



عنوان مقالات

۳ بررسی کارایی قارچ کش پروفایلو در کنترل بیماری سفیدک کرکی انگور با عامل *Plasmopara viticola*
حسین خباز جلفایی - حجت اله ربانی نسب - امیر ارجمندیان

معرفی روش مؤثر کاهش آلودگی قارچی در پرورش کنه شکارگر
۱۷ *Amblyseius swirskii* (Athias-Henriot)(Acari:Phytoseiidae)
اصغر حسینی نیا - حسین بیات

تأثیر رژیم غذایی روی چند مولفه فیزیولوژیک و زیستی شب‌پره هندی
۲۷ *Plodia interpunctella* (Lepidoptera: Pyralidae)
الهام محجل فرشایف - رضا فرشایف پورآباد - شبنم عاشوری

تأثیر آلودگی بنه زعفران به قارچ‌های خاکزاد بر زیست‌شناسی، رفتار و توانایی خسارت‌زایی کنه
۳۹ *Rhizoglyphus robini* Claparede (Acari: Astigmata)
علیرضا امیری جامی

بهبودسازی کارایی علف‌کش ای‌پی‌تی‌سی در کنترل علف‌های هرز توتون با بهره‌گیری از فرمولاسیون
۵۱ میکروکپسول و ماده افزودنی تداوم‌بخش
احمد رهبری - ابراهیم ایزدی دربندی - محمد حسن راشد محصل - غلامحسین ظهوری - اسکندر زند

بررسی کارایی علف‌کش مخلوط آماده کلودینافوپ پروپارژیل + متری‌بوزین در مقایسه با علف‌کش‌های
۶۱ ثبت شده در کنترل علف‌های هرز گندم (*Triticum aestivum*) در فارس
ابراهیم ممنوعی - محمد رضا کرمی نژاد - مهدی مین باش معینی - علی رضا عسکری کلاستانی

تأثیر کاربرد اتال‌فلورالین، ایمازتاپیر و متری‌بوزین بر همزیستی بین سویا و باکتری
۷۹ اکبر علی وردی - زینب میرجانی

اثر منابع کودی نیتروژن بر رشد، عملکرد و توانایی تحمل رقابتی کینوا (*Chenopodium quinoa* Willd)
۹۱ در تراکم‌های مختلف تاج‌خروس (*Amaranthus retroflexus*)
اعظم مهرگان نیا - سید عبدالرضا کاظمینی

Contents

Investigation on the Efficacy of Profiler® Fungicide in Grape Downy Mildew Control Caused by <i>Plasmopara viticola</i> H. Khabbaz Jolfaee, H. Rabbani Nasab, A. Arjmandian	1
Introducing an Effective Method to Reduce Fungal Infection in Mass Rearing Predatory Mites <i>Amblyseius swirskii</i> (Athias-Henriot) (Acari: Phytoseiidae)..... A. Hosseiniinia, H. Bayat	15
Effect of Diet on Some Physiological and Biological Parameters of Indian meal moth, <i>Plodia interpunctella</i> (Lepidoptera: Pyralidae)..... E. Mohajjel Farshbaf, R. Farshbaf Pourabad, Sh. Ashouri	25
On the Role of Saffron Bulb Infection to Soil Born Fungi on Biology, Behavior and Damage of Bulb Mite <i>Rhizoglyphus robini</i> Claparede (Acari: Astigmata) A. Amiri-Jami	37
Improving the Efficiency of EPTC Herbicide in Tobacco Weed Control by Microcapsule Formulation and Herbicide Extender A. Rahbari, E. Izadi Darbandi, M.H. Rashed Mohassel, G. Zohuri, E. Zand	49
Evaluation of Ready-Mix herbicide Efficiency of Clodinafop Propargil+ Metribuzin in Comparison with Registered Herbicides in Weed Control of Wheat (<i>Triticum aestivum</i>) in Fars E. Mamnoie, M.R. Karaminejad, M. Minbash Moeini, A.R. Askari Kelestani	59
Application Effect of Ethalfuralin, Imazethapyr, and Metribuzin on Symbiosis of Soybean and Rhizobium A. Aliverdi, Z. Mirjani	77
Effect of Nitrogen Fertilizer Sources on Growth, Yield and Ability to Withstand Competition of Quinoa (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd) in Different Red Root Pigweed (<i>Amaranthus retroflexus</i>) Densities A. Mehregannia, S.A. Kazemeini	89

نشریه پژوهش های حفاظت گیاهان ایران

(علوم و صنایع کشاورزی)

با شماره پروانه 21/2015 و درجه علمی - پژوهشی شماره 26524 از وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
68/4/11 73/10/19

بهار 1402

شماره 1

جلد 37

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

صاحب امتیاز: دانشگاه فردوسی مشهد

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

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

اعضای هیئت تحریریه:

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

ناشر: دانشگاه فردوسی مشهد

نشانی: مشهد - کد پستی 91775 صندوق پستی 1163

دانشکده کشاورزی - دبیرخانه نشریات علمی

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

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

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

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

مندرجات

- 3 بررسی کارایی قارچ کش پروفاپلر در کنترل بیماری سفیدک کرکی انگور با عامل *Plasmopara viticola*
حسین خباز جلفایی - حجت اله ربانی نسب - امیر ارجمندیان
- 17 معرفی روش مؤثر کاهش آلودگی قارچی در پرورش کنه شکارگر
Amblyseius swirskii (Athias-Henriot) (Acari: Phytoseiidae)
اصغر حسینی نیا - حسین بیات
- 27 تأثیر رژیم غذایی روی چند مولفه فیزیولوژیک و زیستی شب پره هندی *Plodia interpunctella* (Lepidoptera: Pyralidae)
الهام محجل فرشباغ - رضا فرشباغ پورآباد - شبنم عاشوری
- 39 تأثیر آلودگی بنه زعفران به قارچ‌های خاکزاد بر زیست‌شناسی، رفتار و توانایی خسارت‌زایی کنه *Rhizoglyphus robini*
Claparede (Acari: Astigmata)
علیرضا امیری جامی
- 51 بهینه‌سازی کارآیی علف‌کش ای‌بی‌تی‌سی در کنترل علف‌های هرز توتون با بهره‌گیری از فرمولاسیون میکروکپسول و ماده افزودنی
تداوم‌بخش
احمد رهبری - ابراهیم ایزدی دربندی - محمد حسن راشد محصل - غلامحسین ظهوری - اسکندر زند
- 61 بررسی کارایی علف‌کش مخلوط آماده کلودینافوپ پروپارژیل + متری‌بوزین در مقایسه با علف‌کش‌های ثبت شده در کنترل
علف‌های هرز گندم (*Triticum aestivum*) در فارس
ابراهیم ممنوعی - محمدرضا کرمی نژاد - مهدی مین‌باش معینی - علی رضا عسکری کلستانی
- 79 تأثیر کاربرد ائال‌فلورالین، ایماز‌تاپیر و متری‌بوزین بر همزیستی بین سویا و باکتری
اکبر علی وردی - زینب میرجانی
- 91 اثر منابع کودی نیتروژن بر رشد، عملکرد و توانایی تحمل رقابتی کینوا (*Chenopodium quinoa* Willd) در تراکم‌های مختلف
تاج‌خروس (*Amaranthus retroflexus*)
اعظم مهرگان نیا - سید عبدالرضا کاظمینی



Investigation on the Efficacy of Profiler® Fungicide in Grape Downy Mildew Control Caused by *Plasmopara viticola*

H. Khabbaz Jolfaee¹, H. Rabbani Nasab^{2*}, A. Arjmandian³

Received: 22-05-2022
Revised: 08-01-2023
Accepted: 23-01-2023
Available Online: 23-01-2023

How to cite this article:

Khabbaz Jolfaee, H., Rabbani Nasab, H., & Arjmandian, A. (2023). Investigation on the efficacy of Profiler® fungicide in grape downy mildew control caused by *Plasmopara viticola*. *Journal of Iranian Plant Protection Research* 37(1): 1-10. (In Persian with English abstract).
<http://doi.org/10.22067/jpp.2023.76753.1093>

Introduction

Downy mildew disease caused by *Plasmopara viticola* (Berk. & Curt.) Berl. & Toni is one of the most important diseases of vine. Especially in wet areas, it causes qualitative and quantitative damage to the crop. Although all green parts of the grapevine are susceptible, the first symptoms of downy mildew of grapes are usually seen on the leaves as soon as 5 to 7 days after infection. Foliar symptoms appear as yellow circular spots with an oily appearance (oilspots). Young oilspots on young leaves are surrounded by a brownish-yellow halo. This halo fades as the oilspot matures. The spots are yellow in white grape varieties and red in some red grape varieties (e.g., Ruby Red). Under favorable weather conditions, large numbers of oilspots may develop and coalesce to cover most of the leaf surface. After suitably warm, humid nights, a white downy fungal growth (sporangia) will appear on the underside of the leaves and other infected plant parts. The disease gets its name "downy mildew" from the presence of this downy growth. In late summer and early fall, the diseased leaves take on a tapestry-like appearance when the growth of the pathogen is restricted by the veinlets. Confirmation of active downy mildew is made by the "bag test." To do this test, seal suspect diseased leaves and/or fruit bunches in a moistened (not wet) plastic bag and incubate in a warm (13-28°C), dark place overnight. Look for fresh, white downy sporulation beneath suspect oilspots or on shoots or fruit bunches. Note that mature berries, although they may be symptomatic and harbor the pathogen, may not support sporulation even when provided with ideal conditions. Infected parts of young fruit bunches turn brown, wither, and die rapidly. If infections occur on the young bunch stalk, the entire inflorescence may die. Developing young berries will either die or, if between 3 and 5 mm in diameter, become discolored. Berries become resistant to infection within 2-3 week after bloom, although all parts of the rachis may remain susceptible 2 months after bloom. The pathogen survives the winter period as oospores embedded in dead leaves and other host tissue on the vineyard floor. Oospores may be released from the decaying plant material on the soil surface. Oospores typically produce sporangia. These sporangia, in turn, produce zoospores. Sporangia and zoospores are splashed by rain or carried by wind to the lower leaves and tissues of the grapevines. The conditions necessary for oospore germination are wet soils with

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

2- Assistant Professor of Plant Protection Research Department, Agricultural and Natural Resources Research and Education Centre of Golestan province, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Gorgan, Iran

(*- Corresponding Author Email: h.rabbani@areeo.ac.ir)

3- Instructor of Plant Protection Research Department, Agricultural and Natural Resources Research and Education Centre of Hamadan province, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Hamadan, Iran

DOI: [10.22067/jpp.2023.76753.1093](https://doi.org/10.22067/jpp.2023.76753.1093)

temperatures above 10°C. Sporangia for secondary infections are produced on sporangiophores that emerge through stomata of infected leaves and other grapevine tissues. Sexual reproduction occurs towards the end of the season. The resulting oospores are thick-walled and serve as survival spores.

Materials and Methods

The experiment was conducted in grape orchards located in Hamadan, Bojnourd, and Faruj, which had a history of Downey mildew. Different cultivars of grapes were selected for the experiment. The experimental design used was a randomized complete block design (RCBD) with 8 treatments and 4 replications. The control treatments included plots without any spraying and plots sprayed with water. The remaining treatments involved the application of specific treatments at three different stages. The first spraying was done before flowering, the second spraying after fall petals, and the third spraying 10 days after the second spray. Ten days after the final spraying, samples were collected from the grape leaves, and the percentage of disease incidence and disease severity were calculated. The data obtained for disease incidence and severity were analyzed using statistical software, such as SAS, and the means of these traits were compared using Duncan's multiple range test at a significance level of one percent. This test helps determine significant differences between the treatment means.

Results and Discussion

The analysis of variance conducted on the data obtained from the evaluation of treated grape leaves revealed a statistically significant effect of the treatments on reducing the percentage of disease severity and disease incidence. Among the treatments, Profiler® at concentrations of 3 ml L⁻¹, 2.5 ml L⁻¹, and 1 ml L⁻¹, Mishocap® at 3 ml L⁻¹, and Captan at 3 ml L⁻¹ demonstrated high efficiency in controlling grape Downey mildew disease. The new fungicide Profiler® at a concentration of 3 ml L⁻¹ exhibited an efficacy of 94% in Hamadan, 67% in Bojnourd, and 47% in Faruj. Profiler® at a concentration of 2.5 ml L⁻¹ had slightly lower efficacy, but the difference was not statistically significant compared to Profiler® at 3 ml L⁻¹. Interestingly, the control treatments, including water spraying and no spraying, did not show a significant difference in disease control compared to the treated plots. These results indicate that Profiler® at appropriate concentrations and Mishocap® and Captan at their recommended concentrations can be effective options for controlling grape Downey mildew disease.

Conclusion

Because both Profiler® 3 and 2.5 ml L⁻¹ concentrations are effective in controlling the disease, therefore in order to protect the health of the consumer and the environment as well as reduction in costs, the preferred dose is 2.5 ml L⁻¹.

Keywords: Chemical control, Fozetyl-aluminum + fluopicolide, Fungicide, Resistance, Vine

بررسی کارایی قارچ کش پروفایلر در کنترل بیماری سفیدک کرکی انگور با عامل

*Plasmopara viticola*حسین خباز جلفایی^۱ - حجت اله ربانی نسب^{۲*} - امیر ارجمندیان^۳

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۳/۰۱

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۱/۱۰/۱۸

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۱/۰۳

چکیده

بیماری سفیدک کرکی با عامل *Plasmopara viticola* (Berk. & Curt.) Berl. & Toni یکی از بیماری‌های مهم انگور است که به‌ویژه در مناطق مرطوب، خسارت کمی و کیفی زیادی به این محصول وارد می‌کند. در بررسی حاضر کارایی قارچ کش سیستمیک فوزتیل-آلومینیوم + فلوپیکولید (پروفایلر[®] WG ۷۱/۱٪) در مقایسه با قارچ کش‌های کاپتان (کاپتان[®])، اکسی کلرور مس (میشوکاپ[®]) و زینب (دیتان زد-۷۸[®]) برای کنترل سفیدک کرکی انگور مورد بررسی قرار گرفت. آزمایش در استان‌های خراسان شمالی (در دو منطقه) و همدان در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۸ تیمار و هر تیمار در ۴ تکرار اجرا شد. تیمارهای شاهد شامل تیمار با آب‌پاشی و تیمار بدون آب‌پاشی بودند. سم‌پاشی در سه نوبت (نوبت اول: قبل از شروع گل‌دهی، نوبت دوم: پس از ریزش گلبرگ‌ها و تشکیل میوه، نوبت سوم: ۱۰ روز بعد از نوبت دوم) انجام شد. پس از گذشت ۱۰ روز از آخرین سم‌پاشی، درختچه‌های تیمار شده بررسی و نمونه‌برداری از برگ‌ها صورت گرفت. ده روز پس از آخرین سم‌پاشی، درصد وقوع بیماری و درصد شدت بیماری محاسبه گردید و در برنامه آماری SAS مورد تجزیه واریانس قرار گرفتند. نتایج نشان داد که قارچ کش جدید پروفایلر با غلظت ۳، ۲/۵ و ۲ در هزار، میشوکاپ ۳ در هزار و کاپتان ۳ در هزار طی سه نوبت سم‌پاشی از کارایی قابل قبولی در کنترل بیماری سفیدک کرکی مو برخوردار بودند. کارایی قارچ کش پروفایلر در دز ۳ در هزار در سه منطقه همدان، بجنورد و فاروج به ترتیب ۹۴، ۶۷ و ۴۷ درصد بوده و بیشترین اثربخشی را در بین همه تیمارها داشتند. هرچند کارایی آن با سایر دزهای پروفایلر تفاوت معنی‌دار نداشت بنابراین برای حفاظت از سلامت کشاورزان و محیط زیست و همچنین کاهش هزینه‌ها در مجموع دز ۲/۵ در هزار پروفایلر برای کنترل بیماری سفیدک کرکی مو توصیه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: تاک، فوزتیل-آلومینیوم + فلوپیکولید، قارچ کش، کنترل شیمیایی، مقاومت

مقدمه

انگور یکی از مهمترین محصولات باغی در ایران به شمار می‌رود. سطح زیرکشت انگور در کشور حدود ۲۹۰ هزار هکتار می‌باشد و سالانه بیش از ۳ میلیون تن محصول، از این اراضی برداشت می‌گردد (Anonymous, 2016). سفیدک کرکی با عامل *Plasmopara viticola* (Berk. & Curt.) Berl. & Toni یکی از مخرب‌ترین بیماری‌های انگور در جهان است به خصوص در کشورهایی که در شرایط مرطوب تاستان احداث می‌شود (Brown et al., 1999). مهم‌ترین مشکل در سفیدک کرکی، پیری زودرس برگ‌های جوان است که باعث کاهش ذخیره انرژی در گیاه شده و می‌تواند به آسیب زمستانی و مرگ گیاه منجر شود (Brown et al., 1999). قارچ *P. viticola* اولین بار در سال ۱۸۳۴ از شمال شرق آمریکا و در سال

۱- استادیار پژوهش موسسه تحقیقات گیاهپزشکی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

۲- استادیار پژوهش بخش تحقیقات گیاهپزشکی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، گرگان، ایران

