

عنوان مقالات

- بررسی تأثیر برخی پروبیوتیک‌های قارچی و باکتریایی جهت مهار زیستی کنه تارتن دو لکه‌ای، *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae)، روی شش رقم لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) در شرایط گلخانه‌ای ۵۲۹
علی اصغر کاظمی - ناصر معینی نقده - اصغر حسینی نیا - روح اله شرفی
- اثرات اسانس پنج گیاه دارویی روی سفیدبالک گلخانه (*Trialeurodes vaporariorum* (Hemiptera: Aleyrodidae)) در شرایط آزمایشگاهی ۵۴۱
نجمه کیانپور - حسنعلی واحدی - محمد رضا باقری - محمد امین سمیع - زوریر سعیدی - زهره امامی بیستگانی
- محاسبه سطح زیان اقتصادی شته مومی کلم (*Brevicoryne brassicae* L. (Hem.: Aphididae)) روی کلزا (*Brassica napus* L.) ۵۵۵
حسین نوری - مریم فروزان
- مقایسه کارایی کنه شکارگر *Neoseiulus californicus* (Acari: Phytoseiidae) پرورش یافته روی چند گونه گیاهی ۵۶۷
مریم رضائی
- بررسی توان تعدادی از جدایه‌های استرپتومایس در کاهش شاخص‌های بیماری‌زایی در پاتوسیستم گوجه‌فرنگی (*Meloidogyne javanica*) ۵۸۱
مهناز آشنائی - عصمت مهدیخانی مقدم - ساره بقائی راوری
- بررسی اختلاط پذیری علف‌کش‌های قابل مصرف در زعفران (*Crocus sativus* L.) با برخی کودهای پایه آلی و معدنی ۵۹۵
مجید عباس‌پور
- بررسی پایداری بذر آلاله وحشی (*Ranunculus arvensis* L.) در باتک بدر: چالش جدید زراعت کلزا (*Brassica napus*) در استان گلستان ۶۱۲
مرحانه طریک - آمیه سیاهمرگویی - فرشید قادری فر

نشریه پژوهشی های حفاظت گیاهان ایران

(علوم و صنایع کشاورزی)

با شماره پروانه ۶۸/۴/۱۱ و درجه علمی - پژوهشی شماره ۲۶۵۲۴ از وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
۷۳/۱۰/۱۹

جلد ۴۰ شماره ۲ تابستان ۱۴۰۵

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
سر دبیر:	حسین صادقی نامقی
اعضای هیئت تحریریه:	ایزدی دربندی، ابراهیم اعتصامی، حسن بقائی راوری، ساره پور جم، ابراهیم حاجی بلند، رقیه حسینی، مجتبی خداپرست، سید اکبر راستگو، مهدی راشد محصل، محمد حسن شریف نبی، بهرام صابری ریشه، روح اله صادقی نامقی، حسین صبوری، علیرضا کریم مجنی، حسن کریمی، جواد مرعشی، سید حسن مصلی نژاد، هادی معصومی، حسین مهدیخانی مقدم، عصمت مهرور، محسن تاراسکو، استاکو راشد محصل، آرش درویس، سیل لهلالی، رشید ورا کروز، کاسیان
	استاد- تغذیه نشخوارکنندگان - دانشگاه فردوسی مشهد استاد- بیماری شناسی گیاهی - دانشگاه فردوسی مشهد استاد- علوم علف های هرز - دانشگاه فردوسی مشهد دانشیار- بیولوژی و بیوتکنولوژی خاک - دانشگاه تهران دانشیار- بیماری شناسی گیاهی - دانشگاه فردوسی مشهد استاد- بیماری شناسی گیاهی - دانشگاه تربیت مدرس تهران استاد- فیزیولوژی گیاهی - دانشگاه تبریز دانشیار- حشره شناسی کشاورزی - دانشگاه فردوسی مشهد استاد- قارچ شناسی - دانشگاه گیلان استاد- علوم علف های هرز - دانشگاه فردوسی مشهد استاد- علوم علف های هرز - دانشگاه فردوسی مشهد استاد- بیماری شناسی گیاهی - دانشگاه صنعتی اصفهان استاد- بیماری شناسی گیاهی - دانشگاه ولی عصر رفسنجان استاد- حشره شناسی کشاورزی - دانشگاه فردوسی مشهد استاد- حشره شناسی کشاورزی - دانشگاه تهران دانشیار- تولید و ژنتیک گیاهی - دانشگاه صنعتی اصفهان استاد- حشره شناسی کشاورزی - دانشگاه فردوسی مشهد استاد - بیوتکنولوژی و به نژادی گیاهی - دانشگاه فردوسی مشهد دانشیار پژوهش - موسسه تحقیقات گیاهپزشکی کشور استاد- ویروس شناسی گیاهی - دانشگاه شهید باهنر کرمان استاد- بیماری شناسی گیاهی - دانشگاه فردوسی مشهد دانشیار- ویروس شناسی گیاهی - دانشگاه فردوسی مشهد دانشیار- حشره شناسی - دانشگاه باری آلدومورو- ایتالیا محقق- اکولوژی حشرات - تگزاس استاد-بیماری شناسی گیاهی -دانشگاه آرتوکلوماردین ترکیه دانشیار- آسیب شناسی گیاهی و میکروبیولوژی-مدرسه ملی کشاورزی مکنس، مراکش استاد- بیماری شناسی گیاهی- موسسه بین المللی تحقیقات برنج و آسیب شناسی گیاهی، ماکاتی، فیلیپین

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
پست الکترونیکی: jpp1@um.ac.ir
نمابر: ۰۵۱-۳۸۷۸۷۴۳۰
آدرس سایت: <https://jpp.um.ac.ir>

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

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

مندرجات

- ۵۲۹ بررسی تأثیر برخی پروبیوتیک‌های قارچی و باکتریایی جهت مهار زیستی کنه تارتن دو لکه‌ای، *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae)، روی شش رقم لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) در شرایط گلخانه‌ای
علی اصغر کاظمی - ناصر معینی نقده - اصغر حسینی نیا - روح اله شرفی
- ۵۴۱ اثرات اسانس پنج گیاه دارویی روی سفیدبالک گلخانه (*Trialeurodes vaporariorum* (Hemiptera: Aleyrodidae)) در شرایط آزمایشگاهی
نجمه کیانپور - حسنعلی واحدی - محمد رضا باقری - محمد امین سمیع - زریر سعیدی - زهره امامی بیستگانی
- ۵۵۵ محاسبه سطح زیان اقتصادی شته مومی کلم (*Brevicoryne brassicae* L. (Hem.: Aphididae)) روی کلزا (*Brassica napus* L.) رقم هیدرومل
حسین نوری - مریم فروزان
- ۵۶۷ مقایسه کارآیی کنه شکارگر *Neoseiulus californicus* (Acari: Phytoseiidae) پرورش یافته روی چند گونه گیاهی
مریم رضائی
- ۵۸۱ بررسی توان تعدادی از جدایه‌های استرپتومایسس در کاهش شاخص‌های بیماری‌زایی در پاتوسیستم گوجه‌فرنگی *Meloidogyne javanica*-
مهناز آشنائی - عصمت مهدیخانی مقدم - ساره بقائی راوری
- ۵۹۵ بررسی اختلاط پذیری علف‌کش‌های قابل مصرف در زعفران (*Crocus sativus* L.) با برخی کودهای پایه آلی و معدنی
مجید عباس‌پور
- ۶۱۷ بررسی پایداری بذر آلاله وحشی (*Ranunculus arvensis* L.) در بانک بذر: چالش جدید زراعت کلزا (*Brassica napus*) در استان گلستان
مرجانه طریک - آسیه سیاهمرگویی - فرشید قادری فر

Study of the Effect of some Fungal and Bacterial Probiotics for Biological Control of the Two-Spotted Spider Mite, *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae), on Six Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) Cultivars under Greenhouse Conditions

A. A. Kazemi¹, N. Moeini Naghadeh^{1*}, A. Hosseini^{2*}, R. Sharifi¹

1- Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, Razi University, Kermanshah, Iran

2- Technology and Production Management of Ornamental Plants Research Center (OPRC), Horticultural Sciences Research Institute (HSRI), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Mahallat, Iran

(*- Corresponding author's Email: moeeny@razi.ac.ir, a.hosseini@areeo.ac.ir,)

Received: 20-12-2025
Revised: 06-05-2026
Accepted: 26-05-2026
Available Online: 22-06-2026

How to cite this article:

Kazemi, A. A., Moeini Naghadeh, N., Hosseini, A., & Sharifi, R. (2026). Study of the effect of some fungal and bacterial probiotics for biological control of the two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae), on six bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars under greenhouse conditions. *Iranian Plant Protection Research*, 40(2), 527-538. (In Persian).
<https://doi.org/10.22067/JPP.2026.97029.1269>

Introduction

The two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae), is one of the most damaging pests of beans (*Phaseolus vulgaris* L.). As Iran's climate changes to warmer and drier conditions in most parts of Iran, the prevalence of small sucking pests, including spider mites, has increased. While the main method of controlling *T. urticae* is the use of chemical acaricides, the rapid growth and high reproductive rate of spider mites leads to the rapid development of resistance to most chemical pesticides. Also, chemical acaricides used to control spider mites can be harmful to human health and the environment. However, tolerant varieties and plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR) and arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) can reduce mite populations by enhancing growth and the production of secondary metabolites. The effects of six bean varieties, along with the impact of three probiotics: Biofarm, Bioguard, ProBio96 (water as a control), and the interactions of these factors, were evaluated in the biological suppression of spider mite populations.

Materials and Methods

Three probiotics (Bioguard at a 0.5% concentration containing (Propagule g⁻¹ 10⁶) *Trichoderma harzianum* and (CFU g⁻¹ 10⁷) *Bacillus velezensis* along with 5% humic acid; Biofarm at a 4% concentration containing (CFU ml⁻¹ 2×10⁷) of each of the three bacteria *Azotobacter* sp., *Pseudomonas* sp., and *Azospirillum* sp. in equal proportions; and ProBio96 at a 2% concentration containing (CFU g⁻¹ 10⁸) *Bacillus velezensis* from the Naturalist Biotechnology Company as PGPR and AMF, and (water as control), as well as two kidney bean varieties (local Khomein and Kousha), two white bean varieties (Shokufa and Dorsa), and two red bean varieties



Authors retain the copyright. This is an open access article distributed under Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0)

<https://doi.org/10.22067/JPP.2026.97029.1269>

(Yaghoot and Ofogh), and the control treatment (local Khomein, Khoshderi kidney bean breeding bank) were tested. The experiments were conducted in a factorial split-plot design (variety as the main factor and probiotics as the sub-factor) within a completely randomized design with 24 treatments and three replications, totaling 360 pots. Inoculation was performed using Khoshderi bean leaves containing (15 female mites). Counting of the different mite stages continued for up to 6 weeks.

Results and Discussion

Analysis of variance of the data showed that bean varieties, three probiotic combinations, and sampling time, as well as the interaction effect of variety $\times$ probiotic combination, were significant at the 99% confidence level. Mean comparison showed that the varieties Ofogh, Yaghout, and Dorsa had fewer mite populations compared to the local varieties Khomain, Shokoufa, and Kousha. The Bioguard treatment on the Kousha and Ofogh varieties resulted in the lowest numbers of adult mites in Kousha (6.61 ± 0.91), nymphs in Ofogh (10.61 ± 1.65), and eggs in Ofogh (21 ± 3.64). Bioguard on the Yaghout variety had the lowest number of adult mites (6.72 ± 0.94) after Kousha. The Biofarm combination had the lowest adult mite population on the Ofogh cultivar (7.89 ± 1.32).

Conclusion

The effect of cultivar on pest population indicates the existence of differences in tolerance or induced resistance of different cultivars to *T. urticae* mites. The effect of the biological agent on the mite population suggests that probiotic substances can play an effective role in reducing mite density. The interactions of probiotics varied among different bean cultivars; for instance, some bean cultivars such as Ofogh, Yaqut, and Dorsa had fewer mites compared to other cultivars. The interaction of Biogard on cultivars like Ofogh, Yaqut, and Dorsa caused the greatest reduction in population, while ProBio 95 and the local Khomein cultivar had the least effect on population reduction. Therefore, some beneficial soil bacteria and fungi, while stimulating plant growth, prevent the growth and reproduction of two-spotted spider mites. The presence of *T. harzianum* fungus, *B. velezensis* bacteria and humic acid by strengthening beans, induces resistance and reduces spider mite feeding pressure. And Biofarm, which contains resistance-inducing Bacillus, reduces the susceptibility of beans to spider mite feeding by increasing the activity of defense enzymes. The results show that the use of Bioguard and Biofarm can be used as part of an integrated pest management program to reduce spider mite damage in beans. The use of probiotics along with variety selection is an effective approach in sustainable pest management. According to the results of this study, the Koosha variety inoculated with Bioguard probiotic is recommended for biological control of spider mite populations.

Keywords: Bean, Population growth, Probiotic, Spider mite, Variety

بررسی تأثیر برخی پروبیوتیک‌های قارچی و باکتریایی جهت مهار زیستی کنه‌تارتن دو لکه‌ای، *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae)، روی شش رقم لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) در شرایط گلخانه‌ای

علی اصغر کاظمی^۱ - ناصر معینی نقده^{۱*} - اصغر حسینی نیا^{۲*} - روح اله شرفی^۱

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۹/۲۹

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۰۳/۰۵

چکیده

کنه‌تارتن دولکه‌ای (*Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae یکی از خسارت‌زاترین آفات لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) است. با تغییر اقلیم ایران به گرم و خشک و بیابانی شدن اغلب نقاط کشور، طغیان آفات مکنده از جمله کنه‌ها بیشتر از قبل شده است. با توجه به اینکه استفاده از ترکیبات شیمیایی کنه‌کش‌روش اصلی مهار کنه‌تارتن است و از طرفی، این کنه نرخ رشد و توانایی زادآوری بالایی دارد، لذا بروز پدیده مقاومت کنه به سموم شیمیایی نیز به سرعت اتفاق می‌افتد. همچنین کنه‌کش‌های شیمیایی مورد استفاده در مهار کنه‌تارتن می‌تواند برای سلامت انسان و محیط زیست زیان‌آور باشند. براساس شواهد موجود، ارقام متحمل و باکتری‌های محرک رشد گیاه (PGPR) و ریزقارچ‌های محرک رشد گیاه (AMF) با افزایش رشد و تولید مواد ثانویه، جمعیت کنه‌ها را کاهش می‌دهند. در مطالعه حاضر، اثرات شش رقم لوبیا شامل دو رقم چیتی (محلی خمین و کوشا)، دو رقم سفید (شکوفه و درسا) و دو رقم قرمز (یاقوت و افق) و سه پروبیوتیک شامل بیوفارم، بیوگارد و پروبیو ۹۶ بر مهار زیستی جمعیت کنه‌تارتن ارزیابی شد. آزمایش‌ها با طرح آماری فاکتوریل اسپلین در زمان با ۲۴ تیمار و سه تکرار اجرا گردید. تراکم جمعیت مراحل تخم، پوره و بالغ کنه‌تارتن بررسی گردید. نتایج نشان داد که میانگین جمعیت کنه‌تارتن روی شش رقم مذکور تغذیه‌شده با سه پروبیوتیک یادشده، به‌طور معنی‌داری در مقایسه با میانگین جمعیت کنه‌تارتن شاهد متفاوت بود. بر همین اساس، مقایسه میانگین‌ها و بررسی جدول اثرات متقابل ارقام به‌عنوان عامل اصلی و ترکیبات پروبیوتیک به‌عنوان عامل فرعی و اثرات متقابل آن‌ها با احتمال ۹۹ درصد معنی‌دار بودند ($p \leq 0.01$). لذا میانگین شمارش کمترین جمعیت کنه بالغ پس از شش هفته در ارقام کوشا ($6/61 \pm 0/91$)، یاقوت ($6/72 \pm 0/94$) و افق ($6/78 \pm 1/17$) مشاهده شد که با ترکیب بیوگارد تیمار شده بودند. طبق نتایج حاصل از این پژوهش، رقم کوشا با ترکیب بیوگارد برای مهار زیستی جمعیتی کنه بالغ توصیه می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: پروبیوتیک، رشد جمعیت، رقم، کنه‌تارتن، لوبیا

مقدمه

استان مرکزی با سطح زیرکشت ۱۱۲۰۰ هکتار و عملکرد ۲۸۲۹ کیلوگرم در هکتار یکی از مناطق عمده کاشت لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) در ایران است (Ahmadi et al., 2018). کنه‌تارتن دولکه‌ای، (*Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae یکی از آفات مهم لوبیا است که علاوه‌بر کاهش

۱- گروه گیاه‌پزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران
۲- گروه فن آوری و مدیریت تولید، پژوهشکده گل و گیاهان زینتی، موسسه تحقیقات علوم باغبانی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ایران، محلات، ایران

*- نویسنده مسئول: Email: moeeny@razi.ac.ir
a.hosseininia@areeo.ac.ir

عادات تغذیه‌ای آن‌ها متفاوت عمل می‌کند (Yan et al., 2021). بنابراین پروبیوتیک‌ها می‌توانند بر ارقام مختلف لوبیا از لحاظ تولید ترکیبات ثانویه و ایجاد مقاومت القایی علیه کنه تارتن مؤثر باشند (Yan et al., 2021). پروبیوتیک‌ها همان قارچ‌های محرک رشد گیاه AMF^۴ و باکتری‌های محرک رشد گیاه PGPR^۵ هستند که برای مهار زیستی آفات گیاهی استفاده می‌شود (Singh et al., 2019). موجودات ریز اطراف ریشه با تقویت رشد گیاه، مقاومت القایی (ISR) را فعال می‌کنند. این فرآیند از طریق شبکه‌ای از مسیرهای انتقال پیام، درون سلولی انجام می‌شود که در آن هورمون‌های متأثر از نور نقش اصلی را ایفا می‌کنند (Pineda et al., 2010; Pieterse et al., 2014). ترکیبات باکتریایی محرک رشد گیاه، نمو گیاه را تحریک کرده و با افزایش تولید، جبران خسارت آفات می‌کنند (Martín et al., 2007; Pirlak & Köse, 2009; Roussos et al., 2012). افزایش تولید مواد ثانویه در گیاه، غلظت پلی‌فنل‌ها را بالا می‌برد و تحمل گیاه را افزایش می‌دهد (Todeschini et al., 2018). گیاه در اثر حمله گیاه‌خواران و حضور مواد پروبیوتیک در خاک تحریک شده و مواد ثانویه تولید می‌کند، این مواد فرارمانند (HIPVs) (متیل جاسمونات، متیل سالیسیلات، ایندول و ۳-پنتانول) با غلظت ۱۰۰ میلی‌مول بر لیتر حاصل از دو باکتری پروبیوتیک گیاهی (*Bacillus pumilus* INR7 و *Bacillus velezensis* H3) بر پارامترهای جدول زندگی کنه *T. urticae* اثر داشته و موجب اثر القایی مقاومت شده است (Montazersaheb et al., 2023). همچنین تلقیح باکتری پروبیوتیک *B. velezensis* باعث تولید ترکیب ایندولی در لوبیا رقم چیتی (*Phaseolus vulgaris* L.) شده و ایجاد مقاومت القایی علیه کنه *T. urticae* کرده است (Montazersaheb et al., 2021; Montazersaheb et al., 2023). هیف‌های قارچی حاوی ترکیبات ثانویه چهار گونه متفاوت تریکودرما *Trichoderma*، *T. guizhouense* Pers.، *T. afroharzianum* Pers.، *T. virens* Vario و *T. harzianum* Rifai (مخمر-پیتون-گلیکوز) روی کنه تارتن ماده *T. urticae* آزمایش شده و *T. afroharzianum* (۸۳ درصد) و *T. virens* (۸۴ درصد) بالاترین نرخ مرگ‌ومیر را روی ماده‌های بالغ *T. urticae* پس از هفت روز نشان داده‌است. در آزمایش‌های گلدانی، تعداد تخم‌های زنده و مراحل متحرک (بالغ و مراحل متحرک نابالغ «لارو و دو مرحله پورگی») *T. urticae* برای *T. afroharzianum* (۳/۱۱۰ تخم، ۸/۱۰۵ مرحله متحرک) و کنه *T. virens* (۱۱۸/۵ تخم، ۱۱۵/۳ مرحله متحرک) به‌طور قابل توجهی کمتر از گروه شاهد (۵۱۸/۹ تخم، ۴۵۲/۵ مراحل متحرک (بالغ و نابالغ)) بعد از هفت روز بوده است.

عملکرد باعث مرگ بوته نیز می‌گردد (Gorman et al., 2001; Premalatha et al., 2018). با تغییر اقلیم ایران به گرم و خشک و بیابانی شدن، در اغلب نقاط کشور، طغیان آفات از جمله کنه‌ها بیشتر از قبل شده است (Nazerian & Hosseini, 2022). با توجه به اینکه استفاده از ترکیبات شیمیایی کنه‌کش روش اصلی مهار کنه تارتن است و از طرفی، این کنه نرخ رشد و توانایی زادآوری بالایی دارد، لذا بروز پدیده مقاومت کنه به سموم شیمیایی نیز به‌سرعت اتفاق می‌افتد (Montazersaheb et al., 2021). در راستای مهار پایدار کنه‌های تارتن، بررسی تأثیر پروبیوتیک‌ها روی جمعیت آفات می‌تواند مصرف سموم شیمیایی را تا حدودی کاهش دهد و از صرف هزینه‌های سرسام‌آور توسط کشاورزان جلوگیری کند (Abolfathi et al., 2012). صدمات ناشی از تغذیه حشرات و کنه‌ها و آسیب‌های زیست‌محیطی زیادی که استفاده بی‌رویه از ترکیبات شیمیایی به دنبال دارد، ضرورت استفاده از ارقام مقاوم و پروبیوتیک‌ها در مهار زیستی آفات را هویدا می‌کند (Pretty & Bharucha, 2015). با این رویکرد، استفاده از مواد پروبیوتیک (بیوگارد ترکیبی از *Bacillus velezensis* و *Trichoderma harzianum* Rifai، *Pseudomonas*، *Azotobacter* sp. از بیوفارم ترکیبی از *Azospirillum* sp. spp. و پروبیو ۹۶ شامل عامل زیستی *Bacillus velezensis* احتمالاً سبب بروز مقاومت القایی در گیاه لوبیا علیه خسارت کنه تارتن خواهد شد.

پروبیوتیک‌های گیاهی موجودات زنده ذره‌بینی هستند که به تعداد زیاد در منطقه ریشه گیاه زندگی می‌کنند و با ریشه گیاهان رابطه همزیستی دارند (Sharifi et al., 2008). آن‌ها در مقابل مواد غذایی که از گیاه می‌گیرند ترکیباتی تولید می‌کنند که در رشد گیاه مؤثر است. همچنین این موجودات عناصر غذایی را برای گیاه قابل استفاده کرده و برخی از ترکیبات ساخته‌شده توسط آن‌ها باعث افزایش مقاومت گیاه در برابر عوامل زنده و غیرزنده می‌شود (Sharifi et al., 2008). تولیدات آن‌ها در گیاه ایجاد مقاومت القایی نموده و با تحریک رشد گیاه، خسارت آفات را با رشد بیشتر به نوعی جبران می‌کنند (Gruden et al., 2020). به‌عنوان مثال، متیل سالیسیلات^۱، *Bacillus velezensis* و ایندول^۲ می‌توانند ایجادکننده مقاومت القایی علیه *T. urticae* در گیاه لوبیا باشند (Montazersaheb et al., 2021; 2023). موجودات ذره‌بینی خاک با ایجاد مقاومت القایی^۳ (ISR) سبب افزایش بیان ژن‌های دفاعی در هنگام حمله آفات به گیاه می‌شوند (Pieterse et al., 2014). اثر جوامع باکتریایی روی بندپایان گیاه‌خوار مانند کنه‌ها تحت تأثیر گونه‌های گیاه میزبان و

1- Methyl salicylate

2- Indole (C₈H₈N)

3- Induced Systemic Resistance (ISR)

4- Arbuscular mycorrhizal fungi (AMF)

5- Plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR)

در این تحقیق، از سه ترکیب پروبیوتیک (بیوگارد با غلظت نیم درصد حاوی 10^6 Propagule g^{-1}) *Trichoderma harzianum* و Rifai 10^7 CFU g^{-1}) *Bacillus velezensis* Chien همراه با پنج درصد اسیدهیومیک؛ بیوفارم با غلظت چهار درصد حاوی 10^7 CFU ml^{-1} *Pseudomonas sp.*، *Azotobacter sp.* از هر سه باکتری *Azospirillum sp.* با نسبت مساوی؛ و پروبیو ۹۶ با غلظت دو درصد حاوی 10^8 CFU g^{-1}) *Bacillus velezensis* از شرکت فناوری زیستی طبیعت‌گرا به‌عنوان باکتری‌های محرک رشد گیاه و قارچ‌های محرک رشد و به‌صورت بذرمال استفاده شد. از آب معمولی به‌عنوان شاهد برای ترکیبات پروبیوتیک استفاده گردید. همچنین رقم‌های مورد استفاده شامل دو رقم لوبیا چیتی (محلی خمین و کوشا)، دو رقم لوبیا سفید (شکوف و درسا) و دو رقم لوبیا قرمز (یاقوت و افق) به همراه شاهد (محلی خمین ولی برای پرورش اولیه از رقم حساس چیتی صدری استفاده شد) بودند. آزمایش‌ها در پژوهشکده گل و گیاهان زینتی محلات در شرایط گلخانه‌ای کنترل‌شده (دمای 25 ± 5 °C، رطوبت نسبی 50 ± 5 درصد و دوره نوری ۱۶ روزهایی و ۸ ساعت تاریکی) به‌صورت فاکتوریل اسپلیت پلات (رقم عامل اصلی و پروبیوتیک‌ها عامل فرعی) در قالب طرح کاملاً تصادفی اجرا شد. سپس اثرات متقابل شش رقم یادشده با سه ترکیب پروبیوتیک بر تراکم جمعیت کنه‌تارتن دولکه‌ای ارزیابی گردید. در مجموع، آزمایش‌ها با ۲۴ تیمار و سه تکرار و در مجموع ۷۲ کرت اجرا شدند. برای تهیه نهال‌های لوبیا، ابتدا گلدان‌های پاجیرایی با قطر دهانه ۱۶ سانتی‌متر و حجم یک لیتر به‌نسبت ۱:۲:۳ به‌ترتیب با پرلیت، کوکوپیت و خاک ضدعفونی‌شده پر شدند. سپس در هر گلدان، سه گیاه از هر رقم کشت گردید. گلدان‌های با قفس فلزی به ارتفاع ۵۰ سانتی‌متر و قطر ۳۰ سانتی‌متر از سطح فوقانی آن با توری پوشیده و شد، در زیر هر گلدان، بشقاب پلاستیکی لبه‌داری که از آب پر شده بود به‌منظور جلوگیری از فرار کنه‌ها قرار داده شد. حدود سه هفته پس از کاشت، زمانی که گیاهان سه برگچه‌ای بودند با کنه‌های تارتن که از قبل روی برگچه‌های لوبیا حساس صدری پرورش یافته بود به‌روشن احمد و همکاران (Ahmed et al., 2024) (۱۵ کنه ماده در هر برگچه)، آلوده‌سازی انجام پذیرفت. یک هفته پس از آلوده‌سازی با کنه‌های ماده، تعداد کنه بالغ، لارو و پوره (مراحل متحرک کنه) و تخم کنه با برداشتن برگچه‌های آلوده و بررسی آن‌ها زیر میکروسکوپ تشریح با بزرگ‌نمایی 10×40 شمارش شد. همچنین یک هفته بعد از آلوده‌سازی به کنه بالغ ثبت وقایع شروع شد و تا شش هفته ثبت وقایع ادامه داشت.

تجزیه و تحلیل‌های آماری با استفاده از نرم‌افزار SAS V9.4 انجام پذیرفت و مقایسه میانگین‌ها به‌سیله آزمون توکی در سطح یک و پنج درصد انجام شد.

(Evren et al., 2025). لذا می‌توان به این نکته اشاره کرد که متابولیت‌های ثانویه گیاه با تلقیح تریکودرما روی جمعیت *T. urticae* مؤثرند (Evren et al., 2025). برخی از گونه‌های *Pseudomonas* spp. به‌عنوان پروبیوتیک حتی در تولید میگو نیز استفاده شده است (Manguntungi et al., 2025)، ولی اثر آن روی گیاه با افزایش رشد و نمو گیاه و ایجاد ترکیبات ثانویه می‌باشد، چون باعث اثر مقاومت القایی در مهارزیستی برخی آفات مانند کنه‌ها و بیماری‌های خاکزاد می‌شود (Hu et al., 2021). در تحقیقی دیگر، ترکیبی از گونه‌های *P. putida* Janse، *P. fluorescens* Migula و *P. aeruginosa* Schroeter و قارچ‌های محرک رشد ریشه (ترکیبی از گونه‌های *G. intraradices*، *Glomus mosseae* Nicol & Gerd و *Amikor* *G. fasciculatum* Thaxter) روی گیاه خارزن بابا (*Onopordon acanthium* L.) بررسی گردید و نتایج نشان داد که عملکرد شاخساره گیاه به‌طور میانگین در تیمارهای باکتری‌ها محرک رشد گیاه و قارچ‌های محرک رشد به‌ترتیب بیش از $2/1$ و $2/7$ و تنفس میکروبی به‌ترتیب بیش از $2/17$ و $2/1$ برابر شاهد بوده است، لذا سبب افزایش بردباری گیاه خارزن بابا و کاهش تأثیر نامطلوب کادمیم بر رشد گیاه شد (Rasouli Sadeghiani et al., 2016). تلقیح گیاهان با قارچ آروسپرلیوم (*Azospirillum sp.*) و کاربرد کمپوست قارچ ضمن افزایش عملکرد دانه، پروتئین، فسفر و پتاسیم دانه لوبیا را افزایش داده است، بنابراین منجر به افزایش عملکرد و کیفیت دانه لوبیا شده است (Ansari & Asadi-Rahmani, 2017). تلقیح گونه‌های قارچ میکوریزا با باکتری ازتوباکتر (*Azotobacter sp.*) در دو سطح (مایه‌زنی و عدم مایه‌زنی) روی ارقام لوبیا قرمز (شامل توده بیران‌شهر، رقم اختر و گلی) عملکرد دانه لوبیا را در توده بیران‌شهر، رقم اختر و گلی به‌ترتیب $5/56$ ، $1/19$ و $2/43$ درصد افزایش داده است و بیشترین عملکرد دانه ($2981/90$ کیلوگرم در هکتار) در تیمار مایه‌زنی ازتوباکتر $\times$ تلقیح میکوریزا $\times$ رقم گلی با فرم بوته رونده و رشد نامحدود به دست آمد (Khavari & Shakeri, 2019). روش استفاده توأم از مواد پروبیوتیک و رقم متحمل علاوه‌بر کاهش مصرف سموم شیمیایی، مزایایی همچون حفظ دشمنان طبیعی، کاهش خطر برای سلامت انسان و محیط زیست به همراه داشته است (Zhao et al., 2023; Alpysbayeva et al., 2024). برای افزایش کارایی مدیریت بیولوژیک، انتخاب عامل بیولوژیک مناسب، انتخاب رقم متحمل و تأمین شرایط محیطی مطلوب پی‌ریزی می‌شود (Ahmed et al., 2024; Zhao et al., 2023). لذا با توجه اهمیت موضوع پروژه، بررسی اثرات شش رقم متفاوت ضمن تغذیه با سه ترکیب پروبیوتیک بررسی شده است.

مواد و روش‌ها

نتایج

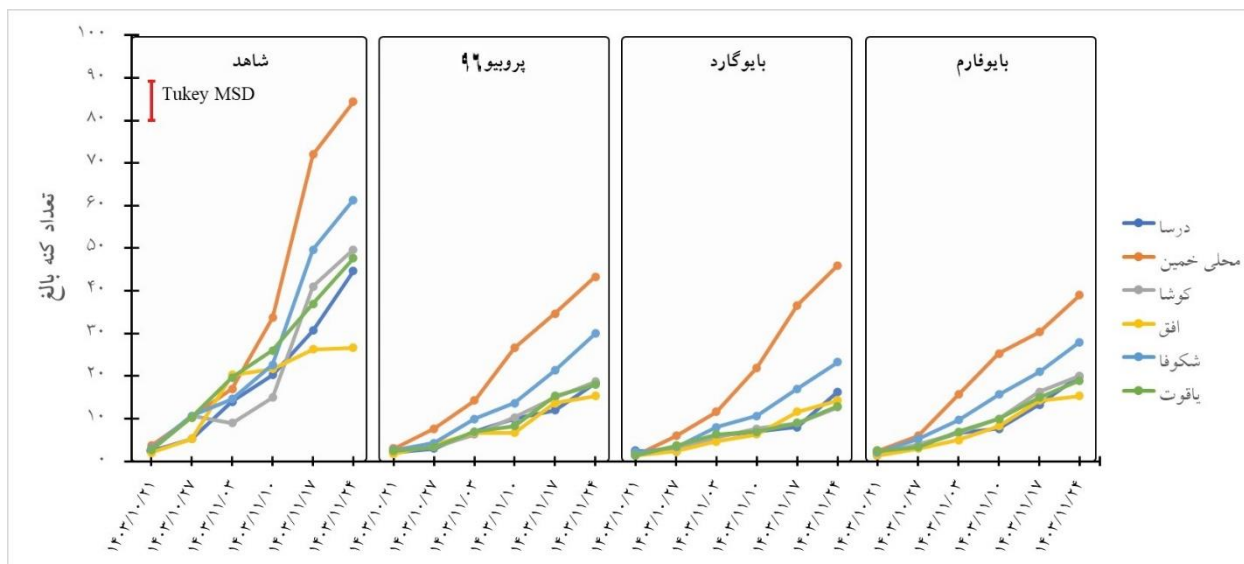
تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تمامی اثرات عامل اصلی و فرعی و همچنین اثرات متقابل آن‌ها در سطح احتمال ۹۹ درصد معنی‌دار بودند ($\alpha=0.01, p \leq 0.01$). ارقام لوبیا، سه ترکیب پروبیوتیک

و زمان نمونه‌برداری و همچنین اثر متقابل رقم $\times$ ترکیب پروبیوتیک در سطح اطمینان ۹۹ درصد معنی‌دار شدند. همچنین به علت مناسب بودن فصل و شرایط رشد کنه و تخم‌گذاری مجدد، تغییر در جمعیت با زمان نمونه‌برداری مطابقت داشته و معنی‌دار شده است (جدول ۱ و ۲) ($\alpha=0.01, p \leq 0.01$).

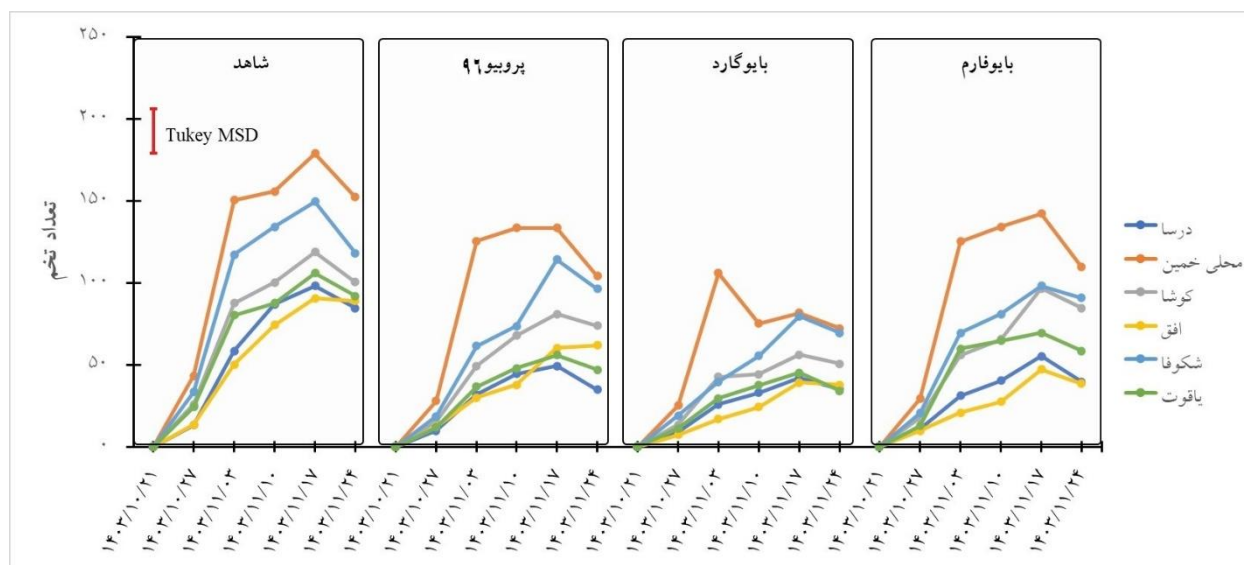
جدول ۱- تجزیه واریانس اثر عوامل مختلف زیستی بر فراوانی مراحل زیستی کنه تارتن دولکه‌ای (*T. urticae*) روی شش رقم مختلف لوبیا
Table 1- Analysis of variance of the effects of different biological factors on the abundance of life stages of two-spotted spider mite (*Tetranychus urticae*) on six bean varieties

S.O.V	df	Adult mean squares	Egg mean squares	Larve and nymph mean squares
Variety	5	2195.62**	31480.27**	9708.24**
Biological agent	3	4849.39**	30750.69**	16076.84**
Variety $\times$ biological agent	15	36.35**	501.65**	166.82**
Error a	48	9.71	94.49	47.64
Sampling date	5	8530.00**	87586.58**	34321.19**
Date $\times$ variety	25	320.74**	2510.93**	1055.61**
Date $\times$ biological agent	15	610.75**	2411.21**	2450.23**
Date $\times$ variety $\times$ biological agent	75	33.10**	127.84**	120.55**
Date $\times$ replicate	10	11.81*	47.42 ns	23.88 ns
Error b	230	6.21	55.06	21.01
CV (%)	—	17.39	14.17	15.11

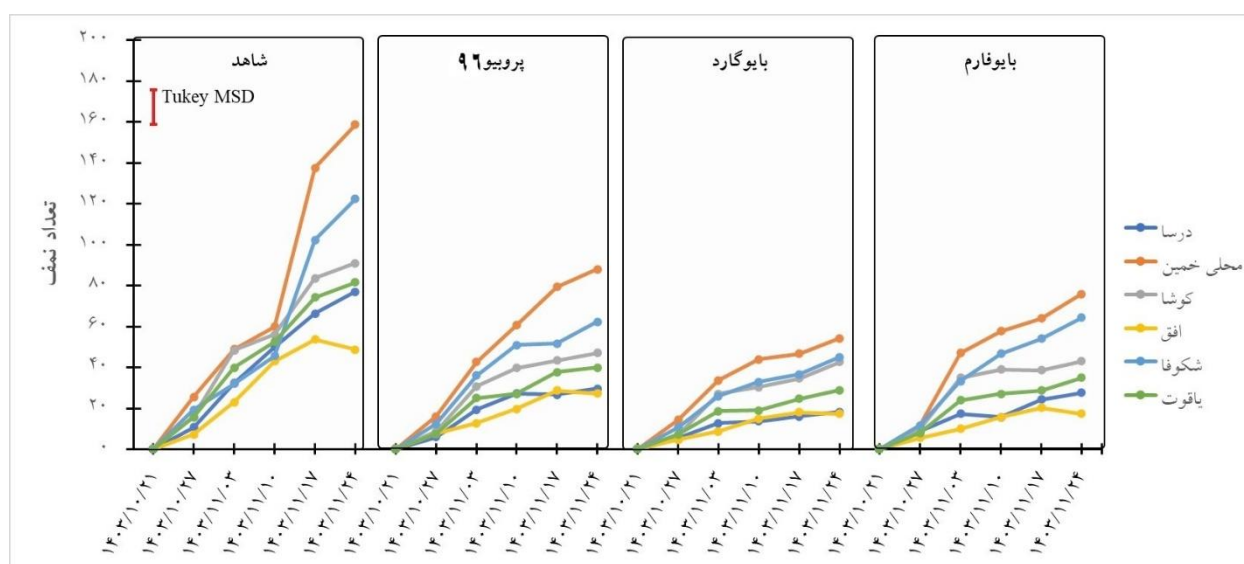
* and **: indicate significance at the 0.05 and 0.01 probability levels, respectively; ns: not significant.
Experimental design: factorial split-plot in time ($\alpha = 0.01, p \leq 0.01$).



شکل ۱- تعداد کنه بالغ تارتن دولکه‌ای (*T. urticae*) روی ارقام مختلف لوبیا تحت اثر عوامل مختلف بیولوژیکی (MSD: Tukey, $\alpha = 0.05$)
Figure 1- Number of adult two-spotted spider mites (*T. urticae*) on different bean cultivars under the effect of various biological factors (MSD: Tukey, $\alpha = 0.05$)



شکل ۲- تعداد تخم کنه تارتن دولکه‌ای (*T. urticae*) روی ارقام مختلف لوبیا تحت اثر عوامل مختلف بیولوژیکی (MSD: Tukey, $\alpha = 0.05$)
Figure 2- Number of two-spotted spider mite (*T. urticae*) eggs on different bean cultivars under the influence of various biological factors (MSD: Tukey, $\alpha = 0.05$)



شکل ۳- تعداد پوره (لارو و پوره سن ۱ و پوره سن ۲) کنه تارتن دولکه‌ای (*T. urticae*) روی ارقام مختلف لوبیا تحت اثر عوامل مختلف بیولوژیکی (MSD: Tukey, $\alpha = 0.05$)

Figure 3- Number of two-spotted spider mite (*T. urticae*) nymphs (larvae, first nymphal instar and second nymphal instar) on different bean varieties under the influence of various biological factors (MSD: Tukey, $\alpha = 0.05$): Minimum Significant Difference

عامل زیستی تأثیرات قابل ملاحظه‌ای در استقرار جمعیت کنه در مقایسه با شاهد داشتند. تیمار بیوگارد و اثرات متقابل آن روی برخی ارقام مانند کوشا و افق، بیشترین کاهش جمعیت با کمترین تعداد کنه بالغ در ارتباط با رقم کوشا (0.91 ± 6.61)، پوره و تخم در ارتباط با رقم افق (به ترتیب $1/65 \pm 10/61$ و $3/64 \pm 21$) را ایجاد کردند، بیوگارد روی رقم یاقوت با کمترین تعداد کنه بالغ ($0.94 \pm 6/72$) بعد

نتیجه مقایسه میانگین با استفاده از آزمون توکی (Tukey, MSD, $\alpha = 0.05$) به منظور تشخیص اثرات سه عامل بیولوژیک بر تعداد کنه بالغ، تخم و مراحل متحرک نابالغ (لارو و پوره) روی ارقام مختلف لوبیا طی شش هفته نمونه‌برداری نشان داد که ارقام افق و یاقوت و درسا نسبت به ارقام محلی خمین، شکوفا و کوشا دارای جمعیت کمتری از مراحل مختلف زیستی کنه بودند. همچنین هر سه

از کوشا بود و عامل زیستی پروبیو ۹۶ و رقم محلی خمین (شاهد) کمترین اثر را در کاهش جمعیت کنه بالغ ($3/57 \pm 21/61$) داشتند (شکل‌های ۲، ۳ و ۴؛ جدول ۲).
نتایج میانگین جمعیت کنه‌های تارتن روی شش رقم لوبیا که در تأثیر تغذیه از سه ترکیب پروبیوتیک بودند، نشان‌دهنده تغییرات جمعیتی در هر سه مرحله رشدی کنه بوده است (جدول ۲).

جدول ۲- میانگین جمعیت (خطای معیار) تخم، لارو، پوره و بالغ کنه تارتن *T. urticae* شش هفته بعد از تیمار شدن با سه ترکیب مختلف روی شش رقم لوبیا

Table 2- Average population plus and minus the standard error of egg, larva and Nymph, and adult stages of the spider mite *T. urticae* six weeks after treatment with three different compounds on six bean cultivars

Cultivar (treatment)	Yaghout	Shekoofa	Ofogh	Koosha	Mahalli-e Khomein	Dorsa
Adult						
Biofarm	9/44± 1/47 ^{hi*}	13/61± 2/2 ^{fg}	7/89± 1/32 ^{hi}	9/78± 1/6 ^{ghi}	19/28± 3/3 ^{de}	8/78± 1/54 ^{hi}
Bioguard	6/72± 0/94 ^{hi}	10/72± 1/83 ^{gh}	6/78± 1/17 ^{hi}	6/61± 0/91 ⁱ	20/61± 4/04 ^{cde}	7± 1/15 ^{hi}
Probio 96	9/06± 1/42 ^{hi}	13/67± 2/38 ^{fg}	8± 1/2 ^{hi}	9/33± 1/46 ^{hi}	21/61± 3/57 ^{cd}	8/72± 1/37 ^{hi}
Control	23/89± 3/72 ^{bc}	27± 5/17 ^b	17/06± 2/8 ^{ef}	21/39± 4/27 ^{cd}	36/83± 7/48 ^a	19/56± 3/63 ^{de}
Larval and Nymphal stages						
Biofarm	20/44± 3/03 ^{ijkl}	35± 5/56 ^{fgh}	11/5± 1/74 ^m	27/61± 4/17 ^{hij}	42/72± 6/73 ^{cdef}	15/61± 2/32 ^{lm}
Bioguard	16/44± 2/46 ^{klm}	25/22± 3/77 ^{ijk}	10/61± 1/65 ^m	23/61± 3/75 ^{ijkl}	32/17± 4/67 ^{ghi}	11/06± 1/59 ^m
Probio 96	22/89± 3/58 ^{ijkl}	35/56± 5/45 ^{efgh}	16± 2/54 ^{lm}	28/22± 4/4 ^{hij}	47/78± 7/77 ^{bcd}	18/17± 2/79 ^{klm}
Control	44/06± 7/15 ^{cde}	53/61± 10/72 ^b	29/28± 5/08 ^{hij}	49/17± 8/14 ^{bc}	71/83± 14/4 ^a	39/39± 6/79 ^{defg}
Egg stage						
Biofarm	44/33± 6/65 ^{fg}	60/11± 8/98 ^{cde}	24/11± 4/14 ^{hi}	53/44± 8/72 ^{def}	90/17± 13/78	29/61± 4/69 ^{hi}
Bioguard	26/39± 3/83 ^{hi}	43/94± 6/78 ^{fg}	21± 3/64 ⁱ	34/61± 5/01 ^{gh}	60/11± 9/65 ^{cde}	24/22± 3/68 ^{hi}
Probio 96	33/28± 5/06 ^{ghi}	60/78± 9/95 ^{cd}	33/78± 5/59 ^{gh}	47/94± 7/39 ^{ef}	87/56± 13 ^b	28/5± 4/36 ^{hi}
Control	65/06± 9/47 ^{cd}	92/22± 13/43 ^b	53± 8/62 ^{def}	72/28± 10/6 ^c	113/56± 16/36	57± 9/23 ^{de}

* In each column of any life stage of the mite (adult, nymph (L and N₁, N₂), and egg), the differences between means that share at least one common letter are not statistically significant (Tukey, $\alpha=0.05$)

بحث

مطابقت دارد. در نتایج این پژوهش نیز برخی ارقام برای آفت مطلوب نبوده و جمعیت آفت در آن‌ها پایین‌تر بوده است. از طرفی نیز تأثیر عامل زیستی بر جمعیت آفت بیانگر این واقعیت است که مواد پروبیوتیک می‌توانند نقش مؤثری در کاهش تراکم آفت داشته باشند، زیرا این ترکیبات در مقایسه با شاهد که در آن‌ها از مواد پروبیوتیک استفاده نشده‌اند، تفاوت معنی‌داری را نشان داد (جدول ۱). با گذشت زمان و تغییر شرایط محیطی (دمای محیط، رطوبت و مواد غذایی گیاه)، شرایط برای رشد آفت نیز تغییر می‌کند. طبق مطالعات سعیدی و صالحی (Saeidi & Salehi, 2004)، کنه دولک‌های، آفتی با توانایی سازگاری بالاست، ولی تحت تأثیر شرایط محیطی و تغذیه روی گیاه میزبان تفاوت جمعیتی نشان می‌دهد. بنابراین، اثر متقابل رقم × عامل بیولوژیکی و نیز رقم × زمان نمونه‌برداری، حاکی از آن است که نه تنها خود رقم بلکه زمان و شرایط کاربرد عامل بیولوژیکی پروبیوتیک نیز نقش دارد (جدول ۱ و ۲). با توجه به نتایج موجود در این پژوهش می‌توان اظهار نمود که اثرات عوامل بیولوژیکی بر تعداد کنه بالغ، تخم و پوره روی ارقام مختلف لوبیا متفاوت بوده است؛ به‌طوری که بعضی از ارقام لوبیا مانند رقم افق و یاقوت و درسا نسبت

با توجه به نتایج تجزیه واریانس، اثرات ارقام و ترکیبات پروبیوتیک و نیز اثرات متقابل آن‌ها با احتمال ۹۹ درصد معنی‌دار بودند ($p \leq 0.01$). میانگین کمترین جمعیت کنه بالغ پس از شش هفته در ارقام کوشا ($6/61 \pm 0/91$)، یاقوت ($6/72 \pm 0/94$) و افق ($6/78 \pm 1/46$) که با ترکیب بیوگارد تغذیه شده بودند (جدول ۲)، مشاهده گردید. ارقام نام‌برده شده تأثیرات متفاوتی نسبت به تیمار با پروبیوتیک‌های مختلف از خود نشان داده‌اند (جدول ۲)، همچنین در تغذیه با ترکیب بیوفارم، کمترین جمعیت کنه بالغ روی رقم افق ($7/89 \pm 1/32$) مشاهده شد.

تأثیر رقم بر جمعیت آفت نشان‌دهنده وجود تفاوت‌هایی در تحمل یا مقاومت القایی نسبت به این کنه بود. شاید تأثیر ارقام متفاوت مربوط به تیپ رشدی بوته باشد، زیرا در مطالعه اشتری و همکاران (Ashtari et al., 2024)، تیپ رشدی بوته‌ها تأثیر قابل توجهی بر مقاومت ارقام به کنه تارتن داشته است. نتایج تحقیق حاضر با مطالعات صدارتیان-جهرمی و همکاران (Sedaratian-Jahromi et al., 2009) در مورد تأثیر ۱۴ ژنوتیپ سویا به جمعیت کنه دو لکه‌ای

به سایر ارقام تعداد کمتری از مراحل مختلف زیستی کنه روی آن‌ها مستقر شده است (جدول ۲). همچنین هر سه عامل بیولوژیکی تأثیرات قابل ملاحظه‌ای در استقرار جمعیت کنه در مقایسه با شاهد داشتند (جدول ۱ و ۲). تیمار بیوگارد و اثرات متقابل آن روی برخی ارقام مانند افق و یاقوت و درسا، بیشترین کاهش جمعیت را ایجاد کردند و عامل بیولوژیکی پروبیوتیک ۹۶ و رقم محلی خمین کمترین اثر را در کاهش جمعیت داشتند (جدول ۲). وجود این تفاوت‌ها در پارامترهای رشد جمعیت کنه روی ارقام مختلف نشانگر این مطلب است که نوع میزبان می‌تواند پارامترهای زیستی از جمله جمعیت کنه تارتن دولکه‌ای را تحت تأثیر قرار دهد. ریزجانداران موجود در عامل بیولوژیکی بیوگارد، از طریق تولید هورمون‌های رشد گیاهی (Fathipour et al., 2020) و تسهیل جذب عناصر غذایی (Fathipour et al., 2020) سبب افزایش توسعه سیستم ریشه‌ای و بهبود رشد و عملکرد گیاهان شده و از طرف دیگر با تولید طیف وسیعی از آنتی‌بیوتیک‌ها، متابولیت‌ها و آنزیم‌های تجزیه‌کننده سلولز و کیتین (Fathipour et al., 2020) سبب افزایش مقاومت گیاهان نسبت به تنش‌های زنده مثل آفات می‌شوند. اسیدهیومیک موجود در بیوگارد به‌عنوان تأمین‌کننده ماده آلی خاک و کلاته‌کننده عناصر غذایی به بهبود رشد، سلامت و عملکرد گیاهان، کمک بسزایی می‌کند (Fathipour et al., 2020).

لذا برخی از باکتری‌ها و قارچ‌های مفید در خاک، ضمن تحریک رشد گیاه، از رشد و تکثیر کنه دو لکه‌ای جلوگیری می‌کنند. این ریزجانداران می‌توانند بر مهار فعالیت‌های کنه‌ها از طریق رقابت برای منابع غذایی و یا تولید مواد ضد میکروبی مؤثر باشند (Fathipour et al., 2020). علت این نتایج، بهبود شرایط رشد و تقویت سیستم ایمنی است که مقاومت القایی بیشتری نسبت به صدمه کنه دو لکه‌ای به ارقام لوبیا نشان داده است (Sedaratian-Jahromi et al., 2009; 2015).

نتایج حاصل از تحقیق حاضر نیز بر این نکته تأکید می‌کند که انتخاب رقم مناسب و همراه‌سازی آن با عامل بیولوژیک مؤثر، می‌تواند در کاهش جمعیت آفت مؤثر باشد. این مطلب با نتایج تحقیق اشتیری و همکاران (Ashtari et al., 2024; 2025) روی لوبیا رقم صدر با دو ژنوتیپ دیگر مطابقت دارد. در مجموع، مطالعه حاضر نشان می‌دهد که مدیریت مؤثر کنه دولکه‌ای در لوبیا نیازمند یک راهبرد تلفیقی است: انتخاب رقم مقاوم، اعمال عامل بیولوژیک مانند مواد پروبیوتیک مناسب و شرایط محیطی است. این راهبرد می‌تواند به کاهش تراکم کنه در کشت‌های لوبیا و در نتیجه ارتقای عملکرد و پایداری تولید لوبیا کمک کند. اثر پروبیوتیک‌های بیوگارد، بایوفام و حتی پروبیوتیک ۹۶ در توان شش رقم متفاوت لوبیا بر کاهش جمعیت کنه تارتن با مطالعات کازمپی و همکاران (Kazemi et al., 2019) مطابقت دارد. بیوگارد در این تحقیق اثر بیشتری در مقایسه با دیگر

پروبیوتیک‌ها در کاهش جمعیت کنه داشت (جدول ۱ و ۲) و دلیل آن می‌تواند وجود قارچ *T. harzianum*، باکتری *B. velezensis* و اسیدهیومیک باشد که با ایجاد مقاومت القایی و تقویت گیاه، فشار تغذیه‌ای کنه را کاهش می‌دهد. در مقابل، بیوفام که حاوی باکتری‌های محرک رشد و القاگر مقاومت مانند *Bacillus spp.* است، از طریق افزایش فعالیت آنزیم‌های دفاعی و بهبود وضعیت فیزیولوژیک گیاه (Jalali et al., 2019) موجب کاهش حساسیت لوبیا به تغذیه کنه می‌شود. به‌طور کلی، کاربرد بیوگارد و بیوفام نشان می‌دهد که این ترکیبات می‌توانند به‌عنوان بخشی از برنامه مدیریت تلفیقی آفات در کاهش خسارت کنه‌تارتن در لوبیا مورد استفاده قرار گیرند. استفاده از پروبیوتیک‌ها همراه با انتخاب رقم، یک رویکرد مؤثر در مدیریت پایدار آفات است (Elizarraraz-Costa et al., 2024; Martínez et al., 2024). تحقیقات کمینلی و همکاران (Cominelli et al., 2022) نشان دادند که وارپته‌های مختلف لوبیای معمولی دارای ترکیبات ضد تغذیه از قبیل اسید فیتیک، لکترین و مهارکننده تریپسین هستند که می‌تواند روی جمعیت آفات گیاهخوار تأثیر داشته باشند. این عوامل در لاین‌های مختلف لوبیا با هم متفاوت‌اند. متابولیت‌های ثانویه دیگری مانند آلفا آمیلازها و یا فلاونوئیدها به‌عنوان عامل مقاومت القایی در ارقام مختلف لوبیا یافت شده‌اند (Cominelli et al., 2022). محققان در بررسی مقاومت لوبیا چشم بلبلی (*Vigna unguiculata* L.) نسبت به کنه تارتن به این نتیجه رسیده‌اند که مرگومیر آفات در ارقام مختلف به‌دلیل وجود عوامل ضد تغذیه‌ای مانند تارهای پشت برگ است (Alabi et al., 2004). در پژوهشی دیگر که به بررسی تحمل چند رقم و لاین‌های نسبت به کنه تارتن دو لکه‌ای پرداختند، مشخص شد که لاین‌های COS16 و 11816 متحمل‌تر از محلی خمین و لردگان است (Saeidi & Salehi, 2004; Saeidi & Mallik, 2017) که با نتایج تحقیق حاضر در خصوص جمعیت کنه بالغ در رقم محلی خمین بالاتر از پنج رقم (از جمله کوشا، افق، درسا و یاقوت) دیگر بود (جدول ۲)، مطابقت دارد. اهمیت تعامل رقم × عامل بیولوژیک در مطالعات اخیر نیز تأیید شده است؛ به‌طوری که پاسخ گیاه به عوامل پروبیوتیک بستگی به ویژگی‌های رقم میزبان دارد و بهره‌گیری از ترکیب مناسب رقم - عامل بیولوژیک می‌تواند اثربخشی مهار آفت کنه را افزایش دهد. طبق نتایج این تحقیق، رقم کوشا تلقیح‌شده با پروبیوتیک بیوگارد برای مهار زیستی جمعیت کنه تارتن توصیه می‌گردد.

نتیجه‌گیری

نتیجتاً میانگین شمارش کمترین جمعیت کنه بالغ پس از شش هفته در ارقام کوشا و یاقوت و سپس افق که با ترکیب بیوگارد تیمار شده بودند مشاهده شد. طبق نتایج حاصل از این پژوهش، رقم کوشا

با ترکیب بیوگارد برای مهار زیستی جمعیتی کنه بالغ توصیه می‌گردد. گیاهان زینتی انجام گردید، لذا از کلیه افرادی که در این تحقیق ما را یاری نموده‌اند کمال تشکر و قدردانی را داریم.

سیاسگزارى

این پژوهش در شرایط گلخانه کنترل‌شده در پژوهشکده گل و

References

- Abolfathi, N., Kochevli, F., & Mohiseni, A. A. (2012). An investigation into appropriate sample unit and sample universe to estimate *Tetranychus urticae* Koch. population in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) Fields in North of Lorestan Province. *Plant Protection (Scientific Journal of Agriculture)*, 34(2), 33-45.
- Ahmadi, K., Ebadzadeh, H., Hatami, F., Abdshah, H., & Kazemian, A. (2018). Agricultural statistics, first volume of crops. Ministry of Jihad Agriculture, Bureau of Statistics and Information Technology, 87. (In Persian).
- Ahmed, M. M., Ali, F. S., Afifi, A. A. M., & Gazoly, A. H. (2024). Host plant suitability for the biological performance of *Tetranychus urticae* Koch and its predator, *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot. *Phytoparasitica*, 1(2), 52, 87. <https://link.springer.com/article/10.1007/s12600-024-01202-1>. <https://doi.org/10.1007/s12600-024-01202-1>
- Alabi, O. Y., Odebiyi, J. A., & Tamo, M. (2004). Effect of host plant resistance in some cowpea *Vigna unguiculata* L. cultivars on growth and developmental parameters of the flower bud thrips, *Megalurothrips sjostedti* (Trybom). *Crop Protection*, 23, 83–88. [https://doi.org/10.1016/S0261-2194\(03\)00171-6](https://doi.org/10.1016/S0261-2194(03)00171-6)
- Alpysbayeva, K., Sharipova, D., Nurmanov, B., Seitzhan, A., & Naimanova, B. (2024). Enhancing biological control efficiency: Predatory potential of *Phytoseiulus persimilis* against *Tetranychus urticae* in greenhouse conditions. *Organic Farming*, 10(2), 133-141. https://www.acadlore.com/article/OF/2024_10_2/of100204. <https://doi.org/10.56578/of100204>
- Ansari, M. H., & Asadi-Rahmani, H. (2017). The effect of *Azotobacter*, *Azospirillum* and compost along with chemical fertilizer on seed yield and nutrient uptake of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Applied Field Crops Research*, 30(3), 14-35. <https://10.22092/aj.2018.116180.1213>.
- Ashtari, S., Asadi, B., & Dori, H. R. (2025) Resistance of Chitti bean genotypes of promising to two spotted spider mites *Tetranychus urticae* Koch in greenhouse conditions. *Journal Entomology Society Iran*, 45(1), 63–74. (in Persian). <https://doi,10.61186/jesi.45.1.5>
- Ashtari, S., Asadi, B., & Dori, H. R. (2024). Evaluation of the tolerance of promising genotype of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) to two spotted mite *Tetranychus urticae* Koch in field conditions. *Iranian Journal of Pulses Research*, 15(2), 301–315. (in Persian). <https://doi,10.22067/ijpr.2024.86974.1085>
- Cominelli, E., Sparvoli, F., Lisciani, S., Forti, C., Camilli, E., Ferrari, M., & Kunert, K. (2022). Antinutritional factors, nutritional improvement, and future food use of common beans: A perspective. *Frontiers in Plant Science*, 13, 992169. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.992169>
- Costa, S. G., Magalhães, S., Santos, I., Zélé, F., & Rodrigues, L. R. (2024). A sex-specific trade-off between pesticide resistance and tolerance to heat-induced sterility in *Tetranychus urticae*. *Evolutionary Applications*, 17(9), e70014. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-2861202/v1>
- Elizarraraz-Martínez, I. J., Rojas-Raya, M. A., Feregrino-Perez, A. A., Partida-Martínez, L. P., & Heil, M. (2024). Immunity priming and bio stimulation by airborne nonanal increase yield of field-grown common bean plants. *Frontiers in Plant Science*, 15, 1451864. <https://doi.org/10.3389/fpls.2024.1451864>
- Evren, G., Korkom, Y., Saboori, A., & Cakmak, I. (2025). Exploring the potential of *Trichoderma secondary* metabolites against *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae). *Journal of Invertebrate Pathology*, 211, 108299. <https://doi.org/10.1016/j.jip.2025.108299>
- Fathipour, Y., Sedaratian-Jahromi, A., & Asgari, S. (2020). Role of beneficial microorganisms in controlling *Tetranychus urticae* in agricultural ecosystems. *International Journal of Pest Management*, 66(4), 356-363.
- Gorman, K., Hewitt, F., Denholm, I., & Devine, G. J. (2002). New developments in insecticide resistance in the glasshouse whitefly (*Trialeurodes vaporariorum*) and the two-spotted spider mite (*Tetranychus urticae*) in the UK. *Pest Management Science: Formerly Pesticide Science*, 58(2), 123-130. <https://doi.org/10.1002/ps.427>
- Gruden, K., Lidoy, J., Petek, M., Podpečan, V., Flors, V., Papadopoulou, K. K., & Pozo, M. J. (2020). Ménage à trois: Unraveling the mechanisms regulating plant–microbe–arthropod interactions. *Trends in Plant Science*, 25(12), 1215-1226. <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2020.07.008>
- Hu, J., Yang, T., Friman, V. P., Kowalchuk, G. A., Hautier, Y., Li, M., & Jousset, A. (2021). Introduction of probiotic bacterial consortia promotes plant growth via impacts on the resident rhizosphere microbiome. *Proceedings of*

the Royal Society B, 288(1960), 2021.1396. <https://doi.org/10.1101/2021.06.21.449210>

Jalali, P., Navabpour, S., Yamchi, A., Soltanloo, H., & Bagherikia, S. (2019). Differential responses of antioxidant system and expression profile of some genes of two rice genotypes in response to salinity stress. *Biologia*, 75, 785-793. <https://doi.org/10.2478/s11756-019-00393-x>

Kazemi, A., Askarianzadeh, A., Saeedizadeh, A., & Ghadiri, A. (2019). Evaluation of bean cultivars resistance to two spotted spider mite, *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) under field conditions. *Iranian Legume Research*, 11(2), 95-108. (in Persian). <https://doi.org/10.22067/ijpr.v11i2.76080>

Khavari, H., & Shakeri, Q. A. (2019). The role of Arbuscular mycorrhiza and *Azotobacter chroococcum* on the growth and performance of different red bean (*Phaseolus vulgaris* L.) varieties, *Journal of Plant Ecophysiology Research*, 38(11), 118-131. (In Persian).

Manguntungi, B., Rusmana, I., Mustopa, A. Z., & Meryandini, A. (2025). The gene analysis and probiotic potential characterization of *Pseudomonas alcaligenes* SG03. *Hayati Journal of Biosciences*, 32(4), 1039-1052. <https://doi.org/10.4308/hjb.32.4.1039-1052>

Martin, L., Velázquez, E., Rivas, R., Mateos, P. F., Martínez-Molina, E., Rodríguez-Barrueco, C., & Peix, A. (2007). Effect of inoculation with a strain of *Pseudomonas fragi* in the growth and phosphorous content of strawberry plants. In First International Meeting on Microbial Phosphate Solubilization. Dordrecht: Springer Netherlands. p. 309-315. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-5765-6_49

Montazersaheb, H., Zamani, A. A., Sharifi, R., & Darbemamieh, M. (2021). Effects of plant probiotic bacteria and herbivore-induced plant volatiles on life table parameters of *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) on kidney bean's attached leaves. *International Journal of Acarology*, 47(6), 520-527., <https://doi.org/10.1080/01647954.2021.1957012>

Montazersaheb, H., Zamani, A. A., Sharifi, R. A., & Darbemamieh, M. (2023). How the plant probiotic bacteria and herbivore-induced plant volatiles (HIPVs) alter functional response of *Phytoseiulus persimilis* (Phytoseiidae) on the two-spotted spider mite. *Acarologia*, 63(3), 834-843. <https://doi.org/10.24349/a9ak-1wu2>

Nazerian, E., & Hosseininia, A. (2022). Pest and Disease Management of Ornamental Plants (Integrated, Biological, Chemical Control). Gofteman Andisheh Moaser Publications, Qom, Iran. 265 p. (in Persian with English abstract).

Pieterse, C. M., Zamioudis, C., Berendsen, R. L., Weller, D. M., Van Wees, S. C., & Bakker, P. A. (2014). Induced systemic resistance by beneficial microbes. *Annual Review of Phytopathology*, 52(1), 347-375. <https://doi.org/10.1146/annurev-phyto-082712-102340>

Pineda, A., Zheng, S. J., Van Loon, J. J., Pieterse, C. M., & Dicke, M. (2010). Helping plants to deal with insects: The role of beneficial soil-borne microbes. *Trends in Plant Science*, 15(9), 507-514. <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2010.05.007>

Pirlak, L., & Köse, M. (2009). Effects of plant growth promoting rhizobacteria on yield and some fruit properties of strawberry. *Journal of Plant Nutrition*, 32(7), 1173-1184. <https://doi.org/10.1080/01904160902943197>

Premalatha, K., Nelson, S. J., Vishnupriya, R., Balakrishnan, S., & Santhana Krishnan, V. P. (2018). Acaricidal activity of plant extracts on two spotted spider mite, *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae). *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 6(1), 1622-1625.

Pretty, J., & Bharucha, Z. P. (2015). Integrated pest management for sustainable intensification of agriculture in Asia and Africa. *Insects*, 6, 152-182. <https://doi.org/10.3390/insects6010152>

Rasouli Sadeghiani, M. H., Khodaverdilu, H., Barin, M., & Kazem-Alilu, S. (2016). Effect of PGPR bacteria and arbuscular mycorrhizal fungi on the growth and some physiological characteristics of Babao thorn in cadmium-contaminated soil. *Ferdowsi University of Mashhad Journal of Water and Soil*, 30(2), 542-554. <https://doi.org/10.22067/jsw.v30i2.40077> . (In Persian).

Roussos, P. A., Triantafillidis, A., & Kepolas, E. (2010). Strawberry fruit production and quality under conventional, integrated and organic management. In XXVIII International Horticultural Congress on Science and Horticulture for People (IHC2010): International Symposium on 926. p. 541-546. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2012.926.76>

Saeidi, Z., & Mallik, B. (2012). Entrapment of two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae* (Acari: Prostigmata: Tetranychidae), by type IV glandular trichomes of *Lycopersicon* species. *Journal of Entomological Society of Iran*, 31, 15-27. (in Persian). <https://doi.org/10.22067/jsw.v30i2.40077>

Saeidi, Z., & Salehi, F. (2004). Investigation of resistance of 7 selected lines from the local beech Chit Lordegan Mass. To mackerel. 16th Iranian Congress of Plant Protection, p. 271. (in Persian)

Sedaratian-Jahromi, A., & Fathipour, Y. (2015). Effects of biological fertilizers on reducing *Tetranychus urticae* population. *Environmental Entomology*, 44(3), 547-552. <https://doi.org/10.1093/ee/nvv089>

Sedaratian-Jahromi, A., Fathipour, Y., & Moharrampour, S. (2009). Evaluation of resistance in 14 soybean genotypes to *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae). *Journal of Pest Science*, 82(2), 163-170.

<https://doi.org/10.1007/s10340-008-0235-8>

Sharifi, R., Ahmadzadeh, M., Sharifi Tehrani, A., & Fallahzadeh, V. (2008). The competition for iron is absorbed by fluorescent pseudomonads role in controlling *Rhizoctonia solani* damping factor beans. *Journal of Plant Protection*, 22, 183-196. (in Persian). <https://doi.org/10.22067/jpp.v22i22.1065>

Singh, A., Bhardwaj, R., & Singh, I. K. (2019). Biocontrol agents: Potential of biopesticides for integrated pest management. In *Biofertilizers for Sustainable Agriculture and Environment*. p. 413-433. Cham: Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-18933-4_19

Todeschini, V., Aitlahmidi, N., Mazzucco, E., Marsano, F., Gosetti, F., Robotti, E., & Lingua, G. (2018). Impact of beneficial microorganisms on strawberry growth, fruit production, nutritional quality, and volatile. *Frontiers in Plant Science*, 9, 1611. <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.01611>

Yan, J., Zhang, B., Li, G., & Xu, X. (2021). Bacterial communities in predatory mites are associated with species and diet types. *Biocontrol*, 66(6), 803-811. <https://doi.org/10.1007/s10526-021-10112-8>

Zhao, S., Zhao, Q., Dai, X., Lv, B., Wang, R., Yin, Z., Zhang, F., Liu, Y., Su, L., Chen, H., & Zheng, L. (2023). A review of the major biological approaches to control *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) with special reference to natural pesticides. *Pest Management Scienc*, 86, 361-386. <https://doi.org/10.1007/s10340-013-0503-0>



The Effects of Essential oils Extracted from Five Medicinal Plants on the Greenhouse whitefly (*Trialeurodes vaporariorum* (Hemiptera: Aleyrodidae)) under Laboratory Conditions

N. Kianpoor¹, H. A. Vahedi^{ID 1*}, M. R. Bagheri^{ID 2}, M. A. Samih³, Z. Saeedi^{ID 4}, Z. Emami Bistgani^{ID 2}

1- Department of Plant Protection, Campus of Agriculture and Natural Resources, Razi University, Kermanshah, Iran

2- Isfahan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Isfahan, Iran

3- Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, Vali-e-Asr University, Rafsanjan, Iran

4- Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Chaharmahal va Bakhtiari, AREEO, Iran
Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Isfahan, Iran

(*- Corresponding author's Email: h.vahedi@razi.ac.ir)

Received: 08-10-2025

Revised: 04-12-2025

Accepted: 05-01-2026

Available Online: 22-06-2026

How to cite this article:

Kianpoor, N., Vahedi, H. A., Bagheri, M. R., Saeedi, Z., & Emami Bistgani, Z. (2026). The effects of essential oils extracted from five medicinal plants on the greenhouse whitefly (*Trialeurodes vaporariorum* (Hemiptera: Aleyrodidae)) under laboratory conditions. *Iranian Plant Protection Research*, 40(2), 539-551. (In Persian). <https://doi.org/10.22067/jpp.2026.95864.1256>

Introduction.

The greenhouse whitefly (*Trialeurodes vaporariorum* Westwood (Hemiptera: Aleyrodidae)) is causing significant damage to both field and greenhouse plants worldwide. This pest cause both direct and indirect damage by feeding on plant sap, transmitting plant viruses and secreting honeydew on the leaf surface. The honeydew stimulates the growth of sooty mold fungi that can cover the leaf surface, reducing photosynthesis and contaminating crop products. This polyphagous insect feed on more than 850 plant species, those reflects its significant adaptability to various conditions and represents a serious threat to sustainable agricultural products. Due to the adverse consequences and destructive impacts resulting from using chemical insecticides, the identification and introduction of safer alternatives, especially within the framework of integrated pest management (IPM) programs, is very important. The most suitable strategy for controlling this pest is the integrated use of both biological and essential plant oils methods. The present study was carried out with the aim of reducing reliance on chemical insecticides, preventing pest resistance, and minimizing environmental hazards. In this study, the repellency or antifeedant effects of plant essential oils and their influence on the populations of the *T. vaporariorum* were evaluated under laboratory conditions (27 ± 5 °C, $60 \pm 10\%$ RH and natural light).

Materials and Methods

Plants Studied: *Thymus daenensis* (Celak), *Matricaria chamomilla* L., *Achillea millefolium* L., *Menta piperita* L. and *Rosmarinus officinalis* L., were obtained from the medicinal plant farms of the Agricultural and Natural Resources Research and Education Center of Isfahan Province in June 2023. *T. daenensis* identified by



Authors retain the copyright. This is an open access article distributed under Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0)

<https://doi.org/10.22067/jpp.2026.95864.1256>

herbarium code 18122, *M. chamomilla* by 18123, *A. millefolium* by 18124, *M. piperita* by 18121, and *R. officinalis* by 18125.

Host plant: In this study, the eggplant plant, *Solanum melongena* L. (Solanaceae) (Commercial cultivar Lango) was used as the host plant for the greenhouse whitefly. The host plants, *S. melongena*, were planted and maintained under identical conditions with a temperature of 27 ± 5 °C, relative humidity of $60 \pm 10\%$, and exposure to natural light.

