosseini, A., Abdani Babaki, S., & Hosseini Farhangi, S.A. (2020). Structure and phylogenetic analysis of the coat protein of *Bean yellow mosaic virus* isolates from Iranian faba bean farms. *Iranian Journal of Plant Protection Science* 51(1): 147-159. <https://dx.doi.org/10.22059/ijpps.2020.299695.1006933>.
- Beikzadeh, N., Hassani-Mehraban, A., & Peters, D. (2015). Molecular identification of an isolate of *Peanut mottle virus* (PeMoV) in Iran. *Journal of Agricultural Science and Technology* 17(3): 765-776.
- Bock, K. (1973). *Peanut mottle virus* in East Africa. *Annals of Applied Biology* 74(2): 171-179. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.1973.tb07736.x>.
- Demski, J., Smith, D., & Kuhn, C. (1975). Incidence and distribution of *Peanut mottle virus* in peanut in the United States. *Peanut Science* 2(2): 91-93. <https://doi.org/10.3146/i0095-3679-2-2-14>.
- Demski, J.W., & Harris, H. (1974). Seed transmission of viruses in soybean. *Crop Science* 14(6): 888-890. <https://doi.org/10.2135/cropsci1974.0011183X001400060034x>.
- Demski, J.W., & Kuhn, C.W. (1977). A soybean disease caused by the *Peanut mottle virus*. *Research Bulletin-Georgia Experiment Station (USA)*.
- Dunleavy, J.M., Ross, J.P., & Chamberlain, D.W. (1966). Soybean diseases. *Agricultural Research Service, US Department of Agriculture*.
- Golnaraghi, A., Shahraeen, N., Pourrahim, R., Farzadfar, S., & Ghasemi, A. (2002). First report of the natural

- occurrence of eight viruses affecting soybeans in Iran. *Plant Pathology* 51(6): 794-794.
11. Golnaraghi, A., Shahraeen, N., Pourrahim, R., Farzadfar, S., & Ghasemi, A. (2004). Occurrence and the relative incidence of viruses infecting soybeans in Iran. *Plant Disease* 88(10): 1069-1074. <https://doi.org/10.1094/PDIS.2004.88.10.1069>.
12. Ha, C., Coombs, S., Revill, P.A., Harding, R.M., Vu, M., & Dale, J.L. (2008). Design and application of two novel degenerate primer pairs for the detection and complete genomic characterization of potyviruses. *Archives of Virology* 153(1): 25-36. (In eng). <https://doi.org/10.1007/s00705-007-1053-7>.
13. Hull, R. (2013). *Plant virology*. Academic Press.
14. Katoh, K., Rozewicki, J., & Yamada, K.D. (2019). MAFFT online service: multiple sequence alignment, interactive sequence choice and visualization. *Briefings in Bioinformatics* 20: 1160-1166. <https://doi.org/10.1093/bib/bbx108>.
15. Khalil, S., Erskine, W., & No, G.L. (2001). Combating disease problems of grain legumes in Egypt. *Grain Legumes* 32: 24-26.
16. Kuhn, C.W. (1965). Symptomatology, host range, and effect on yield of a seed-transmitted Peanut virus. *Phytopathology* 55(8): 880-884.
17. Kumar, S., Stecher, G., Li, M., Knyaz, C., & Tamura, K. (2018). MEGA X: molecular evolutionary genetics analysis across computing platforms. *Molecular Biology and Evolution* 35(6): 1547-1549. (In eng). <https://doi.org/10.1093%2Fmolbev%2Fmsy096>.
18. Lim, S., Lee, Y.-H., Igori, D., Zhao, F., Yoo, R., Lee, S.-H., Baek, I., & Moon, J.S. (2014). First report of *Peanut mottle virus* infecting soybean in South Korea. *Plant Disease* 98(9): 1285-1285. <https://doi.org/10.1094/PDIS-04-14-0356-PDN>.
19. Shahraeen, N., & Bananej, K. (1995). Occurrence of *Peanut mottle virus* in Gorgan province. In *proceeding of the 12th Iranian Plant Protection Congress 2-7 September 1995 Karaj (Iran Islamic Republic)*
20. Sinclair, J.B., & Backman, P. (1989). *Compendium of soybean diseases*. American Phytopathological Society.
21. Spiegel, S., Sobolev, I., Dombrovsky, A., Gera, A., Raccach, B., Tam, Y., Beckelman, Y., Feigelson, L., Holdengreber, V., & Antignus, Y. (2008). Note: Characterization of a *Peanut mottle virus* isolate infecting peanut in Israel. *Phytoparasitica* 36(2): 168-174. <https://doi.org/10.1007/BF02981329>.
22. Srinivasulu, M., & Gopal, D.S. (2011). Coat protein sequence comparison of south Indian isolates of *Papaya ringspot virus* with other Indian subcontinent isolates. *Phytopathologia Mediterranea* 50(3): 359-367.
23. Strange, R.N., & Scott, P.R. (2005). Plant disease: a threat to global food security. *Annual Review of Phytopathology* 43: 83-116. <https://doi.org/10.1146/annurev.phyto.43.113004.133839>.
24. Wylie, S.J., Adams, M., Chalam, C., Kreuze, J., López-Moya, J.J., Ohshima, K., Praveen, S., Rabenstein, F., Stenger, D., & Wang, A. (2017). ICTV virus taxonomy profile: Potyviridae. *The Journal of general virology* 98(3): 352. <https://doi.org/10.1099%2Fjgv.0.000740>.



Effect of *Trichoderma harizianum* Strain T22 on Induced Resistance of Tomato to *Helicoverpa armigera* Hübner

N. Badakhshan¹, S.M. Mansouri^{2*}, A. Habibi³, Sh. Shakeri⁴, B. Naseri⁵

Received: 16-04-2022

Revised: 25-04-2022

Accepted: 25-05-2022

Available Online: 21-11-2022

How to cite this article:

Badakhshan, N., Mansouri, S.M., Habibi, A., Naseri, B., & Shakeri, S. (2022). Effect of *Trichoderma harizianum* Strain T22 on Induced Resistance of Tomato to *Helicoverpa armigera* Hübner. *Journal of Iranian Plant Protection Research* 36(3): 313-325. (In Persian with English abstract)

DOI: [10.22067/JPP.2022.76074.1086](https://doi.org/10.22067/JPP.2022.76074.1086)

Introduction

Beneficial soil microorganisms such as plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR), mycorrhiza fungi, endophytic fungi and plant growth-promoting fungi can increase plant growth and their defense against some plant diseases and insect pests. Some species of *Trichoderma* spp. known as plant growth stimulants are found in many soils where crops are grown, especially around the rhizosphere. These species increase growth rate, nutrient uptake, plant efficiency and defense ability against herbivorous insects. In this regard, a very important approach is the use of microorganisms that enhance plant growth, which achieves optimal plant performance and reduces pest damage and environmental pollution.

Materials and Methods

In this study, the seeds of Falat cultivar were inoculated with spores of *T. harizianum* strain T22 (30 mg of 5 mg suspension of fungal spores were inoculated next to the plant), which they were cultivated under greenhouse conditions (25 ± 5 °C, 55 ± 5% RH 16: 8 h, L: D). First to fourth instar larvae of *Helicoverpa armigera* were placed on the leaf and fourth to sixth instar larvae were placed on the fruit of treated or untreated plants (as control). Then the relative growth rate of larvae, larval developmental time, percentage of larval mortality and total fecundity and fertility of adult female were recorded. Also, some growth and biochemical parameters of the experimental plants were measured.

Results and Discussion

The results showed that the larval developmental time and percentage of larval mortality were significantly higher than these parameters in insects raised on control plants and in contrast to, the relative larval growth rate and total fecundity and fertility of female insects in treated plants was significantly less than these indicators in insects fed to control plants. Amounts of some micro- and macro- elements, number of leaves, root volume, fruit weight per plant (yield), the amount activities of polyphenol oxidase and catalase enzymes as well as amounts of proline and hydrogen peroxide in plants treated with fungi were significantly more than these parameters on control plants. Stimulation of the plant's defense system by the use of this fungi, which has resulted in the production of more plant defense products, proline and hydrogen peroxide. This fungus stimulates the plants defense system in the direction of different metabolic pathways of different defense materials. Since the

1, 2 and 3- M.Sc. Student and Assistant Professors in Department of Biodiversity, Institute of Science and High Technology and Environmental Sciences, Graduate University of Advanced Technology, Kerman, Iran, respectively.

(*- Corresponding Author Email: m.mansouri@kgut.ac.ir)

4- Professor in Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture and Natural Resource University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran

5- Associate Professor in Department of Biodiversity, Institute of Science and High Technology and Environmental Sciences, Graduate University of Advanced Technology, Kerman, Iran

production of proline and hydrogen peroxide is the same in the metabolic pathway, the production of these two defense molecules in treated plants has increased significantly. Comparing the amounts of these two molecules in plants that have not been fed by larvae is also quite clear that the presence of this fungus has stimulated the plant's defense system. In plants fed on pest larvae, these values have increased significantly due to damage to the fruit tissue of the tomato plant. The production of proline and hydrogen peroxide are in the same metabolic pathway, the production of these two defense molecules in treated plants has increased significantly. Comparing the amounts of these two molecules in plants that have not been fed by the larvae of the pest is also quite clear that the presence of this fungus has stimulated the plant's defense system. In plants fed on pest larvae, these values have increased significantly due to damage to the fruit tissue of the tomato plant

Conclusion

This study is the first evidence that indicated positively affected by *T. harizianum* strain T22 on the strength of tomato plant response in both aspects of higher nutrient uptake and increase its vegetative and reproductive growth, as well as increasing the function of the plants defense system in response to feeding of fruits of tomato. From the results of this study, it is inferred that the use of biological product of *T. harizianum* T22 helped to absorb more nutrients to the plant and stimulated and strengthened the plant's defense system against the attack of tomato fruit worm. The results of this study show that the use of beneficial soil microorganisms to strengthen plant defenses in terms of crop protection is a promising strategy to control an important group of pests such as vegetarians to reduce the use of pesticides. Finally, the results of this study proved that inductive resistance can be used as an important tool for pest management to reduce the use of chemical insecticides.

Keywords: Biological parameters, Biological products, Induced resistance, Secondary metabolites, Tomato fruit borer

مقاله پژوهشی

جلد ۳۶، شماره ۳، پاییز ۱۴۰۱، ص. ۳۲۵-۳۱۳

تاثیر قارچ *Trichoderma harizianum* T22 بر مقاومت القایی گیاه گوجه‌فرنگی نسبت به *Helicoverpa armigera* Hübner

نجمه بدخشان^۱ - سید مظفر منصوری^{۲*} - آزاده حبیبی^۳ - بهرام ناصری^۴ - شهریار شاکری^۵

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۱/۲۷

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۳/۰۴

چکیده

در این پژوهش بذور گوجه‌فرنگی رقم فلات با اسپورهای قارچ سویه *Trichoderma harizianum* T22 به میزان ۳۰ میلی‌لیتر از سوسپانسیون پنج گرم اسپور تجاری قارچ در لیتر در کنار بوته تلقیح شدند و در شرایط گلخانه‌ای (۲۵±۵ درجه سلسیوس، رطوبت نسبی ۵۵±۱۰ درصد و دوره روشنایی ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی) کشت شدند. لاروهای سن اول تا سوم کرم میوه گوجه‌فرنگی، *Helicoverpa armigera*، روی برگ و لاروهای سن چهارم تا ششم روی میوه گیاهان تیمار شده و شاهد قرار داده شدند. سپس نرخ رشد نسبی لارو، طول مدت نشوونمای لاروی، درصد مرگ و میر لاروها، باروری و زادآوری حشرات ماده بالغ ثبت شد. همچنین برخی از پارامترهای رشدی و بیوشیمیایی گیاه اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که طول دوره‌ی لاروی و درصد مرگ و میر لاروها روی گیاهان تیمار شده به طور معنی‌داری بیشتر از گیاهان شاهد بود. از سوی دیگر، نرخ رشد نسبی لاروی، باروری و زادآوری حشرات ماده پرورش‌یافته روی گیاهان تیمار شده به طور معنی‌داری کمتر از شاهد بود. تعداد برگ، حجم ریشه، وزن میوه در بوته (عملکرد) و همچنین مقادیر برخی عناصر کم مصرف و پرمصرف گیاه در تیمار شده با قارچ به طور معنی‌داری بیشتر از گیاهان شاهد بود. همچنین در گیاهان تیمار شده با قارچ تریکودرما فعالیت آنزیم‌های پلی فنل اکسیداز و کاتالاز و مقادیر پرولین و پراکسید هیدروژن گیاه به طور معنی‌داری نسبت به گیاهان شاهد افزایش یافت. از نتایج این تحقیق اینگونه استنباط می‌شود که استفاده از فرآورده زیستی *T. harizianum* T22 به جذب بیشتر مواد مغذی به گیاه کمک کرده و باعث تحریک و تقویت سیستم دفاعی گیاه در برابر حمله کرم میوه گوجه‌فرنگی شد. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که استفاده از میکروب‌های مفید خاک برای تقویت دفاع گیاه در جهت حفاظت از محصول، یک رهیافت امیدوارکننده برای کنترل آفات به منظور کاهش کاربرد آفت کش‌ها می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: القای مقاومت، پارامترهای زیستی، ترکیبات دفاعی گیاه، فرآورده‌های زیستی، کرم میوه گوجه‌فرنگی

مقدمه

کرم میوه گوجه‌فرنگی، *Helicoverpa armigera* Hübner (Lepidoptera: Noctuidae)، با طیف گسترده‌ای از گیاهان میزبان، یکی از مخرب‌ترین آفات گوجه‌فرنگی در جهان است (Smith 1992; Mazzi and Dorn, 2012; et al., 1992). گیاهان میزبان آن از طیف وسیعی از گونه‌های گیاهی از جمله پنبه، ذرت، گوجه‌فرنگی، نخود، سورگوم، آفتابگردان، لوبیا، پسته و بادام زمینی هستند. لاروهای سنین اولیه *H. armigera* به طور عمده از پارانثیم برگ‌های میزبان و لاروهای سنین بالاتر از اندام‌های زایشی گیاهان به ویژه میوه تغذیه نموده و عملکرد محصول را به شدت کاهش می‌دهند (Fitt et al., 1986; Zaluki et al., 1986; al., 1986). موجودات زنده مفید موجود در

- ۱، ۲ و ۳- به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد و استادیاران گروه تنوع زیستی، پژوهشگاه علوم و تکنولوژی پیشرفته و علوم محیطی، دانشگاه تحصیلات تکمیلی صنعتی و فناوری پیشرفته، کرمان، ایران
- *- نویسنده مسئول: (Email: m.mansouri@kgut.ac.ir)
- ۴- استاد گروه گیاه‌پزشکی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران
- ۵- دانشیار گروه بیوتکنولوژی، پژوهشگاه علوم و تکنولوژی پیشرفته و علوم محیطی، دانشگاه تحصیلات تکمیلی صنعتی و فناوری پیرفته، کرمان، ایران

DOI: 10.22067/JPP.2022.76074.1086

خاک مانند ریزوباکتری‌های محرک رشد گیاه، قارچ‌های هم زیست با ریشه، قارچ‌های اندوفیت (درون‌زی) و قارچ‌های محرک رشد گیاه می‌توانند رشد گیاهان و توانایی دفاعی آن‌ها را در برابر برخی بیماری‌ها و آفات گیاهخوار افزایش دهند (War et al., 2004; al., 2012). برخی از گونه‌های تریکودرما، که به عنوان محرک رشد گیاه شناخته می‌شوند، در بسیاری از خاک‌های زراعی به ویژه در اطراف ریزوسفر گیاهان یافت می‌شوند (Vinalet et al., 2008). این گونه‌ها، سرعت رشد، جذب مواد مغذی، کارایی و توانایی دفاعی گیاه را در برابر حشرات گیاهخوار افزایش می‌دهند (War et al., 2012). استفاده از روش‌های مختلف تلقیح و نوع ابزار مورد استفاده در کنار انتخاب بهترین مرحله رشدی گیاه که در آن استقرار قارچ درون‌زی با راندمان بالاتری انجام می‌شود، نقش مهمی در موفقیت استقرار قارچ در گیاه دارد (Tefera and Vidal, 2009). در پژوهش‌های متعددی اثر مثبت گونه‌های تریکودرما بر رشد گیاهان گوجه‌فرنگی، فلفل، نخود، خیار، بادمجان، ترب کوهی و کاهو گزارش شده است (Ousley et al., 1994 Windham and Baker, 1986). به طور نمونه در مطالعه‌ای گزارش شده است که استفاده از سویه P1 *Trichoderma harzianum*T22 و *Trichoderma atroviride* روی گوجه‌فرنگی به طور قابل توجهی باعث افزایش طول گیاه، تعداد برگ، میوه، وزن ریشه و اندام هوایی شده است (Vinal et al., 2008). تغذیه اندام‌های مختلف گیاهی بوسیله حشرات سبب فعال شدن مسیر متابولیسمی می‌شود که منجر به بیوسنتز اسید جاسمونیک و در نهایت منجر به تولید مهارکننده‌های پروتئیناز، پلی فنل اکسیدازها، متابولیت‌های ثانویه گیاهی (مانند گلوکوزینولات‌ها، آلکالوئیدها، تریپنوتیدها) و جذب پارازیتوئیدهای حشرات آفت می‌شود (War et al., 2012; Zhang et al., 2022). مطالعات اخیر نشان داده است که گونه‌های جنس *Trichoderma* می‌توانند از طریق تحریک مسیرهای سیگنالینگ هورمون‌های گیاهی و مواد دفاعی در گیاهان آسیب‌دیده مانند ترکیبات فنلی، پراکسیداز هیدروژن و اسیدهای آمینه مقاومت سیستمیک را در گیاه القا کند (Kessler and Baldwin, 2001; Zhang et al., 2022). این مولکول‌ها می‌توانند از طریق اختلالات فیزیولوژیکی، مهار هضم و جذب، دفع حشرات یا جذب دشمنان طبیعی آن‌ها به حشرات آسیب برسانند (Dicke and Hilker, 2003). مطالعات مختلف نشان داده است که برخی از گونه‌های جنس تریکودرما اثرات منفی بر پارامترهای زیستی حشرات داشته است. به طور مثال، گیاهان تیمار شده با قارچ *T. harzianum* طول دوره نشوونمای پوره‌های شته سبز هلو، *Myzus persicae* (Sulzer)، را افزایش و زادآوری بالغین و توانایی آنها در هضم غذا را کاهش دادند (Fitt et al., 1986). همچنین استفاده از این گونه قارچ باعث مرگ‌ومیر بالایی در جمعیت سن بذر خوار، *Oncopeltus fasciatus* (Dallas) می‌شود (Santamarina-Fojo et al., 2000). استفاده از قارچ *T. harzianum* باعث کاهش قابل توجهی

در بقاء و تولیدمثل سوسک کاج، *Dendroctonus rufipennis* (Kirby)، شد (Cardoza et al., 2006). در مطالعه دیگری مشخص شده است که قارچ *T. harzianum* روی نشوونما پوره‌های سوسری آمریکایی، *Periplaneta Americana* (L. 1758) نیز اثر منفی داشته است (Abdul-Wahid and Elbanna, 2012). با این حال، اطلاعاتی در مورد تاثیر گیاه گوجه‌فرنگی تیمار شده با سویه *T. harzianum* T22 بر آفت مهم آن، *H. armigera* در دسترس نیست.

گیاهان از طریق سازوکارهای مورفولوژیکی، بیوشیمیایی و مولکولی مختلف به حمله گیاهخوار واکنش نشان می‌دهند. مواد دفاعی بیوشیمیایی می‌توانند در پاسخ به آسیب‌های وارد شده به گیاه تولید شوند و بر تغذیه و نشوونما و بقاء حشرات گیاهخوار تأثیر بگذارند (War et al., 2012). پراکسید هیدروژن (H_2O_2) می‌تواند شروع یک سلسله از واکنش‌های فیزیولوژیکی باشد که منجر به تولید مواد اصلی دفاعی و محافظت از گیاهان در برابر آسیب‌های گیاهخواران می‌شود (Bi and Felton, 1995). تجمع پراکسید هیدروژن سبب تحریک تولید هورمون‌های دفاعی گیاه شامل جاسمونیک اسید و سالیسیک اسید در گیاه گوجه‌فرنگی می‌شود (Zhang et al., 2022). همچنین رابطه مشخصی بین تجمع پرولین و سازگاری با تنش‌های مختلف توسط برخی محققین ثبت شده است (Amini et al., 2015). آنزیم‌های اکسیداسیون مانند پلی فنل اکسیداز (PPO) و کاتالاز (CAT)، تحت تنش‌های مختلف زیستی و غیر زیستی از جمله خسارت حشرات گیاهخوار سبب ایجاد مقاومت القایی گیاه در برابر چنین تنش‌هایی می‌شوند (Gull et al., 2019).

اگرچه استفاده از حشره‌کش‌های شیمیایی از روش‌های معمول برای کنترل کرم میوه گوجه‌فرنگی است، اما به دلیل خطرات نامطلوب زیست محیطی و بهداشتی ناشی از استفاده از این ترکیبات، تلاش‌هایی برای یافتن جایگزین‌های مناسب و مطمئن‌تر صورت گرفته است. در این راستا یک رویکرد بسیار مهم استفاده از موجودات زنده تقویت‌کننده رشد گیاه است که سبب دستیابی به عملکرد مطلوب گیاه و کاهش آسیب آفات و آلودگی محیطی می‌شوند. با توجه به اهمیت اقتصادی گیاه گوجه‌فرنگی، هدف مطالعه حاضر، بررسی مقاومت القایی گیاه گوجه‌فرنگی تیمار شده با قارچ تریکودرما سویه *T. harzianum* T22 نسبت به تغذیه کرم میوه گوجه‌فرنگی با مطالعه‌ی پارامترهای زیستی حشره، شاخص‌های رشدی و بیوشیمیایی گیاهان تیمار شده با این قارچ بود.

مواد و روش‌ها

گیاهان آزمایشی

بذر گوجه‌فرنگی (رقم فلات) از موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه

از لاروهای سن اول حاصل از تفریح تخم‌های به‌دست‌آمده از نسل دوم در ظروف پلاستیکی (۹/۵×۷/۵×۳ سانتی‌متر) حاوی برگ‌های جدا شده گوجه‌فرنگی از گیاهان تیمار شده با قارچ و شاهد در اتاقک رشد قرار داده شدند و لاروها تا پایان سن سوم روی آن‌ها پرورش داده شدند. برگ‌ها به طور روزانه تعویض شدند. لاروهای سن چهارم روی بوته‌هایی که میوه‌های جوان (نارس) داشتند در قفس‌های شیشه‌ای (طول ۱۰۰ سانتی‌متر و عرض ۷۰ سانتی‌متر) در شرایط گلخانه‌ای قرار داده شدند. طول دوره‌ی لاروی و درصد مرگ‌ومیر لاروها روی همه گیاهان ثبت شد. پس از ظهور حشرات بالغ، یک جفت شب‌پره به هر یک از ظروف شیشه‌ای مخصوص جفت‌گیری (۵×۲۰ سانتی‌متر) با درب توری منتقل شدند. برای تغذیه شب‌پره‌ها از پنبه خیس‌انده شده در آب عسل ۱۰ درصد استفاده شد. سپس مجموع تخم‌های گذاشته‌شده به ازای هر ماده در گیاهان تیمار شده و شاهد ثبت شد.

برای ارزیابی نرخ رشد نسبی لارو، از فرمول ارائه شده توسط آلینک و همکاران (Alinc et al., 2021) استفاده شد. بدین صورت که به دلیل وزن بسیار کم لاروهای سن یک برای محاسبه این شاخص، لاروهای سن دوم توزین و به عنوان وزن اولیه لاروی در نظر گرفته شد. سپس میانگین وزن لاروهای سن چهارم (وزن انتهایی) منهای میانگین وزن لاروهای سن دوم (وزن ابتدایی) تقسیم بر میانگین وزن لاروهای سن دوم ضربدر ۱۰۰ به عنوان نرخ رشد نسبی محاسبه شد. برای ارزیابی این شاخص روی لاروهای پرورش‌یافته روی میوه، از فرمول میانگین وزن لاروهای سن ششم منهای میانگین وزن لاروهای سن چهارم تقسیم بر میانگین وزن لاروهای سن چهارم ضربدر ۱۰۰ استفاده شد. وزن لاروها به وسیله ترازوی دیجیتال ژاپنی مدل AND GF-600 با دقت یک‌هزارم گرم اندازه‌گیری شد.

پارامترهای رشد گیاه مانند تعداد برگ در بوته، ارتفاع بوته و حجم ریشه اندازه‌گیری شد. طول با یک خط کش ساده و حجم ریشه با یک استوانه مدرج اندازه‌گیری شد. تغییر حجم ایجاد شده در سطح آب داخل استوانه به عنوان حجم ریشه تعیین شد. عملکرد بوته شامل وزن میوه‌های تولید شده در بوته در گیاهان تیمار شده و شاهد به طور جداگانه ثبت شد. از هر بوته پنج برگ به طور تصادفی جدا شد و سپس در پاکت کاغذی قرار گرفتند. برگ‌ها به مدت ۷۲ ساعت در آون با دمای ۶۰ درجه سلسیوس قرار داده شدند. سپس برخی از عناصر کم و پر مصرف در برگ‌های خشک گیاهان تیمار شده و شاهد توسط دستگاه ICP-MS (طیف سنجی جرمی- پلاسمای جفت شده القایی) اندازه‌گیری شدند (Qing-hua et al., 2012).

پس از پایان دوره لاروی، با جداکردن تصادفی تعداد پنج عدد از برگ‌های گیاهان تیمار شده با قارچ تریکودرما و شاهد از هر دو گروه گیاهان مورد تغذیه کرم میوه گوجه‌فرنگی و بدون آفت، بر اساس

نهال و بذر کرج (استان البرز، ایران) تهیه شد. ابتدا بذرها به مدت ۲۴ ساعت در محلول جوانه‌زنی به نام تجاری AKTIVATOR خیس‌انده شدند. برای پرورش گوجه‌فرنگی از گلدان‌های پلاستیکی (قطر ۱۴ سانتی‌متر، عمق ۱۸ سانتی‌متر) حاوی ماسه و مخلوطی از کوکوپیت و پرلیت به نسبت ۱ به ۱ استفاده شد. تعداد چهار بذر گوجه‌فرنگی در عمق نیم سانتی‌متری از سطح خاک کاشته شدند. گیاهان در شرایط گلخانه‌ای با دمای ۲۵±۵ درجه سلسیوس، رطوبت نسبی ۵۵±۵ درصد و دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی پرورش داده شدند. آبیاری بر اساس نیاز گیاهان انجام شد. پس از رشد اولیه گیاهان، تعداد یک بوته در هر گلدان نگهداری و سایر بوته‌ها حذف شدند.

پرورش کرم میوه گوجه‌فرنگی

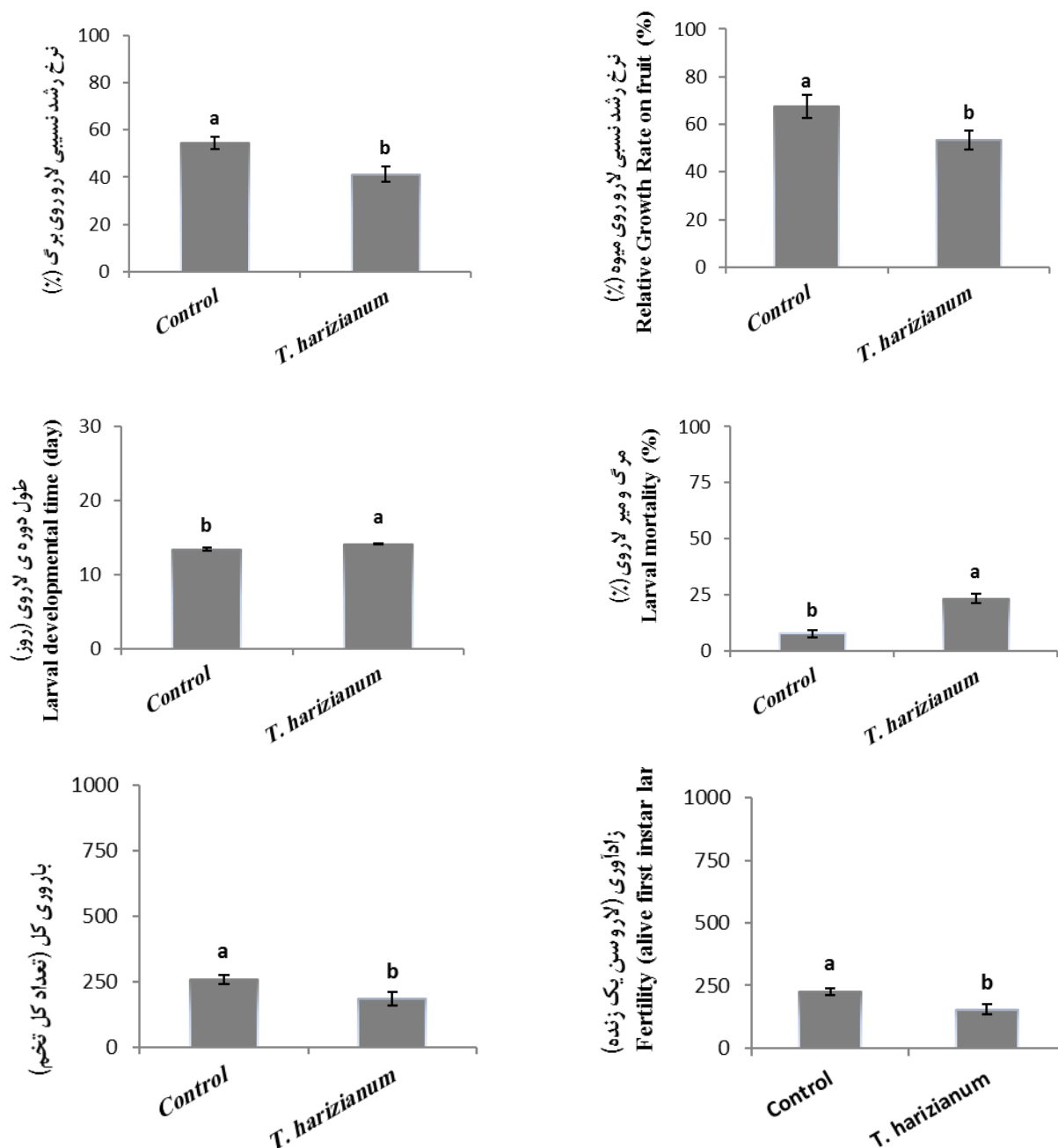
برای پرورش کرم میوه گوجه‌فرنگی، تعدادی میوه گوجه‌فرنگی آلوده به لارو این آفت از مزارع اطراف شهر ماهان (شهرستان کرمان) جمع‌آوری شدند و در ظروف پلاستیکی با درب توری به آزمایشگاه منتقل شدند. لاروها در اتاقک رشد Binder در دمای ۲۵±۲ درجه سلسیوس، رطوبت نسبی ۶۵±۵ درصد و دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی روی برگ جدا شده (سن اول تا سوم) و میوه (سن چهارم تا ششم) گوجه‌فرنگی به مدت دو نسل پرورش داده شدند.

طراحی آزمایش

گیاهانی که صرفاً با کودهای شیمیایی (نیتروژن، فسفر و پتاسیم) تیمار شده بودند به عنوان گیاهان شاهد و گیاهان تیمار شده با کودهای شیمیایی ذکر شده در بالا همراه باکود زیستی (سوسپانسیون اسپور *T. harizianum* سویه T22) به عنوان تیمار در نظر گرفته شدند. پنج گرم از اسپورهای قارچ با نام تجاری TRIANUM-P (ساخت شرکت Koppert کشور هلند) در هر لیتر آب تهیه شد و همزمان با کاشت بذرهای گوجه‌فرنگی مقدار ۳۰ میلی‌لیتر از سوسپانسیون تهیه شده در اطراف محل کاشت بذرها استفاده شد (هر میلی‌لیتر محلول حاوی ۱۰^۷ کنیدی). پس از شش برگی شدن بوته‌ها، کودهای شیمیایی سه مرتبه با فاصله دو هفته در مراحل رشد رویشی گیاه برای هر دو گروه گیاهان (تیمار و شاهد) استفاده شد. در مجموع تعداد ۸۰ گلدان گوجه‌فرنگی برای انجام آزمایش‌ها در نظر گرفته شد. گیاهان آزمایشی به دو گروه گیاهان تیمار شده با قارچ و گیاهان تیمار نشده با قارچ (شاهد) به دو دسته تقسیم‌بندی شدند (هر گروه ۴۰ گلدان). سپس روی نصف گیاهان تیمار شده (۲۰ عدد) و تیمار نشده (۲۰ عدد) لارو آفت قرار داده شد و روی گروه دیگر شامل گیاهان تیمار شده و نشده لارو قرار داده نشد.

(Wesche-Ebeling *et al.*, 1990) و کاتالاز (Chance *et al.*, 1995) مورد محاسبه قرار گرفتند.

روش‌های متداول استاندارد اسپکتروفوتومتری و فرمول‌های مربوطه، مقادیر پرولین (Bates *et al.*, 1973)، پراکسید هیدروژن (Velikova *et al.*, 2000) و آنزیم‌های پلی‌فنل اکسیداز



شکل ۱- میانگین ($\pm$ خطای استاندارد) نرخ رشد نسبی لاروی (درصد) روی برگ و میوه، طول دوره لاروی (روز)، درصد مرگ و میر لاروی، زادآوری و باروری *Helicoverpa armigera* پرورش یافته روی گیاهان گوجه‌فرنگی تیمار شده با *Trichoderma harizianum* T22 و شاهد

Figure 1- Mean ($\pm$ SE) of larval relative growth rate (%) on leaf and fruit, larval developmental time (day) and larval mortality (%) and fecundity and fertility of *Helicoverpa armigera* reared on tomato plants treated by *Trichoderma harizianum* strain T22 and control

تجزیه آماری داده‌ها

داده‌های آزمایشی پس از نرمال‌سازی بر اساس لگاریتم پایه ۱۰، با استفاده نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۲ مورد تجزیه آماری قرار گرفتند. داده‌های مربوط به پارامترهای مختلف زیستی حشره از آزمون مقایسه میانگین *t* استفاده شد. از آنجایی که تجزیه و تحلیل داده‌های مربوط به میزان عناصر غذایی، پارامترهای رشدی و بیوشیمیایی گیاه از طرح فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی استفاده شد. لذا از واریانس یک طرفه برای آنالیز آن‌ها استفاده شد و میانگین‌ها با استفاده آزمون توکی مورد مقایسه قرار گرفتند.

نتایج

نتایج ارزیابی پارامترهای زیستی حشره نشان داد که بین پارامترهای لارو *H. armigera* در گیاهان تیمار شده و شاهد تفاوت

معنی‌داری وجود دارد. طول دوره لاروی و درصد مرگ و میر لاروها روی گیاهان تیمار شده به طور معنی‌داری بیشتر از گیاهان شاهد بود. نرخ رشد نسبی لارو (روی برگ و میوه)، باروری و زادآوری حشرات ماده پرورش‌یافته روی گیاهان تیمار شده به طور معنی‌داری کمتر از گیاهان شاهد بود (شکل ۱).

نتایج نشان داد که پارامترهای رشدی گیاه شامل تعداد برگ در بوته ($P = 0.001$; $F_{1,76} = 7.08$)، حجم ریشه ($P = 0.001$; $F_{1,76} = 8.34$) و عملکرد بوته (وزن میوه در بوته) ($P = 0.003$; $F_{1,76} = 5.39$) در گیاهان تیمار شده به طور معنی‌داری بیشتر از گیاهان شاهد بود، اما طول بوته تفاوت معنی‌داری نداشت ($P = 0.08$; $F_{1,76} = 2.98$) در حالی که این صفات در گیاهان تیمار شده و شاهد، با حضور لارو آفت و بدون آفت تفاوت معنی‌داری نداشتند (جدول ۱).

جدول ۱- پارامترهای رشدی و عملکرد (وزن میوه در بوته) (میانگین $\pm$ خطای استاندارد) گیاهان گوجه‌فرنگی تیمار شده با *Trichoderma harizianum* T22 و شاهد تحت تغذیه لارو *Helicoverpa armigera*

Table 1- Growth parameters and yield (weight and number of fruits per plant) (Mean $\pm$ SE) of tomato plants treated by *Trichoderma harizianum* strain T22 and control under feeding of *Helicoverpa armigera* larvae

		Mean $\pm$ SE			
تیمارهای آزمایشی	Treatments	طول بوته	تعداد برگ در بوته	حجم ریشه	وزن میوه در بوته
		Length of plant (cm)	Number of leaves per plant	Root mass (cm ³)	Weight of fruits per plant (g)
گیاهان تیمار شده	با حضور آفت	31.3 $\pm$ 2.8 a	14.8 $\pm$ 1.2 a	9.5 $\pm$ 0.9 a	39.5 $\pm$ 3.6 a
	بدون حضور آفت	32.1 $\pm$ 3.1 a	14.6 $\pm$ 1.6 a	9.7 $\pm$ 0.9 a	43.4 $\pm$ 4.2 a
گیاهان تیمار نشده	با حضور آفت	29.4 $\pm$ 2.4 a	10.8 $\pm$ 1.6 b	7.4 $\pm$ 0.7 b	30.8 $\pm$ 2.8 b
	بدون حضور آفت	30.8 $\pm$ 3.4 a	11.6 $\pm$ 2.1 b	7.5 $\pm$ 0.8 b	32.9 $\pm$ 3.8 b

وجود حروف مشابه در هر ستون بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها بر اساس آزمون توکی در سطح ۵ درصد است.

The presence of similar letters in each column indicates that there is no significant difference between the means based on Tukey test at the level of 5%.

معنی‌داری بیشتر از گیاهان شاهد بود. همچنین مقدار این دو ماده در گیاهان تیمار شده (بدون آفت) به طور معنی‌داری بیشتر از گیاهان شاهد بود. کمترین مقدار این ماده دفاعی گیاهی در گیاهان شاهد بدون آفت و بیشترین مقدار مربوط به گیاهان تیمار شده با حضور آفت بود (شکل‌های ۲ و ۳).

نتایج مشابهی در مورد فعالیت دو آنزیم اکسیداسیون گیاه، شامل پلی فنل اکسیداز ($P = 0.001$; $F_{1,76} = 9.76$) و کاتالاز ($P = 0.001$; $F_{1,76} = 9.76$) تفاوت معنی‌داری بین میزان فعالیت کاتالاز در گیاهان تیمار شده با

نتایج دستگاه ICP-MS در ثبت مقادیر برخی عناصر پر مصرف پتاسیم ($P = 0.001$; $F_{1,76} = 10.55$) و فسفر ($P = 0.001$; $F_{1,76} = 9.12$) و برخی عناصر ریز مغذی (منیزیم، کلسیم، روی، مس و آهن) نشان داد که در گیاهان تیمار شده، قارچ تریکودرما به جذب بیشتر عناصر غذایی از طریق ریشه گیاهان کمک کرده است (جدول ۲).

مقادیر پراکسید هیدروژن ($P = 0.001$; $F_{1,76} = 5.91$) و پرولین ($P = 0.001$; $F_{1,76} = 8.96$) (در برگ گیاهان تیمار شده به طور

وجود آفت و بدون حضور آفت وجود نداشت (شکل ۵).

بحث

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که توانایی گیاه گوجه‌فرنگی از هر دو جنبه جذب بیشتر عناصر غذایی و افزایش رشد رویشی و زایشی آن و نیز افزایش عملکرد سیستم دفاعی گیاه در عکس‌العمل به تغذیه

کرم میوه گوجه‌فرنگی، به طور مثبت تحت تاثیر تیمار با قارچ *Trichoderma harizianum* T22 بود. در این پژوهش میزان تغذیه لارو *H. armigera* روی گیاهان گوجه‌فرنگی تیمار شده توسط *T. harizianum* T22، کمتر و از سوی دیگر مرگ و میر و طول دوره‌ی لاروی بیشتر از لاروهای تغذیه‌شده از گیاهان شاهد بود.

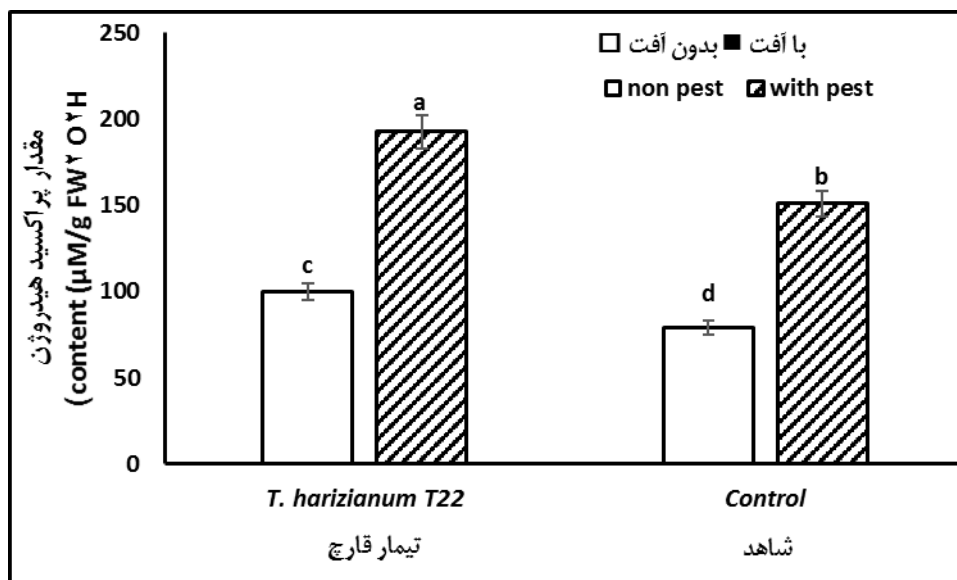
جدول ۲- عناصر پرمصرف و کم مصرف (میانگین $\pm$ خطای استاندارد) در برگ گیاهان گوجه‌فرنگی تیمار شده با *Trichoderma harizianum* T22 و شاهد تحت تغذیه لارو *Helicoverpa armigera*

Table 2- Macro- and micro- elements (Mean $\pm$ SE) in leaves of tomato plants treated by *Trichoderma harizianum* strain T22 and control under feeding of *Helicoverpa armigera* larvae

Mean $\pm$ SE							
تیمارهای آزمایشی	فسفر	پتاسیم	منیزیم	کلسیم	روی	مس	آهن
Treatments	P	K	Mg	Ca	Zn	Cu	Fe
گیاهان تیمار شده Treated plants							
با حضور آفت With pest	2145 $\pm$ 123 a	21930 $\pm$ 546 ab	14306 $\pm$ 233 a	30589 $\pm$ 646 a	94.0 $\pm$ 12.1 a	10.67 $\pm$ 1.1 a	416 $\pm$ 33 a
بدون حضور آفت Without pest	2213 $\pm$ 162 a	22077 $\pm$ 582 a	14595 $\pm$ 261 a	31241 $\pm$ 773 a	87.9 $\pm$ 14.2 ab	11.23 $\pm$ 1.2 a	439 $\pm$ 38 a
گیاهان تیمار نشده Untreated plants							
با حضور آفت With pest	1813 $\pm$ 92 b	19969 $\pm$ 498 b	11397 $\pm$ 176 b	22914 $\pm$ 558 b	90.9 $\pm$ 10.3 ab	6.89 $\pm$ 0.7 b	277 $\pm$ 25 b
بدون حضور آفت Without pest	1903 $\pm$ 103 b	20345 $\pm$ 513 b	11597 $\pm$ 199 b	23755 $\pm$ 609 b	94.9 $\pm$ 13.3 a	7.07 $\pm$ 0.8 b	302 $\pm$ 30 b

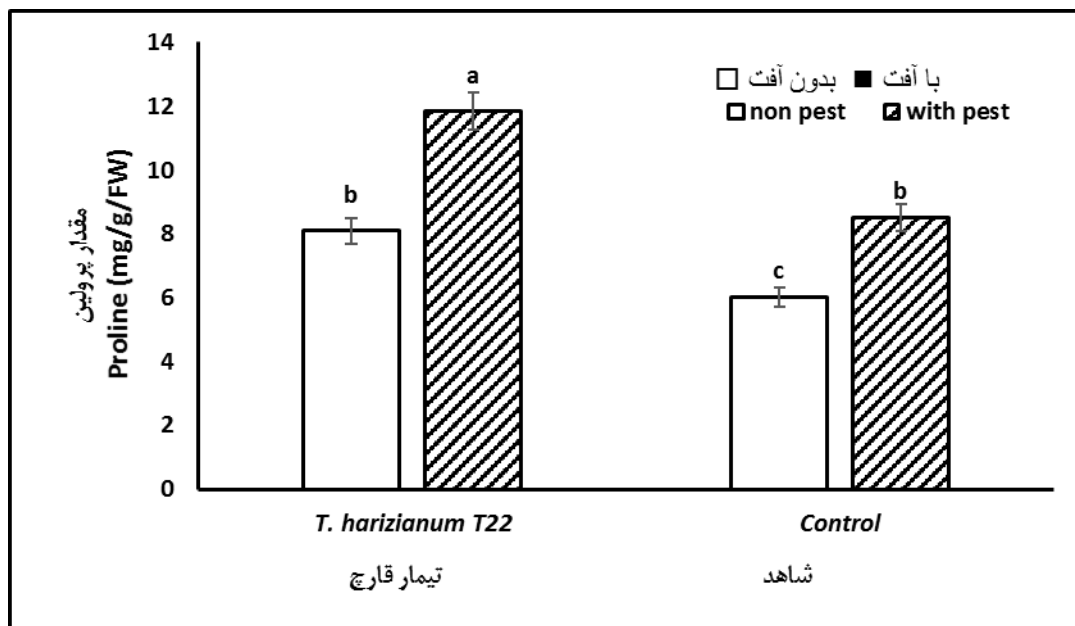
وجود حروف مشابه در هر ستون بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها بر اساس آزمون توکی در سطح ۵ درصد است.

The presence of similar letters in each column indicates that there is no significant difference between the means based on Tukey test at the level of 5%.



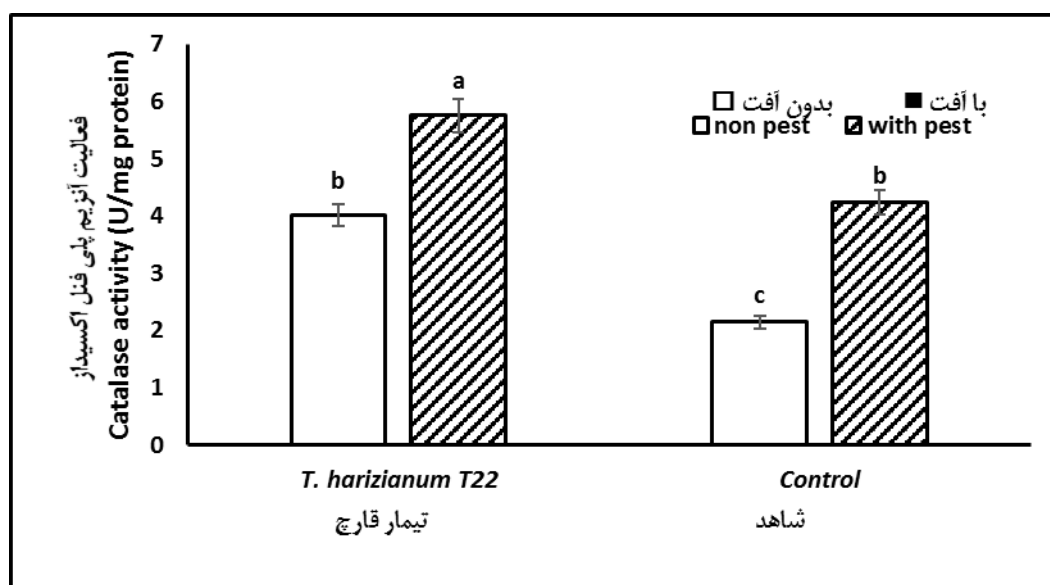
شکل ۲- مقدار پراکسید هیدروژن (H₂O₂) (میانگین $\pm$ خطای معیار) در گیاهان گوجه‌فرنگی تیمار شده با *Trichoderma harizianum* T22 و شاهد تحت تغذیه لارو *Helicoverpa armigera*

Figure 2- Amount of hydrogen peroxide (H₂O₂) (Mean $\pm$ SE) in tomato plants treated by *Trichoderma harizianum* strain T22 and control under feeding of *Helicoverpa armigera* larvae



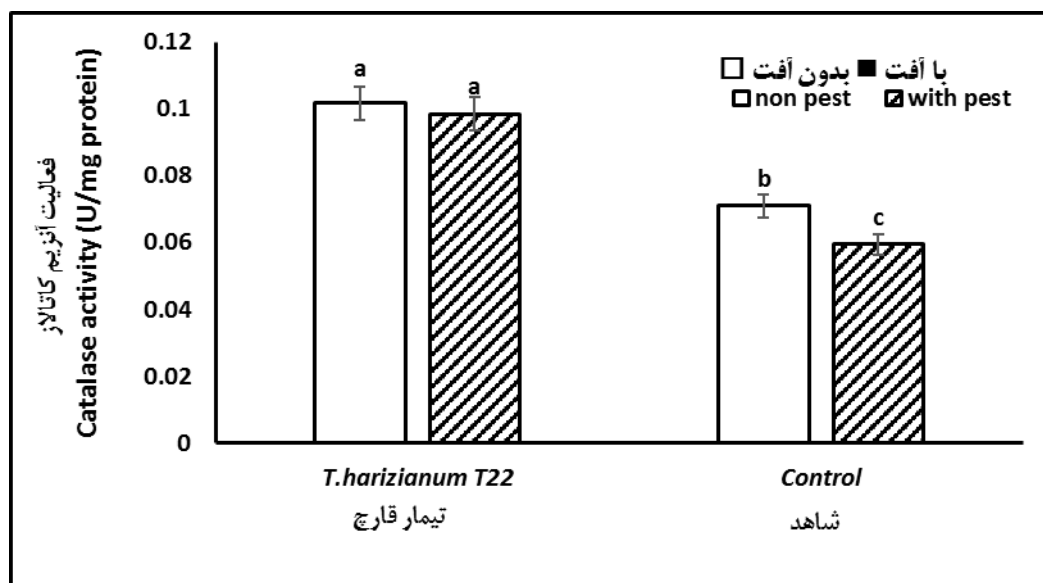
شکل ۳- مقدار پرولین (میانگین±خطای معیار) در گیاهان گوجه‌فرنگی تیمار شده با *Trichoderma harizianum* T22 و شاهد تحت تغذیه لارو *Helicoverpa armigera*

Figure 3- Amount of proline (Mean±SE) in tomato plants treated by *Trichoderma harizianum* strain T22 and control under feeding of *Helicoverpa armigera* larvae



شکل ۴- فعالیت آنزیم پلی فنل اکسیداز (PPO) (میانگین±خطای معیار) در گیاهان گوجه‌فرنگی تیمار شده با *Trichoderma harizianum* T22 و شاهد تحت تغذیه لارو *Helicoverpa armigera*

Figure 4- Polyphenol oxidase (PPO) enzyme activity (Mean±SE) in tomato plants treated by *Trichoderma harizianum* strain T22 and control under feeding of *Helicoverpa armigera* larvae



شکل ۵- فعالیت آنزیم کاتالاز (میانگین $\pm$ خطای معیار) در گیاهان گوجه‌فرنگی تیمار شده با *Trichoderma harizianum* T22 و شاهد تحت تغذیه لارو *Helicoverpa armigera*

Figure 5- Catalase enzyme activity (Mean $\pm$ SE) in tomato plants treated by *Trichoderma harizianum* strain T22 and control under feeding of *Helicoverpa armigera* larvae

فرنگی نسبت به شته سیب‌زمینی، *Macrosiphum euphorbiae* ارزیابی نموده‌اند. نتایج نشان داد که شاخص رشد جمعیت شته‌های پرورش‌یافته روی گیاهان تیمار شده با قارچ در مقایسه با گیاهان شاهد کاهش یافت. از سوی دیگر، میزان جذب زنبور پارازیتوئید شته، *Aphidius ervi* Haliday (Hym.: Braconidae) و سن شکارچی شته، *Macrolophus pygmaeus* Rambur افزایش یافت.

