نشریه علمی

پژوهش‌های حفاظت گیاهان ایران

جلد ۳۸ شماره ۱

سال ۱۴۰۳

شماره پیاپی: ۶۳

عنوان مقالات

تأثیر مورچه‌ها روی کنترل بیولوژیک کرم گلوگاه انار با استفاده از زنبورهای تریکوگراما در باغ‌های انار ۳

نسرین شیبانی فهندری- حسین صادقی نامقی- غلامحسین مروج

بررسی کارآیی قارچ کش تری فلوکسی استروبین + فلوپیرام (لوتا سنسیشن ® 500SC) در کنترل بیماری لکه سیاه سیب با عامل *Venturia inaequalis* ۱۳

حسین خاز جلفایی- حسین عطیمی- حجت اله ربانی نسب- کاووس کشاورز

کاربرد چند اصلاح‌کننده خاک برای کنترل نماتد ریشه‌گرهی (*Meloidogyne incognita*) در گیاهان کیوی (*Actinidia deliciosa*) در غرب استان گیلان ۲۵

زهره علی‌پور پلنگ کلی- سالار جمالی- صدیقه موسی‌نژاد- حسن بدرام فر

تعیین مقاومت ژنتیکی ارقام و لاین‌های گلرنگ (*Carthamus tinctorius*) به بونه‌میری فوزاریومی در شرایط گلخانه ۳۷

حمید صادقی گرمارودی- حمید جباری- محمدرضا نظری- محمدباقر ولی‌پور

تاثیر کاربرد روغن‌های گیاهی به همراه علف‌کش ستوکسیدیم بر منحنی کاتسکی ۵۱

حسین حمامی- محمد حسن راشد محصل- مهدی پارسا- محمد بنایان اول- اسکندر زند

اثر دما و تنش خشکی بر ویژگی‌های جوانه‌زنی و دماهای کاردینال علف‌هرز مهاجم شمعدانی وحشی (*Geranium robertianum*) ۶۵

عبدالله جلیلی - ابراهیم ایزدی دربندی- مهدی راستگو- اسماعیل ابراهیمی

کارایی علف‌کش پیش مخلوط فنوکساپروپ پی‌اتیل + متری‌بوزین (EC 21.37%) در مقایسه با علف‌کش‌های رایج در کنترل علف‌های هرز گندم (*Triticum aestivum*) در استان فارس (داراب) ۸۱

ابراهیم ممنوعی- محمدرضا کرمی نژاد- مهدی مین باش معینی

تأثیر عمق دفن، مدت و دمای نگهداری ریزوم‌های بیدگیاه (*Elymus repens* (L.) Gould.) بر بقا و رشد آنها ۹۵

طاهره اسمعیل زاده کنعانی - حمیدرضا محمددوست چمن‌آباد- سیده مریم مظفری

نشریه پژوهش های حفاظت گیاهان ایران

(علوم و صنایع کشاورزی)

با شماره پروانه ۲۱/۲۰۱۵ ـــــــــ **و درجه علمی – پژوهشی شماره** ۲۶۵۲۴ ـــــــــ **از وزارت علوم، تحقیقات و فناوری**
۶۸/۴/۱۱ ۷۳/۱۰/۱۹

جلد ۳۸ شماره ۱ بهار ۱۴۰۳

بر اساس مصوبه وزارت عتف از سال ۱۳۹۸، کلیه نشریات دارای درجه "علمی-پژوهشی" به نشریه "علمی" تغییر نام یافتند.
این نشریه به صورت فصلنامه (۴ شماره در سال) چاپ و منتشر می شود.

صاحب امتیاز: دانشگاه فردوسی مشهد

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

سردبیر: عصمت مهدیخانی مقدم — استاد- بیماری شناسی گیاهی (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)
جمالی، سالار	استاد- بیماری شناسی گیاهی(دانشگاه گیلان)
حسینی، مجتبی	دانشیار- حشره شناسی کشاورزی (دانشگاه فردوسی مشهد)
خداپرست، سید اکبر	استاد- قارچ شناسی(دانشگاه گیلان)
راستگو، مهدی	استاد- علوم علف های هرز (دانشگاه فردوسی مشهد)
راشد محصل، محمد حسن	استاد- علوم علف های هرز (دانشگاه فردوسی مشهد)
شریف نبی، بهرام	استاد- دانشگاه صنعتی اصفهان
صابری ریسه، روح اله	استاد- بیماری شناسی گیاهی(دانشگاه ولی عصر رفسنجان)
صادقی نامقی، حسین	استاد- حشره شناسی کشاورزی (دانشگاه فردوسی مشهد)
صبوری، علیرضا	استاد- حشره شناسی کشاورزی (دانشگاه تهران)
کریم مجنی، حسن	دانشیار- تولید وژنتیک گیاهی (دانشگاه صنعتی اصفهان)
کریمی، جواد	استاد- حشره شناسی کشاورزی(دانشگاه فردوسی مشهد)
مرعشی، سید حسن	استاد - بیوتکنولوژی و به نژادی گیاهی (دانشگاه فردوسی مشهد)
مصلی نژاد، هادی	دانشیار پژوهش- موسسه تحقیقات گیاهپزشکی کشور
معصومی، حسین	استاد- ویروس شناسی گیاهی (دانشگاه شهید باهنر کرمان)
مهرور، محسن	دانشیار- ویروس شناسی گیاهی(دانشگاه فردوسی مشهد)
مهدیخانی مقدم، عصمت	استاد- بیماری شناسی گیاهی (دانشگاه فردوسی مشهد)
اروگلو، گوزده بوشرا	استادیار- میکروبیولوژی و ژنتیک(دانشگاه فنی ارزروم- ترکیه)
تاراسکو، استاکیو	دانشیار- حشره شناسی (دانشگاه باری آلدومورو- ایتالیا)
راشد محصل، آرش	محقق، اکولوژی حشرات، تگزاس

نشانی: مشهد، میدان آزادی، پردیس دانشگاه فردوسی مشهد، دانشکده کشاورزی، دبیرخانه نشریات علمی، دفتر نشریه بوم شناسی کشاورزی، صندوق پستی: ۱۱۶۳-۹۱۷۷۵

تلفن: ۰۵۱-۳۸۸۰۴۶۵۴ **نمابر:** ۰۵۱-۳۸۷۸۷۴۳۰

پست الکترونیکی: jpp1@um.ac.ir **آدرس سایت:** https://jpp.um.ac.ir

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

بسم الله الرحمن الرحیم

مندرجات

تأثیر مورچه‌ها روی کنترل بیولوژیک کرم گلوگاه انار با استفاده از زنبورهای تریکوگراما در باغ‌های انار ۳

نسرین شیبانی فهندری- حسین صادقی نامقی- غلامحسین مروج

بررسی کارآیی قارچ‌کش تری فلوکسی استروبین + فلوپیرام (لونا سنسیشن ® 500SC) در کنترل بیماری لکه سیاه سیب با عامل *Venturia inaequalis* ۱۳

حسین خباز جلفایی- حسین عظیمی- حجت اله ربانی نسب- کاووس کشاورز

کاربرد چند اصلاح‌کننده خاک برای کنترل نماتد ریشه‌گرهی (*Meloidogyne incognita*) در گیاهان کیوی (*Actinidia deliciosa*) در غرب استان گیلان ۲۵

زهره علی‌پور پلنگ‌کلی- سالار جمالی- صدیقه موسی‌نژاد- حسن پدرام فر

تعیین مقاومت ژنتیکی ارقام و لاین‌های گلرنگ (*Carthamus tinctorius*) به بوته‌میری فوزاریومی در شرایط گلخانه ۳۷

حمید صادقی‌گرمارودی- حمید جباری- محمدرضا نظری- محمدباقر ولی‌پور

تاثیر کاربرد روغن‌های گیاهی به همراه علف‌کش ستوکسیدیم بر منحنی کاتسکی ۵۱

حسین حمامی- محمد حسن راشد محصل- مهدی پارسا- محمد بنایان اول- اسکندر زند

اثر دما و تنش خشکی بر ویژگی‌های جوانه‌زنی و دماهای کاردینال علف‌هرز مهاجم شمعدانی وحشی (*Geranium robertianum*) ۶۵

عبدالله جلیلی- ابراهیم ایزدی دربندی- مهدی راستگو- اسماعیل ابراهیمی

کارایی علف‌کش پیش مخلوط فنوکساپروپ پی‌اتیل + متری‌بوزین (EC 21.37%) در مقایسه با علف‌کش‌های رایج در کنترل علف‌های هرز گندم (*Triticum aestivum*) در استان فارس (داراب) ۸۱

ابراهیم ممنوعی- محمدرضا کرمی نژاد- مهدی مین باش معینی

تأثیر عمق دفن، مدت و دمای نگهداری ریزوم‌های بیدگیاه (*Elymus repens* (L.) Gould.) بر بقا و رشد آنها ۹۵

طاهره اسمعیل زاده کنعانی - حمیدرضا محمددوست چمن‌آباد- سیده مریم مظفری

Journal of Iranian Plant Protection Research

https://jpp.um.ac.ir

Research Article
Vol. 38, No. 1, 2024, p. 1-9

Effect of Ants on Biological Control of Pomegranate Carob Moth by Trichogramma Wasps in Pomegranate Orchards

N. Sheibani Fahandari[1], H. Sadeghi Namaghi[2*], G. Moravvej[3]

1, 2 and 3- M.Sc., Professor, and Associate Professor, Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran, respectively.
(*- Corresponding Author Email: sadeghin@um.ac.ir)

Received:	22-05-2023
Revised:	05-08-2023
Accepted:	27-09-2023
Available Online:	09-06-2024

How to cite this article:
Sheibani Fahandari, N., Sadeghi Namaghi, H., & Morravej, G. (2024). Effect of ants on biological control of Pomegranate carob moth by Trichogramma wasps in pomegranate orchards. *Journal of Iranian Plant Protection Research*, *38*(1), 1-9. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22067/jpp.2023.82486.1147

Introduction

Pomegranate carob moth with the scientific name *Ectomyelois ceratoniae* Zeller (Lep.: Pyralidae) is a key pest of pomegranate and causes an economic damage to the quantity and quality of pomegranate fruits. According to the reports, from 20 to 80% of the pomegranate fruits in the gardens and warehouses are attacked by the carob moth and suffer damage (Fotouhi *et al*., 2021). Various methods have been recommended to control the pomegranate carob moth (Shojaei & Esmaili, 1987), including chemical control, the use of light traps, fabric nets, flag removal, repellent compounds such as processed kaolin at a 5% concentration applied every 20 days in four stages, the collection and destruction of infected fruits on trees and garden floors, the use of resistant cultivars, and the introduction of Trichogramma wasps. However, none of these methods have yet achieved a decisive reduction in the pest population. Considering the importance of organic pomegranate production, the necessity of further studies on non-chemical pest control methods, especially biological control using Trichogramma wasps, is emphasized (Fotouhi *et al*., 2021). Field observations indicate that the release of Trichogramma wasps is effective through various factors, including arthropods that prey on parasitized eggs on Trichocards. So far, only a handful of studies have examined the effect of predators on the emergence rate of Trichogramma wasps on Trichocards during the release stage. For example, Al Rouechdi, and Voegele (1981) reported that after installing trichocards on plants due to the phenomenon of predation, a considerable number of wasps were destroyed before hatching and emergence of adult wasps. Also, Bento *et al.* (1998) and Bento (1999) announced the reduction of *Trichogramma* wasps (*T. cacoeciae*) efficiency due to the activity of predators. According to Gomes *et al*. (1998), ants are one of the important predators of parasitized eggs of cereal willow and thus reduce the efficiency of biological control. Suh *et al.* (2000) also announced the low efficiency of *Trichogramma* species (*T. exiguum*) in controlling cotton pests due to the activity of ants on parasitized eggs during the release of *Trichogramma*. Perira *et al.* (2004) evaluated the destructive effects of predators on the Trichogramma wasps (*T. cacoeciae*) biocontrol agent of olive willow in Portugal and reported that more than 99% of the predators of released parasite eggs are ants. Kerguntiol *et al*. (2013) in a research in Uruguay on reducing the destructive effect of predators on the emergence rate of *Trichogramma* wasps from Trichocards, considered two species of ants responsible for the destruction of parasitized eggs and with changes in the packaging of release units to somewhat reduced the effect of ants.

©2023 The author(s). This is an open access article distributed under Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0), which permits use, sharing, adaptation, distribution and reproduction in any medium or format, as long as you give appropriate credit to the original author(s) and the source.
https://doi.org/10.22067/jpp.2023.82486.1147

Despite the destructive role of predators in release stage of *Trichoramma* wasps for controlling plant pests, so far, no research has been done in Iran on the identification of the predators of parasitized eggs on trichocards and the extent of their influence during the release stage of *Trichogramma* wasps for the biological control of carob moth (*Ectomyelois ceratoniae* Zeller). The present research aims to identify different groups of predators of parasitized eggs and estimate the effect of predators on the loss rate of *Trichogramma* wasps during the release phase in pomegranate orchards.

Materials and Methods

A research was conducted in a pomegranate orchard with an area of two hectares located in the village of Hoz Sarkh, in the central district of Torbat-e- Heydarieh, in Razavi Khorasan province of Iran, in 2019. This research was conducted in the form of a factorial two-factor experiment, each factor at two levels in a completely randomized basis with 5 replications.

Results and Discution

In this study, a total of six species of ants namely *Pheidole pallidula* (Nylander, 1849), *Crematogaster subdentata* Mayr, 1877, *Tapinoma erraticum* (Latreille, 1798), *Lepisiota frauenfeldi* (Mayr, 1855), and *Camponotus sanctus* Forel, 1904 from three subfamilies of family Formicidae including Formicinae, Dolichoderinae, Myrmicinae, one species of Dermaptera (*Forficula auricularia* L.), a species of Hemiptera (*Geocoris* sp.) as well as a few specimens of a spider were collected and identified from the surveyed trichocards. Also, the results of this study showed that ants and other predators destroy a significant number of the parasitized eggs on trichocards and this cause a significant decrease in the efficiency of this egg parasitoid. The mortality rate of aprasitized eggs on trichocards embedded with grease was significantly lower than those tichocards without grease. Furthemore, the height of the installation of trichocards also showed a significant effect on the loss rate of Trichogramma wasps. So that at high height in both the grease and non-grease treatments at different times, the loss rate of *Trichogramma* wasps was lower.

Conclusion

In conclusion, according to the results of this research, in order to protect the trichocards from ants' attacks and reduce the damage caused by them, it is necessary to pay attention to the release plan of Trichogramma wasps in such a way that the maximum number of wasps emerge in less than 24 hours of the initial installation of the trichocards. Moreover, trichocards should be installed at higher height (150 centimetrs above the ground level) by using a wire coated with a sticky substance such as grease.

Keywords: Ant, Biological control, Predator, Trichocard, *Trichogramma brassicae*

نشریه پژوهش‌های حفاظت گیاهان ایران
https://jpp.um.ac.ir

مقاله پژوهشی
جلد ۳۸ شماره ۱، بهار ۱۴۰۳، ص. ۹-۱

تأثیر مورچه‌ها روی کنترل بیولوژیک کرم گلوگاه انار با استفاده از زنبورهای تریکوگراما در باغ‌های انار

نسرین شیبانی فهندری[۱]- حسین صادقی نامقی[۲*]- غلامحسین مروج[۳]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۳/۰۱
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۷/۰۵

چکیده

کارایی رهاسازی زنبورهای تریکوگراما تحت تأثیر عوامل مختلف از جمله شرایط محیطی و فعالیت شکارگران قرار می‌گیرد. تاکنون در ایران تحقیقی بر روی نوع شکارگرها و میزان تأثیر آنها بر تلفات تخم‌های روی تریکوکارت‌ها در مرحله رهاسازی زنبور تریکوگراما برای کنترل بیولوژیک کرم گلوگاه انار انجام نشده است. در سال ۱۳۹۹ در یک باغ انار به وسعت دو هکتار واقع در روستای حوض سرخ از توابع بخش مرکزی شهرستان تربت حیدریه آزمایشی بصورت فاکتوریل دو عاملی، هر عامل در دو سطح در پایه طرح کاملا تصادفی با پنج تکرار انجام شد. طی شش نوبت رهاسازی زنبور تریکوگراما در باغ مورد مطالعه، نمونه‌های بندپایان شکارگر فعال روی تریکوکارت‌ها جمع‌آوری و شناسایی شدند. برای ایجاد تیمارهای دسترسی و یا عدم دسترسی مورچه‌ها به تریکوکارت‌ها، سیم‌های مورد استفاده جهت آویزان کردن کارت‌ها از درخت انار به گریس آغشته می‌شدند (عدم دسترسی) و یا به گریس آغشته نمی‌شدند (دسترسی آزاد). هر دو نوع تریکوکارت (با دسترسی و عدم دسترسی مورچه‌ها) در دو ارتفاع ۸۰ و ۱۵۰ سانتی‌متر از سطح زمین از درختان انار آویزان می‌شدند. تعداد تخم باقی‌مانده روی تریکوکارت‌ها ۲۴ و ۴۸ ساعت پس از نصب تریکوکارت‌ها شمارش می‌شد. در میان شکارگرهای شناسایی شده‌ی فعال روی تریکوکارت‌ها، تنوع گونه‌ای و فراوانی مورچه‌ها بطور قابل ملاحظه‌ای چشمگیرتر از سایر شکارگرها بود. میزان تلفات زنبور تریکوگراما در تریکوکارت‌های آغشته به گریس به‌شکل معنی‌داری کمتر از تریکوکارت‌های بدون گریس بود. بعلاوه، ارتفاع نصب تریکوکارت‌ها نیز بر تلفات تخم‌ها روی تریکوکارت‌ها تأثیرگذار بود. بطوری‌که در ارتفاع بالا در هر دو تیمار آغشته به گریس و بدون گریس در زمان‌های مختلف، میزان تلفات زنبورهای تریکوگراما کمتر بود. میزان تلفات زنبورهای تریکوگراما با گذشت زمان از تاریخ نصب تریکوکارت‌ها افزایش یافت. باتوجه به نتایج این تحقیق، برای حفظ تریکوکارت‌ها از حمله شکارگرها بخصوص مورچه‌ها و تقلیل خسارت ناشی از آن‌ها، لازم است رهاسازی زنبور تریکوگراما بنحوی برنامه‌ریزی گردد که حداکثر خروج زنبورها در بازه زمانی کمتر از ۲۴ ساعت اولیه پس از نصب تریکوکارت‌ها اتفاق افتد و تریکوکارت‌ها با استفاده از سیم‌های فلزی آغشته به گریس و ترجیحا در ارتفاع بالاتر (۱۵۰ سانتی‌متر بالای سطح زمین) نصب شوند.

واژه‌های کلیدی: تریکوکارت، شکارگر، کنترل بیولوژیک، کرم گلوگاه انار، مورچه

مقدمه

کرم گلوگاه انار با نام علمی *Ectomyelois ceratoniae* Zeller (Lep.: Pyralidae) مهمترین آفت انار در مناطق انارکاری ایران است. این آفت در بسیاری از مناطق گرمسیری و نیمه‌گرمسیری دنیا پراکنده بوده و به محصولات دیگری نظیر خرنوب، آکاسیا، اقاقیا، فندق، بادام، گردو، انار، انجیر، پرتقال، گریپ فروت، شاه بلوط، ازگیل ژاپنی، تمبر هندی، خرما، زیتون، سیب، گلابی، به، هلو، زرد آلو، پسته، خرمای خشک، کشمش و انجیر خشک خسارت زیادی وارد می‌کند (Mehrnejad, 1992; Shakeri, 2004).

کرم گلوگاه انار زمستان را به‌صورت لارو در درون انارهای آلوده (روی درخت، پای درخت و درون انبار) و یا دیگر میزبان‌های آلوده می

۱، ۲ و ۳- به‌ترتیب دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، استاد و دانشیار، گروه گیاه پزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران
(*- نویسنده مسئول: Email: sadeghin@um.ac.ir)
https://doi.org/10.22067/jpp.2023.82486.1147

گذارند. لاروها پس از گذراندن آخرین سن لاروی به محل ترکیدگی میوه یا به محوطه گلوگاه و حتی به داخل تاج انار می‌روند و در آنجا شروع به تنیدن تار و ساختن اطاق شفیرگی می‌کنند. شفیره‌ها با توجه به شرایط آب و هوایی منطقه در اوایل اردیبهشت ماه و مصادف با آغاز ظهور گلهای انار، به پروانه تبدیل شده و از تاج انار بیرون می‌آیند (Mehrnejad, 1992). پروانه‌ها در مدت ۲ تا ۴ روز جفت‌گیری کرده و ماده‌ها در تاج انار، در میان پرچم‌های زردرنگ، تخم‌ریزی می‌کنند. هر ماده در حدود ۲۰ تا ۲۵ عدد تخم می‌گذارد که پس از ۸ تا ۱۰ روز تفریخ شده و به لارو تبدیل می‌شوند و لاروها از همان محل وارد میوه می‌شوند. دوره فعالیت لاروی از ۱۸ تا ۳۰ روز است، که لاروها پس از پایان این دوره به گلوگاه انار آمده و به شفیره تبدیل می‌شوند (Mehrnejad, 1992; Shakeri, 2004). دوره شفیرگی بین ۷ تا ۸ روز طول می‌کشد و بدین‌ترتیب از اواسط یا اواخر تیرماه، شب پره‌های نسل اول ظاهر می‌شوند. شب‌پره‌ها بعد از ظهور درون تاج و روی پرچم‌های انار تخم‌ریزی کرده و لاروها بعد از تفریخ از محل تاج وارد میوه می‌شوند. تعداد نسل‌های این آفت بسته به شرایط محیطی متفاوت است چنانکه در شرایط شیراز برای آن ۴ نسل در ماه‌های تیر، مرداد، شهریور و مهر گزارش شده است (Kashkuli & Eghtedar, 1975 ;Sharifi, 1960).

بر اساس گزارش ها بین ۲۰ تا ۸۰ درصد محصول انار در باغ و انبار مورد حمله کرم گلوگاه قرار گرفته و خسارت می‌بینند (Fotouhi *et al*., 2021). کشکولی و اقتدار (Kashkuli & Eghtedar, 1975) میزان آلودگی میوه‌های انار به *E. ceratoniae* در استان فارس را روی واریته‌های مختلف ۵۰-۲۵ درصد ذکر کرده‌اند. رحمانی و همکاران (Rahmai *et al*., 1993) میانگین خسارت این آفت را در منطقه فیض‌آباد در استان خراسان رضوی ۳۶/۶۴ درصد برآورد کردند.

روش‌های مختلفی شامل کنترل شیمیایی، بکارگیری انواع تله نوری، استفاده از تورهای پارچه‌ای، پرچم‌زدائی، کاربرد ترکیبات دورکننده نظیر کائولین فرآوری شده با غلظت ۵ درصد و به فاصله ۲۰ روز طی چهار مرحله، جمع‌آوری و معدوم کردن میوه‌های آلوده در روی درخت وکف باغ، استفاده از ارقام مقاوم و استفاده از زنبورهای تریکوگراما جهت کنترل کرم گلوگاه انار توصیه شده است (Shojaei *et al*., 1987; Mirkarimi, 2000) ولی تاکنون هیچ کدام از این روش‌ها، نتوانسته سبب کاهش قاطع در جمعیت آفت شود. با توجه به اهمیت تولید انار ارگانیک، ضرورت بررسی‌های بیشتر در مورد روش های کنترل غیرشیمیایی آفت، بویژه کنترل بیولوژیک با استفاده از زنبورهای تریکوگراما مورد تأکید است (Fothuhi *et al*., 2021).

شیوه رایج در رهاسازی زنبور تریکوگراما به‌عنوان یک عامل کنترل بیولوژیک کرم گلوگاه انار، استفاده از کارت‌های موسوم به تریکوکارت می‌باشد (Mirkarimi, 2000). در این مطالعه، هر تریکوکارت حاوی ۶۰۰ عدد تخم پارازیت شده بود که در شرایط تحت کنترل نگهداری و در هر نوبت رهاسازی بطور معمول ۳ تا ۴ روز قبل از تفریخ تخم‌ها، برای رهاسازی در اختیار مجری قرار می‌گرفت.

کارایی زنبور تریکوگراما در کنترل بیولوژیک کرم گلوگاه انار تحت تأثیر عوامل مختلفی قرار می‌گیرد. به‌عنوان مثال، ویژگی‌های گیاه میزبان مانند اندازه گیاه میزبان، ظاهر گیاه، تراکم تریکوم، براق و یا واکسی بودن سطح برگ و اندازه آن تراکم و الگوی کرک برگ‌های گیاه میزبان می‌تواند جستجوگری زنبور و پارازیتیسم توسط آن را تحت تأثیر قرار دهد (Knutson, 1998). ویژگی‌های زیستی زنبور تریکوگراما نظیر میزان باروری، نرخ ظهور، نسبت جنسی، طول عمر و ترجیح میزبانی نیز از جمله عوامل مؤثر بر کارایی آن می‌باشد. ارزیابی اثرات دما و رطوبت روی زیست‌شناسی زنبور تریکوگراما نشان داده که درجه حرارت‌های زیر ۱۵ درجه و یا بالاتر از ۳۵ درجه سلسیوس اثرات منفی روی زنده‌مانی و کارایی این زنبورها دارد (Venkatesan & Jalali, 2013). در یک تحقیق اثرات درجه حرارت‌های ثابت و متناوب روی میزان پارازیتیسم زنبور تریکوگراما نشان داد که میزان پارازیتیسم تحت شرایط شبیه‌سازی دماهای فصل‌های تابستان و زمستان در مقایسه با دماهای ثابت پرورش، بیشتر بود (Cônsoli & Parra, 1995). طبق بررسی‌ها، کارایی زنبور تریکوگراما در دماهای بالا کاهش می‌یابد و این کاهش میزان پارازیتیسم در دماهای ۴۰ و ۴۵ درجه سانتی‌گراد عمدتا به علت خشک شدن تخم میزبان می‌باشد (Venkatesan & Jalali, 2013). بعلاوه، بررسی‌ها نشان داده‌اند که بغیر از ویژگی‌های ظاهری گیاه میزبان تراکم تخم میزبان در میزان پارازیتیسم زنبورهای تریکوگراما مؤثر است (Tabone *et al*., 2010). به‌عنوان مثال، رابطه مثبتی بین میزان پارازیتیسم زنبور *Trichogramma ostriniae* و تخم ساقه خوار اروپایی ذرت، *Ostrinia nubilalis* وجود دارد به‌طوری‌که نسبت پارازیتیسم با تراکم تخم‌های میزبان افزایش می‌یابد.

مشاهدات میدانی حاکی است که رهاسازی زنبورهای تریکوگراما تحت تأثیر عوامل مختلف از جمله بندپایان شکارگر تخم‌های پارازیته بر روی تریکوکارت‌ها قرار می‌گیرد. تاکنون، مطالعات انگشت‌شماری تأثیر شکارگرها بر نرخ ظهور زنبور تریکوگراما از تریکوکارت‌ها را در مرحله رهاسازی بررسی کرده‌اند. به‌عنوان مثال، الرشدی و وجله (Al Rouechdi & Voegele, 1981) گزارش کردند که پس از نصب تریکوکارت‌ها بر روی گیاهان به علت پدیده شکارگری تعداد قابل ملاحظه‌ای از زنبورها قبل از تفریخ و ظهور زنبورهای بالغ نابود شدند. همچنین، بنتو و همکاران (Bento *et al*., 1998) و بنتو (Bento, 1999) کاهش کارایی زنبور تریکوگراما (*T. cacoeciae*) را ناشی از فعالیت شکارگرها اعلام کردند. براساس گومز و همکاران (Gomez *et al*., 1998) مورچه‌ها از مهمترین شکارگرهای تخم‌های پارازیت شده بید غلات بوده و بدین‌ترتیب باعث کاهش کارایی کنترل بیولوژیک می‌شوند. سو و همکاران (Suh *et al*., 2000) نیز کارایی

پایین گونه *T. exiguum* در کنترل آفات پنبه را ناشی از فعالیت مورچه‌ها در مورد تخم‌های پارازیت شده طی رهاسازی تریکوگراما اعلام کردند. پریرا و همکاران (Pereira *et al*., 2000) اثرات مخرب شکارگرها روی گونه *T. cacoeciae* عامل بیوکنترل بید زیتون در پرتغال را ارزیابی کرده و گزارش کردند که بالغ بر ۹۹ درصد شکارگرهای تخم‌های پارازیت رهاسازی شده مورچه‌ها هستند. کرگونتیول و همکاران (Kergunteuil *et al*., 2013) در تحقیقی در کشور اروگوئه بر روی کاهش تأثیر مخرب شکارگرها بر نرخ ظهور زنبورهای تریکوگراما از تریکوکارت‌ها، دو گونه مورچه را مسئول تخریب و نابودی تخم‌های پارازیت شده دانسته و با تغییراتی در بسته بندی واحدهای رهاسازی تا حدودی تأثیر مورچه‌ها را کاهش دادند.

با توجه به اینکه تاکنون در ایران هیچ تحقیقی بر روی شناسایی و میزان تأثیر شکارگرهای تخم‌های پارازیت شده در مرحله نصب تریکوکارت‌ها و رهاسازی زنبورها برای کنترل بیولوژیک کرم گلوگاه انار انجام نشده است تحقیق حاضر بر آنست تا ضمن شناسایی شکارگرهای تخم‌های پارازیت شده روی تریکوکارت‌ها در مرحله رهاسازی، میزان تأثیر گروه غالب آنها را بر نرخ ظهور زنبورهای تریکوگراما در مرحله رهاسازی برآورد کند.

مواد و روش‌ها

تحقیق حاضر در یک باغ انار به وسعت دو هکتار در روستای حوض سرخ از توابع بخش مرکزی شهرستان تربت حیدریه در استان خراسان رضوی انجام شد. برای جمع‌آوری شکارگرهای تخم‌های پارازیت شده بر روی تریکوکارت‌ها از اوایل اردیبهشت تا اوایل تیرماه ۱۳۹۹ در هر ده روز یک بار رهاسازی زنبور تریکوگراما، مراحل بالغ و نابالغ شکارگرهای فعال روی تریکوکارت‌های نصب شده روی درخت های انار جمع‌آوری و به آزمایشگاه جهت پرورش و یا شناسایی منتقل می‌شدند. نمونه‌های جمع‌آوری شده با استفاده از منابع در دسترس تا حد امکان شناسایی شدند. تعیین هویت قطعی گونه‌های مورچه که به لحاظ تنوع گونه‌ای و فراوانی گروه غالب شکارها بودند با ارسال نمونه هایی برای پروفسور نیهات اکتاچ (ترکیه دانشگاه تراکیا) انجام شد.

در این مطالعه گونه‌ی *Trichogramma brassicae* Bezdenko به عنوان عامل کنترل بیولوژیک کرم گلوگاه انار استفاده شد که بصورت تریکوکارت از آزمایشگاه کنترل بیولوژیک اداره حفظ نباتات شهرستان مشهد تهیه می‌شد. این زنبور در انستکتاریم اداره حفظ نباتات روی بید غلات [*Sitotroga ceralella* (Olivier)] به عنوان میزبان واسط پرورش می‌یافت. با توجه به تعداد عوامل و سطوح مورد مطالعه، آزمایش به‌صورت فاکتوریل با دو عامل: الف- دسترسی مورچه (در دو سطح دسترسی و عدم دسترسی) و ب- ارتفاع نصب تریکوکارت از سطح زمین (در دو سطح، ارتفاع ۸۰ و ۱۵۰ سانتی‌متر از سطح زمین) بر پایه طرح کاملا تصادفی با ۵ تکرار برای هر تیمار در هر نوبت رهاسازی انجام شد. در هر نوبت رهاسازی زنبور ۶۰ عدد تریکوکارت و در مجموع ۶ نوبت رهاسازی ۳۶۰ تریکوکارت استفاده شد. برای مقایسه اثر مدت در معرض مورچه‌ها بودن بر تلفات تخم‌ها روی تریکوکارت‌ها، تعداد تخم‌های شکارشده از روی تریکوکارت‌ها توسط مورچه‌ها ۲۴ و ۴۸ ساعت پس از نصب تریکوکارت‌ها، با شمارش تعداد تخم‌های باقی‌مانده و بقایای تخم‌های تفریخ شده بر روی هر تریکوکارت مورد ارزیابی قرار گرفت. برای ایجاد شرایط عدم دسترسی مورچه‌ها به تخم‌های پارازیت شده بر روی تریکوکارت‌ها سطح سیم فلزی مورد استفاده برای آویزان کردن تریکوکارت‌ها از شاخه درختان با لایه‌ای از گریس پوشانده می‌شد. در مورد تیمار شاهد (دسترسی آزاد) از گریس استفاده نمی‌شد.

تجزیه و تحلیل آماری

داده‌ها براساس طرح آماری فاکتوریل دو عاملی در پایه کاملا تصادفی با استفاده از نرم‌افزار JMP (Version 4) تجزیه و تحلیل شدند. اختلاف بین میانگین‌ها با آزمون دانکن مقایسه و برای رسم نمودارها از نرم‌افزار اکسل ۲۰۱۳ استفاده شد.

نتایج و بحث

ترکیب گونه‌ای شکارگرهای فعال روی تریکوکارت‌ها

در نمونه‌برداری‌هایی که در فصل زراعی از شکارگرهای فعال روی تریکوکارت‌های نصب شده روی درختان انار در باغ مورد مطالعه انجام گرفت مجموعا ۱۲۵ عدد شکارگر شامل شش گونه مورچه، یک گونه گوش‌خیزک، یک گونه سن (*Geocoris* sp., Geocoridae) و یک گونه عنکبوت بشرح جدول ۱ از روی تریکوکارت‌های نصب شده روی درختان انار مورد مطالعه جمع‌آوری و شناسایی شد. در بین آنها، مورچه‌ها از نظر تنوع گونه‌ای و فراوانی گروه غالب بودند. نمونه‌های مستند در گروه گیاه‌پزشکی دانشگاه فردوسی و تعدادی از مورچه‌ها در مجموعه شخصی پروفسور نیهات اکتاچ (دانشگاه تراکیا، ترکیه) نگهداری می‌شوند.

جدول ۱- ترکیب گونه‌ای و فراوانی شکارگرهای فعال بر روی تریکوکارت‌های نصب شده در باغ انار مورد مطالعه در تربت حیدریه سال ۱۳۹۹

Table 1- Species composition and abundance of active predators found on trichocards installed in the study orchard of pomegranate in Torbat-e-Heydarieh in 2020

ردیف No	شکارگر (راسته/ خانواده) Predator (Order/family)	نام علمی Scientific name	فراوانی Abundance (%)
1	بال‌غشائیان (Formicidae)	*Pheidole pallidula* (Nylander, 1849)	38.4
2	بال‌غشائیان (Formicidae)	*Crematogaster subdentata* (Mayr, 1877)	23.2
3	بال‌غشائیان (Formicidae)	*Tapinoma erraticum* (Latreille, 1798)	16.5
4	بال‌غشائیان (Formicidae)	*Tapinoma karavaievi* (Emery, 1925)	5
5	بال‌غشائیان (Formicidae)	*Lepisiota frauenfeldi* (Mayr, 1855)	4.2
6	بال‌غشائیان (Formicidae)	*Camponotus sanctus* (Forel, 1904)	3.7
7	گوش‌خیزک‌ها (Forficulidae)	*Forficula auricularia* L.	1.7
8	خرطوم مفصلی‌ها (Geocoridae)	*Geocoris* sp.	3
9	عنکبوت‌ها (Araneae)	Not identified	2.4

تأثیر دسترسی مورچه‌ها به تریکوکارت‌ها و ارتفاع نصب بر تلفات زنبورهای تریکوگراما

آنالیز واریانس نشان داد که هر دو عامل (دسترسی و ارتفاع نصب تریکوکارت) بطور معنی‌داری بر تلفات تخم‌ها روی تریکوکارت‌ها توسط مورچه‌ها تأثیر دارند. به‌علاوه، اثر متقابل دو عامل نیز معنی‌دار بود. به‌عبارتی اثر سطوح عامل دسترسی در سطوح عامل ارتفاع نصب یکسان نبود (جدول ۲). در این آزمایش سطح دسترسی مورچه‌ها به تریکوکارت در هر دو ارتفاع نصب میزان تلفات تخم‌ها بر روی تریکوکارت‌ها را افزایش داد. آز آنجایی‌که در آماربرداری‌ها، کارت‌های شمارش شده در ۲۴ و ۴۸ ساعت پس از نصب حذف می‌شدند اثر زمان بر تلفات در این مطالعه قابل مقایسه نبوده و در آنالیز لحاظ نشد.

همان‌طوری‌که در شکل ۱ نشان داده شده است ۲۴ ساعت پس از نصب تریکوکارت‌ها، تلفات تخم‌ها توسط مورچه‌ها بر روی تریکوکارت‌های در دسترس (با میانگین ۳۵±۳۸۳) بیشتر از تریکوکارت‌های با عدم دسترسی مورچه‌ها (با میانگین ۳۵±۷۲/۵) بود. نتایجی مشابه با روند فوق در آماربرداری از تلفات تخم‌ها روی تریکوکارت‌ها ۴۸ ساعت پس از نصب آنها روی درختان انار نیز مشاهده گردید. بطور کلی، این آزمایش نشان داد که صرف نظر از زمان آماربرداری، میزان تلفات تخم‌های روی تریکوکارت‌های با عدم دسترسی آزاد مورچه‌ها (سیم فلزی تریکوکارت به گریس آغشته شده بود) به‌شکل معنی‌داری کمتر از میزان تلفات تخم‌ها روی تریکوکارت‌های با دسترسی آزاد مورچه‌ها (سیم فلزی تریکوکارت بدون گریس) بود (شکل ۱).

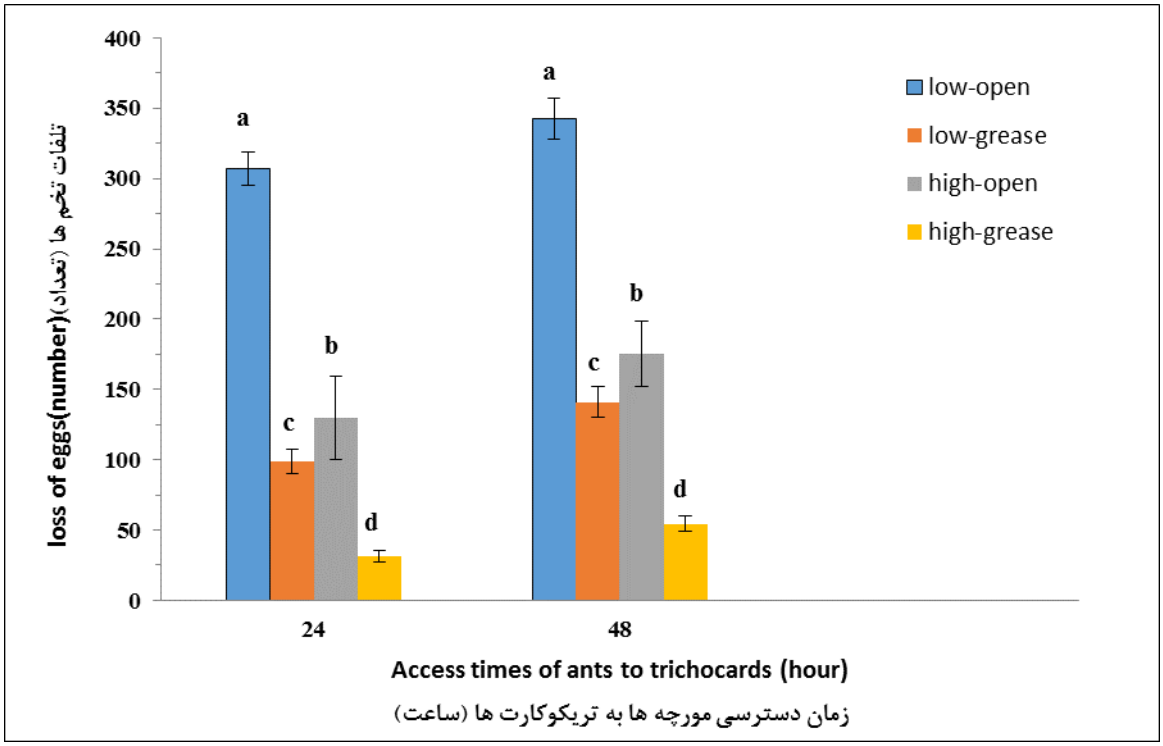
ارتفاع نصب تریکوکارت‌ها بر روی درختان انار بر میزان تلفات تخم‌ها توسط مورچه‌ها بر روی تریکوکارت‌ها تفاوت معنی‌دار داشت. در آماربرداری ۲۴ ساعت پس از نصب تریکوکارت‌ها، میانگین تلفات در شرایط ارتفاع بالا (۳۵/۴±۲۸۷/۴) بیشتر از میانگین تلفات در ارتفاع پائین (۳۴/۵±۱۶۸/۳) بود. همچنین، در آماربرداری از تلفات تخم‌ها بر روی تریکوکارت‌ها، ۴۸ ساعت پس از نصب آنها نیز میانگین تلفات در ارتفاع بالا (۱۱/۷±۲۶۹/۶) بیشتر از میانگین تلفات در ارتفاع پائین (۱۱/۷±۱۷۴/۲) بود.

جدول ۲- خلاصه نتایج تجزیه واریانس تأثیر دسترسی مورچه‌ها و ارتفاع نصب بر تلفات تخم‌ها روی تریکوکارت در یک باغ انار در تربت حیدریه سال ۱۳۹۹

Table 2- Summary of ANOVA results of the effects of accessibility of ants and the height of installation on egg losses in a pomegranate orchard, Torbat-e-Heidarieh 2020

منبع تغییر Source of variation / زمان دسترسی Access time	دسترسی Accessibility	ارتفاع Height	دسترسی * ارتفاع Accessibility * Height
24 h	$F_{df=1}$ = 771.04 ***	$F_{df=1}$ = 113.29 ***	$F_{df=1}$ = 18.06 ***
48 h	$F_{1,16}$ = 205.09 ***	$F_{df=1}$ = 33.11***	$F_{df=1}$ = 131.09 ***

***p<0.0001



شکل ۱- تأثیر دسترسی و عدم دسترسی مورچه‌ها به تریکوکارت‌ها بر تلفات تخم‌های پارازیت شده در زمان‌های مختلف دسترسی مورچه‌ها در باغ انار در روستای حوض سرخ بخش مرکزی تربت حیدریه در سال ۱۳۹۹

Figure 1- Effect of access and lack of access of ants to trichocards on the loss of parasitized eggs at different times of access of ants in a pomegranate orchard in Hoz-e- Sorkh Village, central district of Torbat-e-Heidarieh in 2020.

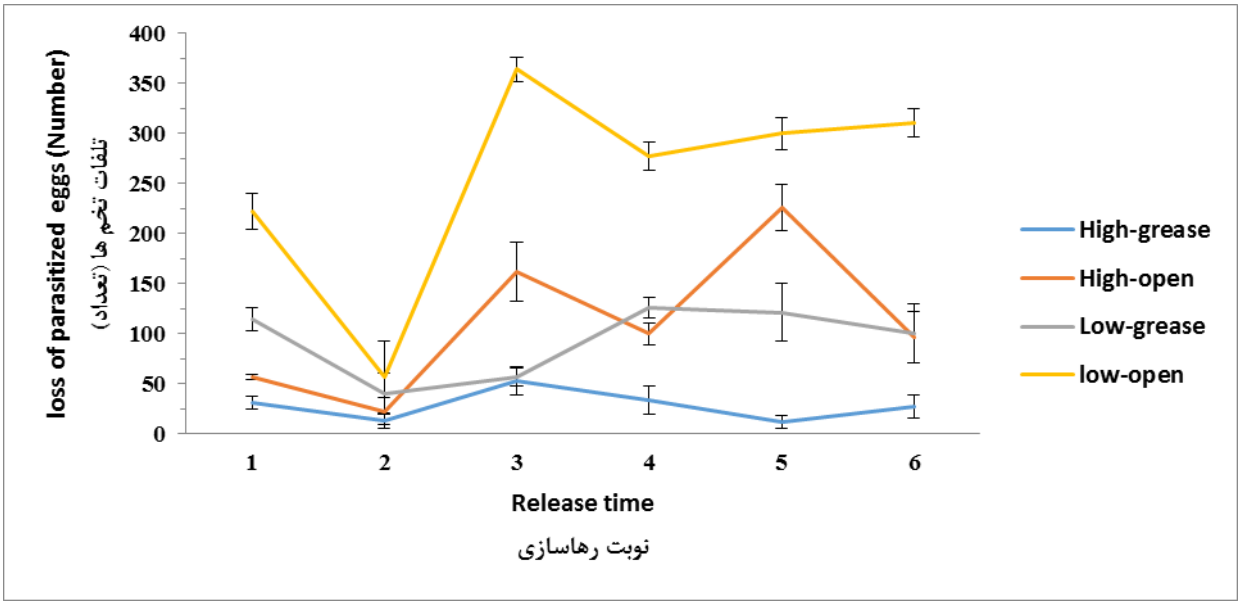
در این آزمایش اثر سطوح عامل دسترسی در سطوح عامل ارتفاع نصب یکسان نبود (جدول ۲). در هر دو نوبت آماربرداری از تلفات تخم‌ها (۲۴ و ۴۸ ساعت) پس از نصب تریکوکارت‌ها، در شرایط دسترسی مورچه‌ها به تریکوکارت‌ها، تلفات تخم‌ها در ارتفاع بالا بیشتر بود. در حالی‌که در شرایط عدم دسترسی تلفات تخم‌ها در ارتفاع پائین بیشتر بود.

تلفات تخم‌های پارازیت شده در نوبت‌های مختلف رهاسازی

روند تلفات زنبور تریکوگراما بعلت شکارگری مورچه‌ها بر روی تخم‌های پارازیت شده، ۲۴ ساعت پس از نصب تریکوکارت‌ها در شش نوبت رهاسازی زنبور تریکوگراما علیه کرم گلوگاه انار در باغ منتخب در روستای حوض سرخ در بخش مرکزی تربت حیدریه در سال ۱۳۹۹ نشان داد که میانگین تلفات تخم‌های روی تریکوکارت‌ها توسط مورچه‌های شکارگر در شرایط ارتفاع پائین و دسترسی آزاد مورچه‌ها در طی شش نوبت رهاسازی زنبور تریکوگراما در باغ انار مورد مطالعه بیشتر از سایر تیمارها بود (شکل ۲). در این مطالعه، کمترین تلفات زنبور بعلت شکارگری مورچه‌ها بر روی تریکوکارت‌ها در تیمار ارتفاع بالا و شرایط عدم دسترسی مورچه‌ها ثبت شد. همانطوری‌که در شکل ۲ مشاهده می‌شود این روند در نوبت‌های بعدی رهاسازی نسبتا ثابت باقی ماند. علت کاهش تلفات تخم‌های پارازیت شده روی تریکوکارت‌ها در نوبت دوم رهاسازی در این مطالعه، احتمالا ناشی از وزش باد و بالطبع فعالیت و فراوانی کمتر مورچه‌ها همزمان با نوبت دوم نصب تریکوکارت‌ها بوده است.

مطالعه حاضر اثرات منفی ناشی از دسترسی شکارگرها بخصوص مورچه‌ها به تریکوکارت‌ها را بر کنترل بیولوژیک کرم گلوگاه انار توسط زنبور تریکوگراما را نشان داد. نتایج مطالعات ما به وضوح نشان داد که مورچه‌ها و سایر شکارگرها درصد قابل توجهی از تخم‌های پارازیت شده توسط زنبور تریکوگراما روی تریکوکارت‌ها را تخریب می‌کنند و بنابراین باعث کاهش جمعیت و بالطبع کاهش کارایی این پارازیتوئید تخم می‌شوند. روند تأثیر منفی شکارگری روی تریکوکارت‌ها در تمام تیمارها با گذشت زمان از تاریخ نصب تریکوکارت‌ها افزایش یافت. میزان تلفات در تریکوکارت‌های تعبیه شده با گریس به‌شکل معنی‌داری کمتر از تریکوکارت‌های بدون گریس بود. در این مطالعه عامل ارتفاع نصب تریکوکارت‌ها نیز تأثیر معنی‌داری در میزان تلفات زنبورهای تریکوگراما نشان داد. بطوری‌که

در ارتفاع بالا در هردو حالت (سیم آویز تریکوکارت آغشته به گریس و بدون گریس) در زمان‌های مختلف، میزان تلفات زنبورهای تریکوگراما کمتر بود. این یافته با نتایج دیگر محققان نظیر گیتا و بلاک ریشنان (Geetha & Balakrishnan, 2011) مطابقت دارد.



شکل ۲- روند تلفات تخم‌های روی تریکوکارت‌ها ٢٤ ساعت پس از نصب تریکوکارت‌ها در نوبت‌های مختلف رهاسازی زنبور تریکوگراما در یک باغ انار در روستای حوض سرخ در بخش مرکزی تربت حیدریه در سال ۱۳۹۹

Figure 2- Trend of egg losses on trichocards after 24 hours of installation in different times of Trichogramma wasps release in a pomegranate orchard located in Hoze Sorkh village, Central district of Torbat-e-Heidarieh in 2020

براساس ارزیابی‌های مطالعه اخیر، پارازیتیسم ناشی از زنبورهای پارازیتوئید رهاسازی شده در مزارع حاصل می‌شود، می‌تواند توسط عوامل مختلف و شکارگرهای عمومی نظیر مورچه‌ها و عنکبوت‌ها مختل و کارایی عوامل کنترل بیولوژیک رهاسازی شده تحت تأثیر قرار گیرد. با توجه به نتایج محدود مطالعات منتشر شده بدون شک مورچه‌ها از عوامل مخرب در برنامه‌های رهاسازی زنبورهای پارازیتوئید علیه آفات بوده و ارزیابی میزان تأثیرگذاری و شناخت گونه های دخیل در این امر در هر منطقه و در هر برنامه کنترل بیولوژی گام مهمی برای یافتن راهکار کاهش این نقش مخرب می‌باشد.

نتیجه‌گیری

باتوجه به نتایج این تحقیق، برای حفظ تریکوکارت‌ها از حمله شکارگرها بخصوص مورچه‌ها و تقلیل خسارت ناشی از آن‌ها، لازم است رهاسازی زنبور تریکوگراما بنحوی برنامه‌ریزی گردد که حداکثر خروج زنبورها در بازه زمانی کمتر از ۲۴ ساعت اولیه پس از نصب تریکوکارت‌ها اتفاق افتد و تریکوکارت‌ها با استفاده از سیم‌های فلزی آغشته شده به گریس و ترجیحا در ارتفاع بالاتر (۱۵۰ سانتی‌متر بالاتر از سطح زمین) نصب شوند.

سپاسگزاری

نگارندگان از کلیه افرادی که در اجرای این پژوهش آنها را یاری کردند بویژه مسئولین محترم اداره حفظ نباتات مشهد، دانشجویان کارورز که در آماربرداری کمک نمودند، آقای پروفسور نیهات اکتاچ که نمونه‌های مورچه‌ها را شناسایی کرد تشکر و قدردانی می‌نمایند. نتایج این مقاله قسمتی از تز کارشناسی ارشد نگارنده اول است که در دانشگاه فردوسی مشهد انجام شد.

References

1. Al Rouechdi, K., & Voegele, J. (1981). Prédation des trichogrammes par les chrysopides. *Agronomie, 1*(3), 187-190.
2. Bento, A. (1999). Contribuica˜o para o estabelecimento de um programa de protecca˜o integrada contra a trac¸a da oliveira, *Prays oleae* (Bern.) em Tra´s-os-Montes. Dissert. Dout. Eng. Agric. UTAD, Vila Real, p. 277.
3. Bento, A., Torres, L., & Lopes, J. (1998). Resultados da utilizaca˜o de *Trichogramma cacoeciae* March. Contra a gerac¸a˜o carpo´faga de Prays oleae (Bern.) em Tra´s-os-Montes. *Revista Cieˆncias Agra´rias*, *21*, 207-211.

4. Cônsoli, F.L., & Parra, J.R.P. (1995). Effects of constant and alternating temperatures on *Trichogramma galloi* Zucchi (Hym., Trichogrammatidae) biology. I. Development and thermal requirements. *Journal of Applied Entomology*, *119*(1-5), 415-418.
5. Fotouhi, K., Goldansaz, S.H., Amir-Maafi, M., Hosseininaveh,V., & Masoudi-Nejad, A. (2021). Population growth model of the carob moth, *Ectomyelois ceratoniae* (Lepidoptera: Pyralidae) under field conditions. *Journal of Entomological Society of Iran*, *41*(1), 1-10.
6. Geetha, N., & Balakrishnan, R. (2011). Temporal and spatial dispersal of laboratory-reared *Trichogramma chilonis* Ishii in open field. *Journal of Entomology*, *8*(2), 164-173. https://doi.org/10.3923/je.2011.164.173
7. Gomez, L.A.L., Lastra, L.A.B., Gutierrez, Y., & De Pulido, C.L. (1998). Survey of ants detrimental to Trichogramma establishment for sugarcane borer control in the Cauca Valley, Colombia. *Mitteilungen Biologischen Bundesanst Land-Forstwirtschaft*, *356*, 35-38.
8. Kashkuli, A., & Eghtedar, A. (1975). The study of pomegranate worm in Fars region. *Applied Entomology and Phytopathology*, *41*, 21-32.
9. Kergunteuil, A., Basso, C., & Pintureau, B. (2013). Impact of two ant species on egg parasitoids released as part of a biological control program. *Journal of Insect Science*, *13*(1), 106. https://doi.org/10.1673/031.013.10601
10. Knutson, A. (1998). The Trichogramma manual. Bulletin/Texas Agricultural Extension Service; no. 6071.
11. Mehrnejad, M.R. (1992). *An investigation on the carob moth, Apomyelois ceratoniae (Zell.), new pest of pistachio nuts in Kerman province*. Master of Science thesis, Tehran University, Iran.
12. Mirkarimi, A. (2000). Biological control of carob moth with mass release of *Trichogramma embryophagum* Hartig for Pomegranate worm control, the *Ectomyelis* (Spectrobates) *ceratoniae* Zell. *Iranian Journal of Agricultural Science*, *31*, 103-110.
13. Pereira, J.A., Bento, A., Cabanas, J.E., Torres, L.M., Herz, A., & Hassan, S.A. (2004). Ants as predators of the egg parasitoid *Trichogramma cacoeciae* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) applied for biological control of the olive moth, *Prays oleae* (Lepidoptera: Plutellidae) in Portugal. *Biocontrol Science and Technology*, *14*(7), 653-664. https://doi.org/10.1080/09583150410001682386
14. Rahmani, M., Reisolsadat, M., & Kelarestani, K. (1993). Evaluation of no-chemical control results in reduction of the population of pomegranate fruit moth. Proceeding of "the 11th Iranian Plant Protection Congress". Guilan University. Rasht. P. 192.
15. Salehnia, N. (2010). A survey on live releasing method of Trichogramma wasp in biological struggle with crob moth with respect to decreasing loss and increasing wasp performance and enhancing work efficiency. In Proceeding of National symposium on Pomegranate, Ferdows, 11 and 12 October 2010, 448-494.
16. Shakeri, M. (1992). First record of Spectrobates ceratoniae attack to fig in Iran. *Journal of Plant Pests and Diseases*, *60*(1&2), 93.
17. Shakeri, M. (2003). *Pomegranate Pests and Diseases*. Tasbih publication, Yazd, 126 pp. (In Persian)
18. Shakeri, M. (2004). A review on investigations on pomegranate neck worm in Iran, pp. 18– In: A proceeding on evaluation of finding and current problems associated with Spectrobates ceratoniae management in pomegranate. Ministry of Jihad-e-Agricultrue, Organization of Research and Education, Yazd Agriculture and Natural Resources Research Center, Iran.
19. Sharifi, S. (1960). Crob moth. Bulletin of Gihad-e-Daneshgahi, Fars province. No. 25, p.16.
20. Shojaei, M., Esmaeili, M., & Najafi, M. (1987). The preliminary studies on pomegranate fruit moth and its integrated control. Proceeding of the 1st study of pomegranate problems in Iran Seminar. Agricultural Faculty of Tehran University, Karaj, P: 149-153. (In Persian)
21. Suh, C.P.-C., Orr, D.B., & Van Duyn, V. (2000). Trichogramma releases in North Carolina cotton: why release fail to suppress Heliothine pests. *Journal of Economic Entomology*, *93*(4), 1137-1145. https://doi.org/10.1603/0022-0493-93.4.1137
22. Tabone, E., Bardon, C., Desneux, N., & Wajnberg, E. (2010). Parasitism of different *Trichogramma* species and strains on *Plutella xylostella* L. on greenhouse cauliflower. *Journal of Pest Science*, *83*(3), 251-256. https://doi.org/10.1007/s10340-010-0292-7
23. Venkatesan, T., & Jalali, S.K. (2013). Trichogrammatids: adaptation to stresses. In *Biological Control of Insect Pests Using Egg Parasitoids* (pp. 105-125). Springer, New Delhi.
24. Yusefi, M., & Salehi, L. (2002). Investigation on the efficiency of two species of Trichoramma wasps, *Tricogramma embryophagum* and *T. brassicae* in controlling the carob moth. The proceeding of 16th Iranian Plant Protection Congress. Tabriz University, September 2002. Pp. 43-44.

Journal of Iranian Plant Protection Research

https://jpp.um.ac.ir

Research Article
Vol. 38, No. 1, Spring 2024, p. 11-22

Investigation on the Efficacy of Trifloxystrobin+Fluopyram (Luna Sensation® 500SC) Fungicide in Apple Scab Control Caused by *Venturia inaequalis*

H. Khabbaz Jolfaee[1], H. Azimi[1], H. Rabbani Nasab[2*], K. Keshavarz[3]

1- Assistant Professor, Iranian Research Institute of Plant Protection, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran
2- Associate Professor of Plant Protection Department, Agricultural and Natural Resources Research and Education Center of Golestan, AREEO, Gorgan, Iran
(*- Corresponding Author Email: h.rabbani@areeo.ac.ir)
3- Assistant Professor of Plant Protection Department, Agricultural and Natural Resources Research and Education Center of Kokyluye and Boyer Ahmad, Kokyluye and Boyer Ahmad, Iran

Received: 18-07-2023
Revised: 16-03-2024
Accepted: 02-04-2024
Available Online: 09-06-2024

How to cite this article:
Khabbaz Jolfaee, H., Azimi, H., Rabbani nasab, H., & Keshavarz, K. (2024). Investigation on the efficacy of Trifloxystrobin+fluopyram (Luna Sensation® 500SC) fungicide in apple scab control caused by *Venturia inaequalis*. *Journal of Iranian Plant Protection Research, 38*(1), 11-22. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22067/jpp.2024.79796.1156

Introduction

Scab disease of apple caused by *Venturia inaequalis* is one of the most important diseases of apple in the world and Iran. Especially in areas with wet and cold weather its damage reach more than 70%. Apple scab results in symptoms on most upper plant parts, notably leaves and fruit. Petioles, flowers, sepals, pedicels, young shoots, and bud scales can also become infected. Apple scab infections are initiated in early spring on emerging and young leaves. The Mills table relates leaf wetness duration and temperature to determine the likelihood that conidial infection will occur. For example, at an average temperature of 18°C (65°F), light infection will result if leaves remain wet for 9 h. Lesions can produce conidia after 9 days if the temperature averages 18°C (65°F), but not until 17 days if the temperatures are lower, averaging only 8°C (49°F).

Materials and Methods

The experiment was conducted in apple orchards located in Yasuj, Bojnourd and Karaj which had a history of apple scab. The experimental design was a randomized complete block design (RCBD) with 8 treatments and 4 replications. The control treatments included plots without any spraying and plots sprayed with water. The remaining treatments involved the application of specific treatments at three different stages. The first spraying was done at swelling of leaf buds time, the second spraying after fall leaves, and the third spraying 14 days after the second spray. 30 days after observing the first symptoms of the disease in the controls, samples were taken from the leaves and fruits to evaluate the percentage of the disease density and severity of the disease. The data obtained for disease incidence and severity were analyzed using statistical software, such as SAS, and the means of these traits were compared using Duncan's multiple range test at a significance level of one percent. This test helps determine significant differences between the treatment means.

©2024 The author(s). This is an open access article distributed under Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0), which permits use, sharing, adaptation, distribution and reproduction in any medium or format, as long as you give appropriate credit to the original author(s) and the source.
https://doi.org/10.22067/jpp.2024.79796.1156

Results and Discution

The analysis of variance conducted on the data obtained from the evaluation of treated trees revealed a statistically significant effect of the treatments on reducing the percentage of disease severity and disease incidence. Result showed that, there are significant differences between treatments and controls in all three provinces (P = 5%). Mean comparisons of the treatments showed that, all fungicides caused a significant decrease in the severity and incidence of disease infection percent compared to controls. The results of three provinces showed that new fungicide Luna Sensation 500® SC 0.4 and 0.6 ml L^{-1} and Flint® 50% WG 0.2 ml L^{-1} during three times spraying is very effective on controlling of apple scab. In Kohghiloyeh and Boyerahmad, 0.4 and 0.6 ml L^{-1} of Luna Sensation had the best efficiency compared to other treatments. The severity of disease was lower than control about 96 percent in leaves and 98 percent in fruits. Also, incidence of disease in fruit and leaf of these treatments were lower than the other treatments. In North Khorasan province Flint 0.2 ml L^{-1} and Luna Sensation 0.4 compared to other treatments was more effective in controlling the disease severity and approximately 75 percent compared to controls reduced disease severity on fruits. Also on leaves Luna Sensation 0.4 were effective approximately 80 percent. In terms of disease control on fruit, there were no significant differences between all fungicide treatments except benomyl. Disease incidence on the leaves treated with all three concentrations of Luna Sensation and 0.2 ml L^{-1} Flint was lower than other treatments. In Alborze province, Luna Sensation 0.4 and 0.6 ml L^{-1} and Flint 0.2 ml L^{-1} had the best efficacy and nearly 100 percent decrease severity and incidence of disease in leaves in compared with controls. The results of three provinces showed that new fungicide Luna Sensation 500® SC 0.4 and 0.6 ml L^{-1} and Flint® 50% WG 0.2 ml L^{-1} during three times spraying is very effective on controlling of apple scab. Also, the results showed that Luna Sensation fungicide can control apple scab disease on Golden Delicious and Red Delicious and The type of cultivar has no effect on the efficacy of the fungicide. Results show that Luna Sensation 500® SC 0.4 is an effective fungicide to control apple scab and can be used in apple orchards as a part of integrated pest management program. The management of apple scab disease in the world usually requires multiple sprayings, from the greening stage of the branches to harvest. Since *V. inaequalis* has a high risk of developing resistance to fungicides, the alternating use of effective fungicides from different groups and with different mechanisms of action or the use of fungicides with multiple mechanisms of action in disease management programs are necessary to prevent resistance. The new fungicide Lunasenish® SC 500, which is composed of 21.4% trifloxystrobin, 21.4% flupiram and 57.2% related substances, is a systemic fungicide with a wide range of effects.

Keywords: Chemical control, Disease, Pesticide, Pome fruits, Resistance

نشریه پژوهش‌های حفاظت گیاهان ایران
https://jpp.um.ac.ir

مقاله پژوهشی
جلد ۳۸ شماره ۱، بهار ۱۴۰۳، ص. ۲۲-۱۱

بررسی کارآیی قارچ‌کش تری فلوکسی استروبین + فلوپیرام (لونا سنسیشن ® 500SC) در کنترل بیماری لکه سیاه سیب با عامل *Venturia inaequalis*

حسین خباز جلفایی[۱]- حسین عظیمی[۱]- حجت اله ربانی نسب[۲*]- کاووس کشاورز[۳]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۴/۲۷
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۱/۱۴

چکیده

بیماری لکه سیاه با عامل *Venturia inaequalis* (Cooke) Winter، یکی از مهمترین بیماری‌های سیب در دنیا می‌باشد که به‌ویژه در مناطق دارای آب و هوای مرطوب و سرد خسارت آن به بیش از ۷۰ درصد نیز می‌رسد. در بررسی حاضر کارایی قارچ‌کش تری فلوکسی استروبین + فلوپیرام (لوناسنسیشن® 500SC) در مقایسه با قارچ‌کش‌های تری فلوکسی استروبین (فلینت®۵۰٪ WG)، بنومیل (بنلیت® ۵۰٪ WP) و کاپتان (کاپتان® ۵۰٪ WP) برای کنترل لکه سیاه سیب مورد بررسی قرار گرفت. آزمایش در استان‌های البرز، خراسان شمالی و کهگیلویه و بویر احمد در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۸ تیمار و هر تیمار در ۴ تکرار اجرا شد. تیمارها شامل فلینت® WG 50% با دوز ۰/۲ در هزار، بنلیت® WG 50% با دوز ۰/۵ در هزار، لوناسنسیشن SC 500 با دوز ۰/۲، ۰/۴ و ۰/۶ در هزار، کاپتان® WG 50% با دوز ۳ در هزار بودند. حدود۳۰ روز پس از مشاهده اولین علائم بیماری در تیمارهای شاهد، درصد وقوع بیماری و شدت بیماری در برنامه آماری SAS مورد تجزیه واریانس قرار گرفتند. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که همه تیمارهای قارچ‌کش با شاهد در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری داشتند. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که همه‌ی قارچ‌کش‌ها نسبت به شاهد قادر بودند کاهش معنی‌داری را از نظر درصد وقوع و شدت آلودگی ایجاد نمایند. نتایج حاصل از سه استان نشان داد که قارچ‌کش جدید لوناسنسیشن®SC 500 با دوز ۰/۴ و ۰/۶ در هزار و فلینت® WG 50% با دوز ۰/۲ در هزار طی سه نوبت سم‌پاشی از کارایی بالایی در کنترل بیماری لکه سیاه سیب برخوردار هستند.