The infested leaves containing nymphs and pupal stages were collected from commercial greenhouses and kept in growth chambers at a temperature of 25 ± 2 °C, relative humidity of $65 \pm 5\%$, and a photoperiod of 8:16 (light:dark) until reaching the adult stage. Following the emergence of adults, both male and female insects were introduced onto host plants to initiate colonies. Extraction of essential oils from the studied plants: First, the plants were dried in shaded areas equipped with ventilation. Then, the dried plants were ground and the essential oils were extracted using a Clevenger machine. Essential oils extracted from five medicinal plants, including *T. daenensis*, at concentrations of 16, 31, 62.5, 125, and 250 ppm; *M. chamomilla* and *M. piperita* at concentrations of 81.25, 162.5, 325, 750, and 1500 ppm; *A. millefolium* at concentrations of 125, 250, 500, 1000, and 2000 ppm; and *R. officinalis* at concentrations of 162.5, 325, 750, 1500, and 3000 ppm, were evaluated. When eggplants plants reached the 3–4 leaf stage, essential oils at five concentrations, already determined by preliminary tests, were applied via foliar spraying on the leaves of eggplants, including untreated control only sprayed by distilled water + 2% Tween 80. The treated pots were then transferred into an infested greenhouse where host plants contained at least 100 adult whiteflies. The pots were arranged in five treatments with four plants per treatment, replicated four times, in a completely randomized design, ensuring approximately equal distance from the sources of infestation. The number of insects attracted to each pot was counted after 24 and 48 hours. After 48 hours, the pots were transferred to a separate chamber isolated from any further whitefly infestation. Over a period of 30–40 days, the pots were examined weekly to monitor and record the development of different life stages of the whitefly. Data analysis of the impact of essential oils of five medicinal plants on feeding and population changes of greenhouse whiteflies. Initially, the collected data were transformed with $\sqrt{x+1}$, then variance analysis was performed using SPSS19.0.0 program, and comparisons and grouping of means were compared using Duncan's multiple range test at a probability level of five percent.

Results and Discussion

Yarrow (*Achillea millefolium*) at concentration of 125 ppm exhibited the lowest repellency with the highest attraction of the whitefly population at 24 hours (126.25 ± 23.33) and 48 hours (133 ± 23.42) after essential oil treatment, while Chamomile (*Matricaria chamomilla*) showed the highest repellency with the lowest insect attraction at 24 hours (4.75 ± 2.05) and 48 hours (7.75 ± 2.09) at concentration of 1500 ppm. The repellency of essential oils were positively correlated with concentration, such that increasing concentrations in the most cases reduced the insect population and enhanced repellency. The whitefly population varied significantly during the first week ($F = 2.983$, $df = 25$, $p = 0.0001$) and the second week ($F = 3.107$, $df = 25$, $p = 0.0001$), whereas no significant differences were observed in the third ($F = 0.986$, $df = 25$, $p = 0.493$) and fourth weeks ($F = 1.246$, $df = 25$, $p = 0.228$). Based on the findings, Chamomile essential oil at concentrations of 750 ppm and higher, Thyme at 125 ppm and higher, Yarrow at 250 ppm and higher, Peppermint at concentration of 750 ppm and higher, and Rosemary at concentration of 1500 ppm and higher could effectively act as repellents to protect greenhouse eggplants against *T. vaporariorum*. Several studies have also evaluated the insecticidal activity of other plant essential oils against various pests, with the differences in results mainly attributable to pest species, type of extract, and experimental timing. Collectively, the previous studies indicated that the essential oils used in the present study could serve as potential alternatives for the development of natural insecticides.

Conclusion

Findings are promising in development of safe botanicals; however, it would require confirmation of their positive field result.

Keywords: Botanical insecticides, Ecofriendly pesticides, Insect control, IPM, Sustainable agriculture

اثرات اسانس پنج گیاه دارویی روی سفیدبالک گلخانه (*Trialeurodes vaporariorum* (Hemiptera: Aleyrodidae)) در شرایط آزمایشگاهی

نجمه کیانپور^۱ - حسنعلی واحدی^{۱*} - محمد رضا باقری^۲ - محمد امین سمیع^۳ - زریب سعیدی^۴ - زهره امامی بیستگانی^۲

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۷/۱۶

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۱۰/۱۵

چکیده

سفیدبالک گلخانه (*Trialeurodes vaporariorum*) یکی از آفات مهم در گیاهان زراعی، زینتی و سبزیجات به شمار می‌رود و هر سال می‌تواند به صورت مستقیم و غیرمستقیم خسارت زیادی به این محصولات در دنیا وارد کند. در این پژوهش، اثرات دورکنندگی یا ضدتغذیه‌ای اسانس‌های گیاهی آویشن دناهی (*Thymus daenensis* Celak.)، بابونه (*Matricaria chamomilla* L.)، نعناع فلفلی (*Mentha piperita* L.)، بومادران (*Achillea millefolium* L.) و رزماری (*Rosmarinus officinalis* L.) بر تغییرات جمعیت این آفت در شرایط کنترل‌شده با دمای 27 ± 5 درجه سلسیوس، رطوبت نسبی 60 ± 10 درصد و نور طبیعی بررسی شد. زمانی که گیاه بادمجان کاشته‌شده به مرحله ۳-۴ برگ‌ریزی رسیدند، اسانس‌ها در پنج غلظت مختلف که با آزمایش‌های مقدماتی تعیین شده بود، روی برگ‌های بادمجان محلول‌پاشی شدند. سپس گلدان‌ها به یک گلخانه آلوده که بوته‌های آن دارای حداقل ۱۰۰ حشره بالغ بودند، انتقال داده شد. گلدان‌ها به صورت بلوک‌هایی از پنج تیمار مختلف با چهار گیاه در هر تیمار و در چهار تکرار در قالب طرح کاملاً تصادفی به نحوی چیده شدند که فاصله آن‌ها از منابع آلودگی تقریباً یکسان بود. تعداد حشرات جلب‌شده روی هر کدام از گلدان‌ها بعد از ۲۴ و ۴۸ ساعت شمارش شد. پس از ۴۸ ساعت، گلدان‌ها به اتاقک جداگانه به دور از هرگونه آلودگی مجدد به سفیدبالک‌ها منتقل گردید. و رشدونمو مراحل مختلف زیستی سفیدبالک، مورد بررسی قرار گرفتند. طبق نتایج به‌دست‌آمده، بومادران در غلظت ۱۲۵ میلی‌گرم در لیتر کمترین دورکنندگی با بیشترین جذب حشره را در ۲۴ ($126/25 \pm 33/23$) و ۴۸ ساعت ($133 \pm 23/42$) بعد از تیمار با اسانس‌ها داشت و بابونه بیشترین دورکنندگی با کمترین جذب حشره را در ۲۴ ($4/75 \pm 2/05$) و ۴۸ ساعت ($7/75 \pm 2/09$) بعد از تیمار با اسانس در غلظت ۱۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر داشت. تغییرات جمعیت طی هفته اول و دوم دارای اختلاف معنی‌دار بود، ولی در هفته‌های سوم و چهارم اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. با توجه به عدم وجود باقی‌مانده سمی و هم‌چنین امکان تولید این اسانس در کشور، این ترکیبات می‌توانند در تولید محصولات ارگانیک و کاهش مصرف سموم شیمیایی کاربرد داشته باشند.

واژه‌های کلیدی: حشره‌کش دوست‌دار محیط‌زیست، حشره‌کش‌های گیاهی، کشاورزی پایدار، کنترل حشرات، IPM

۱- گروه گیاهپزشکی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران

۲- مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اصفهان، ایران

۳- گروه گیاهپزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ولی عصر رفسنجان، رفسنجان، ایران

۴- مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی چهارمحال و بختیاری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ایران

(*) نویسنده مسئول: Email: h.vahedi@razi.ac.ir

<https://doi.org/10.22067/jpp.2026.95864.1256>

مقدمه

Macrolophus caliginosus) در شرایط آزمایشگاهی و گلخانه‌ای مورد ارزیابی قرار داده‌اند. این پژوهش‌ها تفاوت معنی‌داری را بین غلظت‌های مختلف ایمیداکلوپراید و سایر ترکیبات در سطح پنج درصد نشان داده و حشره‌کش‌های گیاهی را به‌عنوان گزینه‌های قابل توصیه در مدیریت تلفیقی آفات معرفی کرده‌اند (Moazeni et al., 2016; Hosseininia et al., 2017; Ali Bakhshi et al., 2018).

علاوه‌براین، در بررسی‌های متفاوت اثرات کشندگی، زیرکشندگی، بازدارندگی تخم‌ریزی، و دافعه اسانس‌ها و عصاره‌های گیاهانی نظیر بومادران، آویشن دناپی، نعنای فلفلی، رزماری، بابونه، و پونه‌کوهی (*Mentha longifolia* (L.) L., 1753) بر آفات مختلف مانند سفیدبالک گلخانه، کنه تارتن دولکه‌ای (*Tetranychus urticae* Koch)، پسیل پسته (*Agonoscena pistaciae* Burckhardt & Lauterer) و شته جالیز (*Aphis gossypii* Glover) بررسی شده‌اند. این پژوهش‌ها اغلب نشان داده‌اند که اسانس‌ها دارای اثرات مثبت و گاه پایدار بر رشد و تکثیر آفات، همراه با آسیب حداقلی به دشمنان طبیعی هستند (Sharifiyan et al., 2024; Salehi et al., 2017; Farahani et al., 2020; García-Pereyra et al., 2021; Dehghani & Ahmadi, 2013).

برآورد فراسنجه‌های رشد جمعیت و همچنین تعیین چگونگی تغییرات جمعیت حشرات از طریق مطالعه اثر آفت‌کش روی توانایی‌های تولیدمثلی می‌تواند در انتخاب یک حشره‌کش بسیار مفید باشد. می‌توان گفت که تعیین اثرات زیرکشنده به همراه اثرات کشندگی آن برای ارزیابی صحیح خاصیت حشره‌کشی ضروری می‌باشد (Desneux et al., 2007). یکی از مزیت‌های مهم ارزیابی اثرات کشندگی و زیرکشندگی حشره‌کش‌ها، توانایی اجرای روش‌های سازگار با محیط زیست و مؤثرتر در برنامه‌های مدیریت آفات می‌باشد (Desneux et al., 2007). مسئله اصلی استفاده از حشره‌کش‌ها در مهار سفیدبالک گلخانه‌ای، افزایش مقاومت حشره به بسیاری از حشره‌کش‌ها است (Fytrou et al., 2017). این پدیده به توانایی جمعیت یک حشره برای بقا و ادامه تولیدمثل پس از مواجهه با دُزی از آفت‌کش که پیش‌تر اثر مهارکننده داشته، اطلاق می‌گردد و از چالش‌های اساسی در مدیریت آفات محسوب می‌شود (Sparks & Nauen, 2015; Costantini, 2019; Madgwick et al., 2023). که در نتیجه فشار انتخابی ناشی از مصرف مکرر آفت‌کش‌ها ایجاد شده و از طریق انباشت جهش‌های ژنتیکی و تغییرات فیزیولوژیک منجر به بروز شکل‌های مختلف مقاومت می‌شود و می‌تواند اثربخشی برنامه‌های مدیریت تلفیقی آفات را کاهش دهد (Irac, 2024). با توجه به اینکه امروزه مدیریت مهار موفق سفیدبالک گلخانه تنها از طریق استفاده هم‌زمان از دشمنان طبیعی و حشره‌کش‌های ایمن امکان‌پذیر است، بررسی کارایی حشره‌کش‌هایی با حداقل تأثیر سوء بر

سفیدبالک‌های گلخانه (*Trialeurodes vaporariorum*) دارای دامنه میزبانی وسیعی هستند که هم گیاهان خودرو و هم گیاهان زراعی را شامل می‌شود. بسیاری از محصولات باغی و گلخانه‌ای از جمله سیب‌زمینی (*Solanum tuberosum* L.)، گوجه‌فرنگی (*Solanum lycopersicum* L.)، فلفل (*Piper nigrum* L.)، خیار (*Cucumis sativum* L.)، لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.)، کدو (*Cucurbita pepo* L.)، بادمجان (*Solanum melongena* L.)، هندوانه (*Citrullus lanatus* L.) و فلفل‌دل‌های (*Capsicum annuum* L.) از میزبان‌های بسیار حساس به این آفت به شمار می‌روند (Khan & Winski, 2024; Nasruddin & Mound, 2016). یکی از آفات کلیدی محصولات گلخانه‌ای در سراسر جهان محسوب می‌شود که با تغذیه از شیریه گیاهی، ترشح عسلک، ایجاد کپک دوده‌ای و همچنین انتقال ویروس‌های گیاهی، خسارت‌های مستقیم و غیرمستقیم فراوانی را وارد می‌کند (Dai et al., 2024; Dearlove et al., 2024). گستره میزبانی وسیع این آفت که بیش از ۸۵۰ گونه گیاهی را شامل می‌شود، بیانگر سازگاری بالای آن با شرایط متنوع و تهدیدی جدی برای تولید پایدار محصولات کشاورزی است. اگرچه طی دهه‌های گذشته حشره‌کش‌های شیمیایی ابزار اصلی مدیریت این آفت بوده‌اند، اما مصرف مکرر و بی‌رویه آن‌ها منجر به بروز مقاومت در برابر گروه‌های مختلف از جمله نئونیکوتینوئیدها (*Neonicotinoids*)، پیرتروئیدها (*Pyrethroids*) و حشره‌کش‌های تنظیم‌کننده رشد شده است که این امر موجب کاهش کارایی کنترل شیمیایی، آلودگی محیط زیست و نابودی دشمنان طبیعی شده است (Dai et al., 2024; Dearlove et al., 2024). در بین متابولیت‌های ثانویه، اسانس‌ها از جمله مهم‌ترین و گسترده‌ترین ترکیبات به‌ویژه در گیاهان دارویی و گونه‌های معطر، محسوب می‌شوند (Bakkali et al., 2008). متابولیت‌های ثانویه برخلاف متابولیت‌های اولیه، نقشی مستقیم در فرآیندهای اصلی فیزیولوژیک مانند رشد، فتوسنتز، سنتز پروتئین، تنفس، جذب و ذخیره مواد غذایی ندارند، اما اهمیت زیستی بالایی در سیستم دفاعی گیاه ایفا می‌کنند. این ترکیبات می‌توانند به‌عنوان عوامل بازدارنده تغذیه، جلوگیری‌کننده از تخم‌ریزی، دورکننده حشرات و حتی ترکیبات سمی عمل کرده و از گیاه در برابر آفات محافظت کنند (Taiz & Zwiger, 2002; Gardner & Bright, 2003).

مطالعات متعددی اثر حشره‌کش‌های شیمیایی (مانند ایمیداکلوپراید) و گیاهی (مانند سیرنول، پالیزین و تنداکسیر) را روی سفیدبالک گلخانه (*T. vaporariorum*) و همچنین شکارگر آن

اسانس‌گیری از گیاهان مورد مطالعه

ابتدا گیاهان با روش خشکاندن در سایه در اماکن مجهز به دستگاه تهویه خشک شدند. سپس گیاهان خشک‌شده، آسیاب و با استفاده از دستگاه کلونجر اسانس‌گیری^۱ شد. در این روش، مقدار ۳۵۰-۳۰۰ گرم از اندام هوایی گیاهان مورد مطالعه خشک، در آسیاب خرد و درون بالن ریخته شد. سپس به محتویات داخل بالن، آب مقطر (حدود سه لیتر آب) اضافه شد تا حدی که سطح گیاه را کاملاً بپوشاند. سپس با تنظیم میزان حرارت و سرعت عبور آب سرد از مبرد، تقطیر شروع شد. اسانس جمع‌آوری شده با کمک سدیم سولفات آب‌گیری شد و تا زمان استفاده در ظروف در بسته‌ای در دمای چهار درجه سانتی‌گراد در یخچال نگهداری گردید (Sefidkon et al., 2007).

آزمایش‌های تأثیر اسانس‌های گیاهی روی حشره کامل سفید بالک‌گلخانه

با استفاده از نتایج به‌دست‌آمده از آزمایش‌های مقدماتی، غلظت‌های مورد نیاز برای انجام آزمایش‌های زیست‌سنجی روی حشرات کامل سفیدبالک‌گلخانه تعیین شدند. از آنجایی که در این آزمون‌ها دُزی که ۰ و ۱۰۰ درصد تلفات را ایجاد می‌کند مناسب نیست، غلظتی که پنج درصد تلفات ایجاد کند به‌عنوان پایین‌ترین دُز و غلظتی که ۹۵ درصد تلفات را ایجاد کند به‌عنوان بالاترین دُز مؤثر برای انجام آزمایش‌های اصلی انتخاب شد (Talebi Jahromi, 2011). دُزهای بین آن‌ها نیز از طریق قرار دادن در معادله ۱ در فاصله لگاریتمی به دست آمد.

$$a = \frac{\log A - \log E}{n-1} \quad (1)$$

$$B = \text{Anti log} (\log A - a)$$

$$C = \text{Anti log} (\log A - 2a)$$

$$D = \text{Anti log} (\log A - 3a)$$

که در آن، A و E: به‌ترتیب بالاترین و پایین‌ترین غلظت‌ها، B، C و D: غلظت‌های بین آن‌ها هستند. همچنین a: مقدار ثابت برای تمام غلظت‌ها و n: برابر با تعداد غلظت‌ها می‌باشد (Talebi Jahromi, 2011).

اثر حشره‌کشی اسانس‌های گیاهی در پنج غلظت به‌دست‌آمده از آزمایش‌های مقدماتی روی حشرات کامل هم‌سن سفیدبالک بررسی شد. به‌منظور هم‌سن‌سازی حشرات کامل، گیاهان بادمجان حاوی شفیله‌های چشم قرمز به قفس‌های جداگانه به ابعاد ۸۰ × ۵۰ × ۶۰ عاری از سفیدبالک منتقل گردید. روزانه حشرات کامل خارج‌شده از این شفیله‌ها جمع‌آوری گردید (این حشرات هم‌سن کمتر از ۲۴

دشمنان طبیعی ضروری به نظر می‌رسد. مناسب‌ترین رویکرد در مدیریت این آفت، بهره‌گیری تلفیقی از روش‌های زیستی و گیاهی است. پژوهش حاضر با هدف کاهش وابستگی به آفت‌کش‌های شیمیایی، پیشگیری از مقاومت آفات و کاهش آسیب‌های زیست‌محیطی، طی بهار و تابستان سال ۱۴۰۲ اجرا گردید.

مواد و روش‌ها

گیاهان مورد مطالعه

گیاه آویشن دناپی (*Thymus daenensis* (Celak))، بابونه (*Achillea millefolium* L.)، نعناع فلفلی (*Menta piperita* L.) و رزماری (*Rosmarinus officinalis* L.) از مزارع گیاهان دارویی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان در خرداد-ماه سال ۱۴۰۲ تهیه شد. آویشن دناپی با کد هرباریومی ۱۸۱۲۲، بابونه با کد هرباریومی ۱۸۱۲۳، بومادران با کد هرباریومی ۱۸۱۲۴، نعناع فلفلی با کد هرباریومی ۱۸۱۲۱ و رزماری با کد هرباریومی ۱۸۱۲۵ مورد تأیید قرار گرفت.

گیاه میزبان

در این پژوهش، گیاه بادمجان (*Solanum melongena* L.) رقم تجاری Lango به‌عنوان گیاه میزبان سفید بالک گلخانه مورد استفاده قرار گرفت. بذر بادمجان بعد از خیساندن با آب به‌منظور جوانه‌زنی (به مدت ۲۴ ساعت) به گلدان انتقال داده شد. تعداد پنج بذر در هر گلدان پلاستیکی به ابعاد ۱۵ × ۱۰ سانتی‌متر حاوی نسبت مساوی پرلیت و کوکوپیت کشت گردید. به‌منظور حفظ کلنی سفیدبالک به‌صورت مداوم گلدان‌های جدید در محیط عاری از سفیدبالک کاشته شد و برای آزمایش‌ها آلوده‌سازی گردید. گیاهان در شرایط یکسان با دمای ۵ ± ۲۷ درجه سلسیوس، رطوبت نسبی ۱۰ ± ۶۰ درصد و نور طبیعی کاشته و نگهداری شدند.

پرورش سفیدبالک گلخانه

گیاه بادمجان در گلخانه‌های تحقیقاتی بخش تحقیقات گیاه پزشکی استان چهارمحال و بختیاری کاشته شد. نمونه برگ‌های آلوده به پوره‌ها و شفیله سفیدبالک از گلخانه‌های تجاری استان جمع‌آوری و شناسایی شد (Martin et al., 2000). آن‌ها در اتاقک‌های رشد در شرایط حرارتی ۲ ± ۲۵ درجه سلسیوس، رطوبت نسبی ۵ ± ۶۵ درصد و دوره نوری ۸:۱۶ (روشنایی: تاریکی) تا رسیدن به مرحله حشرات بالغ نگهداری شدند. پس از ظاهر شدن حشرات بالغ و تأیید گونه (Martin et al., 2000)، حشرات نر و ماده روی گیاهان میزبان برای ایجاد کلنی رهاسازی شد.

۱- در محل آزمایشگاه بخش خاک‌شناسی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان چهارمحال و بختیاری

مختلف رشدی سفیدبالک مورد بررسی قرار گرفتند. این برگ‌های برداشته شده در کیسه‌های پلاستیکی به مدت یک شب در دمای چهار درجه سانتی‌گراد ذخیره و روز بعد، تعداد پوره‌ها و تخم‌های سفیدبالک در زیر بینوکولر بررسی و ثبت شدند.

تحلیل داده‌های اثرات اسانس پنج گیاه دارویی روی تغذیه و تغییرات جمعیت سفیدبالک گلخانه

به منظور نرمال شدن داده‌های به دست آمده، ابتدا داده‌ها با استفاده از معادله $\sqrt{x+1}$ تبدیل، سپس با استفاده از برنامه SPSS19.0.0 تجزیه واریانس شد و مقایسه و گروه‌بندی میانگین‌ها با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد با یکدیگر صورت گرفت (Celik et al., 2022).

نتایج

بررسی اثرات دورکنندگی یا ضدتغذیه‌ای اسانس‌های گیاهی تیمار شده روی سفیدبالک گلخانه

نتایج تجزیه واریانس، اثر دورکنندگی اسانس‌های مختلف گیاهی بر سفیدبالک گلخانه بعد از ۲۴ (p=۰/۰۰۱ و f=۲/۶۸ و df=۲۵) و ۴۸ ساعت (p=۰/۰۰۳ و f=۲/۲۶ و df=۲۵) معنی‌دار بود. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که براساس آزمون دانکن، بیشترین میزان دورکنندگی بعد از ۲۴ ساعت در اسانس بابونه با غلظت ۱۵۰۰ میلی گرم در لیتر بود (۴/۷۵±۲/۰۵) حشره در هر گیاه) و درحالی که کمترین دورکنندگی در بومادران با غلظت ۱۲۵ میلی گرم در لیتر با میانگین (۱۲۶/۲۵±۳۳/۲۳) وجود داشت، که بیشتر از شاهد (۹۳/۶۰±۳۷/۵۳) حشره در هر گیاه) بود. دورکنندگی بومادران بعد از ۴۸ ساعت در غلظت ۱۲۵ میلی گرم در لیتر نیز کمترین مقدار بود (۲۳/۴۲±۱۳۳). در واقع، دورکنندگی بومادران بعد از ۲۴ و ۴۸ ساعت در غلظت ۱۲۵ میلی گرم در لیتر قابل توجه بود. همچنین بیشترین دورکنندگی اسانس‌ها ۴۸ ساعت بعد در بابونه با غلظت ۱۵۰۰ میلی گرم در لیتر بود (۷/۷۵±۲/۰۹) و درحالی که کمترین دورکنندگی در بومادران با غلظت ۱۲۵ میلی گرم در لیتر وجود داشت (۱۳۳±۲۳/۴۲) که بیشتر از شاهد (۸۱±۲۵/۹۸) بود. در بابونه بعد از ۲۴ و ۴۸ ساعت، بیشترین میزان دورکنندگی در غلظت ۱۵۰۰ میلی گرم در لیتر مشاهده شد. طبق نتایج به دست آمده، کمترین جمعیت حشرات کامل سفیدبالک روی گیاهان تیمار شده با بابونه و بیشترین جمعیت حشره روی گیاهان تیمار شده با بومادران بود (جدول ۱).

ساعت با هم اختلاف سنی داشتند). به طور متوسط در هر غلظت ۱۰۰ عدد سفیدبالک بررسی شد. آویشن‌دنايي در غلظت‌های ۲۵۰، ۱۲۵، ۶۲/۵، ۳۱/۲۵ و ۱۶ میلی گرم در لیتر، بابونه و نعنای فلفلی در غلظت‌های ۱۵۰۰، ۷۵۰، ۳۲۵، ۱۶۲/۵ و ۸۱/۲۵ میلی گرم در لیتر، بومادران در غلظت‌های ۲۰۰۰، ۱۰۰۰، ۵۰۰، ۲۵۰ و ۱۲۵ میلی گرم در لیتر و رزماری در غلظت‌های ۳۰۰۰، ۱۵۰۰، ۷۵۰، ۳۲۵ و ۱۶۲/۵ میلی گرم در لیتر مورد استفاده قرار گرفتند. این آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی و با توجه به حساسیت آزمایش با هشت تکرار اجرا شد. محلول آب مقطر به عنوان شاهد مورد استفاده قرار گرفت که برای یکنواختی محلول به آن دو درصد توئین ۸۰ اضافه شد (Ateyyat et al., 2009; Irannezhad et al., 2012; Nikakhtar et al., 2022). به منظور یکنواختی تیمارها، توئین به محلول اسانس‌ها نیز اضافه گردید. میزان تلفات حشره بعد از ۲۴ و ۴۸ ساعت شمارش و ثبت شدند. ثبت مرگومیر بعد از ۴۸ ساعت باعث می‌شود تا سمیت واقعی و پایداری اثر، مشخص شده و پویایی اثرگذاری اسانس‌ها بر آفت بهتر بیان شود.

بررسی اثرات دورکنندگی یا ضدتغذیه‌ای اسانس‌های گیاهی و تغییرات جمعیت روی سفیدبالک گلخانه

تیمارهای مورد آزمایش روی گیاه بادمجان که در گلدان‌هایی به ابعاد ۱۵ × ۱۰ سانتی متر در محیط عاری از سفیدبالک کاشته شده‌اند، اعمال گردید. اسانس‌ها پشت و روی سطوح برگ‌های بادمجان پاشیده شد. گلدان‌ها زمانی که گیاهان به مرحله ۳-۴ برگی رسیدند به یک گلخانه آلوده که بوته‌های آن دارای حداقل ۱۰۰ حشره بالغ بودند، انتقال داده شد. گلدان‌ها به صورت بلوک‌هایی از پنج تیمار مختلف با چهار گیاه در هر تیمار و در چهار تکرار در قالب طرح کاملاً تصادفی به نحوی چیده شدند که فاصله آن‌ها از منابع آلودگی تقریباً یکسان بود. گلدان‌ها به مدت ۴۸ ساعت در کنار منابع آلودگی قرار گرفت و تعداد حشرات جلب شده روی هر کدام از گلدان‌ها بعد از ۲۴ و ۴۸ ساعت شمارش شد. گلدان‌ها پس از ۴۸ ساعت به اطاقک جداگانه به دور از هرگونه آلودگی مجدد به سفیدبالک منتقل گردید. در طی مدت زمان حدود ۴۰ - ۳۰ روز برای مشاهده و ردیابی رشدونمو مراحل مختلف زیستی سفیدبالک، به صورت هفتگی مورد بررسی قرار گرفتند. هفته اول، شمارش حشرات کامل و تخم‌ها بدون جدا کردن برگ‌ها و روی برگ گیاه با لنز چشمی از هر تیمار و هر تکرار تعداد چهار برگ بادمجان به صورت تصادفی انجام شد. در هفته دوم، سوم و چهارم نمونه برداری، از هر تیمار و هر تکرار تعداد چهار برگ بادمجان به صورت تصادفی انتخاب و سپس برگچه‌ها جداگانه برای مراحل

جدول ۱- مقایسه میانگین (Mean±SE) اثر دورکنندگی اسانس‌های پنج گیاه روی حشرات کامل سفیدبالک گلخانه بعد از ۲۴ و ۴۸ ساعت
Table 1- Mean comparison of repellency effect of five plant essential oils on adult of *Trialeurodes vaporariorum* after 24 & 48 Hours

Plant essential oil	Concentration (ppm)	24 Hours (No. of white flies/plant)	48 Hours (No. of white flies/plant)
<i>Thymus daenensis</i>	16	27.50±9.53 ^{a*}	40.25±4.87 ^{bcd}
	31.25	37±8.50 ^c	60±14.31 ^{bcd}
	62.5	43.75±4.90 ^b	55.25±13.81 ^{bcd}
	125	34.25±11.08 ^c	47.75±13.72 ^{bcd}
	250	14±3.39 ^c	25.50±7.77 ^{bcd}
<i>Matricaria chamomilla</i>	81.25	56.50±6.33 ^b	63.75±8.91 ^{bcd}
	162.5	38.25±5.39 ^c	59.25±4.62 ^{bcd}
	325	48.75±7.54 ^b	63.25±9.65 ^{bcd}
	750	41.5±13.25 ^c	54.25±19.46 ^{bcd}
	1500	4.75±2.05 ^c	7.75±2.09 ^{bcd}
<i>Achilla millefolium</i>	125	126.25±33.23 ^a	133±23.42 ^a
	250	26.25±8.08 ^c	45±20.05 ^{bcd}
	500	22.25±9.80 ^c	34.25±15.84 ^{bcd}
	1000	31.75±8.75 ^c	35.25±8.01 ^{bcd}
	2000	15.50±9.50 ^c	19±11.70 ^{bcd}
<i>Menta piperita</i>	81.25	57.25±30.86 ^{bc}	67.5±28 ^{bc}
	162.5	26.25±10.98 ^c	35.25±11.19 ^{bcd}
	325	44±12.89 ^{bc}	73±28.40 ^{bc}
	750	35.50±11.32 ^c	45.50±11.02 ^{bcd}
	1500	24.75±6.01 ^c	36.50±13.32 ^{bcd}
<i>Rosmarinus officinalis</i>	162.5	27.25±6.32 ^c	32.25±9.61 ^{bcd}
	325	41.50±17.75 ^c	69.25±29.46 ^{bc}
	750	55.50±16.07 ^b	57.50±12.83 ^{bcd}
	1500	21.50±5.63 ^c	35.50±10.14 ^{bcd}
	3000	20.75±5.45 ^c	30.75±8.04 ^{bcd}
Control		93.60±37.53 ^{ab}	81±25.98 ^b

* اعدادی که در یک ستون دارای حروف مشابه هستند از نظر آماری در سطح احتمال ۰/۰۵ آزمون دانکن اختلاف معنی‌داری ندارند.

* Means followed by the same letters in each column are not significantly different (Duncan test, P<0.05).

(df=۲۵) و چهارم (df=۲۲۸ و p=۰/۲۴۶ و f=۱/۲۴۶) اختلاف معنی‌دار نبود. مقایسه میانگین براساس آزمون دانکن در هفته اول جمعیت بعد از شاهد (۵۰/۸۲ ± ۵۰/۱۸ حشره در هر گیاه) در غلظت ۸۱/۲۵ میلی‌گرم در لیتر در اسانس بابونه (۳۸۵/۵ ± ۳۵/۱۸) و کمترین افزایش در غلظت ۱۲۵ میلی‌گرم در لیتر بابونه (۲۳/۹۷ ± ۵۰/۲۵ حشره در هر گیاه) مشاهده شد. در هفته دوم، بیشترین افزایش جمعیت در شاهد به مقدار ۱۹۸/۹۷ ± ۸۶۹ حشره در بو مادران در غلظت ۱۲۵ میلی‌گرم در لیتر (۹۵/۹۷ ± ۷۵۷/۲۵) مشاهده شد. کمترین تغییرات جمعیت مربوط به اسانس آویشن در غلظت ۱۲۵ میلی‌گرم در لیتر (۲۸/۶۸ ± ۱۰۷) بود. در هفته سوم بیشترین میانگین تغییرات جمعیت در اسانس نعناع با غلظت ۷۵۰ میلی‌گرم در لیتر (۸۶۸/۳۳ ± ۱۴۶۰/۲۵) بود که نسبت به شاهد (۳۰۸/۷۱ ± ۹۷۰/۸۳) جمعیت بیشتری را در برداشت. کمترین میانگین تغییرات جمعیت در غلظت ۶۲/۵ میلی‌گرم در لیتر اسانس آویشن به میزان ۲۱/۲ ± ۴۵/۷۵ بود. در هفته چهارم، بیشترین میانگین تغییرات جمعیت در اسانس

نتایج نشان داد که بومادران در غلظت ۱۲۵ میلی‌گرم در لیتر کمترین دورکنندگی را در هر دو بازه زمانی ۲۴ و ۴۸ ساعت بعد از تیمار با اسانس‌ها داشت و بابونه بیشترین دورکنندگی (کمترین جذب حشره) را در هر دو بازه زمانی مذکور بعد از تیمار اسانس در غلظت ۱۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر داشت. مقدار دورکنندگی اسانس‌ها با غلظت رابطه مستقیم داشت و با افزایش غلظت تراکم جمعیت حشره کاهش یافت و میزان دورکنندگی اسانس‌ها افزایش یافت.

اثر پنج اسانس گیاهی بر تغییرات جمعیت سفیدبالک گلخانه

تغییرات جمعیت طبق جدول ۲، طی چهار هفته بررسی شد. تجزیه واریانس اثر اسانس‌های پنج گیاه روی تغییرات جمعیت سفیدبالک طی چهار هفته نشان داد که در هفته اول (p=۰/۰۰۰۱ و df=۲۵ و f=۳/۱۰۷ و p=۰/۰۰۰۱) و دوم (p=۰/۰۰۰۱ و df=۲۵ و f=۲/۹۸۳ و p=۰/۰۰۰۱ و f=۰/۹۸۶ و p=۰/۴۹۳) ولی در هفته سوم (p=۰/۴۹۳ و f=۰/۹۸۶ و p=۰/۴۹۳) اختلاف معنی‌دار بود.

آویشن غلظت ۱۲۵ میلی گرم در لیتر ($387/4 \pm 1366/5$) بود که بالاتر از جمعیت شاهد ($293/26 \pm 885/5$) بود. کمترین میانگین در غلظت ۱۶۲/۵ میلی گرم در لیتر اسانس بابونه ($50/92 \pm 141/5$) بود. نتایج نشان داد که در اغلب موارد با افزایش غلظت اسانس‌های پنج گیاه، کاهش جمعیت به‌خصوص در هفته اول و دوم مشاهده شد و تراکم جمعیت سفیدبالک در غلظت‌های بالا، کم شد (جدول ۲).

جدول ۲- مقایسه میانگین ($\text{Mean} \pm \text{SE}$) جمعیت سفیدبالک (تعداد/ گیاه) روی گیاه بادمجان پس از تیمار با پنج اسانس گیاهی
Table 2- Mean comparison ($\pm \text{SE}$) of population dynamics of *Trialeurodes vaporariorum* on eggplant after spraying by five plant essential oils

Plant essential oil	Concentration (ppm)	First week (No. of white flies/leaf)	Second week (No. of white flies/plant)	Third week (No. of white flies/plant)	Fourth week (No. of white flies/plant)
<i>Thymus daenensis</i>	16	281.25 $\pm$ 45.89 ^{abcdefg*}	350 $\pm$ 89.57 ^{bcd}	110.5 $\pm$ 60.95 ^b	642.75 $\pm$ 322.11 ^{abc}
	31.25	289.5 $\pm$ 54.2 ^{abcdefg}	309.25 $\pm$ 100.46 ^{cd}	386.5 $\pm$ 120.92 ^{ab}	821 $\pm$ 282.44 ^{abc}
	62.5	276.75 $\pm$ 42.01 ^{abcdefg}	84.75 $\pm$ 11.33 ^d	45.75 $\pm$ 21.20 ^b	249 $\pm$ 96.01 ^{bc}
	125	275.75 $\pm$ 54.54 ^{abcdefg}	107 $\pm$ 28.68 ^d	430.75 $\pm$ 233.37 ^{ab}	1366.5 $\pm$ 387.4 ^a
	250	237.75 $\pm$ 50.31 ^{bcdefg}	188 $\pm$ 47.40 ^d	670.75 $\pm$ 518.29 ^{ab}	1062.5 $\pm$ 853.64 ^{abc}
<i>Matricaria chamomilla</i>	81.25	385.50 $\pm$ 35.18 ^{ab}	249.75 $\pm$ 74.79 ^{cd}	265 $\pm$ 176.10 ^b	311.75 $\pm$ 151.06 ^{bc}
	162.5	247.5 $\pm$ 68.61 ^{bcdefg}	149.25 $\pm$ 35.40 ^d	321 $\pm$ 169.18 ^b	141.5 $\pm$ 50.92 ^c
	325	348 $\pm$ 2.73 ^{abcd}	247.50 $\pm$ 97.58 ^{cd}	291.50 $\pm$ 155.42 ^b	716.75 $\pm$ 147.53 ^{abc}
	750	181 $\pm$ 43.64 ^{bcdefg}	152 $\pm$ 44.61 ^d	668.75 $\pm$ 300.77 ^{ab}	197 $\pm$ 92.41 ^c
	1500	50.25 $\pm$ 23.97 ^g	89 $\pm$ 70.94 ^d	652.75 $\pm$ 524.53 ^{ab}	271.75 $\pm$ 159.39 ^{bc}
<i>Achilla millefolium</i>	125	370.50 $\pm$ 123.82 ^{abc}	757.25 $\pm$ 95.97 ^a	1057.5 $\pm$ 390.17 ^{ab}	692.5 $\pm$ 267.75 ^{abc}
	250	104.25 $\pm$ 69 ^{efg}	276.25 $\pm$ 110.48 ^{cd}	211 $\pm$ 124.8 ^b	725.5 $\pm$ 407.82 ^{abc}
	500	135.75 $\pm$ 45.15 ^{cdefg}	240.75 $\pm$ 137.12 ^{cd}	629.25 $\pm$ 206.78 ^{ab}	365.25 $\pm$ 214.57 ^{bc}
	1000	119 $\pm$ 40.55 ^{defg}	252.25 $\pm$ 125.05 ^{cd}	341.25 $\pm$ 125.47 ^b	1004.25 $\pm$ 363.11 ^{abc}
	2000	88.75 $\pm$ 25.65 ^{fg}	151.25 $\pm$ 86.67 ^d	382.25 $\pm$ 349.59 ^{ab}	811.75 $\pm$ 310.24 ^{abc}
<i>Menta piperita</i>	81.25	326.75 $\pm$ 152.24 ^{abcdef}	732.5 $\pm$ 308.77 ^{ab}	916.25 $\pm$ 431.54 ^{ab}	791.25 $\pm$ 309.03 ^{abc}
	162.5	53.25 $\pm$ 31.16 ^g	359.25 $\pm$ 119.32 ^{bcd}	308 $\pm$ 131.39 ^b	981.5 $\pm$ 363.67 ^{abc}
	325	170.25 $\pm$ 71.93 ^{bcdefg}	218.52 $\pm$ 98.76 ^{cd}	620 $\pm$ 194.37 ^{ab}	543.25 $\pm$ 182.62 ^{abc}
	750	336 $\pm$ 184.57 ^{abcde}	198.50 $\pm$ 63.30 ^d	1460.25 $\pm$ 868.33 ^a	835.5 $\pm$ 190.19 ^{abc}
	1500	86.25 $\pm$ 21.28 ^{fg}	192.75 $\pm$ 43.02 ^d	440.75 $\pm$ 251.78 ^{ab}	1188.75 $\pm$ 330.33 ^{ab}
<i>Rosmarinus officinalis</i>	162.5	124 $\pm$ 34.61 ^{defg}	643 $\pm$ 321.15 ^{abc}	433 $\pm$ 245.27 ^{ab}	537.75 $\pm$ 127.19 ^{abc}
	325	169.75 $\pm$ 99.75 ^{bcdefg}	166.75 $\pm$ 62.21 ^d	503 $\pm$ 323.62 ^{ab}	300 $\pm$ 156.7 ^{bc}
	750	183 $\pm$ 27.52 ^{bcdefg}	259.5 $\pm$ 79.55 ^{cd}	353.50 $\pm$ 82.59 ^b	640.75 $\pm$ 164.84 ^{abc}
	1500	130.25 $\pm$ 36.43 ^{cdefg}	214.5 $\pm$ 58.22 ^{cd}	347.75 $\pm$ 224.45 ^b	664.5 $\pm$ 297.47 ^{abc}
	3000	230.5 $\pm$ 68.05 ^{bcdefg}	123.25 $\pm$ 32.06 ^d	379.25 $\pm$ 355.29 ^{ab}	706.5 $\pm$ 306.91 ^{abc}
Control		501 $\pm$ 50.82 ^a	869 $\pm$ 198.97 ^a	970.83 $\pm$ 308.71 ^{ab}	885.5 $\pm$ 293.26 ^{abc}

* اعدادی که در یک ستون دارای حروف مشابه هستند از نظر آماری در سطح احتمال ۰/۰۵ آزمون دانکن اختلاف معنی‌داری ندارند.

* Means followed by the same letters in each column are not significantly different (Duncan test, $P < 0.05$).

(*Thymus vulgaris*) بر دورکنندگی و بازدارندگی تخم‌ریزی سفیدبالک گلخانه‌ای (*T. vaporariorum*) مورد ارزیابی قرار گرفت. در این تحقیق، اسانس و عصاره گیاه بومادران و آویشن روی بوته‌های خیار در غلظت ۴۰ میکرولیتر بر میلی‌لیتر استفاده شد و گیاهان شاهد تنها با آب مقطر تیمار شدند. بیشترین بازدارندگی تخم‌گذاری مربوط به عصاره آبی آویشن ۶۲/۸۷ درصد شش روز پس از تیمار بود، در حالی که عصاره آبی بومادران بالاترین اثر دورکنندگی را با ۵۲/۵۴ درصد در همان بازه زمانی نشان داد. هم‌چنین بیشترین فعالیت دورکنندگی بر حشرات بالغ در تیمار اسانس بومادران و به‌میزان ۴۸/۰۷ درصد در روز نهم مشاهده شد. این یافته‌ها و نتایج تحقیق حاضر بیانگر آن است که بومادران دارای اثرات پایدار دورکنندگی و

نتایج تحقیق حاضر نشان داد که اسانس‌های گیاهی مورد بررسی دارای اثر دورکنندگی حشره کامل سفیدبالک گلخانه (*T. vaporariorum*) روی میزبان بودند، اما مقادیر دورکنندگی در غلظت‌های مختلف آن‌ها با یکدیگر متفاوت بود. به‌طوری‌که با افزایش غلظت اسانس‌ها، میزان دورکنندگی افزایش یافت. در اسانس رزماری، آویشن دناپی، نعنای فلفلی، بابونه و بومادران، با افزایش غلظت، میزان دورکنندگی نیز افزایش یافت. این یافته‌ها با نتایج مطالعات دیگر هم‌خوانی دارد که نشان‌دهنده افزایش اثر دورکنندگی با افزایش غلظت اسانس‌های گیاهی است (Tampe et al., 2015; Saeidi & Mirfakhraie, 2017). برای مثال، در مطالعه‌ای، اثرات اسانس و عصاره گیاه بومادران (*Achillea millefolium*) و آویشن باغی

تواند بر حساسیت آفت اثرگذار باشد.

در مطالعات دیگر روی سایر آفات، اثرات بازدارندگی هشت اسانس گیاهی شامل بابونه (*Matricaria chamomilla*)، میخک (*Syzygium aromaticum*)، سیر (*Allium sativum*)، اکالیپتوس (*Eucalyptus camaldulensis*)، اسطوخودوس (*Lavandula officinalis*)، جوجوبا (*Simmondsia chinensis*)، لیمو (*Citrus limon*)، و بادام (*Prunus dulcis*) علیه آفت انباری شپشه قرمز آرد (*Tribolium castaneum* Herbst) مورد بررسی قرار گرفت. در این مطالعه، اسانس‌ها در چهار غلظت ۱، ۵، ۱۰ و ۱۵ درصد در حلال استون آزمایش شدند و میزان دافعی و سمیت تماسی آن‌ها بررسی گردید. نتایج نشان داد که اسانس میخک در غلظت‌های بالاتر (۵، ۱۰ و ۱۵ درصد) بیشترین خاصیت دورکنندگی را پس از ۳۰ دقیقه ایجاد کرد و بابونه دارای اثرات متوسط دورکنندگی بود (Elnabawy et al., 2022). در تحقیق حاضر نیز افزایش دورکنندگی همراه با افزایش غلظت مشاهده شد. اثرات دورکنندگی اسانس گل‌های بابونه *M. chamomilla* شامل سه نوع اسانس آبی مصری، بابونه آلمانی، و بابونه آلمانی معمولی به همراه ترکیب خالص α -bisabolol بر مورچه‌های آفت *Solenopsis invicta* Buren، *Solenopsis richteri* Forel و مورچه‌های هیبرید، حتی در غلظت‌های پایین توانستند میزان جابه‌جایی مورچه‌ها را به‌طور چشمگیری کاهش دهند و خاصیت دورکنندگی مؤثری نشان دهند و به‌عنوان جایگزینی ایمن نسبت به دورکننده‌های شیمیایی متداول (DEET (N,N-diethyl-meta-toluamide) معرفی شدند (Shah et al., 2023). در تحقیق حاضر نیز دورکنندگی بابونه برای سفید-بالک گلخانه به‌خوبی مشاهده شد.

همچنین خاصیت دورکنندگی اسانس‌های گیاهی در کنه‌های حیوانی و گیاهی مورد بررسی قرار گرفت. به‌طور مثال، اسانس بومادران (*A. millefolium*) منطقه پورت ویلیامز، خاصیت دافعه ۱۰۰ درصد علیه نمف‌های *Ixodes scapularis* تا ۳۰ دقیقه داشت که با گذشت زمان کاهش یافت (Pickett et al, 2023). اسانس آویشن دناهی *T. daenensis* دارای اثر سمیت و خاصیت دورکنندگی قابل توجه بر کنه‌تارتن‌دولکه‌ای (*Tetranychus urticae*) بود. اگرچه در مقایسه با مرزه خوزستانی (*Satureja khuzestanica*) شدت اثر، کمی پایین‌تر بود (Farahani et al, 2020). اسانس نعنای فلفلی در مقایسه با اسانس آگیرترکی (*Acorus calamus*) و علف لیمو (*Cymbopogon flexuosus*)، ۱۰۰ درصد خاصیت دافعه‌ای علیه کنه تارتن‌دولکه‌ای (*Tetranychus urticae*) نشان داد (Reddy & Dolma, 2017).

یافته‌های حاصل از بررسی پنج اسانس گیاهی بر تغییرات جمعیت سفیدبالک، تا هفته چهارم در مقایسه با شاهد با مطالعات آروئی و همکاران (Aroiee et al., 2005) نیز هم‌خوانی دارد. این محققان

بازدارندگی تخم‌ریزی می‌باشد (Dehghani & Ahmadi, 2013). در پژوهشی به بررسی نقش ترکیبات فرار موجود در اسانس ۳۲ رقم رزماری و رفتار ترجیحی عسلک پنبه (*Bemisia tabaci*) (Gennadius, 1889) پرداختند. این سفیدبالک نسبت به ارقام رزماری، رفتار ترجیحی متفاوتی داشت، به‌طوری‌که رزماری در مجموع به‌عنوان میزبان کم‌جاذبه و دورکننده برای این آفت شناخته شد (Sadeh et al., 2018). هم‌چنین عصاره‌های گیاهی آویشن و رزماری روی حشرات بالغ *B. tabaci* دورکننده بودند که البته این دورکنندگی در تحقیق حاضر نیز دیده شد و تراکم کمتری از حشره روی رزماری و آویشن مستقر شد و این امر نشان داد که آویشن و رزماری نیز برای حشره کم‌جاذبه‌تر بودند (Al-Mazra' Awi & Ateyyat, 2009; Serkaya et al, 2010). نتایج نشان داد که گل‌آذین‌های چوکبری سیاه (*Aronia melanocarpa*) تیمار شده با غلظت‌های ۰/۸ و ۱ درصد اسانس بومادران *A. millefolium* دارای خاصیت دورکننده برای لاروهای پروانه *Acrobasis advenella* بودند (Gorska-Drabik et al., 2025).

پاسخ رفتاری آفت *Aegorhinus nodipennis* (Hope) (Coleoptera: Curculionidae) به ترکیبات فرار آزاد شده از اسانس گیاه بومادران از طریق آزمون‌های رفتاری آلفکتومتری، نشان داد که اسانس بومادران و ماده اصلی توجون در آن، در بالاترین دُز آزمایش شده (۲۸۵/۷ نانوگرم بر سانتی‌مترمربع) فعالیت دورکنندگی قابل توجهی علیه این آفت داشتند (Tampe et al., 2015). نتایج تحقیق حاضر نیز نشان داد که افزایش غلظت اسانس در گیاهان مورد مطالعه، باعث افزایش دورکنندگی سفیدبالک گلخانه شد. در مطالعه دیگر نیز با افزایش غلظت عصاره گیاه نعنای فلفلی (*M. piperita*)، میزان تلفات سوسک چهارنقطه‌ای حبوبات (*Callosobruchus maculatus*) افزایش یافت (Saeidi & Mirfakhraie, 2017).

خاصیت دورکنندگی اسانس‌های رزماری (*R. officinalis*)، (علف‌لیمو *Cymbopogon flexuosus*) و نعنای دشتی (*Mentha spicata*) علیه مورچه سنگاپوری (*Trichomyrmex destructor*) در شرایط آزمایشگاهی دو ساعت پس از اعمال تیمارها، خاصیت دورکنندگی ۷۴ تا ۹۰ درصدی علیه مورچه‌ها داشتند. اسانس رزماری و ترکیبات فرار آن، اگرچه نسبت به علف‌لیمو و نعنای دشتی سمیت کمتری داشت، اما هم‌چنان می‌تواند به‌عنوان یک گزینه طبیعی مؤثر برای مهار و دفع مورچه‌ها مورد استفاده قرار گیرد (Kafle & Chung, 2025). با این وجود، تفاوت بررسی فعلی با این مطالعات در مقایسه هم‌زمان پنج اسانس گیاهی شامل آویشن دناهی، بابونه، نعنای فلفلی، رزماری و بومادران است، درحالی‌که مطالعات ذکر شده بیشتر روی یک اسانس یا دو اسانس انجام شده و همچنین مطالعات روی سفیدبالک *T. vaporariorum* کمتر انجام شده و گیاه میزبان در بررسی حاضر بادمجان بود، که با میزبان‌های دیگر تفاوت دارد و می-

مطالعات مختلف نشان می‌دهد که اسانس‌های گیاهی می‌توانند به‌عنوان عامل دورکننده طبیعی و مؤثر علیه انواع حشرات به‌ویژه آفات انباری و مزارع مورد استفاده قرار گیرند. اثرات دورکنندگی بالا در بسیاری از این اسانس‌ها نشان‌دهنده پتانسیل بالای آن‌ها در توسعه آفت‌کش‌های گیاهی ایمن و دوست‌دار محیط‌زیست است. امروزه در سرتاسر جهان، تمایل برای پیدا کردن گیاهان جدید و دارای منابع غنی از حشره‌کش‌های بیولوژیک افزایش پیدا کرده است که گامی مؤثر در جهت حفظ سلامت محیط‌زیست است. استخراج عصاره و اسانس از تعداد زیادی از گیاهان مزایای زیادی برای انسان داشته است. اگرچه تاکنون اثرات تقریباً هزار گونه گیاهی روی حشرات مورد بررسی قرار گرفته است، ولی فقط تعداد کمی به‌صورت عملی مورد استفاده قرار گرفته است (Jafarbeigi et al., 2012). در سال‌های اخیر، فعالیت‌هایی در مورد استفاده تجاری از اسانس‌ها و عصاره‌های گیاهی و فرموله کردن در دنیا و در کشور ایران انجام گرفته است. پیشنهاد می‌شود که تحقیقات آینده روی فرمولاسیون‌های نانو و ترکیبی این اسانس‌ها، اثرات بر دشمنان طبیعی سفیدبالک، و ارزیابی میدانی در مقیاس بزرگ‌تر تمرکز کنند تا کاربرد عملی آن‌ها در گلخانه‌ها افزایش یابد. این رویکرد می‌تواند وابستگی به آفت‌کش‌های شیمیایی را کاهش دهد و به حفظ محیط‌زیست کمک کند.

نتیجه‌گیری

طبق نتایج به‌دست‌آمده در این پژوهش، اسانس گیاهان بابونه در غلظت ۷۵۰ میلی‌گرم در لیتر و غلظت‌های بالاتر، گیاه آویشن در غلظت ۱۲۵ میلی‌گرم در لیتر و بالاتر، گیاه بومادران در غلظت ۲۵۰ میلی‌گرم در لیتر و بالاتر، گیاه نعناع فلفلی در غلظت ۷۵۰ میلی‌گرم در لیتر و بالاتر و گیاه رزماری در غلظت ۱۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر و بالاتر می‌توانند با توجه به نقش دورکنندگی آن‌ها، جهت محافظت گلخانه‌های بادمجان در برابر سفیدبالک *T. vaporariorum* به کار روند. قابل ذکر است که پژوهش‌هایی در رابطه با اثر حشره‌کشی اسانس‌های گیاهی دیگر روی آفات مختلف انجام شده است که تفاوت‌های موجود در آن‌ها با این پژوهش مربوط به نوع آفت، نوع عصاره و زمان آزمایش است. در مجموع، نتایج این تحقیق نشان‌دهنده این بود که این اسانس‌ها دارای اثرات مطلوبی بوده و می‌توانند به‌عنوان ترکیبات امن در برنامه مدیریت تلفیقی این آفت به کار روند.

سپاسگزاری

بدین وسیله از دانشگاه رازی کرمانشاه، مرکز تحقیقات کشاورزی - و منابع طبیعی استان چهارمحال و بختیاری و استان اصفهان به‌خاطر فراهم نمودن امکانات مالی و اجرایی این تحقیق، صمیمانه تشکر و قدردانی می‌شود.

اظهار داشتند که غلظت ۸ میلی‌گرم در لیتر اسانس آویشن باغی (*Thymus vulgaris* L.) و نعناع فلفلی (*M. piperita*) در مهار *T. vaporariorum* در گلخانه تأثیر قابل توجهی داشتند، به‌طوری‌که اسانس اول ۱۰۰ درصد و دوم ۷۸ درصد تلفات در برداشت. یافته‌های حاصل از آزمایشگاه نشان دادند که اسانس نعناع (*Mentha spicata*) نسبت به زیره سبز (*Cuminum cyminum*) اثر حشره‌کشی قوی‌تری روی سفیدبالک گلخانه (*T. vaporariorum*) داشت و در بالاترین غلظت، درصد تلفات تخم، پوره سن اول و حشره بالغ به‌ترتیب ۷۲، ۸۶ و ۸۳ درصد برآورد گردید (Fahim et al., 2012). بررسی سمیت عصاره‌ها و اسانس‌های چهار گیاه دارویی آویشن باغی (*T. vulgaris*) و بومادران (*A. millefolium*) و رازیانه (*Foeniculum vulgare*) و اسطوخودوس (*Lavandula angustifolia* Mill) روی سفیدبالک (*T. vaporariorum*) نشان داد که آویشن باغی بهترین عصاره گیاهی تخم‌کش بود، و اسانس و عصاره گیاه رازیانه بیشترین اثر پوره‌کشی را داشت (Yadegari et al., 2013). در پژوهش دیگری در آزمایشگاه، اسانس بومادران (*A. millefolium*) فاقد سمیت تدخینی قابل توجه بود و حداکثر مرگ‌ومیر در اثر تدخینی پس از ۴۸ ساعت برای سوسک کشیش *Rhyzopertha dominica* تنها ۱۹/۷ درصد گزارش شد، در صورتی که هیچ سمیت تدخینی بر شیشه گندم (*Sitophilus granaries*) مشاهده نشد. در مقابل، سمیت تماسی در دُز ۱۵ درصد حجمی پس از ۲۴ ساعت، مرگ‌ومیر ۹۹/۲ درصد برای سوسک کشیش و ۸۳/۵ درصد برای شیشه‌گندم نشان داد. همچنین اسانس در غلظت‌های مختلف ۰/۰۲۵، ۰/۰۶ و ۰/۱۲۵ میکرولیتر بر سانتی‌مترمربع، فعالیت دورکنندگی قابل توجهی علیه هر دو آفت داشت. نتایج نشان داد که اسانس بومادران علاوه‌بر خاصیت دورکنندگی، دارای پتانسیل بالای سمیت تماسی علیه آفات انباری بود (Alkan, 2020).

نتایج تحقیقات مختلف نشان داد که اجزای تشکیل‌دهنده اسانس‌ها و عصاره‌های گیاهی در یک جنس گیاهی و حتی در قسمت‌های مختلف یک گونه گیاهی ممکن است تفاوت‌های زیادی داشته باشند. همچنین می‌توان گفت که ترکیبات اسانس یک گونه گیاهی خاص براساس منطقه جغرافیایی گسترش آن گونه، قسمتی از گیاه که استخراج اسانس از آن صورت می‌گیرد، فاکتورهای محیطی (دما، بارندگی، ارتفاع، ساعات تابش آفتاب و غیره)، روش‌های استخراج و سن آن قسمت گیاه و همچنین وجود نژادهای شیمیایی برای گونه‌های گیاهی متفاوت باشد (Saeidi et al., 2012).

تفاوت تحقیق فعلی با این مطالعات در تمرکز بر سفیدبالک گلخانه (*T. vaporariorum*) به‌جای آفات دیگر مانند کنه‌های گیاهی و دامی و همچنین آفات انباری است. همچنین ما اثرات اسانس‌های گیاهی را در شرایط گلخانه‌ای بررسی کردیم، درحالی‌که بسیاری از این تحقیقات روی آفات انباری در کوتاه‌مدت تمرکز دارند. جمع‌بندی

References

- Ali Bakhshi, Z., Sedighi, S., & Tafaghodinia, B. (2018). Comparison of Confidor and Palizin in control of greenhouse whitefly adults in Gerbera commercial greenhouses in Pakdasht. *Plant Protection*, 21, 55-63. (In Persian with English abstract).
- Alkan, M. (2020). Chemical composition of *Achillea millefolium* L. (Asteraceae) essential oil and insecticidal effect against *Sitophilus granarius* (Coleoptera: Curculionidae) and *Rhyzopertha dominica* (Coleoptera: Bostrichidae). *Plant Protection Bulletin*, 60, 85-93. <https://doi.org/10.16955/bitkorb.674239>.
- Al-Mazra' Awi, M. S., & Ateyyat, M. (2009). Insecticidal and repellent activities of medicinal plant extrants against sweet potato whitefly, *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) and its parasitoid *Eretmocerus mundus* (Hym: Aphelinidae). *Journal of Pest Science*, 82, 149-154.
- Aroiee, H., Mosapoor, S., & Karimzadeh, H. (2005). Control of greenhouse whitefly (*Trialeurodes vaporariorum*) by thyme and peppermint. *Kmitl Science and Technology Journal*, 5, 2.
- Ateyyat, M. A., Al-Mazra' Awi, M., Abu-Rjai, T., & Shatnawi, M. A. (2009). Aqueous extracts of some medicinal plant are as toxic as Imidacloprid to the sweet potato whitefly, *Bemisia tabaci*. *Journal of Insect Science*, 9, 15. <https://doi.org/10.1673/031.009.1501>.
- Bakkali, F., Averbeck, S., Averbeck, D., & Idaomar, M. (2008). Biological effect of essential oils-A review. *Food and Chemical Toxicology*, 46, 446-475.
- Costantini, D. (2019). Hormesis promotes evolutionary change. *Dose-Response*, 17, 155932581984337. <https://doi.org/10.1177/1559325819843376>.
- Dai, X., Lin, Q., Liu, Y., Wang, R., Su, L., Yin, Z., Zhao, S., Zhang, F., Chen, H., & Zheng, L. (2024). Precise control and prevention methods for whitefly in greenhouse vegetables. *Agronomy*, 14, 989. <https://doi.org/10.3390/agronomy14050989>.
- Dearlove, E. L., Chandler, D., Edgington, S., Berry, S. D., Martin, G., Svendsen, C., & Hesketh, H. (2024). Improved control of *Trialeurodes vaporariorum* using mixture combinations of entomopathogenic fungi and the chemical insecticide spiromesifen. *Scientific Reports*, 14, 15259. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-66051-8>.
- Dehghani, M., & Ahmadi, K. (2013). Repellence and anti-oviposition activities of plant products on greenhouse whitefly. *Pharmacognosy Communications*, 3. <https://doi.org/10.5530/pc.2013.2.2J>.
- Desneux, N., Decourtye, A., & Delpuech, J. M. (2007). The sublethal effects of pesticides on beneficial arthropods. *Annual Review of Entomology*, 52, 81-106. <https://doi.org/10.1146/annurev.ento.52.110405.091440>.
- Elnabawy, E. S. M., Hassan, S., & Taha, E. K. A. (2022). Repellent and toxicant effects of eight essential oils against the red flour beetle, *Tribolium castaneum* Herbst (Coleoptera: Tenebrionidae). *Biology*, 11, 3. <https://doi.org/10.3390/biology11010003>.
- Fahim, M., Safaralizadeh, M. H., & Safavi, S. A. (2012). Evaluation of susceptibility of egg, nymph and adult of greenhouse whitefly *Trialeurodes vaporariorum* (Hemiptera: Aleyrodidae) to two plant essential oils (spearmint and cumin) under laboratory conditions. *Journal of Agricultural Knowledge and Sustainable Production*, 22, 28-35.
- Farahani, S., Bandani, A. R., & Amiri, A. (2020). Toxicity and repellency effects of three essential oils on two populations of *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae). *Persian Journal of Acarology*, 9, 67-81. <https://doi.org/10.22073/pja.v9i1.55853>.
- Fytrou, N., Ilias, A., Sklivakis, J., & Tsagkarakou, A. (2017). Lethal and sublethal effected insecticides on commercially available natural enemies of whiteflies. *Pesticides and Beneficial Organisms. IOBC- WPRS Bulletin*, 125, 19-27.
- Gardner, G. T. & Bright, C. (2003). A world watch institute report on progress toward. World Watch Institute Cheris Bright. 241 pp.
- García-Pereyra, J., Aviña Martínez, G. N., De Los Santos Villalobos, S., Rubio Graciano, R., Garcia Montelongo, A. M., & Medrano Roldan, H. (2021). Formulation of a bioinsecticide based on neem and chamomile used for the greenhouse control of the glasshouse whitefly *Trialeurodes Vaporariorum*. *Modern Environmental Science and Engineering*. Volum7, No, 2, pp. 119-125. [https://doi.org/10.15341/mese\(2333-2581\)/02.07.2021/003](https://doi.org/10.15341/mese(2333-2581)/02.07.2021/003).
- Gorska-Drabik, E., Golan, K., Sempruch, C., Chrzanowski, G., Dybowski, M. P., & Poniewozik, M. (2025). Chemical composition and toxicity of *Achillea millefolium* L. essential oil against *Acrobasis advenella* (Lepidoptera, Pyralidae) under laboratory conditions. *Molecules*, 30, 1927. <https://doi.org/10.3390/molecules30091927>.
- Hosseini, A., Khanjani, M., Khoobdel, M., & Javadi Khederi, S. (2017). Comparison of the efficiency of the current oils and insecticide compounds in control if greenhouse whitefly, *Trialeurodes vaporarium* (Westwood), (Hem.: Aleyrodidae) on rose and their interaction. *Journal of Iranian Plant Protection*, 30, 718-726. (In Persian).
- Insecticide Resistance Action Committee. (2024). Mechanisms resistance. Information Website: <https://irac-online.org/training-centre/resistance/mechanisms/>.
- Irannezhad, M. K., Samih, M. A., Talebi Jahromi, K., & Alizadeh, A. (2012). The effect of some pesticides and plant extracts on functional response of *Chrysoperla carnea* (Stephens) to different densities of *Agonoscena pistaciae*.

Journal of Iranian Plant Protection, 26, 316-326, in Persian).

Jafarbeigi, F., Samih, M., Zarabi, M., & Esmaeily, S. (2012). The effect of some herbal extracts and pesticides on the biological parameters of *Bemisia tabaci* pertaining to tomato grown under controlled conditions. *Journal of Plant Protection Research*, 52, 375-380.

Kafle, L., & Chung, A. Y. (2025). Contact toxicity and repellency of lemongrass, spearmint, rosemary oils and their major bioactive compounds on destroyer ants (*Trichomyrmex destructor*) under laboratory conditions. *Discover Applied Sciences*, 7, 332. <https://doi.org/10.1007/s42452-025-06793-w>.

Khan, R. A., & Winski, P. (2024). Whitefly management guide for horticultural crops. (Fact Sheet ENTO-PU-227). Texas A&M AgriLife Extension Service. <https://extensionentomology.tamu.edu/wp-content/uploads/2025/03/whitefly-management-guide-for-horticultural-crops.pdf>.

Madgwick, P. G., Wubs, M., & Kanitz, R. (2023). Optimization of long-lasting insecticidal bed nets for resistance management: A modelling study and user-friendly app. *Malaria Journal*, 22, 290. <https://doi.org/10.1186/s12936-023-04724-x>.

Martin, J. H., Mifsud, D., & Rapisarda, C. (2000). The whiteflies (Hemiptera: Aleyrodidae) of Europe and the Mediterranean Basin. *Bulletin of Entomological Research*, 90, 407-448.

Moazeni, A., Bagheri, M. R., Amiri- Besheli, B., & Shahsavari, M. R. (2016). Comparison toxicity of some botanical and chemical pesticides on greenhouse whitefly (*Trialeurodes vaporariorum*) in laboratory and greenhouse and semi- field condition. *Journal of Entomological Research*, 8, 59-71.

Moazeni, A., Bagheri, M. R., Amiri- Besheli, B., & Shahsavari, M. R. (2016). Investigation on the effect of some botanical and chemical insecticides on the predatory bug *Macrolophus caliginosus* (Heteroptera: Miridae) the predator of greenhouse whitefly. *Journal of Entomological Research*, 8, 73-84.

Nasruddin, A., & Mound, L. A. (2016). First record of *Trialeurodes vaporariorum* Westwood (Hemiptera: Aleyrodidae) severely damaging field grown potato crops in South Sulawesi, Indonesia. *Journal of Plant Protection Research*, 56, 199-202.

Nikakhtar, S., Aramid, S. H., Mirfakhraie, S. H., & Frouzan, M. (2022). The effect of sublethal concentration of three commercial formulations of neem including Kofa, NeemAzal and Nimbecidine on the life table parameters of the greenhouse whitefly, *Trialeurodes vaporariorum* (Hemiptera: Aleyrodidae). *Journal of Entomology Society of Iran*, 42, 313-323. (In Persian with English abstract).

Pickett, L. J., Amiro, M., Amiro, M., Hawboldt, C., & Faraone, N. (2023). Common yarrow (*Achillea millefolium*) essential oil and main components as potential repellents and acaricides against *Ixodes scapularis* and *Dermacentor variabilis* (Acari: Ixodidae) ticks. *Experimental and Applied Acarology*, 89, 287-303. <https://doi.org/10.1007/s10493-023-00782-7>.

Reddy, S. G. E., & Dolma, S. K. (2017). Acaricidal activities of essential oils against two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae* Koch. *International Journal of Acarology*, Taylor & Francis Group. <https://doi.org/10.1080/15569543.2017.1320805>.

Sadeh, D., Nitzan, N., Shachter, A., Ghanim, M., & Dudai, N. (2018). Rosemary–whitefly interaction: A Continuum of repellency and volatile combinations. *Journal of Economic Entomology*, Volum, XX, No, XX, 1-9. <https://doi.org/10.1093/jee/toy375>.

Saeidi, Z., Babaahmadi, H., Saeidi, K. A., Salehi, A., Saleh Jouneghani, R., Amirshakari, H., & Taghipour, A. (2012). Essential oil content and composition of *Mentha longifolia* (L.) Hudson grown wild in Iran. *Journal of Medicinal Plants Research*, 6, 4522-4525.

Saeidi, K., & Mirfakhraie, S. (2017). Chemical composition and insecticidal activity *Mentha piperita* L. essential oil against the cowpea seed beetle *Callosobruchus maculatus* F. (Coleoptera: Bruchidae). *Journal of Entomological and Acarological Research*, 49, 127-134. <https://doi.org/10.4081/jear.2017.6769>.

Salehi, F., Samih, M. A., & Vakili, M. A. (2017). The effect of the botanical extract on the common *Pistachio psyllid* (*Agonoscena pistaciae* Burkhardt and Lauterer) (Hem: Aphlaridae). *Iranian Journal of Pistachio Science and technology*, 1, 1. 44-56. (In Persian).

Sefidkon, F., Abbasi, Kh., Jmzad, Z., & Ahmadi, S. (2007). The effect of distillation methods and stage of plant growth on the essential oil content and composition of *Satureja rechingeri* Jamzad. *Food Chemistry*, 100, 1054-1058. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.11.016>.

Shah, F. M., Guddeti, D. K., Paudel, P., Chen, J., Li, X. C., Khan, I. A., & Ali, A. (2023). *Matricaria chamomilla* essential oils: Repellency and toxicity against imported fire ants (Hymenoptera: Formicidae). *Molecules*, 28, 5584. <https://doi.org/10.3390/molecules28145584>.

Sharifiyan, M., Mehrkhrou, F., & Negahban, M. (2024). Lethal and sublethal effects of *Mentha piperita* L. and its nanoeformulation form on the biological and population growth parameters of *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) under laboratory conditions. *Journal of Entomological Society of Iran*, 44, 25-41. (in Persian with English abstract). <https://doi.org/10.61186/jesi.44.1.3>.

Sparks, T. C., & Nauen, R. (2015). IRAC: Mode of action classification and insecticide resistance management. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 121, 122-128. <https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2014.11.014>.

Taiz, L., & Zwiger, E. (2002). Plant Physiology. Sinauer Associates. 690 pp.

Talebi Jahromi, K. (2011). Pesticides Toxicology. 4th Edition. University of Tehran Press 2790, Tehran, Iran. 500 pages (In Persian).

Tampe, J., Parra, L., Huaiquil, K., Mutis, A., & Quiroz, A. (2015). Repellent effect and metabolite volatile profile of the essential oil of *Achillea millefolium* against *Aegorhinus nodipennis* (Hope) (Coleoptera: Curculionidae). *Neotropical Entomology*, 44, 279-285. <https://doi.org/10.1007/s13744-015-0278-5>.

Yadegari, M., Mirzakhani, S., Nourbakhsh, S. H., & Saeedi, Z. (2013). Toxicity of some medicinal plants to *Trialeurodes vaporariorum* (Homoptera: Aleyrodidae) under controlled condition. *Journal of Applied Science and Agriculture*, 8, 1446-1451.

Calculating the Economic Injury Level (EIL) of the Cabbage Aphid, *Brevicoryne brassicae* L. (Hem.: Aphididae) on Rapeseed (*Brassica napus* L.) cv. Hydromel

H. Noori^{1*}, M. Forouzan²

1- Plant Protection Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran

2- Agriculture and Natural Resource Research and Education Center of West Azarbaijan Province, Agricultural Research, Education and Extension (AREEO), Oromieh, Iran

(*- Corresponding author's Email: drhn55@gmail.com)

Received: 11-10-2025

Revised: 28-04-2026

Accepted: 04-05-2026

Available Online: 22-06-2026

How to cite this article:

Noori, H., & Forouzan, M. (2026). Calculating the economic injury level (EIL) of the cabbage aphid, *Brevicoryne brassicae* L. (Hem.: Aphididae) on rapeseed (*Brassica napus* L.) cv. Hydromel. *Iranian Plant Protection Research*, 40(2), 553-563. (In Persian). <https://doi.org/10.22067/JPP.2026.95905.1257>

Introduction

The increasing of the population of the cabbage aphid (*Brevicoryne brassicae* L.) in the rapeseed fields of West Azerbaijan province is attributed to various factors, including recent droughts. Determining the Economic Injury Level (EIL) is essential to prevent excessive pesticide use in the rapeseed fields. This research was conducted to estimate the Economic Injury Level (EIL) using a randomized complete block design with four replications on the Hydromel cultivar under eight treatments during the 2017–2018 years in West Azerbaijan province. The treatments were applied to achieve different levels of natural infestation by the cabbage aphid population and consisted of: Treatment 1 (seven weekly sprays from the beginning of stem elongation, to ensure pest absence); Treatment 2 (six sprays after beginning of stem elongation); Treatment 3 (five sprays after beginning of stem elongation); Treatment 4 (four sprays after beginning of stem elongation); Treatment 5 (three sprays after beginning of stem elongation); Treatment 6 (two sprays after beginning of stem elongation); Treatment 7 (one spray after beginning of stem elongation); and Treatment 8 (full pest presence, no insecticide, water spray only). In these treatments, imidacloprid SC35% was applied at a rate of 2 per 1000. The mean aphid count per 10 cm of flowering stem, rapeseed yield, and thousand-seed weight were categorized using Duncan's test across the treatments, and the relationship between the mean aphid count and yield per square meter was calculated. The thousand-seed weight per square meter of rapeseed and the damage per aphid were also determined. The results indicated that the mean Economic Injury Level (EIL) of the cabbage aphid in West Azerbaijan province for the Hydromel cultivar during 2017–2018 and 2018–2019 was 19.4 and 25.2 aphids per 10 centimeters of flowering stem, respectively. The Economic Threshold (ET) of the pest was calculated as 14.5 and 18.9 aphids per 10 centimeters of flowering stem, respectively.

Materials and Methods



Authors retain the copyright. This is an open access article distributed under Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0)

<https://doi.org/10.22067/JPP.2026.95905.1257>

This study was conducted in Boukan, West Azerbaijan province, using a randomized complete block design (RCBD) with eight treatments and four replications on autumn-sown rapeseed, cultivar Hydromel, during the 2016–2017 and 2017–2018 years. The dimensions of the experimental plots were 2×10 m, distances between plots and replicates were planted at least 5 and 10 m, respectively. The amount of fertilizer application was based on soil test and the number of irrigation times on the basis of custom. The treatments were applied to achieve different levels of natural infestation by the cabbage aphid (*Brevicoryne brassicae*) population and consisted of: Treatment 1 (seven weekly sprays from the beginning of stem elongation, to ensure pest absence); Treatment 2 (six sprays starting one week after stem elongation); Treatment 3 (five sprays starting two weeks after stem elongation); Treatment 4 (four sprays starting three weeks after stem elongation); Treatment 5 (three sprays starting four weeks after stem elongation); Treatment 6 (two sprays starting five weeks after stem elongation); Treatment 7 (one spray six weeks after stem elongation); and Treatment 8 (full pest presence, no insecticide, water spray only (Obopile, 2006). Five plants were randomly selected from each plot. On each plant, a 10 cm section of the flowering stem was considered, and the number of adult aphids and nymphs on them was counted and recorded one day before the first spray in each treatment (Aslam et al., 2005). Seed yield value and thousand-seed weight were measured for all treatments after harvesting the entire crop of each plot. Data were analyzed using analysis of variance (ANOVA) in SAS software version 9.1 (SAS Institute, 2003) and grouped using Duncan's test. Regression equations were derived for the relationships between crop yield (Y) and the number of aphids per plant (X), and between the number of aphids per plant (X) and percentage of damage (%Y). The Economic Injury Level (EIL), defined as the number of aphids per plant that causes economic damage, was calculated using the formula (Pedigo *et al.*, 1986): $EIL = C / (V \times I \times D \times K)$. Since separating injury (I) and damage (D) for sucking insects like aphids is difficult, the slope of the regression line (b) was considered to represent the damage per insect, i.e., $b = I \times D$ (Pedigo and Rice, 2009).