در تحقیق دیگری مشخص شد که کاربرد مستقیم محلول شامل کنیدی این سویه قارچ (*T. harizianum* T22) سبب مرگ و میر پوره‌ها (بین ۶۰ تا ۷۵ درصد) و بالغین (بین ۵۷ تا ۷۲ درصد) شته پشمی نیشکر *Ceratovacuna lanigera* Zehntner در اثر استفاده از غلظت ۱۰۸ کنیدی در میلی‌لیتر قارچ شده است (Battaglia et al., 2013). نتایج این تحقیق مشابه تحقیق حاضر در ایجاد مرگ و میر در حشرات آفت است. در تحقیق حاضر نیز استفاده از غلظت ۱۰۷ از کنیدی این سویه قارچ در گیاه سبب مرگ و میر حدود ۲۵ درصد لاروهای *H. armigera* شد. القای اسید جاسمونیک و سایر ترکیبات دفاعی در اثر استفاده از قارچ *T. harizianum* T22 در گیاه گوجه فرنگی آلوده به شته سیب‌زمینی *Macrosiphum euphorbiae* توسط کاپولا و همکاران (Coppola et al., 2019) مشاهده شده است. این محققین نشان دادند که استفاده از این سویه قارچ تریکودرما سبب کاهش جمعیت شته مذکور شد. همچنین در مطالعه ای دیگر عظیمی و همکاران با مطالعه تاثیر سویه Tr6 این قارچ مشاهده کردند که جمعیت شته سیاه باقلا و نرخ ذاتی رشد جمعیت آن

همچنین، باروری و زادآوری حشرات ماده *H. armigera* لاروهای آن‌ها روی گیاهان تیمار شده با *T. harizianum* T22 پرورش داده شدند به طور معنی‌داری کمتر از حشرات تغذیه شده از گیاهان شاهد بود که می‌تواند نشان‌دهنده‌ی پایین‌بودن کیفیت گیاهان تیمار شده با قارچ باشد. این نتایج بیانگر آن است که استفاده از این سویه قارچ سبب کاهش کیفیت تغذیه‌ای گیاهان برای حشره شده است. بنابراین، کیفیت پایین غذا باعث کاهش میزان زیست توده لاروها و افزایش درصد مرگ و میر آن‌ها روی گیاهان تیمار شده با قارچ تریکودرما شده است. در نهایت، میزان تخم‌ریزی و درصد تفریح تخم در ماده‌های تغذیه شده از گیاهان تیمار شده با قارچ کمتر از حشرات تغذیه شده با گیاهان شاهد بود. در مطالعه‌ای مشابه مطالعه حاضر و با مقادیر مشابه قارچ به کار برده شده، آلینک و همکاران (Alinc et al., 2021) با مطالعه تاثیر قارچ *T. harizianum* T22 روی برخی پارامترهای زیستی و تغذیه‌ای از جمله نرخ رشد نسبی پوره‌های سن سبز، *Nezara viridula* L. ثابت کردند که تلقیح ریشه گیاهان گوجه فرنگی با این سویه قارچ تریکودرما سبب کاهش تغذیه و کاهش نرخ رشد نسبی پوره‌ها شده و همچنین از نظر مولکولی گیاه را تحت تاثیر قرار داده است و تولید اسید جاسمونیک افزایش یافته است. در مطالعه‌ای مختلفی تاثیر منفی انواع سویه‌های قارچ‌های تریکودرما روی شاخص‌های زیستی برخی حشرات گزارش شده است. در مطالعه‌ای محققین (Battaglia et al., 2013) تاثیر سویه MK1 قارچ تریکودرما گونه *Trichoderma longibrachiatum* روی دفاع مستقیم و غیرمستقیم گیاه گوجه

اصلی را در دفاع گیاه در برابر تنش‌های زیستی و غیر زیستی ایفا می‌کنند. فعالیت این آنزیم‌ها همچنین با مقاومت در برابر تغذیه حشرات جونده و مکنده همراه است. علاوه بر این، این آنزیم‌ها مانند سایر ژن‌های دفاعی، اغلب در پاسخ به مولکول‌های سیگنال‌دهنده و آسیب‌های ناشی از زخم مکانیکی، پاتوژن‌ها یا حشرات آفت در گونه‌های مختلف گیاهی به طور متفاوت القا می‌شوند (Gull et al., 2019).

در پژوهش حاضر مشخص شد که شاخص‌های رشد گیاه و عملکرد (وزن میوه‌ها) و همچنین مقادیر عناصر کم مصرف و پر مصرف در برگ‌های گیاهان تیمار شده به‌طور معنی‌داری بیشتر از گیاهان تیمار نشده (شاهد) بود. همانطور که از نتایج این مطالعه استنباط می‌شود، استفاده از *T. harizianum* T22 علاوه بر جذب بیشتر و بهتر برخی از مواد مغذی، تأثیر غیرمستقیم بر رشد سیستم ریشه گیاه گوجه‌فرنگی داشته است. متقابلاً، حجم بیشتر ریشه باعث جذب بیشتر برخی عناصر ریز مانند منیزیم، روی، آهن و مس و سایر آنیون‌ها و کاتیون‌های مفید مانند یون‌های فسفات و سولفات برای گیاه می‌شود. این فعل و انفعالات باعث افزایش سطح سبز گیاهی مانند تعداد برگ و همچنین اندام‌های زایشی (میوه) شده است در نتیجه مشخص می‌شود که این سویه قارچ تریکودرما سبب رشد رویشی و عملکرد گیاهان تیمار شده نسبت به شاهد شده است.

از نتایج این تحقیق اینگونه استنباط می‌شود که استفاده از فرآورده زیستی *T. harizianum* T22 به جذب بیشتر مواد مغذی به گیاه کمک کرده و باعث تحریک و تقویت سیستم دفاعی گیاه در برابر حمله کرم میوه گوجه‌فرنگی شد. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که استفاده از موجودات زنده مفید خاک برای تقویت دفاع گیاه در جهت حفاظت از محصول، یک رهیافت امیدوارکننده برای کنترل آفات به منظور کاهش کاربرد آفت‌کش‌ها می‌باشد.

سپاسگزاری

بدین وسیله مولفین از دانشگاه تحصیلات تکمیلی صنعتی و فناوری پیشرفته و همچنین سازمان جهاد کشاورزی و منابع طبیعی استان کرمان در حمایت مالی از این پژوهش قدردانی می‌نمایند.

کاهش محسوسی روی گیاهان باقلای تیمار شده نسبت به گیاهان تیمار نشده داشته است (Azimi et al., 2020).

در مطالعه حاضر مشخص شد که میزان پراکسید هیدروژن (H_2O_2) و اسید آمینه پرولین در برگ گیاهان تیمار شده به‌طور معنی‌داری بیشتر از گیاهان شاهد بود. همچنین مقدار این دو ماده در گیاهان تیمار شده (بدون آفت) به‌طور معنی‌داری بیشتر از گیاهان شاهد بود. از دلایل این امر می‌توان به تحریک سیستم دفاعی گیاه توسط قارچ اشاره نمود که به تولید بیشتر مواد دفاعی مانند پراکسید هیدروژن و پرولین منتج شده است و در نتیجه تأثیر مخرب روی فیزیولوژی حشره می‌گذارد. گیاهان آسیب دیده محرک‌هایی تولید می‌کنند که با بیان ژن‌های مربوطه تولید ترکیبات ثانوی فرار و غیر فرار مانند ترکیبات فنلی، هورمون‌های گیاهی (اسیدهای جاسمونیک و سالیسیلیک)، پراکسید هیدروژن، مهارکننده‌های پروتئیناز و اسیدهای آمینه دخیل در دفاع گیاهی (مانند پرولین) را فعال می‌کنند (War et al., 2012). از آنجایی که تولید پراکسید هیدروژن و اسید آمینه پرولین در مسیر متابولیک یکسانی می‌باشند، لذا تولید این دو ترکیب دفاعی در گیاهان تیمار شده افزایش قابل توجهی نسبت به شاهد داشته است. بنابراین، تجمع سریع پراکسید هیدروژن یک رویداد اولیه پس از آسیب گیاهخواری است که نقش‌های متعددی را در دفاع از گیاهان در جهت مقابله با گیاهخواران ایفا می‌کند (Bi and Felton, 1995; Zhang et al., 2022). بنابراین، این موضوع در مقایسه مقادیر این دو ترکیب در گیاهانی که تحت تغذیه لارو حشره آفت نبوده‌اند هم کاملاً مشخص است که وجود این قارچ سبب تحریک سیستم دفاعی گیاه شده است. در گیاهان تحت تغذیه لارو آفت این مقادیر در اثر آسیب وارده به بافت میوه گیاه گوجه‌فرنگی به‌طور محسوسی بیشتر شده است که در شرایط تنش، در بسیاری از گونه‌های گیاهی اسید آمینه پرولین به عنوان یک پاسخ سازگار به شرایط نامطلوب تجمع می‌یابد (War et al., 2012).

در مطالعه حاضر مشخص شد که فعالیت آنزیم‌های اکسیداسیون گیاهان تیمار شده (بدون آفت و با آفت) در مقایسه با گیاهان شاهد افزایش یافت. اکسیداسیون فنل‌های کاتالیز شده توسط پلی فنل اکسیداز (PPO) و کاتالاز (CAT) یک مکانیسم دفاعی بالقوه در گیاهان در برابر حشرات گیاهخوار است. این آنزیم‌ها در گیاهان نقش

منابع

1. Abdul-Wahid, O.A., & Elbanna, S.M. (2012). Evaluation of the insecticidal activity of *Fusarium solani* and *Trichoderma harizianum* against cockroaches; *Periplaneta americana*. *African Journal of Microbiology Research* 6: 1024-1032. <http://doi.org/10.5897/Agmeri11.300>.
2. Alinc, T., Cusumano, A., Peri, E., Torta, L., & Colazza, S. (2021). *Trichoderma harizianum* strain T22 modulates direct defense of tomato plants in response to *Nezara viridula* feeding activity. *Journal of Chemical Ecology* 47: 455-462. <http://doi.org/10.1007/s10886-021-01260-3>.
3. Amini, S., Ghobadi, S., & Yamchi, A. (2015). Proline accumulation and osmotic stress: an overview of P5CS gene

- in plants. *Journal of plant Molecular Breeding* 3: 44-5. <http://doi.org/10.22058/JPMB.2015.17022>.
4. Azimi, S., Saedeh, S., & Alizadeh, A. (2020). Effect of bean plant treatment with *Trichoderma harzianum* TR6 on the biology of bean aphid *Aphis fabae*. *Journal of Applied Research in Plant Protection* 10: 1-16. (In Persian with English Abstract)
5. Bates, L.S., Waldren, R.P., & Teare, I.D. (1973). Rapid determination of free proline for water-stress studies. *Plant and Soil* 39: 205-207.
6. Battaglia, D., Bossi, S., Cascone, P., Digilio, M.C., Prieto, J.D., Fanti, P., Guerrieri, E., Iodice, L., Lingua, G., & Lorito, M. (2013). Tomato below ground-above ground interactions: *Trichoderma longibrachiatum* affects the performance of *Macrosiphum euphorbiae* and its natural antagonists. *Molecular Plant Microbe Interaction* 26: 1249-1256.
7. Bi, J.L., & Felton, G.W. (1995). Foliar oxidative stress and insect herbivory: Primary compounds, secondary metabolites, and reactive oxygen species as components of induced resistance. *Journal of Chemical Ecology* 21: 1511-1530.
8. Cardoza, Y.J., Klepzig, K.D., & Raffa, K.F. (2006). Bacteria in oral secretions of an endophytic insect inhibit antagonistic fungi. *Ecological Entomology* 31: 636-645.
9. Chance, B., & Maehly, A.C. (1955) Assay of Catalase and Peroxidase. *Methods in Enzymology* 2: 764-775.
10. Coppola, M., Cascone, P., Di Lelio, I., Woo, S.L., Lorito, M., Rao, R., Pennacchio, F., Guerrieri, E., & Digilio, M.C. (2019). *Trichoderma atroviride* P1 colonization of tomato plants enhances both direct and indirect defense barriers against insects. *Front Physiology* 10: 1-12.
11. Dicke, M., & Hilker, M. (2003). Induced plant defences: from molecular biology to evolutionary ecology. *Basic Applied Ecology* 4: 3-14.
12. Fitt, G.P., Zalucki, M.P., & Twine, P. (1989). Temporal and spatial patterns in pheromone-trap catches of *Helicoverpa* spp. (Lepidoptera: Noctuidae) in cotton-growing areas of Australia. *Bulletin of Entomological Research* 79: 145-161.
13. Gull, A., Lone, A.A., & Wani, N. (2019). *Biotic and Abiotic Stresses in Plants*. <http://doi.org/10.5772/intechopen.85832>.
14. Harman, G.E., Howell, C.R., Viterbo, A., Chet, I., & Lorito, M. (2004). *Trichoderma* species—opportunistic, avirulent plant symbionts. *Nature reviews Microbiology* 2: 43-56.
15. Kessler, A., & Baldwin, I.T. (2001). Defensive function of herbivore-induced plant volatile emissions in nature. *Science* 291: 2141-2144.
16. Mazzi, D., & Dorn, S. 2012. Movement of insect pests in agricultural landscapes. *Annals of Applied Biology* 160: 97-113. <http://doi.org/10.1111/j.1744-7348.2012.00533.x>.
17. Ousley, M.A., Lynch, J.M., & Whipps, J.M. (1994). Potential of *Trichoderma* spp. as consistent plant growth stimulators. *Biology and Fertility of Soils* 17: 85-90.
18. Qing-hua, Y., Li, Y., Qing, W., & Xiao-Qin, M. (2012). Determination of major and trace elements in six herbal drugs for relieving heat and toxicity by ICP-AES with microwave digestion. *Journal of Saudi Chemical Society* 16: 287-290.
19. Santamarina-Fojo, S., Peterson, K., Knapper, C., Qiu, Y., Freeman, L., Cheng, J.F., & Brewer, H.B. (2000). Complete genomic sequence of the human ABCA1 gene: analysis of the human and mouse ATP-binding cassette A promoter. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 97: 7987-7992.
20. Smith, R.J., Lee, E.C., Kimberling, W.J., Daiger, S.P., Pelias, M.Z., Keats, B.J., & Hejtmancik, J.F. (1992). Localization of two genes for Usher syndrome type I to chromosome 11. *Genomics* 14: 995-1002.
21. Tefera, T., & Vidal, S. (2009). Effect of inoculation method and plant growth medium on endophytic colonization of sorghum by the entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana*. *BioControl* 54: 663-669. <http://doi.org/10.1007/s10526-009-9216-y>.
22. Velikova, V., Yordanov, I., & Edreva, A. (2000). Oxidative stress and some antioxidant systems in acid rain treated bean plants: Protective role of exogenous polyamines. *Plant Science* 151: 59-66.
23. Vinale, F., Sivasithamparam, K., Ghisalberti, E.L., Marra, R., Woo, S.L., & Lorito, M. (2008). *Trichoderma*-plant-pathogen interactions. *Soil Biology and Biochemistry* 40: 1-10. <http://doi.org/10.1007/s12088-012-0308-5>.
24. War, A.R., Paulraj, M.G., Ahmad, T., Buhroo, A.A., Hussain, B., Ignacimuthu, S., & Sharma, H.C. (2012). Mechanisms of plant defense against insect herbivores. *Plant Signal Behavior* 7: 1306-1320. <http://doi.org/10.4161/psb.21663>.
25. Wesche-Ebeling, P., & Montgomery, M.W. (1990). Strawberry polyphenoloxidase: Extraction and partial characterization. *Journal of Food Science* 55: 1320-1324.
26. Windham, M.T., Elad, Y., & Baker, R. (1986). Mechanism for increased plant growth induced by *Trichoderma* spp. *Phytopathology* 76: 518-521.

27. Zalucki, M.P., Daglish, G., Firempong, S., & Twine, P. (1986). The biology and ecology of *Heliothis armigera* (Hubner) and *Heliothis punctigera* Wallengren (Lepidoptera, Noctuidae) in Australia-What do we know. *Australian Journal of Zoology* 34: 779-814.
28. Zhang, Y., Zhou, H., Tang, Y., Luo, Y., & Zhang, Z. (2022). Hydrogen peroxide regulated salicylic acid- and jasmonic acid-dependent systemic defenses in tomato seedlings. *Food Science and Technology* 42: e54920. <http://doi.org/10.1590/fst.54920>.



Evaluation of Induction of Sethoxydim Tolerance in Maize (*Zea mays* L.) Using Salicylic Acid as a Safener

A. Shafeei¹, M. Rastgoo^{2*}, E. Izadi Darbandi³, A. Ghanbari⁴

Received: 27-09-2020

Revised: 20-02-2021

Accepted: 10-03-2021

Available Online: 21-11-2022

How to cite this article:

Shafeei, A., Rastgoo, M., Izadi Darbandi, E., & Ghanbari, A. (2022). Evaluation of Induction of Sethoxydim Tolerance in Maize (*Zea mays* L.) Using Salicylic Acid as a Safener. *Journal of Iranian Plant Protection Research* 36(3): 327-337. (In Persian with English abstract)

DOI: [10.22067/JPP.2021.32832.0](https://doi.org/10.22067/JPP.2021.32832.0)

Introduction

Herbicide safeners are chemical compounds used in combination with herbicides to make them "safer" that is, to reduce the effect of the herbicide on crop plants, and to improve selectivity between crop plants versus weed species being targeted by the herbicide. Herbicide safeners can be used to pretreat crop seeds prior to planting, or they can be sprayed on plants as a mixture with the herbicide. Salicylic acid (SA) and other salicylates are known to affect various physiological and biochemical activities of plants and may play a key role in regulating their growth and productivity. This hormone is synthesized by many plants and is accumulated in the plant tissues as the impact of unfavorable abiotic factors, contributing to the increase of plants resistance to stress. The aim of this study was to evaluate the efficacy of salicylic acid as a safener in corn tolerance to non-selective herbicide; sethoxydim, and the response of two weed species of johnsongrass (*Sorghum halepense* (L.) Pers.) and junglerice (*Echinochloa colona* (L.) Link) to it.

Materials and methods

The effect of sethoxydim (0.5, 22.5, 45, 94, 187 and 375 grams of active ingredient per hectare), and salicylic acid (in concentrations of 0, 1 and 2 mM) as factorial experiment in a completely randomized design were investigated to evaluate the response of fresh weight of corn, johnsongrass and junglerice. Salicylic acid treatment was used in seed priming form also. Pre-treatment of salicylic acid was done three days before herbicide spraying. Spraying different doses of sethoxydim herbicide in a complete five-leaf stage, was done using a mobile rail sprayer (Matabi, Spain) equipped with a flat-fan nozzle (8002), a delivery of 220 L ha⁻¹ and a spray pressure of 200 kPa. To investigate the changes in photosynthesis in the treated plants, chlorophyll fluorescence of the leaves was evaluated on the sixth day after application of herbicides by PEA model fluorometer. Three weeks after spraying the herbicide, the shoots of the plants were removed from the surface of the pot and their fresh weight was measured. Analysis of variance was performed using generalized linear models (GLM) in SAS 9.2 software environment. Before performing analysis of variance to determine the normality of the data from Anderson-Darling test in Minitab ver. 17 were used, and in cases of non-normal data, Box-cox two-way power transformation was used in the same software. Analysis of variance, was performed as a factorial experiment for each plant to investigate the effect of the herbicide dose of sethoxydim and the concentration of salicylic acid and their interaction. The trend of wet weight changes of different species under the influence of different amounts of herbicide sethoxydim was investigated using the four parameters log-logistic equation.

Results and Discussion

Dose-response curves of fresh weight of the treated plants showed that weeds were significantly affected by sethoxydim compared to corn. In all species, by increasing the concentration of salicylic acid, the ED₅₀ increased. For all three levels of salicylic acid treatment, this parameter was the greatest in salicylic acid

1, 2, 3 and 4– M.Sc. Student, Professors and Associate Professor in Department of Agrotechnology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran, respectively.

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

treatment as seed priming than others, and the lowest values of this parameter were observed for jungle rice. The highest amount of ED₅₀ was 210 gram of active ingredient per hectare for corn sown with 2 mM / L salicylic acid treatment, and the lowest value was 31.5 gram of active ingredient per hectare for non-salicylic acid treatment in jungle rice. Kutsky's curves for corn and weeds showed that Fluorescence chlorophyll was increased with the use of steroids herbicide, but salicylic acid treatment could reduce the rate of chlorophyll fluorescence, so that weed and corn after weeding the control without grass was observed at the lowest salicylic acid treatment (2 mM / L).

Conclusion

In general, the results of this experiment showed that under the influence of sethoxydim, all three species of maize, johnsongrass and junglerice showed a positive response to salicylic acid foliar application. Therefore, in order to use salicylic acid as a safener, its seed treatment in corn should be used. Overall, the results showed that salicylic acid can be used as a stress reducer due to the use of sethoxydim in narrow-leaved plants. But as a safener we cannot use it universally and foliar spraying, because there is no differentiation in the response of crops and weeds. Therefore, in the use of salicylic acid as an immunizer for the sethoxydim, its seed treatment will give better results.

Keywords: Graminicide, Fluorescence chlorophyll, Junglerice, Johnsongrass

ارزیابی القای تحمل به ستوکسیدیم در ذرت (*Zea mays* L.) با استفاده از سالیسیلیک اسید به عنوان ایمن‌ساز

ایوب شافعی^۱ - مهدی راستگو^{۲*} - ابراهیم ایزدی دربندی^۳ - علی قنبری^۴

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۷/۰۶

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۲/۲۰

چکیده

با هدف مطالعه کارایی سالیسیلیک اسید به عنوان ایمن‌ساز در تحمل ذرت به علف‌کش غیرانتخابی ستوکسیدیم و نیز ارزیابی پاسخ دو گونه قیاق (*Sorghum halepense* (L.) Pers.) و درنه (*Echinochloa colona* (L.) Link) به آن آزمایشی به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار، در سال ۱۳۹۴ در گلخانه تحقیقاتی دانشگاه فردوسی مشهد، اجرا شد. عامل اول دز علف‌کش ستوکسیدیم در مقادیر صفر، ۲۲/۵، ۴۵، ۹۴، ۱۸۷ و ۳۷۵ گرم ماده موثره در هکتار و عامل دوم نیز تیمار با سالیسیلیک اسید در غلظت‌های صفر، ۱ و ۲ میلی‌مولار بود. نتایج نشان داد که علف‌هرز درنه نسبت به ذرت و قیاق، بیشتر تحت تأثیر دزهای علف‌کش ستوکسیدیم قرار گرفت. در همه گونه‌ها با افزایش غلظت سالیسیلیک اسید، دز موثر برای کاهش وزن تر به نصف بیشینه (ED_{50}) افزایش یافت. برای هر سه سطح تیمار سالیسیلیک اسید، مقدار این پارامتر در ذرت بذرمال شده توسط سالیسیلیک اسید بالاتر از سایر بود و کمترین مقدار این پارامتر نیز برای علف‌هرز درنه مشاهده شد. بالاترین مقدار ED_{50} برابر ۲۱۰ گرم ماده موثره در هکتار برای ذرت بذرمال شده با ۲ میلی‌مولار در لیتر از سالیسیلیک اسید، و کمترین مقدار آن برابر ۳۱/۵ گرم ماده موثره در هکتار برای درنه بدون محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید مشاهده شد. با کاربرد علف‌کش ستوکسیدیم میزان کلروفیل فلورسنس افزایش یافت اما تیمار سالیسیلیک اسید توانست روند افزایشی میزان کلروفیل فلورسنس را کاهش دهد. نتایج نشان داد که تیمار بذرمال کردن سالیسیلیک اسید به عنوان ایمن‌ساز برای علف‌کش ستوکسیدیم، نتیجه بهتری داد.

واژه‌های کلیدی: درنه، علف‌کش باریک برگ‌کش، قیاق، کلروفیل فلورسنس

مقدمه

(Burton et al., 1991). علاوه بر مختل کردن بیوسنتز اسیدهای

چرب به عنوان جایگاه عمل^۵، گزارش شده است که بازدارنده‌های استیل کوآنزیم آ کربوکسیلاز موجب تولید بیش از اندازه رادیکال‌های آزاد و ترکیبات تنش‌زای اکسیداتیو به مانند پراکسید هیدروژن می‌شوند (Saratovskikh, 2013; Guo et al., 2018; Romero-Puertas et al., 2004). به تبع تولید این محصولات و نیز تجمع مالون‌دی‌آلدئید، پراکسیداسیون چربی‌ها و آسیب به غشاهای سلولی افزایش می‌یابد که نتیجه از بین رفتن سلول و تسریع پیری گیاه را به دنبال دارد (Draper and Hadley, 1990).

ایمن‌سازها یا به عبارت دیگر پادزهر علف‌کش‌ها، عوامل شیمیایی هستند که تحمل گیاهان زراعی تک‌لپه‌ای را به علف‌کش‌های غیرانتخابی برای آنها بدون تحت تأثیر قرار دادن کارایی علف‌کش

ستوکسیدیم علف‌کشی پس‌رویشی انتخابی برای کنترل باریک برگ‌های یکساله و چندساله در گیاهان زراعی پهن برگ؛ عمدتاً چغندرقد (*Beta vulgaris* L.) و پیاز (*Allium cepa* L.) در ایران، متعلق به خانواده سیکلوپس‌گزان دیون‌ها می‌باشد (WSSA, 2014). این علف‌کش موجب جلوگیری از بیوسنتز اسیدهای چرب، از طریق بازدارندگی عمل آنزیم استیل کوآنزیم آ کربوکسیلاز (ACCCase; EC 6.4.1.2)، می‌شود. این آنزیم با عمل کربوکسیلاسیون استیل کوآنزیم آ به مالونیل کوآنزیم آ، نقش کلیدی در بیوسنتز اسیدهای چرب دارد

۱، ۲، ۳ و ۴- به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد، استادان و دانشیار گروه آگروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران
(Email: m.rastgoo@um.ac.ir)
(*)- نویسنده مسئول:

اسید به عنوان ایمن ساز در تحمل ذرت به علف‌کش غیرانتخابی *Sorghum halepense* (L.) ستوکسیدیم و نیز کنترل دو گونه قیاق (*Echinochloa colona* (L.) Link) به عنوان مهم ترین علف‌های هرز باریک برگ مزارع ذرت کشور در شرایط تیمار شده با سالیسیلیک اسید اجرا شد.

مواد و روش‌ها

بذرهای بالغ و رسیده دو علف هرز قیاق و درنه در مرداد ماه سال ۱۳۹۱ به ترتیب از حومه اطراف شهر قزوین (واقع در طول جغرافیایی ۴۹° ۹۹' شرقی و عرض جغرافیایی ۳۶° ۲۵' شمالی؛ ارتفاع از سطح دریا ۱۲۹۲ متر) و کشت و صنعت کارون (واقع در طول جغرافیایی ۴۸° ۷۱' شرقی و عرض جغرافیایی ۳۲° ۱۸' شمالی؛ ارتفاع از سطح دریا ۸۳ متر) جمع‌آوری شدند. این بذرها تا شروع آزمایش در آزمایشگاه تحقیقات علف‌های هرز دانشگاه فردوسی مشهد تحت شرایط هوای آزاد نگهداری شدند. برای گیاه ذرت نیز از بذر رقم سینگل کراس ۷۰۴ استفاده شد.

آزمایش در سال ۱۳۹۲ در گلخانه تحقیقاتی دانشگاه فردوسی مشهد (واقع در طول جغرافیایی ۵۲° ۵۹' شرقی و عرض جغرافیایی ۳۶° ۳۰' شمالی؛ ارتفاع از سطح دریا ۱۰۸۳ متر) انجام پذیرفت. تأثیر دو عامل دز علف‌کش ستوکسیدیم (صفر، ۲۲/۵، ۴۵، ۹۴، ۱۸۷ و ۳۷۵ گرم ماده موثره در هکتار) و تیمار با سالیسیلیک اسید (در غلظت‌های صفر، ۱ و ۲ میلی‌مولار) به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار بر وزن تر قیاق، درنه و ذرت مورد بررسی قرار گرفت. تیمار سالیسیلیک اسید برای هر سه گیاه بصورت محلول پاشی برگ‌ی و برای ذرت بصورت بذر مال نیز انجام شد.

برای هر سه گونه گیاهی از کاشت مستقیم بذر استفاده شد. بذرهای قیاق و درنه پیش از کاشت تحت تأثیر تیمار یک دقیقه‌ای سولفوریک اسید ۹۵٪ (مرک، آلمان) و سپس آبشویی ۱۰ دقیقه‌ای با آب مقطر قرار گرفتند. بذرهای ذرت پیش از کاشت تحت تیمار هیپوکلریت سدیم ۵٪ به مدت پنج دقیقه و سپس به مدت ۳ دقیقه با آب مقطر آبشویی شدند. کاشت در گلدان‌های ۲ لیتری حاوی خاک، خاک برگ و ماسه بادی با نسبت ۱:۱:۱ انجام شد. مشخصات خاک مورد استفاده در گلدان‌ها در جدول ۱ ارائه شده است. محیط کشت گلدان پیش از شروع آزمایش به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت تا ضدعفونی شود. در هر گلدان ۸ عدد بذر کاشته شد، که در مرحله ۲ برگ‌ی تعداد گیاهچه‌ها در همه گلدان‌ها به ۴ عدد سالم کاهش یافت و با استفاده از محلول ۲٪ کود ۲۰-۲۰-۲۰ NPK+TE (زعیم، ایران) تغذیه شدند. در طول دوره آزمایش گلدان‌ها در دمای گلخانه بین ۳۰-۲۵ درجه سانتی‌گراد و بدون محدودیت نوری در طول روز نگهداری شدند.

افزایش می‌دهند (Jablonkai, 2013). ایمن‌سازها مزیت‌های بسیاری را در برنامه مدیریت شیمیایی علف‌های هرز ایجاد کرده‌اند که از مهم‌ترین آنها کنترل انتخابی علف‌های هرز در گیاهان زراعی با خانواده گیاهی مشابه و استفاده از علف‌کش‌های غیرانتخابی برای کنترل انتخابی علف‌های هرز در گیاه زراعی می‌باشند (Davies and Caseley, 1999). بنابراین می‌تواند طیف علف‌کش‌های مورد استفاده در یک گیاه زراعی را افزایش دهد که از کلیدی‌ترین راه‌های مقابله با خطر مقاومت علف‌های هرز به علف‌کش‌ها می‌باشد (Norsworthy et al., 2012). ایمن‌سازها، بدون اینکه فعالیت علف‌کش را بر روی علف‌های هرز کاهش دهند، از صدمه علف‌کش‌ها بر روی گیاهان زراعی جلوگیری می‌کنند (VanEerd et al., 2003). یکی از دستاوردها در زمینه ایمن‌سازها، پیش تیمار سازی گیاه زراعی توسط سالیسیلیک اسید قبل از کاربرد علف‌کش‌هاست (Radwan, 2012) و هیدروکسی بنزوئیک اسید بوسیله سلول‌های ریشه تولید شده و نقش محوری در تنظیم فرآیندهای فیزیولوژیکی مختلف مثل رشد، نمو گیاه، جذب یون‌ها، فتوسنتز و جوانه زنی ایفا می‌کند. سالیسیلیک اسید یکی از ترکیبات است که به عنوان القا کننده پیام‌های دفاعی موجب فعال شدن ژن‌های تحمل به تنش‌های زنده و غیرزنده می‌شود (Halim et al., 2006). این ملکول از طریق تحریک آنزیم‌های پراکسیداز، موجب افزایش فعالیت سیستم آنتی‌اکسیداتیو گیاه می‌گردد (Rao et al., 1997 ; Radwan, 2012). کاربرد خارجی سالیسیلیک اسید می‌تواند ظرفیت آنتی‌اکسیدان سلول‌های گیاهی را تحت تأثیر قرار دهد. تحقیقات نشان داده است که تیمار سالیسیلیک اسید از صدمات ناشی از کاربرد علف‌کش‌های پاراکوات در جو (*Hordeum vulgare* L.) (Ananieva et al., 2002 ; Ananieva et al., 2004)، کلتودیم در ذرت (*Zea mays* L.) (Radwan and Soltan, 2012) و کوئین کلراک در برنج (*Oryza sativa* L.) (Wang et al., 2016) با افزایش متابولیسم آنها پیشگیری کرده است. در واقع سالیسیلیک اسید به عنوان یکی از تحریک کننده‌های بیان ژن‌های کد کننده آنزیم‌های گلوتامین-اس-ترانسفراز در گیاهان می‌باشد (Radwan and Soltan, 2012 ; Marrs, 1996)، و بدین وسیله احتمالاً متابولیسم علف‌کش‌های مذکور در پیکره گیاهان مورد مطالعه افزایش می‌یابد.

با اینکه در مدیریت علف‌های هرز ذرت، علف‌کش‌ها موثرترین و کاربردی‌ترین گزینه هستند، تا کنون از بازدارنده‌های ACCase علف‌کش اختصاصی برای آن ثبت نشده است. هرچند تعداد زیادی علف‌کش‌های اختصاصی دو منظوره از خانواده بازدارنده استولاکتات سنتتاز (ALS) در ذرت ثبت شده است، با این حال مشکل علف‌های هرز باریک برگ در مزارع ذرت کشور همچنان پابرجاست (Zand et al., 2013). بنابراین، این پژوهش با هدف ارزیابی کارایی سالیسیلیک

جدول ۱- خصوصیات شیمیایی خاک مورد استفاده در آزمایش
Table 1- Soil chemical properties of the experiment site

بافت خاک Soil texture	نیترژن کل Total N (%)	فسفر قابل دسترس Available P (ppm)	پتاسیم قابل دسترس Available K (ppm)	ماده آلی Organic matter (%)	اسیدیته pH	هدایت الکتریکی Electrical conductivity (dS.m ⁻¹)
سیلتی رسی لومی Silty clay loam	0.0365	3.1	306	0.53	7.61	2.420

گرفته شد.

به منظور بررسی چگونگی تغییرات فتوسنتز در گیاهان تیمار شده، کلروفیل فلورسنس برگ در روز ششم پس از اعمال علف‌کش‌ها توسط دستگاه فلورومتر مدل PEA (هندساتک، انگلستان) مورد ارزیابی قرار گرفت. بدین منظور اندازه‌گیری‌ها بر روی برگ‌های قرار گرفته در شرایط تاریکی به مدت ۳۰ ثانیه در مرحله رشدی مشابه بصورت تابش نور با طول موج ۶۵۰ نانومتر و شدت ۳۰۰۰ میکرو مول فوتون بر متر مربع به مدت ۱۰ ثانیه انجام شد (Abbaspour and Streibig, 2007).

تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از مدل‌های خطی تعمیم‌یافته^۱ (Proc GLM) در محیط نرم‌افزار SAS 9.2 انجام پذیرفت. این مدل قابلیت برش‌دهی برهمکنش متغیرهای مستقل را دارد (Littell et al., 2006). قبل از انجام آنالیز واریانس جهت تعیین نرمال بودن داده‌ها از آزمون اندرسون-دارلینگ در نرم‌افزار Minitab ver. 17 استفاده شد. و در صورت عدم نرمال بودن داده‌ها از تبدیل توانی و دو طرفه Box-Cox در همین نرم‌افزار استفاده شد. از تجزیه واریانس به مانند آرایش فاکتورها در گلخانه به صورت آزمایش فاکتوریل برای هر گونه گیاهی، جهت بررسی تأثیر دز علف‌کش ستوکسیدیم و غلظت سالیسیلیک اسید و نیز برهمکنش آنها، انجام پذیرفت. روند تغییرات وزن تر گونه‌های مختلف تحت تأثیر مقادیر مختلف علف‌کش ستوکسیدیم با استفاده از معادله لوگ لجستیک چهار پارامتره مورد بررسی قرار گرفت (Ritz et al., 2015; Kudsk, 2008):

$$Y = c + \frac{d-c}{1+\exp(b(\log(x)-\log(Z)))} \quad (1) \text{ معادله}$$

در این معادله Y بیانگر مقدار وزن تر گونه گیاهی در دز x از علف‌کش ستوکسیدیم، x دز علف‌کش (گرم ماده موثره در هکتار)، c حداقل وزن تر گونه گیاهی (حد پایین منحنی)، d حداکثر وزن تر گونه گیاهی (حد بالای منحنی)، Z دزی از علف‌کش است که باعث

جهت تهیه محلول ۱ و ۲ میلی‌مولار از سالیسیلیک اسید، به ترتیب مقدار ۰/۱۳۸ و ۰/۲۷۶ گرم از پودر سالیسیلیک اسید (مرک، آلمان) را در یک لیتر آب مقطر حل کردیم. پیش تیمار سالیسیلیک اسید سه روز پیش از پاشش علف‌کش و با استفاده از آبپاش دستی انجام شد. به منظور نهشت مناسب محلول بر روی گیاهان، به محلول‌های تهیه شده از سالیسیلیک اسید مقدار یک میلی‌لیتر در لیتر مویان سیتوگیت (پارس زرنگاران، ایران) اضافه شد. در رابطه با تیمار بذرمال ذرت، بذرها به مدت شش ساعت در محلول‌های تهیه شده از سالیسیلیک اسید خیسانده شدند و سپس بر روی کاغذ صافی در دمای اتاق (۲۵ درجه سانتی‌گراد) خشک شدند (Metwally et al., 2003)، و سپس کشت شدند و دیگر گیاهچه‌ها تحت محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید قرار نگرفتند. برای تیمار شاهد سالیسیلیک اسید، بذرها در آب مقطر برای شش ساعت خیسانده شدند.

علف‌کش ستوکسیدیم (ناپواس؛ فرمولاسیون 12.5% OEC) از شرکت گیاه تهیه گردید. پاشش دزهای مختلف از علف‌کش ستوکسیدیم در مرحله پنج برگی کامل، با استفاده از سمپاش متحرک ریلی (ماتابی، اسپانیا) مجهز به نازل بادبرنی معمولی با شماره ۸۰۰۲، خروجی ۲۲۰ لیتر در هکتار و فشار پاشش ۲۰۰ کیلوپاسکال واقع در ارتفاع ۵۰ سانتی‌متری از گلدان انجام شد. آب مورد استفاده جهت تهیه محلول علف‌کش، آب مقطر بود. همچنین در تیمار شاهد علف‌کش (دز صفر)، هیچگونه محلول‌پاشی صورت نگرفت. سه هفته پس از پاشش علف‌کش، اندام‌های هوایی گیاهان از روی سطح گلدان برداشت شدند و وزن تر آنها اندازه‌گیری شد. دلیل استفاده از وزن تر بجای وزن خشک در این آزمایش این بود که اولاً فقط وزن گیاه زنده می‌بایست اندازه‌گیری می‌شود و دوم اینکه بر اساس تحقیقات انجام شده گیاه تیمار شده با علف‌کش در هنگام خشک شدن در مقایسه با گیاه تیمار نشده، تلفات جرم بیشتری دارد که ناشی از آسیب به بافت‌های گیاه است و این موضوع سبب افزایش خطا در آزمایش در شرایط استفاده از وزن خشک خواهد شد (Ritz et al., 2015). در مواقعی که کل سبزینه گیاه از بین رفته بود، وزن تر برابر با صفر در نظر

تجزیه رگرسیون غیر خطی و ترسیم نمودارها در محیط نرم‌افزار SigmaPlot 12.5 انجام شد. به منظور مقایسه مقادیر ED₅₀ هر گیاه در غلظت‌های مختلف سالیسیلیک اسید نیز از محیط نرم‌افزاری R و بسته نرم‌افزاری drc استفاده شد.

نتایج و بحث

تأثیر دز علف‌کش بر وزن تر ذرت و علف‌های هرز در سطح احتمال ۰/۰۱ معنی‌دار بود (جدول ۲). سالیسیلیک اسید توانست تأثیر معنی‌داری بر وزن تر درنه، قیاق و وزن تر ذرت تیمار شده با آن بصورت بذرمال داشته باشد با این حال وزن تر ذرت تیمار شده بصورت محلول‌پاشی برگ‌گی تحت تأثیر این عامل قرار نگرفت (جدول ۲). تأثیر برهمکنش دز علف‌کش و سالیسیلیک اسید بر وزن تر نیز به استثنای مورد ذرت محلول‌پاشی با سالیسیلیک اسید، برای سایر گونه‌ها معنی‌دار شد.

کاهش ۵۰ درصدی وزن تر بین حد بالا و پایین منحنی می‌شود یا همان ED₅₀ و b شیب خط مماس بر منحنی در نقطه Z می‌باشد. مقادیر ED₉₀ و ED₁₀ نیز که بیانگر دز علف‌کش که باعث کاهش ۹۰ و ۱۰ درصدی وزن تر گیاهان می‌شود محاسبه شدند. نکته اینکه هنگامی که حد پایین منحنی (c) برابر با صفر نشود نیازی به توصیف پارامتر Z نمی‌باشد، زیرا این دز سبب کاهش مطلق ۵۰ درصدی در وزن تر نمی‌شود. به زبان دیگر کاهش وزن تر که در یک میزان کاربرد برابر با Z ایجاد می‌شود، مساوی $\frac{d+c}{2}$ است! نه $\frac{d}{2}$ که برابر با کاهش ۵۰ درصدی مطلق وزن تر است. همان‌طور که اشاره شد، پارامتر d میزان وزن تر تولیدی در شاهد تیمار نشده را نشان می‌دهد و نیاز است تا دزی که این میزان را تا نصف کاهش می‌دهد برآورده شود. این دز به عنوان "ED₅₀ مطلق" نامیده می‌شود و به صورت AED₅₀ نشان داده می‌شود، که می‌توان آن را با استفاده از پارامترهای معادله (۱) در قالب معادله (۲) برآورد کرد:

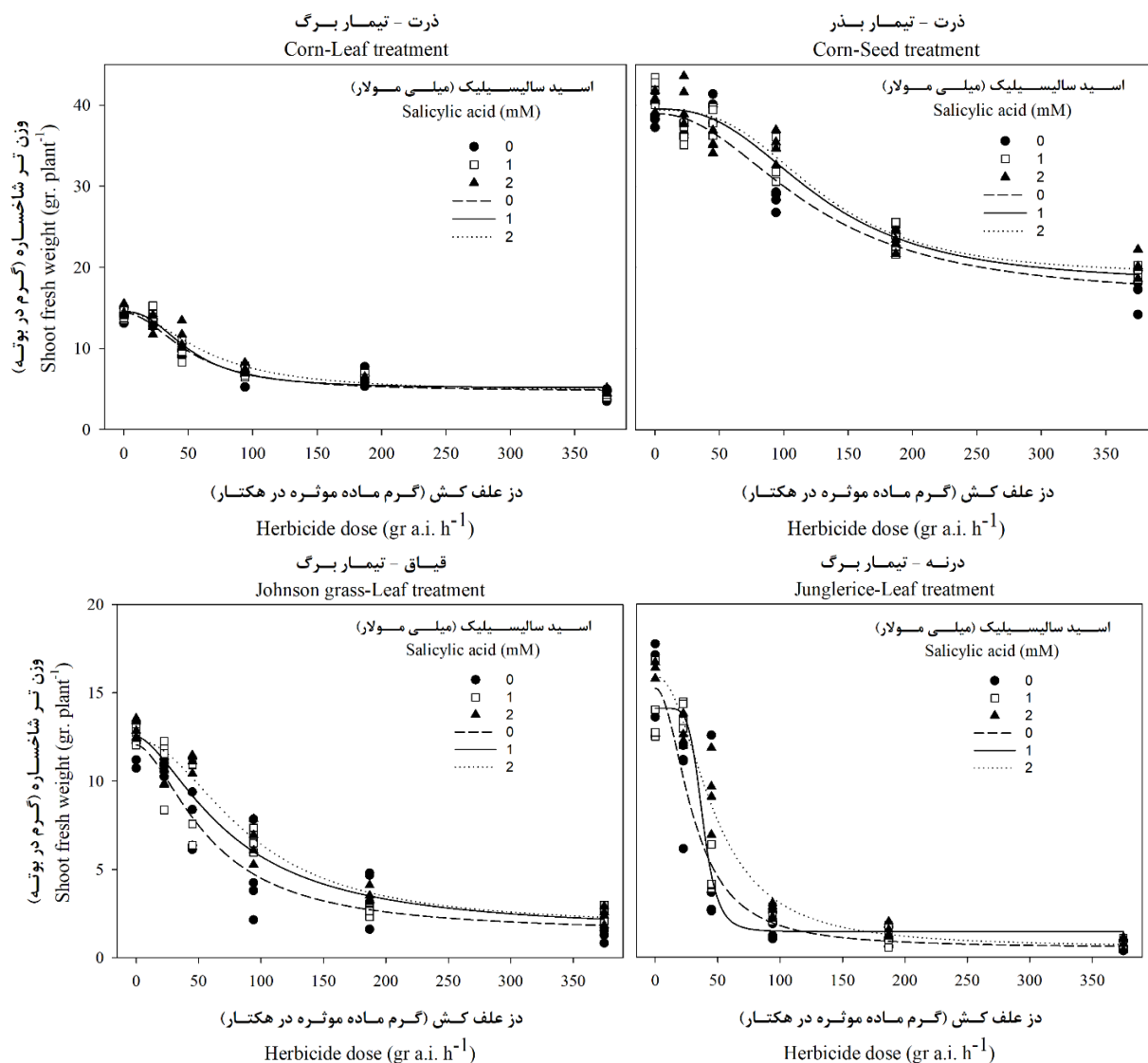
$$AED_{50} = \left(\frac{z^b d}{d-2c} \right)^{1/b} \quad \text{معادله (۲)}$$

جدول ۲- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر دز علف‌کش ستوکسیدیم و غلظت سالیسیلیک اسید بر وزن تر ذرت، قیاق و درنه
Table 2- Analysis of variance (Mean squares) of the effect of sethoxydim dose and salicylic acid concentration on the fresh weight of corn, johnsongrass and junglerice

Weight of corn, Johnsongrass and Junglerice									
منبع تغییرات Source of variation	درجه آزادی df	ذرت تیمار برگ Corn-leaf treatment		ذرت تیمار بذر Corn-seed treatment		قیاق تیمار برگ Johnson grass-leaf treatment		درنه تیمار برگ Junglerice-leaf treatment	
		VR [†]	MS [‡]	VR	MS	VR	MS	VR	MS
دز علف‌کش Herbicide dose (D)	5	95.4	196.9**	92.8	915.8**	90.2	445.4**	89.8	211.2**
سالیسیلیک اسید Salicylic acid (S)	2	0.3	1.40 ^{NS}	0.7	16.4**	1.2	14.5**	1.6	9.2**
D×S	10	1.0	1.05 ^{NS}	3.7	18.2**	2.6	6.3*	2.5	2.9*
خطا Error	55	3.3	0.62	2.8	2.56	6.0	2.7	6.1	1.1
ضریب تغییرات (درصد) Coefficient of variation (%)		8.4		5.0		26.1		15.8	
برش‌دهی برهم‌کنش دز علف‌کش و سالیسیلیک اسید برای دزهای مختلف علف‌کش D×S interaction effect sliced by herbicide dose									
0	2		0.24 ^{NS}		11.6*		4.6 ^{NS}		1.5 ^{NS}
22.5	2		1.48 ^{NS}		17.9**		14.2**		0.6 ^{NS}
45	2		3.52**		20.5**		26.1**		12.7**
94	2		0.59 ^{NS}		47.1**		0.9 ^{NS}		5.9*
187	2		0.20 ^{NS}		1.5 ^{NS}		0.2 ^{NS}		1.1 ^{NS}
375	2		0.60 ^{NS}		9.1*		0.09 ^{NS}		2.0 ^{NS}

† نسبت از واریانس کل؛ ¥ میانگین مربعات؛ NS، * و ** به ترتیب تأثیر غیر معنی‌دار و تأثیر معنی‌دار در سطح احتمال خطای ۰/۰۵ و ۰/۰۱.

†proportion of total variance; ¥ mean squares; NS, * and **, non-significant effect and significant effect at the error probability level of 0.05 and 0.01, respectively.



شکل ۱- پاسخ وزن تر ذرت، سورگوم و درنه به مقادیر مختلف کاربرد علف کش ستوکسیدیم در غلظت های مختلف سالیسیلیک اسید (نقاط داده های مشاهده شده و خطوط حاصل از برازش معادله (۱) می باشد).

Figure 1- Response of corn, johnsongrass and junglerice fresh weight to different sethoxydim dose at different concentrations of salicylic acid (Points represent observed data and lines resulted from fitting to Equation (1)).

برای این گونه پایین تر از علف های هرز مورد مطالعه بود (جدول ۳). بطور کلی در همه گونه ها با افزایش غلظت سالیسیلیک اسید، دز موثر برای کاهش وزن تر به نصف بیشینه (ED_{50}) افزایش یافت. با این حال در ذرت محلول پاشی با سالیسیلیک اسید فقط سطح بالای سالیسیلیک اسید اختلاف معنی داری با شاهد عدم کاربرد سالیسیلیک اسید داشت. همچنین از نظر مقدار، برای هر سه سطح تیمار سالیسیلیک اسید، مقدار این پارامتر در ذرت بذرمال شده توسط سالیسیلیک اسید بالاتر از سایر شرایط بود و کمترین مقدار این پارامتر نیز برای علف هرز درنه مشاهده شد.

برش دهی این برهمکنش نشان داد که در ذرت تیمار شده با سالیسیلیک اسید بصورت بذرمال، بجز در سطح ۳۷۵ گرم ماده موثره در هکتار از ستوکسیدیم، کاربرد سالیسیلیک اسید توانست بطور معنی داری وزن تر ذرت را تحت تأثیر قرار دهد. محلول پاشی ذرت توسط سالیسیلیک اسید توانست تنها در سطح ۴۵ گرم ماده موثره در هکتار از ستوکسیدیم، وزن تر ذرت را بطور معنی داری تحت تأثیر قرار دهد (جدول ۲).

منحنی های دز-پاسخ وزن تر گیاهان مورد مطالعه نشان داد که علف هرز درنه نسبت به ذرت و قیاق، بیشتر تحت تأثیر دزهای علف کش ستوکسیدیم قرار گرفت (شکل ۱) و مقادیر حد پایین منحنی

جدول ۳- پارامترها، ضرایب تبیین و جذر میانگین مربعات خطای رگرسیون مدل لوگ لجستیک برازش داده شده به رابطه وزن تر ذرت، قیاق و درنه و دز علف کش ستوکسیدیم

Table 3- Parameters, root mean square error (RMSE) and coefficients estimated for the log logistic model (Equation (1)) fitted to relationship between fresh weight of corn, johnsongrass and junglerice and sethoxydim dose

گونه Species	سالیسیلیک اسید Salicylic acid (mM)	پارامترها Parameters					
		C	d	b	AED ₅₀	RMSE	R ²
ذرت- تیمار برگ	0	4.6* (0.6)	14.3** (0.5)	4.6* (1.0)	64.2 ^b	1.0	0.93
Corn-leaf	1	5.0** (0.4)	14.5** (0.5)	5.5* (1.2)	63.5 ^b	1.0	0.94
treatment	2	4.6* (0.5)	14.4** (0.4)	4.4* (0.8)	80.0 ^a	0.8	0.95
ذرت- تیمار بذر مال	0	16.1** (2.6)	38.9** (1.0)	5.0* (1.4)	173.9 ^c	2.4	0.92
Corn-seed	1	18.0** (2.0)	39.5** (0.8)	6.1* (1.6)	188.4 ^b	2.3	0.93
treatment	2	19.0** (1.7)	39.3** (0.7)	6.9* (1.8)	210.0 ^a	2.3	0.92
قیاق- تیمار برگ	0	1.3 ^{ns} (1.0)	12.0** (0.7)	3.9* (1.1)	63.3 ^c	1.4	0.89
Johnson grass-leaf	1	1.4 ^{ns} (1.2)	12.5** (0.6)	3.7* (1.0)	81.0 ^b	1.3	0.91
treatment	2	1.7 ^{ns} (0.8)	12.3** (0.4)	4.6* (1.0)	95.7 ^a	1.0	0.94
درنه- تیمار برگ	0	0.5 ^{ns} (1.0)	15.2** (1.1)	4.6* (1.6)	31.5 ^c	2.3	0.85
Junglerice-leaf	1	1.4* (0.3)	14.1** (0.5)	14.9** (6.4)	38.7 ^b	1.0	0.96
treatment	2	0.5 ^{ns} (0.5)	15.8** (0.5)	5.0** (0.7)	47.9 ^a	1.0	0.97

مقادیر داخل پرانتز نشان دهنده خطای استاندارد می باشد. با توجه به محاسبه AED₅₀ از روی پارامترها، مقدار خطای استاندارد آن گزارش نشد.

ns, * و ** به ترتیب عدم معنی داری و معنی داری در سطح ۵ و ۱ درصد برای آزمون t.

مقادیر ED₅₀ با حروف مشابه برای هر گیاه، فاقد اختلاف معنی دار در سطح ۵ درصد می باشند.

The values in the parentheses indicate the standard error. Due to the calculation of AED₅₀ from the parameters, its standard error value was not reported.

ns, * and ** are respectively non-significant and significant at the 5 and 1 percent level for the t test.