(*)- نویسنده مسئول: (Email: h.rabbani@areeo.ac.ir)

۳- مربی پژوهش بخش تحقیقات گیاهپزشکی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان همدان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، همدان، ایران

۱۸۷۸ از اروپا جمع‌آوری شد (Gregory, 1915). دمای ۱۰ تا ۲۳ درجه سانتی‌گراد یا ۲۳ تا ۲۷ درجه سانتی‌گراد به همراه رطوبت نسبی بالای ۸۰ درصد بهترین شرایط برای رشد *P. viticola* می‌باشد (Kadam et al., 2014). رایج‌ترین شیوه برای کنترل بیماری سفیدک کرکی استفاده از قارچ‌کش‌های محافظتی (preventative) و درمان کننده (curative) است. ترکیبات مسی مثل مخلوط بردو اولین ترکیب شیمیایی بودند که در سال ۱۸۸۵ برای کنترل سفیدک کرکی انگور معرفی شدند (Wicks, 1980). سپس کاپتان و دی‌تیوکاربامات‌ها مثل زیرام، زینب و مانب مطرح شدند. کارایی کاپتان بهتر از مخلوط بردو و کارایی قارچ‌کش‌های زیرام، زینب و مانب مشابه مخلوط بردو بود ولی احتمال گیاه‌سوزی به دنبال مصرف این قارچ‌کش‌ها بر خلاف ترکیبات مسی از بین رفت به همین دلیل در بین مردم رواج یافتند. سپس کارایی سایر قارچ‌کش‌های تماسی متعلق به گروه فتالامیدها مثل کاپتافول و فولپت و قارچ‌کش‌های متعلق به دی‌تیوکاربامات‌ها مثل متیرام، مانب، مانکوزب و پروپینب در کنترل بیماری سفیدک کرکی به اثبات رسید (Wicks and Hall, 1990). سیموکسانیل و فنیل‌آمیدها مثل متالاکسیل و بنالاکسیل گروه بعدی قارچ‌کش‌ها بودند که برای کنترل سفیدک کرکی انگور معرفی شدند. کارایی این گروه بهتر از دی‌تیوکاربامات‌ها و فتالامیدها بود (Wicks, 1980). بعدها به ترتیب فوزتیل آلومینیوم، دیمتومورف و استروبیلورین‌ها قارچ‌کش‌های دیگری بودند که برای کنترل سفیدک کرکی انگور معرفی شدند. فوزتیل آلومینیوم خاصیت محافظتی و درمانی برجسته دارد و سریع به بافت‌های گیاهی نفوذ می‌کند، دیمتومورف یک قارچ‌کش سیستمیک است که می‌تواند بعد از پاشش روی پوشش برگ به آن نفوذ کند و باقیمانده آن برای مدت زمان زیادی فعال می‌ماند. این قارچ‌کش اثر محافظتی و درمان کنندگی خوبی دارد و باعث گیاه‌سوزی نمی‌شود (Albert et al., 1988; Dercks and Creasy, 1989; Reuveni, 1997; Ellis, 2014). قارچ‌کش‌های زیادی در دنیا برای کنترل بیماری سفیدک کرکی بیان شده است مثل ایپروالیکارب^۱ (Stubler et al., 1999)، بنتیووالیکارب^۲ (Reuveni, 2003)، فاموکسادون^۳ (Andrieu et al., 2001)، فنامیدون^۴ (Latorse et al., 1998)، بنزامیدزوکسامید^۵ (Ruggiero and Regiroli, 2000)، سیازوفامید^۶ (Mitani et al., 1998)، مندیپروپامید^۷ (Lamberth et al., 2007)، بنزامید

- 1- Iprovalicarb
- 2- Benthialicarb
- 3- Famoxadone
- 4- Fenamidone
- 5- benzamide Zoxamide
- 6- Cyazofamid
- 7- Mandipropamid

فلوپیکولید^۸ (Latorse et al., 2006; Gouot, 2006). فلوپیکولید که به‌طور تجاری با فوزتیل آلومینیوم ترکیب می‌شود، مهار کننده میتوز و تقسیم سلولی است و متعلق به گروه بنزامیدها می‌باشد از جمله قارچ‌کش‌هایی است که در سال‌های اخیر برای کنترل سفیدک کرکی انگور در دنیا مطرح شده است و روی طیف وسیعی از اوومیسیت‌ها مثل *Phytophthora infestans*, *Plasmopara viticola* و گونه‌های مختلف *Pythium* بسیار مؤثر است (Toquin et al., 2006). این ترکیب با سایر قارچ‌کش‌های رایج برای اوومیسیت‌ها و کنترل قارچ‌های مقاوم به فنیل‌آمیدها، استروبیلورین‌ها و دی‌متومورف‌ها مقاومت تقاطعی ندارد (Rekanović, 2008). فلوپیکولید در مدت چند دقیقه بعد از مصرف روی چندین مرحله از چرخه زندگی قارچ بیمارگر اثر می‌کند. این قارچ‌کش به‌طور مشخص روی آزاد شدن زئوسپور یا تندش کیست اثر نمی‌گذارد ولی در غلظت‌های کم، حرکت زئوسپور را مهار می‌کند. کاهش چشمگیر اسپورزایی به دنبال مصرف فلوپیکولید به اثبات رسیده است همچنین مهار آزاد شدن زئوسپورهای زنده متحرک از اسپورانژ (Latorse et al., 2006) برای جلوگیری از بروز مقاومت حداکثر ۳ بار استفاده این قارچ‌کش در یک فصل توصیه می‌شود (Gouot, 2006). در سال‌های اخیر ترکیبات جایگزینی برای مدیریت بیماری سفیدک کرکی انگور مورد بررسی قرار گرفته است. این ترکیبات غالباً غیر شیمیایی بوده اند مانند لایم سولفور، تحریک کننده های زیستی، روغن های اوکالیپتوس، کیتوزان و سیلیکات پتاسیم. این ترکیبات با افزایش مقاومت و همچنین پیشگیری از آلودگی های اول، فصل نقش مهمی در کنترل بیماری داشته اند (Ferreira et al., 2022). بیماری سفیدک کرکی اولین بار در سال ۱۳۲۵ توسط اسفندیاری از ایران گزارش شده است. برای کنترل آن ابتدا مخلوط بردو، فریام و کاپتان معرفی شد. به نحوی که سم‌پاشی قبل از گل دادن شروع شود و هر ۷ تا ۱۰ روز یک‌بار تکرار گردد. سپس زینب ۳ در هزار توصیه شده است. هم اکنون قارچ‌کش کاپتان تنها قارچ‌کش ثبت شده برای کنترل سفیدک داخلی انگور در ایران است (Khabbazz Jolfaei and Azimi, 2011). به‌طورکل برای کنترل این بیماری با قارچ‌کش‌های سیستمیک که اثر درمان کنندگی دارند سم‌پاشی باید قبل از گل‌دهی آغاز و تا پایان دوره وقتی که گیاه حداکثر رشد را دارد و مستعد ابتلا به بیماری است، ادامه یابد. هرچه تداوم بارندگی در این مرحله بیشتر باشد شرایط برای توسعه بیماری فراهم‌تر است بنابراین نیاز به تکرار سم‌پاشی بیشتر می‌گردد (Gessler et al., 2011). از آنجاکه در *P. viticola* مقاومت به انواع قارچ‌کش‌ها مثل، فنیل‌آمیدها، آنیلیدها، استروبیلورین‌ها، قارچ‌کش‌های مهار کننده سنتز کوئینون و

8- benzamide Fluopicolide

علائم بیماری، N: تعداد کل برگ‌های شمارش شده

تعیین درصد شدت بیماری

برای تعیین درصد شدت بیماری ۱۰۰ برگ از درختچه‌های هر کرت جدا و به آزمایشگاه منتقل شد. علائم روی هر برگ، بر اساس درصد تخمینی پوشش لکه روی سطح برگ از صفر تا ۱۰ بر اساس درجه‌بندی پراجونجیا و همکاران (Rekanović et al., 2008) با اندکی تغییرات به شرح زیر:

درجه صفر: بدون علامت، درجه یک: ۱ درصد تا ۱۰ درصد، درجه ۲: ۱۱ درصد تا ۲۰ درصد، درجه ۳: ۲۱ درصد تا ۳۰ درصد، درجه ۴: ۳۱ درصد تا ۴۰ درصد، درجه ۵: ۴۱ درصد تا ۵۰ درصد، درجه ۶: ۵۱ درصد تا ۶۰ درصد، درجه ۷: ۶۱ درصد تا ۷۰ درصد، درجه ۸: ۷۱ تا ۸۰ درصد، درجه ۹: ۸۱ تا ۹۰ درصد، ۹۱ تا ۱۰۰ درصد.

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

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

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

ارزیابی کارایی قارچ کش‌ها

میزان کارایی با فرمول $E = 100 - ((T_m \times 100) / C_m)$ محاسبه شد. در این فرمول E: میزان اثربخشی، T_m : میانگین شدت بیماری در تیمار و C_m : میانگین شدت بیماری در تیمار بدون آب‌پاشی است.

تجزیه واریانس و مقایسه میانگین‌ها

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

نتایج

با توجه به این که ارقام درختان مورد بررسی در شهرستان‌هایی که آزمایش انجام گرفته متفاوت بودند و آزمون بارتلت نیز معنی‌دار بود، لذا داده‌های هر کدام از شهرستان‌ها به‌طور مجزا مورد تجزیه واریانس قرار گرفتند، چرا که در چنین مواردی تجزیه مرکب نتیجه‌ی مناسب و قابل اطمینان در بر ندارد.

سیموکسانیل مشاهده شده (Gisi and Sierotzki, 2008) بهتر است در هر سال حداکثر از ۲ تا ۳ بار از قارچ کش‌ها استفاده شود. در ضمن از قارچ کش‌های سیستمیک در ترکیب با قارچ کش‌های محافظتی دارای چند محل اثر استفاده کرد. در اواخر فصل نیز بسته به شرایط آب و هوایی استفاده از قارچ کش‌های تماسی پیشگیری کننده ارجحیت دارد (Gessler et al., 2011). ترکیبات مسی هنوز به‌طور گسترده در انتهای فصل استفاده می‌شوند که هدف از آن اصلاح چوب‌سازی در سرشاخه‌های مو است. در بررسی حاضر کارایی قارچ کش فوزتیل-آلومینیوم + فلوپیکولید (پروفایلر® WG ۷۱/۱) محصول شرکت بایر در مقایسه با قارچ کش‌های کاپتان، اکسی کلرور مس و زینب در کنترل بیماری سفیدک کرکی انگور مورد ارزیابی قرار گرفته است.

مواد و روش‌ها

آزمایش در استان‌های همدان و خراسان شمالی در دو شهرستان بجنورد (روستای نرگس لو) و فاروج (روستای تیتکانلو)، اجرا شد. در هر محل اجرا یک تاکستان دارای سابقه بیماری سفیدک کرکی انتخاب گردید. ارقام انگور در استان همدان، کشمش بی دانه و در استان خراسان شمالی شهرستان بجنورد، کلاهداری و در شهرستان فاروج، کشمش سفید بودند. آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۸ تیمار (جدول ۱) و هر تیمار شامل ۴ تکرار انجام شد. در این بررسی هر کرت آزمایشی شامل ۲ درختچه مو حدود ۵ ساله بود. بین موهای مورد آزمایش ۱ تا ۲ درختچه بدون تیمار جهت اجتناب از تأثیر تیمارها روی هم در نظر گرفته شد. سمپاشی در سه نوبت به شرح زیر اعمال شد. نوبت اول: قبل از شروع گل‌دهی، نوبت دوم: پس از ریزش گلبرگ‌ها و تشکیل میوه، نوبت سوم: ۱۰ روز بعد از نوبت دوم. پس از گذشت ۱۰ روز از آخرین سم‌پاشی، درختچه‌های تیمار شده بررسی و نمونه‌برداری از برگ‌ها برای ارزیابی درصد وقوع بیماری و شدت بیماری انجام شد.

تعیین درصد وقوع بیماری

برای این منظور از درختچه‌های هر کرت به طور تصادفی ۱۰۰ برگ چیده و در کیسه‌های فریزر مجزا به آزمایشگاه منتقل شد. در آزمایشگاه نمونه‌ها بر اساس تعداد برگ‌های دارای علائم و فاقد علائم بیماری سفیدک کرکی مشخص و طبق فرمول زیر درصد وقوع بیماری در آن‌ها محاسبه شد.

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

PDI: درصد وقوع بیماری در برگ‌ها، n_d : تعداد برگ‌های دارای

جدول ۱- تیمارهای آزمایش در بررسی کارایی قارچ‌کش‌های مورد مطالعه برای کنترل بیماری سفیدک کرکی انگور

Table 1- Experimental treatments in evaluating the effectiveness of studied fungicides for the control of Grape Downy mildew

کد تیمار Treatment code	تیمارهای آزمایشی Experimental treatments	نام عمومی قارچ‌کش Common name of fungicide	میزان مصرف Consumption rate	ملاحظات Considerations
T1	کاپتان® WP50% Captan® WP50%	کاپتان Captan	۳ در هزار 3 ml L ⁻¹	دز ثبت شده Recorded dose
T2	پروفایلر® WG71.1% Profiler WG 71/1%	فوزتیل-آلومینیوم + فلوپیکولید Fozetyl-aluminum + fluopicolide	۲ در هزار 2 ml L ⁻¹	دز حداقل Minimum dose
T3	پروفایلر® WG71.1% Profiler WG 71/1%	فوزتیل-آلومینیوم + فلوپیکولید Fozetyl-aluminum + fluopicolide	۲/۵ در هزار 2.5 ml L ⁻¹	دز توصیه شرکت Company recommended dose
T4	پروفایلر® WG71.1% Profiler WG 71/1%	فوزتیل-آلومینیوم + فلوپیکولید Fozetyl-aluminum + fluopicolide	۳ در هزار 3 ml L ⁻¹	دز حداکثر Maximum dose
T5	میشوکاپ® WP35% Mishocap® WP 35%	اکسی کلرور مس copper oxychloride	۳ در هزار 3 ml L ⁻¹	دز معمول General dose
T6	دیتان زد-۷۸® WP80% Dithane Z -78 WP 80%	زینب Zineb	۲/۵ در هزار 2.5 ml L ⁻¹	دز معمول General dose
T7	شاهد ۱ با آب‌پاشی Control 1: with sparying	-		
T8	شاهد ۲ بدون آب‌پاشی Control 2: without spraying	-		

جدول ۲- تجزیه واریانس درصد شدت بیماری و درصد وقوع بیماری در همدان، بجنورد و فاروج

Table 2- Variance analysis of disease severity percent and disease incidence percent in Hamadan, Bojnourd and Faruj

S.O.V منابع تغییرات	D.F درجه آزادی	Hamadan همدان		Bojnourd بجنورد		Faruj فاروج	
		Disease severity شدت بیماری	Disease incidence شیوع بیماری	Efficacy (%) درصد اثربخشی	Disease severity شدت بیماری	Disease incidence شیوع بیماری	Efficacy (%) درصد اثربخشی
بلوک Blok	3	0.04	5.94	12.75	232.69	2.37	6.69
تیمار Treatment	7	8.1*	482.35**	786.14*	1222.45*	106.52*	101.46*
خطا Error	21	0.05	5.16	30.13	242.98	3.39	16.42
کل Total	31						
ضرایب تغییرات (%) C.V		18.24	20.48	7.78	30.84	11.13	38.99

***معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد

**Significant at 1% level

قارچ‌کش‌ها و شاهدها بهترین کارایی را در کاهش شدت بیماری و وقوع بیماری داشته و همگی در یک گروه آماری قرار گرفتند. کارایی دزهای ۳، ۲/۵ و ۲ در هزار پروفایلر به ترتیب ۹۴، ۹۲ و ۸۴ درصد در کنترل شدت بیماری محاسبه شد. قارچ‌کش‌های اکسی کلرور مس، کاپتان و زینب همگی در یک گروه آماری و مستقل از شاهدها واقع شدند و در کنترل شدت و وقوع بیماری اختلاف معنی‌داری با یکدیگر

نتایج تجزیه واریانس داده‌های حاصل از ارزیابی درختان تیمار شده در همدان، بجنورد و فاروج نشان داد که اثر تیمارها بر کاهش درصد شدت بیماری و وقوع بیماری در مقایسه با شاهدها معنی‌دار است (جدول ۲).

در همدان، مقایسه میانگین درصد شدت بیماری و وقوع بیماری در تیمارها نشان داد که هر سه غلظت پروفایلر در مقایسه با دیگر

نداشتند. ولی کارایی این قارچ کش ها نسبت به غلظت های ۳ و ۲/۵ در هزار پروفایلر در کنترل شدت بیماری و وقوع بیماری کمتر بود. البته پروفایلر ۲ در هزار با این قارچ کش ها در یک سطح آماری قرار گرفت ولی از لحاظ مقدار عددی کارایی آن در کنترل بیماری بهتر از آن ها بود (جدول ۳).