Results and Discussion

The Economic Injury Level (EIL) of cabbage aphid in West Azerbaijan during the 2016-2017 and 2017-2018 years was 19.38 and 25.23 aphids per 10 centimeters of flowering stem respectively. The variation in the EIL between two years can be attributed to differences in pest control costs (Filho et al., 2024), the marketing value of the crop (Vayssières *et al.*, 2009) and damage potential of the aphid in each respective year. The findings of this study align with the results reported by Khajehzadeh and Hasanmoghaddam (2009), where the EIL for the mustard aphid in the Behbahan region was 7.53 and 2.49 centimeters of infested flowering stem per square meter during the 2004-2005 and 2005-2006 years, respectively. As noted by these researchers, fluctuations in the EIL can result from several factors, including the pest type and species, climate, crop type and cultivar, growth stage, agronomic practices (such as planting date), and particularly the market value of the product and management costs.

Conclusion

The estimated Economic Injury Levels (EIL) of 19.4 and 25.2 aphids per 10 cm of flowering stem for the Hydromel cultivar in West Azerbaijan province provide a critical quantitative basis for integrated pest management (IPM) in rapeseed. The corresponding Economic Thresholds (ET) of 14.5 and 18.9 aphids offer a practical intervention point to prevent yield loss while minimizing unnecessary insecticide applications. Given the dynamic nature of EIL, which is influenced by market prices, control costs, and environmental conditions, region-specific and cultivar-specific calculations are essential for sustainable pest management. These findings support national policies aimed at reducing pesticide use and promote more economically and ecologically sound decision-making in rapeseed production systems.

Keywords: Damage, Economic threshold, Injury, Integrated pest management, Yield loss

محاسبه سطح زیان اقتصادی شته مومی کلم (*Brevicoryne brassicae* L. (Hem.: Aphididae) روی کلزا (*Brassica napus* L.) رقم هیدرومل

حسین نوری^{۱*} - مریم فروزان^۲

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۷/۱۹

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۰۲/۱۴

چکیده:

افزایش جمعیت شته مومی کلم (*Brevicoryne brassicae* L.) در مزارع کلزای استان آذربایجان غربی به عوامل مختلفی از جمله خشکسالی‌های اخیر مرتبط است. تعیین و کاربرد سطح زیان اقتصادی (EIL) آفات کلیدی برای جلوگیری از مصرف بی‌رویه سموم آفت‌کش در زراعت کلزا ضروری است. این تحقیق به منظور محاسبه EIL، در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار روی رقم هیدرومل (Hydromel) کلزا در هشت تیمار، طی سال‌های زراعی ۹۷-۱۳۹۶ در استان آذربایجان غربی انجام شد. تیمارها به‌منظور دستیابی به سطوح آلودگی طبیعی مختلف جمعیت آفت شته مومی کلم، عبارت بودند از: تیمار ۱ (هفت مرتبه سم‌پاشی طی هفت هفته متوالی از ابتدای ساقه رفتن کلزا، برای اطمینان از عدم حضور آفت)، تیمار ۲ (شش مرتبه سم‌پاشی به فاصله یک هفته پس از ساقه رفتن کلزا)، تیمار ۳ (پنج مرتبه سم‌پاشی به فاصله یک هفته پس از ساقه رفتن کلزا)، تیمار ۴ (چهار مرتبه سم‌پاشی به فاصله یک هفته پس از ساقه رفتن کلزا)، تیمار ۵ (سه مرتبه سم‌پاشی به فاصله یک هفته پس از ساقه رفتن کلزا)، تیمار ۶ (دو مرتبه سم‌پاشی به فاصله یک هفته پس از ساقه رفتن کلزا)، تیمار ۷ (یک مرتبه سم‌پاشی به فاصله یک هفته پس از ساقه رفتن کلزا) و تیمار ۸ (حضور کامل آفت، بدون کاربرد آفت‌کش و انجام آب‌پاشی). حشره‌کش ایمیداکلوپراید SC35% به‌میزان دو در هزار در این تیمارها مورد استفاده قرار گرفت. میانگین تعداد شته در ۱۰ سانتی‌متر طولی ساقه گل‌دهنده، عملکرد کلزا و وزن هزار دانه در تیمارهای مختلف با استفاده از آزمون دانکن گروه‌بندی و رابطه بین میانگین تعداد شته و عملکرد در مترمربع مزرعه محاسبه شد. وزن هزار دانه در مترمربع کلزا و میزان خسارت به‌ازای هر شته نیز محاسبه گردید. نتایج نشان داد که میانگین سطح زیان اقتصادی (EIL) شته مومی در سال‌های ۹۷-۱۳۹۶ در استان آذربایجان غربی روی رقم هیدرومل ۱۹/۴ و ۲۵/۲ شته به‌ازای هر سانتی‌متر ساقه گل‌دهنده بود. آستانه اقتصادی (ET) آفت نیز به‌ترتیب ۱۴/۵ و ۱۸/۹ شته به‌ازای ده سانتی‌متر ساقه گل‌دهنده محاسبه شد.

واژه‌های کلیدی: آستانه اقتصادی، خسارت، صدمه، کاهش عملکرد، مدیریت تلفیقی آفات

مقدمه

روغن‌های خوراکی را دارد و به واردات این محصولات وابسته است (Tabrizi et al., 2025).

کلزا با نام علمی *Brassica napus* L. یکی از منابع مهم گیاهی برای تهیه روغن گیاهی محسوب می‌شود که به‌منظور خودکفایی و کاهش واردات روغن خام، کشت آن در سال‌های اخیر مورد توجه دولت و کشاورزان واقع شده است (Mostoufi, 2008; Mousavi-Anzabi, 2017). این گیاه می‌تواند در مناطق مختلف آب‌وهوایی ایران کشت شود. افزایش سطح زیرکشت کلزا در کشور در سال‌های اخیر منجر به افزایش خسارت آفات و بیماری‌ها شده است (Anzabi et al., 2009; Elahii et al., 2018).

شته مومی کلم *Brevicoryne brassicae* L.

روغن‌های گیاهی حاصل از گیاهان دانه‌روغنی در صنایع غذایی کاربرد فراوانی دارند (Fadda et al., 2022). ایران مصرف بالایی از

۱- مؤسسه تحقیقات گیاهپزشکی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

۲- مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان غربی، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، ارومیه، ایران

(Email: drhn55@gmail.com)

*- نویسنده مسئول:

<https://doi.org/10.22067/JPP.2026.95905.1257>

که کارایی روش‌های حفاظت از محصول در مدیریت آفات باید با ارزیابی میزان خسارت محصول تخمین زده شود (Oerke & Dehne, 2004). به هر حال، پس از تعیین سطح زیان اقتصادی خسارت، اتخاذ تصمیم برای شروع کنترل به عوامل بیولوژیک، اکولوژیک و شرایط اقتصادی بستگی دارد. چنین اطلاعاتی می‌تواند در رابطه با سیاست‌های اقتصادی و برنامه‌ریزی غذایی بینشی ارائه داده و بر قیمت محصولات کشاورزی تأثیر بگذارد (Ghaderi et al., 2019).

نخستین بار استرن (Stern, 1966) بر تراکم جمعیت آفت به- عنوان یک شاخص برای تعیین زمان کنترل آفت تأکید داشت و پس از آن استون و پدیگو (Stone & Pedigo, 1972) بر اهمیت سطح زیان اقتصادی در برنامه مدیریت تلفیقی آفات برای کاربرد منطقی و مناسب حشره‌کش تأکید کردند. سطح زیان اقتصادی برای بسیاری از آفات محصولات کشاورزی در سراسر جهان محاسبه شده است (Park et al., 2007; Hassani, 2009; Mahmoud, 2014).

مطالعه انجام‌یافته در خوزستان توسط خواجه‌زاده و همکاران (Khajehzadeh et al., 2009) بر تعیین سطح زیان اقتصادی شته خردل *Lipaphis erysimi* Kalt روی رقم هایولای ۴۰۱ متمرکز بود. نتایج این تحقیق نشان داد که EIL شته خردل در منطقه بهبهان طی سال‌های زراعی ۸۴-۱۳۸۳ و ۸۵-۱۳۸۴ به‌ترتیب ۷/۵۳ و ۲/۴۹ سانتی‌متر از ساقه گل‌دهنده آلوده به شته در مترمربع بوده است.

ارزیابی سطح زیان اقتصادی شته خردل روی محصول خردل *Brassica juncea* L. در آرمایش‌های مزرعه‌ای صورت‌گرفته در تارای هند در زمستان ۸۷-۱۹۸۶ و ۸۸-۱۹۸۷ به‌ترتیب بیانگر وجود ۳۷-۴۸ و ۴-۶ شته در ده سانتی‌متر انتهایی هر ساقه گل‌دهنده بود. افزایش یک روز در معرض قرار گرفتن محصول در برابر شته‌ها، عملکرد دانه در هر گیاه، وزن هزار دانه، تعداد غلاف در هر گیاه، و تعداد دانه در هر غلاف را به‌طور قابل توجهی کاهش داد (Singh & Sachan, 1997).

همچنین برلاندر و بیکر (Berlandier & Baker, 2007) در کشور استرالیا، آستانه اقتصادی شته مومی کلم روی کلزا را زمانی‌که بیش از ۱۰ درصد گیاهان با بیش از ۲۵ میلی‌متر ساقه آلوده به آفت بود، محاسبه کردند.

در سوئد آستانه اقتصادی و سطح زیان اقتصادی شته نخود *Acyrtosiphon pisum* (Harris, 1776) به‌ترتیب ۴-۳ و ۱۳ شته در نوک ساقه نخود فرنگی (*Pisum sativum* L.) بوده و کاهش محصول به‌ازای هر شته ۱۸ کیلوگرم در هکتار به دست آمد (Bommarco, 1991).

بررسی سطح زیان اقتصادی و ارزیابی خسارت ناشی از شته مومی کلم روی کلزا در شهر گابورون کشور بوتسوانا نشان داد که جمعیت شته‌ها روی هر گیاه متناسب با افزایش تعداد دفعات سم‌پاشی به‌طور

یکی از آفات مهم گیاهان تیره کلمیان (Hem.:Aphididae) محسوب می‌شود که با تغذیه از شیره گیاهی و انتقال برخی از بیماری‌ها، خسارت فراوانی به گیاهان این خانواده وارد می‌کند (Costello & Altieri, 1995; Abdollahzadeh & Ahmadi, 2025). این آفت در سراسر کشور، به‌ویژه در مناطق خشک که شیوع شدید جمعیت در آن‌ها رایج است، گزارش شده است. در اواخر زمستان و اوایل بهار، جمعیت زیادی از شته‌ها می‌توانند در مزارع کلزا مستقر شده و با تشکیل کلنی و تغذیه از برگ، ساقه و گل‌آذین، به گیاهان آسیب برسانند. این تغذیه باعث ضعف شدید گیاه، پژمردگی، پیچیدگی برگ و کاهش تشکیل غلاف می‌شود که به‌طور قابل توجهی بر عملکرد محصول تأثیر می‌گذارد (Seyyedi-Sahebari et al., 2021). با افزایش سطح زیرکشت کلزا و حضور دائمی شته مومی در مزارع، مهار این آفت و جلوگیری از خسارت آن اجتناب‌ناپذیر است (Fourouzan & Noori, 2020)، به‌طوری‌که در آلودگی‌های شدید ممکن است نیاز به حداقل سه بار سم‌پاشی در مرحله ساقه‌دهی کلزا و پس از آن وجود داشته‌باشد (Keyhanian et al., 2008).

در مدیریت آفات، اعمال روش‌های مهار جمعیت آفت (از جمله استفاده از حشره‌کش‌ها) تنها زمانی از نظر اقتصادی و عملیاتی توجیه‌پذیر است که تراکم جمعیت آفت به سطح مشخص و تعریف‌شده‌ای برسد. تعیین این سطح بحرانی که در آن مداخله کنترل ضروری می‌گردد، مستلزم در نظرگیری عوامل متعدد است. تا زمانی که تراکم جمعیت آفت زیر این آستانه (که به آن آستانه اقتصادی اطلاق می‌شود) باقی بماند، هیچ اقدامی لازم نبوده، اما عبور جمعیت از این حد، اجرای اقدامات کنترلی را الزامی می‌سازد. تعیین این آستانه، به‌میزان تحمل خسارت بستگی دارد. در نظام‌های کشاورزی، با توجه به امکان محاسبه ارزش اقتصادی محصول و هزینه‌های کنترل، می‌توان آستانه اقتصادی را به‌عنوان یک شاخص کمی تعیین نمود. این شاخص به‌عنوان پایه تصمیم‌گیری در مدیریت تلفیقی آفات عمل می‌کند. هدف اصلی از به‌کارگیری آستانه اقتصادی، پیشگیری از افزایش جمعیت آفت تا سطحی است که خسارت ناشی از آن با هزینه‌های لازم برای کنترل برابری کند (Seiter, 2018). به عبارت دیگر، برای تصمیم‌گیری مناسب برای مهار آفت لازم است تا در آغاز، سطحی از تراکم آفت که موجب زیان اقتصادی می‌شود را محاسبه کرد، تا از سم‌پاشی‌های بی‌مورد که موجب هدررفت هزینه و همچنین آلودگی محیط زیست می‌شود، جلوگیری به‌عمل آید (Pedigo, 2004; Onstad, 1987).

همچنین تعیین سطح زیان اقتصادی خسارت، نقش بسیار مهم و تعیین‌کننده‌ای دارد و منجر به افزایش عملکرد می‌شود (Hutchins, 1996). پیشتر پرداختن به این مسئله بسیار مشکل بود، زیرا تعیین جمعیت آفت و تشخیص دقیق زمان آلودگی کار بسیار دشواری بوده و مستلزم صرف زمان و هزینه‌های زیادی است و می‌توان ادعان داشت

از اولین سمپاشی در هر تیمار، شمارش و ثبت شد (Aslam et al., 2005). عملکرد دانه و وزن هزار دانه کلزا در تمامی تیمارها اندازه-گیری گردید. این ارزیابی بلافاصله پس از برداشت کامل محصول از هر کرت آزمایشی انجام پذیرفت. برقراری پیش فرض نرمال بودن توزیع داده‌ها با استفاده از آزمون Shapiro-Wilk و همگنی واریانس‌ها با آزمون Levene مورد بررسی قرار گرفت. داده‌ها در نرم افزار SAS ver. 9.1 آنالیز واریانس گردید و با آزمون دانکن گروه-بندی شدند. معادلات رگرسیونی از روابط بین میزان عملکرد محصول (Y) و تعداد شته‌ها به ازای هر گیاه (X) و بین تعداد شته به ازای هر گیاه (X) و درصد کاهش محصول (Y) تعیین شد.

سطح زیان اقتصادی EIL به صورت کمترین تعداد شته به ازای هر ده سانتی متر ساقه گل‌دهنده گیاه که منجر به خسارت اقتصادی می‌شود، با استفاده از معادله ۱ (Pedigo et al., 1986) محاسبه شد.

$$EIL = C/VIDK \quad (1)$$

که در آن، C: هزینه مدیریت آفت در واحد سطح (ریال/هکتار)، V: ارزش بازاری محصول (ریال/کیلوگرم)، I: میزان خسارت به ازای هر شته روی هر گیاه، D: خسارت به ازای هر واحد صدمه و K: ضریب کاهش آسیب ناشی از مبارزه با آفت که در این محاسبه برابر یک در نظر گرفته شد.

از آنجایی که تفکیک صدمه و خسارت در حشرات مکنده مانند شته‌ها سهل نیست، لذا b شیب خط (ضریب زاویه) معرف خسارت به ازای هر حشره در نظر گرفته شد. پس:

$$b = I \times D \quad (\text{Pedigo \& Rice, 2009}) \quad (2)$$

نتایج

مقایسه میانگین تعداد شته به ازای ده سانتی متر ساقه گل‌دهنده، عملکرد در مترمربع و وزن هزار دانه در دفعات مختلف سمپاشی طی سال‌های ۱۳۹۶ و ۱۳۹۷ در جداول ۱ و ۲ ارائه شده است. نتایج تجزیه واریانس نشان‌دهنده وجود تفاوت معنی‌دار در تعداد آفت روی محصول، عملکرد محصول در مترمربع و همچنین وزن هزار دانه در کرت‌های با دفعات مختلف سمپاشی بود. با گذشت زمان و افزایش دفعات سمپاشی، تعداد آفت روی بوته کلزا کاهش معناداری داشته و افزایش معناداری را در عملکرد محصول در مترمربع و وزن هزار دانه نسبت به بقیه تیمارها در هر دو سال موجب گردید. در متغیر عملکرد محصول در مترمربع، تیمار ۱ (هفت مرتبه سمپاشی طی هفت هفته متوالی از ابتدای ساقه رفتن کلزا، برای عدم حضور آفت) و تیمار ۲ (شش مرتبه سمپاشی یک هفته پس از ساقه رفتن کلزا) در گروه A و تیمار ۸ (حضور کامل آفت، بدون سمپاشی و تنها اسپری آب) در گروه D قرار داشت. براساس نتایج بررسی‌ها در سال اول نمونه‌برداری، میانگین عملکرد در مترمربع و وزن هزار دانه در تیمار یک با هفت

معنی‌دار کاهش یافته و رابطه معکوس و معنی‌داری بین قرار گرفتن در معرض شته و عملکرد کلزا پس از دو هفته مشاهده شد. زمانی که هیچ‌گونه حشره‌کشی به‌کار برده نشد، عملکرد بیش از ۷۰ درصد کاهش یافت (Mosweu et al., 2015).

از آنجایی که سیاست‌های اخیر وزارت جهادکشاورزی برپایه برنامه کاهش مصرف و استفاده بهینه از سموم آفت‌کش می‌باشد، بنابراین لزوم اندازه‌گیری سطحی از تراکم آفت که باعث خسارت اقتصادی می‌شود (EIL) به عنوان ابزار کلیدی در پشتیبانی از سیستم‌های تصمیم‌گیری در برنامه‌های مدیریت تلفیقی آفات و برای جلوگیری از مصرف بی‌رویه سم در اکوسیستم حساس کلزا مشهود می‌باشد. بنابراین تحقیق حاضر در راستای نیل به این هدف صورت گرفت.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در شهرستان بوکان استان آذربایجان غربی در قالب طرح آزمایشی بلوک‌های کامل تصادفی (RCBD) با هشت تیمار و چهار تکرار روی کلزای پاییزه رقم هیدرمیل طی دو سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵ و ۹۷-۱۳۹۶ انجام شد. کل مساحت کشت شده ۲۵۵۰ مترمربع، ابعاد هر کرت آزمایشی ۱۰×۲ متر، فواصل بین کرت‌ها و تکرارها به ترتیب حداقل پنج و ۱۰ متر به صورت کشت شده (به منظور جلوگیری از اثر بادبردگی سم)، هر کرت شامل چهار خط ۱۰ متری که بذرها روی پشته‌ها با فاصله ۶۰ سانتی متر و روی ردیف‌ها با فاصله ۱۰ سانتی متر کاشته شد. مقدار مصرف کود براساس آزمون خاک و تعداد دفعات آبیاری براساس عرف منطقه صورت گرفت.

تیمارها به منظور دستیابی به سطوح آلودگی طبیعی مختلف جمعیت آفت شته مومی کلم، مشتمل بر: تیمار ۱ (هفت مرتبه سمپاشی طی هفت هفته متوالی از ابتدای ساقه رفتن کلزا، برای اطمینان از عدم حضور آفت)، تیمار ۲ (شش مرتبه سمپاشی به فاصله یک هفته پس از ساقه رفتن کلزا)، تیمار ۳ (پنج مرتبه سمپاشی به فاصله یک هفته پس از ساقه رفتن کلزا)، تیمار ۴ (چهار مرتبه سمپاشی به فاصله یک هفته پس از ساقه رفتن کلزا)، تیمار ۵ (سه مرتبه سمپاشی به فاصله یک هفته پس از ساقه رفتن کلزا)، تیمار ۶ (دو مرتبه سمپاشی به فاصله یک هفته پس از ساقه رفتن کلزا)، تیمار ۷ (یک مرتبه سمپاشی به فاصله یک هفته پس از ساقه رفتن کلزا) و تیمار ۸ (حضور کامل آفت، بدون کاربرد سم و تنها اسپری آب) بودند. حشره‌کش ایمیداکلوپراید ۳۵٪ SC به میزان دو در هزار در تیمارها استفاده شد (Obopile, 2006).

برای برآورد میزان خسارت، پنج عدد بوته به طور تصادفی از هر کرت انتخاب گردید. از هر بوته، طول ۱۰ سانتی متر ساقه گل‌دهنده در نظر گرفته و تعداد شته‌های بالغ و پوره‌ها روی آن‌ها یک روز قبل

داشت (شکل ۱- الف و ب).

برای محاسبه EIL نیاز به محاسبه هزینه مدیریت آفت در واحد سطح (C)، میزان خسارت وارده در واحد سطح (D) و همچنین ارزش واحد محصول می‌باشد. (هزینه مدیریت آفت در واحد سطح مشتمل بر الف- هزینه یک کیلوگرم حشره‌کش ایمیداکلوپراید در هکتار، ب- هزینه اجاره سمپاش ۱۰۰ لیتری در مدت یک روز، ج- هزینه نیروی کارگری برای مدت یک روز، د- هزینه نظارت بر سمپاشی و ارزیابی تأثیر سمپاشی که معادل ۲۵ درصد هزینه‌های مربوط به بندهای الف، ب و ج است)

مرتبه سمپاشی که منجر به عدم حضور آفت شد به‌ترتیب ۳۶۳/۵۴ گرم در مترمربع و ۵/۰۹ گرم بود. میانگین عملکرد و وزن هزار دانه در تیمارهای با دفعات کمتر سمپاشی از ۳۴۶/۱۷ تا ۲۲۹/۰۴ گرم در مترمربع و از ۴/۸۸ تا ۲/۶۳ گرم متغیر بود. در سال دوم نمونه‌برداری، میانگین عملکرد در مترمربع و وزن هزار دانه در تیمار یک به‌ترتیب ۳۵۹/۱۷ گرم در مترمربع و ۵/۹۸ گرم بود. میانگین عملکرد و وزن هزار دانه در تیمارهای با دفعات کمتر سمپاشی از ۳۵۱/۰۵ تا ۲۵۲/۸۲ گرم در مترمربع و از ۵/۶ تا ۳/۰۷ گرم متغیر بود.

نتایج بررسی رابطه بین جمعیت شته و میزان عملکرد کلزا در تیمارهای مختلف در سال‌های ۱۳۹۶ و ۱۳۹۷ نشان داد که بین جمعیت شته در هر تیمار با عملکرد محصول هم‌بستگی منفی وجود

جدول ۱- مقایسه میانگین تعداد شته مومی کلم / ساقه، عملکرد دانه در مترمربع و وزن هزار دانه در تیمارهای مختلف روی کلزای رقم هیدرومیل در استان آذربایجان غربی ۱۳۹۶

Table 1- Comparison of mean number of cabbage aphid counts steam⁻¹, yield m⁻² and 1000 grain weight in different treatments of rapeseed cultivar Hydromel in West Azarbaijan province –2016-2017

Treatments	Number of aphids plant ⁻¹	Yield m ⁻² (g)	1000-grain weight (g)
1	0.00±0.0 ^{e*}	367.8±15.99 ^a	5.09±0.09 ^a
2	35.75±10.77 ^{ef}	340.8±6.22 ^a	4.88±0.2 ^{ab}
3	60.05±7.64 ^{de}	308.4±8.85 ^{ab}	4.58±0.36 ^b
4	124.75±13.9 ^d	285.6±18.47 ^{bc}	3.90±0.21 ^c
5	202.5±17.16 ^c	271.2±11.17 ^{bc}	3.79±0.09 ^c
6	276.0±15.22 ^b	259.8±15.69 ^{dc}	3.44±0.15 ^d
7	353.75±10.78 ^b	253.08±18.83 ^{dc}	2.88±0.09 ^e
8	370.05±17.88 ^a	205.2±18.61 ^d	2.63±0.09 ^e

* در هر ستون، میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی داری ندارند

* Means followed by the same letter in each column are not significantly different (P<0.05)

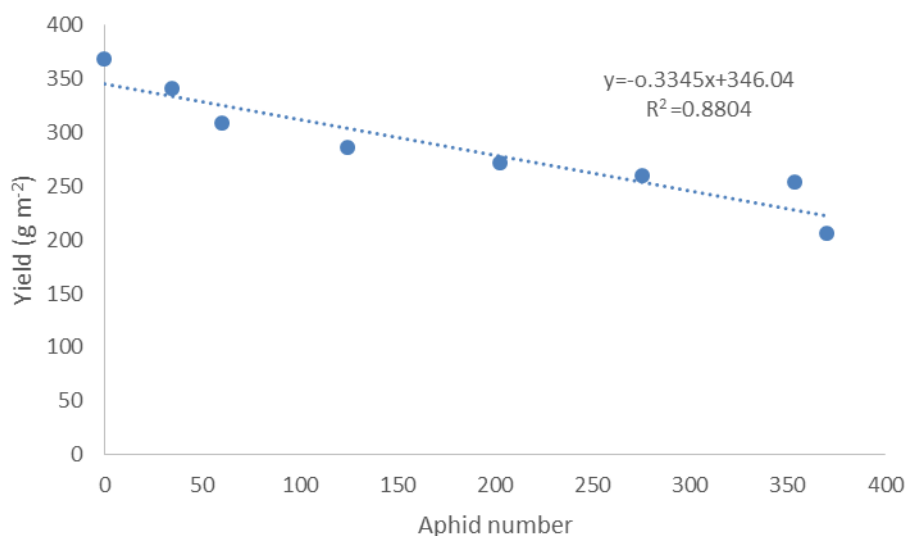
جدول ۲- مقایسه میانگین تعداد شته مومی کلم / ساقه، عملکرد دانه در مترمربع و وزن هزار دانه در تیمارهای مختلف در کلزای رقم هیدرومیل در استان آذربایجان غربی ۱۳۹۷

Table 2- Comparison of mean number of cabbage aphid counts 10 centimeters⁻¹ of flowering stem, yield m⁻² and 1000 grain weight in different treatments of rapeseed cultivar Hydromel in West Azarbaijan province - 2017-2018

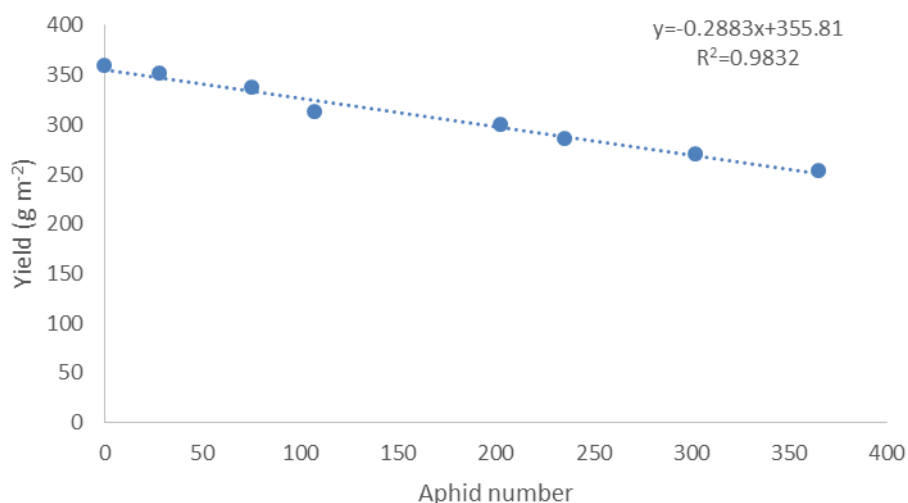
Treatments	Number of aphids plant ⁻¹	Yield m ⁻² (g)	1000-grain weight (g)
1	0.00±0.0 ^{e*}	358.8±17.61 ^a	5.98±0.09 ^a
2	28.0 ±7.90 ^{de}	351.0±15.22 ^a	5.6±0.11 ^a
3	75.5±10.22 ^{cd}	336.6±11.25 ^{ab}	5.03±0.22 ^b
4	107.75±15.11 ^c	313.26±15.47 ^{ab}	4.31±0.08 ^c
5	202.25±27.16 ^d	299.44±19.14 ^{ab}	4.19±0.1 ^c
6	235.5±23.79 ^b	285.6±11.65 ^{ab}	4.14±0.18 ^d
7	302.5±17.45 ^a	270.10±18.25 ^{ab}	3.3±0.22 ^{de}
8	365.25±20.35 ^a	252.82±16.8 ^b	3.07±0.03 ^e

* در هر ستون، میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی داری ندارند

* Means followed by the same letter in each column are not significantly different (P<0.05)



الف



ب

شکل ۱- رابطه رگرسیونی بین تعداد شته مومی کلم/ ساقه و عملکرد کلزای رقم هیدرومیل در استان آذربایجان غربی ۱۳۹۶ و ۱۳۹۷
Figure 1- Regression relationship between cabbage aphid counts / plant and seed yield (g m^{-2}) on rapeseed (cv. Hydromel) in West Azerbaijan province in 2016-2017

۱۳۹۷: ۳۴۳۹۸۰ ریال

I: میزان خسارت به ازای هر شته روی هر گیاه

D: خسارت به ازای هر واحد صدمه، $b = I \times D$ شیب خط رگرسیون

K: ضریب کاهش آسیب ناشی از مبارزه با آفت که در این

محاسبه برابر ۱ در نظر گرفته شد (Latifian & Zandi Sohani, 2019; Amozegar et al., 2016)

در سال‌های ۱۳۹۶ و ۱۳۹۷ در استان آذربایجان غربی، سطح

زیان اقتصادی شته مومی کلم *Brevicoryne brassicae* L. روی

کلزا برآورد شد و نتایج در جداول ۳ و ۴ آمده است.

قیمت آفت کش در سال ۱۳۹۶: ۷۴۰۰۰۰ ریال، قیمت سم در

سال ۱۳۹۷: ۱۰۰۰۰۰۰ ریال

هزینه سم پاشی (شامل کارگر و سم پاش) ۱۵۰۰۰۰۰۰ ریال برای

سال ۱۳۹۶ و ۲۰۰۰۰۰۰ ریال در روز برای سال ۱۳۹۷

C برای سال ۱۳۹۶ = $۷۴۰۰۰۰ + ۱۵۰۰۰۰۰ + ۵۶۰۰۰۰ = ۲۸۰۰۰۰۰$ ریال

C برای سال ۱۳۹۷ = $۱۰۰۰۰۰۰ + ۲۰۰۰۰۰۰ + ۷۵۰۰۰۰ = ۳۷۵۰۰۰۰$ ریال

V: ارزش بازاری محصول (کیلوگرم)

قیمت کلزا در سال ۱۳۹۶: ۲۸۶۶۵۰ ریال، قیمت کلزا در سال

جدول ۳- سطح زیان اقتصادی شته مومی کلم در محصول کلزا رقم هیدرومیل در استان آذربایجان غربی ۱۳۹۶

Table 3- The economic injury level (EIL) of cabbage aphid on rapeseed (cv. Hydermel) in West Azarbaijan 2016-2017

Treatment	Average number of cabbage aphids per 10 cm of canola stem	Average plant yield (g plant ⁻¹)	Damage percentage	EIL (Average number of cabbage aphids cm ⁻¹ of flowering stem)
1	0	6.13	0	
2	35	5.68	7.34	
3	60.5	5.14	16.15	
4	124.75	4.76	22.35	
5	202.5	4.52	26.26	
6	276	4.33	29.36	
7	353.75	4.23	31.0	
8	370.5	3.42	42.95	
				19.38

جدول ۴- سطح زیان اقتصادی شته مومی کلم در محصول کلزا رقم هیدرومیل در استان آذربایجان غربی ۱۳۹۷

Table 4- The economic injury level (EIL) of cabbage aphid on rapeseed (cv. Hydermel) in West Azarbaijan 2017-2018

Treatment	Average number of cabbage aphids per 10 cm of canola stem	Average plant yield (g plant ⁻¹)	Damage percentage	EIL (Average number of cabbage aphids cm ⁻¹ of flowering stem)
1	0	5.98	0	
2	28	5.85	2.17	
3	75.5	5.61	6.18	
4	107.75	5.22	12.70	
5	202.25	4.99	16.55	
6	235.5	4.76	20.40	
7	302.5	4.50	24.74	
8	365.25	4.21	29.59	
				25.23

آفت (Picanco Filho *et al.*, 2024)، ارزش بازاری محصول (Vayssières *et al.*, 2009)، پتانسیل خسارت‌زای شته طی دو سال مربوط می‌شود. درحالی‌که نتایج تحقیق خواجه زاده و حسنی مقدم (Khajehzadeh *et al.*, 2009) EIL شته خردل در منطقه بهبهان، ۷/۵۳ و ۲/۴۹ سانتی‌متر از ساقه گل‌دهنده آلوده در مترمربع به شته به‌ترتیب طی سال‌های زراعی ۱۳۸۳-۸۴ و ۱۳۸۴-۸۵ بود. نوسان EIL می‌تواند ناشی از چندین عامل شامل نوع و گونه آفت، اقلیم، نوع محصول و رقم استفاده‌شده، مرحله رشدی، عملیات به‌زراعی شامل کاشت و داشت (تاریخ کشت) به‌ویژه ارزش بازاری محصول و هزینه مدیریت باشد (Picanço Filho *et al.*, 2024).

بررسی‌های انجام‌شده توسط محققان نشان داد که ارتباط معناداری بین طول شاخه‌های گل‌دهنده کلزا که توسط شته‌های کلم کلنی شده‌اند و شاخص‌هایی نظیر عملکرد، میزان روغن و وزن دانه وجود دارد. این رابطه برای عملکرد کلزا (کیلوگرم بر هکتار) به‌صورت تابع خطی زیر بیان می‌شود: $-125.87X + 1055.8$ = تابع عملکرد کلزا (کیلوگرم بر هکتار) و $R^2 = 0.5778$ ، به‌نحوی که X طول شاخه گل‌دهنده کلزا با پوشش کلنی شته (سانتی‌متر) باشد (Harries *et*

سطح زیان اقتصادی در سال‌های ۱۳۹۶-۱۳۹۷ به‌ترتیب برابر ۱۹/۳۸ و ۲۵/۲۳ شته به‌ازای هر سانتی‌متر ساقه گل‌دهنده بود. با توجه به اینکه هدف از کنترل شیمیایی، جلوگیری از رسیدن تراکم آفت به این حد می‌باشد. پس از محاسبه EIL، آستانه اقتصادی به صورت درصدی از آن تعیین می‌شود.

$$EIL = ET \times \text{ضریب اطمینان} \quad (۲)$$

ضریب اطمینان در منطقه مورد تحقیق و با امکانات موجود ۷۵ درصد تعیین شد. آستانه اقتصادی (ET) آفت در آذربایجان غربی طی سال‌های زراعی ۱۳۹۶-۱۳۹۷، به‌ترتیب ۱۴/۵ و ۱۸/۹ شته به‌ازای هر سانتی‌متر ساقه گل‌دهنده محاسبه گردید.

بحث

سطح زیان اقتصادی EIL شته مومی در استان آذربایجان غربی، ۱۹/۳۸ شته به‌ازای هر سانتی‌متر ساقه گل‌دهنده در سال زراعی ۱۳۹۵-۱۳۹۶ و معادل ۲۵/۲۳ شته در سال زراعی ۱۳۹۶-۱۳۹۷ بود. تفاوت سطح زیان اقتصادی طی دو سال بررسی به هزینه‌های مهار

۳۶/۴ شته در ۳۰ سانتی متر جوانه انتهایی هر بوته محاسبه شد که با توجه به مرحله رشدی متفاوت کلزا در این تحقیق در مقایسه با تحقیق حاضر که میزان EIL براساس سانتی متر ساقه گل‌دهنده می‌باشد نمی‌توان مقایسه‌ای انجام داد.

در بررسی انجام‌یافته توسط والی و همکاران (Whaley et al., 2018)، آستانه اقتصادی شته مومی کلم روی کلزا در مرحله روزت پنج شته روی هر برگ بود. از آنجایی که گیاهان در مراحل مختلف رشدی، توانایی‌های متفاوتی برای جبران خسارت ناشی از آفات دارند و نیز برخی مراحل رشدی، مانند مرحله ساقه رفتن یا گلدهی، ممکن است به دلیل تأثیر مستقیم بر عملکرد نهایی، به خسارت آفت حساسیت بیشتری داشته باشند (Ragab et al., 2025)، بنابراین نتایج این تحقیق با نتایج تحقیق حاضر قابل مقایسه نیست.

نتایج تحقیقات خان و همکاران (Khan et al., 2015) حاکی از این است که کاهش عملکرد در ژنوتیپ‌های کلزا با آلودگی ۵، ۱۰ و ۱۵ شته به‌ازای هر گیاه در مرحله شروع جوانه‌زنی در پاییز از ۱۱/۰۸-۷۵/۸۸ درصد متفاوت است. لذا جهت اجتناب از کاهش عملکرد ناشی از آلودگی به شته زمانی که تراکم جمعیت به پنج شته به‌ازای هر گیاه در مرحله شروع جوانه‌زنی در ژنوتیپ‌های مختلف کلزا برسد باید اقدامات کنترل به کار گرفته شود. مرحله شروع جوانه‌زنی Budding initiation به‌عنوان یک مرحله کلیدی برای اعمال اقدامات کنترلی علیه شته‌ها در کلزا ذکر شده است (Dhillon et al., 2018).

به‌طو کلی، EIL یک شاخص پویا و دینامیک است که وابسته به برخی عوامل است. در یک منطقه جغرافیایی، سطح زیان اقتصادی با تغییر در ارزش بازاری محصول، هزینه‌های مهار آفت، و محیط اطراف گیاه و آفت تغییر می‌کند (لذا توصیه می‌شود که برای به‌کارگیری مقادیر مطمئن EIL و ET در IPM آفات کلیدی، حتی‌الامکان پژوهش‌های سطوح اقتصادی در مناطق شاخص از اقلیم‌های مختلف کشور و روی ارقام پرمصرف، طراحی و اجرا شود).

(al., 2019). در تحقیق حاضر نیز رابطه مستقیم و معنی‌دار بین تراکم‌های مختلف شته مومی در تیمارهای مختلف، با کاهش عملکرد محصول کلزا احراز شد. به‌طوری که در سال ۱۳۹۷ در آذربایجان غربی، رابطه رگرسیونی بین جمعیت شته (y) و عملکرد دانه کلزا (x) با معادله خطی $y=0.2688x+352.88$ تعریف شد که در این معادله $R^2=0.8533$ و $b=0.2688$ بود.

به‌منظور جلوگیری از خسارت اقتصادی شته مومی، باید آستانه اقتصادی آن را تعیین کرد و چون میزان ET حدود ۷۵ درصد میزان EIL است (Pedigo, 2013; Shiberu & Getu, 2018)، بنابراین آستانه اقتصادی ET آفت در استان‌های فارس، مرکزی، آذربایجان غربی و اصفهان طی سال‌های زراعی ۱۳۹۶-۱۳۹۷ و ۱۳۹۵-۱۳۹۶ مقدار $7/62 - 2/16$ شته به‌ازای ۱۰ سانتی متر ساقه گل‌دهنده محاسبه گردید (Noori et al., 2024).

در مطالعه خواجه زاده و همکاران (Khajehzadeh et al., 2009) سطح زیان اقتصادی شته خردل روی رقم هایولای ۴۰۱، به-ترتیب ۴۲/۶۷ و ۱۴/۱۴ شته در هر بوته طی سال‌های زراعی ۸۴-۱۳۸۳ و ۸۵-۱۳۸۴ بود. به‌علاوه سطح زیان اقتصادی شته خردل روی محصول خردل در آزمایش‌های مزرعه‌ای صورت‌گرفته در تارای هند در سال‌های ۸۷-۱۹۸۶ و ۸۸-۱۹۸۷ به‌ترتیب از ۳۷-۴ و ۴۸-۶ شته در ده سانتی متر انتهایی هر ساقه گل‌دهنده متغیر بود (Singh & Sachan, 1997). این یافته با نتایج تحقیق حاضر متفاوت است و از دلایل این تفاوت علاوه بر نوع آفت و نوع محصول متفاوت نسبت به آفت و محصول مورد مطالعه در تحقیق حاضر، باید ادعان داشت که سطح زیان اقتصادی یک مقدار پویا بوده و با نوع محصول، قیمت محصول و هزینه مبارزه شیمیایی و شرایط اقلیمی مختلف تغییر می-نماید.

در مطالعه پراساد و فادک (Prasad & Phadke, 1982)، سطح زیان اقتصادی در محصولات ۷۰ تا ۱۱۰ روزه کلزا، به‌ترتیب ۴/۸ تا

References

- Abdollahzadeh Zarandi, A., & Ahmadi, K. (2025). Comparing the effects of mineral compounds, plant extracts and chemical pesticides on population control of different life stages of cabbage aphid *Brevicoryne brassicae* (Linnaeus) in urban green space. *Iranian Plant Protection Research*, 38(4), 341-350. (In Persian). <https://doi.org/10.22067/jpp.2024.88182.1190>
- Amozegar, A. R., Damavandian, M. R., & Amiri Besheli, B. (2016). Determination of economic injury level of the citrus cushion, *Pulvinaria aurantii* (Hem.: Coccidae) in conventional citrus orchards. *Iranian Journal of Plant Protection Science*, 47(2), 313-323.
- Anzabi, S. H. M., Ghanbalani, G. N., Eivazi, A., Shojaei, M., & Ranji, H. (2009). Evaluation of resistance of canola genotypes to cabbage aphid (*Brevicoryne brassicae* L.). *Iranian Journal of Crop Sciences*, 11, 55-66. <http://www.agrobreed.ir>
- Aslam, M., Razaq, M., & Shahzad, A. (2005). Comparison of different canola (*Brassica napus* L.) varieties for resistance against cabbage aphid (*Brevicoryne brassicae* L.). *International Journal of Agriculture and Biology*, 7, 781-782.
- Berlandier, F. A., & Baker, G. J. (2007). Winter oilseeds. In: *Pests of Field Crops and Pastures: Identification and Control*. P T Bailey (ed.). pp. 135-154. CSIRO Publishing: Melbourne.

- Bommarco, R. (1991). Action level threshold and economic injury level for the pea aphid, *Acyrtosiphon pisum* (Homoptera: Aphididae), on field peas, *Pisum sativum*. *Växtskyddsnotiser*, 55(4), 114-119.
- Costello, M. J., & Altieri, M. A. (1995). Abundance, growth rate and parasitism of *Brevicoryne brassicae* and *Myzus persicae* (Homoptera: Aphididae) on broccoli grown in living mulches. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, [https://doi.org/10.1016/0167-8809\(94\)00535-M](https://doi.org/10.1016/0167-8809(94)00535-M) 52(2-3), 187-196. [https://doi.org/10.1016/0167-8809\(94\)00535-M](https://doi.org/10.1016/0167-8809(94)00535-M)
- Dhillon, M. K., Singh, N., Tanwar, A. K., Yadava, D. K., & Vasudeva, S. (2018). Standardization of screening techniques for resistance to *Lipaphis erysimi* (Kalt.) in rapeseed-mustard under field conditions. *Indian Journal of Experimental Biology*, 56(1), 674-685.
- Elahii, A., Shirvani, A., & Rashki, M. (2018). Effect of different genotypes of oilseed rape on fitness of the cabbage aphid, *Brevicoryne brassicae* (Hemiptera: Aphididae). *Journal of Animal Research* (Iranian Journal of Biology), 31(1), 97-108. <https://www.sid.ir/paper/248719/en>
- Fadda, A., Sanna, D., Sakar, E. H., Gharby, S., Mulas, M., Medda, S., Yesilcubuk, N. S., Karaca, A. C., Gozukirmizi, C. K., Lucarini, M., Lombardi-Boccia, G., V. Z., & Durazzo, A. (2022). Innovative and sustainable technologies to enhance the oxidative stability of vegetable oils. *Sustainability*, 14(2), 849. <https://doi.org/10.3390/su14020849>
- Fourouzan, M., Nouri, H., (2020). Control of Important Rapeseed Pests. Publication of Agricultural Education, Ministry of Jahade-Keshavarzi, 10 p. (In Persian).
- Ghaderi, S., Fathipour, Y., Asgari, S., & Reddy, G. V. P. (2019). Economic injury level and crop loss assessment for *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) on different tomato cultivars. *Journal Applied Entomology*, 143(5), 493-507. <https://doi.org/10.1111/jen.12628>
- Harries, M., Seymour, M., & Micic, S. (2019). Canola yield loss to aphids. Geraldton 2015 Trial Report. <https://www.agric.wa.gov.au/canola/canola-yield-loss-aphids-geraldton-2015-trial-report>
- Hutchins, S. H. (1996). Economic thresholds for insect management. In L. G. Higley & L. P. Pedigo (Eds) *Economic Thresholds for Integrated Pest Management*. Lincoln, University of Nebraska Press. pp. 275-290.
- Hassani, M. R. (2009). Bioecology and economic injury level of *Agonoscaena pistaciae* (Hem.: Psyllidae) in Rafsanjan region of Iran. PhD Thesis, Islamic Azad University, Science and Research Branch, Tehran, Iran.
- Keyhanian, M., Khajehzadeh, Y., Khanizad, A., & Tagadossi, M. V. (2008). The effect of planting date and varieties of canola on yield and population of the cabbage aphid, *Brevicoryne brassicae* L. Proceeding of the 18th Iranian Plant Productions Congress, Hamadan, Iran.
- Khan, I. A., Ahmad, M., Akbar, R., Hussain, S., Saeed, M., Farid, A. & Ud Din, M. M. (2015). A study on Losses due to *Brevicoryne brassicae* in different Brassica genotypes under screen house conditions. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 3(6), 16-19.
- Khajehzadeh, Y., Hasany Moghadam, M., Bagheri, S., & Keyhanian, A. (2009). Determination of economic injury level of *Lipaphis erysimi* (Hemiptera: Aphididae) on canola var. Hayola 401 in Khuzestan. *Journal of Entomological Society of Iran*, 29, 23-36
- Latifian, M., & Zandi Sohani, N. (2019). Determination of the economic injury level of rhinoceros beetles *Oryctes* spp. in date palm plantation of Khuzestan province. *Applied Plant Protection*, 7(2), 85-97.
- Mahmoud, M. F. (2014). New indices for measuring some quality control parameters of the Mediterranean fruit fly, *Ceratitis capitata* (Wied.). *Arthropods*, 3, 88-95.
- Mostoufi S. (2008). Overview of Oilseeds and Their Products Marketing. Institute of Planning Researches and Agricultural Economic. 52 pp. (In Persian with English abstract)
- Mousavi-Anzabi S. H. (2017). The resistance of four canola genotypes to the cabbage aphid (*Brevicoryne brassicae* (L.)). *Journal of Plant Protection*, 31(2), 191-198.
- Mosweu, R., Obopile, M., & Tshegofatso, A. (2015). Economic injury level and yield loss assessment caused by cabbage aphid (*Brevicoryne brassicae*) on rape (*Brassica napus*). *Journal of Entomological Research*, 39(2), 101. <https://doi.org/10.5958/0974-4576.2015.00002.x>
- Noori, H., Forouzan, M., Rastegari, N., Yousefi, M., & Karimzadeh, J. (2024). Loss assesment of cabbage aphid *Brevicoryne brassicae* L. on canola varieties. *Applied Entomology and Phytopathology*, 91(2), 185-195.
- Obopile M. (2006). Economic threshold and injury levels for control of cowpea aphid, *Aphis crassivora* Linnaeus (Homoptera: Aphididae), on cowpea. *African Plant Protection*, 12, 111-115.
- Oerke, E. C., & Dehne, H. W. (2004). Safe guarding production losses in major crops and the role of crop protection. *Crop Protection*, 23, 275-285. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2003.10.001>
- Onstad, D. W. (1987). Calculation of economic-injury levels and economic thresholds for pest management. *Journal of Economic Entomology*, 80(2), 297-303. <https://doi.org/10.1093/jee/80.2.297>
- Park, H. H., Lee, J. H., & Uhm, K. B. (2007). Economic thresholds of western flower thrips (Thysanoptera: Thripidae) for unripe red pepper in greenhouse. *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 10, 45-53. [https://doi.org/10.1016/S1226-8615\(08\)60330-1](https://doi.org/10.1016/S1226-8615(08)60330-1)
- Pedigo, L. P., Hutchins, S., & Higley, L. G. (1986). Economic injury levels in theory and practice. *Annual Review of Entomology* 31, 341-368. <https://doi.org/10.1146/annurev.en.31.010186.002013>

- Pedigo, L. P. (2004). *Entomology and Pest Management*. (4th Ed). Prentice-Hall Inc., Iowa state University, Iowa, USA
- Pedigo, L. P., & Rice, M. E. (2009). *Entomology and Pest Management*. 6th Edition. Pearson Prentice Hall.
- Pedigo, L. P. (2013). Economic Thresholds and Economic Injury Levels. In: E. B. Radcliffe, W. D. Hutchison & R. E. Cancelado [eds.], *Radcliffe's IPM World Textbook*, URL: <http://ipmworld.umn.edu>, University of Minnesota, St. Paul, MN
- Picanço Filho, M. C., Lima, E., Carmo, D. D. G. D., Pallini, A., Walerius, A. H., da Silva, R. S. & Picanço, M. C. (2024). Economic injury levels and economic thresholds for *Leucoptera coffeella* as a function of insecticide application technology in organic and conventional coffee (*Coffea arabica*), farms. *Plants*, 13(5), 585. <https://doi.org/10.3390/plants13050585>
- Prasad, S. K., & Phadke, K. G. (1982). Yield infestation relationship and economic injury level of mustard aphid, *Lipaphis erysimi* Kalt. infesting rapeseed crop. *Journal of Entomological Research*, 6(2), 117-122.
- Ragab, M. E., Ghanim, A. A. A., Rashed, A. A., Mohamed, H. A. S., & Al-Tamimy, A. B. (2025). Estimating Economic Thresholds and Economic Injury Levels for *Schizaphis graminum* (Rond.) and *Sitobion avenae* Fab. Infesting Wheat Plants in Najaf Government, Iraq. *Journal of Plant Protection and Pathology*, 16(9), 463-468.
- Seiter, N. (2018). Integrated Pest Management: What are economic thresholds, and How are they developed. <https://econpape.rs.repec.org/RePEc:ags:illufd:284360>
- Seyyedi-Sahebari, F., Shirazi, J., Mohajer, A., & Taghizadeh, M. (2021). Control of cabbage aphid, *Brevicoryne brassicae* on oilseed rape using none chemical products in East Azerbaijan province. *Journal of Applied Research in Plant Protection*, 10, 63-69. (in Persian). <https://doi.org/10.22034/arpp.2021.12907> .
- Shiberu, T., & Getu, E. (2018). Determination of the economic threshold level of tomato leaf miner, *Tuta absoluta* Meyrick (Lepidoptera: Gelechiidae) on tomato plant under glasshouse conditions. *Journal of Horticulture and Forestry*, 10(2), 9-16. <https://doi.org/10.5897/JHF2018.0522>
- Singh, C. P., & Sachan, G. C. (1997). Economic injury levels and economics of control of the mustard aphid, *Lipaphis erysimi* (Kalt.) on mustard in Tarai, India. *International Journal of Tropical Insect Science*, 17(3-4), 293-296. <https://doi.org/10.1017/s1742758400019093>
- Stern, V. M. (1966). Significance of the economic threshold in integrated pest control. *Proceedings of the FAO Symposium on the Integrated Pest Control*, Rome, p. 41-56.
- Stone, J. D., & Pedigo, L. P. (1972). Development and economic injury level of the green clover worm on soybean in Iowa. *Journal of Economic Entomology*, 65(1), 197-201. <https://doi.org/10.1093/jee/65.1.197>
- Tabrizi, H. Z., Pirzad, A., & Samadzadeh, F. (2025). Optimizing Planting Arrangement and Density for Enhanced Oil Yield and Fatty Acid Composition in a Non-Shattering Sesame Cultivar. *Manas Journal of Agriculture Veterinary and Life Sciences*, 15(1), 91-102. <https://doi.org/10.53518/mjavl.1652581>
- Vayssières, J. F., Korie, S., Coulibaly, O., Van Melle, C., Temple, L., & Arinloye, D. (2009). The mango tree in central and northern Benin: damage caused by fruit flies (Diptera Tephritidae) and computation of economic injury level. *Fruits*, 64(4), 207-220. <https://doi.org/10.1051/fruits/2009016>
- Whaley, D., Crowder, D., & Esser, A. (2018). Identifying and Managing Insect Pests of Canola. Washington State University Extension. <http://css.wsu.edu/oilseeds>

Comparison of Efficiency of the Predatory Mite *Neoseiulus californicus* (Acari: Phytoseiidae) Reared on Several Plant Pollens

M. Rezaie ^{1*}

1- Zoology Research Department, Iranian Research Institute of Plant Protection, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran

(* - Corresponding author's Email: ma.rezaie@areeo.ac.ir)

How to cite this article:

Received: 23-10-2025

Revised: 07-12-2025

Accepted: 05-01-2026

Available Online: 22-06-2026

Rezaie, M. (2026). Comparison of efficiency of the predatory mite *Neoseiulus californicus* (Acari: Phytoseiidae) reared on several plant pollens. *Iranian Plant Protection Research*, 40(2), 565-578. (In Persian).
<https://doi.org/10.22067/JPP.2026.96230.1260>

Introduction

The predatory mite *Neoseiulus californicus* (McGregor) is an effective predator for the control of many pests, especially in greenhouses. Evaluation of mass rearing of biological agents has several objectives and strategies, and predator quality control plays a key role in the use of these biological agents. Pollen can be used as an available food source for the rearing and mass production of phytoseiid mites. The nutritional value of pollen varies between plant species. In this study, the efficiency of the predatory mites reared on several plant pollens (corn, palm, sunflower, and walnut pollen) and different developmental stages of the storage mite *Tyrophagus putrescentiae* (Schrank) (Acari: Acaridae) was investigated. Evaluate the effectiveness of the predatory mites, it is necessary to examine characteristics such as host preference, predation rate, and functional response.

Material & Methods

The female predatory mites *N. californicus* from the rearing colonies were placed on strawberry leaf discs (2 × 2 cm²) with 50-60 spider mite eggs and the number of spider mite eggs after 24 hours was counted. The predation rate of the predatory mites reared on tested pollen and storage mites for one, five, and 20 generations from *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) eggs was compared. In another test, the predation rate of individuals reared on tested pollen from different life stages of the two-spotted spider mite was compared. The host preference of the populations of different life stages of the two-spotted spider mite were also investigated. The Manley method was used to determine the host preference of the predatory mite. The functional response of three-day old mated female from the rearing colonies feeding on densities of *T. urticae* eggs (2, 4, 8, 16, 32, 45, 60 and 70) was studied on strawberry leaves. These tests were conducted under laboratory condition (27±1°C, 16L: 8D photoperiod and 70-80% RH).

Results & Discussion

The results showed that the duration of rearing of the predatory mite had no significant effect on the predation rate. The lowest predation rate of spider mite nymphs and adults was reported for individuals reared on



Authors retain the copyright. This is an open access article distributed under Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0)

<https://doi.org/10.22067/JPP.2026.96230.1260>

sunflower pollen. Among prey life stages, adults in reared populations of *N. californicus* mites showed a greater preference for protonymphs, while no differences were observed between populations. The handling time among the tested populations was different, and the shortest time for the predatory mites reared on sunflower pollen and corn pollen. There is a significant difference in the predation rate of predatory mites on eggs, nymphs and adults of spider mites. The highest predation rate is on spider mites nymphs. The presence of pollen in the rearing containers has caused a significant difference in the predation rate of predatory mites on two-spotted spider mite eggs. The calculated Manley β index of predatory mite populations on different life stages of spider mites is significant. The functional response of the predatory mite on sunflower pollen, palm pollen, walnut pollen populations exhibited type II and on the spider mites and corn pollen populations exhibited type III. The Rogers equation was used to determine the statistics of attack coefficient (a, b) and handling time (T_h). The attack coefficient for the predatory mite *N. californicus* reared on sunflower pollen, palm pollen and walnut pollen was estimated to be 0.057 ± 0.020 , 0.180 ± 0.017 and 0.077 ± 0.023 , respectively. The handling time and attack coefficient (b) for populations of predatory mites *N. californicus* reared on corn pollen and two-spotted spider mite eggs were estimated to be (1.360 ± 0.220 h and 0.100 ± 0.090) and (2.370 ± 0.210 h and 0.170 ± 0.010), respectively. Using the combined equation, the functional response statistics were compared and it was found that the handling time of predatory mites in different rearings was significantly different from each other. The shortest time for a predatory mite to reach prey is in mites reared on sunflower pollen and corn pollen.

Conclusion

The time to reach prey varies among the populations tested, and the shortest time for the predatory mites to reach prey is in mites reared on sunflower pollen and corn pollen. The use of walnut pollen and palm pollen in addition to different life stages of the storage mite *T. putrescentiae* is suitable for mass and semi-mass rearing of the predatory mite *N. californicus*. The efficiency of reared mites in terms of predation rate from preferred prey was also better in populations reared on walnut pollen or palm pollen with storage mites than in other cases studied, and their use is recommended for rearing predatory mites. The use of walnut and palm pollen with different life stages of the storage mite *T. putrescentiae* is suitable for mass and semi-mass rearing of *N. californicus*. The efficiency of reared mites in terms of predation rate from preferred prey was also better in populations reared on walnut pollen or palm pollen with storage mites than in other cases studied, and their use is recommended for rearing predatory mites.

Keywords: Functional response, Host preference, Mass rearing, Predation rate, Storage mite

مقایسه کارایی کنه شکارگر *Neoseiulus californicus* (Acari: Phytoseiidae) پرورش یافته روی چند گونه گیاهی

مریم رضائی*

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۸/۱۰

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۱۰/۱۵

چکیده:

کنه شکارگر *Neoseiulus californicus* (McGregor) یکی از شکارگرهای مؤثر در مهار بسیاری از آفات به‌ویژه در گلخانه‌ها است. دشمن طبیعی مؤثر دارای خصوصیتی مانند توانایی جست‌وجوگری بالا، وابستگی به تراکم، توانایی افزایش سریع جمعیت در تراکم پایین شکار هستند. در این پژوهش، کارایی کنه‌های پرورش یافته روی گرده ذرت، خرما، آفتابگردان و گردو به همراه کنه انباری *Tyrophagus putrescentiae* (Schrank) بررسی شد. برای ارزیابی کارایی، ترجیح میزبانی، میزان شکارگری و واکنش تابعی انجام گردید. میزان شکارگری کنه *N. californicus* پرورش یافته روی گرده‌های مورد آزمون و کنه انباری به مدت یک، ۵ و ۲۰ نسل، از تخم کنه *Tetranychus urticae* Koch مقایسه شد. میزان شکارگری و ترجیح میزبانی جمعیت‌ها نیز از کنه تارتن و واکنش تابعی آن‌ها روی تراکم‌های مختلف تخم کنه تارتن بررسی گردید. مدت زمان پرورش کنه شکارگر روی میزان شکارگری تأثیر نداشت. کمترین میزان شکارگری از پوره و بالغین کنه تارتن، برای افرادی که روی گرده آفتابگردان پرورش یافتند، گزارش شد و بیشترین میزان شکارگری در جمعیت پرورش یافته روی گرده خرما و گرده گردو به دست آمد. بالغین جمعیت‌های پرورش یافته به پوره سن یک ترجیح بیشتری داشتند، درحالی که بین جمعیت‌ها اختلافی مشاهده نشد. زمان دستیابی به شکار در جمعیت‌های مورد آزمون تفاوت داشت و کمترین زمان دستیابی کنه شکارگر به شکار در کنه‌های پرورش یافته روی گرده آفتابگردان و گرده ذرت مشاهده شد. استفاده از گرده گردو و گرده خرما به‌علاوه مراحل مختلف زیستی کنه انباری *T. putrescentiae* برای پرورش کنه شکارگر مناسب بود. کارایی کنه‌های پرورش یافته از نظر میزان شکارگری از شکار ترجیحی نیز در جمعیت‌های پرورش یافته از گرده گردو یا گرده خرما به همراه کنه انباری بهتر از سایر موارد مورد بررسی بود و استفاده از آن‌ها برای پرورش کنه شکارگر توصیه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: پرورش انبوه، ترجیح میزبانی، نسبت شکارگری، کنه‌های انباری و واکنش تابعی

مقدمه

مهار آفات وجود دارند که روش سازگار با محیط‌زیست، کنترل بیولوژیک است. در بین عوامل کنترل بیولوژیک، کنه‌های شکارگر و به‌خصوص کنه‌های خانواده Phytoseiidae دارای اهمیت زیادی هستند. کنه شکارگر *Neoseiulus (Amblyseius) californicus* (McGregor) یکی از شکارگرهای مؤثر در مهار بسیاری از آفات در گلخانه‌ها است که با رهاسازی این شکارگر و حمایت از آن، به مهار کنه‌های آفت خانواده‌های Tarsonemidae، Tetranychidae و

سالانه درصد بالایی از محصولات کشاورزی در اثر حمله آفات صدمات زیادی را متحمل می‌شوند (Norbakhsh, 2023). با توجه به افزایش روزافزون جمعیت جهان، استفاده از حداکثر منابع جهت تأمین غذا لازم و ضروری به نظر می‌رسد، روش‌های متنوعی جهت

تربیس‌ها کمک مؤثری خواهد شد (Tanigoshi, 1982).
کنه شکارگر *N. californicus* دارای پراکندگی گسترده در نقاط مختلف دنیا و به‌ویژه در آب‌وهوای مدیترانه‌ای است (McMurtry &

۱- بخش تحقیقات جانورشناسی کشاورزی، مؤسسه تحقیقات گیاه‌پزشکی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران
(Email: ma.rezaie@areeo.ac.ir)
*- نویسنده مسئول:

<https://doi.org/10.22067/JPP.2026.96230.1260>

کنه‌های شکارگر پرورش‌یافته از میزبان ترجیحی (کنه تارتن دو لکه- ای)، ترجیح میزبانی و واکنش تابعی مورد بررسی و مقایسه قرار گرفته‌اند و در نهایت رژیم غذایی مناسب جهت پرورش کنه‌های شکارگر با کارایی بهتر مشخص شده است.

مواد و روش‌ها

کاشت گیاه میزبان

برای پرورش انبوه کنه *T. urticae* از گیاه لوبیا رقم سانری (*Phaseolus vulgaris* L. (Fabaceae)) استفاده شد. کاشت بذور در مخلوطی از پرلیت و پیت‌ماس به نسبت ۲ به ۱ در لیوان پلاستیکی به ارتفاع ۱۲ سانتی‌متر و قطر هشت سانتی‌متری صورت گرفت. کاشت گیاهان در اتاقک پرورش در شرایط دمایی 27 ± 1 درجه سلسیوس و رطوبت نسبی 45 ± 5 درصد و با شرایط نوری ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی و با آبیاری روزانه (همراه با کود C_{20}) انجام شد. به منظور حفظ کلنی کنه تارتن، کاشت گلدان‌ها در تمام طول دوره آزمایش به صورت هفتگی انجام گردید. برای بررسی کارایی کنه شکارگر در روی گیاه، از گیاه توت‌فرنگی رقم گاوپتا استفاده شد. پرورش توت‌فرنگی در گلخانه با شرایط کنترل‌شده صورت گرفت. برای تکثیر این گیاه از ساقه‌های رونده این گیاه در خاک حاوی پرلیت و پیت‌ماس استفاده شد. آبیاری گیاهان نیز با استفاده از سامانه آبیاری قطره‌ای انجام گردید. در تعدادی از آزمون‌ها از برگ خیار رقم نگین استفاده شد.

پرورش کنه تارتن دو لکه‌ای و کنه انباری *Tyrophagus* (Schrank) (Acari: Acaridae *putrescentiae*)

در ابتدا برای بررسی و انجام آزمون‌ها کنه شکارگر فیتوزئید، اقدام به پرورش کنه تارتن *T. urticae* شد. برای این منظور گیاهان لوبیا به عنوان میزبان انتخاب گردید. گیاه مورد نظر در اتاق پرورش (دمای $27-28$ درجه سلسیوس و رطوبت $45-40$ درصد و روشنایی ۸ : ۱۶) کشت شد. کنه تارتن روی گیاه لوبیا رهاسازی شده و به مدت چند نسل روی این گیاه در شرایط کنترل‌شده نگهداری گردید. برای آزمون‌های مختلف روی این کنه تارتن از روش دیسک‌های برگی هله و اورمر (Helle & Overmeer, 1985) استفاده شد. برای پرورش کنه انباری از سبوس گندم مطابق روش ژنگ و همکاران (Zhang et al., 2007) استفاده گردید. در ظروف پرورش با ابعاد 40×25 سانتی‌متر (ارتفاع ۱۰ سانتی‌متر) مخمر جو به همراه سبوس گندم و گرده ذرت به نسبت ۱:۱۰:۱ قرار داده شد.

پرورش کنه شکارگر

کنه شکارگر *N. californicus* در ژرمیناتور آزمایشگاه کنه-

(Croft, 1997)، این کنه قادر است از تمامی مراحل زیستی کنه‌های تارتن و کنه زرد پهن تغذیه کند، همچنین سایر کنه‌های آفت و تعدادی از حشرات را شکار کند و روی گرده‌های گیاهان مختلف زنده بماند (Swirski et al., 1970; Friese & Gilstrap, 1982; Croft et al., 1998). این کنه بومی مناطق مدیترانه‌ای و بسیاری از مناطق جهان محسوب می‌شود (De Moraes et al., 2004). این شکارگر به تارهای تولیدی کنه‌های تارتن بدون صدمه وارد می‌شود (Shimoda et al., 2009). در شرایط آب‌وهوای خشک و گرم بهتر از کنه شکارگر *P. persimilis* عمل می‌کند. (Weintraub & Palevsky, 2008). روت و پانسونی (Rott & Pansonby, 1998) به مقاوم بودن این کنه به شرایط محیطی با رطوبت کم اشاره کردند. از ویژگی‌های دیگر توانایی شکارگری این شکارگر، افزایش جمعیت سریع و استقرار طولانی مدت و مداوم در سامانه‌های گیاهی است (Walzer et al., 2007).

دشمن طبیعی مؤثر باید دارای خصوصیتی مانند توانایی جستجو، وابستگی به تراکم، توانایی افزایش سریع جمعیت در تراکم پایین شکار، تخصص بالا و توانایی سازش با شرایط محیطی آفت باشد (Hokkanen, 1989). لوک (Luck, 1990)، میزان شکارگری را به عنوان بهترین مشخصه نام برده است. ارزیابی پرورش انبوه عوامل بیولوژیک دارای چندین هدف و راهبرد است (Steiner, 1993) مهار کیفی شکارگر در استفاده از این عوامل بیولوژیک، نقش اساسی را ایفا می‌کند (Van Lenteren & De Ponti, 1990).

گرده به عنوان منبع غذایی در دسترس برای پرورش و تولید انبوه کنه‌های فیتوزئید قابل استفاده است (Yue & Tsai, 1996; van Rijn & Tanigoshi, 1999; Nomikou et al., 2003). در آزمایشگاه می‌توان بعضی از گونه‌های فیتوزئید را با تغذیه از انواع مختلف گرده نگهداری کرد. ارزش تغذیه‌ای گرده بین گونه‌های گیاهی متفاوت است و طول دوره رشدی و میزان زادوولد کنه‌های شکارگر در صورت تغذیه از گرده‌های گیاهی، متفاوت خواهد بود. پژوهش‌های متعددی در ارتباط با تأثیر گرده روی ویژگی-های زیستی کنه‌های فیتوزئید از جمله کنه *N. californicus* وجود دارد، به عنوان نمونه گرده لویی و گرده خرما و گرده زنبور عسل (Vacacela et al., 2019)، گرده توت‌فرنگی (Yan et al., 2020).

در این پژوهش، کارایی کنه‌های پرورش‌یافته روی گرده‌های گیاهی (گرده ذرت، گرده خرما، گرده آفتابگردان و گرده گردو) مورد بررسی قرار گرفته است. کنه‌ها در مدت کوتاه (یک نسل) و طولانی-مدت (۵ و ۲۰ نسل) مورد بررسی قرار گرفته‌اند. میزان شکارگری این

دیسک‌های برگ توت‌فرنگی به ابعاد ۲ در ۲ سانتی‌مترمربع که حاوی ۶۰-۵۰ عدد تخم کنه تارتن است به مدت ۲۴ ساعت در اختیار ماده‌های کنه شکارگر *N. californicus* ۳-۲ روزه هم‌سن از کلنی-های پرورشی قرار گرفت و تعداد تخم کنه تارتن شکارشده به‌عنوان مقیاسی جهت تعیین میزان شکارگری و در نهایت کارایی کنه‌های شکارگر بود. ابتدا، نرخ شکارگری در صورت وجود گرده مورد آزمون در ظروف مورد آزمون مقایسه شد. در آزمون دیگری، افراد پرورش‌یافته روی گرده‌های ذرت، گرده خرما و گرده گردو به همراه مراحل مختلف زیستی کنه انباری *T. putrescentiae* در نسل اول (یک هفته بعد از شروع آزمون)، نسل پنجم (یک ماه بعد از شروع آزمون) و نسل بیستم (چهار ماه بعد از شروع آزمون) بررسی و مقایسه گردید. در آزمون دیگری، میزان شکارگری افراد پرورش‌یافته روی گرده‌های مورد آزمون از مراحل مختلف زیستی کنه تارتن دو لکه‌ای مقایسه شد.

ترجیح میزبانی

واحدهای آزمایشی دیسک‌های برگ از گیاه توت‌فرنگی به ابعاد ۲ در ۲ سانتی‌مترمربع بودند. در آزمون ترجیح میزبانی، در پتری دیش‌ها به‌صورت انفرادی دیسک‌های برگ توت‌فرنگی همراه با ۲۰ عدد تخم کنه تارتن هم‌سن قرار گرفت و مقداری گرده گیاهی نیز قرار گرفت و تعداد تخم کنه تارتن شکارشده توسط کنه‌های شکارگر (ماده‌های ۳-۲ روزه هم‌سن) در مدت ۲۴ ساعت در حضور و عدم حضور دانه گرده به‌عنوان مقیاسی جهت ترجیح میزبانی کنه شکارگر بین کنه تارتن و گرده مورد بررسی قرار گرفت. این برگ‌ها درون تشک پتری شش سانتی‌متری قرار داده شد. دیسک‌های برگ که پیش از انجام آزمایش با تخم کنه تارتن آلوده شدند، استفاده گردید. این دیسک‌های برگ به مدت ۲۴ ساعت در اختیار کنه شکارگرهای هم‌سن قرار داده شد و تعداد شکارهای خورده‌شده، ثبت گردید. در آزمونی دیگر، ۲۰ عدد تخم و ۲۰ عدد پوره سن یک کنه تارتن دو لکه‌ای و ۲۰ عدد بالغ کنه تارتن روی دیسک‌های برگ در اختیار کنه‌های ماده در جمعیت‌های مختلف پرورشی (تغذیه از گرده‌های مورد آزمون به‌صورت جداگانه) قرار گرفت. برای تعیین ترجیح میزبانی کنه شکارگر از روش منلی (Menly, 1994) (معادله ۱) استفاده شد. شاخص منلی آلفا (معادله ۲) نیز برای تعیین ترجیح شکار توسط شکارگر مورد استفاده قرار گرفت.

$$a = \frac{\log P_i}{\sum_{i=1}^n \log P_j} \quad (1)$$

$$\alpha = \log P_i P_i / \sum_{i=1}^n \log P_j \quad (2)$$

آلفا: شاخصی برای ترجیح شکار است که بین ۰ تا ۱ است، P_i :

نسبت باقی‌مانده از مرحله شکار مورد نظر در پایان آزمایش و P_j :

شناسی، بخش تحقیقات جانورشناسی کشاورزی مؤسسه تحقیقات گیاهپزشکی با دمای 1 ± 27 درجه سلسیوس و رطوبت نسبی 5 ± 60 درصد و ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی نگهداری شد. برای پرورش این کنه شکارگر از محیط‌های مصنوعی شامل یک صفحه طلق پلاستیکی روی یک اسفنج اشباع از آب درون ظرف پلاستیکی پر از آب استفاده گردید. برای جلوگیری از فرار کنه‌ها، نوارهایی از دستمال کاغذی مرطوب در حاشیه این صفحات پلاستیکی (طلق) قرار گرفتند، به‌نحوی که یک طرف آن در آب ظرف پلاستیکی فرو رفته و با مکش رطوبت، آب مورد نیاز کنه‌ها را فراهم و همین‌طور از فرار آن‌ها جلوگیری می‌کرد. برای پرورش این کنه شکارگر از مراحل مختلف زیستی کنه انباری *Tyrophagus putrescentiae* و گرده ذرت استفاده شد (Hatherly et al., 2005).

دیسک‌های برگ با روش کوستینان و هوی (Kostiainen & Hoy, 1994) برای انجام آزمون‌ها استفاده شد. این دیسک‌های برگ به ابعاد 2×2 سانتی‌متری را در داخل تشک پتری (به قطر شش سانتی‌متر) روی لایه پنبه‌ای اشباع‌شده از آب قرار داده و رشته‌هایی از پنبه به‌شکل نخ و اشباع از آب به‌ضخامت ۰/۵ سانتی-متر دور تا دور بسترهای برگ قرار گرفت. این موانع از فرار شکارگرها جلوگیری می‌کند. هر روز مقداری آب نیز به تشک پتری‌ها اضافه شد.

جمع‌آوری و نگهداری گرده‌ها

گرده‌های گیاهان مختلف (ذرت، خرما، گردو و آفتابگردان) برای این پروژه انتخاب شد. دلیل استفاده از این گرده‌ها، دسترسی آسان و ارزان بودن این گرده‌ها بود. این گرده‌ها از مناطق مختلف جمع‌آوری و به مدت چند روز روی برگه‌های کاغذ خشک شد و سپس به یخچال با دمای پنج درجه سلسیوس در آزمایشگاه کنه‌شناسی بخش تحقیقات جانورشناسی منتقل گردید و برای آزمون‌های مختلف مورد استفاده قرار گرفت. گرده ذرت، از مزرعه‌های واقع در کرج (بخش اصلاح بذر) در اوایل بهار جمع‌آوری شد. گرده گردو از آذربایجان شرقی و گرده آفتابگردان نیز از محوله باغ گیاهپزشکی تهران در بهار جمع‌آوری گردید. گرده خرما نیز از استان کرمان و از شهر بم در اواخر بهار جمع‌آوری و به آزمایشگاه منتقل شد. زمان برداشت گرده این گیاهان اوایل بهار بود. گرده‌ها بعد از جمع‌آوری کاملاً خشک و سپس به یخچال منتقل شد.