واژه‌های کلیدی: اسکب، بیماری، دانه‌دارها، کنترل شیمیایی، مقاومت

مقدمه

در سال ۱۴۰۰ بیشترین میزان تولید از بین محصولات باغبانی مربوط به سیب با تولید حدود ۴ میلیون تن و سهم ۱۸ درصد از کل میزان تولید محصولات باغبانی بوده که استان‌های آذربایجان غربی با سهم ۲۵/۸ درصدی، آذربایجان شرقی با سهم ۱۹ درصدی، فارس با سهم ۱۰/۶ درصدی، تهران با سهم ۷/۱ درصدی و اصفهان با سهم ۶/۱ درصدی در رتبه‌های اول تا پنجم تولیدکنندگان سیب کشور قرار داشته‌اند. این پنج استان جمعاً در حدود ۶۸/۶ درصد از کل تولید سیب کشور در این سال را تأمین نموده‌اند (Anonymus, 2022). بیماری لکه سیاه، یکی از مهمترین بیماری‌های سیب در دنیا است (Villani *et al.*, 2015). خسارت این بیماری بخصوص در مناطق دارای آب و هوای مرطوب و سرد تا بیش از ۷۰ درصد نیز می‌رسد (Jamar *et al.*, 2007). بیماری لکه سیاه سیب در دنیا اولین بار از سوئد توسط

۱- استادیار پژوهش، مؤسسه تحقیقات گیاه‌پزشکی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران
۲- دانشیار پژوهش، بخش تحقیقات گیاه‌پزشکی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی گلستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، گرگان، ایران
(*- نویسنده مسئول: Email: h.rabbani@areeo.ac.ir)
۳- استادیار پژوهش، بخش تحقیقات گیاه‌پزشکی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی کهکیلویه و بویر احمد، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کهکیلویه و بویراحمد، ایران
https://doi.org/10.22067/jpp.2024.79796.1156

فریز[1] در سال ۱۸۱۹ و در ایران در سال ۱۳۲۵ توسط اسفندیاری گزارش شده است (Behdad, 1990). قارچ عامل این بیماری *Venturia inaequalis* (Cooke) Winter می‌باشد که به‌دنبال آلودگی میوه، گل و ساقه باعث ریزش برگ‌ها، کاهش رشد گیاه و در نتیجه کاهش محصول می‌شود. درختان مبتلا به لکه سیاه سیب نسبت به سرما و خسارت ناشی از آن حساسیت بیشتری دارند (Biggs, 1990). میوه و تمام بافت‌های سبز گیاه به این بیماری حساس هستند و در تمام فصل رشد، از آلودگی نوک سبزی جوانه‌ها تا ریزش برگ‌ها، رخ می‌دهد (Alaniz, 2014). به‌دلیل بروز لکه‌های چوب پنبه‌ای قهوه‌ای رنگ روی محصول، کیفیت و بازارپسندی آن نیز به شدت کاهش می‌یابد. گستردگی و خسارت بالای این بیماری مدیریت شیمیایی آن را اجتناب‌ناپذیر می‌کند. قارچ بیمارگر به شکل پریتسیوم‌های دروغین اولیه در برگ‌ها و میوه‌های آلودهٔ افتاده در پای درخت، زمستان‌گذرانی می‌کند. در بعضی از مناطق و نیز برخی از ارقام، عامل بیماری می‌تواند به‌صورت میسلیوم داخل جوانه‌ها و یا شاخه‌های جوان نیز زمستان‌گذرانی کند (Percival & Haynes, 2009). با مرطوب شدن برگ‌های ریخته شده در پای درخت، آسک های رسیده با جذب رطوبت متورم شده و آسکوسپورهای درون خود را با فشار به خارج می‌فرستند. آسکوسپورها توسط باد روی اندام‌های تازه روییده منتقل شده و آلودگی اولیه را ایجاد می‌کنند. نقطهٔ اوج خروج آسکوسپورها به‌طور معمول مصادف با مرحلهٔ تورم جوانه‌های گل تا مرحلهٔ کامل گلدهی است. قارچ بعد از نفوذ در کوتیکول منشعب شده و درنتیجه بعد از ۹ تا ۱۷ روز از زمان آلودگی، روی برگ ها لکه ایجاد می‌شود. لکه‌های تشکیل شده روی برگ و میوه مهم ترین علائم این بیماری می‌باشند. بر این اساس لازم است درختان از زمان شکفتن جوانه تا تخلیه کامل آسکوسپورهای پریتیسوم‌های دروغین، بعد از بارش باران، با قارچ‌کش‌های مؤثر به خوبی سم‌پاشی شوند. اگر این سم‌پاشی‌ها دقیق انجام شود به احتمال زیاد، دیگر آلودگی‌های ثانویه که از کنیدیوم‌ها منشاء می‌گیرند، روی نمی‌دهد (Ashkan, 2006). در برخی از کشورها که رطوبت هوا در بهار و تابستان زیاد است، از زمان شکفتن جوانه تا ریزش کامل گلبرگ‌ها هر ۵ تا ۷ روز یک بار درختان سم‌پاشی می‌شوند و بعد از این مرحله نیز چند مرتبه هر ۱۰ تا ۱۴ روز سم‌پاشی تکرار می‌گردد (Anonymous, 2001). معمولاً در شرایط کشور ما ۳ تا ۴ بار سم‌پاشی (در زمان شکفتن جوانه‌ها و ۱۰ تا ۱۴ روز بعد از آن و در پایان دوره گل‌دهی و۱۴ روز بعد از آن) می‌تواند بیماری را کنترل کند (Ashkan, 2006) البته چنانچه در مواقع ذکر شده بارندگی کم باشد، دفعات سم‌پاشی نیز کاهش می‌یابد.

قارچ‌کش‌های متعددی در دنیا برای کنترل *V. inaequalis* معرفی شده و مورد استفاده هستند. مانکوزب، دودین، قارچ‌کش‌های مهار کننده دمتیلاسیون مثل فناریمول، دیفنکونازول، استروبیلورین‌ها، قارچ‌کش‌های پیریمتانیل (Köller *et al*., 1999) ترکیبات مسی و گوگردی (Bengtsson *et al*., 2006)، نمک‌های بیکربنات شامل سدیم، آمونیوم، پتاسیم و فسفات پتاسیم (Jamar *et al*., 2007). قارچ‌کش‌های دیتیانون و کاپتان (Holb, 2008)، پنکونازول (Percival & Haynes, 2009)، قارچ‌کش‌های‌تری فلوکسی استروبین و کرزوکسیم متیل (Wood *et*Jelica & Tatjana, 2003 ; *al*., 2008) از جمله قارچ‌کش‌هایی هستند که برای کنترل لکه سیاه در دنیا توصیه شده‌اند. سویه‌های مختلف *Venturia* spp. از جمله بیمارگرهای با ریسک بالای بروز مقاومت به انواع قارچ‌کش‌ها هستند و نسبت به بسیاری از بیمارگرهای دیگر سریع‌تر به قارچ‌کش‌ها مقاوم می‌شوند (Anonymous, 2009). بروز مقاومت در قارچ‌های بیمارگر به قارچ‌کش‌ها یکی از مهم‌ترین محدودیت‌های مصرف قارچ‌کش‌ها می‌باشد، زیرا در این صورت علی‌رغم مصرف قارچ‌کش و متحمل شدن عوارض ناشی از آن و صرف هزینه، کنترل بیماری حاصل نمی شود. مقاومت *V. inaequalis* به قارچ‌کش‌های مختلف تقریباً از تمام دنیا گزارش شده است. از جمله به مقاومت به دودین (Köller *et al*., ; Broniarek-Niemiec & Bielenin, 2008; McHardy, 1999 1996; Szkolnik & Gilpatrick, 1969)، بنزیمیدازول (Koenraadt *et al*.,1992)، مهارکننده‌های دمتیلاسیون (Sholberg Köller *et al*.,1997;& Haag, 1993) و قارچ‌کش‌های جدیدتر مثل استروبیلورین‌ها (Fontaine *et al*., Olaya & Koller, ;1999 2009; Sallato & Latorre, 2006) و آنیلینوپیریمیدین‌ها (Küng *et al*.,1999) و قارچ‌کش‌های QOI (Alaniz, 2014) در این گزارش‌ها اشاره شده است. قارچ‌کش‌های مهار کننده دمتیلاسیون (DMI) قارچ کش‌های محافظتی و درمان کننده با محل اثر اختصاصی هستند که علیه *V. inaequalis* از کارایی بالایی برخوردار می‌باشند. طی یک بررسی در سال ۲۰۱۵ در انگلیس، ۶۳ درصد از باغ‌های مورد مطالعه به مایکلوبوتانیل که یک قارچ‌کش متعلق به گروه DMI است مقاومت نسبی داشتند و حساسیت ۱۳ درصد از مناطق هم کاهش یافته بود. در مقابل تنها در یک باغ از ۳۷ باغ مورد بررسی حساسیت به دیفنوکنازول که یک قارچ‌کش جدید از همین گروه است کاهش داشت (Villani *et al*., 2015).

در ایران نیز کاپتان، بنومیل و دودین اولین قارچ‌کش‌هایی هستند که از دهه ۴۰ و۵۰ برای کنترل بیماری لکه سیاه سیب در کشور به ثبت رسیده و مصرف می‌شوند (Ashkan & Assadi, 1980 ; Khabbaz & Azimi, 2011) در سال‌های بعد براساس نیاز، قارچ کش‌های بیترتانول، نواریمول، کرزوکسیم متیل، تری فلوکسی استروبین و تیرام برای کنترل این بیماری در کشور به ثبت رسیده‌اند (Khabbaz & Azimi, 2011). عظیمی و همکاران نیز در سال‌های

1- Fries

اخیر قارچ‌کش تری‌فلوکسی استروبین + تبوکونازول (ناتیوو®WG٪۷۵) از گروه شیمیایی Qoi را در کنترل لکه سیاه سیب مؤثر گزارش کرده‌اند (Azimi *et al.*, 2016). با توجه به اینکه قارچ کش‌ها از ابزارهای اصلی در مدیریت این بیماری هستند استفاده بهینه از آن‌ها در کاهش خسارت اقتصادی ضروری است. دسترسی به قارچ-کش‌های مؤثر از گروه‌های شیمیایی متنوع ضمن کمک به باغداران در اجتناب از خسارت اقتصادی، امکان مدیریت بیماری را بدون بروز جمعیت‌های مقاوم بیمارگر و نیز تولید محصولات سالم‌تر فراهم می-نماید. لوناسنسیشن با ماده مؤثره تری فلوکسی استروبین و فلوپیرام، قارچ‌کش جدیدی است که در بررسی حاضر کارایی آن در کنترل لکه سیاه سیب مورد ارزیابی قرار گرفته است. فلوپیرام یک قارچ‌کش با طیف وسیع، محافظتی، سیستمیک و درمان کننده از خانواده succinate dehydrogenase inhibitor (SDHI) می‌باشد. این قارچ‌کش همانند تری فلوکسی استروبین روی زنجیره تنفسی اثر می‌گذارد ولی محل اثر آن‌ها در زنجیره تنفسی متفاوت است. ریسک مقاومت به این قارچ‌کش متوسط و معمولاً بعد از ۵ سال مصرف، مقاومت به آن بروز کرده است. این قارچ‌کش در سال ۲۰۱۲ در آژانس بین‌المللی حفاظت از محیط‌زیست [1] (EPA) ثبت شده است و تا سال ۲۰۱۵ تقریباً هیچ موردی از مقاومت به آن در دنیا گزارش نشده است (Anonymous, 2012). از آنجا که فلوپیرام با تری فلوکسی استروبین اثر سینرژیستی دارد، استفاده از ترکیب این دو قارچ‌کش می‌تواند کارایی بهتری در کنترل بیماری داشته باشد. از طرف دیگر ریسک بروز مقاومت نیز نسبت به مصرف انفرادی هر یک از آن‌ها کاهش می‌یابد. در بررسی حاضر کارایی قارچ‌کش جدید تری فلوکسی استروبین + فلوپیرام (لوناسنسیشن® 500SC) محصول شرکت بایر پارسیان در مقایسه با قارچ‌کش‌های تری فلوکسی استروبین (فلینت®٪۵۰ WG)، بنومیل (بنلیت® ٪۵۰ WP) و کاپتان (کاپتان® ٪۵۰ WP) در کنترل بیماری لکه سیاه سیب مورد ارزیابی قرار گرفته است.

مواد و روش‌ها

آزمایش در استان‌های البرز، خراسان شمالی و کهگیلویه و بویر احمد اجرا شد. در هر استان مذکور یک باغ سیب دارای سابقه بیماری لکه سیاه انتخاب گردید. ارقام سیب در استان البرز، رد دلیشز و در استان‌های خراسان شمالی و کهگیلویه و بویر احمد، گلدن دلیشز بود. آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۸ تیمار (جدول ۱) و هر تیمار شامل ۴ تکرار انجام شد.

در این بررسی هر تکرار شامل ۲ درخت سیب ۵ ساله بود. بین درختان مورد آزمایش ۲ درخت بدون تیمار جهت اجتناب از تأثیر تیمارها روی هم در نظر گرفته شد. تیمارها در استان‌های خراسان شمالی و کهگیلویه و بویراحمد با سم‌پاش موتوری لانس دار و در استان البرز با سم‌پاش ۱۰۰ لیتری فرقونی در سه نوبت به شرح زیر اعمال شد. نوبت اول در مرحله تورم جوانه‌های برگی ، نوبت دوم در مرحله ریزش گلبرگ‌ها و نوبت سوم ۱۴ روز بعد از سم‌پاشی دوم انجام شد. ۳۰ روز پس از مشاهده اولین علائم بیماری در تیمارهای شاهد، از برگ‌ها و میوه‌ها برای ارزیابی درصد وقوع بیماری و شدت بیماری نمونه‌برداری شد.

تعیین درصد وقوع بیماری

برای این منظور از درخت‌های هر کرت به‌طور تصادفی ۱۰۰ برگ و ۳۰ میوه چیده و در کیسه‌های فریزر مجزا به آزمایشگاه منتقل شد. در آزمایشگاه نمونه‌ها براساس تعداد برگ‌ها و میوه‌های دارای علائم و فاقد علائم بیماری لکه سیاه مشخص و طبق فرمول زیر درصد وقوع بیماری در آن‌ها محاسبه شد:

$$PDI = (nd/N) \times 100$$

PDI [2]: درصد وقوع بیماری در برگ‌ها، n_d: تعداد برگ‌های دارای علائم بیماری، N: تعداد کل برگ‌های شمارش شده

تعیین درصد شدت بیماری

برای تعیین درصد شدت بیماری روی برگ‌ها، ۱۰۰ برگ و ۳۰ میوه از درخت‌های هر کرت جدا و به آزمایشگاه منتقل شد. علائم روی هر برگ یا میوه، براساس درصد تخمینی پوشش لکه روی سطح برگ از صفر تا ۷ براساس درجه‌بندی کروگسال و همکاران (Croxall *et al.*, 1952a) به شرح زیر درجه‌بندی شد.

درجه ۰: بدون علامت، درجه یک: صفر تا ۱ درصد، درجه ۲: ۱ تا ۵ درصد، درجه ۳: ۵ تا ۱۰ درصد، درجه ۴: ۱۰ تا ۲۵ درصد، درجه ۵: ۲۵ تا ۵۰ درصد، درجه ۶: ۵۰ تا ۷۵ درصد، درجه ۷: ۷۵ تا ۱۰۰ درصد.

برای تعیین درصد شدت بیماری روی میوه‌ها،۳۰ عدد میوه از چهار جهت اصلی هر درخت به‌تصادف چیده و به آزمایشگاه منتقل شد. سپس با بررسی مساحت پیرامونی هر میوه و براساس نسبت سطح واجد علائم بیماری به کل سطح میوه و با استفاده از الگوی مارش [3] به هر کدام از میوه‌ها یکی از نمره‌های صفر (عدم مشاهده آلودگی) و یا ۰/۲۵، ۰/۵، ۱، ۱/۵، ۲/۵، ۳/۵ و ۵ داده شد (Croxall *et al.*, 1952b) (شکل ۱).

1- Environmental Protection Agency (EPA)

2- Percent Disease Incidenc

3- Marsh

جدول ۱- تیمارهای آزمایش در بررسی کارایی قارچ‌کش‌های مورد مطالعه برای کنترل بیماری لکه سیاه سیب

Table 1- Experimental treatments in evaluating the effectiveness of studied fungicides for the control of apple scab

کد تیمار Treatment code	تیمارهای آزمایشی Experimental treatments	نام عمومی قارچ‌کش Common name of fungicide	میزان مصرف Consumption rate
T1	فلینت® WG50%	تریفلوکسیاستروبین	۰/۲ درهزار
	Flint WG50%	Trifloxystrobin	0.2 ml L^{-1}
T2	بنلات® WP 50 %	بنومیل	۰/۵ در هزار
	Benlate® WP 50%)	Benomyl	0.5 ml L^{-1}
T3	لونا سنسیشن® SC 500	تریفلوکسیاستروبین + فلوپیرام	۰/۲ درهزار
	Luna Sensation® SC 500	Trifloxystrobin + fluopyram	0.2 ml L^{-1}
T4	لونا سنسیشن® SC 500	تریفلوکسیاستروبین	۰/۴ در هزار
	Luna Sensation® SC 500	Trifloxystrobin + fluopyram	0.4 ml L^{-1}
T5	لونا سنسیشن® SC 500	تریفلوکسیاستروبین	۰/۶ در هزار
	Luna Sensation® SC 500	Trifloxystrobin + fluopyram	0.6 ml L^{-1}
T6	کاپتان ® WP50%	کاپتان	۳ در هزار
	Captan®WP50%	Captan	3ml L^{-1}
T7	شاهد۱ با آب‌پاشی	–	–
	Control 1: with spraying		
T8	شاهد۲ بدون آب‌پاشی	–	–
	Control 2: without spraying		

سپس با استفاده از فرمول زیر درصد شدت بیماری تعیین شد.

$$PDS = \Sigma (n_i \times v_i) / V \times N \times 100$$

در این فرمول PDS[1] : درصد شدت بیماری، n_i : تعداد نمونه‌های با درجه آلودگی مشابه، v_i: درجه بیماری مربوط به هر نمونه، N: تعداد کل نمونه مربوط به هر تکرار، V: حداکثر درجه آلودگی

ارزیابی کارایی قارچکش ها:

میزان کارایی با فرمول $E^{2}=100-((Tm\times100)/Cm))$ محاسبه شد. در این فرمول E: میزان اثربخشی، Tm: میانگین شدت بیماری در تیمار و Cm: میانگین شدت بیماری در تیمار بدون آب‌پاشی است.

تجزیه واریانس و مقایسه میانگین‌ها

پس از محاسبه میزان درصد وقوع بیماری و نیز درصد شدت بیماری لکه سیاه برای هر کرت مقادیر مربوطه در برنامه آماری SAS تجزیه واریانس شدند و با توجه به معنی‌دار بودن اختلاف تیمارها، میانگین تیمارها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد مورد مقایسه قرار گرفتند.

نتایج

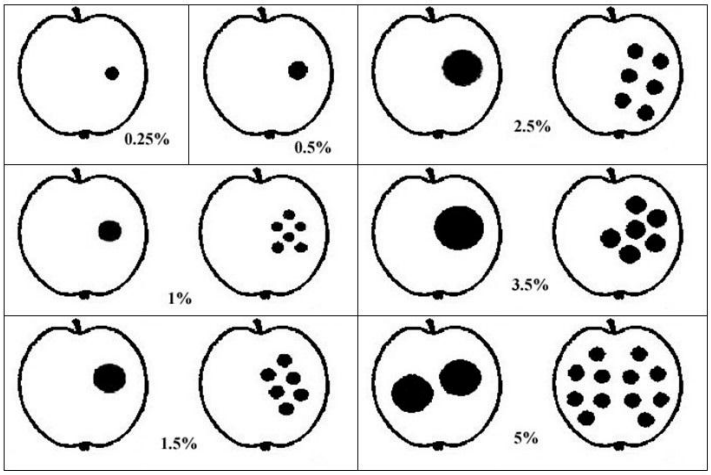
نتایج تجزیه واریانس داده‌های حاصل از ارزیابی برگ‌های درختان تیمار شده در هر سه استان کهگیلویه و بویراحمد، خراسان شمالی و البرز نشان می‌دهد که اثر تیمارها بر کاهش درصد شدت بیماری و وقوع بیماری در مقایسه با تیمارهای شاهد معنی‌دار است (جداول ۲ و ۳). تجزیه واریانس داده‌های حاصل از ارزیابی میوه‌های درختان تیمار شده در کهگیلویه و بویراحمد، خراسان شمالی نشان داد که تیمارها بر کاهش درصد شدت بیماری و وقوع بیماری در مقایسه با تیمارهای شاهد اثرمعنی‌دار داشتند (جداول ۲ و ۳). نتایج تجزیه واریانس داده های حاصل از ارزیابی درختان تیمار شده در استان البرز نشان داد که اثر تیمارها بر کاهش درصد شدت بیماری و وقوع بیماری روی برگ‌ها در مقایسه با تیمارهای شاهد در سطح ۵ درصد معنی‌دار است (جدول ۲). در این منطقه به دلیل ریزش اکثر گل‌های تشکیل شده در اثر سرمای دیررس بهاره در منطقه و تشکیل میوه به تعداد بسیار کم، امکان ارزیابی بیماری روی میوه میسر نشد.

در کهکیلویه و بویر احمد مقایسه میانگین درصد شدت و وقوع بیماری در تیمارها نشان داد که کمترین میزان شدت بیماری بدون اختلاف معنی‌دار آماری با یکدیگر در برگ درختان تیمار شده با قارچ‌کش لوناسنسیشن در هر سه مقدار ۰/۲، ۰/۴ و ۰/۶ رخ داد. تیمارهای کاپتان ۳ در هزار و بنومیل ۰/۵ در هزار از نظر کاهش میزان شدت بیماری در گروه پایین قرار گرفتند. با این وجود بیش از ۷۵ درصد شدت بیماری در برگ درختان مربوط به این تیمارها کمتر از تیمارهای شاهد بود (جدول ۴). از لحاظ وقوع بیماری در برگ‌ها نیز درختان تیمار شده با لوناسنسیشن ۰/۴ و ۰/۶ در هزار دارای کمترین و درختان تیمار شده با کاپتان دارای بیشترین میزان وقوع بیماری در بین کلیه قارچ‌کش‌ها بودند (جدول ۴). همچنین نتایج این تحقیق

1- Percent Disease Severity
2- Efficacy

نشان داد که قارچ کش لوناسنسیشن در کنترل بیماری لکه سیاه سیب روی ارقام گلدن دلیشز و رد دلیشز اثرگذار بوده و نوع رقم تأثیری در کارایی قارچ‌کش نداشته است (جدول ۲ و ۳).

در استان خراسان شمالی مقایسه میانگین درصد شدت و وقوع بیماری در تیمارها نشان داد که شدت بیماری روی برگ‌ها در تیمارهای لوناسنسیشن ۰/۴و ۰/۶ در هزار، فلینت ۰/۲ در هزار، بنومیل ۰/۵ در هزار و لوناسنسیشن ۰/۲ در هزار از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نداشت. اگرچه از لحاظ مقدار عددی درختان تیمار شده با لوناسنسیشن ۰/۴ در هزار دارای کمترین میزان شدت بیماری بود. میزان شدت بیماری در برگ درختان تیمار شده با قارچ‌کش کاپتان نیز با شاهد آب‌پاشی شده از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری نداشت. بیشترین میزان شدت بیماری نیز در برگ درختان مربوط به تیمار بدون آب‌پاشی رخ داد (جدول ۴).



شکل ۱- الگوی مارش برای ارزیابی شدت بیماری لکه سیاه سیب روی میوه (Croxall *et al.*, 1952b)

Figure 1- Marsh pattern to evaluate the severity of apple scab disease on fruit (Croxall *et al.*, 1952b)

جدول ۲- تجزیهٔ واریانس درصد شدت بیماری و درصد وقوع بیماری روی برگ‌ها درکهکیلویه و بویراحمد خراسان شمالی و البرز

Table 2- Variance analysis of disease severity percent and disease incidence percent on leaves in Kohghiloyeh and Boyerahmad, North Khorasan and Alborz

S.O.V منابع تغییرات	D.F درجه آزادی	Kohghiloyeh and Boyerahmad کهکیلویه و بویر احمد		North Khorasan خراسان شمالی		Alborz البرز	
		Disease severity شدت بیماری	Disease incidence شیوع بیماری	Disease severity شدت بیماری	Disease incidence شیوع بیماری	Disease severity شدت بیماری	Disease incidence شیوع بیماری
بلوک Blok	3	1.15	21.25	21.58	57.37	2.17	10.08
تیمار Treatment	7	3753.04*	4899.07*	438.42*	1171.91*	107.61*	655.36*
خطا Error	21	8.04	21.65	35.34	195.06	2.01	10.96
کل Total	31						
ضریب تغییرات C.V (%)		11.22	10.17	35.63	28.46	34.61	29.43

*معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد

**Significant at 5% level

جدول ۳- تجزیهٔ واریانس درصد شدت بیماری و وقوع بیماری روی میوه‌ها درکهکیلویه و بویراحمد، خراسان شمالی و البرز

Table 3- Variance analysis of disease severity and disease incidence percent on fruits in Kohghiloyeh and Boyerahmad, North Khorasan and Alborz

S.O.V منابع تغییرات	D.F درجه آزادی	Kohghiloyeh and Boyerahmad کهکیلویه و بویر احمد		North Khorasan خراسان شمالی		Alborz البرز	
		Disease severity شدت بیماری	Disease incidence شیوع بیماری	Disease severity شدت بیماری	Disease incidence شیوع بیماری	Disease severity شدت بیماری	Disease incidence شیوع بیماری
بلوک Blok	3	16.83	21.25	24.44	974.33	-	-
تیمار Treatment	7	5844.71*	4899.07*	47.79*	1053.64*	-	-
خطا Error	21	22.00	21.65	6.14	94.71	-	-
کل Total	31					-	-
ضریب تغییرات C.V (%)		11.22	10.17	35.63	28.46	34.61	29.43

*معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد

**Significant at 5% level

جدول ٤- مقایسهٔ میانگین درصد شدت بیماری و درصد وقوع بیماری روی برگ‌ها و درصد اثربخشی تیمارها در کهکیلویه و بویراحمد، خراسان شمالی و البرز

Table 4- Mean comparison of disease severity percent and disease incidence percent on leaves and Treatments efficacy in Kohghiloyeh and Boyerahmad, North Khorasan and Alborz

Treatment تیمار	میانگین مربعات Mean squares (%)								
	Kohghiloyeh and Boyerahmad کهکیلویه و بویر احمد			North Khorasan خراسان شمالی			Alborz البرز		
	Disease severity شدت بیماری	Disease incidence شیوع بیماری	Efficacy (%) درصد کارایی	Disease severity شدت بیماری	Disease incidence شیوع بیماری	Efficacy (%) درصد کارایی	Disease severity شدت بیماری	Disease incidence شیوع بیماری	Efficacy (%) درصد کارایی
فلینت® WG50% Flint WG50%	9.92c	35.50c	64	9.50d	36.00cd	63	0.00d	0.00c	100
بنلات® WP 50% Benlate® WP 50%)	16.90b	36.50c	63	11.67cd	48.25bc	55	2.96bc	10.50d	75
لونا سنسیشن® SC 500 Luna Sensation® SC 500	4.92d	20.00d	80	13.25cd	45.50bcd	49	1.43cd	4.00c	88
لونا سنسیشن® SC 500 Luna Sensation® SC 500	2.92d	12.75e	87	6.53d	25.50d	75	0.00d	0.00c	100
لونا سنسیشن® SC 500 Luna Sensation® SC 500	3.15d	13.50de	86	9.25d	36.00cd	64	0.07d	0.25c	99
کاپتان® WP50% Captan®WP50%	16.17b	50.75b	48	19.82bc	57.75abc	24	4.00b	15.25b	66
شاهد۱ با آب‌پاشی Control 1: with spraying	74.85a	99.00a	0	26.28b	67.50ab	0	11.96a	30.50a	0
شاهد۲ بدون آب‌پاشی Control 2: without spraying	73.42a	98.00a	0	37.14a	76.00a	0	12.36a	29.50a	0

* میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند، اختلاف معنی‌داری ندارند (آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد).

* The means of each column followed by common letters are not significantly different (Duncan's multiple range test = 5%)

کمترین میزان وقوع بیماری نیز در برگ درختان تیمار شده با لوناسنسیشن ۰/۴ در هزار و ۰/۶ در هزار و فلینت ۰/۲ در هزار، بدون اختلاف معنی‌دار آماری از یکدیگر رخ داد. درختان مربوط به تیمارهای کاپتان ۳ در هزار، شاهد با آب‌پاشی و شاهد بدون آب‌پاشی نیز بدون اختلاف معنی‌دار آماری از یکدیگر دارای بیشترین میزان وقوع بیماری بودند (جدول ۴). گرچه در درختان مورد بررسی در استان البرز بیماری کم بود با این وجود مقایسه میانگین درصد شدت و وقوع بیماری در تیمارها نشان داد که قارچ‌کش لوناسنسیشن در هر سه مقدار۰/۶، ۰/۴

و ۰/۲ در هزار و فلینت ۰/۲ در هزار بدون اختلاف معنی‌دار آماری از یکدیگر دارای بهترین کارایی در کنترل شدت و وقوع بیماری لکه سیاه سیب بودند. بنومیل ۰/۵ در هزار و کاپتان ۳ در هزار نیز بدون اختلاف معنی‌دار، از کارایی پایین‌تری در کنترل بیماری برخوردار بودند. با این وجود، بنومیل حدود ۷۵ درصد، شدت بیماری و حدود ۶۵ درصد وقوع بیماری را نسبت به تیمارهای شاهد کنترل کرده است. کاپتان نیز حدود ۶۵ درصد شدت بیماری و حدود ۵۰ درصد وقوع بیماری را نسبت به تیمارهای شاهد کاهش داده است. هر دو شاهد آزمایش نیز از لحاظ میزان شدت بیماری و وقوع بیماری در یک گروه آماری قرار گرفتند (جدول ۴). مقایسه میانگین درصد شدت بیماری در میوه درختان مورد بررسی در استان کهکیلویه و بویراحمد نشان داد که میوه درختان تیمار شده با قارچ‌کش‌های لوناسنسیشن ۰/۶ در هزار و ۰/۴ در هزار و فلینت ۰/۲ در هزار بدون اختلاف معنی‌دار آماری، دارای کمترین میزان شدت بیماری و بنومیل دارای بیشترین میزان شدت بیماری در بین سایر قارچ‌کش‌های مورد بررسی در این تحقیق بودند (جدول ۵). همچنین درختان سم‌پاشی شده با قارچ‌کش لوناسنسیشن در مقادیر ۰/۴ و ۰/۶ در هزار دارای کمترین میزان وقوع بیماری روی میوه بودند (جدول ۵). در استان خراسان شمالی مقایسه میانگین درصد شدت و وقوع بیماری روی میوه در تیمارها نشان داد کمترین میزان شدت بیماری بدون اختلاف معنی‌دار آماری از یکدیگر در میوه درختان تیمار شده با فلینت ۰/۲ در هزار و لوناسنسیشن ۰/۴ در هزار دیده شد. در حالی‌که کلیه تیمارهای مربوط به سایر قارچ‌کش‌ها و هر دو شاهد آزمایش، از لحاظ میزان شدت بیماری روی میوه، در یک گروه آماری قرار گرفتند (جدول ۵). از لحاظ میزان وقوع بیماری نیز کلیه تیمارهای مربوط به قارچ‌کش‌ها (به جز بنومیل) اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نداشتند ولی نسبت به تیمارهای شاهد از اختلاف چشمگیری برخوردار بودند. هر دو شاهد نیز در یک گروه و متفاوت از تیمارها واقع شدند. با این وجود از لحاظ مقدار عددی میوه درختان تیمار شده با لوناسنسیشن ۰/۴ در هزار دارای کمترین میزان وقوع بیماری بود (جدول ۵). دراستان البرز به دلیل ریزش اکثر گل های تشکیل شده در اثر سرمای دیررس بهاره در منطقه و تشکیل میوه به تعداد بسیار کم، امکان ارزیابی بیماری روی میوه میسر نشد.

جدول ۵- مقایسهٔ میانگین درصد شدت بیماری و درصد وقوع بیماری روی میوه‌ها و درصد اثربخشی تیمارها در کهکیلویه و بویراحمد، خراسان شمالی و البرز

Table 5- Mean comparison of disease severity percent and disease incidence percent on fruits and treatments efficacy in Kohghiloyeh and Boyerahmad, North Khorasan and Alborz

تیمار Treatment	میانگین مربعات Mean squares (%)								
	Kohghiloyeh and Boyerahmad کهکیلویه و بویر احمد			North Khorasan خراسان شمالی			Alborz البرز		
	Disease severity شدت بیماری	Disease incidence شیوع بیماری	Efficacy (%) درصد کارایی	Disease severity شدت بیماری	Disease incidence شیوع بیماری	Efficacy (%) درصد کارایی	Disease severity شدت بیماری	Disease incidence شیوع بیماری	Efficacy (%) درصد کارایی
فلینت® WG50% Flint WG50%	3.78ef	15.00d	95	2.50b	35.75bc	77	-	–	
بنلات® WP 50% Benlate® WP 50%)	14.22c	38.75b	80	4.33a	45.00b	61	–	–	
لونا سنسیشن® SC 500 Luna Sensation® SC 500	6.45de	29.00c	91	4.75a	40.50bc	57	–	–	
لونا سنسیشن® SC 500 Luna Sensation® SC 500	0.92f	6.75e	99	2.62b	25.75c	76	–	–	
لونا سنسیشن® SC 500 Luna Sensation® SC 500	0.72f	5.00e	99	3.50a	39.25bc	68	–	–	
کاپتان® WP50% Captan®WP50%	9.50d	31.50c	87	4.37a	38.00bc	60	–	–	
شاهد۱ با آب‌پاشی Control 1: with spraying	71.55a	100.0a	0	10.75a	69.75a	0	-	–	
شاهد۲ بدون آب‌پاشی Control 2: without spraying	65.40a	99.00a	8	11.16a	71.00a	0	–	–	

* میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند، اختلاف معنی‌داری ندارند (آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد).

* The means of each column followed by common letters are not significantly different (Duncan's multiple range test = 5%)

بحث

مدیریت بیماری لکه سیاه سیب در دنیا معمولاً نیازمند سم پاشی‌های متعدد، از مرحله سبز شدن سرشاخه‌ها تا برداشت محصول است (Carisse & Jobin, 2012;Gadoury *et al*., 1989). از آنجاکه *V. inaequalis* احتمال خطر (ریسک) بالایی از توسعهٔ مقاومت به قارچ‌کش‌ها را دارد، استفاده متناوب از قارچ‌کش‌های مؤثر از گروه‌های مختلف و با مکانیسم تأثیر متفاوت و یا استفاده از قارچ

کش‌هایی با مکانیسم‌های اثر چندگانه در برنامه‌های مدیریت بیماری جهت جلوگیری از بروز مقاومت، ضروری است (Anonymous, 2022). قارچ‌کش جدید لوناسنسیش® SC 500 که از ۲۱/۴ درصد تری‌فلوکسی‌استروبین، ۲۱/۴ درصد فلوپیرام و ۵۷/۲ درصد مواد همراه تشکیل شده است یک قارچ‌کش سیستمیک با دامنه اثر وسیع می‌باشد (Anonymous, 2015a). تری‌فلوکسی‌استروبین، قارچ‌کشی محافظتی و درمانی و متعلق به گروه QoI (بازدارنده‌های خارجی کوئینون‌ها)، زیر گروه اکسی امینواستات‌ها است که ریسک بروز مقاومت به آنها بالا است (Fernández *et al*., 2010). این قارچ‌کش با تأثیر روی زنجیره تنفس میتوکندریایی، جوانه‌زنی اسپور و رشد میسلیوم را متوقف می‌کند بنابراین یک قارچ‌کش محافظتی می‌باشد. فلوپیرام متعلق به گروه جدید شیمیایی به‌نام پیریدنیل اتیل‌بنزآمیدها است که با تأثیر در تنفس قارچ بیمارگر از طریق بازدارندگی اسید سوکسینیک در آنزیم دهیدروژناز (SDHI) از انتقال یون‌های منفی هیدروژن به گیرنده‌های الکترون جلوگیری می‌کند و عمدتاً نقش درمانی دارد. لوناسنسیشن با داشتن این دو ماده، هر دو خصوصیت پیش‌گیری‌کنندگی و معالجه‌ای را دارد (Anonymous, 2022). در یک تحقیق در خصوص کارآیی قارچ‌کش لوناسنسیشن روی عامل بیماری کپک خاکستری خیار، *Botrytis cinerea*، در شرایط گلخانه نشان داد که این قارچ‌کش در دوزهای ۰/۵ و ۰/۴، به‌ترتیب ۹۵ و ۸۹/۸ درصد موجب کاهش در تعداد گل‌های آلوده و ۹۵/۵، ۹۰/۴ درصد باعث کاهش در تعداد میوه‌های آلوده نسبت به شاهد را باعث شده‌اند (Ghayeb *et al*., 2020). در بررسی حاضر نیز لوناسنسیشن از کارایی بسیار خوبی در کنترل بیماری لکه سیاه سیب برخوردار بود. به‌طوری‌که در استان کهگیلویه و بویراحمد، لوناسنسیشن ۰/۴ و ۰/۶ در هزار بهترین کارایی را نسبت به سایر تیمارها داشته و شدت بیماری در درختان مربوطه، حدود ۹۶ درصد در برگ‌ها و حدود ۹۸ درصد در میوه‌ها کمتر از تیمارهای شاهد بود. در استان البرز گرچه بیماری در زمان آزمایش کم بود با این وجود لوناسنسیشن ۰/۴ در هزار و فلینت ۰/۲ در هزار بهترین کارایی را داشته و حدود ۱۰۰ درصد شدت بیماری را نسبت به تیمارهای شاهدکاهش دادند. در استان خراسان شمالی نیز فلینت ۰/۲ در هزار و لوناسنسیشن ۰/۴ در هزار، بهتر از سایر تیمارها در کنترل بیماری مؤثر بوده و حدود ۷۵ درصد نسبت به شاهدها شدت بیماری را روی میوه کاهش دادند. روی برگ‌ها نیز لوناسنسیشن ۰/۴ در هزار حدود ۸۰ درصد کارایی داشت. این نتایج با یافته های بابا دوست در آمریکا مطابقت دارد (Babadoost, 2013). او طی بررسی کارایی چند قارچ‌کش مختلف از جمله لوناسنسیشن و فلینت در کنترل لکه سیاه سیب، کارایی لوناسنسیشن و فلینت را عالی توصیف کرد. همچنین فلینت نیز در بسیاری از مطالعات انجام شده در نقاط مختلف جهان، یک قارچ‌کش مؤثر در کنترل لکه سیاه سیب معرفی شده است (Jelica and Tatjana 2003; Wood *et al*., 2008). نتایج نشان داد لوناسنسیشن در دوز ۰/۴ درهزار کارایی بهتری در شرایط مختلف داشته است. هر چند اثربخشی آن در استان البرز ۲۵ درصد بیشتر از استان خراسان شمالی ارزیابی شد. این قارچ‌کش با دوز ۰/۴ در هزار ، ۹۰ در یاسوج درصد و در اردبیل ۶۴ درصد در کنترل بیماری لکه سیاه سیب کارایی داشته است (Khabbaz jolfaee *et al*. 2019). از آنجاکه بیش از ده سال از ثبت و مصرف این قارچ‌کش در ایران می‌گذرد، با توجه به ریسک بالای بروز مقاومت به این قارچ‌کش، بهتر است مصرف آن محدود به موارد لزوم و در تناوب با قارچ‌کش‌های دیگر صورت گیرد. لوناسنسیشن نیز در لیست کمیته گروه‌بندی واکنش به مقاومت (FRAC[1])، دارای ریسک بالا به بروز مقاومت (FRAC,11) معرفی شده است (Fishel and Dewdney, 2012). ازآنجا که این قارچ‌کش اخیراً در ایران معرفی شده است و کارایی خوبی در کنترل بیماری لکه سیاه سیب دارد، چنانچه در مصرف آن دستورالعمل مدیریت مقاومت رعایت شود، می‌توان برای مدت طولانی از آن در کنترل بیماری مذکور بهره برد (Azimi *et al*., 2016).

بنومیل یک قارچ‌کش سیستمیک متعلق به گروه بنزیمیدازول‌ها با اثر محافظتی و درمانی می‌باشد که از تقسیم میتوز جلوگیری می‌کند (Anonymous, 2022). از آنجاکه این قارچ‌کش دارای محل اثر اختصاصی است، احتمال بروز مقاومت به آن بالا می‌باشد و در بسیاری از گونه‌های قارچی مقاومت به این قارچ‌کش گزارش شده است (Fishel & Dewdney, 2012). در بررسی حاضر در استان‌های البرز و کهگیلویه و بویراحمد، شدت بیماری در برگ درختان تیمار شده با بنومیل نسبت به تیمارهای شاهد حدود ۷۵ درصد کمتر بود. در سایر موارد بررسی نیز کارایی بنومیل در کنترل شدت بیماری نسبت به تیمارهای شاهد کمی بیش از ۶۰ درصد بود. در استان خراسان شمالی در برگ‌های مورد ارزیابی کارایی بنومیل در کنترل شدت بیماری از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری با لوناسنسیشن ۰/۴ و ۰/۶ در هزار و فلینت ۰/۲ در هزار نداشت در میوه‌های بررسی شده نیز با لوناسنسیشن ۰/۶ و ۰/۲ در هزار هم گروه بود. ولی در سایر موارد بررسی کارایی بنومیل از لحاظ آماری با اختلاف معنی‌داری کمتر از لوناسنسیشن ۰/۴ و ۰/۶ در هزار و فلینت ۰/۲ در هزار قرار گرفته است. قارچ‌کش کاپتان نیز در بررسی حاضر در استان کهگیلویه و بویراحمد حدود ۸۰ درصد، در استان البرز ۶۵ درصد و در خراسان شمالی در برگ درختان تیمار شده ۳۵ درصد و در میوه‌ها کمتر از ۶۰ درصد کارایی داشت. ولی در تمام مناطق مورد بررسی کارآیی آن در کنترل شدت بیماری کمتر از لوناسنسیشن ۰/۴ در هزار و فلینت ۰/۲ در هزار بود. بنابراین به‌خصوص در مواردی که شدت بیماری زیاد باشد، استفاده از قارچ‌کش‌های فلینت و لوناسنسیشن به بنومیل و

1- Fungicide Resistance Action Committee

کاپتان ارجحیت دارد. در ضمن باید در نظر داشت که طبق دستورالعمل مدیریت مقاومت استفاده از قارچ‌کش‌های مؤثر و مطمئن به‌صورت تناوبی در نوبت‌های مختلف سم‌پاشی برای کنترل بیماری لکه سیاه سیب ضروری است.

نتیجه‌گیری

نتایج نشان می‌دهد که لوناسنسیشن یک قارچ‌کش مؤثر برای کنترل بیماری لکه‌سیاه سیب است و می‌تواند در باغ‌های سیب به عنوان بخشی از برنامه مدیریت تلفیقی آفات استفاده شود. مدیریت این بیماری در دنیا معمولاً مستلزم سم‌پاشی‌های متعدد از مرحله سبز شدن شاخه‌ها تا برداشت است. از آنجایی که *V. inaequalis* دارای خطر بالایی برای ایجاد مقاومت در برابر قارچ‌کش‌ها است، استفاده متناوب از قارچ‌کش‌های مؤثر از گروه‌های مختلف و با مکانیسم‌های اثر متفاوت یا استفاده از قارچ‌کش‌ها با مکانیسم‌های متعدد اثر در برنامه‌های مدیریت بیماری برای جلوگیری از مقاومت ضروری است. قارچ‌کش جدید لوناسنسیشن که از ۲۱/۴درصد تری فلوکسی استروبین، ۲۱/۴ درصد فلوپیرام و ۵۷/۲ درصد مواد مرتبط تشکیل شده است، یک قارچ‌کش سیستمیک با طیف وسیعی از اثرات است و روی بیماری‌های مختلف اثربخشی مناسبی داشته است. در سال‌هایی که شرایط اقلیمی برای گسترش بیماری مناسب است، جهت گرفتن نتیجه مطلوب حداقل انجام سه نوبت سم‌پاشی با قارچ‌کش‌های مؤثر و مناسب توصیه می‌شود.

References

1. Alaniz, S., Leoni, C., Bentancur, O., & Mondino, P. (2014). Elimination of summer fungicide sprays for apple scab (*Venturia inaequalis*) management in Uruguay. *Scientia Horticulturae*, *165*, 331–335. https://doi.org/10.1016/j.jinf.2013.11.016
2. Anonymous, (2001). Apple scab. Pest Notes, University of California, *Agriculture and Natural Resources, Publication*, No. 7413.
3. Anonymous, (2012). Fluopyram. Minnesota Department of Agriculture. https://www.mda.state.mn.us/chemicals/pesticides/regs/~/media/Files/chemicals/reviews/nair-fluopyram.ashx
4. Anonymus, (2022). FRAC cod list: Fungicides sorted by mode of action (including FRAC code numbering), Fungicides Resistance Action Committee, In: https://www.frac.info/
5. Anonymouse, (2015a), lunasensatio documents. https://www.bayercropscience.us/products/fungicides/luna/label-msds
6. Anonymus, (2022). Agricultural Statistics, Ministry of Jihad Agriculture. https://www.agri-jahad.ir.
7. Azimi, H., Jafary, H., & Karbalaei Khiavi, H. (2016). Effects of Trifloxystrobin + Tebuconazole (Nativo®) fungicide on the control of apple scab disease. *Journal of Applied Research in Plant Protection*, *5*(1), 1-15. (In Persian)
8. Ashkan, M. (2006). *Important disease of fruit trees in Iran*. Second edition. Tehran. Abizh. 472 pp. (In Persian)
9. Ashkan, M., & Assadi, P. (1980). Biology and control of apple scab (*Venturia inaequalis*) in Iran. *Iranian Journal of Plant Pathology*, *16*(1/4). (In Persian)
10. Behdad, E. (1990). *Diseases of Fruit Trees in Iran*. Neshat Isfahan Publications. Pp. 293. (In Persian)
11. Bengtsson, M., Jørgensen, HJL., Pham, A., Wulff, E., & Hockenhull, J. (2006). Screening of organically based fungicides for apple scab (*Venturia inaequalis*) control and a histopathological study of the mode of action of a resistance inducer. *Pome Fruit Disease*, *29*, 123-127.
12. Biggs, A.R. (1990). Apple scab. pp. 6-9 in: Jones A.L., Aldwinckle H.S. (eds.) *Compendium of apple and pear diseases*. The American Phytopathological Society, St. Paul, Minnesota, USA. 100 pp.
13. Broniarek-Niemiec, A., & Bielenin, A. (2008). Resistance of *Venturia inaequalis* to strobilurin and dodine fungicides in Polish apple orchards. *Zemdirbyste Agriculture*, *95*, 366-372.
14. Carisse, O., & Jobin, T. (2012). Managing summer apple scab epidemics using leaf scab incidence threshold values for fungicide sprays. *Crop Protection*, *35*, 36–40. https://doi,org/10.1016/j.cropro.2011.12.014
15. Croxall, H.E., Gwynne, D.C., & Jenkins, J.E.E. (1952a). The rapid assessment of apple scab fungus on leaves. *Plant Pathology*, *1*, 39–41.
16. Croxall, H.E., Gwynne, D.C., & Jenkins, J.E.E. (1952b). The rapid assessment of apple scab on fruit. *Plant Pathology*, *1*, 89-92.
17. Fernández-Ortuño, D., Loza-Reyes, E., Atkins, S.L., & Fraaije, B.A. (2010). The CYP51C gene, a reliable marker to resolve interspecific phylogenetic relationships within the Fusarium species complex and a novel target for species-specific PCR. *International Journal of Food Microbiology*, *144*, 301-309. https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2010.10.013
18. Fishel, F.M., & Dewdney, M.M. (2012). Fungicide Resistance Action Committee's (FRAC) classification scheme of fungicides according to mode of action. Pesticide Information Office, Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida. 7 pp. https://edis.ifas.ufl.edu.

(Accessed on 28-April-2016).
19. Fontaine, S., Remuson, F., Fraissinet,T.L., Micoud, A., Marmeisse, R., & Melayah, D. (2009). Monitoring of *Venturia inaequalis* harbouring the QoI resistance G143A mutation in French orchards as revealed by PCR assays. *Pest Management Science*, *65*, 74-81. https://doi.org/10.1002/ps.1649
20. Gadoury, D.M., MacHardy, W.E., & Rosenberger, D.A. (1989). Integration of pesticide application schedules for disease and insect control in apple orchards of the northeastern United States. *Plant Disease*, *73*, 98–105. https://doi.org/10.1094/PD-73-0098
21. Ghayeb Zamharir, M., Azimi, H., Moddares Najaf Abadi, S., & Abbasi, A. (2020). Evaluation of the efficacy of trifloxystrobin+fluopyram (SC, 50%) and pyraclostrobin+boscalid (WG, 34.4%) fungicides against *Botrytis cinerea*, causal agent of cucumber grey mold disease under greenhouse conditions. *Pesticides in Plant Protection Sciences*, *9*(1).
22. Holb, I.J. (2008). Timing of first and final sprays against apple scab combined with leaf removal and pruning in organic apple production. *Crop Protection*, *27*, 814–822. https://doi.org/10.1016/j.cropro.2007.11.009
23. Jamar, L., Lefrancq, B., & Lateur, M. (2007). Control of apple scab (*Venturia inaequalis*) with bicarbonate salts under controlled environment. *Journal of Plant Diseases and Protection*, *114*, 221–227. https://doi.org/10.1007/BF03356221
24. Jelica, B., & Tatjana, K. (2003). Efficiency of more recent fungicides in control of apple scab and powdery mildew. *Pesticide*, *18*, 175-185. https://doi.org/10.2298/PIF0303175B
25. Khabbaz Jolfaei, H., & Azimi, Sh. (2011). Guidelines for the correct use of Iranian pathogens in the control of plant diseases (scientific and applied), Iranian Plant Protection Research Institute, PP. 311. (In Persian)
26. Khabbaz Jolfaee, H., Karbalaee Khiavi, H., Keshavarz, & Ravanloo, A.A. (2019). Investigation on the Efficacy of myclobutanil (Atis® WP 40%) against apple scab disease with the agent *Venturia inaequalis*. *Pesticides in Plant Protection Sciences*, *8*(1).
27. Köller, W., Wilcox, W.F., Barnard, J., & Jones, A.L. (1997). detection and quantification of resistance of *Venturia inaequalis* populations to sterol demethylation inhibitors. *Phytopathology*, *87*, 184-190. https://doi.org/10.1094/PHYTO.1997.87.2.184
28. Köller, W., Wilcox, W.F., & Jones, A.L. (1999). Quantification, persistence, and status of dodine resistance in New York and Michigan orchard populations of *Venturia inaequalis*. *Plant Disease*, *83*, 66-70. https://doi.org/10.1094/PDIS.1999.83.1.66
29. Küng, R., Chin, K.M., & Gisi, U. (1999). Sensitivity of *Venturia Inaequalis* to cyprodinil. p. 313-322. In Lyr, H., Russel, P.E., Dehne, H.W and Sisler H.D (eds.) *Modern fungicides and antifungal compounds* 2ed. Intercept, Andover, UK.
30. McHardy, W.E. (1996). *Apple scab: Biology, epidemiology and management*. 545 p. APS Press, The American Phytopathological Society, St Paul, Minnesota, USA.
31. Olaya, G., & Köller, W. (1999). Baseline sensitivities of *Venturia inaequalis* to the strobilurin kresoxym-methyl. *Plant Disease*, *83*, 274-278. https://doi.org/10.1094/PDIS.1999.83.3.274
32. Percival, G.C., & Haynes, I. (2009). The influence of Calcium sprays to reduce fungicide inputs against apple scab (*Venturia inaequalis* (Cooke) G. Wint.). *Arboriculture & Urban forestry*, *35*, 263-270.
33. Sallato, B., & Latorre, B. (2006). First report of practical resistance to QoI fungicides in *Venturia inaequalis* (apple scab) in Chile. *Plant Disease*, *90*, 375. https://doi.org/10.1094/PD-90-0375A
34. Sholberg, P.L., & Haag, P.D. (1993). Sensitivity of *Venturia inaequalis* isolates from British Columbia to flusilazole and myclobutanil. *Canadian Journal of Plant Pathology*, *15*, 102-106. https://doi.org/10.1080/07060669309500834
35. Szkolnik, M., & Gilpatrick, J.D. (1969). Apparent resistance of *venturia inaequalis* to dodin in New York apple orchards. *Plant disease Report*, *53*, 861-864.
36. Villani, S.M., Biggs, A.R., Cooley, D.R., Raes, J.J., & Cox, K.D. (2015). Prevalence of myclobutanil resistance and difenoconazole insensitivity in populations of *Venturia inaequalis*. *Plant Disease*, *99*, 1526-1536. https://doi.org/10.1094/PDIS-01-15-0002-RE
37. Wood, P.N., Beresford, R.M., & Taylor, T.J.(2008). Supression of *Venturia inaequalis* (apple scab) ascospore production using autumn- applied fungicides. *Horticultural Crops*, *61*, 54-58.

Journal of Iranian Plant Protection Research

https://jpp.um.ac.ir

Research Article
Vol. 38, No. 1, 2024, p. 23-33

The Use of Several Soil Amendments to Control the Root-knot Nematode (*Meloidogyne incognita*) on Kiwifruit (*Actinidia deliciosa*) in the West of Guilan Province

Z. Alipour Plang Koli[1], S. Jamali[2*], S. Mousanejad[2], H. Pedramfar[3]

1, 2 and 3- Ph.D. Student, Associate Professor and Instructor, Department of Plant Protection, Faculty of Agricultural Sciences, University of Gilan, Rasht, Iran, respectively.
(*- Corresponding Author Email: jamali@guilan.ac.ir)

Received: 26-07-2023
Revised: 10-03-2024
Accepted: 17-03-2024
Available Online: 09-06-2024

How to cite this article:
Alipour Plang Koli, Z., Jamali, S., Mousanejad, S., & Pedramfar, H. (2024). The use of several soil amendments to control the root-knot nematode (*Meloidogyne incognita*) on kiwifruit (*Actinidia deliciosa*) in the west of Guilan province. *Journal of Iranian Plant Protection Research*, *38*(1), 23-33. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22067/jpp.2024.83615.1158

Introduction

Root-knot nematodes (*Meloidogyne* spp.) are among the most important soil-borne pathogens that cause serious economic damage to orchards and agricultural products. Over 2000 plant species are attacked by root-knot nematodes. Root-Knot Nematodes limit the absorption of water and nutrients, and create favorable conditions for infection by root-pathogenic microorganisms in many crops, resulting in the formation of giant cells. Due to their high reproductive rate, RKN management is challenging. *Meloidogyne* species can be controlled using various methods, including agricultural practices, resistant cultivars, and chemical nematicides, which are easier and more effective to use. The use of chemical nematicides has decreased due to health and environmental concerns. The agricultural community needs new and alternative management strategies, especially those that are environmentally acceptable. The aim of this study was to investigate the efficacy of several combinations of chicken manure, liquid chicken manure, vermicompost, vermiwash, cabbage and broccoli waste in the management of root-knot nematodes in kiwi orchards.

Materials and Methods

Inspection and sampling were carried out in kiwi orchards in the western province of Guilan (Talesh and Astara) to determine the infected orchards for planned treatments. The nematode species were identified by using morphological characteristics of perineal pattern, and second-stage juveniles. Three orchards located in Asalem, Lisar, and Lavandevil were selected based on their high similarity in terms of contamination level and other characteristics such as tree age, row distance, irrigation, slope, and soil type. Nine treatments were applied using a complete randomized block design for three months. The treatments consisted of 40 tons of chicken manure, vermicompost, and cabbage waste per hectare, planting of broccoli, vermiwash, and liquid chicken manure (one liter per tree). Ragbi was also used as a nematicide at a rate of 10 g/m^3 alongside other treatments. For the application of chicken manure, vermicompost, and cabbage waste, the area of the plant's nutrient root expansion was first determined. Then, the desired amount of treatments was mixed with the soil at a depth of 3

©2024 The author(s). This is an open access article distributed under Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0), which permits use, sharing, adaptation, distribution and reproduction in any medium or format, as long as you give appropriate credit to the original author(s) and the source.
https://doi.org/10.22067/jpp.2024.83615.1158

to 30 centimeters. After preparing the designated plots, broccoli seedlings were planted around the damaged trees.

Results and Discussion

Based on the morphological and histological characteristics, the studied species was identified as *M. incognita*. The results showed that all treatments had a significant difference compared to the control and were able to reduce nematode infection indices. The best treatment in nematode control was chicken manure which decreased the number of galls, the number of egg masses, the number of larvae and eggs per gram of root, the number of second stage juveniles per hundred grams of soil and the reproduction factor by 86.7%, 76.7%, 89.8%, 90.3% and 91%, respectively, compared to the control. The results revealed that vermicompost was the least effective treatment which reduced the number of galls and egg masses per root system, the number of larvae and eggs per gram of root, the number of second stage juveniles per hundred grams of soil, and the reproduction factor by 78.8%, 36%, 65.4%, 64.7% and 65.1%, respectively, compared to the control. The results suggest that the use of organic amendments as an alternative to chemical nematicides can be effective in reducing nematode populations in kiwi orchards. In addition, the use of organic amendments may improve soil fertility and plant growth, which can have a positive impact on overall crop yield and quality.

Conclusion

Based on the findings of this study, all treatments were successful in reducing nematode indices. However, comparisons of the treatments showed that chicken manure had the most significant effect in reducing the indices compared to other treatments. Following chicken manure, vermiwash and liquid chicken manure treatments were the next most effective. Additionally, all treatments successfully increased production. These results may be attributed to effective nematode control and improved plant nutrition. Application of chicken manure, vermicompost, and vegetable waste as organic amendments have been reported to have positive effects on soil health and plant growth, as they improve soil fertility and increase the population of beneficial soil microorganisms. In this study, these organic amendments were effective in reducing nematode infection indicators, such as the number of galls, egg masses, and larvae per gram of root, as well as the reproduction factor. It's important to conduct further research to confirm the effectiveness of these treatments in different environmental conditions and on different crops. It's also important to consider the potential for nutrient leaching and other environmental impacts associated with the use of organic amendments.

Keywords: *Actinidia deliciosa*, Crop loss, Soil amendments

نشریه پژوهش‌های حفاظت گیاهان ایران
https://jpp.um.ac.ir

مقاله پژوهشی
جلد ۳۸ شماره ۱، بهار ۱۴۰۳، ص. ۳۳-۲۳

کاربرد چند اصلاح‌کننده خاک برای کنترل نماتد ریشه‌گرهی (*Meloidogyne incognita*) در گیاهان کیوی (*Actinidia deliciosa*) در غرب استان گیلان

زهره علی‌پور پلنگ‌کلی[۱]- سالار جمالی[۲*]- صدیقه موسی‌نژاد[۲]- حسن پدرام فر[۳]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۵/۰۴
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۲/۲۷

چکیده

امروزه به‌منظور کاهش اثرات مخرب زیست‌محیطی ناشی از کاربرد سموم، روش‌های جایگزین جهت کنترل عوامل خسارت‌زای گیاهی مورد توجه قرار دارد. در این ارتباط، استفاده از اصلاح‌کننده های خاک برای کنترل نماتدها مناسب تشخیص داده شده است. در این تحقیق، شش تیمار ورمی‌کمپوست، کود مرغی، ضایعات کلم، کاشت کلم بروکلی، ورمی‌واش و کود مرغی مایع در چهار تکرار، دو سال متوالی و در سه منطقه از غرب استان گیلان، جهت کنترل نماتد ریشه‌گرهی به کار گرفته شد. ارزیابی براساس شاخص‌های آلودگی به نماتد (تعداد گال، تعداد توده تخم در هر گرم ریشه، تعداد لارو و تخم در هر گرم ریشه، تعداد لارو سن دوم در صد گرم خاک و فاکتور تولیدمثل) در باغ کیوی انجام شد. به‌منظور ارزیابی بهتر میزان کارآیی تیمارهای ذکر شده، شاهد مثبت، شاهد منفی و سم راگبی نیز به‌عنوان تیمار مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج نشان داد که تمامی تیمارها با شاهد دارای اختلاف معنی‌دار بوده و به خوبی توانستند تعداد گال و جمعیت نماتد را کاهش دهند. بهترین تیمار جهت کنترل نماتد، کود مرغی بوده که نسبت به شاهد، تعداد گال، تعداد توده تخم، تعداد لارو و تخم در هر گرم ریشه، تعداد لارو سن دوم در صد گرم خاک و فاکتور تولیدمثل را به‌ترتیب ۸۶/۷ درصد، ۷۶/۷، ۸۹/۸، ۹۰/۳ و ۹۱ درصد کاهش داد. نتایج نشان داد کم اثرترین تیمار جهت کنترل نماتد، ورمی‌کمپوست بود که نسبت به شاهد تعداد گال، تعداد توده تخم، تعداد لارو و تخم در هر گرم ریشه، تعداد لارو سن دوم در صد گرم خاک و فاکتور تولیدمثل را به‌ترتیب ۷۸/۸، ۳۶، ۶۵/۴، ۶۴/۷ و ۶۵/۱ درصد تقلیل داد. نتایج به‌دست آمده از این پژوهش، نشان از قابلیت این ترکیبات و امکان به کارگیری آنها در مدیریت تلفیقی نماتد ریشه‌گرهی دارد.

واژه‌های کلیدی: اصلاح‌کننده خاک، خسارت، *Actinidia deliciosa*

مقدمه

کیوی فروت (*Actinidiae deliciosa* (A.chev.) C.F. Liang et A.R.Ferguson) از شاخه گیاهان گلدار و خانواده Actinidiaceae بسیار پررشد و رونده بوده و برای ایستایی نیازمند قیم می‌باشد. کشورهای عمده تولیدکننده کیوی در جهان شامل ایتالیا، نیوزلند، شیلی، فرانسه، ایران، یونان، آمریکا، اسپانیا و پرتقال هستند (Khazai, 2003). کیوی نخستین بار به‌عنوان گیاه عاری از بیماری معرفی شده بود اما به تدریج با توسعه سطح زیرکشت، تعداد آفات و بیماری‌های این محصول نیز افزایش یافت. عوامل خسارت‌زای متعددی از جمله قارچ‌ها، باکتری‌ها و نماتدها به این گیاه حمله می‌کنند (Michailades & Elmer, 2000). میزان تولید سالانه کیوی در ایران در سال ۱۴۰۰، ۴۴۳۲۰۴ تن و سطح زیرکشت آن ۱۵۴۳۷ هکتار بوده است. استان گیلان با تولید ۲۰۹۶۱۶ تن و سطح ۷۴۰۱ هکتار مقام دوم را در تولید کیوی در کشور را دارد (Ahmadi *et al.*, 2023).

نماتدهای ریشه‌گرهی متعلق به جنس *Meloidogyne* spp. یکی از بیمارگرهای مهم خاک هستند که سالیانه خسارات اقتصادی

۱، ۲ و ۳- به‌ترتیب دانشجوی دکتری، دانشیار و مربی گروه گیاه‌پزشکی، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران
(*- نویسنده مسئول: Email: jamali@guilan.ac.ir)
https://doi.org/10.22067/jpp.2024.83615.1158

قابل توجهی به محصولات باغی و زراعی وارد می‌کنند (Oka *et al.*, 2000). این گروه، به بیش از ۲۰۰۰ گونه گیاهی حمله کرده و خسارت می‌زنند (Sasser & Carter, 1985). همچنین به‌دلیل تشکیل سلول‌های غول‌آسا در ریشه، مانع جذب آب و مواد مغذی شده و شرایط را برای ایجاد عفونت توسط میکروارگانیسم‌های بیماری‌زا تسهیل می‌کنند. کنترل این عوامل دشوار است زیرا علاوه بر طیف گسترده دامنه میزبانی، دوره تکثیر کوتاه و نرخ تولیدمثل بالایی دارند (Manzanilla-Lopez *et al.*, 2004). جهت کنترل گونه‌های *Meloidogyne*، روش‌های مختلفی از جمله اقدامات زراعی، ارقام مقاوم و نماتدکش‌های شیمیایی توصیه می‌شود. نگرانی‌ها در مورد سلامت عمومی انسان و ملاحظات زیست‌محیطی، باعث توجه به کاهش کاربرد نماتدکش‌های شیمیایی شده است. در نتیجه، استفاده از روش‌های جایگزین مدیریتی، به‌ویژه روش‌های سازگار با محیط زیست، مورد توجه جوامع بشری قرار دارد (Khan *et al.*, 2008).