جدول ۳- مقایسه میانگین درصد شدت بیماری و درصد وقوع بیماری و درصد اثربخشی تیمارها در همدان، بجنورد و فاروج
Table 3- Mean comparison of disease severity percent and disease incidence percent and Treatments efficacy in Hamadan, Bojnourd and Faruj

Treatment تیمارها	Mean squares میانگین مربعات								
	Hamadan همدان			Bojnourd بجنورد			Faruj فاروج		
	Disease severity شدت بیماری	Disease incidence شیوع بیماری	Efficacy (%) درصد اثربخشی	Disease severity شدت بیماری	Disease incidence شیوع بیماری	Efficacy (%) درصد اثربخشی	Disease severity شدت بیماری	Disease incidence شیوع بیماری	Efficacy (%) درصد اثربخشی
کاپتان® WP50% (3ml L ⁻¹) Captan® WP50% (3ml L ⁻¹)	7.8b	0.8b	78	37.5c	6.87c	50	80.25a	19.25b	3
پروفایلر® WG71.1% (3ml L ⁻¹) Profiler WG 71/1% (3ml L ⁻¹)	1.8c	0.2c	94	26.2c	4.55c	67	55.00b	10.40c	47
پروفایلر® WG71.1% (2.5ml L ⁻¹) Profiler WG 71/1% (2.5ml L ⁻¹)	2.5c	0.3c	92	47.2abc	7.67bc	44	53.5b	10.72c	46
پروفایلر® WG71.1% (2ml L ⁻¹) Profiler WG 71/1% (2ml L ⁻¹)	5.3bc	0.57bc	84	45.5bc	9.10bc	34	52.5b	10.95c	45
میشوکاپ® WP35% (3ml L ⁻¹) Mishocap® WP 35% (3ml L ⁻¹)	6.3b	0.7b	81	37.2c	6.55c	52	78.00a	19.35b	2
دیتان زد-۷۸® WP80% (2.5ml L ⁻¹) Dithane Z -78 WP 80% (2.5ml L ⁻¹)	8.3b	0.9b	75	71.2a	17.42a	27	80.25a	17.92b	9
شاهد ۱ با آبپاشی Control 1: with sparying	28.3a	3.6a	0	71.7a	17.2a	0	82.25a	24.02a	0
شاهد ۲ بدون آبپاشی Control 2: without spraying	28.8a	3.6a	0	68.5ab	13.77ab	0	82.25a	19.77b	0

* میانگین هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند، اختلاف معنی داری ندارند (آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد).

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

گروه آماری قرار گرفتند. قارچ کش های زینب، کاپتان و اکسی کلرور مس همچنین شاهدها از لحاظ کنترل وقوع بیماری اختلاف معنی داری با یکدیگر نداشتند. از نظر کنترل شدت بیماری نیز این قارچ کش ها و شاهد بدون آبپاشی در یک گروه آماری واقع شدند و اختلاف معنی داری نشان ندادند (جدول ۳).

بحث

در بررسی حاضر قارچ کش جدید پروفایلر که مخاوط فوزتیل-آلومینیوم و فلوپیکولید است با غلظت ۲، ۲/۵ و ۳ در هزار، میسوکاپ ۳ در هزار و کاپتان ۳ در هزار طی سه نوبت سمپاشی از کارایی قابل قبولی در کنترل بیماری سفیدک کرکی مو برخوردار بودند. با این حال قارچ کش فوزتیل آلومینیوم + فلوپیکولید (پروفایلر® WG 71/1%) با غلظت ۳ در هزار در تمام مناطق مورد بررسی از لحاظ مقدار عددی نسبت به سایر تیمارها، کارایی بهتری در کنترل بیماری سفیدک کرکی انگور داشت، ولی از لحاظ آماری در استان همدان و شهرستان

در بجنورد، مقایسه میانگین درصد شدت بیماری و وقوع بیماری در تیمارها نشان داد که پروفایلر ۳ در هزار، اکسی کلرور مس ۳ در هزار، کاپتان ۳ در هزار، پروفایلر ۲/۵ و ۲ در هزار در مقایسه با دیتان زد ۲/۵ در هزار و شاهدها بهترین کارایی را در کنترل شدت بیماری و وقوع بیماری در مقایسه با شاهدها داشتند ولی از لحاظ مقدار عددی، پروفایلر ۳ در هزار با ۶۷ درصد اثربخشی بهترین کارایی را داشت. اگرچه غلظت های ۲ و ۲/۵ در هزار پروفایلر از لحاظ آماری با این قارچ کش ها اختلاف معنی داری نداشتند ولی نسبت به آن ها از کارایی کمتری در کنترل بیماری برخوردار بودند. قارچ کش دیتان زد نسبت به سایر قارچ کش ها با ۲۷ درصد اثربخشی، در بین سایر تیمارهای قارچ کش کمترین کارایی را داشت (جدول ۳).

در فاروج، مقایسه میانگین درصد شدت و وقوع بیماری در تیمارها نشان داد که غلظت های ۳، ۲/۵ و ۲ در هزار پروفایلر با ۴۷، ۴۶ و ۴۵ درصد اثربخشی، بهترین کارایی را در کنترل شدت بیماری و وقوع بیماری در درختان مورد بررسی داشتند. از لحاظ آماری، کارایی سه غلظت پروفایلر در کنترل بیماری، اختلاف معنی داری نداشته و در یک

فاروج استان خراسان شمالی با سایر غلظت‌های پروفایلر و در استان خراسان شمالی شهرستان بجنورد با کاپتان و اکسی کلرور مس اختلاف معنی‌دار نداشت.

فوزتیل آلومینیوم یک ترکیب سیستمیک بوده که بعد از مصرف، به سرعت در گیاه جذب شده و دارای حرکت دو جانبه در آوندهای چوبی و آبکشی است. این قارچ‌کش با ایجاد مقاومت در گیاهان، از استیلای قارچ‌های اوومیسیت بر بافت‌های گیاهان جلوگیری می‌کند که علت آن احتمالاً تجزیه شدن فوزتیل و تولید اسید فسفونیک (Phosphonic acid) است. فلوپیکولید یک قارچ‌کش سیستمیک و دارای خاصیت درمان‌کنندگی (curative) بوده که روی طیف وسیعی از اوومیسیت‌ها از جمله *Plasmopara viticola* مؤثر می‌باشد (Toquin et al., 2006). این ترکیب با سایر قارچ‌کش‌های رایج برای اوومیسیت‌ها و قارچ‌کش‌های مؤثر روی قارچ‌های مقاوم به فنیل‌آمیدها، استروبیولورین‌ها و دی‌متومورف‌ها مقاومت تقاطعی ندارد (Rekanović, 2008). از طرفی این قارچ‌کش محدودیت مصرف ترکیبات مسی از جمله ایجاد سوختگی در گیاه را نداشته و از آنجاکه خاصیت درمان‌کنندگی دارد حتی بعد از استقرار عامل بیماری‌زا در گیاه نیز می‌تواند بیماری را کنترل کند. مخلوط فوزتیل آلومینیوم و فلوپیکولید همان‌طور که در دنیا به عنوان یک قارچ‌کش مؤثر برای کنترل بیماری سفیدک داخلی انگور معرفی شده است (Latorse et al., 2006; Gouot, 2006; al., 2006) در بررسی حاضر نیز با غلظت ۳، ۲/۵ و ۲ در هزار از کارایی خوبی در کنترل بیماری برخوردار بود. سفیدک کرکی انگور، ناشی از *Plasmopara viticola*، معمولاً توسط قارچ‌کش‌های مهارکننده خارجی کوئینون (QoI) و آمید اسید کربوکسیلیک (CAA) کنترل می‌شود. مقاومت به QoI توسط یک جهش در سیتوکروم b ایجاد می‌شود، در حالی که مقاومت به CAA با جهش در سلولز سنتاز همراه است. مقاومت چندانگانه به QoI و CAA در *P. viticola* برای اولین بار در آمریکای جنوبی تایید شد. بنابراین در برنامه‌های پیش رو مقاومت به این ترکیبات باید مد نظر قرار بگیرد (Santos et al., 2020). استفاده از ترکیبات ارگانیک مثل ترکیبات معدنی، روغن‌ها، محرک‌های رشد و سایر ترکیبات معدنی مانند سیلیکات پتاسیم که موجب افزایش مقاومت دیواره سلولی می‌شوند نیز، به منظور اجتناب از مقاومت در دستور کار قرار گرفته‌اند (Ferreira et al., 2022).

قارچ‌کش‌های اکسی کلرور مس و کاپتان نیز که از سال ۱۳۵۵ توسط مهرآوران و مظفر برای کنترل بیماری سفیدک کرکی معرفی شده‌اند (Behdad, 1990) در دو منطقه همدان و شهرستان بجنورد خراسان شمالی همچنان از کارایی خوبی در کنترل بیماری سفیدک داخلی مو برخوردار بودند و با شاهدها اختلاف چشمگیری داشتند. با توجه به متعدد بودن نقاط تاثیر قارچ‌کش‌های اکسی کلرور مس و کاپتان در بیمارگرهای گیاهی، احتمال بروز مقاومت به این

قارچ‌کش‌ها کمتر است. از آنجاکه این قارچ‌کش‌ها تماسی و محافظتی هستند و بعد از ابتلاء گیاه به بیماری نمی‌توانند اثرگذار باشند لازم است مرحله اول سم‌پاشی قبل از مواجهه گیاه با قارچ بیماری‌زا انجام شود در غیر این صورت قارچ‌کش نمی‌تواند بیماری را کنترل کنند. کاهش کارایی این قارچ‌کش‌ها در شهرستان فاروج نیز می‌تواند به همین دلیل باشد. از آنجاکه ترکیبات مسی در برخی گیاهان باعث بروز حساسیت، کاهش رشد گیاه و نیز سوختگی در برگ‌های جوان و حنایی شدن رنگ میوه‌های درختان در هوای مرطوب به خصوص در دوزهای بیشتر از میزان توصیه شده می‌شوند بنابراین لزوم رعایت احتیاط‌های لازم در مصرف اینگونه سموم وجود داشته و این موضوع موجب محدودیت مصرف آنها گردیده است. زینب نیز یک قارچ‌کش محافظتی متعلق به گروه دی‌تیوکاربامات‌ها با چند محل اثر است که احتمال بروز مقاومت به آن کم است. ولی چنانچه بعد از ابتلا گیاه به بیماری مصرف شود کارایی کافی برای کنترل بیماری را نخواهد داشت. بنابراین کاهش کارایی این قارچ‌کش در دو منطقه از سه منطقه مورد بررسی، بیانگر اهمیت مصرف این قارچ‌کش قبل از استقرار عامل بیماری‌زا در گیاه است.

در نقاط مختلف دنیا مقاومت قارچ عامل بیماری سفیدک کرکی مو (*P. viticola*) به انواع قارچ‌کش‌ها مثل دی‌تیوکاربامات‌ها، فنیل‌آمیدها، آنیلیدها، استروبیولورین‌ها، قارچ‌کش‌های مهارکننده سنتز کوئینون و سیموکسانیل مشاهده شده است (Gisi and Sierotzki, 2008). بنابراین بهتر است از قارچ‌کش‌های دارای چند محل اثر که عمده‌تاً محافظتی هستند در تناوب با قارچ‌کش‌های سیستمیک استفاده گردد (Wicks and Hall, 1990). با توجه به نتایج این پروژه در خصوص کارایی قابل قبول اکسی کلرور مس (میشوکاپ® ۳۵٪ WP با غلظت ۳ در هزار)، فوزتیل آلومینیوم + فلوپیکولید (پروفایلر® WG 71/1٪) بسته به شدت بیماری با غلظت‌های ۲، ۲/۵ و ۳ در هزار) و کاپتان (کاپتان® ۵۰٪ WP با غلظت ۳ در هزار) علیه سفیدک کرکی مو می‌توان قارچ‌کش‌های مذکور را در تناوب مناسب طی حداقل ۳ نوبت سم‌پاشی جهت کنترل این بیماری استفاده نمود.

پیشنهادهای

- ۱- در مناطق سرد و مرطوب که بیماری سفیدک کرکی انگور شیوع دارد توصیه می‌شود در اوایل فصل پس از انجام هرس شاخه‌ها، نسبت به سم‌پاشی مرحله اول با یکی از قارچ‌کش‌های موثر اقدام شود.
- ۲- استفاده از قارچ‌کش‌های موثر به صورت تناوبی جهت اجتناب از بروز مقاومت در جمعیت‌های بیمارگر توصیه می‌شود.
- ۳- جهت گرفتن نتیجه مطلوب حداقل انجام سه نوبت سم‌پاشی با قارچ‌کش‌های موثر و مناسب توصیه می‌شود.

منابع

1. Albert, G., Curtze, J., & Drandarevski, C.A. (1988). *Dimethomorph (CME 151), a novel curative fungicide*. Proceedings of an International Conference, Brighton Crop Protection Conference: Pests & Diseases, 16–19 November. Brighton, UK, 1: 17–24. [http://doi.org/10.1016/0261-2194\(94\)90111-2](http://doi.org/10.1016/0261-2194(94)90111-2).
2. Anonymus. (2016). *Agricultural Statistics*, Ministry of Jihad Agriculture. <http://www.agri-jahad.ir>.
3. Andrieu, N., Jaworska, G., Genet, J.L., & Bompeix, G. (2001). Biological mode of action of famoxadone on *Plasmopara viticola* and *Phytophthora infestans*. *Crop Protection* 20: 253–260. [http://doi.org/10.1016/s0261-2194\(00\)00156-3](http://doi.org/10.1016/s0261-2194(00)00156-3).
4. Behdad, E. (1990). *Diseases of fruit trees in Iran*. Neshat Isfahan Publications. Pp. 293. (In Persian)
5. Brown, M.V., Moore, J.N., McNew, R.W., & Fenn, P. (1999). Inheritance of downy mildew resistance in table grapes. *Journal American Society Horticulture* 124: 262–267. <http://doi.org/10.21273/jashs.124.3.262>.
6. Dercks, W., & Creasy, L.L. (1989). Influence of fosetyl-Al on phytoalexin accumulation in the *Plasmopara viticola*-grapevine interaction. *Physiological and Molecular Plant Pathology* 34: 203–213. [http://doi.org/10.1016/0885-5765\(89\)90044-1](http://doi.org/10.1016/0885-5765(89)90044-1).
7. Ellis, M.A. (2014). *Developing an effective fungicide spray program for wine grapes in Ohio*. The Ohio State University. 13 pp.
8. Ferreira, G.M., Moreira, R.R., Jarek, T.M., Nesi, C.N., Biasi, L.A., & May De Mio, L.L. (2022). Alternative control of downy mildew and grapevine leaf spot on *Vitis labrusca*. *Australasian Plant Pathology* 51: 193–201. <http://doi.org/10.1007/s13313-021-00836-7>.
9. Gessler, C., Pertot, I., & Perazzolli, M. (2011). *Plasmopara viticola*: a review of knowledge on downy mildew of grapevine and effective disease management. *Phytopathologia Mediterranea* 50: 30–44.
10. Gisi, U., & Sierotzki, H. (2008). Fungicide modes of action and resistance in downy mildews. (Special Issue: The downy mildews- genetics, molecular biology and control). *European Journal of Plant Pathology* 122: 157–167. http://doi.org/10.1007/978-1-4020-8973-2_12.
11. Gouot, J.M. (2006). Field efficacy of Profiler, a fluopicolide and fosetyl-Al fungicide combination for the control of grape downy mildew (*Plasmopara viticola*). *Pflanzenschutz- Nachrichten Bayer* 59: 293–302.
12. Gregory, C. (1915). Studies on *Plasmopara viticola*. International congress of viticulture, July 12–13, San - Francisco, CA, USA, 126–150.
13. Jermini, M., Gobbin, D., Blaise, P., & Gessler, C. (2003). Influence of the overwintering methods on the germination dynamic of downy mildew (*Plasmopara viticola*) oospores. *Bulletin OILB/SROP* 26: 37–41.
14. Kadam, V., Shukla, M., & Ubale, A. (2014). Prevention of downy mildew disease in grape field. *International Journal of Advances in Engineering & Technology* 7: 200–205.
15. Kennelly, M.M., Gadoury, D.M., Wilcox, W.F., Magarey, P.A., & Seem, R.C. (2007). Primary infection, lesion productivity and survival of sporangia in the grapevine downy mildew pathogen *Plasmopara viticola*. *Phytopathology* 97: 512–522. <http://doi.org/10.1094/phyto-97-4-0512>.
16. Khabbaz Jolfaei, H., & Azimi, Sh. (2011). *Guidelines for the correct use of Iranian pathogens in the control of plant diseases (scientific and applied)*, Iranian Plant Protection Research Institute, Pp. 311. (In Persian with English abstract)
17. Lamberth, C., Kempf, H.J., & Kriz, M. (2007). Synthesis and fungicidal activity of N-2-(3-methoxy-4-propargyloxy) phenethyl amides. Part 3: Stretched and heterocyclic mandelamide oomycetocides. *Pest Management Science* 63: 57–62. <http://doi.org/10.1002/ps.1308>.
18. Latorse, M.P., Gouot, J.M., & Pepin, R. (1998). *Curative activity of RPA407213 against downy mildew on grapevine: biological and microscopical study*. Proceedings of an International Conference, Brighton Crop Protection Conference: Pests & Diseases, 16–19 November. Brighton, UK, 3: 863–868.
19. Latorse M. P., Holah, D., & Bardsley, R. (2006). Fungicidal properties of fluopicolide-based products. *Pflanzenschutz- Nachrichten Bayer* 59: 185–200.
20. Mitani, S., Araki, S., Matsuo, N., & Camblin, P. (1998). *IKF- 916 - a novel systemic fungicide for the control of oomycete plant diseases*. Proceedings of an International Conference, Brighton Crop Protection Conference: Pests & Diseases. 16–19 November, Brighton, UK, 2: 351–358.
21. Rekanović, E., Potočnik, I., Stepanović, M., Milijašević, S., & Todorović, B. (2008). Field efficacy of Fluopicolide and Fosetyl-Al Fungicide Combination (Profiler®) for Control of *Plasmopara viticola* (Berk. & Curt.) Berl. & Toni. in grapevine. *Pesticid Fitomedology (Beograd)* 23: 183–187. <http://doi.org/10.2298/pif0803183r>.
22. Reuveni, M. (1997). Post-infection applications of K₃PO₃, phosphorous acid and dimethomorph inhibit development of downy mildew caused by *Plasmopara viticola* on grapevines. *Journal of Small Fruit & Viticulture* 5: 27–38. http://doi.org/10.1300/j065v05n02_03.
23. Reuveni, M. (2003). Activity of the new fungicide benthiavalicarb against *Plasmopara viticola* and its efficacy in controlling downy mildew in grapevines. *European Journal of Plant Pathology* 109: 243–251.