در این پژوهش، کارایی کنه‌های شکارگری که روی گرده‌های ذرت، آفتابگردان، خرما و گردو به همراه مراحل مختلف زیستی کنه انباری *T. putrescentiae* پرورش یافته‌اند، مورد بررسی قرار می‌گیرد. میزان شکارگری، ترجیح میزبانی و واکنش تابعی کنه‌های شکارگر مورد آزمون بررسی شده است.

بررسی میزان شکارگری

آماره P_1 تعیین گردید. علامت مثبت آماره P_1 (بخش خطی) نشان‌دهنده واکنش تابعی نوع سوم و علامت منفی آماره P_1 نشان‌دهنده واکنش تابعی نوع دوم است (Juliano, 2001). در مرحله بعدی، آماره‌های واکنش تابعی محاسبه شدند. برای این منظور از رگرسیون غیرخطی با رویه MLIN در نرم‌افزار SAS استفاده گردید. از آنجا که تراکم شکار در مدت آزمایش ثابت نبوده و شکار خورده‌شده در طول آزمایش جایگزین نشد، مدل مناسب برای برآورد آماره‌های واکنش تابعی مدل راجرز (معادله ۴) بود (Roger, 1972).

$$N_a = N_0 \left[1 - \exp\left(\frac{-bN_0T_h}{1 + bT_hN_0^2}\right) \right] \quad (4)$$

که در آن، N : تعداد میزبان یا شکار مورد حمله قرارگرفته، N_0 : تعداد اولیه میزبان، T : زمان در معرض قرار گرفتن (۲۴ ساعت)، T_h : زمان دستیابی و b : مقداری ثابت است. برای مقایسه زمان دستیابی و قدرت جست‌وجوگری از آماره‌های D_b و D_{T_h} در معادله ۲ ترکیبی زیر (معادله ۵) استفاده شد (Juliano, 2001).

$$N_a = N_0 \left\{ 1 - \exp\left[-(b + D_b(j))\left(T - (T_h + D_{T_h}(j))N\right)\right] \right\} \quad (5)$$

نتایج

میزان شکارگری

در آزمون‌های میزان شکارگری، کنه‌های شکارگر از کلنی‌های مختلف شامل کنه‌های پرورش‌یافته با گرده ذرت، گرده آفتابگردان، گرده گردو و خرما و کنه‌های انباری مورد مقایسه قرار گرفت. میزان شکارگری جمعیت‌های کنه شکارگری که به مدت یک نسل (یک هفته)، ۵ نسل (یک ماه) و ۲۰ نسل (چهار ماه) در ظروف حاوی گرده‌های مورد آزمون پرورش یافتند، در جدول ۱ نشان داده شده است. میزان شکارگری از تخم کنه تارتن در نسل‌های متمادی اختلاف معنی‌داری نشان نداد ($P=0/82$).

نسبت باقی‌مانده از مجموع تمام شکارگرها در پایان آزمایش و n : تعداد مراحل و انواع شکارها است. اگر α به یک نزدیک باشد، ترجیح به شکار اول بیشتر است و اگر $0/5$ باشد، کنه شکارگر ترجیحی را نشان نداده است.

ترجیح بین هر دو مرحله سنی از فرمول مرداک (Murdoch, 1969) محاسبه شد.

$$E_1/E_2 = c(N_1/N_2) \quad (3)$$

که در آن، N_1, N_2 : تعداد اولیه شکار در دو مرحله سنی و E_1, E_2 : تعداد افراد شکارشده از هر یک از مراحل سنی و c : شاخص ترجیح است (Jervis & Kidi, 1996).

بررسی واکنش تابعی

واکنش تابعی، یکی از رفتارهای شکارگری است که میزان شکار مصرف‌شده در واحد زمان نسبت به تغییرات تراکم شکار را نشان می‌دهد. ریخت‌شناسی گیاه با کاهش دادن قدرت جست‌وجوگری شکارگرها، توانایی آن‌ها را تحت تأثیر قرار می‌دهد. برای تعیین واکنش تابعی کنه‌های شکارگر پرورش‌یافته روی گرده‌های مختلف و کنه انباری، دیسک‌های برگی (برگ خیار) با نسبت‌های مختلف تخم کنه تارتن (۲، ۴، ۸، ۱۶، ۳۲ و ۶۰، ۷۰) به مدت ۲۴ ساعت در اختیار کنه‌های شکارگر قرار گرفت و تعداد تخم‌های خورده‌شده شمارش شد.

تجزیه داده‌ها براساس روش دو مرحله‌ای جولیانو (Juliano, 2001) انجام شد. براساس این روش، ابتدا داده‌ها به یک تابع چند جمله‌ای (معادله ۳) برازش داده شدند تا نوع واکنش تابعی مشخص شود.

$$\frac{N_a}{N_0} = \frac{\exp(P_0 + P_1N_0 + P_2N_0^2 + P_3N_0^3)}{1 + \exp(P_0 + P_1N_0 + P_2N_0^2 + P_3N_0^3)} \quad (3)$$

آماره‌های P_0, P_1, P_2 و P_3 با استفاده از نرم‌افزار SAS و رویه CATMOD انجام شد. نوع واکنش تابعی با استفاده از علامت

جدول ۱- میزان شکارگری کنه شکارگر *N. californicus* پرورش‌یافته روی گرده‌های ذرت، خرما، گردو و آفتابگردان و کنه انباری *T.*

putrescentiae در مدت یک، ۵ و ۲۰ نسل از تخم کنه تارتن دو لکه‌ای

Table1- Predation rate of the predatory mite *N. californicus* reared on corn, date, walnut and sunflower pollen with stored mite *T. putrescentiae* during one, five and 20 generations of two-spotted spider mite eggs

Reared on	The first generation	The 5 th generation	The 20 th generation
Corn pollen	14.10±0.93 ^{a*}	13.80±0.59 ^a	13.20±1.01 ^a
Date palm pollen	15.50±0.79 ^a	14.30±0.79 ^a	13.70±0.49 ^a
Walnut pollen	15.60±0.48 ^a	13.70±0.76 ^a	16.30±0.61 ^a
Sunflower pollen	14.20±1.02 ^a	14.50±0.52 ^a	13.02±1.03 ^a

* Similar letters indicate no significant difference at the 95% level.

† Degrees of freedom for ANOVA=84

حروف مشابه نشان دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۹۵٪ است.

درجه آزادی آزمون ANOVA = ۸۴

به دلیل عدم وجود اختلاف معنی دار بین جمعیت های مورد آزمون، میزان شکارگری افرادی که پنج نسل در ظروف پرورش گرده های مورد آزمون قرار گرفتند، مورد بررسی و مقایسه قرار گرفت. میزان شکارگری افراد از تخم، پوره سن یک و افراد کامل کنه تارتن مورد مقایسه قرار گرفتند. میزان شکارگری کنه *N. californicus* از تخم، پوره و افراد کامل *T. urticae* اختلاف معنی داری نشان داد ($P \leq 0.01$) (جدول ۲). بیشترین میزان شکارگری از پوره کنه تارتن به دست آمد (به ترتیب در جمعیت های پرورش یافته روی گرده ذرت،

خرما، گردو و آفتابگردان به ترتیب 10.41 ± 0.99 ، 9.00 ± 0.00 و 8.44 ± 0.17). اختلاف معنی داری بین جمعیت های متفاوت کنه شکارگر در مورد میزان شکارگری از تخم *T. urticae* مشاهده نشد ($P = 0.24$)، اما در مورد پوره و افراد کامل اختلاف وجود داشت، به طوری که کمترین میزان شکارگری در مورد افرادی که روی گرده آفتابگردان پرورش یافتند.

جدول ۲- میزان شکارگری کنه شکارگر *N. californicus* پرورش یافته روی گرده های ذرت، خرما، گردو و آفتابگردان و کنه انباری *T. putrescentiae* از تخم، پوره سن یکم و افراد کامل کنه تارتن دو لکه ای

Table 2-Predation rate of the predatory mite *N. californicus* reared on corn, date, walnut and sunflower pollen with stored mite *T. putrescentiae* from eggs, first instar nymphs and adults of the two-spotted spider mite

Reared on	Predation rate on egg of <i>T. urtica</i>	Predation rate on nymph of <i>T. urtica</i>	Predation rate on adults of <i>T. urtica</i>
Corn pollen + <i>T. putrescentiae</i>	$7.24 \pm 0.70^{b*}$	10.41 ± 0.99^a	2.23 ± 0.40^c
Date pollen + <i>T. putrescentiae</i>	8.06 ± 0.75^b	10.41 ± 0.99^a	3.00 ± 0.00^c
Walnut pollen + <i>T. putrescentiae</i>	7.21 ± 0.34^b	9.00 ± 0.00^a	4.33 ± 0.171^c
Sunflower pollen + <i>T. putrescentiae</i>	5.52 ± 0.55^b	8.44 ± 0.17^a	1.77 ± 0.33^c

* Different letters indicate significant difference at the 95% level.

† Degrees of freedom for ANOVA=30

حروف مختلف نشان دهنده اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۹۵٪ است.

درجه آزادی آزمون ANOVA = ۳۰

در آزمون دیگری، میزان شکارگری افراد پرورش یافته در کلنی های حاوی گرده های گیاهی (گرده ذرت $14/74 \pm 0/94$ ، گرده گردو $15/24 \pm 1/05$ ، گرده خرما $14/17 \pm 1/04$ و گرده آفتابگردان $13/50 \pm 0/95$) با میزان شکارگری افراد پرورش یافته بدون گرده گیاهی اختلاف معنی داری داشت. در صورت قرار دادن گرده در پتری های آزمایشی بین گرده های گیاهی اختلاف معنی داری مشاهده شد ($P \leq 0.01$)، اما اختلاف در بین جمعیت ها معنی دار نبود ($P = 0.86$) (جدول ۳). نتایج افراد خورده شده توسط ماده های کنه شکارگر نشان داد که میزان شکارگری کنه شکارگر در صورت تغذیه از تنها گرده ذرت ($9/00 \pm 1/46$)، گردو ($8/19 \pm 0/99$) و خرما ($8/28 \pm 0/80$) و

آفتابگردان ($8/00 \pm 0/92$) با یکدیگر اختلاف معنی داری نشان ندادند. اما زمانی که جمعیت هایی از کنه تارتن و گرده ها مورد بررسی قرار گرفت، تعداد تخم کنه تارتن خورده شده توسط کنه شکارگر در صورت تغذیه از گرده های ذرت $14/74 \pm 0/94$ ، گردو $15/24 \pm 1/05$ ، آفتابگردان $13/50 \pm 0/95$ و خرما $14/17 \pm 1/04$ با جمعیت های تغذیه شده با کنه تارتن اختلاف معنی داری را نشان دادند ($P \leq 0.01$). در آزمون های دوتایی بین جمعیت های کنه شکارگر حاوی گرده گیاهی و بدون گرده نیز اختلاف بین میزان شکارگری افراد معنی دار بود (جدول ۴).

جدول ۳- میزان شکارگری کنه شکارگر *N. californicus* پرورش یافته روی گرده های ذرت، خرما، گردو و آفتابگردان و کنه انباری *T. putrescentiae* از تخم کنه تارتن دو لکه ای در حضور و عدم حضور گرده های گیاهی

Table 3-Predation rate of the predatory mite *N. californicus* reared on corn, date, walnut and sunflower pollen pollen with stored mite *T. putrescentiae* from eggs, of the two-spotted spider mite in the presence or absence of pollen

	Corn pollen	Walnut pollen	Date pollen	Sunflower pollen	Two-spotted spider mite
The presence of pollen	14.74 ± 0.94^a	15.24 ± 1.05^a	14.17 ± 1.04^a	13.00 ± 0.95^a	10.00 ± 0.95^b
Absence of pollen	9.00 ± 1.46^a	8.19 ± 0.99^a	8.28 ± 0.80^a	8.00 ± 0.92^a	

Different letters indicate significant difference at the 95% level.

† Degrees of freedom for ANOVA=80

حروف مختلف نشان دهنده اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۹۵٪ است.

درجه آزادی آزمون ANOVA = ۸۰

جدول ۴- مقایسه حضور گرده بر میزان شکارگری جمعیت‌های کنه *N. californicus* پرورش‌یافته روی چند گرده گیاهی و کنه انباری *T. putrescentiae*

Table 4- Comparison of pollen presence on predation rates of *N. californicus* mite populations reared on several plant pollens with stored mite *T. putrescentiae*,

Reared on	The presence of pollen	Absence of pollen
Corn pollen	9.00±1.46 ^b	14.374±0.94 ^a
Date palm pollen	8.28±0.80 ^b	14.17±1.04 ^a
Walnut pollen	8.19±0.99 ^b	15.24±1.05 ^a
Sun flower pollen	7.12±0.89 ^b	13.50±1.50 ^a

Different letters indicate significant difference at the 95% level.

† Degrees of freedom for ANOVA=51

حروف مختلف نشان دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۹۵٪ است.

درجه آزادی آزمون ANOVA = ۵۱

مختلف زیستی با یکدیگر اختلاف معنی‌داری را نشان داد ($P \leq 0.01$)

(جدول ۵). شاخص بتای منلی تخم، پوره سن یکم و بالغین در جمعیت‌های مختلف کنه شکارگر با یکدیگر اختلاف معنی‌داری نداشت (به ترتیب برای مراحل تخم، پوره سن یک و افراد بالغ $P = 0.09$ ، $P = 0.14$ و $P = 0.34$).

ترجیح میزبانی

ترجیح کنه‌های شکارگر ماده بین مراحل مختلف زیستی کنه تارتن دو لکه‌ای نشان داد که شاخص بتای منلی محاسبه‌شده جمعیت‌های مختلف کنه شکارگر روی مراحل مختلف زیستی کنه تارتن دو لکه‌ای اختلاف معنی‌داری نشان داد ($P \leq 0.01$). در جمعیت کنه شکارگر پرورش‌یافته روی کنه تارتن دو لکه‌ای، شاخص بتای مراحل

جدول ۵- شاخص بتای منلی محاسبه‌شده جمعیت‌های مختلف ماده کنه شکارگر *N. californicus* پرورش‌یافته روی گرده‌های گیاهی مختلف و کنه انباری *T. putrescentiae*

Table 5-The Manly's β index of different populations of female predatory mites *N. californicus* reared on different plant pollens with stored mite *T. putrescentiae*

Reared on	Manly's β index of <i>T. urticae</i> eggs	Manly's β index of <i>T. urticae</i> nymph	Manly's β index of <i>T. urticae</i> adults
Corn pollen	0.42±0.04 ^a	0.44±0.04 ^a	0.13±0.03 ^b
Date pollen	0.42±0.04 ^a	0.48±0.04 ^a	0.09±0.004 ^b
Walnut pollen	0.38±0.01 ^b	0.47±0.02 ^a	0.15±0.02 ^b
Sunflower pollen	0.32±0.01 ^b	0.51±0.02 ^a	0.17±0.02 ^c
Tetranychus urticae	0.42±0.01 ^b	0.55±0.02 ^a	0.11±0.02 ^c

Different letters indicate significant difference at the 95% level.

† Degrees of freedom for ANOVA=36

حروف مختلف نشان دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۹۵٪ است.

درجه آزادی آزمون ANOVA = ۳۶

غیرخطی استفاده گردید.

در تحلیل نوع واکنش تابعی، داده‌های حاصل از شکار کنه شکارگر در تراکم‌های مختلف تخم کنه تارتن با استفاده از رگرسیون لجستیک مشخص شد که آماره‌های مربوط به جمعیت‌های مختلف کنه شکارگر در جدول ۶ نشان داده شده است. واکنش تابعی جمعیت‌های گرده آفتابگردان، گرده خرما و گرده گردو از نوع دوم و جمعیت‌های کنه تارتن و گرده ذرت از نوع سوم بود. واکنش تابعی نوع سوم یا مدل سیگموئید از روی علامت مثبت مقدار برآوردشده برای پارامتر ضریب N_0 در جدول برآورد آماره‌ها تعیین شد. جدول ۷، مقادیر آماره‌های قدرت جست‌وجوگری و زمان دستیابی محاسبه‌شده کنه شکارگر

شاخص بتا روی پوره سن اول کنه تارتن بیشتر از مرحله تخم و مرحله تخم بیشتر از مرحله بالغ بود. کنه شکارگر در جمعیت‌های مختلف پرورش‌یافته به پوره سن اول کنه *T. urticae* نشان داده است.

بررسی واکنش تابعی

تجزیه داده‌های واکنش تابعی در دو مرحله و با استفاده از نرم‌افزار SAS انجام شد. در مرحله اول برای تعیین نوع واکنش تابعی از رگرسیون لجستیک و برای برآورد مقادیر شاخص‌های قدرت جست‌وجوگری (a, b) و زمان دستیابی (T_h) از روش تجزیه رگرسیون

شکارگری کنه شکارگر پرورش یافته روی گرده‌های گیاهی مختلف و کنه *T. putrescentiae* در تراکم‌های مختلف شکار در سطح ۹۵ درصد با یکدیگر اختلاف معنی‌داری داشت ($P \leq 0.01$). میزان شکارگری در تراکم‌های متفاوت شکار در جدول ۹ نشان داده شده است.

در بین جمعیت‌های متفاوت در تراکم ۷۰ عددی جمعیت کنه تارتن و گرده ذرت، در تراکم ۶۰ عددی جمعیت‌های روی گرده گردو و در تراکم ۳۲ عددی شکار جمعیت روی کنه تارتن بالاترین میزان شکارگری را نشان داد (جدول ۹).

بحث

ارزیابی کارایی دشمنان طبیعی پرورش یافته با ارزیابی پارامترهای زیستی (تجزیه و تحلیل کمی جمعیت) و همچنین با ارزیابی ویژگی‌های رفتاری آن‌ها انجام می‌گیرد (van Alphen & Jervis, 1996). برای ارزیابی میزان تأثیر یک شکارگر روی شکار، نیاز به مطالعه ویژگی‌های بسیاری از جمله ترجیح میزبانی، توانایی جست‌وجوگری، پتانسیل تولیدمثلی، واکنش‌های تابعی وابسته به تراکم میزبان و واکنش عددی، قدرت جست‌وجوگری مناسب در داخل یک ناحیه جست‌وجوگری لکه میزبانی است (Badi et al., 1999).

در تراکم‌های مختلف تخم کنه تارتن دو لکه‌ای روی جمعیت‌های مختلف کنه شکارگر را نشان می‌دهد.

برای تعیین آماره‌های قدرت جست‌وجوگری (a) و زمان دستیابی (T_h) از معادله راجرز استفاده شد. قدرت جست‌وجوگری برای کنه‌های شکارگر *N. californicus* پرورش یافته روی گرده آفتابگردان، گرده خرما و گرده گردو به ترتیب 0.057 ± 0.020 ، 0.180 ± 0.017 و 0.077 ± 0.023 برآورد شد. زمان دستیابی و ضریب ثابت b برای جمعیت‌های کنه‌های شکارگر *N. californicus* پرورش یافته روی گرده ذرت و تخم کنه تارتن دو لکه‌ای به ترتیب $1/360 \pm 0.220$ ساعت و 0.100 ± 0.090 و $2/370 \pm 0.210$ ساعت و 0.170 ± 0.010 برآورد شد. با استفاده از معادله ترکیبی آماره‌های واکنش تابعی مقایسه و مشخص شد که زمان دستیابی کنه شکارگر در پرورش‌های مختلف با یکدیگر تفاوت معنی‌دار داشت (جدول ۸). شکل ۱، منحنی واکنش تابعی کنه شکارگر پرورش یافته روی گرده‌های ذرت، خرما، گردو، آفتابگردان و کنه انباری روی تراکم‌های تخم *T. urticae* را نشان می‌دهد. از آنجا که میزان آماره‌های D_{Th} در جمعیت‌های گرده آفتابگردان، گرده گردو، کنه تارتن و گرده ذرت با عدد صفر اختلاف معنی‌داری نشان می‌دهد، زمان دستیابی کنه شکارگر در شکار تخم کنه تارتن دو لکه‌ای روی این جمعیت‌ها نسبت به هم تفاوت معنی‌داری داشت.

کمترین زمان دستیابی کنه شکارگر به شکار، در کنه‌های پرورش یافته روی گرده آفتابگردان و گرده ذرت مشاهده شد. میزان

جدول ۶- نتایج تجزیه و تحلیل رگرسیون لجستیک نسبت طعمه‌های خورده شده (تخم کنه تارتن دو لکه‌ای) به طعمه‌های ارائه شده به کنه شکارگر *N. californicus* (N_e/N_0) برای تعیین نوع واکنش تابعی در جمعیت پرورش یافته روی گرده‌های ذرت، خرما، گردو کنه تارتن و آفتابگردان و کنه انباری *T. putrescentiae*

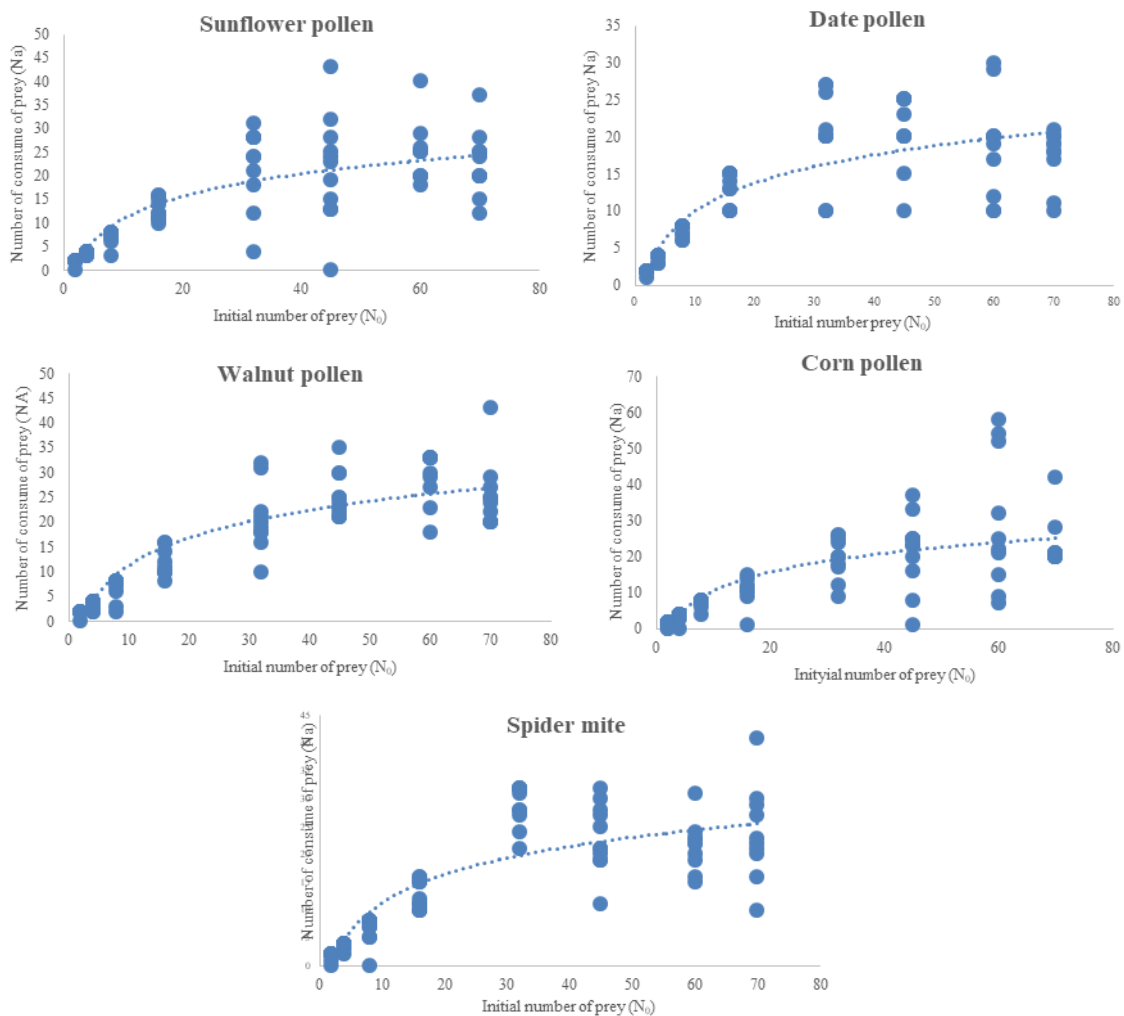
Table 6- Logistic regression analysis of the proportion of prey eaten (egg of two-spotted spider mite) by the predatory mite *N. californicus* (N_e/N_0) fed with different pollens and stored mite *T. putrescentiae* to determine the type of functional response

Reared on	Coefficient	Estimate	SE	Chi-squared value	P value
Sunflower pollen + <i>T. urticae</i>	Constant	3.81	0.63	38.17	0.0001
	Linear	-0.11	0.05	4.26	0.039
	Quadratic	0.001	0.001	1.01	0.315
Date pollen + <i>T. urticae</i>	Constant	5.09	1.43	12.59	0.004
	Linear	-0.225	0.20	1.23	0.267
	Quadratic	0.0037	0.009	0.15	0.969
Walnut pollen + <i>T. urticae</i>	Constant	4.77	0.88	29.47	0.001
	Linear	-0.47	0.124	14.34	0.0002
	Quadratic	0.023	0.055	18.40	0.0001
Corn pollen + <i>T. urticae</i>	Constant	1.72	0.54	10.18	0.001
	Linear	0.079	0.086	0.851	0.46
	Quadratic	0.001	0.0004	2.60	0.11
<i>T. urticae</i>	Constant	2.004	0.34	34.59	0.001
	Linear	0.02	0.19	1.15	0.28
	Quadratic	0.001	0.01	1.10	0.38

جدول ۷ - مقادیر آماره‌های قدرت جست‌وجوگری و زمان دستیابی محاسبه شده کنه شکارگر *N. californicus* در برابر تراکم‌های مختلف تخم کنه تارتین دو لکه‌ای در جمعیت‌های پرورش یافته روی گرده‌های ذرت، خرما، گردو کنه تارتین و آفتابگردان و کنه انباری *T. putrescentiae*

Table 7- Estimated values of attack coefficient and handling time by Rogers model for predatory mite *N. californicus* on the egg of two-spotted spider mite in case of feeding on sunflower, corn, date and walnut pollens and stored mite *T. putrescentiae*

Reared on	Attack coefficient (a) (β)	Handling time (T_h)
	Approximate (lower- upper)	Approximate (lower- upper)
Sunflower pollen + <i>T. putrescentiae</i>	0.057 ± 0.02 (0.60-0.01)	0.51 ± 0.50 (0.20-1.02)
Date pollen + <i>T. putrescentiae</i>	0.18 ± 0.017 (0.01-0.50)	0.22 ± 0.05 (0.01-0.54)
Walnut pollen + <i>T. putrescentiae</i>	0.077 ± 0.023 (0.001-0.100)	1.02 ± 0.14 (0.25-1.95)
Corn pollen + <i>T. putrescentiae</i>	0.10 ± 0.09 (0.01-0.85)	1.02 ± 0.14 (0.58-1.52)
<i>T. urticae</i>	0.17 ± 0.01 (0.10-0.45)	1.36 ± 0.22 (0.22-2.02)



شکل ۱- واکنش تابعی کنه شکارگر *N. californicus* پرورش یافته روی گرده‌های ذرت، خرما، آفتابگردان، گردو و کنه انباری *T. putrescentiae* روی تراکم‌های مختلف تخم *T. urticae*

Figure 1- Functional response of the predatory mite, *N. californicus* on the egg of two-spotted spider mite in case of feeding on sunflower, corn, date and walnut pollens and stored mite *T. putrescentiae*

جدول ۸- مقادیر برآورد شده توسط مدل ترکیبی برای آماره‌های واکنش تابعی کنه شکارگر *N. californicus* پرورش یافته روی گرده‌های ذرت، خرما، آفتابگردان، گردو و کنه انباری *T. putrescentiae*

Table 8- Calculated values of D_a , D_{th} statistics to compare the attack coefficient and handling time of predatory mite *N. californicus* in case of feeding on sunflower, corn, date and walnut pollens and stored mite *T. putrescentiae*

Pollen	Coefficient	Estimate	SE	Approximate (95%)	
				Lower	Upper
Sunflower pollen- date pollen	D_a	-0.017	0.049	-0.114	0.080
	D_{th}	0.046	0.094	-0.140	0.231
Sunflower pollen- walnut pollen	D_a	-0.004	0.052	-0.010	0.107
	D_{th}	-0.021	0.088	-0.195	-0.153
Date pollen-walnut pollen	D_a	-0.033	0.057	-0.140	0.079
	D_{th}	0.035	0.124	-0.208	-0.279
Spider mite-corn pollen	D_a	-0.154	0.124	-0.399	0.092
	D_{th}	-0.446	0.816	-0.607	-0.285

جدول ۹- میانگین ($\pm$ خطای معیار) شکارگری هر فرد کنه *N. californicus* پرورش یافته روی گرده‌های ذرت، خرما، آفتابگردان، کنه تارتین و گردو و کنه انباری *T. putrescentiae* در تراکم‌های متغیر تخم *T. urticae*

Table 9- Mean ($\pm$ SE) of predation rate per individual of the predatory mite *N. californicus* reared on corn, date, walnut and sunflower pollen stored mite *T. putrescentiae* on egg of *Tetranychus urticae*

Density of prey	Reared on				
	Date pollen + <i>T. putrescentiae</i>	Walnut pollen + <i>T. putrescentiae</i>	Corn pollen + <i>T. putrescentiae</i>	Sunflower pollen + <i>T. putrescentiae</i>	<i>T. urticae</i>
2	1.9 $\pm$ 0.01 ^a	1.8 $\pm$ 0.02 ^a	1.50 $\pm$ 0.02 ^a	1.8 $\pm$ 0.02 ^a	1.70 $\pm$ 0.02 ^a
4	3.8 $\pm$ 0.01 ^a	3.4 $\pm$ 0.02 ^a	3.40 $\pm$ 0.04 ^a	3.80 $\pm$ 0.01 ^a	3.70 $\pm$ 0.02 ^a
8	7.4 $\pm$ 0.08 ^a	6.60 $\pm$ 0.07 ^b	7.20 $\pm$ 0.07 ^a	7.10 $\pm$ 0.09 ^a	6.40 $\pm$ 0.09 ^b
16	13 $\pm$ 0.06 ^a	11.70 $\pm$ 0.08 ^c	10.5 $\pm$ 1.19 ^c	12.80 $\pm$ 0.07 ^b	12.60 $\pm$ 0.08 ^b
32	20.1 $\pm$ 0.02 ^b	20.70 $\pm$ 0.23 ^b	19.70 $\pm$ 0.19 ^b	21.8 $\pm$ 0.36 ^b	28.70 $\pm$ 0.17 ^a
45	20.8 $\pm$ 0.16 ^b	24.70 $\pm$ 0.14 ^a	23.50 $\pm$ 0.26 ^a	23.50 $\pm$ 0.29 ^a	24.20 $\pm$ 0.15 ^a
60	14.50 $\pm$ 0.02 ^c	23.30 $\pm$ 0.16 ^a	13.2 $\pm$ 0.56 ^c	17.70 $\pm$ 0.31 ^b	16 $\pm$ 0.17 ^b
70	17.30 $\pm$ 0.01 ^c	25.50 $\pm$ 0.21 ^b	27.1 $\pm$ 0.47 ^a	22.20 $\pm$ 0.22 ^c	24.10 $\pm$ 0.26 ^b

* Means within a row followed by same letter were not significantly different ($\alpha=5\%$).

† Degrees of freedom for ANOVA=42

حروف مشابه نشان دهنده در ردیف‌ها عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۹۵٪ است.

درجه آزادی آزمون ANOVA = ۴۲

و نرخ شکارگری را کاهش می‌دهد که در استفاده از این عوامل در گلخانه‌های تجاری با در نظر گرفتن این مورد و از طرف دیگر به دلیل گرده‌های گیاهی، کنه‌ها شکارگر موفق‌تر مستقر خواهند شد. از دیگر موارد مورد بررسی، ترجیح میزبانی کنه شکارگر است، در این پژوهش بیشترین میزان شکارگری کنه‌های پرورش یافته روی گرده‌های ذرت، خرما، آفتابگردان و گردو از پوره کنه تارتین دو لکه‌ای حاصل شد. در پژوهش دیگری مشخص شد که پوره کنه تخم کنه برای پوره‌های کنه *N. californicus* و پوره سن یکم کنه تارتین دو لکه‌ای برای ماده‌های کنه شکارگر به‌عنوان مرحله سنی ترجیح داشتند (Rezaie et al., 2017). پژوهشگران دیگری نیز پژوهش‌هایی در این ارتباط انجام داده‌اند، کنه شکارگر *N. californicus* از تخم، لارو و پوره‌های کنه تارتین نسبت به افراد کامل کنه *T. urticae* بیشتر تغذیه کردند (Canlas et al., 2006). درحالی‌که مارافل و همکاران (Marafel et al., 2011) نشان دادند که کنه شکارگر *N. californicus* از بین همه مراحل زیستی کنه تارتین از لارو بیشتر تغذیه می‌کند. بلک وود و همکاران (Blackwood et al., 2001) بیان کردند که لارو کنه‌های تارتین برای کنه‌های فیتوزئید عمومی‌خوار

در این پژوهش، پرورش کنه‌های شکارگر روی گرده‌های گیاهی مورد آزمون در کوتاه‌مدت و طولانی‌مدت روی کارایی کنه شکارگر (میزان شکارگری) آن تأثیر نامطلوبی نداشت. ساماراز و همکاران (Samaras et al., 2021) در پژوهشی گزارش کردند که اضافه کردن گرده‌های کاج، لوبی و گرده ذرت به شکار (تریپس *Frankliniella occidentalis* (Pergande))، میزان شکارگری کنه شکارگر *Amblydromalus limonicus* (Garman & McGregor) را افزایش داد و البته نوع گرده در افزایش میزان شکارگری کنه شکارگر از تریپس‌ها متفاوت بود، به‌طوری‌که گرده کاج بهتر از دو گرده مورد بررسی بود. در پژوهش حاضر، میزان شکارگری کنه *N. californicus* پرورش یافته روی گرده‌های گیاهی متفاوت و کنه انباری *T. putrescentiae* تفاوت معنی‌داری داشت، کمترین میزان شکارگری در جمعیت پرورش یافته روی گرده آفتابگردان و بیشترین میزان شکارگری در جمعیت پرورش یافته روی گرده خرما و گرده گردو به دست آمد که دلیل آن شاید ترکیبات و مواد تشکیل دهنده گرده آفتابگردان بود. قرار دادن گرده در ظروف حاوی شکار در آزمون‌های مکرر روی میزان شکارگری کنه شکارگر تأثیر داشته

تابعی از نوع دوم گزارش شد. پژوهشگران دیگری نیز واکنش تابعی کنه *N. californicus* را به ترتیب روی افراد نر کنه *T. urticae* و تخم کنه تارتن دو لکه‌ای از نوع دوم گزارش کردند (Laing & Osborn, 1974; Friese & Gilstrap, 1982). فرازمند و همکاران (Farazmand et al., 2012)، واکنش تابعی این کنه شکارگر را روی تخم و پوره کنه تارتن دو لکه‌ای روی دیسک‌های برگ‌خوار از نوع دوم گزارش کردند. کاستگولنی و سیمونی (Castagnoli & Simoni, 1999)، تأثیر طولانی مدت تغذیه با شکارهای مختلف (کنه تارتن دو لکه‌ای، *Dermatophagoides farinae* و گرده کاج) را روی واکنش تابعی کنه شکارگر *N. californicus* مورد بررسی قرار دادند، در نتیجه واکنش تابعی نوع دوم را در شکار این طعمه‌ها گزارش کردند. در نوع سوم واکنش تابعی تعداد شکار کشته شده به صورت تابع S شکل است (Juliano, 2001). کمترین زمان دستیابی به شکار در کنه‌های پرورش یافته روی گرده آفتابگردان و گرده ذرت بود. گرده‌های گردو و خرما از نظر رفتاری (زمان دستیابی) برای پرورش کنه شکارگر مناسب‌تر بودند و ماده‌های کنه شکارگر دو سه روز اول زیست خود تنها از گرده تغذیه کردند، در مزارع زراعی در اول فصل کشت که تعداد آفات کم است برای ایجاد پایداری در محصول مورد استفاده قرار گرفت و در غیاب شکار، کنه شکارگر در محصول مستقر شد.

نتیجه‌گیری

زمان دستیابی به شکار در جمعیت‌های مورد آزمون تفاوت داشت و کمترین زمان دستیابی کنه شکارگر به شکار در کنه‌های پرورش یافته روی گرده آفتابگردان و گرده ذرت مشاهده شد. استفاده از گرده گردو و گرده خرما به علاوه مراحل مختلف زیستی کنه انباری *N. californicus putrescentiae* برای پرورش کنه شکارگر مناسب بود. کارایی کنه‌های پرورش یافته از نظر میران شکارگری از شکار ترجیحی نیز در جمعیت‌های پرورش یافته از گرده گردو یا گرده خرما به همراه کنه انباری بهتر از سایر موارد مورد بررسی بود و استفاده از آن‌ها برای پرورش کنه شکارگر توصیه می‌شود.

مناسب‌تر از تخم کنه‌های تارتن است که دلیل آن را بهتر بودن مواد غذایی و زمان دستیابی ذکر کردند و یا اینکه قطعات دهانی این کنه‌های فیتوزئید برای باز کردن کوریون تخم کنه‌های تارتن مناسب نبود. کنه‌های فیتوزئید، پوره‌های متحرک شکار را به دلیل بزرگ‌تر و فعال بودن ترجیح دادند (Sabelis, 1985).

از واکنش تابعی برای تعیین کارایی شکارگر استفاده می‌شود (De Clereq et al., 2000; Badi et al., 2004; Reis et al., 2007; Timms et al., 2008). واکنش تابعی در سامانه شکار-شکارگر به عنوان یک ترکیب مهم مطرح است (Jeschke et al., 2002) و ترکیبی کلیدی در انتخاب شکارگر برای کنترل بیولوژیک محسوب می‌شود (Lester & Harmsen, 2002). هر چقدر میزان قدرت جست‌وجوگری بالاتر باشد، کارایی شکارگر در حمله به میزبان و یا طعمه افزایش می‌یابد (van Alphen & Jervis, 1996). افزون بر ویژگی‌های فردی شکارگرها، عوامل دیگری از جمله گیاهان میزبان (رقم گیاه) و عوامل محیطی (به ویژه شرایط دمایی) بر نوع واکنش تابعی و مقدار آماره‌های آن تأثیر دارد (Coll & Ridgway, 1995; Messina & Hanks, 1998). هر چقدر زمان دستیابی کمتر باشد، کارایی دشمن طبیعی بیشتر است (van Alphen & Jervis, 1996). قدرت جست‌وجوگری در زمان دستیابی شکارگر افزودن بر تراکم طعمه به نوع شکار در دسترس نیز بستگی دارد (Messina & Hanks, 1998).

واکنش تابعی نوع دوم در کنه‌های فیتوزئید به طور معمول دیده می‌شود. در این نوع واکنش تابعی، تعداد طعمه خورده شده به ازای هر شکارگر با افزایش تراکم اولیه افزایش می‌یابد و سپس به تدریج کم شده و منحنی حاصله به موازات خط افقی امتداد می‌یابد. در این پژوهش، واکنش تابعی کنه‌های شکارگر پرورش یافته روی گرده آفتابگردان، گرده گردو و گرده خرما روی تخم کنه تارتن دو لکه‌ای از نوع دوم بود. در پژوهش‌های دیگر، در بیشتر موارد واکنش تابعی از نوع دوم گزارش شده است، واکنش تابعی کنه *N. californicus* با تغذیه از پوره کنه *Panonychus citri* McGregor از نوع دوم گزارش شده است (Xiao & Fadamiro, 2010)، همچنین مارافیل و همکاران (Marafel et al., 2011) نیز واکنش تابعی این کنه شکارگر روی پوره‌های کنه *T. urticae* روی رز مورد مطالعه قرار دارند و واکنش

References

- Badi, M. H., McMurtry, J. A., & Flores, A. E. (1999). Rates of development, survival and predation of immature stages of *Phytoseiulus longipes* (Acari: Mesostigmata: Phytoseiidae). *Experimental Applied Acarology*, 23, 611-621. <https://doi.org/10.1023/A:1006179323636>
- Blackwood, J. S., Schausberger, P., Croft, B. A. (2001). Prey- stage preference in generalist and specialist phytoseiid mite (Acari: phytoseiidae) when offered *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) eggs and larvae. *Environmental Entomology*, 30, 1103-1111. <https://doi.org/10.1603/0046-225X-30.6.1103>
- Canlas, L., Amano, H., Ochiai, N., & Takeda, M. (2006). Biology and predation of the Japanese strain of *Neoseiulus californicus* (Acari: Phytoseiidae). *Systematic & Applied Acarology*, 11, 141-157. <https://doi.org/10.11158/saa.11.2.2>
- Castagnoli, M., & Simoni, S. (1999). Effect of long-term feeding history on functional and numerical response of *Neoseiulus californicus* (Acari: Phytoseiidae). *Experimental Applied Acarology*, 23, 217-234. <https://doi.org/10.1023/A:100606930638>

- Coll, M., & Ridgway, R. L. (1995) Functional and numerical responses of *Orius insidiosus* (Heteroptera: Anthracoridae) to its prey in different vegeta Ble crops. *Annals of the Entomological Society of America*, 88, 732-738. <https://doi.org/10.1093/aesa/88.6.732>
- Croft, B. A., Monetti, L. N., & Pratt, P. D. (1998). Comparative life histories and predation types: Are *Neoseiulus californicus* and *N. fallacies* (Acari: Phytoseiidae) similar type II selective ality control of mass– reared arthropods: Nutritional effects on performanance of predatory mites. *Experimental Applied Acarology*, 108, 462-475. <https://doi.org/10.1093/ee/27.3.531>
- De Clercq, P., Mohaghegh, J., & Tirry, L. (2000) Effect of host plant on the functional response of the predator *Podisus nigripinus* (Heteroptera: Pentatomidae). *Biological Control*, 18, 65-70. <https://doi.org/10.1006/bcon.1999.0808>
- De Moraes, G. J., McMurtry, J. A., Denmark, H. A., & Campos, C. B. (2004). A revised catalog of the mite family Phytoseiidae. Magnolia Press, Auckland. 494 pp. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.434.1.1>
- Farazmand, A., Fathipour, Y., & Kamali, K. (2012). Functional response and mutual interference of *Neoseiulus californicus* and *Typhlodromus bagdasarjani* (Acari: Phytoseiidae) in *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae). *International Journal of Acarology*, 38(5), 369-376. <https://doi.org/10.1080/01647954.2012.655310>
- Friese, D. D., & Gilstrap, F. E. (1982). Influence of prey availability on reproduction and prey consumption of *Phytoseiulus persimilis*, *Amblyseius californicus*, and *Metaseiulus occidentalis* (Acarina: Phytoseiidae). *International Journal of Acarology*, 1982(8), 85-89. <https://doi.org/10.1080/01647958208683283>
- Hatherly, L. S., Bale, J. S., & Walters, K. F. A. (2005). Intraguild predation and feeding preferences in three species of phytoseiid mite used for biological control. *Experimental Applied Acarology*, 37, 43-55. <https://doi.org/10.1007/s10493-005-0358-z>
- Helle, W., & Overmeer, W. P. J. (1985). Rearing techniques. In: W. M. Helle & W. Sablis (Eds.) *Spider Mites: Their Biology*. Elsevier, Amsterdam. *Natural Enemies and Control*, 1a, 331-335.
- Kostiainen, T., & Hoy, M.A. (1994). Egg-harvesting allows large scale rearing of *Amblyseius finlandicus* (Acari: Phytoseiidae) in the laboratory. *Experimental Applied Acarology*, 18, 155-165. <https://doi.org/10.1007/BF02353683>
- Hokkanen, H. M. T. (1989) Choosing an effective biocontrol agant - an evolutionary prespective. *Acta Entomologica Fennica*, 53, 19-24.
- Laing, J. E., & Osborn, J. A. L. (1974). The effect of prey density on functional and numerical response of three species of predatory mites. *Entomophaga*, 19, 267-277. <https://doi.org/10.1007/bf02371052>
- Lester, P. J., & Harmsen, R. (2002). Functional and numerical responses do not always indicate the most effective predator for biological control: An analysis of two predators in a two-prey system. *Journal of Applied Ecology*, 39, 455-468. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2664.2002.00733.x>
- Luck, R. F. (1990). Evaluation of natural enemis for biological control: A behavioral evaluation. Trends of Ecology Evoltion. In: U. Gerson, R. L. Smiley, & R. Ochoa (Eds.). *Mites (Acari) For Pest Control*. Blackwell Science Ltd, Oxford, Uk, 539 p.
- Jervis, M., & Kidd, K. (1996). *Insect natural enemy's practical approaches to their study and evaluation*, 1st Edition. Chapman & Hall. London.
- Jeschke, J. M., Kopp, M., & Tollrian, R. (2002). Predator functional responses: Discriminating between handling and digesting prey. *Ecological Monographe*, 72(1), 95-112. [https://doi.org/10.1890/0012-9615\(2002\)072\[0095:PFRDBH\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/0012-9615(2002)072[0095:PFRDBH]2.0.CO;2)
- Juliano, S. A. (2001). Nonlinear curve-fitting, predation and functional n and Analysis of Ecolresponse curves. In: S. M. Scheiner & J. Gurevitch (Eds.). *Desigological Experiment*. Oxford University Press. New York. 432 p. <https://doi.org/10.1093/oso/9780195131871.003.0010>
- Manly, B. F. J. (1974). A model for certain types of selection experiments. *Biometrics*, 30, 281-294. <https://doi.org/10.2307/2529649>
- Marafel, P. P., Reis, P. R., Silveira, E. C., Toledo, M. A., & Souza-Pimentel, G.C. (2011). *Neoseiulus californicus* preying in different life stages *Tetranychus urticae* (Acari: Phytoseiidae, Tetranychidae). *Acarologia*, 51, 499- 506. <https://doi.org/10.1051/acarologia/20112031ff> .
- Messina, F. J., & Hanks, J. B. (1998). Host plant alters the shape of functional response of an aphid predator (Coleoptera: Coccinellidae). *Environmenyal Entomology*, 27, 1196-1202. <https://doi.org/10.1093/ee/27.5.1196>
- McMurtry, J. A., & Croft, B. A. (1997). Life-styles of phytoseiid mite and their roles in biological control. *Annual Review of Entomology*, 42, 291-321. <https://doi.org/10.1146/annurev.ento.42.1.291>
- Murdoch, W. W. (1969). Switching in general predators experiments on predator specificity and stability of prey populations. *Ecological Monographe*, 39(4), 335-354. <https://doi.org/10.2307/1942352>
- Nomikou, M., Janssen, A., & Sabelis, M. W.(2003). Phytoseiid predators of whiteflies feed and reproduce on non-prey food source. *Experimental Applied Acarology*, 31, 15-26. <https://doi.org/10.1023/b:appa.0000005142.31959.e8>.
- Norbakhsh, S. (2023). List of important pests, diseases and weeds of major agricultural crops, pesticides and recommended methods for their control. Plant Protection Organization.Tehran, 226 p.
- Rezaie, M., Saboori, A., & Baniamери, V. (2017). The effect of strawberry cultivars on functional culticvars on

functional response and prey- stage preference of *Neoseiulus californicus* (Acari: Phytoseiidae) on *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae). *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 5(1), 27-35.

Rogers, D. J. (1972). Random search and insect population models. *Journal of Animal Ecology*, 41(2), 369-383. <https://doi.org/10.2307/3474>

Rott, A. S., & Ponsonby, D. J. (1998). The effect of temperature, relative humidity and host plant on the behaviour of *Amblyseius californicus* as a predator of the two-spotted spider mite (*Tetranychus urticae*). The Proceedings of the British Crop Protection Council International Conference: Pests and Diseases. vol 3. Brighton. 807-812 pp.

Sabelis, M. W. (1985). Reproductive strategies: In: W. Helle & M. W. Sabelis (Eds). Spider Mites. Their Biology, Natural Enemies and Controls, Vol. 1A. Elsevier. Amsterdam. pp. 265-278.

Samaras, K., Pappas, M. L., Pekas, A., Wackers, F., & Broufas, G. D. (2021). Benefits of a balanced diet? Mixing prey with pollen is advantageous for the phytoseiid predator *Amblydromalus limonicus*. *Biological Control*, 155, 104531, <https://doi.org/10.1016/j.Biocontrol.2021.104531>.

SAS, Inc. (2003). Version 9.1. SAS Institute Inc. Cary. Nc. USA.

Shimoda, T., Kishimoto, H., Takabayashi, J., Amano, H., & Dicke, M. (2009). Comparison of thread-cutting behavior in three specialist predatory mite to cope with complex webs of *Tetranychus* spider mite. *Experimental Applied Acarology*, 47, 111-120. <https://doi.org/10.1007/s10493-008-9205-3>

SPSS Inc. (2012). IBM SPSS Statistics for Windows, version 21.0. Armonk, NY: IBM Corp

Steiner, M. Y. (1993). Some observations on the quality of biological control organisms used in greenhouses. *IOBC/WPRS Bulletin*, 16, 165-168.

Swirski, E., Amitai, S., & Dorzia, N. (1970). Laboratory studies on the feeding habits, post-embryonic survival and oviposition of the predaceous mites *Amblyseius chilensis* Dosse and *Amblyseius hibisci* Chant (Acarina: Phytoseiidae) on various kinds of food substances. *Entomophaga*, 15, 93-106. <https://doi.org/10.1007/bf02371627>

Tanigoshi, L. K. (1982). Advances in knowledge of the biology of the Phytoseiidae. 1-22. In: U. Gerson, R. L. Smiley & R. Ochoa. Mites (acari) for Pest Control. Blackwell Science Ltd.

Timms, J. E., Oliver, T. H., Straw, N. A., & Leather, S. R. (2008). The effects of host plant on three coccinellid functional response. Is the conifer specialist *Aphidecta obliterate* (L.) (Coleoptera: coccinellidae) better adapted to spruce than the generalist *Adatia bipunctat* (L.) (Coleoptera: Coccinellidae)? *Biological Control*, 47, 273-281. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2008.08.009>.

Reis, P. R., Teodoro, A. V., Eto, M. V., & Silva, E. V. (2007). Life history of *Amblyseius herbicolus* (Chant) (Acari: Phytoseiidae) on coffee plants. *Neotropical Entomology*, 36, 282-287. <https://doi.org/10.1590/s1519-566x2007000200016>

Van Alphen, J. J. M., & Jervis, M. A. (1996). Foraging behaviour. In: M. Jervis & N. Kidd (Eds). Insect Natural Enemies Practical Approaches to Their Study and Evaluation. Chapman & Hall. London, 491 p.

van Lenteren, J. C., & De Ponti, O. M. B. (1990). Plant- leaf morphology, host- plant resistance and biological control. *Symposia biologica hungarica. Hungary*, 39, 365-386.

van Rijn, P. C. I., & Tanigoshi, L. K. (1999). Pollen as food for the predatory mites *Iphiseius degenerans* and *Neoseiulus cucumeris* (Acari: Phytoseiidae): dietary range and life history. *Experimental Applied Acarology*, 23, 785-805. <https://doi.org/10.1023/A:1006227704122>

Vacacela, H. E., Colares, E., Lemos, F., Marques, P. H., Franklin, E. C. (2019). Supplementary food for *Neoseiulus californicus* boosts biological control of *Tetranychus urticae* on strawberry. *Pest Manag Science*, 75(7), 1989-1992. <https://doi.org/10.1002/ps.5312>

Walzer, A., Castagnoli, M., Simoni, S., & Liguori, M. (2007). Intraspecific variation in humidity susceptibility of the predatory mite *Neoseiulus californicus*: Survival, development and reproduction. *Biological Control*, 41, 42-52. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2006.11.012>

Weintraub, P., & Palevsky, E. (2008). Evaluation of the predatory mite, *Neoseiulus californicus*, for spider mite control on greenhouse sweet pepper under hot arid weld conditions. *Experimental Applied Acarology*, 45, 29-37. <https://doi.org/10.1007/s10493-008-9169-3>

Xiao, Y., & Fadamiro, H. Y. (2010). Functional responses and prey-stage preferences of three species of predacious mites (Acari: Phytoseiidae) on citrus red mite, *Panonychus citri* (Acari: Tetranychidae). *Biological Control*, 53, 345-352. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2010.03.001>

Yan, L., Mori, Sh., Haroyama, N., HiraL, N., & Osakable, M. (2020). Strawberry pollen as a source of UV-B protection ingredients for the phytoseiid mite *Neoseiulus californicus* (Acari: Phytoseiidae). *Pest Management Science*, 77(2). <https://doi.org/10.1002/ps.6089>

Yue, B., & Tsai, J. H. (1996). Development, survivorship and reproduction of *Amblyseius largoensis* (Acari: Phytoseiidae) on selected plant pollens and temperatures. *Environmental of Entomology*, 125, 488- 494. <https://doi.org/10.1093/ee/25.2.488>

Zhang, B. X., Li, D. S., Feng, L., & Huang, S. H. (2007). Research progress of mass production and release technologies of predatory mites. *Chinese Journal of Biological Control*, 23, 279-283.

Evaluation of Some Beneficial *Streptomyces* Isolates for Reducing Pathogenicity Indices in the Tomato - *Meloidogyne javanica* Pathosystem

M. Ashnaei¹, E. Mahdikhani-Moghadam^{1*}, S. Baghaee-Ravari^{1*}

1- Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

(*- Corresponding author's Email: mahdikhani-e@um.ac.ir; s.baghaee@um.ac.ir)

Received: 09-09-2025

Revised: 09-12-2025

Accepted: 24-12-2025

Available Online: 22-06-2026

How to cite this article:Ashnaei, M., Mahdikhani-Moghadam, E., & Baghaee-Ravari, S. (2026). Evaluation of some beneficial *Streptomyces* isolates for reducing pathogenicity indices in the Tomato (*Meloidogyne javanica*) pathosystem. *Iranian Plant Protection Research*, 40(2), 579-592. (In Persian). <https://doi.org/10.22067/Jpp.2025.65326.1252>

Introduction

The root-knot nematode has proliferated significantly because of its ease of transmission through infected seedlings and contaminated soil. Species of the genus *Meloidogyne* are highly destructive due to their rapid reproduction rate and broad host range, making their control particularly challenging. Given the risks and limitations associated with chemical control, alternative management strategies have attracted increasing attention. Nowadays, the use of chemical pesticides for controlling plant diseases is recommended to be combined with biocontrol agents. Bioactive compounds derived from *Streptomyces* exhibit a wide spectrum of chemical diversity and have been shown to cause mortality of second-stage juveniles (J2), reduce egg hatching, decrease nematode populations in soil, and mitigate pathogenicity indices of root-knot nematodes. Moreover, the previous research also revealed that the metabolites produced by *Streptomyces* species are effective in controlling root-knot nematodes and improving plant growth indices.

Materials and Methods

Streptomyces isolates were obtained from the soils of healthy tomato (*Meloidogyne javanica*) and eggplant plants in Khorasan Razavi province. The biocontrol potential of these isolates against root-knot nematodes was first assessed under *in vitro* conditions. The hatching rate of eggs was assessed at 24, 48, 72, and 120 hours. Additionally, larval mortality was evaluated at three-time intervals including 24, 48, and 72 hours. Their growth-promoting features consisting of auxin, ACC deaminase production, phosphate solubilization) and antagonistic properties (siderophores and chitinase) were also evaluated in the laboratory assays. The most effective biocontrol isolates were subsequently tested in greenhouse experiments to determine their impact on reducing pathogenicity indices of *Meloidogyne javanica* and improving tomato growth parameters. All tests were conducted twice with a minimum of three replicates. For statistical analysis, one-way analysis of variance (ANOVA) was employed. Means were compared using Duncan's multiple range test, and values at the five percent level were considered statistically significant. Molecular identification of the selected biocontrol isolates was performed based on 16S rDNA sequencing, and phylogenetic analysis was carried out to assess their relatedness to reference strains. The phylogenetic tree was constructed with a bootstrap value of 1000 replicates using the neighbor-joining method.



Authors retain the copyright. This is an open access article distributed under Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0)

<https://doi.org/10.22067/Jpp.2025.65326.1252>

Results and Discussion

In vitro bioassays revealed that among the 18 *Streptomyces* isolates tested, strains BAD, ANA, and S116 caused the greatest reduction in egg hatching and second-stage juvenile mortality compared with the nematode-infected control. The BAD isolate, obtained from the soil of eggplant in Bojan–Neyshabur, exhibited significantly higher levels of phosphate solubilization (1.43 mm), indole-3-acetic acid production ($36.4 \mu\text{g mL}^{-1}$), and ACC deaminase activity ($1.38 \mu\text{mol mL}^{-1}$) than the uninoculated control and other isolates. In laboratory tests, after 72 hours, isolates S116 and BAD inhibited egg hatching by 37.1% and 38.5%, respectively, compared to the nematode control. Larval mortality rates for these two isolates reached 100% and 65.67%, respectively. Based on laboratory results, including their effects on nematode suppression, plant growth-promoting traits, and chitinase activity, five isolates (BAD, ANA, GHR, S104, and S116) were selected for greenhouse evaluation. Under greenhouse conditions, in the treatment of nematode + isolate BAD, the number of galls and egg masses on the roots decreased by 19.6% and 35.4%, respectively, compared to the control. The number of larvae in the pot soil of this treatment was estimated to be half that of the control pot. Individually and in the presence of the nematode, isolate BAD positively influenced the growth parameters of tomato plants compared to both healthy and infected controls. In the nematode + BAD isolate treatment, the fresh weight of the shoot and root increased by 21.4% and 27.5%, respectively, compared to the nematode-infected control. Furthermore, the shoot and root length in the individual BAD isolate treatment showed the highest values of 46.50 cm and 16.30 cm, respectively, compared to the healthy control. Although this difference was not statistically significant at the five percent level compared to the ANA isolate, an increase in shoot length (43%) and root length (17.9%) was observed in plants infected with nematodes in the presence of the BAD isolate compared to the infected control. Phylogenetic analysis based on 16S rDNA sequencing revealed that isolate BAD clustered together with *S. carpaticus* and *S. harbinensis* within the same group.

Conclusion

Based on the nematicidal activity of isolate BAD under laboratory conditions, its ability to produce plant growth-promoting metabolites, and its effectiveness in enhancing tomato growth parameters while reducing nematode pathogenicity indices (egg masses, galls, and J2 populations) in greenhouse experiments, isolate BAD appears to be the most effective biocontrol candidate. It represents a promising option for further field evaluations and potential use in integrated management of root-knot nematodes.

Keywords: Actinomycetes, Nematicidal activity, Root-knot nematode, 16s rDNA

بررسی توان تعدادی از جدایه‌های استرپتومایسس در کاهش شاخص‌های بیماری‌زایی در

Meloidogyne javanica-پاتوسیستم گوجه‌فرنگی

مهنار آشنائی - عصمت مهدیخانی مقدم* - ساره بقائی راوری*

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۶/۱۸

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۱۰/۰۳

چکیده

نماتدهای ریشه‌گرهی به‌عنوان انگل اجباری گیاهان، دارای پراکنش وسیعی می‌باشند. ترکیبات زیستی فعال مشتق‌شده از گونه‌های *Streptomyces* طیف وسیعی از تنوع شیمیایی را نشان می‌دهند و خاصیت نماتدکشی دارند. در این تحقیق، تأثیر ۱۸ جدایه *Streptomyces* در شرایط آزمایشگاهی بر کاهش تفریح تخم و مرگومیر لارو نماتد *Meloidogyne javanica* بررسی شد. برخی ویژگی‌های مهار زیستی و ارتقاء رشدی گیاه، در جدایه‌های باکتری نیز ارزیابی گردید. بعد از ۷۲ ساعت، کاهش تفریح تخم در دو جدایه S116 و BAD به‌ترتیب ۳۷/۱ و ۳۸/۵ درصد نسبت به شاهد نماتد برآورد شد. مرگومیر لاروها در دو جدایه ذکرشده به‌میزان ۱۰۰ و ۶۵/۶۷ درصد رسید. در شرایط گلخانه، کارایی پنج جدایه منتخب آنتاگونیست با توان تولید سیدروفور، اکسین، کیتیناز، ACC دامیناز و نیز حلالیت فسفات، بر کاهش شاخص‌های بیماری‌زایی نماتد ریشه‌گرهی بررسی شد. در تیمار نماتد + جدایه BAD، تعداد گال و کیسه تخم در ریشه به‌ترتیب به‌میزان ۱۹/۶ و ۳۵/۴ درصد نسبت به شاهد کاهش یافت. تعداد لاروها در خاک گلدان این تیمار نصف خاک گلدان شاهد برآورد شد. جدایه BAD به‌صورت انفرادی و در حضور نماتد، در ارتقاء شاخص‌های رشدی گیاه گوجه‌فرنگی (*Meloidogyne javanica*) در مقایسه با شاهد سالم و آلوده تأثیر داشت. در تیمار نماتد + جدایه BAD، وزن تر اندام‌هوایی و ریشه در مقایسه با شاهد آلوده به نماتد به‌ترتیب به‌میزان ۲۱/۴ و ۲۷/۵ درصد افزایش نشان داد. آنالیز تبارزایی ژن 16S rDNA، جدایه BAD را مابین گونه‌های *S. olivaceus* و *S. carpaticus* قرار داد. براساس نتایج مطالعه حاضر، جدایه BAD به‌عنوان جدایه مؤثر در زیست‌مهارگری نماتد در گلخانه مطرح و گزینه مناسبی جهت بررسی‌های بیشتر مزرعه‌ای و مهار تلفیقی نماتد ریشه‌گرهی می‌باشد که تحت نام FUM-BAD *Streptomyces* sp. جهت پژوهش‌های آینده در کلکسیون بخش بیماری‌شناسی دانشگاه فردوسی مشهد نگهداری می‌شود.

واژه‌های کلیدی: اکتینومیست‌ها، فعالیت نماتدکشی، نماتد ریشه‌گرهی، 16S rDNA

مقدمه

خاک بستگی دارد (Damadzadeh, 2006). گونه‌های جنس *Meloidogyne* به‌دلیل نرخ تکثیر بالا و دامنه میزبانی گسترده، از جمله آفات بسیار مخرب کشاورزی محسوب می‌شوند و مهار آن‌ها به روش‌های مرسوم دشوار است (Sharma et al., 2019). نماتدکش‌های شیمیایی به‌دلیل سرعت عمل بالا و نتایج مطلوب مدیریت نماتدها، بسیار مورد پسند هستند. با توجه به خطرات و مشکلات ناشی از کنترل شیمیایی، استفاده از سایر روش‌ها به‌عنوان جایگزین مورد توجه است و از این میان & کاربرد ریزسازواره‌های^۲ بازدارنده زیستی^۳ علیه عوامل بیماری‌زا بیشتر از سایر روش‌ها نظر

نماتدهای ریشه‌گرهی *Meloidogyne* spp. از مهم‌ترین عوامل خسارت‌زای گوجه‌فرنگی (*Meloidogyne javanica*) محسوب می‌شوند و سالانه زیان اقتصادی سنگینی در سطح جهان ایجاد می‌کنند که برآوردها میزان آن را حدود ۱۷۳ میلیارد دلار گزارش کرده‌اند (Radwan et al., 2024). شدت خسارت واردشده توسط این نماتدها به مجموعه‌ای از عوامل از جمله رقم گیاه میزبان، شرایط اقلیمی، نوع و بافت خاک و از همه مهم‌تر، تراکم جمعیت نماتد در

۱- گروه گیاهپزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران
(*)- نویسنده مسئول: (Email: mahdikhani-e@um.ac.ir)

(s.baghaee@um.ac.ir)

<https://doi.org/10.22067/Jpp.2025.65326.1252>

2- Microorganisms

3- Antagonist

متابولیت‌ها با نفوذ به داخل تخم، تکمیل جنین‌زایی یا توانایی لاروها برای خارج شدن از تخم را مختل می‌کنند (Atif et al., 2023). با وجود دامنه وسیع تولیدات ضد میکروبی و بازدارندگی جدایه‌های *Streptomyces*، در داخل کشور تنها در مطالعه منظم و همکاران (Monazam et al., 2022)، اثرگذاری دو جدایه SH20 و SH8 از جنس *Streptomyces* بر کاهش شاخص‌های تولید مثلی نماتد *M. incognita* گوجه‌فرنگی گزارش شده است. مطالعه حاضر با هدف بررسی تأثیر جدایه‌های برتر بازدارنده زیستی *Streptomyces* به‌دست‌آمده از خاک بوته‌های سالم گوجه‌فرنگی و بادنجان استان خراسان رضوی بر کاهش شاخص‌های بیماری‌زایی نماتد *M. javanica* و بهبود شاخص‌های رشدی گیاه گوجه‌فرنگی انجام شده است.

مواد و روش‌ها

تهیه و تکثیر جمعیت خالص از نماتد ریشه‌گرهی

ریشه‌های آلوده به نماتد ریشه‌گرهی در سال ۱۳۹۸ از مزارع گوجه‌فرنگی روستای بوژان شهرستان نیشابور جمع‌آوری شدند. ریشه‌های حاوی گره بررسی و از هر نمونه یک کیسه تخم انتخاب و با کمک محلول سدیم هیپوکلریت ۵٪ درصد ماده ژلاتینی حل و تخم‌های آزاد پس از شست‌وشو با آب مقطر سترون به گیاهچه‌های ۲-۴ برگی گیاه گوجه‌فرنگی رقم موبیل اضافه گردید. گلدان‌ها در دمای ۲۶ تا ۲۸ درجه سلسیوس، به مدت ۶۰ روز در گلخانه نگهداری شدند. جمعیت نهایی نماتد ریشه‌گرهی مورد استفاده در این پژوهش بعد از گذشت مدت زمان ذکر شده، از گلدان‌های آلوده استخراج گردید. برای شناسایی گونه نماتد، از شبکه کوتیکولی انتهای بدن ماده^۲ برش میکروسکوپی تهیه و شناسایی انجام گرفت (Jepson, 1987). استخراج تخم و لارو سن دوم از ریشه به‌روش هوسی و بارکر (Hussey & Barker, 1973) انجام شد.

تهیه جدایه‌های باکتری *Streptomyces*

تعداد نه جدایه باکتری *Streptomyces* از کلکسیون بخش بیماری‌شناسی دانشگاه فردوسی مشهد به‌صورت خالص تهیه و روی محیط عصاره مخمر، مالت آگار (YMEA) کشت و نگهداری شدند. همچنین تعداد نه جدایه *Streptomyces* پس از جداسازی از ۲۰ نمونه خاک مزارع گوجه‌فرنگی و بادنجان از استان خراسان رضوی، خالص‌سازی شده و برای آزمایش‌ها مورد استفاده قرار گرفتند. جهت جداسازی جدایه‌های *Streptomyces* از خاک مزارع

محققان را به خود جلب کرده است (Kavari et al., 2015). ریزسازواره‌های ناحیه فراریشه^۱ به‌خصوص گونه‌های باکتریایی به‌عنوان بازدارنده در برابر بیمارگرهای نماتدی ریشه عمل می‌کنند (Ali et al., 2024). اکتینوباکترها از جمله باکتری‌های گرم مثبتی هستند که خاصیت نماتدکشی آن‌ها به اثبات رسیده است. این گروه حدود ۴۰ درصد از جمعیت باکتریایی خاک را تشکیل می‌دهند (Mohammadi Fesharaki et al., 2018). جنس *Streptomyces* از اکتینوباکترها علاوه بر داشتن جمعیت بالا در خاک، قادر به تحمل شرایط اسیدی نیز می‌باشد. ترکیبات زیستی فعال مشتق‌شده از *Streptomyces*‌ها طیف وسیعی از تنوع شیمیایی را نشان می‌دهند و شامل پپتیدهای حلقوی و خطی، ترپنوئیدها، ماکرولاکتام‌ها، ماکرولیدها، گلیکوزیدها، پلی‌آروماتیک‌ها و پلی‌کتیدهای خطی هستند (Lacey & Rutledge, 2022).

Streptomyces‌های بازدارنده به‌خاطر توانایی تولید متابولیت‌های مؤثر در برابر *Meloidogyne* شناخته شده‌اند. جدایه S1 از گونه *S. roche* دارای توان تولید کیتیناز، بازدارندگی قابل توجهی در برابر *M. incognita* نشان داد و نیز ویژگی‌های رشدی گیاه بادنجان (*Solanum melongena* L.) را ارتقاء داد (Atif et al., 2023). ویژگی نماتدکشی رونشین سوسپانسیون جدایه *S. nigrescens* KA-1 به‌میزان ۹۱/۳ درصد برآورد شد و تعداد کیسه تخم نماتد *M. incognita* را در ریشه فلفل قرمز (*Capsicum annuum* L) کاهش داد (Park et al., 2023).

بررسی قابلیت نماتدکشی جدایه M7 از گونه *S. antibioticus* در شرایط گلخانه، کاهش ۵۰ تا ۶۲ درصدی گال ریشه و ۵۳ تا ۷۶ درصدی توده تخم *M. incognita* را نشان داد (Sharma et al., 2019). متابولیت‌های تولیدی توسط جدایه M7 به‌نام اکتینومایسین‌های X2، V و D شناسایی شدند. پتانسیل نماتدکشی مایع رونشین جدایه‌های بومی ATHUBA 220 *S. monomycini* و ATHUBA438 *S. colombiensis* به‌دست‌آمده از خاک‌های یونان علیه دو نماتد بیمارگر گیاهی *M. incognita* و *M. javanica* در شرایط آزمایشگاه و گلخانه بررسی و تأیید شد (Meidani et al., 2020). اثر نماتدکشی متابولیت‌های *S. hydrogenous* جدایه DH16 در برابر نماتد *M. incognita* به‌طور قابل توجهی باعث کاهش تفریح تخم (تقریباً ۱۰۰ درصد) و مرگ‌ومیر لارو سن دوم (بیش از ۹۵ درصد) بعد از ۹۶ ساعت شد (Kaur et al., 2016). این جدایه به‌عنوان نماتدکشی ایمن باعث بهبود رشد گیاه نیز می‌شود. متابولیت‌های باکتریایی و ترکیبات سمی دیگر موجود در این

نمونه، سه تکرار در نظر گرفته شد. لاروهای که پس از ۲۴ ساعت قرارگیری در آب مقطر سترون، فاقد حرکت بوده و با سرسوزنی تغییر حالت ندادند، به‌عنوان لارو مرده شمارش شدند. درصد میزان مرگ و میر لاروها به‌وسیله شمارش کل لاروهای زنده و مرده زیر میکروسکوپ نوری و طبق معادله ۲ محاسبه شد.

(۲) درصد مرگ و میر لاروها = تعداد لاروهای مرده/تعداد کل لاروها $\times 100$

بررسی برخی ویژگی‌های مهار زیستی و ارتقاء رشدی در

جدایه‌های *Streptomyces*

برای بررسی توانایی باکتری‌ها در تولید ایندول استیک اسید (IAA) از کشت ۲۴ ساعته هر جدایه در محیط NB حاوی آل-تریپتوفان (۲ و ۵ میلی گرم در میلی لیتر) استفاده شد. تغییر رنگ معرف به صورتی تا قرمز به‌عنوان توانایی جدایه‌های مورد مطالعه در تولید IAA در نظر گرفته شد (Patten & Glick, 2002). برای بررسی کیفی توانایی جدایه‌های مختلف در حلالیت فسفات از روش پیکووسکایا (Pikovskaya, 1948) استفاده گردید. در این روش، باکتری‌ها در تشتک‌های پتری حاوی محیط پیکووسکایا^۳ آگار غنی شده با تری کلسیم فسفات کشت و به مدت سه روز در دمای ۲۸ درجه سلسیوس نگهداری شدند. بعد از این مدت، تشتک‌های پتری مورد بررسی قرار گرفتند و تشکیل هاله شفاف در اطراف هر کلنی به‌عنوان نتیجه مثبت ارزیابی گردید. به‌منظور تخمین کمی توانایی انحلال فسفات از روش اسپربر (Sperber, 1958) با اندکی تغییرات استفاده شد. میزان فعالیت ACC دامیناز به‌روش پرنروز و گلیک (Penrose & Glick, 2003) و از طریق اندازه‌گیری مقدار آلفاکتوبوتیرات تولیدشده در عصاره باکتری تعیین گردید. توانایی جدایه‌ها در تولید سیدروفور در محیط کشت CAS آگار (Schwyn & Neillands, 1987) و با بررسی تغییر رنگ محیط از آبی به نارنجی مورد ارزیابی قرار گرفت. تولید آنزیم کیتیناز نیز به‌روش موری و بلیکلی (Murthy & Bleakley, 2012) بررسی شد.

کارآیی جدایه‌های *Streptomyces* منتخب در شرایط گلخانه

براساس آزمایش‌های انجام گرفته (از نظر شاخص‌های مهارزیستی و افزایش‌دهنده رشد گیاه)، پنج جدایه کارآتر، برای آزمون گلخانه‌ای انتخاب شدند. جهت انجام آزمون هر یک از پنج جدایه به مدت ۳-۴ روز روی محیط کازئین نیترات نشاسته آگار رشد نمودند. سپس یک تک کلونی از هر جدایه در داخل ارلن مایر ۲۵۰ میلی لیتری حاوی ۵۰

گوجه‌فرنگی و بادنجان، از محیط کشت نشاسته کازئین آگار (Starch Casein Agar, SCA) (دارای ۲۵ میکروگرم در میلی لیتر نیستاتین^۱ و ۱۰ میکروگرم در میلی لیتر در اسیدنالیدیکسیک^۲) استفاده شد. مقدار ۱۰ گرم از هر نمونه خاک خشک شده به مدت یک هفته در دمای اتاق، به ۹۰ میلی لیتر آب مقطر سترون اضافه و به مدت ۱۰ دقیقه روی شیکر قرار داده شد. از سوسپانسیون حاصل سری رقت‌های مختلف تهیه و سپس ۱۰۰ میکرولیتر از هر رقت در سه تکرار روی محیط کشت ذکر شده در بالا، پخش و در دمای ۲۸ درجه سانتی‌گراد به مدت هفت روز نگهداری گردید. پرگنه‌های رشد یافته با ظاهر خشک، پودری، سفید گچی و رنگی و دارای میسلیم انتخاب و جهت تهیه کشت خالص، با کشت پنج ضلعی روی محیط YMEA بازکشت شدند (Com et al., 1998).