استفاده از جنس‌های مختلف گیاه کلم به‌دلیل دارا بودن ترکیبات گلوکوزینولات که تولید مواد سمی مانند تیوسیانات و ایزوتیوسیانات می‌نمایند، از اثر مطلوبی در کاهش جمعیت نماتد ریشه‌گرهی برخوردار است (Boydston & Vaughn 2002). اصلاح خاک آلوده به نماتد *M. incognita* با بقایای کلم بروکلی در محصول گوجه‌فرنگی، منجر به کاهش آلودگی شده است (López-Pérez *et al.*, 2005). کنترل *M. javanica* توسط خانواده Brassicaceae به‌دلیل ایجاد گازهای کنترل کننده، مؤثر بوده است (Charles *et al.*, 2015). کاربرد دانه‌های آسیاب شده خانواده چلیپائیان از جمله کلم و کلم بروکلی به منظور کنترل نماتد *M. incognita* در محصول سویا، مشخص نمود که تیمارهای مورد استفاده تأثیر بسزایی در کنترل نماتد، به‌خصوص کاهش تعداد گال، توده تخم و ماده بالغ داشته‌اند (Gad *et al.*, 2021).

در بررسی دیگر نشان داده شده که استفاده از کود مرغی به‌منظور کنترل نماتد *M. incognita* در بامیه، مؤثر بوده، به گونه‌ای که میزان تأثیر آن مشابه تیمار نماتدکش کربوفوران به کار رفته در این آزمون بوده است (Amulu & Adekunle, 2015). بررسی تیمارهای کود مرغی، قارچ *Trichoderma*، باکتری *Bacillus* و کود معدنی در کنترل نماتد ریشه‌گرهی نشان داد که بهترین تیمار مورد استفاده، کود مرغی با کاهش مشخص در شاخص‌های آلودگی نماتد بوده است (Osman *et al.*, 2018). اثر کودهای آلی در تراکم جمعیت نماتد سیستی چغندر *Heterodera schachtii* Schmidt مورد مطالعه قرار گرفته است. این اصلاح کننده‌ها شامل کودهای نپوسیده دامی، کود مرغی، کود سبز (ضایعات کلم)، دو نوع کمپوست ۰۸و ۰۱۵ و ورمی‌کمپوست هر کدام به میزان ۲۰، ۴۰ و ۶۰ تن در هکتار بوده است. نتایج به‌دست آمده نشان داد که هر کدام از این ترکیبات روی کاهش شاخص‌های نماتد تأثیر مثبت داشته‌اند (Helalat *et al.*, 2017). در پژوهشی دیگر، استفاده از ورمی‌کمپوست نه تنها باعث کاهش شاخص‌های آلودگی نماتد شده، بلکه شاخص‌های رشدی گیاه را نیز ارتقاء داده است (Zuhair *et al.*, 2022). کاربرد ورمی‌کمپوست روی نماتد *M. javanica* در محصول بادمجان نشان داد که این تیمار سبب کاهش آلودگی و بهبود شاخص رشدی گیاه می‌گردد. این اثر کنترل‌کنندگی، به تولید ترکیباتی مانند آمونیوم با دارا بودن خاصیت سمی برای نماتد نسبت داده شده است. از سوی دیگر، ورمی‌کمپوست باعث بهبود سطح مواد مغذی خاک، رشد گیاه و در نهایت تحمل بیشتر آن در برابر آسیب‌های ناشی از نماتد خواهد شد (Ebrahimi *et al.*, 2021). هدف از انجام تحقیق حاضر، ارزیابی تأثیر کود مرغی، کود مرغی مایع، ورمی‌کمپوست، ورمی‌واش، ضایعات کلم و کاشت کلم بروکلی در کنترل نماتد ریشه‌گرهی در باغ‌های کیوی بود.

مواد و روش‌ها

به‌منظور شناسایی مکان‌های آلوده برای اعمال تیمارهای آزمایشی، از باغ‌های کیوی در غرب استان گیلان (شهرستان‌های تالش و آستارا) بازدید و نمونه‌برداری صورت گرفت. نمونه‌برداری از خاک و ریشه درختانی که علائم آلودگی به نماتد را داشتند، انجام شد. بعد از انتقال نمونه‌ها به آزمایشگاه، استخراج نماتد از ریشه‌های آلوده با استفاده از محلول هیپوکلریت‌سدیم ۰/۵ ٪ به روش هوسی و بارکر انجام شد (Hussey & Barker, 1973). به‌منظور به‌دست آوردن جمعیت لارو سن دوم در خاک از روش سینی استفاده گردید (Whitehead & Hemming, 1965). سپس شناسایی برپایه ریخت‌سنجی با تهیه اسلاید میکروسکوپی از لاروهای سن دوم و برش شبکه کوتیکولی انتهای بدن نماتدهای ماده بالغ گونه نماتد مشخص گردید (Taylor & Netscher, 1974). شناسایی گونه نماتد براساس کلید جیپسون صورت پذیرفت (Jepson, 1987). سپس تعداد تخم، گال و توده تخم در سیستم ریشه به روش هوسی و باکر (یک گرم ریشه) و لارو سن دوم استحصالی از خاک (صد گرم خاک) براساس روش سینی شمارش و محاسبه گردید (Hussey & Taylor & Netscher, 1974; Whitehead & Barker, 1973; Hemming, 1965). در نهایت سه باغ در سه منطقه اسالم، لیسار و لوندویل که از نظر میزان آلودگی و سایر خصوصیات (مانند سن درختان باغ، فاصله بین درختان و ردیف‌ها، خصوصیات آب مورد استفاده، شیب زمین، نوع خاک) بیشترین مشابهت را داشتند، برای انجام سایر مراحل تحقیق انتخاب شدند.

این آزمون در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با نه تیمار، سه تکرار و در شهریور ماه دو سال متمادی و به‌مدت ۹۰ روز به مرحله اجرا در آمد. کلیه‌ی مراحل آزمون دوره اول (شهریور ۹۶)، در

دوره دوم (شهریور ۹۷) و در همان باغ آلوده، روی درختان دیگر باغ اعمال گردید. تیمارها شامل استفاده از کود مرغی پوسیده (مرغ تخمگذار)، ورمی‌کمپوست و ضایعات کلم هر کدام به میزان ۴۰ تن در هکتار، کاشت کلم بروکلی، ورمی‌واش و کود مرغی مایع هر کدام به میزان یک لیتر برای هر درخت، نماتدکش راگبی به میزان ۱۰ گرم در متر مربع و اعمال شاهد مثبت (آلوده به نماتد) و شاهد منفی (عاری از نماتد) بود. جهت کاربرد تیمارهای کود مرغی، ورمی‌کمپوست و ضایعات کلم، ابتدا منطقه گسترش ریشه‌های تغذیه‌کننده گیاه مشخص گردید. سپس میزان مناسب از تیمارهای ذکر شده در عمق ۳ تا ۳۰ سانتی‌متری منطقه فاریشه، با خاک مخلوط گردید. برای این منظور، ابتدا مساحت اطراف سایه‌انداز درخت در ناحیه گسترش ریشه‌ها، محاسبه و با توجه به تناسب میان مساحت به‌دست آمده و یک هکتار، میزان کاربرد محاسبه و تا عمق ۳۰ سانتی‌متری با خاک اطراف ریشه مخلوط گردید. بعد از آماده کردن کرت‌های مورد نظر، نشاء کلم بروکلی به آنها منتقل و در اطراف درختان آلوده، کشت انجام گرفت. تیمار ورمی‌واش و کود مرغی مایع نیز به میزان یک لیتر برای هر درخت همراه با آب آبیاری در باغ‌های آزمایشی اعمال شد. تیمار نماتدکش به میزان ۱۰ گرم در متر مربع مورد استفاده قرار گرفت. ارزیابی اثر تیمارهای استفاده شده بعد از ۹۰ روز به کمک اندازه‌گیری شاخص‌های آلودگی نماتد (تعداد گال، تعداد توده تخم در یک گرم ریشه، تعداد تخم و لارو در هر گرم ریشه، تعداد لارو سن دوم در صد گرم خاک) تعیین گردید. در نهایت شاخص تولیدمثل (RF) یا نسبت جمعیت نهایی به جمعیت اولیه محاسبه شد (Oostenbrink, 1966). به‌منظور بررسی و مقایسه و حصول نتیجه شفاف‌تر و با توجه به اینکه آزمایشات در دو دوره زمانی و در سه مکان متفاوت (در هر باغ چهار تکرار برای هر تیمار اعمال گردید و برای هر تکرار یک درخت انتخاب شد) صورت گرفت، نتایج براساس برنامه تجزیه مرکب (آزمون دانکن) نرم‌افزار SAS ارزیابی و شکل توسط نرم‌افزار Excel 2016 رسم گردید.

نتایج

گونه نماتد مورد مطالعه براساس مشخصات ریخت‌شناسی و ریخت‌سنجی برش انتهای بدن نماتد ماده و لارو سن دوم، *M. incognita* تشخیص داده شد (Jepson, 1987).

نتایج حاصل از ارزیابی مرکب اثر تیمارهای مورد استفاده روی شاخص‌های رشدی نماتد نشان داد که از نظر کاهش شاخص آلودگی، بین تیمارهای مورد آزمایش، تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد وجود دارد (جدول ۱). اثر تیمار در شاخص آلودگی تعداد گال معنی‌دار نبود. در این شاخص، تأثیر مکان‌های مختلف در سطح یک درصد معنی‌دار شد. مقایسه اثر مکان روی تعداد گال نشان داد که دو منطقه لوندویل و لیسار در یک سطح قرار داشته و عملکرد تیمارها در این دو منطقه بهتر بوده است (شکل ۱). با مقایسه بین میانگین تیمارها، مشخص شد که کاهش معنی‌داری در مقایسه با شاهد مثبت رخ داده است. به‌گونه‌ای که تیمار کود مرغی در تمامی شاخص‌ها، بعد از دو تیمار شاهد منفی و راگبی، از بیش‌ترین کارآیی برخوردار بوده است (شکل‌های ۲، ۳ و ۵). کم‌اثرترین تیمار در شاخص‌های تعداد توده تخم، تعداد لارو و تخم در هر گرم ریشه، تعداد لارو سن دوم در ۱۰۰ گرم خاک و فاکتور تولیدمثل، تیمار ورمی‌کمپوست بود. البته این تیمار، در شاخص‌های تعداد توده تخم و تعداد لارو و تخم در هر گرم ریشه با تیمار کاشت کلم بروکلی، تفاوت معنی‌داری نداشت (شکل‌های ۲ تا ۵). در شاخص فاکتور تولیدمثل، سطوح ایجاد شده بین اکثر تیمارها مشترک بوده و اختلاف آماری معنی‌داری را نمی‌توان مشاهده نمود (شکل ۵). همچنین در مکان‌های مختلف، اثر تیمارها روی تعداد لارو سن دوم در ۱۰۰ گرم خاک در سطح یک درصد، معنی‌دار نشان داد. بررسی تأثیر تیمارهای مختلف بر تعداد لارو سن دوم در ۱۰۰ گرم خاک در مکان‌های متفاوت مورد آزمایش و در دو سال اجرای پژوهش مشخص نمود که پس از تیمار شاهد منفی و راگبی، بهترین عملکرد مربوط به تیمار کود مرغی بوده و بعد از آن و با فاصله نزدیک، تیمارهای ورمی‌واش و کود مرغی مایع قرار می‌گیرند. همچنین مشخص شد ورمی‌کمپوست در کاهش این شاخص، نسبت به سایر تیمارها ضعیف‌تر عمل نمود (شکل ۴).

بحث

نتایج به‌دست آمده در این تحقیق نشان داد با وجود مؤثر بودن تمامی تیمارهای مورد استفاده جهت کاهش شاخص‌های آلودگی نماتد، کود مرغی از بهترین اثربخشی برخوردار بود. بررسی میانگین‌ها، حکایت از کارآیی دو تیمار کود مرغی و ورمی‌کمپوست جهت کاهش شاخص‌های آلودگی به نماتد داشت. البته کود مرغی نسبت به ورمی‌کمپوست در این رابطه، از عملکرد بهتری برخوردار بود. نتایج کسب شده با مطالعه انجام شده در این زمینه همخوانی داشت به گونه‌ای که با مقایسه این دو ترکیب در کنترل نماتد، کود مرغی موفق‌تر از ورمی‌کمپوست عمل نموده است (Sunita devi & Debanand, 2016).

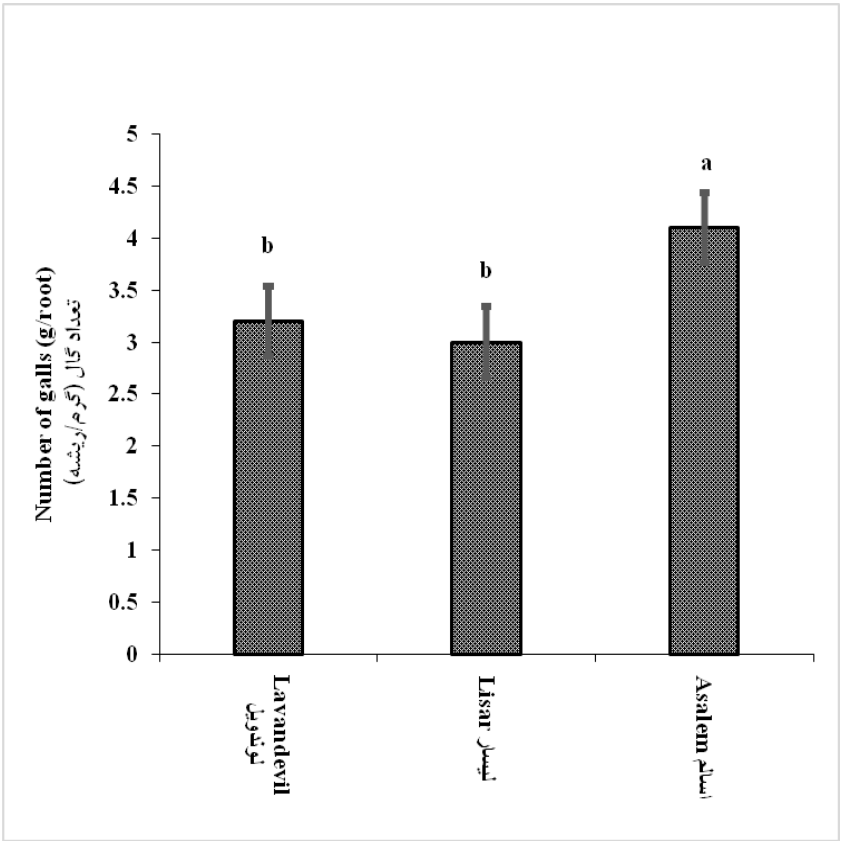
جدول ۱- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) شاخص‌های آلودگی به نماتد

Table 1- ANOVA (Mean Square) of nematode indices

منابع تغییرات Source	درجه آزادی DF	تعداد گال (ریشه) Number of galls (Root)	تعداد توده تخم (ریشه) Number of egg mass (Root)	تعداد تخم و لارو (ریشه) Number of eggs and larvae (Root)	تعداد لارو سن دوم (خاک) Number of J2 (Soil)	فاکتور تولیدمثل Reproduction Factor
مکانPlace	2	25.6**	5.7 ns	27358.9ns	479.5**	0.003 ns
سال Year	1	1.3ns	5.3 ns	13035.5ns	8.56ns	0.0003 ns
مکان*سال Place*Year	2	0.03 ns	0.03 ns	51. 4ns	0.42 ns	0.00001 ns
بلوک (مکان*سال)block(place*year)	18	0.47 ns	1.62 ns	5652.1ns	19.6 ns	0.0004 ns
تیمار Treatment	8	157.7 ns	295.9**	1967347.8**	118320.4**	2.84**
تیمار*مکان Ttreatment*Place	16	2.28 ns	2.3 ns	6351.1 ns	1129.7**	0.022 ns
تیمار*سال Treatment*Year	8	0.27ns	0.47ns	6870.2ns	0.04ns	0.00006ns
تیمار*مکان*سال Ttreatment*Place*Year	16	0.11ns	0.26ns	1311.1ns	0.04ns	0.00004ns
خطا Error	144	1.5	2.2	5786.9ns	34.5	0.0007
کل Corrected Total	215					
ضریب تغییرات (درصد) CV%		35.5	42.4	31.9	10.8	10.5

*،** و ns به‌ترتیب سطح معنی‌داری پنج درصد، یک درصد و فاقد تفاوت معنی‌دار

*, **, ns significant level at 5%, 1% and no significant, respectively

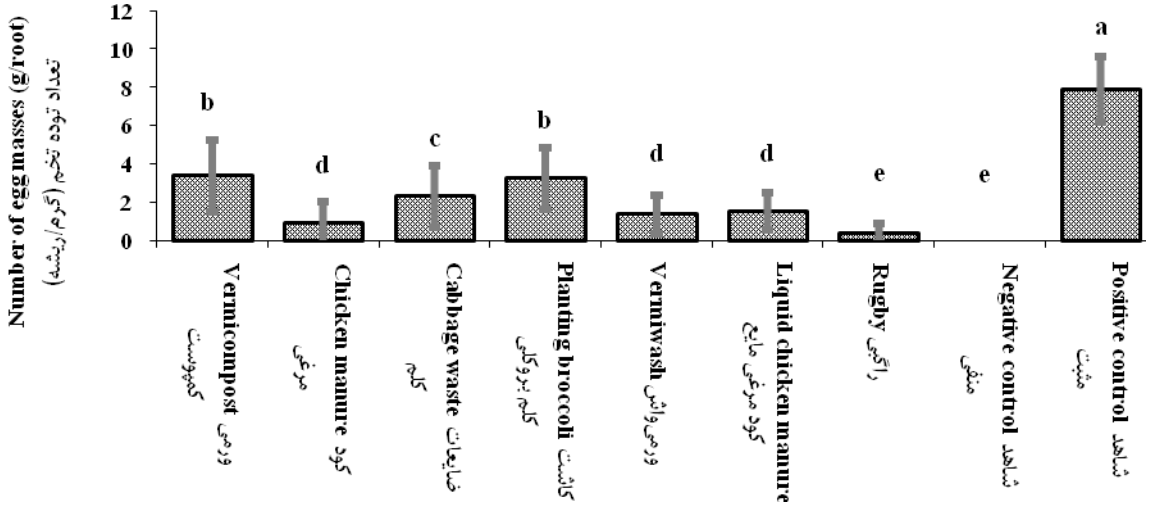


شکل ۱- تأثیر مکان بر تعداد گال (گرم در ریشه) گیاهان کیوی آلوده به *Meloidogyne incognita* تیمار شده با ترکیبات مختلف

هر ستون نشان دهنده میانگین و میله‌های خطا نشان دهنده انحراف معیار از میانگین سه تکرار می‌باشد. میانگین داده‌ها با حروف غیر مشابه، براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵ درصد معنی‌دار می‌باشند.

Figure 1- The effect of location on number of gall (g.root)$^{-1}$ on kiwifruit plants infected with *Meloidogyne incognita* and treated with different compounds

Each column represents the mean and error bars indicate standard deviation of the mean of three replicates. Means of data with different letters are significantly different at 5% level according to Duncan's multiple range test

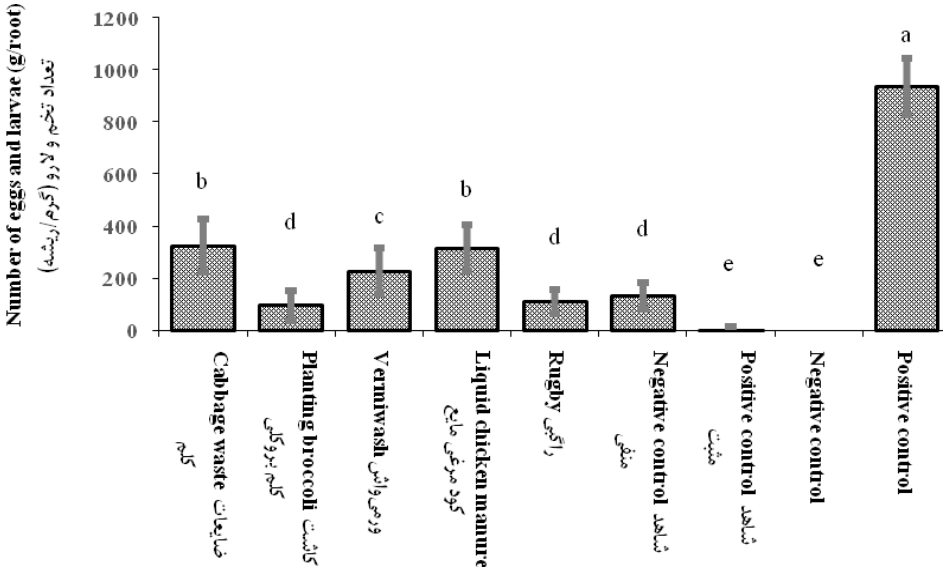


شکل ۲- میانگین تعداد توده تخم (گرم در ریشه) گیاهان آلوده به *Meloidogyne incognita* تیمار شده با ترکیبات مختلف

اعداد نشان دهنده میانگین و میله‌های خطا نشان دهنده انحراف معیار از میانگین سه تکرار می‌باشد. میانگین داده‌ها با حروف غیر مشابه، براساس آزمون دانکن در سطح ۵ درصد معنی‌دار می‌باشند.

Figure 2- The average number of egg masses (g. root)$^{-1}$ on kiwifruit plants infected with *Meloidogyne incognita* and treated with different compounds

Each column represents the mean and error bars indicate standard deviation of the mean of three replicates. Means of data with different letters are significantly different at 5% level according to Duncan's multiple range test

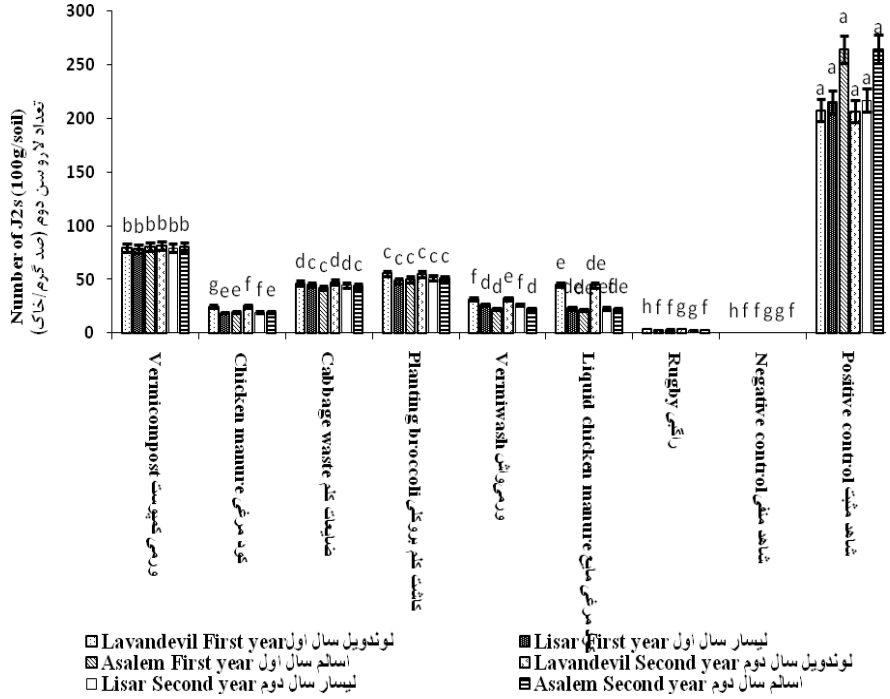


شکل ۳- میانگین تعداد تخم و لارو (گرم در ریشه) گیاهان آلوده به *Meloidogyne incognita* تیمار شده با ترکیبات مختلف

اعداد نشان دهنده میانگین و میله‌های خطا نشان دهنده انحراف معیار از میانگین سه تکرار می‌باشد. میانگین داده‌ها با حروف غیر مشابه، براساس آزمون دانکن در سطح ۵ درصد معنی‌دار می‌باشند

Figure 3- The average number of eggs and larva (g. root)$^{-1}$ on kiwifruit plants infected with *Meloidogyne incognita* and treated with different compounds

Each column represents the mean and error bars indicate standard deviation of the mean of three replicates. Means of data with different letters are significantly different at 5% level according to Duncan's multiple range test.

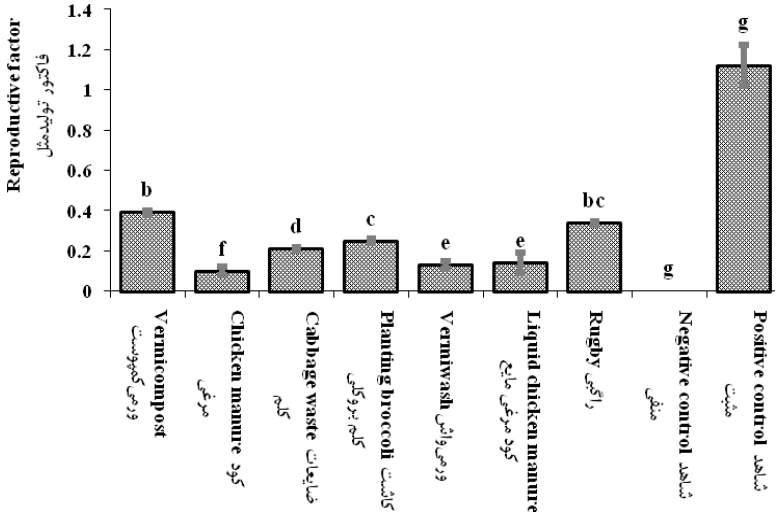


شکل ٤- تأثیر تیمارها در مکان‌های متفاوت بر شاخص تعداد لارو سن دوم نماتد ریشه‌گرهی کیوی *(Meloidogyne incognita)* در صد گرم خاک

اعداد نشان دهنده میانگین و میله‌های خطا نشان دهنده انحراف معیار از میانگین سه تکرار می‌باشد. میانگین داده‌ها با حروف غیر مشابه، براساس آزمون دانکن در سطح ۵ درصد معنی‌دار می‌باشند.

Figure 4- The effect of treatments in different locations on the number of second-stage juveniles of Kiwi fruit RKNs (*Meloidogyne incognita)* per hundred grams of soil

Each column represents the mean and error bars indicate standard deviation of the mean of three replicates. Means of data with different letters are significantly different at 5% level according to Duncan's multiple range test.



شکل ۵- میانگین فاکتور تولیدمثل نماتد *Meloidogyne incognita* روی کیوی تیمار شده با ترکیبات مختلف

اعداد نشان دهنده میانگین و میله‌های خطا نشان دهنده انحراف معیار از میانگین سه تکرار می‌باشد. میانگین داده‌ها با حروف غیر مشابه، براساس آزمون دانکن در سطح ۵ درصد معنی‌دار می‌باشند.

Figure 5- Mean reproduction factor of *Meloidogyne incognita* on kiwifruit treated with different compounds

Each column represents the mean and error bars indicate standard deviation of the mean of three replicates. Means of data with different letters are significantly different at 5% level according to Duncan's multiple range test.

در تحقیق دیگر نشان داده شد که استفاده از کود مرغی باعث کاهش خسارت نماتد می‌شود (Amulu & Adekunle, 2015). در بررسی مذکور، عملکرد محصول در تیمار کود مرغی نسبت به شاهد بالاتر بوده است. علاوه بر این، کاربرد ورمی‌کمپوست و فرآورده‌های کرم خاکی (*Aisenia fetida*) مانند ورمی‌واش روی کنترل نماتد مؤثر بوده و میزان عملکرد محصول را افزایش داده است (Rostami & Olia, 2016). در این تحقیق نیز تیمار ورمی‌واش و ورمی‌کمپوست نسبت به شاهد در کاهش شاخص آلودگی به نماتد، موفق عمل کرده‌اند همچنین در پژوهشی دیگر، تیمار ورمی‌کمپوست نسبت به شاهد، افزایش وزن تر و خشک ریشه و ساقه و افزایش طول ریشه و ساقه را به همراه داشته است (Heidari & Oila, 2017). گیاهان خانواده کلم در کنترل نماتد ریشه‌گرهی موفق عمل نموده‌اند (Karavina *et al.*, 2015). کاربرد ضایعات کلم باعث کاهش فاکتور تولیدمثل و کنترل نماتد شده است (El-Sherbiny & Awd Allah, 2014). در این مورد نیز، با نتایج به‌دست آمده از بررسی حاضر هماهنگی به چشم می‌خورد. کاشت کلم بروکلی، هویج، گل جعفری، گوجه‌فرنگی مقاوم و توت‌فرنگی جهت کنترل نماتد ریشه‌گرهی مورد استفاده قرار گرفته است. نتایج نشان داد که استفاده از کاشت کلم بروکلی، می‌تواند مؤثر عمل کند (López-Pérez *et al.*, 2010). بررسی‌های انجام شده حاکی از آن است که کودهای آلی مانند کود مرغی که دارای میزان نیتروژن بالایی هستند، به‌دلیل رهاسازی آمونیاک بعد از شروع تجزیه میکروبی، اثر سریعی در کاهش جمعیت نماتد داشته و با کاهش نسبت کربن به نیتروژن (C/N) می‌تواند مؤثر عمل کند. شایان ذکر است که در کودهای آلی در خاک‌های اسیدی نسبت به خاک‌های خنثی یا قلیایی، کارآمدتر واقع می‌شوند. کودهای آلی از جمله کود مرغی در هنگام تجزیه، ترکیبات نماتدکشی از جمله اسیدها، ترکیبات نیتروژنی و متابولیت‌های ثانویه آزاد می‌کنند (Nahar *et al.*, 2006;Fenwick, 1940). برخی از سازوکارهای اصلاح‌کننده‌های خاک روی کنترل نماتد شامل آزادسازی ترکیبات نماتدکش طبیعی (پلی‌تینیل‌ها، ایزوتیوسیانات‌ها، گلوکوزینولات‌ها، گلیکوزیدهای سیانوژنیک، پلی‌استیلن‌ها، آلکالوئیدها، اسیدهای چرب و مشتقات آنها، سسکویی‌ترپنوئیدها، دی‌ترپنوئیدها و ترکیبات استروئیدی گیاهی)، تحریک دشمنان طبیعی نماتد و بهبود رشد گیاه هستند که به‌دلیل افزایش حاصلخیزی خاک، به‌طور غیرمستقیم بر تحمل یا مقاومت گیاه در برابر آلودگی ناشی از فعالیت نماتد تأثیرگذارند (Oka, 2010; Chitwood, 2002). بقایای گیاهی کلم، حاوی مقادیر بالایی از ترکیبات گوگردی به نام گلوکوزینولات‌ها هستند که می‌توانند طی تجزیه زیستی در خاک به ایزوتیوسیانات و سایر ترکیبات ناشی از هیدرولیز آنزیمی که توسط آنزیم میروزیناز رخ می‌دهد، تبدیل شوند. ایزوتیوسیانات‌ها برای نماتدهای انگلی گیاهی، بسیاری از بیمارگرهای گیاهی و حشرات سمی هستند. دیگر ترکیبات فیتوشیمیایی موجود در گیاهان خانواده کلم مانند فنل‌ها و اسیدهای آسکوربیک ممکن است فعالیت گلوکوزینولات‌ها را تکمیل کنند (Antonious *et al.*, 2009; Avato *et al.*, 2004; Zasada & Ferris, 2013). فرآورده‌های کرم خاکی به‌دلیل وجود آنزیم‌های خاص ترشح شده، عناصر غذایی نامحلول در خاک را به‌صورت قابل جذب درآورده و باعث انتقال آنها از طریق ریشه می‌گردد. درنتیجه با دسترسی عناصر غذایی برای گیاه، خسارت حاصل از نماتد را تا حدودی جبران می‌کنند (Ribero *et al.*, 1998). از سوی دیگر، هورمون‌های تولید شده توسط کرم خاکی مانند سیتوکنین، اکسین و جیبرلین بر رشد طولی، ساقه و ریشه گیاه مؤثر بوده و در نتیجه شرایط فتوسنتز را برای گیاه بهبود می‌بخشند. اسیدهای آلی که از بدن کرم دفع می‌شوند به‌عنوان محرک رشد گیاه عمل می‌کنند (Tomati *et al.*, 1988; Selvaraj, 2011). بررسی‌ها نشان می‌دهد توکسین‌ها، سولفید هیدروژن، آمونیوم، نیترات و اجتماع ریزوباکترها که در اثر استفاده از فرآورده‌های کرم خاکی در اطراف ریشه گیاه افزایش می‌یابند، باعث از بین رفتن نماتدهای بیمارگر می‌شوند (Rodiguez-kabana, 1986). برخی از جمعیت باکتری‌های موجود در فرآورده‌های کرم‌های خاکی با ترشح کیتیناز سبب تجزیه دیواره سلولی سطح بدن برخی از انگل‌ها در محیط می‌شوند (Yasir *et al.*, 2009). ورمی‌کمپوست ممکن است با ازدیاد و انتشار قارچ‌های تله‌گذار نماتد باعث به دام انداختن لاروها و کاهش جمعیت نماتد شود. بیشتر باکتری‌های موجود در ورمی‌کمپوست مربوط به رده اکتینومیست‌ها و پروتئوباکتریا می‌باشند. اکتینومیست‌ها با تولید متابولیت‌های ثانویه، دیواره سلولی نماتد انگل گیاهی را از بین برده و باعث از بین رفتن سلول آنها می‌گردد (Edwards & Fletcher, 1988).

به‌طور کلی، با توجه به نتایج پژوهش حاضر می‌توان بیان کرد تمامی تیمارهای استفاده شده در کاهش شاخص‌های آلودگی نماتد مؤثر عمل نموده و نسبت به شاهد از اثرات قابل توجهی برخوردار بوده‌اند. تیمار کود مرغی نسبت به سایر تیمارها بهترین تأثیر را نشان داد. در رتبه‌های بعدی به‌ترتیب تیمارهای ورمی‌واش و عصاره کود مرغی قرار گرفتند. پیشنهاد می‌گردد استفاده از ترکیبات دیگر و سازوکارهای کنترل در مطالعات تکمیلی مورد توجه قرار گیرد.

سپاسگزاری

بدین‌وسیله از حمایت‌های مالی و امکانات فراهم شده توسط صندوق حمایت از پژوهشگران و فناوران کشور، دانشگاه گیلان و مدیریت حفظ‌نباتات استان گیلان تشکر و قدردانی می‌گردد.

References

1. Ahmadi, K., Ebadzadeh, H.R., Hatami, F., Abdeshah, H., & Kazemian, A. (2023). *Statistics of agricultural products of 2021-2022 crop year*. Volume One of Crops, Ministry of Jihad Agriculture. (In Persian)
2. Amulu, L.U., & Adekunle, O.K. (2015). Comparative effects of poultry manure, cow dung, and carbofuran on yield of *Meloidogyne incognita*-infested okra. *Journal of Agricultural Science and Technology, 17*(2), 495-504.
3. Antonious, G.F., Bomford, M., & Vincelli, P. (2009). Screening *Brassica* species for glucosinolate content. *Journal of Environmental Science and Health*, *44*(3), 311-316.
4. Avato, P., D'Addabbo, T., Leonetti, P., & Argentieri, M.P. (2013). Nematicidal potential of Brassicaceae. *Phytochemistry Reviews*, *12*(4), 791-802. https://doi.org/10.1080/03601230902728476
5. Boydston, R.A., & Vaughn, S.F. (2002). Alternative weed management systems control weeds in potato (*Solanum tuberosum*). *Weed Technology, 16*(1), 23–28.
6. Charles, K., Agathar, K., Ronald, M., Cosmas, P., Ignitius, M., & Blessing, M. (2015). Nematicidal effects of brassica formulation against root knot nematodes (*Meloidogyne javanica*) in tomatoes (*Solanum lycopersicum* L.). *Pakistan Journal of Phytopathology*, *27*(2), 109-114.
7. Chitwood, D.J. (2002). Phytochemical based strategies for nematode control. *Annual Review of Phytopathology, 40*, 221-249. https://doi.org/10.1146/annurev.phyto.40.032602.130045
8. Ebrahimi, M., Mousavi, A., Souri, M.K., & Sahebani, N. (2021). Can vermicompost and biochar control *Meloidogyne javanica* on eggplant? *Nematology*, *23*(9), 1053-1064.
9. Edwards, C.A., & Fletcher, K.E. (1988). Interactions between earthworms and microorganisms in organic matter breakdown. *Agriculture Ecosystems & Environment*, *24*(1-3), 235–249. https://doi.org/10.1016/0167-8809(88)90069-2
10. El-Sherbiny, A.A., & Awd Allah, S.F.A. (2014). Management of the root-knot nematode, *Meloidogyne incognita* on tomato plants by pre-planting soil biofumigation with harvesting residues of some winter crops and waste residues of oyster mushroom cultivation under field conditions. *Egyptian Journal of Agronematology*, *13*(1), 189-202. https://doi.org/10.21608/ejaj.2014.63695
11. Fenwick, D.W. (1940). Methods for recovery and counting of *Heterodera schachtii* from soil. *Journal of Helminthology*, *18*(4), 155-177. https://doi.org/10.1017/S0022149X00031485
12. Gad, S.B., Aljboori, Q.H.A., Abido, W.A.E., Abo-El-Kheer, E.A.M., & Saadoon, S.M. (2021). Efficacy of four cruciferous germinated grinded seed on adjusting *Meloidogyne incognita* infecting soybean plants. In *2nd Virtual International Scintific Agrticultural Conference*. (Vol. 735). https://doi.org/10.1088/1755-1315/735/1/012030
13. Heidari, F., & Oila, M. (2017). Studying the separate and integrated application of fungus, *Trichoderma harzianum* i2375 and Vermicompost in control of root-knot Nematode, *Meloidogyne javanica*, on tomato. *Journal of Applied Research in Plant Protection*, *6*(3), 11-22. (In Persian with English abstract)
14. Helalat, N., Nasresfahani, M., & Olia, M. (2017). The effect of organic fertilizers on population dynamics of sugar beet cyst nematode, *Heterodera schachtii*. *Journal of Plant Protection*, *31*(3), 475-487. (In Persian with English abstract)
15. Hussey, R.S., & Barker, K.R. (1973). A comparison of methods of collecting inocula of *Meloidogyne* spp. including a new technique, *Plant Disease Reporter, 57*, 1025-1028.
16. Jepson, S.B. (1987). *Identification of Root-Knot nematodes*. Cambrian news Ltd.
17. Karavina, C., Komota, A., Mandumbu, K., Parwada, C., Mugwati, I., & Masamha, B. (2015). Nematicidal effects of Brassica formulations against root knot nematodes (*Meloidogyne javanica*) in tomatoes (*Solanum lycopersicum* L.). *Pakistan Journal of Phytopathology*, *27*(02), 109-114.
18. Khan, S.A., Javed, N., Khan, M.A., Kamran, M., & Atif, H.M., (2008). Management of root knot 916 nematode *Meloidogyne incognita* through the use of plant extracts. *Pakistan Journal of Phytopathology*, *20*, 214-217.
19. Khazai pol, Y.Q. (2003). *Biology of flowering and pollination in kiwifruit*. Publication of agricultural education.
20. López-Pérez, J.A., Roubtsova, T., García, M.D.C., & Ploeg, A. (2010). The potential of five winter-grown crops to reduce root-knot nematode damage and increase yield of tomato. *Society of Nematologists*, *42*(2), 120-127.
21. López-Pérez, J.A., Roubtsova, T., & Ploeg, A. (2005). Effect of three plant residues and chicken manure used as biofumigants at three temperatures on *Meloidogyne incognita* infestation of tomato in greenhouse experiments. *Journal of Nematology*, *37*(4), 489–494.
22. Manzanilla-López, R., Evans, K., & Bridge, J. (2004). Plant diseases caused by nematodes. *Nematology Advances and Perspectives*, *2*, 637–716.
23. Michailides, T.J., & Elmer, P.A.G. (2000). Botrytis gray mold of kiwifruit caused by *Botrytis cinerea* in the United States and New Zeland. *Plant Disease*, *84*(3), 208–223.
24. Nahar, M.S., Grewal, P.S., Miller, S.A., Stinner, D., Stinner, B.R., Kleinhenz, M.D., Wszelaki, A., & Doohan, D. (2006). Differential effects of raw and composted manure on nematode community and its indicative value for soil microbial, physical and chemical properties. *Applied Soil Ecology*, *34*, 140-151.

25. Oka, Y., Koltai, H., Bar-Eyal, M., Mor, M., Sharon, E., Chet, I., & Spiegel, Y. (2000) New strategies for the control of plant-parasitic nematodes. *Pest Management Science, 56*, 983–988.
26. Oka,Y. (2010) Mechanisms of nematode suppression by organic soil amendments. *Applied Soil Ecology*, *44*(2), 101-115.
27. Oostenbrink, M. (1966). Major characteristics of the relation between nematodes and plants. *Mededelingen/Landbouwhogeschool Wageningen*, Veenman, Wageningen, pp. 46.
28. Osman, H.A., Ameen, H.H., Mohamed, M., El-Mohamedy, R., & Elkelany, U.S. (2018). Field control of *Meloidogyne incognita* and root rot disease infecting eggplant using nematicide, fertilizers, and microbial agents. *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, *28*(40). https://doi.org/10.1186/s41938-018-0044-1
29. Ribero, C.F., Miizobutsi, E.H., Silva, D.G., Pereira, J.C.R., & Zambolim, L. (1998). Control of *Meloidognye javanica* on lettuce with organic amendments. *Fitopatologia Brasileira*, *23*, 42–44.
30. Rodriguez-Kabana, R. (1986). Organic and inorganic nitrogen amendments to soil as nematode suppressants. *Journal of Nematology*, *18*, 129-135.
31. Rostami, M.,& Olia, M. (2016). Control of pathogenicity root-knot nematode (*Meloidogyne javanica*) by earthworm eisenia feoetida-based products in greenhouse. *Iranian Plant Protection Research, 30*(1), 42-53. (In Persian with English abstract)
32. Sasser, J.N., & Carter, C.C. (1985). Overview of the International *Meloidogyne* Project 1975-1984. Pp: 19-24. In: Sasser, J. N. and Carter, C. C. (Eds.), An advanced treatise on Meloidogyne. Volume 1: Biology and control. Raleigh: North Carolina State University Graphics.
33. Selvaraj, A. (2011). Effect of vermicompost tea on the growth and yield of tomato plants and suppression of root knot nematode in the soil. Information website: https://escholarship.org/uc/item/49t6942q
34. Sunita Devi, T.H., & Debanand, D.A.S. (2016). Effect of organic amendments on root-knot nematode (*Meloidogyne incognita*) in cucumber. *Pest Management in Horticultural Ecosystems*, *22*(2), 110-114.
35. Taylor, D.P., & Netscher, C. (1974). An improved technique for preparing perennial pattern of *Meloidogyne* spp., *Nematologica*, *20*, 268-270.
36. Tomati, U., Grappelli, A., & Galli, E. (1988). The hormone like effect of earthworm casts on plant growth. *Biology and Fertility of Soils*, *5*, 288-294.
37. Whitehead, A.G., & Hemming. J.R., (1965). A comparison of some quantitative methode of extracting small vermiform nematodes from soil. *Annal Applied Biology*, *55*, 25-38.
38. Yasir, M., Aslam, Z., Kim, S.W., Lee, S.W., Jeon, C.O., & Chung, Y.R. (2009). Bacterial community composition and chitinase gene diversity of vermicompost with antifungal activity. *Bioresource Technology*, *100*, 4396–4403.
39. Zasada, I.A., & Ferris, H. (2004). Nematode suppression with brassicaceous amendments: application based upon glucosinolate profiles. *Soil Biology and Biochemistry*, *36*, 1017-1024.
40. Zuhair, R., Thabet, Y., Moustafa, A., Mustafa, N.S.A., El-Dahshouri, M.F., Zhang, L., & Ageba, M.F. (2022). Efficacy of amended vermicompost for bio-control of root knot nematode (RKN) *Meloidogyne incognita* infesting tomato in Egypt. *Environmental Technology & Innovation*, *27*, 102397. https://doi.org/10.1016/j.eti.2022.102397

Journal of Iranian Plant Protection Research

https://jpp.um.ac.ir

Research Article
Vol. 38, No. 1, 2024, p. 35-47

Assessment of Genetic Resistance of Safflower (*Carthamus tinctorius*) to Fusarium Damping Off in Greenhouse Condition

H. Sadeghi Garmaroodi[1*], H. Jabbari[2], M.R. Nazari[2], M.B. Valipour[3]

1- Associate Professor, Seed and Plant Improvement Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran
(*- Corresponding Author Email: h.sgarmaroodi@areeo.ac.ir)
2- Assistant Professor, Seed and Plant Improvement Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran
3- Safflower Expert, Seed and Plant Improvement Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran
,

Received: 01-01-2024
Revised: 26-03-2024
Accepted: 09-04-2024
Available Online: 06-09-2024

How to cite this article:
Sadeghi Garmaroodi, H., Jabbari, H., Nazari, M.R., & Valipour, M.B. (2024). Assessment of genetic resistance of safflower (*Carthamus tinctorius*) to fusarium damping off in greenhouse condition. *Journal of Iranian Plant Protection Research*, *38*(1), 35-47. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22067/jpp.2024.86136.1172

Introduction

The pathogenic fungus, *Fusarium oxysporum* f.sp. *carthami* (FOC) is one of the main causal agent of safflower damping-off in Iran and worldwide. Climate change and extending of safflower farming area, specifically in rainfed systems have caused considerable crop loss in recent years. This pathogen can cause damping-off in any growth stage.

Materials and Methods

The pathogen FOC was isolated from infected plants, purified by single sporing, identified to species level, followed by the pathogenicity test in the lab condition on the Petri plates containing SNA media using Soffeh, a cultivar of safflower. A high pathogenic isolate of FOC was selected for further investigation for disease resistance evaluation test in greenhouse condition. Resistance level of 16 safflower genotypes was determined using inoculum layer test method in which infestation of sterile soil was implemented using fungal mycelial mat cultured on agar disk. Each genotypes comprised of six replications. Three pots inoculated and three un-inoculated as the mock. 45 days later, the plants uprooted and washed. Since disease scoring might vary a lot in replications, three more traits including plant height, aboveground biomass weight and root weight were recorded in inoculated and un-inoculated pots and then compared with each other. In addition, disease severity (DS) using a 0-5 scale were recorded for each plant. Reduction percent of plant height (PHR), root weight reduction percent (RWR) and biomass reduction percent weight (PBR) were calculated using data obtained from inoculated and un-inoculated pots and subjected to statistical analysis using R programming software. Since dwarfing of the inoculated plants was an important symptom in the field and greenhouse, a disease index (DI) was identified by multiplication of PHR and DS for each genotype. All the traits were subjected to analysis of variance and comparison of means by least significant difference (LSD) method. Correlation test was conducted between all the traits to find if there is any statistically

©2024 The author(s). This is an open access article distributed under Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0), which permits use, sharing, adaptation, distribution and reproduction in any medium or format, as long as you give appropriate credit to the original author(s) and the source.
https://doi.org/10.22067/jpp.2024.86136.1172

significant correlation between them. Reaction of genotypes to the disease was shown by a partitional cluster plot using k-means algorithm.

Results and Discussion

Different Fusarium species were isolated from infected root and crown of safflower. *Fusarium spp*. and *Macrophomina phaseolina* were the top two main agents of damping-off isolated from safflower farms in Karaj and Zabol. Three different pathogenic Fusarium species including *F. oxysporum*, *F. solani* and *F. verticillioides* were isolated out of 30 infected samples. G186 as a very aggressive isolate of FOC was selected in order to screen the genotypes in the greenhouse. Analysis of variance of the traits which measured in greenhouse showed that all of them are statistically different at 1% level. Least square difference (LSD) multiple comparison of the RWR trait showed that the cultivar Goldasht has the lowest decrease in root weight compared to the control. This cultivar had the lowest decrease in PBR and PHR traits among the genotypes as well. Comparing DI of 16 genotypes indicated that Goldasht had the lowest index followed by L160 and L136. Therefore, they can be considered the most tolerant ones to FOC. The Pearson correlation test suggested a statistically significant difference between the traits RWR and PBR. PHR had a stronger correlation with PBR, as well. Partitional clustering revealed 4 different clusters in which resistant genotypes including Goldasht, L160 and L136 grouped in the same cluster while the susceptible ones including Padideh, Ghazzaghi, L72 and L111 grouped together in another cluster.

Conclusion

Fusarium oxysporum was frequently isolated in Karaj and Zabol fields and is expected to be a major pathogen of safflower in other safflower growing areas that needs to be verified by collecting more samples. The inoculum layer test method of inoculation seems to be an effective method to cause disease symptoms on safflower genotypes. However, there should be more tests on safflower-Fusarium interaction using different Fusarium species., i.e. *F. solani* and *F. verticillioides* to find more sources of resistance using different methods of inoculations. Most of the worldwide researches on pathobreeding of safflower to Fusarium are conducting using FOC isolates. Isolation of *F. verticillioides* frequently in this research might indicate that this species can be an important threat to this crop in the coming years. This species is known to cause crop loss mainly in aboveground parts of corn and sorghum farms but now it is frequently observed in safflower fields. Application of machine learning techniques to cluster different genotypes based on their reaction to the disease might be regarded as a useful method to find reaction of each genotype to the disease more accurately.

Keywords: Damping-off, Fusarium, Safflower genotypes, Resistance

نشریه پژوهش‌های حفاظت گیاهان ایران
https://jpp.um.ac.ir

مقاله پژوهشی
جلد ۳۸ شماره ۱، بهار ۱۴۰۳، ص. ۴۷-۳۵

تعیین مقاومت ژنتیکی ارقام و لاین‌های گلرنگ (*Carthamus tinctorius*) به بوته‌میری فوزاریومی در شرایط گلخانه

حمید صادقی‌گرمارودی[۱*] - حمید جباری[۲] - محمدرضا نظری[۲] - محمدباقر ولی‌پور[۳]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۰/۱۱
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۱/۲۱

چکیده

قارچ بیمارگر *Fusarium oxysporum* f.sp. *carthami* (FOC) از عوامل اصلی بوته‌میری گلرنگ در ایران و جهان است. تغییرات اقلیمی و توسعه کشت گلرنگ به‌خصوص در زراعت دیم، سبب خسارت چشمگیر این بیماری شده است. گونه‌های متعددی از فوزاریوم به‌عنوان بیمارگر از ریشه و طوقه گلرنگ جدا و معرفی شده‌اند که در میان آنها گونه یادشده فراوانی و اهمیت بیشتری نسبت به سایر گونه‌ها دارد. به‌نظر می‌رسد که استفاده از مقاومت ژنتیکی یکی از مهمترین روش‌ها برای مدیریت این بیماری باشد. بیمارگر یادشده پس از جداسازی، خالص‌سازی و اثبات بیماری‌زایی در شرایط آزمایشگاهی، در آزمون‌های ارزیابی مقاومت ۱۶ ژنوتیپ گلرنگ به‌کار برده شد. در این آزمایش‌ها، از روش آلوده‌سازی خاک سترون با دیسک آگار حاوی پوشش قارچ بیمارگر FOC برای آلوده‌سازی ژنوتیپ‌های گلرنگ استفاده گردید. برای هر ژنوتیپ سه تکرار (گلدان) برای تیمار مایه‌زنی و سه تکرار برای شاهد بدون مایه‌زنی استفاده شد. در نهایت ۴۵ روز پس از مایه‌زنی، علاوه بر یادداشت‌برداری شدت بیماری با یک مقیاس شش قسمتی، ارتفاع گیاهان، وزن ریشه‌ها و وزن توده بخش هوایی برای هر تکرار اندازه‌گیری سپس درصد کاهش ارتفاع بوته‌ها، وزن ریشه‌ها و وزن توده بخش هوایی در مقایسه با شاهد برای هر تکرار محاسبه و با آزمون‌های آماری با یکدیگر مقایسه شدند. همه صفات اندازه‌گیری شده تفاوت‌های معنی‌داری بین ژنوتیپ‌ها در سطح ۱ درصد نشان دادند. مقایسه شاخص بیماری بین ژنوتیپ‌ها نشان داد که رقم گلدشت دارای پایین‌ترین نرخ آلودگی به فوزاریوم بوده و لاین‌های ۱۶۰ و ۱۳۶ به‌ترتیب در رده‌های بعدی قرار دارند، بنابراین دارای بیشترین سطوح مقاومت به قارچ FOC هستند. آزمون همبستگی پیرسون بین ۵ صفت اندازه‌گیری شده حاکی از وجود همبستگی معنی‌دار بین شاخص بیماری با شدت بیماری و درصد کاهش ارتفاع بوته‌های تیمارشده بود ($r = 0.72$). خوشه‌بندی ژنوتیپ‌ها با استفاده از الگوریتم‌های خوشه‌بندی، ۱۶ ژنوتیپ مورد آزمایش را در چهار خوشه قرار داد. در این خوشه‌بندی، ارقام گلدشت، لاین ۱۶۰ و لاین ۱۳۶ در یک خوشه قرار گرفتند. ارقام حساس پدیده، توده محلی قزاقی، لاین ۷۲ و لاین ۱۱۱ نیز در خوشه جداگانه‌ای واقع شدند. در این تحقیق، خوشه‌بندی تفکیکی ژنوتیپ‌های گلرنگ با الگوریتم k-means توانست ژنوتیپ‌ها را از نظر حساسیت به بیماری در چهار گروه مختلف دسته‌بندی نماید که احتمالاً بتوان هر کدام از این خوشه‌ها را متناظر با یکی از واکنش‌های حساس، نسبتاً حساس، نسبتاً مقاوم و مقاوم در نظر گرفت. اگرچه در این تحقیق از گونه FOC برای ارزیابی مقاومت ژنوتیپ‌های گلرنگ استفاده شد ولی گونه‌های دیگری مثل *F. solani* و *F. verticillioides* نیز دارای فراوانی قابل توجهی بودند که بیماری‌زایی آنها در شرایط آزمایشگاهی نیز تأیید گردید. بنابراین لازم است در آزمون‌های ارزیابی مقاومت، آزمایش‌های جداگانه‌ای برای هر کدام از آنها انجام پذیرد.

واژه‌های کلیدی: بوته‌میری، ژنوتیپ‌های گلرنگ، فوزاریوم، مقاومت

۱- دانشیار، مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران
۲- استادیار، مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران
۳- کارشناس، مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران
(*- نویسنده مسئول: Email: h.sgarmaroodi@areeo.ac.ir)

https://doi.org/10.22067/jpp.2024.86136.1172

مقدمه

گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.) گیاهی است چندمنظوره که برای تولید روغن، گل، علوفه و مواد دارویی و آرایشی در بیش از ۶۰ کشور دنیا کاشته می شود (Emongor & Oagile, 2017). این گیاه مخصوص مناطق خشک که دارای باران‌های فصلی هستند، می‌باشد. ریشه اصلی ممکن است ۳-۲ متر در خاک نفوذ نماید. ریشه های عمیق آنها در تحمل به خشکی نقش مهمی دارند. روغن گلرنگ غنی از اسیدهای چرب اشباع نشده است که نقش مهمی در کاهش سطح کلسترول خون دارد. روغن گلرنگ در بیشتر ارقام موجود حاوی ۷۵-۷۰ درصد لینولئیک اسید (18:2) هستند (Velasco & Fernandez-Martinez, 2001). در سال‌های اخیر جمع‌آوری گلچه‌های گلرنگ در کشور به ارزش اقتصادی این محصول افزوده است. تحقیقات نشان داده که جمع‌آوری گلچه‌ها در بازه‌های زمانی که ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد غوزه‌ها شکوفا شده‌اند، تأثیری در عملکرد محصول ندارد (Kizil *et al.*, 2008).

متاسفانه روند کاشت و تولید این محصول در پنج سال گذشته در سطح جهانی کاهشی بوده است. تولید جهانی این محصول در بین سال‌های ۲۰۱۶ تا ۲۰۱۹ با افت چشمگیری از ۱۱۷۰ هزار هکتار به حدود ۶۵۰ هزار هکتار رسیده اگرچه در سال‌های ۲۰۱۹ تا ۲۰۲۱ با روندی آرام سطح زیرکشت آن افزایش یافته و طبق آخرین آمار در سال ۲۰۲۱ به ۸۵۰ هزار هکتار رسید. سطح زیرکشت این محصول در کشور در سال ۲۰۱۶ از ۴۱۰۰ هکتار به ۳۷۳۰ هکتار در سال ۲۰۲۱ رسیده است. کشورهای قزاقستان، روسیه، آمریکا، هند و مکزیک ۵ کشور برتر از نظر سطح زیرکشت گلرنگ در دنیا محسوب می‌شوند. تولید جهانی این محصول در سال ۲۰۲۱ بالغ بر ۶۶۴ هزار تن بوده است (Anonymous, 2019).

کاشت گلرنگ با تنش‌های زنده و غیرزنده متعددی روبرو می‌شود. در میان بیماری‌های رایج گلرنگ در دنیا، بوته‌میری گلرنگ از اهمیت خاصی برخوردار است. عوامل قارچی متعدد سبب این بیماری می شوند. اولین بار اوومیست *Phytophthora drechsleri* از بوته‌میری گلرنگ رقم فریو در کرج گزارش شد. همچنین قارچ‌های *Fusarium oxysporum* و *Rhizoctonia solani* به‌ترتیب از دزفول و اهواز به عنوان عامل بوته‌میری گزارش شده‌اند (Ershad, 2009). علاوه بر عوامل یادشده، اوومیست *Pythium ultimum* و *Fusarium solani* نیز به‌عنوان عوامل بوته‌میری گلرنگ گزارش شده‌اند (Ershad, 2009; Abdollahi & Fasihiani, 1995). خسارت بوته‌میری گلرنگ در اصفهان حدود ۱۰ درصد یا بیشتر ارزیابی شده است (Behdad, 1990). قارچ *Macrophomina phaseolina* از دیگر عوامل مهم بوته‌میری در کشور بوده که برای اولین بار در سال ۱۳۸۱ در گرگان روی گلرنگ گزارش گردید (Razavi & Pahlavani, 2004). قارچ گرمادوست ماکروفومینا در سال‌های اخیر به‌دلیل گرم شدن هوا و تغییر اقلیم اهمیت خاصی پیدا کرده است. در میان عوامل متعدد قارچی معرفی شده، دو قارچ فوزاریوم و ماکروفومینا در مشاهدات میدانی به‌کرات مشاهده شده‌اند و باعث خسارت اقتصادی در زراعت‌های آبی و دیم می‌شوند، بنابراین در برنامه‌های به‌نژادی گلرنگ در مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر مورد توجه قرار گرفته‌اند.

قارچ *Fusarium oxysporum* Schlecht. f.sp. *carthami* Klisiewicz and Houston (FOC) برای اولین بار در آمریکا از بوته‌های آلوده جدا شد. این قارچ خاکزاد و بذرزاد بوده و در هندوستان مهمترین عامل بوته‌میری گلرنگ محسوب می‌گردد (Sastry & Chattopadhyay, 2003).

مدیریت بوته‌میری فوزاریومی بسیار مشکل بوده و نیاز به اعمال راهکارهای چندجانبه دارد. قارچ عامل به‌صورت کلامیدوسپور درخاک بقا داشته و می‌تواند به‌صورت گندروی بر روی بقایای گیاهی زنده بماند. ترکیبی از کنیدیوم، هیف و کلامیدوسپورها زادمایه قارچ برای ایجاد آلودگی در سال‌های بعد هستند. انتشار عامل بیماری از طریق خاک‌های آلوده، آب آبیاری، تولید کنیدیوم‌های هوازی و لوازم کشاورزی صورت می‌گیرد (Singh & Kapoor, 2018). در بین روش‌های مختلف کنترل بیماری، استفاده از ارقام مقاوم اقتصادی‌ترین و از نظر محیط‌زیست سالم‌ترین روش کنترل بیماری محسوب می‌گردد (Sastry & Chattopadhyay, 2003). ولی بهرحال استفاده از ارقام مقاوم گاهی به‌دلیل ورود نژادهای جدید بیمارگر با چالش جدی روبرو می‌گردد (Raghuwanshi *et al.*, 2008).

علائم بیماری به‌صورت پژمردگی و زردی برگ‌های مسن و پایینی گیاه صورت بروز می‌کند که بعداً به برگ‌های بالائی سرایت می‌کند. کلروز معمولاً در یک سمت گیاه مشاهده می‌شود. اگر آلودگی در مرحله گیاهچه‌ای رخ دهد کوتاهی بوته‌ها به‌وضوح مشاهده می شود. اگر ارقام حساس در مزارع آلوده کاشت شوند خسارت تا ۱۰۰٪ هم خواهد رسید.

افزودن مواد آلی به خاک باعث کاهش بیماری و افزایش قدرت نگهداری آب خواهد شد. کاشت بذور گلرنگ در خاک‌های گرم که روند تندش بذر را تسریع می‌کند در فرار از بیماری نقش مهمی دارد. تناوب زراعی ۳ ساله و یا بیشتر با گندمیان و یا ذرت، عملیات زراعی برگردان سطحی خاک با چیزل بین ردیف‌های کاشت که در نفوذپذیری خاک مؤثر است، پرهیز از عملیات زراعی که باعث زخمی شدن ریشه‌ها می‌شوند، تنظیم فواصل آبیاری و پرهیز از کشت متراکم (فاصله کاشت ۷-۵ سانتی‌متری روی ردیف‌های کاشت) در کاهش

بیماری مؤثر است. استفاده از سموم کاپتان و ویتاواکس به‌صورت ضدعفونی بذر در کاهش شدت بیماری نقش مهمی دارد (Schwartz & Ghent, 2005).

نژادهای مختلفی از قارچ FOC در منابع گزارش شده‌اند (Klisiewicz & Thomas, 1970). لاین A14154، رقم Nebraska-6، US-10 و ژیلا از جمله ارقام افتراقی جهت تعیین نژادهای فیزیولوژیک این قارچ محسوب می‌شوند.

در تحقیقی که توسط شریف‌نبی و سعیدی در سال ۱۳۸۳ انجام گرفت، عامل بیماری بوته‌میری گلرنگ در استان اصفهان را *Fusarium solani* معرفی کردند (Sharifnabi & Saeidi, 2004)؛ بهرحال در بیشتر منابع عامل بیماری گونه *F. oxysporum* ذکر گردیده است (Raghuwanshi *et al*., 2008; Klisiewicz, 1980).

ارزیابی‌ها نشان داده که مواد ژنتیکی منشا گرفته از غرب آسیا منابع خوبی از مقاومت به این بیماری هستند (Klisiewicz, 1980). شریف‌نبی و سعیدی واکنش ۶۰ ژنوتیپ گلرنگ به بیماری فوزاریومی را در شرایط گلخانه‌ای بررسی کردند. ژنوتیپ‌های IUTE-14310 و IUTE-121 به‌ترتیب مقاومترین و حساسترین ژنوتیپ شناخته شدند. ارقام خارجی AC Sterling و Saffire به‌عنوان مقاوم و AC sunset به‌عنوان نسبتاً مقاوم شناخته شدند. رقم بومی کوسه که در سطح وسیعی در استان اصفهان کشت می‌شود به‌عنوان رقم حساس شناخته شد. در مجموع هفت ژنوتیپ مقاوم در طی این تحقیق معرفی شدند (Sharifnabi & Saeidi, 2004).

علاوه بر این، در تحقیق انجام شده توسط ناصحی و همکاران (Nasehi, *et al*., 2009) گونه *F. solani* عامل اصلی بوته‌میری گلرنگ در اصفهان معرفی گردید. بیماری‌زائی جدایه‌های مختلف فوزاریوم در شرایط گلخانه ای و واکنش ۲۱ ژنوتیپ گلرنگ در شرایط آزمایشگاه و گلخانه انجام گرفت. در این تحقیق آلودگی مصنوعی در شرایط آزمایشگاه با قرار دادن بذرهای جوانه‌زده گلرنگ داخل تشتک پتری حاوی کشت یک هفته‌ای قارچ روی محیط‌کشت PDA انجام و یک هفته بعد از مایه‌زنی، طول زخم ایجادشده روی ریشه اندازه‌گیری شد. آلودگی مصنوعی در شرایط گلخانه با قرار دادن دانه‌های گندم حاوی توده میسلیومی فوزاریوم در کنار طوقه گیاهچه‌های چهاربرگی انجام شد. تعداد بوته‌های زنده در دو مرحله، یکی پس از بوته میری ۵۰ درصد ژنوتیپ حساس (۷ روز پس از مایه‌زنی) و دیگری ۴۵ روز بعد از مایه‌زنی یادداشت‌برداری گردید. رقم کوسه حساس‌ترین و لاین KW11 متحمل‌ترین ژنوتیپ به بوته‌میری فوزاریومی بودند. رقم گل مهر (KW2) بعد از کوسه حساس‌ترین رقم شناخته شد.

در بررسی دیگری که توسط سینگ و همکاران در سال ۲۰۰۸ صورت گرفت، رقم Nira به‌عنوان شاهد حساس و HUS-305 به عنوان شاهد مقاوم به‌طور متوسط ۹۲ و ۲۲ درصد آلودگی داشتند. هیچ‌کدام از ارقام و ژنوتیپ‌های مورد بررسی، مصون از بیماری نبودند. شش ژنوتیپ شامل WR-11-4-6، WR-8-24-12، WR-8-19-10، WR-4-6-5، WR-5-20-10 و WR-8-17-9 نسبتاً مقاوم گزارش شدند (Singh *et al*., 2008). سازوکارهای مختلفی برای مقاومت گیاهان به بیمارگرهای قارچی ذکر شده‌اند. فعالیت آنزیم‌های پلی‌فنل اکسیداز و ترکیبات فنلی در ارقام مقاوم در پاسخ به فعالیت بیمارگر *F. oxysporum* به‌طور معنی‌داری افزایش نشان داده است (Madadkhah *et al*., 2015).