24. Ruggiero, P., & Regioli, G. (2000). *Zoxamide, a novel fungicide for vines and vegetables*. Atti Giornate Fitopatologiche 16–20 Aprile, Perugia, Italy, pp. 215–220.
25. Santos, R.F., Fraaije, B.A., Garrido, L.D.R., Monteiro-Vitorello, C.B., & Amorim, L. (2020). Multiple resistance of *Plasmopara viticola* to QoI and CAA fungicides in Brazil. *Plant Pathology* 69: 1708–1720. <http://doi.org/10.1111/ppa.13254>.
26. Stubler, D., Reckmann, U., & Noga, G. (1999). Systemic action of iprovalicarb (SZX 0722) in grapevines. *Pflanzenschutz-Nachrichten Bayer* 52: 33–48.
27. Toquin, V., Barja, F., Sirven, C., Gamet, S., Latorse, M.P., Zundel, J., Schmitt, L.F., & Beffa, R. (2006). A new mode of action for fluopicolide: modification of the cellular localization of a spectrin-like protein. *Pflanzenschutz-Nachrichten Bayer* 59: 171–184.
28. Wicks, T. (1980). The control of *Plasmopara viticola* by fungicides applied after infection. *Australasian Plant Pathology* 9: 2–3. <http://doi.org/10.1071/app98030002>.
29. Wicks, T., & Hall, B. (1990). Efficacy of dimethomorph (CME 151) against downy mildew of grapevines. *Plant Disease* 74: 114–116. <http://doi.org/10.1094/pd-74-0114>.



Introducing an Effective Method to Reduce Fungal Infection in Mass Rearing Predatory Mites *Amblyseius swirskii* (Athias-Henriot) (Acari: Phytoseiidae)

A. Hosseininia^{1*}, H. Bayat²

Received: 25-06-2022

Revised: 01-11-2022

Accepted: 25-01-2023

Available Online: 25-01-2023

How to cite this article:

Hosseininia, A., & Bayat, H. (2023). Introducing an effective method to reduce fungal infection in mass rearing predatory mites *Amblyseius swirskii* (Athias-Henriot) (Acari: Phytoseiidae). *Journal of Iranian Plant Protection Research* 37(1): 11-19. (In Persian with English abstract).
<http://doi.org/10.22067/jpp.2023.77336.1099>

Introduction

Due to the process of quality control of agricultural products and accurate assessment of pesticide residues in products exported to destination countries, the application of biological control has become essential. In order to use biological control, biological agents must either be purchased from countries with the technology of mass production of natural enemies, or to meet the needs of the country, the technology of mass production of predators and parasitoids must be developed. In the case of mass rearing of predatory mites, which are mostly used to control spider mite, the problem of mass production has been partially resolved and some companies are rearing, but in mass rearing of these predators, destructive effects on non-target natural enemies and mold growth on the rearing media of predatory mites are problematic. The predatory mite, *Amblyseius swirskii* (Athias-Henriot) is one of the most common biological agents for control of two-spotted mite, whitefly and onion thrips in greenhouses, which is widely used in greenhouse crops worldwide. The importance of this study is to facilitate the mass production of this predatory mite. In mass production of this predator, a medium with eggs, nymphal stages, and mature mites of *Carpoglyphus lactis* Linnaeus was used at $25 \pm 1^\circ \text{C}$, $70 \pm 5\% \text{RH}$ and L: D 16: 8. One of the most important limitation in the production of this predator is infection with some fungi such as *Rhizopus* spp., *Aspergillus* spp., and *Penicillium* spp., which caused the deterioration of the medium and consequently the death of dried fruit mites and predatory mites in the production environment.

Materials and Methods

To investigate the efficacy of five compounds on fungal control, an experiment was achieved with twelve treatments in a completely randomized design in three replication. From the culture medium (800 g of elm flour, 195 g of wheat bran and 5 g of palm pollen) plus 1g/kg of compounds: tebuconazole, baking soda (sodium bicarbonate), Caliban® (potassium bicarbonate), Chitosan®, and carbendazim and in treatments where two compounds were mixed, 0.5 g/kg was used.

Results and Discussion

The analysis of variance for the treatments revealed significant differences in fungal infection reduction and the population dynamics of the mites. The treatments that showed the highest reduction in fungal infection compared to the control were treatments 1 (tebuconazole®), 3 (Caliban®), and 6 (Trichocara®), with reductions of 66.33%, 63.25%, and 28.62%, respectively.

In terms of the population increase of the prey mite *C. lactis*, the treatments that exhibited the highest increases were treatments 1 (tebuconazole®), 10 (Chitosan = tebuconazole), and 6 (Trichocara®), with population increases of 80.22%, 65.75%, and 65.15%, respectively.

Regarding the population increase of the predatory mite *A. swirskii*, the treatments that showed the highest

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

(*- Corresponding Author Email: asghar.hosseini.nia@gmail.com)

DOI: [10.22067/jpp.2023.77336.1099](https://doi.org/10.22067/jpp.2023.77336.1099)

increases were treatments 1 (tebuconazole®) and 6 (Trichocara®), with population increases of 76.33% and 72.66%, respectively, in the first group. In the second group, treatments 3 (Caliban®), 2 (soda), and 10 (Chitosan + tebuconazole) exhibited population increases of 56.33%, 54.66%, and 53.66%, respectively.

These results demonstrate the effectiveness of treatments 1 (tebuconazole®) and 6 (Trichocara®) in reducing fungal infection and promoting the population growth of both prey and predatory mites. Treatments 3 (Caliban®), 10 (Chitosan + tebuconazole), and 2 (soda) also showed positive effects on the population dynamics of the mites.

Conclusion

The predator mite population of *A. swirskii* is able to complete its growth on growth substrates with prey mite *C. lactis*. This predator has a high potential in feeding on dry fruit mite *C. lactis*. Therefore, this bait can be a suitable food for the mass production of *A. swirskii* mites. The most important problem in rearing large numbers of predatory mites is saprophytic fungi, which cause the destruction of a large number of predatory mites and their prey due to their sudden expansion. In general, according to the results of our study, the use of tebuconazole fungicide at a rate of one per thousand of commercial material and also the biological compound of Trichocara® (*Trichoderma virens*) with a concentration of one per thousand are recommended to control saprophytic fungi in mass production environment of predatory mite, *A. swirskii*. Each of these two compounds has its advantages and disadvantages. In terms of availability, tebuconazole is more readily accessible compared to Trichocara®, which is a biological compound and considered more environmentally safe. However, Trichocara® may darken the color of the culture medium slightly due to the growth of *Trichoderma virens* in the medium. Considering the economic aspect and cost reduction in mass production of predatory mites, baking soda and Caliban®, which were part of the second group of effective treatments, offer economic value and are much cheaper than other compounds. They can effectively reduce the severity of fungal infections at minimal cost. Among the different compounds tested, the use of tebuconazole fungicide at a rate of one gram per thousand grams of substrate showed the most significant effect in controlling fungi. Although sodium bicarbonate and potassium bicarbonate were found to be less effective, they are still viable options due to their non-toxic nature.

Keywords: *Amblyseius swirskii*, *Carpoglyphus lactis*, Fungicide, Mass rearing

معرفی روش مؤثر کاهش آلودگی قارچی در پرورش کنه شکارگر *Amblyseius swirskii* (Athias-Henriot)(Acari:Phytoseiidae)

اصغر حسینی نیا^{۱*} - حسین بیات^۲

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۴/۰۴

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۱/۰۸/۱۰

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۱/۰۵

چکیده

کنه شکارگر *Amblyseius swirskii* (Athias-Henriot) یکی از رایج‌ترین عوامل کنترل بیولوژیک برای کنه تارتن دونقطه‌ای، سفید بالک گلخانه و تریپس پیاز در گلخانه‌ها می‌باشد که به طور گسترده‌ای در محصولات گلخانه‌ای جهان بکار می‌رود. اهمیت این مطالعه تسهیل در پرورش انبوه شکارگر فوق بوده است. برای پرورش انبوه این شکارگر از بستر پرورشی همراه با تخم‌ها، مراحل پورگی و کنه‌های بالغ *Carpoglyphus lactis* Linnaeus (کنه میوه خشک) در شرایط دمایی $25 \pm 1^\circ \text{C}$ ، رطوبت نسبی $75 \pm 5\% \text{ RH}$ و دوره نوری ۸ L:D، h ۱۶ استفاده شد. یکی از مهم‌ترین موانع پرورش کنه شکارگر، آلودگی محیط پرورشی به قارچ‌هایی نظیر *Aspergillus*، *Rhizopus* و *Penicillium* می‌باشد که باعث تجزیه محیط پرورشی و به تبع آن مرگ کنه میوه خشک و کنه شکارگر در محیط پرورش می‌شود. به منظور بررسی کارایی پنج ترکیب در کنترل قارچ‌ها، آزمایشی با دوازده تیمار در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار انجام شد. از بستر پرورشی (۸۰۰ گرم آرد سنج، ۱۹۵ گرم سیوس گندم، ۵ گرم گرده نخل) به علاوه یک گرم از ترکیبات: تبوکونازول، جوش شیرین (بی کربنات سدیم)، کالیم (بی کربنات پتاسیم)، کیتوزان و کاربندازیم و در تیمارهایی مخلوط دو ترکیب، از هر جزء نیم گرم استفاده شد. بین کاهش شدت آلودگی به قارچ و افزایش جمعیت کنه طعمه و کنه شکارگر همبستگی مثبت مشاهده شد. از بین ترکیبات مختلف، کاربرد قارچ کش تبوکونازول به میزان یک گرم در هزار گرم بستر، بهترین اثر را در کنترل قارچ‌ها داشت. هرچند ترکیباتی مانند بی کربنات سدیم و بی کربنات پتاسیم تأثیر کمتری داشتند ولی به علت غیر سمی بودن گزینه‌های مناسبی می‌باشند.

واژه‌های کلیدی: پرورش انبوه، قارچ کش، *Carpoglyphus lactis*، *Amblyseius swirskii*

مقدمه

کشور، فن‌آوری تولید انبوه شکارگران و پارازیتوئیدها را توسعه داد. لذا در راستای تولید انبوه عوامل بیولوژیک سال‌هاست که با حمایت دولتی و شرکت‌های دانش بنیان تولید انبوه عوامل کنترل بیولوژیک در کشور شروع شده است. در خصوص پرورش انبوه کنه‌های شکارگر که بیشتر برای کنترل کنه تارتن استفاده می‌شود مشکل پرورش انبوه تا حدودی برطرف شده و برخی از شرکت‌ها در حال پرورش می‌باشند ولی معضلات موجود در پرورش انبوه این عوامل از جمله آثار مخرب بر روی دشمنان طبیعی غیر هدف و کپک‌زدگی بستر پرورش کنه‌های شکارگر مشکل آفرین است. کنه میوه خشک *Carpoglyphus lactis* (Linnaeus) یکی از آفات مخرب میوه‌های خشک مانند انجیر می‌باشد ولی در پرورش کنه‌های شکارگر خانواده Phytoseiidae به علت سرعت رشد آهسته جمعیت استفاده می‌شود

با توجه به فرایند کنترل کیفی محصولات کشاورزی و ارزیابی دقیق باقیمانده سموم در محصولات صادراتی به کشورهای مقصد، کاربرد مبارزه بیولوژیک نیاز ضروری پیدا کرده است. برای استفاده از مبارزه بیولوژیک یا باید عوامل بیولوژیک از کشورهای صاحب فن‌آوری تولید انبوه دشمنان طبیعی، خریداری شود یا برای رفع نیاز

۱ و ۲- استادیاران گروه فن‌آوری و مدیریت تولید، پژوهشکده تحقیقات گل و گیاهان زینتی، موسسه تحقیقات علوم باغبانی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ایران، محلات

(*)- نویسنده مسئول: (Email: asghar.hosseini.nia@gmail.com)

DOI: 10.22067/jpp.2023.77336.1099

ترکیب قارچ‌کش با ماده موثر جوش شیرین (بی‌کربنات سدیم) تاثیر مناسبی در کنترل برخی قارچ‌ها دارد (Zamani et al., 2007). جوش شیرین (سدیم هیدروژن کربنات یا سدیم بی‌کربنات با فرمول NaHCO_3) یک ماده ضد قارچ است که در برابر برخی از انواع بیماری‌های لکه سیاه و سفیدک پودری مؤثر است. از همه مهم‌تر، اسپری جوش شیرین (NaHCO_3) کمی دارای خاصیت بازی است و به صورت پودر سپید یا بلورین می‌باشد و جاذب رطوبت و بوگیر است. از این ماده برای متخلخل کردن خمیر نان نیز استفاده می‌شود و برای پستانداران کاملاً غیرسمی است (Dore et al., 2010). اثر جوش شیرین ۳ درصد روی کنترل کپک آبی نارنج (*Penicillium agglomerans*) نشان داده که ۸۰ درصد اثر کاهش آلودگی داشته و می‌تواند جایگزینی برای مواد شیمیایی دیگر باشد (Zamani et al., 2007). در خصوص مصرف قارچ اندوفیت تریکودرما گونه (*Trichoderma virens*) و بی‌کربنات سدیم (NaHCO_3) تحقیقی در ایران روی قارچ کپک سبز مرکبات (*Penicillium digitatum*) انجام شد و نشان داده شد که قارچ *T. virens* وقتی با (5% Sodium carbonate) و سم (imazalil (500ppm)) مخلوط شده است تاثیر بسیار بیشتری در کنترل قارچ کپک سبز داشته است. (Zamani et al., 2006). اثر کنترلی عامل بیولوژیک (*T. virens*) بیشتر از ترکیب‌های شیمیایی بی‌کربنات سدیم در کنترل *P. digitatum* بود (Zamani et al., 2006). کیتوزان یا (کیتوسان Chitosan) مشتقی از گلوکان با واحدهای تکرار شونده کیتین است که توسط روگت در سال ۱۸۵۹ شناخته شد و از جوشاندن پلی ساکارید کیتین (واحدهای گلوکز آمین با اتصالات بتا ۱ و ۴، $\text{C}_8\text{H}_{13}\text{NO}_5$) در محلول پتاس با غلظت مشخص به دست آمد و علاوه بر خاصیت تغذیه‌ای، ویژگی قارچ‌کشی نیز دارد (Rahmani, et al., 2015).

هدف از تحقیق حاضر بررسی کارایی برخی ترکیبات در کاهش میزان آلودگی به قارچ‌های ساپروفیت در بسترهای پرورش انبوه کنه شکارگر *A. swirskii* و کنه طعمه *C. lactis* بود.