ارزیابی جدایه‌های *Streptomyces* بر تخم و لارو نماتد

ریشه‌گرهی در شرایط آزمایشگاه

تعداد ۱۸ جدایه *Streptomyces* علیه نماتد ریشه‌گرهی در شرایط آزمایشگاه به‌روش سان و همکاران (Sun et al., 2006) با اندکی تغییرات مورد ارزیابی قرار گرفتند. به‌منظور بررسی میزان ممانعت از تفریح تخم، جدایه‌های مورد نظر روی محیط YMEA کشت و به مدت ۵ تا ۱۰ روز در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. یک دیسک پنج میلی‌متری از حاشیه پرگنه باکتری برداشته و به لوله‌های آزمایش ۱۵ میلی‌متری حاوی پنج میلی‌متری توبین ۲۰ سترون با غلظت ۰/۰۵ درصد منتقل شد. لوله‌ها به مدت یک دقیقه به‌شدت تکان داده شدند تا اسپورها از سطح دیسک جدا و در محلول پخش شوند. ۵۰ میکرولیتر از سوسپانسیون توده تخم (حاوی ۳۰۰ تخم) به پتری حاوی یک میلی لیتر سوسپانسیون اسپور اضافه گردید. برای شاهد از توبین ۲۰ سترون ۰/۰۵ درصد فاقد اسپور استفاده شد. میزان تفرخ تخم بعد از ۲۴، ۴۸، ۷۲ و ۱۲۰ ساعت نگهداری پتری‌ها در دمای ۲۵ درجه سلسیوس بررسی گردید. برای هر نمونه، سه تکرار در نظر گرفته شد. درصد تفرخ تخم به‌وسیله شمارش کل تخم‌ها زیر میکروسکوپ نوری و طبق معادله ۱ انجام گرفت.

(۱) درصد تفریح تخم = تعداد تخم‌های تفریح شده/کل تخم‌ها $\times 100$

جهت ارزیابی مرگ و میر لاروها از روش ذکر شده در بالا استفاده شد. در اینجا از ۵۰ میکرولیتر سوسپانسیون لارو (حاوی ۱۰۰ لارو فعال و تازه تفریح شده از تخم) استفاده گردید. پتری‌ها در دمای ۲۵ درجه سلسیوس بعد از ۲۴، ۴۸ و ۷۲ ساعت بررسی شدند. برای هر

1- Nystatin
2- Nalidixic acid

3- Pikovskaya's medium

(*et al.*, 1991). واکنش زنجیره‌ای پلیمرز با برنامه واسرشت‌سازی اولیه در دمای ۹۵ درجه سانتی‌گراد به مدت پنج دقیقه آغاز، با ۳۵ چرخه شامل واسرشت ثانویه در دمای ۹۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱/۵ دقیقه، اتصال آغازگرها در دمای ۵۶ درجه سانتی‌گراد به مدت ۳۰ ثانیه و گسترش در دمای ۷۲ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲/۵ دقیقه ادامه یافت و در نهایت با یک چرخه گسترش نهایی در دمای ۷۲ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۰ دقیقه خاتمه یافت. پنج میکرولیتر از محصول PCR روی ژل آگاروز یک درصد به همراه ۰/۱ درصد گرین ویور بارگزاری و به مدت ۲۵ دقیقه در ولتاژ ۸۵ ولت، الکتروفورز شد و عکس‌برداری به وسیله دستگاه ژل داک انجام گرفت. ۲۰ میکرولیتر از محصول PCR جهت خالص‌سازی و تعیین توالی نوکلئوتیدی به شرکت پیشگام (تهران، ایران) ارسال شد.

توالی‌یابی و بررسی روابط تبارزایی

جدایه‌های منتخب باکتری که در شرایط آزمایشگاه و گلخانه بیشترین اثر مهارکنندگی نماتد را داشته و هم‌زمان دارای برخی ویژگی‌های افزایش دهنده رشد گیاه بودند، برای توالی‌یابی ارسال شدند. ویرایش توالی‌ها توسط نرم‌افزار BioEdit انجام گردید. توالی‌های به‌دست‌آمده با توالی‌های موجود در بانک اطلاعات ژنتیکی (GenBank) با جست‌وجوی بلاست (<http://ncbi.nlm.nih.gov/BLAST>) مقایسه شدند. هم‌رديف‌سازی توالی‌ها در بخش Clustal W با استفاده از نرم‌افزار Mega11 انجام پذیرفت. از توالی‌های ثبت‌شده در بانک ژن مربوط به جدایه‌های مرجع برای مقایسه‌های تبارزایی استفاده شد. درخت تبارزایی با درجه اعتبارسنجی^۱ هزار تکرار و به‌روش نزدیک‌ترین همسایه^۲ رسم گردید.

نتایج

شناسایی گونه نماتد ریشه‌گرهی

با بررسی خصوصیات ریخت‌شناسی و ریخت‌سنجی نماتد ماده و استفاده از کلید شناسایی چپسون (Jepson, 1987) گونه نماتد *Meloidogyne javanica* تعیین گردید.

تأثیر جدایه‌های *Streptomyces* بر تخم و لارو نماتد

ریشه‌گرهی در شرایط آزمایشگاهی

مطابق شکل ۱-الف، کارایی بازدارندگی ۱۸ جدایه

میلی‌لیتر از محیط مایع عصاره مخمر و مالت (YME) تلقیح شد. ارلن‌ها به مدت پنج روز در دمای اتاق با سرعت ۲۲۰ دور در دقیقه روی شیکر قرار گرفتند. سوسپانسیون حاصل به مدت ۱۰ دقیقه با سرعت ۱۱۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ و به رسوب به‌جامانده ۱۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر سترون اضافه گردید. ۵۰ میلی‌لیتر از سوسپانسیون با خاک سترون (به‌نسبت ۱:۱۰:۲، خاک، ماسه و خاک‌برگ) مخلوط و پس از چهار روز گیاهچه‌های گوجه‌فرنگی رقم موویل به گلدان‌هایی دو کیلویی منتقل شد. آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۱۲ تیمار و سه تکرار شامل: ۱- شاهد سالم (تنها خاک سترون)، ۲- شاهد آلوده به نماتد، ۳- نماتد + جدایه BAD، ۴- نماتد + جدایه ANA، ۵- نماتد + جدایه GHR، ۶- نماتد + جدایه S116، ۷- نماتد + جدایه S104، ۸- جدایه BAD، ۹- جدایه ANA، ۱۰- جدایه GHR، ۱۱- جدایه S116 و ۱۲- جدایه S140 انجام شد. یک هفته بعد از انتقال نهال‌ها، گلدان‌ها به‌وسیله ۲۰۰۰ لارو سن دو نماتد تلقیح گردید. پس از گذشت ۶۰ روز از نگهداری گلدان‌ها در گلخانه با دمای 25 ± 4 درجه سلسیوس، نهال‌ها با ریشه از گلدان خارج شده و شمارش تعداد گال و توده تخم در ریشه و تعداد لارو سن دو در خاک انجام شد. شمارش تعداد توده تخم با استفاده از روش هوسی و بارکر (Hussey & Barker, 1973) انجام گرفت. برای تعیین لارو سن دوم، ۲۰۰ گرم خاک اطراف ریشه در آزمون گلخانه برداشت شده و پس از استخراج، تعداد لاروها شمارش گردید (Whithead & Hemming, 1965) شاخص‌های رشدی گیاه گوجه‌فرنگی شامل طول ریشه و ساقه، وزن تر ریشه و ساقه مورد بررسی قرار گرفت. برای اندازه‌گیری وزن خشک ریشه و ساقه، بافت مورد نظر به مدت سه روز در دمای ۶۰ درجه سلسیوس قرار گرفت و سپس وزن آن ثبت شد.

تجزیه و تحلیل آماری

همه آزمایش‌ها دو بار و حداقل با سه بار تکرار انجام شد. از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۲ (SPSS Inc., Chicago, IL, USA) برای تجزیه و تحلیل آماری با استفاده از تحلیل واریانس یک طرفه (ANOVA) استفاده گردید. میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه ای دانکن مقایسه شد و مقادیر پنج درصد از نظر آماری معنی دار در نظر گرفته شد.

شناسایی مولکولی جدایه‌های باکتری منتخب

بدین منظور، استخراج DNA باکتری با استفاده از کیت استخراج DNA باکتری‌های گرم مثبت شرکت سیناکلون (تهران) انجام شد. از جفت آغازگر اختصاصی fD1/rD1 با توالی رفت (5'-AGAGTTTGATCCTGGCTCAG-3') و برگشت (5'-AAGGAGGTGATCCAGCC-3') استفاده گردید (Weisburg

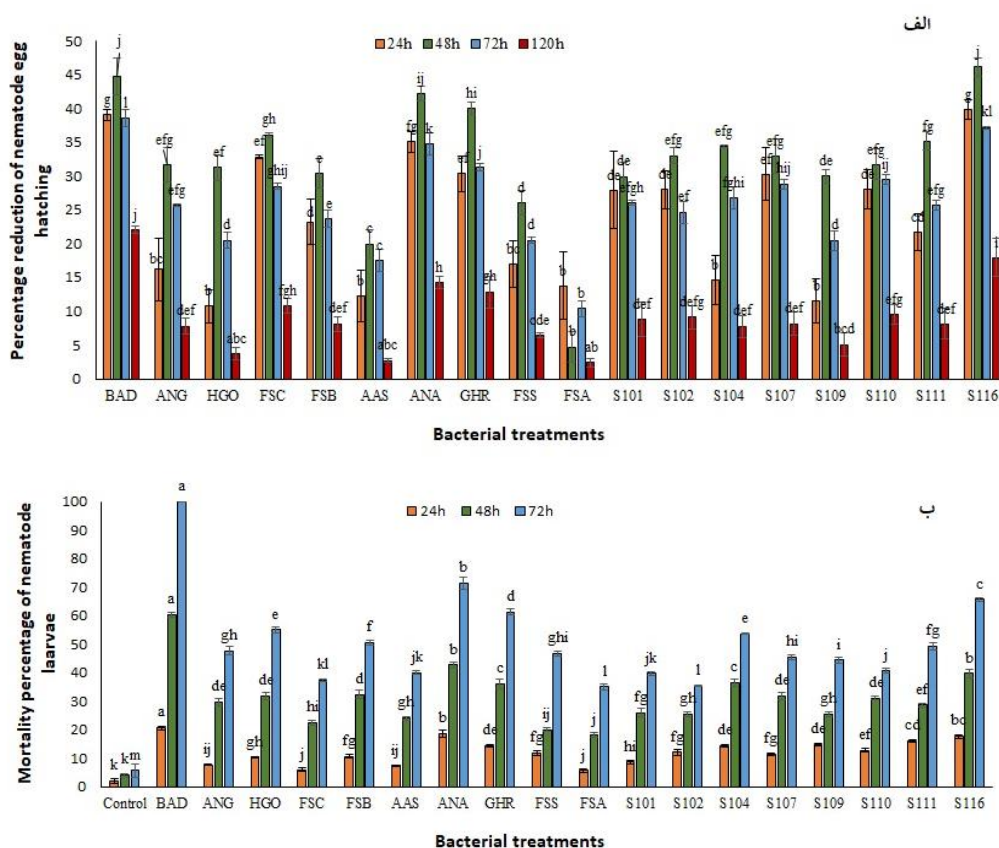
1- Bootstrap

2- Neighbor-Joining

به‌میزان ۱۷/۹ و ۲۲ درصد نسبت به شاهد، بیشترین تأثیر را نشان دادند (شکل ۱-الف).

بیشترین درصد مرگ‌ومیر لاروها بعد از ۲۴ ساعت، در جدایه‌های BAD، ANA و S116 به‌ترتیب با ۲۰/۶۷، ۱۸/۶۷ و ۱۷/۶۷ درصد به دست آمد. در زمان ۴۸ ساعت بعد از آزمون، این درصدها به ۶۰/۳۳، ۴۲/۶۷ و ۳۹/۶۷ تغییر یافتند. بعد از گذشت ۷۲ ساعت، ۲۲ درصد جدایه‌ها موجب مرگ‌ومیر بالای ۶۰ درصد لاروها شدند و در نهایت مرگ‌ومیر لاروها پس از سه روز در جدایه‌های ANA، BAD و S116 به ۱۰۰، ۷۱/۳۳ و ۶۵/۶۷ درصد رسید. در همه زمان‌های مورد بررسی، تیمار BAD بهترین عملکرد را از نظر مرگ‌ومیر لارو نماد نشان داد (شکل ۱-ب).

Streptomyces بر تخم و لارو نماد در شرایط آزمایشگاهی بررسی شد. بعد از ۲۴ ساعت، جدایه‌های S116 و BAD به‌ترتیب با تفریخ تخم به‌میزان ۲۵/۶۷ و ۲۶ درصد، بیشترین تأثیر را از نظر آماری بر کاهش تفریخ تخم نسبت به شاهد نماد (تفریخ تخم ۴۲/۷ درصد) نشان دادند (به‌ترتیب کاهش تفریخ تخم ۳۹/۸ و ۳۹ درصدی). جدایه‌های ANA و GHR در اولویت‌های بعدی درصد کاهش تفریخ تخم نماد قرار گرفتند. بعد از ۷۲ ساعت، درصد تفریخ تخم در دو جدایه S116 و BAD به‌ترتیب به‌میزان ۶۰/۳ و ۵۹ درصد در مقایسه با شاهد نماد (۹۶ درصد) ثبت شد. بر این اساس، درصد کاهش تفریخ تخم در این دو جدایه به‌ترتیب ۳۷/۱ و ۳۸/۵ درصد نسبت به شاهد نماد برآورد گردید. همچنین با گذشت ۱۲۰ ساعت، جدایه‌های S116 و BAD به‌طور معنی‌داری با کاهش درصد تفریخ تخم



شکل ۱- الف) درصد کاهش تفریخ تخم نماد ریشه‌گرهی *Meloidogyne javanica* تیمار شده با جدایه‌های مختلف باکتری *Streptomyces* sp. در آزمایشگاه بعد از ۲۴، ۴۸، ۷۲ و ۱۲۰ ساعت. ب) درصد مرگ‌ومیر لاروها بعد از ۲۴، ۴۸ و ۷۲ ساعت. نتایج، میانگینی از سه تکرار بوده و ارور بارها نشان‌دهنده خطای استاندارد از میانگین هستند (SE). حروف متفاوت، اختلاف معنی‌داری را برای هر تیمار نشان می‌دهند که با آنالیز واریانس (ANOVA) و آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح پنج درصد محاسبه شده‌اند.

Figure 1- a) Reduction in hatching percentage of root-knot nematode eggs of *Meloidogyne javanica* treated with different isolates of *Streptomyces* sp. in the laboratory after 24, 48, 72 and 120 h. b) Larval mortality percentage after 24, 48 and 72 h. Results are the average of three replicates and error bars indicate standard error of the mean (SE). Different letters indicate significant differences for each treatment, calculated by analysis of variance (ANOVA) and Duncan's multiple range test at the 5% level.

بررسی برخی ویژگی‌های محرک رشد گیاهی جدایه‌ها و بررسی تولید کیتیناز در آزمایشگاه

جدایه‌های *Streptomyces* از نظر اثرگذاری بر شاخص‌های رشد گیاه و تولید کیتیناز، با یکدیگر مقایسه شدند. تولید IAA در جدایه BAD به‌طور معنی‌داری بیشتر از سایر باکتری‌ها بود (۳۶/۴) میکروگرم بر میلی‌لیتر) و جدایه ANA با میزان تولید ۳۳/۵ میکروگرم بر میلی‌لیتر، در رده بعدی قرار گرفت. نتایج تولید سیدروفور نشان دادند که جدایه‌های S104 و ANG به‌ترتیب با قطر هاله نارنجی ۹ و ۸/۳۳ میلی‌متر، بیشترین میزان را داشتند. بررسی کیفی حلالیت فسفات مشخص نمود که جدایه‌های BAD و GHR به‌ترتیب با مقادیر ۱/۴۳ و ۱/۲ میلی‌متر بیشترین بودند و اختلاف معنی‌داری

نسبت به هم داشتند. ارزیابی کمی این ویژگی نشان داد که جدایه BAD به‌طور معنی‌داری بیشتر از سایر جدایه‌ها و با مقدار ۸۳/۶۶ میکروگرم بر میلی‌لیتر، فسفات را حل نمود (جدول ۱). بررسی میزان تولید آنزیم ACC دامیناز نشان داد که جدایه BAD با میزان ۱/۳۸ میکرومول بر میلی‌لیتر به‌طور معنی‌داری بیشتر از سایر جدایه‌ها بود و باکتری‌های ANA، S116، GHR، S109 و S104 به‌ترتیب در رده‌های بعدی قرار گرفتند. آنزیم کیتیناز نیز در بین جدایه‌ها متغیر بود، به‌طوری‌که BAD بیشترین میزان تولید ۱/۳۰ میلی‌متر را نشان داد و جدایه ANA و GHR در رده‌های بعدی قرار گرفتند (جدول ۱).

جدول ۱- ارزیابی برخی شاخص‌های مهارزیستی و ارتقاء رشد گیاه در جدایه‌های *Streptomyces* مفید

Table 1- Evaluation of some biocontrol and growth promoting factors in beneficial *Streptomyces* isolates

Treatments	Indole acetic acid ($\mu\text{g mL}^{-1}$)	Phosphate solubility (cm)(qualitative)	Phosphate solubility ($\mu\text{g mL}^{-1}$) (quantitative)	ACC deaminase (cm)	Siderophore (cm)	chitinase (cm)
BAD	36.4 ^a	1.43 ^a	83.66 ^a	1.38 ^a	7 ^{cd}	1.3 ^a
ANG	13.96 ^{ij}	1.13 ^{bc}	68.66 ^b	0.56 ^{fg}	8.33 ^{ab}	0.82 ^{de}
HGO	23.76 ^{de}	0.93 ^{def}	59 ^{def}	0.51 ^{gh}	5 ^f	0.72 ^{fg}
FSC	21.96 ^{ef}	1 ^{cde}	55.66 ^{fg}	0.42 ⁱ	5 ^f	0.55 ^{ij}
FSB	23.9 ^{de}	0.63 ^{hi}	51 ^{gh}	0.63 ^{ef}	6.33 ^{de}	0.73 ^{efg}
AAS	21.63 ^{ef}	0.26 ^k	44 ⁱ	0.7 ^{de}	8 ^b	0.59 ⁱ
ANA	33.5 ^b	1.06 ^{bcd}	65.66 ^{bc}	0.93 ^b	4 ^g	1.13 ^b
GHR	28.43 ^c	1.2 ^b	60 ^{def}	0.89 ^b	8 ^b	0.93 ^c
FSS	11.56 ^j	0.9 ^{def}	48.66 ^h	0.69 ^{de}	5 ^f	0.69 ^{gh}
FSA	15 ^{hi}	0.53 ^{ij}	40.33 ⁱ	0.57 ^{fg}	8 ^b	0.44 ^k
S101	20 ^f	0.26 ^k	41.33 ⁱ	0.46 ^{hi}	6 ^e	0.55 ^{ij}
S102	19.4 ^{fg}	0.26 ^k	52.33 ^{gh}	0.68 ^e	6.33 ^{de}	0.48 ^{jk}
S104	23.56 ^{de}	1.13 ^{bc}	63.66 ^{bcd}	0.86 ^b	9 ^a	0.63 ^{hi}
S107	12.13 ^j	0.7 ^{gh}	52.33 ^{gh}	0.77 ^{cd}	7.66 ^{bc}	0.79 ^{hi}
S109	15 ^{hi}	0.8 ^{fg}	68 ^b	0.87 ^b	3 ^h	0.58 ⁱ
S110	17.33 ^{gh}	0.46 ^j	61.66 ^{cde}	0.63 ^{ef}	2 ⁱ	0.45 ^k
S111	25.2 ^d	1.03 ^{bcde}	57.33 ^{ef}	0.85 ^{bc}	5 ^f	0.92 ^c
S116	30.73 ^c	0.86 ^{ef}	66.66 ^b	0.93 ^b	6.33 ^{de}	0.86 ^{cd}

میانگین‌های دارای حروف مشترک بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

Averages with common letters are not significantly different based on Duncan's multi-range test at the 5% probability level

تأثیر جدایه‌های *Streptomyces* بر شاخص‌های بیماری‌زایی نماتد ریشه‌گرهی در شرایط گلخانه

جدایه‌هایی که در شرایط آزمایشگاهی بیشترین تأثیر را بر کاهش تفریح تخم و مرگ‌ومیر لاروها داشتند و نیز توانایی تولید کیتیناز و برخی شاخص‌های محرک رشد گیاه را نشان دادند، جهت بررسی در شرایط گلخانه انتخاب شدند (BAD، ANA، GHR، S104 و S116). نتایج مقایسه میانگین شاخص‌های بیماری‌زایی نماتد ریشه‌گرهی در سطح پنج درصد نشان داد که در تیمار نماتد + جدایه

BAD، تعداد گال و کیسه تخم در ریشه به‌طور معنی‌داری نسبت به شاهد کاهش یافت (به‌ترتیب ۱۹/۶ و ۳۵/۴ درصد). تعداد لاروها در خاک گلدان این تیمار نصف تعداد لاروها در خاک گلدان شاهد اندازه گیری شد (۵۰ درصد کاهش). در رابطه با تعداد تخم در داخل توده تخم، اثر جدایه باکتریایی S104 با کاهش ۱۲/۶۰ درصدی نسبت به شاهد آلوده، بیشتر از اثر جدایه BAD (۸/۲۸ درصد) می‌باشد (جدول ۲).

جدول ۲- تأثیر جدایه‌های *Streptomyces* بر شاخص‌های بیماری‌زایی نماتد ریشه‌گرهی (*Meloidogyne javanica*) در شرایط گلخانه
Table 2- Effect of *Streptomyces* isolates on root-knot nematode (*Meloidogyne javanica*) pathogenicity indices under greenhouse conditions

Isolates	Number of galls/root	Number of egg mass/ root	Number of egg/root	Number of eggs in the egg mass	Number of J2 200 g ⁻¹ soil
PC	208 a*	102.66 a	48301.66 a	470.66 a	3134.33 ^a
BAD + N	167.33 d	66.33 f	28633.33 e	431.66 bc	1548.67 c
ANA + N	176.66 c	74 d	32920 cd	444.66 ab	1758.33 d
GHR + N	186.33 b	86.66 b	39497 ^b	455.66 ab	2144.67 c
S104 + N	184.33 b	83.66 c	34410 c	411.33 c	2328.33 b
S116 + N	178.66 c	71.33 e	31903.33 ^d	447 ab	1845.67 d

PC: شاهد آلوده. نتایج میانگینی از سه تکرار هستند.

* حروف متفاوت بعد از میانگین، نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار هستند که با آنالیز واریانس (ANOVA) و آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح پنج درصد محاسبه شده‌اند. میانگین‌های دارای حروف مشترک بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی داری ندارند.

PC: positive control. Results are the average of three replicates.

* Different letters after the mean indicate significant differences, calculated by analysis of variance (ANOVA) and Duncan's multiple range test at the 5% level. Averages with common letters are not significantly different based on Duncan's multi-range test at the 5% probability level.

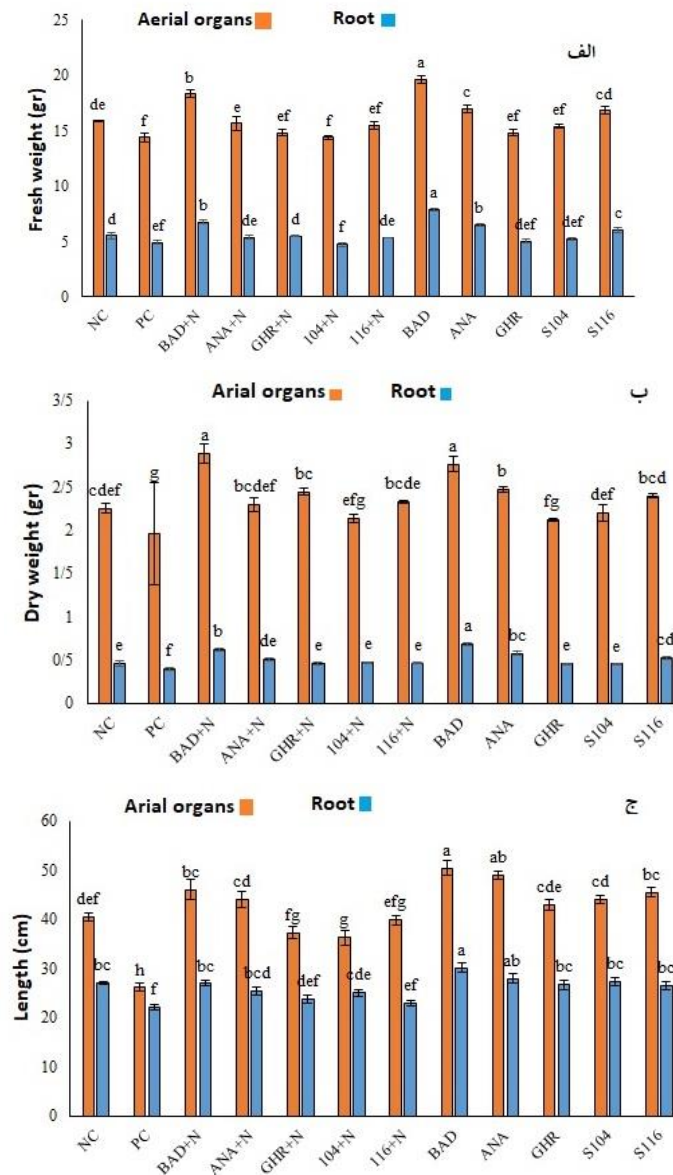
تأثیر جدایه‌های *Streptomyces* منتخب بر شاخص‌های رشدی گوجه‌فرنگی در گلخانه

در تیمار انفرادی جدایه BAD، وزن تر اندام هوایی و ریشه به‌ترتیب ۱۹/۶۷ و ۷/۹ گرم اندازه‌گیری شد که نسبت به شاهد سالم (به‌ترتیب ۱۵/۹ و ۵/۵۳ گرم) افزایش معنی‌داری نشان داد (به‌ترتیب ۱۹/۱۶ و ۲۶ درصد افزایش) و موجب بهبود رشد گیاه گردید. در تیمار ترکیبی جدایه BAD به همراه نماتد نیز وزن تر اندام هوایی و ریشه در مقایسه با شاهد آلوده به نماتد (به‌ترتیب ۱۴/۴ و ۴/۹ گرم) به‌ترتیب به‌میزان ۲۱/۴ و ۲۷/۵ درصد افزایش نشان داد (شکل ۲- الف). نتایج مربوط به وزن خشک اندام هوایی و ریشه در تیمارهای مختلف نشان داد که کاربرد جدایه BAD در حضور نماتد، درصد افزایش وزن خشک اندام هوایی و ریشه را به‌ترتیب به‌میزان ۳۲/۱۷ و ۳۴/۴ درصد نسبت به شاهد آلوده به نماتد نشان داد (شکل ۲- ب). همچنین طول اندام هوایی و ریشه در تیمار انفرادی جدایه BAD بیشترین مقدار را به‌ترتیب با ۵۰/۴۶ و ۳۰/۱۶ سانتی‌متر در مقایسه با شاهد سالم (به‌ترتیب ۴۰/۵ و ۲۷/۱ سانتی‌متر) نشان داد (شکل ۲- ج). اگرچه این اختلاف از نظر آماری در سطح پنج درصد در مقایسه با جدایه ANA معنی‌دار نبود، اما در گیاهان آلوده به نماتد در حضور جدایه BAD افزایش طول اندام هوایی (۴۳ درصد) و ریشه (۱۷/۹ درصد) نسبت به

شاهد آلوده مشاهده شد (شکل ۳).

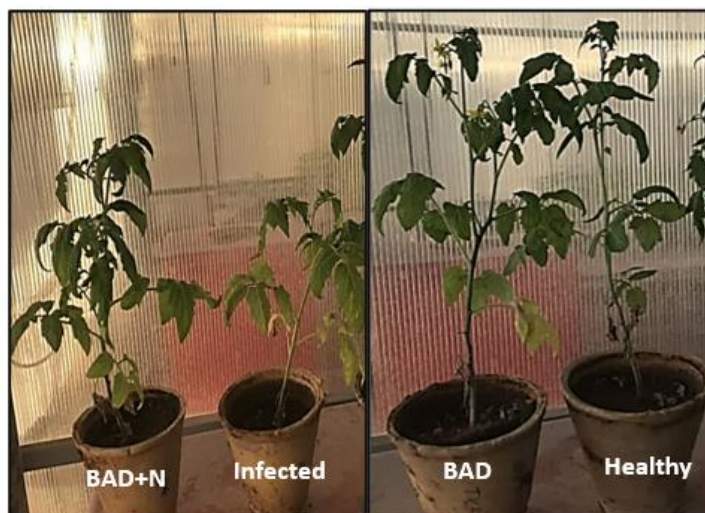
شناسایی جدایه‌های *Streptomyces* مفید بازدارنده نماتد ریشه‌گرهی

با انجام واکنش زنجیره‌ای پلی‌مراز و با استفاده از جفت آغازگرهای اختصاصی fD1/rD1، قطعه‌ای به‌طول تقریباً ۱۵۰۰ جفت باز تکثیر گردید. چهار نمونه جهت توالی‌یابی به شرکت پیشگام (ایران) ارسال شد. براساس درخت تبارزایی ترسیم‌شده با ۱۰۰۰ تکرار (شکل ۴)، جدایه‌های ۱۱۶ و GHR در کنار گونه‌های *S. harbinensis* و *S. carpaticus* در یک گروه قرار گرفتند. دو جدایه ذکرشده در بررسی بلاست به‌ترتیب ۹۹/۲۷ و ۹۹ درصد شباهت با جدایه‌های گونه‌های *S. harbinensis* و *S. carpaticus* نشان دادند. با وجود شباهت ۹۸/۸۱ درصدی جدایه BAD با جدایه استاندارد *S. olivaceus*، در درخت تبارزایی، این جدایه مابین گونه‌های *S. carpaticus* و *S. olivaceus* قرار گرفت. شناسایی دقیق گونه این جدایه، نیازمند بررسی تکمیلی ژن‌های خانه‌دار مرتبط با جنس است. جدایه Ana (شباهت ۹۹ درصد) نیز با جدایه‌های گونه *S. rochei* در یک گروه جداگانه قرار گرفت و به گونه *S. rochei* تعلق داشت.



شکل ۲- تأثیر جدایه‌های غیربیماریزای *Streptomyces* بر (الف) وزن تر و (ب) وزن خشک اندام هوایی و ریشه (گرم)، (ج) طول اندام هوایی و ریشه (سانتی‌متر) گیاه گوجه‌فرنگی به تنهایی و در حضور نماتد ریشه‌گرهی (*Meloidogyne javanica*) در شرایط گلخانه. NC: شاهد سالم و PC: شاهد آلوده. نتایج میانگینی از سه تکرار و ارور بارها نشان‌دهنده خطای استاندارد از میانگین هستند (SE). حروف متفاوت، اختلاف معنی‌داری را برای هر تیمار نشان می‌دهند که با آنالیز واریانس (ANOVA) و آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵ درصد محاسبه شده‌اند.

Figure 2- The effect of non-pathogenic *Streptomyces* isolates on a) fresh weight and b) dry weight of aerial parts and roots (gr), c) length of aerial parts and roots (cm) of tomato plants, both alone and in the presence of the root-knot nematode (*Meloidogyne javanica*) under greenhouse conditions. NC: healthy control and PC: infected control. Results are averages of three replicates and error bars indicate standard error of the mean (SE). Different letters indicate significant differences for each treatment, calculated by analysis of variance (ANOVA) and Duncan's multiple range test at the 5% level.



شکل ۳- تیمار جدایه *Streptomyces* sp. BAD به صورت انفرادی و در تعامل با نماتد *Meloidogyne javanica* در میزان گوجه‌فرنگی در مقایسه با شاهد سالم (آب مقطر سترون) و آلوده به نماتد (N)

Figure 3- The treatment of the *Streptomyces* sp. BAD isolate obtained from eggplant, both individually and in interaction with the nematode *Meloidogyne javanica* on the tomato host, was compared with the healthy control (sterile distilled water) and the nematode-infected control (N)

بحث

اکتینومیستها، به‌ویژه گونه‌های جنس *Streptomyces*، نقش‌های متنوعی در تعاملات زیستی با سایر ارگانیسم‌ها ایفا و به‌عنوان عوامل مهم مهارزیستی شناخته می‌شوند (Atif et al., 2023). این گروه از باکتری‌ها، با تولید متابولیت ثانویه، آنتی‌بیوتیک، هورمون، آنزیم، رقابت بر سر مواد غذایی، تأثیر مثبت بر رشد گیاهان، تحریک مقاومت القایی و اختلال در ترشحات ریشه بر جمعیت عوامل بیماری‌زای مختلف از جمله نماتدها اثر می‌گذارند (Elshafei et al., 2010).

در این تحقیق، از بین جدایه‌های *Streptomyces* بازدارنده نماتد ریشه‌گرهی گوجه‌فرنگی، جدایه BAD (جداشده از خاک مزرعه بادنجان، بوژان-نیشابور)، بیشترین اثر مهارکنندگی را بر نماتد ریشه‌گرهی گوجه‌فرنگی داشت. کاهش معنی‌دار تفریح تخم و مرگ‌ومیر لاروهای نماتد در شرایط آزمایشگاهی، بیانگر توان بالای این جدایه در مهار عامل بیماری‌زا می‌باشد. جدایه BAD دارای بیشترین میزان حلالیت فسفات (۱/۴۳ میلی‌متر)، تولید اکسین (۳۶/۴ میکروگرم بر میلی‌لیتر) و آنزیم ACC دآمیناز (۱/۳۸ میکرومول بر میلی‌لیتر) در مقایسه با شاهد بدون باکتری و دیگر جدایه‌های مورد بررسی بود.

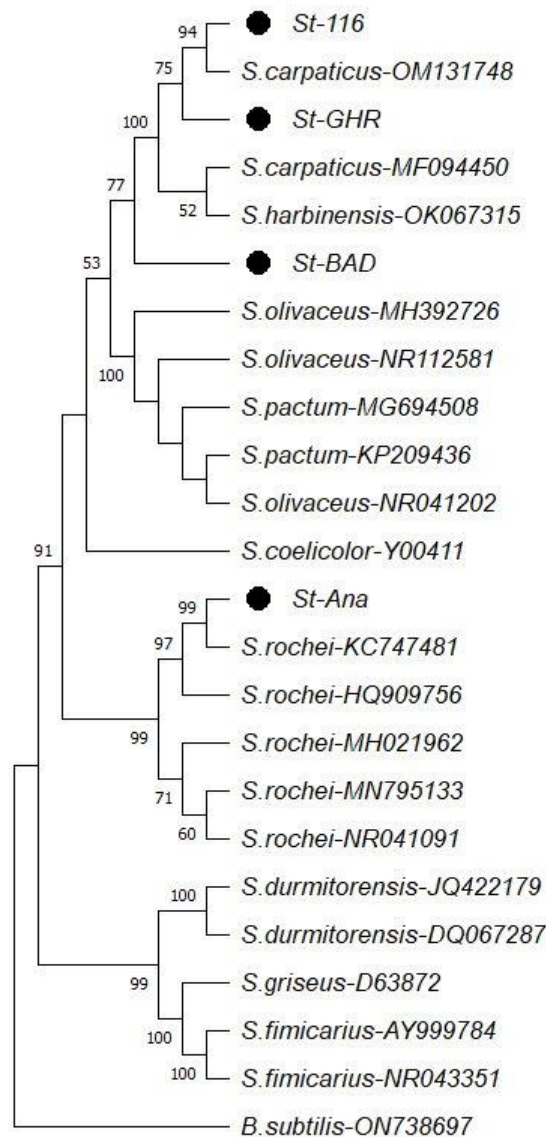
تمام جدایه‌های انتخابی مورد استفاده در بخش گلخانه از توانایی لازم در کاهش تعداد گال و کیسه‌تخم نماتد *Meloidogyne javanica* برخوردار بودند. با اعمال جدایه BAD، تعداد لارو سن دوم در ۲۰۰ گرم خاک مورد آزمایش، در مقایسه با شاهد آلوده به میزان ۵۰ درصد کاهش نشان دادند. کاهش معنی‌دار تعداد گال، کیسه‌تخم و

لارو سن دوم در تیمار ذکرشده نسبت به شاهد آلوده، نشان‌دهنده پایداری اثر مهارزیستی این جدایه در محیط واقعی تر رشد گیاه است. بررسی‌های مختلف در شرایط آزمایشگاهی و گلخانه، در ارتباط با اثرات نماتدکشی جدایه‌های گونه‌های مختلف جنس *Streptomyces* تأکید دارند (Meidani et al., 2020) که با نتیجه مطالعه حاضر مطابقت دارد. فرونولین^۱ تولیدی جدایه *Streptomyces roseovercillatus* CMU-MH021 اثرات کشنده بر لارو نماتد *M. incognita* داشته است (Ruanpanun et al., 2011). در سال ۲۰۱۵ بشیری و همکاران (Bashiri et al., 2015) جدایه‌های Sp4 و Sp9 از *Streptomyces* را معرفی کردند که باعث کاهش میزان گال به‌ترتیب به‌میزان ۶۵/۳۵ و ۴۴/۵۶ در کیوی (*Actinidia deliciosa*) شدند.

براساس یافته‌های مطالعه حاضر، جدایه BAD نه‌تنها در مهار جمعیت نماتد مؤثر بود، بلکه موجب بهبود شاخص‌های رشدی گیاه گوجه‌فرنگی از جمله افزایش طول و وزن تر و خشک اندام‌های هوایی و ریشه شد. این نتایج نشان‌دهنده کارکرد دوگانه این جدایه در مهار عامل بیماری‌زا و تحریک رشد گیاه است. تأثیر مثبت این جدایه احتمالاً به تولید متابولیت‌های ثانویه‌ای مانند اکسین و آنزیم ACC دآمیناز مربوط می‌شود که نقش مهمی در بهبود رشد ریشه و افزایش مقاومت گیاه در برابر تنش‌های زیستی دارند. تولید ریشه سبب رشد اندام‌های هوایی و در نتیجه افزایش مقاومت گیاه در برابر حمله عوامل بیماری‌زا از جمله نماتد می‌شود. تأثیر جدایه‌های

(2019) مطابقت دارد. نقش مهارکنندگی و افزایش رشد گیاه به واسطه به کارگیری گونه *Streptomyces jietaisiensis* در گیاه فلفل (Ruanpanun & Nimnoi, 2020)، با نتایج مطالعه حاضر نیز هم خوانی دارد.

Streptomyces منتخب و به‌ویژه تیمار انفرادی و ترکیبی جدایه BAD با نماتد ریشه‌گرهی *Meloidogyne javanica* موجب ارتقاء شاخص‌های رشدی میزبان گوجه‌فرنگی گردید. نتایج ما با یافته‌های سایر محققان (Rashad et al., 2015; Sharma et al.,



شکل ۴- درخت فیلوژنتیکی ترسیم‌شده براساس بخشی از توالی ژن 16S rDNA جدایه‌های *Streptomyces* بازدارنده (دایره توپر) علیه نماتد ریشه‌گرهی گوجه‌فرنگی. درخت به‌روش نزدیک‌ترین همسایه و با ۱۰۰۰ تکرار رسم شده است.

Figure 4- Phylogenetic tree constructed based on the 16S rDNA sequences of inhibitory *Streptomyces* isolates (solid circles) against tomato root-knot nematodes. The tree was generated using the neighbor-joining method with 1000 bootstrap replications

توان افزایش شاخص‌های رشدی گوجه‌فرنگی و کاهش شاخص‌های بیماری‌زایی نماتد (تعداد کیسه تخم، تعداد گال و لارو سن دو) در شرایط گلخانه، به نظر می‌رسد که جدایه BAD به‌عنوان مؤثرترین

نتیجه‌گیری

براساس ویژگی‌های نماتدکشی جدایه *Streptomyces* sp.-BAD در شرایط آزمایشگاه، میزان تولید محرک‌های رشد گیاهی،

FUM-BAD جهت پژوهش‌های آینده در کلکسیون بخش بیماری‌شناسی دانشگاه فردوسی مشهد نگهداری می‌شود.

جدایه در زیست مهارگری نماتد در گلخانه مطرح است و گزینه مناسبی جهت بررسی‌های بیشتر مزرعه‌ای و مهار تلفیقی نماتد ریشه‌گرهی می‌باشد. این جدایه تحت نام *Streptomyces* sp.

References

- Atif, Amr., Elzamik, F., Mohamed, G., Al-Quwaie, D., Ashkan, M., Alqahtani, F., Abdullah M, Ebtihal., Alomran, M., Alharbi, N., Tarabity, K& Abdelbasit, H (2023). Biological control of the root-knot nematode (*Meloidogyne Incognita*) on eggplants with various chitinase-producing streptomyces strains. *European Journal of Plant Pathology*, 167(3), 371-94. <https://doi.org/10.1007/s10658-023-02718-8>.
- Bashiri, Samaneh., Jamali, S & Golmohammadi, M. (2015). Antagonistic Effects of streptomyces bacteria on kiwi root-knot nematode. *Plant Protection*, 29(3), 310-17. (In Persian)
- Conn, Kur., Leci, E., Kritzman, G., & Lazarovits, G. (1998). A quantitative method for determining soil populations of *Streptomyces* and differentiating potential potato scab-inducing strains. *Plant Disease*, 82(6), 631-38. <https://doi.org/10.1094/PDIS.1998.82.6.631>.
- Damadzadeh, M. (2006). Nematology in Agriculture. Andishe Gostar, Esfahan, Iran. 208 p.
- Elshafei, Abdalla AH., Abdel-Aziz, M. S., Ahmed, A., & Abdalla, A. H. (2010). Optimizing some factors affecting alkaline protease production by a marine bacterium *Streptomyces Albidoflavus*. *African Journal of Biotechnology*, 6, 125-42.
- Hussey, RS., & Barker, K. R. (1973). A comparison of methods of collecting inocula of *Meloidogyne* species, including a new technique. *Plant Disease Reporter*, 57, 16.
- Jepson, S. B. (1987). Identification Root-Knot Nematodes (*Meloidogyne* Species). CAB International. United Kingdom. 537 p.
- Kaur, Talwinder., Jasrotia, S., Ohri, P., & Manhas, R. K. (2016). Evaluation of *in vitro* and *in vivo* nematocidal potential of a multifunctional *Streptomyces*, *Streptomyces Hydrogenans* strain DH16 against *Meloidogyne Incognita*. *Microbiological Research*, 192, 247-252. <https://doi.org/10.1016/j.micres.2016.07.009>.
- Kavari, Mojtaba., Mahdikhani-Moghaddam, E. & Rouhani, H. (2015). Investigation of chitinase enzyme production by several isolates of *Trichoderma* fungus and its effect on biological control of tomato root-knot nematode *Meloidogyne Javanica*. *Journal of Plant Protection*, 29(1), 123-33. (In Persian)
- Lacey, H. J., & Rutledge, P. J. (2022). Recently discovered secondary metabolites from *Streptomyces* species. *Molecules*, 27(3), 887. <https://doi.org/10.3390/molecules27030887>.
- Meidani, Christianna., Savvidis, A., Lampropoulou, E., Sagia, A., Kalsifas, E., Monokrousos, N., Hatzinikolaou, D., Karagouni, A., Giannoutsou, E., Adamkis, I & Ntalli, N. (2020). The nematocidal potential of bioactive *Streptomyces* strains isolated from Greek Rhizosphere soils tested on *Arabidopsis* plants of varying susceptibility to *Meloidogyne* spp. *Plants*, 9(6), 1-17. <https://doi.org/10.3390/plants9060699>.
- Mohammadi Fesharaki, N., Behboudi, K. & Heydari, R. (2018). Effect of some solid nutrient state substrates on sporulation of *Streptomyces Carpaticus* UTS49 and control of *Meloidogyne Javanica* in tomatoes. *Applied Entomology and Phytopathology*, 86(1), 51-60. (In Persian).
- Monazam, K., Jamali, S., & Alimi, M. (2022). Efficacy of *Pseudomonas* and *Streptomyces* strains on control of root knot nematode (*Meloidogyne incognita*) in tomato under greenhouse conditions. *Iranian Journal of Nematology*, 1(1), 118-127. (In Persian). <https://doi.org/10.22034/ijon.2022.549312.1016>
- Murthy, N, & Bleakley, B. (2012). Simplified method of preparing colloidal chitin used for screening of chitinase-producing microorganisms. *International Journal of Microbiology*, 10(2), 1-5.
- Park, Eun- Jae., Jang, H. J., Park, J. Y., Yang, Y. K., Kim, M. J. & Park, C. S., Lee, S., Yun, B. S., Lee, S. J., Lee, S. W., & Rho, M. C. (2023). Efficacy evaluation of *Streptomyces nigrescens* KA-1 against the root-knot nematode *Meloidogyne incognita*. *Biological Control*, 179, 105150. <https://doi.org/10.1016/j.bioco ntrol.2023.105150>.
- Patten, C. L. & Glick, B. R. (2002). Role of *Pseudomonas putida* indoleacetic acid in development of the host plant root system. *Applied and Environmental Microbiology*, 68(8), 3795-3801. <https://doi.org/10.1128/AEM.68.8.3795-3801.2002>
- Penrose, D. M., & Glick, B. R. (2003). Methods for isolating and characterizing ACC deaminase-containing plant growth-promoting rhizobacteria. *Physiology of Plants*, 118(1), 10-15. <https://doi.org/10.1034/j.1399-3054.2003.00086.x>.
- Pikovskaya, R. I. (1948). Mobilization of phosphorus in soil in connection with vital activity of some microbial species. *Mikrobiologiya*, 17, 362-70.
- Radwan, Wafaa, H., Abdelhafez, A., Mahgoub, E. & Zayed, M. (2024). *Streptomyces avermitilis* MICNEMA2022: A new biorational strain for producing abamectin as an integrated nematode management

agent. *BMC Microbiology*, 24(1), 58-62. <https://doi.org/10.1186/s12866-024-03466-3>.

Rashad, Ferial ., Hayam, M ., Ayatollah, S . & , M. (2015). Isolation and characterization of multifunctional *Streptomyces* species with antimicrobial , nematicidal and phytohormone activities from marine environments in Egypt. *Microbiological Research*, 175, 34-47. <https://doi.org/10.1016/j.micres.2015.03.002>.

Ruanpanun, Pornthip. & Nimnoi, P. (2020). Evaluation on the efficiency and persistence of *Streptomyces Jietaisiensis* strain A034 in controlling root knot disease and promoting plant growth in the plant-parasitic nematode infested soils. *Biological Control*, 144. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2020.104221>.

Ruanpanun, Pornthip., Hartmut, L., Nuchanart, T. & Saisamorn, L. (2011). Nematicidal activity of fervenulin isolated from a nematicidal actinomycete, *Streptomyces* Sp. CMU-MH021, on *Meloidogyne incognita*. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 27(6), 1373-80. <https://doi.org/10.1007/s11274-010-0588-z>.

Schwyn, B. & Neilands, J. (1987). Universal chemical assay for the detection and determination of siderophores. *Analytical Biochemistry*, 160(1), 47-56. [https://doi.org/10.1016/0003-2697\(87\)90612-9](https://doi.org/10.1016/0003-2697(87)90612-9)

Sharma, Manish., Shivam, J., Puja, O. & Rajesh, K. M. (2019). Nematicidal potential of *Streptomyces antibioticus* strain M7 against *Meloidogyne Incognita*. *AMB Express*, 9(1), 1-8. doi: <https://doi.org/10.1186/s13568-019-0894-2>.

Sperber, J. I. (1958). The incidence of apatitesolubilizing organisms in the rhizosphere and soil. *Australian Journal of Agricultural Research*, 9, 778-81. <https://doi.org/10.1071/ar9580778>

Sun, Maiu., Gao, L., Shi, Y. X., Li, B. J. & Liu, X. Z. (2006). Fungi and actinomycetes associated with *Meloidogyne* spp. Eggs and females in China and their biocontrol potentia. *Journal of Invertebrate Pathology*, 93, 22-28. <https://doi.org/10.1016/j.jip.2006.03.006>.

Weisburg, Win., Barns, S. M., Pelletier, D. A. & Lane, D. J. (1991). 16S ribosomal DNA amplification for phylogenetic study. *Journal of Bacteriology*, 173(2), 697-703. <https://doi.org/10.1128/jb.173.2.697-703.1991>

Whithead, Alex. & Hemming, J. R. (1965). A comparison of some quantitative methods of extracting small vermiform nematodes from soil. *Annals of Applied Biology*, 55, 25-38. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.1965.tb07864.x>.

Mixed Application of some Herbicides With Organic and Inorganic Base Fertilizers in Saffron (*Crocus sativus* L.)

M. Abbaspoor ^{1*}

1- Department of Plant Protection, Agricultural and Natural Resources Research and Education Center of Khorasan Razavi Province, AREEO, Mashhad, Iran

(* - Corresponding author's Email: M.abbaspoor@areeo.ac.ir)

Received: 11-09-2025

Revised: 03-02-2026

Accepted: 15-02-2026

Available Online: 22-06-2026

How to cite this article:

Abbaspoor, M. (2026). Mixed application of some herbicides with organic and inorganic base fertilizers in saffron (*Crocus sativus* L.). *Iranian Plant Protection Research*, 40(2), 593-613. (In Persian).

<https://doi.org/10.22067/JPP.2026.93361.1229>

Introduction

Saffron (*Crocus sativus* L.), due to its weak and lack of root system (in early spring), rendering its nutritional management critical. NPK fertilizers with a higher phosphorus and potassium content are essential to promote flower production and overall plant health. A foliar spray of a good and balanced micronutrient fertilizer including copper, zinc, and iron components are also necessary to improve the quality and quantity of saffron flowers. Autumn-germinating weeds are the most dominant weeds grown in saffron fields in Iran. In our previous study on chemical weed control in saffron fields, herbicides including haloxyfop-r- methyl, sethoxydim, atrazine, bentazon and oxyflourfen showed promising efficacy on dominant weeds, i.e. *Cirsium arvensis* L., *Acroptylon repense* L., *Triticum boeoticum* Boiss. and *Poa trivialis* L. grown in saffron fields of Khorasan Razavi Province of Iran. The objective of this study was to evaluate the possibility of tank mixed application of five previously mentioned herbicides with five commercial fertilizers with different organic and/or inorganic bases.

Materials and Methods

A three-year field study was conducted to assess the possibility of tank-mixing herbicides with some organic and inorganic base nutrients in saffron fields in agricultural and natural resources research and education center of Mashhad, Khorasan-Razavi province, Iran, during 2017-2020 growing seasons. The layout was a completely randomized block design with three replicates. Treatments were five herbicides including: haloxyfop-r- methyl (Gallan super[®] 10.8 % 1 L ha⁻¹), sethoxydim (Nabu-S[®] 12.5 % EC, 3 L ha⁻¹), atrazine (Gezaprim[®] 80% WP, 1 kg ha⁻¹), bentazon (Basagran[®] 48% SL, 3 L ha⁻¹) and oxyflourfen (Goal[®] 24% EC, 2 L ha⁻¹) mixed or individually applied by 24 hours aftermath, with five fertilizers including: NPK (20%, 20%, 20%)+ micro nutrients (Fertinox[®], 3 kg ha⁻¹), NPK (4%, 8%, 12%)+ micro nutrients (Delfard[®], 7 kg ha⁻¹), Zn-EDTA 15% (Oligo-chelate Zn[®], 1 kg ha⁻¹), Fe-EDTA 13.2% (Oligo-chelate Fe[®], 1 kg ha⁻¹) and free amino acids (Trasorb[®] 20% w/w, 1 L ha⁻¹). Application of herbicides and fertilizers alone plus weedy and hand weeded controls were also included in the treatments. Herbicides and nutrients alone and tank-mixed or individually applied, were all sprayed soon after flower harvest (phenological stages between 6-9 and 9-1) by a portable rechargeable Matabei[®] sprayer calibrated



Authors retain the copyright. This is an open access article distributed under Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0)

<https://doi.org/10.22067/Jpp.2025.65326.1252>

to deliver 350 L ha⁻¹ spray solution.

Results and Discussion

Effect of pH changes arose from mixing herbicides with nutrients by different pH values did not show any direct/indirect and significant effect on efficacy of herbicides. Herbicides including oxyflourfen, sethoxydim, atrazine and haloxyfop-r-methyl (except for bentazon as broadleaved killer) either sprayed alone or tank mixed with fertilizers or sprayed individually (24 h before foliar application of fertilizers) significantly controlled target grass weeds i.e. *Triticum boeoticum* Boiss. and *Poa trivialis* L compare to the weedy check. No significant differences in weed control rate (about 50% control in average) observed between individual (by 24 h interval in between) or tank mixed application of herbicides with fertilizers. The average (of the three years of the experiments) percent of control for *Poa trivialis* L density and dry matter were by 49.96% and 49.10% for mixed application and for separate application by 50.43% and 52.05%, respectively. The average (of the two years of the experiments) percent of control for *Triticum boeoticum* Boiss. density and dry matter were by 64.92% and 66.71% for mixed application and for separate application were by 61.94% and 60.38%, respectively. Bentazon also showed no reverse effect on flower number and flower fresh weight of saffron with no visual injuries left behind on leaves and corms. No saffron injury on 50- stigma dry weight, flower number and flower fresh weight observed in tank mixed application of herbicides with fertilizers. There has been no sign of visual injury on saffron leaves or intact corms or any visible injury in cross section of corms and therefore, their mixed application are seems to be safe enough to be employed in saffron fields.

Conclusion

In conclusion, haloxyfop methyl, sethoxydim, atrazine, bentazon, oxyflourfen and fertilizers, NPK (20%, 20%, 20%)+micro nutrients, NPK (4%, 8%, 12%)+ micro nutrients, Zn-EDTA, Fe-EDTA and free amino acids can be mixed applied in saffron fields. But because of the severe concerns, the long-term effects of herbicides on saffron corms, the fate of herbicide residues in saffron flowers and concrete needs to adjusting the herbicide doses (by dose-response experiments for example) are yet to be investigated.

Keywords: Chemical control, Fe-chelate, Stigma, Zn-chelate

بررسی اختلاط‌پذیری علف‌کش‌های قابل مصرف در زعفران (*Crocus sativus* L.) با برخی کودهای پایه آلی و معدنی

مجید عباس‌پور^{*۱}

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۶/۲۰

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۱۱/۲۶

چکیده

هم‌زمانی مصرف کود با زمان مصرف علف‌کش‌ها در زعفران (*Crocus sativus* L.) و مزایای کاربرد مخلوط داخل مخزن این دو، اهمیت بررسی امکان اختلاط آن‌ها را نشان می‌دهد. بدین منظور، این آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خراسان رضوی در مشهد طی سه سال زراعی ۱۳۹۹-۱۳۹۶ انجام شد. تیمارها شامل کاربرد پس‌رویشی علف‌کش‌های هالوکسی‌فوپ‌آرمتیل (گالانت سوپر[®] EC ۱۰/۸ درصد) به مقدار یک لیتر در هکتار، ستوکسی‌دیم (نابو اس[®] EC ۱۲/۵ درصد) به مقدار سه لیتر در هکتار، آترازین (گزاپریم[®] WP ۸۰ درصد) به مقدار یک کیلوگرم در هکتار، بنتازون (بازاگران[®] SL ۴۸ درصد) به مقدار سه لیتر در هکتار و اکسی‌فلورفن (گل[®] EC ۲۴ درصد) به مقدار دو لیتر در هکتار به همراه شاهد وجین دستی و شاهد بدون علف‌کش و کاربرد کود کامل با پایه معدنی NPK ۲۰-۲۰-۲۰ به همراه ریزمغذی‌ها (فرتینوکس[®]) سه کیلوگرم در هکتار و سه کود با پایه آلی شامل اسیدهای آمینه (تراسورب[®]) یک لیتر در هکتار، کلات روی (الیگوکلات روی[®] ۱۵ درصد) یک کیلوگرم در هکتار و کلات آهن (الیگوکلات آهن[®] ۱۰/۴ درصد) یک کیلوگرم در هکتار و یک کود رایج ویژه زعفران حاوی عناصر ماکرو + میکرو (دلفارد[®]) هفت کیلوگرم در هکتار (تمامی مقادیر علف‌کش‌ها و کودها براساس ماده تجاری است)، به‌طور مجزا (به فاصله ۲۴ ساعت) و اختلاط با هم پس از پایان گل‌دهی زعفران (مرحله ۶-۹ فنولوژی) و نزدیک به کامل شدن توسعه برگ‌ها (مرحله ۹-۱۰ فنولوژی) مورد ارزیابی قرار گرفت. تمامی علف‌کش‌ها چه در حالت اختلاط و چه در حالت کاربرد به فاصله ۲۴ ساعت، باعث مهار معنی‌دار علف‌های هرز هدف شدند. تفاوت معنی‌داری بین مهار علف‌های هرز باریک‌برگ چمن وحشی (*Poa trivialis* L.) و گندم بیابانی (یونانی) (*Triticum boeoticum* Boiss) در مصرف اکسی‌فلورفن، ستوکسی‌دیم و هالوکسی‌فوپ‌آرمتیل به‌تنهایی و یا در اختلاط با کودها مشاهده نشد. هیچ خسارتی بر روی (تعداد گل، وزن تر گل و وزن خشک کلاله) زعفران در تیمارهای اختلاط و مصرف جداگانه مشاهده نشد. در جمع‌بندی، به نظر می‌رسد که امکان اختلاط داخل مخزن علف‌کش‌ها و کودهای مورد بررسی در این آزمایش وجود داشت. با این حال بررسی تکمیلی در مورد زنده‌مانی و قابلیت جوانه‌زنی بنه‌ها و احتمال وجود بقایای علف‌کش‌ها در حد مجاز استاندارد در محصول صادراتی گل زعفران همچنان مورد توجه است.

واژه‌های کلیدی: کلات آهن، کلات روی، کلاله، مبارزه شیمیایی

مقدمه

زعفران (*Crocus sativus* L.) از جمله مهم‌ترین محصولات

زراعی در استان خراسان رضوی به شمار می‌رود. این محصول علاوه بر ارزآوری حاصل از صادرات، نقش قابل توجهی در تأمین معیشت کشاورزان منطقه دارد. زعفران از نظر بیولوژیکی گیاهی یک ساله است، اما می‌تواند در شرایط زراعی به‌عنوان گیاهی چندساله مورد کشت قرار گیرد. زعفران موارد استفاده دارویی فراوانی به‌دلیل خواص آنتی‌اکسیدان، ضدالتهاب و ضدنفرس (هیپراوریسمی) دارد (Chen et al., 2025).

۱- بخش تحقیقات گیاه‌پزشکی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران
(Email: M.abbaspoor@areeo.ac.ir)
(*)- نویسنده مسئول
<https://doi.org/10.22067/JPP.2026.93361.1229>

در استان خراسان رضوی و جنوبی در مجموع ۱۱۳ گونه علف هرز یک‌ساله و ۷۱ گونه علف هرز چندساله در مزارع زعفران می‌رویند که بیشترین گونه مربوط به خانواده کاسنی و خانواده گندمیان بوده است. علف‌های هرز زعفران شامل خارلته (*Cirsium arvensis* L.)، تلخه (*Acroptilon repens* L.)، علف پشمکی (*Bromus tectorum* L.)، ازمک (*Holosteum umbellatum* L.)، جودره (*Cardaria draba* L.)، خارشتر (*K. Koch*)، چمن معمولی (*Alhagi cameloron* Medic.)، علف هفت‌بند (*Polygonum spp.*)، گزارش (*Poa trivialis* L.)، علف شده است (*Abbaspoor, 2017*). علف‌کش‌های هالوکسی‌فوپ‌آرمیتیل، فلوزیفوپ‌پی‌بوتیل، اتال‌فلورالین، تری‌فلورالین و متری‌بیوزین برای مبارزه با علف‌های هرز مزارع زعفران مورد استفاده قرار گرفتند و مشخص شد که کاربرد علف‌کش‌های پیش‌رویشی نظیر تری‌فلورالین و متری‌بیوزین برای مبارزه با علف‌های هرز مؤثر است (*Abbasi, 1996; Abbaspoor, 2017*). در یک بررسی چهار ساله در مشهد مشخص شد که علف‌کش‌های اکسی‌فلوروفن (دو لیتر در هکتار)، متری‌بیوزین (۷۵۰ گرم در هکتار)، بنتازون (سه لیتر در هکتار)، آترازین (یک کیلوگرم در هکتار)، هالوکسی‌فوپ‌آرمیتیل (یک لیتر در هکتار)، و ستوکسی‌دیم (سه لیتر در هکتار) بهترین تیمارها برای مهار علف‌های هرز بدون تأثیر سوء بر زعفران بودند (*Abbaspoor, 2017*). براساس نتایج آزمایش قبلی (*Abbaspoor, 2017*)، امکان اختلاط آن‌ها با کودهای پایه آلی و معدنی در این آزمایش بررسی شد.

کودها اعم از پرمصرف یا کم‌مصرف، نقش مهمی در فرآیندهای فیزیولوژیک گیاهان دارند و منجر به بهبود رشد و نمو و افزایش توان رقابتی گیاه زراعی در رقابت با علف‌های هرز می‌شوند. در ایران به علت بالا بودن pH خاک و آهکی بودن آن، عدم مصرف متعادل کودهای شیمیایی و عدم به‌کارگیری کودهای دامی و کود سبز، اکثر زراعت‌ها از کمبود عناصر غذایی رنج می‌برند. افزایش عملکرد زعفران در اثر محلول‌پاشی کودهای کامل در اواخر زمستان و اوایل بهار هم‌زمان با گرم شدن هوا در چندین بررسی به اثبات رسیده است (*Behnia et al., 1999; Hosseini et al., 2004; Golmohammadi, 2014; Kookheki et al., 2017*). به‌ویژه آنکه پیازهای دختری زعفران در ماه‌های اسفند و فروردین فاقد ریشه هستند و فقط از طریق برگ‌ها امکان جذب عناصر غذایی وجود دارد (*Galavi et al., 2012*). مصرف کودهای محلول به‌خصوص در اسفند ماه در تشکیل و تقویت اندام‌های گل در مریستم انتهایی جوانه بنه‌ها مؤثر بوده و در نهایت موجب افزایش گل‌آوری در مزرعه شده است (*Omidi et al., 2009; Amirghasemi, 2001*). مقدار روی (Zn) در خاک‌های ایران (پایین‌تر از ۰/۰۸ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک) کمتر از شرایط مطلوب (بیش از یک میلی‌گرم در کیلوگرم

خاک) است (*Malakouti, 2018*). از سوی دیگر، جذب روی در فصول سرد کاهش می‌یابد (*Agrawal et al., 1996*). در بررسی اکرمی و همکاران (*Akrami et al., 2015*) مشخص شد که مصرف ۲۵ کیلوگرم در هکتار سولفات روی باعث افزایش ۶۵ درصد تعداد گل، ۸۴ درصد وزن گل و ۱۵۰ درصد وزن خشک کلاله نسبت به شاهد گردید. آهن (Fe) به‌دلیل غیرقابل حل بودن، در دسترس گیاهان نیست. میزان حلالیت آن به pH بستگی دارد (*Rombola & Tagliavini, 2006*). کمبود آهن در گیاهان موجب کلروز می‌شود، و فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و پراکسیداز را کاهش می‌دهد. تغذیه برگ‌ی کودهای معدنی و کلات‌های آهن و به‌یود pH خاک با استفاده از اسیدهای آلی و غیرآلی می‌تواند کمبود آهن را برطرف نماید (*Alvarez-Fernandez et al., 2011*). در یک بررسی مشخص شد که اثر محلول‌پاشی (Zn + Fe) از منابع Fe-EDTA و Zn-EDTA به‌ترتیب ۰/۴ درصد آهن و ۰/۱ درصد روی بر اندام هوایی در دو مرحله محلول‌پاشی (اول اسفند و اول فروردین) در افزایش عملکرد بنه‌های دختری زعفران معنی‌دار بود (*Koocheki et al., 2014*). رنجبر و همکاران (*Ranjbar et al., 2016*) گزارش کردند که عملکرد زعفران همبستگی مثبتی با میزان Zn و Fe و همبستگی منفی با CaCO_3 موجود در خاک دارد. محلول‌پاشی اسیدهای آمینه در گیاهان نقش مهمی در مقابله با تنش‌های مختلف از جمله خشکی و شوری دارد (*Al-Razzaq Baqir et al., 2019*) و باعث افزایش پروتئین در گیاه و ریشه‌ها، بهبود جذب عناصر غذایی از خاک و افزایش کلروفیل برگ‌ها و بهبود فتوسنتز می‌شود. در یک بررسی، کاربرد بیوآمینو پالیز (سه لیتر در هکتار) باعث افزایش معنی‌دار تعداد برگ، وزن تر برگ، وزن خشک برگ، تعداد بنه دختری، وزن تر بنه مادری و میزان پیکروکروستین، سافرانال و کروستین در زعفران شد (*Golzari Jahan Abadi et al., 2017*). در بررسی زندکو و متیو (*Zdenko & Mathew, 1997*)، اثرات متقابل کودها و علف‌کش‌ها مورد بررسی قرار گرفت و مشخص شد که کاربرد علف‌کش‌های سولفونیل‌اوره (کلروسولفورون) سبب کاهش جذب روی شد و بر میزان رشد ریشه گیاه تأثیر منفی گذاشت. مصرف کودهای اوره (آمونیم سولفات) به‌صورت مواد جاذب رطوبت عمل کرده و از تشکیل رسوب (کریستالی شدن) روی سطح برگ جلوگیری می‌کنند. بهروان و همکاران (*Behravan et al., 2016*) گزارش کردند که کاربرد کود مایع پرولکس در اختلاط با کوپیزالوفوپ‌پی‌اتیل و هالوکسی‌فوپ‌آرمیتیل، ضمن مهار مناسب علف‌های هرز باریک برگ، عملکرد زعفران را ۲ تا ۱۱ درصد افزایش داد.

از آنجاکه مصرف علف‌کش‌ها و محلول‌پاشی کودها در زراعت زعفران هم‌زمان است، بنابراین هدف از انجام این تحقیق، بررسی امکان اختلاط علف‌کش‌های اکسی‌فلوروفن (دو لیتر در هکتار)، بنتازون (سه لیتر در هکتار)، آترازین (یک کیلوگرم در هکتار)،

متر) تقسیم شد. در نیمه اول کرت (نیمه بالایی) اختلاط داخل مخزن سمپاش، علف کش (ها) با کود (ها) سمپاشی شد و در نیمه دوم کرت (نیمه پایینی)، ابتدا مصرف علف کش ها و پس از ۲۴ ساعت، مصرف کودها در همان کرت هایی که علف کش مصرف شده بود، محلول پاشی شد. تیمارهای آزمایش در مرحله پایان گل دهی زعفران در مرحله ۶-۹ فنولوژی (۶: مرحله اصلی گل دهی و ۹: زیرمرحله پایان گل دهی) و تا کامل شدن توسعه برگ ها مرحله ۹-۱۱ فنولوژی (۹: مرحله اصلی پیری گیاه و ۱۱: زیرمرحله کامل شدن توسعه برگ ها) اعمال شد (Lopez-Corcoles, 2015). قبل از آزمایش، نسبت به درصد ترکیبات کودها با ارسال نمونه به آزمایشگاه خاکشناسی اطمینان حاصل شد و امکان سازگاری اختلاط فیزیکی و شیمیایی علف کش ها و کودها (عدم تشکیل رسوب پس از اختلاط، آزمون پارچ) مورد بررسی قرار گرفت. پس از اختلاط علف کش ها و کودها، pH محلول اختلاط یافته، با دستگاه pH متر (AZ[®]) اندازه گیری شد. لازم به ذکر است از آنجاکه در مزرعه زعفران مورد بررسی علف هرز برگ پهن مشاهده نشد، بنابراین در بررسی تأثیر علف کش ها بر علف های هرز، پهن برگ کش بنتازون در آنالیز لحاظ نشد (۵۱ تیمار) اما در مورد عملکرد زعفران (به منظور بررسی تأثیر بنتازون بر عملکرد زعفران) تمامی علف کش ها (۶۱ تیمار) در آنالیز لحاظ شدند.

هالوکسی فوپ آرمیتیل (یک لیتر در هکتار)، و ستوکسی دیم (سه لیتر در هکتار) با کودهای پایه معدنی و پایه آلی (شامل کود کامل NPK ۲۰-۲۰-۲۰، کلات های روی و آهن و اسیدهای آمینه) در زعفران بود.

مواد و روش ها

این آزمایش در مزرعه تحقیقاتی زعفران در ایستگاه تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی شهید رضوی (طرق) مشهد طی سه سال زراعی (۹۶ تا ۹۹) در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. علف کش ها و کودهای مورد استفاده در آزمایش در جدول ۱ ارائه شده است. آزمایش دارای ۶۱ تیمار بود که شامل تیمارهای اختلاط داخل مخزن سمپاش (مصرف همزمان) علف کش ها با کودها (پنج علف کش در پنج کود، ۲۵ تیمار)، تیمارهای ابتدا مصرف علف کش ها و پس از ۲۴ ساعت مصرف کودها (مصرف جداگانه) در همان کرت هایی که علف کش مصرف شده بود (۲۵ تیمار)، تیمارهای مصرف علف کش به تنهایی (پنج تیمار)، تیمارهای فقط مصرف کود (پنج تیمار) و در نهایت شاهد بدون مصرف علف کش و بدون مصرف کود (یک تیمار) که به منظور پوشش غیر یکنواختی زمین در هر بلوک (دقت بیشتر)، شاهد به تعداد سه تکرار در هر بلوک، در نظر گرفته شد. ابعاد هر کرت ۸ × ۲ متر بود. هر کرت به دو قسمت مساوی (۴ × ۲

جدول ۱- مشخصات علف کش ها و کودهای مورد استفاده در آزمایش

Table 1- Characteristics of herbicides and nutrients applied in the experiment

Treatments	Common name	Commercial name	Application rate (commercial)
Herbicides	Haloxypop-r-methyl	Gallant super (10.8 % EC)	1 L ha ⁻¹
	Sethoxydim	Nabu-S (12.5 % EC)	3 L ha ⁻¹
	Atrazine	Gezaprim (80% WP)	1 kg ha ⁻¹
	Bentazon	Basagran (48% SL)	3 L ha ⁻¹
	Oxyfloufen	Goal (24% EC)	2 L ha ⁻¹
Nutrients	NPK (20%, 20%, 20%) + micro nutrients ¹	Fertinox	3 kg ha ⁻¹
	NPK (4%, 8%, 12%) + micro nutrients ²	Delfard	7 kg ha ⁻¹
	Zn-EDTA 15%	Oligo-chelate Zn	1 kg ha ⁻¹
	Fe-EDTA 13.2%	Oligo-chelate Fe	1 kg ha ⁻¹
	Free amino acids 20% (w/w) ³	Trasorb	1 L ha ⁻¹

^۱ شامل آهن (۰/۱ درصد)، منگنز (۰/۰۵ درصد)، روی (۰/۰۵ درصد)، مس (۰/۰۵ درصد)، بر (۰/۰۲ درصد) و مولیبدن (۰/۰۰۵ درصد) است.

^۲ شامل آهن (۰/۲ درصد)، منگنز (۰/۱ درصد)، روی (۰/۱ درصد) و مس (۰/۰۵ درصد) است.

^۳ شامل آهن (۱ درصد)، منگنز (۰/۱ درصد)، روی (۰/۱ درصد)، مولیبدن (۰/۰۰۱ درصد)، بر (۱/۵ درصد)، ازن (۵/۵ درصد)، اکسید منیزیم (۰/۱۸ درصد) و ماده آلی (۲۵ درصد) است.

^۱ Fe (0.1%), Mn (0.05%), Zn (0.05%), Cu (0.05%), B (0.02%) and Mo (0.005%).

^۲ Fe (0.2%), Mn (0.1%), Zn (0.1%), Cu (0.05%).

^۳ Fe (1%), Mn (0.1%), Zn (0.1%), Mo (0.001%), B (1.5%), N (5.5 %), Mgo (0.18%), Organic matter (25%).

برای این منظور، در آذر ماه سال ۱۳۹۶ (سال زراعی ۱۳۹۷-۱۳۹۶) مزرعه زعفران با عمر پنج سال که دارای سابقه آلودگی کافی به علف‌های هرز بود، انتخاب شد. تاریخ دقیق سم‌پاشی و سایر نمونه برداری‌ها در هر سال در جدول ۲ ذکر شده است. سم‌پاشی با استفاده از سم‌پاش ماتابی پستی (مجهز به نازل تی‌جت ۱۱۰۰۲) و با فشار ۲/۵ بار انجام گرفت. سم‌پاش براساس میزان ۳۵۰ لیتر آب در هکتار کالیبره شد. ارزیابی چشمی خسارت علف‌کش‌ها به زعفران، ۳۰ روز پس از سم‌پاشی با روش استاندارد EWRC انجام گردید. به‌منظور بررسی تأثیر تیمارها روی کاهش وزن خشک و تراکم علف‌های هرز ۳۰ روز پس از سم‌پاشی، یک کوادرات ۰/۵×۰/۵ متر در هر دو قسمت کرت (جایی که نمایانگر علف‌های هرز آن کرت بود) پرتاب شد. در این کوادرات‌ها، علف‌های هرز باریک برگ به تفکیک گونه از سطح خاک قطع شده و پس از شمارش، در آون در دمای ۷۵ درجه سانتی گراد به مدت ۴۸ تا ۷۲ ساعت خشک و سپس توزین و آنالیز شدند تا اختلاف آماری تیمارهای مختلف نسبت به شاهد بدون وجین مشخص گردد. سپس برای درک بهتر کارایی علف‌کش‌ها، داده‌های مربوط به وزن خشک و تراکم علف‌های هرز براساس درصد کنترل (نسبت به شاهد بدون وجین محاسبه) آنالیز و نتایج بر این اساس نشان داده شده است.