با در نظر گرفتن توسعه کشت گلرنگ در سال‌های اخیر به خصوص در مزارع دیم و در شرایط کم آبی، این محصول بیشتر از گذشته در معرض بیمارگر فوزاریوم قرار می‌گیرد بنابراین لازم است منابع ژنتیکی موجود از نظر سطوح مقاومت به بیمارگر یادشده مورد ارزیابی واقع شده و ارقام و ژنوتیپ‌های متحمل به بیماری در میان آنها مشخص شوند تا در شرایط مزرعه خسارت کمتری به زراعت این محصول وارد شود.

مواد و روش‌ها

جداسازی، شناسایی، خالص‌سازی و تکثیر قارچ‌های بیمارگر

بوته‌های آلوده گلرنگ از مزارع آزمایشی و ازدیادی در مزرعه ۴۰۰ هکتاری مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر و نیز از مزارع آزمایشی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی سیستان در زابل جمع‌آوری و به آزمایشگاه بیماری‌های گیاهی بخش تحقیقات دانه‌های روغنی منتقل شده و به قطعات کوچک نیم‌سانتی متری بریده و پس از شستشو با محلول مایع ظرفشویی با محلول هیپوکلریت سدیم ۰/۵ درصد به‌مدت ۱۰ دقیقه ضدعفونی گردیدند. قطعات بافت‌های آلوده گیاهی پس از خشک شدن بر روی کاغذ صافی زیر هود لامینار به محیط‌کشت‌های عمومی مثل آرد ذرت آگار حاوی آنتی‌بیوتیک ریفامپیسین یا آمپی‌سیلین (50 mg/ml) منتقل شدند. در برخی موارد از قارچ‌کش پنتاکلرو نیترو بنزن[1] به میزان ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر محیط‌کشت استفاده گردید. تشتک‌های کشت‌شده در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد در تاریکی نگهداری شدند. پس از سه تا پنج روز، پرگنه‌های رشدیافته در اطراف قطعات آلوده به تشتک‌های حاوی محیط‌کشت‌های حداقلی مثل SNA[2] یا M-100[3] واکشت شدند (Sadeghi Garmaroodi & Mansouri, 2016).

بیماری‌زایی قارچ‌های جداشده بر روی محیط‌کشت M-100

1- Penta chloro nitro benzene, PCNB
2- Spezieller Nahrstoffarmer agar, SNA
3- Minimal medium-100

انجام گرفت. بدین‌منظور، از هر جدایه سه تکرار بر روی محیط‌کشت تهیه و پس از ده روز، بذرهای جوانه زده گلرنگ به روی توده هیفی قارچ رشد یافته منتقل شدند. پس از ۵ روز یادداشت‌برداری بیماری زایی با استفاده از یک مقیاس ۵ قسمتی انجام پذیرفت. شناسایی گونه ها با استفاده از کلید لزلی و سامرل (Leslie & Summerel, 2006) انجام شد. در نهایت یک جدایه با بیماری‌زایی بالا از گونه *Fusarium oxysporum* با کد G186 که از سیستان جدا شده بود به‌عنوان جدایه معیار برای ارزیابی‌های مقاومت به‌کار رفت (داده‌های بیماریزایی و شناسایی قارچ عامل در این گزارش ارائه نشده‌اند). به منظور تولید زادمایه قارچ *F. oxysporum* f. sp. *carthami* (FOC) از محیط کشت M-100 استفاده گردید.

مواد گیاهی

در مجموع ۱۶ رقم و لاین گلرنگ به قارچ فوزاریوم در شرایط گلخانه ارزیابی شدند (جدول ۱). مواد مورد ارزیابی شامل هشت رقم که در داخل کشور توسط مؤسسات اصلاح و تهیه نهال و بذر و دیم معرفی شده‌اند، شش لاین انتخابی از میان ۱۲۰ لاین دریافتی از بانک ژن IPK در آلمان که در ارزیابی‌های مقدماتی صفات زراعی و تحمل به بیماری آنها ارزیابی گردیده بود و در مرحله گیاهچه‌ای دارای تحمل نسبی به فوزاریوم (*Fusarium solani*) بودند (Jabbari, *et al.*, 2022). به‌علاوه دو توده محلی اصفهان و قزاقی برای ارزیابی های گلخانه‌ای در نظر گرفته شدند (جدول ۱).

جدول ۱- ژنوتیپ‌های گلرنگ ارزیابی شده در این تحقیق

Table 1- Safflower genotypes evaluated in this research

ردیف No.	ژنوتیپ‌های گلرنگ Safflower genotypes	Description[1]
1	گلدشت Goldasht	تیپ رشدی بهاره، بی‌خار، گلچه قرمز، معرفی شده توسط مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر Spring type-Spineless-Red floret-release by SPII
2	صفه Soffeh	تیپ رشدی بهاره، بی‌خار، گلچه قرمز، معرفی شده توسط مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر Spring type-Spineless-Red floret-release by SPII
3	توده محلی اصفهان Esfahan landrace	تیپ رشدی بهاره، بی‌خار، گلچه قرمز، معرفی شده توسط مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر Spring type-Spineless-Red floret-release by SPII
4	گلمهر Golmehr	تیپ رشدی زمستانه، بی‌خار، گلچه قرمز، معرفی شده توسط مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر Winter type- Spineless- Red floret- released by SPII
5	پرنیان Parnian	تیپ رشدی بینابینی، بی‌خار، گلچه سفید، معرفی شده توسط مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر Intermediate type- Spineless- White floret- released by SPII
6	پدیده Padideh	تیپ رشدی زمستانه، خاردار، گلچه نارنجی، معرفی شده توسط مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر Winter type- Spiny- Orange floret- released by SPII
7	امیر Amir	تیپ رشدی بینابینی، بی‌خار، گلچه قرمز، معرفی شده توسط مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر Intermediate type- Spineless-Red floret- released by SPII
8	سینا Sina	تیپ رشدی بینابینی، خاردار، گلچه زرد یا نارنجی، معرفی شده توسط مؤسسه تحقیقات دیم کشور Intermediate type- Spiny- Yellow or orange floret- released by DARI
9	فرامان Faramaan	تیپ رشدی بینابینی، بی‌خار، گلچه قرمز، معرفی شده توسط مؤسسه تحقیقات دیم کشور Intermediate type- Spineless- Red floret- released by DARI
10	توده محلی قزاقی Ghazzaghi Landrace	تیپ رشدی بینابینی، خاردار، گلچه زرد، توده وارداتی از قزاقستان Intermediate type- Spiny- Yellow floret, Imported from Kazakhstan
11	لاین 72 Line 72	لاین خالص، خاردار، گلچه قرمز، با منشأ ژاپنی دریافت شده از مؤسسه تحقیقات ژنتیک گیاهی لایب نیتز، آلمان Japan "A"- Spiny- Yellow floret- received from IPK
12	لاین 105 Line 105	لاین خالص موین دودرا، بی‌خار، گلچه زرد، دریافت شده از مؤسسه تحقیقات ژنتیک گیاهی لایب نیتز آلمان Moyen Du Draa- Spineless – Yellow floret- received from IPK
13	لاین 109 Line109	لاین خالص، خاردار، گلچه نارنجی، دریافت شده از مؤسسه تحقیقات ژنتیک گیاهی لایب نیتز آلمان Spiny- Orange floret- received from IPK
14	لاین 111 Line 111	لاین خالص انتخابی اس۵۱، خاردار، گلچه زرد، دریافت شده از مؤسسه تحقیقات ژنتیک گیاهی لایب نیتز آلمان S51 Selection R.A.- Spiny- Yellow floret- received from IPK
15	لاین 136 Line 136	لاین خالص زعفرانی، بی‌خار، گلچه زرد، دریافت شده از مؤسسه تحقیقات ژنتیک گیاهی لایب نیتز آلمان Safaran (tadz.)- Spineless- Yellow floret- received from IPK
16	لاین 106 Line 160	لاین خالص، بی‌خار، گلچه نارنجی، دریافت شده از مؤسسه تحقیقات ژنتیک گیاهی لایب نیتز آلمان Spineless- Orange floret- received from IPK

1- SPII, DARI and IPK stand for Seed and Plant Improvement Institute, Dryland Agricultural Research Institute, Leibniz Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research, respectively.

مایه‌زنی ژنوتیپ‌ها با قارچ FOC

مایه‌زنی ژنوتیپ‌های گلرنگ با روش دیسک قارچی درون گلدان‌های با قطر ۱۱ و ارتفاع ۱۰ سانتی‌متر انجام گردید. خاک مورد استفاده مخلوطی از خاک مزرعه، ماسه و کوکوپیت به نسبت (۱:۱:۱) بوده و پس از اتوکلاو به مقدار ۱۵۰ میلی‌لیتر درون هر گلدان ریخته شدند. برای هر ژنوتیپ ۶ گلدان کاشته شد. سه گلدان برای شاهد بدون مایه‌زنی و سه گلدان برای مایه‌زنی با روش دیسک قارچی فراهم گردید. تشتک‌های پتری نه سانتی‌متری شیشه‌ای حاوی حدود ۱۵ میلی‌لیتر محیط‌کشت آگاردار M-100 با سوسپانسیون اسپور قارچ فوزاریوم مایه‌زنی و پس از سه روز پرگنه جوان قارچ بیمارگر به همراه محیط‌کشت آگاردار بر سطح خاک سترون در گلدان قرار گرفته و سپس ۵-۴ عدد بذر جوانه‌زده گلرنگ بر سطح توده قارچی قرار گرفته و در نهایت با لایه نازکی از خاک سترون پوشیده شدند. در هر گلدان ۵-۴ گیاهچه نگهداری شد (Walker & Schmitthener, 1984). گلدان‌ها به‌صورت طرح آزمایشی کاملاً تصادفی در شرایط گلخانه کاشته شدند. ۴۵ روز پس از مایه‌زنی، بوته‌ها را از گلدان خارج کرده و پس از شستشو با آب شهری، شدت بیماری بر روی ریشه و ساقه با مقیاس ۶ قسمتی به شرح زیر اندازه‌گیری شد.

۰- گیاه بدون علائم بیماری است.

۱- نکروز (تغییر رنگ) در مقطع عرضی طوقه مشاهده گردید.

۲- نکروز و فرورفتگی طوقه تا ابتدای ریشه توسعه یافته و فرورفتگی بر روی ریشه مشاهده گردید.

۳- نکروز طوقه در دو جهت به سمت ساقه و نیمی از طول ریشه توسعه یافته است.

۴- بیش از نیمی از ریشه تغییر رنگ داده و حجم ریشه کمتر از معمول می‌شود. طوقه کاملا پوسیده است.

۵- ریشه کوتاه شده و براحتی قطع می‌شود. مرگ بوته‌ها مشاهده می‌شود.

در ادامه، ارتفاع تک تک بوته‌ها، وزن توده بخش هوایی و وزن ریشه‌ها در هر گلدان اندازه‌گیری و میانگین هر تکرار محاسبه شد. برای انجام عملیات آماری صفات ارتفاع بوته‌ها، وزن توده بخش هوایی و وزن ریشه‌ها بین گلدان‌های شاهد (بدون مایه‌زنی) و تیمار مقایسه و درصد کاهش هر کدام از صفات یادشده برای هر تکرار محاسبه و در آزمون‌های آماری به‌کار رفت.

با توجه به کوتاه شدن بوته‌های آلوده در شرایط مزرعه و گلخانه، از حاصل‌ضرب این صفت کلیدی و شدت بیماری، شاخص بیماری تعریف گردید. این صفت جدید برای هر تکرار محاسبه و با آزمون‌های آماری برای مقایسه بین ژنوتیپ‌ها به‌کار رفت.

تجزیه و تحلیل های آماری

کلیه مراحل آماری در نرم‌افزار R صورت پذیرفت. جدول تجزیه واریانس برای همه صفات محاسبه و در مواردی که تفاوت‌های معنی‌دار وجود داشت، گروه‌بندی میانگین صفات با آزمون LSD انجام شد. تجزیه واریانس صفت شدت بیماری که به‌صورت ترتیبی بود با آزمون ناپارامتری کروسکال والیس انجام شد. خوشه‌بندی تفکیکی ژنوتیپ‌ها با استفاده از الگوریتم kmeans با روش لوید صورت گرفت.

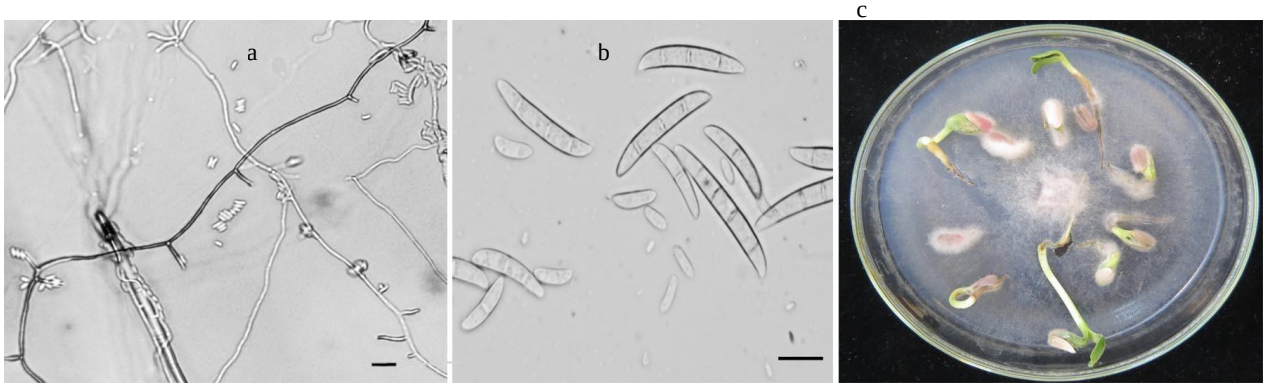
نتایج و بحث

جمع‌آوری و شناسایی نمونه‌های بیماری

بوته‌میری گلرنگ در هر شرایط آب و هوایی و در هر مرحله‌ی رشدی ممکن است رخ دهد. از آنجائی‌که گلرنگ عمدتاً در مناطق گرم و خشک کاشته می‌شود و گیاه به احتمال قوی با تنش خشکی و گرما روبرو می‌شود، بروز بوته‌میری در مزارع گلرنگ اجتناب‌ناپذیر است. علائم بیماری بر روی ساقه و ریشه به‌صورت بافت‌مردگی و تغییر رنگ بافت‌های آوندی بروز می‌کند. ریشه‌های فرعی از بین می‌روند و بوته‌ها دچار سبزخشکی و مرگ ناگهانی می‌شوند. بوته‌های آلوده ارتفاع کوتاه‌تری داشته و در ساعات گرم روز دچار پژمردگی می شوند. وجه تمایز پوسیدگی فوزاریومی با پوسیدگی زغالی ناشی از قارچ *Macrophomina phaseolina* در این بود که پوسیدگی اخیر باعث شکاف بر روی ساقه شده و مقطع عرضی ساقه و ریشه آلوده به رنگ خاکستری ظاهر می‌شود. در مجموع ۳۰ جدایه از دو منطقه برای آزمون‌های بیماری‌زایی و شناسایی مورد مطالعه قرار گرفتند که در نهایت جدایه G186 از گونه *F. oxysporum* f.sp. *carthami* برای مطالعات بعدی مورد استفاده قرار گرفت. دو گونه *F. solani* و *F. verticillioides* نیز در این تحقیق شناسایی شدند. بنابراین انتظار می‌رود در صورت جمع‌آوری نمونه‌های بیشتری از کشور به‌خصوص از استان‌های فارس و اصفهان که از کانون‌های اصلی کشت این محصول در کشور هستند، گونه‌های بیشتری از فوزاریوم در مزارع آلوده شناسایی شوند. بهرحال آنچه در کارهای اصلاح به بیماری مهم هستند، تعیین گونه غالب در کشور است که امید می‌رود با ادامه این تحقیقات گونه غالب و مهم در کشور شناسایی گردد. گونه *F. oxysporum* به‌عنوان گونه غالب در اغلب تحقیقات خارجی (به‌خصوص در هند و آمریکا) معرفی شده است (Kukreja, 2018 ; Klisiewicz, 1980). به‌دلیل اهمیت این گونه در آمریکا در سال‌های نه چندان دور، نژادهای مختلف این گونه با استفاده از ارقام افتراقی تعیین شدند (Klisiewicz & Thomas 1970).

پس از اثبات بیماری‌زایی جدایه‌های فوزاریوم بر روی رقم صفه،

شناسایی آنها با استفاده از معیارهای ریخت‌شناسی از جمله شکل و اندازه کنیدیوم و طول فیالید صورت گرفت (شکل ۱). جداسازی گونه های بیماری‌زای مختلف فوزاریوم از طوقه و ریشه گلرنگ یکی از چالش‌های اصلی اصلاح گلرنگ به این بیمارگر است. دو گونه *F. solani* و *F. verticillioides* به‌فراوانی از نمونه‌های آلوده گلرنگ جدا شدند که بیماری‌زایی قابل توجهی داشتند (داده‌ها نشان داده نشده‌اند). بنابراین لازم است که در تحقیقات آتی آزمون‌های ارزیابی مقاومت به این دو بیمارگر نیز صورت بگیرد.



شکل ۱- مشخصات میکروسکوپی و بیماریزایی قارچ FOC. الف. بیماریزایی قارچ بر روی رقم صفه ۵ روز پس از مایه‌زنی بر روی محیط کشت M-100. ب. میکرو و ماکروکنیدیوم‌های FOC. ج. فیالیدهای کوتاه در FOC. اندازه بار ۱۰ میکرومتر

Figure 1- Microscopic characterization and pathogenicity of *Fusarium oxysporum* f.sp. *carthami* (FOC). A- Pathogenicity of the FOC on safflower cultivar, Soffeh, on M-100 medium 5 days after inoculation. B- Micro and macroconidia of FOC. C- Short phialids in FOC. Scale bar 10 um

ارزیابی ژنوتیپ‌های گلرنگ به قارچ FOC

تجزیه واریانس برای صفات درصد کاهش میانگین وزن بخش هوایی[1]، درصد کاهش میانگین وزن ریشه‌ها[2] و درصد کاهش میانگین ارتفاع گیاه[3] دارای تفاوت‌های معنی‌داری در سطح ۱ درصد در بین ژنوتیپ‌ها بودند ($p<0.01$). به‌نظر می‌رسد که آلوده‌سازی با دیسک آگار حاوی قارچ FOC توانسته است که تمایز بین ژنوتیپ‌ها را به خوبی نشان دهد. در مورد صفت شدت بیماری[4] که با یک مقیاس ۶ قسمتی اندازه‌گیری شد، از آزمون ناپارامتری کروسکال والیس استفاده گردید. مقدار مربع کای کروسکال والیس ۲۵/۹۰۵ بود که در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌دار آماری نشان می‌داد (p- value = 0.03902).

آزمون مقایسه میانگین با روش LSD برای صفت درصد کاهش وزن ریشه‌ها (RWR) در تیمارهای مایه‌زنی شده در مقایسه با شاهد، ژنوتیپ‌ها را در ۵ گروه از a تا e قرار داد. بیشترین درصد کاهش وزن ریشه‌ها در رقم صفه مشاهده شد. رقم گلدشت کمترین درصد کاهش وزن ریشه‌ها یا به‌عبارتی بیشترین سطح مقاومت به بیماری را نشان داد. توده بومی قزاقی و لاین ۷۲ به‌ترتیب در رده‌های بعدی سطوح مقاومت واقع شدند اگرچه تفاوت معنی‌داری با گلدشت نشان ندادند (جدول ۲).

مقایسه میانگین‌ها با روش LSD ژنوتیپ‌ها را از نظر درصد کاهش وزن توده بخش هوایی در مقایسه با شاهد مربوطه در سه گروه (a,b,c) دسته‌بندی کرد. رقم فرامان بیشترین درصد کاهش را از نظر این صفت داشت. لاین ۱۶۰، رقم پدیده و لاین ۱۱۱ به‌ترتیب در رتبه‌های بعدی از نظر حساسیت ریشه به این بیماری قرار گرفتند. بهرحال هر چهار ژنوتیپ یادشده در یک گروه آماری واقع شدند (جدول ۲).

مقایسه میانگین درصد کاهش ارتفاع گیاهان تیمار شده در مقایسه با شاهد مربوطه با استفاده از آزمون LSD، ژنوتیپ‌ها را در ۶ گروه از a تا f گروه‌بندی کرد. در نتیجه این صفت توانسته بود تفکیک بیشتری در میان ژنوتیپ‌ها ایجاد کند. لاین ۱۱۱ بیشترین درصد کاهش ارتفاع و در نتیجه حساس‌ترین واکنش را نشان داد. ارقام پدیده و گل‌مهر از این نظر به‌ترتیب در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند. رقم گلدشت کمترین واکنش را به صفت کاهش ارتفاع ناشی از بیماری نشان داد و تفاوت معنی‌داری با سایر ژنوتیپ‌ها داشت (جدول ۲).

مقایسه شاخص بیماری (DI) بین ژنوتیپ‌ها نشان داد که رقم گلدشت دارای پایین‌ترین نرخ آلودگی به فوزاریوم بوده و لاین‌های ۱۶۰ و ۱۳۶ به‌ترتیب در رده‌های بعدی قرار دارند بنابراین دارای بیشترین سطوح مقاومت به قارچ FOC هستند (شکل ۲). دو لاین اخیر در آزمایش‌های قبلی نیز شدت بیماری کمتری نسبت به سایر لاین‌های مورد ارزیابی نشان دادند (گزارش‌های علمی منتشر نشده). رقم پدیده دارای بیشترین حساسیت به بیماری تعیین گردید.

1- Plant biomass reduction percent, PBR
2- Root weight reduction percent, RWR
3- Plant height reduction percent, PHR
4- Disease severity, DS

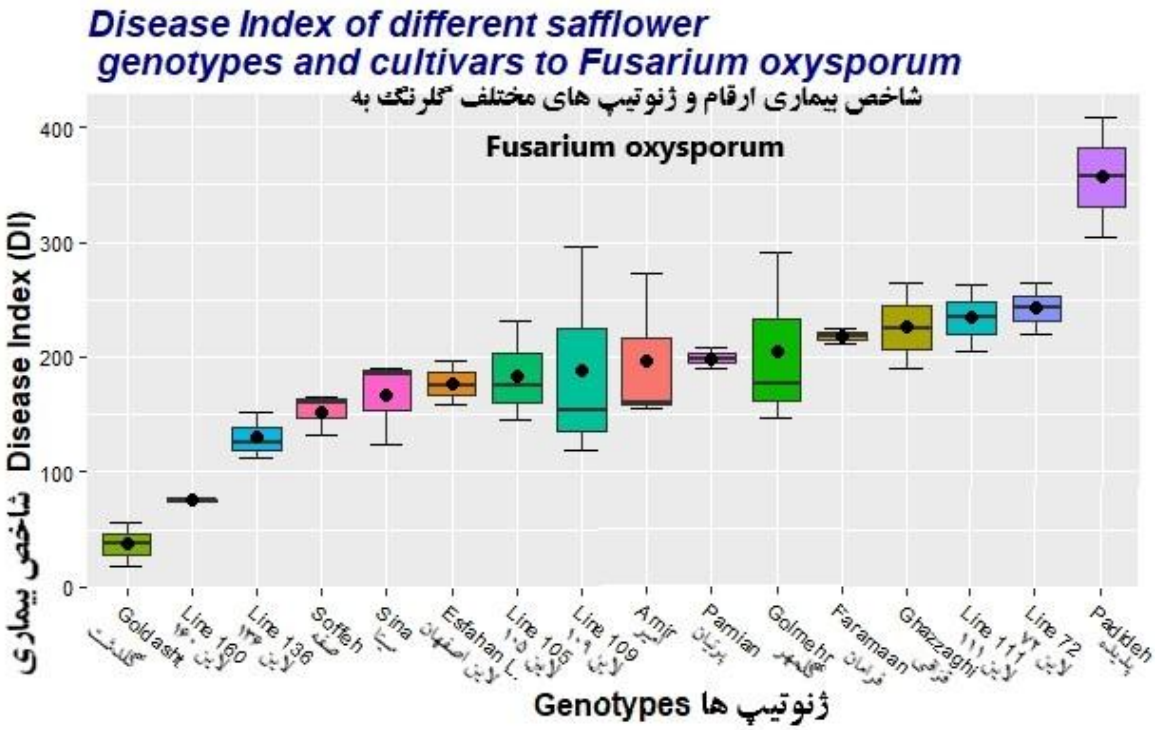
جدول ۲- مقایسه میانگین صفات مرتبط با بیماری پوسیدگی ریشه فوزاریومی ژنوتیپ‌های گلرنگ در شرایط گلخانه

Table 2- Comparison of the traits related to Fusarium root rot in safflower genotypes in greenhouse condition

ژنوتیپ‌ها Genotypes	درصد کاهش وزن ریشه RWR %[1]	درصد کاهش وزن بیومس بخش هوایی PBR %[2]	درصد کاهش ارتفاع PHR %[3]	شدت بیماری DS[4]	شاخص بیماری DI[5]
گلدشت Goldasht	54.40e	18.43[c]	14.99f	2.39	36.86e
صفه Soffeh	153.55a	32.54[bc]	44.59e	3.42	152.68bcd
توده محلی اصفهان Isfahan landrace	117.32bc	49.11ab	52.12de	3.42	177.07bcd
گلمهر Golmehr	88.03cde	43.93abc	80.60abc	2.56	204.73abc
پرنیان Parnian	87.57cde	47.24ab	59.13cde	2.5	198.95abc
پدیده Padideh	98.28bcd	61.75a	94.67ab	3.17	300.98a
امیر Amir	113.65bc	56.08ab	68.71bcde	2.89	196.17abc
سینا Sina	125.30ab	50.27ab	74.82abcd	2.25	166.48bcd
فرامان Faraaman	104.46bcd	64.80a	73.55bcd	2.33	218.08abc
توده محلی قزاقی Ghazzaghi	75.17de	44.83abc	69.89bcde	3.44	226.16abc
لاین 72 Line 72	77.75de	41.39abc	68.65bcde	2.5	242.30ab
لاین 105 Line 105	109.09bcd	38.98abc	68.72bcde	2.69	184.19bcd
لاین 109 Line109	98.35bcd	56.48ab	69.24bcde	2.64	188.90bc
لاین 111 Line 111	97.19bcd	60.97a	101.22a	3.08	233.99abc
لاین 136 Line 136	91.74bcd	56.92ab	50.19de	2.58	129.70cde
لاین 160 Line 160	107.38bcd	62.80a	53.36de	1.17	75.07de
p-value	0.0012	0.0033	2.95×10^{-7}	0.03902	5.6×10^{-5}
CV	20.77	24.82	18.6	33.2	26.75
LSD	34.52	27.28	27.15	-	109.65

۱- RWR، درصد کاهش وزن ریشه. ۲- PBR، درصد کاهش وزن بیوماس گیاهی. ۳- PHR، درصد کاهش ارتفاع گیاه. ۴- DS، شدت بیماری که با یک مقیاس ۶ بخشی شرح داده‌شده در مواد و روشها اندازه گیری شد. ۵- DI، شاخص بیماری که از حاصلضرب شدت بیماری در ارتفاع گیاه محاسبه گردید

1- RWR: root weight reduction percent.; 2- PBR: plant biomass reduction percent.; 3- PHR: plant height reduction percent.; 4-DS: disease severity recorded by a 6-parts disease scale explained in the material and methods.;5-DI: disease index calculated by multiplication of disease severity per height



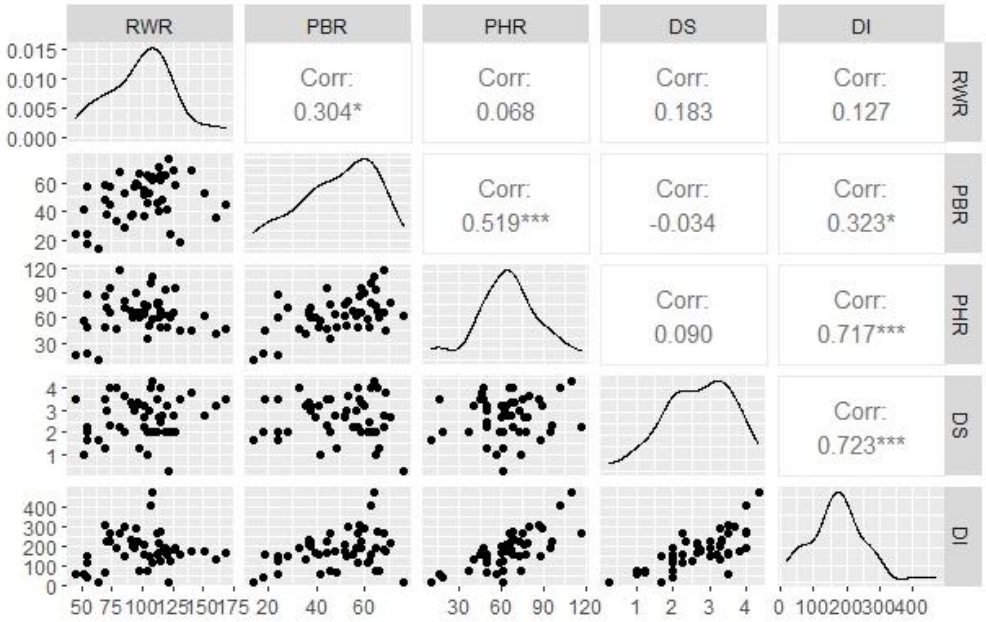
شکل ۲- مقایسه شاخص بیماری بین ژنوتیپ‌های گلرنگ مایه‌زنی شده با قارچ *F. oxysporum* f.sp. *carthami*

Figure 2- Comparison of disease index among safflower genotypes inoculated with *F. oxysporum* f.sp. *carthami*

آزمون همبستگی پیرسون بین ۵ صفت اندازه‌گیری شده حاکی از وجود همبستگی معنی‌دار بین شاخص بیماری با شدت بیماری و درصد کاهش ارتفاع بوته‌های تیمارشده بود (r= 0.72). ارتباط معنی داری هم بین درصد کاهش وزن توده بخش هوایی با درصد کاهش ارتفاع گیاه مشاهده گردید (r=0.52). درصد کاهش وزن توده بخش هوایی نیز با شاخص بیماری همبستگی معنی‌داری داشت (r = 0.32) (شکل ۳).

خوشه‌بندی ژنوتیپ‌ها با استفاده از ۵ صفت یادشده نشان داد که می‌توان ۱۶ ژنوتیپ مورد آزمایش را می‌توان به ۴ گروه مختلف تقسیم‌بندی کرد (شکل ۴). با استفاده از این خوشه‌بندی بیش از ۷۰ درصد از پراکندگی داده‌ها بر روی دو مؤلفه پوشش داده شده‌اند. در این خوشه‌بندی، ارقام گلدشت، لاین ۱۶۰ و لاین ۱۳۶ در یک خوشه قرار گرفتند. این خوشه در واقع دارای بیشترین سطح تحمل به بیماری بودند. ارقام صفه و سینا، لاین محلی اصفهان و لاین ۱۰۵ در یک خوشه و ارقام امیر، گل مهر، پرنیان و فرامان و همچنین لاین ۱۰۹ در یک خوشه دیگر قرار گرفتند. این دو خوشه اخیر کمی با یکدیگر همپوشانی داشتند. در نهایت ارقام حساس پدیده، توده محلی قزاقی، لاین ۷۲ و لاین ۱۱۱ در خوشه جداگانه‌ای واقع شدند (شکل ۴). این خوشه‌بندی را احتمالا می‌توان به‌عنوان دسته‌بندی واکنش ژنوتیپ‌های گلرنگ به بیماری در نظر گرفت.

روش‌های متعددی برای مایه‌زنی گلرنگ با زادمایه قارچ فوزاریوم گزارش شده است. یکی از اهداف این تحقیق دستیابی به روشی برای مایه‌زنی بود که به‌سادگی انجام‌پذیر بوده و نتایج آن قابل تکرار باشد. روش دیسک میسلیومی قارچ فوزاریوم برای مایه‌زنی گیاهچه‌ها در خاک روشی است که از مایه‌زنی گیاهچه‌های سویا با فیتوفترا اقتباس شده است و در این تحقیق توانست تفاوت‌های معنی‌داری در صفات مختلف ایجاد کند. به‌علاوه در این روش توده یکنواختی از قارچ بر روی بذرهای جوانه‌زده قرار می‌گیرد در حالیکه استفاده از دانه‌های سورگوم حاوی میسلیومی قارچی ممکن است غلظت زادمایه روی بذرهای سورگوم که به گیاهچه‌های گلرنگ می‌رسند، یکسان نباشد. لازم به ذکر است که همزمان روش مایه‌زنی طوقه گیاهچه‌ها با دانه‌های سورگوم حاوی توده قارچی در این تحقیق انجام گرفت (داده‌ها نشان داده نشده‌اند). روش اخیر در تحقیقات ناصحی و همکاران (Nasehi *et al.*, 2009) و شریف‌نبی و سعیدی (Sharifnabi & Saeidi, 2004) به‌کار رفته است. مایه‌زنی با دانه‌های سورگوم در این تحقیق نتوانست تفاوت‌های معنی‌داری در صفات مرتبط با بیماری ایجاد نماید. اگرچه شدت آلودگی در برخی تکرار بالا بود. استفاده از عصاره توده قارچی به‌دلیل داشتن توکسین‌های قارچی برای مایه‌زنی گیاهچه‌های گلرنگ در شرایط درون شیشه‌ای ممکن است روش مفیدی باشد که نیاز به بررسی‌های بیشتری دارد (Kukreja *et al.*, 2018).

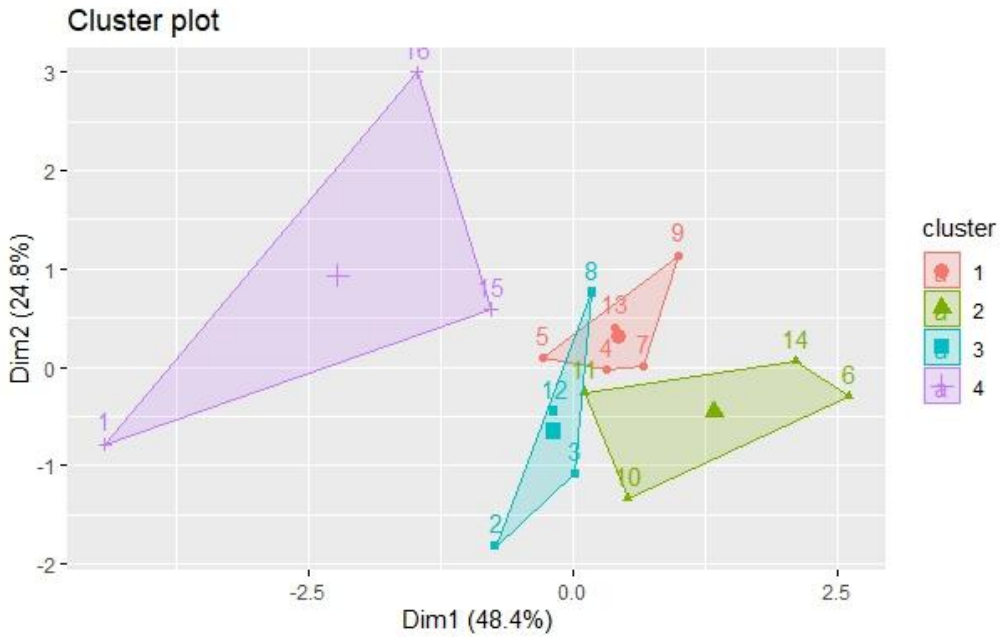


شکل ۳- آزمون همبستگی بین صفات مختلف اندازه‌گیری شده مرتبط با بیماری پوسیدگی ریشه فوزاریومی در بین ژنوتیپ‌های گلرنگ

RWR، PBR، PHR، DS و DI به‌ترتیب به درصد کاهش وزن ریشه، درصد کاهش بیوماس گیاهی، درصد کاهش ارتفاع گیاه، شدت بیماری و شاخص بیماری اشاره دارند.

Figure 3- Correlation test of different traits related to Fusarium root rot in safflower genotypes

RWR, PBR, PHR, DS and DI refer to root weight reduction percent, plant biomass reduction percent, plant height reduction percent, disease severity and disease index, respectively.



شکل ٤- خوشه‌بندی تفکیکی ژنوتیپ‌های گلرنگ بر اساس صفات اندازه‌گیری شده مرتبط با بیماری پوسیدگی فوزاریومی در شرایط گلخانه با استفاده از الگوریتم kmeans

شماره ژنوتیپ‌های مشخص شده در شکل به‌ترتیب ذکرشده در جدول ۱ می‌باشند.

Figure 4- Partitional clustering of safflower genotypes based on the Fusarium rot related characters measured in the greenhouse using kmeans algorithm

Genotype numbers are in the same order as mentioned in table 1

از بین صفات مختلفی که همراه با بیماری اندازه‌گیری شدند، کوتولگی گیاهان مایه‌زنی شده ممکن است به‌عنوان صفت مهمی در میزان شدت حساسیت ژنوتیپ‌ها به بیماری باشد. این ویژگی گیاهان آلوده در مزرعه نیز مشاهده شده است (مشاهدات شخصی). اهمیت این صفت به‌اندازه‌ای است که در برخی تحقیقات مثل فیتوفترای سویا و سفیدک آفتابگردان، شاخص بیماری با استفاده از این ویژگی تعریف شده است (Walker & Schmitthener, 1984). با توجه به تغییرات بالای شدت بیماری بین ژنوتیپ‌ها در این تحقیق (ضریب تغییرات ۳۳ درصد) و نیز نتایج متفاوتی که با مایه‌زنی گیاهچه‌ها با روش سورگوم بدست آمدند، لازم بود که شاخص بیماری جدیدی با استفاده از شدت بیماری تعریف گردد.

با توجه به بذرزاد بودن بیماری، ضدعفونی بذرها اقدامی مهم در کاهش شیوع بیماری در سال‌های آتی است. ممکن است برخی روش‌های قدیمی مثل حرارت درمانی که هم اکنون نیز مورد استفاده هستند (Roberts, 2009). در مورد این بیماری مؤثر واقع شود که نیاز به آزمایش‌های مقدماتی برای اعمال این روش وجود دارد و در ادامه این تحقیقات می‌توان به آن پرداخت.

سپاسگزاری

این مقاله بخشی از نتایج یک پروژه مصوب بر روی بیماری‌های گلرنگ تحت عنوان " بررسی واکنش تعدادی از ژنوتیپ‌های گلرنگ به بوته‌میری‌های مهم قارچی در شرایط گلخانه" با شماره مصوب ۹۹۰۵۵۰-۰۴۲-۰۳-۰۳-۲ در سازمان تحقیقات، ترویج و آموزش کشاورزی بوده است.

References

1. Anonymous. (2019). FAO Statistics Service. http://www.faostat.org/. retrived on September 11, 2021.
2. Abdollahi, M., & Fassihiani, A. (1995). A new form of *Fusarium solani* from safflower. Proceedings of the 12th Iranian Plant Protection Congress, 2 –7 Sept., Karaj, Iran: 113. (In Persian with English abstract)
3. Behdad, E. (1990). Disease of field crops in Iran (2nd Ed.). Neshat Publication, Esfahan. 424 pages. (In Persian)
4. Emongor, V., & Oagile, D.O. (2017). *Safflower production*. Impression House Publication, Gaborone, ISBN 978-99968-0-607-0.
5. Ershad, D. (2009). Fungi of Iran (3rd ed.). Agricultural Research, Education and Extension Organization, Iranian Research Institute of Plant Protection. 558 page. (In Persian)
6. Jabbari, H., Fanaei, H., Shariati, F., Sadeghi Garmaroodi, H., Abasali, M., & Omidi, A.H. (2022). Principal components analysis of some Iranian and foreign safflower genotypes using morphological and agronomic traits. *Journal of Crops Improvement*, *24*, 125-143. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22059/jci.2021.324606.2559
7. Kizil, S., Cakmak, O., Kirici, S., & Inan, M. (2008). A comprehensive study of safflower (*Carthamus tinctorius*, L.) in semi-arid condition. *Biotechnology and Biotechnological Equipment*, *22*(4), 947-953. https://doi.org/10.1080/13102818.2008.10817585
8. Klisiewicz, J.M., & Thomas, C.A. (1970). Race determination in *Fusarium oxysporum* f.sp. *carthami*. *Phytopathology*, *60*, 1706. https://doi.org/10.1094/Phyto-60-1706
9. Klisiewicz, J.M. (1980). Safflower germplasm resistant to Fusarium wilt. *Plant Disease*, *64*, 876-877. https://doi.org/10.1094/PD-64-876
10. Kukreja, B., Joshi, G., Sharma, E., Kapoor, R., Goel, S., Jagannath, A., Kumar, A., & Agarwal, M. (2018). Standardization of hydroponics based procedure for high-throughput screening and its application for identification of differential host response in Safflower against *Fusarium oxysporum* f.sp. *carthamii*. *International Journal of Plant Research*, *31*, 5. https://doi.org/10.5958/2229-4473.2018.00049.6
11. Leslie, J.F., & Summerell, B.A. (2006). *The fusarium laboratory manual*. Blackwell Publishing, USA. 388 pp. ISBN: 978-0-813-81919-8.
12. Madadkhah, E., Nasertorabi, M., Shoorooei, M., Moghbeli, E., Lotfi, M., & Banihashemi, Z. (2015). Enzymatic activities and secondary metabolite contents in roots of melon genotypes infected with *Fusarium oxysporum* f. sp. *melonis* race 1. *Journal of Iranian Plant Protection Research*, *28*, 459-466. https://doi.org/10.22067/jpp.v28i4.45302
13. Nasehi, A., Shafizadeh, S., Rezaie, S., & Shahsavari, R. (2009). Evaluation of relative resistance of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) genotypes to Fusarium root rot disease in Isfahan province. *Seed and Plant Journal*, *25*, 623-634. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22092/SPIJ.2017.110983
14. Raghuwanshi, K.S., Dake, G.N., Mate, S.N., & Naik, R.M. (2008). Pathogenic variations of *Fusarium oxysporum* f. sp. *carthami*. *Journal of Plant Disease Science*, *3*, 241–242.
15. Razavi, S.E., & Pahlavani, M.H. (2004). Isolation of the causal of charcoal rot disease of safflower and resistance of some cultivars to the disease. 16th Iranian Plant Protection Congress, 28 Aug.-1 Sept. 2004, Tabriz, Iran. (In

Persian with English abstract)
16. Roberts, S.J. (2009). Eradication of seedborne plant pathogens. XLII Brazilian phytopathology congress, Rio de Janeiro. Tropical Plant Pathology supplement.
17. Sadeghi Garmaroodi, H., & Mansouri, S. (2016). Reaction of improved sesame lines and cultivars to fusarium wilt at *in vitro* and greenhouse conditions. *Journal of Applied Researches in Plant Protection, 5*, 59-70. (In Persian with English abstract)
18. Sastry, R.K., & Chattopadhyay, C. (2003). Development of Fusarium wilt resistant genotypes in safflower (*Carthamus tinctorius*). *European Journal of Plant Pathology, 109*, 147–151. https://doi.org/10.1023/A:1022502618887
19. Schwartz, H.F., & Gent, D.H. (2005). Safflower, Fusarium Wilt. High plains IPM guide, a cooperative effort of the Uninversity of Wyoming, University of Nebraska, Colorado State University and Montana State University.
20. Sharifnabi, B., & Saeidi, G. (2004). Preliminary evaluation of different genotypes of Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) to *Fusarium* root rot disease. *Journal of Water and Soil Science, 8*(3), 219-227. (In Persian with English abstract)
21. Singh, N., & Kapoor, R. (2018). Quick and accurate detection of *Fusarium oxysporum* f. sp. *carthami* in host tissue and soil using conventional and real-time PCR assay. *World Journal of Microbiology and Biotechnology, 34*, 175. https://doi.org/10.1007/s11274-018-2556-y
22. Singh, V., Renaware, A.M., & Nimbkar, N. (2008). Breeding for Fusarium wilt resistance in Safflower. In: Knights, S.E. and Potter, T.D.(Eds). Safflower: Unexploited potential and world adaptability. Proceedings of the 7th International Safflower Conference, Wagga Wagga, New South Wales, Australia.
23. Velasco, L., & Fernandez-Martinez, J. (2001). Breeding for oil quality in safflower. In Proceedings of the 5th International Safflower Conference, Williston, N.D., and Sidney, M.T. July 23–27, 2001. Bergman, J.W. and H.H. Mundel, Eds., pp. 133–137.
24. Walker, A.K., & Schmitthener, A.F. (1984). Comparison of field and greenhouse evaluations for tolerance to Phytophthora rot in soybean. *Crop Science, 24*, 487-489. https://doi.org/cropsci1984.0011183X002400030013x

Journal of Iranian Plant Protection Research

https://jpp.um.ac.ir

Research Article
Vol. 38, No. 1, 2024, p. 49-61

The Effect of Vegetable Oils Plus Sethoxydim Herbicide on Kautsky Curve

H. Hammami[1*], M.H. Rashed Mohassel[2], M. Parsa[3], M. Bannayan Aval[2], E. Zand[4]

1- Assistant Professor, Department of Plant Production and Gnetic Engineering, Faculty of Agriculture, University of Birjand and Member of the Plant and Environmental Stresses Research Group, University of Birjand, Birjand, Iran
(*- Corresponding Author Email: hhammami@birjand.ac.ir)
2 and 3- Professor and Associate Professor, Department of Agrotechnology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran, respectively.
4- Professor of weed science, Iranian Research Institute of Plant Protection, Tehran, Iran

Received: 25-01-2014
Revised: 25-01-2014
Accepted: 02-03-2021
Available Online: 02-03-2021

How to cite this article:
mami, H., Rashed Mohassel, M.H., Parsa, M., Bannayan Aval, M., & Zand, E. (2024). The effect of vegetable oils plus sethoxydim herbicide on Kautsky curve. *Journal of Iranian Plant Protection Research*, *38*(1), 49-61. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22067/jpp.2021.30439.0

Introduction

Avena ludoviciana L., also known as wild oat, is the predominant grass weed in Iranian agricultural systems. In Iran, the most prevalent approach for managing wild oats is the use of herbicides. Sethoxydim is a herbicide that is specifically designed to be applied after the emergence of weeds and is absorbed by the leaves. It belongs to a series of herbicides called aryloxy phenoxy propionates (AOPP). Sethoxydim has been approved for use on a wide range of broad-leaved crops. Currently, the chlorophyll fluorescence approach is employed as a precise and cost-efficient method in herbicide research. The chlorophyll fluorescence method is a non-destructive technique that is highly sensitive, fast, and easy to detect. It provides crucial information on the photosynthetic mechanism, allowing researchers to promptly assess herbicide efficacy before visible symptoms manifest in plants. An essential aspect of this approach is to reduce the duration of the screening session. While evaluating the impacts of herbicides with non-photosynthetic mode of action may take longer than evaluating herbicides that limit photosynthesis, it still requires significantly less time compared to the previous method. Hence, this study was conducted to examine the variations in the Katsky curve and establish the correlation between the curve parameters and dry weight. The objective was to assess the impact of utilizing vegetable oils on the efficacy of setoxydim in controlling wild oats, while also evaluating the feasibility of employing this approach.

Materials and Methods

In order to overcome the dormancy of wild oat seeds prior to conducting the experiment, the outer covering of the caryopsis fruits was removed and the seeds were then placed on a single layer of Whatman no. 1 filter paper in 11 cm diameter Petri dishes. Each Petri plate was supplemented with 10 ml of a potassium nitrate (KNO_3) solution with a concentration of 2 grams per liter. An experiment was conducted in 2012 at the Research Greenhouse of Ferdowsi University of Mashhad to discover the early effects of vegetable oils on the efficiency of sethoxydim in controlling wild oat. The Chlorophyll fluorescence parameters were assessed using the PEA Plus instrument at 1, 2, 3, 5, and 7 days after applying the sethoxydim herbicide, both with and without vegetable oils. During the one-leaf stage, the seedlings were reduced to four seedlings per pot and a solution containing 3

©2023 The author(s). This is an open access article distributed under Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0), which permits use, sharing, adaptation, distribution and reproduction in any medium or format, as long as you give appropriate credit to the original author(s) and the source.
https://doi.org/10.22067/jpp.2021.30439.0

grams per liter of N:P:K fertilizer (20:20:20) was given to each pot. The plants were subjected to treatment at the four-leaf stage using a mobile rail sprayer that was fitted with a standard blower nozzle (8004) with an output of 238 L ha^{-1} and a spray pressure of 200 kPa. The test treatments include of different concentrations of the herbicide cetoxydim, specifically 0, 22.5, 46.8, 93.75, 187.5, 281.25, and 375 g ha^{-1}. These concentrations are applied at ten different levels. 1) Excluding vegetable oil and other types of vegetable oils: The following crops were replicated three times: 2) Turnip, 3) soybean, 4) cotton seed, 5) sunflower, 6) olive, 7) castor, 8) sesame, 9) corn, and 10) rapeseed. To make each vegetable oil, an emulsifier called Cytogate adjuvant was added at a concentration of 0.05%. Each sample of vegetable oils, which contained emulsifiers, was used in a volume of five percent (equivalent to five per thousand). After four weeks after administering the treatments, the above-ground sections of both control and treated plants were taken from the surface of the pots. The dry weight of plants was recorded and used to fit the dose response curves using the R software.

Results and Discussion

Inhibiting acetyl CoA carboxylase results in the generation of reactive oxygen species (ROS), which cause damage to the electron transport chain between PSII and PSI. The degradation mentioned here affects the chlorophyll fluorescence, perhaps enabling the measurement of herbicide effectiveness by assessing the maximal quantum efficiency of PSII. Chlorophyll fluorescence can serve as a useful tool for detecting the effectiveness of herbicides that have different modes of action, such as acetyl coenzyme-A carboxylase inhibitors, phenoxy compounds, and glyphosate. The overall results indicated a decrease in the values of Fv/Fm, Fvj, and area parameters across all treatments. The treatments were ranked in decreasing order of their diminishing effects intensity as follows: turnip > olive > soybean > corn > sunflower > canola > sesame > castor > cotton > sethoxydim without oil. These findings were in line with the alterations in dry weight caused by the application of vegetable oils. Based on the experiment's findings, the parameters Fv/Fm, Fvj, and Area can be utilized to evaluate and compare the growing effects of vegetable oils on the efficiency of sethoxydim in controlling wild oat.

Conclusion

Chlorophyll fluorescence investigations can serve as a substitute for classical screening approaches, as supported by existing knowledge and experimental proof. This procedure is non-destructive, very sensitive, and rapid compared to standard screening methods. This research showed that the chlorophyll fluorescence approach requires less time compared to standard screening methods. The utilization of the chlorophyll fluorescence approach is likely to be enhanced in future herbicide bioassay investigations. Based on the correlation between dry weight and fluorescence characteristics, it is possible to utilize chlorophyll fluorescence to reduce the time required for analyzing the effectiveness of herbicides.

Keywords: Chlorophyll fluorescence, Maximum quantum efficiency of Photosystem II, Relative changes in the fluorescence, Vegetable oils

نشریه پژوهش‌های حفاظت گیاهان ایران
https://jpp.um.ac.ir

مقاله پژوهشی
جلد ۳۸ شماره ۱، بهار ۱۴۰۳، ص. ۶۱-۴۹

تأثیر کاربرد روغن‌های گیاهی به همراه علف‌کش ستوکسیدیم بر منحنی کاتسکی

حسین حمامی[۱*]- محمد حسن راشد محصل[۲]- مهدی پارسا[۳]- محمد بنایان اول[۲]- اسکندر زند[۴]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۱۱/۰۵
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۲/۱۲

چکیده

امروزه تکنیک فلورسنس کلروفیل به‌عنوان یک روش سریع، کم هزینه و دقیق در مطالعات علف‌کشی مورد استفاده قرار می‌گیرد. به‌منظور تشخیص زودهنگام تأثیر روغن‌های گیاهی بر افزایش کارایی ستوکسیدیم در کنترل یولاف وحشی (*Avena ludoviciana* L.) آزمایشی گلخانه‌ای در سال ۱۳۹۱ در گلخانه تحقیقاتی دانشگاه فردوسی مشهد انجام شد. حداکثر کارایی کوانتومی فتوسیستم دو (F_v/F_m)، تغییرات نسبی فلورسنس در مرحله J (F_{vj}) و مساحت بین منحنی کاتسکی و F_m (Area) ۱، ۲، ۳، ۵ و ۷ روز پس از پاشش علف‌کش ستوکسیدیم با و بدون روغن‌های گیاهی اندازه‌گیری شد. این ارزیابی نشان داد که مقادیر پارامترهای F_v/F_m، F_{vj} و Area در تمامی تیمارهای مورد بررسی کاهش یافت. مقادیر شدت تأثیر کاهشی تیمارها بر هر سه پارامتر فوق به‌ترتیب از زیاد به کم منداب> زیتون> سویا> ذرت> آفتابگردان> کلزا> کنجد> کرچک> پنبه دانه > ستوکسیدیم بدون روغن گیاهی بود. این نتایج با تغییرات وزن خشک ناشی از کاربرد روغن‌های گیاهی منطبق بود. با توجه به نتایج این آزمایش از هر یک از پارامترهای F_v/F_m، F_{vj} و Area می‌توان برای ارزیابی و مقایسه میزان تأثیر روغن‌های گیاهی بر افزایش کارایی ستوکسیدیم در کنترل یولاف وحشی استفاده کرد.

واژه‌های کلیدی: تغییرات نسبی فلورسنس، حداکثر کارایی کوانتومی فتوسیستم دو، روغن‌های گیاهی، فلورسنس کلروفیل

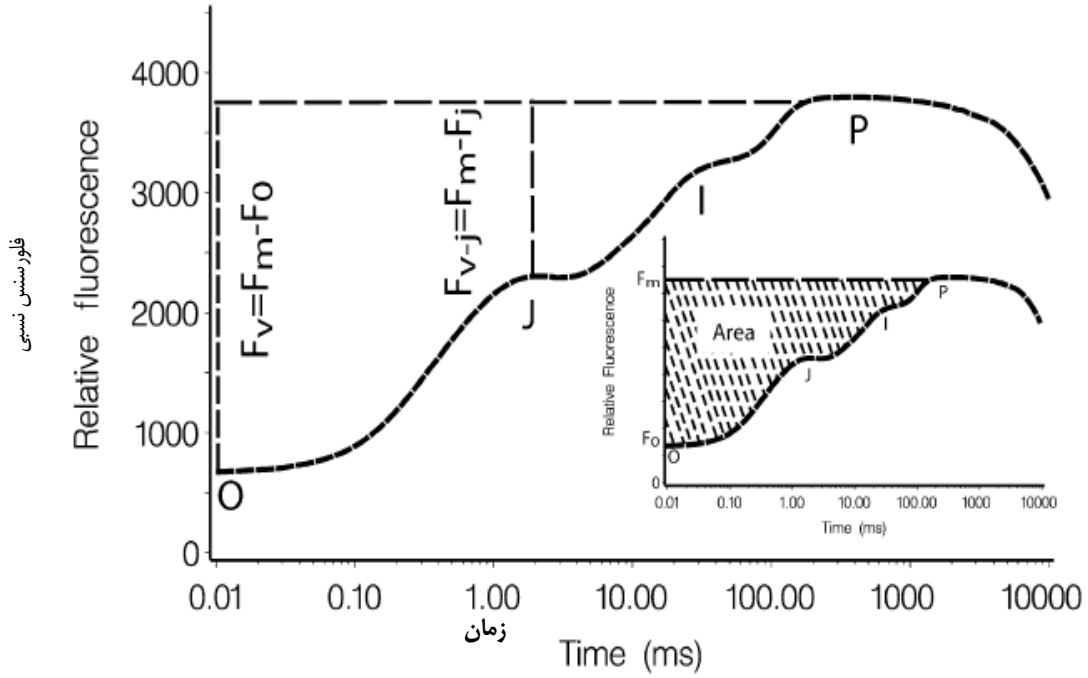
مقدمه

ستوکسیدیم علف‌کشی انتخابی و پس‌رویشی متعلق به خانواده سیکلوهگزاندیون‌ها، دارای فرمولاسیون امولسیون و مقدار مصرف ۳ لیتر در هکتار ثبت شده برای محصولات پهن برگ (کلزا و چغندرقند) و پیاز است (Senseman, 2007). بازدارندگی از فعالیت آنزیم استیل کوآنزیم آ کربوکسیلاز که در مسیر بیوسنتز اسیدهای چرب نقش حیاتی دارد، مکانیسم اصلی اثر این علف‌کش می‌باشد. این علف‌کش پس از قرارگیری بر روی سطح برگ به سرعت و طی زمانی کمتر از ۲ ساعت جذب گیاه می‌شود (Senseman, 2007). از این علف‌کش برای کنترل علف‌های هرز باریک‌برگی همچون یولاف وحشی (*Avena fatua* L. و *Avena ludoviciana* Durieu.)، چچم (*Lolium multiflorum* L.)، علف پشمکی (*Bromus tectorum* L.)، چمن باهیا گراس (*Paspalum notatum* L.)، سوروف (*Echinochloa crus-galli* L.) و ارزن وحشی (*Panicum* spp.) در گیاهان زراعی پهن‌برگ مانند پنبه، سویا، کلزا، یونجه، چغندرقند و تنباکو استفاده می‌شود (Senseman, 2007). گیاهان پهن‌برگ به دلیل دارا بودن آنزیم استیل کوآنزیم آ کربوکسیلاز غیرحساس به این گروه از علف‌کش‌ها در برابر آنها آسیب‌پذیر نیستند (Prado *et al.*, 1999).

امروزه ارزیابی تغییرات منحنی فلورسنس کلروفیل (منحنی کاتسکی) و پارامترهای آن به روشی پرکاربرد در تحقیقات مرتبط با سیستم‌های فتوسنتزی گیاهان تبدیل شده است (Abbaspoor *et al.*, 2006). دامنه این تحقیقات بسیار گسترده است بطوری‌که در مورد کاربرد علف‌کش‌ها و تأثیر آنها بر فلورسنس کلروفیل و حتی

۱- استادیار گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند و عضو گروه پژوهشی گیاه و تنش‌های محیطی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران
(*- نویسنده مسئول: Email: hhammami@birjand.ac.ir)
۲ و ۳- به‌ترتیب استاد و دانشیار گروه اگروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران
۴- استاد مؤسسه تحقیقات گیاه‌پزشکی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران
https://doi.org/10.22067/jpp.2021.30439.0

علف‌کش‌هایی که بطور غیر مستقیم بر فتوسنتز اثر می‌گذارند نیز از این روش استفاده می‌شود (Christensen *et al.*, 2003). این روش علاوه بر اینکه تکنیکی سریع، غیر تخریبی و دارای حساسیت بسیار بالا و دقیق است، حاوی اطلاعات بسیار ارزشمندی در مورد سیستم فتوسنتزی گیاه نیز می‌باشد (Barbagallo *et al.*, 2003). با توجه به صرف زمان زیاد برای غربالگری و تحقیقات مختلف در مورد علف‌کش‌ها نیاز به استفاده از تکنیک‌هایی که علاوه بر صرف زمان و هزینه کم دقیق نیز باشند بسیار ضروری به نظر می‌رسد. از جمله مهمترین و پرکاربردترین تکنیک‌های تشخیص اثر علف‌کش‌ها بر گیاه هدف در فاصله کمی پس از تیمار، استفاده از تغییرات منحنی کاتسکی (شکل ۱) و پارامترهای تشکیل دهنده آن می‌باشد و می‌تواند قدرت پیش‌گویی تأثیر علف‌کش را بسیار زودتر از بروز علائم به ما بدهد (Riethmuller-Haage *et al.*, Avarseji *et al.*, 2012; 2006). اندازه‌گیری میزان تغییرات فلورسنس کلروفیل یکی از مهمترین روش‌های کمی کردن تداخل علف‌کش‌ها با زنجیره انتقال الکترون است (Norsworthy *et al.*, 1999). این تکنیک می‌تواند برای تعیین کارایی اثر علف‌کش‌های مختلف بکار رود (Abbaspoor *et al.*, 2006). با استفاده از این روش اندکی پس از کاربرد می‌توان دریافت که آیا مقدار علف‌کش به کار رفته برای کنترل علف‌های هرز کافی بوده و یا اینکه نیاز به سم‌پاشی مجدد می‌باشد. به‌عنوان مثال اورسجی و همکاران (Avarseji *et al.*, 2012) گزارش کردند که تشخیص اثرات علف‌کشی کلودینافوپ پروپارژیل بر روی یولاف وحشی به کمک این روش ۷ روز زودتر از ظهور علایم ممکن شد. نتایج مطالعه ریث مولر-هاگ و همکاران (Riethmuller-Haage *et al.*, 2006) نیز نشان دادند که با استفاده از روش فلورسنس کلروفیل ۲ تا ۴ روز پس از تیمار تاجریزی سیاه با مت‌سولفورون متیل می‌توان به ارزیابی اثرات آن پرداخت.



شکل ۱- منحنی کاتسکی ثبت شده بوسیله دستگاه Handy PEA در برگ سالم قرار گرفته به‌مدت ۳۰ دقیقه در تاریکی (Abbaspoor & Streibig, 2005)

Figure 1- Chlorophyll fluorescence curve (kautsky curve) recorded with Handy PEA instrument in a 30 min dark-adapted leaf (Abbaspoor & Streibig, 2005)

همانطور که در شکل ۱ مشاهده می‌شود منحنی کاتسکی از ۳ بخش مختلف تشکیل شده است که عبارتند از: ۱) O- J مرحله احیای Q_A که در بازه زمانی ۵۰µs و ۲ ms روی می‌دهد؛ ۲) J-I مرحله انتقال الکترون از Q_A به Q_B که در بازه زمانی ۲ms تا ۳۰msروی داده و در نهایت ۳) I-P که مرحله فرونشانی فلورسانس توسط مخزن پلاستوکوئینون بوده و در بازه زمانی ۳۰ms تا ۵۰۰ms روی می‌دهد (۲). طی تابش نور به یک برگ سازش یافته به تاریکی، فلورسانس از حالت پایه F_O در مرحله O به بالاترین میزان خودش F_m در مرحله P در طی یک ثانیه می‌رسد و در این مرحله Q_A (اولین پذیرنده الکترون از فتوسیستم دو) کاملاً احیا شده است (Abbaspoor & Streibig,

Dayan & Zaccaro, 2012;2005). در این حالت می‌توان حداکثر کارایی کوانتومی مرحله فتوشیمیایی فتوسیستم دو را که با فرمول F_v/F_m که ($F_v=F_m-F_0$) تعریف می‌شود، تعیین کرد. در برگ‌های سالم همه گیاهان (مستقل از گونه است) میزان این نسبت تقریبا ۰/۸۳ است (Elahifard *et al.*, Abbaspoor & Streibig, 2005 ; 2013) اگر مقدار این نسبت کاهش یابد به این مفهوم است که قسمتی از مرکز واکنش فتوسیستم دو دچار اشکال شده است که این وضعیت اغلب در گیاهان تحت تنش اتفاق می‌افتد (Strasser & Dayan & Zaccaro, 2012;Stirbet, 2001). میزان فلورسانس کلروفیل بسیار کم است (۱۰-۲ درصد از کل نور جذب شده) اما می‌تواند تفسیری از وضعیت فتوسنتزی گیاه باشد (Papageorgiou & Govindjee, 2004). از آنجا که طیف فلورسانس با طیف نور جذب شده توسط کلروفیل کاملاً متفاوت است می‌توان عملکرد فلورسانس را با قرار دادن یک برگ در برابر طول موج مشخصی از نور و اندازه‌گیری میزان نور ساطع شده با طول موج بلندتر، کمّی کرد (Dayan & Zaccaro, 2012;Maxwell & Johnson, 2000).

علف‌کش‌ها به‌صورت مستقیم و غیر مستقیم بر فتوسنتز اثر می‌گذارند. علف‌کش‌هایی که به‌طور مستقیم بر فتوسنتز اثر می‌گذارند، باعث کاهش سریع پارامترهای مختلف منحنی کاتسکی می‌شوند در حالی‌که علف‌کش‌های با نحوه عمل غیر فتوسنتزی باعث کاهش آهسته‌تر پارامترهای مختلف منحنی کاتسکی می‌شوند (Avarseji *et al.*, 2012 Dayan & Riethmuller-Haage *et al.*, 2006; Zaccaro, 2012;).

پتانسیل استفاده از پارامترهای القای فلورسانس برای تعیین متابولیسم تعدادی از علف‌کش‌هایی که به‌صورت مستقیم روی فتوسنتز مؤثر نیستند، توسط باراگالوا (Barbagallo *et al.*, 2003) مورد آزمایش قرار گرفت. از میان پارامترهای منحنی کاتسکی، پارامتر F_{vj} یا تغییرات نسبی در مرحله J به‌عنوان پارامتر مطلوبی برای بررسی اثرات علف‌کش‌هایی با نحوه عمل غیرفتوسنتزی شناخته شده است (Christensen *et al.*, 2003). در مطالعه انجام شده توسط اورسجی و همکاران (Avarseji *et al.*, 2012) نیز از آن به‌عنوان پارامتر مناسب برای ارزیابی اثر علف‌کش‌های با نحوه عمل غیرفتوسنتزی نام برده شده است.