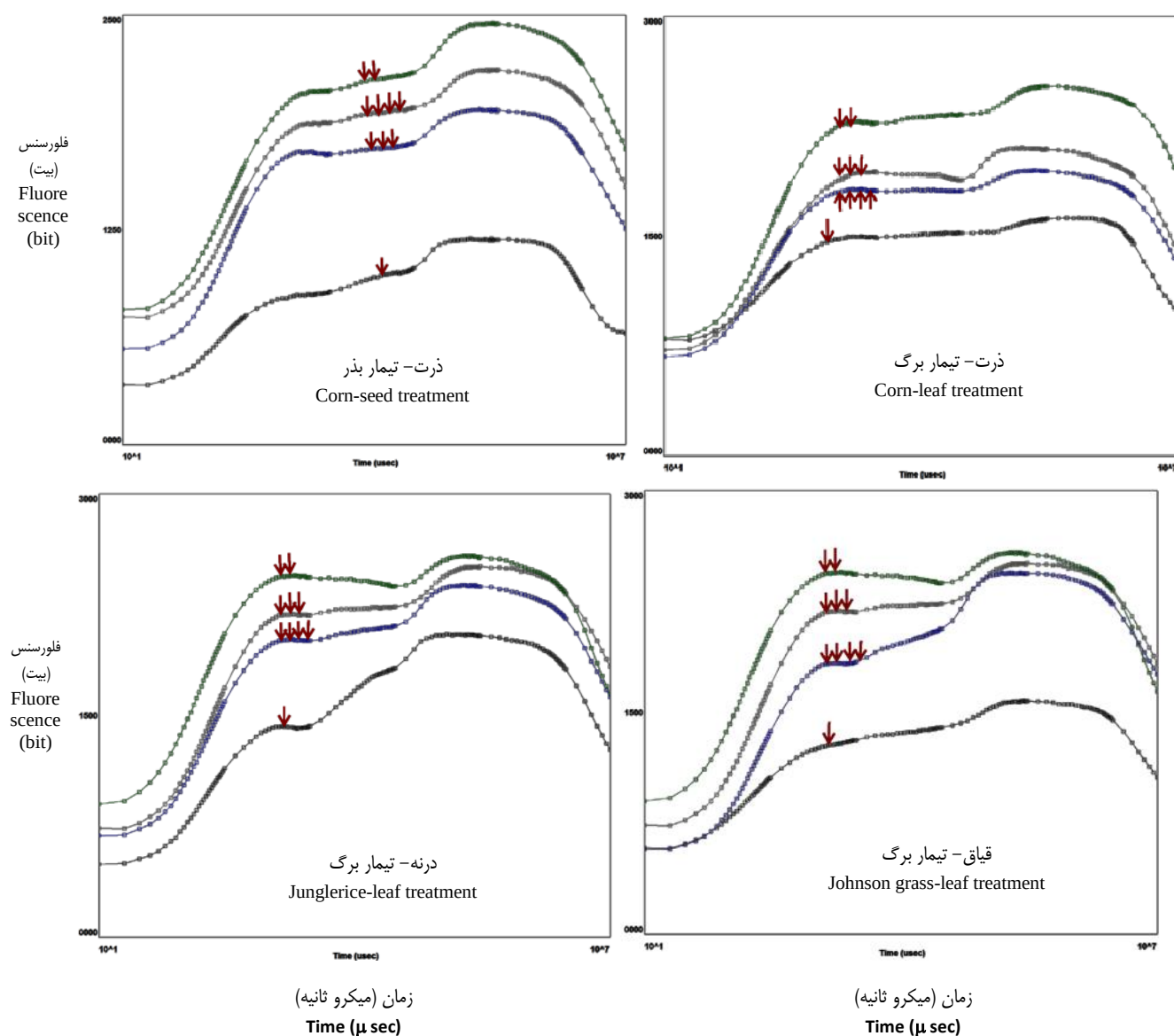
ED₅₀ values with the same letters for each plant have no significant difference at the 5% level.

سلطان (Radwan and Soltan, 2012) نیز گزارش نمودند که برگ‌های ذرت پیش تیمار شده با سالیسیلیک اسید تحت تأثیر علف کش کلتودیم در مقایسه با بدون پیش تیمار سالیسیلیک اسید، دارای کلروفیل a بیشتری بودند. اثرات ایمن کنندگی سالیسیلیک اسید را آنانیوا و همکاران (Ananieva et al., 2004) و شهرتاش و همکاران (Shahrtash et al., 2011) در برابر علف کش پاراکوات گزارش نموده‌اند.

با توجه به نتایج وزن تر و فلورسنس کلروفیل گیاهان مود مطالعه، مشخص شد که علف کش ستوکسیدیم هر دو گیاه زراعی و علف‌های هرز را تحت تأثیر منفی خود قرار می‌دهد. این تأثیر منفی علف کش ناشی از افزایش فعالیت‌های متابولیسمی در جهت از بین رفتن سلول به مانند تنش‌های اکسیداتیو و تولید رادیکال‌های آزاد هستند (Rutherford and Krieger-Liszky, 2001). در نقطه مقابل آن، سیستم آنتی‌اکسیدانتی سلول گیاهی، اعم از سیستم آنزیمی و غیر آنزیمی، در مقابل تجمع بیش از اندازه این رادیکال‌های آزاد فعالیت می‌کند. کاربرد ایمن سازها به مانند سالیسیلیک اسید به عنوان یک تهیه کننده سیستم آنتی‌اکسیدانتی (Wang et al., 2016; Zhang et al., 2018) نقش بازی می‌کند.

بالاترین مقدار ED₅₀ برابر ۲۱۰ گرم ماده موثره در هکتار برای ذرت بذر مال شده با ۲ میلی مولار در لیتر از سالیسیلیک اسید، و کمترین مقدار آن برابر ۳۱/۵ گرم ماده موثره در هکتار برای درنه بدون محلول پاشی سالیسیلیک اسید مشاهده شد (جدول ۳).
منحنی‌های کاتسکی برای ذرت و علف‌های هرز نشان دادند که، با کاربرد علف کش ستوکسیدیم میزان کلروفیل فلورسنس افزایش یافته است. اما تیمار سالیسیلیک اسید توانست روند افزایشی میزان کلروفیل فلورسنس را کاهش دهد بطوری که در علف‌های هرز و ذرت پس از تیمار شاهد بدون علف کش، کمترین میزان را تیمار سالیسیلیک اسید ۲ میلی مولار در لیتر شاهد بودیم (شکل ۲). منحنی کاتسکی تیمار ذرت با سالیسیلیک اسید به صورت بذر مال نسبت به تیمار محلول پاشی برگ، نشان داد که فلورسنس کلروفیل کمتر تحت تأثیر علف کش قرار گرفته است.

بنابراین می‌توان بیان کرد که در تیمار بذر مال سالیسیلیک اسید، فتوسنتز II ذرت به مقدار کمتری تحت تأثیر کاربرد علف کش ستوکسیدیم قرار گرفته است و ذرت‌ها در این تیمار توانایی بازیابی سیستم فتوسنتزی بالاتری را تحت تأثیر علف کش پیدا کرده‌اند. روند تغییرات در فلورسنس کلروفیل دو گونه علف هرز قیاق و درنه تحت تأثیر علف کش ستوکسیدیم شبیه به یکدیگر بود (شکل ۲). رادوان و



شکل ۲- تغییرات در کلروفیل فلورسنس a برگ گیاهان تیمار شده با سالیسیلیک اسید در ششمین روز پس از کاربرد ستوکسیدیم

(یک، دو، سه و چهار پیکان بر روی منحنی به ترتیب نشان دهنده گیاهان شاهد، تیمار شده با علفکش ستوکسیدیم در غلظت‌های صفر، یک و دو میلی‌مولار از سالیسیلیک اسید)

Figure 2- Variations in the chlorophyll a fluorescence of plant leaves treated by salicylic acid in the sixth day after sethoxydim application

(One, two, three, and four arrows on curves show non-treated plants, and treated plants with sethoxydim in the 0, 1 and 2 mM concentrations of salicylic acid, respectively).

انتقال پیام پاسخ به تنش به مانند تولید سالیسیلیک اسید و آبسیزیک اسید به عنوان ابزاری توانمند و روشی مطمئن قابل استفاده می‌باشد (Wang et al., 2016).

بیان شده است که ایمن‌سازها در ذرت، تولید RNA پیام رسان ژن‌های کد کننده In1-1 و In2-2 را به عنوان مهم‌ترین ژن‌های کدکننده پروتئین گلوتامین-اس-ترانسفراز را بطور قابل توجهی در ریشه و برگ ذرت افزایش می‌دهند (De Veylder et al., 1996 ; Jepson et al., 1994). افزایش تحمل گیاه و بالا بردن توان دفاعی آن در مقابل تنش‌های زنده و غیر زنده بوسیله فعال کردن مسیرهای

نتیجه‌گیری

شد و پیش تیمار سالیسیلیک اسید در هر دو غلظت ۱ و ۲ میلی‌مولار توانست از نوسانات بیشتر آن جلوگیری کند. در مجموع نتایج نشان داد که سالیسیلیک اسید می‌تواند به عنوان یک کاهنده تنش ناشی از کاربرد ستوکسیدیم در گیاهان باریک برگ مورد استفاده قرار بگیرد. اما به عنوان یک ایمن‌ساز نمی‌توانیم از آن بصورت سراسری و محلول‌پاشی برگ‌ی استفاده کنیم، چراکه تمایزی در پاسخ گیاه زراعی و علف‌های هرز ایجاد نمی‌شود. بنابراین در کاربرد سالیسیلیک اسید به عنوان ایمن‌ساز برای علف‌کش ستوکسیدیم، تیمار بذرمال کردن آن نتیجه بهتری خواهد داد.

سپاسگزاری

بدینوسیله از آقای مهندس سلمان رحیمی برای کمک در تجزیه و تحلیل و تفسیر داده‌ها قدردانی می‌شود.

بطور کلی نتایج این آزمایش نشان داد که تحت تأثیر علف‌کش ستوکسیدیم هر سه گونه ذرت، قیاق و درنه پاسخ مثبتی به محلول پاشی سالیسیلیک اسید نشان دادند. بنابراین با هدف کاربرد سالیسیلیک اسید به عنوان ایمن‌ساز، باید از تیمار بذرمال آن در ذرت استفاده شود. ضمن اینکه این تیمار نسبت به تیمار محلول‌پاشی برگ‌ی تأثیر مثبت‌تری بر تحمل نسب به ستوکسیدیم در ذرت ایجاد کرد. در مورد بذرمال‌سازی گیاهان زراعی با سالیسیلیک اسید تاکنون گزارشی مطرح نشده است. ولی بذرمال کردن بذره‌های گیاهان زراعی با مواد ایمن‌ساز دیگر (Hirase and Molin, 2001; Miller et al., 1994) گزارش شده است. تیمار با علف‌کش‌ها باعث افزایش کلروفیل فلورسنس می‌شود (Hess, 2000; Park and Mallory-; Smith, 2005). در این آزمایش نیز کاربرد علف‌کش ستوکسیدیم باعث افزایش میزان کلروفیل فلورسنس برگ ذرت و علف‌های هرز

منابع

1. Abbaspoor, M., & Streibig, J.C. (2007). Monitoring the efficacy and metabolism of phenylcarbamates in sugar beet and black nightshade by chlorophyll fluorescence parameters. *Pest Management Science* 63: 576-585. <https://doi.org/10.1002/ps.1382>.
2. Ananieva, E.A., Alexieva, V.S., & Popova, L.P. (2002). Treatment with salicylic acid decreases the effects of paraquat on photosynthesis. *Journal of Plant Physiology* 159: 685-93. <https://doi.org/10.1078/0176-1617-0706>.
3. Ananieva, E.A., Christov, K.N., & Popova, L.P. (2004). Exogenous treatment with salicylic acid leads to increased antioxidant capacity in leaves of barley plants exposed to paraquat. *Journal of Plant Physiology* 161(3): 319-328. <https://doi.org/10.1078/0176-1617-01022>.
4. Burton, J.D., Gronwald, J.W., Keith, R.A., Somers, D.A., Gengenbach, B.G., & Wyse, D.L. (1991). Kinetics of inhibition of acetyl-coenzyme A carboxylase by sethoxydim and haloxyfop. *Pesticide Biochemistry and Physiology* 39(2): 100-109. [https://doi.org/10.1016/0048-3575\(91\)90130-E](https://doi.org/10.1016/0048-3575(91)90130-E).
5. Davies, J., & Caseley, J.C. (1999). Herbicide safeners: a review. *Pesticide Science* 55: 1043-1058. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1096-9063\(199911\)55:11<1043::AID-PS60>3.0.CO;2-L](https://doi.org/10.1002/(SICI)1096-9063(199911)55:11<1043::AID-PS60>3.0.CO;2-L).
6. De Veylder, L., Van Montagu, M., & Inze, D. (1997). Herbicide safener-inducible gene expression in *Arabidopsis thaliana*. *Plant and Cell Physiology* 38(5): 568-577. <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.pcp.a029206>.
7. Draper, H.H., & Hadley, M. (1990). *Malondialdehyde determination as index of lipid Peroxidation*. In *Methods in enzymology* (Vol. 186, pp. 421-431). Academic press. [https://doi.org/10.1016/0076-6879\(90\)86135-i](https://doi.org/10.1016/0076-6879(90)86135-i).
8. Guo, M.J., Wang, Y.G., Dong, S.Q., Wen, Y.Y., Song, X.E., & Guo, P.Y. (2018). Photochemical changes and oxidative damage in four foxtail millet varieties following exposure to sethoxydim. *Photosynthetica* 56(3): 820-831. <https://doi.org/10.1007/s11099-017-0734-z>.
9. Halim, V.A., Vess, A., Scheel, D., & Rosahl, S. (2006). The role of salicylic acid and jasmonic acid in pathogen defence. *Plant Biology* 8: 307-13. <https://doi.org/10.1055/s-2006-924025>.
10. Hess, F.D. (2000). Light- dependent herbicides: an overview. *Weed Science* 48: 160-170. [https://doi.org/10.1614/0043-1745\(2000\)048\[0160:LDHA0\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1614/0043-1745(2000)048[0160:LDHA0]2.0.CO;2).
11. Hirase, K., & Molin, W.T. (2001). Characterization of cysteine synthase in *Echinochloa crus-galli* and its inhibition by substrate analogues. *Pesticide Biochemistry and Physiology* 69: 189-197. <https://doi.org/10.4236/ajps.2021.125052>.
12. Jablonkai, I. (2013). Herbicide safeners: Effective tools to improve herbicide selectivity. In *Herbicides-Current Research and Case Studies in Use*. InTech. <https://doi.org/10.5772/55168>.
13. Jepson, I., Lay, V.J., Holt, D.C., Bright, S.W., & Greenland, A.J. (1994). Cloning and characterization of maize herbicide safener-induced cDNAs encoding subunits of glutathione S-transferase isoforms I, II and IV. *Plant Molecular Biology* 26(6): 1855-1866. <https://doi.org/10.1007/BF00019498>.
14. Kudsk, P. (2008). Optimizing herbicide dose: a straightforward approach to reduce the risk of side effects of

- herbicides. *Environmentalist* 28: 49-55. <https://doi.org/10.1007/s10669-007-9041-8>.
15. Littell, R.C., Stroup, W.W., Milliken, G.A., Wolfinger, R.D., & Schabenberger, O. (2006). *SAS for mixed models*. SAS institute. https://doi.org/10.1111/j.1467-985X.2006.00455_9.x.
16. Marrs, K.A. (1996). The functions and regulation of glutathione S-transferases in plants. *Annual Review of Plant Biology* 47(1): 127-158. <https://doi.org/10.1146/annurev.arplant.47.1.127>.
17. Metwally, A., Finkemeier, I., Georgi, M., & Dietz, K.J. (2003). Salicylic acid alleviates the cadmium toxicity in barley seedlings. *Physiology and Biochemistry of Plant* 132: 272-281. <https://doi.org/10.1104/pp.102.018457>.
18. Miller, K.D., Irzyk, G.P., & Fuerst, E.P. (1994). Benoxacor treatment increases glutathione s-transferase activity in suspension cultures of *Zea mays*. *Pesticide Biochemistry and Physiology* 48: 123-134. <https://doi.org/10.1006/pest.1994.1013>.
19. Norsworthy, J.K., Ward, S.M., Shaw, D.R., Llewellyn, R.S., Nichols, R.L., Webster, T.M., Bradley, K.W., Frisvold, G., Powles, S.B., Burgos, N.R., & Witt, W.W. (2012). Reducing the risks of herbicide resistance: best management practices and recommendations. *Weed Science* 60: 31-62. <https://doi.org/10.1614/WS-D-11-00155.1>.
20. Park, K.W., & Mallory- Smith, C.A. (2005). Multiple herbicide resistance in downy brome (*Bromus tectrum*) and its impact on fitness. *Weed Science* 53: 780-786. <https://doi.org/10.1614/WS-05-006R1.1>.
21. Radwan, D.E.M. (2012). Salicylic acid induced alleviation of oxidative stress caused by clethodim in maize (*Zea mays* L.) leaves. *Pesticide Biochemistry and Physiology* 102(2): 182-188. <https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2012.01.002>.
22. Radwan, D.E.M., & Soltan, D.M. (2012). The negative effects of clethodim in photosynthesis and gas-exchange status of maize plants are ameliorated by salicylic acid pretreatment. *Photosynthetica* 50: 171-179. <https://doi.org/10.1007/s11099-012-0016-8>.
23. Rao, M.V., Paliyath, G., Ormrod, D.P., Murr, D.P., & Watkins, C.B. (1997). Influence of salicylic acid on H₂O₂ production, oxidative stress, and H₂O₂-metabolizing enzymes (salicylic acid-mediated oxidative damage requires H₂O₂). *Plant Physiology* 115: 137-149. <https://doi.org/10.1104/pp.115.1.137>.
24. Ritz, C., Baty, F., Streibig, J.C., & Gerhard, D. (2015). Dose-response analysis using R. *PloS One* 10(12): P.e0146021. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0146021>.
25. Romero-Puertas, M.C., McCarthy, I., Gómez, M., Sandalio, L.M., Corpas, F.J., Del Rio, L.A., & Palma, J.M. (2004). Reactive oxygen species-mediated enzymatic systems involved in the oxidative action of 2, 4-dichlorophenoxyacetic acid. *Plant, Cell & Environment* 27(9): 1135-1148. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3040.2004.01219.x>.
26. Rutherford, A.W., & Krieger-Liszky, A. (2001). Herbicide-induced oxidative stress in photosystem II. *Trends in Biochemical Sciences* 26(11): 648-653. [https://doi.org/10.1016/s0968-0004\(01\)01953-3](https://doi.org/10.1016/s0968-0004(01)01953-3).
27. Saratovskikh, E.A. (2013). Kinetics & Mechanism of Inhibition of Oxidation Enzymes by Herbicides. In *Herbicides-Advances in Research*. InTech. <https://doi.org/10.5772/54679>.
28. Shahrtash, M., Mohsenzadeh, S., & Mohabatkar, H. (2011). Salicylic acid alleviates paraquat oxidative damage in maize seedling. *Asian Journal of Experimental Biology Science* 2: 377-382.
29. VanEerd, L.L., Hoagland, R.E., Zablotowicz, R.M., & Hal, J.C. (2003). Pesticide metabolism in plants and microorganisms. *Weed Science* 51: 472-495. [http://dx.doi.org/10.1614/0043-1745\(2003\)051\[0472:PMIPAM\]2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1614/0043-1745(2003)051[0472:PMIPAM]2.0.CO;2).
30. Wang, J., Lv, M., Islam, F., Gill, R.A., Yang, C., Ali, B., Yan, G. & Zhou, W. (2016). Salicylic acid mediates antioxidant defense system and ABA pathway related gene expression in *Oryza sativa* against quinclorac toxicity. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 133: 146-156. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2016.07.002>.
31. WSSA. (2014). *Herbicide handbook*. Weed Society of America. Champaign, Illinois. 500 pp.
32. Zand E., M. A. Baghestani, N. Nezamabadi & P. Shimi. (2013). *Herbicides and the Most Important Weeds of Iran*. 4th Edition, Academic Publishing Center Press, Tehran. (In Persian)
33. Zhang, J.J., Wang, Y.K., Zhou, J.H., Xie, F., Guo, Q.N., Lu, F.F., Jin, S.F., Zhu, H.M. & Yang, H. (2018). Reduced phytotoxicity of propazine on wheat, maize and rapeseed by salicylic acid. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 162: 42-50. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2018.06.068>.



Investigation of Growth Characteristics and Phenological Stages of *Papaver dubium* L. and *Papaver rhoeas* L. Species Based on Growth Degree Day

S. Golmohammadzadeh¹, F. Zaefarian^{2*}, M. Rezvani³

Received: 06-11-2021

Revised: 13-11-2021

Accepted: 05-12-2021

Available Online: 21-11-2022

How to cite this article:

Golmohammadzadeh, S., Zaefarian, F., & Rezvani, M. (2022). Investigation of Growth Characteristics and Phenological Stages of *Papaver dubium* L. and *Papaver rhoeas* L. Species Based on Growth Degree Day. *Journal of Iranian Plant Protection Research* 36(3): 339-351. (In Persian with English abstract)

DOI: [10.22067/JPP.2021.72672.1052](https://doi.org/10.22067/JPP.2021.72672.1052)

Introduction

Plant development is defined as a series of phenological events that are controlled by external factors and determine changes in the shape or function of some organs. Temperature and photoperiod are two of the most important environmental factors affecting phenological development. *Papaver rhoeas* L. and *Papaver dubium* L., from the *Papaveraceae* family, are common annual winter weeds in northern Iran. The life cycle of these species is closely related to winter crops such as wheat (*Triticum aestivum* L.) and other winter cereals that compete severely with them. The *Papaver* species are capable of producing a huge amount of small-sized seeds that remain dormant at maturity. The timing of emergence, growth and sexual reproduction is highly important for the success of invasive weeds. Checking the phenological behavior of these plant species along with their seed production would be useful for decision-support systems helping managers select the best management strategies and, thereby, improving *P. rhoeas* and *P. dubium* control. Also, the phenology data would allow predicting these species invasibility of new areas. The present study was aimed to quantify the phenological behavior of these weeds.

Materials and Methods

In the present study, the phenology of *P. rhoeas* and *P. dubium* were studied in the research field at Agricultural Sciences and Natural Resources University of Sari, Iran, with an annual rainfall of 851 mm per year. Seeds of these species were collected from a wheat field located in Mazandaran province, north of Iran during spring 2018. These species seeds were cultivated on 12 November 2018. The phenological stages were recorded from emergence to the end of the seeding stage. The phenology was studied based on the growing degree day. At the end of the experiment, the period of each phenological stage was calculated based on the day and the growing degree day. In order to determine the morphological traits of the plant, eight sampling steps were performed. Morphological traits such as plant height, number of leaves, number of flowers, number of capsules, and dry matter were measured.

Results and Discussion

The results showed that *P. rhoeas* and *P. dubium* grow from 0 to 1723.56 and 1759.06 growth degrees day, respectively. During this period, seven phenological stages were recorded for these two species. These stages were included emergence, rosette (7-8 leaves), stem elongation and branching, blooming, flowering, fruiting, and seed maturity. The flowering stage period in both species was long, 48 days in *P. dubium* and 46 days in *P. rhoeas*. The results showed that the shortest and longest stages of development of these two weeds were emergence and stem elongation, respectively. In this study, the growth period of *P. rhoeas* and *P. dubium* took

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

(*- Corresponding Author Email: fa.zaefarian@sanru.ac.ir)

3- Associate Professor of Agronomy and Plant Breeding, Qaemshahr Branch, Islamic Azad University, Qaemshahr, Iran

about eight months. It has some variation with regard to height, the number of flower, number of capsule and dry matter between both species under the same environmental conditions but both plants started their developmental stages at the same time and finished at almost the same rate. The trend of changes in height, number of leaves, number of flowers, number of capsules, and dry matter were similar in both species. The life cycle of these two species begins with germination in autumn and ends with seed production in late June. The longest period of growth stage in both species was in spring and this trend decreases in late spring. The flowering stage begins in late March and ends in mid-June. The maturity period of these two species was from mid-June to the end of the first decade of July. One of the characteristics of these two species is high seed production. In *P. rhoeas*, at the end of the fruiting stage, each plant produced an average of 13 capsules and each plant produced an average of 5000 seeds. Also, in *P. dubium*, each plant produced an average of 14 capsules, and each plant of this species produces an average of 5922 seeds.

Conclusion

Based on knowledge of the different phenological stages of the two species, it is possible to plan for proper management. From a managerial point of view, these two species should be controlled before the blooming stage; so that their seeds do not enter the seed bank, because their seeds are considered as causes of contamination in the field.

Keywords: Emergence, Growth stages, Seed maturity, Weed

مقاله پژوهشی

جلد ۳۶، شماره ۳، پاییز ۱۴۰۱، ص. ۳۳۹-۳۵۱

بررسی خصوصیات رشدی و مراحل پدیده‌شناسی دو گونه شقایق *Papaver dubium* L. و *Papaver rhoeas* L. براساس درجه روز-رشد

ساجده گل محمدزاده^۱ - فائزه زعفریان^{۲*} - محمد رضوانی^۳

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۸/۱۵

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۹/۱۴

چکیده

نمو گیاه یک توالی از وقایع فنولوژیکی تعریف شده است که توسط عوامل خارجی کنترل می‌شود و تعیین کننده تغییرات در شکل یا کارکرد برخی اندام‌ها است. دو گونه شقایق *Papaver dubium* و *Papaver rhoeas* به عنوان علف‌های هرز یک‌ساله زمستانه در مزارع گندم و دیگر غلات زمستانه محسوب می‌شوند. در پژوهش حاضر، مراحل پدیده‌شناسی دو گونه *P. dubium* و *P. rhoeas* در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری بر اساس درجه روز-رشد مورد بررسی قرار گرفت. همچنین، برخی از صفات مورفولوژیکی مانند ارتفاع بوته، تعداد برگ، تعداد گل، تعداد کپسول و ماده خشک اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که گونه‌های *P. dubium* و *P. rhoeas* به ترتیب از درجه روز-رشد صفر تا ۱۷۲۳/۵۶ و ۱۷۵۹/۰۶ به رشد خود ادامه دادند. طی این دوره، هفت مرحله پدیده‌شناسی برای این دو گونه به ثبت رسید. این مراحل شامل سبز شدن، رزت، ساقه‌دهی، غنچه‌دهی (ظهور گل آذین)، گلدهی، میوه‌دهی و رسیدگی بذر بودند. مرحله گلدهی در هر دو گونه طولانی می‌باشد که ۴۸ روز در گونه *P. dubium* و ۴۶ روز در گونه *P. rhoeas* به طول انجامید. نتایج نشان داد که کوتاه‌ترین و طولانی‌ترین مراحل رشدی این دو گونه علف هرز از نظر زمانی به ترتیب سبز شدن و ساقه‌دهی بود. بین خصوصیات مورفولوژیک دو گونه مورد بررسی از نظر ارتفاع، تعداد کپسول، تعداد برگ، تعداد گل در شرایط محیطی یکسان اختلاف قابل توجهی مشاهده شد؛ اما دو گونه مراحل نموی خود را به صورت هم‌زمان شروع و با سرعت تقریباً مشابهی به پایان رساندند. در پایان مرحله میوه‌دهی، هر بوته *P. rhoeas* به طور متوسط ۱۳ کپسول (میانگین ۳۸۶ بذر در هر کپسول) و هر بوته *P. dubium* حدود ۱۴ کپسول (میانگین ۴۲۳ بذر در هر کپسول) تولید کرد. در این آزمایش طول دوره رشد هر دو گونه حدود هشت ماه به طول انجامید.

واژه‌های کلیدی: پدیده‌شناسی، رسیدگی بذر، سبز شدن، علف هرز، مراحل رشد

مقدمه

نیز قابل پیش‌بینی می‌شود (Pahlavani et al., 2007). پدیده‌شناسی به مطالعه مراحل زندگی یک موجود زنده در طول دوره رشدش گفته می‌شود و می‌تواند در سطوح مختلفی از جمله اندام، بافت و یا حتی سلول انجام شود (Alm et al., 1991). به عبارت دیگر، پدیده‌شناسی مطالعه پویایی نمو است و تا حدود زیادی به وسیله عوامل محیطی تنظیم می‌شود و از نظر کمی قابل اندازه‌گیری است (Karlsson and Milberg, 2007) و دوره نوری از عوامل اصلی تنظیم‌کننده پدیده‌شناسی محسوب می‌شوند. درجه روز-رشد که تلفیق دما و مرحله رشدی گیاه است به طور موفقیت‌آمیزی برای پیش‌بینی مراحل رشدی علف هرز نیز بکار برده می‌شود. درجه روز-رشد بیانگر

موفقیت برنامه‌های مدیریت علف‌های هرز که بر اساس بوم‌شناسی و زیست‌شناسی علف‌های هرز طراحی شده‌اند، مستلزم شناخت صحیح از عوامل محیطی و تأثیر آن‌ها بر خصوصیات گیاهان است (Dai et al., 2012). از این خصوصیات می‌توان به مراحل رشدی گیاه و اثرات رقابتی علف‌های هرز بر گیاهان زراعی اشاره نمود. با شناخت صحیح این عوامل و صفات، پدیده‌شناسی علف هرز

۱ و ۲- به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد و دانشیار گروه زراعت، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ایران
(Email: fa.zaefarian@sanru.ac.ir)

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

واحدهای حرارتی تجمع یافته توسط یک گیاه در طی یک دوره زمانی است. با ترکیب دما و زمان می‌توان دوره پدیده‌شناسی یک علف هرز را به دست آورد (Dincer et al., 2010). بررسی مراحل پدیده‌شناسی علف‌های هرز یک‌ساله با ثبت رویش گیاهچه بذری و مراحل رشد و نمو آن آغاز می‌شود.

دانستن پدیده‌شناسی یک علف هرز عامل مهمی در مدیریت تلفیقی علف‌های هرز است؛ با ترکیب دما و زمان می‌توان دوره پدیده‌شناسی یک علف هرز را بدست آورد. درجه روز رشد که تلفیق دما و مرحله رشدی گیاه است به‌طور موفقیت‌آمیزی برای پیش‌بینی مراحل رشدی علف هرز و گیاه زراعی بکار برده می‌شود (Godoy et al., 2009). اهمیت بررسی پدیده‌شناسی علف‌های هرز بدین علت است که با شناخت چرخه‌ی زندگی علف‌های هرز می‌توان از عوامل منفی مؤثر بر آن‌ها آگاه شد و با ارائه تقویم زمانی برای نمو، مدیریت کارآمدتری ارائه داد (Berti et al., 2008) و این مسئله در پیش‌بینی آلودگی مزرعه به علف‌های هرز، مفید خواهد بود. به‌عنوان مثال می‌توان حساس‌ترین مرحله زندگی گیاه نسبت به علف‌کش را تعیین کرد. چنین اطلاعاتی منجر به ارائه مناسب‌ترین زمان استفاده از علف‌کش و کنترل شیمیایی موفق علف هرز می‌شود. بررسی مراحل پدیده‌شناسی، تخمین صحیح و دقیق‌تر زمان رقابت علف‌های هرز و اثر آن‌ها بر عملکرد گیاه زراعی در نظام‌های زراعی را میسر می‌سازد (Aleebrahim, et al., 2009). مطالعات متعددی در مورد پیش‌بینی جنبه‌های مختلف پدیده‌شناسی علف‌های هرز انجام شده است که دقت برخی از آن‌ها قابل قبول است. این قبیل یافته‌ها می‌توانند در مدیریت علف‌های هرز گیاهان زراعی مؤثر باشند (Sohrabi et al., 2011; Ziska and Dukes, 2016). کاهش عملکرد محصول به ساختار جامعه علف‌های هرز، تراکم و زمان ظهور آن‌ها بستگی داشته و شناخت چرخه زندگی آن‌ها در کنترل به‌موقع و مفید علف‌های هرز نقش بسزایی دارد (Chersa et al., 1995).

جنس شقایق، *Papaver spp.* گیاهانی هستند از خانواده خشخاش *Papaveraceae* که بیشتر در نواحی معتدل پراکنده‌اند. ۴۴ جنس و ۷۶۰ گونه از این خانواده در جهان شناخته شده است. جنس *Papaver* با بیش از ۴۰ گونه در ایران بیشترین تنوع را در بین جنس‌های این خانواده به‌خود اختصاص داده است (Azimi Motem et al., 2010). گونه‌های مختلف شقایق *P. papaver arenarium*, *P. P. tenuifolium*, *P. macrostomum*, *P. rhoeas*, *P. glaucum* و *P. dubium* به‌عنوان علف هرز در ایران شناخته شده‌اند (Rastgar, 2007). میزان خسارت این علف‌های هرز به گیاهان زراعی به‌طور دقیق مشخص نیست، اما گزارش‌ها حاکی از آن است گونه‌های شقایق را می‌توان با کاربرد علف‌کش توفوردی در مرحله ۴ تا ۶ برگی کنترل کرد (Rashed Mohassel et al., 2001). گونه‌های *P. rhoeas* و *P. dubium* به‌عنوان علف‌های هرز یک‌ساله

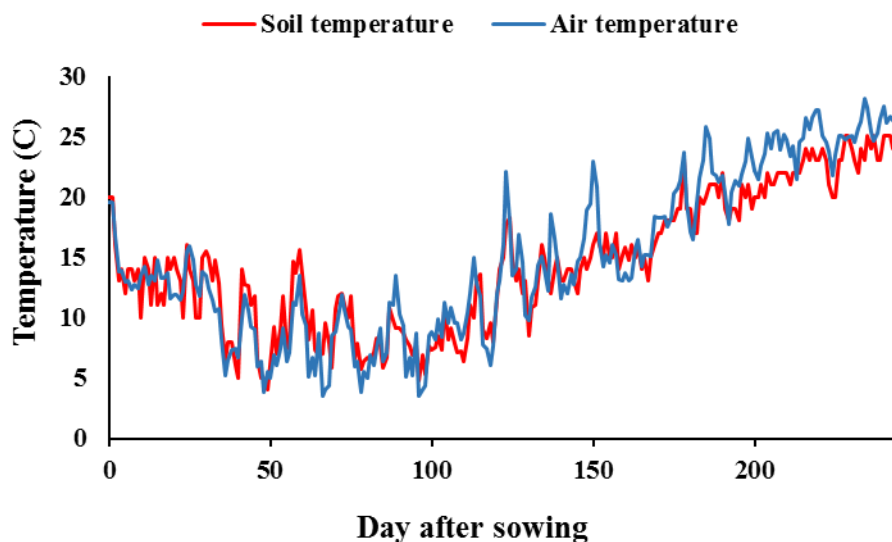
زمستانه در مزارع گندم (*Triticum aestivum L.*) و دیگر غلات زمستانه محسوب می‌شوند (Izquierdo et al., 2009). این دو گونه بومی اروپا و غرب آسیا بوده و در حال حاضر در ایران در استان‌های لرستان، ایلام، آذربایجان غربی، آذربایجان شرقی، خراسان، مازندران و سمنان پراکنش دارند (Rastgar, 2007). محققان متعددی بیان کرده‌اند که خواب بذری این گونه‌ها از نوع مورفوفیزیولوژیکی است (خواب مورفوفیزیولوژیکی در بذرهایی با جنین توسعه نیافته وجود دارد، اما علاوه بر آن، دارای جزء فیزیولوژیک برای خواب هستند؛ بنابراین این بذرها نیاز به تیمارهای شکست خواب و همچنین یک دوره زمانی برای رشد جنین‌های توسعه نیافته دارند) و جوانه‌زنی آنها تحت تأثیر دما تغییر می‌کند (Sohrabi et al., 2002; Baskin et al., 2016). بذور این گیاهان بسیار ریز هستند و از منافذی که در بالای کپسول باز هستند، منتشر می‌شوند. این گونه‌ها دارای پتانسیل باروری بالایی می‌باشند، هر بوته بیش از ۸۰۰۰ بذر تولید می‌کند که می‌تواند به مدت پنج سال در خاک باقی بماند و خاصیت جوانه‌زنی خود را حفظ کند (Baskin et al., 2002). از اینرو، عدم دقت در مبارزه با آن باعث غنی شدن بانک بذر شقایق و لزوم صرف هزینه زیاد برای مهار آن طی سالیان طولانی می‌شود. افزایش اطلاعات در ارتباط با زیست‌شناسی علف‌های هرز اولین مرحله در رویارویی با یک علف هرز جدید در منطقه می‌باشد، لذا شناخت خصوصیات یک علف هرز، در برنامه‌ریزی مدیریتی آن مفید بوده و به توسعه برنامه‌های کنترلی آن‌ها کمک شایانی می‌کند. گزارش شده است که گونه *P. rhoeas* عملکرد گندم زمستانه را در مزارع لهستان ۱۲-۳۷ درصد کاهش داد (Rola et al., 2013)، همچنین این گونه یک علف هرز مهمی است که در منطقه اروپا و مدیترانه به برخی از علف‌کش‌های گروه بازدارنده استولانتات سینتاز و توفوردی مقاوم شده است (Heap, 2021). هرچند بررسی‌های گسترده‌ای درباره زیست‌شناسی و مدیریت گونه‌های شقایق در کشورهای دیگر انجام شده است (Izquierdo et al., 2009; Torra et al., 2010; Torra and Recasens, 2008). اما تاکنون اطلاع دقیق و جامعی از پدیده‌شناسی این دو گونه در دسترس نیست و بررسی جامعی صورت نگرفته است و با توجه به اهمیت شناخت مراحل پدیده‌شناسی علف هرز، در پژوهش حاضر مراحل پدیده‌شناسی این دو گونه مزبور مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

در این پژوهش، بذرهایی دو گونه *Papaver rhoeas* و *P. dubium* از مزارع گندم اطراف شهرستان ساری استان مازندران در بهار سال ۱۳۹۴ جمع‌آوری شدند. بذرها از کپسول خارج و تا زمان شروع آزمایش در داخل پاکت‌های کاغذی تیره (بدون حضور نور) و

میلی‌متر) مشاهده شد. اطلاعات مربوط به دمای هوا و خاک در طول دوره آزمایش (از زمان سبز شدن تا رسیدگی سال زراعی ۱۳۹۵-۱۳۹۴) از ایستگاه هواشناسی سینوپتیک ساری بدست آمد (شکل ۱). قبل از آزمایش، نمونه‌ای از عمق ۰-۳۰ سانتی‌متری خاک تهیه و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آن اندازه‌گیری شد که نتایج آن در جدول ۱ نشان داده شده است. براساس نتایج آزمون خاک، بافت خاک منطقه آزمایش لومی رسی بود.

در دمای اتاق (21 ± 1 سانتی‌گراد) نگهداری شدند. این آزمایش در فصل زراعی ۱۳۹۵-۱۳۹۴ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، مازندران با ارتفاع ۱۵ متر بالاتر از سطح دریا اجرا شد. آب و هوای منطقه از نظر اقلیمی جزء مناطق معتدل و مرطوب می‌باشد. با استناد به اطلاعات اداره هواشناسی ساری متوسط بارندگی سالیانه منطقه ۸۵۱ میلی‌متر بوده که بارش عمدتاً در زمستان و اوایل بهار صورت گرفت. بیشترین میزان بارندگی در دی ماه (۱۱۰/۹ میلی‌متر) و کمترین آن در خرداد ماه (۱۱/۹)



شکل ۱- میانگین دمای روزانه هوا و خاک در طول آزمایش پدیده‌شناسی در سال ۱۳۹۵-۱۳۹۴
Figure 1- Average daily air and soil temperature during the phenology experiment in 2015-2015

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک

Table 1- Chemical and physical characteristics of soil

Soil texture بافت خاک	EC (dS/m ⁻¹) هدایت الکتریکی	pH اسیدیته	Soil elements عناصر خاک			Organic material (mg/kg) ماده آلی	Organic carbon (%) کربن آلی
			K (mg/kg) پتاسیم	P (mg/kg) فسفر	N (%) نیتروژن		
Clay loam لومی رسی	1.14	7.34	69.4	65.5	0.08	93	2.01

متر طول و یک متر عرض بود و فاصله کرت‌ها از یکدیگر ۰/۵ متر بود. کرت‌ها بلافاصله پس از کشت، آبیاری شدند و آبیاری تا آخرین مراحل ثبت رشد در صورت نیاز ادامه داشت.

دوره‌های نموی در طول دوره‌ی رشد، به صورت منظم بررسی شد و تمام بوته‌های موجود در کرت، معیار سنجش بودند (همه بذره‌ای کشت شده در همه کرت‌ها سبز شدند). از زمان ظهور گیاه در سطح خاک تا پایان دوره رشد گیاه، بوته‌های هر دو گونه با هدف ورود به مراحل پدیده‌شناسی جدید مورد بررسی قرار گرفتند. این مراحل عبارتند از: ۱- رویش (ظهور اندام‌های هوایی)، ۲- رزت (۷-۸

پس از تسطیح زمین، بذره‌ای هر گونه در ۲۱ آبان سال ۱۳۹۴ در هر کرت به صورت تصادفی کاشته شد. ۵۰ بذر از هر گونه در هر کرت به صورت تصادفی کشت شد. با توجه به نتایج آزمایشات قبلی ما (Golmohammadzadeh et al., 2020)، بهترین جوانه‌زنی و سبز شدن در عمق ۱ سانتی‌متری خاک بود؛ بنابراین کشت بذرها در این عمق انجام شد. برای هر گونه جهت تعیین صفات مورفولوژیکی ۲۴ کرت آزمایشی در نظر گرفته شد. علاوه بر این، ۶ کرت دیگر نیز جهت تعیین مراحل پدیده‌شناسی در نظر گرفته شد (در مجموع ۳۰ کرت برای هر گونه در نظر گرفته شد). هر کرت آزمایشی دارای یک

نمونه‌برداری یک ماه بعد از کاشت (۲۱ آذر) و نمونه‌برداری‌های بعدی نیز به صورت ماهانه انجام شد و تا ۱۰ تیر ادامه داشت. برای توصیف روند تغییرات ارتفاع، تعداد گل و تعداد کپسول از مدل لجستیک سه پارامتره استفاده شد (معادله ۲):

$$y = \frac{A_{\max}}{1 + \left(\frac{x}{X_{50}} \right)^b} \quad \text{معادله (۲)}$$

که در آن $A_{\max}$ حداکثر مقدار صفت مورد بررسی (ارتفاع، تعداد گل و تعداد کپسول)، b نشان‌دهنده شیب منحنی و X_{50} زمان تا ۵۰ درصد حداکثر تغییرات (GDD) می‌باشند. برای توصیف روند تغییرات تعداد برگ و ماده خشک از مدل رگرسیون درجه دو استفاده شد (معادله ۳):

$$y = ax^2 + bx + c \quad \text{معادله (۳)}$$

که در آن x درجه روز-رشد و y مقدار صفت مربوطه می‌باشد (تعداد برگ و ماده خشک)، c عرض از مبدا و a و b ضرایب معادله هستند. برازش بین درجه روز-رشد و مراحل مختلف رشدی و تعیین مدل‌های مربوطه با استفاده از روابط رگرسیونی، از نرم‌افزار Sigmaplot (Ver, 12.5) استفاده شد.

نتایج و بحث

با توجه به مراحل رشد دو گونه شقایق، هفت مرحله پدیده‌شناسی در این دو گونه علف هرز مشاهده شد (جدول ۲). مراحل پدیده‌شناسی به مراحل سبز شدن (ظهور اندام‌های هوایی)، رزت، ساقه‌دهی، غنچه‌دهی (ظهور گل آذین)، گل‌دهی (باز شدن گل)، میوه‌دهی و رسیدگی تقسیم شد. طول دوره مراحل پدیده‌شناسی این دو گونه بر اساس تعداد روز و درجه روز-رشد مورد نیاز برای شروع هر مرحله پدیده‌شناسی در جدول ۲ نشان داده شده است.

نتایج بررسی مراحل پدیده‌شناسی گونه *P. rhoeas* نشان داد، طول دوره ظهور گیاهچه ۱۲ روز که بین صفر تا ۸۳/۷۵ درجه روز-رشد بود، به طول انجامید. با پایان این دوره، مرحله بعدی یعنی رزت آغاز شد. در مرحله رزت نخستین برگ حقیقی تولید می‌شود و افزایش برگ‌ها تا توقف رشد و شروع خواب زمستانه انجام می‌گیرد. در اواخر بهمن ماه سرما کاهش می‌یابد و شرایط رشد فراهم می‌شود، به‌طوری که گیاهان از حالت رزت خارج شده و ساقه گل‌دهنده تشکیل شد. در درجه روز-رشد ۸۱۲/۵ گیاه وارد مرحله زایشی یعنی غنچه‌دهی شد. در اواخر اسفند ماه با دریافت ۹۵۷/۸۷ درجه روز-رشد اولین گل ظاهر شد. وقتی این علف هرز ۱۵۸۵/۶۵ درجه روز-رشد دریافت کرد؛ اولین کپسول در آن تشکیل شد (جدول ۲).

برگی (۳- ساقه‌دهی و ایجاد شاخه‌های فرعی، ۴- ظهور گل آذین (غنچه‌دهی)، ۵- باز شدن گل (گل‌دهی)، ۶- ظهور میوه و ۷- رسیدگی. از آن‌جا که همه گیاهان کاشته شده در یک زمان وارد فاز جدیدی از رشد نمی‌شوند، به منظور ثبت مراحل پدیده‌شناسی، ثبت مشاهدات و یادداشت‌برداری از زمان سبز شدن گیاه تا پایان رشد گیاه بصورت هفتگی بود و تا تیرماه ۱۳۹۵ ادامه داشت. بررسی و مشاهدات از ۶ کرتی که به منظور بررسی پدیده‌شناسی در نظر گرفته شد، انجام شد. طی ثبت ۷ مرحله پدیده‌شناسی دو گونه *Papaver*، به محض ورود اولین و آخرین گیاه به مرحله پدیده‌شناسی مورد نظر، زمان و درجه روز-رشد ثبت شد تا طول دوره بر اساس درجه روز-رشد تعیین شود. برای تعیین مراحل پدیده‌شناسی این دو گونه و ثبت درجه روز-رشد سه مرحله در نظر گرفته شد: ۱- ورود به مرحله مورد نظر زمانی بود که ۲۵ درصد گیاهان مورد بررسی وارد آن مرحله شده بودند. ۲- خود مرحله زمانی محسوب می‌شد که ۵۰ درصد گیاهان وارد آن مرحله شده بودند. ۳- پایان مرحله زمانی بود که ۷۵ درصد گیاهان مورد بررسی این دوره را پشت سر گذاشته بودند ([Cheresa et al., 1995](#)). با استفاده از اطلاعات هواشناسی و همچنین تاریخ ثبت مراحل رشدی، براساس معادله استاندارد زیر، درجه روز-رشد (GDD) برای آغاز هر مرحله پدیده‌شناسی با کمک معادله ۱ محاسبه شد ([Gorzin et al., 2014](#)):

$$GDD = \sum_{i=1}^n \frac{(T_{\max} + T_{\min})}{2} - T_b \quad \text{معادله (۱)}$$

در این معادله $T_{\max}$ حداکثر دمای روزانه و $T_{\min}$ حداقل دمای روزانه است، T_b دمای پایه جوانه‌زنی و رشد می‌باشد. برای محاسبه درجه روز-رشد مرحله سبز شدن از اطلاعات دمای خاک در معادله (۱) استفاده شد. با توجه به آزمایش‌های انجام شده دمای پایه برای *P. dubium* و *P. rhoeas* به ترتیب ۲/۸ و ۱/۲۸ درجه سانتی‌گراد در نظر گرفته شد ([Golmohammadzadeh et al., 2022](#)). چنانچه درجه حرارت حداقل کمتر از درجه حرارت پایه بود، هیچ تجمع واحد حرارتی منظور نشد. به عبارتی دیگر، درجه روز-رشد برابر صفر در نظر گرفته شد. برای محاسبه درجه روز-رشد از برنامه GDD cal استفاده شد ([Soltani and Maddah, 2010](#)).

برای تعیین صفات مورفولوژی گیاه هشت مرحله نمونه‌برداری انجام شد. با در نظر گرفتن اثر حاشیه‌ای در هر مرحله از ۱۵ بوته در هر کرت نمونه‌برداری انجام شد، همچنین در هر مرحله، از ۳ کرت نمونه‌برداری انجام شد. صفات ارتفاع گیاه، تعداد برگ‌ها، وزن خشک گیاه و تعداد گل اندازه‌گیری شدند. هنگام جمع‌آوری بوته‌ها، ابتدا میوه‌های (کپسول) موجود در بوته‌ها شمارش و از گیاه جدا و سپس از هر بوته پنج میوه به طور تصادفی انتخاب و تعداد بذر آن شمارش شد. همچنین وزن هزاردانه برای هر دو گونه محاسبه شد. اولین

جدول ۲- طول دوره رشد هر مرحله پدیده‌شناسی درصد ظهور مراحل پدیده‌شناسی دو گونه *P. rhoeas* و *P. dubium* براساس درجه روز-رشد
Table 2- The growth period of each phonological stage and emergence percentage of phonological stage of *P. rhoeas* and *P. dubium*

مراحل پدیده‌شناسی Phenology stages	<i>P. rhoeas</i>				<i>P. dubium</i>			
	25%*	50%	75%	طول مرحله رشدی Growth period (days)*	25%	50%	75%	طول مرحله رشدی Growth period** (days)
سبز شدن Emergence	81.32	90.34	95.45	12	93.57	99.98	104.87	14
رزت Rosette	116.615	298.77	465.98	61	107.715	356.98	498.56	54
ساقه‌دهی Stem elongation and branching	512.5	8778.54	1245.98	68	581.90	976.66	1411.82	72
غنچه‌دهی Blooming	812.5	1074.87	1387.98	36	881.90	1198.8	1278.98	39
گلدهی Flowering	957.87	1235.87	1989.98	46	1041.98	1432.98	2056.98	48
میوه‌دهی Fruiting	1585.65	1657.98	2010.87	28	1556.87	1803.762	2178.9	23
رسیدگی Maturity	1759.06	2100.6	2350.87	19	1723.56	2090.76	2266.23	21
کل Total	-	-	-	214	-	-	-	210

* ۲۵٪ ابتدای مرحله، ۵۰٪ اواسط مرحله، ۷۵٪ پایان مرحله

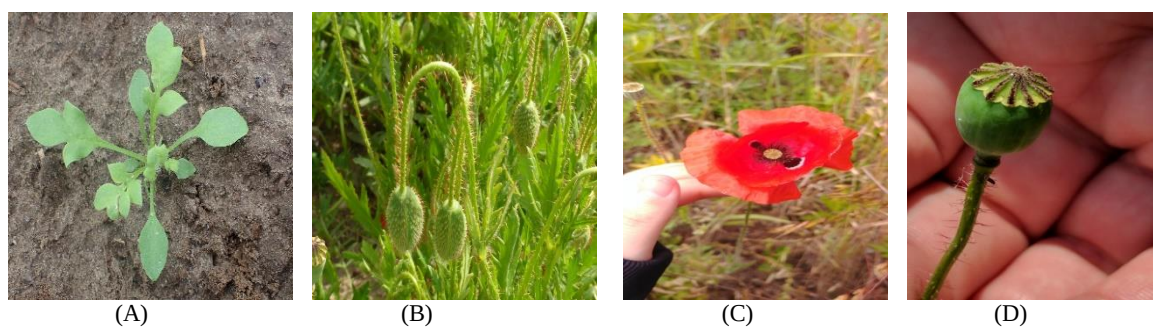
** بین برخی از دوره‌های مراحل رشد هم‌پوشانی وجود دارد.

*25% at the beginning of the stage, 50% mid-stage, 75% end of stage

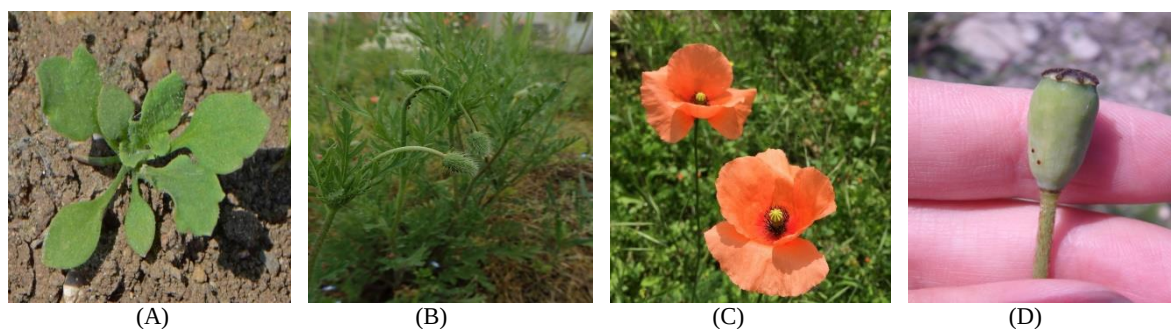
** There was an overlap between some growth stage periods.

باتوجه به نتایج، بوته‌های گونه *P. rhoeas* دارای برگ‌های متناوب با بریدگی‌های باریک، برگ‌های بالایی بدون دم‌برگ و برگ‌های پایینی دارای دم‌برگ می‌باشند (شکل ۲) و گونه *P. dubium* دارای برگ‌های دم‌برگ‌دار و با قطعات سرنیزه‌ای شکل تا باریک و پوشیده از کرک‌های نرم و خوابیده هستند (شکل ۳). ساقه گونه *P. rhoeas* دارای شیرابه بی‌رنگ، ایستاده، پوشیده از کرک است اما ساقه در گونه *P. dubium* منشعب و در بخش‌های پائین کرک‌دار است و تراکم کرک‌ها در بخش‌های بالایی کمتر است. گل‌های این دو گونه شقایق به صورت منفرد به رنگ قرمز روشن و دارای ۴ گلبرگ هستند، گلبرگ‌ها دارای خال سیاه‌رنگ در قاعده هستند. کپسول گونه *P. rhoeas* بدون کرک و دارای ۸ تا ۱۲ شیار در انتها می‌باشد (شکل ۲) اما کپسول در گونه *P. dubium* چماقی شکل، طول آن چندین برابر عرض و بدون پرز می‌باشد (شکل ۳). بررسی ویژگی‌های مورفولوژیک در دو گونه *P. rhoeas* و *P. dubium* نشان داد که روند تغییرات ارتفاع بوته از یک روند سیگموئیدی تبعیت کرد (شکل ۴).