مواد و روش‌ها

شرایط آزمایش: اتاقک رشد با شرایط دمایی $25 \pm 1^\circ\text{C}$ ، RH رطوبتی $5 \pm 70\%$ و نوری ۸: ۱۶ (L:D, h) برای آزمایش انتخاب شد. صفات مورد ارزیابی در این آزمایش: ۱- درصد کاهش شدت آلودگی به قارچ‌های ساپروفیت از جمله (ریزوپوس، آسپروژیلوس و پنسیلیوم)، ۲- افزایش جمعیت کنه‌های طعمه کنه انباری *C. lactis*، ۳- افزایش جمعیت شکارگر *A. swirskii* بودند. کنه شکارگر *A. swirskii* از شرکت کوپرت (Koppert®, Neatherland) خریداری و برای پرورش استفاده شد. کنه میوه خشک *C. lactis* از روی انجیر

(Ji et al., 2015). کنه شکارگر-Athias-*Amblyseius swirskii* (Acari: Phytoseiidae) یکی از دشمنان طبیعی مهم در کنترل آفات گیاهان زینتی از جمله کنه‌های تارتن *Tetranychus urticae* Koch, (Acari: Tetranychidae) سفید بالک *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood), (Hemiptera: Aleyrodidae) تریپس پیاز *Thrips tabaci* Lindman, (Thysanoptera: Thripidae) و تریپس غربی گل *Frankliniella occidentalis* (Pergande), (Thysanoptera: Thripidae) در گلخانه‌های زینتی بخصوص در گلخانه‌های رز بوده که به صورت عمده در کاهش جمعیت کنه تارتن و سفیدبالک به تنهایی و گاهی با بقیه کنه‌های شکارگر استفاده می‌شود (Jafari and Bazgir 2015; Javadi Hosseininia et al., 2017, Khedri and Khanjani, 2014a; Javadi Khedri et al., 2014b; Wimmer et al., 2008). جمعیت کنه تارتن در نواحی مختلف که در تولید محصولات کشاورزی ایران نقش عمده‌ای دارند، دارای افزایش معنی‌داری است و در شرایط مساعد تا ۲۰ نسل در سال تولید مثل می‌کند (Javadi Khedri Jafari and Bazgir, 2015; Bazgir et al., 2018; Khanjani, 2014a). کنه تارتن دونقطه‌ای علاوه بر تغذیه از سطح رویی و زیری برگ، روی غنچه‌ها و گل‌های باز شده سبب ایجاد تار بر روی برگ‌ها نیز می‌شوند. در آلودگی‌های شدید، این کنه‌ها باعث قهوه‌ای شدن برگ‌ها و کاهش در کمیت و کیفیت محصول و نهایتاً مرگ گیاه می‌شود (Liang et al., 2012). توانایی زاد و ولد بالای کنه تارتن دو نقطه‌ای، کوتاه بودن چرخه زندگی این آفت، از طرف دیگر، تکرار و غلظت بالای مصرف سموم شیمیایی باعث ایجاد مقاومت سریع و طغیان این کنه در بسیاری از نواحی کشاورزی جهان شده است (Hosseininia et al., 2017; Javadi Khedri and Khanjani, 2015; Jafari and Bazgir, 2015; Juan-Blasco et al., 2012).

مشکل اصلی در جیره‌های مصنوعی برای ازدیاد کنه شکارگر *A. swirskii* و ازدیاد کنه طعمه *C. lactis* قارچ‌های ساپروفیت (*Aspergillus niger* و *Penicillium notatum*) می‌باشند (Hosseininia et al., 2020). برخی ترکیبات که اغلب در کنترل قارچ‌های ساپروفیت به کار می‌روند شامل تبوکونازول، کالیبان (بی‌کربنات پتاسیم)، جوش شیرین (بی‌کربنات سدیم)، ترکیباتی با ماده موثره جوش شیرین، تریکوکارا و کاربندازیم هستند (Dubey et al., 2018). قارچ‌کش تبوکونازول (Tebuconazole) ۲ درصد با نام تجاری راکسیل Raxil از گروه قارچ‌کش‌های Triazole بوده (Müllernborn et al., 2008; Bamdadian, 1998) و در ایران برای ضد عفونی بذر گندم علیه سیاهک پنهان معمولی و سیاهک آشکار گندم به ثبت رسیده است (Nowruzian, 2000 Anonymous, 2017). سبب‌آور (<https://sabzyar.net/baking-soda-in-plant-breeding/>)

Rhizopus stolonifer و *Penicillium* sp. sp.

تجزیه داده‌ها: به منظور محاسبه درصد شدت آلودگی پتری‌دیش ها از فرمول (Townsend and Heuberger, 1943):

$$100 - \left\{ \frac{\sum (n \cdot v)}{I \cdot N} \right\} \times 100 = \text{درصد کاهش}$$

آلودگی

در فرمول فوق بالاترین ارزش I، ارزش طبقه v استفاده شد. تعداد کل پتری‌دیش‌ها N، تعداد در هر طبقه n است. طبقه یک صفر درصد آلودگی، طبقه دو ۱۰-۱ درصد آلودگی، طبقه سه ۲۰-۱۱ درصد آلودگی، طبقه چهار ۲۱-۳۰ درصد آلودگی، طبقه پنج ۴۰-۳۱ درصد آلودگی، طبقه شش ۵۰-۴۱ درصد آلودگی، طبقه هفت ۶۰-۵۱ درصد آلودگی، طبقه هشت ۷۰-۶۱ درصد آلودگی، طبقه نهم ۸۰-۷۱ درصد آلودگی، طبقه دهم ۱۰۰-۸۱ درصد آلودگی بر اساس سطح پوشانده شده از قارچ‌های ساپروفیت در نظر گرفته شد و درصد کاهش شدت آلودگی هر ظرف محاسبه شد.

تجزیه و تحلیل داده‌ها

میانگین داده‌های ۱۲ تیمار با سه تکرار در قالب طرح به طور کامل تصادفی تجزیه واریانس شد و با آزمون چند دامنه دانکن در سطح ۹۹ درصد ($P < 0.01$) با نرم‌افزار (SAS) مقایسه گردید (SAS Institute, 2005).

نتایج

تجزیه واریانس تیمارهای ترکیبات مختلف در کاهش شدت آلودگی قارچی نشان داد که تیمارها با یکدیگر و با تیمار شاهد (T4) اختلاف معنی‌دار داشته‌اند.

($F_{2, 11} = 13.10$; $P = 0.0001$) و بیشترین میزان کاهش شدت آلودگی قارچی به ترتیب در تیمارهای ۱، ۳ و ۶ به ترتیب با ۶۶/۳۳، ۶۳/۲۵ و ۲۸/۶۲ درصد کاهش شدت مشاهده شد ($p \leq 0.01$). تجزیه واریانس تیمارهای ترکیبات مختلف در افزایش جمعیت کنه طعمه *C. lactis* نشان داد که تیمارها با یکدیگر و با تیمار شاهد (T4) اختلاف معنی‌دار داشته‌اند ($F_{2, 11} = 6.22$; $P = 0.0001$) و بیشترین افزایش جمعیت به ترتیب در تیمارهای ۱، ۱۰ و ۶ با ۸۰/۲۲، ۶۵/۷۵ و ۶۵/۱۵ درصد افزایش مشاهده شد ($p \leq 0.05$). تجزیه واریانس تیمارهای ترکیبات مختلف در افزایش جمعیت کنه شکارگر *A. swirskii* نشان داد که تیمارها با یکدیگر و با تیمار شاهد (T4) اختلاف معنی‌دار داشته‌اند ($F_{2, 11} = 7.47$; $P = 0.0001$) و بیشترین افزایش جمعیت کنه شکارگر به ترتیب در تیمارهای ۱ و ۶ با ۷۶/۳۳ و ۷۲/۶۶ درصد افزایش جمعیت شکارگر مشاهده شد و در گروه‌های بعدی تیمارهای ۳، ۲ و ۱۰ به ترتیب با ۵۶/۳۳، ۵۴/۶۶ و ۵۳/۶۶ درصد افزایش جمعیت شکارگر قرار گرفتند ($p \leq 0.01$).

خشک استهپان جدا و روی مخمر نانوائی *Saccharomyces cerevisiae* Meyen and Hansen خالص‌سازی و به بسترهای کشت اضافه شد. درصد افزایش جمعیت کنه شکارگر *A. swirskii* و کنه طعمه *C. lactis* آن بر اساس افزایش جمعیت متحرک نسبت به نمونه‌برداری قبل از آن محاسبه شد. در یک دهم گرم بستر تعداد کنه متحرک زنده شمارش و درصد گیری شده و درصد افزایش تعداد کنه شکارگر و کنه طعمه محاسبه گردید. برای شمارش کنه‌ها از میکروسکوپ تشریح با بزرگ نمایی ۱۰×۴۰ استفاده شد. ظروف پرورش شامل ۳ پتری‌دیش به عنوان سه تکرار برای هر تیمار در نظر گرفته شد.

پرورش انبوه: همراه با بستر غذایی مصنوعی متشکل از ۸۰۰ گرم آرد سنجد، ۱۹۵ گرم سبوس گندم و ۵ گرم گرده نخل (مجموعاً یک کیلوگرم) به مقدار یک گرم از ترکیبات تبوکونازول، کاربندازیم، تریکروکارا (عامل بیولوژیک *T. virens*)، جوش شیرین معمولی و جوش شیرین سب‌آور، کالیبان (بی‌کربنات پتاسیم) و کیتوزان استفاده گردید. در این آزمایش برای تیمارهایی که با دو نوع قارچ‌کش مخلوط شدند از هر قارچ‌کش به نسبت نیم گرم در یک کیلوگرم در هر بستر، استفاده شد. تیمارهای آزمایشی به ترتیب زیر بودند:

T1-تبوکونازول، T2-جوش شیرین (بی‌کربنات سدیم)، T3-کالیبان (بی‌کربنات پتاسیم)، T4-شاهد بدون قارچ‌کش، T5-جوش شیرین سب‌آور، T6-تریکروکارا، T7-کاربندازیم، T8-جوش شیرین و کاربندازیم، T9-جوش شیرین و تبوکونازول، T10-تبوکونازول به علاوه کیتوزان، T11-تبوکونازول به علاوه کالیبان، T12-تبوکونازول به علاوه کاربندازیم. در هر تیمار یک گرم از مخلوط‌های یاد شده درون یک پتری‌دیش به قطر ۹ سانتی‌متر روی اسفنج ۶×۱۰ سانتی‌متر مانند جزیره درون ظرف پلاستیکی با سر متخلخل با ابعاد ۱۴×۲۲ سانتی‌متر حاوی آب استفاده گردید و برای هر تیمار ۴۰ کنه میوه خشک با نسبت مساوی نر و ماده در شرایط یکسان ($25 \pm 1^\circ \text{C}$ ، $70 \pm 5\%$ RH، $16:8 \text{ h(L:D)}$) رهاسازی شد. بعد از ده روز ۴ عدد کنه شکارگر *A. swirskii* با نسبت ۱:۱ ماده به نر کنه بالغ، به ظروف پرورش کنه انباری میوه خشک اضافه شد. تعداد کنه‌های شکارگر و تعداد کنه‌های طعمه بیست روز بعد از رهاسازی کنه شکارگر و یک ماه بعد از رهاسازی کنه طعمه روی یک گرم بستر غذایی شمارش گردید. برآورد درصد میانگین تعداد کنه‌های میوه خشک (طعمه) و (شکارگر) محاسبه گردید. شدت کاهش آلودگی قارچی بر اساس نمره‌دهی یک تا ده برآورد شد بطوری‌که به ده درصد آلودگی نمره یک و آلودگی کل پتری‌دیش نمره ۱۰ داده شد و محاسبه گردید.

قارچ‌های ساپروفیت غالبی که در ظروف بودند به روش زیست‌شناسی و استفاده از کلید شناسایی قارچ ناقص شناسایی شدند (Falahati Rastegar, 1991) که عبارت بودند از: *Aspergillus*

جدول ۱- میانگین درصد کاهش شدت آلودگی به قارچ‌های ساپروفیت، میانگین درصد افزایش کنه طعمه *C. lactis* و میانگین درصد افزایش کنه شکارگر *A. swirskii*

Table 1- Mean of percentage decrease in severity of saprophytic fungi, average percentage increase in *C. lactis* prey mites and average percentage increase in *A. swirskii* predatory mites

تیمارها	ترکیبات قارچ‌کش Fungicide compounds	کنه شکارگر <i>A. swirskii</i>	کنه شکار <i>C. lactis</i>	میانگین درصد کاهش شدت آلودگی Mean % infested severity decrease
T ₁	تبوکونازول Tebuconazole	76.33 ± 1.11 ^{a*}	80.22 ± 1.51 ^a	65.33 ± 1.21 ^a
T ₂	جوش شیرین Sodium bicarbomate-1	54.66 ± 1.17 ^b	60.20 ± 1.79 ^c	49.32 ± 1.25 ^e
T ₃	کالیبان Potasium bicarbomate	56.33 ± 1.64 ^b	60.25 ± 1.27 ^c	63.25 ± 0.92 ^b
T ₄	شاهد Control	51.66 ± 1.01 ^b	50.31 ± 1.51 ^f	20.33 ± 1.58 ^l
T ₅	جوش شیرین سبزاور Sodium bicarbomate-2	46.33 ± 1.37 ^b	60.12 ± 1.35 ^c	27.37 ± 0.77 ⁱ
T ₆	تریکوکارا <i>Trichoderma virens</i>	72.66 ± 0.95 ^a	65.15 ± 2.08 ^b	62.28 ± 1.29 ^c
T ₇	کاربندازیم Carbendazim	27.33 ± 1.13 ^c	30.44 ± 1.19 ^h	28.30 ± 0.86 ^h
T ₈	جوش شیرین و کاربندازیم Sodium bicarbomate + Carbendazim	44.00 ± 1.54 ^c	55.44 ± 1.61 ^e	29.37 ± 1.51 ^g
T ₉	جوش شیرین و تبوکونازول Sodium bicarbomate + Tebuconazole	38.33 ± 1.53 ^c	56.35 ± 1.25 ^d	30/30 ± 1.43 ^f
T ₁₀	تبوکونازول + کیتوزان Chitosan+ Tebuconazole	53.66 ± 0.98 ^b	65.75 ± 1.58 ^b	50.30 ± 0.74 ^d
T ₁₁	تبوکونازول + کالیبان Tebuconazole+ Potasium bicarbomate	53.00 ± 1.27 ^b	60.25 ± 1.36 ^c	26.27 ± 1.47 ^j
T ₁₂	تبوکونازول + کاربندازیم Tebuconazole+ Carbendazim	28.00 ± 1.46 ^c	35.27 ± 0.73 ^g	25.33 ± 1.65 ^k

*- اعداد مشترک در ستون‌ها نشان دهنده معنی‌دار نبودن تیمارهاست (p≤0.01, Duncan's test).

*- Common letters in the columns indicate that the treatments are not significant (p≤0.01, Duncan's test)

بحث

کاهش رشد می‌تواند در اثر وجود مواد سمی تولید شده توسط این قارچ‌ها و یا در اثر کاهش اکسیژن بستر باشد. نتایج مطالعه حاضر نشان دهنده‌ی کاهش معنی‌دار شدت آلودگی در تیمار قارچ‌کش تبوکونازول است که از گسترش قارچ در بستر جلوگیری نمود.

نتایج نشان داد بیشترین کاهش شدت آلودگی در تیمارهای تبوکونازول یک در هزار، کالیبان (بی‌کربنات پتاسیم) یک در هزار و تریکوکارا (*T. virens*) مشاهده شد که تبوکونازول با ۶۵ درصد کاهش بیشترین میزان کاهش آلودگی قارچی را سبب شد و به علت در دسترس بودن این ترکیب، استفاده از آن راحت‌تر است هرچند که دو

نتایج نشان داد که جمعیت کنه شکارگر *A. swirskii* قادر است که رشد و نمو خود را روی بسترهای رشد با کنه طعمه *C. lactis* تکمیل نماید. این شکارگر دارای پتانسل بالایی در تغذیه از کنه میوه خشک *C. lactis* است. لذا این طعمه می‌تواند غذای مناسبی برای تولید انبوه کنه *A. swirskii* باشد (Hosseini et al., 2020). مهم‌ترین مشکل در پرورش انبوه کنه‌های شکارگر قارچ‌های ساپروفیتی هستند که با گسترش ناگهانی خود، باعث از بین رفتن تعداد زیادی کنه‌های شکارگر و طعمه آن‌ها می‌شوند. علت این

طبق نتایج مطالعه حاضر بین کاهش شدت آلودگی قارچی و افزایش تعداد طعمه در بستر رشد همبستگی مثبت وجود داشت (Pearson Correlation Coefficientes; $F_{2,11} = 0.67$; $P = 0.0001$). بین کاهش شدت آلودگی با افزایش جمعیت کنه شکارگر نیز همبستگی مثبت وجود داشت (Pearson Correlation Coefficientes; $F_{2,11}$) $(= 0.66$; $P = 0.0001$).

به طور کلی با توجه به بررسی نتایج حاصله از تیمارهای آزمایشی، استفاده از قارچ کش تبوکونازول به میزان یک در هزار از ماده تجاری و همچنین ترکیب بیولوژیک تریکوکاراً (*Trichoderma virens*) با غلظت یک در هزار برای کنترل قارچ‌های ساپروفیت در محیط رشد پرورش انبوه کنه شکارگر *A. swirskii* توصیه می‌شود. هر کدام از دو ترکیب ذکر شده مزایا و معایب خود را دارند. مثلاً تبوکونازول در دسترس تر است ولی تریکوکاراً ترکیب بیولوژیک است و از نظر زیست محیطی ایمن تر می‌باشد با این حال این ماده رنگ بستر را کمی تیره می‌کند چون که قارچ *Trichoderma virens* نیز در محیط کشت، رشد می‌کند. از نظر جنبه‌های اقتصادی و کاهش هزینه های تولید انبوه کنه شکارگر، جوش شیرین و کالیان که در گروه دوم تیمارهای مؤثر قرار گرفتند دارای ارزش اقتصادی بوده و بسیار ارزان تر از بقیه روش‌ها می‌باشند و می‌توان با حداقل هزینه شدت آلودگی قارچی را کاهش دهند.