در بسیاری از آزمایشات مربوط به علف‌کش‌ها، از فلورسانس کلروفیل برای تشخیص زود هنگام فعالیت دز کاهش‌یافته علف‌کش (Riethmuller-Haage *et al.*, 2006;Avarseji *et al.*, 2012)، تعیین مقاومت علف‌های هرز به علف‌کش‌ها (Elahifard *et al.*, 2013، Norsworthy *et al.*, 1999) و تعیین متابولیسم علف‌کش در علف هرز و گیاه زراعی (Abbaspoor *et al.*, 2006) استفاده شده است. در نهایت باید به این نکته توجه داشت که پارامترهای فلورسانس کلروفیل می‌توانند به‌عنوان ابزاری بسیار توانمند، قوی و قابل اعتماد در مطالعات علف‌کشی (بازدارنده فتوسنتز و علف‌کش های با نحوه عمل غیر فتوسنتزی) مورد استفاده قرار گیرند (Abbaspoor & Streibig., 2005). ویژگی بسیار مهم این روش کوتاه کردن دوره غربالگری است. اگر چه ممکن است زمان مورد نیاز برای ارزیابی اثرات علف‌کشی در مورد علف‌کش‌های با نحوه عمل غیر فتوسنتزی بیشتر از زمان مورد نیاز برای علف‌کش‌های بازدارنده فتوسنتز باشد ولی باز هم زمان بسیار کمتری در مقایسه با روش قدیمی نیاز است. بنابراین این مطالعه با هدف بررسی تغییرات منحنی کاتسکی و تعیین روابط بین پارامترهای منحنی فوق و وزن خشک در آزمایش اثر کاربرد روغن‌های گیاهی بر کارایی ستوکسیدیم در کنترل یولاف وحشی و ارزیابی امکان کاربرد این روش انجام شد.

مواد و روش‌ها

آزمایش‌های پاسخ به مقدار علف‌کش

به‌منظور یکنواختی و سهولت در جوانه‌زنی و سبز شدن گیاهچه های یولاف وحشی، ابتدا پوسته در بردارنده بذر از آنها جدا شده و سپس بذور توسط محلول هیپوکلریت سدیم ۵ درصد (*v/v*%) به‌مدت ۵ دقیقه ضد عفونی سطحی شده و بعد به‌مدت ۵ دقیقه با آب شستشو داده شدند. بذرها درون پتری‌دیش‌های شیشه‌ای با قطر ۱۱ سانتی‌متر که حاوی یک لایه کاغذ صافی (واتمن شماره ۱) بودند، قرار داده شده و مقدار ده میلی‌لیتر از محلول ۰/۲ گرم در لیتر نیترات پتاسیم به هر یک از پتری‌دیش‌ها اضافه شد. پتری‌دیش‌های حاوی بذر به‌مدت ۷۲ ساعت در دمای ۴ تا ۵ درجه سانتی‌گراد (در درون یخچال) در تاریکی مطلق نگهداری شدند. پس از اعمال سرما، پتری‌دیش‌ها به ژرمیناتور با دوره دمایی ۲۰ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۱۶ ساعت و دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۸ ساعت در تاریکی مطلق، به‌ترتیب با رطوبت نسبی ۴۵ و ۶۵ درصد، جوانه‌دار شدند (Avarseji *et al.*, Hammami *et al.*, 2011; Izadi *et al.*, 2013;2012). پس از اینکه بذور در ژرمیناتور جوانه‌دار شدند، پتری‌دیش‌ها به گلخانه منتقل شده و تعداد ۱۵ گیاهچه یولاف وحشی با ریشه‌چه یکسان و سالم در سطح خاک گلدان ۱/۵ لیتری حاوی خاک، خاکبرگ و ماسه بادی با نسبت حجمی مساوی قرار داده شده و بر روی آنها خاک پاشیده شد (روی سطح بذرها بطور کامل پوشانده شد). آبیاری گلدان‌ها هر دو روز یکبار انجام شد. در مرحله یک برگی گیاهچه‌ها به چهار گیاهچه در هر گلدان تنک شدند و ۳۰ میلی‌لیتر از محلول ۳ گرم در لیتر کود *N:P:K* (۲۰:۲۰:۲۰) به هر یک از گلدان‌ها اضافه شد (Izadi *et al.*, 2013). دمای گلخانه در مدت رشد، بین ۲۵ تا ۳۲ درجه سانتی‌گراد در طول روز و ۱۶ تا ۲۴ درجه سانتی‌گراد در طول شب متغیر بود.

گیاهان در مرحله چهار برگی با استفاده از سم‌پاش متحرک ریلی مجهز به نازل بادبزنی معمولی (۸۰۰۴) با خروجی ۲۳۸ لیتر در هکتار با فشار پاشش ۲۰۰ کیلو پاسکال (kPa) تحت تیمار قرار گرفتند. تیمارهای آزمایش شامل غلظت‌های صفر، ۲۲/۵، ۴۶/۸، ۹۳/۷۵، ۱۸۷/۵، ۲۸۱/۲۵و ۳۷۵ گرم در هکتار ماده مؤثره علف‌کش ستوکسیدیم[1] در ده سطح ۱) بدون روغن گیاهی، و روغن‌های گیاهی: ۲) منداب، ۳) سویا، ۴) پنبه دانه، ۵) آفتابگردان، ۶) زیتون، ۷) کرچک، ۸) کنجد، ۹) ذرت و ۱۰) کلزا در سه تکرار بودند. به‌منظور آماده‌سازی هر یک از روغن‌های گیاهی، میزان ۰/۰۵ درصد از مویان سیتوگیت به‌عنوان امولسیون‌کننده به آنها اضافه شد. هر یک از نمونه‌های روغن‌های گیاهی حاوی امولسیون‌کننده، به میزان پنج درصد حجمی (پنج در هزار) مورد استفاده قرار گرفتند. اندام‌های هوایی گیاهان شاهد و تیمار شده چهار هفته پس از اعمال تیمارها از روی سطح گلدان برداشت شدند و وزن خشک آنها اندازه‌گیری شد و از میانگین وزن خشک در هر گلدان برای برازش منحنی‌های پاسخ به دز به کمک نرم‌افزار R استفاده شد.

پاسخ وزن خشک یولاف وحشی به مقدار محلول علف‌کش در حضور روغن‌های گیاهی مختلف با تکنیک رگرسیون غیر خطی و با استفاده از نرم‌افزار R آنالیز شد. تمامی داده‌ها به‌طور همزمان با مدل‌های سه و چهار پارامتری گامپرتز (معادله ۱) برازش داده شدند (Cabanne, 2000;Cabanne *et al*., 1999).

$$U_{ij} = \frac{D - C}{1 + \exp[b_i(\log(z_{ij}) - \log(GR_{50}(i)))]} \quad (۱)$$

که در آن U_{ij} بیانگر وزن خشک j ام که موجب پاسخ در دز i ام فرمولاسیون (z_{ij}) می‌شود، D حد مجانب بالای وزن خشک در مقادیر صفر فرمولاسیون (شاهد بدون علف‌کش) و روغن‌های گیاهی بدون علف‌کش، C حد مجانب پایین وزن خشک بیشترین غلظت علف‌کش با و بدون روغن‌های گیاهی، $GR_{50(i)}$ مقدار فرمولاسیون i، لازم برای ۵۰ درصد کاهش وزن خشک علف‌هرز و b_i متناسب با شیب منحنی در محدوده $GR_{50(i)}$ می‌باشند (Cabanne *et al*., 1999; Cabanne, 2000).

آزمایش فلورسنس کلروفیل برگ

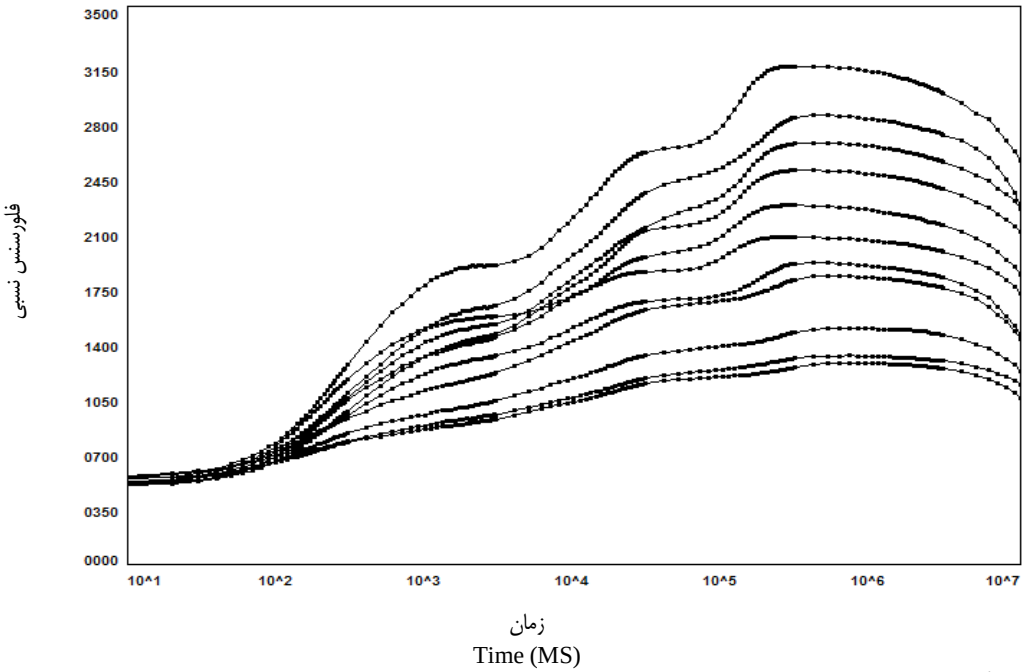
با استفاده از نتایج مطالعه انجام شده توسط عباسپور و استرایبیگ (Abbaspoor & Streibig, 2005) بر روی علف‌کش کلودینافوپ پروپارژیل و با توجه به داشتن نحوه عمل مشابه علف‌کش کلودینافوپ پروپارژیل با ستوکسیدیم، ۱، ۲، ۳، ۵ و ۷ روز پس از اعمال تیمارهای ستوکسیدیم با و بدون روغن‌های گیاهی اندازه‌گیری‌ها انجام شد. به منظور ایجاد شرایط سازگاری به تاریکی از کلیپس‌های مخصوص استفاده شد. کلیپس‌های فوق به‌مدت ۳۰ دقیقه بر روی یک سوم انتهایی آخرین برگ تکامل یافته قرار گرفته و سپس اندازه‌گیری به کمک دستگاه فلورومتر مدل PEA plus که برای تابانیدن نوری با طول موج ۶۵۰ نانومتر و شدت ۳۰۰۰ میکرومول فوتون در متر مربع در ثانیه به مدت ۱۰ ثانیه کالیبره شده بود انجام شد. پارامترهای Fv/Fm، Fvj و Area برگرفته شده از منحنی کاتسکی در این آزمایش برای مقایسه تیمارها مورد استفاده قرار گرفتند.

نتایج و بحث

با توجه به شکل ۲ تغییرات محسوسی در شکل منحنی کاتسکی در نتیجه کاربرد علف‌کش ستوکسیدیم (۳۷۵ گرم ماده مؤثره در هکتار) با و بدون روغن‌های گیاهی در ۷ روز پس از اعمال تیمارها روی می‌دهد. البته باید به این نکته نیز توجه داشت که شدت تغییرات در مورد تیمارهای کاربرد روغن‌های گیاهی به همراه علف‌کش ستوکسیدیم بیشتر است. این نتایج نشان داد که روغن‌های پنبه دانه و کرچک کمترین میزان تغییرات و منداب و زیتون بیشترین تغییرات را در شکل منحنی کاتسکی ایجاد کردند. در مورد کاربرد روغن‌های گیاهی از مرحله J به بعد شدت تغییرات شدید است به‌طوری‌که در مورد برخی از تیمارها منحنی کاتسکی به شدت تغییر شکل داده و به فرم خطی در آمده است این در حالی است که در تیمار شاهد تمامی مراحل شکل استاندارد منحنی کاتسکی در برگ‌های سالم بصورت کاملاً واضح و به تفکیک قابل رویت است. شدت تغییرات منحنی کاتسکی در تمامی تیمارهای ستوکسیدیم بعلاوه روغن‌های گیاهی بیشتر از عدم کاربرد روغن‌های گیاهی بود (شکل ۲).

شدت تغییرات در مورد تیمارهای اعمال شده به‌ترتیب از کم به زیاد عبارتند از پنبه دانه، کرچک، کنجد، کلزا، آفتابگردان، ذرت، سویا، زیتون، منداب که با نتایج ارزیابی اثر روغن‌های گیاهی و پتانسیل نسبی آنها در افزایش کارایی ستوکسیدیم تطابق دارد. بسیاری از علف‌کش‌هایی که بطور مستقیم بازدارنده سیستم فتوسنتزی گیاه نیستند می‌توانند باعث تغییر شکل منحنی کاتسکی و پارامترهای آن شوند به‌عنوان مثال نتایج گزارشات عباس‌پور و استرایبیگ (Abbaspoor & Streibig., 2005) نشان داد که کاربرد کلودینافوپ پروپارژیل منجر به تغییر در شکل منحنی کاتسکی و پارامترهای F_v/F_m، F_{vj} و Area در جو (*Hordeum vulgare*) و یولاف وحشی (*Avena sativa*) شد. این محققین همچنین نشان دادند که بین میزان تغیرات پارامترهای فوق و غلظت علف‌کش رابطه وجود دارد به طوری‌که با افزایش غلظت از میزان هر یک از پارامترهای فوق کاسته می‌شد.

1- Sethoxydim



شکل ۲- تأثیر علف‌کش ستوکسیدیم (۳۷۵ گرم ماده مؤثره در هکتار) بر شکل منحنی کاتسکی ۷ روز پس از اعمال تیمار

منحنی‌ها به‌ترتیب از بالا به پایین مربوط به تیمارهای شاهد، ستوکسیدیم و ستوکسیدیم به همراه روغن‌های پنبه دانه، کرچک، کنجد، کلزا، آفتابگردان، ذرت، سویا، زیتون، منداب

Figure 2- Effect of sethoxydim herbicide on kautsky curve seven days after treatment

curves high to low sethoxydim alone and plus cotton seed, castor, sesame, canola, sunflower, corn, soybean, olive and turnip oils

بطور کلی شدت تغییرات شکل منحنی کاتسکی و پارامترهای آن در مورد علف‌کش‌های بازدارنده فتوسنتز بیشتر است بطوری‌که نتایج مطالعه کریستینسن و همکاران (Christensen *et al.*, 2003) حاکی از تأثیر سریعتر کاربرد بنتازون در مقایسه با فلوروکلریدون و گلایفوسیت بر خصوصیات و پارامترهای منحنی کاتسکی گیاه خردل سفید بود. ریث مولر-هاگ و همکاران (Riethmuller-Haage *et al.*, 2006) اطلاعات کامل و ارزشمندی در مورد اثر مت‌سولفورون متیل در ۲ تا ۴ روز پس از سمپاشی بوسیله اندازه‌گیری کارایی کوانتومی فتوسیستم دو و محتوی کلروفیل جهت تشخیص زودهنگام اثر مت سولفورون متیل بدست آوردند در حالی‌که برای ظهور علائم این علف‌کش به ۷ تا ۱۰ روز زمان نیاز است. گزارش منتشر شده توسط اورسجی و همکاران (Avarseji *et al.*, 2012) نیز چنین شرایطی را برای پیش‌بینی اثر علف‌کش کلودینافوپ پروپارژیل در کنترل یولاف وحشی گزارش کردند. آنها بیان کردند که استفاده از روش فلورسانس کلروفیل و پارامترهای منحنی کاتسکی می‌تواند باعث افزایش قدرت تشخیص زود هنگام اثرگذاری علف‌کش کلودینافوپ پروپارژیل شود. در حالی‌که علائم تأثیرگذاری علف‌کش کلودینافوپ پروپارژیل پس از گذشت ۱۲ روز از سم‌پاشی ظهور می‌یابد با این روش می‌توان ۵ روز پس از سم‌پاشی کارایی کلودینافوپ پروپارژیل را تشخیص داد.

به‌منظور ارزیابی شدت تغییرات منحنی کاتسکی در تیمارهای مورد آزمایش از رابطه بین میزان تغییر پارامترهای منحنی کاتسکی F_v/F_m، F_{vj} و Area (اندازه‌گیری شده بعد از گذشت ۷ روز از سم پاشی) و وزن خشک (اندازه‌گیری شده بعد از گذشت ۲۸ روز از سم پاشی) استفاده شد. نتایج این مطالعه نشان داد که با کاهش میزان وزن خشک گیاه یولاف وحشی در نتیجه کاربرد ستوکسیدیم با و بدون روغن‌های گیاهی از مقدار پارامترهای فوق کاسته شد. رابطه نسبتاً قوی بین پارامترهای فوق و وزن خشک گیاه یولاف وحشی مشاهده شد. شکل‌های ۳، ۴ و ۵ به‌ترتیب نشان‌دهنده رابطه بین F_v/F_m، Area، F_{vj} و میزان وزن خشک یولاف بود. مشابه نتایج این آزمایش گزارش‌های منتشر شده توسط سایر محققین نیز نشان از وجود رابطه بین پارامترهای F_v/F_m، F_{vj}، Area و تغییرات وزن خشک در نتیجه تیمار غلظت‌های مختلف علف‌کش بود (Avarseji *et al.*, 2012; Abbaspoor & Streibig., 2005; Christensen *et al.*, 2003; Streibig., 2007; Elahifard *et al.*, 2013; Barbagallo *et al.*, 2003). شکل ۳ نشان‌دهنده رابطه بین تغییرات F_v/F_m و وزن خشک یولاف وحشی می‌باشد. این شکل نشان می‌دهد که در تمامی تیمارها در غلظت توصیه شده بین F_v/F_m و وزن خشک رابطه نمایی مثبت و نسبتاً قوی برقرار است. مشابه این نتایج در مورد تأثیر علف‌کش‌های دیگری نیز

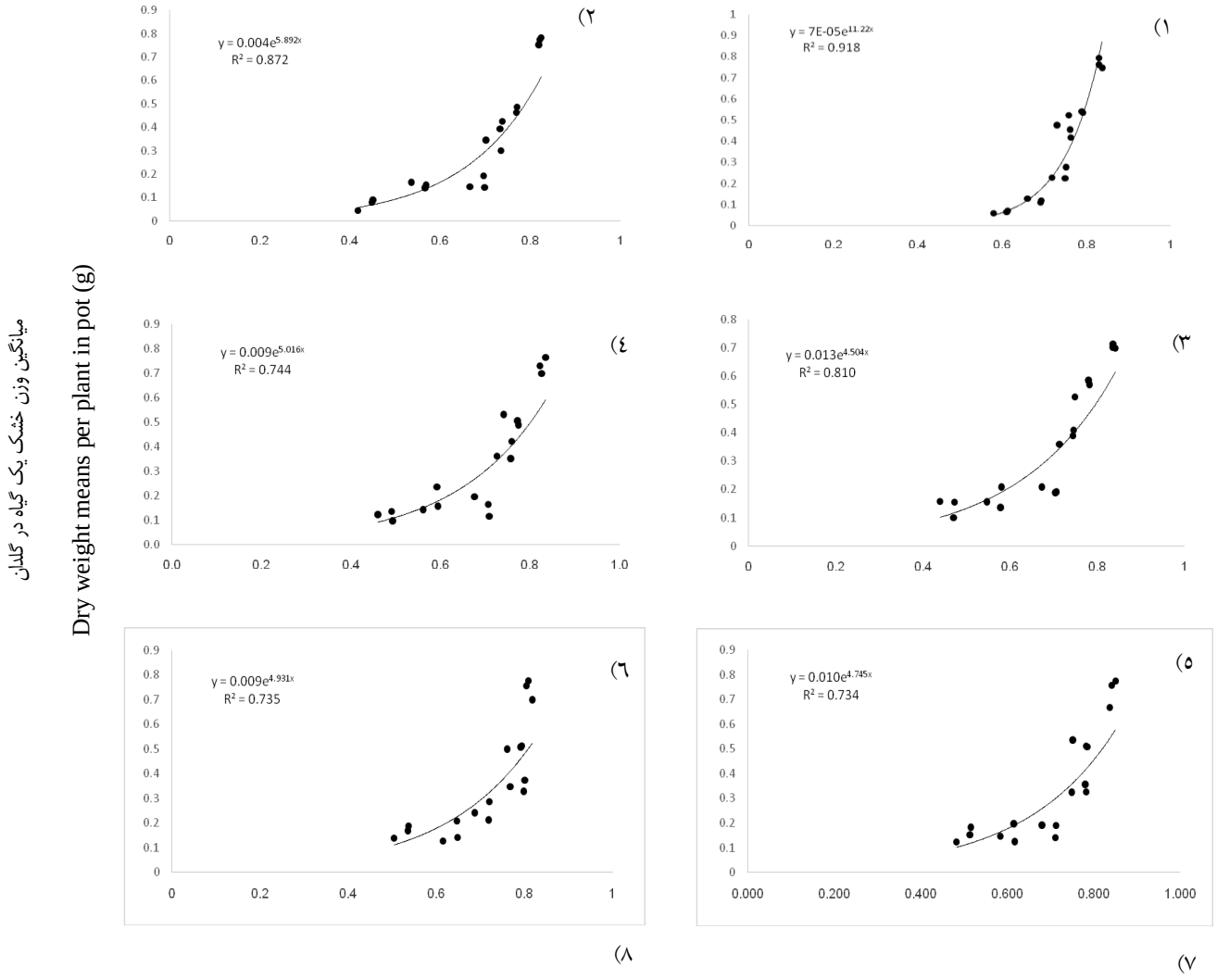
در مورد رابطه بین F_v/F_m و وزن خشک نیز مشاهده شده است (Christensen *et al.*, 2003).

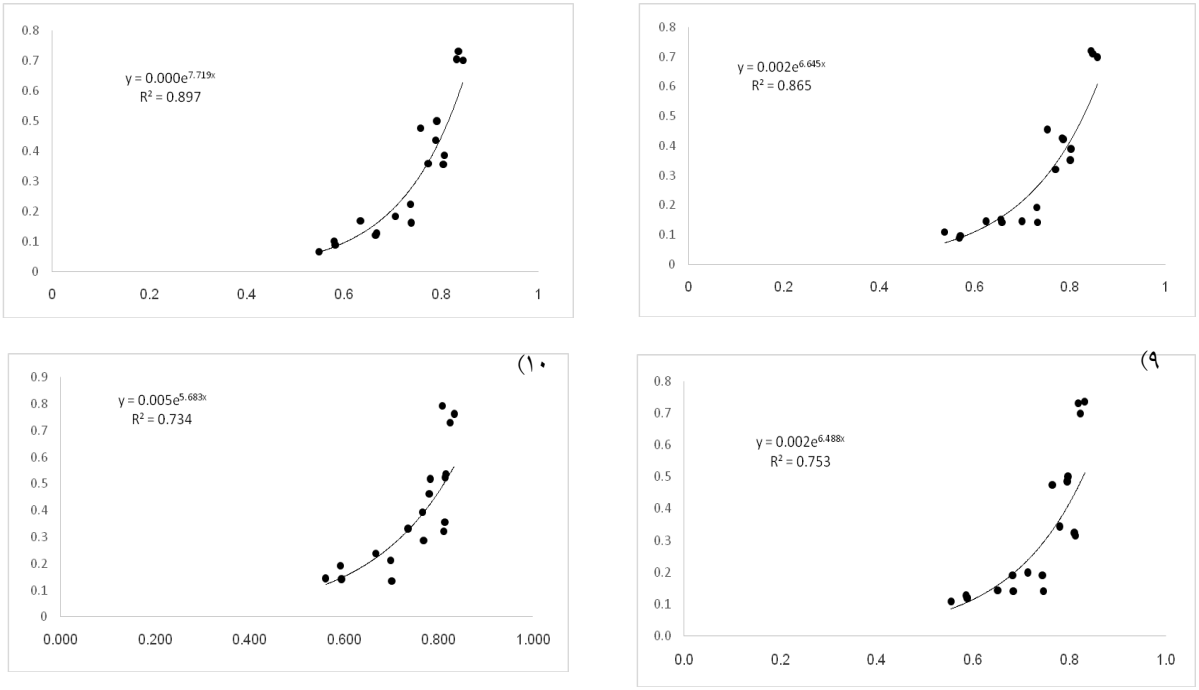
شکل ۴ نشان‌دهنده رابطه موجود بین Area و وزن خشک است. در میان ۳ پارامتر مورد بررسی رابطه بین Area و وزن خشک خطی و بسیار قوی بود به‌طوری‌که در تمام تیمارها رابطه همبستگی بیش از ۰/۹ بود. در حالی‌که در پارامترهای F_v/F_m و F_{vj} رابطه همبستگی نمایی مثبت بود (شکل‌های ۳، ۴ و ۵).

شکل ۵ نشان‌دهنده رابطه موجود بین F_{vj} و وزن خشک است. این رابطه مشابه نتایج پارامتر Fv/Fm بصورت نمایی مثبت بود. بطور کلی وجود رابطه بین هر ۳ پارامتر مورد بررسی با وزن خشک تأیید شده است. در مطالعات مختلف اهمیت هر کدام متفاوت ذکر شده است در برخی مطالعات Fv/Fm مهمتر و در برخی مطالعات دیگر سایر پارامترها مهمتر ذکر شده است (Riethmuller-Haage *et al.*, 2006).

با توجه به نتایج مطالعات گذشته که نشان دهنده اهمیت بیشتر پارامتر F_{vj} در مورد مطالعه تاثیر کاربرد علف‌کش های با نحوه عمل غیر فتوسنتزی نسبت به سایر پارامترها می‌باشند این پارامتر به دقت مورد مطالعه قرار گرفت (Avarseji *et al.*, 2012; Elahifard *et al.*, 2013; Abbaspoor & Streibig., 2005).

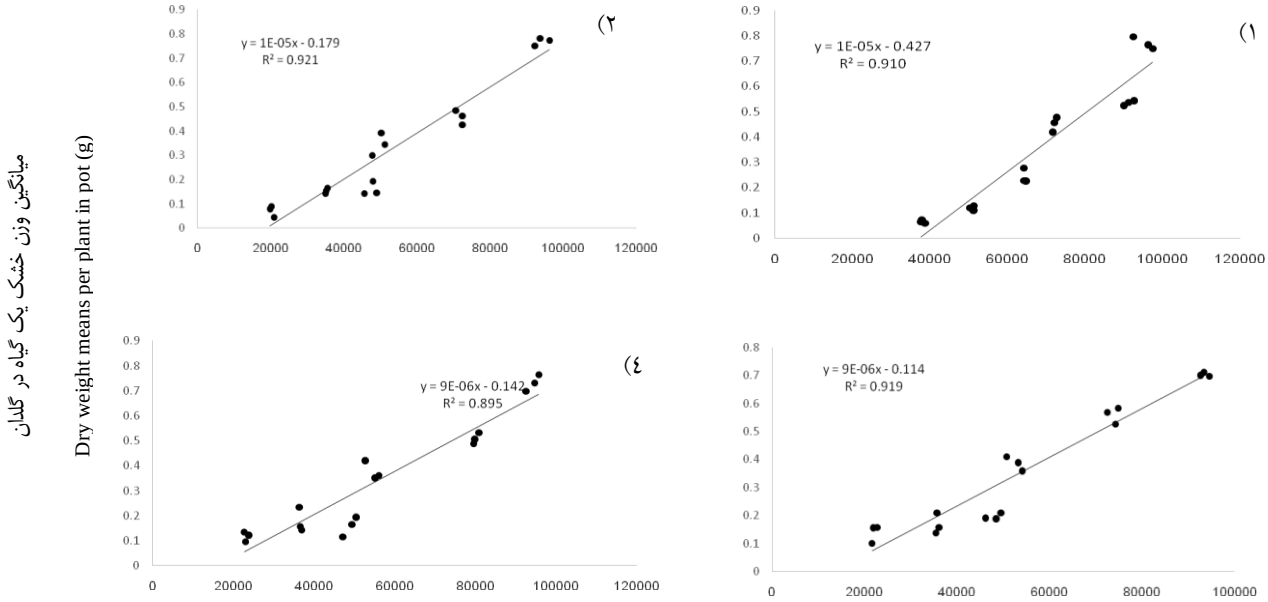
خلاصه‌ای از آنالیز رگرسیونی پارامتر F_{vj} نشان داده شده است (جدول ۱). با توجه به جدول ۱ و آزمون عدم برازش انجام شده مشاهده می‌شود که توابع ۳ و ۴ پارامتره گامپرتز برازش خوبی برای پارامتر F_{vj} داشته‌اند. نتایج این مطالعه همچنین نشان داد که رابطه پاسخ به غلظت در مورد پارامتر F_{vj} از پارامترهای Area و F_v/F_m بهتر بود (داده‌ها فقط برای F_{vj} نشان داده شده است).

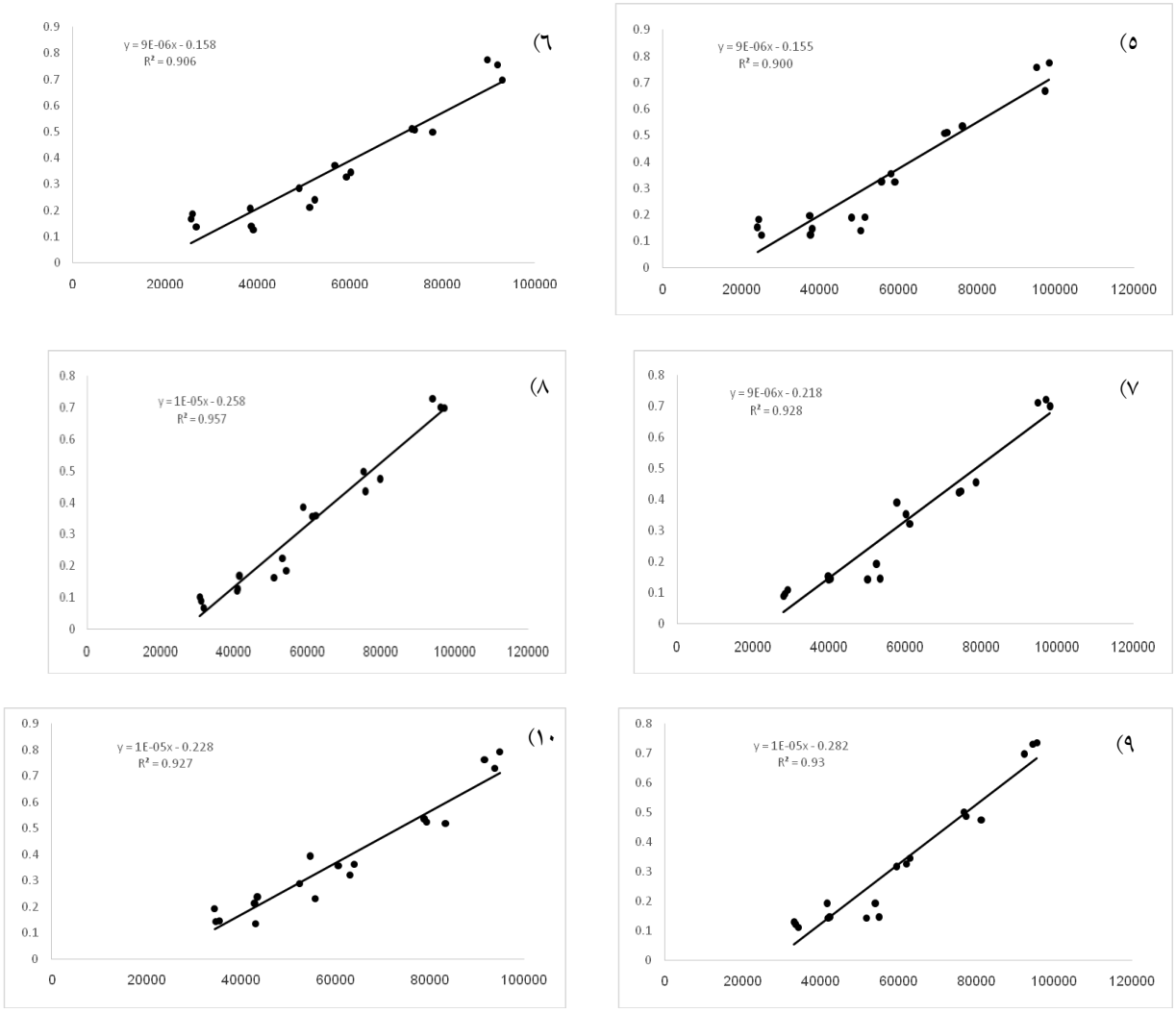




شکل ۳- رابطه بین F_V/F_M و وزن خشک یولاف وحشی در تیمارهای ستوکسیدیم (شیب تمامی نمودارها در سطح ۵ درصد معنی‌دار بودند)؛ ۱) بدون روغن گیاهی و با روغن‌های گیاهی ۲) منداب، ۳) زیتون، ٤) سویا، ۵) ذرت، ٦) آفتابگردان، ۷) کلزا، ۸) کنجد، ۹) کرچک، ۱۰) پنبه دانه

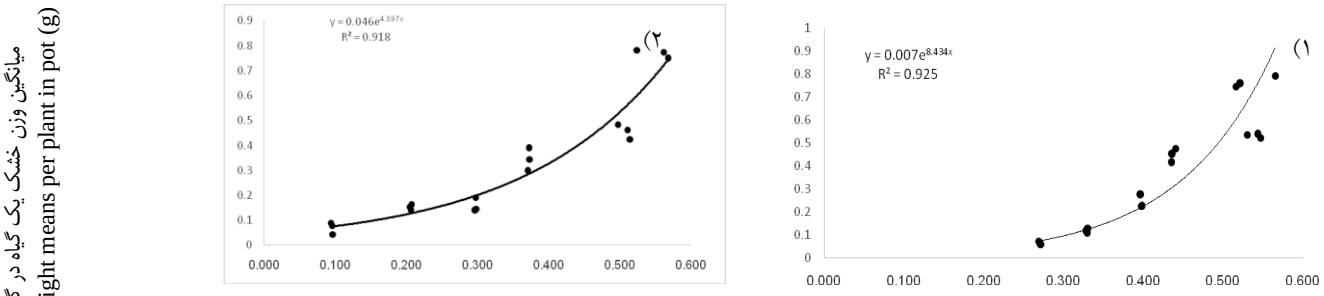
Figure 3- Relative between F_V/F_M and dry weight of wild oat in sethoxydim treatments 1) without vegetable oil and plus 2) turnip oils, 3) olive 4) soybean 5) corn 6) sunflower 7) canola, 8) sesame, 9) castor, and 10) cotton seed

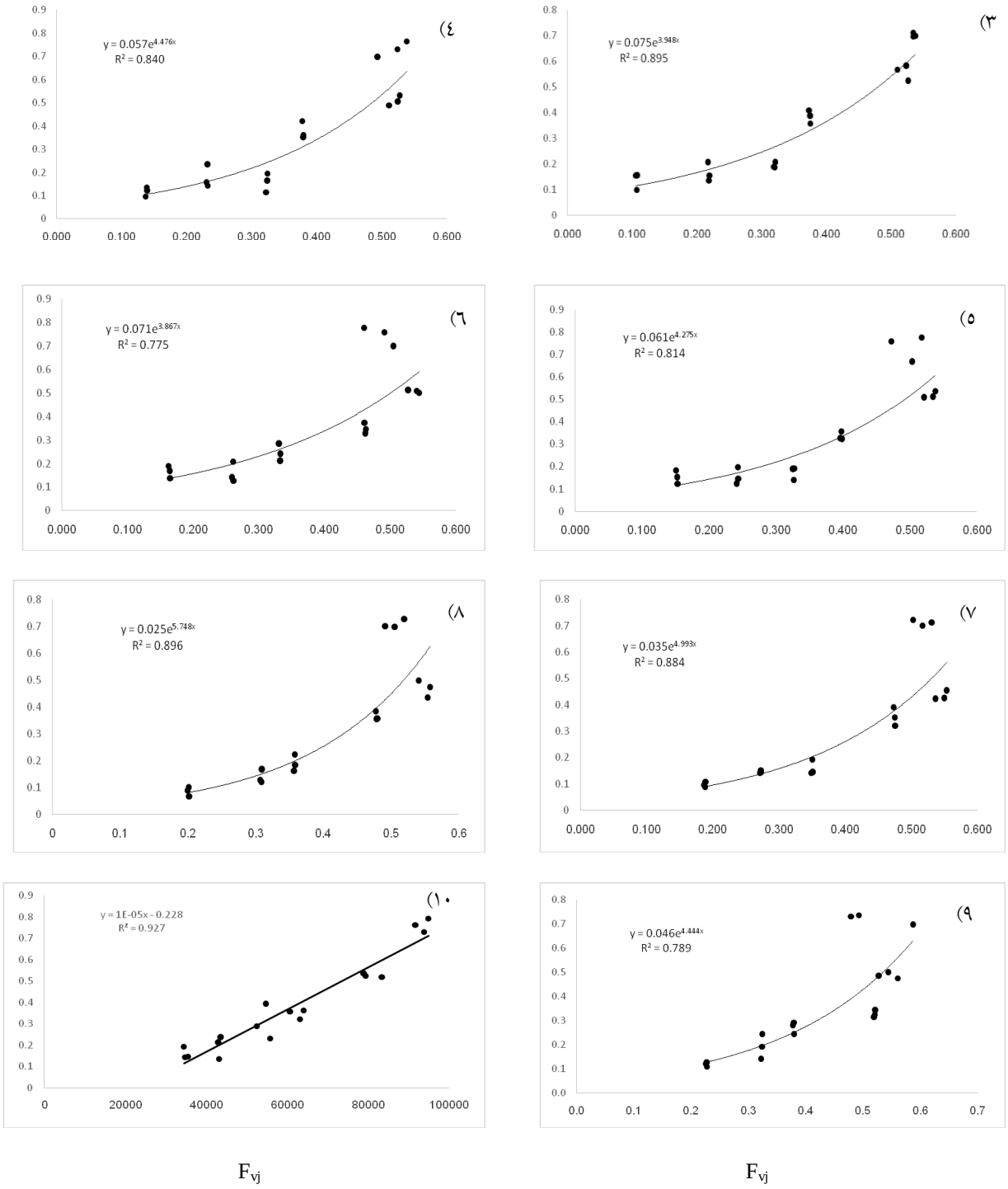




شکل ٤- رابطه بین Area و وزن خشک یولاف وحشی در تیمارهای ستوکسیدیم (شیب تمامی نمودارها در سطح ۵ درصد معنی‌دار بودند)؛ ۱) بدون روغن گیاهی و با روغن‌های گیاهی ۲) منداب، ۳) زیتون، ٤) سویا، ۵) ذرت، ٦) آفتابگردان، ۷) کلزا، ۸) کنجد، ۹) کرچک، ۱۰) پنبه دانه

Figure 4- Relative between Area and dry weight of wild oat in sethoxydim treatments 1) without vegetable oil and plus 2) turnip oils, 3) olive 4) soybean 5) corn 6) sunflower 7) canola, 8) sesame, 9) castor, and 10) cotton seed





شکل ۵- رابطه بین F_{vj} و وزن خشک یولاف وحشی در تیمارهای ستوکسیدیم (شیب تمامی نمودارها در سطح ۵ درصد معنی‌دار بودند)؛ ۱) بدون روغن گیاهی و با روغن‌های گیاهی ۲) منداب، ۳) زیتون، ٤) سویا، ۵) ذرت، ٦) آفتابگردان، ۷) کلزا، ۸) کنجد، ۹) کرچک، ۱۰) پنبه دانه

Figure 5- Relative between F_{vj} and dry weight of wild oat in sethoxydim treatments 1) without vegetable oil and plus 2) turnip oils, 3) olive 4) soybean 5) corn 6) sunflower 7) canola, 8) sesame, 9) castor, and 10) cotton seed

جدول ۱- پارامترهای برآورد شده توابع سه و چهار پارامتره گامپرتز برای مقادیر F_{vj} در برابر وزن خشک، ۷ روز پس از سم‌پاشی حاصل از اندازه گیری کلروفیل فلورسنس در تیمارهای ستوکسیدیم با و بدون روغن‌های گیاهی

Table 1- Estimate parameters three and four gompertz for F_{vj} values and dry weight, seven days after spraying get chlorophyll fluorescence measured in sethoxydim with or without vegetable oils treatments

تیمارها Treatments	GR_{50} (g ai L^{-1})	شیب منحنی Slope	حد پایین Lower limit	حد بالا Upper limit	آزمون عدم برازش Lack of fit test
ستوکسیدیم Sethoxydim	306.83 (±14.821)	1.0067 (±0.0622)	-	0.528 (±0.017)	0.0503 ^{NS}
ستوکسیدیم+ روغن مناب Sethoxydim+ turnip oil	190.186 (±10.899)	1.173 (±0.103)	-	0.553 (±0.014)	0.3416 ^{NS}
ستوکسیدیم+ روغن ذرت Sethoxydim+ corn oil	253.010 (±13.704)	1.376 (±0.157)	-	0.516 (±0.16)	0.2915 ^{NS}
ستوکسیدیم+ روغن زیتون Sethoxydim+ olive oil	212.005 (±13.040)	1.266 (±0.0168)	-	0.539 (±0.016)	0.0751 ^{NS}
ستوکسیدیم+ روغن سویا Sethoxydim+ soybean oil	231.738 (±13.776)	1.246 (±0.1379)	-	0.528 (±0.015)	0.1483 ^{NS}
ستوکسیدیم+ روغن آفتابگردان Sethoxydim+ sunflower oil	274.306 (±11.131)	1.653 (±0.1658)	-	0.516 (±0.011)	0.0659 ^{NS}
ستوکسیدیم+ روغن کنجد Sethoxydim+ sesame oil	279.749 (±8.949)	1.518 (±0.1189)	-	0.539 (±0.009)	0.2211 ^{NS}
ستوکسیدیم+ روغن کلزا Sethoxydim+ canola oil	202.332 (±20.302)	1.893 (±0.2451)	0.153 (±0.039)	0.536 (±0.009)	0.1921 ^{NS}
ستوکسیدیم+ روغن کرچک Sethoxydim+ castor oil	306.650 (±12.472)	1.7944 (±0.2429)	-	0.539 (±0.013)	0.2024 ^{NS}
ستوکسیدیم+ روغن پنبه دانه Sethoxydim+ cotton seed oil	292.488 (±20.319)	0.9307 (±0.1060)	-	0.645 (±0.017)	0.2636 ^{NS}

خلاصه‌ای از آنالیز رگرسیونی پارامتر F_{vj} نشان داده شده است (جدول ۱). با توجه به جدول ۱ و آزمون عدم برازش انجام شده مشاهده می‌شود که توابع ۳ و ۴ پارامتره گامپرتز برازش خوبی برای پارامتر F_{vj} داشته‌اند. نتایج این مطالعه همچنین نشان داد که رابطه پاسخ به غلظت در مورد پارامتر F_{vj} از پارامترهای Area و F_v/F_m بهتر بود (داده‌ها فقط برای F_{vj} نشان داده شده است).

نتیجه‌گیری

گزارش‌های زیادی وجود دارند که نشان‌دهنده ارزیابی دقیق و سریع تأثیر علف‌کش‌ها به روش فلورسنس کلروفیل است (Prado *et al.*, 1999؛ Dayan & Zaccaro, 2012، Riethmuller-Haage *et al.*, 2006). در این مطالعه، نتایج ارزیابی تغییرات منحنی کاتسکی و پارامترهای آن نشان داد که از این روش برای اندازه‌گیری سریع‌تر شدت تأثیر مواد افزودنی مختلف در افزایش کارایی علف‌کش ستوکسیدیم می‌توان استفاده کرد. به‌طوری‌که زمان مورد نیاز برای آزمایش فوق پس از اعمال تیمارها می‌تواند به مقدار زیادی کاهش یابد (تقریباً کمتر از یک چهارم). ریث مولر-هاگ و همکاران (Riethmuller-Haage *et al.*, 2006) اطلاعات کامل و ارزشمندی در مورد اثر مت‌سولفورون متیل در ۲ تا ۴ روز پس از سم‌پاشی و اورسجی و همکاران (Avarseji *et al.*, 2012) نیز تأثیرگذاری علف‌کش کلودینافوپ پروپارژیل را ۵ روز پس از سم‌پاشی بوسیله اندازه‌گیری کارایی کوانتومی فتوسیستم دو و محتوی کلروفیل پیش‌بینی کردند در حالی‌که برای ظهور علائم مت‌سولفورون متیل به ۷ تا ۱۰ روز و کلودینافوپ پروپارژیل ۱۲روز زمان نیاز است. بنابراین استفاده از این روش محققین را قادر می‌سازد که مدت زمان کوتاهی پس از کاربرد علف‌کش به ارزیابی اثرات آن بپردازند. با توجه به نتایج این مطالعه می‌توان از روش فلورسنس کلروفیل برای مطالعه تأثیرگذاری مواد افزودنی در افزایش کارایی علف‌کش‌ها استفاده کرد.

References

1. Abbaspoor, M., & Streibig, J.C. (2005). Clodinafop changes the chlorophyll fluorescence induction curve. *Weed Science*, *53*(1), 1-9. https://doi.org/10.1614/WS-04-131R
2. 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
3. Abbaspoor, M., Teicher, H.B., & Streibig, J.C. (2006). The effect of root-obsorbed PSII inhibitors on Kautsky curves parameters in sugar beet. *Weed Research*, *46*, 226-235. https://doi.org/10.1111/j.1365-

3180.2006.00498.x
4. Andersen, R.N. (1968). *Germination and establishment of weeds for experimental purposes*. A Weed Science Society of America Handbook. Urbana, USA.
5. Avarseji, Z., Rashed-Mohassel, M.H., Nezami, A., Abbaspoor, M., & Nassiri-Mahallati, M. (2012). Dicamba + 2, 4-D affects the shape of the Kautsky curves in wild mustard (*Sinapis arvensis*). *Plant Knowledge Journal*, *1*, 41-45.
6. Barbagallo, R.P., Oxborough, K., Pallett, K.E., & Baker, N.R. (2003). Rapid, non-invasive screening for perturbations of metabolism and plant growth using chlorophyll fluorescence imaging. *Plant Physiology*, *132*, 485-493. https://doi.org/10.1104/pp.102.018093
7. Cabanne, F., Gaudry, J., & Streibig, J.C. (1999). Influence of alkyl oleates on efficacy of phenmedipham applied as an acetone: water solution on *Galium aparine*. *Weed Research*, *39*, 57-67. https://doi.org/10.1046/j.1365-3180.1999.00118.x
8. Cabanne, F. (2000). Increased efficacy of clodinafop-propargyl by terpineols and synergistic action with esterified fatty acids. *Weed Research*, *40*, 181-189. https://doi.org/10.1046/j.1365-3180.2000.00177.x.
9. Christensen M.G., Teicher, H.B., & Streibig, J.C. (2003). Linking fluorescence induction curve and biomass in herbicide screening. *Pest Management Science*, *59*, 1303-1310. https://doi.org/10.1002/ps.763
10. Dayan, F.E., & Zaccaro, M.L.D. (2012). Chlorophyll fluorescence as a marker for herbicide mechanisms of action. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, *102*(3), 189-197.
11. Elahifard, E., Ghanbari, A., Rashed-Mohassel, M.H., Zand, E., MirshamsiKakhki, A., & Abbaspoor, M. (2013). Measuring chlorophyll fluorescence parameters for rapid detection of ametryn resistant junglerice (*Echinochloa colona* (L.) Link.). *Plant Knowl Journal*, *2*, 76-82.
12. Hammami, H., Rashed Mohassel. M.H., & Aliverdi, A. (2011). Surfactant and rainfall influenced clodinafop-propargyl efficacy to control wild oat (*Avena ludoviciana* Durieu.). *Australian Journal of Crop Science*, *5*, 39-43.
13. Izadi-Darbandi, E., Aliverdi, A., & Hammami, H. (2013). Behavior of vegetable oils in relation to their influence on herbicides' effectiveness. *Industrial Crops and Product*, *44*, 712-717.
14. Maxwell, K., & Johnson, G.N. (2000). Chlorophyll fluorescence-a practical guide. *Journal of Experimental Botany*, *51*, 659-668.
15. Norsworthy, J.K., Talbert, R.E., & Hoagland, R.E. (1999). Chlorophyll fluorescence evaluation of agrochemical interactions with propanil on propanil-resistant barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli*). *Weed Science*, *47*, 13-19.
16. Papageorgiou, G., & Govindjee, C. (2004). (Eds.), Chlorophyll a fluorescence: A signature of photosynthesis, advances in photosynthesis and respiration, vol. 19, Springer, Dordrecht, The Netherlands, 818pp.
17. Prado, J.L.D., Prado, R.A.D., & Shimabukuro, R.H. (1999). The effect of diclofop on membrane potential, ethylene induction, and herbicide phytotoxicity in resistant and susceptible biotypes of grasses. *Pesticide Biochemistry Physiology*, *63*, 1–14.
18. Riethmuller-Haage, I., Bastiaans, L., Kropff, M.J., Harbinson, J., & Kempenaar, C. (2006). Can photosynthesis-related parameters be used to establish the activity of acetolactate synthase inhibiting herbicides on weeds? *Weed Science*, *54*, 974-982.
19. Senseman, S.A. (2007). *Herbicide Handbook*. Ninth Edition. Weed science society of American.
20. Strasser, R.J., & Stirbet, A.D., (2001). Estimation of the energetic connectivity of PS II centres in plants using the fluorescence rise O-J-IP; fitting of experimental data to three different PS II models. *Mathematics and Computer in Simulation*, *56*, 451–461.

Journal of Iranian Plant Protection Research

https://jpp.um.ac.ir

Research Article
Vol. 38, No. 1, 2024, p. 63-77

Effect of Temperature and Drought Stress on Germination Characteristics and Determination of Cardinal Temperatures of Invasive Weed Herb-Robert (*Geranium robertianum* L.)

A. Jalili[1], E. Izadi Darabandi[2*], M. Rastgoo[2], E. Ebrahimi[3]

1 and 2- Ph.D. Student of Weed Science and Professor, Department of Agrotechnology, Faculty of Agriculture, Fredowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran, respectively.
3- Ph.D. in Weed Science, Agricultural Management of Ghochan, Ghochan, Iran
(*- Corresponding Author Email: e-izadi@um.ac.ir)

Received: 18-10-2022
Revised: 17-01-2023
Accepted: 30-01-2023
Available Online: 30-01-2023

How to cite this article:
Jalili, A., Izadi Darbandi, E., Rastgoo, M., & Ebrahimi, E. (2024). Effect of temperature and drought stress on germination characteristics and determination of cardinal temperatures of invasive weed Herb-Robert (*Geranium robertianum* L.). *Journal of Iranian Plant Protection Research*, *38*(1), 63-77. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22067/jpp.2023.78579.1103

Introduction

Seed germination is the first and most important stage of plant establishment and subsequent successful competition, which is affected by genetic and environmental factors. Temperature and soil water potential are the most important environmental factors. Knowledge of environmental factors controlling seed germination provides the possibility of predicting weed infestation. By obtaining information about the temperature and moisture requirements of weeds, it is possible to manage them successfully. In recent years, the weed of herb-robert has been raised as an invasive weed in rapeseed fields in Mazandaran and Golestan provinces. To investigate the relationship between temperature and germination rate, various cardinal models such as dent-like, segmented, and beta have been used. The purpose of this research is to determine cardinal temperatures in herb-Robert and investigate the role of temperature and drought stress on some of its germination characteristics.

Materials and Methods

To investigate the effect of temperature and drought stress on the germination of herb-Robert (*Geranium robertianum* L.) seeds, this study was conducted as a factorial experiment within a completely randomized design. The experiment included 8 levels of constant temperature (5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40 °C) and drought stress in 6 levels (-0.2, 4 -0.0, -0.6, -0.8, -1 MPa) with 4 replications. Germinated seeds were counted up to 14 days after germination. Then indicators such as percentage, germination rate and time to reach 50% germination were calculated. A dent-like regression model was used to determine the cardinal temperature.

Results and Discussion

The results showed that the constant temperature of 20°C has the highest percentage (98%) and germination rate (6.019) under non-stress conditions (zero water potential). Also, germination was stopped at temperatures of 35 and 40 °C. The three-parameters regression model had good accuracy to describe the trend of cumulative seed

©2023 The author(s). This is an open access article distributed under Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0), which permits use, sharing, adaptation, distribution and reproduction in any medium or format, as long as you give appropriate credit to the original author(s) and the source.
https://doi.org/10.22067/jpp.2023.78579.1103

germination percentage of herb-Robert. The results also showed that with the increase of drought stress, the percentage and rate of germination decreased and at potentials higher than -0.8 MPa, germination stopped. At zero potential (non-stress conditions), the minimum, first optimum, second optimum and maximum temperatures were determined as 1.12, 18.83, 22.76 and 35.09 °C, respectively. With an increase from zero to water potential up to -0.8 MPa, minimum temperature from 1.12 to 4.96, optimal temperatures from 18.83 to 22.76 to 10.51 to 20.63 and maximum temperature from 35.09 changed to 34.48 °C. The results showed that, in each osmotic potential, with increasing temperature, the time to reach 50% germination decreased. On the other hand, with the increase in osmotic potential, this time increased, which indicates a decrease in germination speed. In general, the time to reach 50% germination from 0 to 0.4 MPa potentials started from 6 days and decreased to 3 days. While at higher potentials (-0.6 and -0.8 MPa) it varies in the range of 6 to 8 days. These results indicate that the germination ability of herb-Robert increases in the temperature range of 15 to 20 degrees Celsius at any water potential. Based on the results of this experiment, there was no germination at the osmotic potential of 1 MPa. In general, wild geranium is more tolerant to moderate drought stress (up to -0.6 MPa) in the temperature range of 17 to 22 degrees Celsius, and with increasing drought stress, at lower temperatures (10 to 20 degrees Celsius) its presence will be more.

Conclusion

Based on the results of this study, the highest percentage and rate of seed germination occurred at 20°C. There was no seed germination at temperatures of 35 and 40 °C and water potential of -1 MPa. With the increase of water potential, the minimum temperature increased, the optimal temperatures decreased and the maximum temperature decreased slightly. In general, due to the low minimum temperature, the probability of germination and outbreak of this weed will be higher in colder seasons.

Keywords: Dent-like model, Germination rate, Optimal temperature

نشریه پژوهش‌های حفاظت گیاهان ایران
https://jpp.um.ac.ir

مقاله پژوهشی
جلد ۳۸ شماره ۱، بهار ۱۴۰۳، ص. ۷۷-۶۳

اثر دما و تنش خشکی بر ویژگی‌های جوانه‌زنی و دماهای کاردینال علف‌هرز مهاجم شمعدانی وحشی (*Geranium robertianum*)

عبدالله جلیلی[۱]- ابراهیم ایزدی دربندی[۲]*- مهدی راستگو[۲]- اسماعیل ابراهیمی[۳]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۷/۲۶
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۱/۱۰

چکیده

به‌منظور بررسی تأثیر دما و تنش خشکی بر جوانه‌زنی بذر علف‌هرز شمعدانی وحشی (*Geranium robertianum*) آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی با ۸ سطح دمای ثابت (۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۳۰، ۳۵، ۴۰ درجه سانتی‌گراد) و ۶ سطح تنش خشکی (۰، ۰/۲-، ۰/۴-، ۰/۶-، ۰/۸-، ۱- مگاپاسکال) در ۴ تکرار انجام شد. برای اعمال تنش خشکی از پلی‌اتیلن گلایکول ۶۰۰۰ استفاده شد. در این آزمایش، از پتری‌دیش‌های حاوی کاغذ صافی واتمن با قطر ۷ سانتی‌متر استفاده و در هر پتری ۲۵ بذر قرار گرفت. سپس پتری‌دیش‌ها در ژرمیناتور در معرض تیمارهای دمایی ذکر شده و رژیم روشنایی (۱۴ ساعت روشنایی ۲۵۰ میکرومول بر متر مربع بر ثانیه) قرار گرفتند. برای تحلیل نتایج آزمایش از شاخص‌هایی مانند درصد، سرعت جوانه‌زنی و مدت زمان رسیدن به ۵۰ درصد جوانه‌زنی استفاده شد. برای تعیین دمای کاردینال از مدل رگرسیونی دندانه‌ای استفاده شد. نتایج نشان داد که شمعدانی وحشی در دمای ثابت ۲۰ درجه سانتی‌گراد دارای بیشترین درصد (۹۸ درصد) و سرعت جوانه‌زنی (۶/۰۱۹ بذر در روز) در شرایط بدون تنش (پتانسیل آب صفر) بود. همچنین در دماهای ۳۵ و ۴۰ درجه سانتی‌گراد جوانه‌زنی متوقف شد. مدل رگرسیونی سه پارامتره از دقت خوبی جهت توصیف روند درصد جوانه‌زنی تجمعی شمعدانی برخوردار بود. براساس نتایج آزمایش با افزایش تنش خشکی (تا ۰/۸- مگاپاسکال)، درصد و سرعت جوانه‌زنی به طور معنی‌داری کاهش و در ۱- مگاپاسکال، جوانه‌زنی متوقف شد. در پتانسیل صفر (شرایط بدون تنش) دمای کمینه، بهینه اول، بهینه دوم و بیشینه به ترتیب ۱/۱۲، ۱۸/۸۳، ۲۲/۷۶ و ۳۵/۰۹ درجه سانتی‌گراد تعیین شد و با افزایش پتانسیل اسمزی تا ۰/۸- مگاپاسکال، دمای کمینه از ۱/۱۲ به ۴/۹۶ درجه سانتی‌گراد، دماهای بهینه اول از ۱۸/۸۳ تا ۲۲/۷۶ درجه سانتی‌گراد و دماهای بهینه دوم از ۱۰/۵۱ تا ۲۰/۶۳ درجه سانتی‌گراد و دمای بیشینه از ۳۵/۰۹ به ۳۴/۴۸ درجه سانتی‌گراد تغییر یافت. با توجه به نتایج آزمایش، جوانه‌زنی شمعدانی وحشی در محدوده‌های دمایی ۱۷ تا ۲۲ درجه سانتی‌گراد متحمل به تنش‌های خشکی متوسط (۰/۶- مگاپاسکال) می‌باشد. به‌طور کلی، با توجه با پایین بودن دمای کمینه، احتمال جوانه‌زنی و طغیان این علف‌هرز در فصول سردتر، بیشتر خواهد بود و با توجه به کاهش جوانه‌زنی به تنش خشکی، می‌توان کاشت گیاهان زراعی متحمل به خشکی را در برنامه‌های مدیریتی قرار داد.

واژه‌های کلیدی: دمای بهینه، سرعت جوانه‌زنی، مدل دندانه‌ای

۱ و ۲- به‌ترتیب دانشجوی دکتری علوم علف‌های هرز و استاد گروه آگروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.
۳- دکتری علوم علف‌های هرز، جهاد کشاورزی شهرستان قوچان، قوچان، ایران.
(*- نویسنده مسئول: Email: e-izadi@um.ac.ir)

https://doi.org/10.22067/jpp.2023.78579.1103

مقدمه

حضور گیاهان خارجی غیربومی به‌عنوان گیاهان مهاجم به نواحی جدید اهمیت زیادی دارد و یکی از چالش‌های مهم جهانی است (Zhou *et al.*, 2006). خانواده شمعدانی با دارا بودن علف‌های هرز یکساله و چندساله از خانواده‌های گیاهی است که به‌خصوص در نواحی معتدله و گرمسیری جهان پراکنش دارند. این خانواده دارای ۷ جنس و ۷۵۰ گونه می‌باشد (Keshavarz *et al.*, 2013). در سال‌های اخیر علف‌هرز شمعدانی برگ‌بریده (*Geranium dissectum*) در مزارع کلزا در استان مازندران و گلستان مهاجم شده است (Sohrabi *et al.*, 2017). بذر این علف‌هرز دارای خواب فیزیکی بوده و خراش‌دهی، قرار گرفتن در عمق خاک و گذشت زمان در رفع خواب آن مؤثر می‌باشد (Sohrabi *et al.*, 2017). با این حال گونه دیگر از این جنس با نام علمی *Geranium robertianum* نیز در مزارع کلزای استان گلستان مشاهده شده است، اما اطلاعات چندانی در مورد زیست‌شناسی آن وجود ندارد.

جوانه‌زنی مرحله‌ای بحرانی در زیست‌شناسی و چرخه زندگی گیاهان و علف‌های هرز است و اغلب پویایی جمعیت را کنترل می‌کند (Kamkar *et al.*, 2008). این فرآیند فیزیولوژیکی تحت تأثیر عوامل مختلفی مانند دما، رطوبت و نور قرار می‌گیرد که در این میان دما تأثیر مهمی دارد (Kamkar *et al.*, 2008). پی بردن به الگوی جوانه‌زنی و سبزشدن گونه‌های مختلف علف‌هرز می‌تواند اطلاعات جامعی برای توسعه روش‌های مدیریت علف‌هرز درآینده فراهم کند (Chauhan *et al.*, 2006). دما مهم‌ترین عاملی است که سرعت نمو گیاهان و علف‌های هرز (از جمله سرعت جوانه‌زنی) را تحت تأثیر قرار می‌دهد. اثرات دما روی نمو گیاهان، اساس مدل‌های مورد استفاده برای پیش‌بینی زمان جوانه‌زنی است (Kamkar *et al.*, 2012). دما، از عوامل مؤثر بر ویژگی‌های جوانه‌زنی مانند شروع، مقدار و سرعت جوانه‌زنی می‌باشد. از این رو، دما عامل بسیار مهمی بر استقرار گیاهان است (Jami-AlAhmadi & Kafi, 2007; Bradford, 2002). دمای کمینه[1]، دمای بهینه[2] و دمای بیشینه[3] سه دمای اصلی فرآیند جوانه‌زنی هستند. دماهای کمینه (دمای پایه) و بیشینه (دمای سقف)، دماهایی هستند که به‌ترتیب کمتر و بیشتر از آن‌ها جوانه‌زنی اتفاق نمی‌افتد، درحالی‌که دمای بهینه دمایی است که در آن سرعت جوانه‌زنی به بیشترین میزان خود می‌رسد (Alvardo & Bradford, 2022). شناسایی دماهای کاردینال جوانه‌زنی، یکی از نیازمندی‌های اصلی برای کنترل به موقع علف‌های هرز است، چرا که توانایی پیشگویی زمان خروج گیاهچه‌های علف‌های هرز می‌تواند در تعیین زمان مطلوب عملیات کنترل علف‌های‌هرز، توسعه کارایی روش‌های کنترل، کاهش استفاده از علف‌کش از طریق مدیریت تلفیقی علف‌های‌هرز مؤثر باشد (Buhler, 2000). محاسبه دماهای کاردینال جوانه‌زنی بر طبق ترسیم روند سرعت جوانه‌زنی در مقابل دما روشی مرسوم به‌حساب می‌آید (Kiyani, 2014). پژوهش‌های زیادی در زمینه برآورد دماهای کاردینال جوانه‌زنی بذر علف‌های هرز انجام شده است. برای نمونه، نتایج تحقیقی به‌منظور تعیین درجه حرارت‌های کاردینال جوانه‌زنی چندین گونه علف‌هرز نشان داد که برای هویج وحشی (*Daucus carota* L.) دمای پایه (۱/۶۷)، دمای بهینه (۲۲/۸۴)، دمای بیشینه (۴۳/۱۶)، برای گندمک (*Stellaria media* (L.) Vill.) دمای پایه (۳/۵۸)، بهینه (۱۹/۶۷-۱۸/۸۲)، بیشینه (۴۲/۷۵)، برای دم روباهی زرد (*Setaria glauca* (L.) P. Beauv) دمای پایه (۱۴/۱۷)، بهینه (۳۴/۹۲-۳۳/۷۵)، بیشینه (۴۴/۸۶) و برای دم اسب (*Conyza canadensis* (L.) Cronq) (دمای پایه) ۱۳/۷۴، بهینه (۳۱/۹۴-۳۱/۷۳)، بیشینه (۴۴/۲۱) درجه سانتی‌گراد بود (Diayanat, 2019). همچنین، دمای پایه، بهینه و بیشینه گونه‌ای خشخاش (*Papaver somniferum* L.) به‌ترتیب ۳/۰۲، ۲۷/۳۶، ۳۶/۳۱ درجه سانتی‌گراد گزارش شده است (Kamkar *et al.*, 2012). در آزمایش دیگری، دمای پایه، بهینه و حداکثر علف‌هرز نیلوفرپیچ (*Ipomoea triloba* L.) به‌ترتیب ۹، ۲۱ و ۲۷ درجه سانتی‌گراد برآورد شده است (Rizzardi *et al.*, 2009). به‌منظور تعیین درجه حرارت‌های کاردینال جوانه‌زنی علف‌هرز جارو (*Bassia scoparia* L.) عنوان شده است که این گیاه در دامنه وسیعی از دمای ۳/۵ درجه سانتی‌گراد (دمای کمینه) تا ۵۰ درجه سانتی‌گراد (دمای بیشینه) قادر به جوانه‌زنی می‌باشد و دمای بهینه جوانه‌زنی آن ۲۴ درجه سانتی‌گراد گزارش شده است (Jami-AlAhmadi & Kafi, 2007).

با توجه به اهمیت پراکنش گیاه مهاجم شمعدانی وحشی در مزارع کلزا استان مازندران و گلستان و از آن‌جایی که اطلاعاتی در خصوص ویژگی‌های جوانه‌زنی و دماهای کاردینال این گیاه مهاجم در دسترس نمی‌باشد، این مطالعه با هدف بررسی جنبه‌هایی از ویژگی‌های جوانه زنی بذر شمعدانی وحشی (*Geranium robertianum*) تحت تأثیر دما و تنش خشکی و تعیین دماهای کاردینال جوانه‌زنی آن انجام شده است.