با توجه به جدول ۲ دوره رشدی گونه *P. dubium*، از سبز شدن تا پایان رسیدگی با کسب ۲۲۶۶/۲۳ درجه روز-رشد پایان می‌یابد. بوته‌ها در اوایل دی ماه وارد مرحله رزت شدند، این مرحله تا اواخر بهمن ادامه داشت و تعداد برگ‌ها به طور متوسط به ۸ برگ رسید و با نزول میانگین دما به ۱۳/۵ درجه سانتی‌گراد عملاً رویش گیاه متوقف گردید. این روند ۵۴ روز ادامه داشت. در اواخر بهمن بوته‌ها وارد مرحله ساقه رفتن شدند که همزمان غنچه‌های گل‌آذین در منطقه رویشی گیاه مشخص شد. مرحله گلدهی با دریافت ۱۰۴۱/۹۸ درجه روز-رشد در اواخر اسفند شروع شد و تولید میوه از حدود اواسط گلدهی که همزمان به ۱۵۵۶/۸۷ درجه روز-رشد بود آغاز شد (جدول ۲). نتایج این بررسی نشان داد، مرحله گلدهی در هر دو گونه طولانی می‌باشد که ۴۸ روز در گونه *P. dubium* و ۴۶ روز در گونه *P. rhoeas* به طول انجامید. این مدت طولانی در تولید گل و به طبع آن تولید میوه و ادامه آن تا اواخر خرداد نشان‌دهنده سازگاری ویژه و بالقوه این دو گونه علف هرز در تولید بذر می‌باشد، شایان ذکر است که بسیاری از علف‌های هرز دارای این ویژگی می‌باشند (Alm et al., 1991).



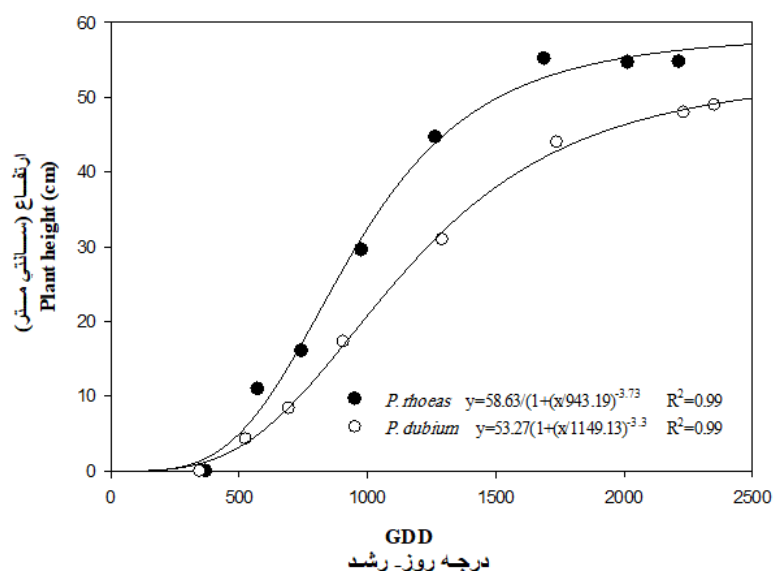
شکل ۲- مراحل رشدی گیاه *P. rhoeas*، (A) رزت، (B) غنچه‌دهی، (C) گلدهی و (D) کپسول
Figure 2- Growth stages of *P. rhoeas*, A) Rosette, B) budding, C) Flowering and D) Capsule



شکل ۳- مراحل رشدی گیاه *P. dubium*، (A) رزت، (B) غنچه‌دهی، (C) گلدهی و (D) کپسول
Figure 3- Growth stages of *P. dubium*, A) Rosette, B) budding, C) Flowering and D) Capsule

رشد دما در هر دو گونه سرعت افزایش ارتفاع کاهش یافت و منحنی رفته رفته به مرحله مجانب خود رسید. به علاوه، همانطور که در شکل ۴ نشان داده شده است، سرعت افزایش ارتفاع و ارتفاع نهایی بوته در گونه *P. rhoeas* بیشتر از گونه *P. dubium* بود.

به طوری که ارتفاع بوته در هر دو گونه پس از سبز شدن در ابتدا با سرعت کم تا دریافت زمان حرارتی برابر ۶۰۰ درجه روز- رشد و سپس با سرعت زیاد و به صورت خطی تا دریافت زمان حرارتی برابر ۱۵۰۰ درجه روز- رشد افزایش یافت. پس از تجمع ۱۵۰۰ درجه روز



شکل ۴- تغییرات ارتفاع در دو گونه *P. rhoeas* (دایره سیاه توپر) و *P. dubium* (دایره سیاه توخالی) بر اساس درجه روز- رشد
Figure 4- The height changes in (a) *P. rhoeas* (●) and (b) *P. dubium* (○) species according to GDD

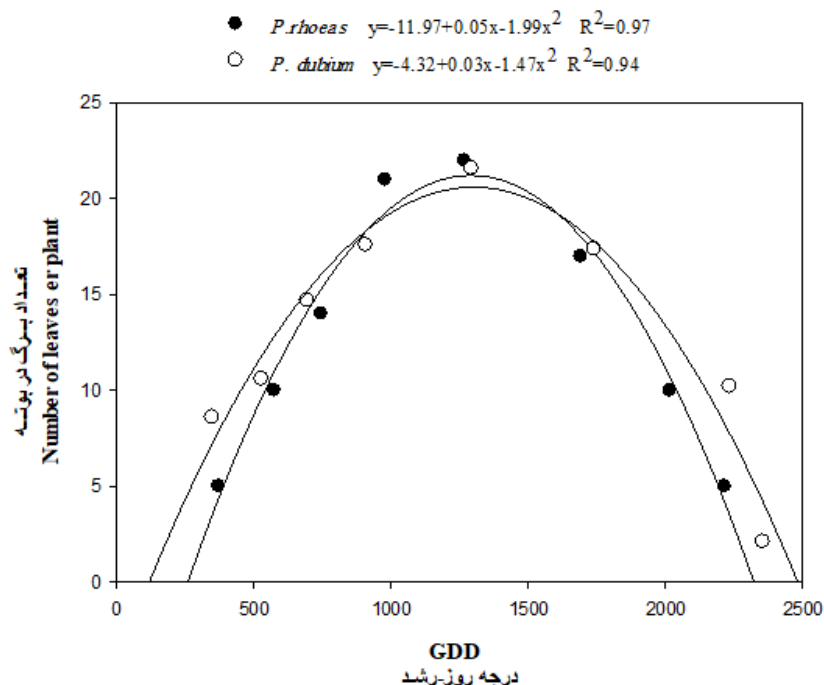
سرعت بالایی ادامه یافت. در هر دو گونه در اواخر دوره رشد تعدادی از گل‌ها به میوه تبدیل شدند و بسیاری از آن‌ها نیز خشک شده و از بین رفته بودند. به علاوه، سرعت افزایش تعداد گل و نیز حداکثر تعداد گل تولیدی در گونه *P. rhoeas* کمی بیشتر از گونه *P. dubium* بود (شکل ۷).

روند تغییرات تعداد کپسول نیز از یک منحنی سیگموئیدی تبعیت کرد، به طوری که در هر دو گونه پس از دریافت ۱۵۰۰ درجه روز-رشد دما تعداد کپسول افزایش یافت و با تجمع زمان حرارتی حدود ۲۱۰۰ درجه روز رشد تولید کپسول متوقف و منحنی به مرحله مجانب خود رسید. به علاوه، اختلاف قابل توجهی بین دو گونه از لحاظ سرعت تولید کپسول و یا حداکثر تعداد کپسول تولید شده مشاهده نشد (شکل ۸).

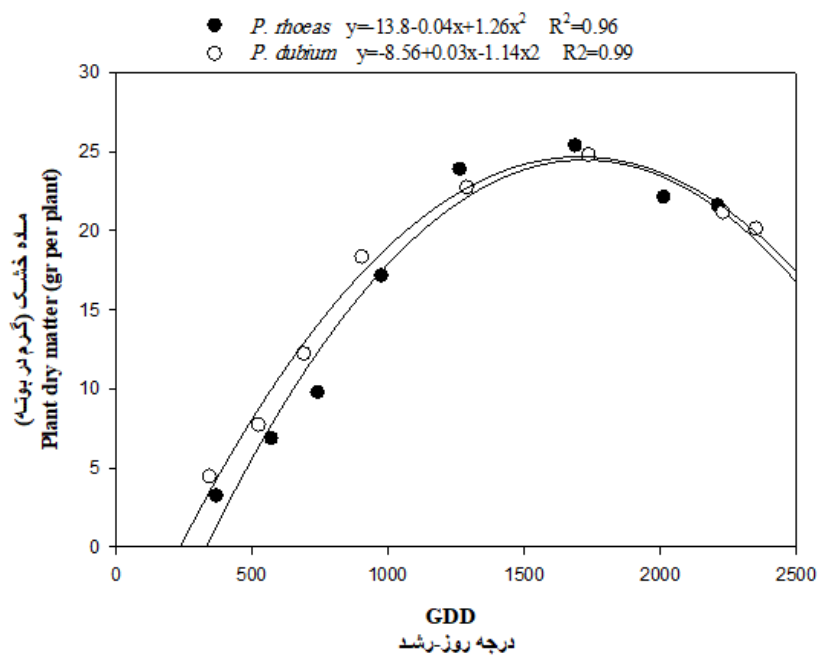
در گونه *P. rhoeas*، در پایان مرحله میوه دهی به طور متوسط هر بوته ۱۳ کپسول تولید کرد که میانگین تعداد بذر در هر کپسول ۳۸۶ عدد بود، یعنی هر بوته به طور متوسط ۵۰۰۰ بذر تولید می‌کند. همچنین، در گونه *P. dubium* هر بوته که وارد مرحله رشد زایشی شد به طور متوسط ۱۴ کپسول تولید کرد. میانگین تعداد بذر در هر کپسول ۴۲۳ عدد بود، می‌توان گفت هر بوته از این گونه به طور متوسط ۵۹۲۲ بذر تولید می‌کند. به طور کلی وزن هزار دانه دو گونه *P. rhoeas* و *P. dubium* به ترتیب ۰/۱۱ و ۰/۱۴ گرم بود.

روند تغییرات تعداد برگ و وزن خشک اندام هوایی در طول دوره رشد از منحنی درجه دوم تبعیت کردند (شکل ۵ و ۶). بر این اساس در هر دو گونه با افزایش تعداد درجه روز - رشد دریافتی از صفر تا ۱۰۰۰ درجه روز رشد تعداد برگ به صورت خطی افزایش یافت. از نظر تقویم زمانی این دوره همزمان با نیمه اول فروردین ماه بود؛ به عبارت دیگر با افزایش دما در بهار رشد رویشی آن افزایش پیدا کرد. با افزایش زمان حرارتی تجمعی به بیش از ۱۲۰۰ درجه روز-رشد، تعداد برگ در هر دو گونه کاهش یافت (شکل ۵). در واقع رشد رویشی کم و بیش متوقف شد، به نظر می‌رسد در این مرحله مواد غذایی بیشتر صرف رشد زایشی و رسیدگی میوه شد و بخش کمتری به رشد رویشی اختصاص یافت. با وجود اینکه تولید برگ پس از دریافت ۱۲۰۰ درجه روز رشد کاهش یافت، اما افزایش وزن خشک در هر دو گونه تا زمان دریافت ۱۵۰۰ درجه روز-رشد همچنان ادامه یافت، که این به دلیل عدم شروع ریزش برگ‌ها تا این زمان و شروع تولید غنچه و گل پس از دریافت ۱۰۰۰ درجه روز رشد در دو گونه مورد بررسی بود. در نهایت با شروع ریزش برگ‌ها با وجود افزایش تعداد گل، وزن خشک نیز شروع به کاهش کرد (شکل ۶).

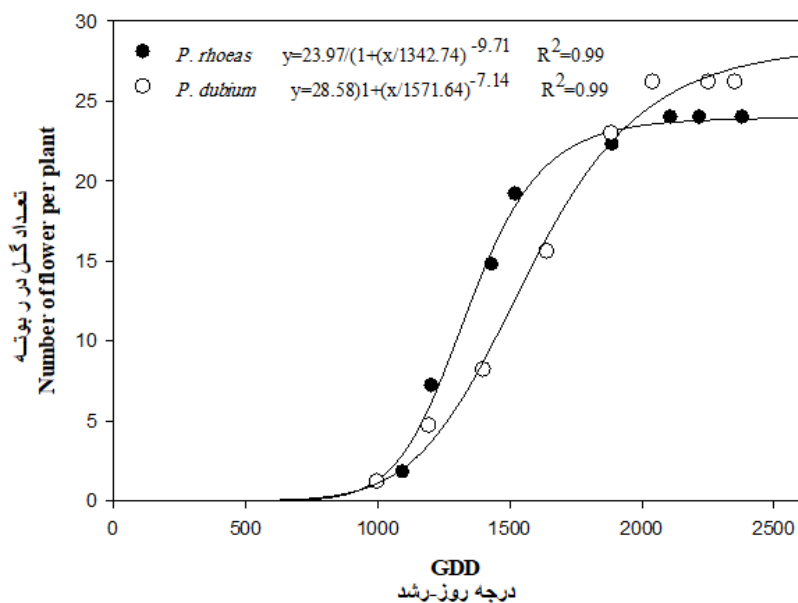
گلدهی تقریباً پس از دریافت حدوداً ۱۰۰۰ درجه روز-رشد شروع شد و سپس با یک روند سیگموئیدی در طول دوره رشد تغییر کرد. با دریافت ۱۰۰۰ درجه روز رشد در هر دو گونه مرحله خطی منحنی شروع شد و تولید گل تا دریافت حدود ۱۵۰۰ درجه روز-رشد با



شکل ۵- تغییرات تعداد برگ در دو گونه *P. rhoeas* (دایره سیاه توپر) و *P. dubium* (دایره سیاه توخالی) بر اساس درجه روز-رشد
Figure 5- The number of leaves of (a) *P. rhoeas* (●) and (b) *P. dubium* (○) species according to GDD



شکل ۶- تغییرات ماده خشک در دو گونه *P. rhoeas* (دایره سیاه توپر) و *P. dubium* (دایره سیاه توخالی) بر اساس درجه روز-رشد
Figure 6- The dry matter of (a) *P. rhoeas* (●) and (b) *P. dubium* (○) species according to GDD



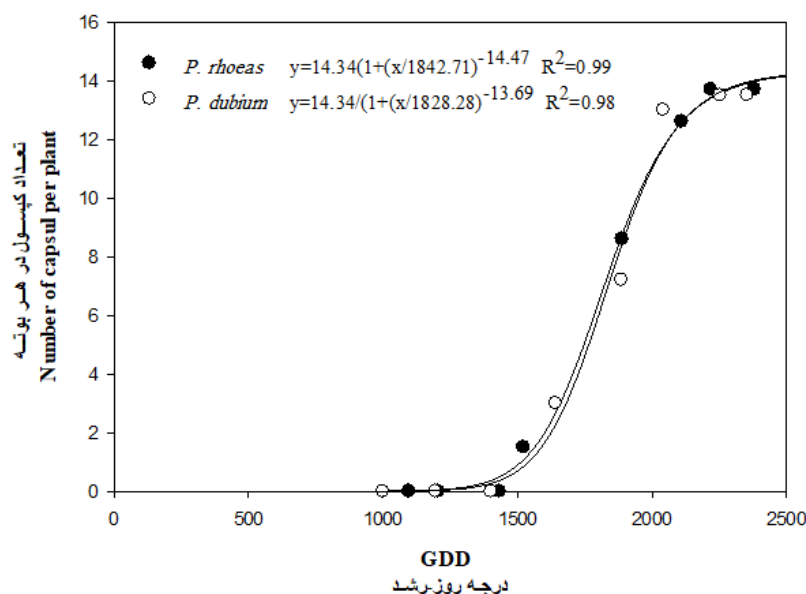
شکل ۷- تعداد گل در دو گونه *P. rhoeas* (دایره سیاه توپر) و *P. dubium* (دایره سیاه توخالی) بر اساس درجه روز-رشد
Figure 7- The flower number of (a) *P. rhoeas* (●) and (b) *P. dubium* (○) species according to GDD

حداکثر رشد رویشی در هر دو گونه تا زمان دریافت ۱۵۰۰ درجه روز-رشد دما ادامه پیدا کرد. در هر دو گونه هم‌زمانی رشد رویشی و زایشی نیز مشاهده شد، زیرا گلدهی از حدود ۱۰۰۰ درجه روز-رشد تجمع دما در دو گونه شروع شد (شکل ۷) که در این زمان تغییرات ارتفاع،

بر اساس آنچه گفته شد، اختلاف قابل توجهی بین خصوصیات مورفولوژیک دو گونه مورد بررسی در شرایط محیطی یکسان مشاهده نشد و هر دو گیاه مراحل نمو خود را به صورت هم‌زمان شروع و با سرعت تقریباً مشابهی به پایان رساندند. همچنین، مشخص شد که

موضوع نشان دهنده این است که دو گونه از لحاظ تیپ رویشی در گروه گیاهان رشد نامحدود قرار دارند.

تعداد برگ و وزن خشک در مرحله خطی منحنی قرار داشتند (شکل ۴، ۵ و ۶) و با سرعت زیادی رو به افزایش بودند. در واقع، هم‌زمانی رشد رویشی و زایشی از ۱۰۰۰ تا حدود ۱۵۰۰ درجه روز رشد بود. این



شکل ۸- تعداد کپسول در دو گونه *P. rhoeas* (دایره توپر) و *P. dubium* (دایره توخالی) بر اساس درجه روز-رشد
Figure 8- The flower number of (a) *P. rhoeas* (●) and (b) *P. dubium* (○) species according to GDD

البته موفقیت این روش به شرایط اقلیمی طی فصل پاییز و به خصوص رژیم بارش و دمای خاک و به تبع آن رویش بذر از بانک بذر وابسته است.

نتایج این بررسی نشان داد که دو گونه *P. dubium* و *P. rhoeas* علف‌های هرزی با دوره رشد طولانی هستند. دوره زندگی این دو گونه با جوانه‌زنی در پاییز آغاز و با تولید بذر در اواخر خرداد سال بعد پایان می‌یابد. مرحله گلدهی تقریباً از اواخر اسفند آغاز می‌گردد. گلدهی در دو گونه در یک زمان انجام نمی‌شود و به تدریج این مرحله طی شده تا اینکه تقریباً تا اواسط خرداد تمام آن‌ها به گل می‌نشینند. زمان میوه‌دهی نیز متغیر است، به‌طور کلی تا اواخر خرداد میوه‌دهی کامل انجام شد. زمان رسیدن بذر این دو گونه از اواسط خرداد ماه شروع می‌شود و تا پایان دهه اول تیر ماه ادامه می‌یابد. احتمال دارد هم‌زمانی رسیدگی بذرها این دو گونه شقایق و رسیدگی گندم، سبب آلودگی محصول گندم در زمان برداشت شود، همچنین باز شدن کپسول و ریزش بذرها سبب افزایش بانک بذر این دو گونه در مزارع می‌شود. علاوه بر این کشت بذر گندم آلوده به بذر این علف‌های هرز، سبب انتشار و آلودگی مزارع به این دو گونه علف هرز در سال‌های بعد می‌شود. طول مراحل رویشی این علف هرز زیاد و به تولید شاخ و برگ اختصاص داده می‌شود. تولید شاخ و برگ زیاد و رشد نسبی بالا، در مرحله رویشی باعث افزایش رقابت علف هرز با

پدیده‌شناسی علف‌های هرز یکی از مهم‌ترین عوامل تعیین‌کننده نتیجه رقابت علف‌هرز-گیاه زراعی است. به‌طور کلی مطالعات پدیده‌شناسی این امکان را ایجاد می‌کند که تخمین صحیح‌تر زمان رقابت علف‌های هرز و اثر آن‌ها روی عملکرد محصولات زراعی به خصوص در سیستم‌های زراعی امکان‌پذیر شود. با این شیوه می‌توان روش‌های کنترل مخصوص برای هر کدام را گسترش داد (Godoy et al., 2009). آگاهی از وضعیت رویش علف‌های هرز در موفقیت اقدامات کنترلی از اهمیت بسزایی برخوردار است. کاربرد علف‌کش‌ها در زمان نامناسب، خیلی زود یا خیلی دیر هنگام، از جمله مهم‌ترین عوامل کارایی پایین علف‌کش‌های پس‌رویشی به‌شمار می‌رود (Aleebrahi et al., 2009). در صورتی که کاربرد علف‌کش پس‌رویشی خیلی زود صورت گیرد، علف‌های هرز رویش یافته پس از کاربرد علف‌کش تحت تأثیر عملیات کنترلی واقع نمی‌شوند، همچنین، در صورتی که کاربرد علف‌کش خیلی به تعویق بیفتد، بوته‌های علف هرز به دلیل اندازه بزرگ، کمتر تحت تأثیر علف‌کش قرار می‌گیرند و از سوی دیگر تا آن زمان نیز خسارت به بار می‌آورند. آگاهی از دوره زمانی رویش علف‌های هرز به شناسایی زمانبندی مناسب برای مدیریت علف‌های هرز کمک می‌نماید (Pahlavani et al., 2007). به تعویق انداختن تاریخ کاشت از جمله روش‌های کاملاً عملی است که به طور موثری قادر به کنترل علف‌های هرز رویش یافته است.

اساس یادداشت‌برداری‌های هفتگی میانگین گل‌های باز شده از هر بوته ۱۷ عدد و میانگین تعداد کپسول ۱۴ عدد بود. بر پایه شناخت کامل از مراحل مختلف پدیده‌شناسی دو گونه علف هرز می‌توان نسبت به برنامه‌ریزی جهت اعمال مدیریت صحیح اقدام نمود. به منظور جلوگیری از تولید بذر و گسترش بیشتر این دو گونه، کنترل در مرحله قبل از تولید گل، به‌عنوان مناسب‌ترین زمان کنترل توصیه می‌شود. لذا، این دو گونه باید قبل از تولید گل، کنترل شوند تا بذر آن وارد بانک بذر نشود، چرا که بذر آن از عوامل ایجاد آلودگی در مزرعه محسوب می‌شود.

گیاه زراعی می‌شود. بررسی اطلاعات آب و هوایی (بارندگی، درجه حرارت و نوع اقلیم) منطقه نشان می‌دهد که میزان بارندگی حدود ۸۵۱ میلی‌متر و درجه حرارت متوسط سالانه حدود ۲۱/۴ می‌تواند به عنوان یکی از رویشگاه‌های دو گونه علف هرز مطرح باشد. با بررسی مراحل رشد این دو گونه مشخص می‌شود که طولانی‌ترین مرحله زندگی این دو گونه علف هرز دوره رویشی آن می‌باشد. بیشترین دوره رویشی آن در فصل بهار صورت می‌گیرد و این روند در اواخر بهار کاهش می‌یابد. همچنین، میزان گلدهی آن ابتدا بالاست، اما به تدریج کاهش می‌یابد و در خرداد ماه به حداقل خود می‌رسد. از ویژگی‌های این دو گونه تولید بذر زیاد می‌باشد. بر

منابع

1. Aleebrahim, M.T., Meyghani, F., Rashed Mohassel, M.H., & Baghestani, M.A. (2009). Study of phenology in Russian knapweed (*Acropilton repens*) based on growing day degree. *Applied Entomology and Phytopathology* 77(2): 119-136. (In Persian with English abstract)
2. Alm, D.M., Mc Giffen, M.E., & Hesketh, J.D. (1991). *Weed Phenology*. Eds. Hodges T. Predicting Crop Phenology. Boca Raton FL USA: CRC Press. 191-218.
3. Azimi Motem, F., Carapetian, J., BakhshiKhaniki, G., & Talai, R. (2010). Karyotypic characteristics of several Papaver species in Ardabil province. *Iranian Journal of Plant Biology* 1(3): 77-90. (In Persian)
4. Baskin, C.C., Milberg, P., Andersson, L., & Baskin, J.M. (2002). Non-deep simple morphophysiological dormancy in seeds of the facultative winter annual *Papaver rhoeas*. *Weed Research* 42: 194-202. <https://doi.org/10.1046/j.1365-3180.2002.00275.x>.
5. Berti, A., Sattin, M., Baldoni, G., Del Pino, A.M., Ferrero, A., Monterro, P., Tel, F., Viggiani, P., & Zanin, G. (2008). Relationships between crop yield and weed time of emergence/removal: modelling and parameter stability across environments. *Weed Research* 48: 378-388. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3180.2008.00628.x>.
6. Dai, J., Wiersma J.J., Martinson K.L., & Durgan B.R. (2012). Influence of time of emergence on the growth and development of wild oat (*Avena fatua*). *Weed Science* 60(3): 389-393. <https://doi.org/10.1614/WS-D-11-00204.1>.
7. Dincer, I., Midilli, A., Hepbasli, A., & Karakoc, T.H. (2010). *Global warming: engineering solutions*. green energy and technology. Springer: Boston MA. 699 pp.
8. Chersa, C.M., & Holt J.S. (1995). Using phenology prediction in weed management: a review. *Weed Research* 35(6): 461-470.
9. Godoy, O., Richardson, D.M., Valladares, F., & Castro-Diez P. (2009). Flowering phenology of invasive alien plant species compared with native species in three Mediterranean-type ecosystems. *Annals Botany* 103: 485-494. <https://doi.org/10.1093/aob/mcn232>.
10. Golmohammadzadeh, S., Zaefarian, F., Rezvani, M., & Chauhan, B.S. (2022). Quantifying cardinal temperatures and thermal time for seed germination of *Papaver dubium* and *P. rhoeas*. *Plant Ecology and Diversity* 15: 67-76. <https://doi.org/10.1080/17550874.2022.2088423>.
11. Golmohammadzadeh, S., Zaefarian, F., & Rezvani M. (2020). Priming techniques, germination and seedling emergence in two Papaver species (*P. rhoeas* L. and *P. dubium* L., *Papaveraceae*). *Brazilian Journal of Botany* 43: 503-512. <https://doi.org/10.1007/s40415-020-00629-0>.
12. Gorzin, M., GhaderiFar, F., Zainali, E., & Razavi, S.E. (2014). Effect of the length of various developmental periods on soybean yield and yield components. *Electronic Journal of Crop Production* 8(1): 21-41. (In Persian with English abstract)
13. Heap, I. (2021). International survey of herbicide resistant weeds. Available in: [http:// www.weedscience.org](http://www.weedscience.org) (visited 15 September 2021).
14. Izquierdo, J., González-Andújar, J.L., Bastida, F., & Lezaún, J.A. (2009). A thermal time model to predict corn poppy (*Papaver rhoeas*) emergence in cereal fields. *Weed Science* 57: 660-664. <https://doi.org/10.1614/WS-09-043.1>.
15. Karlsson, L.M., & Milberg, P. (2007). A comparative study of germination ecology of four *Papaver* taxa. *Annals Botany* 99: 935-946. <https://www.jstor.org/stable/26420688>.
16. Pahlavani, A.H., Meyghani, F., Rashed Mohassel, M.H., & Baghestani, M.A. (2007). Study of swallow wort (*Cynanchum acutum* L.) phenology stages. *Pajouhesh and Sazandegi* 76: 16-24. (In Persian with English abstract)
17. Rashed Mohassel, M.H., Najafi, H., & Akbarzade, M.D. (2001). *Biology and weed control*. Ferdowsi Mashhad

- University Publishing, Mashhad, Iran. 404 Pp. (In Persian)
18. Rastegar, M.A. (2007). *Weed and control methods*. University Publication Center. 412 pp.
19. Rola, H., Domaradzki, K., Kaczmarek, S., & Kapeluszny, J. (2013). Significance of thresholds in integrated methods of weeding regulation in cereals. *Prog. Plant Protection* 53: 96-104.
20. Sohrabi, S., Gherekhloo, J., Kamkar, B., Ghanbari, A., & Rashed Mohassel, M.H. (2016). The phenology and seed production of *Cucumis melo* as an invasive weed in northern Iran. *Australian Journal of Botany* 64: 227-234. <http://dx.doi.org/10.1071/BT15256>.
21. Soltani, A., & Maddah, V. (2010). *Simple applications for teaching and research in agronomy*. Ecological Society of Shahid Beheshti University Press. 80 pp.
22. Torra, J., Cirujeda, A., Taberner, A., & Recasens, J. (2010). Evaluation of herbicides to manage herbicide-resistant corn poppy (*Papaver rhoeas*) in winter cereals. *Crop Protection* 29: 731-736.
23. Torra, J., & Recasens J. (2008). Demography of corn poppy (*Papaver rhoeas*) in relation to emergence time and crop competition. *Weed Science* 56: 826-833. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2010.02.011>.
24. Ziska, L.H., & Dukes, J.S. (2011). *Weed biology and climate change*. Blackwell Publishing Ltd. USA. 248 pp.



Evaluation of the Efficiency of Clipfort (Clopyralid, SG 72%) Herbicide in Rapeseed Fields of Fars Province

E. Mamnoie^{1*}, N. Bagherani Torshiz², A.R. Askary Kelestanie³

Received: 28-11-2021

Revised: 15-12-2021

Accepted: 08-01-2022

Available Online: 21-11-2022

How to cite this article:Mamnoie, E., Bagherani Torshiz, N., & Askary Kelestanie, A.R. (2022). Evaluation of the Efficiency of Clipfort (Clopyralid, SG 72%) Herbicide in Rapeseed Fields of Fars Province. *Journal of Iranian Plant Protection Research* 36(3): 353-366. (In Persian with English abstract)DOI: [10.22067/JPP.2022.73872.1065](https://doi.org/10.22067/JPP.2022.73872.1065)

Introduction

Brassica napus L. is one of the most important crops in the world and Iran which accounts for about 20% of the world total oil production. The area under cultivation of this crop is 13,000 hectares in Fars province. Weed interference is also one of the most important limiting factors which decrease crop yields. Weed can decrease crop yield by competing for resources such as water, light and nutrients and production of allelopathic compounds. Weed competition reduced average onion yield by 50% compared with the weed-free control. The most important broad leaf weeds of rapeseed in Fars province are including *Carthamus oxyacanthus* M.B., *Capsella bursa-pastoris*, *Centaurea solstitialis* L., *Polygonum aviculare* L., *Mavla neglecta* wallr, *Descurainia Sophia* (L.) Webb&Berth, *Veronica persica* L., *Sinapis arvensis* L. Application of herbicides is the most prevalent method of weed control in Rapeseed fields. Herbicides are recommended for control of broad leaf weeds in rapeseed included of trifluralin, clopyralid and butizanstar. Clipfort is a new herbicide of broadleaf weeds product from Barzegar Barjesteh containing 720 g kg⁻¹ Clopyralid, formulated as a soluble granule (SG). This experiment was conducted to evaluate the efficacy of Clipfort herbicide with some preplant, preemergence and postemergence registered herbicides on weed control and rapeseed yield.

Materials and Methods

In order to study the effect of herbicides to control broad leaf weeds of rapeseed fields, an experiment was conducted during 2020- 2021 at Fars Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Darab, Iran. Plots were located on a clay loam soil with pH 7.9. This experiment was carried out in randomized complete block design with 9 treatments and 3 replications. The treatments included post emergence application of Clipfort (Clopyralid, SG 72%) at dose rates of 150, 167, 184, 201 g/ha or 108, 120, 132 and 144 a.i. ha⁻¹, post emergence application of Lontrel (Clopyralid, SL 30%) at dose rate of 800 mm/ha or 240 a.i. ha⁻¹, post emergence application of Watch (Clopyralid, SL 30%) at dose rate of 800 mL ha⁻¹ or 240 a.i. ha⁻¹, preemergence application of butisanstar (quinmerac+ metazachlor, SC 41.6%) at dose rate of 205 mL ha⁻¹ or 1040 a.i. ha⁻¹, preplant soil application Treflan (trifluralin, EC 48%) at dose rate of 2000 mm/ha, or 960 a.i. ha⁻¹ and) and weed free. The narrow leaf weeds were control by Gallant-super (haloxyfop-r-methyl ester 10.8% EC) at dose rate of 1000 mL ha⁻¹ in the 3–4 leaf weeds. The herbicides were applied using a Matabi sprayer equipped with an 8002 flat fan nozzle tip delivering 300 L ha⁻¹ at 200 kP bar spray pressure. Weed numbers and dry weights were determined in random 0.50-m² quadrates per plot. The grain yield and biological yield were recorded for a 2 m² and 0.30 m² from each plot, respectively. Traits were recorded including density, biomass of weed and control percentage of weed, and grain yield and biological yield. Statistical analyses of data were done with SAS var 9

1 and 2- Assistant Professors of Plant Protection Research Department, Fars Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Darab, Iran

(*- Corresponding Author Email: e.mamnoie@areeo.ac.ir)

2- Assistant Professor of Khorasan Razavi Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Mashhad, Iran

software and comparison of mean was tested using the LSD test at 5% level.

Results and Discussion

Broad-leaf weeds infestations included *Hirschfeldia incana* L., *Decurania sophia* L., *Carthamus oxyacanthus* L., *Centaurea pallescens* L., *Veronica persica* L., *Malva neglecta* L. The highest and lowest relative density was *V. persica* and *H. incana* 52 and 7 percent respectively. The highest and lowest relative weight was *C. oxyacanthus* and *V. persica* 31 and 11 percent respectively. The statistical analysis of the data on the weed density and biomass revealed that herbicides were applied significantly decreased the weed density and biomass. Visual observation confirmed that these weeds were effectively controlled using the Clipfort herbicide. Results showed that applications of Clipfort herbicide at dose rates of 201 g ha⁻¹ provided excellent control of the mention weeds. This treatment decreased weed density of *H. incana* (90 %), *D. sophia* (98 %), *C. oxyacanthus* (98 %), *C. pallescens* (100%), *V. persica* (66 %), *M. neglecta* (80 %) and total weed (88%) compared to weed infested control. Also, this treatment decreased weed biomass of *H. incana* (95%), *D. sophia* (98%), *C. oxyacanthus* (99%), *C. pallescens* (100%), *V. persica* (68%), *M. neglecta* (82%) and total weed (91%) compared to weed infested control. However, butizan-star herbicide had the highest control of *V. persica*. This herbicide decreased density and weed biomass of *V. persica* by 94 and 97 percent compared to infested control. The grain yield and biological yield were 2.2 and 7.6-ton ha⁻¹ respectively when applied Clipfort herbicide at dose rates of 201 g ha⁻¹. This treatment also increased grain yield and biological yield by 36 and 30 percent, respectively.

Conclusion

Results showed that the best results achieved from applications of Clipfort herbicide at dose rates of 201 g ha⁻¹. This treatment decreased density and biomass weeds, and increased rapeseed yield. Therefore, the application of Clipfort herbicide (201 g ha⁻¹) is recommended for canola fields.

Keywords: Broadleaf, Control efficacy, Density, Dry weight, Weed

مقاله پژوهشی

جلد ۳۶، شماره ۳، پاییز ۱۴۰۱، ص. ۳۶۶-۳۵۳

ارزیابی کارایی علف‌کش کلپ‌فورت (کلوپیرالید، SG 72%) در مزارع کلزای (*Brassica napus*) استان فارس

ابراهیم ممنوعی^{۱*} - ناصر باقرانی ترشیز^۲ - علی رضا عسکری گلستانی^۳

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۹/۰۷

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۰/۱۸

چکیده

به منظور ارزیابی علف‌کش کلپ‌فورت (کلوپیرالید، SG 72%) در کنترل علف‌های هرز پهن‌برگ مزارع کلزای فارس (داراب)، آزمایشی در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با ۹ تیمار و ۳ تکرار در سال زراعی ۱۳۹۹-۱۴۰۰ اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل کاربرد علف‌کش‌های کلپ‌فورت (کلوپیرالید، SG 72%) به مقدار ۱۵۰، ۱۶۷، ۱۸۴ و ۲۰۱ گرم در هکتار، لونترو (کلوپیرالید، SL 30%) به مقدار ۸۰۰ میلی‌لیتر در هکتار، واچ (کلوپیرالید، SL 30%) به مقدار ۸۰۰ میلی‌لیتر در هکتار، بوتیزان استار (کوئین مراک+ متازاکلر، SC 46.1%) به مقدار ۲/۵ لیتر در هکتار، ترفلان (تریفلورالین، EC 48%) به مقدار ۲ لیتر در هکتار و شاهد و جین دستی بود. نتایج نشان داد که کاربرد تیمارهای علف‌کش تراکم و وزن خشک علف‌های هرز سبزاب، خاکشیر، گلرنگ وحشی، گل گندم، خردل کاذب و پنیرک را ۳۰ و ۴۵ روز پس از سم‌پاشی به طور معنی‌دار کاهش دادند. با افزایش مقدار کاربرد کلپ‌فورت تراکم و وزن خشک این علف‌های هرز به طور معنی‌دار کاهش یافت. مطلوب‌ترین تیمار در کنترل این علف‌هرز از کاربرد کلپ‌فورت به مقدار ۲۱۰ گرم در هکتار بود. این تیمار توانست وزن خشک خردل کاذب (۹۵ درصد)، خاکشیر (۹۸ درصد)، پنیرک (۸۲ درصد)، گل گندم (۱۰۰ درصد)، گلرنگ وحشی (۹۹ درصد) و کل علف‌های هرز (۹۱ درصد) کاهش دهد. همچنین این تیمار بعد از و جین دستی بیشترین عملکرد دانه (۲/۲ تن در هکتار) و عملکرد بیولوژیک (۷/۶ تن در هکتار) داشت که نسبت به شاهد بدون کنترل ۳۶ و ۳۰ درصد افزایش نشان داد. لذا کاربرد علف‌کش کلپ‌فورت (۲۱۰ گرم در هکتار) برای مزارع کلزای استان فارس قابل پیشنهاد است.

واژه‌های کلیدی: پهن برگ، تراکم، علف‌های هرز، کارایی کنترل، وزن خشک

مقدمه

مقدار خسارت علف‌های هرز در این محصول تا ۵۰ درصد گزارش شده است (Shimi et al., 2014b). در این راستا، سلیمی و همکاران (Salimi et al., 2004) گزارش کردند که ۷۰ درصد علف‌های هرز مزارع کلزا مربوط به علف‌های هرز پهن‌برگ است که ۲۰ درصد از آنها را علف‌های هرز شب‌بو (Brassicaceae) تشکیل می‌دهد. افزایش هزینه‌ی تولید باعث افزایش تمایل کشاورزان به کاربرد علف‌کش‌ها در کنترل علف‌های هرز شده است. به طوری که کنترل شیمیایی به عنوان مهم‌ترین روش کنترل علف‌های هرز در کلزا محسوب می‌شود. با این وجود تنها سه پهن‌برگ‌کش اختصاصی تریفلورالین (ترفلان)، کلوپیرالید (لونترو) و کوئین مراک متازاکلر (بوتیزان استار) در کلزا ثبت شده است (Zand et al., 2019). در این

کلزا (*Brassica napus* L.) یکی از مهمترین گیاهان دانه روغنی در دنیا محسوب می‌شود. سطح زیر کشت این گیاه زراعی در استان فارس ۱۳ هزار هکتار است (MAJ, 2019). علف‌های هرز یکی از مهمترین عوامل محدود کننده تولید این گیاه زراعی می‌باشد.

۱ و ۳- استادیاران مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، داراب، ایران

(*)- نویسنده مسئول: (Email: e.mamnoie@areeo.ac.ir)

۲- استادیار مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران

DOI: 10.22067/JPP.2022.73872.1065

ارتباط گزارش شده علف‌کش متازاکلر + دیمتن‌آمید نیز قادر است علف‌های هرز بابونه (*Anthemis arvensis* L.)، کیسه کشیش (*Lamium* spp.)، نوک لک‌لکی (*Erodium cicutarium* L.)، سلمک (*Chenopodium album* L.)، سیزاب (*Veronica* spp.) و بی‌تی‌راخ (*Galium aorin* L.) را به طور کامل کنترل کند (Badowski and Kuchaski, 2008). در گزارشی اظهار شد که کاربرد علف‌کش متازاکلر + ایمازامکس (کلراند) کارایی بسیار مطلوبی در کنترل علف‌های هرز بابونه، شقایق (*Papaver rhoeas* L.)، بی‌تی‌راخ، کیسه کشیش، چچم (*Lolium temulentum* L.)، یولاف بهاره (*Avena fatua* L.) و گندم خودرو (*Triticum aestivum* L.) دارد (Yanev, 2020). کاربرد اتامت سولفورون نیز در کنترل گونه‌های خردل وحشی (*Sinapis arvensis* L.) و شمعدانی وحشی (*Geranium* spp.) مطلوب گزارش شده است (Drobny and Schläng, 2012).

بوتیزان استار علف‌کشی دو منظوره که از مخلوط متازاکلر (خانواده کلرواستانیلاید) + کوئین مارک (خانواده اسید کوئینولین کربوکسیلیک) تشکیل شده است (Zand et al., 2019). این علف‌کش قادر است گونه‌های تاج خروس وحشی (*Amaranthus* spp.)، سلمه‌تره (*Chenopodium album* L.)، گاوزبان‌بدل (*Anchusa* sp.)، چسبک (*Setaria vericillata* L.)، خردل وحشی و سوروف (*Echinochloa crus-galli* L.) را بیش از ۹۰ درصد کنترل کند (Shimi et al., 2014a). کاربرد بوتیزان استار در نظام‌های کم‌خاکورزی نیز قادر است تراکم و وزن خشک علف‌های هرز کلزا را به ترتیب ۷۶ و ۶۸ درصد کنترل کند (Forouzandeh et al., 2017). اتامت سولفورون + بوتیزان استار نیز وزن خشک خاکشیر معمولی (*Descurania sophia* (L.) Webb. & Berth) و خاکشیر تلخ (*Sisymbrium irio* L.) را ۱۰۰ درصد کاهش داد. همچنین کاربرد ایزوکساین + بوتیزان استار نیز شلمی (*Rapistrum rugosum* L.) را ۱۰۰ درصد کنترل نمود (Shimi et al., 2013).

ترفلان (تری‌فلورالین) علف‌کشی دو منظوره از گروه دی‌نیتروآنیلین‌ها است که برای کنترل علف‌های هرز پهن‌برگ و باریک‌برگ کلزا ثبت شده است (Zand et al., 2019). در این ارتباط گزارش شده که با کاربرد تری‌فلورالین + ستوکسیدیم + کلوپیرالید علف‌های هرز خردل وحشی، فالاریس (*Phalaris minor* L.) و پنیرک (*Malva neglecta* L.) به طور کامل کنترل شدند (Zohrabi et al., 2012). در گزارشی بیان شد که تری‌فلورالین + متازاکلر، تری‌فلورالین + متازاکلر + کلوپیرالید، تری‌فلورالین + متازاکلر + نوپاساران (ایمازامکس + متازاکلر) قادر است علف‌های هرز باریک‌برگ را ۹۰ درصد کنترل کند (Gargouri et al., 2019). همچنین، علف‌کش تری‌فلورالین + هالوکسی فوپ نیز علف‌های هرز خاکشیر تلخ، گلرنگ

وحشی (*Carthamus oxyacantha* M.Bieb.)، علف پشمکی (*Bromus tectorum* L.)، سورگوم (*Sorghum halepense* L.)، سوروف (*Echinochloa crus-galli* L.) را به خوبی کنترل نمود (Samadni and Karaminejad, 2015).

علف‌کش کلوپیرالید از خانواده پیریدین کربوکسیلیک اسید است و علف‌کشی شبه اکسینی است (Zand et al., 2019). این علف‌کش دارای دو فرم تجاری لوتنرل و واچ با فرمولاسیون ۳۰ درصد مایع محلول (SL) که به ترتیب تولید شرکت های داو و بیسترفیلد تولید شده است. در ارتباط گزارش شده است که کارایی علف‌کش‌های لوتنرل و واچ در کنترل علف‌های هرز تاتاری (*Carduus* spp.)، کنگر برگ ابلقی (*Polygonum vulgare* L.)، هفت بند (*Pycnocephalus* L.)، شاه افسر (*Melilotus officinalis* L.) و گونه‌های پنیرک (*Malva* spp.) بسیار مطلوب است (Shimi et al., 2014c). مرادی و همکاران (Moradi et al., 2020) نیز نشان دادند که علف‌کش لوتنرل قادر است کاسنی تلخ (*Cichorium intybus* L.) و گلرنگ وحشی را به طور مطلوبی کنترل کند. قزلی و شیمی (Ghezeli and Shimi, 2010) نیز بیان کردند که لوتنرل قادر است علف‌های هرز قوزک (*Hibiscus trionum* L.) و کنگر برگ ابلقی کنترل کند. در گزارش پوراژر (Pourazar, 2010) اعلام شد که کارایی لوتنرل در کنترل وایه، دم‌عقربی (*Scorpiurus muricatus* L.) و کنگر برگ ابلقی مطلوب است، اما کارایی این علف‌کش در کنترل علف‌های هرز چغندر وحشی (*Beta maritima* L.) و پنیرک (*Malva sylvestris* L.) ضعیف اعلام شد.

علف‌کش کلپ‌فورت (۷۲ درصد SG) فرمولاسیون جدید گرانول قابل‌حل در آب از کلوپیرالید است، که توسط شرکت برزگر برجسته برای چغندر قند ثبت شده، مقدار ماده موثره این علف‌کش بیش از دو برابر فرم‌های تجاری لوتنرل و واچ است (Zand et al., 2019). این آزمایش با هدف، ارزیابی کارایی کلپ‌فورت در کنترل علف‌های هرز پهن‌برگ در مقایسه با علف‌کش‌های ثبت شده، تعیین مناسب‌ترین مقدار کاربرد و بررسی اثرات احتمالی گیاهسوزی آن در کلزا انجام شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در اراضی ایستگاه تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی فارس (داراب) در سال زراعی ۱۳۹۹-۱۴۰۰ انجام شد. ارتفاع محل آزمایش ۱۱۵۰ متر از سطح دریا، میانگین بارندگی ۱۶۰ میلی‌متر، بافت خاک (لوم-رسی)، اسیدیته (۷/۹)، هدایت الکتریکی (۰/۶۸) دسی‌زیمنس بر متر، کربن آلی (۰/۶۸ درصد)، مقادیر پتاسیم (K_2O) و فسفر (P_2O_5) قابل جذب به ترتیب ۲۴۸ و ۲۳ میلی‌گرم در کیلوگرم بود.

مدت ۴۸ ساعت خشک و با ترازوی دیجیتالی با دقت گرم وزن گردید. عملکرد دانه از خطوط وسط در ابعاد دو متر مربع در هر نیم کرت شاهد و تیمار انجام شد. عملکرد بیولوژیک نیز در ابعاد ۳۰ سانتی‌متر از خطوط باقیمانده تعیین شد. درصد کاهش تراکم و وزن خشک علف‌های هرز از معادله یک، و درصد تغییرات عملکرد دانه و بیولوژیک از معادله دو استفاده شد (Somani, 1992).

$$\text{WCE} = \left(\frac{A-B}{A} \right) \times 100 - 100 \quad \text{معادله [۱]}$$

$$\% Y_i = 100 \times \frac{Y_f}{Y_w} \quad \text{معادله [۲]}$$

در معادله یک، WCE درصد کاهش تراکم (وزن خشک) علف‌های هرز پهن برگ، A و B به ترتیب تراکم (وزن خشک) علف‌های هرز در کادر سمپاشی نشده و سمپاشی شده است. در معادله دو Y_i درصد تغییرات عملکرد، Y_f و Y_w به ترتیب عملکرد در نیم کرت‌های سمپاشی شده و نشده است. آزمون نرمال بودن داده‌ها قبل از تجزیه واریانس انجام شد. مقایسه میانگین با آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) در سطح پنج درصد و محاسبات آماری با استفاده از نرم‌افزار SAS (نسخه ۹/۳) انجام شد.

نتایج و بحث

علف‌های هرز غالب آزمایش شامل شش گونه خردل کاذب، خاکشیر، گلرنگ وحشی، گل گندم، سبزاب و پنیرک بود. بیشترین و کمترین فراوانی نسبی تراکم نسبی مربوط به سبزاب و پنیرک به ترتیب ۵۲ و ۵ درصد همچنین بیشترین و کمترین وزن نسبی به ترتیب گلرنگ وحشی و پنیرک به ترتیب ۳۱ و ۳ درصد بودند (جدول ۱). در این ارتباط مرادی و همکاران (Moradi et al., 2020) گزارش کردند که کاسنی تلخ (*Cichorium intybus* L.)، پیچک (*Convolvulus arvensis* L.)، گلرنگ وحشی (*Carthamus tinctorius*) و کاهوی وحشی (*Lactuca serriola* L.) مهمترین علف‌های هرز کلزا است. شیمی و همکاران (Shimi et al., 2014b) اظهار کردند که خردل وحشی (*Sinapis arvensis* L.)، پنیرک (*Malva spp.*)، آمی (*Ammi majus* L.) و کنگر برگ ابلقی (*Silybum marianum* L.) مهمترین علف‌های هرز در کلزا است. نورعلی زاده و همکاران (Nouralizadeh et al., 2020) نیز خردل وحشی و کنگر وحشی (*Cirsium arvensis* L.) را علف‌های هرز پهن برگ مهم کلزا گزارش کردند.

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که کاربرد تیمارهای علف‌کش تأثیر معنی‌دار ($P \leq 0.01$) بر درصد کنترل چشمی، درصد کاهش تراکم و وزن خشک علف‌های هرز خردل کاذب، خاکشیر، پنیرک، گل گندم، گلرنگ وحشی، سبزاب و کل علف‌های هرز دارد (جدول ۲).

آزمایش در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با ۹ تیمار و ۳ تکرار اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل کاربرد علف‌کش کلپ‌فورت (کلوپیرالید، ۷۲ درصد SG) به مقدار ۱۵۰، ۱۶۷، ۱۸۴ و ۲۰۱ گرم در هکتار معادل ۱۰۸، ۱۲۰، ۱۳۲ و ۱۴۴ گرم ماده موثره در هکتار به صورت پس‌رویشی، کاربرد لونترل (کلوپیرالید، ۳۰ درصد SL) به مقدار ۸۰۰ میلی‌لیتر در هکتار معادل ۲۴۰ گرم ماده موثره در هکتار به صورت پس‌رویشی، کاربرد واچ (کلوپیرالید، ۳۰ درصد SL) به مقدار ۸۰۰ میلی‌لیتر در هکتار معادل ۲۴۰ گرم ماده موثره در هکتار به صورت پس‌رویشی، کاربرد بوتیزان استار (کوئین مراک+ متازاکلر، ۴۱/۶ درصد SC) به مقدار ۲۵۰۰ میلی‌لیتر در هکتار معادل ۱۰۴۰ گرم ماده موثره در هکتار به صورت پیش‌رویشی، کاربرد ترفلان (تریفلورالین، ۴۸ درصد EC) به مقدار ۲۰۰۰ میلی‌لیتر در هکتار معادل ۹۶۰ گرم ماده موثره در هکتار به صورت پیش از کاشت آمیخته با خاک، و جین دستی علف‌هرز بود.

عملیات آماده‌سازی بستر کاشت شامل شخم، دیسک و تسطیح در مهرماه ۱۳۹۹ انجام شد. کاشت به صورت دستی در نیمه دوم آبان ماه ۱۳۹۹ انجام شد. رقم انتخابی کلزای بهاره (RGS003) بود که رقم غیر هیبرید و مخصوص مناطق گرم و از ارقام غالب کشت منطقه است. هر واحد آزمایش (کرت) دارای ۶ خط کاشت به فاصله ۵۰ سانتی‌متر به طول ۱۰ متر بود. مقدار بذر مصرفی ۵ کیلوگرم در هکتار بود. فاصله بین بلوک ۱/۵ متر و بین کرت دو خط نکاشت در نظر گرفته شد. آبیاری به صورت قطره‌ای با نوار تیپ انجام شد. برای افزایش دقت آزمایش از شاهد متناظر استفاده شد. به طوری که هر کرت آزمایش به دو قسمت تقسیم شد، قسمت بالایی سمپاشی نشده به عنوان شاهد و قسمت پایین کرت‌ها سمپاشی شده به عنوان تیمار در نظر گرفته شد. سمپاشی با سمپاش پستی مجهز به نازل (۸۰۰۲) با فشار ثابت ۲۰۰ کیلو پاسکال و حجم پاشش ۳۰۰ لیتر در هکتار انجام شد. تیمارهای علف‌کش‌های پس‌رویشی در مراحل ۴ تا ۶ برگگی علف‌های هرز پهن برگ انجام شد. جهت کنترل علف‌های هرز باریک برگ از علف‌کش گالانت سوپر به مقدار یک لیتر در هکتار استفاده شد.