در زمان برداشت زعفران نیز عملکرد هر دو قسمت از کرت شامل

(تعداد گل، وزن تر گل در واحد سطح و وزن خشک کلاله) و در سال آخر (سال سوم) به‌منظور تعیین تأثیر سوء احتمالی علف‌کش‌ها بر بنه زعفران، وزن بنه زعفران در واحد سطح در تیمارهای مختلف اندازه‌گیری شد. تجزیه مرکب داده‌ها نشان داد که اثر متقابل سال در تیمار برای داده‌های مهار علف‌های هرز و عملکرد گل معنی‌دار نشد، بنابراین اگرچه امکان آنالیز مرکب داده‌ها به‌صورت ادغام‌شده (pooled data) وجود داشت، اما با این حال، برای تحلیل بهتر داده‌های هر سال و لحاظ تغییر گونه علف‌های هرز موجود در مزرعه (کاهش تراکم علف هرز گندم بیابانی یونانی (*Triticum boeoticum* Boiss)) به‌ویژه در سال سوم، داده‌ها به‌صورت غیرمرکب، به تفکیک هر سال آنالیز و مقایسه میانگین‌ها توسط نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۲ با آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد بر روی آن‌ها انجام شد. در موارد لزوم (غیریکنواختی واریانس داده‌ها) از تجزیه جذری داده‌ها استفاده گردید. مقایسات اورتوگونال (مستقل) برای اطمینان از وجود اختلاف معنی‌دار بین مصرف هم‌زمان علف‌کش‌ها با کودها (اختلاط داخل مخزن سم‌پاش)، با مصرف جداگانه (ابتدا علف‌کش‌ها و پس از ۲۴ ساعت مصرف کودها)، برای هر علف‌کش و هر کود (به‌صورت دوتایی) و نیز اختلاط علف‌کش‌ها با کودها و مصرف جداگانه آن‌ها (در مجموع) برای عملکرد زعفران (تعداد گل و وزن تر گل) انجام شد.

جدول ۲- زمان سم‌پاشی علف‌کش‌ها و محلول‌پاشی کودها به‌تنهایی و اختلاط آن‌ها، ارزیابی چشمی خسارت علف‌کش‌ها به زعفران، نمونه‌برداری از علف‌های هرز و تاریخ شروع و اتمام برداشت زعفران طی سه سال آزمایش

Table 2- Time of spraying of herbicides, nutrients and their mixtures, visual assessment of herbicide injury, weed sampling and time of harvesting of saffron flowers during three-year experiment

Growing season	Spraying herbicides alone	Spraying nutrients alone and mixed with herbicides	Visual assessment of herbicide injury	Weed sampling date	Start of flower harvest	End of flower harvest
2018-2019	2018/03/12	2018/03/13	2018/04/11	2018/04/11	2018/11/08	2018/11/23
2019-2020	2019/02/27	2019/02/28	2019/03/28	2019/03/28	2019/11/13	2019/12/01
2020-2021	2020/03/09	2020/03/10	2020/04/11	2020/04/11	2020/10/19	2020/12/01

نتایج و بحث

فلور کامل علف‌های هرز موجود در مزرعه زعفران (جدول ۳) و علف‌های هرز غالب (مشاهده‌شده در بیش از ۹۵ درصد کرت‌ها) طی سه سال آزمایش (جدول ۴) نشان داد که مزرعه زعفران فاقد علف هرز برگ‌پهن بود، به‌طوری‌که علف هرز خارلته (*Cirsium arvense* L.) تنها در کمتر از پنج درصد کرت‌ها مشاهده شد. اما از سوی دیگر، دارای علف هرز باریک‌برگ به‌ویژه چمن معمولی و گندم بیابانی یونانی بود. البته در اثر مصرف تیمارهای علف‌کشی در سال اول و دوم آزمایش، در سال سوم به‌ویژه تراکم علف هرز گندم بیابانی یونانی، در مزرعه پایین‌تر بود.

تجزیه مرکب داده‌ها نشان داد که اثر متقابل سال در تیمار برای داده‌های مهار علف‌های هرز (تراکم و وزن خشک) و نیز عملکرد گل (تعداد و وزن تر گل) در سه سال معنی‌دار نبود (جدول ۵ و ۶)، با این‌وجود، برای تحلیل بهتر داده‌های هر سال و لحاظ تغییر گونه علف‌های هرز موجود در مزرعه در اثر مصرف علف‌کش‌ها (از جمله کاهش تراکم علف هرز گندم بیابانی یونانی به‌ویژه در سال سوم)، آنالیز داده‌ها به تفکیک هر سال انجام شد.

جدول ۳- فلور علف‌های هرز موجود در مزرعه زعفران طی سه سال آزمایش

Table 3- Flora of weed species grown in saffron field in three years of the experiment

Scientific name	Family
<i>Triticum boeoticum</i> Boiss	Poaceae
<i>Poa trivialis</i> L.	Poaceae
<i>Avena ludoviciana</i> Durieu ¹	Poaceae
<i>Poa bulbosa</i> L. ²	Poaceae
<i>Cirsium arvense</i> L. ³	Asteraceae

^{۱،۲،۳} این علف‌های هرز در تراکم بسیار کم و پراکنده در کمتر از ۵ درصد کرت‌های آزمایش وجود داشتند و بنابراین در آنالیز واریانس لحاظ نشدند

^{1, 2, 3} These weeds were appeared in a very disperse and rare density and dry matter (in less than 5 percent of the experimental plots) and then ignored to be exposed to the ANOVA.

جدول ۴- علف‌های هرز غالب مزرعه زعفران طی سه سال آزمایش

Table 4- Dominant weed species grown in saffron field in three years of the experiment

Growing season (Autumn-Spring)	Weed species
2019-2018	<i>Triticum boeoticum</i> Boiss <i>Poa trivialis</i> L.
2020-2019	<i>Triticum boeoticum</i> Boiss <i>Poa trivialis</i> L.
2021-2020	<i>Poa trivialis</i> L.

جدول ۵- تجزیه مرکب میانگین مربعات تعداد و وزن تر گل زعفران (در مترمربع) طی سه سال آزمایش

Table 5- Combined analysis of mean of squares of flower weight (g m⁻²) and flower number (No m⁻²) in three years of the experiment

S.O.V	df	Mean of squares	
		Flower number	Flower weight
Year	2	231763.6602***	17927.48761***
Replication (year)	6	2966.1389***	8544.60786***
Treatment	60	9070.3458***	1156.64927***
Treatment × year	120	892.5731 ^{ns}	93.23468 ^{ns}
Error	248	612.758	97.4534
CV (%)		21.45	23.65

*** و ^{ns}: به ترتیب اختلافات معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۱ درصد و غیرمعنی‌دار هستند.

*** and ^{ns}: are standing for significant differences at 0.1% probability level and no significant differences, respectively

جدول ۶- تجزیه مرکب میانگین مربعات تراکم و وزن خشک علف هرز چمن وحشی (*Poa trivialis* L.) (علف هرز غالب) طی سه سال آزمایش (تبدیل جذری)Table 6- Combined analysis of mean of squares of *Poa trivialis* (dominant weed species) density (No m⁻²) and dry matter (g m⁻²) in three years of the experiment (square root transformed)

S.O.V	df	Mean of squares	
		<i>Poa tri.</i> density	<i>Poa tri.</i> dry matter
Year	2	2562.67074 ***	73.1863817 ***
Replication (year)	6	466.32357***	7.9608723**
Treatment	49	418.19294 ***	11.5644025 ***
Treatment × year	98	117.38265 ^{ns}	3.5326691 ^{ns}
Error	268	116.79197	2.741819
CV (%)		18.61	20.98

***، ** و ^{ns}: به ترتیب اختلافات معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد، ۰/۱ درصد و غیرمعنی‌دار هستند.

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

مخلوط علف‌کش و کود شدند (جدول ۷). با این وجود به نظر نمی‌رسد که این موضوع بر کارایی علف‌کش‌ها در مهار علف‌های هرز در اختلاط داخل مخزن نسبت به مصرف جداگانه به فاصله ۲۴ ساعت تأثیرگذار بود.

هیچ گونه رسوب و ناسازگاری شیمیایی در اختلاط علف‌کش‌ها و کودها مشاهده نشد. نتایج اندازه‌گیری پی‌اچ (pH) نشان داد که بنتازون (pH= ۸/۷۸) بیشترین و ستوکسی‌دیم (pH= ۶/۱۴) کمترین پی‌اچ را نشان داد. کود مخصوص زعفران (pH= ۴/۵۵) و کلات آهن (pH= ۵/۷۳) نیز جزء اسیدی‌ترین کودها بودند که باعث اسیدی شدن

جدول ۷- مقادیر pH تیمارهای مختلف اختلاط (در مخزن) و کاربرد جداگانه (۲۴ ساعت فاصله) علف‌کش و کود در محلول آماده سم‌پاشی

Table 7- pH values of mixed and separate solutions of herbicides and nutrients ready to spray

Herbicides	Nutrients	pH values in mixed (herbicides + nutrients)	pH values in separate (nutrients/herbicides alone)
Atrazine	Zn-EDTA	6.82	6.30
	Fertinox	6.09	5.94
	Delfard	4.45	4.55
	Fe-EDTA	6.30	5.73
	Trasorb	6.79	6.08
	No nutrients (Atrazine alone)	-	6.78
Haloxypop-r-methyl	Zn-EDTA	6.77	6.30
	Fertinox	6.04	5.94
	Delfard	4.38	4.55
	Fe-EDTA	6.20	5.73
	Trasorb	6.69	6.08
	No nutrients (Haloxypop-r-methyl alone)	-	6.70
Bentazon	Zn-EDTA	8.55	6.30
	Fertinox	6.51	5.94
	Delfard	5.45	4.55
	Fe-EDTA	7.04	5.73
	Trasorb	7.94	6.08
	No nutrients (Bentazon alone)	-	8.78
Oxyfluorfen	Zn-EDTA	8.29	6.30
	Fertinox	6.25	5.94
	Delfard	4.38	4.55
	Fe-EDTA	6.20	5.73
	Trasorb	6.47	6.08
	No nutrients (Oxyfluorfen alone)	-	6.49
Sethoxydim	Zn-EDTA	6.48	6.30
	Fertinox	5.94	5.94
	Delfard	4.50	4.55
	Fe-EDTA	5.80	5.73
	Trasorb	6.09	6.08
	No nutrients (Sethoxydim alone)	-	6.14
No herbicides	No nutrients (water alone)	-	6.15

۴) و از آنجا که امکان مقایسه بین تیمارها به دلیل عدم رشد یکنواخت این علف‌های هرز وجود نداشت به همین دلیل در آنالیز لحاظ نشدند.

آنالیز داده‌های تراکم و وزن خشک علف‌های هرز در تیمارهای مختلف نشان داد که تمامی تیمارهای دارای علف‌کش (چه علف‌کش به تنهایی یا در اختلاط داخل مخزن با کود و یا مصرف جداگانه کود به فاصله ۲۴ ساعت پس از سم‌پاشی علف‌کش) باعث کاهش معنی‌دار تراکم و وزن خشک علف‌های هرز نسبت به شاهد بدون کاربرد علف‌کش شدند (داده‌ها نشان داده نشده است).

سال اول

علف‌های هرز

علف‌های هرز مزرعه در سال اول آزمایش شامل علف‌های هرز گندم وحشی بیابانی یونانی، و چمن وحشی بودند و به صورت بسیار پراکنده (در کمتر از پنج درصد کرت‌ها در تراکم بسیار کم) یولاف وحشی (*Avena ludoviciana* Durieu)، علف پشمکی (*Bromus tectorum* L.)، چمن پیازک‌دار (*Poa bulbosa* L.) و خارلته (*Cirsium arvense* L.) در مزرعه حضور داشتند (جدول ۳ و

کاهش وزن خشک گندم وحشی بیابانی در دامنه ۳۹ تا ۹۲ درصد (میانگین ۷۴/۶۴ درصد کاهش) و برای مصرف جداگانه در دامنه ۲۱ تا ۶۹ درصد (میانگین ۵۹/۵۴ درصد کاهش) بود (جدول ۹). نتایج نشان داد که هرچند تمامی علف‌کش‌های مورد بررسی (به‌جز بتنازون که به‌دلیل پهن‌برگ‌کش بودن و عدم وجود علف‌هرز پهن‌برگ در مزرعه در آنالیز لحاظ نشد) به‌طور معنی‌داری و در یک گروه آماری در مهار علف‌های هرز موفق بودند. اختلاف معنی‌داری در درصد مهار علف‌های هرز بین تیمارها (چه در حالت مصرف علف‌کش به‌تنهایی یا در اختلاط داخل مخزن با کود و یا مصرف جداگانه کود به فاصله ۲۴ ساعت پس از سم‌پاشی علف‌کش‌ها) مشاهده نشد که نشان داد، امکان اختلاط داخل مخزن علف‌کش و کود بدون نگرانی از کاهش کارایی علف‌کش وجود دارد.

در بررسی درصد کاهش تراکم و وزن خشک علف‌های هرز باریک‌برگ گندم وحشی بیابانی و چمن وحشی (درصد از شاهد بدون مبارزه) اثر تیمار (تفاوت بین علف‌کش‌ها) در مهار علف‌های هرز معنی‌دار نشد (جدول ۸). درصد کاهش تراکم علف‌هرز چمن وحشی در حالت اختلاط داخل مخزن در دامنه ۳۹ تا ۷۷ درصد (میانگین ۵۵/۸۹ درصد کاهش) و برای مصرف جداگانه (با ۲۴ ساعت فاصله) در دامنه ۱۵ تا ۸۹ درصد (میانگین ۶۴/۱۵ درصد کاهش) بود. درصد کاهش وزن خشک چمن وحشی در دامنه ۱۸ تا ۷۳ درصد (میانگین ۵۳/۲۳ درصد کاهش) و برای مصرف جداگانه در دامنه ۱۷ تا ۹۰ درصد (میانگین ۶۷/۳۲ درصد کاهش) بود. درصد کاهش تراکم علف‌هرز گندم وحشی بیابانی در حالت اختلاط داخل مخزن در دامنه ۴۰ تا ۹۴ درصد (میانگین ۷۱/۸۱ درصد کاهش) و برای مصرف جداگانه در دامنه ۳۸ تا ۸۳ درصد (میانگین ۶۱/۴۰ درصد کاهش) بود. درصد

جدول ۸- میانگین مربعات درصد کنترل تراکم (تبدیل جذری) و وزن خشک (تبدیل جذری) اندام‌های هوایی علف‌های هرز گندم بیابانی یونانی (*Triticum boeoticum* Boiss) و چمن وحشی (*Poa trivialis* L.) چهار هفته پس از سم‌پاشی در سال اول آزمایش

Table 8- Mean of squares of control percent of density and dry matter of *Poa trivialis* and *Triticum boeoticum* (both square-root transformed) 4 weeks after spraying in the first year of the experiment

S.O.V	df	Mean of squares			
		<i>Poa tri.</i> density	<i>Poa tri.</i> dry matter	<i>Triticum boe.</i> density	<i>Triticum boe.</i> dry matter
Replication	2	3.98454731 ^{ns}	4.9430480 ^{ns}	23.17533516 ^{***}	23.64585384 ^{***}
Treatment	43	2.16077686 ^{ns}	3.17929981 ^{ns}	1.63426416 ^{ns}	2.15450146 ^{ns}
Error	86 (44) ¹	2.4128524	3.0675108	1.7147239	1.7721626
CV (%)		20.45	23.07	16.24	16.47

*** و ^{ns}: به‌ترتیب اختلافات معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۱ درصد و غیرمعنی‌دار هستند.

¹ درجه آزادی خطا برای علف‌هرز چمن وحشی در کمانک نشان داده شده است.

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

¹ Degree of freedom of error for *Poa trivialis* are shown in parenthesis.

زعفران

دو و چهار هفته پس از سم‌پاشی براساس ارزیابی چشمی خسارت، هیچ خسارت و تغییر شکلی از لحاظ ظاهر برگ‌های زعفران در تیمارهای اختلاط و کاربرد جداگانه علف‌کش‌ها و کودها مشاهده نشد. در زمان برداشت در گل و کلاله زعفران بدشکلی و یا تغییر شکلی از نظر ظاهری مشاهده نگردید. وزن خشک ۵۰ کلاله زعفران تحت تأثیر علف‌کش‌ها قرار نگرفت (جدول ۱۰) که نشان داد، علف‌کش‌ها هیچ اثر سوئی بر زعفران نداشتند.

در جدول تجزیه واریانس، اثر تیمار(های) آزمایش بر وزن تر گل (گرم در مترمربع) و تعداد گل زعفران (تعداد در مترمربع) معنی‌دار بود (جدول ۱۰). مقایسه میانگین تعداد گل و وزن تر گل زعفران در تیمارهای اختلاط علف‌کش‌ها و یا مصرف جداگانه (به فاصله ۲۴ ساعت) آن‌ها با کودها، عملکرد معنی‌دار بیشتری با شاهد (بدون علف‌کش و بدون کود)، و تیمارهای کود به‌تنهایی نشان دادند (جدول ۱۱) که این افزایش عملکرد در اثر مهار معنی‌دار علف‌های هرز

حاصل شد (جدول ۹). به عبارت دیگر، اختلاط با کودها کاهشی در کارایی علف‌کش‌ها در مهار علف‌های هرز (اثر هم‌کاهی یا آنتاگونیست) ایجاد نکرده است. در مطالعه سعودی و همکاران (Saudy et al., 2021) در مورد قابلیت ریزمغذی‌ها در بهبود قدرت رقابت گیاهان زراعی در برابر علف‌های هرز، به‌ترتیب روی، آهن و منگنز بیشترین تأثیر را داشتند. اگرچه اثر متقابل علف‌کش‌ها و ریزمغذی‌ها بر وزن خشک علف‌های هرز معنی‌دار نبود، اما اثر هم‌افزایی (سینرژیسم) بین هالوسولفورون‌متیل و ریزمغذی‌های روی و آهن در توقف رشد علف‌های هرز وجود داشت. مقایسه تیمارهای اختلاط علف‌کش‌ها با کودها و مصرف جداگانه آن‌ها، اختلاف معنی‌داری از نظر عملکرد گل زعفران نداشتند. تعداد گل زعفران در حالت اختلاط داخل مخزن علف‌کش‌ها با کودها بین ۱۱۷ تا ۱۹۶ گل در مترمربع و برای مصرف جداگانه بین ۱۲۱ تا ۱۹۳ گل، وزن تر گل زعفران در حالت اختلاط بین ۴۵ تا ۷۴ گرم در مترمربع و برای مصرف جداگانه بین ۴۶ تا ۸۰ گرم بود (جدول ۱۱). مقایسات

اورتوگونال (مستقل) انجام شده بین کاربرد همزمان و جداگانه هر یک از علف‌کش‌ها و کودها (به صورت دوتایی) و بین اختلاط و مصرف جداگانه (برای مجموع علف‌کش‌ها و کودها) نیز نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین مصرف جداگانه و همزمان علف‌کش‌ها و کودها وجود

نداشت (داده‌ها نشان داده نشده است)، که با تأیید بیشتر نشان داد که اختلاط علف‌کش‌ها با کودها بدون نگرانی از کاهش عملکرد زعفران قابل انجام و توصیه است.

جدول ۹- مقایسه میانگین درصد کنترل تراکم و وزن خشک علف‌های هرز گندم بیابانی (*Triticum boeoticum* Boiss) و اندام هوایی چمن وحشی (*Poa trivialis* L.) در حالت کاربرد علف‌کش‌ها و کودها به صورت اختلاط (در مخزن) و یا کاربرد جداگانه (به فاصله ۲۴ ساعت) چهار هفته پس از سم‌پاشی در سال اول آزمایش

Table 9- Mean comparisons of control percent of density and dry matter of *Poa trivialis* and *Triticum boeoticum* in tank mixed and separate (by 24 h) application of herbicides and nutrients four weeks after spraying in the first year of the experiment

Treatments	Poa tri. density (control percent)		Poa tri. dry matter (control percent)		Triticum boe. density (control percent)		Triticum boe. dry matter (control percent)	
	Mixed	Separate	Mixed	Separate	Mixed	Separate	Mixed	Separate
Atrazine (1 kg ha ⁻¹) ± Zn-EDTA (1 kg ha ⁻¹)	73.84 ^{a*}	66.52 ^a	73.48 ^{abcd}	69.36 ^{ab}	69.59 ^{abc}	58.54 ^{abc}	71.61 ^a	62.54 ^{ab}
Atrazine (1 kg ha ⁻¹) ± Fe-EDTA (1 kg ha ⁻¹)	45.08 ^{ab}	89.35 ^a	37.11 ^{abcd}	90.89 ^a	79.34 ^{abc}	57.82 ^{abc}	84.85 ^a	58.08 ^{ab}
Atrazine (1 kg ha ⁻¹) ± Fertinox (3 kg ha ⁻¹)	62.09 ^{ab}	76.2 ^a	43.47 ^{abcd}	79.64 ^{abc}	78.88 ^{abc}	64.33 ^{abc}	79.87 ^a	72.33 ^a
Atrazine (1 kg ha ⁻¹) ± Trasorb (1 L ha ⁻¹)	62.6 ^{ab}	74.96 ^a	66.46 ^{abcd}	76.25 ^{abcd}	77.34 ^{abc}	65.73 ^{abc}	83.94 ^a	67.23 ^{ab}
Atrazine (1 kg ha ⁻¹) ± Delfard (7 kg ha ⁻¹)	58.27 ^{ab}	81.33 ^a	39.45 ^{abcd}	85.03 ^{ab}	83.64 ^{abc}	67.14 ^{abc}	83.66 ^a	66.75 ^{ab}
Haloxypop-r-methyl (1 L ha ⁻¹) ± Zn-EDTA (1 kg ha ⁻¹)	58.7 ^{ab}	81.2 ^a	66.47 ^{abcd}	83.92 ^{abcd}	70.95 ^{abc}	74.38 ^{abc}	79.41 ^a	73.56 ^{ab}
Haloxypop-r-methyl (1 L ha ⁻¹) ± Fe-EDTA (1 kg ha ⁻¹)	55.34 ^{ab}	77.13 ^a	56.9 ^{abcd}	78.57 ^{abcd}	42.56 ^{bc}	66.76 ^{abc}	39.11 ^{ab}	69.76 ^{ab}
Haloxypop-r-methyl (1 L ha ⁻¹) ± Fertinox (3 kg ha ⁻¹)	51.72 ^{ab}	86.46 ^a	59.93 ^{abcd}	88.42 ^{ab}	82.09 ^{abc}	66.35 ^{abc}	87.31 ^a	71.35 ^a
Haloxypop-r-methyl (1 L ha ⁻¹) ± Trasorb (1 L ha ⁻¹)	36.87 ^{ab}	85.23 ^a	52.73 ^{abcd}	88.21 ^{ab}	69.3 ^{abc}	61.93 ^{abc}	78.25 ^a	62.51 ^{ab}
Haloxypop-r-methyl (1 L ha ⁻¹) ± Delfard (7 kg ha ⁻¹)	58.27 ^{ab}	71.8 ^a	58.08 ^{abcd}	72.99 ^{abcd}	40.24 ^{abc}	52.32 ^{abc}	44.54 ^{ab}	54.06 ^{ab}
Oxyfluorfen (2 L ha ⁻¹) ± Zn-EDTA (1 kg ha ⁻¹)	58.69 ^{ab}	15.93 ^b	52.34 ^{abcd}	17.29 ^d	72.16 ^{abc}	48.88 ^{abc}	73.52 ^a	49.43 ^{ab}
Oxyfluorfen (2 L ha ⁻¹) ± Fe-EDTA (1 kg ha ⁻¹)	39.97 ^{ab}	77.78 ^a	26.23 ^{bcd}	80.99 ^{abc}	64.89 ^{abc}	59.12 ^{abc}	67.14 ^{ab}	63.1 ^{ab}
Oxyfluorfen (2 L ha ⁻¹) ± Fertinox (3 kg ha ⁻¹)	77.45 ^a	48.59 ^{ab}	73.49 ^{abcd}	56.03 ^{abcd}	59.36 ^{abc}	49.43 ^{abc}	61.27 ^{ab}	53.75 ^{ab}
Oxyfluorfen (2 L ha ⁻¹) ± Trasorb (1 L ha ⁻¹)	34.76 ^{ab}	42.84 ^{ab}	18.06 ^{cd}	49.16 ^{abcd}	65.42 ^{abc}	60.73 ^{abc}	67.65 ^{ab}	65.42 ^{ab}
Oxyfluorfen (2 L ha ⁻¹) ± Delfard (7 kg ha ⁻¹)	47.05 ^{ab}	54.01 ^{ab}	44.75 ^{abcd}	61.24 ^{abcd}	65.58 ^{abc}	62.72 ^{abc}	67.23 ^{ab}	65.7 ^{ab}
Sethoxydim (3 L ha ⁻¹) ± Zn-EDTA (1 kg ha ⁻¹)	52.25 ^{ab}	30.68 ^{ab}	48.54 ^{abcd}	35.94 ^{abcd}	84.1 ^{abc}	48.09 ^{abc}	84.1 ^a	49.37 ^{ab}
Sethoxydim (3 L ha ⁻¹) ± Fe-EDTA (1 kg ha ⁻¹)	62.3 ^{ab}	60.94 ^{ab}	62.52 ^{abcd}	63.76 ^{abcd}	74.02 ^{abc}	38.55 ^c	78.02 ^a	21.66 ^b
Sethoxydim (3 L ha ⁻¹) ± Fertinox (3 kg ha ⁻¹)	57.58 ^{ab}	73.76 ^a	66.72 ^{abcd}	76.28 ^{abcd}	74.09 ^{abc}	59.64 ^{abc}	77.12 ^a	43.15 ^{ab}
Sethoxydim (3 L ha ⁻¹) ± Trasorb (1 L ha ⁻¹)	53.1 ^{ab}	59.87 ^{ab}	45.06 ^{abcd}	62.17 ^{abcd}	94.57 ^a	94.57 ^{abc}	92.7 ^a	59.64 ^{ab}
Sethoxydim (3 L ha ⁻¹) ± Delfard (7 kg ha ⁻¹)	72.04 ^a	28.6 ^{ab}	73 ^{abcd}	30.34 ^{abcd}	88.08 ^{abc}	71.16 ^{abc}	91.55 ^a	61.51 ^{ab}
Atrazine (1 kg ha ⁻¹)	61.99 ^{ab}		46.32 ^{abcd}		72.24 ^{abc}		74.24 ^a	
Haloxypop-r-methyl (1 L ha ⁻¹)	55.64 ^{ab}		61.42 ^{abcd}		76.25 ^{abc}		77.53 ^a	
Oxyfluorfen (2 L ha ⁻¹)	53.28 ^{ab}		49.27 ^{abcd}		60.56 ^{abc}		62.01 ^{ab}	
Sethoxydim (3 L ha ⁻¹)	44.23 ^{ab}		52.6 ^{abcd}		76.45 ^{abc}		77.22 ^a	

* وجود حداقل یک حرف مشابه بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار می‌باشد (دانکن $\alpha=5\%$).

† نماد ± نمایانگر استفاده به صورت اختلاط داخل مخزن علف‌کش با کود (+) و یا کاربرد جداگانه آن دو به فاصله ۲۴ ساعت (-) است.

* Means with at least one common letter are not significantly different (duncan $\alpha=5\%$).

† The symbol ± refers to whether tank mixed of herbicides and nutrients (+) or sprayed separately (-) by 24 h interval.

جدول ۱۰- میانگین مربعات تعداد گل، وزن تر گل (تبدیل جذری) و وزن خشک ۵۰ کلاله در سال اول آزمایش

Table 10- Mean of squares of flower number, flower fresh weight (square-root transformed) and 50-stigma dry weight in the first year of the experiment

S.O.V	df	Mean of squares		
		Flower number (No. m ⁻²)	Flower fresh weight (g m ⁻²)	50-stigma dry weight (g)
Replication	2	3189.0998 ^{ns}	101.6503943 ^{***}	0.00020062 ^{ns}
Treatment	60 (5) ¹	4414.4792 ^{***}	3.9477736 ^{***}	0.00042284 ^{ns}
Error	120 (10)	1060.9382	0.7794103	0.00051543
CV (%)		23.95	12.77	14.68

*** و ns: به ترتیب اختلافات معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۱ درصد و غیرمعنی‌دار هستند.

¹ درجه آزادی تیمار و خطا در کمانک، مربوط به وزن خشک ۵۰ کلاله هستند.

*** and ns: are standing for significant differences at 0.1% probability level and no significant differences, respectively.

¹ Degree of freedom of treatment and error for 50-stigma dry weight are shown in parenthesis.

جدول ۱۱- مقایسه میانگین تعداد گل (تعداد در مترمربع) و وزن تر گل (گرم در مترمربع) زعفران در تیمارهای مختلف در سال اول آزمایش
 Table 11- Mean comparisons of saffron flower number (No. m⁻²) and flower fresh weight (g m⁻²) in different treatments in the first year of the experiment

Treatments	Flower number (No. m ⁻²)		Flower fresh weight (g m ⁻²)	
	Mixed	Separate	Mixed	Separate
Atrazine (1 kg ha ⁻¹) ± Zn-EDTA (1 kg ha ⁻¹)	117 ^{bc*}	121 ^{abc}	54.68 ^a	49.7 ^a
Atrazine (1 kg ha ⁻¹) ± Fe-EDTA (1 kg ha ⁻¹)	132.5 ^{ab}	136.5 ^{ab}	47.97 ^a	56.02 ^a
Atrazine (1 kg ha ⁻¹) ± Fertinox (3 kg ha ⁻¹)	143 ^{ab}	167 ^{ab}	53.29 ^a	58.85 ^a
Atrazine (1 kg ha ⁻¹) ± Trasorb (1 L ha ⁻¹)	161.5 ^{ab}	138 ^{ab}	61.4 ^a	53.3 ^a
Atrazine (1 kg ha ⁻¹) ± Delfard (7 kg ha ⁻¹)	123 ^{ab}	124.5 ^{ab}	46.13 ^a	50.63 ^a
Haloxyfop-r-methyl (1 L ha ⁻¹) ± Zn- kg ha ⁻¹ EDTA (1 kg ha ⁻¹)	174 ^{ab}	171.5 ^{ab}	64.03 ^a	62.81 ^a
Haloxyfop-r-methyl (1 L ha ⁻¹) ± Fe-EDTA (1 kg ha ⁻¹)	170 ^{ab}	165.5 ^{ab}	61.97 ^a	65.45 ^a
Haloxyfop-r-methyl (1 L ha ⁻¹) ± Fertinox (3 kg ha ⁻¹)	193 ^{ab}	171.5 ^{ab}	71.82 ^a	61.37 ^a
Haloxyfop-r-methyl (1 L ha ⁻¹) ± Trasorb (1 L ha ⁻¹)	171.5 ^{ab}	181 ^{ab}	70.25 ^a	64.55 ^a
Haloxyfop-r-methyl (1 L ha ⁻¹) ± Delfard (7 kg ha ⁻¹)	135 ^{ab}	151.5 ^{ab}	51.62 ^a	57.76 ^a
Oxyfluorfen (2 L ha ⁻¹) ± Zn-EDTA (1 kg ha ⁻¹)	125 ^{ab}	154 ^{ab}	45.21 ^a	56.4 ^a
Oxyfluorfen (2 L ha ⁻¹) ± Fe-EDTA (1 kg ha ⁻¹)	178.5 ^{ab}	190 ^{ab}	62.78 ^a	68.48 ^a
Oxyfluorfen (2 L ha ⁻¹) ± Fertinox (3 kg ha ⁻¹)	135.5 ^{ab}	169 ^{ab}	53.2 ^a	63.93 ^a
Oxyfluorfen (2 L ha ⁻¹) ± Trasorb (1 L ha ⁻¹)	196.5 ^a	131 ^{ab}	74.52 ^a	47.57 ^a
Oxyfluorfen (2 L ha ⁻¹) ± Delfard (7 kg ha ⁻¹)	152.5 ^{ab}	193 ^{ab}	56.24 ^a	80.7 ^a
Sethoxydim (3 L ha ⁻¹) ± Zn-EDTA (1 kg ha ⁻¹)	139 ^{ab}	130 ^{ab}	52.68 ^a	46.31 ^a
Sethoxydim (3 L ha ⁻¹) ± Fe-EDTA (1 kg ha ⁻¹)	156 ^{ab}	126 ^{ab}	63.27 ^a	48.8 ^a
Sethoxydim (3 L ha ⁻¹) ± Fertinox (3 kg ha ⁻¹)	181.5 ^{ab}	150 ^{ab}	69.56 ^a	59.58 ^a
Sethoxydim (3 L ha ⁻¹) ± Trasorb (1 L ha ⁻¹)	174.5 ^{ab}	126.5 ^{ab}	64.72 ^a	48.37 ^a
Sethoxydim (3 L ha ⁻¹) ± Delfard (7 kg ha ⁻¹)	164.5 ^{ab}	164.5 ^{ab}	62.19 ^a	65.3 ^a
Bentazon (3 L ha ⁻¹) ± Zn-EDTA (1 kg ha ⁻¹)	153 ^{ab}	130.5 ^{ab}	57.04 ^a	51.1 ^a
Bentazon (3 L ha ⁻¹) ± Fe-EDTA (1 kg ha ⁻¹)	164 ^{ab}	130 ^{ab}	62.39 ^a	50.97 ^a
Bentazon (3 L ha ⁻¹) ± Fertinox (3 kg ha ⁻¹)	178 ^a	144 ^{ab}	63.53 ^a	56.33 ^a
Bentazon (3 L ha ⁻¹) ± Trasorb (1 L ha ⁻¹)	139 ^{ab}	145.5 ^{ab}	51.57 ^a	55.95 ^a
Bentazon (3 L ha ⁻¹) ± Delfard (7 kg ha ⁻¹)	126.5 ^{ab}	139 ^{ab}	48.71 ^a	48.02 ^a
Atrazine (1 kg ha ⁻¹)	174 ^{ab}		63.53 ^a	
Haloxyfop-r-methyl (1 L ha ⁻¹)	143 ^{ab}		54.62 ^a	
Oxyfluorfen (2 L ha ⁻¹)	148.25 ^{ab}		55.34 ^a	
Sethoxydim (3 L ha ⁻¹)	176 ^{ab}		66.39 ^a	
Bentazon (3 L ha ⁻¹)	145.5 ^{ab}		54.73 ^a	
Zn-EDTA (1 kg ha ⁻¹)	47.75 ^d		18.32 ^b	
Fe-EDTA (1 kg ha ⁻¹)	56.25 ^{cd}		26.62 ^b	
Fertinox (3 kg ha ⁻¹)	56.5 ^{cd}		21.62 ^b	
Trasob (1 L ha ⁻¹)	45.5 ^d		17.01 ^b	
Delfard (7 kg ha ⁻¹)	54.25 ^{cd}		21.65 ^b	
No herbicide – No nutrient	43.25 ^d		14.83 ^b	

* وجود حداقل یک حرف مشابه بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار می‌باشد (دانکن α=5%).

* Means with at least one common letter are not significantly different (duncan α= 5%).

سال دوم

علف‌های هرز

در سال دوم آزمایش، علف‌های هرز غالب مزرعه همچنان علف‌های هرز گندم وحشی بیابانی (یونانی) و چمن وحشی بودند (جدول ۵) و به‌صورت بسیار پراکنده و در تراکم بسیار کم یولاف وحشی، علف پشمکی و چمن پيازک‌دار و علف هرز خارلته در مزرعه حضور داشتند و از آنجا که امکان مقایسه بین تیمارها به دلیل عدم رشد یکنواخت این علف‌های هرز وجود نداشت، به همین دلیل در آنالیز لحاظ نشدند.

علف‌کش‌ها (چه به‌تنهایی یا در اختلاط داخل مخزن با کود

(مصرف هم‌زمان) و یا مصرف جداگانه (ابتدا مصرف علف‌کش و پس از ۲۴ ساعت محلول‌پاشی کود) باعث کاهش معنی‌دار تراکم و وزن خشک علف‌های هرز نسبت به تیمارهای شاهد بدون علف‌کش شدند (داده‌ها نشان داده نشده است). در بررسی درصد کاهش تراکم و وزن خشک علف‌های هرز باریک برگ گندم وحشی بیابانی و چمن وحشی (از شاهد بدون مبارزه)، اثر تیمار (تفاوت بین علف‌کش‌ها) در مهار علف‌های هرز همانند نتایج سال اول معنی‌دار نشد (جدول ۱۲). درصد کاهش تراکم علف هرز چمن وحشی در حالت اختلاط داخل مخزن در دامنه ۱۳ تا ۶۷ درصد (میانگین ۴۶/۲۱ درصد کاهش) و برای مصرف جداگانه در دامنه ۲۰ تا ۶۹ درصد (میانگین ۴۷/۲۵ درصد کاهش) بود. درصد کاهش وزن خشک چمن وحشی در دامنه ۱۴ تا

۶۶ درصد، و برای مصرف جداگانه در دامنه ۱۹ تا ۶۹ درصد (میانگین ۴۶/۰۹ درصد کاهش) بود (جدول ۱۳). درصد کاهش تراکم علف هرز گندم وحشی بیابانی در حالت اختلاط داخل مخزن در دامنه ۲۸ تا ۹۰ درصد (میانگین ۵۸/۰۳ درصد کاهش) و برای مصرف جداگانه در دامنه ۱۷ تا ۸۷ درصد (میانگین ۶۲/۴۷ درصد کاهش) بود. درصد کاهش وزن خشک گندم وحشی بیابانی در دامنه ۳۱ تا ۹۱ درصد

(میانگین ۵۸/۷۸ درصد کاهش) و برای مصرف جداگانه در دامنه ۲۲ تا ۸۸ درصد (میانگین ۶۱/۲۲ درصد کاهش) بود. بر این اساس، نتایج سال دوم نیز نشان داد که اختلاف معنی‌داری در درصد مهار علف‌های هرز نسبت به شاهد بدون مبارزه در بین علف‌کش‌ها وجود نداشت و امکان اختلاط داخل مخزن (مصرف هم‌زمان) علف‌کش و کود بدون نگرانی از کاهش کارایی علف‌کش‌ها وجود داشت.

جدول ۱۲- میانگین مربعات درصد کنترل (کاهش) تراکم (تبدیل جذری) و وزن خشک (تبدیل جذری) علف‌های هرز گندم بیابانی (یونانی) (*Triticum boeoticum* Boiss) و اندام هوایی چمن وحشی (*Poa trivialis* L.) چهار هفته پس از سم‌پاشی در سال دوم آزمایش

Table 12- Mean of squares of control percent of density and dry matter of *Poa trivialis* and *Triticum boeoticum* (square root transformed) 4 weeks after spraying in the second year of the experiment

S.O.V	df	Mean of squares			
		<i>Poa tri.</i> density	<i>Poa tri.</i> dry matter	<i>Triticum boe.</i> density	<i>Triticum boe.</i> dry matter
Replication	2	0.30139146 *	0.28401148 **	5.65017238 ^{ns}	8.44617945 ^{ns}
Treatment	43	0.04103167 ^{ns}	0.04004296 ^{ns}	1.81159027 ^{ns}	2.18562959 ^{ns}
Error	86 (56) ¹	0.07603738	0.06678053	3.3297057	3.0428705
CV (%)		16.66	15.61	22.26	22.61

*** و ^{ns}: به ترتیب اختلافات معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۱ درصد و غیرمعنی‌دار هستند.

¹ درجه آزادی خطا برای علف هرز چمن وحشی در کمانک نشان داده شده است.

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

¹ Degree of freedom of error for *Poa trivialis* is shown in parenthesis.

جدول ۱۳- مقایسه میانگین درصد کنترل تراکم و وزن خشک علف‌های هرز گندم بیابانی (یونانی) (*Triticum boeoticum* Boiss) و (اندام هوایی) چمن وحشی (*Poa trivialis* L.) در حالت کاربرد علف‌کش‌ها و کودها به صورت اختلاط (در مخزن) و یا کاربرد جداگانه (به فاصله ۲۴ ساعت) چهار هفته پس از سم‌پاشی در سال دوم آزمایش

Table 13- Mean comparisons of control percent of density and dry matter of *Poa trivialis* and *Triticum boeoticum* in tank mixed and separate (by 24 h) application of herbicides and nutrients four weeks after spraying in the second year of the experiment

Treatments	<i>Poa tri.</i> density (control percent)		<i>Poa tri.</i> dry matter (control percent)		<i>Triticum boe.</i> density (control percent)		<i>Triticum boe.</i> dry matter (control percent)	
	Mixed	Separate	Mixed	Separate	Mixed	Separate	Mixed	Separate
Atrazine (1 kg ha ⁻¹) ± Zn-EDTA (1 kg ha ⁻¹)	60.64 ^{a*}	64 ^a	60.72 ^{ab}	63.77 ^{ab}	51.81 ^a	81.57 ^a	45.39 ^a	82.71 ^a
Atrazine (1 kg ha ⁻¹) ± Fe-EDTA (1 kg ha ⁻¹)	54.94 ^a	31.38 ^a	55.1 ^{ab}	49.33 ^{ab}	32.98 ^a	58 ^a	35.56 ^a	31.38 ^a
Atrazine (1 kg ha ⁻¹) ± Fertinox (3 kg ha ⁻¹)	65.22 ^a	51.48 ^a	65.42 ^{ab}	51.65 ^{ab}	41.33 ^a	54.02 ^a	39.75 ^a	56.87 ^a
Atrazine (1 kg ha ⁻¹) ± Trasorb (1 L ha ⁻¹)	22.57 ^a	25.16 ^a	22.85 ^{ab}	25.51 ^{ab}	45.64 ^a	60.46 ^a	51.18 ^a	62.79 ^a
Atrazine (1 kg ha ⁻¹) ± Delfard (7 kg ha ⁻¹)	26.8 ^a	42.69 ^a	18.85 ^{ab}	42.44 ^{ab}	28.30 ^a	59.40 ^a	31.25 ^a	61.93 ^a
Haloxyfop-r-methyl (1 L ha ⁻¹) ± Zn-EDTA (1 kg ha ⁻¹)	34.19 ^a	46.99 ^a	34.73 ^{ab}	47.02 ^{ab}	65.22 ^a	87.43 ^a	57.67 ^a	88.22 ^a
Haloxyfop-r-methyl (1 L ha ⁻¹) ± Fe-EDTA (1 kg ha ⁻¹)	53.07 ^a	49.28 ^a	53.32 ^{ab}	49.32 ^{ab}	43.36 ^a	41.98 ^a	36.63 ^a	45.62 ^a
Haloxyfop-r-methyl (1 L ha ⁻¹) ± Fertinox (3 kg ha ⁻¹)	38.88 ^a	54.27 ^a	39.41 ^{ab}	52.4 ^{ab}	50.21 ^a	46.07 ^a	52.26 ^a	47.1 ^a
Haloxyfop-r-methyl (1 L ha ⁻¹) ± Trasorb (1 L ha ⁻¹)	48.79 ^a	23.99 ^a	49.14 ^{ab}	24.04 ^{ab}	76.02 ^a	67.12 ^a	77.45 ^a	69.18 ^a
Haloxyfop-r-methyl (1 L ha ⁻¹) ± Delfard (7 kg ha ⁻¹)	36.02 ^a	42.22 ^a	63.04 ^{ab}	42.15 ^{ab}	33.28 ^a	82.04 ^a	36.02 ^a	79.92 ^a
Oxyfluorfen (2 L ha ⁻¹) ± Zn-EDTA (1 kg ha ⁻¹)	66.42 ^a	69.87 ^a	66.84 ^a	69.64 ^a	72.16 ^a	50.59 ^a	82.49 ^a	54.74 ^a
Oxyfluorfen (2 L ha ⁻¹) ± Fe-EDTA (1 kg ha ⁻¹)	52.31 ^a	25.39 ^a	25.76 ^{ab}	25.39 ^{ab}	48.66 ^a	86.46 ^a	52.31 ^a	87.26 ^a
Oxyfluorfen (2 L ha ⁻¹) ± Fertinox (3 kg ha ⁻¹)	25.49 ^a	56.92 ^a	23.93 ^{ab}	57.90 ^{ab}	56.11 ^a	17.31 ^a	58.8 ^a	22.51 ^a
Oxyfluorfen (2 L ha ⁻¹) ± Trasorb (1 L ha ⁻¹)	13.69 ^a	47.58 ^a	14 ^b	46.59 ^{ab}	77.06 ^a	50.86 ^a	77.82 ^a	52.99 ^a
Oxyfluorfen (2 L ha ⁻¹) ± Delfard (7 kg ha ⁻¹)	51.05 ^a	68.21 ^a	54.1 ^{ab}	65.11 ^a	90.94 ^a	35.46 ^a	91.25 ^a	39.42 ^a
Sethoxydim (3 L ha ⁻¹) ± Zn-EDTA (1 kg ha ⁻¹)	44.31 ^a	61.21 ^a	44.81 ^{ab}	61.19 ^{ab}	81.23 ^a	76.55 ^a	73.26 ^a	77.97 ^a
Sethoxydim (3 L ha ⁻¹) ± Fe-EDTA (1 kg ha ⁻¹)	65.84 ^a	48.94 ^a	66.27 ^a	49.05 ^{ab}	61.7 ^a	80.44 ^a	68.17 ^a	81.62 ^a
Sethoxydim (3 L ha ⁻¹) ± Fertinox (3 kg ha ⁻¹)	50 ^a	53.04 ^a	50.40 ^{ab}	52.39 ^{ab}	45.89 ^a	78.48 ^a	48.12 ^a	43.05 ^a
Sethoxydim (3 L ha ⁻¹) ± Trasorb (1 L ha ⁻¹)	67.38 ^a	20.01 ^a	66.18 ^a	19.64 ^{ab}	76.56 ^a	76.31 ^a	77.48 ^a	77.97 ^a
Sethoxydim (3 L ha ⁻¹) ± Delfard (7 kg ha ⁻¹)	46.68 ^a	62.54 ^a	47.09 ^{ab}	62.14 ^{ab}	82.19 ^a	58.88 ^a	82.78 ^a	61.24 ^a
Atrazine (1 kg ha ⁻¹)		16.65 ^a		17.47 ^{ab}		68.69 ^a		91.91 ^a
Haloxyfop-r-methyl (1 L ha ⁻¹)		39.73 ^a		40.11 ^{ab}		58.44 ^a		60.83 ^a
Oxyfluorfen (2 L ha ⁻¹)		57.43 ^a		57.47 ^{ab}		58.54 ^a		58.26 ^a
Sethoxydim (3 L ha ⁻¹)		52.19 ^a		53.29 ^{ab}		53.05 ^a		50.38 ^a

* وجود حداقل یک حرف مشابه بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار می‌باشد (دانکن $\alpha=5\%$).

* Means with at least one common letter are not significantly different (duncan $\alpha=5\%$).

زعفران

ارزیابی خسارت چشمی نشان داد که در تیمارهای اختلاط و مصرف جداگانه دو و چهار هفته پس از سم‌پاشی، هیچ خسارت و تغییر شکلی از لحاظ ظاهری روی برگ‌های زعفران مشاهده نشد. در ارزیابی چشمی خسارت در زمان برداشت در گل و کلاله زعفران، بدشکلی و یا تغییر شکلی از نظر ظاهری مشاهده نشد. وزن خشک ۵۰ کلاله زعفران تحت تأثیر علف‌کش‌ها قرار نگرفت (جدول ۱۴). مقایسه میانگین وزن خشک ۵۰ کلاله زعفران هیچ اختلاف معنی‌داری را بین تیمارهای مختلف نشان نداد (داده‌ها نشان داده نشده است) که مشخص شد، هیچ‌یک از علف‌کش‌های مورد بررسی باعث بروز تغییر وزن کلاله زعفران و بروز تغییرات بدشکلی و کم وزنی یا بیش وزنی در کلاله زعفران نشدند.

اثر تیمار بر وزن تر گل (گرم در مترمربع) و تعداد گل زعفران (تعداد در مترمربع) معنی‌دار بود (جدول ۱۴). مقایسه میانگین تعداد گل زعفران و وزن تر گل در تیمارهای اختلاط و یا مصرف جداگانه به فاصله ۲۴ ساعت اختلاف معنی‌داری با شاهد بدون علف‌کش و بدون

کود، و شاهد کودها به‌تنهایی نشان داد (جدول ۱۵). اما تیمارهای اختلاط داخل مخزن علف‌کش با کود و یا مصرف جداگانه آن‌ها به فاصله ۲۴ ساعت، اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نداشتند. تعداد گل زعفران در واحد سطح (مترمربع) در حالت اختلاط داخل مخزن (مصرف هم‌زمان) در دامنه ۱۳۲ تا ۱۸۷ گل و برای مصرف جداگانه بین ۱۳۶ تا ۱۸۸ گل بود. وزن تر گل زعفران در واحد سطح (مترمربع) در دامنه ۴۲ تا ۵۹ گرم و برای مصرف جداگانه بین ۴۰ تا ۶۱ گرم بود (جدول ۱۵). در تیمارهای مصرف فقط کود (بدون علف‌کش)، تعداد گل و وزن تر گل به‌طور معنی‌داری کمتر از تیمارهای دارای علف‌کش بود (جدول ۱۵) که نشان از تأثیر زیاد تداخل (رقابت) علف‌های هرز در کاهش عملکرد گل زعفران داشت. مقایسات اورتوگونال حالات مختلف کاربرد هم‌زمان و جداگانه علف‌کش‌ها و کودها در سال دوم آزمایش نیز همچون سال اول نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین مصرف جداگانه و هم‌زمان علف‌کش‌ها و کودها وجود نداشت (داده‌ها نشان داده نشده است).

جدول ۱۴- میانگین مربعات تعداد گل، وزن تر گل و وزن خشک ۵۰ کلاله در سال دوم آزمایش

Table 14- Mean of squares of flower number, flower fresh weight and 50-stigma dry weight in the second year of the experiment

S.O.V	df	Mean of squares		
		Flower number (No. m ⁻²)	Flower fresh weight (g m ⁻²)	50-Stigma dry weight (g)
Replication	2	3244.8936 ^{ns}	4586.95923 ^{***}	0.00020062 ^{ns}
Treatment	60 (5) ¹	5559.1315 ^{***}	560.13007 ^{***}	0.00053395 ^{ns}
Error	120 (10)	593.6948	72.29739	0.00058951
CV (%)		17.31	19.14	15.15

*** و ^{ns}: به‌ترتیب اختلافات معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۱ درصد و غیرمعنی‌دار هستند.

¹ درجه آزادی تیمار و خطا در کمانک، مربوط به وزن خشک ۵۰ کلاله هستند.

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

¹ Degree of freedom of treatment and error for 50-stigma dry weight are shown in parenthesis.

سال سوم

علف‌های هرز

در سال سوم آزمایش، علف هرز غالب مزرعه علف هرز چمن وحشی بود (جدول ۵). علت این امر می‌تواند به‌دلیل تأثیر علف‌کش‌های مصرف‌شده در دو سال قبل بر کاهش شدید تراکم علف هرز گندم وحشی بیابانی (یونانی) و نیز به قدرت رقابت و دوام بیشتر و چند ساله بودن علف هرز چمن وحشی نسبت به گندم وحشی بیابانی (یک‌ساله و بدون اندام زیرزمینی) مربوط باشد. به‌صورت بسیار پراکنده علف هرز گندم بیابانی، یولاف وحشی، علف پشمکی و چمن پیازک‌دار و علف هرز خارلته در مزرعه حضور داشتند و به همین دلیل

در آنالیز لحاظ نشدند. علف‌کش‌ها (چه به‌تنهایی یا در اختلاط داخل مخزن با کود و یا مصرف جداگانه با ۲۴ ساعت فاصله) باعث کاهش معنی‌دار تراکم و وزن خشک علف‌های هرز نسبت به تیمارهای شاهد (بدون علف‌کش) شدند (داده‌ها نشان داده نشده است). تفاوت بین علف‌کش‌ها در درصد کاهش تراکم و وزن خشک علف هرز گندم وحشی بیابانی همانند نتایج سال اول و دوم در سال سوم نیز معنی‌دار نبود (جدول ۱۶). که نشان داد علف‌کش‌ها بخوبی و همه در یک سطح این علف هرز را کنترل کرده‌اند. و چه اختلاط داخل مخزن و چه کاربرد جداگانه آن‌ها در مهار علف هرز اختلاف معنی‌داری ندارند و بنابراین اختلاط (کاربرد هم‌زمان) آن‌ها بلامانع است. درصد کاهش تراکم علف هرز چمن وحشی در حالت اختلاط داخل مخزن در دامنه

۳۱ تا ۷۳ درصد (میانگین ۴۷/۷۷ درصد کاهش) و برای مصرف جداگانه در دامنه ۱۸ تا ۵۸ درصد (میانگین ۴۱ درصد کاهش) بود (جدول ۱۷).
 جداگانه در دامنه ۱۱ تا ۶۴ درصد (میانگین ۳۹/۸۷ درصد کاهش) بود.
 درصد کاهش وزن خشک چمن وحشی در دامنه ۲۶ تا ۷۱ درصد

جدول ۱۵ - مقایسه میانگین تعداد گل (تعداد در مترمربع) و وزن تر گل (گرم در مترمربع) زعفران در تیمارهای مختلف در سال دوم آزمایش
 Table 15- Mean comparisons of saffron flower number (No. m⁻²) and flower fresh weight (g m⁻²) in the second year of the experiment

Treatments	Flower number (No. m ⁻²)		Flower fresh weight (g m ⁻²)	
	Mixed	Separate	Mixed	Separate
Atrazine (1 kg ha ⁻¹) ± Zn-EDTA (1 kg ha ⁻¹)	174.5 ^{a*}	151 ^a	46.47 ^a	47.91 ^a
Atrazine (1 kg ha ⁻¹) ± Fe-EDTA (1 kg ha ⁻¹)	146.5 ^a	140 ^a	47.97 ^a	44.36 ^a
Atrazine (1 kg ha ⁻¹) ± Fertinox (3 kg ha ⁻¹)	169 ^a	178 ^a	54.21 ^a	56.29 ^a
Atrazine (1 kg ha ⁻¹) ± Trasorb (1 L ha ⁻¹)	141.5 ^a	136.5 ^a	42.65 ^a	43.28 ^a
Atrazine (1 kg ha ⁻¹) ± Delfard (7 kg ha ⁻¹)	159.5 ^a	155 ^a	46.97 ^a	46.97 ^a
Haloxypop-r-methyl (1 L ha ⁻¹) ± Zn-EDTA (1 kg ha ⁻¹)	179 ^a	181 ^a	55.9 ^a	56.63 ^a
Haloxypop-r-methyl (1 L ha ⁻¹) ± Fe-EDTA (1 kg ha ⁻¹)	187 ^a	188 ^a	59.26 ^a	59.08 ^a
Haloxypop-r-methyl (1 L ha ⁻¹) ± Fertinox (3 kg ha ⁻¹)	187.5 ^a	181.5 ^a	58.33 ^a	61.69 ^a
Haloxypop-r-methyl (1 L ha ⁻¹) ± Trasorb (1 L ha ⁻¹)	137.5 ^a	184.5 ^a	70.25 ^a	58 ^a
Haloxypop-r-methyl (1 L ha ⁻¹) ± Delfard (7 kg ha ⁻¹)	175.5 ^a	154 ^a	55.73 ^a	48.9 ^a
Oxyfluorfen (2 L ha ⁻¹) ± Zn-EDTA (1 kg ha ⁻¹)	183.5 ^a	171 ^a	58.29 ^a	53.94 ^a
Oxyfluorfen (2 L ha ⁻¹) ± Fe-EDTA (1 kg ha ⁻¹)	183.5 ^a	172.5 ^a	57.44 ^a	54.49 ^a
Oxyfluorfen (2 L ha ⁻¹) ± Fertinox (3 kg ha ⁻¹)	133 ^a	170.5 ^a	42.71 ^a	53.86 ^a
Oxyfluorfen (2 L ha ⁻¹) ± Trasorb (1 L ha ⁻¹)	182 ^a	168 ^a	61.16 ^a	53.9 ^a
Oxyfluorfen (2 L ha ⁻¹) ± Delfard (7 kg ha ⁻¹)	173.5 ^a	137.5 ^a	55.1 ^a	44.15 ^a
Sethoxydim (3 L ha ⁻¹) ± Zn-EDTA (1 kg ha ⁻¹)	180 ^a	140.5 ^a	57.17 ^a	40.34 ^a
Sethoxydim (3 L ha ⁻¹) ± Fe-EDTA (1 kg ha ⁻¹)	132 ^a	152.5 ^a	42.39 ^a	47.76 ^a
Sethoxydim (3 L ha ⁻¹) ± Fertinox (3 kg ha ⁻¹)	178 ^a	150 ^a	56.39 ^a	47.6 ^a
Sethoxydim (3 L ha ⁻¹) ± Trasorb (1 L ha ⁻¹)	183.5 ^a	138.5 ^a	57.74 ^a	44.46 ^a
Sethoxydim (3 L ha ⁻¹) ± Delfard (7 kg ha ⁻¹)	145 ^a	140 ^a	43.78 ^a	44.96 ^a
Bentazon (3 L ha ⁻¹) ± Zn-EDTA (1 kg ha ⁻¹)	142.5 ^a	141 ^a	42.97 ^a	44.62 ^a
Bentazon (3 L ha ⁻¹) ± Fe-EDTA (1 kg ha ⁻¹)	147.5 ^a	166.5 ^a	44.79 ^a	52.85 ^a
Bentazon (3 L ha ⁻¹) ± Fertinox (3 kg ha ⁻¹)	155 ^a	143 ^a	46.97 ^a	45.9 ^a
Bentazon (3 L ha ⁻¹) ± Trasorb (1 L ha ⁻¹)	146 ^a	154.5 ^a	44.09 ^a	49.58 ^a
Bentazon (3 L ha ⁻¹) ± Delfard (7 kg ha ⁻¹)	134 ^a	154 ^a	43.02 ^a	46.65 ^a
Atrazine (1 kg ha ⁻¹)		175 ^a		55.1 ^a
Haloxypop-r-methyl (1 L ha ⁻¹)		148.25 ^a		47.26 ^a
Oxyfluorfen (2 L ha ⁻¹)		176.25 ^a		55.85 ^a
Sethoxydim (3 L ha ⁻¹)		184.25 ^a		58.09 ^a
Bentazon (3 L ha ⁻¹)		157.75 ^a		50.22 ^a
Zn-EDTA (1 kg ha ⁻¹)		38.25 ^b		12.22 ^b
Fe-EDTA (1 kg ha ⁻¹)		40.75 ^b		12.78 ^b
Fertinox (3 kg ha ⁻¹)		37.25 ^b		12.05 ^b
Trasob (1 L ha ⁻¹)		39.75 ^b		12.92 ^b
Delfard (7 kg ha ⁻¹)		33.5 ^b		10.69 ^b
No herbicide - No nutrient		50 ^b		15.3 ^b

* وجود حداقل یک حرف مشابه بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار می‌باشد (دانکن α=۵٪).

* Means with at least one common letter are not significantly different (duncan α= 5%).

زعفران

هیچ خسارت و تغییر شکلی از لحاظ ظاهری روی برگ‌های زعفران مشاهده نشد. در ارزیابی چشمی خسارت در زمان برداشت در گل و کلاله زعفران، بدشکلی و یا تغییر شکلی از نظر ظاهری مشاهده نشد.

در سال سوم آزمایش نیز ارزیابی خسارت چشمی نشان داد که در تیمارهای اختلاط و مصرف جداگانه دو و چهار هفته پس از سم‌پاشی،

وزن خشک ۵۰ کالاه زعفران تحت تأثیر علف کش ها قرار نگرفت (جدول ۱۸). مقایسه میانگین وزن خشک ۵۰ کالاه زعفران هیچ اختلاف معنی داری را بین تیمارهای مختلف نشان نداد (داده ها نشان کم وزنی یا بیش وزنی در کالاه زعفران نشدند. داده نشده است) که مشخص شد، هیچ یک از علف کش های مورد بررسی باعث بروز تغییر وزن کالاه زعفران و بروز تغییرات بدشکلی و

جدول ۱۶- میانگین مربعات درصد کنترل (کاهش) تراکم و وزن خشک اندام هوایی چمن وحشی (*Poa trivialis* L.) (تبدیل لگاریتمی) چهار هفته پس از سم پاشی در سال سوم آزمایش

Table 16- Mean of squares of control percent of density and dry matter of *Poa trivialis* (log-transformed) four weeks after spraying in the third year of the experiment

S.O.V	df	Mean of squares	
		<i>Poa tri.</i> density	<i>Poa tri.</i> dry matter
Replication	2	0.07079266 **	0.09548450 **
Treatment	43	0.09813764 ***	0.09402304 **
Error	86	0.07176133	0.08784979
CV (%)		16.73	18.56

*** و **: به ترتیب اختلافات معنی دار در سطح احتمال ۰/۱ درصد و ۱ درصد هستند.

*** and **: are standing for significant differences at 0.1% and 1% probability level, respectively.

جدول ۱۷- مقایسه میانگین درصد کنترل تراکم و وزن خشک (اندام هوایی) علف هرز چمن وحشی (*Poa trivialis* L.) در حالت کاربرد علف کش ها و کودها به صورت اختلاط (در مخزن) و یا کاربرد جداگانه (به فاصله ۲۴ ساعت) چهار هفته پس از سم پاشی در سال سوم آزمایش

Table 17- Mean comparisons of control percent of density and dry matter of *Poa trivialis* in tank mixed and separate (by 24 h) application of herbicides and nutrients four weeks after spraying in the third year of the experiment

Treatments	<i>Poa tri.</i> density (control percent)		<i>Poa tri.</i> dry matter (control percent)	
	Mixed	Separate	Mixed	Separate
Atrazine (1 kg ha ⁻¹) ± Zn-EDTA (1 kg ha ⁻¹)	50.52 ab*	26.45 abc	50.48 abc	21.97 bc
Atrazine (1 kg ha ⁻¹) ± Fe-EDTA (1 kg ha ⁻¹)	47.17 ab	58.33 ab	46.43 abc	57.53 abc
Atrazine (1 kg ha ⁻¹) ± Fertinox (3 kg ha ⁻¹)	73.84 a	59.4 ab	71.73 a	51.23 abc
Atrazine (1 kg ha ⁻¹) ± Trasorb (1 L ha ⁻¹)	39.71 abc	51.33 ab	38.84 abc	35.71 abc
Atrazine (1 kg ha ⁻¹) ± Delfard (7 kg ha ⁻¹)	36.38 ab	59.56 ab	35.45 abc	61.71 abc
Haloxypop-r-methyl (1 L ha ⁻¹) ± Zn-EDTA (1 kg ha ⁻¹)	61.82 ab	45.56 ab	60.07 abc	47.22 abc
Haloxypop-r-methyl (1 L ha ⁻¹) ± Fe-EDTA (1 kg ha ⁻¹)	50.69 ab	64.61 ab	47.84 abc	67.16 ab
Haloxypop-r-methyl (1 L ha ⁻¹) ± Fertinox (3 kg ha ⁻¹)	54.22 ab	31.34 abc	56.01 abc	34.23 abc
Haloxypop-r-methyl (1 L ha ⁻¹) ± Trasorb (1 L ha ⁻¹)	52.52. ab	14.11 c	51.69 abc	20.47 c
Haloxypop-r-methyl (1 L ha ⁻¹) ± Delfard (7 kg ha ⁻¹)	62.51 ab	49.54 ab	65.01 abc	48.64 abc
Oxyfluorfen (2 L ha ⁻¹) ± Zn-EDTA (1 kg ha ⁻¹)	52.49 ab	29.37 ab	52.34 abc	31.15 ab
Oxyfluorfen (2 L ha ⁻¹) ± Fe-EDTA (1 kg ha ⁻¹)	32.53 abc	26.97 abc	28.22 abc	32.17 abc
Oxyfluorfen (2 L ha ⁻¹) ± Fertinox (3 kg ha ⁻¹)	41.52 ab	33.77 ab	39.15 abc	38.19 abc
Oxyfluorfen (2 L ha ⁻¹) ± Trasorb (1 L ha ⁻¹)	53.87 ab	10.99 abc	50.99 abc	17.75 abc
Oxyfluorfen (2 L ha ⁻¹) ± Delfard (7 kg ha ⁻¹)	28.84 ab	32.27 ab	26.4 abc	37.45 abc
Sethoxydim (3 L ha ⁻¹) ± Zn-EDTA (1 kg ha ⁻¹)	39.48 abc	30.90 ab	40.84 abc	33.44 abc
Sethoxydim (3 L ha ⁻¹) ± Fe-EDTA (1 kg ha ⁻¹)	24.16 abc	33.25 abc	38.83 abc	35.78 abc
Sethoxydim (3 L ha ⁻¹) ± Fertinox (3 kg ha ⁻¹)	64.71 ab	56.21 ab	63.48 ab	58.08 abc
Sethoxydim (3 L ha ⁻¹) ± Trasorb (1 L ha ⁻¹)	62.06 ab	42.3 ab	60.12 abc	44.79 abc
Sethoxydim (3 L ha ⁻¹) ± Delfard (7 kg ha ⁻¹)	31.29 ab	41.29 ab	35.45 abc	45.41 abc
Atrazine (1 kg ha ⁻¹)		43.42 ab		43.43 abc
Haloxypop-r-methyl (1 L ha ⁻¹)		50.06 ab		50.24 abc
Oxyfluorfen (2 L ha ⁻¹)		22.24 bc		23.96 abc
Sethoxydim (3 L ha ⁻¹)		25.16 ab		27.30 abc

* وجود حداقل یک حرف مشابه بیانگر عدم اختلاف معنی دار می باشد (دانکن α=۵٪).

* Means with at least one common letter are not significantly different (duncan α= 5%).

جدول ۱۸- میانگین مربعات تعداد گل، وزن تر گل و وزن خشک ۵۰ کلاله در سال سوم آزمایش

Table 18- Mean of squares of flower number, flower fresh weight and 50-stigma dry weight in the third year of the experiment

S.O.V	df	Mean of squares		
		Flower number (No. m ⁻²)	Flower fresh weight (g m ⁻²)	50-Stigma dry weight (g)
Replication	2	986.87174 *	188.481364 **	0.00006173 ^{ns}
Treatment	60 (5) ¹	881.88148 ***	159.6233 ***	0.00060802 ^{ns}
Error	120 (10)	172.71104	31.07714	0.00056173
CV (%)		18.98	18.91	14.62

***، **، * و ^{ns}: به ترتیب اختلافات معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۱ درصد، ۱ درصد، ۵ درصد و غیرمعنی‌دار هستند.

¹ درجه آزادی تیمار و خطا در کمانک، مربوط به وزن خشک ۵۰ کلاله هستند.

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

¹ Degree of freedom of treatment and error for 50-stigma dry weight are shown in parenthesis.

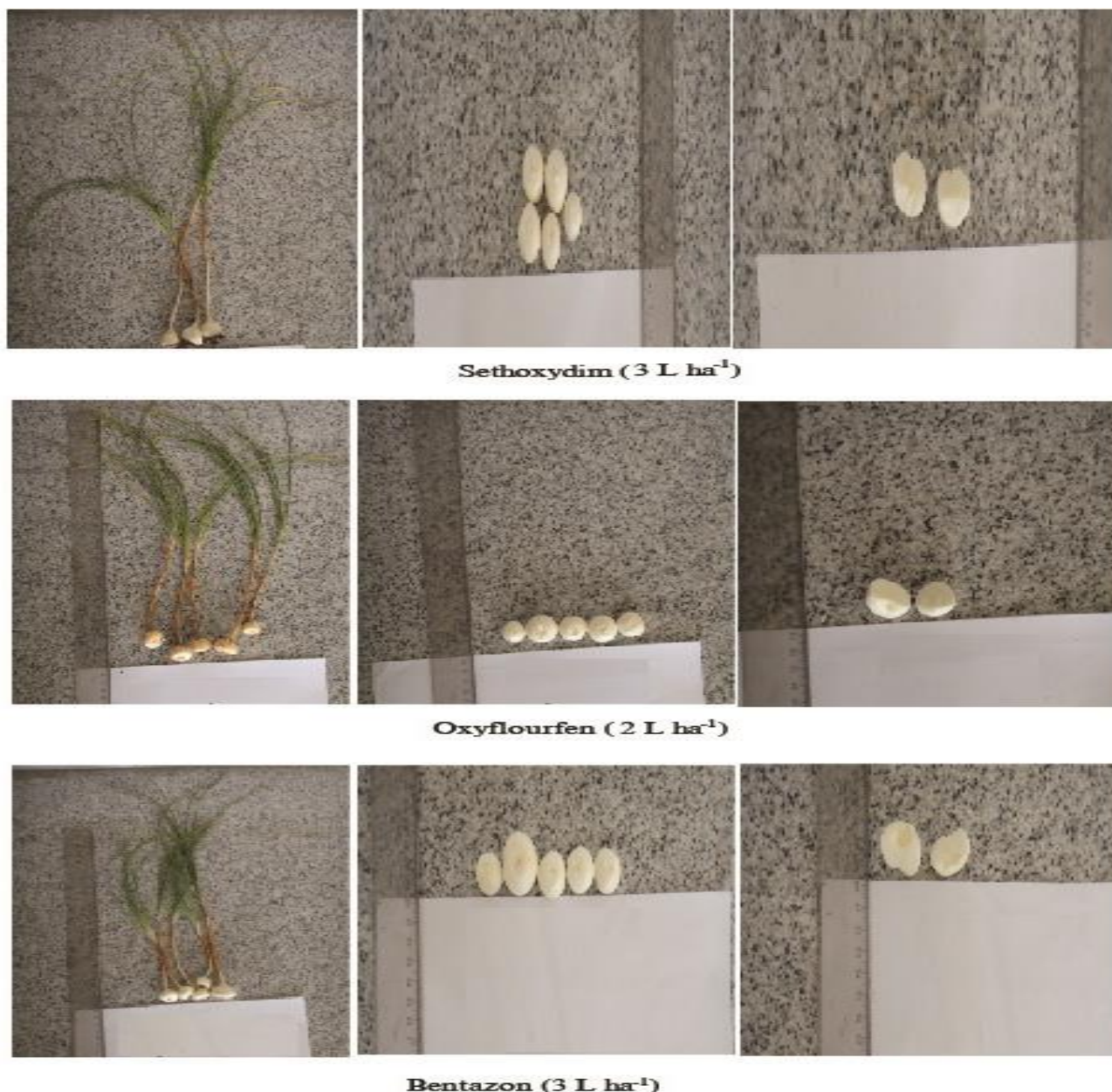
جدول ۱۹- مقایسه میانگین تعداد گل (تعداد در مترمربع) و وزن تر گل (گرم در مترمربع) زعفران در تیمارهای مختلف در سال سوم آزمایش

Table 19- Mean comparisons of saffron flower number (No. m⁻²) and flower fresh weight (g m⁻²) in the third year of the experiment

Treatments	Flower number (No. m ⁻²)		Flower fresh weight (g m ⁻²)	
	Mixed	Separate	Mixed	Separate
Atrazine (1 kg ha ⁻¹) ± Zn-EDTA (1 kg ha ⁻¹)	57.67 ^{bc*}	74.5 ^{ab}	24.56 ^{bc}	31.23 ^{ab}
Atrazine (1 kg ha ⁻¹) ± Fe-EDTA (1 kg ha ⁻¹)	68 ^{ab}	82 ^{ab}	29.22 ^{ab}	34.31 ^{ab}
Atrazine (1 kg ha ⁻¹) ± Fertinox (3 kg ha ⁻¹)	78.5 ^{ab}	81 ^{ab}	33.74 ^{ab}	33.85 ^{ab}
Atrazine (1 kg ha ⁻¹) ± Trasorb (1 L ha ⁻¹)	83 ^{ab}	84.5 ^{ab}	35.79 ^{ab}	37.12 ^{ab}
Atrazine (1 kg ha ⁻¹) ± Delfard (7 kg ha ⁻¹)	77 ^{ab}	79.5 ^{ab}	33.31 ^{ab}	33.33 ^{ab}
Haloxypop-r-methyl (1 L ha ⁻¹) ± Zn-EDTA (1 kg ha ⁻¹)	90.5 ^a	78 ^{ab}	39.18 ^a	32.67 ^{ab}
Haloxypop-r-methyl (1 L ha ⁻¹) ± Fe-EDTA (1 kg ha ⁻¹)	89.5 ^a	74 ^{ab}	38.44 ^a	31.05 ^{ab}
Haloxypop-r-methyl (1 L ha ⁻¹) ± Fertinox (3 kg ha ⁻¹)	73 ^{ab}	84 ^{ab}	31.79 ^{ab}	35.49 ^{ab}
Haloxypop-r-methyl (1 L ha ⁻¹) ± Trasorb (1 L ha ⁻¹)	60.5 ^{ab}	85.5 ^{ab}	26.12 ^{ab}	35.98 ^{ab}
Haloxypop-r-methyl (1 L ha ⁻¹) ± Delfard (7 kg ha ⁻¹)	75.5 ^{ab}	73.5 ^{ab}	32.9 ^{ab}	30.95 ^{ab}
Oxyfluorfen (2 L ha ⁻¹) ± Zn-EDTA (1 kg ha ⁻¹)	71 ^{ab}	71 ^{ab}	28.30 ^{ab}	29.84 ^{ab}
Oxyfluorfen (2 L ha ⁻¹) ± Fe-EDTA (1 kg ha ⁻¹)	88 ^{ab}	88.5 ^{ab}	38.02 ^a	37.11 ^{ab}
Oxyfluorfen (2 L ha ⁻¹) ± Fertinox (3 kg ha ⁻¹)	68 ^{ab}	76 ^{ab}	29.4 ^{ab}	31.92 ^{ab}
Oxyfluorfen (2 L ha ⁻¹) ± Trasorb (1 L ha ⁻¹)	86 ^{ab}	84.5 ^{ab}	36.94 ^{ab}	35.59 ^{ab}
Oxyfluorfen (2 L ha ⁻¹) ± Delfard (7 kg ha ⁻¹)	82 ^{ab}	83.5 ^{ab}	35.49 ^{ab}	35.05 ^{ab}
Sethoxydim (3 L ha ⁻¹) ± Zn-EDTA (1 kg ha ⁻¹)	65.5 ^{ab}	79 ^{ab}	28.35 ^{ab}	33.14 ^{ab}
Sethoxydim (3 L ha ⁻¹) ± Fe-EDTA (1 kg ha ⁻¹)	81.5 ^{ab}	72.5 ^{ab}	35.24 ^{ab}	30.29 ^{ab}
Sethoxydim (3 L ha ⁻¹) ± Fertinox (3 kg ha ⁻¹)	86.5 ^{ab}	82 ^{ab}	37.39 ^{ab}	34.48 ^{ab}
Sethoxydim (3 L ha ⁻¹) ± Trasorb (1 L ha ⁻¹)	70.5 ^{ab}	78 ^{ab}	30.59 ^{ab}	32.87 ^{ab}
Sethoxydim (3 L ha ⁻¹) ± Delfard (7 kg ha ⁻¹)	64 ^{ab}	78 ^{ab}	27.74 ^{ab}	32.77 ^{ab}
Bentazon (3 L ha ⁻¹) ± Zn-EDTA (1 kg ha ⁻¹)	71.5 ^{ab}	80.5 ^{ab}	30.91 ^{ab}	33.86 ^{ab}
Bentazon (3 L ha ⁻¹) ± Fe-EDTA (1 kg ha ⁻¹)	82 ^{ab}	78.5 ^{ab}	35.61 ^{ab}	33 ^{ab}
Bentazon (3 L ha ⁻¹) ± Fertinox (3 kg ha ⁻¹)	61.5 ^{ab}	85.5 ^{ab}	26.55 ^{ab}	35.99 ^{ab}
Bentazon (3 L ha ⁻¹) ± Trasorb (1 L ha ⁻¹)	72.5 ^{ab}	74 ^{ab}	31.38 ^{ab}	31.03 ^{ab}
Bentazon (3 L ha ⁻¹) ± Delfard (7 kg ha ⁻¹)	77.5 ^{ab}	70.5 ^{ab}	33.49 ^{ab}	29.72 ^{ab}
Atrazine (1 kg ha ⁻¹)	77.5 ^{ab}		33 ^{ab}	
Haloxypop-r-methyl (1 L ha ⁻¹)	83 ^{ab}		35.27 ^{ab}	
Oxyfluorfen (2 L ha ⁻¹)	80.25 ^{ab}		34.12 ^{ab}	
Sethoxydim (3 L ha ⁻¹)	73 ^{ab}		31.06 ^{ab}	
Bentazon (3 L ha ⁻¹)	75 ^{ab}		31.85 ^{ab}	
Zn-EDTA (1 kg ha ⁻¹)	33.25 ^{cd}		14.1 ^{cd}	
Fe-EDTA (1 kg ha ⁻¹)	30.5 ^d		13 ^d	
Fertinox (3 kg ha ⁻¹)	25.25 ^d		10.71 ^d	
Trasob (1 L ha ⁻¹)	28 ^d		12.03 ^d	
Delfard (7 kg ha ⁻¹)	26.75 ^d		11.42 ^d	
No herbicide - No nutrient	30.5 ^d		13.01 ^d	

* وجود حداقل یک حرف مشابه بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار می‌باشد (دانکن ۵٪).