ترکیب دیگر هم از ترکیبات بی خطر و مفید برای محیط زیست می‌باشند. قارچ کش تبوکونازول (Tebuconazole) DS ۲ درصد با نام تجاری راکسیل Raxil از گروه قارچ کش‌های Triazole (Müllernborn et al., 2008) به میزان ۱۵ گرم از فرم تجاری برای ضد عفونی یک صد کیلوگرم بذر گندم علیه سیاهک پنهان معمولی و سیاهک آشکار گندم به ثبت رسیده است (Anonymous, 2017; Nowruzian, 2000). استفاده از قارچ کش تبوکونازول در کنترل فوزاریوم درون پتری دیش با غلظت ۱ در هزار سبب بازداندگی رشد قارچ فوزاریوم شد (Kang et al., 2001). استفاده از غلظت دو در هزار یا 0.2 g/100 mL از NaHCO_3 و KHCO_3 (سبب ۹۵ درصد بازداندگی رشد هیف‌های *Fusarium oxysporum* شد (Hang and Woodams, 2003). مخلوط حشره کش‌ها با ترکیب مشابه تریکوکاراً (*T. virens*) باعث کاهش درصد کمی از قارچ عامل پوسیدگی ریشه (*Rhizoctonia solani*) شد (Dubey et al., 2018). یکی از عوامل محدود کننده در پرورش توام طعمه و شکارگر آلودگی به قارچ‌های ساپروفیت است. لذا عدم آلودگی‌های قارچی کیفیت پرورش انبوه را بالا می‌برد.

افزایش تعداد کنه میوه خشک در تیمارهای ۱، ۱۰ و ۶ متاثر از کاهش آلودگی قارچی بوده و تیمار تبوکونازول یک در هزار بهترین تیمار بوده است. تحقیقات مشابهی در این خصوص وجود ندارد اما

منابع

1. Anonymous. (2017). *List of permitted poisons in the country*. Plant Protection Organization Agricultural Information and Scientific Documentation Center, p., 441. (In Persian)
2. Azimi, H. (2014). *The effect of combination of Cruxime methyl and tetraconazole fungicides with potassium bicarbonate in the control of powdery mildew in greenhouse conditions*, Conference on Agricultural and Environmental Sciences, Shiraz, p. 1-6. (In Persian with English abstract) Information website: <https://civilica.com/doc/250359/>.
3. Bamdadian, A. (1998). *Fungicides and their application in agriculture*, Brahmand Publications, Tehran, 235 p. (In Persian with English abstract)
4. Bazgir, F., Shakarami, J., & Jafari, S. (2018). Life table and predation rate of *Amblyseius swirskii* (Acari: Phytoseiidae) fed on *Eotetranychus frosti* (Tetranychidae) and *Cenopalpus irani* (Tenuipalpidae), *Systematic and Applied Acarology* 23(8): 1614-1626.
5. Calvo, F.J., Bolckmans, K., & Belda, J.E. (2011). Control of *Bemisia tabaci* and *Frankliniella occidentalis* in cucumber by *Amblyseius swirskii*, *BioControl*, 56(2), 185-192.
6. Chmielewski, W. (1970) Studies of a food pest: the mite, *Carpoglyphus lactis* (L.). *Roczniki Państwowego Zakładu Higieny* 21(6): 611-7.
7. Desneux, N., Decourtye, A., & Delpuech, J.M. (2007). The sublethal effects of pesticides on beneficial arthropods, *Annual Review of Entomology* 52: 81-106.
8. Dore, A., Molinu, M.G., Venditti, T., & D'Hallewin, G. (2010). Sodium bicarbonate induces crystalline wax generation, activates host-resistance, and increases imazalil level in rind wounds of oranges, improving the control of green mold during storage. *Journal Agriculture Food Chemistry* 58(12): 7297-304. <http://doi.org/10.1021/jf101013j>. PMID: 20486661.
9. Dubey, S.C., Singh, B., & Tripathi A. (2018). Integrated management of wet root rot, yellow mosaic, and leaf crinkle diseases of urdbean by seed treatment and foliar spray of insecticide, fungicide, and biocontrol agent, *Crop Protection* 112: 269-273.
10. Escudero, L.A., & Ferragut, F. (2005). Life-history of predatory mites *Neoseiulus californicus* and *Phytoseiulus persimilis* (Acari: Phytoseiidae) on four spider mite species as prey, with special reference to *Tetranychus evansi*

- (Acari: Tetranychidae), *Biological Control* 32: 378–384.
11. Falahati-Rastegar, M. (1991). *Illustrated key of mycology (ascomycetes)*. Mohammadi Typing and Reproduction Institute, Mashhad Publishing Company, 263 p. (In Persian with English abstract)
 12. Fouly, A.H., Al-Deghairi, M.A., & Abdel Baky, N.F. (2011). Biological aspects and life tables of *Typhlodromips swirskii* (Acari: Phytoseiidae) fed *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae), *Journal of Entomology* 8: 52–62.
 13. Gerson, U., & Weintraub, P.G. (2012). Mites (Acari) as a factor in greenhouse management, *Annual Review of Entomology* 57: 229–247.
 14. Guedes, R.N.C., Smagghe, G., Stark, J.D., & Desneux, N. (2016). Pesticide-induced stress in arthropod pests for optimized integrated pest management programs, *Annual Review of Entomology* 61: 43–62.
 15. Hang, Y.D., & Woodams, E.E. (2003). Control of *Fusarium oxysporum* by baking soda. *Lebensm -Wiss. u.-Technolqy, Food Science and Technology* 36(8): 803–805.
 16. Horowitz, R., Denholm, I., & Morin, S. (2007). Resistance to insecticides in the TYLCV vector, *Bemisia tabaci*. In: H. Czosnek [ed.], *Tomato Yellow Leaf Curl Virus Disease*, Springer, Dordrecht, Netherlands, molecular biology, breeding for resistance, 305–325.
 17. Hosseininia, A., Khanjani, M., Asadi, M., & Soltani, J. (2020). Life-history of the predatory mite *Amblyseius swirskii* (Athias-Henriot) (Acari: Phytoseiidae) on *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae), *Carpoglyphus lactis* Linnaeus (Acari: Carpoqlyphidae) and *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) (Hemiptera: Aleyrodidae), *Journal of Ornamental Plants* 10(3): 155-166.
 18. Hosseininia, A., Khanjani, M., Khoobdel, M., & Javadi Khederi, S. (2017). Compare the efficiency of the current oils and insecticide compounds in control of greenhouse whitefly *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood), (Hem.: Aleyrodidae) on rose and their interaction, *Journal of Plant Protection* 30(4): 718–726. (In Persian)
 19. Jafari, S., & Bazgir, F. (2015). Life history traits of predatory mite *Typhlodromus (Anthoseius) bagdasarjani* (Phytoseiidae) fed on *Cenopalpus irani* (Tenuipalpidae) under laboratory conditions, *Systematic and Applied Acarology* 20(4): 366–374.
 20. Javadi Khederi, S., & Khanjani, M. (2014a). Modeling demographic response to constant temperature in *Bryobia rubrioculus* (Acari: Tetranychidae), *Ecologia Montenegrina* 1(1): 18–29.
 21. Javadi Khederi, S., Khanjani, M., Babolhavaei, H., Soleimani, M.A., & Asali Fayaz, B. (2014b). Population parameters of *Tetranychus turkestani* (Acari: Prostigmata: Tetranychidae) on fourteen melon genotypes. *Persian Journal of Acarology* 3(3): 217–234.
 22. Javadi khederi, S., Khoobdel, M., Khanjani, M., Hosseininia, A., Sadeghi Sorkhe Dizaji, B., Hosseini, S. M., & Sobati, H. (2019). Insecticidal effects of essential oils from two medicinal plants against *Aleuroclava jasmini* (Hemiptera: Aleyrodidae), *Journal of Crop Protection* 8(1): 57–67.
 23. Ji, J., Zhang, Y.X., Lin, J.Z., Chen, X., Sun, L., & Saito, Y. (2015). Life histories of three predatory mites feeding upon *Carpoglyphus lactis* (Acari, Phytoseiidae; Carpoqlyphidae), *Systematic and Applied Acarology* 20(5): 491–496.
 24. Juan-Blasco, M., Qureshi, J.A., Urbaneja, A., & Stansly, P.A. (2012). Predatory mite, *Amblyseius swirskii* (Acari: Phytoseiidae), for biological control of Asian Citrus Psyllid, *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae), *Florida Entomologist* 95: 543–551.
 25. Kang, Z., Huang, L., Krieg U., A., Mauler-Machnik, A., & Buchenauer, H. (2001). Effects of tebuconazole on morphology, structure, cell wall components and trichothecene production of *Fusarium culmorum* in vitro. *Pest Management Science: formerly Pesticide Science* 57(6): 491-500. <http://doi.org/10.1002/ps.310>.
 26. Lee, H.-S., & Gillespie, D.R. (2011). Life tables and development of *Amblyseius swirskii* (Acari: Phytoseiidae) at different temperatures, *Experimental and Applied Acarology* 53: 17–27.
 27. Liang, P., Tian, Y.A., Biondi, A., Desneux, N., & Gao, X.W. (2012). Short-term and transgenerational effects of the neonicotinoid nitenpyram on susceptibility to insecticides in two whitefly species, *Ecotoxicology* 21(7): 1889–1898.
 28. McMurtry, J.A., De Moraes, G.J. & Sourassou, N.F. (2013). Revision of the lifestyles of phytoseiid mites (Acari: Phytoseiidae) and implications for biological control strategies, *Systematic and Applied Acarology*, 18(4): 297-320. <http://doi.org/10.11158/saa.18.4.1>.
 29. Mohammadi Gol Tappeh, E., & Rezaei Danesh, Y. (2007). Investigation of the effect of two fungicides, benomyl and carbandazim, on the control of *Trichoderma* green mold in button mushroom breeding halls. *Agricultural Knowledge* 16(4): 157-165. (In Persian with English abstract)
 30. Müllenborn, C., Steiner, U., Ludwig, M., & Oerke, E.C. (2008). Effect of fungicides on the complex of *Fusarium* species and saprophytic fungi colonizing wheat kernels. *European Journal of Plant Pathology* 120: 157–166. <https://doi.org/10.1007/s10658-007-9204-y>.
 31. Nowruzian, M. (2000). *List of permitted poisons in the country*. Plant Protection Organization Agricultural Information and Scientific Documentation Center, p., 110. (In Persian)
 32. Onzo, A., Houedokoho, A.F., & Hanna, R. (2012). Potential of the predatory mite, *Amblyseius swirskii* to suppress the Broad Mite, *Polyphagotarsonemus latus* on the Gboma Eggplant, *Solanum macrocarpon*, *Journal of Insect*

- Science 12: 1–7.
33. Park, H.H., Shipp, L., & Buitenhuis, R. (2010). Predation, development, and oviposition by the Predatory Mite *Amblyseius swirskii* (Acari: phytoseiidae) on Tomato Russet Mite (Acari: Eriophyidae), *Journal of Economic Entomology* 103(3): 563–569.
34. Park, H.H., Shipp, L., Buitenhuis, R., & Ahn, J.J. (2011). Life history parameters of a commercially available *Amblyseius swirskii* (Acari: Phytoseiidae) fed on cattail (*Typha latifolia*) pollen and tomato russet mite (*Aculops lycopersici*), *Journal of Asia-Pacific Entomology* 14(4): 497–501.
35. Rahmani, A., Solgi, M., Ganji-Khorramdel, N., & Hosseini, S.M.R. (2015). Application of chitosan in environment and agriculture, the first national conference on applied research in environmental protection, *Water and Natural Resources, Arak, p.*, 20. (In Persian with English abstract). Information website: <https://civilica.com/doc/392159>.
36. SAS Institute. (2005). SAS software version 9.2 SAS Institute, Cary.
37. Seiedy, M., Soleymani, S., & Hakimitabar, M. (2016). Development and reproduction of the predatory mite *Amblyseius swirskii* Athias-Henriot (Acari: Phytoseiidae) on *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) and *Bemisia tabaci* Gennadius (Heteroptera: Aleyrodidae), *International Journal of Acarology* 43(2): 160-164.
38. Townsend, G.K., & Heuberger, J.W. (1943). Methods for estimating losses caused by diseases in fungicide experiments. *Plant Diseases . Reporter* 27: 340-343.
39. van Houten, Y M., Hoogerbrugge, H., & Bolckmans, K.J. (2007). Spider mite control by four phytoseiid species with different degrees of polyphagy, *IOBC/WPRS Bulletin* 30(5): 123–127.
40. Wimmer, D., Hoffmann, D., & Schausberger, P. (2008). Prey suitability of western flower thrips, *Frankliniella occidentalis*, and onion thrips, *Thrips tabaci*, for the predatory mite *Amblyseius swirskii*, *Biocontrol Science and Technology* 18(6): 533–542.
41. Xu, C., Qiu, B.L., Cuthbertson, A.G.S., Zhang, Y., & Ren, S.X. (2012). Adaptability of sweet potato whitefly *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) on seven marginal host plants, *International Journal of Pest Management* 58(4): 297–301.
42. Zamani, M., Tehrani, A.S., Ahmadzadeh, M., & Abadi, A.A. (2006). Effect of fluorescent pseudomonades and *Trichoderma* sp. and their combination with two chemicals on *Penicillium digitatum* caused agent of citrus green mold. *Communications in Agricultural and Applied Biological Sciences* 71(3): 1301-1310.
43. Zamani, M., Sharifi-Tehrani A., Alizadeh, A., & Abadi, A. (2007). Evaluation of antifungal activity of carbonate and bicarbonate salts alone or in combination with biocontrol agents in control of citrus green mold. *Communications in Agricultural and Applied Biological Sciences* 72(4): 773-777.



Effect of Diet on Some Physiological and Biological Parameters of Indian meal moth, *Plodia interpunctella* (Lepidoptera: Pyralidae)

E. Mohajjel Farshbaf¹, R. Farshbaf Pourabad^{ID 2}, Sh. Ashouri^{ID 3*}

Received: 22-10-2022

Revised: 18-12-2022

Accepted: 25-01-2023

Available Online: 25-01-2023

How to cite this article:

Mohajjel Farshbaf, E., Farshbaf Pourabad, R., & Ashouri, Sh. (2023). Effect of diet on some physiological and biological parameters of Indian meal moth, *Plodia interpunctella* (Lepidoptera: Pyralidae). *Journal of Iranian Plant Protection Research* 37(1): 21-32. (In Persian with English abstract). <http://doi.org/10.22067/jpp.2023.79306.1111>

Introduction

The Indian meal moth, *Plodia interpunctella* (Lepidoptera: Pyralidae) (Hubner, 1813) is one of the most important and well-known stored-product pests in most parts of the world. The larvae of this insect are omnivorous and have the ability to grow and reproduce on a wide variety of grains, dried fruits, dried vegetables, nuts, oil seeds, chocolate, animal feed and various processed products. Therefore, it causes economic losses to various agricultural and stored products. On the other hand, this insect is used as a host in the rearing of various useful insect species. In general, the Indian moth eats carbohydrate-rich foods, and its growth and development is highly dependent on biochemical compounds and especially the quality and quantity of nutrients in its diet. The enzymes like amylase and pectinase in the digestive system of the lepidoperan larvae, which are secreted by the cells of the midgut, play an effective role in the digestion and absorption of food. Investigating some of the biological and physiological properties of this insect on various types of foods will help to optimize the rearing of this insect for management studies and also as a host for rearing of other pest insect's predators and parasitoids.

Materials and Methods

In this study, we investigated the effects of different diets, namely raisin, fig, pistachio, peanut, almond, and walnut, which are known to be the main hosts of the Indian meal moth, on the protein content in the last instar larval gut. We compared their protein patterns and content using SDS-PAGE. Additionally, we measured the activities of the digestive enzymes alpha-amylase and pectinase using the DNS (Dinitrosalicylic acid) assay. Alpha-amylase activity was assessed using 1% starch as a substrate, while pectinase activity was measured using pectin as the substrate. To facilitate a better comparison of the relative enzymatic activities, the activities were calculated as a percentage of the highest enzymatic activity. Furthermore, we compared several biological parameters, including the incubation period, larval period, pupal period, adult longevity, life span, and adult emergence.

Results and Discussion

The results of the study revealed that the Indian meal moth larvae had the lowest amounts of gut protein when fed on figs and raisins, while the highest amounts were observed in larvae fed on pistachios, peanuts, almonds, and walnuts. The determination of protein levels using the Bradford method and SDS-PAGE gel electrophoresis yielded consistent results, clearly indicating the protein concentrations in the samples. The activity of the alpha-amylase enzyme in the larvae's gut was highest in those fed on pistachios and lowest in

1 and 2- Master Student and Professor of Agricultural Entomology in Department of Plant Protection, University of Tabriz, Tabriz, Iran, respectively.