صفات اندازه‌گیری شده شامل تعیین تراکم نسبی، وزن نسبی، ارزیابی کنترل چشمی علف‌های هرز ۳۰ روز پس از سمپاشی بر اساس شاخص انجمن تحقیقات علف‌های هرز اروپا (EWRS)، و ارزیابی خسارت‌زایی علف‌کش بر گیاه زراعی (۳۰ روز پس از سمپاشی)، تعیین درصد کاهش تراکم و وزن خشک علف‌های هرز ۳۰ و ۴۵ روز پس از سمپاشی، تعیین عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و درصد تغییرات آنها بود. اندازه‌گیری تراکم علف‌های هرز در هر نیم کرت شاهد و نیم کرت تیمار شده در کادری به ابعاد ۵۰ × ۵۰ سانتی‌متر به تفکیک گونه تعیین و پس از برداشت و بعد از انتقال به آزمایشگاه، بر حسب گونه تفکیک و در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد به

جدول ۱- تراکم نسبی و وزن نسبی علف‌های هرز پهن برگ غالب موجود در مزرعه آزمایشی کلزا در داراب

Table 1- Relative density and relative weight of the dominant broadleaf weeds in the experimental wheat field

نام علمی Scientific name	فارسی Persian name	تیره Family	تراکم نسبی Relative densities (%)	وزن نسبی Relative weights (%)
<i>Hirschfeldia</i> (L.) Lagr.-Foss	خردل کاذب	Brassicaceae	7.30	19.18
<i>Decurania Sophia</i> L.	خاکشیر	Brassicaceae	9.52	19.22
<i>Carthamus oxyacanthus</i> L.	گلرنگ وحشی	Asteraceae	17.18	31.92
<i>Centaurea pallescens</i> L.	گل گندم	Asteraceae	7.18	13.40
<i>Veronica persica</i> L.	سبزاب	Scrophulariaceae	52.48	11.74
<i>Malva neglecta</i> L.	پنیرک	Malvaceae	5.53	3.26

جدول ۲- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر تیمارهای آزمایش بر درصد کنترل چشمی بر اساس شاخص EWRS، درصد کاهش تراکم و وزن خشک علف‌های هرز پهن برگ کلزا ۳۰ و ۴۵ روز بعد از سمپاشی

Table 2- Analysis of variance (Mean Squares) the effect of experimental treatments on the percent visual control based on the EWRS index, the control percentage of broadleaf weeds density and biomass in rapeseed 30 and 45 days after spraying

درصد کنترل چشمی (EWRS) علف‌های هرز پهن برگ ۳۰ روز بعد از سمپاشی

The percent visual control (EWRS) of broadleaf weeds 30 DAS

منابع تغییرات Source of variation	درجه آزادی df	خردل کاذب <i>Hirschfeldia incana</i>	خاکشیر <i>Decurania sophia</i>	پنیرک <i>Malva neglecta</i>	گل گندم <i>Centaurea pallescens</i>	گلرنگ وحشی <i>Carthamus oxyacanthus</i>	سبزاب <i>Veronica persica</i>	کل علف‌هرز Total weed
تکرار Replication	2	53.38 ^{ns}	153.13 ^{ns}	415.63 ^{ns}	154.17 ^{ns}	21.88 ^{ns}	190.63 ^{ns}	161.66 ^{ns}
تیمار Treatment	7	902.58 ^{**}	1027 ^{**}	459.38 ^{**}	1186.76 ^{**}	1966.08 ^{**}	1087.5 ^{**}	519.63 ^{**}
خطا Error	14	56.95	45.99	137.06	118.46	118.31	112.06	96.95
CV (%)		9.87	7.7	18.19	12.59	12.99	16.61	13.37

درصد کاهش تراکم علف‌های هرز پهن برگ ۳۰ روز بعد از سمپاشی

The percentage reduction of broadleaf weeds density 30 DAS

منابع تغییرات Source of variation	درجه آزادی df	خردل کاذب <i>Hirschfeldia incana</i>	خاکشیر <i>Decurania sophia</i>	پنیرک <i>Malva neglecta</i>	گل گندم <i>Centaurea pallescens</i>	گلرنگ وحشی <i>Carthamus oxyacanthus</i>	سبزاب <i>Veronica persica</i>	کل علف‌هرز Total weed
تکرار Replication	2	64.9 ^{ns}	35.04 ^{ns}	196.88 ^{ns}	31.36 ^{ns}	300.5 ^{ns}	20.92 ^{ns}	24.94 ^{ns}
تیمار Treatment	7	644.31 ^{**}	1850.73 ^{**}	145.94 ^{**}	1196.08 ^{**}	1355.25 ^{**}	298 ^{**}	700.83 ^{**}
خطا Error	14	100.42	38.56	79.25	108.01	91.88	41.96	92.45
CV (%)		15.3	8.96	18.85	17.47	13.52	12.86	15.93

درصد کاهش وزن خشک علف‌های هرز پهن برگ ۳۰ روز بعد از سمپاشی

The percentage reduction of broadleaf weeds biomass 30 DAS

منابع تغییرات Source of variation	درجه آزادی df	خردل کاذب <i>Hirschfeldia incana</i>	خاکشیر <i>Decurania sophia</i>	پنیرک <i>Malva neglecta</i>	گل گندم <i>Centaurea pallescens</i>	گلرنگ وحشی <i>Carthamus oxyacanthus</i>	سبزاب <i>Veronica persica</i>	کل علف‌هرز Total weed
تکرار Replication	2	17.28 ^{ns}	151.91 ^{ns}	21.86 ^{ns}	26.82 ^{ns}	109.07 ^{ns}	379.97 ^{ns}	0.88 ^{ns}
تیمار Treatment	7	603.42 ^{**}	1970.66 ^{**}	168.66 ^{**}	1304.82 ^{**}	1490.43 ^{**}	313.38 ^{**}	791.46 ^{**}

Treatment								
خطا	14							
Error		52.58	118.44	69.65	81.66	86.18	124.81	59.08
CV (%)		12.25	15.28	17.14	14.65	12.66	21.45	12.14
درصد کاهش تراکم علف‌های هرز پهن برگ ۴۵ روز بعد از سمپاشی								
The percentage reduction of broadleaf weeds density 45 DAS								
منابع تغییرات	درجه	خردل کاذب	خاکشیر	پنیرک	گل گندم	گلرنگ وحشی	سبزاب	کل علف‌هرز
Source of variation	آزادی	<i>Hirschfeldia incana</i>	<i>Decurania sophia</i>	<i>Malva neglecta</i>	<i>Centaurea pallescens</i>	<i>Carthamus oxyacanthus</i>	<i>Veronica persica</i>	Total weed
تکرار	2	99 ^{ns}	25.72 ^{ns}	215.57 ^{ns}	287.91 ^{ns}	4.08 ^{ns}	104.71 ^{ns}	29.24 ^{ns}
Replication								
تیمار	7	911.29 ^{**}	2003.54 ^{**}	493.59 ^{**}	1121.79 ^{**}	1695.53 ^{**}	1058.22 ^{**}	511.81 ^{**}
Treatment								
خطا	14	93.35	169.84	70.07	143.78	151.82	52.89	83.27
Error								
CV (%)		13.27	16.54	12.94	14.43	15.21	11.23	12.63
درصد کاهش وزن خشک علف‌های هرز پهن برگ ۴۵ روز بعد از سمپاشی								
The percentage reduction of broadleaf weeds biomass 45 DAS								
منابع تغییرات	درجه	خردل کاذب	خاکشیر	پنیرک	گل گندم	گلرنگ وحشی	سبزاب	کل علف‌هرز
Source of variation	آزادی	<i>Hirschfeldia incana</i>	<i>Decurania sophia</i>	<i>Malva neglecta</i>	<i>Centaurea pallescens</i>	<i>Carthamus oxyacanthus</i>	<i>Veronica persica</i>	Total weed
تکرار	2	49.19 ^{ns}	80.01 ^{ns}	82.92 ^{ns}	61.52 ^{ns}	101.28 ^{ns}	87.58 ^{ns}	81.55 ^{ns}
Replication								
تیمار	7	936.6 ^{**}	846.48 ^{**}	489.22 ^{**}	1145.66 ^{**}	1268.16 ^{**}	1132.72 ^{**}	541.98 ^{**}
Treatment								
خطا	14	136.75	191.59	53.39	116.48	104.04	79.65	95.33
Error								
CV (%)		14.87	16.18	11	12.62	12.07	13.61	12.99

ns, *, **، ترتیب در سطح ۵، ۱ درصد معنی‌دار، غیر معنی‌دار

ns, *, ** non-significant, significant at 0.05 and 0.01, respectively, DAS (days after spraying)

کنترل سبزاب به ترتیب ۹۵ تا ۸۵ درصد مشاهده شد (جدول ۳). نتایج حاصل از درصد کاهش تراکم علف‌های هرز ۳۰ روز بعد از سمپاشی، بیانگر آن است که علف‌کش کلیپ فورت کارایی مطلوبی در کنترل علف‌های هرز آزمایش داشت. همچنین، با افزایش مقدار کاربرد این علف‌کش کارایی کنترل علف‌های هرز مذکور به طور معنی‌دار افزایش یافت. مطلوب‌ترین تیمار در کنترل علف‌های هرز آزمایش از کاربرد کلیپ فورت به مقدار ۲۰۱ گرم در هکتار حاصل شد. این تیمار توانست تراکم علف‌های هرز خردل کاذب (۸۰ درصد)، خاکشیر (۹۱ درصد)، پنیرک (۵۵ درصد)، گل گندم (۸۰ درصد)، گلرنگ وحشی (۸۷ درصد) و کل علف‌های هرز (۷۷ درصد) نسبت به شاهد متناظر کاهش یافت. همچنین، این تیمار از نظر کاهش تراکم خردل کاذب، پنیرک، گل گندم، گلرنگ وحشی و کل علف‌های هرز با تیمارهای کلیپ فورت (۱۸۴ گرم در هکتار)، واچ و لونتزل در یک گروه آماری بود و با ترفلان و بوتیزان استار تفاوت معنی‌دار داشت.

بر اساس نتایج حاصل از کنترل چشمی علف‌های هرز ۳۰ روز بعد از سمپاشی، کاربرد علف‌کش کلیپ فورت کارایی مطلوبی در کنترل علف‌های هرز خردل کاذب، خاکشیر، پنیرک، گل گندم، گلرنگ وحشی و کل علف‌های هرز داشت. همچنین، با افزایش مقدار کاربرد کلیپ فورت کارایی کنترل علف‌های هرز مذکور نیز به طور معنی‌دار افزایش یافت. به طوری که مطلوب‌ترین تیمار در کنترل این علف‌های هرز از کاربرد کلیپ فورت به مقدار ۲۰۱ گرم در هکتار حاصل شد. این تیمار توانست علف‌هرز خردل کاذب (۹۵ درصد)، خاکشیر (۱۰۰ درصد)، پنیرک (۸۰ درصد)، گل گندم (۱۰۰ درصد)، گلرنگ وحشی (۱۰۰ درصد) و کل علف‌های هرز (۹۰ درصد) نسبت به شاهد متناظر کنترل کند. همچنین، این تیمار با تیمارهای کلیپ فورت (۱۸۴ گرم در هکتار)، لونتزل و واچ در یک گروه آماری بود و با ترفلان و بوتیزان استار تفاوت معنی‌دار داشت. در مقابل کارایی علف‌کش کلیپ فورت، لونتزل و واچ در کنترل سبزاب (۶۶ درصد) نسبتاً ضعیف بود، در حالی که کارایی بوتیزان استار و ترفلان در

جدول ۳- اثر تیمارهای کنترل بر درصد کنترل چشمی علف‌های هرز پهن برگ کلزا ۳۰ روز بعد از سمپاشی

Table 3- The effect of control treatments on the percentage visual control of broadleaf weeds in rapeseed 30 days after spraying

تیمار Treatment	مقدار مصرف Dose g (ml) ha ⁻¹	خردل کاذب <i>Hirschfeldia incana</i>	خاکشیر <i>Decurania sophia</i>	پنیرک <i>Malva neglecta</i>	گل گندم <i>Centaurea pallens</i>	گلرنگ وحشی <i>Carthamus oxyacanthus</i>	سیزاب <i>Veronica persica</i>	کل علف‌هرز Total weed
Clipfort	150	70 ^b	90 ^a	50 ^b	90 ^a	90 ^a	40 ^c	70 ^{bc}
Clipfort	167	75 ^b	95 ^a	55 ^b	95 ^a	90 ^a	45 ^c	75 ^{a-c}
Clipfort	184	82 ^{ab}	100 ^a	70 ^{ab}	100 ^a	100 ^a	50 ^{bc}	80 ^{ab}
Clipfort	201	95 ^a	100 ^a	80 ^a	100 ^a	100 ^a	65 ^b	90 ^a
Lontrel	800	90 ^a	100 ^a	70 ^{ab}	96.67 ^a	100 ^a	65 ^b	79 ^{ab}
Watch	800	95 ^a	100 ^a	80 ^a	100 ^a	100 ^a	65 ^b	85 ^{ab}
Butizan Star	2500	50 ^c	50 ^c	60 ^{ab}	50 ^b	60 ^b	95 ^a	50 ^d
Treflan	2000	55 ^c	70 ^b	50 ^b	60 ^b	30 ^c	85 ^a	60.5 ^{cd}
LSD (0.05)		13.22	11.88	20.51	19.06	19.05	18.54	17.25

در هر ستون میانگین‌های مربوط به هر تیمار با حداقل یک حرف مشترک فاقد اختلاف معنی‌دار می‌باشند. (LSD P ≤ 0.05).

In each column, means followed by the same letter in each treatment are not significantly different (LSD P≤0.05)

گزارش شد (Shimi et al., 200b). در آزمایشی کارایی لونتrel (کلوپیرالید) در کنترل کاسنی تلخ و گلرنگ وحشی مطلوب ارزیابی شد (Moradi et al., 2020). با این وجود علف‌کش لونتrel نتوانست علف‌های هرز کنگر برگ ابلقی (Shimi et al., 2013)، چغندرواحشی (Pourazar, 2010) به خوبی کنترل کند. در حالی که گزارش‌های دیگر بیانگر آن است که کارایی کلوپیرالید در کنترل قوزک، کنگر برگ ابلقی (Pourazar, 2010; Ghezeli and Shimi, 2010)؛ Shimi Pourazar, 2010)؛ Shimi et al., 2014c)؛ وایه، دم‌عقرب (Shimi et al., 2014c)؛ تاتاری (Shimi et al., 2014c)؛ هفت بند، شاه افسر (Shimi et al., 2014c; Ghezeli and Shimi, 2010)؛ بسیار مطلوب است.

همچنین، کارایی کلیپ فورت (۲۰۱ گرم در هکتار) از نظر کنترل خاکشیر، با کلیپ فورت (۱۸۴ گرم در هکتار) و واچ در یک گروه آماری بود و با لونتrel، ترفلان و بوتیزان استار تفاوت معنی‌دار داشت. در مقابل بیشترین کارایی در کنترل سیزاب از کاربرد بوتیزان استار (۶۵ درصد) حاصل شد که با ترفلان (۶۰ درصد) در یک گروه بود. کارایی کلیپ فورت (ژر حداکثری) در کنترل سیزاب ۵۳ درصد بود که برتر از لونتrel نشان داد (جدول ۴).

در این ارتباط شیمی و همکاران (Shimi et al., 2008a) نشان دادند که کارایی علف‌کش بوتیزان استار در کنترل خردل وحشی (S. arvensis) ضعیف است (Shimi et al., 2008a). همچنین کارایی علف‌کش ترفلان+ایزوکسبان در کنترل خردل وحشی ۵۰ درصد

جدول ۴- اثر تیمارهای کنترل بر درصد کاهش تراکم علف‌های هرز پهن برگ کلزا ۳۰ روز بعد از سمپاشی

Table 4- The effect of control treatments on the percentage reduction of broadleaf weeds density in rapeseed 30 days after spraying

تیمار Treatment	مقدار مصرف Dose g (ml) ha ⁻¹	خردل کاذب <i>Hirschfeldia incana</i>	خاکشیر <i>Decurania sophia</i>	پنیرک <i>Malva neglecta</i>	گل گندم <i>Centaurea pallens</i>	گلرنگ وحشی <i>Carthamus oxyacanthus</i>	سیزاب <i>Veronica persica</i>	کل علف‌هرز Total weed
Clipfort	150	60.72 ^{bc}	65.56 ^c	40.48 ^{ab}	55.19 ^b	70.4 ^a	35.17 ^e	58.93 ^{bc}
Clipfort	167	65.81 ^{ab}	80.06 ^b	44.29 ^{ab}	57.78 ^b	78.07 ^a	40.31 ^{de}	61.63 ^{ab}
Clipfort	184	71.04 ^{ab}	85 ^{ab}	50 ^{ab}	70.64 ^{ab}	84.11 ^a	47.16 ^{cd}	66.52 ^{ab}
Clipfort	201	80.56 ^a	91.08 ^a	55.56 ^a	80.24 ^a	87.12 ^a	53.42 ^{bc}	77.56 ^a
Lontrel	800	74.93 ^{ab}	80 ^b	50 ^{ab}	70.64 ^{ab}	85.21 ^a	48.01 ^{cd}	65.03 ^{ab}
Watch	800	81.49 ^a	90 ^{ab}	55.56 ^a	80 ^a	86.12 ^a	53.23 ^{bc}	76.59 ^a
Butizan Star	2500	41.86 ^d	25.27 ^e	46.3 ^{ab}	30.64 ^c	45.76 ^b	65.4 ^a	33.79 ^d
Treflan	2000	47.62 ^{cd}	37.9 ^d	35.77 ^b	30.56 ^c	30.84 ^b	60.56 ^{ab}	42.85 ^{cd}
LSD (0.05)		17.55	10.88	15.59	18.2	16.79	11.35	16.84

در هر ستون میانگین‌های مربوط به هر تیمار با حداقل یک حرف مشترک فاقد اختلاف معنی‌دار می‌باشند. (LSD P ≤ 0.05).

In each column, means followed by the same letter in each treatment are not significantly different (LSD P≤0.05).

ترفلان و بوتیزان استار تفاوت معنی‌دار داشت. مشابه با نتایج قبل، بیشترین کارایی در کاهش وزن خشک سیزاب از کاربرد بوتیزان استار و ترفلان به ترتیب ۶۷ و ۶۲ درصد حاصل شد که با کلیپ فورت (۲۰۱ گرم در هکتار)، واچ و لونتrel در یک گروه آماری بودند (جدول ۵).

در این ارتباط گزارش شد که کاربرد ترفلان + بوتیزان استار قادر است وزن خشک علف‌های هرز کلزا را ۸۷ درصد کاهش دهد (Nouralizadeh et al., 2020). همچنین کاربرد علف‌کش ترفلان + ایزوکسبان نیز قادر است وزن خشک خردل و وحشی ۵۰ درصد کاهش دهد (Shimi et al., 200b). نتایج آزمایشی نشان داد که با استفاده از علف‌کش استوکلر وزن خشک علف‌های هرز کلزا ۶۵ تا ۷۱ درصد کاهش می‌یابد (Wan et al., 2019).

نتایج حاصل از کاربرد علف‌کش کلیپ فورت بر درصد کاهش وزن خشک علف‌های هرز ۳۰ روز بعد از سمپاشی، حاکی آن است که کارایی این علف‌کش در کنترل علف‌های هرز مذکور مطلوب است. همچنین، با افزایش مقدار کاربرد این علف‌کش کارایی کنترل علف‌های هرز مزبور به طور معنی‌دار افزایش یافت. از این منظر، مطلوب‌ترین تیمار در کاهش وزن خشک علف‌های هرز آزمایش از کاربرد کلیپ فورت به مقدار ۲۰۱ گرم در هکتار حاصل شد. این تیمار توانست وزن خشک علف‌های هرز خردل کاذب (۷۴ درصد)، خاکشیر (۹۲ درصد)، پنیرک (۵۷ درصد)، گل گندم (۸۳ درصد)، گلرنگ و وحشی (۸۹ درصد) و کل علف‌های هرز (۸۱ درصد) نسبت به شاهد متناظر کاهش دهد. همچنین، این تیمار با تیمارهای کلیپ فورت (۱۸۴ گرم در هکتار)، واچ و لونتrel در یک گروه آماری بود و با

جدول ۵- اثر تیمارهای کنترل بر درصد کاهش وزن خشک علف‌های هرز پهن برگ کلزا ۳۰ روز بعد از سمپاشی

Table 5- The effect of control treatments on the percentage reduction of broadleaf weed biomass in rapeseed 30 days after spraying

تیمار Treatment	مقدار مصرف Dose g (ml) ha ⁻¹	خردل کاذب <i>Hirschfeldia incana</i>	خاکشیر <i>Decurania sophia</i>	پنیرک <i>Malva neglecta</i>	گل گندم <i>Centaurea pallens</i>	گلرنگ وحشی <i>Carthamus oxyacanthus</i>	سیزاب <i>Veronica persica</i>	کل علف‌هرز Total weed
Clipfort	150	54.65 c	67.58 b	40.66 bc	57.19 b	72.82 b	36.53 b	58.38 bc
Clipfort	167	59.16 bc	82.39 ab	46.82 a-c	62.02 b	81.1 ab	41.62 b	65.12 b
Clipfort	184	64.58 a-c	88.42 a	52.4 ab	72.82 ab	87.38 ab	48.85 ab	71.05 ab
Clipfort	201	74.17 a	92.39 a	57.24 a	83.19 a	89.48 a	55.32 ab	81.55 a
Lontrel	800	68.72 ab	83.2 ab	52.06 ab	72.77 ab	88.41 ab	49.94 ab	70.09 ab
Watch	800	74.17 a	92.24 a	57.26 a	83.23 a	89.45 a	54.54 ab	80.06 a
Butizan Star	2500	36.4 d	27.67 c	46.85 a-c	31.26 c	46.89 c	67.64 a	35.63 d
Treflan	2000	41.88 d	36.09 c	36.42 c	31.27 c	31.23 c	62.39 a	45.04 dc
LSD (0.05)		12.7	19.06	14.62	15.83	16.26	19.57	13.46

در هر ستون میانگین‌های مربوط به هر تیمار با حداقل یک حرف مشترک فاقد اختلاف معنی‌دار می‌باشند. (LSD $P \leq 0.05$).

In each column, means followed by the same letter in each treatment are not significantly different (LSD $P \leq 0.05$).

استار تفاوت معنی‌دار داشت. در مقابل، بیشترین کارایی در کاهش تراکم سیزاب از کاربرد بوتیزان استار و ترفلان به ترتیب ۹۴ و ۸۶ درصد حاصل گردد که با سایر تیمارها تفاوت معنی‌داری داشتند. کارایی کلپ‌فورت (دُز حداکثری) در کنترل سیزاب ۶۶ درصد مشاهده گردید (جدول ۶).

بر اساس گزارش های قبل بوتیزان استار کارایی ضعیفی در کنترل خردل وحشی (*S. arvensis*) دارد (Shimi et al., 2008a). همچنین مشخص شد که کاربرد مخلوط علف‌کش ترفلان + ایزوکسبان کارایی ضعیفی در کنترل خردل وحشی دارد (Shimi et al., 200b). در گزارشی اظهار شد که علف‌کش لونتrel قادر است علف‌های هرز کاسنی تلخ و گلرنگ وحشی (Moradi et al., 2020)، قوزک، کنگر برگ ابلقی (Ghezeli and Shimi, Pourazar, 2010)؛

نتایج حاصل از کاربرد علف‌کش کلیپ فورت بر درصد کاهش تراکم علف‌های هرز ۴۵ روز بعد از سمپاشی نیز روند مشابهی داشت. به طوری که افزایش مقدار کاربرد علف‌کش کلیپ فورت تراکم علف‌های هرز به طور معنی‌دار افزایش داد. این علف‌کش توانست تراکم علف‌های هرز آزمایش را بطور رضایت‌بخشی کنترل کند. مطلوب‌ترین تیمار در کاهش تراکم علف‌های هرز آزمایش از کاربرد کلیپ فورت به مقدار ۲۰۱ گرم در هکتار حاصل شد. این تیمار توانست تراکم علف‌های هرز خردل کاذب (۹۰ درصد)، خاکشیر (۹۸ درصد)، پنیرک (۸۰ درصد)، گل گندم (۱۰۰ درصد)، گلرنگ وحشی (۹۸ درصد) و کل علف‌های هرز (۸۸ درصد) نسبت به شاهد متناظر کاهش دهد. همچنین، این تیمار با تیمارهای کلیپ فورت (۱۸۴ گرم در هکتار)، واچ و لونتrel در یک گروه آماری بود و با ترفلان و بوتیزان

خوبی کنترل کند. در حالی که کارایی علف‌کش لونت‌رل در کنترل علف‌های هرز خردل وحشی (Shimi et al., 2013) و پنیرک شاه افسر (Shimi et al., 2014c; Ghezeli and Shimi, 2010) به Pourazar, 2010)؛ وایه، دم‌عقرب (Pourazar, 2010)؛ و تاتاری (Shimi et al., 2014c)، هفت بند، ضعیف گزارش شد.

جدول ۶- اثر تیمارهای کنترل بر درصد کاهش تراکم علف‌های هرز پهن برگ کلزا ۴۵ روز بعد از سمپاشی

Table 6- The effect of control treatments on the percentage reduction of broadleaf weed density in rapeseed 45 days after spraying

تیمار Treatment	مقدار مصرف Dose g (ml) ha ⁻¹	خردل کاذب <i>Hirschfeldia incana</i>	خاکشیر <i>Decurania sophia</i>	پنیرک <i>Malva neglecta</i>	گل گندم <i>Centaurea pallens</i>	گلرنگ وحشی <i>Carthamus oxyacanthus</i>	سیزاب <i>Veronica persica</i>	کل علف‌هرز Total weed
Clipfort	150	66.27 ^{cd}	76.79 ^a	48.15 ^c	74.11 ^{bc}	80.36 ^a	40.68 ^c	68.54 ^{bc}
Clipfort	167	72.28 ^{bc}	92.14 ^a	55.72 ^c	90 ^{ab}	91.18 ^a	45.86 ^c	73.39 ^{a-c}
Clipfort	184	83.42 ^{ab}	95.14 ^a	70.84 ^{ab}	100 ^a	95.1 ^a	51.18 ^c	78.73 ^{ab}
Clipfort	201	90.75 ^a	98.41 ^a	80.24 ^a	100 ^a	98.41 ^a	66.41 ^b	88.47 ^a
Lontrel	800	83.34 ^{ab}	92.57 ^a	70.84 ^{ab}	90 ^{ab}	95.82 ^a	66.26 ^b	77.87 ^{ab}
Watch	800	90.28 ^a	98.15 ^a	80.84 ^a	100 ^a	98.41 ^a	66.62 ^b	83.19 ^{ab}
Butizan Star	2500	45.42 ^e	33.12 ^b	60.84 ^{bc}	50.19 ^d	53.33 ^b	94.03 ^a	48.77 ^d
Treflan	2000	50.84 ^{de}	44.29 ^b	50.38 ^c	60.72 ^{cd}	35.59 ^b	86.72 ^a	59.17 ^{cd}
LSD (0.05)		16.92	22.83	14.66	21	21.58	12.74	15.98

در هر ستون میانگین‌های مربوط به هر تیمار با حداقل یک حرف مشترک فاقد اختلاف معنی‌دار می‌باشند. (LSD $P \leq 0.05$).

In each column, means followed by the same letter in each treatment are not significantly different (LSD $P \leq 0.05$).

مطلب باعث بهبود رشد کلزا می‌گردد (Wan et al., 2019). بر اساس گزارش‌های قبل، وزن خشک علف‌های هرز کلزا با کاربرد تلفیقی علف‌کش‌های ترفلان + بوتیزان استار ۸۷ درصد کاهش یافت (Nouralizadeh et al., 2020). در آزمایشی مشخص شد که با کاربرد علف‌کش ترفلان + ایزوکسان وزن خشک خردل وحشی (S. arvensis) و گوش خرگوش (Conringia orientalis (L.)) به ترتیب ۵۰ و ۶۰ درصد کاهش یافت (Shimi et al., 200b). همچنین با کاربرد پیش رویشی استوکلر وزن خشک علف‌های هرز کلزا را تا ۷۱ درصد کاهش یافت (Wan et al., 2019).

عملکرد کلزا

نتایج جدول تجزیه واریانس صفات اندازه‌گیری شده نشان داد که تیمارهای کاربرد علف‌کش تاثیر معنی‌دار ($P \leq 0.01$) بر خسارت چشمی کلزا، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و درصد تغییرات آن دارد (جدول ۸).

مقدار خسارت چشمی علف‌کش‌ها در کلزا ناپایداری بود. به طوری که مقدار خسارت کلزا ۳۰ روز پس از سمپاشی در کاربرد علف‌کش کلیپ فورت با مقادیر ۱۵۰ تا ۲۰۱ گرم در هکتار صفر تا ۴ درصد ارزیابی گردید، هرچند این خسارت بعداً برطرف شد (جدول ۹).

نتایج حاصل از درصد کاهش وزن خشک علف‌های هرز ۴۵ روز بعد از سمپاشی نیز از روند مشابه ای برخوردار بود. به طوری که علف‌کش کلیپ فورت کارایی مطلوبی در کاهش وزن خشک و کنترل علف‌های هرز آزمایش داشت. همچنین، با افزایش مقدار کاربرد این علف‌کش وزن خشک علف‌های هرز مذکور به طور معنی‌دار کاهش یافت. بر این اساس، مطلوب‌ترین تیمار در کاهش وزن خشک علف‌های هرز آزمایش از کاربرد کلیپ فورت به مقدار ۲۰۱ گرم در هکتار بدست آمد. این تیمار توانست وزن خشک علف‌های هرز خردل کاذب (۹۵ درصد)، خاکشیر (۹۸ درصد)، پنیرک (۸۲ درصد)، گل گندم (۱۰۰ درصد)، گلرنگ وحشی (۹۹ درصد) و کل علف‌های هرز (۹۱ درصد) نسبت به شاهد متناظر کاهش داد. همچنین، این تیمار با تیمارهای کلیپ فورت (۱۸۴ گرم در هکتار)، واچ و لونت‌رل در یک گروه آماری بود و با ترفلان و بوتیزان استار تفاوت معنی‌دار داشت. مشابه با نتایج قبل، بیشترین کارایی در کاهش وزن خشک سیزاب از کاربرد بوتیزان استار و ترفلان به ترتیب ۹۷ و ۸۷ درصد حاصل شد که با سایر تیمارها تفاوت معنی‌دار داشتند. همچنین، کارایی کلیپ فورت (۲۰۱ گرم در هکتار) در کنترل سیزاب ۶۷ درصد بود که مشابه واچ و لونت‌رل بود (جدول ۷).

علف‌کش‌ها با کنترل مطلوب علف‌هرز بویژه بعد از بسته شدن کانوبی در مرحله زایشی، سبب سرکوب علف‌هرز خواهد شد. این

جدول ۷- اثر تیمارهای کنترل بر درصد کاهش وزن خشک علف های هرز پهن برگ کلزا ۴۵ روز بعد از سمپاشی

Table 7- The effect of control treatments on the percentage reduction of broadleaf weed biomass in rapeseed 45 days after spraying

تیمار Treatment	مقدار مصرف Dose g (ml) ha ⁻¹	خردل کاذب <i>Hirschfeldia incana</i>	خاکشیر <i>Decurania sophia</i>	پنیرک <i>Malva neglecta</i>	گل گندم <i>Centaurea pallenscens</i>	گلرنگ وحشی <i>Carthamus oxyacanthus</i>	سیزاب <i>Veronica persica</i>	کل علف هرز Total weed
Clipfort	150	72.84 ^{bc}	79.66 ^{ab}	51.64 ^c	85.09 ^a	80.97 ^b	41.32 ^c	71.23 ^{bc}
Clipfort	167	81.28 ^{ab}	91.55 ^{ab}	56.8 ^c	92.62 ^a	92.56 ^{ab}	46.48 ^c	76.74 ^{a-c}
Clipfort	184	88.97 ^{ab}	96.46 ^a	72.28 ^{ab}	100 ^a	98.99 ^a	51.64 ^{bc}	81.62 ^{ab}
Clipfort	201	95.42 ^a	98.84 ^a	82.57 ^a	100 ^a	99.62 ^a	67.15 ^b	91.83 ^a
Lontrel	800	90.14 ^{ab}	95.57 ^{ab}	72.36 ^{ab}	96.19 ^a	97.45 ^{ab}	67.09 ^b	80.59 ^{ab}
Watch	800	95.19 ^a	98.82 ^a	82.56 ^a	100 ^a	99.58 ^a	66.1 ^b	86.76 ^{ab}
Butizan Star	2500	50.44 ^d	51.69 ^c	61.92 ^{bc}	50.05 ^b	61.35 ^c	97.16 ^a	51.02 ^d
Treflan	2000	55.08 ^{cd}	71.92 ^{bc}	51.61 ^c	60.6 ^b	45.61 ^c	87.79 ^a	61.74 ^{cd}
LSD (0.05)		20.48	24.24	12.8	18.9	17.87	15.63	17.1

در هر ستون میانگین های مربوط به هر تیمار با حداقل یک حرف مشترک فاقد اختلاف معنی دار می باشند. (LSD $P \leq 0.05$).

In each column, means followed by the same letter in each treatment are not significantly different (LSD $P \leq 0.05$).

جدول ۸- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر تیمارهای کنترل بر خسارت چشمی (۳۰ روز بعد از سمپاشی)، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک کلزا و درصد تغییرات نسبت به شاهد

Table 8- Analysis of variance (Mean Squares) the effect of control treatments on injury (30 DAS), grain and biological yield of rapeseed and change percentage compared to control

منابع تغییرات Source of variation	درجه آزادی df	مقدار خسارت گندم Injury to wheat	عملکرد دانه Grain yield	درصد تغییرات عملکرد دانه Change percentage of grain yield percentage of grain yield	عملکرد بیولوژیک Biological yield	درصد تغییرات عملکرد بیولوژیک Change percentage of biological yield
Replication	2	0.45 ^{ns}	0.01 ^{ns}	29.45 ^{ns}	0.16 ^{ns}	11.18 ^{ns}
Treatment	8	6.67 ^{**}	0.66 ^{**}	413.31 ^{**}	4.8 ^{**}	294.86 ^{**}
Error	16	0.28	0.04	19.56	0.58	11
CV (%)		21.57	11.09	17.08	11.51	15.08

ns, *, ** ترتیب در سطح ۵، ۱ درصد معنی دار، غیر معنی

ns, *, ** non-significant, significant at 0.05 and 0.01, respectively, DAS (days after spraying)

بیولوژیک به طور معنی دار افزایش یافت. بیشترین عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک بعد از تیمار وجین دستی، از کاربرد کلیپ فورت (۲۰۱ گرم در هکتار) بدست آمد. به طوری که با کاربرد این تیمار عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک به ترتیب ۲/۲ و ۷/۶ تن در هکتار حاصل شد که نسبت به شاهد بدون کنترل ۳۶ و ۳۰ درصد افزایش یافت. این تیمار با تیمارهای کلیپ فورت (۱۸۴ گرم در هکتار)، لونتrel و واچ در یک گروه آماری قرار بودند و با تیمارهای ترفلان و بوتیزان استار تفاوت معنی داری داشتند. در مقابل کمترین عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک کلزا از کاربرد تیمار بوتیزان استار به مقدار ۱/۰۲ و ۴/۸۵ تن در هکتار که نسبت به شاهد متناظر به ترتیب ۹ و ۷ درصد افزایش نشان داد (جدول ۹).

بر اساس گزارش های قبل، کاربرد ترفلان + بوتیزان استار سبب بروز خسارت کلزا در فارس و گلستان گردید (Shimi et al., 2014b). در حالی که کاربرد پیش رویشی استوکلر و متولاکلر خسارتی بر کلزا نداشت (Wang et al., 2019). در گزارش دیگری بیان شد که کاربرد لونتrel و واچ از فرم تجارتی کلوپیرالید خسارتی بر کلزا ندارند (Shimi et al., 2014c). همچنین، کاربرد تریفلورالین + متازاکلر، تریفلورالین + متازاکلر + کلوپیرالید، تریفلورالین + متازاکلر + نوپاساران (ایمازامکس + متازاکلر) خسارتی بر کلزا ایجاد نکردند (Gargouri et al., 2019).

با کاربرد تیمارهای علف کش مقدار عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک به طور معنی دار افزایش یافت. همچنین با افزایش مقدار کاربرد علف کش کلیپ فورت نیز مقدار عملکرد دانه و عملکرد

جدول ۹- اثر تیمارهای کنترل بر خسارت چشمی، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک کلزا و درصد تغییرات نسبت به شاهد

Table 9- The effect of control treatments on injury, grain and biological yield of rapeseed and change percentage compared to control

تیمار Treatment	مقدار مصرف g (ml) ha ⁻¹	مقدار خسارت گندم Injury to (%) rapeseed	عملکرد دانه Grain yield (ton/ha)	درصد تغییرات عملکرد دانه Change percentage of grain yield (%)	عملکرد بیولوژیک Biological yield (ton/ha)	درصد تغییرات عملکرد بیولوژیک Change percentage of biological yield (%)
Clipfort	150	0 ^d	1.39 ^{ef}	15.2 ^d	4.92 ^b	12.98 ^d
Clipfort	167	2.34 ^c	1.69 ^{de}	23.39 ^c	6.65 ^a	19.91 ^c
Clipfort	184	3.34 ^b	1.85 ^{cd}	30.37 ^{bc}	7.05 ^a	25.86 ^b
Clipfort	201	4.34 ^a	2.2 ^{ab}	36.35 ^{ab}	7.68 ^a	30.9 ^{ab}
Lontrel	800	3.34 ^b	1.95 ^{b-d}	31.18 ^b	7.23 ^a	25.57 ^{bc}
Watch	800	3 ^{bc}	2.11 ^{a-c}	35.14 ^{ab}	7.66 ^a	30.06 ^{ab}
Butizan Star	2500	2.67 ^{bc}	1.02 ^g	9.07 ^d	4.85 ^b	7.83 ^d
Treflan	2000	3 ^{bc}	1.15 ^{fg}	11.14 ^d	5.12 ^b	9.64 ^d
Weeding control		0 ^d	2.31 ^a	41.32 ^a	7.95 ^a	35.23 ^a
LSD (0.05)		0.92	0.34	7.66	1.31	5.75

در هر ستون میانگین‌های مربوط به هر تیمار با حداقل یک حرف مشترک فاقد اختلاف معنی‌دار می‌باشند. (LSD P ≤ 0.05).

In each column, means followed by the same letter in each treatment are not significantly different (LSD P ≤ 0.05).

گلرنگ وحشی (۰/۸۳**)، سیزاب (۰/۰۵^{ns}) و کل علف هرز (۰/۸۴**) داشت. این نتایج بیانگر آن است که سیزاب نسبت به سایر علف‌های هرز کمترین تاثیر در افت عملکرد دارد در حالی که خاکشیر، خردل کاذب، گل گندم و گلرنگ تاثیر بیشتری در افت عملکرد دارند (جدول ۱۰).

بر اساس نتایج آزمایش عملکرد دانه همبستگی منفی و معنی‌داری با وزن خشک خردل کاذب (۰/۹۳**)، خاکشیر (۰/۹۳**)، پنیرک (۰/۷۳**)، گل گندم (۰/۹۳**)، گلرنگ وحشی (۰/۸۶**)، سیزاب (۰/۰۹^{ns}) و کل علف هرز (۰/۹۱**) داشت. همچنین، عملکرد بیولوژیک همبستگی منفی و معنی‌داری با تراکم خردل کاذب (۰/۸۲**)، خاکشیر (۰/۸۳**)، پنیرک (۰/۸۱**)، گل گندم (۰/۸۰**)،

جدول ۱۰- ضریب همبستگی وزن خشک علف‌های هرز پهن برگ با عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک کلزا

Table 10- The correlation coefficient of broadleaf weed biomass with grain yield and biological yield of rapeseed

<i>H. incana</i>	1								
<i>D. sophia</i>	0.92**	1							
<i>C. oxyacanthus</i>	0.88**	0.9**	1						
<i>C. palleseens</i>	0.88**	0.96**	0.92**	4					
<i>V. persica</i>	0.04 ^{ns}	-0.17 ^{ns}	-0.17 ^{ns}	-0.3 ^{ns}	1				
<i>M. neglecta</i>	0.84**	0.77**	0.71**	0.69**	0.37 ^{ns}	1			
Total weed	0.97**	0.94**	0.93**	0.9**	0.08 ^{ns}	0.85**	1		
Grain yield	-0.92**	-0.92**	-0.86**	-0.92**	0.09 ^{ns}	-0.73**	-0.91**	1	
Biological yield	-0.82**	-0.83**	-0.83**	-0.80**	-0.05 ^{ns}	-0.81**	-0.86**	0.84**	1
	<i>H. incana</i>	<i>D. sophia</i>	<i>C. oxyacanthus</i>	<i>C. palleseens</i>	<i>V. persica</i>	<i>M. neglecta</i>	Total weed	Grain yield	Biological yield

گزارش شد (Nouralizadeh et al., 2020). با کاربرد بوتیزان استار عملکرد دانه ۴۰ درصد افزایش یافت (Shimi et al., 2014a). در حالی که کاربرد اتامت سولفورون + بوتیزان استار و ایزوکساین + بوتیزان استار به ترتیب عملکرد کلزا را ۱۶۰ و ۱۵۱ درصد افزایش دادند (Shimi et al., 2013). همچنین افزایش عملکرد دانه با کاربرد

در آزمایشی بیان شد که با کاربرد تریفلورالین (پیش کاشت) + ایزوکساین (پس رویشی) عملکرد دانه کلزا ۵۸ درصد افزایش یافت (Shimi et al., 200b). همچنین با کاربرد تریفلورالین + بوتیزان استار (کوئین مراک + متازاکلر) و تریفلورالین + پاراکوات (گراماکسون) هدایت شده نیز عملکرد دانه به ترتیب ۷۳ و ۷۶ درصد افزایش

2020) سبب افزایش معنی دار عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک کلزا شدند.

نتیجه گیری

بر اساس نتایج آزمایش علف کش کلیپ فورت کارایی مطلوبی در کنترل علف های هرز داشت. به طوری که با کاربرد کلپ فورت به مقدار ۲۱۰ گرم در هکتار وزن خشک علف های هرز خردل کاذب (۹۵ درصد)، خاکشیر (۹۸ درصد)، پنیرک (۸۲ درصد)، گل گندم (۱۰۰ درصد)، گلرنگ وحشی (۹۹ درصد) و کل علف های هرز (۹۱ درصد) کاهش یافت و عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک به ترتیب ۳۶ و ۳۰ درصد افزایش یافت. بنابراین علف کش کلپ فورت (۲۱۰ گرم در هکتار) به دلیل کارایی مطلوب در کنترل علف های هرز و افزایش تولید دانه برای مزارع کلزای استان فارس قابل پیشنهاد است.

لونتزل و واچ (فرم تجاری کلوپیرالید) در فارس و خوزستان به ترتیب ۲۸ و ۱۰۰ درصد گزارش شد (Shimi et al., 2014c). کاربرد کلوپیرالید+ هالوکسی فوپ متیل نیز توانست عملکرد دانه را ۹۰ درصد افزایش دهد (Moradi et al., 2020). استوکلر نیز قادر است عملکرد بیولوژیک کلزا ۵۲ تا ۶۰ درصد افزایش دهد (Wang et al., 2019). در آزمایشی اعلام شد با کاربرد بوتیران استار عملکرد دانه ۳۲۲۶ کیلو گرم حاصل شد (Forouzandeh et al., 2017).

نتایج گزارش های قبل نشان داد که کاربرد تریفلورالین+ هالوکسی فوپ+ کلوپیرالید (Zohrabi et al., 2012). تریفلورالین+ هالوکسی فوپ (Samadni and Karaminejad, 2015)، تریفلورالین+ متازاکلر، تریفلورالین+ متازاکلر+ کلوپیرالید، تریفلورالین+ متازاکلر+ نوپاساران (ایمازاکس+متازاکلر) (Gargouri et al., 2019)، استوکلر، متولاکلر، پندیمتالین، دیفن آمید، اگرایزون و ای پی تی سی (EPTC)، متازاکلر+ دیمتنامید (Badowski and Kuchaski, 2008) و متازاکلر+ ایمازاکس (کلراند) (Yanev, 2008)

منابع

1. Badowski, M., & Kuchaski, M. (2008). Biological evaluation of new herbicide BAS 76900H in winter oilseed rape crop. *Oil Seed Crops* 29: 113-120.
2. Drobny, H.G., & Schlang, N. (2012). Salasa (Ethametsulfuron- methyl 75% WG): A novel selective herbicide for oilseed rape in Europe. 25th German working meeting on issues of weed biology control, 13-15. March 2012, Braunschweig (Abstract English). <https://doi.org/10.5073/jka.2012.434.068>.
3. Forouzandeh, S.A., Elahifard, E., Heidarpour, N., & Siyahpoush, A.A.R. (2017). Effect of tillage systems and herbicide application in weed control of canola (*Brassica napus* L.). *Journal of Crop Ecophysiology* 11(1): 163-177.
4. Gargouri, K.L., Ghanmi, A., & Khammassi, E.M. (2019). Effect of sowing dates and of herbicides on weeds and yield of two varieties of canola. *Annales de l'INRA* 92: 97-111. (In Persian with English abstract)
5. Ghezeli, F., & Shimi, P. (2010). Effect of two kinds of Clopyralid (lontrel 300) overdose and Butisanstar (quinmerack+metazachlor) and their comparison on Canola growth attribute. In: Proceedings of the 19th Iranian Plant Protection Congress 31 July - 3 August, 2010, Tehran, Iran. (In Persian with English abstract)
6. MAJ. 2019. Crop production. Agriculture of Statistic Database. Agriculture Products. Ministry of Jihad-e-Agric. 1: 137 Pp. Available online at <http://www.agri-jahad.ir>. (In Persian)
7. Moradi, K., Mohammadvand, E., & Asghari, J. (2020). The efficacy of some herbicides and cultivation on weed control and rapeseed (*Brassica napus* L.) yield. *Journal of Plant Protection* 34(2): P. 243-258. <https://doi.org/10.22067/jpp.v34i2.84924>.
8. Nouralizadeh, O.M., Nakhzari, M.A., Gholamalipour, E., Mollashahi, M., & Rameah, V. (2020). Effect of row spacing and herbicide application on weed control, photosynthetic pigments, grain and oil yield of rapeseed (*Brassica napus* L.). *Journal of Crop Ecophysiology* 4(3): 447-464. (In Persian with English abstract) <https://doi.org/10.30495/jcep.2020.679072>.
9. Pourazar, R. (2010). Possibility this herbicide with other current herbicides in Khuzestan Province. Proceedings of the 19th Iranian Plant Protection Congress, 31 July- 3 August, 2010, Tehran, Iran. (In Persian with English abstract)
10. Salimi, H., Ahmadi, M., Barjasteh, A.R., Hatami, S., Delghandi, M., Fereidoonpoor, M., Ghanbari, B.D., Narimani, V., Yunesabadi, M., Nazer, K.H., & Sajedi, S. (2004). Identification, density and phenology of dominant canola weeds in ten provinces. Proceedings of the 16th Iranian Crop Protection Congress, 28 August– 1 September 2004, University of Tabriz, Tabriz, Iran. (In Persian with English abstract)
11. Samadni, B., & Karaminejad, MR. (2015). Effect of integration of planting date with stale seedbed, mechanical and chemical weed control on rapeseed yield in Varamin and Karaj. *Weed Research Journal* 7(2): 23-34. (In Persian with English abstract)
12. Shimi, P., Saeidi, H., Abtali, Y., Poorazar, R., & Maleki, I. (2008a). Testing butisanstar in canola. Final on farm

- research report. Iranian Research Institute of Plant Protection, Plant Protection Organization and Ministry of Agriculture Agronomic Affairs. (In Persian with English abstract)
13. Shimi, P., Darvish, N., & Mighani, F. (2014a). Investigating efficiency of new Butisanstar (metazachlor+ qinmerac) herbicide to weeds control in canola. *Quarterly Journal of Crop Production Research (Environmental Stresses in Plant Science)* 6(1): 31-38. (In Persian with English abstract)
14. Shimi, P., Haghighi, A., Abtali, Y., Pourazar, R., Jamali, M.R., & Nooralizadeh, M. (2014b). Investigating combination of herbicides in canola for better control of weeds, with special reference to brassica weeds. *Iranian Journal of Weed Science* 10: 21-31. (In Persian with English abstract)
15. Shimi, P., Jafarzadeh, N., & Jahedi, A. (2008b). Investigating efficacy of isoxaben to control wild mustard (*Sinapis arvensis* L.) and other broad leaf weeds in cold region oilseed rape fields. *Iranian Journal of Weed Science* 4(2): 1-8. (In Persian with English abstract)
16. Shimi, P., Poorazar, R., Ghezeli, F., & Sasanfar, H. (2014c). Efficiency of two commercial forms of clopyralid at different doses in controlling canola weeds. *Iranian Journal of Weed Science* 10: 145-153. (In Persian with English abstract)
17. Shimi, P., Saeidi, H., Meighani, F., & Llabafi, M.R. (2013). Investigating efficiency of new herbicides to control cruciferous weeds in canola fields. *Quarterly Journal of Crop Production Research (Environmental Stresses in Plant Science)* 5(4): 311-324. (In Persian with English abstract)
18. Somani, L.I. (1992). *Dictionary of weed science*. Agronomy Publishing Academy (India), 256 pp.
19. Wang, L., Liu, Q., Dong, X., Liu, Y., & Lu, J. (2019). Herbicide and nitrogen rate effects on weed suppression, N uptake, use efficiency and yield in winter oilseed rape (*Brassica napus* L.). *Global Ecology and Conservation* 17: 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2019.e00529>.
20. Yanev, M. (2020). Weed control in oilseed rape (*Brassica napus* L.). *Scientific Papers. Series A. Agronomy* 63(1): 622-631. URL: https://agronomyjournal.usamv.ro/pdf/2020/issue_1/Art87.pdf.
21. Zand, E., Baghestani, M.A., Nezamabadi, N., Shimi, P., & Mousavi, S.K. (2019). *A guide for herbicides in Iran*. University Press Center, 216pp. (In Persian)
22. Zohrabi, A., Naderidarbaghshahi, M., & Jalalizand, A. (2012). Chemical weed control of autumnal rapeseed in Isfahan (Iran). *International Journal of AgriScience* 2(8): 696-701. (In Persian with English abstract)



Efficacy of Fluroxypyr Compared with Common Broadleaf Herbicides in the Wheat Fields

M. Minbashi Moeini^{1*}, M.H. Hadizadeh², M.R. Karaminejad³, H. Sabet-Zanganeh⁴, M. Jamali⁵, A.A. Haghighi⁶

Received: 30-01-2022

Revised: 22-02-2022

Accepted: 17-04-2022

Available Online: 21-11-2022

How to cite this article:

Minbashi Moeini, M., Hadizadeh, M.H., Karaminejad, M.R., Sabet-Zanganeh, H., Jamali, M., & Haghighi, A.A. (2022). Efficacy of Fluroxypyr Compared with Common Broadleaf Herbicides in the Wheat Fields. *Journal of Iranian Plant Protection Research* 36(3): 367-384. (In Persian with English abstract)

DOI: [10.22067/JPP.2022.74981.1074](https://doi.org/10.22067/JPP.2022.74981.1074)

Introduction

Plant Protection Organization (PPO) has registered 22 commercial herbicides formulations for weed control of wheat, barley and triticale in Iran. Among these herbicides, sixteen herbicides introduced act as two proposed or only for broadleaved weeds. Their active ingredients including acetolactate synthase (ALS) enzyme inhibiting groups, synthetic-auxin groups, a photosynthetic inhibitor of photosystem II, and pigment synthesis inhibitor groups (Tomlin, 2009). Previous studies show that existing weed species do not similarly respond to herbicides and therefore the percentage control of some of the weed species is lower than the other species (Ohadi, 2010). These hard-to-control weeds are naturally tolerant to herbicides or may be developing resistant to one mode of action. Thus, we need new herbicides to suppress such weeds. The aim of this work was to find the best chemical treatments against weeds in wheat production based on using the new herbicide fluroxypyr and comparing their efficacy with commonly registered herbicides in the major wheat growing areas of Iran.

Material and Method

A field study was conducted in four regions of Iran, including Karaj, Shahryar, Ahwaz, Shiraz, and Gonbad during 2017-2018 growing season. The statistical layout was a completely randomized block design with four replicates. Ten herbicides in 12 treatments were 2,4-D+MCPA (U46-Cambi fluid[®] 67.5%SL, 1.5 L ha⁻¹), Mecoprop-p + Dichloprop-p + MCPA (Duplosan super[®] 60% SL, 1 L ha⁻¹), Bromoxynil + MCPA (Bromicide[®] 40% EC, 1.5 L ha⁻¹), Tribenuron-methyl (Granstar[®] 75% DF, 20 gr ha⁻¹), Mesosulfuron-methyl + Iodosulfuron-methyl sodium+ Diflufenican+Mefenpyre-diethyl (Othello[®] 75% WG, 1.6 L ha⁻¹), 2,4-D + Dicamba (Dialant super[®] 46.4 SL, 0.8 L ha⁻¹), Triasulfuron + Dicamba (Lintur[®] 70% WG, 165 gr ha⁻¹), Bromoxynil + 2,4-D (Buctrile Universal[®] 56% EC 1.5 L ha⁻¹), Dichloprop+bentazone (Basagran DP 56.6% SL, 2 L ha⁻¹) and the new herbicide Fluroxypyr with the recommended doses (Kavin Flurox[®] 20% EC 1.5, 2 and 2.5 L ha⁻¹). An unweeded treatment served as controls. Weed density and weed dry weight for each plot were measured four weeks after

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

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

2- Assistant Professor of Plant Protection Research Department, Agricultural and Natural Resources Research and Education Center of Khorasan-e-Razavi, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Mashhad, Iran

4- Research Associate of Plant Protection Research Department, Agricultural and Natural Resources Research and Education Center of Khuzestan, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Ahwaz, Iran

5- Research Associate of Plant Protection Research Department, Agricultural and Natural Resources Research and Education Center of Fars, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Shiraz, Iran

6- Assistant Professor of Plant Protection Research Department, Agricultural and Natural Resources Research and Education Center of Golestan, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Gonbad, Iran

the last application the herbicides. Wheat was harvested from six m² of each plot after removing border plots. Wheat grain yield was determined after adjusting the moisture level of grain to 14 %. Data from each region were subjected to statistical analysis using SAS/STAT[®] statistical software and the means were separated by Duncan ($\alpha=5\%$).