* Means with at least one common letter are not significantly different (duncan α= 5%).



شکل ۱- تأثیر ستوکسی‌دیم (نابو اس EC ۱۲/۵ درصد) به مقدار سه لیتر ماده تجاری در هکتار، اکسی‌فلورفن (گل EC ۲۴ درصد) به مقدار دو لیتر ماده تجاری در هکتار و بنتازون (بازاگران ۴۸ SL درصد) به مقدار سه لیتر ماده تجاری در هکتار بر خسارت ظاهری به بوته کامل، سلامت بنه و برش عرضی بنه زعفران پس از سه سال مصرف متوالی

Figure 1- Effect of three years application of sethoxydim (Nabu-S® 12.5 % EC, 3 L ha⁻¹), top row; oxyflourfen (Goal® 24% EC, 2 L ha⁻¹), middle row; and bentazon (Basagran® 48% SL, 3 L ha⁻¹), down row, on visual damage of saffron corms (left column: whole plants, middle column: intact corms and right column: cross section of the corms)

جداگانه، اختلاف معنی‌داری در تعداد گل و وزن تر گل با یکدیگر نداشتند (جدول ۱۹). تعداد گل (در مترمربع) در حالت اختلاط در دامنه ۵۷ تا ۹۰ گل، و برای مصرف جداگانه در دامنه ۷۰ تا ۸۵ گل بود. وزن تر گل (در مترمربع) در دامنه ۲۴ تا ۳۹ گرم، و برای مصرف جداگانه در دامنه ۲۹ تا ۳۷ گرم بود (جدول ۱۹). در تیمارهای

اثر تیمارها بر وزن تر گل (گرم در مترمربع) و تعداد گل زعفران (تعداد در مترمربع) معنی‌دار بود (جدول ۱۸). مقایسه میانگین تعداد گل زعفران و وزن تر گل در تیمارهای اختلاط و یا مصرف جداگانه اختلاف معنی‌داری با شاهد بدون علف‌کش و بدون کود، و شاهد کودها به‌تنهایی نشان داد (جدول ۱۹). تیمارهای اختلاط و یا مصرف

علف‌کش‌ها و کودها در سال سوم آزمایش نیز همانند سال اول و دوم نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین مصرف جداگانه و مختلط آن‌ها وجود نداشت (داده‌ها نشان داده نشده است).

مصرف فقط کود (بدون علف‌کش)، تعداد گل و وزن تر گل به‌طور معنی‌داری کمتر از تیمارهای دارای علف‌کش بود (جدول ۱۹). مقایسات اورتوگونال حالات مختلف کاربرد مختلط و جداگانه



Haloxypop-r-methyl (1 L ha^{-1})



Atrazine (1 kg ha^{-1})



Hand weeding control

شکل ۲- تأثیر هالوکسی فوپ‌آرمتیل (گالانت سوپر EC ۱۰/۸ درصد) به مقدار یک لیتر ماده تجاری در هکتار، آترازین (گزاپریم WP ۸۰ درصد) به مقدار یک کیلوگرم ماده تجاری در هکتار و شاهد وجین دستی بر خسارت ظاهری به بوته کامل، سلامت بنه و برش عرضی بنه زعفران پس از سه سال مصرف متوالی علف‌کش

Figure 2- Effect of three years application of haloxypop-r-methyl (Gallan super® 10.8 % 1 L ha^{-1}), top row; atrazine (Gezaprim® 80% WP, 1 kg ha^{-1}), middle row; and hand weeding control, down row, on visual damage of saffron corms (left column: whole plants, middle column: intact corms and right column: cross section of the corms)

۱۹۹۶) نیز کاربرد پیش‌رویشی اتال‌فلورالین و کاربرد پس‌رویشی دو باریک‌برگ‌کش هالوکسی‌فوپ‌اتوکسی‌اتیل و فلوزیفوپ‌بوتیل را به‌عنوان بهترین تیمارها برای مهار علف‌های هرز در زعفران توصیه کرد که با نتایج این بررسی در مورد امکان کاربرد هالوکسی‌فوپ‌آرمتیل و اکسی‌فلوروفن در مهار علف‌های هرز در زعفران مطابقت دارد. در طی سه سال آزمایش، وزن خشک ۵۰ کالاه زعفران تحت تأثیر علف‌کش‌های مختلف قرار نگرفت. در بررسی نوروززاده و همکاران (Norouzzadeh et al., 2007) نیز وزن خشک ۵۰ کالاه زعفران در تیمارهای مختلف علف‌کش اختلاف معنی‌داری را با شاهد وجین دستی نشان نداد.

نتیجه‌گیری

آترازین، اکسی‌فلوروفن، ستوکسی‌دیم و هالوکسی‌فوپ‌متیل به‌تنهایی و یا در اختلاط با سایر کودها به‌خوبی توانستند دو علف هرز باریک‌برگ چمن وحشی و گندم بیابانی که در مزرعه وجود داشت، را مهار کنند. از سوی دیگر، اگرچه علف هرز برگ‌پهنی در این مزرعه مورد بررسی وجود نداشت، اما مصرف بنتازون به‌تنهایی یا در حالت اختلاط با کود از نظر امکان کاربرد، وجود داشت. مهار علف‌های هرز در حالت اختلاط نسبت به مصرف جداگانه علف‌کش‌ها و کودهای به‌کاررفته در این آزمایش اختلاف معنی‌داری نداشت. بنابراین اختلاط آترازین (۱۰۰۰ گرم ماده تجاری در هکتار)، اکسی‌فلوروفن (دو لیتر ماده تجاری در هکتار)، ستوکسی‌دیم (سه لیتر ماده تجاری در هکتار)، هالوکسی‌فوپ‌آرمتیل (یک لیتر ماده تجاری در هکتار) و بنتازون (سه لیتر ماده تجاری در هکتار) با کود کامل با پایه معدنی NPK ۲۰-۲۰-۲۰ به همراه ریزمغذی‌ها (فرتینوکس[®]) سه کیلوگرم ماده تجاری در هکتار و سه کود با پایه آلی شامل اسیدهای آمینه (تراسورب[®]) یک لیتر ماده تجاری در هکتار، کلات روی (الیگوکلات روی[®] ۱۵ درصد) یک کیلوگرم ماده تجاری در هکتار و کلات آهن (الیگوکلات آهن[®] ۱۰/۴ درصد) یک کیلوگرم ماده تجاری در هکتار و یک کود رایج ویژه زعفران حاوی عناصر ماکرو + میکرو (دلفارد[®]) هفت کیلوگرم ماده تجاری در هکتار مشکلی ایجاد نکرد و اختلاط آن‌ها قابل توصیه است. بررسی اثرات اختلاط علف‌کش‌ها و کودها طی سال‌های متوالی بر زادآوری بنه‌ها و باقی‌مانده احتمالی این علف‌کش‌ها در محصول زعفران صادراتی در تحقیقات تکمیلی آینده ضروری است.

نمونه‌گیری از بنه‌های زعفران در سال سوم بررسی نشان داد که هیچ‌یک از علف‌کش‌ها باعث تغییر شکل ظاهری و یا پوسیدگی بنه زعفران (در برش عرضی) نشدند (شکل ۱ و ۲). وزن تر بنه‌ها و وزن تر بوته کامل زعفران در تیمارهای مصرف علف‌کش و بدون مصرف علف‌کش اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نداشتند (داده‌ها نشان داده نشده است).

در این بررسی، مصرف پس‌رویشی اکسی‌فلوروفن (دو لیتر در هکتار)، آترازین (۱۰۰۰ گرم در هکتار)، هالوکسی‌فوپ‌آرمتیل (یک لیتر در هکتار) در مرحله پس از اتمام گل‌دهی زعفران و نزدیک به مرحله توسعه کامل برگ‌های زعفران باعث مهار مناسب علف‌های هرز شدند، بدون آنکه به زعفران خسارتی وارد کنند. در سه سال آزمایش با لحاظ تمام علف‌کش‌ها و کودها، میانگین درصد کاهش تراکم علف هرز چمن وحشی، در حالت اختلاط داخل مخزن ۴۹/۹۶ درصد و برای مصرف جداگانه ۵۰/۴۳ درصد کاهش بود. میانگین درصد کاهش وزن خشک چمن وحشی در حالت اختلاط ۴۹/۱۰ درصد، و برای مصرف جداگانه ۵۲/۰۵ درصد کاهش بود. درصد کاهش تراکم علف هرز گندم وحشی بیابانی (میانگین سال اول و دوم) در حالت اختلاط ۶۴/۹۲ درصد و برای مصرف جداگانه ۶۱/۹۴ درصد کاهش بود. درصد کاهش وزن خشک گندم وحشی بیابانی نیز ۶۶/۷۱ درصد و برای مصرف جداگانه ۶۰/۳۸ درصد کاهش بود که اختلاف معنی‌داری بین اختلاط و مصرف جداگانه مشاهده نشد. نوروززاده و همکاران (Norouzzadeh et al., 2007) نیز در تحقیقات خود در مشهد و گناباد گزارش کردند که متری‌بیوزین و اکسی‌فلوروفن به‌خوبی توانست تراکم و وزن خشک علف‌های هرز برگ‌پهن و باریک‌برگ از جمله تلخه، درشتوک (*Malcomia africana* L.) و جوموشی (*Hordeum mourinum* L.) را کاهش دهد، بدون آنکه به زعفران خسارت بزند. آن‌ها همچنین در بررسی دیگری (Abbaspoor & Norouzzadeh, 2012) گزارش کردند که باریک‌برگ‌کش‌های هالوکسی‌فوپ‌آرمتیل، ستوکسی‌دیم و کوئیزالوفوپ‌تفوریل به‌خوبی توانستند علف‌های هرز باریک‌برگ مزارع زعفران را مهار کنند. در چندین بررسی، کاربرد متری‌بیوزین، اکسی‌فلوروفن و ایوکسینیل در پاییز پس از برداشت گل زعفران و کاربرد باریک‌برگ‌کش‌های هالوکسی‌فوپ‌اتوکسی‌اتیل، هالوکسی‌فوپ‌آرمتیل و کوئیزالوفوپ‌تفوریل در بهار در اوایل رشد علف‌های هرز، برای مهار مؤثر علف‌های هرز توصیه شد (Norouzzadeh et al., 2007; Abbaspoor et al., 2012; Abbaspoor & Norouzzadeh, 2012). عباسی (Abbasi,

References

Abbasi, M. E. (1996). The effect of different herbicides on saffron (*Crocus sativus* L.) weeds. M.Sc. Thesis in Agronomy, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran. 95 p. (in Persian).

- Abbaspoor, M. (2017). Chemical weed control in saffron (*Crocus sativus* L.) fields. *Journal of Plant Protection*, 31(3), 401-419. (in Persian with English abstract). <https://doi.org/10.22067/JPP.V31I3.53430>.
- Abbaspoor, M., & Norozzadeh, S. (2012). Efficacy of quizalofop-tephoryl on grass weeds grown in saffron fields. p. 734-736. Proceedings of the 4th Iranian Weed Science Congress, 6-8 Feb. Ahvaz, Iran. (in Persian).
- Abbaspoor, M., Norozzadeh, S., & Torabi, H. (2011). Efficacy of some new herbicides on weeds grown in saffron fields. p. 2644-2646. Proceedings of the 7th Iranian Horticultural Science Congress, 5-8 Sep. Isfahan, Iran. (in Persian).
- Agrawal, V. K., S. K. Dwied and R. S. Patel. 1996. Influence of phosphorus and zinc application on physiological determinants of growth and productivity of soybean. *Crop Research Hissar* 12: 192-195.
- Akrami, M. R., Malakouti, M. J., & Keshavarz, P. (2015). Study of flower and stigma yield of saffron as affected by potassium and zinc fertilizers in Khorasan Razavi province. *Journal of Saffron Research*, 2(1), 85-96. (in Persian). <https://doi.org/10.22077/jsr.2015.332>.
- Al-Razzaq Baqir, H. A., Zeboon, N. H., & Al-Behadili, A. (2019). The role and importance of amino acids within plants: A review. *Plant Archives*, 19, 1402-1410.
- Alvarez-Fernandez, A., Melgar, J. C., Abadia, J., & Abadia, A. (2011). Effects of moderate and severe iron deficiency chlorosis on fruit yield, appearance and composition in pear (*Pyrus communis* L.) and peach (*Prunus persica* (L.) Batsch). *Environmental and Experimental Botany*, 71(2), 280-286. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2010.12.012>
- Amirghasemi, T. (2001). Saffron, Red Gold of Iran. Ayandegan Publishing. Iran, 112 p. (in Persian).
- Behnia, M. R., Estilai, A., & Ehdaie, B. (1999). Application of fertilizers for increased saffron yield. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 182, 9-15. <https://doi.org/10.1046/j.1439-037x.1999.00274.x>
- Behravan, R., Eslami, S. V., Behdani, M. A., & Zand, E. (2016). Evaluation of mixing some accase inhibitor herbicides with liquid fertilizer prolex on growth characteristics and yield of saffron (*Crocus sativus* L.). *Journal of Saffron Research*, 2, 85-96. (in Persian with English abstract). <https://doi.org/10.22077/jsr.2016.392>.
- Chen, N., Li, J., Zhang, X., Li, Y., Zhang, L., & Zhang, L. (2025). Molecular mechanisms of saffron petals in the treatment of hyperuricemia: A network pharmacology and experimental verification study. *South African Journal of Botany*, 180, 653-667. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2025.03.060>.
- Galavi, M., Ramroudi, M., & Tavassoli, A. (2012). Effect of micronutrients foliar application on yield and seed oil content of safflower (*Carthamus tinctorius*). *African Journal of Agricultural Research*, 7, 482-486.
- Golmohammadi, F. (2014). Saffron and its farming, economic importance, export, medicinal characteristics and various uses in south Khorasan province- North-East of Iran. *International Journal of Farming and Allied Sciences*, 3, 566-596.
- Golzari Jahan Abadi, M., Behdani, M. A., Sayyari Zahan, M. H., & Khorramdel, S. (2017). Effect of some fertilizer sources and mother corm weight on growth criteria and qualitative traits of saffron (*Crocus sativus* L.). *Journal of Saffron Research*, 4(2), 172-186. (in Persian with English Abstract). <https://doi.org/10.22077/jsr.2017.518>.
- Hosseini, M., Sadeghiand, B., & Aghamiri, S. A. (2004). Influence of foliar fertilization on yield of saffron (*Crocus sativus* L.): I. International Symposium on Saffron Biology and Biotechnology. *Acta Horticulture*, 650, 207-209. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2004.650.22>
- Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., Rezvan Beydokhti, S., & Sanjani, S. (2017). The effect of planting bed height, manure and foliar feeding on corm criteria and yield of saffron (*Crocus sativus* L.). *Journal of Agroecology*, 9(1), 158-170. (in Persian with English abstract). <https://doi.org/10.22067/jag.v9i1.51338>.
- Koocheki, A., Seyyedi, M., Azizi, H., & Shahriyari, R. (2014). The effects of mother corm size, organic fertilizers and micronutrient foliar application on corm yield and phosphorus uptake of saffron (*Crocus sativus* L.). *Saffron Agronomy & Technology*, 2, 3-16. (in Persian with English abstract). <https://doi.org/10.22048/JSAT.2014.6182>.
- Lopez-Corcoles, H., Brasa-Ramos, A., Montero-García, F., Romero-Valverde, M., & Montero-Riquelme, F. (2015). Short communication. Phenological growth stages of saffron plant (*Crocus sativus* L.) according to the BBCH Scale. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 13, e09SC01, 7 p. <http://dx.doi.org/10.5424/sjar/2015133-7340>.
- Malakouti, M. J. (2018) The Role of Balanced Fertilization on Increasing Yield and Producing Healthy Agricultural Products: Determining the Amount, Type and Time of Fertilization to Achieve Relative Self-Sufficiency, Food Security and Increase Farmer's Incomes. 4th Ed. Farmer's House, 104, Mobaleghan Publication, Tehran, Iran. (in Persian).
- Norouzzadeh, S., Abbaspoor, M., & Delghandi, M. (2007). Chemical weed control in saffan fields of Iran. *Acta Horticulture*, 739, 119-122.
- Omidi, H., Naghdi Badi, H. A., Golzad, A., Torabi, H., & Footoukian, M. H. (2009). The effect of chemical and biofertilizer source of nitrogen on qualitative and quantitative yield of saffron (*Crocus sativus* L.). *Journal of Medicinal Plants*, 8, 99-109. (in Persian).
- Ranjbar, A., Emami, H., Khorassani, R., & Karimi-Karouyeh, A. R. (2016). Soil quality assessments in some Iranian saffron fields. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 18, 865-878.
- Rombolà, A., & Tagliavini, M. (2006). Iron Nutrition of fruit tree crops in Iron Nutrition in Plants and Rhizospheric Microorganisms, (Eds.) L. L. Barton & J. Abadia (Dordrecht: Springer) p. 61-83. https://doi.org/10.1007/1-4020-4743-6_3.

Saudy, H., El-Metwally, I.M., & Shahin, M. G. (2021). Co-application effect of herbicides and micronutrients on weeds and nutrient uptake in flooded irrigated rice: Does it have a synergistic or an antagonistic effect? *Crop Protection*, 149, 105755. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2021.105755>.

Zdenko, R., & Mathew, S. W. (1997). Herbicide chlorosulfuron decreases growth of fine roots and micronutrient uptake in wheat genotypes. *Journal of Experimental Botany*, 48, 927-934. <https://doi.org/10.1093/jxb/48.4.927>

Investigating the Persistence of Corn Buttercup (*Ranunculus arvensis* L.) Seeds in Seed Bank: The New Challenge of Rapeseed (*Brassica napus*) Fields in Golestan Province

M. Torrik¹, A. Siahmarguee^{ID 1*}, F. Ghaderi-Far^{ID}

1- Department of Agronomy, Faculty of Crop Production, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran

(*- Corresponding author's Email: siahmarguee@gau.ac.ir; siahmarguee@yahoo.com)

Received: 02-11-2025 Revised: 29-12-2025 Accepted: 04-01-2026 Available Online: 22-06-2026	How to cite this article: Torrik, M., Siahmarguee, A., & Ghaderi-Far, F. (2026). Investigating the persistence of corn buttercup (<i>Ranunculus arvensis</i> L.) seeds in seed bank: the new challenge of rapeseed (<i>Brassica napus</i>) fields in Golestan province. <i>Iranian Plant Protection Research</i> , 40(2), 615-636. (In Persian). https://doi.org/10.22067/JPP.2026.96299.1262
---	--

Introduction

Ranunculus arvensis (corn buttercup) is a key weed in cereal and canola fields, and its management requires a deep understanding of its seed biology and ecology. Seed bank dynamics, particularly the breaking of primary dormancy and the induction of secondary dormancy under the influence of environmental factors, may play a decisive role in the persistence of this weed's population. The objective of this research was to conduct a comprehensive investigation of the germination ecology and seed bank dynamics of corn buttercup by evaluating the effects of after-ripening, soil burial depth, light conditions, and temperature on seed fate (germination, mortality, and survival) and its dormancy cycle.

Materials and Methods

This study was conducted through both laboratory and field experiments. Seeds of corn buttercup were collected from canola fields in Bandar-e Gaz county in June 2023. In the first part, the effect of after-ripening was assessed by conducting germination tests on fresh, one-year-old, and two-year-old seeds at temperatures ranging from 5 to 35°C. In the second part, to investigate seed persistence in the soil, mesh bags containing a mixture of seed and soil were buried at depths of 10 and 20 cm in the field for one year, with monthly sampling. Concurrently, a group of seeds was stored under laboratory conditions. Viable recovered seeds from the soil and the stored seeds were subjected to germination tests at temperatures of 5, 10, 15, 20, and 25°C under both light (photoperiod) and complete darkness conditions. The viability of non-germinated seeds was assessed using pressure test. The statistical analyses were performed using SAS software, and means were compared using the LSD test at the 5% probability level.

Results and Discussion

The results of this study indicate that corn buttercup seeds exhibit non-deep physiological primary dormancy of type II. This means that fresh seeds germinate at high temperatures, but with the passage of time and the breaking of dormancy, their germination temperature range expands to include lower temperatures. One year of



Authors retain the copyright. This is an open access article distributed under Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0)

<https://doi.org/10.22067/JPP.2026.96299.1262>

after-ripening under laboratory conditions effectively broke primary dormancy, leading to a maximum germination rate of up to 98.67%. However, after two years, seed viability showed a slight decrease. Seeds buried in soil displayed a distinct seasonal dynamic pattern. A germination window was observed from 14 to 162 days after burial, peaking at 62 days at optimal temperatures of 10 to 20°C. A key finding of this research was the observation of the induction of deep secondary dormancy in seeds from day 196 onwards. At this stage, the germination of buried seeds, at both depths and under both light conditions, ceased completely. This occurred while the percentage of viable seeds remained high (up to 95%). This survival strategy was not observed in seeds stored under laboratory conditions, which maintained their high germination capacity (up to 87%) throughout the entire experimental period. This fundamental difference proves that environmental soil signals, such as temperature and moisture fluctuations, are the main factors inducing secondary dormancy in this species. Furthermore, the results showed that burial depth also influences seed dynamics. Although the overall pattern of germination and seed survival was similar at both 10 and 20 cm depths, the depletion of the seed bank occurred faster at 10 cm, which is attributed to less favorable environmental conditions and a higher rate of seed mortality at this depth.

Conclusion

Corn buttercup follow a complex and efficient annual dormancy cycle. Their non-deep physiological primary dormancy is broken by after-ripening and exposure to light in autumn and winter, leading to a main wave of germination in spring at cool temperatures (5-15°C). Subsequently, soil environmental conditions in summer (such as high temperatures) induce deep secondary dormancy in the remaining seeds. This mechanism is a crucial survival strategy that prevents germination during unfavorable seasons and ensures the stability of the soil seed bank for future years. Moreover, the sensitivity of buttercup seeds to light suggests that being buried in deeper soil layers and a lack of light exposure prevents their germination. This highlights the effectiveness of no-tillage methods as a management tool for this weed. Based on the survival of the seeds over a one-year period, the seed bank of this species is classified as persistent.

Keywords: After-ripening, Seasonal cycle of seed dormancy, Secondary dormancy, Seed bank dynamics, Seed dormancy

بررسی پایداری بذر آلاله وحشی (*Ranunculus arvensis* L.) در بانک بذر: چالش جدید زراعت کلزا (*Brassica napus*) در استان گلستان

مرجان طریک^۱ - آسیه سیاهمرگویی^{۲*} - فرشید قادری^۳

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۸/۱۱

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۱۰/۱۴

چکیده:

آلاله وحشی (*Ranunculus arvensis* L.) یکی از علف‌های هرز جدید در مزارع غلات و کلزا (*Brassica napus*) در استان گلستان است. به‌منظور بررسی پایداری بذر آلاله وحشی در خاک، کیسه‌های توری حاوی مخلوط بذر و خاک در اعماق ۱۰ و ۲۰ سانتی‌متری مزرعه به مدت یک سال دفن شدند و نمونه‌برداری به‌صورت ماهانه انجام گرفت. هم‌زمان، گروهی از بذرهای آزمایشگاه نگهداری شدند. بذرهای سالم بازیابی‌شده از خاک و بذرهای نگهداری‌شده، تحت آزمون جوانه‌زنی در دماهای ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰ و ۲۵ درجه سانتی‌گراد و در دو شرایط روشنایی (تناوب نوری) و تاریکی مطلق قرار گرفتند. نتایج نشان داد که بذرهای آلاله وحشی دارای خواب اولیه فیزیولوژیک غیرعمیق از نوع تیپ دوم هستند. بذرهای دفن‌شده در خاک، یک الگوی پویایی فصلی مشخص را به نمایش گذاشتند. یک پنجره زمانی برای جوانه‌زنی بذرهای آلاله وحشی از روز ۱۴ تا ۱۶۲ پس از دفن در دماهای ۱۰، ۱۵ و ۲۰ درجه سانتی‌گراد مشاهده شد. یکی از مهم‌ترین مشاهدات در این پژوهش، القاء خواب ثانویه در بذرهای آلاله وحشی از ۱۹۶ روز پس از دفن به بعد بود؛ در این مرحله، جوانه‌زنی بذرهای دفن‌شده در خاک، در هر دو عمق و هر دو شرایط نوری، به‌طور کامل متوقف شد. این در حالی بود که درصد بذرهای زنده همچنان بالا باقی ماند (تا ۹۵ درصد). این راهبرد بقاء در بذرهای نگهداری‌شده در شرایط آزمایشگاهی مشاهده نشد و آن‌ها توانایی جوانه‌زنی بالا (تا ۸۷ درصد) را در تمام طول دوره آزمایش حفظ کردند. این تفاوت اساسی ثابت می‌کند که سیگنال‌های محیطی خاک مانند نوسانات دما و رطوبت، عامل اصلی القاء خواب ثانویه در این گونه است. علاوه بر این، نتایج نشان داد که عمق دفن نیز بر پویایی بذر تأثیرگذار است. اگرچه الگوی کلی جوانه‌زنی و بقاء بذر در هر دو عمق ۱۰ و ۲۰ سانتی‌متر مشابه بود، اما تخلیه بانک بذر در عمق ۱۰ سانتی‌متر سریع‌تر از عمق ۲۰ سانتی‌متر اتفاق افتاد که به‌دلیل شرایط محیطی نامساعدتر و سرعت بالاتر مرگ‌ومیر بذرهای در این عمق است. با توجه به بقاء بذرهای در طول یک سال، بانک بذر این گونه از نوع دائم است.

واژه‌های کلیدی: پس‌رسی، پویایی بانک بذر، چرخه فصلی خواب بذر، خواب ثانویه

مقدمه

به‌طور مداوم در جریان است. ورودی اصلی به این بانک، فرآیندی است که هارپر (Harper, 1977) آن را "باران بذر" نامید؛ این پدیده به ریزش بذر از گیاهان مادری مستقر در مزرعه اشاره دارد و به‌عنوان منبع اصلی تجدید جمعیت بانک بذر شناخته می‌شود. اهمیت کنترل این ورودی به حدی است که عدم مدیریت علف‌های هرز تنها در یک فصل زراعی می‌تواند تراکم بانک بذر را تا ۱۴ برابر افزایش دهد (Leguizamon & Roberts, 1982). علاوه بر باران بذر،

بانک بذر خاک^۴ به‌عنوان یک مخزن پویا از بذرهای علف‌های هرز عمل می‌کند که در آن فرآیندهای ورودی (واریز) و خروجی (برداشت)

۱- گروه زراعت، دانشکده تولید گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

*- نویسنده مسئول: Email: siahmarguee@gau.ac.ir

siahmarguee@yahoo.com

<https://doi.org/10.22067/JPP.2026.96299.1262>

4- Soil seed bank

مسیرهای دیگری نیز برای ورود بذر به خاک وجود دارند که شامل استفاده از کودهای دامی آلوده، انتقال از طریق ادوات کشاورزی، پراکنش با آب آبیاری و باد می‌باشند (Douglas et al., 2001). در مقابل فرآیندهای ورودی، خروجی بذر از بانک خاک از طریق جوانه‌زنی، مرگ طبیعی، فساد میکروبی و شکار توسط دانه‌خواران^۱ صورت می‌پذیرد. باین‌حال، بسیاری از گونه‌های گیاهی با بهره‌گیری از یک سازوکار تکاملی کلیدی یعنی "خواب بذر"، بخشی از بذرهای خود را برای مدت طولانی در خاک به‌صورت زنده و غیرفعال حفظ می‌کنند. این راهبرد که به شکل‌گیری "بانک بذر پایدار" می‌انجامد، به گیاه اجازه می‌دهد تا تجدید حیات خود را به تأخیر اندازد و بقاء نسل خود را پس از وقوع شرایط نامساعد محیطی یا تخریب پوشش گیاهی تضمین کند (Baskin & Baskin, 2014). این تجمع سالیانه بذرهای می‌تواند برای سال‌های متمادی منشأ آلودگی مزارع باشد (Fenner, 2000). از این‌رو، آگاهی از کمیت و کیفیت بانک بذر علف‌های هرز، نقطه شروعی حیاتی برای تدوین برنامه‌های مدیریت تلفیقی علف‌های هرز (IWM) محسوب می‌شود (Younesabadi et al., 2018).

اهمیت مطالعه و مدیریت بانک بذر تا حدی است که راهکارهای مدیریتی متمرکز بر کاهش تولید و تخلیه بانک بذر، به‌عنوان رویکردهای نوین و مطلوب در کشاورزی پایدار پیشنهاد می‌شوند. تخلیه بانک بذر اصولاً از دو طریق امکان‌پذیر است: ۱- جلوگیری از تولید و ریزش بذر جدید و ۲- فراهم آوردن شرایط محیطی مطلوب برای تحریک جوانه‌زنی هم‌زمان بذرهای (و سپس کنترل گیاهچه‌ها). باین‌حال، مدیریت عملی بانک بذر به‌دلیل چالش‌هایی نظیر دشواری در ممانعت کامل از ورود بذر، وجود دوره‌های خواب متفاوت و پیچیده در گونه‌های مختلف و پتانسیل بالای تولید بذر در بسیاری از علف‌های هرز، امری بسیار پیچیده است (Chauhan & Johnson, 2010)؛ بنابراین، یک رویکرد واقع‌گرایانه‌تر، پذیرش بانک بذر به‌عنوان جزئی جدایی‌ناپذیر از بوم‌نظام زراعی و تلاش برای درک، پیش‌بینی رفتار و به حداقل رساندن اثرات زیان‌بار آن است تا تلاش برای ریشه‌کنی کامل آن (Elahi Fard & Derakhshan, 2006) یکی از چالش‌های مهم در کشاورزی ایران، شناسایی و مدیریت گونه‌های علف هرز نوظهور و مهاجم است. گزارش‌های متعددی مبنی بر تهاجم گونه‌های گیاهی جدید در مناطق مختلف کشور به ثبت رسیده است؛ از جمله تهاجم آذولا (*Azolla pinnata* R.Br.) در شمال کشور (Delnavaz Hashemloian & Ataei Azimi, 2009; Sadeghi Pasvisheh, 2016) و گسترش علف هرز جو دره (*Hordeum* et al., 2021) در استان هرمزگان (Nasiri, 2021).

1- Predation

(Koch) Thell. *spontaneum* از پراکنش محدود اولیه در استان فارس به تمامی مزارع غلات سرمدوست کشور (Nazer-Kakhki et al., 2011)، به عقیده ناظر کاخکی و همکاران (Nazer-Kakhki et al., 2011)، نخستین گام در مدیریت مؤثر این گیاهان، تدوین قوانین و مقررات بازدارنده است که خود مستلزم اجرای پژوهش‌های بنیادی و کاربردی گسترده در تمام جنبه‌های زیستی و بوم‌شناختی آن‌ها است. در همین راستا، در استان گلستان تحقیقات قابل توجهی روی بوم‌شناسی علف‌های هرز نوظهور مانند نیلوفر وحشی (*Ipomoea purpurea*) (Siahmarguee et al., 2022)، نیلوفر پیچ (*Ipomoea hederaceae*) (Siahmarguee et al., 2020)، فریون خال‌دار (*Chamaesyce maculata*) (Asgarpour et al., 2015)، جو ساحلی (*Hordeum marinum*) (Taheri et al., 2024)، شمعدانی برگ‌بریده (*Geranium dissectum*) (Atabaki et al., 2023) و کنجد شیطانی (*Cleome viscosa*) (Akbari-Gelvardi et al., 2021) انجام شده است.

در بین گونه‌های گیاهی، تیره آلاله (*Ranunculaceae*) با بیش از ۲۰۰۰ گونه در ۴۳ جنس، یکی از بزرگ‌ترین تیره‌های گیاهی با پراکنش جهانی است که جنس‌های *Ranunculus* (۶۰۰ گونه)، *Clematis* (۳۸۰ گونه) و *Delphinium* (۳۶۵ گونه) بزرگ‌ترین جنس‌های آن را تشکیل می‌دهند (Christenhusz & Byng, 2016). جنس آلاله (*Ranunculus*)، به‌عنوان بزرگ‌ترین جنس این تیره، پراکنش وسیعی در مناطق معتدله، به‌ویژه در نیمکره شمالی دارد و حدود ۲۰ گونه از آن انحصاری ایران هستند. اگرچه برخی گونه‌های این جنس به‌دلیل دارا بودن خواص دارویی (ضدقارچ، ضد درد، تب‌بر و ...) در پزشکی سنتی کاربرد دارند (Wilson & King, 2003)، اما برخی دیگر به‌عنوان علف هرز مشکل‌ساز در دنیا و ایران به‌خصوص در مزارع گندم غرب کشور شناخته می‌شوند. خسارت این علف هرز قابل توجه می‌باشد. به‌نحوی که تحقیق انجام‌شده با هدف بررسی اثر تراکم‌های مختلف آلاله بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم در کشمیر نشان داد که که حداکثر کاهش در تعداد پنجه‌های مؤثر در مترمربع (۲۳-۲۴ درصد)، تعداد دانه در هر سنبله (۲۳-۲۷/۳ درصد)، وزن سنبله (۳۲-۳۳ درصد)، وزن هزار دانه (۷-۷/۸ درصد) و عملکرد دانه (۴۱-۴۵ درصد) در بالاترین تراکم این علف هرز (۱۲۵ بوته در مترمربع) مشاهده شد (Gull et al., 2024).

بررسی‌های میدانی اخیر در مزارع کلزای (*Brassica napus*) شهرستان‌های کردکوی و بندرگز در استان گلستان حاکی از افزایش جمعیت و گسترش علف هرز آلاله وحشی (*Ranunculus arvensis* L.) است که نگرانی جدی برای کشاورزان منطقه ایجاد کرده است. این گونه گیاهی یک‌ساله است که از طریق بذر تکثیر می‌یابد و هر بوته آن قادر به تولید حدود ۲۵۰ بذر (با وزن ۱۰۰ دانه ۳۵/۱ گرم)

برای سه روز متوالی ثابت باقی بماند. معیار جوانه‌زنی، خروج ریشه‌چه به طول دو میلی‌متر در نظر گرفته شد (Soltani et al., 2002). پس از اتمام دوره شمارش، بذرهایی که در هر تیمار دمایی و نوری جوانه نزدند، به دمای بهینه جوانه‌زنی (۱۵ درجه سانتی‌گراد)^۱ منتقل شد و شمارش مجدداً برای یک دوره دیگر ادامه یافت. لازم به توضیح است که در انتهای این آزمایش، زنده‌مانی بذره‌های جوانه‌زنده مورد بررسی قرار گرفت. برای این کار، بذرهایی که در برابر فشار نوک پنس از خود مقاومت نشان می‌دادند به عنوان بذر سالم (و دارای خواب) در نظر گرفته شدند.

آزمایش دوم) دفن بذرها در اعماق ۱۰ و ۲۰ سانتی‌متر

ابتدا، خاک سطحی (عمق ۰ تا ۲۰ سانتی‌متر) از مزرعه مورد نظر جمع‌آوری و با عبور از الک، سنگ‌ها و بقایای گیاهی آن جدا شد. سپس، برای هر نمونه، هشت گرم بذر آلاله وحشی با ۴۰ گرم از خاک الک‌شده (نسبت ۱ به ۵) کاملاً مخلوط گردید. این مخلوط‌ها در ۲۶ کیسه از جنس پارچه توری (مش‌بگ) قرار داده شد. کیسه‌ها در دو عمق ۱۰ و ۲۰ سانتی‌متری خاک مزرعه دفن گردید (۱۳ کیسه در هر عمق در مزرعه). نمونه‌برداری به صورت ماهانه و به مدت یک سال انجام شد (نمونه اول ۱۵ روز بعد از دفن انجام گردید). در هر نوبت، یک کیسه از هر عمق خاک خارج و بلافاصله به آزمایشگاه منتقل شد. لازم به ذکر است که دو کیسه آخر که برای نمونه‌برداری ۱۲ و ۱۳ ام در نظر گرفته شده بود، از بین رفت و به ناچار از آزمایش حذف گردید. در هر مرحله پس از انتقال کیسه‌ها به آزمایشگاه، محتویات هر کیسه با فشار ملایم آب بر روی الک ریز شست‌وشو داده شد تا بذرها از ذرات خاک جدا شوند. سپس بذره‌های بازیابی‌شده با دقت شمارش و به سه دسته تفکیک گردید: بذره‌های جوانه‌زده در خاک (جوانه‌زنی کشته)^۲، بذره‌های پوسیده (مرده)^۳ و بذره‌های سالم. از بذره‌های سالم جهت انجام آزمون‌های بعدی (جوانه‌زنی و زنده‌مانی) استفاده شد.

آزمون جوانه‌زنی بذره‌های بازیابی‌شده از خاک و بذره‌های نگهداری‌شده در شرایط آزمایشگاه

به منظور ارزیابی تغییرات جوانه‌زنی در طول دوره دفن در خاک، بذره‌های سالم بازیابی‌شده از هر عمق در هر ماه، تحت آزمون جوانه‌زنی قرار گرفت. برای این آزمون، از بذره‌های سالم در چهار تکرار

است (Chapman et al., 2018). اگرچه ممکن است این تعداد بذر در مقایسه با سایر علف‌های هرز کمتر به نظر برسد، اما خطر اصلی این گونه در ویژگی‌های منحصربه‌فرد بذر آن نهفته است. زیرا بذر آن دارای خواب عمیق است که منجر به پایداری و زنده‌مانی بسیار طولانی در بانک بذر خاک می‌شود (Baskin & Baskin, 2014). مؤید این مطلب، تحقیقی است که نشان داد، در بین ۱۶ گونه از جنس آلاله، گونه *Ranunculus arvensis* دارای بیشترین طول عمر بذر در خاک بود (Bird, 2006)؛ بنابراین، با توجه به روند روبه رشد این علف هرز در مزارع کلزا و پایداری استثنایی بذره‌های آن در خاک، درک صحیح پویایی بانک بذر آن برای توسعه راهکارهای مدیریتی پایدار و مؤثر امری ضروری است.

مواد و روش

محل جمع‌آوری بذر و مکان انجام آزمایش

بذره‌های رسیده آلاله وحشی در خردادماه ۱۴۰۲ از مزارع کلزای آلوده به این علف هرز در شهرستان بندرگز جمع‌آوری شد. پس از انتقال نمونه‌ها به آزمایشگاه تکنولوژی بذر دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، بذره‌های سالم و کاملاً رسیده از بذره‌های نارس، آسیب‌دیده و بقایای گیاهی جدا شدند. بخشی از آزمایش‌ها در آزمایشگاه مذکور (در قالب آزمایش پس‌رسی) و بخش دیگر (آزمایش دفن بذر) در مزرعه یک کشاورز کلزاکار واقع در شهرستان بندر ترکمن (با طول جغرافیایی ۵۳ درجه و ۵۵ دقیقه و ۳۱/۴ ثانیه و عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۴۵ دقیقه و ۴۸/۷ ثانیه) اجرا گردید.

آزمایش اول: بررسی اثر پس‌رسی بذره‌های آلاله وحشی در طی زمان

در این آزمایش، قسمتی از بذره‌های آلاله وحشی در شرایط آزمایشگاه در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. از این بذرها در زمان‌های ۱۵، ۳۰، ۶۲، ۹۷، ۱۳۰، ۱۶۲، ۱۹۶، ۲۳۰، ۲۶۴، ۲۹۸، ۳۳۰ و ۳۵۸ روز پس از برداشت (پس‌رسی) جهت آزمون جوانه‌زنی در دماهای مختلف شامل ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰ و ۲۵ درجه سانتی‌گراد دو شرایط نوری (تناوب ۱۲ ساعت روشنایی و ۱۲ ساعت تاریکی) و تاریکی مطلق (پوشاندن پتری‌دیش‌ها با فویل آلومینیومی) استفاده شد. برای این کار در هر مرحله، چهار تکرار ۲۵ عددی بذر شمارش شده و به‌طور یکنواخت روی یک لایه کاغذ صافی واتمن در پتری‌دیش‌های استریل قرار داده شد. سپس به هر پتری‌دیش پنج میلی‌لیتر آب مقطر اضافه گردید. شمارش بذره‌های جوانه‌زده به صورت روزانه (بیش از یک بار) انجام شد تا زمانی که تعداد بذره‌های جوانه‌زده

۱ - لازم به توضیح است که در آزمایش مقدماتی انجام‌شده توسط نویسندگان این مقاله، دمای بهینه جوانه‌زنی این علف‌هرز، ۱۵ درجه سانتی‌گراد برآورد گردید.
۲ - در این گروه، پوسیده بذر، شکافته‌شده و همراه با یک گیاهچه سالم یا پوسیده‌شده بود.
۳ - در این گروه، بذرها به ظاهر سالم بودند، ولی در اثر فشار نوک پنس، ماده لزج تیره رنگی از آن خارج می‌شد.

در دماهای ۵ و ۲۵ درجه سانتی‌گراد تفاوت چندانی با مرحله قبل نداشت. اما درصد جوانه‌زنی در در دماهای ۱۰، ۱۵ و ۲۰ درجه سانتی‌گراد به حداکثر مقدار خود رسید (به‌ترتیب ۹۷ و ۸۸ و ۸۸ درصد). از این مرحله به بعد درصد جوانه‌زنی بذرهاى آلاله وحشى رو به کاهش گذاشت.

در ۱۹۶ روز پس‌رسی (نمونه‌برداری بهمن ماه)، حداکثر جوانه‌زنی در همه دماها به‌جز دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد کاهش یافت. در دو مرحله نمونه‌برداری مربوط به اسفند و فروردین مصادف با ۳۳۰ و ۲۶۴ روز پس‌رسی، درصد جوانه‌زنی آلاله وحشى روند ثابتی داشت؛ اما در نمونه‌برداری‌های بعدی مصادف با ۲۹۸ روز پس‌رسی (نمونه‌برداری اردیبهشت ماه) و ۳۳۰ روز (نمونه‌برداری خرداد ماه) درصد جوانه‌زنی به‌میزان قابل توجهی به‌خصوص در دمای پنج درجه سانتی‌گراد افزایش یافت. در مرحله آخر نمونه‌برداری مصادف با ۳۵۸ روز پس‌رسی نیز مجدداً درصد جوانه‌زنی به‌خصوص در دماهای ۵ و ۲۵ درجه سانتی‌گراد به‌شکل قابل توجهی کاهش یافت. این در حالی بود که در سایر دماها (۱۰، ۱۵ و ۲۰ درجه سانتی‌گراد) تغییرات قابل توجهی رخ نداد (شکل ۱ و ۲). همان‌طوری‌که در قسمت مواد و روش‌ها توضیح داده شد، در هر مرحله نمونه‌برداری بعد از ثابت شدن درصد جوانه‌زنی، بذرهاى جوانه‌زده به دمای مطلوب ۱۵ درجه سانتی‌گراد منتقل و جوانه‌زنی آن‌ها نیز مجدداً بررسی شد. بعد از انتقال به این دما، درصد بسیار کمی از بذرها جوانه زدند (نتایج نشان داده نشد).

در انتهای هر مرحله نمونه‌برداری، آزمون فشار روی بذرهاى جوانه‌زده انجام شد و بذرهایی که در برابر فشار نوک پنس مقاومت داشتند به‌عنوان بذر سالم (دارای خواب) دسته‌بندی شدند. در شکل ۲ به تفکیک برای هر مرحله نمونه‌برداری درصد بذرهاى سالم و مُرده نشان داده شد. همان‌گونه که مشاهده می‌شود، در مرحله نمونه‌برداری ۹۷ روز پس‌رسی، ۳۸ تا ۶۷ درصد از بذرهاى جوانه‌زده، زنده و ۱۷ تا ۲۷ درصد بذرها مُرده بودند. با گذشت زمان به‌دلیل رفع خواب و با توجه به دما، از تعداد بذرهاى سالم جوانه‌زده کاسته و بر تعداد بذرهاى جوانه‌زده افزوده شد. به‌طورکلی، در مراحل ۱۳۰، ۱۶۲، ۱۹۶، ۲۳۰، ۲۶۴، ۳۲۰ و ۳۵۸ روز پس‌رسی با توجه به دما، درصد بذرهاى زنده و دارای خواب به‌ترتیب در دامنه ۳۳-۳۷؛ ۳۷-۶۵؛ ۵۳-۶۲؛ ۵۸-۱۵؛ ۵۰-۲ و ۵۵-۱۰ درصد متغیر بود. همچنین در همین مراحل با توجه به دما، درصد بذرهاى مُرده به‌ترتیب در دامنه ۲۵-۱۳؛ ۱۵-۳؛ ۲۰-۶؛ ۳۵-۱۸؛ ۱۸-۱۰؛ ۱۵-۰؛ ۱۷-۵ و ۲۲-۵ درصد در نوسان بود. با توجه به آمار ارائه‌شده مشخص است که تعداد بذرهاى مُرده آلاله وحشى در شرایط نگهداری به‌میزان جزئی در نوسان است؛ اما تغییرات درصد جوانه‌زنی و بذرهاى دارای خواب، قابل توجه بود (شکل ۲).

به‌طورکلی، مقایسه روند تغییرات درصد جوانه‌زنی در طی دوره

۲۵ عددی استفاده شد. بذرها در پتری‌دیش بر روی کاغذ صافی مرطوب‌شده با پنج میلی‌لیتر آب مقطر قرار گرفتند. پتری‌دیش‌ها به انکوباتورهایی با دماهای ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰ و ۲۵ درجه سانتی‌گراد در دو شرایط نوری (تناوب ۱۲ ساعت روشنایی و ۱۲ ساعت تاریکی) و تاریکی مطلق (پوشاندن پتری‌دیش‌ها با فویل آلومینیومی) منتقل شد. شمارش جوانه‌زنی روزانه و با معیار خروج ریشه‌چه به‌طول دو میلی‌متر صورت گرفت. شمارش بذرها در شرایط تاریکی در نور سبز انجام شد. پس از اتمام دوره شمارش، بذرهایی که در هر تیمار دمایی و نوری جوانه ن‌زدند، به دمای مطلوب (۱۵ درجه سانتی‌گراد) منتقل شد و شمارش مجدداً برای یک دوره دیگر ادامه یافت. در ادامه بذرهاى جوانه‌زده جهت تعیین زنده‌مانی مورد بررسی قرار گرفت. برای این کار، بذرهایی که در برابر فشار نوک پنس از خود مقاومت نشان می‌دادند به‌عنوان بذر سالم (و دارای خواب) در نظر گرفته شدند.

تجزیه و تحلیل داده‌ها

داده‌های حاصل از آزمایش‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS تجزیه و تحلیل شد. مقایسه میانگین تیمارها از طریق آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال پنج درصد انجام گرفت و رسم نمودارها با استفاده از نرم‌افزار Excel انجام شد.

نتایج و بحث

آزمایش اول: بررسی اثر پس‌رسی بر سرنوشت بذرهاى آلاله وحشى در طی زمان

تغییرات درصد جوانه‌زنی بذرهاى آلاله وحشى ذخیره‌شده در آزمایشگاه در طی دوره پس‌رسی در دماهای مختلف و در شرایط روشنایی در شکل‌های ۱ و ۲ نشان داده شده است. به‌طورکلی، درصد جوانه‌زنی بذرهاى این گیاه در دماهای ۱۰، ۱۵ و ۲۰ درجه سانتی‌گراد بیشتر از دماهای ۵ و ۲۵ درجه سانتی‌گراد بود. بر این اساس، در روز ۹۷ پس‌رسی (نمونه‌برداری آبان ماه)، بیشترین درصد جوانه‌زنی در دماهای ۱۰ و ۱۵ درجه سانتی‌گراد به‌ترتیب با ۴۲ و ۴۵ درصد بود. در این مرحله نمونه‌برداری درصد جوانه‌زنی در دماهای ۵، ۲۰ و ۲۵ درجه سانتی‌گراد به‌ترتیب ۲۸، ۱۲ و ۶ درصد بود.

در مرحله نمونه‌برداری بعدی مصادف با ۱۳۰ روز پس‌رسی (نمونه‌برداری آذر ماه)، درصد جوانه‌زنی در دماهای ۵، ۲۰ و ۲۵ درجه سانتی‌گراد افزایش قابل توجهی یافت. اگرچه باز هم بیشترین درصد جوانه‌زنی بذرهاى آلاله وحشى در دماهای ۱۰ و ۱۵ درجه سانتی‌گراد رخ داد. به‌طورکلی، در این مرحله نمونه‌برداری درصد جوانه‌زنی بذرها با توجه به دما از ۴۵ تا ۶۳ درصد در نوسان بود.

در مرحله ۱۶۲ روز پس‌رسی (دی ماه)، حداکثر درصد جوانه‌زنی

درصد بذرها مُرده بودند.

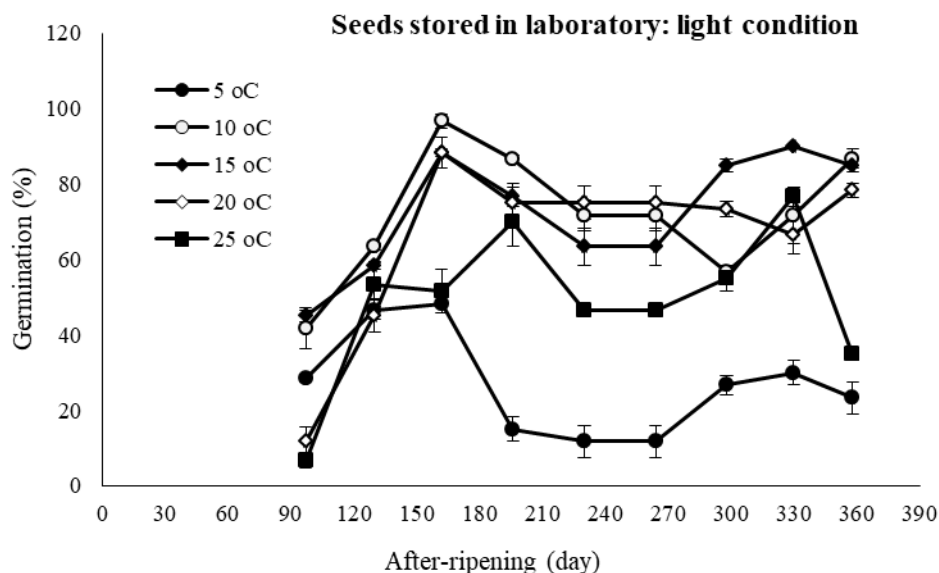
در مرحله ۱۶۲ روز پس‌رسی (نمونه‌برداری دی ماه)، حداکثر درصد جوانه‌زنی بذرها آلاله وحشی در همه دماها به‌شکل قابل توجهی کاهش یافت و در مرحله ۱۹۶ روز پس‌رسی (نمونه‌برداری بهمن ماه) به صفر رسید. در این دو مرحله (۱۶۲ و ۱۹۶ روز پس‌رسی) با توجه به دما به‌ترتیب ۷۷-۴۳ و ۷۰-۳۲ درصد بذرها دارای خواب و ۳۰-۸ و ۳۰-۲۲ درصد بذرها مُرده بودند (شکل ۴).

در مرحله ۲۳۰ روز پس‌رسی (نمونه‌برداری اسفندماه)، درصد جوانه‌زنی در دمای پنج درجه سانتی‌گراد صفر بود، اما در سایر دماهای، جوانه‌زنی بذرها با توجه به دما در محدوده ۱۲ تا ۲۲ درصد در نوسان بود. در فاصله نمونه‌برداری ۲۳۰ (نمونه‌برداری اسفند) تا ۲۹۸ روز پس‌رسی (نمونه‌برداری اردیبهشت)، بر درصد جوانه‌زنی بذرها این گیاه در همه دماها افزوده شد. اما در مرحله آخر نمونه‌برداری معادل با ۳۵۸ روز پس‌رسی، درصد جوانه‌زنی بذرها در دماهای ۱۰ و ۱۵ درجه سانتی‌گراد روند افزایشی و در سایر دماها (۵، ۲۰ و ۲۵ درجه سانتی‌گراد) روند کاهشی به خود گرفت. در این مرحله نمونه‌برداری، ۳۵ تا ۷۲ درصد بذرها زنده و ۱۵ تا ۳۰ درصد بذرها نیز از بین رفته بودند (شکل‌های ۳ و ۴).

پس‌رسی حاکی از رفع خواب بذرها آلاله وحشی در طی زمان بود. علاوه‌بر این با افزایش دوره پس‌رسی، جوانه‌زنی بذرها آلاله وحشی در دامنه وسیع‌تری از دماها رخ داد (شکل ۱ و ۲).

واکنش جوانه‌زنی بذرها آلاله وحشی در طی دوره پس‌رسی در دماهای مختلف در شرایط تاریکی در شکل‌های ۳ و ۴ نشان داده شده است. در روز ۹۷ پس‌رسی (نمونه‌برداری آبان ماه)، جوانه‌زنی بذرها آلاله وحشی از ۳/۳۳ در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد تا ۴۸/۳۳ درصد در دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد در نوسان بود (شکل ۳). در این مرحله از نمونه‌برداری، تعداد بذرها سالم و جوانه‌زده از ۴۲ درصد در دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد تا ۶۸ درصد در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد در نوسان بود. درصد بذرها مُرده نیز از ۱۰ تا ۳۲ درصد به ثبت رسید. همان‌گونه که در این شکل مشاهده می‌شود، در دماهای ۵، ۲۰ و ۲۵ درجه سانتی‌گراد که کمترین جوانه‌زنی رخ داد، بیشترین درصد بذرها سالم (دارای خواب) و م‌رده نیز مشاهده شد. این روند در کل مراحل نمونه‌برداری قابل مشاهده می‌باشد (شکل ۴).

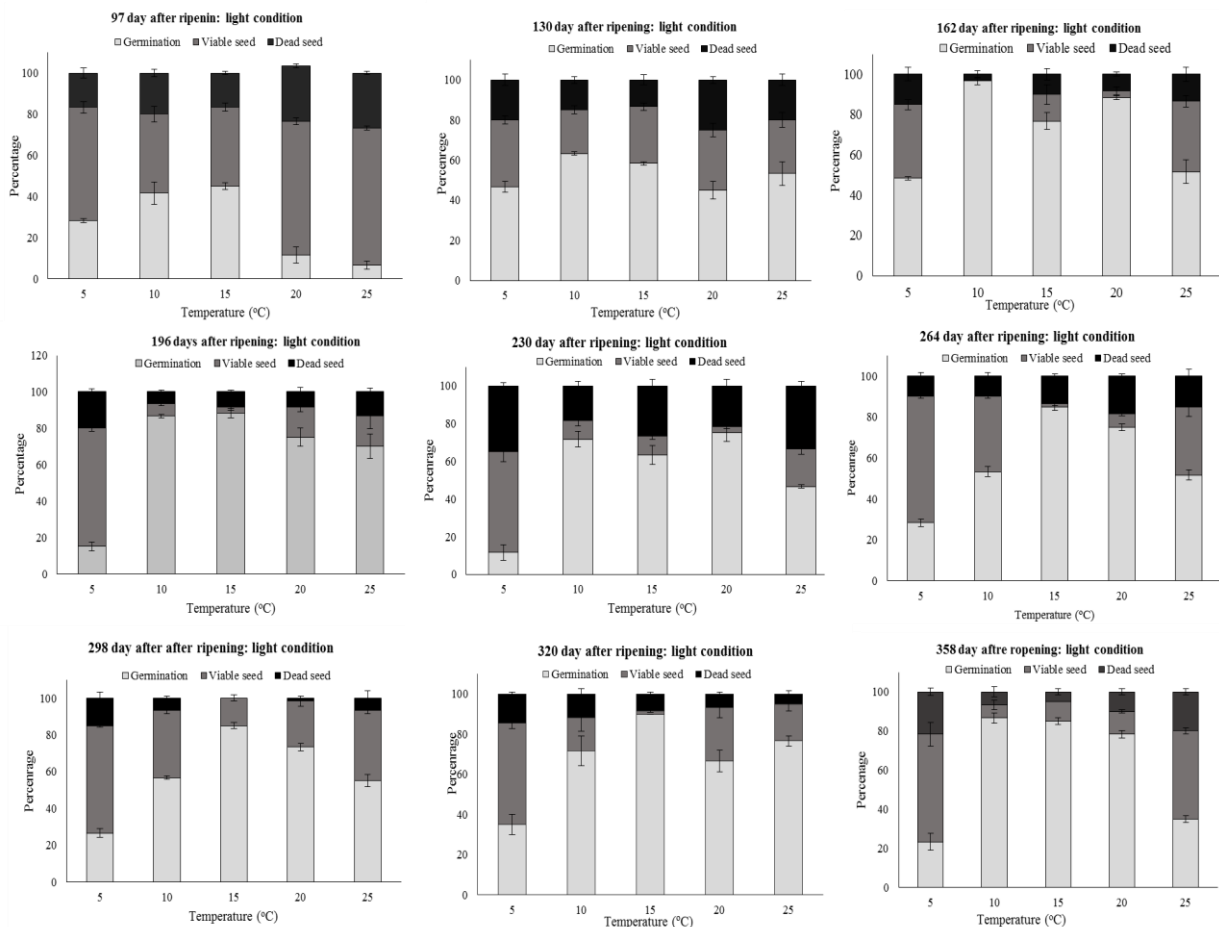
در مرحله نمونه‌برداری مربوط به آذر ماه (مصادف با ۱۳۰ پس‌رسی)، درصد جوانه‌زنی بذرها در همه دماها روند افزایشی داشت؛ به‌نحوی که در دماهای ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰ و ۲۵ درجه سانتی‌گراد به‌ترتیب ۴۲، ۴۸، ۵۷، ۳۳ و ۷ درصد از بذرها قادر به جوانه‌زنی بودند. در این مرحله نمونه‌برداری، ۲۷ تا ۶۷ درصد بذرها دارای خواب و ۱۳ تا ۲۷



شکل ۱- درصد جوانه‌زنی بذرها آلاله وحشی در طی دوره پس‌رسی در آزمایشگاه در دماهای مختلف در شرایط روشنایی
Figure 1- The germination percentage of corn buttercup seeds during the after-ripening phase in the lab under various temperatures along with lighting conditions

* در مراحل ۱۴، ۳۰ و ۶۰ روز پس‌رسی، نمونه‌برداری از دست رفت. ** میله‌ها نشان‌دهنده خطای معیار میانگین می‌باشد.

** the Bars indicate standard error of mean.. Sampling was lost at 14, 30 and 60 days after ripening*



شکل ۲- سرنوشت بذرهای آلاله وحشی در طی دوره پس‌رسی به دما در شرایط روشنایی

Figure 2- Fate of corn buttercup seeds during the After-ripening period in the laboratory at different temperatures and light conditions

* لازم به توضیح است که در مراحل ۱۴، ۳۰ و ۶۰ روز پس‌رسی، نمونه‌برداری از دست رفت. ** میله‌ها نشان‌دهنده خطای معیار میانگین می‌باشد.

** the Bars indicate standard error of mean.. Sampling was lost at 14, 30 and 60 days after ripening *

عمل می‌کند. در شرایط روشنایی، بذرها به سرعت از خواب اولیه خارج شده و در یک دوره زمانی کوتاه و مشخص (بین ۹۷ تا ۱۶۲ روز) حداکثر جوانه زنی خود را انجام می‌دهند که منجر به تخلیه سریع بانک بذر می‌شود. در مقابل، در شرایط تاریکی، نبود نور به عنوان یک محرک اصلی، فرآیند جوانه زنی را به تأخیر می‌اندازد و درصد آن را کاهش می‌دهد. این امر به بذر اجازه می‌دهد تا برای مدت طولانی‌تری در خاک زنده بماند. بنابراین، درحالی‌که نور به بذر اجازه می‌دهد تا به سرعت و در یک پنجره بهینه جوانه بزند، تاریکی با کند کردن این فرآیند، بقاء بذر را برای مدت طولانی‌تری تضمین می‌کند. این راهبرد به بذر آلاله وحشی کمک می‌کند تا در شرایط غیرایده‌آل (مانند عمق زیاد خاک) از جوانه زنی زودرس و هدر رفتن سرمایه بذر خود جلوگیری کرده و برای سال‌های آینده نیز پایدار باقی بماند.

مقایسه روند تغییرات درصد جوانه زنی در طی دوره پس‌رسی حاکی از رفع خواب بذرهای آلاله وحشی در طی زمان است. علاوه بر

بررسی جوانه زنی بذرهای جوانه زده در دمای مطلوب ۱۵ درجه سانتی‌گراد حاکی از جوانه زنی انگشت‌شمار بذرها بعد از انتقال به دمای مطلوب بود. با توجه به اینکه بذرهای جوانه زده طبق آزمون فشار، سالم بودند، به نظر می‌رسد که وجود خواب در این بذرها مانع از جوانه زنی آن‌ها شده است (نتایج نشان داده نشد).

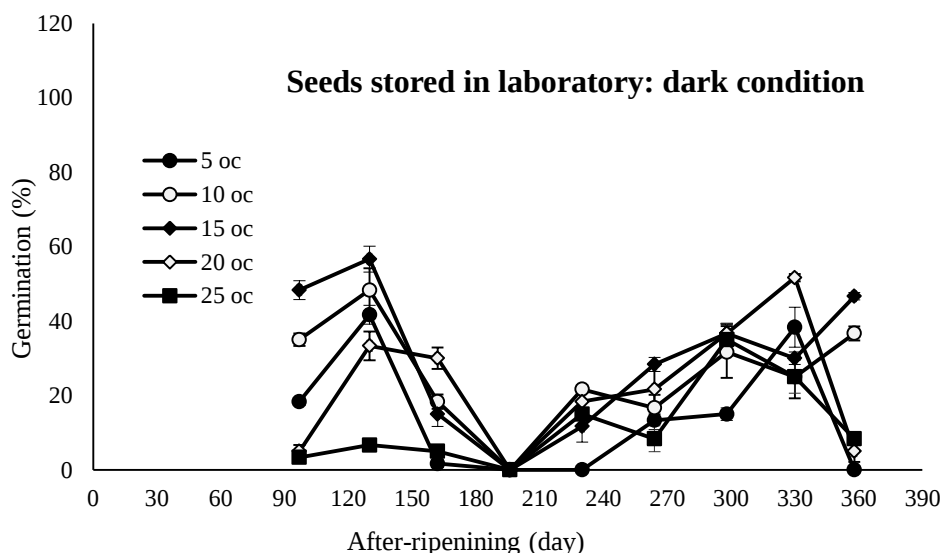
مقایسه جوانه زنی بذرهای آلاله وحشی در طی پس‌رسی در آزمایشگاه در شرایط نور (شکل‌های ۱ و ۲) و تاریکی (شکل‌های ۳ و ۴) نشان می‌دهد که در همه مراحل نمونه‌برداری، حداکثر درصد جوانه زنی در شرایط تاریکی کمتر از روشنایی می‌باشد. نکته قابل توجه این است که دلیل کاهش درصد جوانه زنی در شرایط تاریکی، عدم رفع خواب در بذرهای آلاله می‌باشد. در واقع، این امر ثابت می‌کند که رفع خواب بذرهای آلاله وحشی به نور وابسته می‌باشد. اگرچه تاریکی یک عامل بازدارنده قوی برای جوانه زنی بذر آلاله وحشی است، اما در عین حال به عنوان یک تضمین‌کننده بقاء نیز

داشتند که با سیگنال‌های طبیعی اوایل بهار تطابق دارد. کارتا و همکاران (Carta et al., 2012) با مطالعه رفتار بذر *Ranunculus peltatus* subsp. *baudotii* تحت تأثیر دمای متناوب و نور گزارش کردند که بذرهای این گونه، خواب مورفولوژیکی داشته و به واسطه آن با چرخه‌های دمایی فصلی سازگاری فنولوژیکی کاملی دارد.

آزمایش دوم: سرنوشت بذر آلاله وحشی در شرایط آزمایشگاه و اعماق ۱۰ و ۲۰ سانتی‌متری خاک

در این آزمایش، سرنوشت بذرهای علف هرز آلاله وحشی در دو شرایط دفن در عمق ۱۰ و ۲۰ سانتی‌متری خاک در یک دوره یک‌ساله مورد ارزیابی قرار گرفت. متأسفانه نمونه‌های مربوط به ۳۲۰ و ۳۵۸ روز پس از دفن به دلیل خارج کردن کیسه‌های مربوط به این مرحله نمونه‌برداری توسط افراد ناشناس از دست رفت. از این‌رو نتایج مربوط به بررسی سرنوشت بذرهای این گیاه در طی ۲۹۸ روز و در قالب ۱۰ مرحله ارائه گردید (شکل ۵). با توجه به روند افزایش درصد تعداد بذرهای مُرده در دو عمق ۱۰ و ۲۰ سانتی‌متر می‌توان گفت که عموماً میزان مرگ‌ومیر بذرهای با افزایش مدت‌زمان دفن افزایش می‌یابد. همچنین نتایج نشان داد که عمق دفن بر زنده‌مانی و پایداری بانک بذر این گیاه مؤثر است.

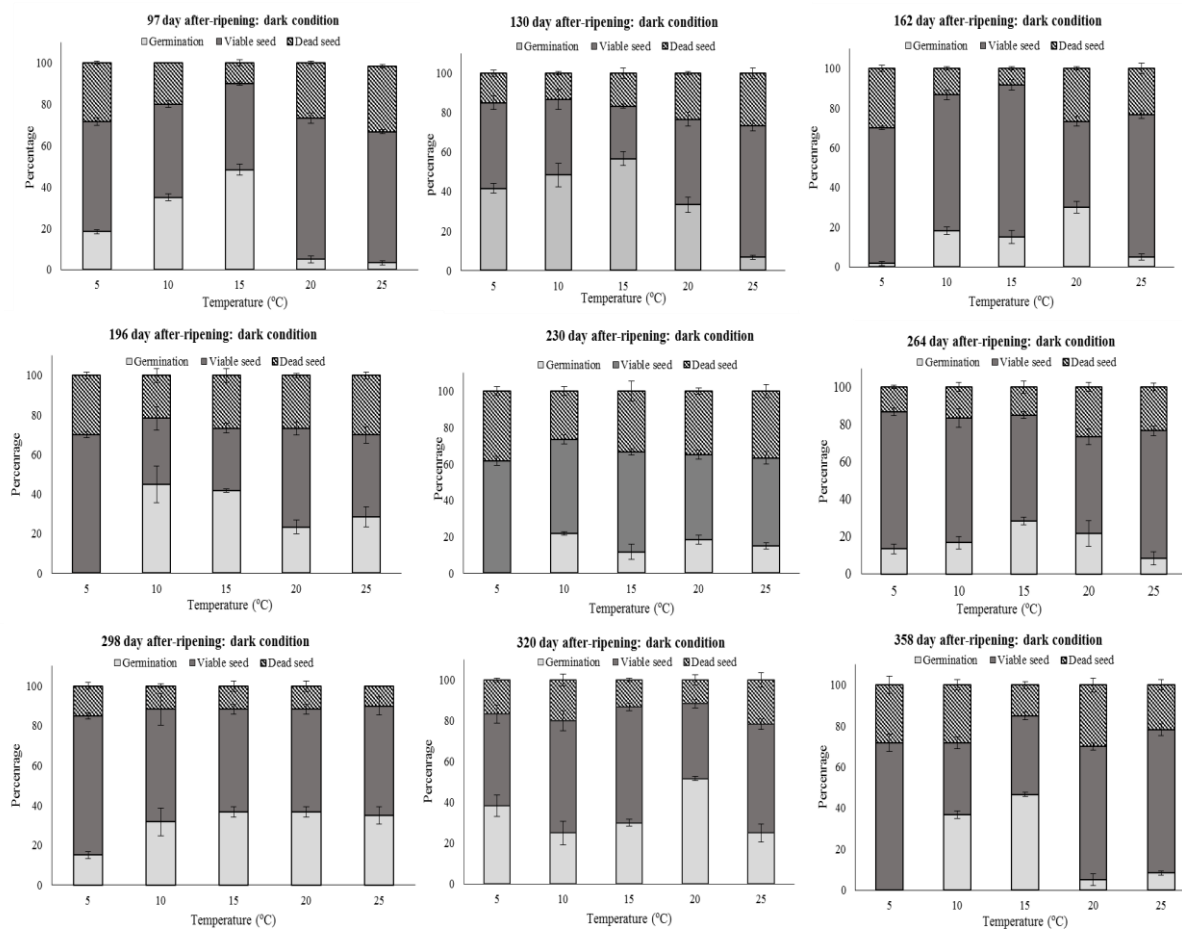
این با افزایش دوره پس‌رسی، جوانه‌زنی بذرهای آلاله وحشی در دامنه وسیع‌تری از دماها رخ داد. این نتایج ثابت می‌کند که خواب اولیه بذرهای آلاله وحشی از نوع فیزیولوژیک غیرعمیق بوده و یک سال نگهداری در شرایط خشک، به‌طور مؤثری خواب فیزیولوژیک بذر را رفع می‌کند. خواب فیزیولوژیک غیرعمیق دارای شش تیپ می‌باشد. در تیپ اول، بذرهای تنها در دمای پایین قادر به جوانه‌زنی هستند و با رفع خواب، دامنه دمایی جوانه زنی آن‌ها افزایش می‌یابد (به عبارت دیگر دمای سقف برای جوانه‌زنی افزایش می‌یابد). در تیپ دوم، بذرهای تنها در دمای بالا جوانه می‌زنند و با رفع خواب، دامنه‌زنی بذرهای دماهای پایین افزایش می‌یابد. در تیپ سوم با رفع خواب جوانه‌زنی بذرهای دمای پایین و بالا افزایش می‌یابد؛ به عبارت دیگر با رفع خواب، دمای پایه و سقف گسترش پیدا می‌کند. در تیپ چهارم و پنجم بذرهای در هیچ‌یک از دماها قادر به جوانه‌زنی نیستند؛ اما با رفع خواب تیپ چهارم تنها در دمای بالا و تیپ پنجم تنها در دمای پایین جوانه می‌زنند. در تیپ ششم، بذرهای در هیچ‌یک از دماها قادر به جوانه‌زنی نیستند، اما با رفع خواب، قادر به جوانه‌زنی در طیفی از دماها می‌باشند. با توجه به نتایج این تحقیق به نظر می‌رسد که خواب بذرهای آلاله وحشی از نوع فیزیولوژیک غیرعمیق و تیپ دو باشد. همچنین نتایج نشان می‌دهند که پس از شکستن خواب، بذرهای آلاله وحشی تمایل بالایی به جوانه‌زنی در دماهای خنک (۵ تا ۱۵ درجه سانتی‌گراد)



شکل ۳- درصد جوانه‌زنی بذرهای آلاله وحشی در طی دوره پس‌رسی در آزمایشگاه در دماهای مختلف در شرایط تاریکی
Figure 3- The germination percentage of corn buttercup seeds during the after-ripening phase in the lab under various temperatures along with dark conditions

* در مراحل ۱۴، ۳۰ و ۶۰ روز پس‌رسی، نمونه‌برداری از دست رفت. ** میله‌ها نشان‌دهنده خطای معیار میانگین می‌باشد.

* Sampling was lost at 14, 30 and 60 days after-ripening. ** the Bars indicate standard error of mean.



شکل ۴ - سرنوشت بذرهای آلاله وحشی در طی دوره پس‌رسی به دما در شرایط تاریکی

Figure 4- Fate of corn buttercup seeds during the after-ripening period in the laboratory at different temperatures and light conditions

* لازم به توضیح است که در مراحل ۱۴، ۳۰ و ۶۰ روز پس‌رسی، نمونه‌برداری از دست رفت. * میله‌ها نشان‌دهنده خطای معیار میانگین می‌باشد.

** the Bars indicate standard error of mean.. Sampling was lost at 14, 30 and 60 days after-ripening *

و ۲۰ سانتی‌متر می‌توان گفت که عموماً میزان مرگ‌ومیر بذرها با افزایش مدت‌زمان دفن، افزایش می‌یابد. بنابراین، مشخص شد که تخلیه بانک بذر آلاله وحشی در عمق ۱۰ سانتی‌متر سریع‌تر از عمق ۲۰ سانتی‌متر اتفاق می‌افتد و قرارگیری بذرها در لایه‌های عمیق‌تر خاک به پایداری بیشتر بانک بذر این علف هرز کمک می‌کند. عوامل متعددی در از بین بردن یا زوال بذرها در بانک بذر خاک دخیل هستند که مهم‌ترین آن‌ها درجه حرارت خاک، رطوبت خاک، محتوای رطوبت بذر و خسارت ناشی از شکار بذر توسط حشرات و فعالیت سایر ریزجاندران می‌باشد (Oskoueï & Sheidaei, 2017).