1- Base Temperature
2- Optimum Temperature
3- Ceiling Temperature

مواد و روش‌ها

این آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۸ سطح دمای ثابت (۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۳۰، ۳۵، ۴۰ درجه سانتی‌گراد) و تنش خشکی در ۶ سطح (۰، ۰/۲-، ۰/۴-، ۰/۶-، ۰/۸-، ۱- مگاپاسکال) در ۴ تکرار انجام شد. بذرها از یک مزرعه کلزا واقع در استان گلستان جمع‌آوری و به آزمایشگاه منتقل و به‌مدت ۶ ماه در یخچال (۴ درجه سانتی‌گراد) نگهداری شدند. آزمایش‌های مقدماتی حاکی از عدم وجود خواب بذر بعد از ۶ ماه بود. برای شروع آزمایش، بذرها به‌مدت ۱ دقیقه با محلول ۵ درصد هیپوکلریت سدیم ضدعفونی و سپس با آب مقطر شسته شدند. در این آزمایش، از پتری‌دیش‌هایی حاوی کاغذ صافی واتمن با قطر ۷ سانتی‌متر استفاده و در هر پتری ۲۵ بذر قرار گرفت. پتری‌دیش‌ها در ژرمیناتور در معرض تیمارهای دمایی ذکر شده و رژیم روشنایی (۱۴ ساعت روشنایی ۲۵۰ میکرومول بر متر مربع بر ثانیه) قرار گرفتند. در طی آزمایش، کاغذ صافی درون پتری‌دیش‌ها روزانه با آب مقطر، مرطوب نگه داشته شد. جوانه‌زنی به صورت روزانه تا ۱۴ روز شمارش و معیار جوانه‌زنی خروج قابل رویت ریشه‌چه‌ها (کمتر از یک میلی‌متر) پوشش بذر بود (Deng & Cornu, 1992).

پتانسیل‌های مختلف آب براساس فرمول میچل و کافمن و با استفاده از پلی اتیلن گلایکول ۶۰۰۰ تهیه و برای سطوح تنش خشکی شاهد نیز از آب مقطر استفاده شد. به‌منظور تهیه پتانسیل‌های مختلف اسمزی از معادله ۱ استفاده شد (Michel & Kaufmann, 1973).

$$\Psi = -(1.18 \times 10^{-2})\,C - (1.18 \times 10^{-4})\,C^2 + (2.67 \times 10^{-4})\,CT + (8.39 \times 10^{-7})\,C^2T$$

معادله (۱):

در این معادله Ψ پتانسیل اسمزی، C مقدار پلی‌اتیلن گلایکول بر حسب گرم بر لیتر و T دما بر حسب درجه سانتی‌گراد می‌باشد.

در کلیه تیمارهای دمایی برای هر تکرار منحنی درصد جوانه‌زنی تجمعی در مقابل زمان (روز) ترسیم و مدل رگرسیونی سه پارامتره لجستیک (معادله ۲) برازش داده شد.

$$G=G_{max}/(1+(X/X_{50})^b) \qquad (۲)$$

در این معادله، G: درصد جوانه‌زنی، G_{max}: حداکثر درصد جوانه زنی، X_{50}: زمان رسیدن به ۵۰ درصد جوانه‌زنی، b: شیب معادله و X: زمان می‌باشند.

سرعت جوانه‌زنی (GR) نیز به روش ماگویر (Maguire, 1962) و با استفاده از معادله ۳ محاسبه گردید.

$$GR=\Sigma_{i=1}\ Ni/Ti \qquad (۳)$$

در این معادله Ni تعداد بذور جوانه‌زده در هر شمارش و Ti تعداد روز شمارش تا روز n بود.

برای تعیین دماهای کاردینال از مدل رگرسیونی مدل دندانه‌ای (Dent-like) (Torabi, 2003) برای رابطه بین دما و سرعت جوانه زنی (بذر در روز) استفاده شد (معادله ۴).

$$T \le To_1 < f(T) = ((T-Tb)/(To_1-Tb)) \text{ if } Tb \qquad (۴)$$
$$f(T) = ((Tc-T)/(Tc-To_2)) \text{ if } To_2 < T \le T$$
$$\text{if } To_1 < T \le To_2\ f(T) = 1$$
$$\text{if } T \le Tb \text{ or } T \ge Tc\ f(T) = 0$$

دراین مدل، f(T): سرعت جوانه‌زنی، T_b دمای پایه، T_{01} دمای بهینه اول، T_{02} دمای بهینه دوم و T_C: دمای بیشینه می‌باشند. جهت تحلیل نتایج حاصل، آنالیز واریانس داده‌های حاصل و مقایسه میانگین‌ها براساس آزمون کمترین اختلاف معنی‌دار (FLSD) در سطح احتمال ۵ درصد با استفاده از نرم‌افزار آماری مینی‌تب ۱۸/۱ انجام شد. برای برازش مدل‌های جهت تعیین دماهای کاردینال جوانه‌زنی از نرم‌افزار Sigma plot 12.5 و برای رسم نمودارها از نرم افزار اکسل ۲۰۱۹ استفاده شد.

نتایج و بحث

اثر دما و تنش خشکی بر صفات جوانه‌زنی (درصد و سرعت جوانه‌زنی)

براساس نتایج آزمایش، تأثیر دما، پتانسیل آب و اثر متقابل آن‌ها بر خصوصیات جوانه‌زنی شمعدانی وحشی معنی‌دار ($P \le 0.0001$) بود (جدول ۱). بیشترین درصد جوانه‌زنی (۹۸ درصد) شمعدانی وحشی در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد و پتانسیل اسمزی صفر مشاهده شد که با دمای ۱۵ درجه اختلاف معنی‌دار آماری نداشت (شکل ۱). کمترین درصد جوانه‌زنی (۵ درصد) نیز در دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد و پتانسیل اسمزی ۰/۸- مگاپاسکال حاصل شد. در دمای ۳۵ و ۴۰ درجه سانتی‌گراد در تمام پتانسیل‌های اسمزی درصد جوانه‌زنی متوقف شد (شکل ۱). در پتانسیل اسمزی ۱- مگاپاسکال، در هیچکدام از دماها، جوانه‌زنی مشاهده نشد (شکل ۱). نتایج تحقیقات بر روی علف‌هرز تلخه بیان (*Sophora alopecuroides* L.) نشان داد که این علف‌هرز تا تنش خشکی ۰/۶- مگاپاسکال دارای جوانه‌زنی مشابه شاهد، اما با افزایش خشکی درصد جوانه‌زنی از ۷۰ درصد به ۳۲ درصد در تنش خشکی ۱- مگاپاسکال رسید (Nosrati *et al.*, 2017). به طور کلی براساس مطالعات انجام شده، دمای مناسب جوانه‌زنی برای بیشتر بذرها بین ۱۵ تا ۳۰ درجه سانتی‌گراد، حداکثر دما برای بیشتر گونه‌ها بین ۳۰ تا ۴۰ درجه سانتی‌گراد است. هر چند در درجه حرارت‌های بالاتر از ۵۰ درجه سانتی‌گراد عمل جوانه‌زنی در بذرها متوقف می‌شود (Hejazi, 1994). در خصوص توقف جوانه‌زنی در دماهای بالاتر، این احتمال وجود دارد که در دماهای بالاتر فعالیت های متابولیکی بذر از جمله فعالیت آنزیم‌های مربوط به جوانه‌زنی متوقف گردد (Taassob-Shirazi *et al.*, 2013). همچنین اعتقاد بر این است که توقف جوانه‌زنی در دمای حداکثر، می‌تواند بدلیل تغییر در

پروتئین‌های ضروری جوانه‌زنی باشد (Copeland & Mc Donald, 1995).

جدول ۱- تجزیه واریانس اثرات دما و پتانسیل آب بر درصد و سرعت جوانه‌زنی شمعدانی وحشی (*Geranium robertianum*)

Table 1- Analysis of variance the effect of temperature and water potential on the percentage and germination rate of Herb-robert *Geranium robertianum*

منابع تغییر Source of variation	درجه آزادی Degree of freedom	میانگین مربعات Mean of square	
		درصد جوانه‌زنی Germination percentage	سرعت جوانه‌زنی Germination rate
دما Temperature	7	1835.18**	51.60**
خشکی Drought	5	11836.6**	23.57**
دما × خشکی Temperature× Drought	35	1113.6**	3.15**
خطا Error	144	15.8	0.041
کل Total	191		
ضریب تغییر C.V (%)		22.76	19.54

** معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد

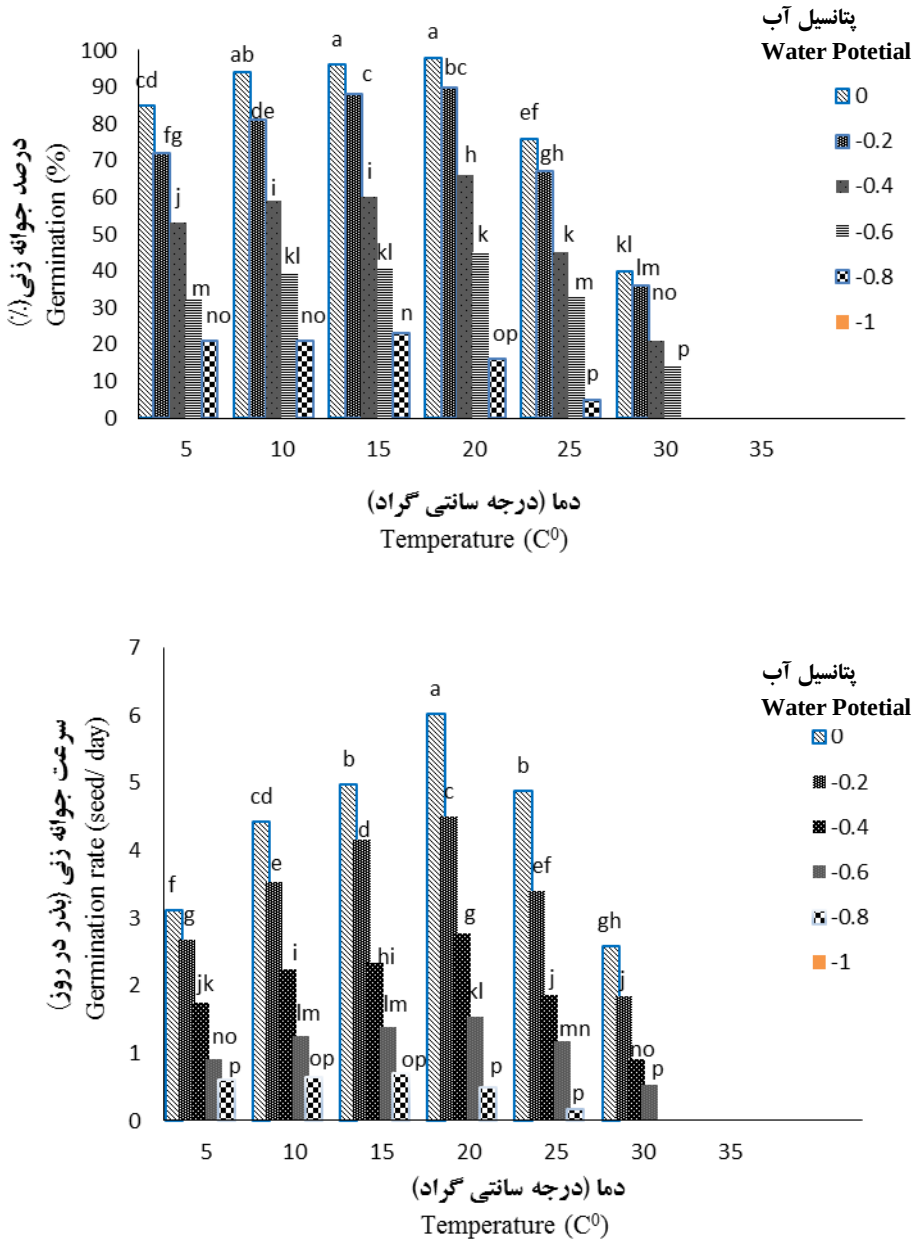
** significant difference at 1% level

نتایج تحقیق دیانت (Diayanat, 2018) بر روی تاج خروس سبز (*Amaranthue viridis* L.) و تاج خروس خوابیده (*Amaranthus blitoides* S.Watson) نشان داد که تاج خروس خوابیده در پتانسیل ۱- مگاپاسکال، ۹/۲۵ درصد ولی تاج خروس سبز قادر به جوانه‌زنی نبود. این مهم نشان‌دهنده تحمل بالاتر تنش خشکی در تاج خروس خوابیده است. نامبردگان گزارش کردند که با توجه به تحمل بالاتر تاج خروس خوابیده به تنش خشکی، احتمالاً پتانسیل تهاجم بیشتری نیز نسبت به تاج خروس سبز به مناطق خشک دارد. در گزارشی دیگر جوانه‌زنی خاکشیر تلخ (*Sisymbrium irio*) تا پتانسیل اسمزی ۱/۲- مگاپاسکال ادامه داشت (Ray *et al.*, 2005). نتایج مطالعه چجارا و همکاران (Chejara *et al.*, 2008) بر روی *Hyparrhenia hirta* نشان داد که جوانه‌زنی بذور در پتانسیل اسمزی ۰/۵۵- مگاپاسکال و بیشتر از آن متوقف شد. به‌طوری‌که در پتانسیل اسمزی ۰/۳۷- مگاپاسکال به ۵۰ درصد کاهش یافت. کاهش درصد جوانه‌زنی در پی افزایش پتانسیل اسمزی محیط‌کشت در بذور گیاهان مختلف توسط محققان دیگری نیز گزارش شده است (Ashraf & Harris, 2004; Chachalis & Reddy, 2000; Hamayun *et al.*, 2010). در مطالعه‌ای بیشترین درصد جوانه‌زنی بذر نیلوفرپیچ (*Ipomoea lacunose* L.) در دمای ۲۰ و ۲۵ درجه سانتی‌گراد گزارش شده است (Oliveira & Norsworthy, 2006). در تحقیق دیگر مشاهده کردند که بیشترین درصد جوانه‌زنی در گونه‌ای ساق ترشک (*Rumex obtusifolius*) در محدوده دمایی ۲۰ تا ۲۵ درجه سانتی‌گراد بوده است (Riemens Scheepens *et al.*, 2004). در کنجد شیطانی (*Cleome viscosa* L.) نیز بیشترین درصد جوانه‌زنی در پتانسیل‌های ۰/۴-تا ۱- مگاپاسکال، در دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد مشاهده شد (Shirdel *et al.*, 2016).

نتایج نشان داد که بیشترین سرعت جوانه‌زنی شمعدانی وحشی (۶/۰۱ بذر در روز) در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد و عدم تنش خشکی (آب مقطر) مشاهده شد که اختلاف معنی‌دار با سایر تیمارها داشت (شکل ۱). کمترین سرعت جوانه‌زنی (۰/۱۶ بذر در روز) نیز در دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد و پتانسیل اسمزی ۰/۸- مگاپاسکال مشاهده شد (شکل ۱). با توجه به نتایج آزمایش، سرعت جوانه‌زنی با افزایش دما از ۵ درجه به ۲۰ درجه سانتی‌گراد روند افزایشی و از دمای ۲۰ تا ۴۰ درجه سانتی‌گراد روند کاهشی داشت (شکل ۱). در مطالعه‌ای بر روی *Medicago scutellata* L. گزارش شد که بذرهای این گیاه در دمای کم‌تر از دمای مطلوب (۲۲/۲۲ درجه سانتی‌گراد)، جوانه‌زنی خود را دیرتر شروع می‌کنند و در دماهای بیشتر از دمای مطلوب، دیرتر جوانه‌زنی خود را به پایان می رساند (Mahmoodi *et al.*, 2008). نتایج تحقیقات مختلف نشان داده است که در گیاهان مختلف با نزدیک شدن به دمای مطلوب، حداکثر جوانه‌زنی افزایش و با فاصله

گرفتن از آن، حداکثر جوانه‌زنی کاهش می یابد (Zahed *et al.*, 2013). در گل گندم زرد (*Centaurea solstitialis*) نیز سرعت جوانه‌زنی نهایی با افزایش تنش خشکی از ۰/۴- مگاپاسکال به ۰/۶- مگاپاسکال، از ۱۳/۴۹ به ۳ بذر در روز کاهش یافته است (Zare *et al.*, 2021).

تنش خشکی قابلیت دسترسی به آب را کاهش می‌دهد و اثر نامطلوبی بر درصد و سرعت جوانه‌زنی خواهد داشت. علت کاهش سرعت جوانه‌زنی در شرایط تنش خشکی را می‌توان به کاهش سرعت فعالیت‌های متابولیکی بذر، کاهش ترشح هورمون‌ها و فعالیت آنزیم‌ها، در اثر اختلال در جذب آب توسط بذر نسبت داد، در نتیجه مدت زمان خروج ریشه‌چه از بذر افزایش یافته و سرعت جوانه‌زنی کاهش می‌یابد (Khakshor Moghadam *et al.*, 2011).

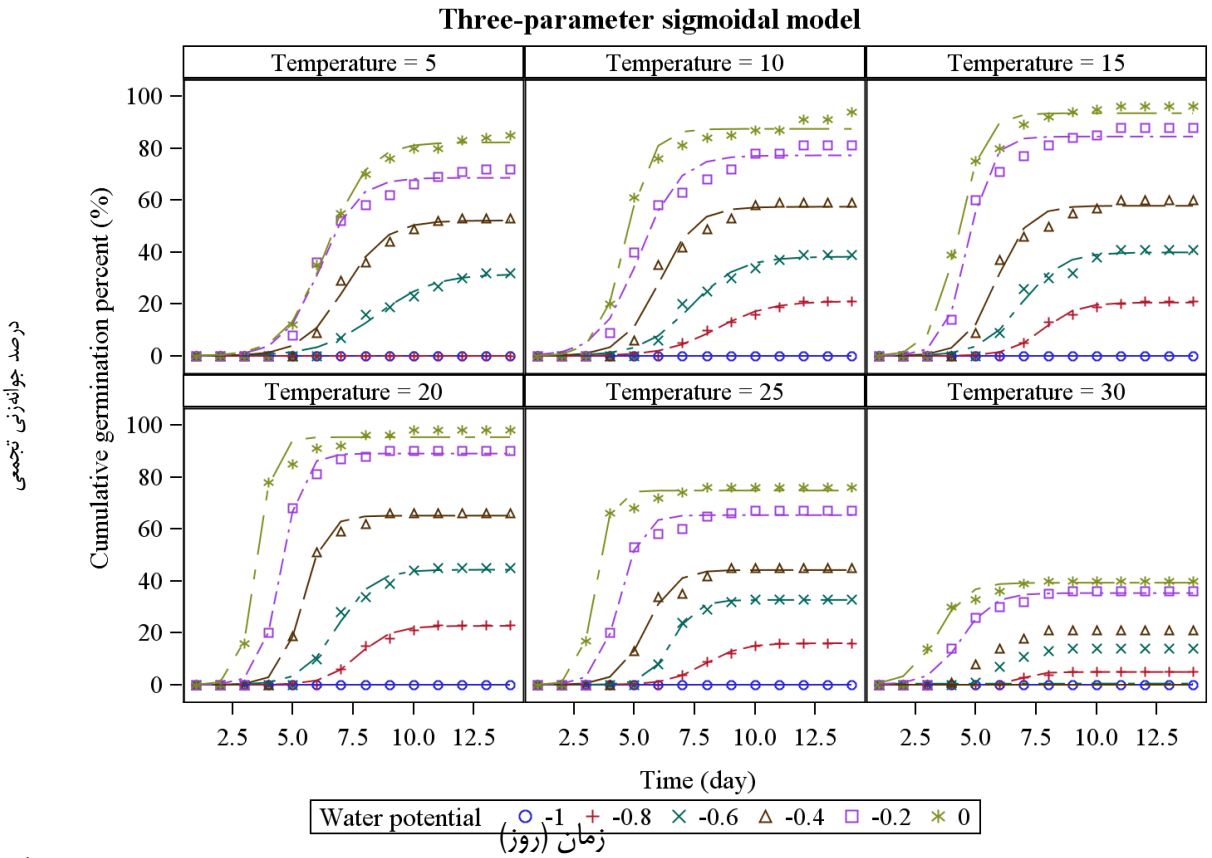


شکل ۱- اثر دما و پتانسیل آب بر درصد و سرعت جوانه‌زنی شمعدانی وحشی (*Geranium robertianum*)

Figure 1- Effect of temperature and water potential on the germination percentage and germination rate of Herb-robert (*Geranium robertianum*)

براساس مطالعه‌ای بر روی علف‌هرز مهاجم خربزه وحشی (*Cucumis melo*) با کاهش پتانسیل آب، سرعت و درصد جوانه‌زنی کاهش یافت (Sohrabi *et al.*, 2011). بدین‌صورت که، سرعت و درصد جوانه‌زنی خربزه وحشی در دمای ۳۵ درجه سانتی‌گراد و بیشتر از آن کاهش یافت. از یک طرف، در دمای ۳۵ درجه سانتی‌گراد و تنش خشکی ۰/۶- مگاپاسکال، بیشترین سرعت و درصد جوانه‌زنی مشاهده شده است. در حالی‌که در دماهای ۲۵ و ۴۰ درجه سانتی‌گراد و خشکی ۰/۲- مگاپاسکال، درصد و سرعت جوانه‌زنی کمترین میزان جوانه‌زنی را نشان دادند. کارزونی منفرد و همکاران (Kazerooni-Monfared *et al.*, 2013) در مطالعه‌ای به بررسی اثر دما و پتانسیل اسمزی برجوانه‌زنی گل جالیز مصری (*Orobanche aegyptica*) انجام دادند، گزارش کردند که با کاهش پتانسیل اسمزی، درصد جوانه‌زنی و دامنه دمایی مطلوب جوانه‌زنی بذور گل جالیز مصری به طور معنی‌داری کاهش یافت. همچنین، کاهش پتانسیل اسمزی موجب تأخیر در شروع، متوسط و حداکثر زمان جوانه‌زنی شد. در مطالعه‌ای دیگر درصد جوانه‌زنی گیاه خرفه (*Portulaca oleracea* L.) تا پتانسیل ۰/۷۵- مگاپاسکال تفاوت معنی‌داری با تیمار شاهد نداشت و پس از آن روند کاهشی نشان داد و سرعت جوانه‌زنی آن نیز تا پتانسیل ۰/۵- مگاپاسکال تغییر معنی‌داری نداشته است (Rahimi & Kafi, 2009).

تکاسی و همکاران (Takasi *et al.*, 2009) در مطالعات خود روی کاهوی وحشی (*Lactuca serriola*) بیان کردند که با کاهش پتانسیل آب، درصد جوانه‌زنی در همه دماها کاهش یافته است. همچنین، نتایج آن‌ها نشان داد که با کاهش پتانسیل آب، دامنه دمایی که این گونه قادر به جوانه‌زنی می‌باشد نیز کاهش می‌یابد. نتایج تحقیق کارزونی منفرد و همکاران (Kazerooni-Monfared *et al.*, 2013) نیز نشان داد که با کاهش پتانسیل آب از صفر به ۱- مگاپاسکال، دامنه دمایی جوانه‌زنی بذر گل جالیز مصری از ۴۴ درجه سانتی‌گراد به ۲۰ درجه سانتی‌گراد کاهش یافت. نامبردگان دریافتند که دمای حداکثر درصد جوانه‌زنی گل جالیز با کاهش پتانسیل آب، کاهش یافت و از ۳۵ درجه سانتی‌گراد در پتانسیل صفر به ۳۰ درجه سانتی‌گراد در پتانسیل ۱- مگاپاسکال رسید.



شکل ۲- برازش مدل رگرسیون سه پارامتره لجستیک به روند تغییرات درصد جوانه‌زنی تجمعی شمعدانی وحشی (*Geranium r*) پتانسیل آب

Figure 2- Fitting the logistic three-parameter egression model to the cumulative germination trend of *Geranium robertianum*

جدول ۲- اثر دما و خشکی بر روند درصد جوانه‌زنی تجمعی شمعدانی وحشی (*Geranium robertianum*) و پارامترهای حاصل از برازش مدل لجستیکی سه پارامتره

Table 2- Effect of temperature and water potential on the cumulative germination percentage of *Geranium robertianum* and parameters resulted from the three-parameter logistic model

پتانسیل آب Water potential (Mpa)	دما Temperature (C^0)	جوانه‌زنی نهایی Final germination (%)	زمان رسیدن به ۵۰ درصد جوانه زنی Time to reach 50 % of the germination (Day)	شیب Slope	P_{value}	ضریب تبیین R^2
0	5	82.13 (1.056)	6.39 (0/072)	0.84 (0/062)	0.001	0.95
	10	87.34(1.376)	4.63 (0/084)	0.54 (0/071)	0.002	0.93
	15	93.33 (1.571)	4.27 (0/091)	0.53 (0/079)	0.001	0.96
	20	95.23 (1.194)	3.52 (0/063)	0.33 (0/041)	0.005	0.94
	25	74.69 (0.744)	3.38 (0/050)	0.31 (0/033)	0.001	0.95
	30	39.24 (0.635)	3.41 (0/095)	0.59 (0/082)	0.002	0.95
	35	0	0	0		
	40	0	0	0		
-0.2	5	68.507(1.540)	6/150(0.123)	0.75 (0.107)	0.001	0.96
	10	77.136(1.901)	5/206(0.149)	0.819(0.129)	0.001	0.94
	15	84.365(1.531)	4/684(0.092)	0/490(0.078)	0.005	0.04
	20	88.916(0.693)	4/528(0.038)	0/431(0.030)	0.005	0.95
	25	65.255(0. 937)	4/387(0.073)	0/457(0.059)	0.003	0.95
	30	35.273(0.629)	4/407(0.103)	0/638(0.089)	0.001	0.96
	35	0	0	0		
	40	0	0	0		
-0.4	5	52.10 (1.174)	6.39 (0. 120)	0.84 (0.102)	0.001	0.93
	10	57.37 (1.510)	6.05 (0.144)	0.73 (0/125)	0.001	0.94
	15	57.76 (1.288)	5.86 (0.118)	0. 61 (0/103)	0.005	0.95
	20	65.04 (0.682)	5.43 (0.050)	0.46 (0/041)	0.005	0.93
	25	44.13 (0.907)	5.50 (0.107)	0.57 (0/091)	0.003	0.94
	30	22.61 (0.765)	5.70(0.23)	0.56 (0/0432)	0.001	0.96
	35	0	0	0		
	40	0	0	0		
-0.6	5	31.527(1.222)	8.48 (0.196)	8.48 (0.160)	0.005	0.95
	10	38.176(1.055)	7.34 (0.150)	0.98 (0.128)	0.005	0.95
	15	39.825(1.202)	6.88 (0.162)	0.82 (0.139)	0.001	0.04
	20	44.255(0.893)	6.85(0.104)	0.73 (0.090)	0.001	0.94
	25	32.631(0.325)	6.55 (0.045)	0.48 (0.037)	0.003	0.93
	30	20.143(0.321)	6.53 (0.0321)	0.41 (0.030)	0.001	0.93
	35	0	0	0		
	40	0	0	0		
-0.8	5	0	0	0		
	10	21.07 (0.612)	8.42 (0.145)	0.76 (0.079)	0.001	0.93
	15	20.54(0.397)	7.80 (0.908)	0.71 (0.078)	0.005	0.94
	20	22.64 (0.438)	7.71 (0.0901)	0.68 (0.077)	0.002	0.93
	25	15.99 (0.260)	7.98(0./773)	0.76 (0.066)	0.001	0.96
	30	4.92 (0.101)	6.91 (0.078)	0.38 (0.083)	0.002	0.96
	35	0	0	0		
	40	0	0	0		

*در پتانسیل اسمزی ۱- مگاپاسکال در هیچ یک از دماها، جوانه‌زنی مشاهده نشد. اعداد داخل پرانتز، خطای معیار میانگین هستند.

*There was no germination at water potential of -1 Mpa in none of temperatures. Numbers in the parenthesis are the standard error of mean.

روند تغییرات درصد جوانه‌زنی تجمعی شمعدانی وحشی

نتایج نشان داد که مدل سه پارامتره لجستیک برازش قابل قبولی به روند تغییرات درصد جوانه‌زنی تجمعی شمعدانی وحشی در طی زمان برای دماها و پتانسیل‌های مختلف داشت (شکل ۲).

بررسی پارامترهای این مدل نشان داد که در پتانسیل‌های مختلف آب، حداکثر جوانه‌زنی شمعدانی وحشی در محدوده دمایی ۱۵ تا ۲۰ درجه سانتی‌گراد است. نتایج نشان داد که، در هر پتانسیل اسمزی، با افزایش دما، زمان رسیدن به ۵۰ درصد جوانه‌زنی کاهش می‌یابد. از سوی دیگر، با افزایش پتانسیل اسمزی، این زمان افزایش می‌یابد که بیانگر کاهش سرعت جوانه‌زنی می باشد. به‌طور کلی، زمان رسیدن به ۵۰ درصد جوانه‌زنی تا پتانسیل‌های ۰/۴- مگاپاسکال از ۶ روز شروع و به ۳ روز کاهش یافت. در حالی‌که در پتانسیل‌های بالاتر (۰/۶- و ۰/۸- مگاپاسکال) در محدوده ۶ تا ۸ روز متغیر است (شکل ۲). این نتایج بیانگر این است که در محدوده دمایی ۱۵ تا ۲۰ درجه سانتی گراد در هر پتانسیل آب، قدرت جوانه‌زنی شمعدانی وحشی افزایش می‌یابد. براساس نتایج این آزمایش، در پتانسیل اسمزی ۱- مگاپاسکال هیچ جوانه‌زنی رخ نداده است (جدول ۲).

زمان رسیدن به ۵۰ درصد جوانه‌زنی (بیانگر سرعت جوانه‌زنی) نیز با افزایش پتانسیل آب، افزایش یافت (جدول ۲). به‌عبارت دیگر، با افزایش تنش خشکی، جوانه‌زنی در زمان‌های (روز) دیرتر رخ داد که به معنی کاهش سرعت جوانه‌زنی می‌باشد. براساس نتایج حاصل، در دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد با افزایش پتانسیل آب از صفر به ۰/۸- مگاپاسکال، این شاخص به‌ترتیب از ۴/۶۳ روز به ۸/۴۲ روز رسید (جدول ۲). در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد شاخص مذکور به‌ترتیب از ۳/۵۲ به ۷/۷۱ روز افزایش یافت. به‌عبارتی سرعت جوانه‌زنی شمعدانی وحشی در محدوده دماهای بهینه جوانه‌زنی، افزایش یافته است. افزایش زمان رسیدن به ۵۰ درصد جوانه‌زنی تحت تأثیر تنش آب در مطالعات دیگری نیز گزارش شده است (Sabouri-Rad *et al.*, 2016;2013 Shirdel *et al.*,). همچنین مقایسه رفتار جوانه‌زنی شمعدانی وحشی در هر پتانسیل آب نشان داد که با افزایش دما تا ۳۰ درجه سانتی‌گراد، زمان رسیدن به ۵۰ درصد جوانه‌زنی کاهش یافت. به‌عبارت دیگر، با افزایش دما تحت پتانسیل آب، جوانه‌زنی سریع تر رخ داده است. این نتایج همسو با نتایج مطالعات دیانت (Diayanat, 2018) است.

در مطالعه‌ای دیگر رفتار جوانه‌زنی علف‌هرز کنجد شیطانی (*Cleome viscosa* L.) (از علف‌های‌هرز مشکل‌ساز مزارع سویای استان گلستان) تحت اثر دما و پتانسیل اسمزی مورد بررسی قرار گرفت (Shirdel *et al.*, 2016). نتایج آن‌ها نشان داد که در دامنه دمایی مورد بررسی (۲۰ تا ۴۰ درجه سانتی‌گراد) با افزایش پتانسیل اسمزی علاوه بر کاهش قابل توجه درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی (زمان لازم برای رسیدن به ۵۰ درصد جوانه‌زنی) کاهش یافت. همچنین، در نتایج آن‌ها، با منفی‌تر شدن پتانسیل آب، محدوده دمایی که این علف‌هرز قادر به جوانه‌زنی بود، کاهش یافت.

دماهای کاردینال جوانه‌زنی شمعدانی وحشی

براساس برازش مدل دندانه‌ای، دماهای کمینه، بهینه اول، بهینه دوم، و بیشینه شمعدانی وحشی در پتانسیل صفر (عدم تنش اسمزی) به‌ترتیب ۱/۱۲، ۱۸/۸۳، ۲۲/۷۶ و ۳۵/۰۹ درجه سانتی‌گراد برآورد شدند (شکل ۳ و جدول ۳).

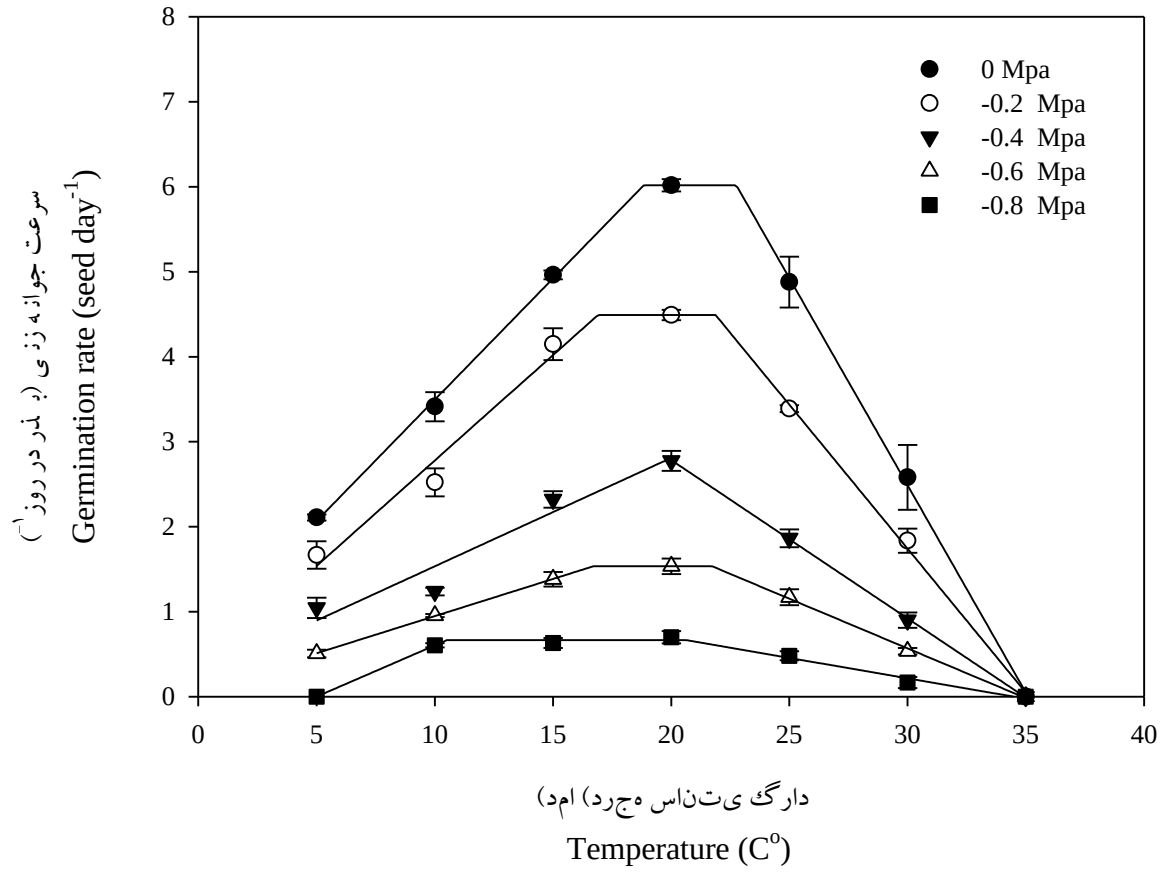
جدول ۳- دماهای کاردینال جوانه‌زنی شمعدانی وحشی (*Geranium robertianum*) براساس مدل دندانه‌ای در پتانسیل‌های مختلف آب

Table 3- Cardinal temperatures of *Geranium robertianum* germination based on the dent-like model in different water potentials

پتانسیل آب Water potential (Mpa)	دمای کمینه Base temperature	دمای بهینه اول Temperature of Optimum 1	دمای بهینه دوم Temperature of Optimum 2	دمای بیشینه Ceiling temperature	R^2_{adj} Adjusted R^2
0	1.12 (0.32)	13.83 (0.37)	22.76 (0.41)	35.09 (0.37)	0.99
−0.2	1.73 (0.22)	6.90 (0.28)	21.88 (0.42)	35.13 (0.28)	0.98
−0.4	2.13 (0.37)	19.92 (0.17)	20.05 (0.25)	35.70 (0.12)	0.97
−0.6	2.98 (0.41)	16.70 (0.36)	21.73 (0.29)	34.28 (0.26)	0.99
−0.8	4.96 (0.28)	10.56 (0.34)	20.63 (0.33)	34.48 (0.44)	0.99

اعداد داخل پرانتزها، خطای معیار میانگین می‌باشند.

Numbers in parenthesizes are the standard error of the mean



شکل ۳- برازش مدل دندانه‌ای برای تعیین دماهای کاردینال جوانه‌زنی شمعدانی وحشی (*Geranium robertianum*) در سطوح مختلف پتانسیل اسمزی

Figure 3- Fitting the dent-like model to determining the cardinal temperatures of *Geranium robertianum* at various water potential

مطالعات در این ارتباط نشان از اختلاف معنی‌داری بین دماهای کاردینال جوانه‌زنی گیاهان مختلف براساس مدل‌های مختلف رگرسیونی دارد. برای مثال، در مطالعات حسینی و همکاران (Hoseini *et al.*, 2008)، مدل دندانه مانند برای پیش‌بینی جوانه‌زنی ازمک (*Cardaria draba* L.)، جودره (*Hordeum spontaneum* Koch.) و جو موشی (*Hordeum murinum* L.) کارایی بهتری داشته است. عدالت و کاظمینی (Edalat & Kazemeini, 2013) دمای پایه، مطلوب و سقف گونه ای خاکشیر (*Sisymbrium altissimum*) را با استفاده از مدل بتا بترتیب ۴/۸، ۸/۶ و ۱۱/۷ درجه سانتی‌گراد گزارش نمودند. نژاد حسن (Nejadhasan, 2013) نیز دمای پایه، مطلوب و سقف جوانه‌زنی منداب (*Eruca sativa* Mill) را با استفاده از مدل بتا به‌ترتیب صفر، ۳۰ و ۳۸/۵ درجه سانتی‌گراد برآورد نمودند. قادری‌فر و همکاران (Ghaderifar *et al.*, 2012) از مدل دندان مانند برای برآورد دماهای کاردینال جوانه‌زنی بذر چاودار (*Secale cereale*) استفاده کردند و دمای پایه، مطلوب پایینی، مطلوب بالایی و سقف این گیاه را به‌ترتیب ۳/۲۸، ۲۵، ۳۴/۵۱ و ۴۰ درجه سانتی‌گراد گزارش کردند. پورطوسی و همکاران (Poortousi *et al.*, 2008) نیز دماهای کاردینال برای گیاه سلمه تره (*Chenopodium album*) را به‌ترتیب ۴/۲، ۲۶ و ۳۹/۵ درجه سانتی‌گراد گزارش کرده است. در مطالعه‌ای دیگر، بهترین مدل برای تعیین دماهای کاردینال جوانه‌زنی آویشن خراسانی (*Thymus transcaspicus* Kloko) مدل ۵ پارامتری بتا و خطوط متقاطع برای دو توده بذری گزارش شده است (Tabrizi *et al.*, 2007). مرادی و همکاران (Moradi *et al.*, 2015) در بررسی تعیین دماهای کاردینال علف‌هرز خارشتر (*Alhaji pseudalhagi*) به این نتیجه دست یافتند که در بین مدل‌های برازش داده شده (خطوط متقاطع، چندجمله‌ای

درجه دوم و ۵ پارامتری بتا)، مدل ۵ پارامتری بتا بهترین مدل بود. در نتایج آن‌ها دماهای کمینه، بهینه و بیشینه جوانه‌زنی خارشتر به‌ترتیب در دامنه دمایی (۸/۸-۷/۲)، (۳۰/۶-۲۷/۵) و (۵۰/۵-۴۲) درجه سانتی‌گراد گزارش شده است. در تحقیق دیگری نیز مدل‌های دندان مانند، مدل خطوط متقاطع، ۴ پارامتره بتا و ۵ پارامتری بتا را برای پیش‌بینی جوانه‌زنی اویارسلام بذری (*Cyperus difformis*) با دقت قابل قبولی مورد استفاده قرار گرفته‌اند (Derakhshan & Gherekhloo, 2013). براساس مطالعه نامبردگان بین مدل‌های دندان‌مانند و دو تکه‌ای، اختلافی در برآورد دمای پایه مشاهده نشد اما مدل ۴ پارامتره بتا برآورد بسیار کمتری از دمای پایه داشت. آن‌ها دمای بیشینه اویارسلام را بین ۴۵/۰۳-۴۴/۹۲ درجه سانتی‌گراد برآورد کردند. به‌منظور تعیین دماهای کاردینال از دو مدل تکه‌ای و چندجمله‌ای درجه دو برای پیش‌بینی جوانه‌زنی مارگریت (*Chrysanthemum maximum*) مورد استفاده قرار گرفته است (Hashemi *et al.*, 2016). با توجه به نتایج آن‌ها، دمای پایه، بهینه و بیشینه مارگریت به‌ترتیب (۱ تا ۳ درجه سانتی‌گراد)، و (۱۹ تا ۲۳ درجه سانتی‌گراد) و (۴۳ تا ۵۹ درجه سانتی‌گراد) گزارش شد و مدل دو تکه‌ای نسبت به مدل چندجمله‌ای درجه دوم مدل مناسب‌تری بود و پیش‌بینی بهتری را نسبت به مدل درجه دوم دارد. درخشان و قرخلو (Derakhshan & Gherekhloo, 2013) نیز مدل دندان مانند را به عنوان مدل برتر در برآورد روند جوانه‌زنی بذر علف قناری (*Phalaris minor*) گزارش نمودند و دماهای پایه، مطلوب و سقف جوانه‌زنی ۴/۶۹، ۲۲/۶، ۲۹/۶۲ و ۳۸/۱۳ درجه سانتی‌گراد برآورد کردند.

در مطالعه‌ای دماهای کاردینال جوانه‌زنی (دمای کمینه، بهینه و بیشینه) بی تی راخ (*Galium aparine* L.) و خردل وحشی (*Sinapis arvensis* L.) به‌عنوان دو علف‌هرز زمستانه مهم مزارع گندم و کلزای استان گلستان، به‌ترتیب ۵/۳، ۹/۷ و ۱۱/۶ درجه سانتی گراد و ۴/۸، ۸/۶ و ۱۱/۷ درجه سانتی‌گراد گزارش شده است (Hajiabaee *et al.*, 2015). مقایسه این نتایج، با دماهای کاردینال شمعدانی وحشی به‌عنوان یکی دیگر از علف‌هرز زمستانه مزارع کلزا و گندم، نشان از تفاوت قابل توجهی دارد. به‌عبارت دیگر، جوانه‌زنی شمعدانی وحشی زودتر شروع می‌شود اما در دماهای بالاتر، دیرتر به اوج (بهینه) می‌رسد و دیرتر نیز کاهش می‌یابد. با توجه به نتایج مذکور، نظر به اینکه دماهای بهینه جوانه‌زنی دو علف‌هرز بی تی راخ و خردل وحشی کمتر از شمعدانی وحشی است، لذا زودتر از شمعدانی وحشی در مزارع ظهور پیدا می‌کنند. از طرف دیگر، کنترل دو علف هرز بی تی راخ و خردل وحشی با هر روشی و براساس اوج جوانه‌زنی آن‌ها، به‌دلیل بالا بودن دماهای بهینه شمعدانی وحشی، این علف‌هرز، غالبیت می‌یابد، نتایج تحقیق حاضر نشان داد که با افزایش پتانسیل آب (از صفر تا ۰/۸- مگاپاسکال)، دمای کمینه جوانه‌زنی از ۱/۱۲ به ۴/۹۶ درجه سانتی‌گراد افزایش یافت (جدول ۳). به‌عبارت دیگر با افزایش تنش خشکی، به دمای بیشتری برای تحریک جوانه‌زنی شمعدانی وحشی لازم است. همچنین، در همان محدوده پتانسیل آب، دمای بهینه اول جوانه‌زنی از ۱۸/۸۳ به ۱۰/۵۱ و دمای بهینه دوم جوانه‌زنی از ۲۲/۷۶ به ۲۰/۶۳ درجه سانتی‌گراد تغییر یافت (جدول ۳). به‌عبارت دیگر، دمای بهینه اول و دوم جوانه‌زنی به‌ترتیب افزایش و کاهش یافته است. این تغییرات به منزله کاهش دامنه دمایی مطلوب جوانه‌زنی شمعدانی وحشی تحت تأثیر تنش خشکی می باشد. دمای بیشینه جوانه‌زنی نیز در دامنه پتانسیل‌های بررسی شده (صفر تا ۰/۸- مگاپاسکال) از ۳۵/۰۹ به ۳۴/۴۸ درجه سانتی‌گراد، کاهش جزئی نشان داده است (جدول ۳). از این رو، به‌طور کلی می‌توان نتیجه‌گیری کرد که، تنش خشکی بیشتر بر روی دمای کمینه و بهینه جوانه‌زنی شمعدانی وحشی اثرگذار بوده است. تحلیل کلی نتایج حاکی از آن است که تا پتانسیل‌های متوسط (۰/۶- مگاپاسکال) بالاترین سرعت جوانه‌زنی در محدوده دمایی ۱۷ تا ۲۲ درجه سانتی‌گراد و در بالاترین پتانسیل (۰/۸- مگاپاسکال) در محدوده دمایی ۱۰ تا ۲۰ درجه سانتی گراد اتفاق افتاده است (جدول ۳).

نتایج سایر تحقیقات نیز حاکی از اثر معنی‌دار پتانسیل آب بر تغییرات دماهای کاردینال جوانه‌زنی دارد. به‌طور مثال، نتایج سلطانی و همکاران (Soltani *et al.*, 2013) بر خردل وحشی (*Sinapis arvensis* L.) نشان داده است که با افزایش پتانسیل آب از صفر تا ۰/۶- مگاپاسکال دمای کمینه، بهینه و بیشینه جوانه‌زنی به‌ترتیب از ۲/۸۹- تا ۱/۹۱، ۲۳/۱۸ تا ۲۳/۱۹ و ۳۵/۰۱ تا ۳۰/۰۰ درجه سانتی گراد تغییر یافته است. براساس گزارش نامبردگان، دمای کمینه و بیشینه خردل وحشی به‌ترتیب افزایش و کاهش و دمای بهینه آن تغییر جزئی یافته است. در تحقیق دیگر، سلطانی و همکاران (Soltani *et al.*, 2014)، نشان دادند که با افزایش تنش اسمزی تا ۰/۸- مگاپاسکال، دمای کمینه افزایش و دماهای بهینه و بیشینه جوانه‌زنی کلزای خودرو (*Brassica napus* L.) کاهش یافته‌اند. براساس گزارش نامبردگان، دماهای مذکور کلزای خودرو به‌ترتیب از ۲/۰۳ به ۶/۶۸، ۲۶/۹۸ تا ۲۰/۶۶ و ۴۱/۴۸ به ۳۳/۳۳ درجه سانتی گراد تغییر یافته است.

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج حاصل از این پژوهش شمعدانی وحشی از دمای کمینه جوانه‌زنی پایینی (۱/۱۲ درجه سانتی‌گراد) برخوردار است لذا در مدیریت آن با استفاده از رهیافت تاریخ کاشت، بایستی تا حد امکان از کاشت زود هنگام کلزا (با دمای بهینه جوانه‌زنی بیشتر) و سایر گیاهان زراعی مشابه آلوده به آن خودداری کرد تا از برتری سبز شدن زودهنگام این علف‌هرز ممانعت شود. با توجه به افزایش درصد جوانه زنی این علف‌هرز در دامنه دمایی ۱۵ تا ۲۰ درجه سانتی‌گراد و افزایش

سرعت جوانه‌زنی در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد، عملیات کنترل این علف‌هرز در این دماها انجام پذیرد. همچنین، نتایج نشان داد که با افزایش تنش اسمزی (از صفر تا ۰/۸- مگاپاسکال)، دماهای کمینه، دمای بهینه اول، دمای بهینه دوم و دمای بیشینه جوانه‌زنی به‌ترتیب از ۱/۱۲ تا ۴/۹۶، ۱۸/۸۳ تا ۱۰/۵۱، ۲۲/۷۶ تا ۲۰/۶۳ و ۳۵/۰۹ تا ۳۴/۴۸ درجه سانتی‌گراد تغییر یافت. به‌عبارتی، با افزایش تنش خشکی، محدوده دمایی مطلوب برای جوانه‌زنی کاهش یافته است. از این رو، با توجه با کاهش جوانه‌زنی و افزایش دمای کمینه جوانه‌زنی تحت تنش‌های اسمزی، استفاده از از ارقام گیاهان زراعی متحمل به خشکی می‌تواند مورد توجه قرار گیرد. به‌طور کلی، شمعدانی وحشی در محدوده دمایی ۱۷ تا ۲۲ درجه سانتی‌گراد از تحمل بیشتری به تنش‌های خشکی متوسط (تا ۰/۶- مگاپاسکال) برخوردار است و با افزایش تنش خشکی، در دماهای کمتر (۱۰ تا ۲۰ درجه سانتی‌گراد) متحمل است و پیشنهاد می‌شود در مطالعات آتی از این نتایج در راستای امکان مدیریت شمعدانی وحشی توجه شود.

سپاسگزاری

از معاونت پژوهش و فناوری دانشگاه فردوسی مشهد بابت حمایت مالی از این تحقیق، تقدیر و تشکر می‌شود.

References

1. Alvarado, V.Y., & Bradford, K.J. (2002). A hydrothermal time model explains the cardinal temperatures for seed germination. *Plant, Cell and Environment*, *25*(8), 1061–1069. https://doi.org/10.1046/j.1365-3040.2002.00894.x
2. Ashraf, M., & Harris, P. (2004). Potential biochemical indicators of salinity tolerance in plants. *Plant Science*, *166*(1), 3–16. https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2003.10.024
3. Bradford, K.J. (2002). Applications of hydrothermal time to quantifying and modeling seed germination and dormancy. *Weed Science*, *50*(2), 248–260. https://doi.org/10.1614/0043-1745(2002)050
4. Buhler, D.D. (2000). Theoretical and practice challenges to an IPM approach to weed management. *Journal of Weed Science*, *48*(3), 274-280. https://doi.org/10.1614/0043-1745(2000)048[0274:TAPCTA]2.0.CO;2
5. Chachalis, D., & Reddy, K.N. (2000). Factors affecting *Campsis radicans* seed germination and seedling emergence. *Weed Science*, *48*(2), 212–216. https://doi.org/10.1614/0043-1745(2000)048
6. Chauhan, B.S., Gill, G., & Preston, C. (2006). Factors affecting seed germination of annual sowthistle (*Sonchus olevaceus*) in southern Australia. *Journal of Weed Science*, *54*, 854-860. https://doi.org/10.1614/WS-06-047R.1
7. Chejara, V.K., Kristiansen, P., Whalley, R.D.B., Sindel, B.M., & Nadolny, C. (2008). Factors affecting germination of Coolatai grass (*Hyparrhenia hirta*). *Weed Science*, *56*(4), 543–548. https://doi.org/10.1614/ws-07-163.1
8. Copeland, L.O., & McDonald, M.B. (1999). Principles of seed science and technology. In *Springer eBooks*. https://doi.org/10.1007/978-1-4615-1783-2
9. Deng, M., & Cornu, D. (1992). Maturation and germination of walnut somatic embryos. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, *28*(2), 195–202. https://doi.org/10.1007/bf00055517
10. Derakhshan, A., & Gherekhloo, J. (2013). Factors affecting *Cyperus difformis* seed germination and seedling emergence. *Planta Daninha*, *31*(4), 823–832. https://doi.org/10.1590/s0100-83582013000400008
11. Diayanat, M. (2018). Effect of temperature and drought stress on germination of Slender Amaranth (*Amaranthus viridis* L.) and Prostrate Pigweed (*Amaranthus blitoides* S. Watson) seeds. *Journal of Plant Protection*, *31*(4), 690-699. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22067/JPP.V31I4.61569
12. Diayanat, M. (2019). Prediction of cardinal temperature by nonlinear regression models in carrot (*Daucus carota* L.) and its three common weed species. *Iranian Journal of Seed Science and Technology*, *8*(1), 175-184. (In Persian with English abstract)
13. Edalat, M., & Kazemeini, S.A. (2013). Estimating cardinal temperatures of tumble mustard (*Sisymbrium altissimum*) and slender foxtail (*Alopecurus myosuroides*) seed germinations. The 5th Iranian Weed Science Congress. Tehran University. Pp: 280-283. (In Persian with English abstract)
14. Ghaderifar, A., Alimagham, S.M., Rezaee Moghadam, H.V., & Haghighi, M. (2012). Effects of environmental factors on germination and emergence of rye crops in wheat fields as wild plant. *Electronic Journal of Crop Production*, *5*(4), 133-121. (In Persian with English abstract)
15. HajiAbaee, H., Rahimian Mashhadi, H., Haqiqi, A., & MohammadAmin Qassaam, M.A. (2015). Assessing the cardinal temperature for the germination of *Galium aparine* L. and *Sinapis arvensis* L. The 6th Iranian weed science congress. Birjand. 21-23 September. P 51-55. (In Persian with English abstract)
16. Hamayun, M., Khan, S., Shinwari, Z.K., Khan, A.L., Ahmad, N., Lee, I., & Pakistan, K. (2010). Effect of polyethylene glycol induced drought stress on physio-hormonal attributes of soybean. *Pakistan Journal of*

Botany, *42*(2), 977–986.
17. Hashemi, A., Barooti, SH., & Tavakol Afshari, R. (2016). Determine the cardinal temperatures of seed germination in *Chrysanthemum maximum*. *Iranian Journal of Seed Science and Technology*, *2*, 77-84. (In Persian with English abstract)
18. Hejazi, A. (1994). *Seed technology*. Tehran university press. 345 p. (In Persian with English abstract)
19. Hoseini, M., Mojab, M., & Zamani, Gh. (2012). Evaluation wild barley (*Hordeum spontaneum* Koch.) barley grass (*Hordium murinum* L.) and hoary cress (*Cardaria draba* L.) germination in different temperatures. p. 108. In proceeding 4th Iranian Weed Science. Congress., 6-7 February, 2004. Ahvaz, Iran. (In Persian with English abstract)
20. Jami-Al Ahmadi, M., & Kafi, M. (2007). Cardinal temperatures for germination of Kochia scoparia (L.). *Journal of Arid Environments*, *68*(2), 308–314. https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2006.05.006
21. Kamkar, B., Ahmadi. M., Soltani, A., & Zeinali, E. (2008). Evaluating non-linear regression models to describe response of wheat emergence rate to temperature. *Seed Science and Technology*, *2*, 53-57. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22059/jci.2015.54799
22. Kamkar, B., Al-Alahmadi, M.J., Damghani, A.M., & Villalobos, F.J. (2012). Quantification of the cardinal temperatures and thermal time requirement of opium poppy (*Papaver somniferum* L.) seeds to germinate using non-linear regression models. *Industrial Crops and Products*, *35*(1), 192–198. https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2011.06.033
23. Kazerooni-Monfared, A., Takasi, S., Banaeeian, M., Ghanbari, A., Rahimian Mashadi, M., & Pernilson, K. (2013). Effects of temperature and osmotic potential on the seed germination of *Orobanche aegyptiaca*. *Journal of Applied Research of Plant Ecophysiology*, *1*(1), 33-50. (In Persian with English abstract)
24. Keshavarzi , M., Taghipour , E., & Najafian, E. (2013). Morphological study of pollens of some weedy Erodium species, in Iran. The 5th Iranian weed sceince congress. Tehran. September. P 354-356. (In Persian with English abstract)
25. Khakshor Moghadam, Z., lahouti, M., & Ganjali, A. (2011). Effects of drought stress induced by polyethylene glycol on germination and morphophysiological characteristics of Dill (*Anethum graveolens* L.). *Journal of Horticultural Science*, *25*(2), 185-193. (In Persian with English abstract)
26. Kiyani, E. (2014). The effect of some environmental factors on seed germination of morning glory (*Ipomoea* spp.). M.Sc. Thesis. Azad University of Gorgan, Iran. 111 p. (In Persian with English abstract)
27. Maguire, J.D. (1962). Seed of germination – aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigour. *Journal of Crop Science*, *2*, 176-177. https://doi.org/10.2135/cropsci1962. 0011183X000200020033x
28. Mahmoodi, A., Soltani, E., & Barani, H. (2008). Germination response to temperature of snail medic (*Medicago scutellata* L.). *Iranian Society of Agronomy and Plant Breeding*, *1*(1), 54-63. (In Persian with English abstract)
29. Michel, B.E., & Kaufmann, M.R. (1973). The osmotic potential of polyethylene glycol 6000. *Plant Physiology*, *51*(5), 914–916. https://doi.org/10.1104/pp.51.5.914
30. Moradi, A., Ghanbari, A., Rashedmohasel, M.H., & Izadi darbandi, A. (2015). Determination of the cardinal temperatures of *Alhaji pseudalhagi*. *Journal of Plant Protection*, *29*(2), 283-290. (In Persian with English abstract)
31. Nejadhasan, B. (2013). Effect of some environmental factors on seed germination of Arugula (*Eruca sativa* Mill). M.Sc Thesis on Agronomy, Gorgan University of Agricultural Science and Natural Resources. 102 p. (In Persian with English abstract)
32. Nosratti, I., Amiri, S., Bagheri, A., & Chauhan, B.S. (2017). Environmental factors affecting seed germination and seedling emergence of Foxtail Sophora (*Sophora alopecuroides*). *Weed Science*, *66*(1), 71–77. https://doi.org/10.1017/wsc.2017.35
33. Oliveira, M.J., & Norsworthy, J.K. (2006). Pitted morningglory (*Ipomoea lacunosa*) germination and emergence as affected by environmental factors and seeding depth. *Weed Science*, *54*(5), 910–916. https://doi.org/10.1614/ws-06-068r.1.1
34. Poortousi, N., Rashed Mohasel, M.H., & Ezadi Darbandi, E. (2008). Germination characteristics and cardinal temperature of lambsquarter, purselane and crabgrass. *Iranian Journal of Field Crops Research*, *6*(2), 255-261. (In Persian with English abstract)
35. Rahimi, Z., & Kafi, M. (2009). Effect of different levels of drought on germination characteristics of Purslane (*Portulaca oleracea* L.). *Journal of Environmental Stresses in Agricultural Science*, *2*(1), 87-91. (In Persian with English abstract)
36. Ray, J., Creamer, R., Schroeder, J., & Murray, L.W. (2005). Moisture and temperature requirements for London rocket (*Sisymbrium irio*) emergence. *Weed Science*, *53*(2), 187–192. https://doi.org/10.1614/ws-04-150r1
37. Riemens Scheepens, P.C., & Vander Weide, R.Y. (2004). Dormancy, germination and emergence of weed seeds,

with emphasis on influence of light. *Plant Research International, 302*, 1-12.
38. Rizzardi, M.A., Luiz, A.R., Roman, E.S., & Vargas, L. (2009). Effect of cardinal temperature and water potential on morning glory (*Ipomoea triloba*) seed germination. *Planta Daninha, 27*(1), 13-21. https://doi.org/10.1590/S0100-83582009000100003
39. Sabouri Rad, S., Kafi, M., Nezami, A., & Bannayan Aval, M. (2012). Study on seed germination behavior of *Kochia scoparia* L. Schard in response to temperature and water potential. *Iranian Journal of Range and Desert Reseach, 18*(4): 578-592. (In Persian with English abstract)
40. Shirdel, M., Siahmarguee, A., & Yones-Abadi, M. (2016). The effect of temperature and water potential on seed germination of Asian spiderflower (*Cleome viscose* L.): As invasive weed in soybean fields in Golestan province. *Journal of Plant Protection, 3*(2): 292-303. (In Persian with English abstract)
41. Sohrabi, S., Ghanbari, A., Rashed Mohasel, M.H., Nasiri Mahalati, M., & Gharekhlou, J. (2011). Effect of temperature, drought and salinity on the seed germination of invasive weed wildmelons (*Cucumis melo*). The 4th weed science congress of Iran. Khozestan, Pp: 259-261. (In Persian with English abstract)
42. Sohrabi, S., Gherekhloo, J., & Rashed Mohassel, M.H. (2017). *Plant invasion and invasive weeds of Iran*. Jahad Daneshgahi of Mashhad.
43. Soltani, E., Oveisi, M., Soltani, A., Galeshi, S., Ghaderi-Far, F., & Zeinali, E. (2014). Seed germination modeling of volunteer canola as affected by temperature and water potential: hydrothermal time model. *Weed research Journal, 6*(1), 23-38. (In Persian with English abstract)
44. Soltani, E., Soltani, A., Galeshi, S., Ghaderi-Far, F., & Zeinali, E. (2013). Seed germination modeling of wild mustard (*Sinapis arvensis* L.) as affected by temperature and water potential: hydrothermal time model. *Journal of Plant Production, 1*, 19-33. (In Persian with English abstract)
45. Taassob-Shirazi, M., Forouzesh, S., Zare, A., & Rahimian-Mashhsdi, H. (2013). Germination phonology of invasive plant (*Amsinckia menziesii*). The 5th Iranian Weed Science Congress, Tehran University. Pp: 448-451. (In Persian with English abstract)
46. Tabrizi, L., Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., & Rezvani Moghaddam, P. (2007). Germination behaviour of cultivated and natural stand seeds of Khorasan thyme (*Thymus transcaspicus* Klokov) with application of regression models. *Iranian Journal of Field Crops Research, 4*(2), 249-257. (In Persian with English abstract)
47. Takasi, S., Al-Ebrahim, M.T., Kazeroni-Monfared, A., & Rashed Mohasel, M.H. (2009). Effect of temperature, light, flooding and plant in depth on germination percentage of wildlettuce weed (*Lactuca serriola*). The 3th Weed Science Congress, Babolsar. Pp: 33-36. (In Persian with English abstract)
48. Torabi, B. (2003). Prediction of physiological development stages in chickpea. M.Sc. thesis in Agronomy. Gorgan University of Agriculture and Natural Sciences. (In Persian with English abstract)
49. Zahed, S., Gherekhloo, J., & Baqrany, N. (2013). Prostrate spurge seed germination response to salinity and drought caused by various concentrations of poly ethylene glycol 6000. The 5th Iranian weed science congress. Tehran. September. P 476-479. (In Persian with English abstract)
50. Zare, A., Deris, F.Z., & Karimi, Z. (2021). Influence of environmental factors on seed germination characteristics of invasive weed yellow starthistle (*Centaurea solstitialis*). *Iranian Journal of Seed Science and Technology, 9*(4), 111-122. (In Persian with English abstract)
51. Zhou, J., Tao, B., Deckard, E.L., & Messersmith, C.G. (2006). Garden huckleberry (*Solanum melanocerasium*) germination, seed survival, and response to herbicides. *Weed Science, 54*(3), 478–483. https://doi.org/10.1614/ws-05-096r1.1

Journal of Iranian Plant Protection Research

https://jpp.um.ac.ir

Research Article
Vol. 38, No. 1, 2024, p. 79-92

The Efficacy of Pre-Mixed Herbicides of Fenoxaprop-p-ethyl + Metribuzin (21.37% EC) Compared to Common Herbicides for Weed Control of Wheat (*Triticum aestivum*) in Fars Province (Darab)

E. Mamnoie[1*], M.R. Karaminejad[2], M. Minbashi Moeini[3]

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

Received: 15-01-2023
Revised: 27-09-2023
Accepted: 30-09-2023
Available Online: 30-09-2023

How to cite this article:
Mamnoie, E., Karaminejad, M.R., & Minbashi Moeini, M. (2024). The efficacy of pre-mixed herbicides of Fenoxaprop-p-ethyl + Metribuzin (21.37% EC) compared to common herbicides for weed control of wheat (*Triticum aestivum*) in Fars Pprovince (Darab). *Journal of Iranian Plant Protection Research, 38*(1), 79-92. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22067/jpp.2023.80491.1126

Introduction

Wheat (*Triticum aestivum*) is one of the most important crops in Iran. The area under cultivation of this crop in Fars's province is 421,000 hectares. Weeds are one of the most significant factors limiting crop production. They primarily decrease grain yield by competing with the crop for light, nutrients, water, and root space. Weeds can cause a significant reduction in wheat yield, with an average by 23-35%. The most important weed species of wheat in Fars are including *Lolium rigidum* L., *Bromus tectorum* L., *Mavla neglecta* Wallr., *Hirschfeldia incana* L., *Carthamus oxyacanthu*s M.B., *Centaurea solstitialis* L., *Veronica persica* L. The rigid ryegrass (*Lolium rigidum*) is one of the most troublesome weeds in winter wheat fields of Fars province. *Lolium rigidum*, has the capacity to produce 45,000 seeds m^{-2} in infested wheat fields. Its highly competitive nature for nutrients has been reported to cause a significant reduction in wheat yield. The application of herbicides is the most common method of weed control in wheat fields. Herbicides are registered for weed control in winter wheat fields included of Axial®, Topik®, Othello®, Atlantis®, Total®, Bromicide® MA, Geranestar® and Apiros®. There are a limited number of herbicides that is used in wheat. Therefore, it is necessary to register new herbicides in winter wheat. The objectives of this research were to optimize the dosage of FenoMetri in combination with a non-ionic surfactant, Tifis®, and to compare its efficacy with other pre-mixed herbicides (Bromicide® MA, Othello®, and Atlantis®).