Results and Discussion

The results showed a diverse spectrum of weeds (14 species) at the experimental locations. *Descuriania Sophia* was dominant in two tested locations Karaj and Shiraz. The next dominant weed species were *Galium aparine* L., *Conringia orientali* and *Centaurea depressa* M.B. were present dominantly in Shiraz. *Polygonum aviculare*, *Fumaria vailantii* and *Veronica persica* were present in Karaj. *Lepyrodictis holosteoides* as a noxious weeds, were dominant only in Shahryar. *Malva neglecta* and *Scorpiurus muricatus* were in Ahwaz and *Bifora testiculata* was dominant in Gnbad. Across the experimental locations, fluroxypyr was efficient at 2-2.5 L ha⁻¹ concentrations for weed control (85.77 to 90.68%). However, when applied at dosage of 1.5 L ha⁻¹, total weed control efficiency was lower (80.75%). Bromoxynil + 2,4-D (85.43%) , Dichloprop-p + Bentazon (83.98%) were the most efficient after fluroxypyr. Mecoprop-p + Dichloprop-p + MCPA and Bromoxynil + MCPA with 80% average efficiency controlled weeds in all the locations. Triasulfuron + Dicamba and 2,4-D + Dicamba were inefficient in weed control (67.75 and 68.22% , respectively) across all locations. These findings were in agreement with the results of some previous studies (Minbashi and Saeedi, 2019, Minbashi *et al.* 2020). *Lepyrodictis holosteoides* with average control of 63.68% and CV= 23.98% was the most difficult-to-control weed in this experiment. Other weeds beside that were *Scorpiurus muricatus*, *Polygonum aviculare*, *Malva neglecta* and *Bifora testiculata* identified as difficult-to-control weeds. None of herbicides showed visual injury symptoms on wheat.

Conclusion

According to these experiments, we found that the Fluroxypyr (2-2.5 L ha⁻¹) as new candidate herbicide showed good to excellent (85%-100%) weed control efficiency averaged in the all experimental locations and it could be recommended to be used in wheat field after registration process. Due to environmental concern, it should be applied at lower doses for non-difficult-to-control weeds. We found that Bromoxynil + 2,4-D was the most efficient next herbicide after fluroxypyr and Triasulfuron + Dicamba as an unefficient herbicide overall. *L. holosteoides* as the most hard-to-control weed was controlled only by upper dose (2.5 L ha⁻¹) of new herbicide. Other difficult-to-control weed species were *Scorpiurus muricatus*, *Polygonum aviculare*, *Malva neglecta* and *Bifora testiculata*.

Keywords: Density, Difficult-to-control, Dry weight, Spectrum, Visual injury

کارایی فلوروکسی پیر در مقایسه با پهن برگ‌کش‌های رایج علیه علف‌های هرز مزارع گندم (*Triticum aestivum* L.)

مهدی مین باشی معینی^{۱*} - محمدحسن هادیزاده^۲ - محمدرضا کرمی نژاد^۳ - حسین ثابت زنگنه^۴ - محمد جمالی^۵ -

عبدالعزیز حقیقی^۶

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۱/۱۱

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۱/۲۸

چکیده

به منظور ارزیابی فلوروکسی پیر در کنترل علف‌های هرز پهن برگ آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار در مناطق کرج، شهریار، اهواز، شیراز و گنبد کاووس طی سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶ اجرا شد. تیمارها شامل کاربرد علف‌کش‌های توفوردی+ام‌سی‌پی‌آ (۱/۵ لیتر در هکتار توفوردی کمی فلوتید)، تری بنورون متیل (۲۰ گرم در هکتار گرانستار ۷۵٪)، مزوسولفورون متیل+یدوسولفورون متیل سدیم+دیفلوفنیکان+مفن پایردی اتیل (۱/۶ لیتر اتللو ۶٪)، مکوپروپ پی-دیکلوپروپ پی+ام‌سی‌پی‌آ (۲/۵ لیتر در هکتار دوپلسان سوپر ۶۰٪)، بروموکسینیل+ام‌سی‌پی‌آ (۱/۵ لیتر در هکتار برومایسید ام ۴۰٪)، توفوردی+دایکامبا (۰/۸ لیتر در هکتار دیالان سوپر ۳۴/۴٪)، تریاسولفورون+دایکامبا (۱۶۵ گرم در هکتار لیتنور ۷۰٪)، بازگران+دیکلوپروپ (۲ لیتر در هکتار بازگران دی‌پی ۵۶/۶٪)، بروموکسینیل+توفوردی (۱/۵ لیتر بوکتریل یونیورسال ۵۶٪) و علف‌کش جدید فلوروکسی پیر (۱/۵، ۲ و ۲/۵ لیتر در هکتار) بود. نتایج نشان داد فلوروکسی پیر در مقدار ۲ تا ۲/۵ لیتر در هکتار قادر به کنترل معنی‌دار بیش از ۸۰ درصد بیشتر علف‌های هرز پهن برگ گندم بود و علاوه بر این برخی از گونه‌های پهن برگ را که توسط سایر پهن برگ‌کش‌های متداول کنترل نشده و یا به سختی کنترل می‌شوند نظیر پنیرک (*Malva neglecta*)، دم عقربی (*Scorpiurus muricatus*)، بی تی راخ (*Galium tricornatum*)، گل گندم (*Centaurea depressa*) و سیزاب ایرانی (*Veronica persica*) را به خوبی کنترل کند. اما برای کنترل علف هرز سمجی نظیر ارشته خطایی (*Lepyrodiclis holosteoides*) و گشنیزک (*Bifora testiculata*) مقدار ۲/۵ لیتر در هکتار و رسیدن به عملکرد مطلوب در این محصول زراعی قابل توصیه است. هیچ یک از علف‌کش‌های آزمایش باعث خسارت ظاهری به گندم در مناطق مختلف آزمایش نشدند. با توجه به این که این علف‌کش متعلق به گروه علف‌کش‌های شبه اکسینی از خانواده پیریدین کاربوکسیلیک اسید است و با بسیاری از پهن برگ‌کش‌های مزارع گندم از لحاظ نحوه اثر متفاوت است به منظور جلوگیری از پدیده مقاومت به علف‌کش‌ها می‌تواند توصیه مناسبی برای این منظور نیز باشد.

واژه‌های کلیدی: تراکم، دشوارکنترل، طیف علف‌هرز، گیاه‌سوزی، وزن خشک

۱ و ۳- به ترتیب دانشیار و مربی پژوهش، مؤسسه تحقیقات گیاه‌پزشکی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

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

۲- استادیار پژوهش بخش تحقیقات گیاه‌پزشکی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران

۴- مربی پژوهش بخش تحقیقات گیاه‌پزشکی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان. سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اهواز، ایران

۵- مربی پژوهش بخش تحقیقات گیاه‌پزشکی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شیراز، ایران

۶- استادیار پژوهش بخش تحقیقات گیاه‌پزشکی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی گلستان. سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، گرگان (ایستگاه تحقیقاتی گنبد)، ایران

مقدمه

یکی از مهم‌ترین روش‌های کنترل علف‌های هرز مزارع گندم کشور، استفاده از علف‌کش‌ها است. اکنون ۲۲ فرمولاسیون علف‌کش برای گندم و جو از خانواده‌های مختلف در کشور به ثبت رسیده است که از میان آن‌ها ۱۶ علف‌کش دو منظوره یا برای مهار پهن‌برگ‌ها معرفی شده‌اند (Nourbakhsh, 2019). با این وجود، تعدادی از این گونه‌ها به دلایل گوناگون مانند بروز مقاومت، عدم انطباق دوره حساس رشد آن‌ها با کاربرد علف‌کش، چندساله‌بودن و یا خارج بودن از طیف اثر علف‌کش، به خوبی کنترل نمی‌شوند (Zand et al., 2012). علف‌های هرز در بیشتر موارد نسبت به گندم دارای برتری رقابتی ناشی از قابلیت‌های اکوفیزیولوژی و دگرآسیبی هستند که در نتیجه به مدیریت ویژه‌ای برای مهار پایدار نیاز دارند (Montazeri et al., 2005). مهم‌ترین علف‌های هرز پهن برگ مزارع گندم آبی شامل گونه‌های مختلف هفت بند (*Polygonum spp.*)، سلمه تره (*Sinapis arvensis* L.)، از مک (*Cardaria draba* L.)، بی‌تی‌راخ (*Galium tricornutum* L.)، تلخه (*Acroptilon repense* L.) و خاکشیر ایرانی (*Descurainia sophia* (L.) Webb. ex Prantl) هستند (Minbashi et al., 2008). استفاده از علف‌کش‌ها در مزارع گندم در طی ۳۰ سال گذشته، باعث کاهش خسارت این عوامل در این محصول از نظر کمی و کیفی شده است و هر ساله نیز ترکیبات جدیدی برای کنترل شیمیایی علف‌های هرز پیشنهاد می‌شود (Powels et al., 1997). ترکیبات جدید ممکن است شامل ماده موثره جدید بوده، یا اینکه مواد موثره قبلی با نسبت‌های بهینه به شکل جدیدی در فرمولاسیون با هم آمیخته شده باشند.

علف‌کش فلوروکسی‌پیر^۱ ماده موثره‌ای است که در سال ۱۳۹۸ برای کنترل علف‌های هرز پهن برگ مزارع گندم در کشور پیشنهاد شده است (Nourbakhsh, 2019). این علف‌کش متعلق به گروه علف‌کش‌های شبه-اکسینی از خانواده پیریدین-کاربوکسیلیک اسید است که علف‌کش‌های تریکلوپیر، پیکلورام و کلوپیرالید نیز از اعضا شاخص این گروه محسوب می‌شوند (Sanders and Pallett, 1987). از میان دیگر علف‌کش‌های اکسین مصنوعی، علف‌کش‌های توفوردی، ام‌سی‌پی‌آ، دیکلوپروپ و مکوپروپ از گروه فنوکسی کاربوکسیلیک اسید و دایکما از گروه بنزوئیک اسید محسوب می‌شوند (Tomlin, 2009; Gunsolus and Curran, 1991). نحوه عمل علف‌کش‌های شبه-هورمونی ایجاد ناهنجاری‌های فیزیولوژیک ناشی از رشد نامتقارن و طولیل شدن سلول‌های گیاهی است که منجر

به بدشکلی تورم، کشیدگی و فنجانی شدن اندام‌های برگ، کاسبرگ، گلبرگ، بخش‌هایی از ساقه و دمبرگ‌ها می‌شود (Zand et al., 2008).

در شرایط مزرعه، علف‌کش فلوروکسی‌پیر می‌تواند علف‌های هرز یکساله و چندساله خانواده هفت‌بند و پیچک نظیر هفت‌بند پیچکی (*Polygonum convolvulus* L.) و پیچک صحرایی (*Convolvulus arvensis* L.) با مقدار ۳۰۰ گرم در هکتار ماده موثره کنترل کند ولی علف‌های هرزی نظیر سلمه‌تره و خارلته (*Cirsium arvense*) به این مقدار علف‌کش فلوروکسی‌پیر تحمل دارند (Anonymouse, 1986). مک دونالد و همکاران (MacDonald et al., 1993)، نشان دادند که مقدار ماده موثره برای کاهش ۵۰٪ وزن خشک ساقه و ریشه پیچک صحرایی در شرایط کنترل شده، ۵۰ و ۳۳ گرم در هکتار ماده موثره فلوروکسی‌پیر بود. این مطالعه همچنین نشان داد مصرف فلوروکسی‌پیر در مزرعه (۰/۲ تا ۰/۴ کیلوگرم ماده موثره در هکتار)، اواخر مرحله گلدهی پیچک نسبت به مراحل اولیه تشکیل جوانه‌ی گل تاثیر معنی‌دار بیشتری در کنترل این علف هرز داشت.

واکنش به مقدار مصرف^۲، جذب از طریق برگ و متابولیزم فلوروکسی‌پیر در گونه‌های سلمه تره، هفت‌بند پیچکی، خارلته و پیچک صحرایی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که مقدار ماده موثر برای از بین بردن ۵۰٪ جمعیت علف‌های هرز در دو گونه حساس هفت‌بند پیچکی و پیچک صحرایی به ترتیب ۱۶ و ۴۰ گرم ماده موثره در هکتار بود و در مقابل این مقدار برای گونه‌های متحمل سلمه تره و خارلته به ترتیب ۳۳۱ و ۸۰۰ گرم به دست آمد (MacDonald et al., 1994). بر اساس آزمایش دیگر، تفاوت گونه‌های حساس مثل گندمک (*Stellaria media*) و متحمل مثل بنفشه وحشی (*Viola arvensis*) ناشی از متابولیسم علف‌کش نیست بلکه الحاق علف‌کش به پلیمرهای دیواره‌ی سلولی و نقل و انتقال محدود در آوندهای آبکش، فرایندهایی هستند که در گونه‌های متحمل رخ می‌دهد (Sanders and Pallett, 1987). مطالعه‌ی زند و همکاران (Zand et al., 2007) حاکی از کارایی خوب فلوروکسی‌پیر (۲-۲/۵ لیتر در هکتار ماده تجاری ۲۵٪) برای کاهش تراکم و وزن خشک گونه‌های جغجفک (*Vaccaria pyramidata*)، خاکشیر بدل (*Sisymbrium officinalis*)، غریلیک (*Lamium amplexicaule*)، خردل وحشی و خاکشیر ایرانی بود. برای افزایش کارایی فلوروکسی‌پیر برای کنترل گونه‌های نسبتاً متحمل مانند گندمک و بی‌تی‌راخ، می‌توان فلوروکسی‌پیر را با یک علف‌کش سازگار مانند توفوردی یا ام‌سی‌پی‌آ درهم آمیخت و حتی برای گونه‌های حساس مقدار مصرف

1- Fluroxypyr: 2-(4-amino-3,5-dichloro-6-fluoropyridin-2-yl) oxyacetic acid

مواد و روش‌ها

این پژوهش در قالب طرح پایه بلوک کامل تصادفی در چهار تکرار در پنج منطقه کرج، شهریار، اهواز، شیراز (زرقان) و گنبدکاووس طی سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶ اجرا شد. ده علف‌کش از گروه یا خانواده های مختلف با طیف اثر پهن‌برگ‌ها در دوازده تیمار ذکر شده در **جدول ۱** اواسط پنجه‌زنی گندم (معادل مرحله رشدی ۲۵ زادوکس) منطبق با مرحله ۳ تا ۵ برگی علف‌های هرز، به کار برده شدند (Zadoks, 1974). لازم به ذکر است در بخش نتایج و بحث به بعد از نام تجاری علف‌کش (بدون ذکر فرمولاسیون) استفاده شده تا ضمن کوتاه شدن واژه‌ها نظم نوشتاری مقاله نیز حفظ شود. مختصات جغرافیایی و مشخصات خاک مزارع محل آزمایش به ترتیب در جداول ۲ و ۳ نشان داده شده است.

هر کرت آزمایش دارای شش ردیف ۵۰ سانتی‌متری با ابعاد سه متر در ۱۰ متر در نظر گرفته شد به طوری که روی هر ردیف کاشت سه خط بذر گندم کشت گردید. در هر منطقه، مصرف کود طبق توصیه آزمون خاک و سایر عملیات داشت طبق توصیه زراعی انجام شد. تقویم عملیات زراعی و زمان کاربرد علف‌کش‌ها در مناطق مختلف آزمایش در **جدول ۴** آورده شده است. هر کرت به دو نیمه شاهد و تیمار تقسیم شد و عملیات سمپاشی با استفاده از سمپاش موتوری پستی^۱ مجهز به نازل شره‌ای با فشار خروجی ۲/۸ بار برابر ۰/۷۳ لیتر بر دقیقه و مقدار مصرف آب ۳۰۰ لیتر در هکتار در نیمه تیمار انجام شد. علف‌های هرز باریک برگ بسته به منطقه بیشتر شامل یولاف وحشی زمستانه (*Avena ludoviciana* Durieu)، چچم (*Lolium rigidum* L.)، پوآ (*Poa annua* L.) و علف خونی (*Phalaris minor* L.) بودند که در کرت‌های آزمایش با استفاده از علف‌کش تاپیک (کلودینافوپ-پروپازریل ۸ درصد EC) به مقدار یک در لیتر در هکتار در اوایل پنجه‌زنی گندم کنترل شدند. به منظور ارزیابی اثر علف‌کش‌ها بر روی علف‌های هرز پهن‌برگ ۳۰ روز پس از آخرین سمپاشی و هم زمان با نمره‌دهی چشمی نمونه‌برداری برای تعیین وزن خشک علف‌های هرز پهن‌برگ انجام گرفت. ارزیابی چشمی با استفاده از روش پیشنهادی شورای تحقیقات علف‌های هرز اروپا (EWRC) صورت گرفت (Sandral, 1997). نمونه‌برداری از دو ردیف وسط هر کرت که شامل نیمه شاهد آلوده به علف‌های هرز پهن‌برگ و نیمه سمپاشی‌شده بود، با استفاده از کادر ۵۰×۵۰ سانتی‌متر به‌طور تصادفی و پس از حذف حاشیه‌ها انجام شد.

مخلوط دو علف‌کش را کاهش داد (Domaradzki & Kieloch, 2009).

علف‌کش پیش‌آمیخته بروموکسینیل + ام‌سی‌پی‌آ با نام تجاری برومایسید ام‌آ در کشور به ثبت رسیده است و مقدار مصرف آن ۱/۵ لیتر در هکتار در مرحله پنجه‌زنی گندم است (Nourbakhsh, 2019). بروموکسینیل از خانواده نیتریل‌ها بوده و نحوه‌ی عمل آن تاثیر بر روی واکنش‌های فتوسنتز در گیاهچه‌های جوان علف‌های هرز حساس است (Tomlin, 2009). علف‌کش بروموکسینیل اثر سیستمیک ندارد و به صورت پس‌رویشی قادر به مهار گیاهچه‌های خانواده هفت‌بند، کاسنی و برخی گونه‌های گاو زبان است (Mousavi, 2008, Zand et al., 2008). تاثیر این علف‌کش بر کنترل گونه‌هایی نظیر هفت‌بند (*P. aviculare*)، شلمی (*Rapistrum rugosum*)، کنگر وحشی، گندمک، پیچک صحرایی و قدومه بیابانی (*Thalaspia arvense*) بسیار مطلوب و بر کنترل گونه‌هایی نظیر شاتره (*Fumaria officinalis*)، سیزاب (*Veronica sp.*)، بابونه اروپایی (*Matricaria indora*)، بی‌تی‌راخ و ساق‌ترشک (*Rumex crispus*) نامطلوب ارزیابی شد (Culhavi and Anonymouse, 2015, Manea et al., 2010, Manam et al., 2010, Manea 2011). این در حالی است که کاربرد تنهایی هریک از علف‌کش‌های توفوردی و یا بروموکسینیل بر کنترل گونه‌های ذکر شده چندان مطلوب نیست (Zand et al., 2012). علف‌کش به تازگی ثبت شده بروموکسینیل+توفوردی برای کنترل علف‌های هرز دشوار مانند پیچک و ارشته‌خطایی (*Lepyroclis holosteoides*) در مقایسه با پهن‌برگ‌کش‌های رایج مزارع گندم توصیه شده است (Minbashi et al., 2020).

تری‌بنورون-متیل (گرانستار) و تریاسولفورون از خانواده سولفونیل‌اورها بوده که نحوه‌ی عمل آن‌ها جلوگیری از ساخت اسیدهای آمینه ضروری والین، لوسین و ایزولوسینون از طریق سد فعالیت آنزیم استولاکتات سینتتاز است (Brown, 1990). این علف‌کش‌ها با مقدار مصرف کم می‌تواند طیف وسیعی از علف‌های هرز پهن‌برگ را کنترل کند (Nourbakhsh, 2019). آمیخته‌ی سه ماده موثره مکوپروپی، دیکلوپروپی و ام‌سی‌پی‌آ در نسبت‌های ۱۶٪، ۳۱٪ و ۱۳٪ با نام تجاری دوپلوسان سوپر ۶۰٪ برای کنترل علف‌های هرز پهن‌برگ ثبت شده و کارآیی خوبی در کنترل پنیرک بویژه گونه *Malva parviflora* دارد (Nourbakhsh, 2019).

هدف از انجام این تحقیق، بررسی کارایی علف‌کش فلوروکسی پیر برای کنترل طیف علف‌های هرز پهن برگ مزارع گندم با تکیه بر علف‌های هرز دشوار کنترل مانند ارشته خطایی، پنیرک، هفت‌بند، دم عقربی (*Scorpiurus muricatus*) و گشنیزک (*Bifora testiculata*) بود.

جدول ۱- مشخصات علف‌کش‌های تیمار شده در آزمایش

Table 1- Characteristics of herbicide treatments in the experiment

نام عمومی Common name	نام تجارتي Trade name	نحوه عمل Mode of action	مقدار مصرف در هکتار Application rate (in hectare)
توفوردی+ام‌سی‌بی‌آ 2,4-D+MCPA	یو ۴۶ کمی فلوئید ۶۷/۵٪ U46-Cambi fluid® 67.5%SL	تنظیم کننده رشد Growth regulator	۱/۵ لیتر 1.5 L
مکوپروپ + دیکلوپروپ + ام‌سی‌بی‌آ Mecoprop-p + Dichloprop-p + MCPA	دوپلسان سوپر ۶۰٪ Duplosan super® 60% SL	تنظیم کننده رشد Growth regulator	۲/۵ لیتر 2.5 L
بروموکسینیل + ام‌سی‌بی‌آ Bromoxynil + MCPA	بروماسید ام ۴۰٪ Bromicide® 40% EC	مهارکننده فتوسیستم ۲+ تنظیم کننده رشد PSII inhibitor +Growth regulator	۱/۵ لیتر 1.5 L
تری‌بنورون متیل Tribenuron-methyl	گرانستار ۷۵٪ Granstar® 75% DF	مهار آنزیم استولاکتات سینتاز ALS inhibitor	۱۵-۲۰ گرم 20 g
مزوسولفورن-متیل + یدوسولفورن-متیل + دیفلوفنیکان + مفن پایر دی-اتیل Mesosulfuron-methyl + Iodosulfuron-methyl sodium+ Diflufenican+Mefenpyre-diethyl	اتلو ۶٪ Othello® 75% WG	مهار آنزیم استولاکتات سینتاز + ممانعت ساخت کاروتنوئید ALS inhibitor + inhibition of carotenoid biosynthesis	۱/۶ لیتر 1.6 L
توفوردی+دایکامبا 2,4-D + Dicamba	دیالان سوپر Dialant super® SL (34.4+12)	تنظیم کننده رشد Growth regulator	۰/۸ لیتر 0.8 L
تری‌ا سولفورن+دایکامبا Triasulfuron + Dicamba	لینتور Lintur® 70% WG	مهار آنزیم استولاکتات سینتاز + تنظیم کننده رشد ALS inhibitor + Growth regulator	۱۶۵ گرم 165 g
بروموکسینیل + توفوردی Bromoxynil + 2,4-D	بوکتریل یونیورسال Buctrile Universal® 56% EC	مهارکننده فتوسیستم ۲+ تنظیم کننده رشد PSII inhibitor +Growth regulator	۱/۵ لیتر 1.5 L
بنتازون + دیکلوپروپ Bentazon + Dicloprop	بازاگران دی‌بی Basagran DP® 56.6% SL	مهارکننده فتوسیستم ۲+ تنظیم کننده رشد PSII inhibitor +Growth regulator	۲ لیتر 2 L
فلوروکسی‌پیر Fluroxypyr	بوکتریل یونیورسال Kavin Flurox® 20% EC	تنظیم کننده رشد Growth regulator	۱/۵، ۲، ۲/۵ لیتر 1.5, 2, 2.5 L

نتایج و بحث

طیف علف‌های هرز

بررسی طیف علف‌های هرز در مناطق مورد مطالعه حاکی از تفاوت‌هایی بود که باعث شد اثرات تیمارها در هر منطقه جداگانه مورد تجزیه آماری قرار گیرد. از مجموع ۱۴ گونه علف هرز در مناطق مختلف، گونه‌ی خاکشیر ایرانی (*Descuriania sophia*) در دو منطقه کرج، و شیراز حضور غالب داشت (جدول ۵). بی‌تی‌راخ (*Galium tricornatum* L.)، گل گندم (*Centaurea depressa*)، و گوش خرگوشی (*Conringia orientalis*) نیز در منطقه شیراز غالب بودند که در آزمایشات قبلی نیز حضور غالب داشتند.

(Minbashi et al., 2020). گونه‌های غالب دیگر در کرج شامل هفت بند (*Polygonum aviculare*)، شاتره (*Fumaria vailantii*)، و سیزاب (*Veronica persica*) بودند. ارشته خطایی (*Lepyrodictis holosteoides*) یک گونه‌ی دشوار-کنترل در حال توسعه در مزارع گندم کشور است (Zand et al., 2013)، که طی این آزمایش فقط در منطقه‌ی شهریار غالب بود. این گونه طی آزمایشات قبلی نیز حضور غالب در منطقه‌ی شهریار داشت (Minbashi et al., 2020). گونه‌ی دشوار-کنترل پنیرک (*Malva neglecta*) به همراه دم عقربی (*Scorpiurus muricatus*) فقط در اهواز غالب بود. تنها گونه‌ی غالب منطقه‌ی گنبد در این آزمایش گشنیزک (*Bifora testiculata*) بود.

جدول ۲- مشخصات جغرافیایی و اقلیمی مربوط مناطق اجرای طرح در آزمایش

Table 2- Geographic and climatic characteristics at different experimental locations

Location	طول جغرافیایی Longitude	عرض جغرافیایی Latitude	ارتفاع از سطح دریا Altitude (m)	کمینه دما Minimum Temp. (°C)	بیشینه دما Maximum Temp. (°C)	متوسط بارندگی Precipitation (mm)	اقلیم آمبرژه Emberger climate	دمای زمان سمپاشی Temp. at herbicide application (°C)
کرج Karaj	50°,56'	35°, 46'	1312	-20	40	247.3	Semi-dry	15
شهریار Shahryaar	51°,50'	35°,40'	1160	-19	42	224.5	Dry	14
اهواز Ahwaz	48°,40'	31°,20'	22	4	48	222.7	Dry	17
شیراز (زرغان) Shiraz(Zarghan)	52°,30'	29°,35'	1600	-10	44	337.4	Semi-dry	16
گنبد Gonbad	55°,10'	37°,15'	52	2	40	500	Humid	16

جدول ۳- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مناطق اجرای آزمایش

Table 3. Soil characteristics at different experimental locations

Location	ماده آلی خاک Organic matter percent	اسیدیته pH	هدایت الکتریکی EC (dS m ⁻¹)	بافت خاک Soil texture	نیتروژن N percent	فسفر P ₂ O ₅ ppm	پتاسیم K ₂ O ppm
کرج Karaj	0.58	7.50	4.54	Loamy clay	0.012	17	367
شهریار Shahryaar	0.61	7.30	5.23	Loamy	0.024	19	456
اهواز Ahwaz	0.65	7.22	5.85	Loamy clay	0.022	20	421
شیراز (زرغان) Shiraz(Zarghan)	0.69	7.44	5.01	Silty clay Loam	0.032	23	398
گنبد Gonbad	0.71	7.86	4.92	Silty clay Loam	0.033	25	379

جدول ۴- تقویم عملیات زراعی و زمان کاربرد علف‌کش‌ها در مناطق مختلف آزمایش

Table 4- Timetable for field operations and application dates of herbicides at different experimental locations

عملیات زراعی Field operation	کرج Karaj	شهریار Shahryaar	اهواز Ahwaz	شیراز Shiraz	گنبد Gonbad
کاشت Seed planting date	۱۳۹۶/۰۸/۱۰ 1 Nov 2017	۱۳۹۶/۰۸/۰۱ 23 Oct 2017	۱۳۹۶/۰۸/۰۵ 4 Nov 2017	۹۶/۰۸/۱۰ 1 Nov 2017	۹۶/۰۸/۲۰ 11 Nov 2017
سبز شدن Emergence date	۱۳۹۶/۰۸/۲۰ 11 Nov 2017	۱۳۹۶/۰۸/۰۹ 31 Oct 2017	۱۳۹۶/۰۸/۱۳ 11 Nov 2017	۹۶/۰۸/۱۸ 9 Nov 2017	۹۶/۰۸/۲۸ 19 Nov 2017
علف‌کش پس‌رویشی Post-emergence herbicide	۱۳۹۷/۰۱/۱۰ 30 Mar 2018	۱۳۹۶/۱۲/۲۳ 14 Mar 2018	۱۳۹۶/۱۲/۰۵ 14 Mar 2018	۹۶/۱۲/۲۴ 15 Mar 2018	۹۷/۰۱/۱۰ 30 Mar 2018
نمونه‌گیری علف هرز Weed sampling date	۱۳۹۷/۰۲/۱۵ 5 May 2018	۱۳۹۷/۰۲/۰۱ 21 Apr 2018	۱۳۹۷/۰۱/۲۰ 8 Apr 2018	۹۷/۰۲/۱۵ 5 May 2018	۹۷/۰۲/۰۵ 25 Apr 2018
برداشت Harvest date	۱۳۹۷/۰۴/۱۵ 26 June 2018	۱۳۹۷/۰۴/۰۵ 6 July 2018	۱۳۹۷/۰۳/۲۰ 25 June 2018	۱۳۹۷/۰۴/۰۱ 22 June 2018	۱۳۹۷/۰۳/۲۵ 15 June 2018
رقم گندم Cultivar	پیشگام Pishgam	پیشناز Pishtaz	چمران Chamran	چمران Chamran	بهار Bahar
بذر مصرفی (کیلوگرم در هکتار) Density (Kg ha ⁻¹)	200	180	200	200	180

خطایی به عنوان علف‌هرز مهاجم در استان‌های تهران، البرز، کرمان، آذربایجان شرقی و غربی، همدان، یزد و خراسان رضوی و گسترش آن به سایر مناطق کشور در سال ۱۳۹۱ گزارش شد (Minbashi and Saeidi, 2019). بدیهی است گسترش آلودگی به عوامل مختلفی مربوط است که یکی از آن‌ها ناتوانی علف‌کش‌های بسیار رایج مهار پهن‌برگ‌ها در مزارع گندم کشور است (Ohadi et al., 2010). حضور غالب بعضی از علف‌های هرز سمج ماندن گل گندم یا علف‌های هرز نسبتاً دشوار-کنترل مانند علف هفت‌بند و گشنیزک طبق آزمایش فعلی حاکی از مدیریت ضعیف مزارع است (Mottaghi et al., 2013).

طبق گزارش مین‌باشی و همکاران (Minbashi et al., 2008)، گونه‌های هفت‌بند، سلمه (*Chenopodium album*)، خردل وحشی (*Sinapis arvensis*)، شاهی وحشی (*Cardaria draba*)، بی‌تی‌راخ، تلخه (*Acroptilon repense*) و خاکشیر ایرانی به‌ترتیب مهم‌ترین علف‌های هرز پهن‌برگ مزارع گندم آبی کشور هستند. ارشته خطایی نیز یک گونه‌ی در حال توسعه در مزارع گندم کشور است (Zand et al., 2013)، که طی این آزمایش و آزمایش قبلی نگارندگان (Minbashi et al., 2020) فقط در منطقه‌ی شهریار غالب بود. میرکمالی در سال ۱۳۷۸ گسترش این علف‌هرز را در مناطق شمال غرب و مرکزی کشور برای اولین بار گزارش کرد (Mirkamali, 2000). روند آلودگی مزارع گندم و کلزا به ارشته

جدول ۵- طیف علف‌های هرز و اهمیت آن‌ها در مناطق مختلف آزمایش

Table 5- Weed spectrum at different experimental locations

گونه علف‌هرز Weed species	نام فارسی Persian name	خانواده Family	مناطق Locations				
			کرج Karaj	شهریار Shahryaar	اهواز Ahwaz	شیراز Shiraz	گنبد Gonbad
<i>Beta maritima</i>	چغندر وحشی	اسفناج Chenopodiaceae	-	-	+	-	-
<i>Bifora testiculata</i>	گشنیزک	جعفری Apiaceae	-	-	-	-	+++
<i>Centaurea depressa</i>	گل گندم	کاسنی Asteraceae	-	-	-	+++	-
<i>Conringia orientalis</i>	گوش خرگوشی	شب بو Brassicaceae	-	-	-	+++	-
<i>Descurainia sophia</i>	خاکشیر ایرانی	شب بو Brassicaceae	+++	-	-	+++	-
<i>Galium tricurnatum</i>	بی‌تی‌راخ	تمشک Rubiaceae	-	-	-	+++	-
<i>Fumaria vailantii</i>	شاتره	شاتره Fumariaceae	+++	-	-	-	-
<i>Lepyrodictis holosteoides</i>	ارشته خطایی	میخک Caryophyllaceae	-	+++	-	-	-
<i>Malva neglecta</i>	پنیرک	ختمی Malvaceae	-	-	+++	-	-
<i>Polygonum aviculare</i>	هفت بند	هفت بند Polygonaceae	+++	-	-	-	-
<i>Senecio vulgaris</i>	زلف پیر	کاسنی Assteraceae	-	-	+	-	-
<i>Scorpiurus muricatus</i>	دم عقربی	نخود Fabaceae	-	-	+++	-	-
<i>Trifolium sp.</i>	شبدر	نخود Fabaceae	-	-	+	-	-
<i>Veronica persica</i>	سبزاب ایرانی	بارهنگ Plantaginaceae	+++	-	-	-	-

حضور غالب +++, حضور مغلوب +, بدون حضور -

+++Dominant, +Non-dominant, - Non-present

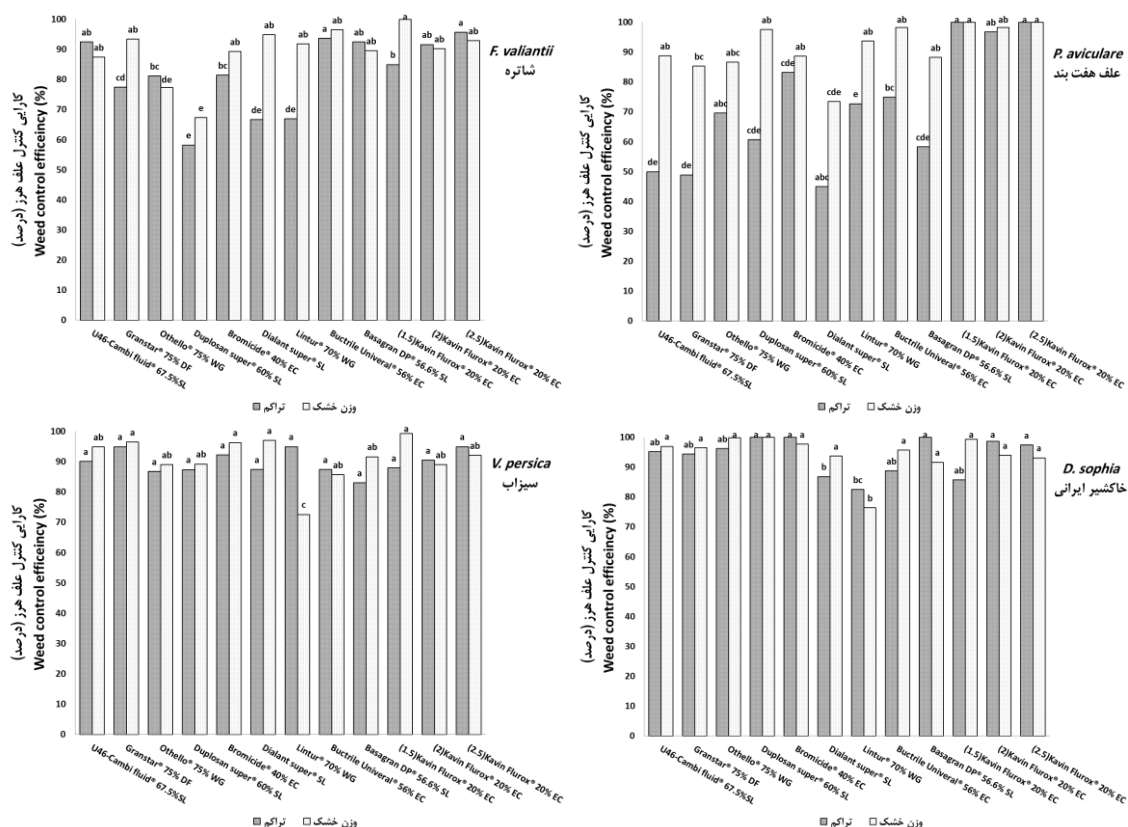
تراکم و وزن خشک علف‌های هرز

کرج: نتایج تجزیه واریانس تراکم و وزن خشک علف‌های هرز خاکشیر، هفت بند، شاتره و سیزاب نشان داد که تیمارهای علف‌کش اثر معنی‌دار بر صفات مذکور داشت (جدول‌های تجزیه واریانس نشان داده نشدند). مقایسه میانگین‌ها نشان داد کاوین‌فلورکس در تمام مقادیر مصرف، توانست تراکم خاکشیر را بیش از ۸۵ درصد کاهش دهد و با تیمارهای دیگر به جز لیتور در یک گروه آماری قرار گرفتند. (شکل ۱). همچنین تیمارهای کاوین‌فلورکس (۲/۵-۱/۵ لیتر در هکتار) (با ۸۵ درصد کنترل و بیشتر) توانست علف هفت بند را بهتر از سایر تیمارهای آزمایش مهار کند. برترین تیمار پس از کاوین‌فلورکس برای کنترل هفت بند، بروماید ام‌آ بود ولی سایر تیمارها کمتر از ۷۵ درصد کنترل را نشان دادند. تیمارهای توفوردی، بوکتریل یونیورسال و بازگران دی‌پی نیز در کنترل شاتره کارایی عالی (بیش از ۹۰ درصد) نشان دادند. سیزاب علف هرز آسان-کنترلی بود که توسط همه تیمارهای آزمایش به خوبی مهار شد (شکل ۱). تیمارهای گرانستار، دیالان سوپر و لیتور نسبتاً ضعیف ارزیابی شدند (شکل ۱). نتایج مقایسه میانگین درصد کاهش وزن خشک علف‌های هرز نشان داد تیمارهای کاوین‌فلورکس، بیش از ۸۹ درصد علف‌های هرز را در آزمایش کرج مهار کردند. مشابه روند جمعیت علف‌های هرز، در این جا نیز علف‌کش‌های گرانستار، دیالان سوپر، لیتور، اتللو و دوپلسان سوپر بسته به گونه‌ی علف هرز ضعیف تر عمل کردند و میزان کنترل زیر ۸۵ درصد قرار گرفت (شکل ۱). کاوین‌فلورکس نتایج خوب تا عالی را برای کنترل علف‌های هرز پهن‌برگ در این آزمایش نشان داد که البته وابسته به مقدار مصرف و نوع علف‌هرز بود (جدول ۶). در منطقه‌ی کرج با وجود علف‌های هرز خاکشیر و سیزاب که علف‌های هرز دشوار کنترل و سمج محسوب نمی‌شوند حتی کمترین مقدار مصرف علف‌کش کاوین‌فلورکس (۱/۵ لیتر در هکتار) کارایی خوبی را در مهار تراکم و وزن خشک علف‌های هرز نشان داد. آزمایشات قبلی نیز حاکی از حساسیت کافی و کنترل مناسب علف‌های هرز خانواده‌ی هابی پیچک و هفت‌بند توسط فلوروکسی پیر (ماده‌ی موثره کاوین-فلورکس) است (Macdonald et al., 1986, Anonymouse 1994). وجود ماده‌ی موثره بروموکسینیل در ترکیب فرمولاسیون علف‌کش می‌تواند درصد کنترل هفت‌بند را افزایش دهد و از این رو بروماید ام‌آ (بروموکسینیل+ام‌سی‌پی‌آ) نیز کارایی مناسبی را در کنترل آن نشان داد (Minbashi et al., 2020). نتایج یک تحقیق نشان داد مصرف یک لیتر در هکتار ماده تجارتي بوکتریل یونیورسال (بروموکسینیل+توفوردی) توانست علف‌های هرز پهن برگ در گندم را

به میزان ۹۲ درصد کنترل کند (Culhavi and Manea, 2011)، در حالیکه کاربرد تنه‌ای هریک از علف‌کش‌های توفوردی و یا بروموکسینیل بر کنترل گونه‌های هدف کمتر از ۵۰ درصد است (Zand et al., 2012). یافته‌های پژوهش فعلی در مورد کارایی قابل قبول بوکتریل یونیورسال در کنترل علف‌های هرز پهن برگ منطبق با نتایج آزمایش گذشته است (Minbashi et al., 2020).

شهریار: نتایج تجزیه واریانس برای تراکم و وزن خشک ارشته‌خطایی، به عنوان گونه‌ی غالب آزمایش این منطقه حاکی از اثر معنی‌دار تیمارها بود. (جدول‌های تجزیه واریانس نشان داده نشدند). تیمارهای کاوین‌فلورکس در تمام مقادیر قادر به کنترل تراکم و وزن خشک علف هرز ارشته خطایی بیش از ۷۰ درصد بودند اما مقدار ۲/۵ لیتر در هکتار توانست ارشته خطایی را بیش از ۸۵ درصد کنترل کند و با تیمارهای بازگران دی‌پی، دوپلسان سوپر و بوکتریل یونیورسال در یک گروه آماری قرار گرفت. کمترین تاثیر را در کنترل جمعیت (۱۸/۰۴ درصد) و وزن خشک (۱۰/۹۷ درصد) این علف‌هرز گرانستار داشت (شکل ۲).

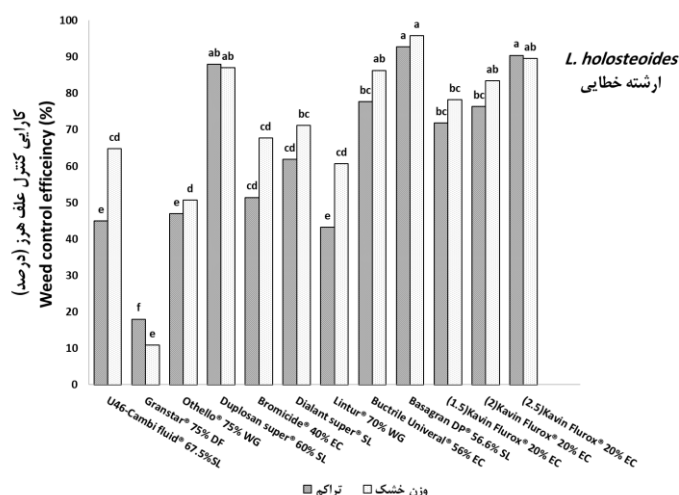
برای یک علف‌هرز مهاجم مانند ارشته‌ی خطایی سطح کنترل بیشتر از ۸۵ درصد منطقی و مطلوب است که در این صورت کمترین مقدار مصرف کاوین‌فلورکس باید به ۲/۵ لیتر در هکتار افزایش یابد. در واقع نتایج عملکرد دانه هم تایید کننده‌ی این موضوع است زیرا برای حفظ عملکرد دانه حداقل ۲/۵ لیتر در هکتار کاوین‌فلورکس لازم بود (جدول ۶). زند و همکاران (Zand et al., 2013) در نتایج آزمایش خود بیان کردند علف‌کش یو ۴۶ کمبی‌فلوئید (توفوردی+ام‌سی‌پی‌آ) دارای کارایی متوسط (۷۲ درصد)، دوپلسان سوپر کارایی خوب (۸۲ درصد) و میزان توصیه شده لیتور (۱۶۵ گرم در هکتار) فقط ۵۵ درصد تراکم ارشته‌ی خطایی بود که با نتایج آزمایش ما نسبتاً هم خوانی دارد. مین‌باشی و سعیدی (Minbashi and Saeidi, 2019)، بهترین علف‌کش‌های برای کنترل ارشته‌ی خطایی را مکوپروپ-پی+دیکلوپروپ‌پی+ام‌سی‌پی‌آ (۲/۵ لیتر در هکتار دوپلسان سوپر)، بروموکسینیل+توفوردی (۱/۵ لیتر در هکتار بوکتریل یونیورسال)، بنتازون+دیکلوپروپ (۲ لیتر در هکتار از ماده تجارتي بازگران دی‌پی ۵۶/۶٪ SL) و فلوروکسی پیر (کاوین‌فلورکس ۲۰٪ EC) معرفی کردند. با توجه به نتایج این آزمایش و مطالعات گذشته به نظر می‌رسد ماده‌ی موثره بروموکسینیل و دیکلوپروپ‌پی در ترکیبات پیش‌آمیخته‌ی مربوطه جزء کلیدی کنترل ارشته‌خطایی هستند که در کنار اجزای دیگر اثر قطعی ترکیب را ایجاد می‌کنند.



شکل ۱- کارایی کنترل علف‌های هرز به تفکیک گونه (درصد کاهش تراکم و وزن خشک) نسبت به شاهد آلوده در تیمارهای مختلف آزمایش کرج (تیمارهای با حروف مشترک برای هر صفت، بر اساس آزمون دانکن در سطح ۱٪ اختلاف معنی‌دار با هم ندارند).

Figure 1- Herbicide efficiency of weed species (percent of decrease in weed density/dry matter) by treatments in Karaj experiment

(Treatments with common words in the lables have not significant each other in the Duncan test at the probability level of one percent)



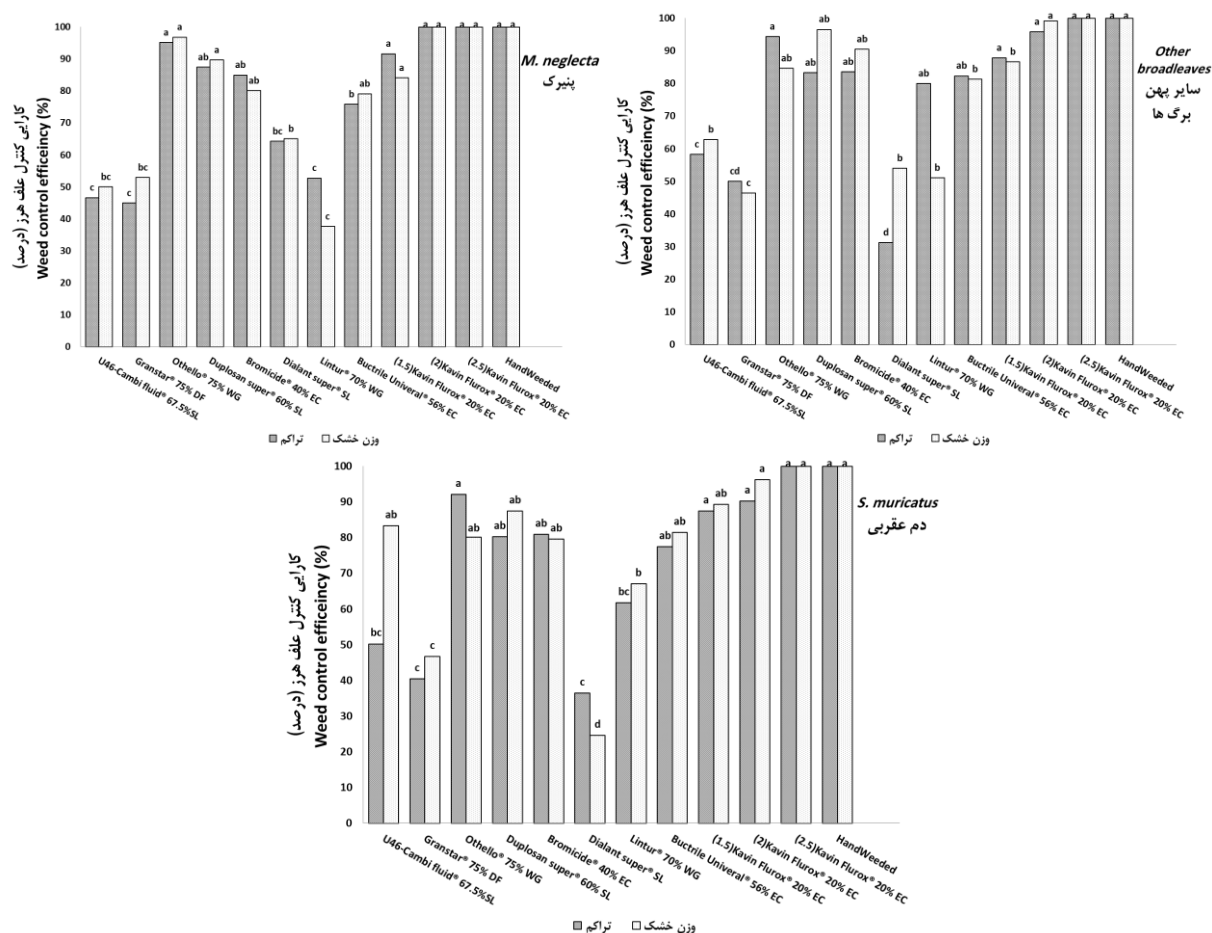
شکل ۲- درصد کاهش تراکم و وزن خشک ارشته خطایی نسبت به شاهد آلوده در تیمارهای مختلف آزمایش شهریار (تیمارهای با حروف مشترک برای هر صفت، بر اساس آزمون دانکن در سطح ۱٪ اختلاف معنی‌دار با هم ندارند)

Figure 2- Percent of decrease in density and weed dry weight of *Lepyrodiclis holosteoides* by treatments in Shahryar experiment

(Treatments with common words in the lables have not significant each other in the Duncan test at the probability level of one percent)

بود و برتری تیمارهای کاوین فلورکس (به ویژه دو مقدار مصرف بیشتر) در کنار دوپلسان سوپر واتللو تایید شد (شکل ۳). کاوین فلورکس در همه‌ی مقادیر، توانست جمعیت پنیرک و دم‌عربی را ۸۵ درصد و بیشتر کنترل کند. پنیرک علف‌هرزی است که با علف‌کش‌های رایج توفوردی و گرانستار به خوبی مهار نمی‌شود (Nourbakhsh, 2019) و طی این آزمایش نیز بهترین علف‌کش‌ها برای مهار آن به جز علف‌کش جدید مورد تحقیق، اتللو و دوپلسان سوپر بود (شکل‌های ۴ و ۵). کنترل پنیرک با توفوردی در یک آزمایش در اهواز ۶۳ درصد بود (Zand et al., 2007).

اهواز: نتایج تجزیه واریانس به تفکیک گونه‌های غالب شامل پنیرک و دم‌عربی حاکی از اثر معنی‌دار تیمارها بود. (جدول‌های تجزیه واریانس نشان داده نشدند). مقایسه میانگین‌ها نشان داد کاربرد کاوین فلورکس در همه‌ی مقادیر، توانست جمعیت علف‌های هرز غالب و سایر پهن‌برگ‌های این منطقه را ۸۵ درصد و بیشتر کنترل کند و با تیمار مصرف اتللو، دوپلسان سوپر و برومایسید ام‌آ در یک گروه آماری قرار گرفت (شکل ۳). پنیرک توسط سایر تیمارها به خوبی کنترل نشد و میزان کنترل آن بین ۴۵ تا ۷۶ درصد بود. تاثیر تیمارهای آزمایش بر وزن خشک علف‌های هرز نیز تقریباً مشابه جمعیت علف‌های هرز



شکل ۳- کارایی کنترل علف‌های هرز به تفکیک گونه (درصد کاهش تراکم و وزن خشک) نسبت به شاهد آلوده در تیمارهای مختلف آزمایش اهواز (تیمارهای با حروف مشترک برای هر صفت، بر اساس آزمون دانکن در سطح اختلاف ۱٪ تفاوت معنی‌دار با هم ندارند).

Figure 3- Herbicide efficiency of weed species (percent of decrease in weed density/dry matter) in Ahwaz
(treatments with common words in the lables have not significant each other in the Duncan test at the probability level of one percent)

بین (Boatman and Bain, 1992)، حساسیت گونه‌ی *M. silvestris* را به مقدار ۰/۲ کیلوگرم در هکتار از ماده‌ی موثره فلوروکسی‌پیر نشان دادند. آزمایش دیگر نشان داد مقدار ۰/۲۱

پنیرک و اعضای خانواده آن از حساسیت نسبی به فلوروکسی‌پیر برخوردارند (Chorbadjian and Boatman and Bain 1992, Kogan 2002, Velilla 1997, Coleman et al., 2019). بوتمن و

کیلوگرم از ماده موثره فلوروسی‌پیر توانست *M. parviflora* L. را در گلخانه کنترل کند اما در مزرعه ناموفق بود (Chorbadjian and Kogan, 2002). زند و همکاران (Zand et al., 2007) در آزمایش خود، کنترل پنیرک را در اهواز با علف‌کش فلوروسی‌پیر (۲/۵ لیتر در هکتار) ۷۷ درصد گزارش کردند. همچنین دوپلسان سوپر به عنوان علف‌کش اختصاصی پنیرک نیز معرفی شده است (Nourbaksh, 2019).

شیراز (زرقان): نتایج تجزیه واریانس برای مجموع وزن خشک علف‌های هرز معنی‌دار بود (جدول تجزیه واریانس نشان داده نشد). علف‌های هرز غالب این منطقه شامل بی‌تی‌راخ (*Galium aparine*)، گل‌گندم (*Centaurea depressa*)، گوش‌خرگوشی (*Conringia orientalis*) و خاکشیر (*Descuriania sophia*) بودند. در این منطقه با از دست رفتن بخشی از داده‌ها، امکان تجزیه‌ی آماری برای جمعیت علف‌های هرز میسر نشد ولی مقایسه میانگین وزن خشک علف‌های هرز به تفکیک گونه انجام شد. کاوین‌فلورکس (در بیشترین مقدار یعنی ۲/۵ لیتر در هکتار) توانست علف‌های هرز غالب این منطقه را ۸۲ تا ۸۸ درصد کنترل کند اما با کاهش مقدار مصرف کارایی کنترل زیر ۸۵ درصد قرار گرفت. علف‌کش‌های بوکتریل یونیورسال، بروماید ام‌آ و دوپلسان سوپر نیز بیش از ۸۵ درصد کارایی در کاهش وزن خشک علف‌های هرز این منطقه نشان دادند. ضعیف‌ترین تیمارها لینتور، گرانستار و مقدار مصرف ۱/۵ لیتر کاوین فلورکس بودند که میانگین کنترل آن‌ها کمتر از ۷۵ درصد بود. گوش خرگوشی و گل‌گندم به سهولت سایر علف‌های هرز این منطقه کنترل نشدند در بهترین حالت تا ۸۸ درصد مهار شدند (شکل ۴).