3- Assistant Professor of Agricultural Entomology in Department of Plant Protection, Nuclear Agriculture Research School, Nuclear Science and Technology Research Institute, Karaj, Iran

(*- Corresponding Author Email: shashouri@aeoi.org.ir)

DOI: [10.22067/jpp.2023.79306.1111](https://doi.org/10.22067/jpp.2023.79306.1111)

those fed on figs. Similarly, the pectinase enzyme showed the highest activity in larvae fed on pistachios and the lowest activity in those fed on raisins. The embryonic period of the Indian meal moth remained consistent across different diets. However, when comparing the duration of the larval period, pupal period, and overall growth period, the shortest duration was observed in larvae fed on pistachios, while the longest duration was seen in those fed on raisins. The length of the growth period tends to increase when the insect is fed on less desirable food sources. Regarding lifespan, the shortest duration was observed in the diets consisting of almonds and pistachios, while the longest lifespan was recorded in those fed on raisins. When examining adult emergence, the diets of almonds and figs showed the highest and lowest values, respectively. In conclusion, pistachios, almonds, and walnuts were found to be more favorable diets for the Indian meal moth larvae compared to peanuts, figs, and raisins.

Conclusion

This study aimed to determine the optimal diet for rearing the Indian meal moth. The investigated diets, which are major food sources for this insect, were found to have an impact on the amount and concentration of intestinal protein in the last instar larvae, as well as the activity of alpha-amylase and pectinase enzymes. Significant differences were observed in various physiological and biological components among the diets. The highest values for all these components were observed in the larvae reared on a pistachio diet, while the lowest values were found in those reared on fig and raisin diets. Based on the findings of this research, it can be concluded that pistachio, walnut, and almond diets are favorable and suitable for laboratory breeding of the Indian meal moth, compared to peanut, raisin, and fig diets. Among these diets, pistachio was identified as the most optimal choice.

Keywords: Alpha-amylase, Biological components, Indian meal moth, Pectinase, Protein

مقاله پژوهشی

جلد ۳۷، شماره ۱، بهار ۱۴۰۲، ص. ۲۱-۳۲

تأثیر رژیم غذایی روی چند مولفه فیزیولوژیک و زیستی شب‌پره هندی *Plodia interpunctella* (Lepidoptera: Pyralidae)

الهام محجل فرشایف^۱ - رضا فرشایف پورآباد^۲ - شبنم عاشوری^{۳*}

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۷/۳۰

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۱/۰۹/۲۷

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۱/۰۵

چکیده

شب‌پره هندی (*Plodia interpunctella* (Hübner, 1813) (Lepidoptera: Pyralidae) آفت بسیار مهم مواد غذایی در انبارهای سراسر ایران می‌باشد. قدرت بالای این حشره در جستجو و تشخیص مواد غذایی و تغذیه از انواع خشکبار از جمله غلات، خشکبار، سبزیجات خشک، آجیل و دانه‌های روغنی، سبب خسارت‌های جبران ناپذیری به فراورده‌های انباری می‌گردد. بررسی برخی ویژگی‌های زیستی و فیزیولوژیک این حشره روی انواع خشکبار می‌تواند در پرورش بهتر این حشره برای مطالعات مدیریتی و همچنین به عنوان میزبان برای پرورش حشرات مفید کاربرد داشته باشد. در این مطالعه میزان پروتئین موجود در روده لاروهای سن آخر این شب‌پره در اثر تغذیه از رژیم‌های غذایی مختلف (گردو، کشمش، بادام، بادام زمینی، انجیر و پسته) تعیین شد و الگوهای پروتئینی آن‌ها با استفاده از الکتروفورز ژل پلی‌آکریل‌آمید واسرشتگر (SDS-PAGE) مقایسه گردید. کم‌ترین میزان پروتئین در روده حشرات تغذیه کرده از انجیر و کشمش و بیش‌ترین به ترتیب در لاروهای تغذیه کرده از رژیم غذایی پسته، بادام زمینی، بادام و گردو مشاهده شد. تعیین مقدار پروتئین از مطالعه رنگ‌سنجی با استفاده از روش بردفورد و تصویر مربوط به ژل پلی‌آکریل‌آمید واسرشتگر با هم هم‌خوانی داشتند و غلظت پروتئین نمونه‌ها به وضوح در ژل نیز نمایان بود. فعالیت آنزیم‌های آلفا-آمیلاز و پکتیناز روده این لاروها نیز سنجش شد. فعالیت آنزیم آلفا-آمیلاز در روده لاروهای تغذیه کرده از پسته بیش‌ترین و انجیر کم‌ترین مقدار را نشان داد. بیش‌ترین و کم‌ترین فعالیت آنزیم پکتیناز نیز به ترتیب در اثر تغذیه از پسته و کشمش مشاهده شد. طبق نتایج، طول دوره جنینی در رژیم‌های غذایی مختلف یکسان بود. کم‌ترین و بیش‌ترین طول دوره‌های لاروی، شفیرگی و دوره نشوونمای کلی به ترتیب در اثر تغذیه از پسته و کشمش مشاهده شد. طول عمر حشرات کامل ظاهر شده در رژیم غذایی بادام و پسته بیش‌ترین و در کشمش کم‌ترین بود. در بررسی درصد حشرات کامل ظاهر شده، رژیم‌های غذایی بادام و انجیر به ترتیب دارای بیش‌ترین و کم‌ترین مقادیر بودند. به طور کلی، به ترتیب پسته، بادام و گردو رژیم‌های غذایی مطلوبی برای پرورش این آفت هستند و رژیم‌های غذایی بادام زمینی، انجیر و کشمش با وجود این که مورد تغذیه این حشره هستند، اما نسبت به سه رژیم غذایی قبلی برای نشوونما و پرورش این حشره مناسب به شمار نمی‌روند.

واژه‌های کلیدی: آلفا-آمیلاز، پروتئین، پکتیناز، شب‌پره هندی، مؤلفه‌های زیستی

۱ و ۲- به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد و استاد گروه گیاه‌پزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران

۳- استادیار گروه گیاه‌پزشکی، پژوهشکده کشاورزی هسته‌ای، پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای، کرج، ایران

(*) نویسنده مسئول: (Email: shashouri@aeoi.org.ir)

مقدمه

شب‌پره هندی (*Plodia* (Lepidoptera: Pyralidae) *interpunctella* (Hübner, 1813) یکی از آفات مهم و شناخته‌شده خشکبار و مواد غذایی انباری مختلف در اکثر نقاط دنیا می‌باشد. لارو این حشره همه‌چیزخوار بوده و توانایی رشد و تولیدمثل روی غلات، میوه‌های خشک، سبزیجات خشک، آجیل، دانه‌های روغنی، شکلات، خوراک دام و محصولات فرآوری شده مختلف را دارد (Mohandass *et al.*, 2007). از طرفی این حشره به عنوان میزبان جایگزین در پرورش گونه‌های حشرات مفید شکارگر و پارازیتوئید مختلف هم‌چون *Xylocoris flavipes* (Hemiptera: Anthocoridae) *Nemeritis canescens* (Hymenoptera: Ichneumonidae) و *Habrobracon hebetor* (Hymenoptera: Braconidae) کاربرد دارد (Wagge, 1978; Ghimire and Press *et al.*, 1973; Phillips, 2010; Wang *et al.*, 2020).

به طور کلی، شب‌پره هندی در محیط‌های غذایی غنی از کربوهیدرات تغذیه می‌نماید و رشد و نشوونمای آن به شدت به ترکیبات بیوشیمیایی و به‌خصوص کیفیت و کمیت مواد مغذی موجود در ماده غذایی وابسته است. محتوای کربوهیدرات و پروتئین رژیم غذایی باعث ایجاد تغییرات در کارایی تغذیه، رشد و فعالیت آنزیم‌های گوارشی این حشره می‌شود (Borzoui *et al.*, 2018). در دستگاه گوارش لاروهای بال‌پولک‌داران، آنزیم‌هایی مانند تریپسین، آمیلاز، پکتیناز، آلفا- و بتا-گلیکوزیداز، آمینوپپتیداز و تریپسلاز وجود دارد که توسط سلول‌های روده میانی ترشح می‌شوند (Dow, 1986).

تأثیر رژیم‌های غذایی مختلف و همچنین ارقام مختلف یک گیاه میزبان روی میزان پروتئین، فعالیت آنزیم‌های گوارشی و مولفه‌های زیستی حشرات آفت مختلف مورد مطالعه قرار گرفته است؛ ناصری و همکاران (Naseri *et al.*, 2017) بیان نمودند که فعالیت آلفا- آمیلاز گوارشی لاروهای شپشه قرمز آرد (*Tribolium castaneum* (Coleoptera: Tenebrionidae) پرورش‌یافته روی آرد جو و سورگوم نسبت به لاروهای پرورش‌یافته روی رژیم غذایی مصنوعی بیش‌تر بود. همچنین، طول دوره نشوونمایی مراحل نارس در رژیم سویا از همه طولانی‌تر بود. عباداللهی و برزویی (Ebadollahi and Borzoui, 2019) عنوان کردند که در حشرات کامل سوسک کشیش *Rhyzopertha dominica* (Coleoptera: Bostrichidae) پرورش‌یافته روی شش رقم مختلف برنج، بیش‌ترین میزان بقای لاروی و شفیرگی، طول عمر حشرات کامل و فعالیت آمیلازی و پروتئازی روی رقم هاشمی و کم‌ترین مقادیر در رقم گوهر مشاهده شد. محمدزاده و همکاران (Mohammadzadeh *et al.*, 2020) با بررسی اثر رژیم‌های غذایی مختلف (آرد گندم، جو، جودو سر و ذرت) بر مولفه‌های فیزیولوژیک

لاروهای شب‌پره مدیترانه‌ای آرد *Ephestia kuehniella* (Lepidoptera: Pyralidae) گزارش کردند که میزان پروتئین کل بدن لاروها، روده، اجسام چربی و کل بدن شفیره‌ها و همچنین فعالیت آلفا-آمیلاز گوارشی، در رژیم‌های مختلف متفاوت بود. ناصری و همکاران (Naseri *et al.*, 2020) طی بررسی روی پاسخ‌های غذایی لاروهای سن پنجم لمبه گندم *Trogoderma granarium* (Coleoptera: Dermestidae) روی ده رقم تجاری برنج، به ترتیب بیش‌ترین میزان فعالیت آمیلولیتیک لاروها را در اثر تغذیه از رقم گیلان و کم‌ترین میزان را در اثر تغذیه از رقم‌های فجر و خزر گزارش کردند. نجات و همکاران (Nejat *et al.*, 2020) کم‌ترین میزان پروتئین روده و فعالیت آلفا- آمیلاز و پکتیناز گوارشی لاروهای کرم غوزه پنبه *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) را در مقایسه با رژیم‌های غذایی مصنوعی حاوی پودر لوبیا قرمز، لوبیا سفید و لوبیا چشم بلبلی در اثر تغذیه از رژیم حاوی پودر ذرت مشاهده کردند. طبق نتایج قنبری و همکاران (Ghanbari *et al.*, 2022) از بین شش رقم گندم آنتانیوس، نودل، قرمز، سبلان، سرداری و آذر ۲، حشرات کامل سن گندم *Eurygaster integriceps* (Hemiptera: Scutelleridae) تغذیه کرده از رقم سرداری دارای بیش‌ترین مقدار پروتئین در روده و اجسام چربی، و همچنین بیش‌ترین فعالیت آنزیم‌های پروتئاز کل، آلفا- آمیلاز و پکتیناز گوارشی بودند. ورمزیاری و همکاران (Varmazyari *et al.*, 2022) نیز اثر رقم‌های مختلف چغندر قند (افسوس، آناکوندا، اگریت و پریمییر) بر میزان پروتئین و فعالیت آلفا- آمیلاز روده‌ای حشرات کامل خرطوم‌بلند چغندر قند *Lixus incanescens* (Coleoptera: Curculionidae) را بررسی و مشاهده کردند که این مولفه‌ها در حشرات کامل تغذیه کرده از رقم‌های مختلف، اختلاف معنی‌داری با هم داشتند و در رقم افسوس و پریمییر به ترتیب بیش‌ترین و کم‌ترین مقادیر ثبت شد.

با توجه به زیان اقتصادی شب‌پره هندی بر روی فرآورده‌های انباری مختلف و اهمیت پرورش آن روی مواد غذایی مناسب در جهت تامین میزبان مناسب جهت پرورش حشرات مفید مختلف، در این پژوهش تأثیر رژیم‌های غذایی کشمش، انجیر، پسته، بادام زمینی، بادام و گردو (اصلی‌ترین میزبان‌های این حشره) بر تغییرات میزان پروتئین موجود در روده، فعالیت آنزیم‌های گوارشی آلفا- آمیلاز و پکتیناز، طول دوره مراحل مختلف نشوونمایی و درصد ظهور حشرات کامل این آفت مورد مقایسه قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

پرورش حشرات

جهت پرورش شب‌پره هندی از کلنی موجود در دانشگاه تبریز

الکتروفورز ژل پلی آکريل آميد واسرشتگر

جهت بررسی غلظت و الگوی پروتئينی نمونه‌های تهيه شده، الکتروفورز ژل پلی آکريل آميد احیائی یا واسرشتگر (SDS-PAGE) با روش لاملی (Laemmli, 1970) انجام شد. برای این منظور از ژل جداکننده ۱۲ درصد و ژل متراکم کننده ۴ درصد به ترتیب با حجم ۲۰ و ۱۰ میلی لیتر استفاده شد. قبل از ریختن نمونه پروتئينی در چاهک‌های ژل روئی، پروتئين‌ها با قرار داده شدن در دمای ۹۵ درجه سلسیوس واسرشته شدند. در بافر نمونه از مرکاپتاتانول استفاده شد. الکتروفورز با ولتاژ ۱۲۰ ولت تا رسیدن نوار رنگی به انتهای ژل اجرا شد. ژل به دست آمده با استفاده از معرف رنگی کوماسی بريلنت بلو تا زمانی که آبی تیره شوند (حدود ۲۴ ساعت روی دستگاه تکان دهنده) رنگ آمیزی شد. سپس ژل به مدت ۲۴ ساعت دیگر در محلول رنگ بر روی دستگاه تکان دهنده قرار داده شده و تا زمان روشن شدن رنگ زمینه ژل و مشخص شدن نوارهای پروتئينی به رنگ آبی، عمل رنگ‌زایی ادامه یافت. در نهایت، با استفاده از دستگاه اسکنر، عمل تصویربرداری از ژل انجام شد. وزن مولکولی نوارهای پروتئينی در حضور استاندارد با شماره کاتالوگ SL7011 (۱۱-۱۸۰ کیلودالتون، Sinaclon®) تخمین زده شد.

سنجش فعاليت آنزيمي

سنجش فعاليت آلفا- آمیلازها و پکتینازهای گوارشی با استفاده از روش برنفلد (Bernfeld, 1955) با اندکی تغيير انجام گردید (برگرفته از Hosseininaveh and Ghadamyari, 2013). برای این منظور، از نشاسته و پکتین یک درصد به ترتیب به عنوان زیر نهشت‌های آلفا- آمیلاز و پکتیناز استفاده گردید. برای تهيه آن‌ها از آب مقطر با دمای ۷۰ درجه سلسیوس استفاده شد تا به خوبی در آب حل شوند. ترکیب واکنش حاوی ۱۰ میکرولیتر آنزیم، ۶۵ میکرولیتر بافر گلايسين (۵/۰ مولار با اسيدیته ۱۰) و ۲۵ میکرولیتر زیرنهشت بود. در شاهد نیز به جای آنزیم از ۱۰ میکرولیتر بافر گلايسين استفاده شد. مخلوط واکنش به مدت ۳۰ دقیقه در دمای ۳۷ درجه سلسیوس در داخل حمام آب گرم نگهداری شد. پس از آن، مقدار ۱۰۰ میکرولیتر از معرف DNS (دی نیتروسالسیلیک اسید) به مخلوط حاصل اضافه شد. سپس مخلوط واکنش آنزیمی مورد نظر به مدت ۱۰ دقیقه درون آب با دمای ۱۰۰ درجه سلسیوس قرار داده شد. در نهایت، مقدار ۱۹۰ میکرولیتر از این ترکیب درون چاهک‌های میکروپلیت دستگاه جذب- خوان ریخته و میزان جذب نوری در طول موج ۵۴۰ نانومتر ثبت گردید. آزمایش مورد نظر در سه تکرار تکنیکی و پنج تکرار زیستی انجام شد. جهت مقایسه بهتر فعاليت نسبی آنزیم‌ها، فعاليت آن‌ها به صورت درصدی از فعاليت آنزیم در رژيمي که بیش‌ترین فعاليت را داشته، محاسبه شد.

استفاده شد. تخم‌های حاصل از جفت‌گیری حشرات کامل به ظروف پلاستیکی نیمه شفاف دارای درپوش مجهز به توری منتقل شدند. در این ظروف یک لایه نازک از پسته خام ریخته شد. پس از تکمیل دوره نشوونما، حشرات کامل ظاهر شده نسل بعدی مجدد به ظروف تخم‌گیری منتقل شدند. پس از دو نسل خالص‌سازی، حشرات نسل سوم روی رژيم‌های غذایی آزمایشی انتقال داده شدند. از شش رژيم گردو، بادام‌زمینی، کشمش، پسته، بادام و انجیر برای این منظور استفاده شد. شرایط نگهداری و پرورش حشرات، دمای 26 ± 2 درجه سلسیوس، رطوبت نسبی 5 ± 50 درصد و دوره نوری ۸:۱۶ ساعت (روشنایی: تاریکی) در نظر گرفته شد.