Materials and Methods

In order to study the efficacy of herbicides for controlling weeds in wheat fields, an experiment was conducted at the Fars Province Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Darab, Iran, during 2021-2022. This experiment was carried out using a randomized complete block design with 14

©2023 The author(s). This is an open access article distributed under Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0), which permits use, sharing, adaptation, distribution and reproduction in any medium or format, as long as you give appropriate credit to the original author(s) and the source.
https://doi.org/10.22067/jpp.2023.80491.1126

treatments and 4 replications. The treatments included post emergence application of Bromicide MA® at 1.5 L ha^{-1} + Topik® at 1 L ha^{-1}, Bromicide MA® at 1.5 L ha^{-1} +Puma-super® at 1 L ha^{-1}, Granstar® at 20 g ha^{-1} +Topik® at 1 L ha^{-1}, Atlantis® at 1.5 L ha^{-1}, Othello® at 1.6 L ha^{-1}, Tifis® at 300 g ha^{-1}, FenoMetri at 0.8, 1 and 1.2 L ha^{-1} with and without surfactant at 1 L ha^{-1}, Sencor® 800 g ha^{-1} (400 g ha^{-1} in the 1- 3 leaf stage + 400 g ha^{-1} in the tillering stage of wheat and Control (hand weeding). Each plot was divided into two subplots. One subplot was treated with the herbicide applications, while the other subplot was left unsprayed to consider as a weedy check treatment for comparison purposes. Herbicide treatments were applied in tillering stage of wheat (Zadoks' scale = 25) using a pressure backpack sprayer equipped with an 8002 flat fan nozzle tip, which delivered 350 L ha^{-1} at 2 bar spray pressure. Traits were recorded including weed density, weed biomass, plant height, grains per spike, number spikes, 1000 grains weigh, grain yield and biological yield. Weed density and dry weight were determined in random 0.50-m^2 quadrates per plot. The grain yield and biological yield were recorded for a 3 m^2 and 0.50 m^2 from each plot, respectively. Weed control efficiency (WCE) representing the degree of reduction in the density or dry biomass of weeds due to herbicide treatment was determined using Equation 1.

$$\text{WCE } (\%) = \frac{(A - B)}{A} \times 10$$

A and B are the density or dry biomass of weeds in the unsprayed and sprayed subplots, respectively (Somani, 1992). The changes in each trait of yield wheat (Yi), as mentioned above, were determined using Equation 2

$$Y_i\ (\%) = \frac{Y_s}{Y_u} \times 100 \qquad (2)$$

Y_s and Y_u are the amount of each trait in the sprayed and unsprayed subplots (weedy check treatment), respectively. After checking data normality, the data were subjected to analysis of variance using SAS 9.2 software. To compare the means, the Fisher's Least Significant Difference (LSD) test was used at the 5% level of significance.

Results and Discussion

Weeds infestations included *Lolium rigidum* L., *Convolvulus arvensis* L., *Melilotus officinalis* (L.) Lam and *Carthamus oxyacanthus* M.B. The highest and lowest density were observed for *L. rigidum* (56%) and *C. oxyacanthus* (5.1%), respectively. While, the highest and lowest weight were observed for *L. rigidum* (74%) and *C. oxyacanthus* (4%), respectively. The statistical analysis of the data on the weed density and biomass were revealed that applied herbicides significantly decreased both weed density and biomass. Additionally, the herbicide treatments led to a significant increase in the number of spikes per m², grains per spike, 1000 grains weight, grain yield, and biological yield. The Bromicide MA® had the best treatment for controlling the broad-leaved weed by 80 – 85%, On the other hand, Sencor had the best control for ryegrass (*L. rigidum)* by 80%. The application of FenoMetri at 1.2 L ha^{-1} with Surfactant® decreased the biomass of *C. arvensis*, *C. oxyacanthus*, *M. officinalis*, *L. rigidum* and total weed by 71, 63, 52, 48 and 73% respectively. It also increased grain and biological yields up to 20% and 22% as compared to the weedy check treatment. Additionally, the herbicides of Sencor® and Othello® showed the highest- grain yield after hand weeding, respectively.

Conclusion

The application of FenoMetri at 1.2 L ha^{-1} with surfactant effectively controlled the density of weed species by 45–71% and the dry biomass of weed species by 48–72%. It also increased grain and biological yields by up to 20% and 22%, respectively, compared to the weedy check treatment. However, the efficacy of FenoMetri herbicide in controlling weeds was lower compared to commonly used herbicides such as Othello®, Bromicide MA® + Topik®, and Bromicide MA® + Puma super®. Therefore, it is recommended to evaluate the FenoMetri herbicide with higher application rates.

Keyword: Chemical control, Surfactant, Density, Dry weight, *Lolium rigidum*

نشریه پژوهش‌های حفاظت گیاهان ایران
https://jpp.um.ac.ir

مقاله پژوهشی
جلد ۳۸ شماره ۱، بهار ۱۴۰۳، ص. ۹۲-۷۹

کارایی علف‌کش پیش مخلوط فنوکساپروپ پی‌اتیل + متری‌بوزین (EC 21.37%) در مقایسه با علف‌کش‌های رایج در کنترل علف‌های هرز گندم (*Triticum aestivum*) در استان فارس (داراب)

ابراهیم ممنوعی[۱*] - محمدرضا کرمی نژاد[۲] - مهدی مین باش معینی[۳]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۰/۲۵
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۷/۰۸

چکیده

به‌منظور ارزیابی کارایی علف‌کش‌های پیش‌مخلوط فنوکساپروپ پی‌اتیل + متری‌بوزین در کنترل علف‌های‌هرز مزارع گندم داراب (استان فارس)، آزمایشی در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با چهار تکرار در سال زراعی ۱۴۰۱-۱۴۰۰ اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل بروموکسینیل اکتانوآت+ امسی‌پی‌آ اتیل هگزیل‌استر (برومایسید امآ، ۴۰ درصد EC) + کلودینافوپ پروپارژیل (تاپیک، ۸ درصد EC) به‌ترتیب به مقدار ۱/۵ + ۱ لیتر در هکتار، تری‌بنورون متیل (گرانستار، ۷۵ درصد DF)+ تاپیک به‌ترتیب به مقدار ۲۰ گرم + ۱ لیتر در هکتار، برومایسید امآ + فنوکساپروپ پی‌اتیل (پوماسوپر، ۷/۵ درصد EW) به‌ترتیب به مقدار ۱/۵ + ۱ لیتر در هکتار، مزوسولفورون متیل + یدوسولفورون متیل سدیم + مفن‌پایر (آتلانتیس، ۱۲ درصد OD) به مقدار ۱/۵ لیتر در هکتار، مزوسولفورون متیل+ یدوسولفورون متیل‌سدیم+ دیفلوفنیکان+ مفن‌پایر (اُتللو، ۶ درصد OD) به مقدار ۱/۶ لیتر در هکتار، مزوسولفورون+ یدوسولفورون متیل سدیم (تیفیس، ۳۶ درصد WG) به مقدار ۳۰۰ گرم در هکتار، متری‌بوزین (سنکور، ۷۰ درصد WP) به مقدار ۸۰۰ گرم در هکتار، فنوکساپروپ پی‌اتیل + متری‌بوزین (به اختصار فنومتری، ۲۱/۳۷ درصد EC) به مقدار ۰/۸، ۱ و ۱/۲ لیتر در هکتار با و بدون ماده افزودنی و شاهد وجین دستی بودند. نتایج نشان داد با افزایش مقادیر کاربرد علف‌کش فنومتری توام با ماده افزودنی، کارایی کنترل علف‌های‌هرز افزایش یافت. به‌طوری‌که علف‌کش فنومتری (۱/۲ لیتر در هکتار)+ مواد افزودنی سبب کاهش معنی‌دار وزن خشک پیچک (*Convolvulus arvensis*)، چچم (*Lolium rigidum*)، یونجه‌زرد (*Melilotus officinalis*) و گلرنگ (*Carthamus oxyacanthus*) به‌ترتیب ۷۱، ۷۳، ۵۲ و ۶۳ درصد گردید و عملکرد دانه (۴/۸۱ تن در هکتار) را نسبت به نیمه شاهد ۲۰ درصد افزایش داد. با این وجود، کارایی علف‌کش فنومتری در کنترل علف‌های‌هرز آزمایش، در مقایسه با علف‌کش‌های پرکاربرد اُتللو، برومایسید امآ + تاپیک یا پوماسوپر کمتر بود. بنابراین، پیشنهاد می‌شود این علف‌کش با مقادیر بیشتری ارزیابی شوند.

واژه‌های کلیدی: تراکم، چچم، کنترل شیمیایی، مویان، وزن خشک

۱- استادیار پژوهش بخش تحقیقات گیاه‌پزشکی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی فارس، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، داراب، ایران.
۲ و ۳- به‌ترتیب مربی و استاد پژوهش مؤسسه تحقیقات گیاه‌پزشکی کشور، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی تهران، ایران.
(*- نویسنده مسئول: Email: e.mamnoie@areeo.ac.ir)

https://doi.org/10.22067/jpp.2023.80491.1126

مقدمه

علف‌های‌هرز یکی از مهمترین عوامل محدود کننده تولید محصولات زراعی است که عمدتاً از طریق رقابت باعث افت عملکرد در گندم (*Triticum aestivum* L.) می‌گردد. مهمترین گونه‌ی غالب علف‌های‌هرز مزارع گندم در داراب می‌توان به گلرنگ (*Carthamus oxyacantha* L.)، گل گندم (*Centaurea pallescens* Delile.)، خردل کاذب (*Hirschfeldia incana* (L.) Lagr. Foss.)، چچم یکساله (*Lolium rigidum* L.)، پنیرک (*Malva neglecta* Wallr.) و سیزاب (*Veronica persica* Poir) اشاره کرد (Mamnoie *et al.*, 2022). از سوی دیگر، کاهش تناوب زراعی در منطقه، کشت متوالی گندم، کاربرد تعداد محدودی از علف‌کش‌های مصرفی با نحوه عمل مشابه و مصرف بیش از حد علف‌کش‌ها بویژه باریک برگ‌کش‌ها، سبب توسعه، گسترش و غالب شدن برخی گونه‌های دشوار کنترل مانند چچم (*L. rigidum*) در اراضی استان شده است (Mamnoie *et al.*, 2022). چچم با تولید بیش از ۴۵ هزار بذر در متر مربع (Goggin *et al.*, 2022) مهمترین گونه‌ی خسارت‌زای علف‌هرز گندم استان فارس به شمار می‌رود (Mamnoie *et al.*, 2022). مقدار خسارت علف‌های‌هرز در مزارع گندم ایران ۲۵ تا ۳۰ درصد گزارش شده است (Zare *et al.*, 2014). از سوی دیگر، متداول‌ترین روش کنترل علف‌های‌هرز مزارع گندم استان، استفاده از علف‌کش‌ها می‌باشد. بنابراین، معرفی علف‌کش‌های جدید با نحوه عمل متفاوت یکی از راهکارهای مدیریت علف‌های‌هرز به شمار می‌رود.

علف‌کش پوماسوپر (فنوکساپروپ پی‌اتیل+ مفن پایر دی اتیل) علف‌کشی سیستمیک انتخابی از گروه آریلوکسی فنوکسی پروپیونات (فوپ‌ها) و بازدارنده‌های سنتز چربی است. این علف‌کش برای کنترل علف‌های‌هرز باریک برگ دم‌روباهی (*Alopecurus myosuroides* Huds.)، خونی‌واش (*Phalaris minor* Retz.)، چمن‌معمولی (*Poa* sp.)، چچم و یولاف (*Avena ludoviciana* Durieu) در مزارع گندم و جو (*Hordeum vulgare* L.) توصیه شده است (Zand *et al.*, 2019). علف‌کش سنکور (متری‌بوزین) علف‌کشی انتخابی و سیستمیک از گروه تریازینون‌ها و بازدارنده انتقال الکترون در فتوسیستم دو می‌باشد. این علف‌کش برای کنترل علف‌های‌هرز پهن برگ و برخی از باریک برگ‌ها در مزارع سیب‌زمینی (*Solanum tuberosum* L.)، نیشکر(*Saccharum officinarum* L.)، هویج (*Daucus carota* L.)، خیار (*Cucumis sativus* L.)، طالبی (*Cucumis melo* var. cantalupensis)، سویا (*Glycine max* L.)، گندم و جو توصیه شده است (Lemerle *et al.*, 1985). براساس گزارش‌های متعدد کاربرد مخلوط علف‌کش‌های سنکور با تاپیک (کلودینافوپ پروپارژیل) کارایی مطلوبی در کنترل خونی واش (Abbas *et al.*, 2018)، سلمه‌تره (*Chenopodium album* L.)، یونجه‌زرد (*Melilotus officinalis* (L.) lam)، چچم (*L. temulentum*) (Singh *et al.*, 2005) دارد.

علف‌کش آتلانتیس محصول شرکت بایر، علف‌کش سیستمیک، انتخابی و دو منظوره که برای کنترل علف‌های‌هرز باریک و پهن برگ گندم ثبت شده است. این علف‌کش از گروه شیمیایی سولفونیل اوره‌ها، بازدارنده استولاکتات سینتاز[1]، با فرمولاسیون اُدی[2] و ماده مؤثره مزوسولفورون ۱ درصد+ یدوسولفورون ۰/۲ درصد+ مفن پایر ۳ درصد می‌باشد. در حالی‌که علف‌کش تیفیس فرمولاسیون گرانوله‌ی[3] علف‌کش آتلانتیس است که محصول شرکت دوگل ترکیه با مقدار ماده مؤثره مزوسولفورون ۳ درصد+ یدوسولفورون ۰/۶ درصد+ مفن پایر ۹ درصد می‌باشد (Anonymous, 2017). در گزارشی اظهار شد با کاربرد علف‌کش‌های آتلانتیس و اُتللو چچم به‌طور معنی‌دار کنترل گردید اما این علف‌کش‌ها کارایی ضعیفی (۵۰ درصد) در کنترل هفت بند (*Polygonum aviculare* L.) دارند (Ebadati *et al.*, 2019). گزارش دیگری نشان داد، کارایی علف‌کش آتلانتیس و اتللو در کنترل ترشک (*Rumex crispus* L.)، پنیرک (*M. neglecta*)، یونجه‌زرد (*Melilotus officinalis*) و آناغالیس (*Anagallis arvensis* L.) بسیار مطلوب (۱۰۰ درصد) است (Mamnoie & Karaminejad, 2020). همچنین، با کاربرد آتلانتیس+ دوپلسان سوپر، پیچک (*Convolvulus arvensis* L.) و شبدر (*Trifolium alexandrium* L.) به‌ترتیب ۹۸ و ۹۶ درصد کنترل شدند (Zalghi & Saeedipor, 2017). در آزمایشی اظهار شد اختلاط علف‌کش‌های متری‌بوزین+ فنوکساپروپ، وزن خشک خونی‌واش (*Phalaris minor*) را به‌طور معنی‌داری کاهش یافت (Singh *et al.*, 2005).

با توجه به محدود بودن تعداد علف‌کش‌های قابل دسترس، نارضایتی کشاورزان از کارایی علف‌کش‌های موجود، توسعه و گسترش برخی گونه‌های خسارت‌زا از جمله چچم (*L. rigidum*)، این آزمایش با هدف بررسی کارایی کنترل علف‌های‌هرز گندم بویژه چچم با استفاده از علف‌کش‌های پیش مخلوط فنومتری در مقایسه با علف‌کش‌های پرکاربرد گندم و ارزیابی خسارت احتمالی آن بر گندم انجام شد.

1- Acetolactate synthase
2- Oil dispersion
3- Wettable granule

جدول ۱- برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

Table 1- Soil characteristics at different experimental locations

هدایت الکتریکی EC ($dS.m^{-1}$)	اسیدیته pH	K_2O (mg/kg)	P_2O_5 (mg/kg)	کربن آلی Organic C (%)	بافت خاک Soil texture
0.68	7.9	248	23	0.68	Loamy clay

جدول ۲- اسامی تجارتی، ماده مؤثره و مقدار مصرف علف‌کش‌های در آزمایش

Table 2- Commercial names, active ingredient and application rates of herbicides used in the experiment

نام تجارتی Trade name	فرمولاسیون Formulation	ماده موثره Active ingredient (s)	مقدار مصرف (ماده موثره) Dose g .a.i[1]. ha^{-1}	مقدار مصرف ا(ماده تجارتی) Dose L ha^{-1} (g^{-} ha^{-1})	شرکت Manufacturer
اُتللو Othello®	6% OD[2]	دیفلوفنیکان+ یدوسولفورون متیل سدیم+ مزوسولفورون متیل+ مفن پایر Diflufenican + Iodosulfuron-methyl-sodium+ Mesosulfuron-methyl +Mefenpyr-diethyl	96	1.6	بایر Bayer CropScience
آتلانتیس Atlantis®	12% OD	یدوسولفورون متیل سدیم+ مزوسولفورون متیل+ مفن پایر Iodosulfuron methyl sodium + Mesosulfuron methyl + Mefenpyr diethyl	180	1.5	بایر Bayer CropScience
بروماید امآ +(Bromicide®MA) تاپیک (Topik®)	+ EC[3] 40% +8 % EC	بروموکسینیل اکتانوآت + امسی‌پی‌آ اتیل هگزیل استر ethylhexyl MCPA + Bromoxynil octanoate ester کلودینافوپ پروپارژیل+ کلوکینتوست Clodinafop-propargyl+ Cloquintocet	600 + 80	1.5 + 1	نوفام- Nofam یو پی ال UPL Iimted
بروماید امآ +(BromicideMA®) پوماسوپر (Puma super®)	+EC 40% +7.5% EW[4]	بروموکسینیل اکتانوآت + امسی‌پی‌آ اتیل هگزیل استر ethylhexyl MCPA + Bromoxynil octanoate ester فنوکساپروپ+ مفن پایر Fenoxaprop-p-ethyl+ Mefenpyr	600 + 75	1.5 + 1	نوفام- Nofam بایر Bayer
تیفیس Tifis®	36% WG[5]	یدوسولفورون سدیم + مزوسولفورون+ مفن پایر Iodosulfuron methyl sodium + Mesosulfuron methyl + Mefenpyr diethyl	108	300	دوگل Dogal
سنکور Sencor®	70% WP[6]	متری‌بوزین Metribuzin	560	800	گل سم Golsam Gorgan
فنومتری** FenoMetri	21.37% EC	فنوکساپروپ پی‌اتیل+ متری‌بوزین Fenoxaprop-p-ethyl + Metribuzin	171 213.7 256.5	0.8 1 1.2	یوپی‌ال UPL Iimted
فنومتری**+ سورفاکتانت غیر یونی FenoMetri+ Non-ionic Surfactant	21.37% EC 80%	فنوکساپروپ پی‌اتیل+ متری‌بوزین+ Fenoxaprop-p-ethyl + Metribuzin الکیل آریل پلی اکسی اتیلن گلیکول Alkyl aryl polyoxyethylene glycol	171 213.7 256.5 + 800	0.8 1 1.2 + 1	یوپی‌ال UPL Iimted
گرانستار (Topik®)+ تاپیک (Granstar®)	75% DF[7] +8 % EC	تربنورون متیل+ کلودینافوپ پروپارژیل+ کلوکینتوست + Tribenuron-methyl Clodinafop-propargyl+ Cloquintocet	15 + 80	20 + 1	دوپونت Dupont یوپ‌ال UPL Iimted
وجین (کنترل) Weeding Control	–	–	–	–	–

** واژه اختصاری "هنوز ثبت تجارتی نشده"

1- active ingredients
2- Oil dispersion
3- Emulsifiable concentrate
4- Emulsion oil in water
5- Water-dispersible Granule
6- Wettable Powder
7- Dry Flowables

مواد و روش‌ها

به‌منظور کنترل علف‌های‌هرز مزارع گندم، آزمایشی در بلوک کامل تصادفی (۱۴ تیمار با چهار تکرار) در اراضی ایستگاه تحقیقات کشاورزی داراب (استان فارس) در سال زراعی ۱۴۰۱-۱۴۰۰ اجرا شد. مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش در جدول زیر نشان داده شده است (جدول ۱).

تیمارهای آزمایش، مقدار کاربرد و مشخصات علف‌کش‌های کاربردی در جدول ۲ ذکر شده است. لازم به ذکر است که کاربرد علف‌کش سنکور (۸۰۰ گرم در هکتار) طی دو مرحله انجام گردید. به‌طوری‌که ۴۰۰ گرم در هکتار به‌صورت زود پس رویشی (۱ تا ۳ برگی گندم)، معادل مرحله ۱۱تا ۱۳ زادوکس (Zadoks *et al.*, 1974) و ۴۰۰ گرم در هکتار در مرحله پنجه‌زنی گندم (۳ تا ۵ برگی گندم)، معادل مرحله ۲۵ زادوکس (Zadoks *et al.*, 1974) انجام شد. سایر تیمارهای علف‌کش نیز در مرحله مرحله پنجه‌زنی گندم استفاده شدند. شایان ذکر است، برای سادگی در بیان نتایج بجای علف‌کش فنوکساپروپ پی‌اتیل+ متری‌بوزین از واژه اختصاری فنومتری استفاده شد. همچنین، برای سادگی در نوشتار، کوتاه شدن واژه‌ها و نظم نوشتاری در فصل نتایج و بحث از نام‌های تجارتی علف‌کش‌ها استفاده گردید.

کاشت گندم روی بقایای محصول قبل (پنبه) با استفاده از کارنده پشته‌کار[1] ساخت ایتالیا که دارای چهار ردیف‌کار به فاصله ۱۵ سانتی متر بود، روی پشته‌های به عرض ۵۵ سانتی‌متر و عرض جوی ۲۰ سانتی‌متر انجام شد (Solhjou & Javadi, 2013). هر کرت آزمایشی دارای ۸ خط کاشت با تراکم ۴۰۰ بوته در متر مربع و رقم چمران ۲، در ابعاد ۱/۵ × ۱۰ متر مربع در اواخر آذر ماه ۱۴۰۰ تهیه گردید. آبیاری به‌صورت قطره‌ای با نوار تیپ با فاصله قطره‌چکان ۲۰ سانتی‌متری انجام شد. فاصله نوبت آبیاری و ساعت آبیاری بسته به شرایط آب و هوایی و مراحل رشد گیاه متفاوت بود. به‌طوری‌که نوبت آبیاری در اوایل فصل رشد به فاصله دو تا سه هفته و در در انتهای رشد گندم (خوشه‌دهی تا خمیری دانه) هر ۸ تا ۱۰ روز به‌مدت ۵ تا ۶ ساعت به‌طور یکسان در تیمارها انجام شد. مراقبت‌های زراعی و کوددهی برای تیمارهای به‌طور یکسان و بر اساس آزمون خاک اعمال گردید. مقدار کود نیتروژن از منبع اوره به مقدار ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار (طی سه مرحله کاشت، ساقه‌دهی و خوشه‌دهی)، کودهای فسفر و پتاس به‌ترتیب از منبع سوپر فسفات تریپل و سولفات پتاسیم به مقدار ۵۰ و ۵۰ کیلوگرم در هکتار قبل از کشت با توصیه بخش تحقیقات خاک و آب انجام شد. هر کرت آزمایشی از طول به دو بخش تقسیم گردید، قسمت بالایی سم‌پاشی نشده (به‌عنوان شاهد) و بخش پایین هر کرت سمپاشی شده به‌عنوان تیمار در نظر گرفته شد. سم‌پاشی با سمپاش پشتی فشار ثابت مجهز به نازل بادبزنی (۸۰۰۲)، با فشار دو بار و حجم پاشش آب مصرفی ۳۵۰ لیتر در هکتار اعمال گردید.

نمونه‌برداری شامل تعیین تراکم و وزن خشک علف‌های‌هرز در کادری به ابعاد ۵۰ × ۵۰ سانتی‌متر به تفکیک گونه در هر نیم کرت شاهد و تیمار شمارش، پس از برداشت، خشک و با دقت گرم وزن شدند. درصد کاهش تراکم و وزن خشک گونه‌های علف‌های‌هرز (WCE)[2] با استفاده از معادله یک تعیین شد (Somani, 1992). عملکرد دانه گندم و عملکرد بیولوژیک به‌ترتیب از خطوط وسط در ابعاد سه و نیم متر مربع در هر نیم کرت شاهد و تیمار در انتهای فصل تعیین گردید. همچنین، تغییرات عملکرد و اجزای عملکرد دانه از معادله دو استفاده گردید.

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

$$\% Y_i = 100 \times \frac{Y_f}{Y_w} \quad (۲)$$

در معادله یک، WCE عبارت از درصد کارایی کنترل تراکم (وزن خشک) علف‌های‌هرز، A و B به‌ترتیب تراکم (وزن خشک) گونه علف‌های‌هرز در کادر سمپاشی نشده و شده است. در معادله دو $\% Y_i$ درصد تغییرات عملکرد، Y_f و Y_w به‌ترتیب عملکرد در نیم کرت‌های سمپاشی شده و نشده است. شایان ذکر است که تیمار شاهد وجین دستی فقط در ارزیابی عملکرد و اجزای عملکرد دانه در نظر گرفته شد و در تعیین درصد کنترل علف‌های‌هرز از سر جمع تیمارها حذف گردید. همچنین، در تعیین تراکم و وزن خشک علف‌های هرز در متر مربع از میانگین شاهد مجاور کرت‌های آزمایشی استفاده شد. آزمون نرمال بودن داده‌ها قبل از تجزیه واریانس انجام شد. محاسبات آماری و مقایسه میانگین با آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار[3] در سطح پنج درصد با استفاده از نرم‌افزار SAS (نسخه ۹/۳) انجام گردید.

نتایج و بحث

علف‌های‌هرز

علف‌های‌هرز غالب در مزرعه آزمایشی شامل چهار گونه چچم، پیچک، یونجه‌زرد و گلرنگ وحشی بودند (جدول ۳). نتایج نشان داد گونه چچم و گلرنگ وحشی با فراوانی نسبی ۵۶ و ۵ درصد به‌ترتیب بیشترین و کمترین غالبیت را نشان دادند (جدول ۳).

1- Rais bad, Model MZCS-24-300

2- Weed Control Efficacy

3- The least significant difference

جدول ۳- فراوانی نسبی علف‌های‌هرز غالب موجود در مزرعه آزمایشی گندم

Table 3- Relative abundance of the dominant weeds in the experimental wheat field

نام علمی Scientific name	تیره Family	فراوانی نسبی Relative abundance (%)	میانگین تراکم Mean density (m^2)	نام فارسی Persian name
Lolium regidum L.	Poaceae	56.4	55	چچم
Convolvulus arvensis L.	Convolvulaceae	26.7	33	پیچک
Melilotus officinalis (L.) Lam.	Leguminosae	10.8	13.5	یونجه‌زرد
Carthamus oxyacanthus M.B.	Asteraceae	5.1	8.5	گلرنگ وحشی

نتایج جدول تجزیه واریانس صفت اندازگیری شده نشان داد که تیمارهای کاربرد علف‌کش‌ها تأثیر معنی‌دار ($P\leq$ ۰/۰۱) بر تراکم، وزن خشک، درصد کاهش تراکم و وزن خشک علف‌های‌هرز پیچک، چچم، یونجه‌زرد، گلرنگ و کل علف‌های‌هرز داشت (جداول آنالیز واریانس آورده نشد).

نتایج بدست آمده از کاربرد علف‌کش‌ها بر تراکم و درصد کنترل علف‌های‌هرز حاکی از آن است که با افزایش مقدار کاربرد علف‌کش فنومتری تراکم گونه‌های چچم، گلرنگ، پیچک، یونجه‌زرد و کل علف‌های‌هرز به‌طور معنی‌دار کاهش یافت (جدول ۴). همچنین، وقتی ماده افزودنی با علف‌کش فنومتری استفاده شد کارایی علف‌کش در کنترل علف‌های‌هرز مذکور به‌طور معنی‌دار افزایش یافت (جدول ۴). به‌طوری‌که کاربرد علف‌کش فنومتری (۱/۲ لیتر در هکتار) با ماده افزودنی توانست تراکم گونه‌های علف‌های‌هرز پیچک، گلرنگ وحشی، یونجه‌زرد، چچم و کل علف‌های‌هرز به‌ترتیب ۷۱، ۶۵، ۵۵، ۴۵ و ۷۰ درصد نسبت به نیمه شاهد عدم کنترل به‌طور معنی‌دار کاهش دهد. در مجموع کارایی علف‌کش فنومتری (۱/۲ لیتر در هکتار بعلاوه ماده افزودنی) در کنترل یونجه‌زرد با آتلانتیس، تیفیس و سنکور در یک گروه آماری بودند، اما کارایی این تیمار در کنترل یونجه‌زرد به‌طور معنی‌دار کمتر از گرانستار+ تاپیک، بروموایسید امآ (+ تاپیک یا پوماسوپر)، اُتللو نشان داد. کارایی تیمار علف‌کش فنومتری (۱/۲ لیتر در هکتار+ ماده افزودنی) در کاهش تعداد گلرنگ وحشی (۳/۵ بوته در متر مربع)، به‌طور معنی‌دار کمتر از بروموایسید امآ (+ تاپیک یا پوماسوپر) و گرانستار (+ تاپیک) بود، اما با سایر تیمارهای علف‌کش اختلاف معنی‌داری نداشت. همچنین کارایی فنومتری (۱/۲ لیتر در هکتار بعلاوه ماده افزودنی) از نظر کاهش تراکم پیچک، با سایر تیمارهای علف‌کش‌های آزمایش در یک گروه آماری بودند و بعد از علف‌کش‌های سنکور و اُتللو بیشترین کارایی در کنترل چچم نشان داد. در مقابل بیشترین کاهش تراکم علف‌های‌هرز پیچک، یونجه‌زرد و گلرنگ به‌ترتیب ۸۲، ۸۵ و ۸۵ درصد نسبت به نیمه شاهد بدون کنترل بدست آمد که از کاربرد بروموایسید امآ در اختلاط با تاپیک یا پوماسوپر حاصل گردید. از سوی دیگر، بیشترین کارایی در کاهش تراکم علف‌هرز چچم از کاربرد علف‌کش سنکور به مقدار ۷۸ درصد حاصل شد که با سایر تیمارها اختلاف معنی‌دار داشت (جدول ۴). نتایج آزمایشی نشان داد، کاربرد پیش مخلوط متری‌بوزین+ فنوکساپروپ یا متری‌بوزین+ کلودینافوپ پروپارژیل به‌طور معنی‌دار تراکم خونی واش و گونه‌های پهن برگ را کنترل نمود (Punia *et al.*, 2017).

نتایج حاصل از کاربرد تیمارهای علف‌کش بر وزن خشک علف‌های‌هرز در متر مربع و درصد کاهش وزن خشک گونه‌های علف‌های‌هرز نشان داد که کاربرد علف‌کش پیش مخلوط فنومتری توانست وزن خشک گونه‌های علف‌های‌هرز آزمایش را به‌طور معنی‌دار کاهش دهد. از سوی دیگر، کاربرد ماده افزودنی با این علف‌کش نیز، کارایی کنترل گونه‌های گلرنگ، پیچک، چچم، یونجه‌زرد و کل را به‌طور معنی‌دار افزایش داد. از این منظر مطلوب‌ترین مقدار کاربرد علف‌کش فنومتری که بیشترین کارایی در کاهش وزن خشک علف‌های‌هرز مذکور داشت از کاربرد این علف‌کش به مقدار ۱/۲ لیتر در هکتار همراه با ماده افزودنی حاصل شد. به‌طوری‌که وزن خشک گونه‌های علف‌های‌هرز پیچک، گلرنگ وحشی، یونجه‌زرد، چچم و کل علف‌های‌هرز در کاربرد علف‌کش فنومتری (۱/۲ لیتر در هکتار بعلاوه ماده افزودنی) به‌ترتیب ۷۱، ۶۳، ۵۲، ۴۸ و ۷۳ درصد نسبت به نیمه شاهد به‌طور معنی‌دار کاهش یافتند. کارایی این تیمار در کاهش وزن خشک چچم (۷۲ گرم در متر مربع) به‌طور معنی‌دار بیشتر از آتلانتیس، تیفیس، پوماسوپر+ بروموایسید امآ بود و با تیمارهای تاپیک+گرانستار، تاپیک+ بروموایسید امآ و اُتللو اختلاف آماری نداشت. همچنین کارایی فنومتری (۱/۲ لیتر در هکتار بعلاوه ماده افزودنی) در کاهش وزن خشک پیچک با سایر علف‌کش‌های کاربردی تفاوت معنی‌داری نشان نداد. اما از نظر کاهش وزن خشک گلرنگ وحشی، با آتلانتیس، تیفیس، اُتللو و سنکور در یک گروه آماری قرار گرفت. از سوی دیگر، کارایی فنومتری (۱/۲ لیتر در هکتار بعلاوه ماده افزودنی) در کنترل یونجه‌زرد، به‌طور معنی‌دار کمتر از گرانستار (+تاپیک)، بروموایسید امآ (+تاپیک یا پوماسوپر) و اُتللو نشان داد، اما با تیمارهای آتلانتیس، تیفیس و سنکور کارایی مشابه‌ای داشت. در مقابل،

بیشترین کارایی در کنترل پیچک، گلرنگ و یونجه‌زرد از کاربرد برومایسید امآ و گرانستار در ترکیب با علف‌کش‌های تاپیک یا پوماسوپر مشاهد شد. همچنین، بیشترین کارایی در کنترل چچم (۸۰ درصد) از کاربرد علف‌کش سنکور بدست آمد که با سایر تیمارها اختلاف معنی‌دار داشت (جدول ۵). در این ارتباط باراپور و همکاران (Barapour *et al.*, 2018) اظهار کردند که توده‌های چچم (*L. perenne*) مقاوم به علف‌کش دیکلوفوپ متیل، با کاربرد علف‌کش سنکور ۸۰ تا ۹۴ درصد کنترل گردید.

جدول ٤- مقایسه میانگین اثر تیمارهای کاربرد علف‌کش‌ها بر تراکم تعداد و درصد کاهش تراکم گونه‌های علف‌های‌هرز نسبت به نیمه شاهد

Table 4- Mean comparison of the effect herbicide application treatments on density and the percentage decrease of weed species density compared to half of the control

تیمار Treatment	مقدار مصرف Dose (g-li/ha)	پیچک *C. arvensis*		گلرنگ *C. oxyacanthus*		یونجه‌زرد *M. officinal*		چچم *L. rigidum*		تراکم کل علف هرز Total weed	
		تعداد ساقه No. stems (m^2)	کنترل Control (%)	تعداد بوته No. plants (m^2)	کنترل Control (%)	تعداد بوته No. plants (m^2)	کنترل Control (%)	تعداد ساقه No. stems (m^2)	کنترل Control (%)	تعداد بوته No. plants (m^2)	کنترل Control (%)
FenMet	0.8	28 b	29.34 g	6 b	45.03 h	12 ab	35.48 g	47 b	25.18 g	84 b	30.22 g
FenMet	1	25 b	35.25 fg	5.5 b	50.35 gh	11 b	40.46 fg	49 ab	25.28 fg	71 b	35.14 fg
FenMet	1.2	19 cd	52.12 e	4.5 c-e	55.72 e-h	7 de	55.01 c-f	33 cd	35.1 d-f	54 ef	51.11 de
FenMet-+ Sur	0.8+1	23 bc	40.37 f	5 b-d	52.11 f-h	10 bc	45.7 e-g	47 b	27.1 fg	65 cd	44.18 ef
FenMet + Sur	1+1	18 c-e	56.12 e	4 d-f	60.01 d-g	8 cd	50.57 d-f	32 cd	41.35 b-d	50 e-h	58.13 cd
FenMet + Sur	1.2+1	14 c-f	71.89 bc	3.5 e-g	65.7 c-e	6 d-f	55.24 c-e	29 de	45.18 bc	43 g-i	70.07 ab
Top.+ Bro.	1+1.5	9 gh	80.1 ab	0.75 j	85.84 a	1 h	85.32 a	30 d-e	42.28 b-d	42 h-g	71.12 a b
Top.+ Gra.	1+20	12 f-h	75.94 a-c	0.75 j	85.84 a	2 gh	80.88 a	33 cd	38.15 c-e	45 e-g	65.09 bc
Pum.+Bro.	1+1.5	8 h	82.01 a	1 ij	80.36 ab	1 h	85.6 a	35 cd	31.05 e-f	56 de	48.18 de
Atla.	1.5	17 d-f	60.26 de	3 f--h	65.15 c-f	5 ef	60.35 cd	38 c	29.17 e-g	60 de	45.18 ef
Oth.	1.6	13 e-g	73.89 a-c	2.5 gh	70.16 b-d	2 gh	75 ab	24 e	49.15 b	40 hi	75.13 ab
Sen.	800	15 d-f	68.01 cd	2 hi	75 a-c	4 fg	65.53 bc	23 e	78.05 a	36 i	80.05 a
Tif.	300	15 d-f	68.1 cd	2.75 gh	69.87 b-d	5 ef	65.49 bc	36 cd	31.06 e-g	51 e-g	55.16 c-e
Weedy (Mean)	-	34.5 a	-	8.5 a	-	13.5 a	-	55 a	-	120.7 a	-
LSD 0.05%		5.05	9.74	1.23	13.47	2.25	14.61	8.09	9.9	10.58	11.28

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)

Top. (Topik), Bro. (Bromicide®MA), Pum. (Puma super), FenMet (Fenoxaprop-p-ethyl + Metribuzin, Atla. (Atlantis), Oth. (Othello), Sen. (Sencor), Tif. (Tifis), Sur (Surfactant),

براساس نتایج آمار توصیفی، کارایی فنومتری (۱/۲ لیتر در هکتار) + ماده افزودنی، اُتللو و سنکور در کنترل گلرنگ، پیچک و یونجه زرد متوسط تا خوب ارزیابی شد. همچنین کارایی برومایسید امآ+ تاپیک یا پوماسوپر در کنترل گلرنگ، پیچک و یونجه زرد، خوب ارزیابی گردید. آتلانتیس و تیفیس کارایی نیز متوسطی در کنترل گلرنگ، پیچک و یونجه زرد نشان دادند. بجز علف‌کش سنکور سایر علف‌کش‌ها کارایی ضعیفی در کنترل چچم داشتند (جدول ۶).

براساس گزارش موجود کارایی علف‌کش‌های مختلف در کنترل گونه‌های علف‌های‌هرز متفاوت است. در این ارتباط، عباس و همکاران (Abbas *et al.*, 2018) گزارش کردند که کارایی علف‌کش آتلانتیس در کنترل علف‌های‌هرز پیچک و آناغالیس (*Anagallis arvensis*) بسیار مطلوب است. در مقابل عبادی و همکاران (Ebadati *et al.*, 2019) اظهار کردند که کارایی علف‌کش‌های آتلانتیس و اُتللو در کنترل علف هفت‌بند (*Polygonum aviculare* L.) ضعیف است. در گزارش دیگری نیز ادعا شد با کاربرد علف‌کش جوی‌استیک (دیفلوفنیکان+ یدوسولفورون متیل سدیم+ فلوراسولام)، تراکم و وزن خشک گونه‌های گلرنگ وحشی و چچم (*L. rigidum*) به‌طور معنی‌دار کاهش یافت (Mamnoie *et al.*, 2022). ممنوعی و کرمی نژاد (Mamnoie & Karaminejad, 2020) نیز معتقدند با مصرف پیش‌رویشی علف‌کش بوکسر (پروسولفوکارپ) در گندم، گونه‌های پنیرک (*Malva neglecta* L.)، چچم و یونجه‌زرد به‌طور معنی‌دار کنترل گردید. به عقیده، بازیار و همکاران (Baziyar *et al*, 2010) تاپیک اثری در کنترل چچم ندارد. ویسی و همکاران (Veisi *et al.*, 2018) اظهار کردند، که گونه‌های گلرنگ وحشی و خردل وحشی (*Sinapis arvensis* L.) با کاربرد برومایسید امآ به‌طور مطلوبی کنترل می‌گردد. در سایر گزارش‌ها نیز مشخص شد که کارایی علف‌کش سنکور در کنترل خونی‌واش، آناغالیس، یونجه‌زرد، شاه‌تره (*Fumaria indica*) (Javaid *et al.*, 2022) و یولاف وحشی (Ghanbari *et al.*, 2015) بسیار مطلوب است.

جدول ۵- مقایسه میانگین اثر تیمارهای کاربرد علف‌کش‌ها بر وزن خشک و درصد کاهش وزن خشک گونه‌های علف‌هایهرز نسبت به نیمه شاهد

Table 5- Mean comparison of the effect herbicide application treatments on biomass and the percentage decrease of weed species biomass compared to half of the control

Dry weight

Reduction dry weight

تیمار Treatment	مقدار مصرف Dose (g-li/ha)	پیچک *C. arvensis*		گلرنگ *C. oxyacanthus*		یونجه‌زرد *M. officinalis*		چچم *L. rigidum*		تراکم کل علف هرز Total weed	
		وزن خشک Dry weight ($g\ m^{-2}$)	کنترل Control (%)	وزن خشک Dry weight ($g\ m^{-2}$)	کنترل Control (%)	وزن خشک Dry weight ($g\ m^{-2}$)	کنترل Control (%)	وزن خشک Dry weight ($g\ m^{-2}$)	کنترل Control (%)	وزن خشک Dry weight ($g\ m^{-2}$)	کنترل Control (%)
FenMet	0.8	32.04 b	26.15 h	5.32 b	43.12 h	6 a	33.12 h	121.85 b	28.07 f	170.1 b	32.13 h
FenMet	1	27.14 c	32.12 h	5.01 b	48.05 gh	5.55 ab	38.15 gh	122.6 b	28.13 f	160.3 b	37.11 gh
FenMet	1.2	20.56 de	50.11 fg	3.84 cd	53.07 f-h	3.51 d	50.19 d-f	84.95 de	40.05 c-e	111.05 d	53.13 ef
FenMet-+ Sur	0.8+1	24.36 cd	45.14 g	4.31 c	52.21 f-h	5.18 b	42.11 f-h	118.71 b	30.09 ef	135.76 c	46.08 fg
FenMet + Sur	1+1	19.51 ef	59.15 ef	3.57 d	58.19 e-g	4.31 c	45.13 e-g	83.16 de	43.13 b-d	105.21 d-f	61.12 c-e
FenMet + Sur	1.2+1	14.94 gh	71.12 b-d	3.2 de	63.05 d-f	2.93 de	52.02 d-f	72.37 e-g	48.11 bc	102.25 d-f	73.08 a-c
Top.+ Bro.	1+1.5	9.77 ji	83.04 a	0.64 h	88.09 a	0.52 f	80.2 a	74.26 ef	45.12 bc	94.52 d-f	75.04 ab
Top.+ Gra.	1+20	12.68 hi	79.08 ab	0.65 h	87.11 a	0.96 f	78.08 ab	83.71 de	42.06 b-d	104.13 d-f	68.11 b-d
Pum.+Bro.	1+1.5	8.75 j	85.16 a	0.86 h	85.13 ab	0.52 f	80.11 ab	90.67 cd	34.04 d-f	113.85 cd	50.12 ef
Atla.	1.5	18.01 f-g	62.14 de	2.63 ef	68.22 c-e	2.76 de	54.11 de	98.61 c	31.1 ef	135.27 c	47.04 fg
Oth.	1.6	14.73 gh	76.11 a-c	2.26 fg	73.39 b-d	0.97 f	68.15 bc	61.61 fg	52.04 b	84.74 ef	79.94 ab
Sen.	800	16.13 f-h	65.14 c-e	1.85 g	78.06 a-c	2.15 e	62.11 cd	59.45 g	80.11 a	81.56 f	83.08 a
Tif.	300	16.83 e-g	65.1 c-e	2.46 fg	72.02 cd	2.59 e	58.21 cd	88.36 cd	34.11 d-f	108.22 de	58.02 d-f
Weedy (Mean)	-	47.9 a	-	8 a	-	6 a	-	148 a	-	291.5 a	-
LSD 0.05%	-	3.89	11.18	0.67	12.67	0.8	11.97	13.41	10.39	23.91	12.24

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≤0.05)
Top. (Topik), Bro. (Bromicide®MA), Pum. (Puma super), FenMet (Fenoxaprop-p-ethyl + Metribuzin,
Atla. (Atlantis), Oth. (Othello), Sen. (Sencor), Tif. (Tifis), Sur (Surfactant), DW (dry weight)

جدول ٦- ارزیابی توصیفی کارآیی علف‌کش‌ها بر اساس کنترل جمعیت

Table 6- Descriptive assessment of herbicide efficiency for weed control population

تیمار Treatment	مقدار مصرف L^{-1} ha (g^{-1}ha)	گلرنگ *Convolvulus arvensis*	پیچک *Carthamus oxyacanthus*	یونجه زرد *Melilotus officinalis*	چچم *Lolium rigidum*
FenMet.	0.8	+	-	+	-
FenMet	1	+	+	+	-
FenMet	1.2	++	++	+	+
FenMet-+ Sur	0.8+1	++	++	+	-
FenMet + Sur	1+1	++	++	+	+
FenMet + Sur	1.2+1	++	+++	++	+
Top.+ Bro.	1+1.5	+++	+++	+++	+
Top.+ Gra.	1+20	+++	+++	+++	+
Pum.+Bro.	1+1.5	+++	+++	+++	+
Atla.	1.5	++	++	++	-
Oth.	1.6	++	+++	+++	+
Sen.	800	+++	++	++	+++
Tif.	300	++	++	++	+

درصد کنترل علف‌های هرز: عالی (بیش از ۸۵ درصد، ++++)، خوب (۷۰ تا ۸۵ درصد، +++)، متوسط (۵۰ تا ۷۰ درصد، ++)، ضعیف (۳۰ تا ۵۰ درصد، +)، بدون کنترل (کمتر از ۳۰ درصد، -)

Percentage of weed control: Excellent (more than 85% , ++++), Good (70-85% , +++), moderate (50-70% , ++), weak (30-50% , +), without control (less than 30% , Top. (Topik), Bro. (Bromicide®MA), Pum. (Puma super), FenMet (Fenoxaprop-p-ethyl + Metribuzin,
Atla. (Atlantis), Oth. (Othello), Sen. (Sencor), Tif. (Tifis), Sur (Surfactant),

عملکرد و اجزاء عملکرد دانه

براساس نتایج جدول تجزیه واریانس، تیمارهای کاربرد علف‌کش‌ها تأثیر معنی‌دار ($P\leq$ ۰/۰۱) بر تعداد دانه در خوشه، تعداد خوشه در واحد سطح، وزن هزار دانه، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک دارد (جداول آنالیز واریانس آورده نشد).

با افزایش مقدار کاربرد علف‌کش پیش‌مخلوط فنومتری وزن هزار دانه، تعداد دانه در خوشه، تعداد خوشه در متر مربع، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک گندم به‌طور معنی‌دار افزایش یافت. همچنین، کاربرد این علف‌کش با سورفاکتانت غیریونی نیز توانست صفات مذکور را به‌طور معنی‌دار افزایش دهد. به‌طوری‌که، با کاربرد علف‌کش فنومتری (۱/۲ لیتر در هکتار همراه با ماده افزودنی) تعداد خوشه در متر مربع، دانه در خوشه، وزن هزار دانه، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک به‌ترتیب نسبت به نیمه شاهد متناظر ۳۸، ۲۳، ۸، ۲۰ و ۲۲ درصد به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. کاربرد علف‌کش فنومتری (۱/۲ لیتر در هکتار همراه با کاربرد ماده افزودنی) از نظر تعداد خوشه در متر مربع (۳۴۴ پنجه بارور) و وزن هزار دانه (۳۶/۴ گرم) با سایر تیمارهای علف‌کش‌های کاربردی بدون تفاوت معنی‌دار در یک گروه آماری مشترک بودند. همچنین، این تیمار از نظر، تعداد دانه در خوشه (۳۸ دانه) با تیمارهای کاربرد تاپیک+ برومایسید ام‌آ، گرانستار+ تاپیک، پوماسوپر+ برومایسید ام‌آ آتلانتیس و تیفیس در یک گروه آماری بودند. این تیمار از نظر، عملکرد (۴/۸۱ تن در هکتار) و عملکرد بیولوژیک (۱۱ تن در هکتار) با تیمارهای برومایسید ام‌آ+ تاپیک یا پوماسوپر، گرانستار+ تاپیک، و تیفیس در یک گروه مشترک آماری قرار دارند. کاربرد علف‌کش‌های سنکور و اُتللو بعد از وجین دستی بیشترین افزایش در عملکرد دانه و اجزای عملکرد دانه نشان داد. به‌طوری‌که در تیمار علف‌کش سنکور از نظر، تعداد خوشه در متر مربع (۴۳۳ خوشه)، دانه در خوشه (۴۱ دانه)، وزن هزار دانه (۳۷/۷ گرم)، عملکرد دانه (۶/۸ تن در هکتار) و عملکرد بیولوژیک گندم (۱۵/۶۷ تن در هکتار) با شاهد وجین دستی و اتللو در یک گروه آماری بودند که نسبت به شاهد متناظر به‌ترتیب ۳۳، ۲۷، ۱۰، ۴۰ و ۳۵ درصد افزایش معنی‌دار داشت (جدول ۷ و ۸). نتایج آزمایشی نیز نشان داد با کاربرد علف‌کش سنکور، عملکرد دانه گندم نسبت به شاهد به‌طور معنی‌داری افزایش می‌یابد (Barapour *et al*., 2018).

جدول ۷- مقایسه میانگین اثر تیمارهای علف‌کش بر وزن هزار دانه، تعداد دانه در خوشه، تعداد خوشه و درصد افزایش نسبت به نیمه شاهد

Table 7- Mean comparison of the effect of herbicide treatments on 1000 grains weight, grains per spike, number spikes and the percentage increase in compared to half of the control

تیمار Treatment	مقدار مصرف Dose L^{-1} ha (g^{-1}ha)	وزن هزار دانه 1000 grains weigh (g)	افزایش وزن هزار دانه Increase of 1000 grains weight (%)	تعداد دانه در خوشه No. grains/spike	افزایش تعداد دانه در خوشه Increase of grains/spike (%)	تعداد خوشه No. spikes /m^2	افزایش تعداد خوشه Increase of No. spikes (%)
FenMet	0.8	35.21 ^{d}	5.03 ^{f}	316.25 ^{b}	17.08 ^{f}	35 ^{e}	13.08 ^{f}
FenMet	1	35.55 ^{cd}	5.77 ^{ef}	316.25 ^{b}	19.08 ^{ef}	36.35 ^{de}	14.12 ^{f}
FenMet	1.2	36.2 $^{b-d}$	8.13 $^{b-e}$	335 ^{b}	25.52 $^{b-f}$	38.08 $^{b-e}$	21.61 $^{c-e}$
FenMet-+ Sur	0.8+1	35.91 ^{cd}	6.77 $^{d-f}$	327.5 ^{b}	20.23 ^{ef}	37.15 $^{c-e}$	18.41 ^{e}
FenMet + Sur	1+1	36 ^{cd}	7.31 $^{d-f}$	335 ^{b}	23.34 $^{c-f}$	37.65 $^{b-e}$	21.61 $^{c-e}$
FenMet + Sur	1.2+1	36.42 $^{b-d}$	8.49 $^{b-e}$	343.75 ^{b}	29.73 $^{a-d}$	38.35 $^{b-e}$	23.3 $^{b-d}$
Top.+ Bro.	1+1.5	36.89 $^{a-c}$	8.92 $^{a-d}$	352.5 ^{b}	30.26 $^{a-d}$	39.25 $^{a-e}$	24.91 $^{a-c}$
Top.+ Gra.	1+20	36.22 $^{b-d}$	8.4 $^{b-e}$	340 ^{b}	27.65 $^{b-e}$	38.3 $^{b-e}$	23.31 $^{b-d}$
Pum.+Bro.	1+1.5	37.06 $^{a-c}$	9.93 $^{a-c}$	366.25 ^{b}	32.03 $^{a-c}$	40.25 $^{a-d}$	25.42 $^{a-c}$
Atla.	1.5	35.94 ^{cd}	6.87 $^{d-f}$	330 ^{b}	22.3 $^{d-f}$	37.65 $^{b-e}$	19.51 ^{de}
Oth.	1.6	37.17 $^{a-c}$	10.08 $^{a-c}$	426.25 ^{a}	32.79 ^{ab}	40.9 $^{a-c}$	26.06 ^{ab}
Sen.	800	37.71 ^{ab}	10.86 ^{ab}	433.75 ^{a}	33.52 ^{ab}	41.65 ^{ab}	27.03 ^{ab}
Tif.	300	36.52 $^{b-d}$	8.73 $^{a-d}$	363.75 ^{b}	30.75 $^{a-d}$	39.2 $^{a-e}$	23.81 ^{bc}
Weed free		38.2 ^{a}	11.58 ^{a}	441.25 ^{a}	37.03 ^{a}	43.05 ^{a}	28.11 ^{a}
LSD 0.05%		1.68	2.9	55.13	8.97	4.3	4.16

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)

Top. (Topik), Bro. (Bromicide®MA), Pum. (Puma super), FenMet (Fenoxaprop-p-ethyl + Metribuzin, Atla. (Atlantis), Oth. (Othello), Sen. (Sencor), Tif. (Tifis), Sur (Surfactant),

جدول ۸- مقایسه میانگین اثر تیمارهای علف‌کش بر عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک و درصد افزایش نسبت به نیمه شاهد

Table 8- Mean comparison of the effect of herbicide treatments on grain yield and biological yield and the percentage increase in compared to half of the control

تیمار Treatment	مقدار مصرف L^{-1} ha (g^{-1}ha)	عملکرد دانه ton ha^{-1} Grain yield	افزایش عملکرد دانه Increase of grain yield (%)	عملکرد بیولوژیک Biological yield (ton ha^{-1})	افزایش عملکرد بیولوژیک Increase of biological yield (%)
FenMet	0.8	4.02 e	8.06 i	9.25 f	9.01 h
FenMet	1	4.09 e	10.08 hi	9.4 ef	11.07 gh
FenMet	1.2	4.62 de	17.07 e-g	10.62 c-f	20.65 ef
FenMet-+ Sur	0.8+1	4.37 de	11.1 hi	10.05 ef	12.11 gh
FenMet + Sur	1+1	4.55 de	15.06 f-h	10.45 c-f	17.09 fg
FenMet + Sur	1.2+1	4.81 b-e	20.02 d-f	11.05 c-f	22.05 d-f
Top.+ Bro.	1+1.5	5.11 bd	22.05 de	11.74 ce	23.11 d-f
Top.+ Gra.	1+20	4.72 b-e	19.07 d-f	10.85 c-f	21.04 ef
Pum.+Bro.	1+1.5	5.47 b	28.02 bc	12.57 c	28.03 cd
Atla.	1.5	4.47 de	13.06 g-i	10.27 c-f	14.09 gh
Oth.	1.6	6.49 a	32.14 b	14.91 a	30.1 bc
Sen.	800	6.82 a	40.1 a	15.67 a	35.02 ab
Tif.	300	5.21 b	23.18 cd	11.98 c	24.08 c-e
Weed free		7.26 a	45.03 a	16.69 a	40.08 a
LSD 0.05%		0.84	5.25	2.43	6.25

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)

Top. (Topik), Bro. (Bromicide®MA), Pum. (Puma super), FenMet (Fenoxaprop-p-ethyl + Metribuzin, Atla. (Atlantis), Oth. (Othello), Sen. (Sencor), Tif. (Tifis), Sur (Surfactant),

ضرایب همبستگی بین صفات اندازگیری شده نشان داد بین عملکرد دانه، تعداد خوشه در متر مربع، تعداد دانه در خوشه با وزن خشک علف‌های‌هرز همبستگی منفی و معنی‌داری وجود دارد (جدول ۹). به‌طوری‌که، همبستگی عملکرد دانه با وزن خشک گونه‌های علف‌های‌هرز چچم (r= -۰/۶۹**)، پیچک (r= -۰/۴۸**)، یونجه‌زرد (r= -۰/۵۲**)، گلرنگ (r= -۰/۴۸**) بود. وزن خشک کل علف‌های‌هرز بیشترین همبستگی مثبت و معنی‌دار با چچم (r= ۰/۸۱**)، داشت. همچنین، همبستگی وزن خشک کل علف‌های‌هرز با وزن هزار دانه (r= -۰/۵۸**)، تعداد دانه در خوشه (r= -۰/۵۱**)، خوشه در متر مربع (r= -۰/۵۱**)، عملکرد دانه (r= -۰/۶۲**)، و عملکرد بیولوژیک (r= -۰/۷۰**) منفی و معنی‌دار مشاهده گردید (جدول ۹).

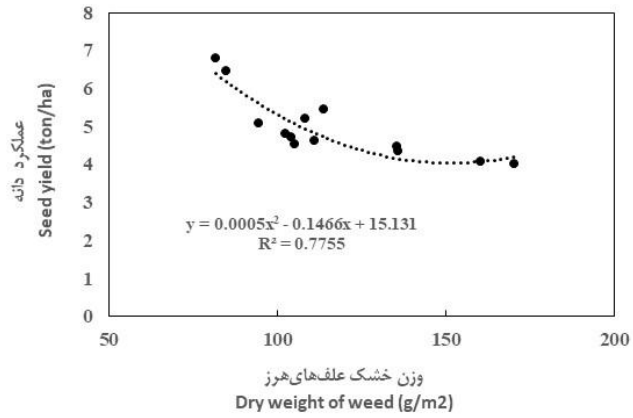
جدول ۹- ضریب همبستگی بین وزن خشک گونه‌های علف‌های‌هرز با عملکرد و اجزایی عملکرد دانه

Table 9- Correlation coefficient between dry weight of weed species with yield and grain yield components

LR	0.81**	-0.45**	-0.48**	-0.48**	-0.69**	-0.64**
CA	0.65**	-0.50**	-0.47**	-0.30**	-0.48**	-0.47**
MO	0.66**	-0.42**	-0.42**	-0.39**	-0.52**	-0.52**
CO	0.61**	-0.34**	-0.43**	-0.41**	-0.48**	-0.45**
TW	1	-0.58**	-0.51**	-0.51**	-0.62**	-0.70**
1000G	-0.57**	1	0.74**	0.41**	0.49**	0.74**
NG	-0.51**	0.74**	1	0.52**	0.65**	0.76**
NS	-0.52**	0.41**	0.53**	1	0.77**	0.77**
GY	-0.62**	0.49**	0.65**	0.77**	1	0.85**
BY	-0.70**	0.74**	0.76**	0.77**	0.85**	1
	TW	1000G	NG	NS	GY	BY

*، **، بیانگر معنی‌دار در سطح ۰/۰۵ و ۰/۰۱ می‌باشد. *, **, significant at 0.05, 0.01

LR (*Lolium regidum*), CA (*Convolvulus arvensis*), MO (*Melilotus officinalis*), CO (*Carthamus oxyacanthus*), TW (Total Weed), 1000G (1000 Grains Weigh), NG (No. Grains/Spike), NS (No. Spikes /m2), GY (Grain YIeld), BY (Biological Yield),



شکل ۱- رابطه بین عملکرد دانه گندم با وزن خشک علف‌های هرز

Figure 1- The relationship between wheat seed yield and weed dry weight

تغییرات عملکرد دانه با مجموع وزن خشک علف‌های هرز در واحد سطح از یک معادله درجه دوم (R^2 = ۰/۷۷) پیروی نمود (شکل ۱). این نتیجه بیانگر آن است که با افزایش وزن خشک علف‌های هرز، عملکرد دانه به‌طور معنی‌دار کاهش می‌یابد. بنابراین کنترل علف‌های هرز از طریق کاهش تراکم و وزن خشک علف های هرز می‌تواند از افت عملکرد جلوگیری نماید. براساس نتایج آزمایش، کاربرد تیمارهای علف‌کش از طریق کاهش تراکم و وزن خشک علف‌های‌هرز چچم، پیچک، یونجه زرد، گلرنگ وحشی سبب افزایش عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک گندم گردید. با توجه به اینکه، کارایی علف‌کش‌های کاربردی آزمایش در کنترل گلرنگ وحشی، یونجه زرد، و پیچک متوسط تا خوب ارزیابی شد. اما بجز سنکور سایر علفکش قادر به کنترل چچم نبودند (جدول ۶). از سوی دیگر، چچم با بیشترین فراوانی و تراکم علف‌های‌هرز آزمایش (جدول ۳)، همبستگی مثبت و معنی‌داری (r=۰/۸۱**) با وزن خشک کل علف‌های‌هرز داشت (جدول ۸). این نتیجه بیانگر آن است که چچم نقش مهمی در ایجاد رقابت و کاهش عملکرد دانه گندم دارد. در این ارتباط استون و همکاران (Stone *et al.*, 1998) گزارش کردند چچم با ایجاد ریشه و پنجه‌های متراکم توان رقابت زیادی با گندم دارد. با توجه به کارایی نسبتاً مشابه‌ی علف‌کش‌های کاربردی بر گونه‌های پیچک، یونجه زرد، گلرنگ وحشی، به‌نظر می‌رسد، کنترل چچم نقش تعیین کننده‌ای در انتخاب تیمار برتر آزمایش دارد. بر این اساس، علف‌کش سنکور با کنترل مطلوب چچم (۸۰ درصد) بعد از وجین دستی، بیشترین افزایش عملکرد دانه (۴۰ درصد) داشت (جدول ۸). این نتایج مؤید آن است، در شرایطی که علف‌هرز غالب مزرعه چچم باشد، کاربرد سنکور می‌تواند گزینه‌ی مناسبی در مهار و کنترل آن باشد. در این ارتباط قنبری و همکاران (Ghanbari *et al.*, 2015) نیز اظهار کردند سنکور با کنترل مطلوب علف‌های‌هرز قادر است عملکرد دانه گندم (۱۵ درصد) و تعداد خوشه در متر مربع (۸ درصد) افزایش دهد.

افزایش عملکرد دانه با کاربرد علف‌کش‌ها در گزارش‌های متعددی به اثبات رسیده است. در این ارتباط، مین باشی و همکاران (Minbashi *et al.*, 2022) اذعان کردند که عملکرد دانه با کاربرد علف‌کش فلوروکسی پیر ۲۳ درصد افزایش یافت. همچنین، علف‌کش‌های بوکسر (پروسولفوکارپ) (Mamnoie & Karaminejad, 2020) و جوی استیک (دیفلوفنیکان+یدوسولفورون متیل سدیم + فلوراسولام) (Mamnoie *et al.*, 2022)، گونه‌های پنیرک (*M. neglecta*)، خردل کاذب (*H. incana*)، گل گندم (*C. pallescens*)، سیزاب (*V. persica*)، گلرنگ وحشی (*C. oxyacantha*) و چچم (*L. regidum*) به مقدار ۸۰ تا ۱۰۰ درصد کنترل نمودند و عملکرد دانه، تعداد دانه در سنبله، تعداد خوشه در متر مربع را به‌طور معنی‌دار افزایش یافت. در گزارش‌های دیگر نیز مشخص شد، کاربرد گرانستار + اکسیال (Ebrahimpour *et al.*, 2011) گرانستار + پوماسوپر (Ebadi *et al.*, 2015)، تاپیک + برموکسینیل (Khan *et al.*, 2003) تاپیک + سنکور (Kumar *et al.*, 2018)، آپیروس (سولفوسولفورون) + سنکور (Nanher *et al.*, 2015) و آتلانتیس (اصغر و همکاران (Asghar *et al.*, 2017) قادر است عملکرد دانه، دانه در خوشه و تعداد خوشه در متر مربع به‌طور معنی‌دار افزایش دهند.

نتیجه‌گیری

براساس نتایج آزمایش، وزن خشک علف‌های هرز با عملکرد دانه همبستگی منفی و معنی‌داری دارد. بنابراین، کنترل علف‌های هرز می‌تواند از افت عملکرد جلوگیری کرد. به‌طوری‌که علف‌کش بروماسید امآ + تاپیک (یا پوما سوپر) توانست تراکم و وزن خشک گونه‌های گلرنگ وحشی، یونجه‌زرد و پیچک بیش از ۸۰ درصد کاهش دهد اما کارایی این علف‌کش‌ها در کنترل چچم ضعیف (۳۰ تا

۴۰ درصد) بود. با توجه به اینکه چچم بیشترین فراوانی نسبی (۵۶ درصد) داشت، همبستگی مثبت و معنی‌داری (r=۰/۸۱**) با وزن خشک کل علف‌های‌هرز داشت. علف‌کش سنکور با کنترل مطلوب چچم (۸۰ درصد) و مجموع علف‌های هرز (۸۳ درصد) عملکرد دانه را به‌طور معنی‌دار افزایش داد. از سوی دیگر، مقادیر مختلف کاربرد علف‌کش فنومتری (بدون ماده افزودنی) کارایی مطلوبی در کنترل علف‌های‌هرز نداشت. با این وجود، کاربرد فنومتری (۱/۲ لیتر در هکتار همراه با مواد افزودنی) موجب کاهش معنی‌دار وزن خشک پیچک (۷۱ درصد)، گلرنگ (۶۳ درصد)، یونجه‌زرد (۵۲ درصد) و چچم (۴۸ درصد) گردید. در مجموع کارایی علف‌کش فنومتری در مقایسه به علف‌کش‌های پرکاربرد اُتللو یا اختلاط علف‌کش‌ها بروماپسید امآ + تاپیک یا پوما سوپر در کنترل علف‌های‌هرز آزمایش، نتوانست برتری حاصل کند. لذا پیشنهاد می‌شود، این علف‌کش در مقادیر مصرف بیشتر مورد ارزیابی قرار گیرد.