کنترل خاکشیر در شیراز نیز با بیشترین مقدار مصرف کاوین فلورکس بیش از ۸۵ درصد بود. با این که گونه‌ی علف هفت‌بند از گونه‌های نسبتاً دشوار کنترل برای علف‌کش‌های رایج توفوردی و گرانستار محسوب می‌شود (شکل‌های ۱ و ۲)، اما کاوین‌فلورکس (به ویژه دو مقدار ۲ و ۲/۵ لیتر در هکتار) توانست بیش از ۹۰ درصد جمعیت و وزن خشک آن را کاهش دهد. سه علف‌هرز بی‌تی‌راخ، گل‌گندم، و گوش‌خرگوشی توسط کاوین‌فلورکس بین ۶۳/۶۷ تا ۸۶/۰۹ درصد کنترل شدند که بیشترین کنترل از بالاترین مقدار مصرف (۲/۵ لیتر در هکتار) حاصل شد. بی‌تی‌راخ از ۷۶/۹۱ تا ۸۲/۴۱ درصد (بسته به مقدار مصرف) توسط فلوروسی‌پیر کنترل شد (شکل ۶). با اینکه بی‌تی‌راخ جزو علف‌های هرزی است که در طیف کنترل فلوروسی‌پیر قرار دارد (Snel and Scorer 1986, D'Souza et al., 1993)، ولی تحقیقات دیگر حاکی از آن هستند که جمعیت‌های مختلف بی‌تی‌راخ (*G. aparine*) از نظر حساسیت به فلوروسی‌پیر تفاوت معنی‌دار دارند (Hill et al., 1996). زند و همکاران (Zand et al., 2007) نشان دادند که فقط بیشترین مقدار مصرف فلوروسی‌پیر (۲/۵ لیتر در هکتار ماده تجاری ۲۵٪)، توانست گونه بی‌تی‌راخ (*G. tricornutum*)

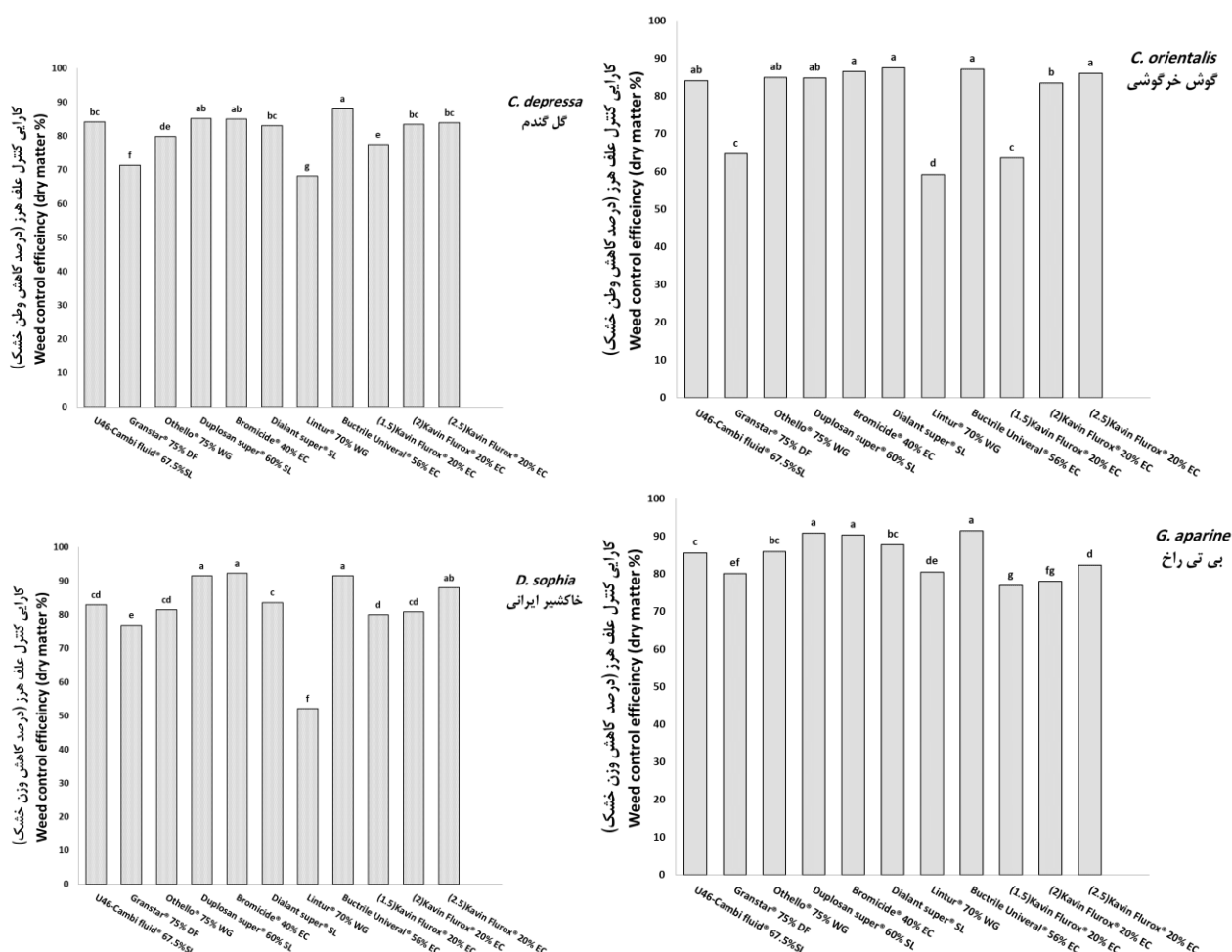
Dandy. را بیش از ۸۵ درصد مهار کند ولی با کاهش مقدار مصرف به ۱/۵ لیتر کنترل این علف هرز زیر ۵۰ درصد قرار گرفت. بی‌تی‌راخ جزو علف‌های هرزی است که به سرعت به علف‌کش‌های گروه سولفونیل اوره مانند تری‌بنورون-متیل مقاوم می‌شود (Cheng, 2015, Papanagiotou et al., 2019) و استفاده از علف‌کش‌های مخلوط با افزایش کارایی و کاهش نرخ مقاومت انتخاب منطقی‌تر در مهار این علف‌هرز هستند. برای مثال دو ماده‌ی موثره بروموکسینیل و مکوپروپ در اختلاط با هم یا با علف‌کش‌های سازگار دیگر در کنترل بی‌تی‌راخ نقش موثر بیشتری دارند (Lovergrove et al., 1985). همچنین آزمایش هافمن و پالوت (Hofmann and Pallutt, 1989)، نشان داد دیکلوپروپ به تنهایی یا درآمیخته با بنتازون، کارایی عالی در کنترل آلودگی سنگین به علف هرز بی‌تی‌راخ داشت. استفاده از علف‌کش‌های گروه فنوکسی استیک اسید مانند توفوردی و ام‌سی‌پی‌آ نیز با توجه به گزارش مقاومت ساده و عرضی بی‌تی‌راخ به علف‌کش‌های سولفونیل اوره و فنوکسی استیک اسید در کشور (کرمانشاه) (Nosrati and Mohammadyari, 2019) ایجاب می‌کند، استفاده از علف‌کش‌های این دو گروه در مکان‌های آلوده به بی‌تی‌راخ محدود گردد.

بیشترین مقدار مصرف کاوین‌فلورکس (۲/۵ لیتر در هکتار) علف هرز گل‌گندم را کمتر از ۸۵ درصد (تا ۸۴ درصد) مهار کرد (شکل ۳). طی آزمایشات گذشته بر روی خارلته (*C. arvense* L.) به اثبات رسید که یک گونه‌ی نیمه متحمل است (MacDonald et al., 1994) و به نظر می‌رسد گونه گل‌گندم که شباهت خانوادگی به آن دارد نیز دارای تحمل نسبی باشد. مک‌دونالد و همکاران (MacDonald et al., 1994)، نشان دادند تفاوت گونه‌های حساس و متحمل در برابر فلوروسی‌پیر (ماده موثره کاوین‌فلورکس)، مربوط به اختلاف سرعت تغییرات متابولیکی در الحاق مولکول‌های علف‌کش به قندها و در نتیجه کند شدن سرعت نقل وانتقال علف‌کش در گیاهان متحمل است.

گنبد کاووس: نتایج تجزیه واریانس برای تراکم و وزن خشک گشنیزک، به عنوان گونه‌ی غالب آزمایش این منطقه حاکی از اثر معنی‌دار تیمارها بود. (جدول‌های تجزیه واریانس نشان داده نشدند). تیمارهای کاوین‌فلورکس در هیچ‌یک از مقادیر کارایی مناسبی در کنترل تراکم و وزن خشک علف هرز گشنیزک نشان ندادند و بیشترین مقدار مصرف (۲/۵ لیتر) از این علف‌کش فقط توانست ۷۰/۹۲ درصد جمعیت و ۶۵/۵۱ درصد وزن خشک گشنیزک را مهار کند. در مقابل علف‌کش‌های توفوردی و بوکتریل یونیورسال بیش از ۸۵ درصد جمعیت و وزن خشک گشنیزک را کنترل کردند (شکل ۵). با توجه به کنترل ناکافی این علف‌هرز توسط بیشتر تیمارهای آزمایش می‌تواند به عنوان علف‌هرز دشوار-کنترل محسوب شود زیرا هیچ‌یک از مقادیر علف‌کش کاوین‌فلورکس به خوبی کنترل نشد (۶۳/۱۳ تا

عملکرد دانه گندم در این منطقه نیز از تیمار بوکتریل یونیورسال حاصل شد.

۷۰/۹۲ درصد) و علف‌کش‌های دیگر به جز توفوردی و بوکتریل یونیورسال کنترل مناسبی بر روی این علف‌هرز نداشتند. بیشترین



شکل ۴- کارایی کنترل علف‌های هرز به تفکیک گونه (درصد کاهش تراکم و وزن خشک) نسبت به شاهد آلوده در تیمارهای مختلف آزمایش شیراز (تیمارهای با حروف مشترک برای هر صفت، بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۱٪ اختلاف معنی‌دار با هم ندارند).

Figure 4- Herbicide efficiency of weed species (percent of decrease in weed density/dry matter) by treatments in Shiraz experiment

(Treatments with common words in the lables have not significant each other in the Duncan test at the probability level of one percent)

۶۹/۳۱ درصد) بودند. بدیهی است هر چه میانگین کنترل بالاتر و ضریب تغییرات کنترل کمتر باشد سهولت کنترل بیشتر است (شکل ۶). با این وجود علف‌کش جدید کاوین فلورکس (مقادیر ۲/۵ لیتر در هکتار) در کنترل ارشته خطایی و هفت‌بند (۹۰ تا ۱۰۰ درصد کنترل) به خوبی عمل کرد. اما گشنیزک (۷۰/۹۲ درصد کنترل)، و گل گندم (۸۴ درصد) کمتر از ۸۵ درصد با علف‌کش جدید مهار شدند. با اینکه علف‌کش‌های سولفونیل‌اوره مانند اتللو (مزوسولفوروکسی‌متیل + یوسولفوروکسی‌متیل سدیم + دیفلوفنیکان + مفن‌پایردی‌اتیل) و گرانستار (تری‌بنوروکسی‌متیل) برای کنترل علف‌های هرز آسان کنترل کارایی

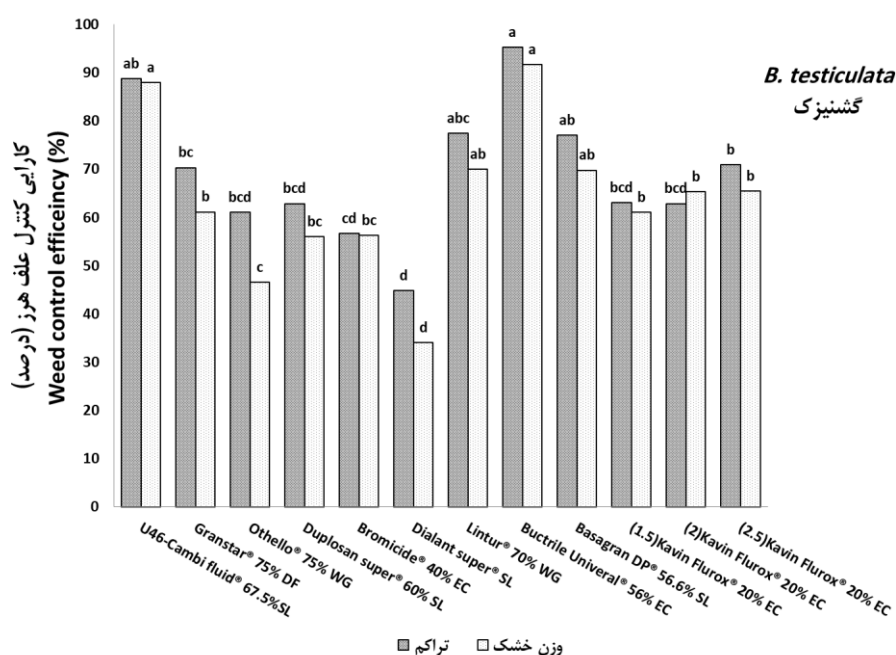
بدیهی است وجود یک یا دو علف‌هرز دشوار کنترل که با علف‌کش‌های رایج پرمصرف به خوبی کنترل نمی‌شوند در کنار مدیریت نادرست می‌تواند به غالبیت علف‌های هرز سمج در آینده منتهی شود که در واقع بر خلاف اهداف مدیریت تلفیقی علف‌های هرز است (Liebman et al., 2001). علف‌های هرز دشوار کنترل این پژوهش در درجه‌ی اول ارشته خطایی (با میانگین کنترل ۶۳/۶۸ ± ۲۳/۰۹ درصد) و سپس دم عقربی (۷۲/۵۱ ± ۳۰/۱۱ درصد)، هفت‌بند (با میانگین کنترل ۷۱/۶۹ ± ۱۹/۹۵ درصد)، پنیرک (۷۶/۷۳ ± ۲۱/۴۶ درصد) و گشنیزک (با میانگین کنترل ۷۳/۹۲ ± ۱۳/۹۲)

های بازاگران دی‌پی، بروماید ام‌آ، بوکتریل یونیورسال و دوپلسان سوپر قرار گرفت. کمترین عملکرد دانه با اختلاف معنی‌دار از سایر تیمارها مربوط به کاربرد دیالان سوپر و لینتور (به ترتیب ۱۱/۱۰ و ۱۲/۴۶ درصد) در کرج بود (جدول ۷). همچنین در منطقه‌ی شهریار کاربرد کاوین‌فلورکس در مقدار ۲/۵ لیتر در هکتار باعث بیشترین افزایش عملکرد دانه (۳۰/۵۸ درصد) شد و بدون اختلاف معنی‌دار با علف‌کش‌های بازاگران دی‌پی و بوکتریل یونیورسال بود. کمترین عملکرد دانه با اختلاف معنی‌دار از سایر تیمارها مربوط به کاربرد دیالان سوپر، لینتور، توفوردی و گرانتستار (بدون ترتیب ۱۱/۵۸ تا ۱۸/۹۲ درصد) در این منطقه بود (جدول ۷). در منطقه‌ی شهریار، علف‌هرز ارشته‌خطایی به عنوان یک گونه‌ی دشوار-کنترل غالب بود که به خوبی (بیش از ۸۵ درصد) توسط کاوین‌فلورکس مهار شد و با تیمارهای بازاگران دی‌پی، دوپلسان سوپر و بوکتریل یونیورسال در یک گروه آماری قرار گرفت. کنترل ارشته خطایی و حفظ عملکرد دانه‌ی گندم توسط تیمارهای بازاگران دی‌پی و بوکتریل یونیورسال به ترتیب در مقادیر ۲ و ۱/۵ لیتر در آزمایشات قبلی به اثبات رسیده است.

خوب تا عالی در این آزمایش داشتند (جدول ۶)، اما با توجه به مسایل ناشی از مقاومت و همچنین غلبه‌ی علف‌های هرز دشوارکنترل لازم است از علف‌کش‌های دیگر مانند بروماید ام‌آ و بوکتریل یونیورسال، بازاگران دی‌پی و کاوین‌فلورکس استفاده شود. همچنین کنترل علف‌های هرزی مانند بی‌تی‌راخ که شکل‌گیری سریع مقاومت آن به علف‌کش‌های سولوفنیل‌اوره و فنوکسی در دنیا و در کشور نشان داده شده است در مناطق آلوده نیازمند دقت نظر و انتخاب علف‌کش‌های مبتنی بر دو یا چند ماده موثره با نحوه‌ی عمل متفاوت است. نتایج این آزمایش نشان داد کاربرد ماده‌ی موثره فلورکسی‌پیر به ویژه در مقدار مصرف ۲ تا ۲/۵ لیتر در هکتار کارایی لازم را در کنترل بعضی از علف‌های هرز دشوار-کنترل را دارد و در حفظ عملکرد دانه گندم نیز موفق است.

عملکرد گندم

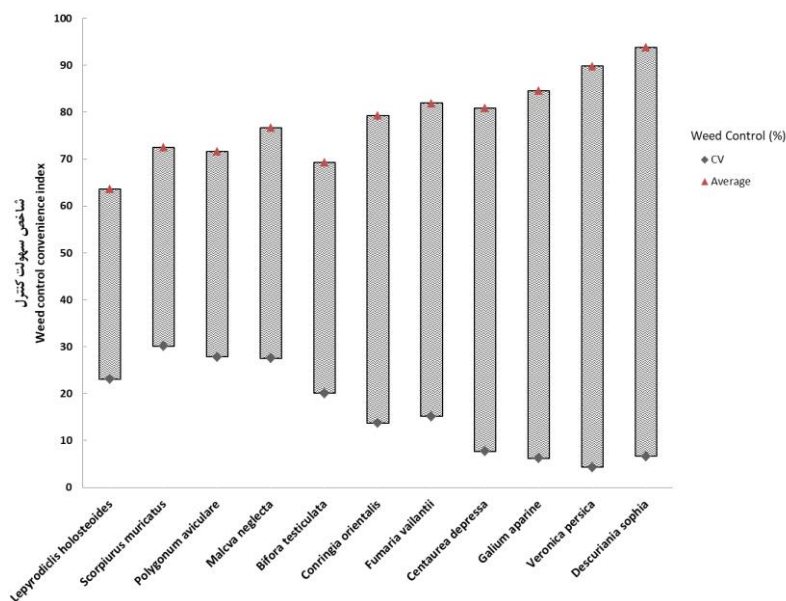
کاربرد کاوین‌فلورکس در دو مقدار ۲ و ۲/۵ لیتر در هکتار باعث افزایش عملکرد دانه (به ترتیب ۲۳/۰۴ و ۲۷/۴۵ درصد) بدون تفاوت معنی‌دار با وجین دستی شد و در گروه آماری مشترک با علف‌کش



شکل ۵- درصد کاهش تراکم و وزن خشک گشنیزک نسبت به شاهد آلوده در تیمارهای مختلف آزمایش گنبد

(تیمارهای با حروف مشترک برای هر صفت، بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۱٪ اختلاف معنی‌دار با هم ندارند).

Figure 5- Percent of decrease in density and weed dry weight of *Bifora testiculata* by treatments in Gonbad experiment
(Treatments with common words in the lables have not significant each other in the Duncan test at the probability level of one percent)



شکل ۶- سهولت کنترل علف‌های هرز آزمایش (بر اساس میانگین و ضریب تغییرات کنترل) به تفکیک گونه
Figure 6- Weed control convenience index (based on average and CV of control) in the experiment for different genus

جدول ۶- ارزیابی توصیفی کارایی علف‌کش‌ها بر اساس کنترل جمعیت در تمام مناطق آزمایش
Table 6- Descriptive assessment of herbicide efficiency for weed control population at the all experimental locations

کل علف- های هرز Total Weeds	گل‌گندم Iranian knapweed	گوش خرگوشی Hare's ear mustard	بی‌تی‌راخ Stickywilly	دم عقربی Prickly scorpion's tail	پنیرک Dwarf mallow	ارشته- خطایی False jagged- clickweed	سبزاب Persian speedwell	شاتره Common fumitory	هفت‌بند Flixweed	خاکشیر Cleavers
یو ۴۶ کمی فلوئید U46-Cambi.F	+++	+++	++++	++	+	+	++++	++++	++	++++
گرانستار Granstar	+++	++	+++	+	+	-	++++	+++	+	++++
اتلو Othello	+++	++++	++++	++++	++++	+	++++	+++	++	++++
دوپلسان سوپر Duplosan S.	+++	+++	++++	+++	++++	++++	++++	++	++	++++
برومایسید ام‌آ Bromicide MA	+++	++++	++++	+++	++++	++	++++	+++	+++	++++
دیالان سوپر Dialant S.	+	+++	++++	+	++	++	++++	++	+	++++
لینتور Lintur	+++	++	+++	++	++	+	++++	++	+++	++
بوکتریل یونیورسال Buctrile U.	++++	++++	++++	+++	+++	+++	++++	++++	+++	++++
بازاگران دی‌بی Basagran DP	+++	N	N	N	N	N	++++	+++	++	++++
کاوین‌فلورکس (۱/۵) KavinFlurox1.5	+++	++	+++	++++	++++	+++	++++	++++	++++	+++
کاوین‌فلورکس (۲) KavinFlurox 2	+++	+++	+++	++++	++++	+++	++++	++++	++++	++++
کاوین‌فلورکس (۲/۵) KavinFlurox2.5	+++	++++	+++	++++	++++	++++	++++	++++	++++	++++

درصد کنترل: بیش از ۸۵ درصد +++++، ۷۰ تا ۸۵ درصد +++++، ۵۰-۷۰ درصد +++، ۳۰ تا ۵۰ درصد ++، کمتر از ۳۰ درصد کنترل -N: داده ندارد

Percentage of weed control: +++++more than 85, +++70-85, ++50-70, +30-50, - less than 30 %, N: no data.

شدند. با این وجود برترین تیمارها در این منطقه کاربرد اتللو (۵۷/۷۰ درصد) و سپس توفوردی (۵۱/۸۲ درصد) و ضعیف‌ترین تیمارها به جز مقدار ۱/۵ لیتر در هکتار کاوین‌فلورکس، لیتور و گرانستار (به‌ترتیب ۲۹/۹۰ و ۳۴/۲۶ درصد) بودند (جدول ۷).

گنبد: کاربرد کاوین‌فلورکس در مقدار ۲/۵ لیتر در هکتار باعث افزایش عملکرد دانه (۴۱/۲۲ درصد) شد و بدون اختلاف معنی‌دار با برترین تیمار یعنی بوکتریل یونیورسال (۵۶/۶۸ درصد) بود. کمترین عملکرد دانه با اختلاف معنی‌دار از سایر تیمارها مربوط به کاربرد کاوین‌فلورکس (۱/۵ لیتر در هکتار)، دیالان سوپر، اتللو، گرانستار و دوپلسان سوپر (بدون ترتیب ۳/۶۷ تا ۱۵/۵۰ درصد) بود (جدول ۷).

در آزمایش اهواز، کاربرد کاوین‌فلورکس در دو مقدار ۲ و ۲/۵ لیتر در هکتار باعث افزایش عملکرد دانه (۳۰/۵۹ و ۳۱/۹۲ درصد) بدون تفاوت معنی‌دار با وجین دستی شدند و کارایی مشابه بدون اختلاف معنی‌دار با علف‌کش‌های بوکتریل یونیورسال، دوپلسان سوپر، برومایسید ام‌آ و اتللو (۲۳/۲۸ تا ۳۰/۱۹ درصد) داشت. کمترین عملکرد دانه مربوط به کاربرد گرانستار، توفوردی و دیالان سوپر (بدون ترتیب ۴۰ تا ۸/۵۶ درصد) بود (جدول ۷).

شیراز: کاربرد کاوین‌فلورکس در مقدار ۱/۵ لیتر در هکتار کمترین افزایش عملکرد دانه (۲۵/۳۲ درصد) را باعث شد ولی مصرف دو مقدار بالاتر (۲ و ۲/۵ لیتر در هکتار) باعث افزایش عملکرد بیشتر (به ترتیب ۴۵/۰۴ و ۴۷/۱۴ درصد) بدون اختلاف معنی‌دار با وجین دستی

جدول ۷- درصد افزایش عملکرد دانه‌ی گندم نسبت به شاهد آلوده در تیمارهای مختلف مناطق آزمایش

Table 7- Percent of increase in wheat grain yield by treatments in experimental locations

تیمار Treatments	درصد افزایش عملکرد دانه‌ی گندم Wheat grain yield (% of increase)				
	کرج Karaj	شهریار Shahryar	اهواز Ahwaz	شیراز Shiraz	گنبد Gonbad
یو ۴۶ کمی فلوئید ۶۷/۵٪ U46-Cambi fluid® 67.5%SL	18.14 ^b	18.92 ^c	10.76 ^c	51.82 ^{ab}	36.35 ^b
گرانستار ۷۵٪ Granstar® 75% DF	19.33 ^b	17.28 ^c	8.40 ^d	34.26 ^{cd}	8.94 ^c
اتللو ۶٪ Othello® 75% WG	17.87 ^b	21.87 ^b	23.28 ^{ab}	57.70 ^a	4.87 ^c
دوپلسان سوپر ۶۰٪ Duplosan super® 60% SL	22.79 ^{ab}	22.45 ^b	27.61 ^{ab}	50.07 ^{abc}	15.50 ^c
برومایسید ام‌آ ۴۰٪ Bromicide® 40% EC	23.29 ^{ab}	21.35 ^b	25.12 ^{ab}	46.04 ^{abc}	25.09 ^b
دیالان سوپر Dialant super® SL (34.4+12)	11.10 ^c	15.58 ^d	12.56 ^c	48.69 ^{abc}	3.67 ^c
لیتور Lintur® 70% WG	12.46 ^c	17.41 ^c	20.92 ^b	29.90 ^d	23.07 ^b
بوکتریل یونیورسال Buctrile Univeral® 56% EC	22.99 ^{ab}	26.32 ^{ab}	30.19 ^a	49.69 ^{abc}	56.68 ^a
بازاگران دی‌بی Basagran DP® 56.6% SL	24.03 ^{ab}	29.69 ^a	-	-	41.47 ^{ab}
کاوین‌فلورکس (۱/۵) Kavin Flurox® 20% EC (1.5)	20.61 ^b	20.45 ^b	20.21 ^b	25.32 ^d	5.04 ^c
کاوین‌فلورکس (۲) Kavin Flurox® 20% EC (2)	23.04 ^{ab}	21.22 ^b	30.59 ^a	45.04 ^{abc}	22.10 ^b
کاوین‌فلورکس (۲/۵) Kavin Flurox® 20% EC (2.5)	27.45 ^a	30.58 ^a	31.92 ^a	47.14 ^{abc}	41.22 ^{ab}
وجین دستی Hand weeded	25.02 ^a	-	35.66 ^a	39.82 ^{bcd}	-

حروف غیر مشترک در هر ستون بیانگر اختلاف معنی‌دار بر اساس آزمون دانکن در سطح ۵٪ است.

The meanings of the same letters in each column do not have a significant difference in the Duncan test at the probability level of one percent.

ارزیابی شد (Minbashi et al., 2020).

نتایج این آزمایش نشان داد علف‌های هرز دشوار کنترل این پژوهش در درجه‌ی اول ارشته خطایی و سپس دم عقربی، هفت‌بند، پنیرک و گشنیزک بودند. علف کش جدید کاوین فلورکس در مقادیر ۲/۵ لیتر در هکتار در کنترل ارشته خطایی و هفت‌بند به خوبی عمل کرد، اما در کنترل گشنیزک نسبتاً ضعیف ارزیابی شد. در مجموع مقدار ۲ تا ۲/۵ لیتر کاوین فلورکس برای کنترل علف‌های هرز پهن برگ با حفظ عملکرد دانه گندم کارایی خوب تا عالی دارد.

داده‌های عملکرد دانه در تمام مناطق نشان داد بیشترین مقدار مصرف کاوین فلورکس بیشترین عملکرد یا عملکردی بدون اختلاف معنی‌دار با بیشترین عملکرد (وجین دستی) به دست داد. در مقابل کمترین مقدار مصرف کاوین فلورکس در حفظ عملکرد دانه موفق نبود (جدول ۷). در مجموع بیشترین عملکرد دانه گندم از مصرف دو مقدار بیشتر کاوین فلورکس حاصل شد ولی کمترین عملکرد مشابه با کمترین کارایی کنترل، مربوط به دو تیمار لینتور و دیالان سوپر بود. طی آزمایشات گذشته نیز کارایی لینتور برای حفظ عملکرد بسته به سطح کنترل علف‌های هرز شامل گل گندم، بی‌تی‌راخ و خاکشیر (۷۰ تا ۸۵ درصد) خوب و برای ارشته خطایی (۳۰ تا ۵۰ درصد) متوسط

منابع

1. Anonymous. (1986). *Starane herbicides: Technical information*: Technical data sheet. Midland, MI, USA: Dow Chemical Co. 8 Pp.
2. Anonymous. (2015). *Buctril Universal*. Published by Bayer CropScience. AG: Monheim, Germany. p. 165-200.
3. Boatman, N., & Bain, A. (1992). Evaluation of quinmerac and fluroxypyr against hedgerow flora and uncommon arable weeds. *Tests of Agrochemicals and Cultivars* 13: 42-43.
4. Brown, H.M. (1990). Mode of action, crop selectivity, and soil relations of the sulfonylurea herbicides. *Pesticide Science* 29: 263-281. <https://doi.org/10.1002/ps.2780290304>.
5. Cheng, L. (2015). The synergism of chemical herbicides and *Aureobasidium pullulans* for control cleavers (*Galium aparine* L.) in wheat. *Agricultural Science & Technology* 16(7): 1484.
6. Chorbadjian, R., & Kogan, M. (2002). Interaction between glyphosate and fluroxypyr improve mallow control. *Crop Protection* 21(8): 689-692. [https://doi.org/10.1016/S0261-2194\(02\)00026-1](https://doi.org/10.1016/S0261-2194(02)00026-1).
7. Coleman, M., Kristiansen, P., Sindel, B., & Fyfe, C. (2019). Marshmallow (*Malva parviflora*): Weed management guide for Australian vegetable production. University of New England 12 Pp.
8. Culhavi, C.D., & Manea, D. (2011). Controlling *Convolvulus arvensis* in grain maize and winter wheat in Banat (Romania). *Research Journal of Agricultural Science* 43: 21-27
9. D'Souza, D., Black, I., & Hewson, R. (1993). Amidosulfuron-a new sulfonylurea for the control of *Galium aparine* and other broad-leaved weeds in cereals. In Brighton crop protection conference, weeds. Proceedings of an international conference, Brighton, UK, 22-25 November 1993. 567-572.
10. Domaradzki, K., & Kieloch, R. (2009). Possibilities of weed control in spring cereals by herbicides applied at reduced rates. *Polish Journal of Agronomy* 20: 9-14.
11. Gunsolus, J.L., & Curran, W.S. (1991). Herbicide mode of action and injury symptoms. *Order* 612: 625-817.
12. Hill, A., Courtney, A., & Harvey, B. (1996). An assessment of the possible reasons for differential tolerance to fluroxypyr in selected populations of *Galium aparine*. *Weed Research* 36(1): 15-20. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3180.1996.tb01796.x>.
13. Hofmann, B., & Pallutt, B. (1989). Studies on the control of *Galium aparine* L. with SYS 67 Gebifan, SYS 67 Gebifan+ Basagran as well as tank mixes of these herbicides with bercema-Bitosen N or ammonium nitrate with urea solution. *Nachrichtenblatt für den Pflanzenschutz in der DDR* 43(9): 180-183.
14. Liebman, M., Mohler, C.L., & Staver, C.P. (2001). *Ecological Management of Agricultural Weeds*. Cambridge University Press. Cambridge, 548 Pp.
15. Lovegrove, A., Lutman, P., & Thornton, M. (1985). Investigations into the control of cleavers (*Galium aparine*) with several pre-and post-emergence herbicides in winter cereals. *Aspects of Applied Biology* 9: 205-211.
16. Manam, M., S., Sturzu, O., & Bodescu, F. (2010). Efficiency and selectivity of various herbicides applied to the different stages in weed fighting and their influence on the yield of the distinct varieties of wheat. *Annals of the University of Craiova, Series Agriculture* XL (1).
17. MacDonald, R., Swanton, C., & Hall, J. (1994). The basis for the selective action of fluroxypyr. *Weed Research* 34(5): 333-344. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3180.1994.tb02002.x>.
18. MacDonald, R.T., Hall, J.C., O'Toole, J.J., & Swanton, C.J. (1993). Field bindweed (*Convolvulus arvensis*) control with fluroxypyr. *Weed Technology* 7(4): 966-971. <https://doi.org/10.1017/S0890037X00038094>.
19. Manea, D.N., Pet, I., Inciu, A.A., & Stef, R. (2010). Control of horse thistle (*Cirsium arvense* Scop.) in winter wheat

- crop. *Research Journal of Agricultural Science* 47: 82-89.
20. Minbashi, M., & Saeedi, H. (2019). Management of False jagged-ckickweed (*Lepyroclis holosteoides*) Fenzl ex Fisch. & C.A. Mey.) In wheat and canola fields. Applied instruction (Reg. No.55750). Iranian Research Institute of Plant Protection. 7Pp. (In Persian)
21. Minbashi Moeini, M., Hadizadeh, M.H., Baghestani, M.A., Veisi, M., & Jamali, M. (2020). Efficacy of bromoxynil+ 2, 4-D (Buctril Universal 56% EC) as broadleaf weed killer in the wheat fields of Iran. *Journal of Plant Protection* 34(4): 485-499. (In Persian with English abstract). <http://doi.org/10.22067/JPP.2022.74981.1074>.
22. Minbashi Moeini, M., et al. (2008). Analytical approach to weed management of irrigated wheat fields of Iran (from 2000 to 2005). in 2nd National Weed Science Congress, 29 & 30 January. Mashhad. 90.
23. Mirkamali, H. (2000). *Weeds of Iranian wheat fields*. Agricultural education publication. Karaj, Iran, 268 Pp.
24. Montazeri, M., Zand, E., & Baghestani, M.A. (2005). *Weeds and their control in wheat fields of Iran*. Agricultural Research and Education Organization Press. Tehran.
25. Mottaghi, S., Akbari, G.A., Minbashi, M., Allahdadi, I., & Zand, E. (2013). Evaluation of weed density, diversity and structure in irrigated wheat fields in different climates of Iran. *Journal of Agroecology* 3(2): 15-34. (In Persian)
26. Mousavi, M.R. (2008). *Weed control, fundamentals and methods*. Marze Danesh Press. Tehran, 491 Pp.
27. Nosratti, I., & Mohammadyari, A. (2019). First report of multiple resistance in Galium aparine to ALS-inhibiting and auxin analog herbicides in Kermanshah, Iran. *Planta Daninha* 37: 1-9. <https://doi.org/10.1590/S0100-83582019370100084>.
28. Nourbakhsh, S. (2019). List of important pests, diseases and weeds of major agricultural products, chemicals and recommended ways for their control. Plant Protection organization, Ministry of Jihad-e Agriculture. Tehran, Iran, 208 Pp. (In Persian)
29. Ohadi, S., Alizadeh, H., & Mashhadi, H. (2010). Wheat seeds infestations to weed seeds before and after cleaning process. in The 3rd Iranian Weed Congress. Babolsar, Iran. 637-640. (In Persian with English abstract)
30. Papapanagiotou, A., Damalas, C., Bosmali, I., Madesis, P., Menexes, G., & Eleftherohorinos, I. (2019). Galium spurium and G. aparine resistance to ALS-inhibiting herbicides in northern Greece. *Planta Daninha* 37: 1-12.
31. Powels, S.B., Preston, C., Bryan, I.B., & Jutsum, A.R. (1997). Herbicide resistance: impact and management. *Advances in Agronomy* 58: 57-93. [https://doi.org/10.1016/S0065-2113\(08\)60253-9](https://doi.org/10.1016/S0065-2113(08)60253-9).
32. Sanders, G., & Pallett, K. (1987). Comparison of the uptake, movement and metabolism of fluroxypyr in Stellaria media and Viola arvensis. *Weed Research* 27(3): 159-166. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3180.1987.tb00749.x>.
33. Sanders, G., & Pallett, K. (1987). Physiological and ultrastructural changes in Stellaria media following treatment with fluroxypyr. *Annals of Applied Biology* 111(2): 385-398. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.1987.tb01466.x>.
34. Sandral, G.A., Dear, B.S., Pratley, J.E., & Cullis, B.R. (1997). Herbicide dose rate response curves in subterranean clover determined by a bioassay. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 37(1): 67-74. <https://doi.org/10.1071/EA96067>.
35. Snel, M., & Scorer, D. (1986). Fluroxypyr, a flexible herbicide for control of Galium aparine in small grain cereals, an analysis of trial data collected in Germany during the 1984 and 1985 growing seasons. Fluroxypyr, a flexible herbicide for control of Galium aparine in small grain cereals, an analysis of trial data collected in Germany during the 1984 and 1985 growing seasons., 51(2a). 409-420
36. Tomlin, C.D.S. (2009). The Pesticide Manual (Fifteenth Edition). BCPC (British Crop Protection Council): Hampshire, UK. 1457pp.
37. Velilla, J. (1997). Use of Starane (fluroxypyr) in citrus orchards to control difficult broad leaf weeds. in 6. Congreso de Malherbologia, Valencia (Espana), 24-26 Nov 1997.
38. Zadoks, J.C., Chang, T.T., & Konzak, C.F. (1974). A decimal code for the growth stages of cereals. *Weed Research* 14(6): 415-421. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3180.1974.tb01084.x>.
39. Zand, E., Baghestani, M.A., Soufizadeh S., PourAzar R., Veysi M., Bagherani N., Barjastehe A., Khayami M.M., & Nezamabadi N. (2007). Broadleaved weed control in winter wheat (*Triticum aestivum* L.) with post-emergence herbicides in Iran. *Crop Protection* 26(5): 746-752. <http://doi:10.1016/j.cropro.2006.06.014>.
40. Zand, E., Mousavi, S.K., & Heidari, A. (2008). Herbicides and methods of their application with approach of optimization and usage decrease. Publication of Jehade Daneshgahi Mashhad Press. Mashhad Iran. (In Persian)
41. Zand, E., Baghestani, M.A., Nezamabadi, N., Mousavi, S.M., & Mousavi, S.K. (2012). Application guide of registered herbicides in Iran, Jihade-e-Daneshgahi Press. Mashhad, Iran, 176 Pp.
42. Zand, E., Baghestani, M.A., Nezamabadi, N., & saeedi, H. (2013). Controlling lepyroclis (*Lepyroclis holosteoides* Fenzl.) and londonrocket (*Sisymbrium irio* L.) by triasulfuron+ dicamba and 2, 4-D + dicamba herbicides. In 2nd National Weed Science Congress, 29 & 30 January. Mashhad. 90. p. 715-719.



Effect of Sulfonylurea Herbicides on Weeds Control, Growth and Yield of Sweet Corn (*Zea mays* L. var. *Saccharata*)

F. Bastegan¹, S.A. Kazemeini^{2*}, H. Ghadiri³

Received: 12-02-2022

Revised: 27-02-2022

Accepted: 17-04-2022

Available Online: 21-11-2022

How to cite this article:Bastegan, F., Kazemeini, S.A., & Ghadiri, H. (2022). Effect of Sulfonylurea Herbicides on Weeds Control, Growth and Yield of Sweet Corn (*Zea mays* L. var. *Saccharata*). *Journal of Iranian Plant Protection Research* 36(3): 385-398. (In Persian with English abstract)DOI: [10.22067/JPP.2022.75107.1077](https://doi.org/10.22067/JPP.2022.75107.1077)

Introduction

Sweet corn (*Zea mays* L. var. *saccharata*) is an important crop, grown over 2,000 hectares in Iran. The consumption demand for sweet corn in its fresh form or as a processed crop has contributed to a significant increase in its cultivation in recent years. Sweet corn is susceptible to weed competition for nutrients, moisture, and light interception. Herbicides labeled for use on sweet corn are limited. Chemical control can be very important because of the low efficiency and cost effectiveness of mechanical or other methods of weed control. Hence, it is necessary to provide information about the sulfonylurea herbicides and suitable doses. Sulfonylureas such as nicosulfuron, rimsulfuron, and foramsulfuron are effective group of herbicides for annual and perennial weed control in maize. These herbicides provide a new chance for weed management in maize. Their mode of action occurs through inhibiting acetolactate synthase (ALS), thereby interfering with the production of branched-chain amino acids, leucine, isoleucine, and valine. The objectives of this experiment were to evaluate the effect of different doses of sulfonylurea herbicides on weeds control and growth and yield of sweet corn.

Materials and Methods

In order to evaluate the effect of different doses of sulfonylurea herbicides on weeds control and growth and yield of sweet corn (KSC403su), a field study carried out during 2015 growing seasons at the Agricultural College of Shiraz University. The experiment was conducted in a randomized complete block design with 4 replications. Treatments included different doses of nicosulfuron (1.5, 2 and 2.5 l ha⁻¹), foramsulfuron + idosulfuron (1, 1.5 and 2 l ha⁻¹) and acetochlor (4.5, 5 and 5.5 l ha⁻¹) herbicides and weed free and weedy control. The number and dry weight of aboveground weeds parts were harvested within three fixed 1 × 1 m quadrats in every plot, separated by species, enumerated, oven-dried at 75 °C for 48 h, and then weighed. Then, percent weed density and dry weight reductions were measured. The traits included ear length, ear diameter, ear number per plant, row number per ear, grain number per row, grain number per ear and canned grain yield. Data were analyzed using SAS v. 9.1 software (SAS Institute 2003). When significant differences were observed among treatments, mean comparisons were made using Duncan's multiple range tests ($P < 0.05$). Correlation coefficients between different traits were also calculated.

Results and Discussion

Results showed that the canned grain yield, 1000 grain weight and number of grain per ear were reduced by weeds up to 73, 33 and 60%, respectively. The highest dry weights reduction obtained were of redroot pigweed (*Amaranthus retroflexus*) (75.8 and 59.5%), lambsquarters (*Chenopodium album*) (49.84 and 38.76%), barnyard grass (*Echinochloa crus-galli*) (58.37 and 40.85%) and bindweed (*Convolvulus arvensis*) (60.56 and 55.06%), so that applying of nicosulfuron (2.5 l ha⁻¹) and foramsulfuron + idosulfuron (2 l ha⁻¹) herbicides caused reduction in total dry weight of weeds in comparison with weedy treatment, and canned seed yield increased by

1, 2 and 3- M.Sc. Student and Professors in Department of Plant Production and Genetics, School of Agriculture, Shiraz University, Shiraz, Iran, respectively.

(*- Corresponding Author Email: akazemeini@shirazu.ac.ir)

nicosulfuron (2.5 l ha^{-1}) and foramsulfuron + idosulfuron (2 l ha^{-1}) herbicides in comparison to the acetochlor. Acetochlor was the weakest treatment in the reduction of weed density and dry weight. The highest canned grain yield (8.00 and 7.03 t ha^{-1}), number of row per ear (12.00 and 11.50), number of grain per row (25.00 and 24.75), number of grain per ear (299.00 and 285.50) and 1000 grain weight (325.06 and 308.44 g) were obtained in nicosulfuron (2.5 l ha^{-1}) and foramsulfuron + idosulfuron (2 l ha^{-1}) herbicides, respectively. Positive correlation was found between canned grain yield and 1000 grain weight ($r = 0.83$, $p < 0.05$) and number of grain per ear ($r = 0.96$, $p < 0.05$). Applying nicosulfuron showed a high efficiency as compared to the foramsulfuron + idosulfuron and acetochlor for weed suppression.

Conclusion

It can conclude that nicosulfuron at 2.5 l ha^{-1} showed the best performance for weed control, especially broadleaved weeds and were associated with the maximum sweet corn canned grain yield. Therefore, due to the restricted use of herbicide in sweet corn, the herbicide used in this experiment is not created serious injury in sweet corn at the recommended rate while effectively controlling weeds. Hence, utilization of this herbicide could be a favorable option in contemporary weed control programs for local or regional sweet corn growers.

Acknowledgements

We would like to thank the School of Agriculture, Shiraz University for their support, cooperation, and assistance throughout this research.

Keywords: Canned grain yield, Foramsulfuron + idosulfuron, Nicosulfuron, Weed dry weight

اثر دزهای علف‌کش‌های سولفونیل اوره بر کنترل علف‌های هرز و رشد و عملکرد ذرت شیرین (*Zea mays* L. var. *saccharata*)

فاطمه بستگان^۱ - سید عبدالرضا کاظمینی^{۲*} - حسین غدیری^۳

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۱/۲۳

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۱/۲۸

چکیده

به منظور بررسی اثر دزهای علف‌کش‌های سولفونیل اوره بر کنترل علف‌های هرز، رشد و عملکرد ذرت شیرین (KSC403su)، آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه شیراز اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل سه دز نیکوسولفورون (کروز) (۲، ۱/۵ و ۲/۵ لیتر ماده تجاری در هکتار)، سه دز فورام سولفورون + یدوسولفورون (مایستردی) (۱، ۱/۵ و ۲ لیتر ماده تجاری در هکتار)، سه دز استوکلا (سورپاس) (۴/۵، ۵ و ۵/۵ لیتر ماده تجاری در هکتار) و دو تیمار شاهد بدون علف هرز و آلوده به علف هرز بودند. نتایج نشان داد که علف‌های هرز منجر به کاهش ۷۳ درصدی عملکرد دانه کنسروی، ۳۳ درصدی وزن تر ۱۰۰۰ دانه و ۶۰ درصدی تعداد دانه در بلال شدند. کاربرد علف‌کش‌های نیکوسولفورون به میزان ۲/۵ لیتر ماده تجاری در هکتار و فورام سولفورون + یدوسولفورون به میزان ۲ لیتر ماده تجاری در هکتار باعث بیشترین درصد کاهش در تراکم (۷۵/۸ و ۵۹/۵ درصد) و وزن خشک (۶۴/۳ و ۵۵/۴ درصد) کل علف‌های هرز در مقایسه با شاهد آلوده به علف هرزی شد. کاربرد تیمارهای علف‌کش باعث کاهش وزن خشک علف‌های هرز شد و بیشترین درصد کاهش وزن خشک علف هرز تاج‌خروس ریشه قرمز (۷۳/۲۵ و ۶۲/۶۰ درصد)، سلمه‌تره (۴۹/۸۴ و ۳۸/۷۶ درصد)، سوروف (۵۸/۳۷ و ۴۰/۸۵ درصد) و پیچک (۶۰/۵۶ و ۵۵/۰۶ درصد) به ترتیب در تیمارهای علف‌کش نیکوسولفورون (۲/۵ لیتر ماده تجاری در هکتار) و فورام سولفورون + یدوسولفورون (۲ لیتر ماده تجاری در هکتار) نسبت به تیمار شاهد آلوده به علف هرز به دست آمد. همچنین بیشترین عملکرد دانه کنسروی (۸/۰۰ و ۷/۰۳ تن در هکتار)، تعداد ردیف دانه در بلال (۱۲/۰۰ و ۱۱/۵۰)، تعداد دانه در ردیف (۲۵/۰۰ و ۲۴/۷۵)، تعداد دانه در بلال (۲۹۹/۰۰ و ۲۸۵/۵۰) و وزن تر ۱۰۰۰ دانه (۳۲۵/۰۶ و ۳۰۸/۴۴ گرم) بدون تفاوت معنی دار نیز به ترتیب با کاربرد علف‌کش‌های نیکوسولفورون به میزان ۲/۵ لیتر ماده تجاری در هکتار و فورام سولفورون + یدوسولفورون به میزان ۲ لیتر ماده تجاری در هکتار به دست آمد. بطور کلی علف‌کش نیکوسولفورون (۲/۵ لیتر ماده تجاری در هکتار) نسبت به سایر تیمارهای علف‌کش در این مطالعه بطور معنی‌داری از بیشترین کارایی در کنترل تراکم و وزن خشک علف‌های هرز و بیشترین عملکرد دانه کنسروی برخوردار بوده و لذا در کشت ذرت شیرین رقم ایرانی در این منطقه بر اساس نتایج این پژوهش قابل توصیه می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: عملکرد دانه کنسروی، فورام سولفورون + یدوسولفورون، نیکوسولفورون، وزن خشک علف هرز

مقدمه

دارای ارقام زودرس و دیررس می‌باشد (Rahmani et al., 2010). این گیاه فرم تغییر یافته ژنتیکی ذرت معمولی است که در کروموزوم شماره ۴ آن جهش رخ داده و به دلیل وجود ژن یا ژن‌هایی که سنتز نشاسته در آندوسپرم را تغییر داده، به آن قابلیت تازه‌خوری می‌دهد (Kaukis and Davis, 1986). مبارزه با علف‌های هرز در مزارع ذرت شیرین از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (Wilson et al., 2010). از مهمترین علف‌های هرز ذرت شیرین می‌توان به تاج

ذرت شیرین (*Zea mays* var. *saccharata*) گیاهی تک‌لپه‌ای از خانواده Poaceae، با سطح زیر کشتی حدود ۲۰۰۰ هکتار در ایران،

۱ و ۲ - به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد و استادان گروه تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران
(Email: akazemeini@shirazu.ac.ir)
* - نویسنده مسئول

خروس ریشه قرمز (*Amaranthus retroflexus* L.)، پیچک (*Convolvulus arvensis* L.) و سوروف (*Echinochloa crus-galli*) اشاره کرد (Chikoye et al., 2009). برای به حداقل رساندن خسارت ناشی از علف‌های هرز بر رشد و عملکرد گیاهان زراعی، کنترل باید به طور موثر و در زمانی (دوره بحرانی کنترل علف‌های هرز) انجام شود که علف هرز کمترین تاثیر سوء بر گیاه زراعی را داشته باشد (Khan et al., 2016). کنترل شیمیایی یکی از روش‌های مهم کنترل علف‌های هرز در گیاهان زراعی است که به دلیل هزینه پایین، تسهیل در کاربرد و تأثیر سریع آن، نسبت به سایر روش‌های مدیریت برتری دارد (Chikoye et al., 2016; al., 2001).

علف‌کش‌های سولفونیل اوره (بازدارنده آنزیم استولاکتات سنتاز) مانند نیکوسولفورون، ریم‌سولفورون و فورام‌سولفورون موثرترین گروه علف‌کش‌ها جهت کنترل انتخابی علف‌های هرز پهن برگ و باریک برگ در مزارع ذرت به شمار می‌آیند (Chitband et al., 2021) که به دلیل کنترل مناسب علف‌های هرز در مقادیر کم و سمیت پائین برای موجودات زنده از مقبولیتی زیادی برخوردارند (Lair and Redente, 2004). این علف‌کش‌ها مانع از عمل آنزیم استولاکتات می‌شوند که نقش حیاتی برای بیوسنتز اسیدآمین‌های زنجیره‌ای شاخه‌دار مانند والین، لوسین و ایزولوسین دارد و با جلوگیری از سنتز پروتئین‌ها و برخی مولکول‌های حیاتی دیگر از متابولیسم و تقسیم سلولی گیاه ممانعت می‌کنند (Zhang et al., 2013).

محققین گزارش کردند که نیکوسولفورون، ریم‌سولفورون و فورام‌سولفورون از موثرترین علف‌کش‌ها جهت کنترل علف‌های هرز پهن-برگ و باریک برگ ذرت در استان‌های مختلف ایران هستند (Baghestani et al., 2007). همچنین بیان شد با کاربرد نیکوسولفورون و ریم‌سولفورون، کنترل موفق تاج‌خروس وحشی و سلمه‌تره میسر شد (Koeppel et al., 2000). کاربرد نیکوسولفورون و ریم‌سولفورون موثرترین کنترل بر باریک برگ‌ها و بیشترین اثر را بر روی علف‌های هرز پهن‌برگ داشتند (Zand et al., 2009). در پژوهش‌های مختلف نیز مشخص شد که بیشترین شاخص برداشت ذرت در تیمار علف‌کش فورام‌سولفورون (۰/۰۳ کیلوگرم ماده موثره در هکتار) و سطح ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار به دست آمد (Najafi and Ghadiri, 2012). در آزمایشی دیگر بر روی ذرت گزارش شد که کاربرد علف‌کش نیکوسولفورون + ریم‌سولفورون با کاهش ۴۳ درصدی علف‌های هرز، عملکرد دانه ذرت را در مقایسه با شاهد آلوده به علف هرز تا ۱۶ درصد افزایش داد. از سوی دیگر کاربرد علف‌کش فورام‌سولفورون تراکم و وزن خشک علف‌های هرز را به ترتیب ۷۶ و ۹۴ درصد کاهش و عملکرد دانه ذرت را ۱۷ درصد افزایش داد (Sikkema et al., 2007). در پژوهشی دیگر مشخص

شد که ۲۸ روز بعد از کاربرد فورام‌سولفورون، علف‌های هرز ارزن (*Panicum miliaceum* L.)، دمریاهی (*Setaria italica* L.)، ارزن پاییزه (*Panicum dichotomiflorum*) و تاج خروس وحشی (*Amaranthus retroflexus*) به ترتیب به میزان ۸۸، ۹۹ و ۹۹ درصد در مزارع ذرت کنترل شدند. کاربرد این علف‌کش به تنهایی توانست باعث کنترل ۸۱ درصدی سلمه‌تره و ۸۴ درصدی گاوپنبه (*Abutilon theophrasti*) شود که با کاربرد علف‌کش نیکوسولفورون برابری می‌کرد اما کنترل علف‌های هرز توق (*Xanthium strumarium* L.) و گاوپنبه با علف‌کش فورام‌سولفورون به طور معنی‌داری بیشتر از نیکوسولفورون بود (Bunting et al., 2005). در پژوهشی دیگر نیز گزارش شد که کاربرد علف‌کش‌های فورام‌سولفورون و نیکوسولفورون به ترتیب با غلظت ۲/۵ و ۲ لیتر در هکتار توانستند علف‌های هرز باریک برگ و به خصوص قیاق (*Sorghum halepense*) را به صورت رضایت بخشی کنترل کنند و در مجموع پس از علف‌کش توفوردی + ام‌سی‌پی‌آ از نظر کنترل علف‌های هرز پهن برگ کارایی نسبتاً مناسبی داشتند (Baghestani et al., 2007).