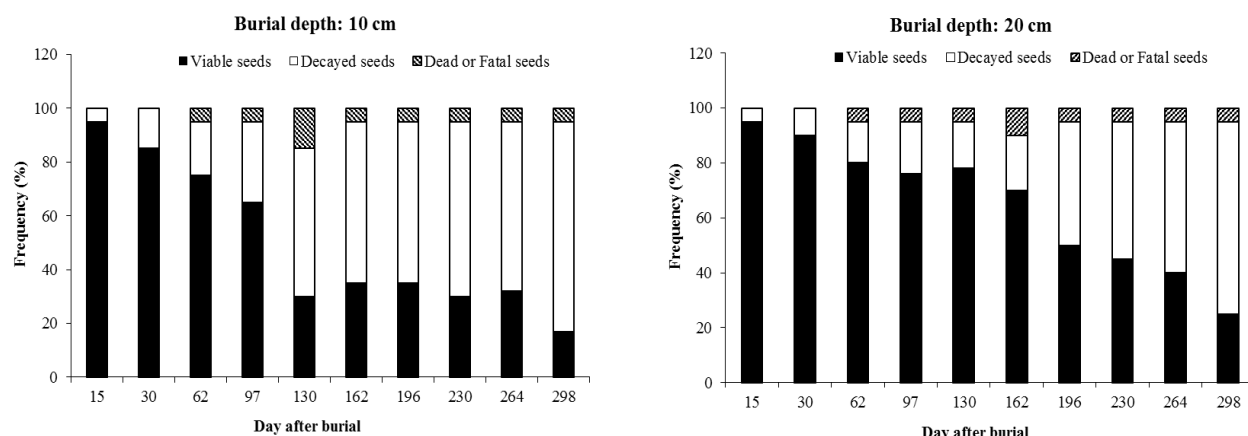
به‌طورکلی، توزیع عمودی بذر علف‌های هرز در نیم‌رخ خاک بر سرنوشت بذر علف‌های هرز بسیار مؤثر بوده (Soltani et al., 2016) و بذرهای دفن‌شده در لایه‌های عمیق‌تر خاک، مدت زمان بیشتری را در وضعیت خواب باقی می‌مانند (Guja et al., 2010; Liu et al.,

بررسی‌ها نشان داد که روند تخلیه بانک بذر آلاله وحشی در عمق ۱۰ سانتی‌متر سریع‌تر رخ داد؛ به‌طوری‌که زنده‌مانی بذرها از ۹۵ درصد در ۱۵ روز پس از دفن، به ۶۵ درصد در ۹۷ روز پس از دفن (نمونه‌برداری آبان ماه) و در نهایت به ۱۰ درصد در پایان دوره (۲۹۸ روز پس از دفن مصادف با نمونه‌برداری اردیبهشت ماه) کاهش یافت. در مقابل، در عمق ۲۰ سانتی‌متری، پایداری بذرها به مراتب بیشتر بود و روند کاهش زنده‌مانی، ملایم‌تر بود. در این عمق پس از گذشت ۱۶۲ روز (نمونه‌برداری دی ماه) همچنان ۷۰ درصد بذرها زنده بودند و در انتهای دوره آزمایش (۲۹۸ روز پس از دفن مصادف با نمونه‌برداری اردیبهشت ماه)، ۲۰ درصد بذرها زنده بودند. از این‌رو قرارگیری بذرها در لایه‌های عمیق‌تر خاک به پایداری بیشتر بانک بذر این علف هرز کمک می‌کند (شکل ۵).

با توجه به روند افزایش درصد تعداد بذرهای مرده در دو عمق ۱۰

بعد از دفن، ۲۳ درصد از بذرهای ۲۰ سانتی‌متر و ۱۲ درصد بذرهای ۱۰ سانتی‌متر زنده بودند. این امر حاکی از آن است که تخلیه بانک بذر این علف هرز در عمق ۱۰ سانتی‌متری سریع‌تر از عمق ۲۰ سانتی‌متری رخ می‌دهد. چائوهان و همکاران (Chauhan *et al.*, 2006) نیز دریافتند که قرارگیری بذرهای علف هرز چچم (*Lolium rigidum*) در لایه‌های پایین‌تر خاک باعث کاهش درصد پوسیدگی و در نتیجه کاهش مرگ‌ومیر بذرهای این علف هرز می‌شود.

(2018). به نظر می‌رسد که دلیل این امر، بالا بودن غلظت دی‌اکسید کربن در اثر فعالیت بیولوژیکی خاک و انتشار آهسته‌تر گازها (Benvenuti, 2003)، کمبود رطوبت خاک و همچنین کاهش نوسانات دمایی (Onwuka & Mang., 2018; Mahmood *et al.*, 2016) و عدم وجود نور (Chauhan & Johnson, 2010) باشد. ممشلی و همکاران (Mamashli *et al.*, 2025) در مطالعه خود به بررسی پایداری بذر کنجد شیطانی در بانک بذر خاک در طی یک سال پرداختند و گزارش کردند که در نمونه‌برداری مصادف با ۳۶۰ روز



شکل ۵- سرنوشت بذرهای آلاله وحشی دفن‌شده در اعماق ۱۰ و ۲۰ سانتی‌متری خاک در طی زمان

Figure 5- Fate of corn buttercup seeds buried at 10 and 20 cm soil depths over time

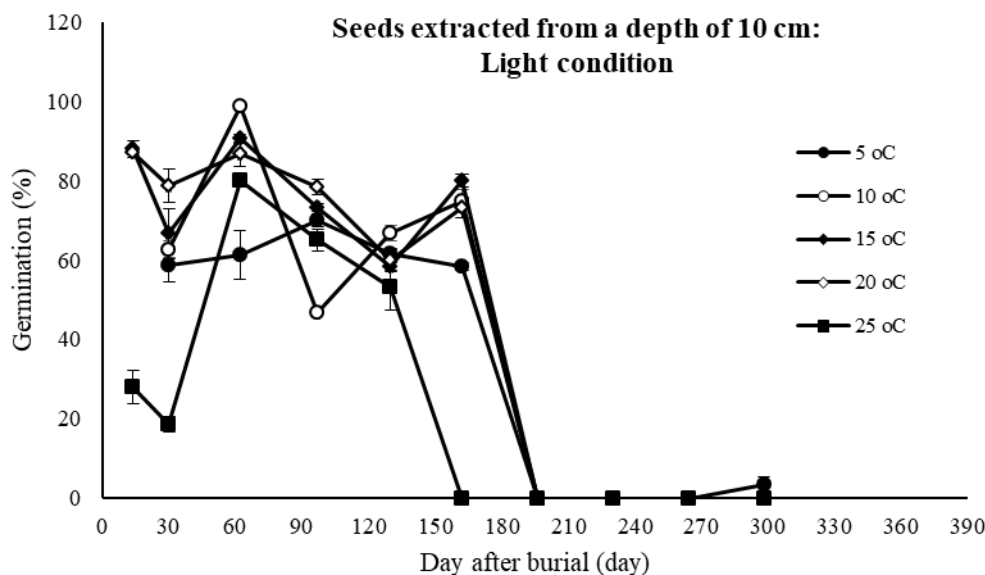
* در شکل بالا بذرهای پوسیده با اصطلاح Decayed seeds و بذرهای جوانه‌زده و سبز نشده با اصطلاح dead or fatal seeds نشان داده شده‌اند.

* In the figure above, rotten seeds are shown as "Decayed seeds" and ungerminated seeds are shown as "dead or fatal seeds".

تا ۱۶۲ روز پس از دفن (نمونه‌برداری دی ماه)، اگرچه نوساناتی در درصد جوانه‌زنی بذرهای آلاله وحشی دیده شد؛ اما درصد جوانه‌زنی با توجه به دما قابل توجه بود. به‌نحوی که ۵۸ تا ۷۰ درصد بذرهای دمای ۵ درجه سانتی‌گراد، ۴۳ تا ۹۰ درصد بذرهای دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد، ۵۸ تا ۹۱ درصد بذرهای دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد، ۶۰ تا ۸۷ درصد بذرهای دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد و صفر تا ۸۰ درصد بذرهای دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد قادر به جوانه‌زنی و تولید گیاهچه بودند. نکته قابل توجه این بود که در همه دماها در نمونه‌برداری ۱۹۶ روز پس از دفن (نمونه‌برداری بهمن ماه) به بعد، هیچ بذری قادر به جوانه‌زنی نبود. نتایج نشان داد که در مراحل ۱۹۶، ۲۳۰، ۲۶۴ و ۲۹۸ روز پس از دفن به‌ترتیب ۷۵-۷۰، ۷۲-۶۵، ۹۳-۷۰ و ۹۳-۵۳ درصد بذرهای زنده و ۳۰-۲۵، ۲۸-۳۵، ۷-۳۰ و ۷-۴۷ درصد بذرهای مرده بودند (شکل ۷). این امر حاکی از آن است که از نمونه‌برداری بهمن ماه به بعد، بذرهای آلاله وحشی دچار خواب ثانویه شده و قادر به جوانه‌زنی نخواهند بود.

جوانه‌زنی بذرهای سالم استخراج‌شده از عمق ۱۰ سانتی‌متری خاک در طی زمان

جوانه‌زنی بذرهای استخراج‌شده از عمق ۱۰ سانتی‌متری در دماهای مختلف در طی زمان در شرایط روشنی در شکل ۶ نشان داده شده است. در نمونه برداری اول مصادف با ۱۴ روز بعد از دفن، جوانه‌زنی بذرهای دماهای ۱۵، ۲۰ و ۲۵ درجه سانتی‌گراد به‌ترتیب ۸۸، ۸۷ و ۲۸ درصد بود. در این مرحله نمونه‌برداری در دماهای ۱۵، ۲۰ و ۲۵ درجه سانتی‌گراد به‌ترتیب ۷، ۸ و ۳۵ درصد بذرهای زنده و ۵، ۸ و ۳۷ درصد بذرهای مرده بودند. در مرحله ۳۰ روز پس از دفن (نمونه‌برداری شهریور ماه)، کمترین درصد جوانه‌زنی با ۱۹ درصد در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد مشاهده شد. در این دما، ۶۴ درصد بذرهای زنده و ۱۷ درصد آن‌ها از بین رفته بودند. بیشترین درصد جوانه‌زنی نیز در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد به‌میزان ۷۹ درصد به دست آمد. در این دما ۱۲ درصد بذرهای جوانه‌زده، زنده و ۹ درصد مرده بودند. به‌طور کلی، از مرحله ۱۴ روز پس از دفن (نمونه‌برداری مرداد ماه)



شکل ۶- درصد جوانه‌زنی بذرهای دفن‌شده در عمق ۱۰ سانتی‌متری خاک در دماهای مختلف در شرایط روشنایی در دماهای مختلف
Figure 6- Germination percentage of seeds buried at a depth of 10 cm in soil at different temperatures under different light conditions

* لازم به توضیح است که در مرحله ۱۴ روز بعد از دفن، جوانه‌زنی بذرهای دفن‌شده در دمای ۱۰ و ۵ درجه سانتی‌گراد انجام نشد. ** نمونه‌های مربوط به دو مرحله آخر نمونه‌برداری مصادف با ۳۳۰ و ۳۵۸ روز پس از دفن (خرداد و تیرماه) از بین رفت. ** میله‌ها نشان‌دهنده خطای معیار میانگین می‌باشد.

* It should be noted that seed germination did not occur at 5 and 10 degrees Celsius at 14 days after burial. ** The samples from the ** the Bars indicate last two sampling stages, corresponding to 330 and 358 days after burial (June and July), were destroyed standard error of mean.

بذرهای دفن‌شده در دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد، ۶۸ درصد در دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد و ۴۸ درصد در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد قادر به جوانه‌زنی بودند. لازم به ذکر است که در این مرحله نمونه‌برداری در دماهای ۱۰، ۱۵ و ۲۰ درجه سانتی‌گراد به ترتیب ۵، ۱۸ و ۳۲ درصد بذرهای زنده و ۲۰، ۱۳ و ۲۰ درصد بذرهای مرده بودند (شکل ۹).
مشابه آنچه در شکل ۷ مشاهده شد، در شرایط تاریکی در نمونه‌برداری ۱۹۶ روز پس از دفن (مصادف با نمونه‌برداری بهمن‌ماه) به بعد، درصد جوانه‌زنی بذرهای آلاله وحشی مستخرج از عمق ۱۰ سانتی‌متری خاک، در تمام دماها صفر بود. به‌طور کلی، در مراحل نمونه‌برداری ۱۹۶، ۲۳۰، ۲۶۴ و ۲۹۸ روز پس از دفن با توجه به دما به ترتیب ۶۳ تا ۷۵، ۶۳ تا ۷۲، ۷۰ تا ۹۳ و ۸۰ تا ۹۰ درصد بذرهای زنده بودند (شکل ۹).

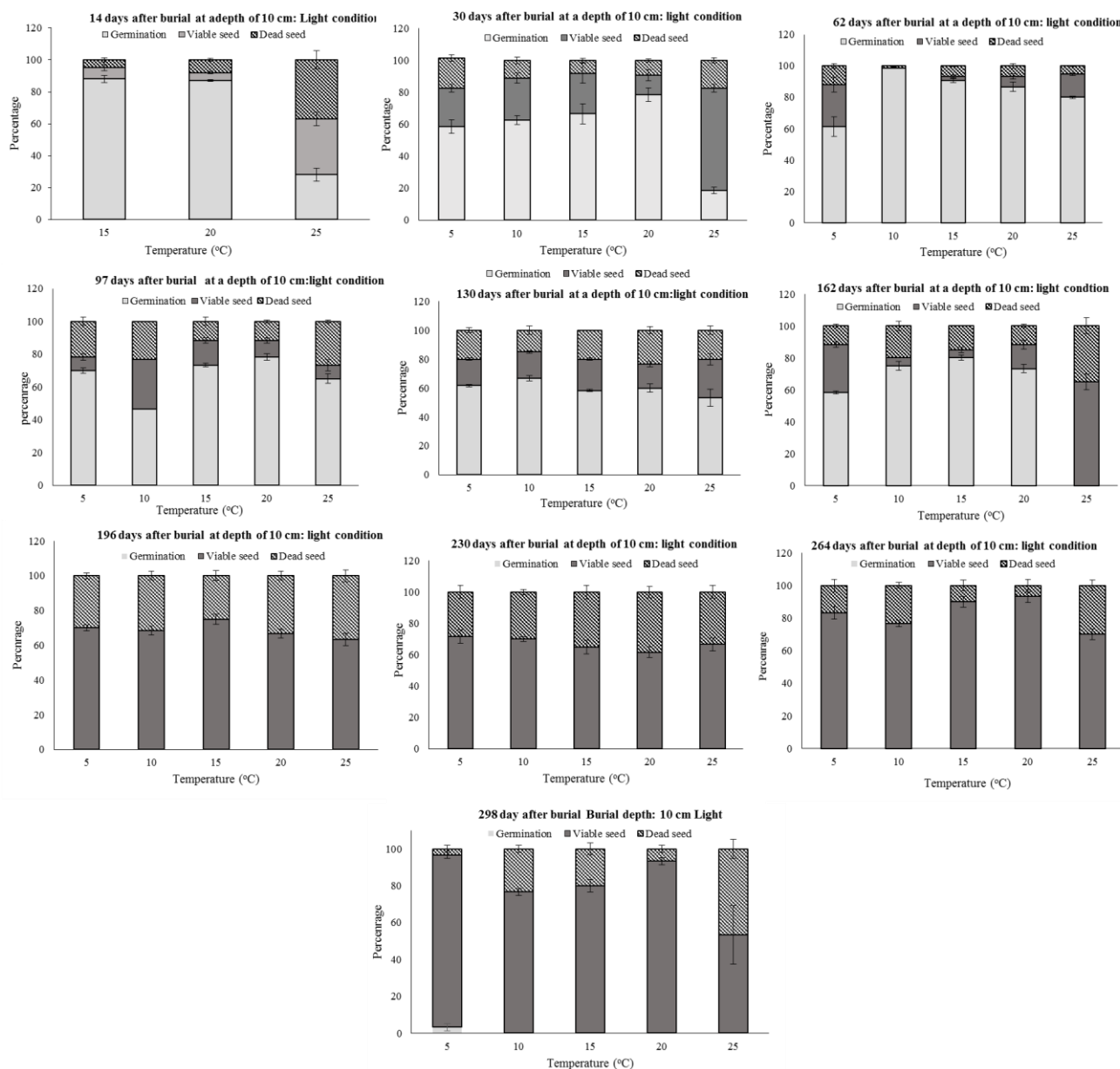
جوانه‌زنی بذرهای سالم استخراج‌شده از عمق ۲۰ سانتی‌متری خاک در طی زمان

جوانه‌زنی بذرهای مستخرج از عمق ۲۰ سانتی‌متری در دماهای مختلف در طی زمان در شرایط روشنایی در شکل ۱۰ ارائه شده است. در نمونه برداری اول مصادف با ۱۴ روز بعد از دفن، جوانه‌زنی بذرهای

تغییرات جوانه‌زنی بذرهای مستخرج از عمق ۱۰ سانتی‌متری در دماهای مختلف در طی زمان در شرایط تاریکی در شکل ۸ ارائه داده شده است. به‌طور کلی، درصد جوانه‌زنی بذرهای آلاله وحشی در شرایط تاریکی کمتر از شرایط روشنایی بود. در مرحله نمونه‌برداری مربوط به ۹۷ روز پس از دفن (نمونه‌برداری آبان‌ماه)، جوانه‌زنی بذرهای دفن‌شده در دماهای ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰ و ۲۵ درجه سانتی‌گراد به ترتیب ۴۳، ۴۷، ۴۲، ۴۲ و ۳۷ درصد بود. در این مرحله نمونه‌برداری در دماهای ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰ و ۲۵ درجه سانتی‌گراد به ترتیب ۲۵، ۳۰، ۳۷، ۳۷ و ۲۷ درصد بذرهای زنده و ۳۰، ۲۳، ۲۲، ۲۲ و ۳۷ درصد بذرهای مرده بودند.
در مرحله ۱۳۰ روز پس از دفن (نمونه‌برداری آذرماه)، کمترین درصد جوانه‌زنی با ۷ درصد در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد مشاهده شد. در این دما، ۳۰ درصد بذرهای زنده و ۳۳ درصد آن‌ها از بین رفته بودند. بیشترین درصد جوانه‌زنی نیز در دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد به میزان ۸۷ درصد بود و بذرهای باقی‌مانده (۱۳ درصد) مرده بودند (شکل ۹).
نکته قابل توجه در مرحله نمونه‌برداری ۱۶۲ روز بعد از دفن (نمونه‌برداری دی‌ماه) مشاهده شد، به‌نحوی که هیچ بذری در دماهای ۵ و ۲۵ درجه سانتی‌گراد جوانه نزد (در این دو دما به ترتیب ۷۲ و ۷۰ درصد بذرهای زنده و ۲۸ تا ۳۰ درصد بذرهای مرده بودند)؛ اما ۷۵ درصد

۱۳۰ روز پس از دفن (نمونه‌برداری آذر ماه)، اگرچه نوساناتی در درصد جوانه‌زنی بذرهای آلاله وحشی دیده شد؛ اما درصد جوانه‌زنی با توجه به دما قابل توجه بود.

در دماهای ۱۵، ۲۰ و ۲۵ درجه سانتی‌گراد به‌ترتیب ۹۰، ۷۷ و ۲۲ درصد بود. در این مرحله به‌ترتیب در دماهای ۱۵، ۲۰ و ۲۵ درجه سانتی‌گراد، ۷، ۱۰ و ۵۷ درصد بذرهای زنده و ۳، ۱۳ و ۲۱ درصد بذرهای مُرده بودند. از مرحله ۱۴ روز پس از دفن (نمونه‌برداری مرداد ماه) تا



شکل ۷- سرنوشت بذرهای آلاله وحشی مستخرج از عمق ۱۰ سانتی‌متری خاک به دما در شرایط روشنایی در طی زمان

Figure 7- Fate of corn buttercup seeds extracted from a 10 cm depth of soil to temperature under light conditions over time

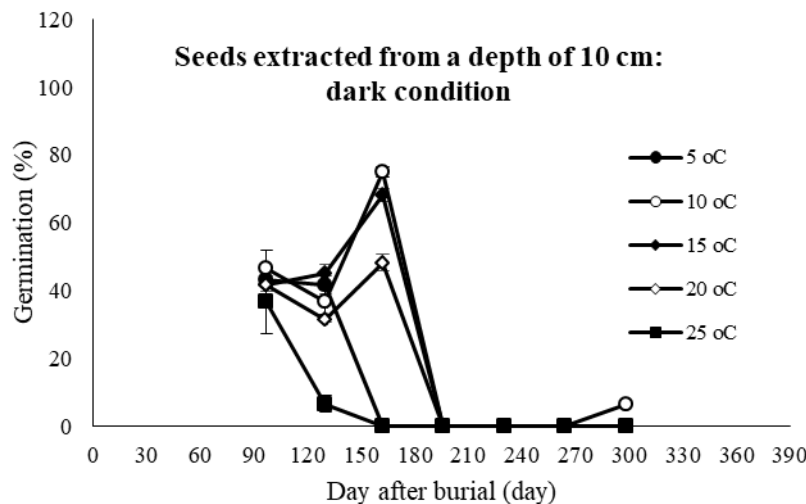
* میله‌ها نشان‌دهنده خطای معیار میانگین می‌باشد.
* the Bars indicate standard error of mean.

۲۰ درجه سانتی‌گراد و ۱۶ تا ۹۵ درصد بذرهای در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد قادر به جوانه‌زنی و تولید گیاهچه بودند. نکته قابل توجه این بود که درصد جوانه‌زنی در همه دماها در نمونه‌برداری ۱۶۲ روز

به‌نحوی که ۳۳ تا ۷۵ درصد بذرهای در دمای پنج درجه سانتی‌گراد؛ ۴۷ تا ۹۷ درصد بذرهای در دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد؛ ۵۸ تا ۷۷ درصد بذرهای در دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد؛ ۴۳ تا ۸۷ درصد بذرهای در دمای

دماهای ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰ و ۲۵ درجه سانتی‌گراد به ترتیب ۵۷، ۵۸، ۵۹، ۴۳ و ۴۳ درصد بذرهای زنده بودند. این اتفاق در مراحل نمونه‌برداری بعدی شامل ۲۳۰، ۲۶۴ و ۲۹۸ روز پس از دفن نیز مشاهده شد و به ترتیب در مراحل مذکور با توجه به دما، ۶۰-۷۵، ۷۷-۹۷ و ۷۷-۹۷ درصد بذرهای زنده بودند (شکل ۱۱).

بعد از دفن (نمونه‌برداری دی ماه) کاهش قابل توجهی یافت. بررسی زنده‌مانی بذرهای حاکی از آن بود که با توجه به دما ۳۵ تا ۷۲ درصد بذرهای زنده و ۱۸ تا ۳۸ درصد بذرهای زنده بودند. در نهایت، در ۱۹۶ روز پس از دفن (نمونه‌برداری بهمن ماه) در هیچ کدام از دماها، بذری جوانه نزد. در این مرحله نمونه‌برداری در



شکل ۸- درصد جوانه‌زنی بذرهای دفن شده در عمق ۱۰ سانتی‌متری خاک تحت تأثیر تاریکی در دماهای مختلف

Figure 8- Germination percentage of seeds buried at a depth of 10 cm in soil at different temperatures under different dark conditions

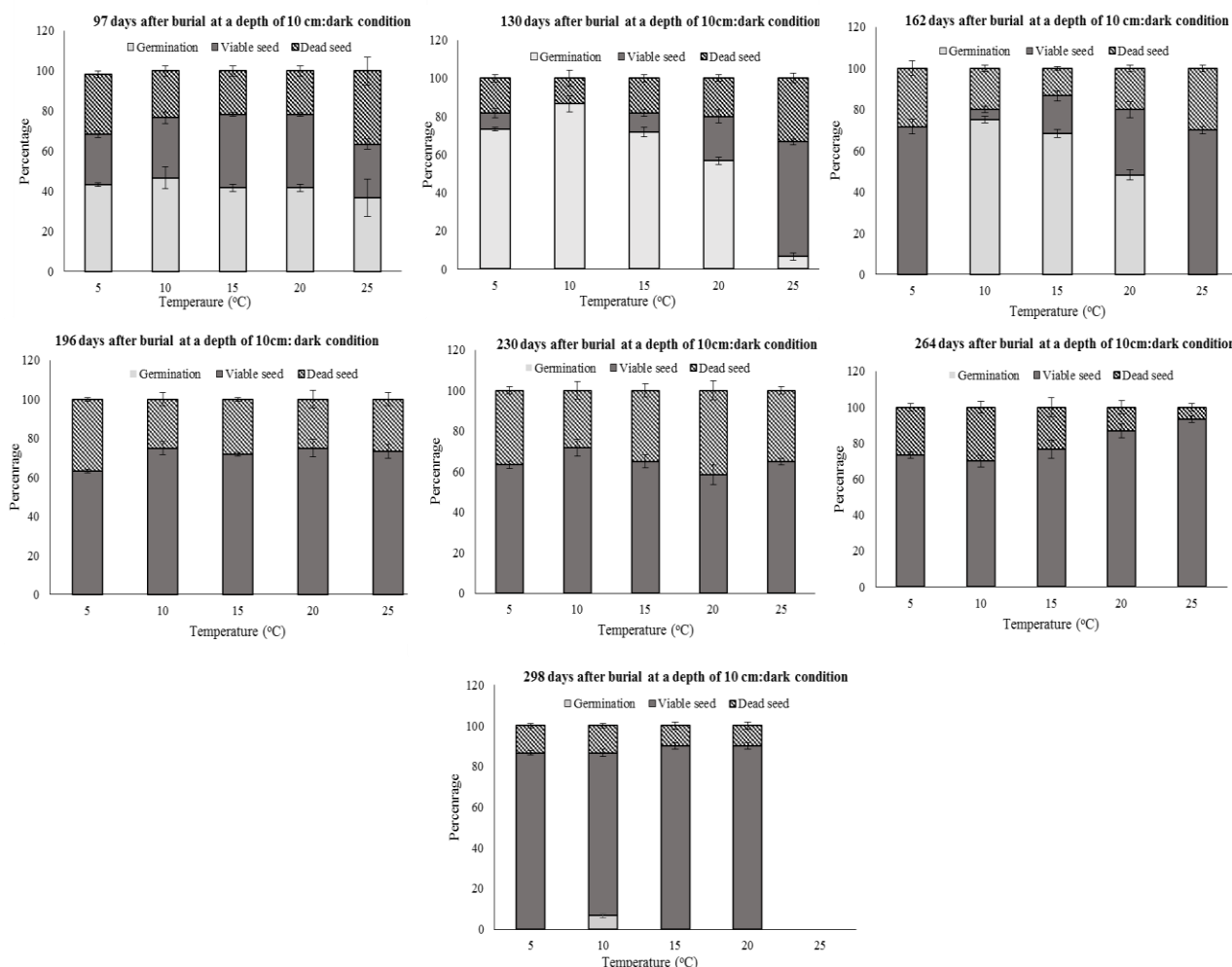
* در مراحل نمونه‌برداری ۱۴، ۳۰ و ۶۰ روز پس از دفن، جوانه‌زنی بذرهای در شرایط تاریکی انجام نشد. ** نمونه‌های مربوط به دو مرحله آخر نمونه‌برداری مصادف با ۳۳۰ و ۳۵۸ روز پس از دفن (خرداد و تیرماه) از بین رفت. *** میله‌ها نشان‌دهنده خطای معیار میانگین می‌باشد.

* At the sampling stages of 14, 30, and 60 days after burial, seed germination did not occur under dark conditions. ** The samples from the last two sampling stages, corresponding to 330 and 358 days after burial (June and July), were destroyed. *** the Bars indicate standard error of mean.

جوانه‌زنده در این دما به دمای مطلوب جوانه‌زنی، ۴۵ درصد بذرهای قادر به جوانه‌زنی بودند.

نکته قابل توجه در مرحله نمونه‌برداری ۱۶۲ روز بعد از دفن (نمونه‌برداری دی ماه) این بود که هیچ بذری در دماهای ۵ و ۲۵ درجه سانتی‌گراد جوانه نزد؛ اما ۲۵ درصد بذرهای در دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد، ۴۳ درصد در دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد و ۱۳ درصد در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد قادر به جوانه‌زنی بودند. مشابه آنچه در شکل‌های ۱۰ و ۱۱ مشاهده شد، در شرایط تاریکی در نمونه‌برداری ۱۹۶ روز پس از دفن (مصادف با نمونه‌برداری بهمن ماه) به بعد، درصد جوانه‌زنی بذرهای آلاله وحشی مستخرج از عمق ۲۰ سانتی‌متری خاک، در تمام دماها صفر بود. بررسی زنده‌مانی بذرهای جوانه‌زنده در مراحل نمونه‌برداری ۱۹۶، ۲۳۰ و ۲۶۴ روز پس از دفن حاکی از آن بود که با توجه به دما به ترتیب ۶۲-۷۸، ۵۰-۳۸ و ۸۷-۶۰ درصد بذرهای زنده و مابقی مرده بودند (شکل ۱۳).

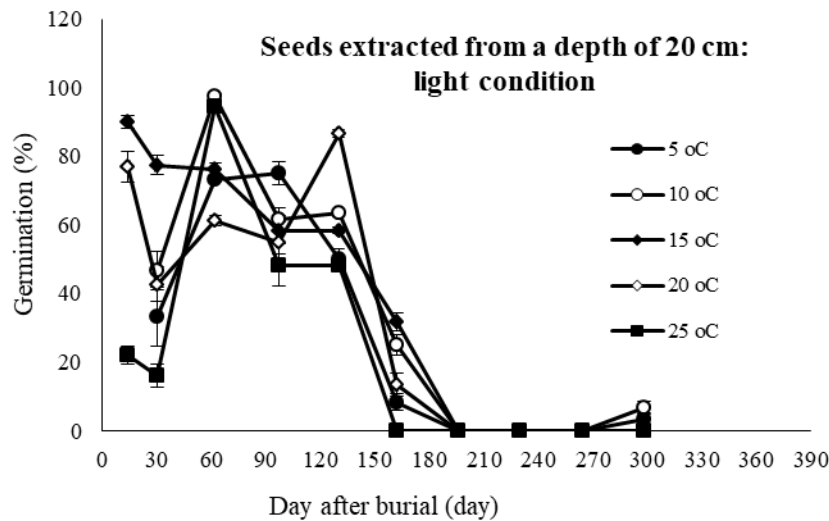
تغییرات جوانه‌زنی بذرهای مستخرج از عمق ۲۰ سانتی‌متری در دماهای مختلف در طی زمان در شرایط تاریکی در شکل ۱۲ ارائه شده است. مشابه نتایج مربوط به جوانه‌زنی بذرهای در شرایط پس‌رسی در نگهداری (شکل‌های ۱، ۲، ۳ و ۴) و جوانه‌زنی بذرهای مستخرج از عمق ۱۰ سانتی‌متری خاک (شکل‌های ۶، ۷، ۸ و ۹)، درصد جوانه‌زنی بذرهای آلاله وحشی در شرایط تاریکی کمتر از شرایط روشنایی بود. در مرحله نمونه‌برداری مربوط به ۹۷ روز پس از دفن، جوانه‌زنی بذرهای در دماهای ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰ و ۲۵ درجه سانتی‌گراد به ترتیب ۴۳، ۱۵، ۶۵، ۳۸ و ۵۵ درصد بود. در این مرحله نمونه‌برداری در دماهای مذکور به ترتیب ۱۸، ۴۸، ۷، ۲۰ و ۲۸ درصد بذرهای زنده و ۳۸، ۳۷، ۲۸، ۲۵ و ۳۳ درصد بذرهای مرده بودند (شکل ۱۳). در مرحله نمونه‌برداری مربوط به ۱۳۰ روز بعد از دفن درصد جوانه‌زنی بذرهای ۷ درصد در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد تا ۸۷ درصد در دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد در نوسان بود. در این مرحله نمونه‌برداری، درصد جوانه‌زنی در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد ۷ درصد بود؛ بعد از قرار دادن بذرهای



شکل ۹- سرنوشت بذرهای آلاله وحشی مستخرج از عمق ۱۰ سانتی متری خاک به دما در شرایط تاریکی در طی زمان
 Figure 9- Fate of corn buttercup seeds extracted from a 10 cm depth of soil to temperature under dark conditions over time
 * میله ها نشان دهنده خطای معیار میانگین می باشد.
 * the Bars indicate standard error of mean.

از ۱۱۲ گونه مورد بررسی، نور به عنوان عامل تحریک جوانه زنی با نوسانات دمایی بود؛ البته پاسخ ها از مواردی که نشان دهنده نیاز مطلق در همه بذر ها به نوسانات دمایی بالا (>۵ درجه سانتی گراد) (به عنوان مثال *Rorippa islandica*) تا چندشکلی ها (به عنوان مثال *Carex otrubae*) که در آن برخی از بذر ها در دماهای ثابت جوانه می زدند، در حالی که بقیه به نوسانات کوچک (<۵ درجه سانتی گراد) پاسخ می دادند، متفاوت بود. دوماً: ظرفیت پاسخ به نوسانات دمایی در شرایط نور در گونه های تالابی برجسته بود؛ به نظر می رسد که این امر سازوکاری را فراهم می کند که از طریق آن، جوانه زنی بهاره با افزایش تابش و پایین رفتن سطح آب امکان پذیر می شود. سوماً: در برخی گونه ها مانند *Ranunculus repens* تاریکی مداوم با افزایش دامنه نوسان دمای لازم برای جوانه زنی همراه بود.

همانگونه که ذکر شد درصد جوانه زنی بذرهای مستخرج از اعماق ۱۰ و ۲۰ سانتی متری خاک در شرایط تاریکی کمتر از روشنایی بود که البته این امر تحت تأثیر دما نیز قرار داشت. در این راستا، ممشلی و همکاران (Mamashli et al., 2025) در مطالعه خود به بررسی پاسخ جوانه زنی کنجد شیطان در طی دوره پس رسی و عمق دفن، به نور و تاریکی پرداختند و دریافتند که با توجه به دما، واکنش بذرهای این گیاه به نور و تاریکی متفاوت است. محققان دیگری نیز بر این نکته تأکید داشته اند که نوع پاسخ گونه های مختلف نسبت به نور، بستگی به شرایط دمایی دارد (Schutz et al., 2002). در تحقیق جامعی که توسط تامپسون و گرایم (Thompson & Grime, 1983) با هدف بررسی پاسخ جوانه زنی ۱۱۲ گونه گیاهی در شرایط دوره نوری ۱۸ ساعته و تاریکی کامل انجام شد، مشخص گردید که اولاً: در ۴۶ گونه



شکل ۱۰- تغییرات درصد جوانه زنی بذرهای دفن شده در عمق ۲۰ سانتی متری خاک در دماهای مختلف در شرایط روشنایی
Figure 10- Germination percentage of seeds buried at a depth of 20 cm in soil at different temperatures under different light conditions

* لازم به توضیح است که در شرایط روشنایی در مرحله ۱۴ روز بعد از دفن، جوانه زنی بذرهای در دمای ۵ و ۱۰ درجه سانتی گراد انجام نشد. ** نمونه‌های مربوط به دو مرحله آخر نمونه برداری مصادف با ۳۳۰ و ۳۵۸ روز پس از دفن (خرداد و تیرماه) از بین رفت. *** میله‌ها نشان دهنده خطای معیار میانگین می‌باشد.

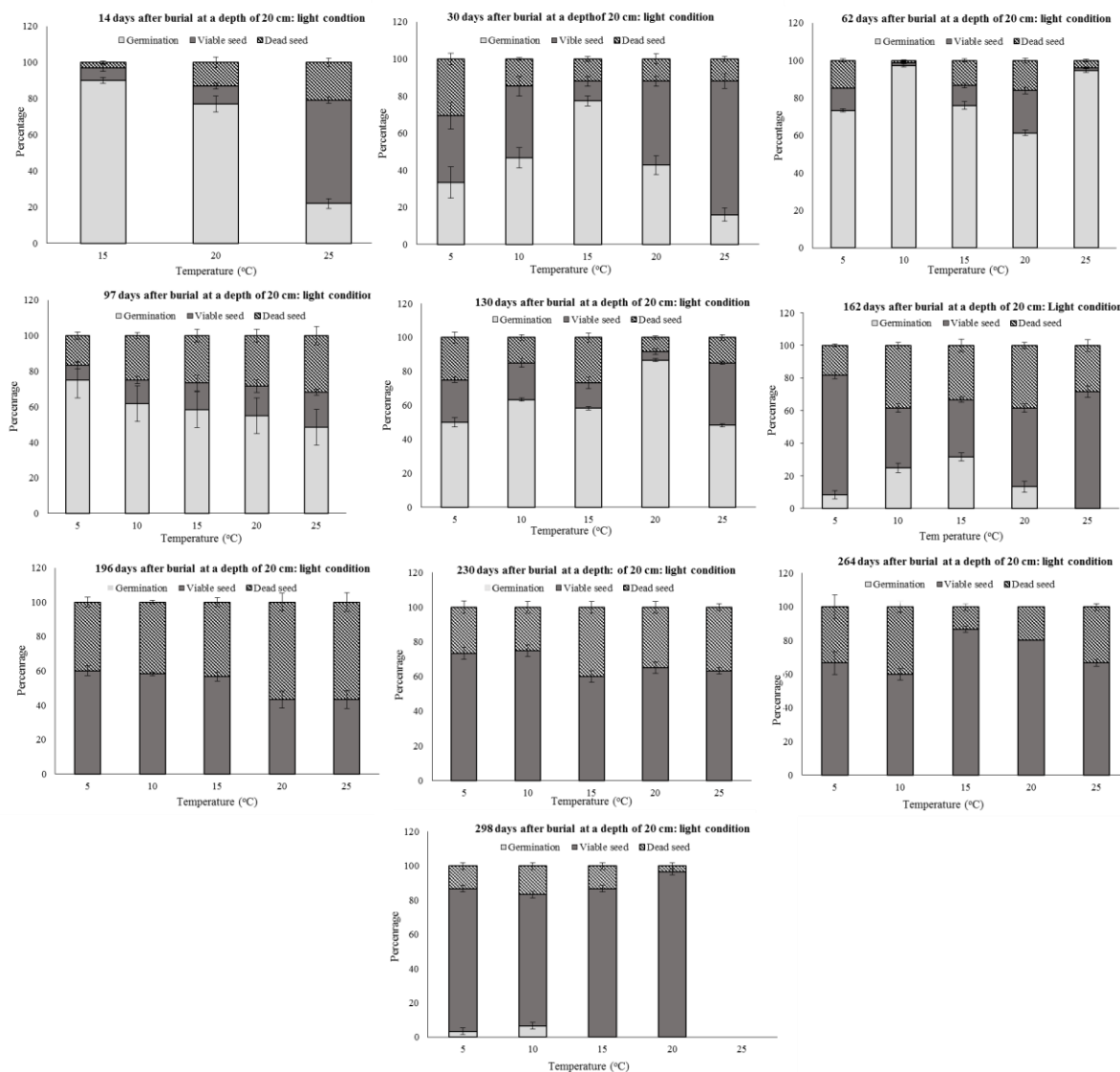
* It should be noted that seed germination did not occur at 5 and 10 degrees Celsius at 14 days after burial. ** The samples from the last two sampling stages, corresponding to 330 and 358 days after burial (June and July), were destroyed *** the Bars indicate standard error of mean.

مرحله نمونه برداری ۱۶۲ روز پس از دفن (نمونه برداری دی ماه) جوانه زنی رو به محدودیت گذاشت. به نحوی که در شرایط روشنایی در دمای ۲۵ درجه سانتی گراد و در شرایط تاریکی در دمای ۵ و ۲۵ درجه سانتی گراد، هیچ بذری جوانه نداد. جوانه زنی بذرهای آلاله وحشی از مرحله نمونه برداری ۱۹۶ روز پس از دفن (نمونه برداری بهمن ماه) به بعد کاملاً متوقف شد و بررسی‌ها نشان داد که بسته به دما و مرحله نمونه برداری بین ۴۳ تا ۹۶ درصد بذرهای دچار خواب ثانویه شدند. چرخه پویای خواب مشاهده شده در بذر آلاله که شامل مراحل خواب اولیه و ثانویه است، یک سازوکار تطبیقی حیاتی برای بقا محسوب می‌شود که به گیاه اجازه می‌دهد تا جوانه زنی خود را تا زمان فراهم شدن شرایط محیطی مطلوب برای استقرار و رشد گیاهچه به تأخیر بیندازد (Klupczyńska & Pawłowski, 2021). خواب اولیه همان‌طور که در بذرهای تازه رسیده آلاله دیده می‌شود، یک وضعیت ذاتی است که در حین تکامل بذر روی گیاه مادری ایجاد شده و از جوانه زدن فوری پس از پراکنش جلوگیری می‌کند، حتی اگر شرایط خارجی برای رشد مناسب باشد (Pausas et al., 2022; Bentsink & Koornneef, 2008). در خصوص آلاله وحشی، ورود بذرهای به خواب عمیق پس از دفن شدن در خاک، نمونه بارزی از القاء خواب

درخشان و همکاران (Derakhshan et al., 2003) اظهار داشتند که نور باعث بهبود جوانه زنی بذر و تغییر در میزان خواب می‌شود. گونه‌های مختلف علف‌هرز از لحاظ واکنش به نور بسیار متفاوت بوده در برخی از گونه‌ها بذور تحت تأثیر نور قرار گرفته و جوانه می‌زنند و در برخی دیگر باعث تحریک جوانه زنی نمی‌شود. طبق مطالعات محققان، بذور *Ipomoea purpurea* کمتر تحت تأثیر نور قرار گرفت، به طوری که در تاریکی کامل، جوانه زنی بذور این علف‌هرز ۹۳ درصد و در نور مداوم ۷۷ درصد گزارش شده است (Siahmarguee et al., 2022). همچنین در گونه‌ای دیگر از نیلوفر وحشی (*Ipomoea hederacea*) جوانه زنی تحت تأثیر نور قرار نگرفت. اما بذور گونه *Ipomoea lacunose* نسبت به نور حساس بود، چون در شرایط نور طبیعی جوانه زنی بذور کمتر از تاریکی بود (Norsworthy & Oliveira, 2007). در حالی که تاریکی، فرآیند جوانه زنی را متوقف یا به تأخیر می‌اندازد، اما به طور هم‌زمان، بقا بذر را برای مدت طولانی‌تری تضمین می‌کند. این امر مانع از جوانه زنی بذرهای آلاله وحشی در اعماق خاک می‌شود و به نوعی واکنش به نور تضمین کننده جوانه زنی بذر از عمق مطلوب خاک است. در بذرهای مستخرج از اعماق ۱۰ و ۲۰ سانتی متری خاک، در

ناشی از دفن شدن عمیق (Buijs *et al.*, 2020) و یا حتی کمبود اکسیژن (hypoxia) در لایه‌های متراکم خاک (Rolletschek *et al.*, 2025).

ثانویه است که می‌تواند ناشی از ترکیبی از عوامل تنش‌زای موجود در خاک باشد؛ از جمله قرار گرفتن در معرض دماهای نامساعد (Pawlowski *et al.*, 2020)، شرایط نوری نامناسب مانند تاریکی



شکل ۱۱- سرنوشت بذرهای آلاله وحشی بذرهای استخراج‌شده از عمق ۲۰ سانتی‌متر خاک به دما در شرایط روشنایی در طی زمان
Figure 11 - Fate of corn buttercup seeds extracted from a 20 cm depth of soil to temperature under light conditions over time
* میله‌ها نشان‌دهنده خطای معیار میانگین می‌باشد.
* the Bars indicate standard error of mean.

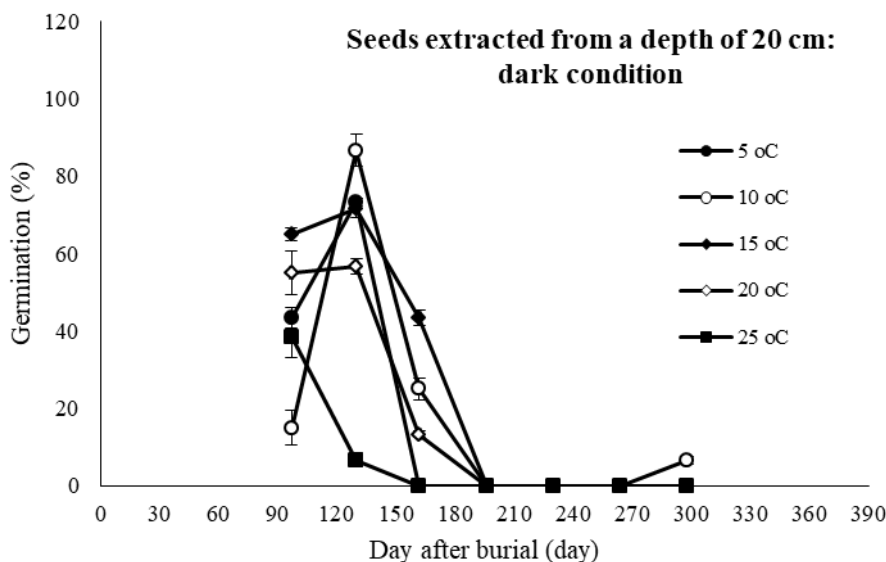
دوره‌ای بین حالت خواب و غیر خواب در نوسان باشد و با حفظ خود در بانک بذر خاک، بهترین و پایدارترین فرصت را برای بقا و نسل خود در آینده تضمین نماید (Collette & Ooi, 2020). به‌طور کلی، حساسیت به نوسانات دمایی در شرایط تاریکی در گونه‌های علفزار، تالاب و اراضی زراعی قابل مشاهده است و در بین گونه‌هایی که بانک‌های بذر پایدار تشکیل می‌دهند، مشهود می‌باشد. به نظر می‌رسد

در نهایت، خواب ثانویه به‌عنوان یک راهبرد ایمن یا "fail-safe" عمل کرده و از جوانه‌زنی‌های نابه‌هنگام و انتحاری (برای مثال، در یک دوره گرم کوتاه در زمستان) جلوگیری می‌کند. این فرآیند که به "چرخه خواب" معروف است، به بذر اجازه می‌دهد تا به‌صورت

1- DORMANCY cycling

درون شکاف‌های تاج‌پوشش آغاز کند (Thompson & Grime, 1983).

که پاسخ به نوسانات دما در تاریکی، سازوکارهای سنجش عمق را توسط بذرهای دفن شده فراهم می‌کند و ممکن است استقرار را از بذر



شکل ۱۲- درصد جوانه زنی بذرهای دفن شده در عمق ۲۰ سانتی‌متری خاک در دماهای مختلف در شرایط تاریکی

Figure 12- Germination percentage of seeds buried at a depth of 20 cm in soil at different temperatures under different dark conditions

* در مراحل ۱۴، ۳۰ و ۶۰ روز پس از دفن، جوانه‌زنی بذر در شرایط تاریکی انجام نشد. ** نمونه‌های مربوط به دو مرحله آخر نمونه‌برداری مصادف با ۳۳۰ و ۳۵۸ روز پس از دفن (خرداد و تیرماه) از بین رفت. *** میله‌ها نشان‌دهنده خطای معیار میانگین می‌باشد.

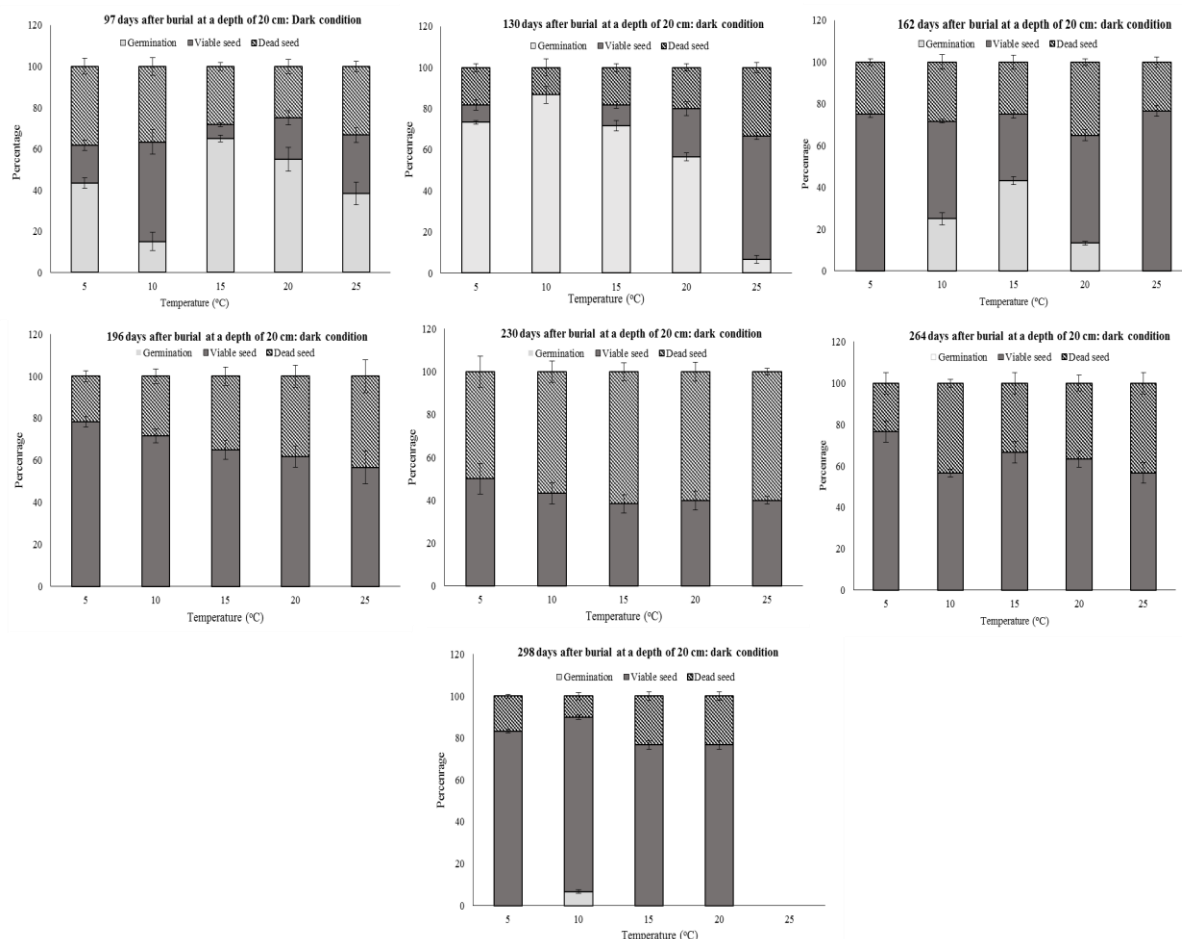
* At the sampling stages of 14, 30, and 60 days after burial, seed germination did not occur under dark conditions. ** The samples *** the Bars from the last two sampling stages, corresponding to 330 and 358 days after burial (June and July), were destroyed indicate standard error of mean.

پایین در زمستان موجب القاء خواب در بذر خواهد شد. بالعکس در گیاهان تابستانه، دماهای پایین موجب رفع خواب شده و دماهای بالا باعث القاء خواب ثانویه در بذر خواهد شد. به‌طور کلی، تغییرات ایجاد شده نقش مهمی در تداوم و پایداری و نیز پویایی بانک بذر موجود در خاک خواهد داشت.

یکی از اهداف اصلی در تحقیقات مرتبط به بانک بذر گونه‌های گیاهی، تعیین نوع بانک بذر آن‌ها در خاک می‌باشد. به‌طور کلی، بانک بذر گونه‌های گیاهی در دو گروه موقت و دائم دسته‌بندی می‌شوند. در خواب موقت، هیچ بذری به مدت بیش از یک سال در خاک باقی نمی‌ماند؛ اما بذرهایی وارد بانک بذر دائم می‌شود که بیش از یک سال بقاء خود را حفظ می‌کنند. بانک دائم بذر خاک می‌تواند براساس زمان به دو دسته کوتاه‌مدت و بلندمدت دسته‌بندی شود. بذرهای موجود در بانک بذر کوتاه‌مدت حداقل یک سال و حداکثر پنج سال در بانک بذر طولانی‌مدت بیش‌تر از پنج سال در خاک زنده می‌مانند (Bakker et al., 1996; Thompson & Grime, 1979). براساس این دسته‌بندی، بانک بذر آلاله وحشی از نوع دائم می‌باشد. با توجه به

دما یک عامل اولیه تنظیم‌کننده تغییرات فصلی در خواب بذر به حساب آمده (Footitt et al., 2013) و در تعیین شروع جوانه‌زنی، زمان سبز شدن گیاه اثرگذار است، به‌طوری‌که موفقیت یک گونه گیاهی در رقابت با گونه دیگر را تعیین می‌کند. روشی که دما بر سطح خواب بذر اثر می‌گذارد، بسته به چرخه حیات گونه‌ها متفاوت است (Khakzad & Deihimfard, 2022). به‌طور کلی، دماهای بالای تابستان، تعیین‌کننده رهاسازی خواب در گونه‌های یک‌ساله زمستانه‌ای مانند آلاله وحشی می‌باشد، درحالی‌که ممکن است دماهای پایین زمستان موجب تحریک خواب ثانویه شوند (Karssen, 1982). این امر در نتایج این تحقیق نیز کاملاً مشهود بود. رهاسازی خواب به‌دلیل دماهای بالای تابستان در بسیاری از گونه‌های یک‌ساله زمستانه مثل یولاف (*Avena fatua*)، چچم، علف پشمکی (*Bromus tectorum*) و کنگر فرنگی خاردار (*Cynara cardunculus*) مشاهده شده است (Khakzad & Deihimfard, 2022). در تأیید این امر لی و همکاران (Li et al., 2006) اظهار داشتند که در گیاهان زمستانه، دماهای بالا در تابستان باعث رفع خواب بذر شده و در دماهای

اینکه آزمایش حاضر برای یک سال طراحی شده بود و متأسفانه دو نمونه آخر نیز از دست رفته بود، تشخیص اینکه بانک بذر آلاله وحشی از نوع دائم موقت است یا بلندمدت، امکان‌پذیر نبود و لازم است در تحقیقات آینده به این موضوع به شکل کامل‌تری پرداخته شود.



شکل ۱۳- سرنوشت بذرهای آلاله وحشی مستخرج از عمق ۲۰ سانتی‌متری خاک به دما در شرایط تاریکی در طی زمان

Figure 13- Fate of corn buttercup seeds extracted from a 20 cm depth of soil to temperature under dark conditions over time
* میله‌ها نشان‌دهنده خطای معیار میانگین می‌باشد.

* the Bars indicate standard error of mean.

نتیجه‌گیری

سطحی جلوگیری کند. در صورت لزوم خاک‌ورزی، می‌توان از روش تهیه بستر بذر دروغین^۱ استفاده کرد؛ به این صورت که زمین قبل از کاشت کلزا آبیاری و شخم سطحی زده شود تا موج اصلی علف‌های هرز جوانه بزنند و سپس با یک علف‌کش عمومی یا شخم بسیار سطحی از بین بروند. علاوه بر این، باید مبارزه شیمیایی (استفاده از علف‌کش‌های پیش‌رویشی یا پس‌رویشی) را دقیقاً برای بازه زمانی اوج جوانه‌زنی آلاله وحشی (آبان، آذر و دی ماه) برنامه‌ریزی کرد تا

براساس نتایج این تحقیق، مدیریت مؤثر علف هرز آلاله وحشی در مزارع کلزا باید براساس بهره‌برداری از نقاط ضعف بیولوژیکی آن، یعنی نیاز به نور و امکان جوانه‌زنی محدود آن در برخی ماه‌های فصل پاییز و اوایل زمستان استوار باشد. از آنجایی که جوانه‌زنی نیازمند نور است، هرگونه عملیات خاک‌ورزی در بهار که بذر را به سطح خاک بیاورد باعث تحریک موج جوانه‌زنی می‌شود. بنابراین، استفاده از نظام‌های کشاورزی حفاظتی (کم‌خاک‌ورزی یا بی‌خاک‌ورزی) می‌تواند با به حداقل رساندن اختلال در خاک، از تحریک جوانه‌زنی بذر

بیشترین تأثیر را داشته باشد. پس از استقرار گیاهان زراعی مختلف از جمله کلزا، رشد سریع و سایه‌اندازی مطلوب بوته‌های آن می‌تواند به‌طور طبیعی از جوانه‌زنی بذرهای باقی‌مانده که به نور نیاز دارند، جلوگیری کرده و به مهار این علف هرز کمک کند.

References

- Akbari- Gelevardi, A., Siahmarguee, A., Ghaderi-Far, F., & Gherekhloo, J. (2021). The effect of environmental and management factors on seed germination and seedling emergence of Asian spiderflower (*Cleome viscosa* L.). *Weed Research*, 61(5), 350-359. <https://doi.org/10.1111/wre.12493>.
- Asgarpour, R., Ghorbani, R., Khajeh-hosseini, M., & Mohamadvand, E. (2015). Germination of spotted spurge (*Chamaesyce maculata*) seeds in response to different environmental factors. *Weed Science*, 63(2), 502-10. <https://doi.org/10.1614/WS-D-14-00162.1>.
- Atabaki, Z. M., Gherekhloo, J., Ghaderi-Far, F., Ansari, O., Hassanpour-Bourkheili, S., & Prado, R. D. (2023). The effect of environmental factors on seed germination and emergence of cut leaf geranium. *Advanced Weed Science*, 41, e020230006. <https://doi.org/10.51694/AdvWeedSci/2023;41:00005>.
- Bakker, J. P., Poschlod, P., Strykstra, R. J., Bekker, R. M., & Thompson, K. (1996). Seed banks and seed dispersal: Important topics in restoration ecology. *Acta Botanica Neerlandica*, 45(4), 461-490. <https://doi.org/10.1111/j.1438-8677.1996.tb00806.x>
- Baskin, J. M., & Baskin, C. C. (2014). *Seeds: Ecology, Biogeography, and Evolution of Dormancy and Germination*, 2nd edition. San Diego, CA, USA: Academic Press. 1600p.
- Bentsink, L., & Koornneef, M. (2008). Seed dormancy and germination. *The Arabidopsis Book/American Society of Plant Biologists*, 6, e0119. <https://doi.org/10.1199/tab.0119>
- Benvenuti, S. (2003). Soil texture involvement in germination and emergence of buried weed seeds. *Agronomy Journal*, 95(1), 191-198. <https://doi.org/10.2134/agronj2003.1910>
- Bird, A. E. (2006). Thermal methods and comparative seed longevity in the genus *Ranunculus* L. PhD Thesis, School of Biological and Chemical Sciences, Birkbeck College, University of London.
- Buijs, G., Vogelzang, A., Nijveen, H., & Bentsink, L. (2020). Dormancy cycling: Translation-related transcripts are the main difference between dormant and non-dormant seeds in the field. *The Plant Journal*, 102(2), 327-339. <https://doi.org/10.1111/tpj.14626>
- Carta, A., Bedini, G., Foggi, B., & Probert, R. J. (2012). Laboratory germination and seed bank storage of *Ranunculus peltatus* subsp. *baudotii* seeds from the Tuscan Archipelago. *Seed Science and Technology*, 40(1), 11-20. <https://doi.org/10.15258/sst.2012.40.1.02>
- Chapman, T., Pocock, S., & Davies, R. (2018). Propagation Protocols for 10 Threatened Cornfield Annuals. Conservation Science, Royal Botanic Gardens (RBG) Kew, 58p .
- Chauhan, B. S., & Johnson, D. E. (2009). Influence of tillage systems on weed seedling emergence pattern in rainfed rice. *Soil Tillage Research*, 106, 15-21. <https://doi.org/10.1016/j.still.2009.10.004>.
- Chauhan, B. S., Gill, G. S., & Preston, C. (2006). Tillage system effects on weed ecology, herbicide activity and persistence: A review. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 46(12), 1557-1570. <https://doi.org/10.1071/ea05291>
- Chauhan, B. S., & Johnson, D. E. (2010). Growth and reproduction of Jungle rice (*Echinochloa Colona*) in response to water stress. *Weed Science*, 58, 132-135. <https://doi.org/10.1614/WS-D-09-00016.1>
- Christenhusz, M. J. M., & Byng, J. W. (2016). The number of known plants species in the world and its annual increase. *Phytotaxa*, 261(3), 201-217. <https://doi.org/10.11646/phytotaxa.261.3.1>
- Collette, J. C., & Ooi, M. K. J. (2020). Evidence for physiological seed dormancy cycling in the woody shrub *Asterolasia buxifolia* and its ecological significance in fire-prone systems. *Plant Biology*, 22(4), 745-749. <https://doi.org/10.1111/plb.13105>
- Delnavaz Hashemloian, B., & Ataei Azimi, A. (2009). Alien & exotic Azolla in northern Iran. *African Journal of Biotechnology*, 8(2), 187-190.
- Derakhshan, A., Ghorbanpour, E., Sancholi, A., & Kamkar, B. (2003). Factors affecting junglerice (*Echinochloa colonum* L.) seed germination and seedling emergence. *Weed Research Journal*, 5(1), 1-15. (In Persian).
- Douglas, D. B., Hartzler, G. R., & Forcella, F. (2001). Implications of weed seed bank dynamics to weed managements. *Weed Science*, 45(3), 329-336. <https://doi.org/10.1017/S0043174500092948>.
- Elahi Fard, E., & Derakhshan, A. (2006). Quantifying the effect of osmotic and salt stress on germination of Egyptian spinach (*Corchorus olitorius* L.) and Asian spiderflower (*Cleome viscosa* L.). *Iranian Journal of Seed Science*

and Research, 3(3), 105-115. (In Persian) <https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.24763780.1395.3.3.9.7>.

Fenner, M. (2000). Seeds the Ecology of Regeneration in Plant Communities. CABI Publishing. New York, USA, 410 p.

Footitt, S., Huang, Z., Clay, H. A., Mead, A., & Finch-Savage, W. E. (2013). Temperature, light and nitrate sensing coordinate *Arabidopsis* seed dormancy cycling, resulting in winter and summer annual phenotypes. *The Plant Journal*, 74(6), 1003-1015. <https://doi.org/10.1111/tpj.12186>

Guja, L. K., Merritt, D. J., & Dixon, K. W. (2010). Buoyancy, salt tolerance and germination of coastal seeds: Implications for oceanic hydrochorous dispersal. *Functional plant Biology*, 37, 1175-1186. <https://doi.org/10.1071/FP10166>.

Gull, R., Bhat, M. A., Sheikh, T. A., Wani, F. J., Mir, S. A., & Bhat, M. A. (2024). Performance of wheat (*Triticum aestivum* L.) as affected by different densities of *Ranunculus* spp. under temperate conditions of Kashmir valley, India. *Journal of Scientific Research and Reports*, 30(12), 81-88. <https://doi.org/10.9734/jsrr/2024/v30i122652>

Harper, J. L. (1977). The Population Biology of Plants. Academic Press, London, United Kingdom, 892 pp.

Khakzad, R., & Deihimfard, R. (2022). An overview of modeling weed seedbank dormancy and germination. *Journal of Novel Research on Plant Protection*, 11, 45-60. (In Persian).

Karssen, C. M. (1982). Seasonal patterns of dormancy in weed seeds. In: A. A. Khan (Ed). The Physiology and Biochemistry of Seed Development, Dormancy and Germination. Elsevier, Amsterdam. pp. 243-270.

Klupczyńska, E. A., & Pawłowski, T. A. (2021). Regulation of seed dormancy and germination mechanisms in a changing environment. *International Journal of Molecular Sciences*, 22(3), 1357. <https://doi.org/10.3390/ijms22031357>.

Leguizamón, E. S., & Roberts, H. A. (1982). Seed production by an arable weed community. *Weed Research*, 22, 35-39. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3180.1982.tb00141.x>

Li, X. H., Li, X. H., Jiang, D. M., & Liu, Z. (2006). Germination strategies and patterns of annual species in the temperate semiarid region of China. *Arid Land Research and Management*, 20(3), 195-207. <https://doi.org/10.1080/15324980600705651>

Liu, W., Bai, S., Zhao, N., Jia, S., Li, W., Zhang, L., & Wang, J. (2018). Non-target site-based resistance to tribenuron-methyl and essential involved genes in *Myosoton aquaticum* (L.). *BMC Plant Biology*, 18(1), 225. <https://doi.org/10.1186/s12870-018-1451-x>.

Mahmood, A. H., Florentine, S. K., Chauhan, B. S., McLaren, D. A., Palmer, G. C., & Wright, W. (2016). Influence of various environmental factors on seed germination and seedling emergence of a noxious environmental weed: green galenia (*Galenia pubescens*). *Weed Science*, 64(3), 486-494. <https://doi.org/10.1614/WS-D-15-00184.1>

Mamashli, S., Siahmarguee, A., & Ghaderi-Far, F. (2025). Seed persistence of Asian spiderflower (*Cleome viscosa* L.) in the soil seed bank. *Iranian Plant Protection Research*, 39(2), 181-198. (In Persian). <https://doi.org/10.22067/JPP.2024.90116.1206>.

Nasiri, S., Yousofi, M., & Haerinasab, M. (2021). Genetic variation of *Prosopis juliflora* in Khuzestan province by CDDP method. *The Journal of Plant Research*, 34(1), 220-234. (In Persian). <https://doi.org/20.1001.1.23832592.1400.34.1.14.1>.

Nazer-Kakhki, S. H., Minbashi, M., Moeini, M. R., & Kamel, M. (2011). Preparing a weed distribution map using a geographic information system (GIS) and examining their population indices in rainfed wheat fields in Zanjan province. The 4th Iranian Weed Science Conference, Ahvaz, Iran. (In Persian).

Norsworthy, J. K., & Oliveira, M. J. (2007). Role of light quality and temperature on Pitted Morningglory (*Ipomoea lacunosa*) germination with after-ripening. *Weed Science*, 55(2), 111-118. <https://doi.org/10.1614/WS-06-137.1>

Onwuka, B., & Mang, B. J. A. P. A. R. (2018). Effects of soil temperature on some soil properties and plant growth. *Advanced of Plants Agricultural Reserach*, 8(1), 34-37. <https://doi.org/10.15406/apar.2018.08.00288>

Oskouei, B., & Sheidaei, S. (2017). Seed deterioration. *Iranian Journal of Seed Sciences and Research*, 4(3), 125-143. (In Persian). <https://doi.org/10.22124/JMS.2017.2512>

Pausas, J. G., Lamont, B. B., Keeley, J. E., & Bond, W. J. (2022). Bet-hedging and best-bet strategies shape seed dormancy. *The New Phytologist*, 236(4), 1232. <https://doi.org/10.1111/nph.18436>

Pawłowski, T. A., Bujarska-Borkowska, B., Suszka, J., Tylkowski, T., Chmielarz, P., Klupczyńska, E. A., & Staszak, A.M. (2020). Temperature regulation of primary and secondary seed dormancy in *Rosa canina* L.: Findings from proteomic analysis. *International Journal of Molecular Sciences*, 21(19), 7008. <https://doi.org/10.3390/ijms21197008>

Rolletschek, H., Borisjuk, L., Gómez-Álvarez, E. M., & Pucciariello, C. (2025). Advances in seed hypoxia research. *Plant Physiology*, 197(1), kiae556. <https://doi.org/10.1093/plphys/kiae556>.

Sadeghi Pasvisheh, R. (2016). Azolla: an invasive fern in wetlands (Iran). LAP LAMBERT Academic Publishing, Saarbrücken, Germany. 72 pp.

- Schutz, W., Milberg, P., & Lamont, B. (2002). Seed dormancy, after-rpening and light requirement of four annual Asteraceae in South-western Australia. *Annals of Botany*, 90, 707-714. <https://doi.org/10.1093/aob/mcf250>
- Siahmarguee, A., Gorgani, M., Ghaderifar, F., & Asgarpour, R. (2020). Germination ecology of Ivy-leaved morning glory: An invasive weed in soybean fields-Iran. *Planta Daninha*, 38, e020196227. <https://doi.org/10.1590/S0100-83582020380100027>
- Siahmarguee, A., Taheri, M., Ghaderifar, F., & Torabi, B. (2022). Ecology of seed germination and emergence of common morning-glory (*Ipomoea purpurea* L.): Invasive weed in Golestan province. *Journal of Plant Production Reseach*, 29(2), 221-240. (In Persian).
- Singh, S., & Singh, M. (2009). Effect of temperature, light and pH on germination of twelve weed species. *Indian Journal of Weed Science*, 41(3&4), 113-126.
- Soltani, A., Galeshi, S., Zeinali, E., & Latifi, N. (2002). Germination, seed reserve utilization and seedling growth of chickpea as affected by salinity and seed size. *Seed Science and Technology*, 30, 51-60.
- Soltani, E., Baskin, C. C., Baskin, J. M., Soltani, A., Galeshi, S., Ghaderi-Far, F., & Zeinali, E. (2016). A quantitative analysis of seed dormancy and germination in the winter annual weed *Sinapis arvensis* (Brassicaceae). *Botany*, 94(4), 289-300.
- Taheri, M., Gherekhloo, J., Sohrabi, S., Siahmarguee, A., & Hassanpour-Bourkheili, S. (2024). Sea barley (*Hprdeum marinum*) seed germination ecology and seedling emergence. *Acta Botanica Hungarica*, 66(1-2), 119-134. <https://doi.org/10.1556/034.66.2024.1-2.8>
- Thompson, K., & Grime, J. P. (1983). A comparative study of germination responses to diurnally-fluctuating temperatures. *Journal of Applied Ecology*, 20(1), 141-156.
- Thompson, K., & Grime, J. P. (1979). Seasonal variation in the seed banks of herbaceous species in ten contrasting habitats. *The Journal of Ecology*, 67, 893-921. <https://doi.org/10.2307/2259220>
- Wilson, P., & King, M. (2003). *Arable Plants: A Field Guide*. Wild Guides. 312pp.
- Younesabadi, M., Faez, R., Ghaderifar, F., Savarinejad, A. R., & Kashiri, H. A. (2018). Weed seed bank survey in cotton fields of Golestan province. *Iranian Journal of Cotton Reserches*, 6(1), 65-80. (In Persian). <https://doi.org/10.22092/IJCR.2018.117932>

Contents

Study of the Effect of some Fungal and Bacterial Probiotics for Biological Control of the Two-Spotted Spider Mite, <i>Tetranychus urticae</i> Koch (Acari: Tetranychidae), on Six Bean (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) Cultivars under Greenhouse Conditions	527
A. A. Kazemi, N. Moeini Naghadeh, A. Hosseininia, R. Sharifi	
The Effects of Essential oils Extracted from Five Medicinal Plants on the Greenhouse whitefly (<i>Trialeurodes vaporariorum</i> (Hemiptera: Aleyrodidae)) under Laboratory Conditions	539
N. Kianpoor, H. A. Vahedi, M. R. Bagheri, M. A. Samih, Z. Saeidi, Z. Emami Bistgani	
Calculating the Economic Injury Level (EIL) of the Cabbage Aphid, <i>Brevicoryne brassicae</i> L. (Hem.: Aphididae) on Rapeseed (<i>Brassica napus</i> L.) cv. Hydromel	553
H. Noori, M. Forouzan	
Comparison of Efficiency of the Predatory Mite <i>Neoseiulus californicus</i> (Acari: Phytoseiidae) Reared on Several Plant Pollens	565
M. Rezaie	
Evaluation of Some Beneficial <i>Streptomyces</i> Isolates for Reducing Pathogenicity Indices in the Tomato - <i>Meloidogyne javanica</i> Pathosystem	579
M. Ashnaei, E. Mahdikhani-Moghadam, S. Baghaee-Ravari	
Mixed Application of some Herbicides With Organic and Inorganic Base Fertilizers in Saffron (<i>Crocus sativus</i> L.)	593
M. Abbaspoor	
Investigating the Persistence of Corn Buttercup (<i>Ranunculus arvensis</i> L.) Seeds in Seed Bank: The New Challenge of Rapeseed (<i>Brassica napus</i>) Fields in Golestan Province	615
M. Torrik, A. Siahmarguee, F. Ghaderi-Far	

Iranian Plant Protection Research

(AGRICULTURAL SCIENCES AND TECHNOLOGY)

Vol . 40

No. 2

2026

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: Sadeghi Nameghi, H. (Entomology) Prof. Ferdowsi University of Mashhad

Editorial Board:

Izadi Darbandi, E.	Weed Science	Prof. Ferdowsi University of Mashhad.
Etesami, H	Soil biology and biotechnology	Asso. Prof. University of Tehran.
Baghaee Ravari ,S	Plant Pathology	Asso. Prof. Ferdowsi University of Mashhad.
Pourjam, E.	Plant Pathology	Prof. Tarbiat Modarres University.
Hosseini, M.	Agricultural Entomology	Asso. Prof. Ferdowsi University of Mashhad.
Hajiboland, R	Plant physiology	Prof. University of Tabriz
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
Mahdikhani Moghadam, E	Plant Pathology	Prof. Ferdowsi University of Mashhad.
Mehrvar, M	Plant Virology	Asso. Prof. Ferdowsi University of Mashhad.
Tarasco, Estacu	Entomology	Asso. Prof. University of Bari Aldo Moro - Italia
Rashed- Mohassel, A.	Insect Ecology	Assistant prof. Erzurum Teknik University
Derviş, Sibel	Plant Pathology	Post-Doctoral Research Associate ,Texas A&M AgriLife Extension Service
Lahlali, Rachid	Phytopathology & Microbiology	Prof. Artoklomodardın University, Türkiye
Vera Cruz, Casiana	Plant Pathology	Asso. Prof. National School of Agriculture of Meknes (ENAM), Morocco
		Prof. International Rice Research InstituteThis link is disabled., Makati, Philippines

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/>

Contents

- Study of the Effect of some Fungal and Bacterial Probiotics for Biological Control of the Two-Spotted Spider Mite, *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae), on Six Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) Cultivars under Greenhouse Conditions** 527
A. A. Kazemi, N. Mocini Naghadeh, A. Hosseiniinia, R. Sharifi
- The Effects of Essential oils Extracted from Five Medicinal Plants on the Greenhouse whitefly (*Trialeurodes vaporariorum* (Hemiptera: Aleyrodidae)) under Laboratory Conditions** 539
N. Kianpoor, H. A. Vahedi, M. R. Bagheri, M. A. Samih, Z. Saeidi, Z. Emami Bistgani
- Calculating the Economic Injury Level (EIL) of the Cabbage Aphid, *Brevicoryne brassicae* L. (Hem.: Aphididae) on Rapeseed (*Brassica napus* L.) cv. Hydromel** 553
H. Noori, M. Forouzan
- Comparison of Efficiency of the Predatory Mite *Neoseiulus californicus* (Acari: Phytoseiidae) Reared on Several Plant Pollens** 565
M. Rezaie
- Evaluation of Some Beneficial *Streptomyces* Isolates for Reducing Pathogenicity Indices in the Tomato - *Meloidogyne javanica* Pathosystem** 579
M. Ashnaei, E. Mahdikhani-Moghadam, S. Baghaee-Ravari
- Mixed Application of some Herbicides With Organic and Inorganic Base Fertilizers in Saffron (*Crocus sativus* L.)** 593
M. Abbaspoor
- Investigating the Persistence of Corn Buttercup (*Ranunculus arvensis* L.) Seeds in Seed Bank: The New Challenge of Rapeseed (*Brassica napus*) Fields in Golestan Province** 615
M. Torrik, A. Siahmarguee, F. Ghaderi-Far