سپاسگزاری

با سپاس از مؤسسه تحقیقات گیاه‌پزشکی کشور که در حمایت مالی این این پژوهش نقش داشت. این مقاله حاصل پروژه تحقیقاتی با شماره مصوب ۰۰۱۲۸۹-۱۰۷-۱۶-۱۶-۰۴است.

References

1- Abbas, N., Tanveer, A., Ahmad, T., & Amin, M. (2018). Use of adjuvants to optimize the activity of two broad-spectrum herbicides for weed control in wheat. *Planta Daninha, 36*, e018174762. https://doi.org/10.1590/S0100-83582018360100126

2- Anonymous. (2017). *Registration report Part A. Anses. National Assessment Country France. 102000028901 (ATLANTIS STAR).* 30P Information website: https://www.anses.fr/fr/system/files/phyto/evaluations/ATLANTISST_PAMM_2015-1606_PARTA.pdf

3- Asghar, M., Ullah-Chauhdary, S., Afzal, M., Muhammad, M., Baig, Q., Qadir, M., Gafoor, A., & Zafaryab-Haider, S. (2017). Evaluation of the effectiveness of different herbicides against a new weed Japanese brome (*Bromus japonicus* Houtt.) in wheat crop. *Azarian Journal of Agriculture, 4*(3), 74-79

4- Barapour, T., Korres, N., Bargous, N.R., Hale, R.R., & Tseng, T.P. (2018). Performance of pinoxaden on the control of diclofop-resistant Italian Ryegrass (*Lolium perenne* L. ssp. *multiflorum*) in winter wheat. *Agriculture, 8*(7), 114. https://doi.org/10.3390/agriculture8070114

5- Baziyar, S., Vazan, S., Oveisi, M., & Paknezhad, F. (2010). Optimization of herbicide doses of mesosulfuron-methyl (Atlantis) and clodinafop-propargyl (Topik) in control of perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) in competition with wheat. *Iranian Journal of Field Crop Science, 41*(4), 755-761. (In Persian). https://doi.org/20.1001.1.20084811.1389.41.4.11.6

6- Ebadati, A., Gholamalipour-Alamdari, E., Avasaji, Z., & Rahemi-Karizaki, A. (2019). Effect of application time of dual-purpose herbicides and mixing herbicides on weeds control and wheat yield. *Journal of Plant Ecophysiology, 39*, 192–209. (In Persian)

7- Ebadi, A., Parmoon, G., Samadi Calkhoran, A., & Sajed, K. (2015). Evaluation of the effect of mixture of herbicides on weeds control in rainfed bread wheat (*Triticum aestivum* L.) in Ardabil. *Iranian Journal of* Crop *Science, 17*(3), 179-192. (In Persian with English abstract)

8- Ebrahimpour, F., Chaab, A., Mousavi, H., & Musaviyan, N. (2011). Evaluation of management efficiency of Total@ dual-purpose herbicide and mixed Granstar@ and axial herbicides at different growth stages of wheat. *Electronic Journal of Crop Production, 4*(2), 17-30.

9- Ghanbari, D., Karamineja, M.R., Farzadi, H., & Baghestani, A.M. (2015). Evaluation of the efficiency of metribuzin (WP 70%) in the control of weeds of wheat, *Triticum aestivum* L. field, *Pesticides in Plan Protection Sciences, 3*(1), 13-26. https://doi.org/10.22092/jppps.2016.106

10- Goggin, D.E., Powles, S.B., & Steadman, K.J. **(**2012). Understanding *Lolium rigidum* seeds: the key to managing a problem weed. *Agronomy, 2*, 222-239. https://doi.org/10.3390/agronomy2030222

11- Heap, I. (2022). *The international survey of herbicide resistant weeds*. Information website: http://weedscience.com/Home.aspx Accessed on 25/04/2022

12- Javaid, M.M., Mahmood, A., Bhatti, N.M.I., Waheed, H., Attia, K., Aziz, A., Nadeem, M.A., Khan, N., Al-Doss, A.A., Fiaz, S., & Wang, X. (2022). Efficacy of metribuzin doses on physiological, growth, and yield characteristics of wheat and its associated weeds, *Frontiers in Plant Science (Crop and Product Physiology), 13*, 1-11. https://doi.org/10.3389/fpls.2022.866793

13- Khan, N., Hassan, G., Marwat, K.B., & Khan, M.A. (2003). Efficacy of different herbicides for controlling weeds in wheat crop at different times of application- II. *Asian Journal of Plant Sciences, 2*(3), 310-313.

14- Kumar, M., Kishore, R., Kumar, S., & Bisht, S. (2018). Efficacy of different post-emergence herbicides application alone and in combination in wheat. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, SP1, 1668-1670.

15- Lemerle, D., Leys, A.R., Hinkley, R.B., Fisher, J.A., & Cullis, B. (1985). Tolerance of wheat varieties to post-emergence wild oat herbicides. *Australian Journal of Experimental Agriculture, 25*, 677-682.

16- Mamnoie, E., & Karaminejad, M.R. (2020). Evaluation time and rate application of prosulfocarb herbicide in the weed control of wheat in South Kerman. *Journal of Crop Production, 13*, 51–66. https://doi.org/10.22069/EJCP.2020.17165.2269

17- Mamnoie, E., Karaminejad, M., Aliverdi, A., & Minbashi, M.M. (2022). Application efficacy of newly released pre-mixed herbicide in winter wheat: Joystick®. *Agronoomia | Estonian Journal of Agricultural Science*, 1(XXXIII): 123-118. https://doi.org/10.15159/jas.22.13

18- Minbashi, M.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. https://doi.org/10.22067/JPP.2022.74981.1074

19- Nanher, A.H., & Singh, R. (2015). Effects of weed control treatments on wheat crop and associated weeds. *Advance Research Journal of Crop Improvement, 6*(2), 158-165.

20- Punia, S.S., Yadav, D.B., Kaur, M., & Sindhu, V.K. (2017). Post-emergence herbicides for the control of resistant littleseed canarygrass in wheat. *Indian Journal of Weed Science, 49*(1), 15–19.

21- Singh, S., Singh, S.S. Sharma, D., Punia, S.S., & Singh, H. (2005). Performance of tank mixture of metribuzin with clodinafop and fenoxaprop for the control of mixed weed flora in wheat. *Indian Journal of Weed Science, 37*, 9-12.

22- Somani, L.I. (1992). *Dictionary of weed science*. Agronomy Publishing Academy (India). 256 pp.

23- Stone, M.J., Cralle, H.T., Chandler, J.M. Miller, T.D. Bovey, R.W., & Carson, K.H. (1998). Above- and below ground interference of wheat by Italian ryegrass. *Weed Science, 46*, 438–441.

24- Solhjou, A., & Javadi, A. (2013). The effect of tillage and planting methods in raised bed planting system on irrigated wheat yield. *Agronomy Journal (Pajouhesh & Sazandegi), 110*, 68-74. https://doi.org/10.22092/aj.2016.109331

25- Veisi, M., Baghestani, M.A., & Minbashi, M.M. (2018). Study of tank mix application of dual propose and broad leaf herbicides for weed control in wheat fields. *Iranian Journal of Field Crop Science, 49*(2), 171-183.

26- Zadoks, J.C., Chang, T.T., & Konzak, C.F. (1974). A decimal code for the growth stages of cereals. *Weed Research, 14*, 415-421.

27- Zalghi, Z., & Saeedipor, S. (2017). Study the efficiency of Atlantis[@] and its mixture with Duplosan Super an Bromicide[@] MA herbicides for weeds controlling of wheat. *Journal of* Plant *Ecophysiology, 9*(21), 165-173.

28- Zand, E., Baghestani, M.A., Nezamabadi, N., & Mousavi, S.K. (2019). *A guide for herbicides in Iran*. University Press Center, 143pp. (In Persian)

29- Zare, A., Miri, H.R., & Jafari, B. (2014). Effect of plant density and reduced dosages of iodosulfuron + mesosulfuron (Atlantis) on integrated weed management in wheat. *Journal of Plant Ecophysiology, 6*, 38–93. https://doi.org/20.1001.1.20085958.1393.6.16.4.9

Journal of Iranian Plant Protection Research

https://jpp.um.ac.ir

Research Article
Vol. 38, No. 1, 2024, p. 93-103

Effect of Burial Depth, Duration and Temperature Storage of Rhizomes of *Elymus repens* (L.) Gould on their Survival and Growth

T. Esmailzadeh Kanani[1*], H. Mohammaddoust Chamanabad[2], S.M. Mozafari[3]

1, 2 and 3- M.A Student, Professor and Ph.D. Student of Department of Plant Production Engineering and Genetics, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran, respectively.
(*- Corresponding Author Email: ta2631ka@gmail.com)

Received: 28-10-2023
Revised: 10-12-2023
Accepted: 08-01-2024
Available Online: 09-06-2024

How to cite this article:
Esmailzadeh Kanani, T., Mohammaddoust Chamanabad, H., & Mozafari, S.M. (2024). Effect of burial depth, duration and temperature storage of rhizomes of *Elymus repens* (L.) Gould on their survival and growth. *Journal of Iranian Plant Protection Research*, *38*(1), 93-103. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22067/jpp.2024.84932.1163

Introduction

Elymus repens (L.) Gould, is a perennial, three-carbon, rhizomatous and morphologically diverse weed, with highly competitive and allelopathic ability which is considered a problematic weed in many crop lands. Plant growth is done through seed or rhizome germination, but due to the reserves in the rhizomes of this plant, the growth of seedlings from rhizomes is faster than the seedlings from seeds. The rhizomes of this plant are the main factor of reproduction. The seeds of this plant germinate in autumn or spring. At the 3 to 4 leaf stage, the plant begins to shoot and produce a new rhizome. By the end of May, a new plant is formed. Each shoot can produce 2 to 3 new rhizomes, allowing each plant to produce up to 50 rhizomes in one season. The propagation of this plant is done when these organs are placed at a depth of 2.5 to 8 cm in the soil and the rhizomes that are placed on the surface of the soil produce a small number of stems. The ability of double reproduction of perennial weeds, including *Agropyron repens*, has made their management and control difficult, and their successful management is almost impossible without knowledge of their biology and how they grow and reproduce. Today, weed science researchers have come to the conclusion that in order to increase the effectiveness of weed control techniques, they must be aware of their strengths and weaknesses, so that they can avoid providing strong points to the plant and hitting the Weaknesses should prevail over it, and this issue is more important in the case of perennial weeds. Studies conducted on other species of rhizomatous weeds show that the emergence of a branch from a piece of rhizome strongly depends on the size of the rhizome and the depth of the rhizome burial. Normally, deep burial of short rhizome fragments is expected to reduce stem emergence. Apart from these two elements, external factors such as ambient temperature can also affect the growth of new branches from rhizomes. An increase in temperature has a significant effect on the deterioration of the rhizomes of perennial weeds, and the high temperature and the duration of exposure of the rhizomes to high temperatures are the main factors in reducing their population in the soil.

Materials and Methods

In order to investigate effect of duration, temperature storage and depth of burial of vegetative means of *Agropyron repens* L. on its survival and growth, two separate experiments were conducted in the weed science laboratory of Faculty of Agriculture and Natural Resources of Mohaghegh Ardabili University in 2021. In the first

©2024 The author(s). This is an open access article distributed under Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0), which permits use, sharing, adaptation, distribution and reproduction in any medium or format, as long as you give appropriate credit to the original author(s) and the source.
https://doi.org/10.22067/jpp.2024.84932.1163

experiment, effect of duration and temperature storage on survival of vegetative means was carried out as factorially based on a completely randomized design with three replications. Treatments included length of rhizome (3, 6 and 12 cm), temperature storage (10, 20 and 40 ºC) and duration storage (7, 14 and 30 days). In second experiment, effect of burial depth on survival of rhizomes was done factorially based on a completely randomized design with three replications. In this experiment, the treatments included the length of rhizomes (3, 6 and 12 cm) and their burial depth (5, 10 and 20 cm).

Results and Discussion

Results showed that with increasing temperature and duration storage, number of new formed rhizomes and their survival reduced, so that no new rhizomes were produced when rhizomes of the plant were kept at 40 ºC. Even 14 and 30 days of exposure of the rhizomes at 20 ºC reduced production of new rhizomes by 50 and 95%, respectively, compared to 7 days. Results also showed that even rhizomes with 12 cm long could not survive at 40 ºC for 7 days. At lower temperatures (10 and 20°C), the chances of survival and the strength of rhizomes increased as their size increased, resulting in the production of more and longer rhizomes. Additionally, at these lower storage temperatures, smaller rhizomes (3 cm) exhibited weaker growth ability, and the dry weight of seedlings obtained from them was significantly lower than that of seedlings obtained from larger rhizomes (12 cm).The results showed that to increase in burial depth, the number of *Agropyron repens* seedlings that appeared decreased.

Conclusion

The results of this experiment showed that by keeping the plant's rhizomes at high temperature and small size or by burying them, the chance of regrowth of the rhizomes is significantly reduced and it accelerates their deterioration. Therefore, any agricultural operation, including tillage in hot seasons or deep plowing, which causes the burial of the rhizomes of perennial weeds, can play an important role in their control.

Keywords: Vegetative propagation, Weed survival, Weed management

نشریه پژوهش‌های حفاظت گیاهان ایران
https://jpp.um.ac.ir

مقاله پژوهشی
جلد ۳۸ شماره ۱، بهار ۱۴۰۳، ص. ۱۰۳-۹۳

تأثیر عمق دفن، مدت و دمای نگهداری ریزوم‌های بیدگیاه (*Elymus repens* (L.) Gould.) بر بقا و رشد آنها

طاهره اسمعیل زاده کنعانی[1*]- حمیدرضا محمددوست چمن‌آباد[2]- سیده مریم مظفری[3]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۸/۰۶
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۰/۱۸

چکیده

اندام‌های ذخیره‌ای و تکثیر شونده زیرزمینی در بسیاری از گونه‌های علف هرز چندساله مزیت‌های رقابتی قابل‌توجهی به آنها می‌دهد که احتمال تبدیل شدن به علف‌های هرز موفق یا مهاجم را افزایش می‌دهد. بنابراین، برای توسعه روش‌های کنترل کارآمد در برابر این گونه علف‌های هرز، لازم است شناخت و آگاهی کافی از خصوصیات آنها داشته باشیم. به‌منظور بررسی تأثیر عمق دفن، مدت و دمای نگهداری ریزم‌های بیدگیاه بر بقا و خصوصیات جوانه‌زنی آنها دو آزمایش جداگانه در سال ۱۴۰۰ در آزمایشگاه علوم علف‌های هرز دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه محقق اردبیلی انجام شد. در آزمایش اول تأثیر مدت و دمای نگهداری بر بقای ریزوم بیدگیاه به‌صورت فاکتوریل بر پایه طرح کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل طول ریزوم (۳، ۶ و ۱۲ سانتی‌متر)، دمای نگهداری (۱۰، ۲۰ و ۴۰ درجه مثبت) و مدت زمان نگهداری در هر دما (۷، ۱۴ و ۳۰ روز) بود. در آزمایش دوم تأثیر عمق دفن بر بقای اندام های رویشی بیدگیاه به‌صورت فاکتوریل بر پایه طرح کامل تصادفی با سه تکرار انجام گرفت. در این آزمایش تیمارها شامل طول ریزوم (۳، ۶ و ۱۲ سانتی‌متر) و عمق دفن آنها (۵، ۱۰ و ۲۰ سانتی‌متر) بود. نتایج نشان داد که اثر مدت و دمای نگهداری بر بقای ریزوم‌های بیدگیاه، تعداد گیاهچه ظاهر شده، وزن خشک، تعداد ریزوم‌های جدید و طول آنها معنی‌دار بود. با افزایش دمای نگهداری سرعت زوال ریزوم‌ها بطور چشمگیری افزایش یافت و هرچه اندازه ریزوم کوچک‌تر بود تأثیر افزایش دما بر زوال آن بیشتر بود. به‌طوری‌که قرار دادن ریزوم‌ها در معرض دماهای بالا (۴۰ درجه سانتی‌گراد) در هر سه مدت نگهداری (۷، ۱۴ و ۳۰ روز) منجر به از بین رفتن کامل آنها شد. تعداد گیاهچه ظاهر شده، وزن تر، تعداد و طول ریزوم‌های جدید تحت تأثیر طول ریزوم و عمق دفن قرار گرفت. صرف نظر از اندازه ریزوم، افزایش عمق دفن همه صفات مورد مطالعه را تا ۸۵ درصد کاهش داد. افزایش عمق دفن، بقای ریزوم بیدگیاه را تحت تأثیر قرار داد و اندام‌هایی که کوچک بودند شانس کمتری برای ظهور در اعماق پایین‌تر را داشتند.

واژه‌های کلیدی: بقاء علف‌های هرز، تکثیر رویشی، مدیریت علف‌های هرز

مقدمه

بیدگیاه با نام علمی *Elymus repens*(L.) Gould یک علف‌هرز چند ساله، سه کربنه، ریزوماتوز و متنوع از نظر مورفولوژیکی، با توانایی رقابتی و آللوپاتیک بالا است (Palmer & Sagar, 1963) که در بسیاری از گیاهان زراعی یک علف هرز مشکل ساز محسوب می شود (Ringselle *et al*., 2020). رویش بیدگیاه از طریق جوانه‌زنی بذر یا ریزوم انجام می‌شود، اما با توجه به ذخایر موجود در ریزوم‌های این گیاه، رشد گیاهچه‌های حاصل از ریزوم نسبت به گیاهچه‌های حاصل از بذر سریعتر است. این گیاه در مرحله ۳ تا ۴ برگی شروع به پنجه‌زنی و تولید ریزوم جدید می کند و تا اواخر اردیبهشت گیاه جدید حاصل می‌شود (Najafi *et al*., 2018). ریزوم‌های بیدگیاه فاقد خواب ذاتی هستند و در طول سال بطور متوالی قادر به رشد مجدد و تولید گیاهان جدید است، مگر عوامل نامساعد محیطی، مثل دمای

۱، ۲ و ۳- دانشجوی کارشناسی ارشد، استاد و دانشجوی دکتری گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران
(*- نویسنده مسئول: Email: ta2631ka@gmail.com)
https://doi.org/10.22067/jpp.2024.84932.1163

پایین، خشکی و یا نور کم مانع رشد آنها شود (Ringselle *et al.*, 2017). تکثیر این گیاه زمانی انجام می‌شود که این اندام‌ها در عمق ۲/۵ تا ۸ سانتی‌متری خاک قرار گیرند و ریزوم‌هایی که در سطح خاک قرار می‌گیرند، تعداد کمی ساقه تولید می‌کنند (Karimi, 2006). توانایی تکثیر دوگانه علف‌های هرز چندساله از جمله بیدگیاه مدیریت و کنترل آنها را مشکل کرده است و مدیریت موفق آنها بدون شناخت و آگاهی از بیولوژی و چگونگی رشد و تکثیر آنها تقریبا غیرممکن است. تکثیر رویشی این توانایی را به آنها می‌دهد تا سریعتر رشد و نمو کنند و به سرعت سطح زیادی را آلوده نمایند. ریزوم‌ها دارای جوانه‌های رویشی با مریستم‌هایی در چندین مرحله رشد و نمو هستند که دارای ظرفیتی هستند که به‌عنوان مخزن برای رشد رویشی بالقوه عمل می‌کنند و همه به‌طور همزمان رشد نمی‌کنند و این موضوع یکی از چالش‌های مهمی است که هنگام مدیریت علف‌های هرز با ریزوم‌های زیرزمینی باید با آن مقابله کرد (Ringselle *et al.*, 2017; Lemieux *et al.*, 1993; Anderson *et al.*, 2010). یکی دیگر از دلایل ماندگاری ریزوم‌ها توانایی آنها در ذخیره ذخایر مواد مغذی است که آنها را قادر می‌سازد دوره‌های طولانی خواب را تحمل کنند و از تنفس و تشکیل شاخه‌ها و ریشه‌های جدید در مراحل اولیه اتوتروف حمایت کنند (Brandsæter *et al.*, 2010). مقدار کل کربوهیدرات‌های غیرساختاری موجود در ریزوم برای رشد اندام‌های جدید مهم است و با پتانسیل جوانه‌زنی و رشد مجدد گیاه ارتباط زیادی دارد (Chicouene, 2007 Hakansson, 1969;). بنابراین، هدف قرار دادن ریزوم‌ها، یا از طریق کشتن آنها یا متوقف کردن رشد مجدد آنها، یک گام مهم در مدیریت علف‌های هرز چندساله است.

کنترل مکانیکی بخش مهمی از سیستم مدیریت تلفیقی علف‌های هرز برای کاهش اتکا به علف‌کش‌ها را تشکیل می‌دهد که منجر به تکه‌تکه شدن ریزوم‌ها، دفن آنها و یا تکه‌تکه و دفن می‌شود. به‌طور معمول، شخم به‌طور مکانیکی ریزوم‌ها را به قطعات کوچک خرد می‌کند، که در حالت ایده‌آل غالبیت انتهایی را شکسته و تعدادی از جوانه‌های خفته را بیدار می‌کند تا به شاخه‌های جدید تبدیل شوند و در نتیجه گسترش علف‌های هرز چندساله را افزایش می‌دهد (Mohammaddoust Chamanabad, 2011). باززایی از ریزوم‌های مدفون شده و قطعات آنها پدیده مهمی است که به افزایش سریع جمعیت علف‌های هرز ریزوماتوز مانند بیدگیاه کمک می‌کند و درک تأثیر عمق دفن و اندازه قطعات بر روی زادآوری از ریزوم‌ها را به یک مسئله مهم کنترل تبدیل می‌کند. مطالعات انجام شده بر روی سایر گونه‌های علف‌های هرز ریزوماتوز نشان می‌دهد که ظهور شاخه از یک قطعه ریزوم به شدت به اندازه ریزوم و عمق دفن ریزوم بستگی دارد (Lotjonen, 2016; Carrere *et al.*, 2010). به‌طور معمول، انتظار می‌رود که دفن عمیق قطعات ریزوم کوتاه، ظهور ساقه را کاهش دهد. جدای از این دو عنصر، عوامل خارجی از جمله دمای محیط نیز می‌تواند بر رویش شاخه‌های جدید از ریزوم‌ها تأثیر بگذارد (Rao, 2000).

افزایش دما تأثیر چشمگیری بر زوال اندام‌های رویشی علف‌های هرز چندساله دارد و دمای زیاد و مدت زمان قرارگرفتن در معرض دماهای بالا، عوامل اصلی کاهش جمعیت آنها در خاک است (Rao, 2000, McGovern & Pullman *et al.*, 1981, McSorley, 2002). رائو بیان داشت اندام‌های قیاق چنانچه به‌مدت ۲ تا ۳ روز در معرض دماهای ۵۰ تا ۶۰ درجهٔ سانتی‌گراد قرار گیرند از بین می‌رود (Rao, 2000). موهورتر برای گیاه قیاق گزارش کرد قرارگیری ریزوم‌ها در سطح خاک به‌مدت سه روز در درجه حرارت ۴۵ درجه سانتی‌گراد برای همه جوانه‌ها کشنده بود، حال آنکه کاهش مدت قرارگیری به دو روز، تقریبا تأثیری بر زوال جوانه‌ها نداشت (Mowhorter, 1972). بنابراین، عامل از بین بردن اندام رویشی علف‌های هرز تنها دمای حداکثر نیست و مدت زمان قرارگیری در دمای بالا نیز حائز اهمیت است (McGovern & McSorley, 2002). راشدمحصل و همکاران (Rashed Mohassel *et al.*, 2000) گزارش کردند کاهش قدرت رویش ریزوم‌های پنجه‌مرغی تابع طول مدت‌زمانی است که ریزوم‌ها در معرض آفتاب قرار می‌گیرند، به‌طوری‌که چنانچه این ریزوم‌ها به‌مدت یک هفته در معرض تابش خورشید و یا هوای خشک قرار گیرند، ۹۰ درصد جوانه‌های رویشی خود را از دست می‌دهند. اومزین و همکاران (Omezine *et al.*, 2011) بیان داشتند که از سرگیری و ظهور قطعات ریزوم مرغ به اندازه، دما و عمق کاشت بستگی داشته و قطعات ریزوم کوتاه و عمیق قادر به ظهور نیستند و رابطه معکوسی می‌تواند بین طول قطعات ریزوم و از سرگیری جوانه ایجاد شود. در آزمایشی مشاهده شد که غده‌های اویارسلام زرد با وزن متوسط ۱۲۰ میلی‌گرم مدفون‌شده در عمق ۲۰/۳ سانتی‌متر، ۶۷ درصد بیش از غده‌های با وزن متوسط ۵۰ میلی‌گرم شاخساره تولید کردند (Stoller & Wax, 1973). چادها و همکاران (Chadha *et al.*, 2022) گزارش کردند که تعداد ساقه ظاهر شده در اویارسلام همبستگی مثبت با اندازه اولیه ریزوم و همبستگی منفی با عمق دفن آنها داشت. طبق گزارش لیمیوکس و همکاران (Lemieux *et al.*, 1993) تقریباً ۹۰ درصد جوانه‌های زنده گیاه مرغ در ده سانتی‌متری سطحی خاک قرار داشتند. بنابراین، هر گونه عملیات مدیریتی که بتواند ریزوم‌ها بیدگیاه را در عمق پایین‌تر دفن کند و یا آنها را ریزتر نماید می‌تواند نقش مهمی بر زوال آن‌ها داشته باشد. ویرینگ (Wearingen, 2004) گزارش نمود که دفن عمیق غده‌های ریشه‌ای فیکاریا (*Ranuculus ficaria*) حداقل برای دو سال باعث کاهش جمعیت آن می‌شود. لذا با توجه به اهمیت شناخت دقیق بیولوژی و توانایی تکثیر رویشی علف هرز در رفع پیچیدگی مربوط به مدیریت، این پژوهش به‌منظور بررسی تأثیر اندازه، عمق دفن، مدت و دمای نگهداری ریزوم‌های بیدگیاه بر رشد مجدد و

بقای آنها انجام شد.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی تأثیر عمق دفن، مدت و دمای نگهداری ریزوم های بیدگیاه بر بقا و خصوصیات جوانه‌زنی آن دو آزمایش جداگانه در سال ۱۴۰۰ در آزمایشگاه علوم علف‌های هرز دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه محقق اردبیلی با مختصات جغرافیایی ۳۸ درجه و ۱۵ دقیقه عرض شمالی و ۴۸ درجه و ۱۵ دقیقه طول شرقی انجام شد. در آزمایش اول تأثیر مدت و دمای نگهداری بر بقای ریزوم بیدگیاه به‌صورت فاکتوریل بر پایه طرح کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل طول ریزوم (۳ ،۶ و ۱۲ سانتی‌متر)، دمای نگهداری (۱۰، ۲۰ و ۴۰ درجه مثبت) و مدت زمان نگهداری در هر دما (۷، ۱۴ و ۳۰ روز) بود. در آزمایش دوم تأثیر عمق دفن بر بقای ریزوم‌ها بیدگیاه به‌صورت فاکتوریل بر پایه طرح کامل تصادفی با سه تکرار انجام گرفت. در این آزمایش تیمارها شامل طول ریزوم (۳، ۶ و ۱۲ سانتی‌متر) و عمق دفن ریزوم (۵، ۱۰ و ۲۰ سانتی‌متر) مورد بررسی قرار گرفت. ریزوم‌ها از مزارع اطراف از بوته‌هایی که در مرحله رسیدگی بودند (تیر ماه) جمع‌آوری و به آزمایشگاه منتقل شدند. نمونه‌های جمع‌آوری‌شده به قطعات ۳، ۶ و ۱۲ سانتی‌متر تقسیم و هر یک از قطعات در دماهای موردنظر به‌مدت لازم در داخل پاکت در انکوباتور نگهداری شد. هر یک از اندام‌ها پس از گذشت مدت زمان لازم برای نگهداری در گلدان‌هایی به وزن ۴۶/۵ گرم که با خاک زراعی پر شده بود در عمق یکسان کشت شدند. تعداد گیاهچه‌های ظاهرشده، وزن خشک، تعداد ریزوم‌های تولیدی (با شمارش تعداد ریزوم جدید تولیدی) و طول ریزوم، ۹۰ روز پس از کاشت در هر گلدان اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری وزن خشک ابتدا بوته‌های هر واحد نمونه‌برداری را بطور کامل از سطح خاک گلدان برداشت و جداگانه در پاکت مقوایی به‌مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد در آون خشک و توسط ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۱ گرم وزن شد.

در آزمایش تأثیر عمق دفن، اندام‌ها در عمق‌های ۵، ۱۰ و ۲۰ سانتی‌متر در گلدان‌های مشابه آزمایش اول کشت شد. تعداد گیاهچه های ظاهرشده، وزن تر، تعداد ریزوم‌های تولیدی (با شمارش تعداد ریزوم جدید تولیدی) و طول ریزوم، ۹۰ روز پس از کاشت در هر گلدان اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری وزن تر ابتدا بوته هر واحد نمونه‌برداری بطور کامل از سطح خاک گلدان برداشت و بعد از خاک‌شویی توسط ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۱ گرم توزین شد.

تجزیه آماری داده‌ها به‌وسیله نرم‌افزار SPSS و مقایسه میانگین‌ها براساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد و یک درصد انجام شد. نمودارها با نرم‌افزار Excel رسم شد.

جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس تأثیر طول ریزوم، مدت و دمای نگهداری بر بقای ریزوم‌ها بیدگیاه

Table 1-The analysis of variance of the effect of length of rhizome, duration and temperature on the survival of rhizoms of *Elymus repens* (L.) Gould

منابع تغییر S.O.V	درجهٔ آزادی df	میانگین مربعات (MS)			
		تعدادگیاهچه Number of plants	وزن خشک Dry weight	تعداد ریزوم Number of rhizomes	طول ریزوم Rhizome length
طول ریزوم Rhizom length	2	3.370**	0.475**	0.457*	193.651**
دمای نگهداری (storage temperature)(B)	2	18.815**	0.747**	5.198**	252.596**
مدت نگهداری (Storage period)(C)	2	7.148**	0.507**	0.938*	180.425**
طول ریزوم×دما (Rhizom length)*(temperature)(A.B)	4	1.519ns	0.127**	0.179*	69.176**
طول ریزوم×مدت نگهداری (Rhizom length)*(Storage period)(A.C)	4	0.574ns	0.111**	0.086ns	19.410ns
دما×مدت نگهداری (Temperature)*(Storage period)(B.C)	4	1.907*	0.152**	0.383*	46.147*
طول ریزوم×دما×مدت نگهداری(Rhizom length)*(temperature)*(Storage period)(A.B.C)	8	0.444*	0.038**	0.309**	19.387ns
خطا (Error)	54	0.383	0.001	0.148	10.417
ضریب تغییرات (cv%)		5.91	8.70	3.94	16.4

ns، ** و * به‌ترتیب عدم معنی‌داری، معنی‌داری در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد.

ns, ** and *: non-significant, significant at $p\leq0.01$ and $p\leq0.05$, respectively.

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس تأثیر طول ریزوم و عمق دفن بر بقای ریزوم‌ها بیدگیاه

Table 2- The analysis of variance of the effect of rhizome length and burial depth on the survival of rhizomes of *Elymus repens* (L.) Gould

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات (MS)			
		تعداد گیاهچه number of plants	وزن‌تر fresh weight	تعداد ریزوم Number of rhizomes	طول ریزوم Rhizome length
طول ریزوم (organ length) (A)	2	14.111**	36.877 **	1.444 ns	26.120 ns
عمق دفن (Burial depth) (B)	2	133.000 **	461.795 **	37.333*	578.676 **
طول ریزوم * عمق دفن (Burial depth)*(organ length) (A.B)	4	1.611 *	64.693 **	1.444*	56.801 *
خطا(error)	18	0.333	0/004	0.259	16.991
ضریب تغییرات(cv./)		35.3	65.8	21.9	35.8

ns، ** و * به‌ترتیب عدم معنی‌داری، معنی‌داری در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد.

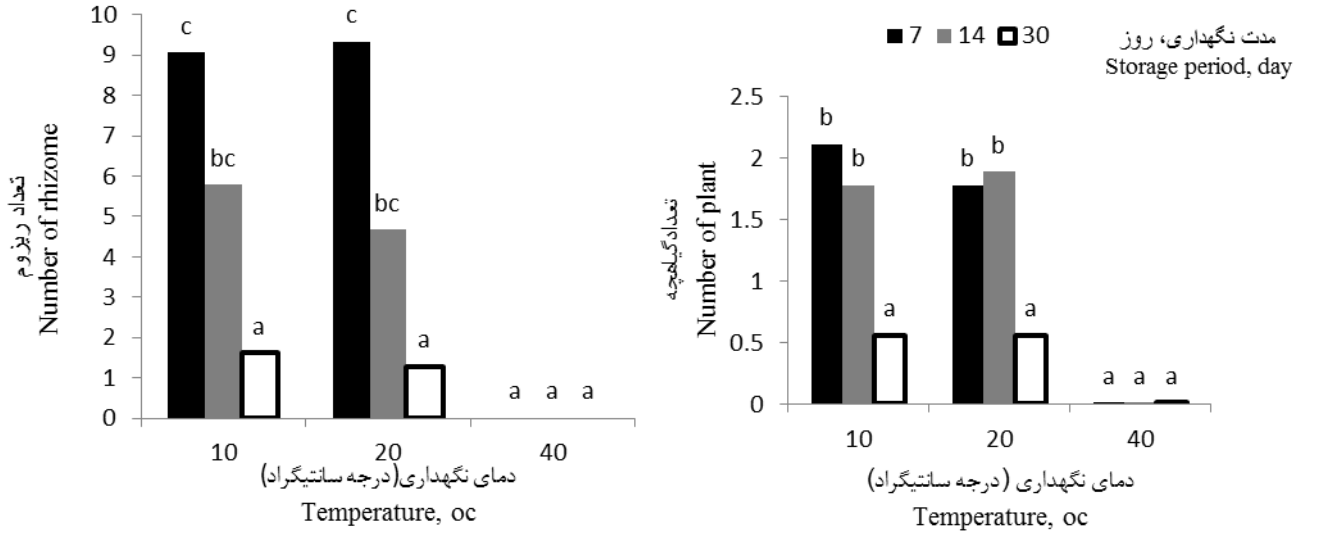
ns, ** and *: non-significant, significant at p≤0.01 and p≤0.05, respectively.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تأثیر فاکتورهای مورد مطالعه و بسیاری از اثرات متقابل آنها بر صفات مورد مطالعه بیدگیاه معنی‌دار بود (جدول ۱ و ۲). چادها و همکاران (Chadha *et al*., 2022) نیز گزارش کردند که اندازه قطعات، عمق دفن و اثرات متقابل آنها تأثیر بسیار معنی‌داری روی تعداد گیاهچه جدید تولید شده در گونه‌ی اویارسلام *Cyperus aromaticus* داشت.

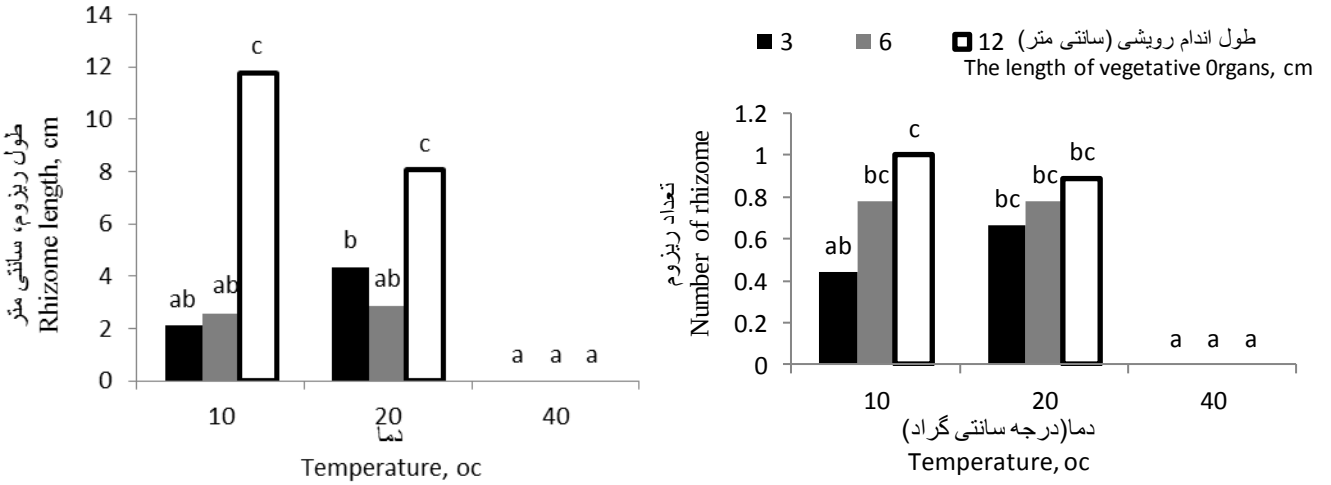
تأثیر طول ریزوم، مدت و زمان نگهداری بر صفات بیولوژیکی بید گیاه

نتایج نشان داد که با افزایش دما و طول مدت نگهداری، تعداد ریزوم‌های جدید تشکیل‌شده در بیدگیاه بطور معنی‌داری کاهش یافت. به‌عبارتی افزایش دما و طول دوره نگهداری بقای ریزوم‌های بیدگیاه را کاهش داد، به‌طوری‌که هنگام نگهداری ریزوم‌ها در دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد هیچ ریزوم جدیدی تشکیل نشد. حتی ۱۴ و ۳۰ روز قرارگیری ریزوم‌های بیدگیاه در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد نیز تولید ریزوم جدید را در مقایسه با ۷ روز به‌ترتیب ۵۰ و ۹۵ درصد کاهش داد (شکل ۱). نتایج نشان داد که حتی ریزوم‌هایی به طول ۱۲ سانتی‌متر نتوانستند بقا خود را در دمای ۴۰ درجه بمدت ۷ روز حفظ کنند. در دماهای پایین‌تر (۱۰ و ۲۰ درجه سانتی‌گراد) با افزایش اندازه ریزم شانس و قدرت بقا آن‌ها افزایش یافت و تعداد ریزوم جدید بیشتر و طویل‌تری تولید کردند (شکل ۲). بطوری‌که هنگام نگهداری ریزوم‌ها بیدگیاه در دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد، تعداد ریزوم جدید تولید شده و طول آنها در اندام‌های ۱۲ سانتی‌متری به‌ترتیب ۲/۵ و ۶ برابر بیش از اندام‌های ۳ سانتی‌متری بود. رائو بیان داشت اندام‌های قیاق چنانچه به‌مدت ۲ تا ۳ روز در معرض دماهای ۵۰ تا ۶۰ درجهٔ سانتی‌گراد قرار گیرند از بین می‌رود. او گزارش کرد درمجموع ریزوم‌های قیاق نه قادر به تحمل یخبندان و نه قادر به تحمل حرارت بالا توأم با خشکی می‌باشد (Rao, 2000). همچنین، روبین و بنجامین (Rubin & Benjamin, 1984) گزارش کردند که وقتی غده‌های اویارسلام ارغوانی در معرض دمای بالای ۶۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند قابلیت زیست‌پذیری آن‌ها کاهش یافت.



شکل۱- تاثیر مدت و دمای نگهداری بر تعداد گیاهچه (راست) و ریزوم جدید (چپ) بیدگیاه

Figure 1- The effect of storage time and temperature on the number of seedlings (right) and number of new rhizomes (left) in *Elymus repens* (L.) Gould.

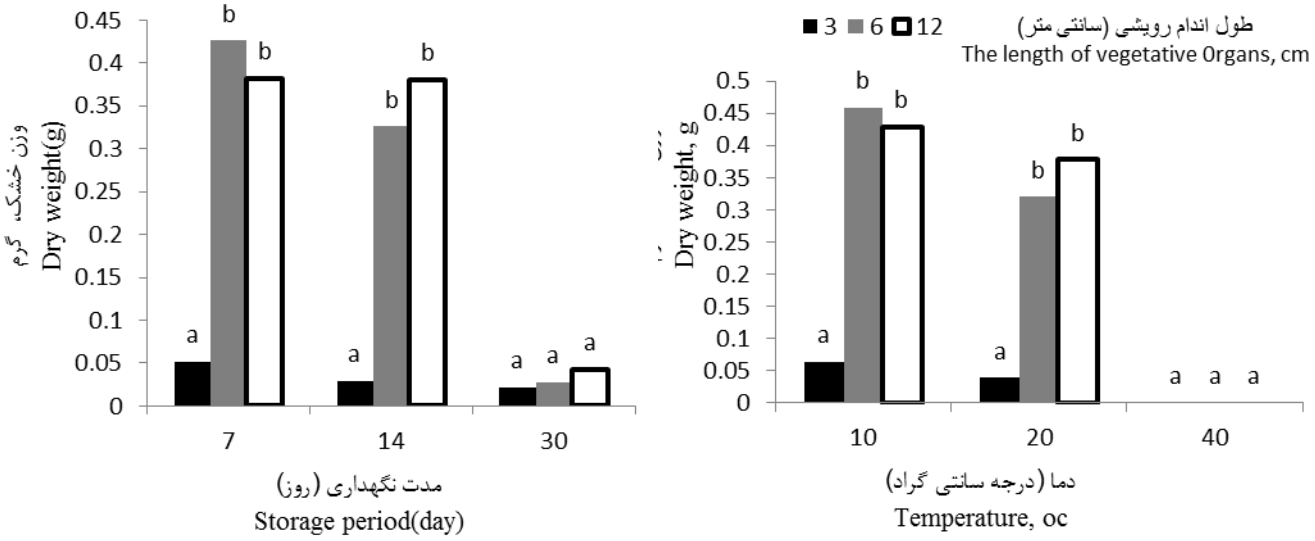


شکل ۲- تأثیر طول ریزوم و دمای نگهداری بر تعداد (راست) و طول (چپ) ریزوم جدید بیدگیاه

Figure 2- The effect of rhizome length and temperature on the number (right) and length (left) of new rhizomes of *Elymus repens* (L.) Gould

وزن خشک گیاهان ظاهرشده بیدگیاه نیز تحت تأثیر فاکتورهای موردمطالعه و اثرات متقابل آن‌ها قرار گرفت (جدول ۱). در دمای نگهداری ۴۰ درجه سانتی‌گراد هیچ‌یک از اندام‌های کوچک و بزرگ قدرت حیات و توانایی تولید گیاهچه جدید را نداشتند. همچنین، در دماهای نگهداری پایین‌تر (۱۰ و ۲۰ درجه سانتی‌گراد) اندام‌های کوچک‌تر (۳ سانتی‌متری) توانایی رشد ضعیف‌تری داشتند و وزن خشک گیاهچه حاصل از آن‌ها به‌طور چشمگیری کمتر از وزن خشک گیاهچه‌های حاصل از اندام‌های بزرگ (۱۲ سانتی‌متر) بود (شکل ۳). علاوه بر طول ریزوم و دمای نگهداری، مدت نگهداری در هر یک از دماها نیز تأثیر معنی‌داری بر وزن خشک گیاهچه‌های جدید داشت (جدول ۱). نتایج نشان داد که قطعات رویشی کوچک‌تر وقتی برای ۷ روز نگهداری شدند وزن خشک گیاه جدید تشکیل شده آن نسبت به

اندام بزرگتر به‌طور چشمگیر کاهش یافت (شکل ۳). مک‌گاورن و مک‌سورلی گزارش کردند عامل اصلی از بین بردن ریزوم علف‌های هرز تنها دمای حداکثر نیست و مدت زمان قراگیری در دمای بالا نیز حائز اهمیت است (McGovern & McSorley, 2002).



شکل ۳- تأثیر طول ریزوم، مدت و دمای نگهداری بر وزن خشک بیدگیاه

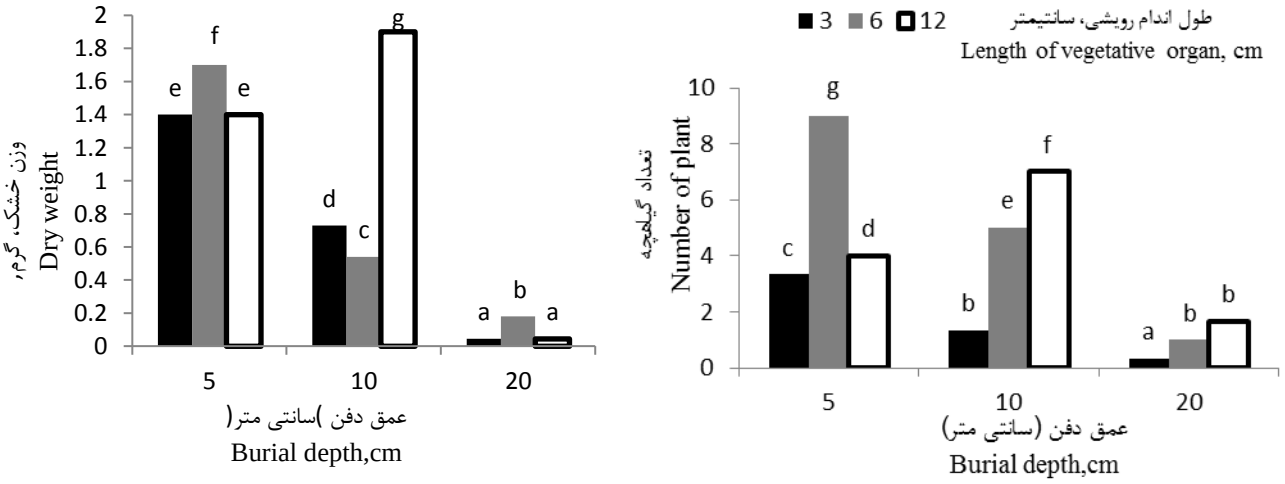
Figure 3- The effect of rhizom length, storage period and storage temperature on the dry weight of *Elymus repens* (L.) Gould

تأثیر عمق دفن و طول ریزوم بر صفات بیولوژیکی بیدگیاه

نتایج نشان داد که با افزایش عمق دفن تعداد گیاهچه ظاهرشده بیدگیاه کاهش یافت و هرچه ریزوم کوچک‌تر بود شانس کمتری برای ظهور به‌ویژه در اعماق پایین‌تر داشت. به‌طوری‌که، هنگام دفن ریزوم در عمق ۲۰ سانتی‌متر اندام‌های با اندازه ۳ سانتی‌متر نسبت به اندام های با اندازه ۶ و ۱۲ سانتی‌متر به‌ترتیب ۱۰ و ۵۰ درصد تعداد گیاهچه کمتری تولید کرد. بیشترین گیاهچه ظاهرشده بیدگیاه در عمق ۵ سانتی‌متری با طول ریزوم (۶ سانتی‌متر) مشاهده شد (شکل ۴). اندام‌های کوچکتر ممکن است به‌دلیل تعداد جوانه و ذخیره غذایی کمتری که دارند توانایی تولید گیاهچه کمتری داشته باشند. چادها و همکاران (Chadha *et al.*, 2022) روی گونه‌ای اویارسلام نیز مشاهده کردند که تعداد گیاهچه جدید ظاهرشده از ریزوم‌های بزرگ بطورمعنی‌داری بیشتر از ریزوم‌های کوچک‌تر بود. وینگریس (Vengris, 1962) طی تحقیقاتی در خصوص گیاه مرغ بیان داشت که تاثیر طول ریزوم بر جوانه‌زنی جوانه‌ها برای مدیریت و کنترل این قبیل علف‌های هرز اهمیت دارد، او گزارش کرد طول ریزوم آشکارا تحت تأثیر نوع و شدت خاک‌ورزی قرار می‌گیرد، برای تشریح این تأثیرات باید به این حقیقت تکیه کرد که با کاهش طول ریزوم‌ها رابطه چیرگی کاهش می‌یابد. طول ریزوم، عمق دفن و اثرات متقابل آنها تأثیر بسیار معنی‌داری بر وزن خشک بیدگیاه داشت (جدول ۱). با افزایش عمق دفن، وزن خشک تولیدی بیدگیاه کاهش یافت. بیشترین وزن خشک در ریزوم‌هایی به طول ۱۲ سانتی‌متر و در عمق ۱۰ سانتی‌متری مشاهده شد (شکل ۴). نتایج نشان داد که دفن عمیق ریزوم بیدگیاه شانس موفقیت آن برای بقا و رویش مجدد را کاهش می‌دهد. این کاهش ممکن است نتیجه بتأخیر افتادن ظهور و تخلیه مواد غذایی آنها باشد. چکوین (Chicouene, 2007) گزارش کرد که مقدار کل کربوهیدرات‌های غیرساختاری موجود در ریزوم برای رشد و تولید اندام‌های جدید اهمیت زیادی دارد.

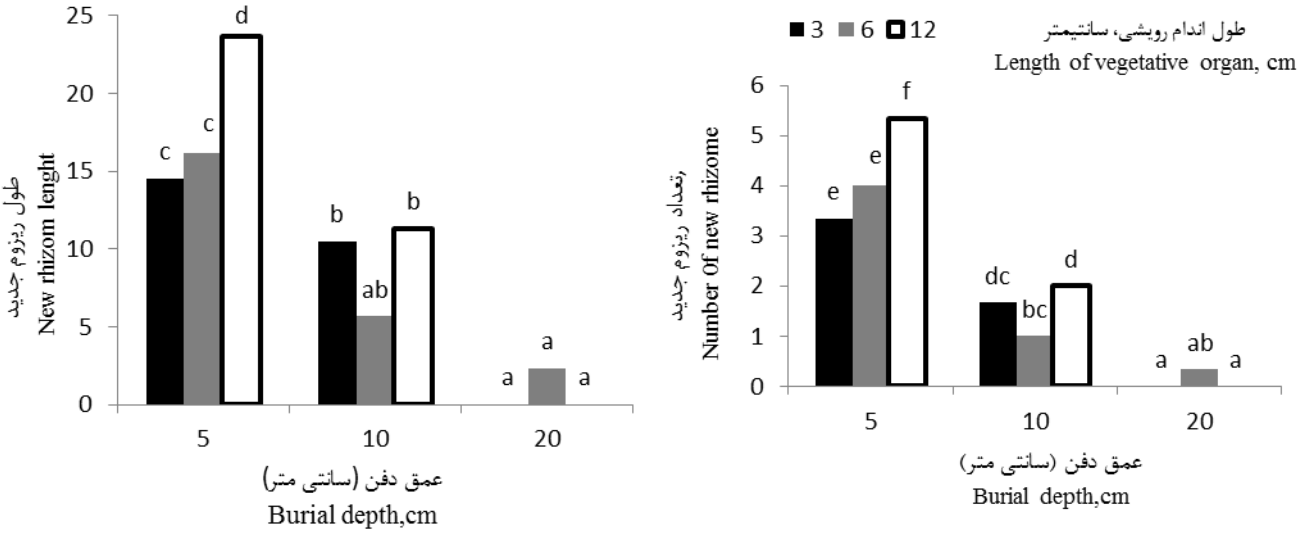
مقایسه میانگین داده‌های تعداد ریزوم جدید تشکیل شده و طول آنها نشان داد که با افزایش عمق دفن تعداد ریزوم تشکیل شده و طول آنها بطور معنی‌داری کاهش یافت. بیشترین ریزوم جدید و بیشترین طول ریزوم‌ها در ریزوم ها بزرگتر که در عمق ۵ سانتی‌متر دفن شده بودند مشاهده شد که اختلاف معنی‌داری با سایر تیمارها داشت (شکل ۵). در سایر تحقیقات انجام شده روی علف‌های هرز چندساله نیز کاهش تولید گیاه جدید با افزایش عمق دفن گزارش شده است (Chadha *et al.*, 2022; Dalbato Omezine *et al.*, 2011; Chadha *et al.*, 2014; *et al.*, 2022). برای مثال، چادها و همکاران ( ) در آزمایش خود روی گونه‌ای اویارسلام مشاهده کردند که با افزایش عمق دفن ریزوم تعداد گیاهچه ظاهر شده کاهش یافت. آنها مشاهده کردند که در عمق بیش از ۱۵ سانتی‌متر هیچ گیاهچه

جدیدی تولید نشد. در آزمایشی دیگر مشاهده شد که غده‌های اویارسلام زرد با وزن متوسط ۱۲۰ میلی‌گرم مدفون‌شده در عمق ۲۰/۳ سانتی‌متر، ۶۷ درصد بیش از غده‌های با وزن متوسط ۵۰ میلی‌گرم شاخساره تولید کردند (Stoller & Wax, 1973). اومزین و همکاران (Omezine *et al*., 2011) بیان داشتند که ازسرگیری و ظهور قطعات ریزوم مرغ به‌اندازه، دما و عمق دفن بستگی داشت و قطعات ریزوم کوتاه که عمیق دفن شده بودند قادر به ظهور نبودند و رابطه معکوسی می‌تواند بین طول قطعات ریزوم و از سرگیری جوانه ایجاد شود.



شکل ٤- تأثیر عمق دفن و طول ریزوم بر تعداد گیاهچه (راست) و وزن خشک (چپ) بیدگیاه

Figure 4- The effect of burial depth and rhizom length on the number (right) and dry weight (left) of *Elymus repens* (L.) Gould



شکل ٥- تأثیر عمق دفن و طول ریزوم بر تعداد (راست) و طول (چپ) ریزوم جدید بیدگیاه

Figure 5- The effect of burial depth and length of rhizome on the number (right) and length (left) of new rhizomes of *Elymus repens* (L.) Gould

نتیجه‌گیری

نتایج این آزمایش نشان داد که با خرد کردن ریزم‌های بیدگیاه و نگهداری آنها در دمای بالا و یا دفن عمیق آنها شانس رشد مجدد آنها را به‌طور چشمگیری کاهش می‌دهد و موجب تسریع در زوال آنها می‌شود. بنابراین، هر گونه عملیات زراعی از جمله خاک‌ورزی در فصول گرم سال و یا شخم عمیق که موجب دفن ریزوم بیدگیاه شود می‌تواند نقش مهمی در کنترل غیرشیمیایی آنها داشته باشد.

References

1. Anderson, J.V., Horvath, D.P., Chao, W.S., & Foley, M.E. (2010). Bud dormancy in perennial plants: A mechanism for survival. In Dormancy and Resistance in Harsh Environments; Lubzens, E., Cerda, J., Clark, M., Eds., Springer: Berlin/Heidelberg, Germany, pp. 69–90.
2. Brandsaeter, L.O., Fogelfors, H., Fykse, H., Graglia, E., Jensen, R.K., Melander, B., Salonen, J., &Vanhala, P. (2010). Seasonal restrictions of bud growth on roots of *Cirsium arvense* and *Sonchus arvensis* and rhizomes of *Elymus repens*. *Weed Research, 50*(2), 102–109. https://doi.org/10.1111/j.1365-3180.2009.00756.x
3. Carrere, P., da Pontes, L.S., Andueza, D., Louault, F., Rosseel, D., Taini, E., Pons, B., Toillon, S., & Soussana, J. (2010). Changes in the nutritive value of pasture grasses during their cycle of development. *Fourrages, 201*(1), 27–35.
4. Chadha, A., Florentine, S.K., Dhileepan, K., & Turville, C. (2022). Effect of rhizome fragment length and burial depth on the emergence of a tropical invasive weed *Cyperus aromaticus* (Navua Sedge). *Journal Plants, 11*(23), 3331. https://doi.org/10.3390/plants11233331
5. Chicouene, D. (2007). Mechanical destruction of weeds. *A Review Agronomy for Sustainable Agriculture, 27*(1), 19–27.
6. Dalbato, A.L., Alfredsson, T., Karlsson, L.M., & Andersson, L. (2014). Effect of rhizome fragment length and burial depth on emergence of *Tussilago farfara*. *Weed Research, 54*(4), 347–355.
7. Hakansson, S. (1969). Experiments with *Agropyron repens* (L.) Beauv. VII: Temperature and light efects on development and growth. *Lantbrukshogskolans Annaler, 35*(1), 953–987.
8. Karimi, H. (2006). *Weed plants of Iran*. Publications of the Academic Publishing Center.
9. Lemieux, C., Cloutier, D.C., & Leroux, G.D. (1993). Distribution and survival of quackgrass (*Elytrigia repens*) rhizome buds. *Weed Science, 41*(4), 600-606.
10. Lotjonen, T., & Salonen, J. (2016). Intensifying bare fallow strategies to control *Elymus repens* in organic soils. *Agriculture Food Sciences, 25*(3), 153–163.
11. McGovern, R.J., McSorley, R. (2002). Reduction of Landscape pathogens in Florida by soil solarization. *Plant Disease, 86*(12), 7-120.
12. McWhorter, C.G. (1972). Factors affecting johnsongrass rhizome production and germination. *Weed Science, 20*(1), 41-45.
13. Mohammaddoust Chamanabad, H.R. (2018). An introduction to the scientific and practical principles of weed control. Academic Jihad Publishing Organization - Ardabil Academic Jihad.
14. Najafi, H., Baghestani, M.A., & Zand, E. (2009). *Biology and management of Iranian weeds*. Publications of the country's herbal research institute.
15. Omezine, A.E., & Harzallah, F.S. (2011). Resumption and growth of *Cynodon dactylon* rhizome fragments. *Weed Science, 17*(3), 215-227. https://doi.org/10.1046/j.1365-3180.2003.00324.x
16. Palmer, J., & Sagar, G.R. (1963). *Agropyron repens* (L.) Beauv. (*Triticum repens* L., *Elytrigia repens* (L.) Nevski). *Journal Ecology, 51*(3), 783–794.
17. Pullman, G.S., DeVay, J.E., & Garber, R.H. (1981). Soil solarization and thermal death: a logarithmic relationship between time and temperature four soil borne plant pathogens. *Phytopathology, 71*(9), 959-964.
18. Rao, V.S. (2000). *Principles of weed science* (2nd ed.) Science publishers. USA.
19. Rashed Mohassel, M.H., Rahimian, H., & Bannayan, M. (2006). *Applied weed science*. Publications of Academic Jihad of Mashhad.
20. Ringselle, B., Prieto-Ruiz, I., Andersson, L., Aronsson, H., & Bergkvist, G. (2017). *Elymus repens* biomass allocation and acquisition as affected by light and nutrient supply and companion crop competition. *Annals of Botany, 119*(3), 477–485.
21. Ringselle, B., De Cauwer, B., Salonen, J., & Soukup, J. (2020). A Review of non-chemical management of Couch Grass (*Elymus repens*). *Agronomy, 10*(8), 1178. https://doi.org/10.3390/agronomy10081178
22. Rubin, B., & Benjamin, A. (1984). Solar heating of the soil: invoivement of environmental factors in the weed control process. *Weed Science, 32*(1), 138-142.
23. Stoller, E.W., & Wax, L.M. (1973). Yellow nutsedge shoot emergence and tuber longevity. *Weed Science, 21*(1), 75-81.
24. Vengris, J. (1962). The effect of rhizome length and depth of planting on the mechanical and chemical control of

quackgrass. *Weed Science*, *10*(1), 71-74. https://doi.org/10.2307/4040565
25. Wearingen, J.(2004). WeedUS: Database of Invasive Plants of Natural Areas in the U.S. (In progress). Information website: https://www.nps.gov/plants/alien

Contents

Effect of ants on biological control of Pomegranate carob moth by Trichogramma wasps in pomegranate orchards 1
N. Sheibani Fahandari, H. Sadeghi Namaghi, G. H. Morravej

Investigation on the Efficacy of Trifloxystrobin+Fluopyram (Luna Sensation® 500SC) Fungicide in Apple Scab Control Caused by *Venturia inaequalis* 11
H. Khabbaz Jolfaee, H. Azimi, H. Rabbani nasab, K. Keshavarz

The Use of Several Soil Amendments to Control the Root-Knot Nematode (*Meloidogyne incognita*) on kiwifruit (*Actinidia deliciosa*) in the West of Guilan Province 23
Z. Alipour Plang Koli, S. Jamali, S. Mousanejad, H. Pedramfar

Assessment of Genetic Resistance of Safflower (*Carthamus tinctorius*) to Fusarium Damping Off in Greenhouse Condition 35
H. Sadeghi Garmaroodi, H. Jabbari, M.R. Nazari, M.B. Valipour

The Effect of Vegetable Oils Plus Sethoxydim Herbicide on Kautsky Curve 49
H. Hammami, M. H. Rashed Mohassel, M. Parsa, M. Bannaian Aval, E. Zand

Effect of Temperature and Drought Stress on Germination Characteristics and Determination of Cardinal Temperatures of Invasive Weed Herb-Robert (*Geranium robertianum* L.) 63
A. Jalili, E. Izadi Drabandi, M. Rstgoo, E. Ebrahimi

The Efficacy of Pre-Mixed Herbicides of Fenoxaprop-p-ethyl + Metribuzin (21.37% EC) in Compared to Common Herbicides for Weed Control of Wheat (*Triticum aestivum*) in Fars Province (Darab) 79
E. Mamnoie, M. R. Karaminejad, M. Minbashi Moeini

Effect of Burial Depth, Duration and Temperature Storage of Rhizomes of *Elymus repens* (L.) Gould on their Survival and Growth 93
T. Esmailzadeh Kanani, H. Mohammaddoust Chamanabad, S. M. Mozafari

Iranian Plant Protection Research

(AGRICULTURAL SCIENCES AND TECHNOLOGY)

Vol . 38 **No. 1** **2024**

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: Mahdikhani Moghadam, E (Plant Pathology) 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.
Pourjam, E.	Plant Pathology	Prof. Tarbiat Modarres University.
Jamali, S.	Plant Pathology	Prof. University of Guilan
Hosseini, M.	Agricultural Entomology	Asso. Prof. Ferdowsi University of Mashhad.
Khodaparast, S. A.	Mycology	Prof. University of Guilan
Rastgoo, M.	Weed Science	Prof. Ferdowsi University of Mashhad.
Rashed- Mohassel, M.H.	Weed Science	Prof. Ferdowsi University of Mashhad.
Sharifnabi, B	Plant Pathology	Prof. Isfahan University of Technology
Saberi riseh, R	Plant Pathology	Prof. Vali Asr University of Rafsanjan
Sadeghi Namaghi, H.	Agricultural Entomology	Prof. Ferdowsi University of Mashhad.
Saboori, A.	Agricultural Entomology	Prof.Tehran University
Karim Mojeni ,H	Production and Plant Genetics	Asso. Prof. Isfahan University of Technology
Karimi, J	Agricultural Entomology	Prof. Ferdowsi University of Mashhad.
Marashi, S.H.	Biotechnology & Plant Breeding	Prof. Ferdowsi University of Mashhad.
Mosallanejad, H	Entomolog	Asso. Prof. of Research. Iranian Research Institute of Plant Protection (IRIPP)
Masumi, H	Plant Virology	Prof. Shahid Bahonar University of Kerman
Mehrvar, M	Plant Virology	Asso. Prof. Ferdowsi University of Mashhad.
Mahdikhani Moghadam, E	Plant Pathology	Prof. Ferdowsi University of Mashhad.
Tarasco, Estacu	Entomology	Asso. Prof. University of Bari Aldo Moro - Italia
Eroglu, Gozde Busra	Microbiology And Genetics	Assistant prof. Erzurum Teknik University
Rashed- Mohassel, A.	Insect Ecology	Post-Doctoral Research Associate ,Texas A&M AgriLife Extension Service

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/

Ferdowsi University of Mashhad

Iranian Plant Protection Research

Vol.38 No.1

2024

Contents

Effect of ants on biological control of Pomegranate carob moth by Trichogramma wasps in pomegranate orchards 1
N. Sheibani Fahandari, H. Sadeghi Namaghi, G. H. Morravej

Investigation on the Efficacy of Trifloxystrobin+Fluopyram (Luna Sensation® 500SC) Fungicide in Apple Scab Control Caused by *Venturia inaequalis* 11
H. Khabbaz Jolfaee, H. Azimi, H. Rabbani nasab, K. Keshavarz

The Use of Several Soil Amendments to Control the Root-Knot Nematode (*Meloidogyne incognita*) on kiwifruit (*Actinidia deliciosa*) in the West of Guilan Province 23
Z. Alipour Plang Koli, S. Jamali, S. Mousanejad, H. Pedramfar

Assessment of Genetic Resistance of Safflower (*Carthamus tinctorius*) to Fusarium Damping Off in Greenhouse Condition 35
H. Sadeghi Garmaroodi, H. Jabbari, M.R. Nazari, M.B. Valipour

The Effect of Vegetable Oils Plus Sethoxydim Herbicide on Kautsky Curve 49
H. Hammami, M. H. Rashed Mohassel, M. Parsa, M. Bannaian Aval, E. Zand

Effect[1] of Temperature and Drought Stress on Germination Characteristics and Determination of Cardinal Temperatures of Invasive Weed Herb-Robert (*Geranium robertianum* L.) 63
A. Jalili, E. Izadi Drabandi, M. Rstgoo, E. Ebrahimi

The Efficacy of Pre-Mixed Herbicides of Fenoxaprop-p-ethyl + Metribuzin (21.37% EC) in Compared to Common Herbicides for Weed Control of Wheat (*Triticum aestivum*) in Fars Province (Darab) 79
E. Mamnoie, M. R. Karaminejad, M. Minbashi Moeini

Effect of Burial Depth, Duration and Temperature Storage of Rhizomes of *Elymus repens* (L.) Gould on their Survival and Growth 93
T. Esmailzadeh Kanani, H. Mohammaddoust Chamanabad, S. M. Mozafari