به دلیل تعداد کم و پایین بودن تنوع علف‌کش‌های ثبت شده برای کنترل علف‌های هرز ذرت شیرین در کشور، این پژوهش با هدف بررسی مقایسه کارایی و انتخاب بهترین دز در بین علف‌کش‌های جدید سولفونیل اوره برای کنترل علف‌های هرز در رقم ایرانی ذرت شیرین (KSC403su) اجرا شد.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی اثر کاربرد دزهای مختلف علف‌کش‌های سولفونیل اوره بر کنترل علف‌های هرز و رشد و عملکرد ذرت شیرین، آزمایشی در ایستگاه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز واقع در ۱۸ کیلومتری شمال شرقی شیراز (باجگاه) با طول جغرافیایی ۵۲ درجه و ۲۵ دقیقه، عرض جغرافیایی ۲۹ درجه و ۴۰ دقیقه و ارتفاع ۱۸۱۰ متر از سطح دریا در سال زراعی ۱۳۹۴-۹۵ در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۴ تکرار اجرا شد. تیمارهای آزمایشی شامل نیکوسولفورون (کروز ۸۰ گرم ماده موثره در هکتار و فرمولاسیون ۴ درصد SC) به مقدار ۱/۵، ۲ و ۲/۵ لیتر ماده تجاری در هکتار، فورام‌سولفورون + یدوسولفورون (مایستردی ۱/۵ لیتر در هکتار و فرمولاسیون ۳/۱ درصد OD) به مقدار ۱، ۱/۵ و ۲ لیتر ماده تجاری در هکتار، استوکلر (سورپاس با ۳۷۵ تا ۷۵۰ گرم ماده موثره در هکتار و فرمولاسیون ۷۶ درصد EC) به مقدار ۴/۵، ۵ و ۵/۵ لیتر ماده تجاری در هکتار و دو تیمار شاهد وجین علف هرز در تمام فصل رشد (بدون علف هرز) و آلوده به علف هرز بودند. پیش از کشت گیاه در زمین، برای تعیین برخی از ویژگی‌های فیزیوشیمیایی خاک مزرعه

آزمایشی، از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری خاک مزرعه نمونه‌برداری انجام شد (جدول ۱). بر این اساس خاک مزرعه دارای بافت سیلتی رسی از گروه Fine Mixed, Mesic Typic Calcixerepets بود.

جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک در عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری

Table 1- Physico-chemical properties of the soil in 0-30 cm depth

هدایت الکتریکی	رس	سیلت	شن	نیترژن کل	کربن آلی	فسفر
EC	Clay	Silt	Sand	Total N	O.C.	P
(dS.m ⁻¹)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(mg.kg ⁻¹)
0.71	34	48	18	0.06	0.70	14.5

مرحله ابتدای خمیری شدن دانه‌ها (رطوبت دانه ۶۵-۷۰ درصد)، ابتدا در هر کرت دو ردیف کناری و نیم متر از ابتدا و انتها به عنوان اثر حاشیه حذف و بقیه بوته‌ها ابتدا شمارش شده و سپس بلال‌ها به صورتی دستی برداشت و توزین شد. سپس بر روی ۱۰ بلال انتخابی تصادفی از هر کرت، صفات طول بلال، قطر بلال، تعداد بلال در بوته، تعداد ردیف دانه در بلال، تعداد دانه در ردیف، تعداد دانه در بلال، وزن تر ۱۰۰۰ دانه و عملکرد دانه کنسروی اندازه‌گیری شد. داده‌های مورد نظر با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.2 تجزیه و مقایسه میانگین‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد. رسم نمودارها و جداول با نرم‌افزار Excel انجام شد.

نتایج و بحث

تراکم و وزن خشک علف‌های هرز

نتایج حاصل از این آزمایش نشان داد گونه‌های علف هرز یکساله از نظر ایجاد خسارت، تراکم بالاتری را به خود اختصاص دادند (جدول ۲). غالب‌ترین علف‌های هرز مشاهده شده در کرت‌های این آزمایش در جدول ۲ مشخص شده است.

کرت‌ها به مساحت ۱۵ متر مربع با ابعاد ۳×۵ متر و هر کرت شامل ۴ ردیف با فواصل بین ردیف ۷۵ سانتی‌متر بود. فاصله بین کرت‌های متوالی در هر تکرار ۱/۵ متر در نظر گرفته شد. ذرت شیرین هیبرید ایرانی (KSC403su) از موسسه نهال و بذر کرج تهیه و پس از ضدعفونی با قارچ‌کش کاربوکسی تیرام در تراکم بهینه (معادل ۸۰/۰۰۰ هزار بوته در هکتار) در اواسط خرداد ماه کشت شد. علف‌کش‌های پس‌رویشی شامل نیکوسولفورون و فورام‌سولفورون + یدوسولفورون در ۲۸ روز پس از کاشت (ارتفاع ۳۰ سانتی‌متری ذرت معادل ۴ تا ۶ برگ) با سمپاش دستی و بوسیله نازل بادبزی تی‌جت و فشار ۲۵۰ کیلوپاسکال اعمال شد. سمپاش بر اساس میزان ۳۰۰ لیتر آب در هکتار کالیبره شد. علف‌کش استوکلر نیز به صورت پیش‌رویشی و همزمان با خاک‌آب مورد استفاده قرار گرفت. در تیمار بدون علف هرز، کلیه علف‌های هرز واحد آزمایشی توسط وجین دستی حذف و در تیمار آلوده به علف هرز، کلیه علف‌های هرز واحد آزمایشی تا پایان مرحله رشد نگه‌داری شدند. چهار هفته پس از سمپاشی با استفاده از کوادرات ۱×۱ متر، نمونه‌برداری از علف‌های هرز هر کرت انجام و تراکم اندازه‌گیری شد و برای تعیین وزن خشک نیز، نمونه‌ها در آون با دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت خشک و توسط ترازوی دیجیتالی اندازه‌گیری شد. در زمان برداشت ذرت شیرین در

جدول ۲- مشخصات علف‌های هرز مشاهده شده در این آزمایش

Table 2- Weed observed specifications in this experiment

نام علمی	نام تیره	نام فارسی	نام انگلیسی	چرخه زندگی	فصل رشد
Scientific names	Family names	Persian names	English names	Life cycle	Vegetation season
<i>Amaranthus retroflexus</i>	Amaranthaceae	تاج خروس ریشه قرمز	Redroot pigweed	A	S
<i>Chenopodium album</i>	Chenopodioidae	سلمه‌تره	Lambsquarters	A	S
<i>Echinochloa crus-galli</i>	Poaceae	سوروف	Barnyard grass	A	S
<i>Convolvulus arvensis</i>	Convolvulaceae	پیچک	Bindweed	P	S

S: Summer; تابستان; P: Perennial; چندساله; A: Annual; یکساله

سولفورون+یدوسولفورون به میزان ۲ لیتر ماده تجاری در هکتار منجر به بیشترین درصد کاهش در تراکم (۷۵/۸ و ۵۹/۵ درصد) و وزن خشک علف‌های هرز (۶۴/۳ و ۵۵/۴ درصد) در مقایسه با تیمار شاهد

نتایج مقایسه میانگین درصد کاهش تراکم و وزن خشک علف‌های هرز نشان داد که در پایان فصل رشد کاربرد علف‌کش‌های نیکوسولفورون به میزان ۲/۵ لیتر ماده تجاری در هکتار و فورام

آلوده به علف هرز شد (جدول ۳). بیشترین درصد کاهش تراکم علف‌های هرز تاج‌خروس ریشه قرمز، سلمه‌تره، سوروف و پیچک به ترتیب به میزان ۷۸ و ۷۳، ۸۲ و ۵۰ درصد، و وزن خشک به ترتیب به میزان ۶۷ و ۷۳، ۵۸ و ۶۱ درصد در مقایسه با تیمار شاهد آلوده به علف هرز مربوط به کاربرد نیکوسولفورون به میزان ۲/۵ لیتر ماده تجاری در هکتار بود و کاربرد فورام‌سولفورون + یدوسولفورون به میزان ۲ لیتر ماده تجاری در هکتار در رده بعدی قرار گرفت و کمترین آن مربوط به کاربرد استوکلر بود. (جدول ۳). تراکم و وزن خشک علف‌های هرز تاج‌خروس، سلمه‌تره، سوروف و پیچک را به ترتیب به میزان ۶۱ و ۶۳ درصد، ۶۹ و ۳۹ درصد، ۶۱ و ۴۱ درصد، ۷۱ و ۵۵ درصد در مقایسه با تیمار شاهد آلوده به علف هرز کاهش یافت (جدول ۲). محققین نیز بیان کردند که با توجه به کارایی علف‌کش‌های نیکوسولفورون و فورام‌سولفورون بر کنترل طیف وسیعی از علف‌های هرز مزارع ذرت، می‌توان این علف‌کش‌ها را به عنوان علف‌کش‌های دو منظوره که قدرت باریک برگ‌کشی آن‌ها بهتر از پهن‌برگ‌کشی است معرفی کرد (Baghestani et al., 2007; Zand et al., 2007). نتایج مقایسه دو به دو علف‌کش‌ها نشان داد که وزن خشک تاج‌خروس ریشه قرمز بطور معنی‌داری تحت تاثیر کاربرد علف‌کش‌های نیکوسولفورون و فورام‌سولفورون + یدوسولفورون در مقایسه با استوکلر قرار گرفت به صورتی که به ترتیب به میزان ۳۰ و ۱۹ درصد (۲۰۷/۳۷ و ۲۳۸/۷۹ در مقابل ۲۹۶/۴۳ گرم در متر مربع) کاهش یافت لکن، اختلاف معنی‌داری بین تاثیر کاربرد علف‌کش نیکوسولفورون و فورام‌سولفورون + یدوسولفورون بر وزن خشک تاج‌خروس ریشه قرمز مشاهده نشد (جدول ۴). کاهش تراکم تاج‌خروس ریشه قرمز نیز روند مشابه وزن خشک نشان داد و در مقایسه‌های دوتایی علف‌کش نیکوسولفورون در مقابل فورام‌سولفورون + یدوسولفورون و استوکلر به ترتیب به میزان ۳۲/۵ و ۴۳/۷ درصد (۲/۷۵ در مقابل ۴ و ۴/۸۳ بوته در مترمربع) کاهش یافت (جدول ۴). وزن خشک سلمه‌تره تحت تاثیر کاربرد علف‌کش نیکوسولفورون در مقایسه با فورام‌سولفورون + یدوسولفورون و استوکلر به ترتیب به میزان ۳۲/۵ و ۴۳/۷ درصد (۲/۷۵ در مقابل ۴ و ۴/۸۳ بوته در مترمربع) کاهش یافت، لکن اختلاف معنی‌داری بین تاثیر کاربرد علف‌کش فورام‌سولفورون + یدوسولفورون و استوکلر بر وزن خشک علف هرز سلمه‌تره مشاهده نشد (جدول ۴). بیشترین تاثیر بر کاهش تراکم سلمه‌تره در مقایسه کاربرد علف‌کش نیکوسولفورون با استوکلر به میزان ۵۲/۹ درصد (۱/۵۸ در مقابل ۳/۴۱ بوته در مترمربع) بدست آمد (جدول ۴). وزن خشک علف هرز سوروف بطور معنی‌داری تحت تاثیر کاربرد علف‌کش نیکوسولفورون، فورام‌سولفورون + یدوسولفورون در مقایسه با استوکلر قرار گرفت و به میزان ۳۲/۲ و ۱۸/۱ درصد (۹۴/۲۲ و ۱۱۳/۸۲ در مقابل ۱۳۸/۹۳ گرم در مترمربع) کاهش یافت (جدول ۴). تراکم سوروف در سطح ۵ درصد تحت تاثیر کاربرد علف‌کش

نیکوسولفورون در مقایسه با استوکلر قرار گرفت و بیشترین کاهش تراکم علف هرز سوروف مربوط به کاربرد علف‌کش نیکوسولفورون در مقایسه با استوکلر ۳۷ درصد (۱/۴۲ در مقابل ۲/۲۵ بوته در متر مربع) مشاهده شد. (جدول ۴). وزن خشک پیچک نیز بطور معنی‌داری تحت تاثیر کاربرد علف‌کش نیکوسولفورون در مقایسه با علف‌کش استوکلر قرار گرفت و به میزان ۲۴/۳ درصد (۹۶/۱۸ در مقابل ۱۲۶/۹۸ گرم در متر مربع) کاهش یافت (جدول ۴). همچنین مقایسه دو به دو علف‌کش‌ها نشان داد که تراکم علف هرز پیچک در سطح ۵ درصد تحت تاثیر کاربرد علف‌کش نیکوسولفورون، فورام‌سولفورون + یدوسولفورون در مقایسه با استوکلر قرار گرفت و به ترتیب به میزان ۴۵/۴ و ۳۱/۸ درصد (۱/۲۵ و ۱/۵ در مقابل ۲/۱۶ بوته در متر مربع) کاهش یافت (جدول ۴).

عملکرد و اجزای عملکرد ذرت شیرین

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر دزهای مختلف علف‌کش بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت شیرین در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود (جدول ۵).

بر اساس نتایج مقایسه میانگین، بیشترین طول بلال (۱۱/۹۰ سانتی‌متر) در تیمار شاهد بدون علف هرز مشاهده شد که نسبت به تیمار شاهد آلوده به علف هرز بیش از ۸۰ درصد افزایش داشت (جدول ۶) و نتایج ما با نتایج نجفی و غدیری (Najafi and Ghadiri, 2012) مطابقت داشت. همبستگی منفی وزن خشک بلال نیز تاییدکننده این مطلب می‌باشد (جدول ۷). در میان تیمارهای علف‌کش، بیشترین طول بلال (۹/۸۳ سانتی‌متر) در تیمار علف‌کش فورام‌سولفورون + یدوسولفورون به میزان ۲ لیتر ماده تجاری در هکتار به دست آمد که نسبت به تیمار علف‌کش نیکوسولفورون به میزان ۲/۵ لیتر ماده تجاری در هکتار از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری نداشت (جدول ۶). کمترین طول بلال (۶/۹۶ سانتی‌متر) در تیمار ۴/۵ لیتر در هکتار علف‌کش استوکلر مشاهده شد که نسبت به تیمار ۲ لیتر ماده تجاری در هکتار علف‌کش فورام‌سولفورون + یدوسولفورون ۲۹ درصد کاهش نشان داد (جدول ۶). به نظر می‌رسد کاربرد علف‌کش با کاهش تراکم و وزن خشک علف‌های هرز منجر به کاهش رقابت ذرت و علف‌های هرز می‌شود که این امر منجر به افزایش تولید مواد فتوسنتزی و اختصاص سهم بیشتری از آسیمیلات‌ها به سمت اندام‌های زایشی شده و طول بلال را افزایش می‌دهد. علاوه بر این، کاربرد علف‌کش‌های نیکوسولفورون و فورام‌سولفورون + یدوسولفورون نسبت به تیمار علف‌کش استوکلر در کاهش تاثیر منفی علف‌های هرز بر طول بلال ذرت از کارایی بالاتری برخوردار بودند که این امر را می‌توان ناشی از کارایی بهتر این علف‌کش‌ها در کنترل و کاهش رقابت علف‌های هرز و افزایش دسترسی گیاه زراعی به عناصر غذایی

بالاترین دز با کاهش تراکم و وزن خشک علف‌های هرز نقش مهمی در افزایش عملکرد و اجزای عملکرد ذرت داشت (Chitband et al., 2007; Baghestani et al., 2021).

بر اساس نتایج مقایسه میانگین مشخص شد که حضور علف هرز بطور معنی‌داری باعث کاهش تعداد ردیف دانه در بلال شد به طوری که کمترین تعداد ردیف دانه در بلال (۸ ردیف) در تیمار شاهد آلوده به علف هرز بدست آمد که نسبت به تیمار شاهد بدون علف هرز ۳۸/۵ درصد کاهش نشان داد (جدول ۶). در بین تیمارهای کاربرد علف‌کش نیز کاربرد ۲/۵ لیتر ماده تجاری در هکتار نیکوسولفورون با بیشترین تعداد ردیف در بلال (۱۲ ردیف) تفاوت معنی‌داری با کاربرد ۲ لیتر ماده تجاری در هکتار فورام‌سولفورون + یدوسولفورون (۱۱/۵ ردیف) نشان نداد (جدول ۶). کاربرد علف‌کش‌های نیکوسولفورون (۲/۵ لیتر ماده تجاری در هکتار) و فورام‌سولفورون + یدوسولفورون (۲ لیتر ماده تجاری در هکتار) با افزایش تعداد ردیف دانه در بلال در مقایسه با سایر تیمارهای علف‌کش در کنترل علف‌های هرز برتری داشتند (جدول ۶) که نتایج این تحقیق با نتایج سایر محققین مطابقت داشت (Chitband et al., 2021; Zand et al., 2006). بین تعداد ردیف دانه در بلال و قطر بلال ($r = +0.76^{***}$) نیز یک رابطه مثبت و معنی‌داری وجود داشت که تاییدکننده این موضوع است که با افزایش قطر بلال، تعداد ردیف دانه در بلال نیز افزایش می‌یابد (جدول ۷).

علف‌کش نیکوسولفورون به میزان ۲/۵ لیتر ماده تجاری در هکتار توانست با کنترل بهتر علف‌های هرز بیشترین تعداد دانه در ردیف (۲۵ عدد) را تولید نماید که نسبت به تیمار علف‌کش استوکلر به میزان ۴/۵ لیتر ماده تجاری در هکتار ۲۲ درصد افزایش نشان داد (جدول ۶). بطورکلی، با کاهش ۶۴ و ۵۵ درصدی وزن خشک کل علف‌های هرز در کاربرد تیمارهای علف‌کش نیکوسولفورون (۲/۵ لیتر ماده تجاری در هکتار) و فورام‌سولفورون + یدوسولفورون (۲ لیتر ماده تجاری در هکتار) نسبت به شاهد آلوده به علف هرز و بدون کاربرد علف‌کش، بنظر می‌رسد این علف‌کش‌ها شرایط بهتری را جهت رشد گیاه ذرت فراهم می‌کنند که در نتیجه آن گیاه از ظرفیت فتوسنتزی بیشتری جهت افزایش رشد زایشی خود بهره می‌برد (جدول ۶). بررسی همبستگی نیز نشان داد که میان تعداد دانه در ردیف با طول معنی‌دار وجود داشت و بیشترین میزان همبستگی با طول بلال مشاهده شد به عبارتی افزایش طول بلال در ذرت منجر به افزایش تعداد دانه در ردیف بلال شد (جدول ۷). مطالعات پیشین نیز بیان کردند که حضور علف هرز با ایجاد رقابت در مراحل اولیه رشد ذرت منجر به کاهش معنی‌دار تعداد دانه شد (Chikoye et al., 2009; Lum et al., 2005).

و تولید بیشتر مواد فتوسنتزی مرتبط دانست. باغستانی و همکاران (Baghestani et al., 2007) نیز نتایج مشابهی را در کاربرد علف‌کش فورام سولفورون + یدوسولفورون به میزان ۱/۵ لیتر ماده تجاری در هکتار گزارش کردند. به‌طورکلی تشدید رقابت بین‌گونه‌ای در شرایط آلوده به علف هرز و افزایش فشار زیست توده علف‌های هرز و کاهش نفوذ نور به بخش‌های پایین‌تر سایه‌انداز، فتوسنتز خالص گیاه زراعی را کاهش داد و این امر منجر به کاهش طول بلال ذرت شد (Bijanazadeh and Ghadiri, 2006).

نتایج مقایسه میانگین نشان داد که علف‌های هرز منجر به کاهش قطر بلال شد به گونه‌ای که کمترین قطر بلال (۱۷/۱۹ میلی‌متر) در تیمار شاهد آلوده به علف هرز مشاهده شد که نسبت به تیمار شاهد بدون علف هرز حدود ۴۶ درصد کاهش داشت (جدول ۶). این نتایج با نتایج بدست آمده از جدول همبستگی و وجود رابطه منفی میان قطر بلال با وزن خشک ($r = -0.93^{***}$) و تراکم کل علف‌های هرز ($r = -0.87^{***}$) تایید شد (جدول ۷). در میان تیمارهای علف‌کش، بیشترین قطر بلال (۲۶/۲۵ میلی‌متر) در تیمار علف‌کش فورام سولفورون + یدوسولفورون به میزان ۲ لیتر ماده تجاری در هکتار به دست آمد که نسبت به تیمار علف‌کش نیکوسولفورون به میزان ۲/۵ لیتر ماده تجاری در هکتار از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری نداشت (جدول ۶). همچنین کمترین قطر بلال در تیمار علف‌کش استوکلر به میزان ۴/۵ لیتر در هکتار مشاهده شد که نسبت به تیمار علف‌کش فورام سولفورون + یدوسولفورون به میزان ۲ لیتر ماده تجاری در هکتار (۱۸/۹۶ در مقابل ۲۶/۲۵ میلی‌متر) ۲۸ درصد کاهش نشان داد (جدول ۶). احتمالاً افزایش تراکم و وزن خشک علف‌های هرز با تشدید رقابت بر سر منابع غذایی و کاهش نفوذ نور منجر به کاهش فتوسنتز و در نتیجه کاهش قطر بلال ذرت شد که با نتایج سایر محققین مطابقت داشت (Najafi and Ghadiri, 2012). محققین همچنین نتایج مشابهی را در ارتباط با کاربرد علف‌کش فورام سولفورون + یدوسولفورون (مایستردی) به میزان ۱/۵ لیتر در هکتار گزارش کردند (Baghestani et al., 2007).

بر اساس نتایج بدست آمده از جدول همبستگی مشخص شد که بین تعداد بلال در بوته و تراکم ($r = -0.94^{***}$) و وزن خشک کل علف‌های هرز یک رابطه منفی و معنی‌داری وجود داشت که نشان‌دهنده اثرات منفی حضور علف‌های هرز بر این پارامتر بود (جدول ۷). بر همین اساس کمترین تعداد بلال در تیمار شاهد آلوده به علف هرز مشاهده شد که نسبت به تیمار شاهد بدون علف هرز ۸۴/۵ درصد کاهش داشت (جدول ۶). اگرچه در بین تیمارهای علف‌کش بیشترین تعداد بلال (۱/۵۶) در تیمار نیکوسولفورون به میزان ۲/۵ لیتر ماده تجاری در هکتار به دست آمد که با کاربرد علف‌کش فورام‌سولفورون + یدوسولفورون به میزان ۲ لیتر ماده تجاری در هکتار تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۶). این نتایج با نتایج سایر محققین که بیان کردند کاربرد نیکوسولفورون و فورام‌سولفورون در

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر تیمارهای علف‌کش بر درصد کاهش تراکم و وزن خشک علف هرز درت شیرین نسبت به شاهد آورده به علف هرز
 Table 3- Mean comparison of effects of herbicide treatments on percentage reduction of weed density and dry weight of sweet corn compared with weedy control

علف کش Herbicide	دوز علف کش Herbicide doses (l ha ⁻¹)	گونه‌های علف هرز Weed species																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
		تاج خروس ریشه قرمز Redroot pigweed				سلمه تره Lambsquarters				سوروف Barnyard grass				پیچک Bindweed				کل علف هرز Weed total																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
		تراکم		وزن خشک		تراکم		وزن خشک		تراکم		وزن خشک		تراکم		وزن خشک		تراکم		وزن خشک																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
		Density (%)	Dry weight (%)	Density (%)	Dry weight (%)	Density (%)	Dry weight (%)	Density (%)	Dry weight (%)	Density (%)	Dry weight (%)	Density (%)	Dry weight (%)	Density (%)	Dry weight (%)	Density (%)	Dry weight (%)	Density (%)	Dry weight (%)	Density (%)	Dry weight (%)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
نیکوسولفورون Nicosulfuron	1.5	20.80 ^e	27.97 ^e	55.69 ^e	16.06 ^f	53.40 ^c	35.02 ^d	53.71 ^e	38.54 ^e	43.33 ^c	27.72 ^f	فورام سولفورون + Foramsulfuron + idosulfuron	2	60.65 ^b	33.29 ^e	68.65 ^b	33.22 ^b	61.41 ^b	40.81 ^b	55.06 ^b	59.50 ^b	42.14 ^c	استوکلر Acetochlor	5	78.03 ^a	73.25 ^a	81.69 ^a	58.37 ^a	73.25 ^a	60.56 ^a	75.82 ^a	64.32 ^a	37.90 ^d	33.76 ^c																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
	1	12.13 ^g	13.31 ^h	42.70 ^e	5.49 ^h	40.05 ^c	17.51 ^g	36.62 ^g	11.01 ^f	32.49 ^e	13.30 ^h		5.5	22.54 ^d	33.29 ^e	40.84 ^f	30.46 ^d	61.38 ^b	37.94 ^c	52.30 ^c	37.91 ^d	41.03 ^d		55.44 ^b	11.08 ⁱ	15.52 ^g																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
	2	60.69 ^b	62.60 ^b	68.69 ^b	38.76 ^b	61.41 ^b	40.85 ^b	70.81 ^b	55.06 ^b	59.54 ^b	53.44 ^b			2	8.67 ^h	14.65 ^g	22.27 ^h	5.53 ^h	26.70 ^g	23.34 ^f	8.25 ^g	27.08 ^f		11.08 ⁱ	5	15.60 ^f	19.97 ^f	31.56 ^g	11.07 ^g	43.95 ^f	32.49 ^e	15.52 ^g																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								</

میانگین‌ها با حروف مشابه در هر ستون تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد ندارند (LSD ≤ 0.05).

Means in each column followed by the similar letters are not significantly different at 5% probability level (LSD ≤ 0.05).

جدول ۴- مقایسه گروهی بین اثرات علف‌کش بر وزن خشک و تراکم علف‌های هرز ذرت شیرین
Table 4- Comparison groups between the herbicide effects on weed dry weight and density of sweet corn

صفات Traits	درجه آزادی df	میانگین مربعات Means of squares	نیکوسولفورون در مقابل نیکوسولفورون + فورامسولفورون Nicosulfuron vs Foramsulfuron + idosulfuron	میانگین مربعات Means of squares	نیکوسولفورون در مقابل استوکلر Nicosulfuron vs Acetochlor	میانگین مربعات Means of squares	فورامسولفورون + یدوسولفورون در مقابل استوکلر Foramsulfuron + idosulfuron vs Acetochlor
تاج خروس ریشه قرمز (<i>Amaranthus retroflexus</i>)							
وزن خشک (گرم در مترمربع)	1	800.80 ^{ns}	207.37	238.79	56313.68 ^{**}	207.37	296.43
Dry weight (g m ⁻²)							
تراکم (در مترمربع) Density (1 m ⁻²)	1	10.12 [*]	2.75	4.00	18.00 ^{**}	2.75	4.83
سلمه تزه (<i>Chenopodium album</i>)							
وزن خشک (گرم در مترمربع)	1	2812.50 [*]	121.58	137.75	6272.00 ^{**}	121.58	161.41
Dry weight (g m ⁻²)							
تراکم (در مترمربع) Density (1 m ⁻²)	1	1.12 ^{ns}	1.58	2.58	3.12 [*]	1.58	3.41
سوروف (<i>Echinochloa crus-galli</i>)							
وزن خشک (گرم در مترمربع)	1	768.71 ^{ns}	94.22	113.82	1200.50 [*]	94.22	138.93
Dry weight (g m ⁻²)							
تراکم (در مترمربع) Density (1 m ⁻²)	1	0.13 ^{ns}	1.42	1.75	1.13 [*]	1.42	2.25
پیچک (<i>Convolvulus arvensis</i>)							
وزن خشک (گرم در مترمربع)	1	225.35 ^{ns}	96.18	114.42	2409.91 [*]	96.18	126.98
Dry weight (g m ⁻²)							
تراکم (در مترمربع) Density (1 m ⁻²)	1	0.12 ^{ns}	1.25	1.50	0.50 [*]	1.25	2.16

*, **, and ns: به ترتیب معنی داری در سطح ۱٪، ۵٪ و غیر معنی دار.
*, **, and ns: are significant at 0.05 and 0.01 probability levels and not significant, respectively.

جدول ۵- آنالیز واریانس (میانگین مربعات) عملکرد و اجزای عملکرد ذرت شیرین.

Table 5- Analysis of variance (mean of squares) for yield and yield components of sweet corn

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	طول بلال Ear length	قطر بلال Ear diameter	میانگین مربعات Mean of squares				وزن تر ۱۰۰۰ دانه 1000 grain weight	عملکرد دانه کنسروی Canned grain yield
				تعداد بلال در بوته	تعداد ردیف دانه در بلال	تعداد دانه در ردیف	تعداد دانه در بلال		
بلوک Block	3	1.61	10.23	0.03	6.45	16.51	8056.72	1537.02	7.89
تیمار Treatment	10	10.64**	64.82*	0.80**	12.21*	27.11*	16620.09**	5463.58**	19.69**
خطا Error	30	1.69	21.64	0.05	2.92	5.93	1522.92	978.98	1.55
ضرب تغییرات CV (%)		15.64	20.57	20.08	17.32	10.78	17.23	11.19	23.78

ns و ** به ترتیب معنی داری در سطح ۱٪ و ۵٪ و غیر معنی دار.

*, ** and ns: are significant at 0.05 and 0.01 probability levels and not significant, respectively.

جدول ۶- مقایسه میانگین اثر تیمارهای علف کش بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت شیرین

Table 6- Mean comparison for effects of herbicide treatments on yield and yield components of sweet corn

علف کش Herbicide	دوز علف کش Herbicide doses (l ha ⁻¹)	طول بلال Ear length (cm)	قطر بلال Ear diameter (mm)	تعداد بلال در بوته	تعداد ردیف دانه در بلال	تعداد دانه در ردیف	تعداد دانه در بلال	وزن تر ۱۰۰۰ دانه 1000 grain weight (g)	عملکرد دانه کنسروی Canned grain yield (t ha ⁻¹)
نیکوسولفورون Nicosulfuron	1.5	7.99 ^{bd}	21.73 ^{bd}	1.18 ^{c-e}	9.50 ^{bc}	22.25 ^{bd}	210.00 ^c	285.58 ^{bc}	4.77 ^{cd}
	2	8.51 ^{bc}	22.62 ^{bd}	1.43 ^{bc}	9.50 ^{bc}	22.75 ^{bd}	216.50 ^c	289.88 ^{bc}	5.17 ^c
	2.5	9.76 ^b	25.31 ^{a-c}	1.56 ^b	12.00 ^a	25.00 ^{ab}	299.00 ^b	325.06 ^{ab}	8.00 ^b
	فورام سولفورون + Foramsulfuron +	7.26 ^{cd}	21.31 ^{bd}	1.06 ^{d-f}	9.00 ^c	21.25 ^{c-e}	190.50 ^{cd}	274.19 ^{c-e}	4.20 ^{c-e}
فورام سولفورون + Foramsulfuron +	1.5	8.46 ^{bc}	21.67 ^{bd}	1.31 ^{bd}	9.50 ^{bc}	22.75 ^{bd}	216.00 ^c	279.31 ^{cd}	4.72 ^{cd}
	2	9.83 ^b	26.25 ^{ab}	1.46 ^{bc}	11.50 ^{ab}	24.75 ^{a-c}	285.50 ^b	308.44 ^{a-c}	7.03 ^b
ایستوکلر Acetochlor	4.5	6.96 ^{cd}	18.96 ^{cd}	0.75 ^f	8.50 ^c	20.50 ^{de}	175.50 ^{cd}	231.69 ^{ef}	3.23 ^{de}
	5	7.13 ^{cd}	20.11 ^{bd}	0.93 ^{ef}	8.50 ^c	21.00 ^{de}	181.00 ^{cd}	236.66 ^{d-f}	3.42 ^{c-e}
شاهد بدون علف هرز Weed free	5.5	7.38 ^{cd}	21.60 ^{bd}	1.06 ^{d-f}	9.50 ^{bc}	22.00 ^{bd}	206.50 ^c	276.00 ^{c-e}	4.56 ^{cd}
		11.90 ^a	32.01 ^a	2.00 ^a	13.00 ^a	28.00 ^a	365.50 ^a	340.08 ^a	9.96 ^a
شاهد آلوده به علف هرز Weedy		6.33 ^d	17.19 ^d	0.31 ^g	8.00 ^c	18.25 ^e	145.00 ^d	226.88 ^f	2.64 ^e

Means in each column followed by the similar letters are not significantly different at 5% probability level (LSD ≤ 0.05).

جدول ۷- ضرایب همبستگی بین عملکرد و اجزاء عملکرد ذرت شیرین
Table 7- Correlation coefficients between yield and yield components of sweet corn

	تراکم کل علف‌های هرز Total weeds density	وزن خشک کل علف‌های هرز Total weeds dry weight	عملکرد دانه کنسروی Canned grain yield	وزن تر ۱۰۰۰ دانه 1000 grain weight	تعداد دانه در بال Grain number per ear	تعداد دانه در ردیف Grain number per row	تعداد ردیف دانه در بال Row number per ear	تعداد بال در بوته Ear number per plant	طول بال Ear length	قطر بال Ear diameter
تراکم کل علف‌های هرز	1.00									
وزن خشک کل علف‌های هرز		1.00								
عملکرد دانه کنسروی			1.00							
وزن تر ۱۰۰۰ دانه				1.00						
تعداد دانه در بال					1.00					
تعداد دانه در ردیف						1.00				
تعداد ردیف دانه در بال							1.00			
تعداد بال در بوته								1.00		
طول بال									1.00	
قطر بال										1.00
تراکم کل علف‌های هرز	1.00	0.75**	-0.79**	-0.86**	-0.82**	-0.76**	-0.76**	-0.94**	-0.87**	-0.85**
وزن خشک کل علف‌های هرز		1.00	-0.83**	-0.84**	-0.91**	-0.95**	-0.86**	-0.86**	-0.93**	-0.92**
عملکرد دانه کنسروی			1.00	0.83**	0.96**	0.80**	0.83**	0.73**	0.71**	0.75**
وزن تر ۱۰۰۰ دانه				1.00	0.67**	0.65**	0.73**	0.71**	0.69**	0.73**
تعداد دانه در بال					1.00	0.79**	0.90**	0.67**	0.76**	0.67**
تعداد دانه در ردیف						1.00	0.71**	0.70**	0.66**	0.65**
تعداد ردیف دانه در بال							1.00	0.65**	0.62**	0.76**
تعداد بال در بوته								1.00	0.73**	0.56**
طول بال									1.00	0.57*
قطر بال										1.00

ns و ** به ترتیب معنی‌داری در سطح ۱٪ و ۵٪ و غیر معنی‌دار.
* , ** and ns: are significant at 0.05 and 0.01 probability levels and not significant, respectively.

حضور علف هرز در رقابت با ذرت باعث کاهش ۶۰ درصدی تعداد دانه در بلال ذرت نسبت به تیمار شاهد بدون علف هرز (۱۴۵ در مقابل ۳۶۵ عدد) شد (جدول ۶) و نتایج بدست آمده از جدول همبستگی نشانگر رابطه منفی و معنی‌دار بین تعداد دانه در بلال با تراکم ($r = -0.82^{***}$) و وزن خشک کل علف هرز ($r = -0.91^{***}$) بود (جدول ۷). همچنین بیشترین تعداد دانه در بلال ذرت (۲۹۹) در تیمار کاربرد علف‌کش نیکوسولفورون به میزان ۲/۵ لیتر ماده تجاری در هکتار بدست آمد که نسبت به تیمار علف‌کش فورام‌سولفورون + یدوسولفورون به میزان ۲ لیتر ماده تجاری در هکتار از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری نداشت (جدول ۶). کمترین تعداد دانه در بلال ذرت نیز (۱۷۵/۵) در تیمار کاربرد علف‌کش استوکلر به میزان ۴/۵ لیتر ماده تجاری در هکتار مشاهده شد که نسبت به تیمار علف‌کش نیکوسولفورون به میزان ۲/۵ لیتر ماده تجاری در هکتار به میزان ۴۱ درصد کاهش یافت (جدول ۶). محققین گزارش کردند که حساس ترین جزء عملکرد ذرت به تداخل علف‌های هرز تعداد دانه در بلال بود، به طوری که افزایش زمان تداخل علف‌های هرز موجب کاهش سیگموتیدی تعداد دانه در بلال شد (Evans et al., 2005; al., 2003).

نتایج مقایسه میانگین نشان داد که در میان تیمارهای علف‌کش، کمترین وزن تر ۱۰۰۰ دانه (۲۳۱/۶۹ گرم) در تیمار علف‌کش استوکلر به میزان ۴/۵ لیتر ماده تجاری در هکتار بدست آمد که نسبت به تیمار علف‌کش نیکوسولفورون به میزان ۲/۵ لیتر ماده تجاری در هکتار ۲۹ درصد کاهش نشان داد (جدول ۶). کاربرد علف‌کش نیکوسولفورون به میزان ۲/۵ لیتر ماده تجاری در هکتار با کنترل بهتر علف هرز توانسته قدرت رقابت علف‌های هرز را کاهش دهد و بیشترین وزن هزار دانه را به خود اختصاص دهد که در مقایسه با تیمار شاهد بدون علف هرز تفاوت معنی‌داری نشان نداد (جدول ۶). بر اساس نتایج جدول همبستگی بین وزن تر ۱۰۰۰ دانه با اجزای آن یعنی تعداد بلال ($r = +0.71^{***}$)، تعداد ردیف در بلال ($r = +0.73^{***}$)، تعداد دانه در ردیف ($r = +0.65^{***}$) و تعداد دانه در بلال ($r = +0.67^{***}$) رابطه مثبت و معنی‌داری وجود داشت، این در حالی است که بین وزن تر ۱۰۰ دانه با تراکم ($r = -0.86^{***}$) و وزن خشک کل علف هرز ($r = -0.84^{***}$) یک رابطه منفی و معنی‌داری وجود داشت (جدول ۷). به‌طور کلی تیمار شاهد آلوده به علف هرز در مقایسه با تیمار شاهد بدون علف هرز باعث کاهش ۳۳ درصدی وزن تر ۱۰۰۰ دانه شد (جدول ۶). به نظر می‌رسد کاربرد علف‌کش با حذف و تضعیف علف‌های هرز منجر به استفاده بهتر گیاه زراعی از منابع شده و پر شدن دانه‌ها بهتر انجام می‌شود که با نتایج سایر محققین مطابقت داشت (Chikoye et al., 2009; Zand et al., 2009).

بر اساس نتایج جدول مقایسه میانگین مشخص شد که کمترین

عملکرد دانه کنسروی (۲/۶۴ تن در هکتار) در تیمار شاهد آلوده به علف هرز بدست آمد که نسبت به تیمار شاهد بدون علف هرز ۷۳/۵ درصد کاهش یافت (جدول ۶). وجود رابطه منفی و معنی‌داری بین عملکرد دانه کنسروی و تراکم ($r = -0.79^{***}$) و وزن خشک کل علف‌های هرز ($r = -0.83^{***}$) بیان کنند این موضوع است که حضور علف‌های هرز با تشدید رقابت میان علف‌های هرز و ذرت منجر به کاهش ظرفیت فتوسنتزی ذرت و اختصاص کمتری از مواد فتوسنتزی به سمت اندام‌های در حال رشد و مریستم‌های زایشی از جمله مریستم‌های تولید بلال در ذرت می‌شوند (Evans et al., 2003). در میان علف‌کش‌ها نیز کمترین عملکرد دانه کنسروی (۳/۲۳ تن در هکتار) در تیمار کاربرد علف‌کش استوکلر به میزان ۴/۵ لیتر ماده تجاری در هکتار به دست آمد که نسبت به تیمار علف‌کش نیکوسولفورون به میزان ۲/۵ لیتر ماده تجاری در هکتار حدود ۶۰ درصد کاهش یافت (جدول ۶). بر اساس نتایج جدول همبستگی بین عملکرد دانه کنسروی با اجزای آن یعنی تعداد بلال ($r = +0.73^{***}$)، تعداد ردیف در بلال ($r = +0.83^{***}$)، تعداد دانه در ردیف ($r = +0.80^{***}$)، تعداد دانه در بلال ($r = +0.96^{***}$) و وزن هزار دانه ($r = +0.83^{***}$) رابطه مثبت و معنی‌داری وجود داشت که با کاهش اجزای عملکرد، عملکرد دانه کنسروی کاهش یافت (جدول ۷). از سویی دیگر، بیشترین عملکرد دانه کنسروی ذرت (۸ تن در هکتار) در تیمار کاربرد علف‌کش نیکوسولفورون به میزان ۲/۵ لیتر ماده تجاری در هکتار به دست آمد که نسبت به تیمار علف‌کش فورام‌سولفورون + یدوسولفورون به میزان ۲ لیتر ماده تجاری در هکتار از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری نداشت (جدول ۶) که این نتایج با نتایج سایر محققین که بیان کردند بیشترین عملکرد ذرت با کاربرد نیکوسولفورون میسر می‌شود مطابقت داشت (Lum et al., 2005; Mohajeri et al., 2010).

نتیجه‌گیری

به‌طور کلی در این پژوهش مشخص شد که بیشترین درصد کاهش وزن خشک (۷۵/۸ درصد) و تراکم علف‌های هرز (۶۴/۳ درصد) بطور معنی‌داری در مقایسه با شاهد آلوده به علف هرزی، در کاربرد علف‌کش نیکوسولفورون (۲/۵ لیتر ماده تجاری در هکتار) نسبت به سایر تیمارهای علف‌کش فورام‌سولفورون + یدوسولفورون و استوکلر بدست آمد. بیشترین عملکرد کنسروی (۸/۰۰ و ۷/۰۳ تن در هکتار) بدون تفاوت معنی‌دار به ترتیب در تیمار علف‌کش نیکوسولفورون (۲/۵ لیتر ماده تجاری در هکتار) و فورام‌سولفورون + یدوسولفورون (۲ لیتر ماده تجاری در هکتار) بدست آمد. لذا به نظر می‌رسد اگرچه عملکرد کنسروی دانه ذرت شیرین در دو تیمار علف

تراکم و وزن خشک علف‌های هرز نسبت به سایر علف‌کش‌های مورد مطالعه می‌تواند گزینه مناسبی برای توصیه در رقم ذرت شیرین ایرانی بر اساس نتایج این پژوهش باشد.

کش نیکوسولفورون (۲/۵ لیتر ماده تجاری در هکتار) و فورام سولفورون + یدوسولفورون (۲ لیتر ماده تجاری در هکتار) تفاوت معنی‌دار به لحاظ آماری ندارد، لکن با توجه به کارایی علف‌کش نیکوسولفورون (۲/۵ لیتر ماده تجاری در هکتار) در کنترل معنی‌دار

منابع

1. Baghestani, M.A., Zand, E., Soufizadeh, S., Eskandari, A., PourAzar, R., Veysi, M., & Nassirzadeh, N. (2007). Efficacy evaluation of some dual purpose herbicides to control weeds in maize (*Zea mays* L.). *Crop Protection* 26(7): 936-942. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2006.08.013>.
2. Bijanzadeh, E., & Ghadiri, H. (2006). Effect of seprate and combined treatments of herbicides on weed control and corn (*Zea mays*) yield. *Weed Technology* 20: 640-645. <https://doi.org/10.1614/WT-05-105R1.1>.
3. Bunting, J.A., Sprague, C.L., & Riechers, D.E. (2005). Incorporating foramsulfuron into annual weed control systems for corn. *Weed Technology* 19(1): 160-167. <https://doi.org/10.1614/WT-04-063R1>.
4. Chikoye, D., Ekeleme, F., & Udensi, U.E. (2001). Cogongrass suppression by intercropping cover crops in corn/cassava systems. *Weed Science* 49(5): 658-667. [https://doi.org/10.1614/0043-1745\(2001\)049\[0658:CSBICC\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1614/0043-1745(2001)049[0658:CSBICC]2.0.CO;2).
5. Chikoye, D., Lum, A.F., Ekeleme, F., & Udensi, U.E. (2009). Evaluation of Lumax for preemergence weed control in maize in Nigeria. *International Journal of Pest Management* 55(4): 275-283. <https://doi.org/10.1080/09670870902862693>.
6. Chitband, A.A., Noghondar, M.N., & Sarabi, V. (2021). Yield of sweet corn varieties and response to sulfonylurea and mix herbicides. *Advances in Weed Science* 39: 1-11. <https://doi.org/10.51694/AdvWeedSci/2021;39:00018>.
7. Evans, S.P., Knezevic, Z., Lindquist, J.L., Shapiro, C.A., & Blankenship, E.E. (2003). Nitrogen application influences the critical period for weed control in corn. *Weed Science* 51: 408-417. [https://doi.org/10.1614/0043-1745\(2003\)051\[0408:NAITCP\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1614/0043-1745(2003)051[0408:NAITCP]2.0.CO;2).
8. Hassannejad, S., & Porheidar-Ghafarbi, S. (2012). Introducing new indices for weed flora studies. *International Journal of Agriculture and Crop Sciences* 4(22): 1653-1659. <http://ijagcs.com/.../1653-1659.pdf>.
9. Kaukis, K., & Davis, D.W. (1986). *Breeding vegetable crops*. AVI Pub, Westport, Conn.
10. Khan, I.A., Hassan, G., Malik, N., Khan, R., Khan, H., & Khan, S.A. (2016). Effect of herbicides on yield and yield components of hybrid maize (*Zea mays*). *Planta Daninha* 34: 729-736. <https://doi.org/10.1590/S0100-83582016340400013>.
11. Koeppe, M. K., Hirata, C.M., Brown, H.M., Kenyon, W.H., O'Keefe, D.P., Lau, S.C., ... & Green, J.M. (2000). Basis of selectivity of the herbicide rimsulfuron in maize. *Pesticide Biochemistry and Physiology* 66(3): 170-181. <https://doi.org/10.1006/pest.1999.2470>.
12. Lair, K., & Redente, E.F. (2004). Influence of auxin and sulfonylurea herbicides on seeded native communities. *Rangeland Ecology and Management* 57(2): 211-218. [https://doi.org/10.2111/1551-5028\(2004\)057\[0211:IOAASH\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.2111/1551-5028(2004)057[0211:IOAASH]2.0.CO;2).
13. Lum, A.F., Chikoye, D., & Adesiyun, S.O. (2005). Effect of nicosulfuron dosages and timing on the postemergence control of cogongrass (*Imperata cylindrica*) in corn. *Weed Technology* 19(1): 122-127. <https://doi.org/10.1614/WT-03-276R2>.
14. Mohajeri, F., Honarmandian, M., Pourazar, R., & Shirali, M. (2010). The evalution of mechanical, chemical and integrated *Zea mays* L. weeds control in Ramhormoz. *Journal of Weed Ecology* 1(1): 67-76. (In Persian).
15. Najafi, B., & Ghadiri, H. (2012). Weed control and grain yield response to nitrogen management and herbicides. *Journal of Biological and Environmental Sciences* 6(16): 39-47.
16. Rahmani, A., Nasrullahalhosseini, S.M., & Khavari Khorasani, S. (2010). Effects of sowing date and plant density on morphological traits, yield and yield components of sweet corn (*Zea mays* L.). *Journal of Agroecology* 2: 302-312. <https://doi.org/10.22067/jag.v2i2.7637>.
17. Sikkema, P.H., Kramer, C., Vyn, J.D., Kells, J.J., Hillger, D.E., & Soltani, N. (2007). Control of *Muhlenbergia frondosa* (wirestem muhly) with post-emergence sulfonylurea herbicides in maize (*Zea mays*). *Crop Protection* 26(10): 1585-1588. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2007.02.006>.
18. Szumigalski, A., & Van Acker, R. (2005). Weed suppression and crop production in annual intercrops. *Weed Science* 53: 813-825. <https://doi.org/10.1614/WS-05-014R.1>.
19. Wilson, G.C., Soltani, N., Tardif, F.J., Swanton, C.J., & Sikkema, P.H. (2010). Control of volunteer cereals with post-emergence herbicides in maize (*Zea mays* L.). *Crop Protection* 29 (12): 1389-1395. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2010.07.020>.
20. Zand, E., Baghestani, M.A., Soufizadeh, S., Eskandari, A., Deihimfard, R., Pourazar, R., Ghazali, F., Sabeti, P., Esfandiari, H., Mousavinik, A., & Etemadi, F. (2006). Comparing the efficacy of amicarbazone, a triazoline, with

- sulfonylurease for weed control in maize (*Zea mays* L.). *Iranian Journal of Weed Science* 2: 59-83.
21. Zand, E., Baghestani, M.A., Pourazar, R., Sabeti, P., Ghezeli, F., Khayami, M.M., & Razazi, A. (2009). Efficacy evaluation of ultima (nicosulfuron+ nimsulfuron), lumax (mesotrion+ s-metolachlor+ terbuthlazine) and amicarbazone (daynamic) in comparison with current herbicide to control of weeds in corn. *Journal of Plant Protection* 23(2): 42-55. (In Persian with English abstract). <https://doi.org/10.22067/jpp.v23i2.2549>.
22. Zhang, J., Zheng, L., Jäck, O., Yan, D., Zhang, Z., Gerhards, R., & Ni, H. (2013). Efficacy of four post-emergence herbicides applied at reduced doses on weeds in summer maize (*Zea mays* L.) fields in North China Plain. *Crop Protection* 52: 26-32. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2013.05.001>.

Contents

Molecular Identification and Phylogenetic Analysis of <i>Peanut mottle virus</i> in Soybean Fields in the North of Iran	301
J. Ramezani Avval Reiahi, M. Mehrvar	
Effect of <i>Trichoderma harizianum</i> Strain T22 on Induced Resistance of Tomato to <i>Helicoverpa armigera</i> Hübner	313
N. Badakhshan, S.M. Mansouri, A. Habibi, Sh. Shakeri, B. Naseri	
Evaluation of Induction of Sethoxydim Tolerance in Maize (<i>Zea mays</i> L.) Using Salicylic Acid as a Safener	327
A. Shafeei, M. Rastgoo, E. Izadi Darbandi, A. Ghanbari	
Investigation of Growth Characteristics and Phenological Stages of <i>Papaver dubium</i> L. and <i>Papaver rhoas</i> L. Species Based on Growth Degree Day	339
S. Golmohammadzadeh, F. Zaefarian, M. Rezvani	
Evaluation of the Efficiency of Clipfort (Clopyralid, SG 72%) Herbicide in Rapeseed Fields of Fars Province	353
E. Mamnoie, N. Bagherani Torshiz, A.R. Askari Kelestani	
Efficacy of Fluroxypyr Compared with Common Broadleaf Herbicides in the Wheat Fields	367
M. Minbashi Moeini, M.H. Hadizadeh, M.R. Karaminejad, H. Sabet-Zanganeh, M. Jamali, A.A. Haghighi	
Effect of Sulfonylurea Herbicides on Weeds Control, Growth and Yield of Sweet Corn (<i>Zea mays</i> L. var. <i>Saccharata</i>)	385
F. Bastegan, S.A. Kazemeini, H. Ghadiri	

Iranian Plant Protection Research

(AGRICULTURAL SCIENCES AND TECHNOLOGY)

Vol . 36

No. 3

2022

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

Editorial Board:

Izadi Darbandi, E.	Weed Science	Prof. Ferdowsi University of Mashhad.
Baghaee Ravari ,S	Plant Pathology	Asso. Prof. Ferdowsi University of Mashhad.
Karim Mojeni ,H	Production and Plant Genetics	Asso. Prof. Isfahan University of Technology
Pourjam, E.	Plant Pathology	Prof. Tarbiat Modarres University.
Hosseini, M.	Agricultural Entomology	Asso. Prof. Ferdowsi University of Mashhad.
Rashed- Mohassel, M.H.	Weed Science	Prof. Ferdowsi University of Mashhad.
Rashed- Mohassel, A.	Insect Ecology	Post-Doctoral Research Associate ,Texas A&M AgriLife Extension Service
Razi, H.	Crop Production & Plant Breeding	Asso. Prof. Shiraz University
Rajaei, H.	Entomologist	Researcher and Curator of Lepidoptera collection, Department Entomology State Museum of Natural History 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/>