تشریح حشرات و تهيه نمونه‌های پروتئينی

برای تهيه نمونه‌های پروتئينی، ابتدا لاروهای سن آخر شب پره هندي در زیر استریومیکروسکوپ و درون شیشه ساعت حاوی آب مقطر سرد با استفاده از قیچی میکروجرأحي و پنس مخصوص، تشریح شده و کل لوله گوارش جداسازی شد. تعداد ۱۰ عدد لوله گوارش در داخل میکروتیوب‌های ۲ میلی لیتری حاوی ۳۰۰ میکرولیتر آب مقطر قرار داده شدند. میکروتیوب‌ها در زمان جداسازی و در تمام مدت آزمایش داخل یخ نگهداری شدند. نمونه‌ها با استفاده از دستگاه همگن‌ساز مدل Ultra-turax T8 (Ika labortechnik®) به مدت ۲۰ ثانیه همگن گردیدند. مخلوط‌های همگن سپس به مدت ۳۰ دقیقه در دمای ۴ درجه سلسیوس و با سرعت ۱۰۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شدند. در نهایت، مایع‌های روشن‌آور به عنوان نمونه پروتئينی به آرامی با استفاده از سمپلر جداسازی و برای استفاده در آزمایش‌ها به دمای منفی ۲۰ درجه سلسیوس انتقال داده شدند.

تخمین غلظت پروتئين

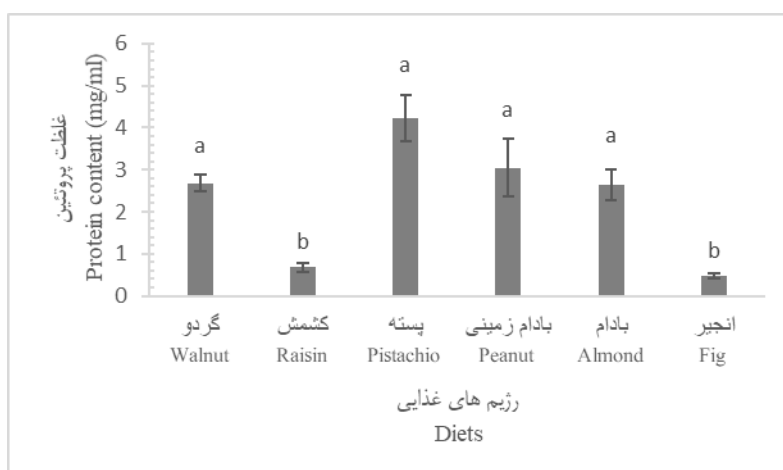
غلظت پروتئين در نمونه‌های دستگاه گوارش لاروها با استفاده از روش بردفورد (Bradford, 1976) تعیین شد و از آلبومین سرم گاوی به عنوان پروتئين شاخص در غلظت‌های ۰/۰۳۲، ۰/۰۶۳، ۰/۱۲۵، ۰/۲۵ و ۰/۵ میلی گرم بر میلی لیتر استفاده گردید. از هر نمونه، ۱۰ میکرولیتر در سه تکرار در داخل چاهک‌های میکروپلیت دستگاه جذب‌خوان مدل ELx800™ (BioTek®) ریخته و ۱۹۰ میکرولیتر از معرف رنگی بردفورد به چاهک‌ها اضافه شد. پس از ۵ دقیقه میزان جذب نوری در طول موج ۵۹۰ نانومتر ثبت شد. با ترسیم نمودار استاندارد غلظت پروتئين شاخص و با استفاده از معادله خط راست، میزان جذب نوری نمونه‌های آزمایشی در معادله قرار داده شد و غلظت پروتئين آن‌ها محاسبه گردید. آزمایش‌ها در پنج تکرار انجام شدند.

سنجش مولفه‌های زیستی

برای اندازه‌گیری مؤلفه‌های زیستی از تشتک‌های پتری پلاستیکی با قطر پنج سانتی‌متر که درب آن‌ها برای انتقال هوا سوراخ و با پارچه توری پوشانده شده بود، استفاده شد. در داخل هر یک از تشتک‌ها ۵ گرم از هر رژیم غذایی و ۱۰ عدد لارو نئونات قرار داده شد. تشتک‌های حاوی حشرات از مرحله تخم تا پایان عمر حشرات کامل به صورت روزانه به طور دقیق مورد بررسی قرار می‌گرفتند. در نهایت، طول مراحل جنینی، لاروی، شفیرگی، حشره کامل و کل دوره نشوونمایی و همچنین درصد حشرات کامل ظاهر شده روی هر یک از رژیم‌های غذایی ثبت گردید. برای هر رژیم غذایی پنج تکرار در نظر گرفته شد.

تجزیه آماری داده‌ها

نتایج و داده‌های به دست آمده با استفاده از نرم‌افزار Instat3 تجزیه آماری شدند و از طرح کاملاً تصادفی (تجزیه واریانس یک طرفه) جهت تجزیه واریانس داده‌ها استفاده شد. نرمال بودن توزیع داده‌ها با آزمون کولموگروف-اسمیرنوف مورد تأیید قرار گرفت.



شکل ۱- غلظت پروتئین روده در لاروهای سن آخر شب‌پره هندی *Plodia interpunctella* تغذیه کرده از رژیم‌های غذایی مختلف

حروف غیرمشابه نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال آماری ۱٪ در آزمون توکی می‌باشند.

Figure 1-Gut protein concentration in last instars of *Plodia interpunctella* fed on different diets
Different letters on each column indicate a significant difference ($p < 0.0001$) based on Tukey's test.

گروه‌بندی و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون توکی در سطح احتمال آماری یک درصد و رسم نمودارها با برنامه Microsoft Excel 2016 انجام شد.

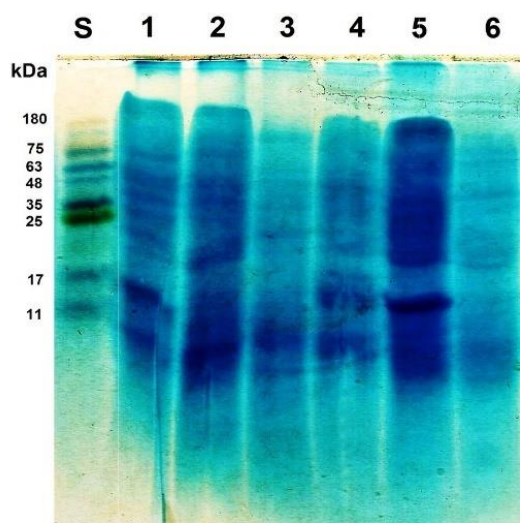
نتایج و بحث

غلظت پروتئین روده

نتایج تجزیه واریانس مربوط به اثر تغذیه از رژیم‌های غذایی مختلف روی میزان پروتئین موجود در روده لاروهای سن آخر شب‌پره هندی اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال آماری ۱٪ نشان داد ($F_{5,29} = 12.922, p < 0.0001$). بیش‌ترین مقدار پروتئین به ترتیب در روده لاروهای سن آخر تغذیه کرده از رژیم غذایی پسته ۴/۲۲، بادام زمینی ۳/۰۴، گردو ۲/۶۸ و بادام ۲/۶۴ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر مشاهده شد که با هم اختلاف معنی‌داری نداشتند. همچنین، کم‌ترین مقدار پروتئین در اثر تغذیه از انجیر و کشمش (به ترتیب ۰/۴۷ و ۰/۶۸ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر) بود که با هم فاقد اختلاف معنی‌دار بودند (شکل ۱).

داشتند و کم‌ترین شدت نیز در نوارهای پروتئینی مربوط به روده لاروهای تغذیه‌کرده از کشمش و انجیر (به ترتیب ستون‌های شماره ۳ و ۶) دیده شد. این نتایج با نتایج سنجش غلظت پروتئین به روش بردفورد به طور کامل مطابقت دارد.

تصویر به دست آمده از ژل مربوط به الگوی پروتئینی در روده لاروهای سن آخر در شکل ۲ ارائه شده است. طبق نتایج، نوارهای پروتئینی لاروهای پرورش‌یافته بر روی پسته، بادام زمینی، گردو و بادام (به ترتیب ستون‌های شماره ۵، ۲، ۱ و ۴) بیش‌ترین شدت را



شکل ۲- SDS-PAGE پروتئين روده لاروهای سن آخر شب پره هندي *Plodia interpunctella* تغذيه کرده از رژيمهای غذايي مختلف
اعداد ۱، ۲، ۳، ۴، ۵ و ۶ به ترتيب نشان گر رژيمهای غذايي گردو، بادام زميني، کشمش، بادام، پسته و انجير هستند. ستون سمت چپ که با حرف لاتين S مشخص شده است، مربوط به پروتئين استاندارد بوده و اعداد، وزن مولکولي پروتئين ها بر حسب کيلودالتون می باشند.

Figure 2- SDS-PAGE of gut protein in last instars of *Plodia interpunctella* fed on different diets
The numbers 1, 2, 3, 4, 5 and 6 indicate the diets of walnut, peanut, raisin, almond, pistachio and fig, respectively. The left column, which is marked with S, corresponds to the standard protein and the molecular weights of the proteins are in kDa.

طول دوره نشوونمايي

نتايج مربوط به طول دوره های نشوونمايي شب پره هندي پرورش يافته روي رژيم های غذايي مختلف در جدول ۱ ارايه شده اند. تجزيه واريانس داده های دوره نشوونمايي جنيني در بين تمامی رژيم های غذايي اختلاف معنی داری را نشان نداد ($F_{5,29} = 1.821, p = 0.147$). ميانگين دوره جنيني تخم های حاصل از حشرات نشوونما يافته روي رژيم های غذايي پسته، بادام، گردو، بادام زميني، انجير و کشمش به ترتيب ۳/۴، ۴/۸، ۴/۶، ۴/۸، ۵/۲ و ۵ روز (بدون اختلاف معنی دار) تعيين شد.

طول دوره لاروي در اثر تغذيه از رژيم های غذايي مختلف با هم ديگر اختلاف معنی داری داشتند ($F_{5,29} = 75.833, p < 0.0001$). کم ترين طول دوره لاروي مربوط به پسته با ميانگين ۳۹/۴ روز و بيش ترين آن مربوط به کشمش با ميانگين ۵۹/۶ روز بود. ميانگين طول دوره لاروي بر روي دو رژيم غذايي گردو و بادام به ترتيب ۴۳/۲ و ۴۴/۸ روز و در روي بادام زميني و انجير به ترتيب ۵۱/۸ و ۵۲/۶ روز ثبت شد، که جداگانه با ساير رژيم ها دارای اختلاف معنی دار و با يکديگر فاقد اختلاف معنی دار بودند. کوتاه بودن طول دوره لاروي در پسته نشان دهنده مناسب بودن اين رژيم غذايي برای نشوونماي سريع تر اين حشره می باشد.

فعاليت نسبي آنزيم های آلفا- آميلاز و پکتيناز گوارشي

طبق نتايج تجزيه واريانس، اثر رژيم های غذايي مختلف روي فعاليت آلفا- آميلاز ($F_{5,29} = 66.508, p < 0.0001$) و پکتيناز ($F_{5,29} = 22.803, p < 0.0001$) روده لاروهای سن آخر شب پره هندي در سطح احتمال يک درصد معنی دار بود. فعاليت دو آنزيم در رژيم غذايي پسته، که بيش ترين ميزان را دارا بود، ۱۰۰ درصد محاسبه گرديد و فعاليت های نسبي آنزيم روده لاروهای تغذيه کرده از ساير رژيم ها براساس آن محاسبه شدند. فعاليت نسبي آلفا- آميلاز در روده لاروهای تغذيه کرده از رژيم غذايي پسته (۱۰۰٪) و لاروهای تغذيه کرده از بادام (۸۵٪) با هم اختلاف معنی داری نداشتند. فعاليت نسبي اين آنزيم در روده لارو تغذيه کرده از رژيم های غذايي بادام زميني (۶۵٪) و گردو (۶۰٪) کم تر از دو رژيم قبلي بود. کم ترين ميزان فعاليت نسبي در روده لاروهای تغذيه کرده از کشمش (۳۵٪) و انجير (۲۶٪) مشاهده شد. بيش ترين ميزان فعاليت نسبي آنزيم پکتيناز در روده لاروهای تغذيه کرده از رژيم غذايي پسته (۱۰۰٪)، بادام زميني (۸۸٪)، بادام (۸۶٪) و گردو (۸۵٪) ديده شد که اختلاف معنی داری با هم نداشتند. همچنين، کم ترين ميزان فعاليت اين آنزيم در روده لاروهای تغذيه کرده از کشمش (۵۵٪) و انجير (۶۰٪) بوده که با هم فاقد اختلاف معنی دار بودند (شکل ۳).



شکل ۳- فعالیت نسبی آنزیم‌های آلفا- آمیلاز و پکتیناز گوارشی لاروهای سن آخر شب‌پره هندی *Plodia interpunctella* تغذیه کرده از رژیم‌های غذایی مختلف

حروف غیر مشابه کوچک و بزرگ روی ستون‌ها نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪ در آزمون توکی می‌باشند.

Figure 3- Relative activities of gut digestive alpha-amylases and pectinases in last instars of *Plodia interpunctella* fed on different diets

Different lowercase and uppercase letters on each column indicate a significant difference ($p < 0.0001$) based on Tukey's test.

غذایی مختلف نیز اختلاف معنی‌داری ثبت گردید ($F_{5,29} = 38.687$, $p < 0.0001$). طولانی‌ترین دوره نشوونمایی مربوط به کشمش با میانگین ۸۴/۶ روز و کوتاه‌ترین مربوط به پسته با میانگین ۶۰/۸ روز بود. همچنین، طول این دوره در رژیم‌های غذایی گردو، بادام، بادام-زمینی و انجیر به ترتیب ۶۶/۴، ۶۹/۶، ۷۵/۸ و ۸۰ روز ثبت شد. طول دوره نشوونمایی شب‌پره هندی بر روی رژیم پسته با گردو، بادام با گردو و بادام‌زمینی، بادام‌زمینی با انجیر و انجیر با کشمش فاقد اختلاف معنی‌دار، ولی روی سایر رژیم‌های غذایی با یکدیگر دارای اختلاف معنی‌دار بود.

میزان ظهور حشرات کامل

درصد ظهور حشرات کامل در اثر تغذیه لاروها از رژیم‌های غذایی مختلف در سطح احتمال یک درصد دارای اختلاف معنی‌دار بود ($F_{5,29} = 9.017$, $p < 0.0001$). بیش‌ترین درصد ظهور حشرات کامل به ترتیب در اثر پرورش لاروها روی رژیم‌های غذایی بادام، پسته و گردو (به ترتیب ۹۰، ۸۲ و ۷۲ درصد، فاقد اختلاف معنی‌دار با هم) و کم‌ترین میزان آن نیز به ترتیب روی انجیر، بادام‌زمینی و کشمش (به ترتیب ۴۶، ۵۲ و ۵۴ درصد؛ بدون اختلاف معنی‌دار با هم و گردو، دارای اختلاف معنی‌دار با بادام و پسته) ثبت شد (شکل ۴).

طول دوره شفیرگی در لاروهای پرورش یافته روی رژیم‌های غذایی مختلف با هم دارای اختلاف معنی‌دار بود ($F_{5,29} = 6.482$, $p = 0.0006$). بیش‌ترین طول دوره شفیرگی در پرورش روی کشمش (میانگین ۱۳/۶ روز) و کم‌ترین در پرورش روی پسته (میانگین ۸ روز) مشاهده شد. میانگین طول دوره شفیرگی در رژیم‌های گردو، بادام، انجیر و بادام زمینی به ترتیب ۱۰، ۱۰، ۱۱/۶ و ۱۲ روز ثبت گردید. بین رژیم‌های پسته با بادام‌زمینی، انجیر و کشمش و همچنین گردو و بادام با کشمش اختلاف معنی‌داری وجود داشت. میانگین طول این دوره در سایر رژیم‌ها با هم اختلاف معنی‌داری نداشتند.

طول عمر حشرات کامل حاصل از لاروهای پرورش یافته روی رژیم‌های غذایی مختلف با هم اختلاف معنی‌داری را نشان داد ($F_{5,29} = 8.512$, $p < 0.0001$). حشرات کامل به دست آمده از پرورش لاروها روی رژیم‌های غذایی پسته و بادام دارای بیش‌ترین طول عمر (میانگین ۱۰ روز) و روی رژیم کشمش دارای کم‌ترین طول عمر (میانگین ۶/۴ روز) بودند. همچنین، میانگین طول عمر حشرات کامل پرورش یافته روی رژیم‌های غذایی گردو، انجیر و بادام زمینی به ترتیب ۸/۶، ۸/۲ و ۷/۲ روز ثبت شد. در این بررسی، بین طول عمر حشرات حاصل از رژیم‌های غذایی پسته و بادام با بادام زمینی و کشمش، و همچنین گردو با کشمش اختلاف معنی‌داری مشاهده شد.

بین طول کل دوره نشوونمایی شب‌پره هندی بر روی رژیم‌های

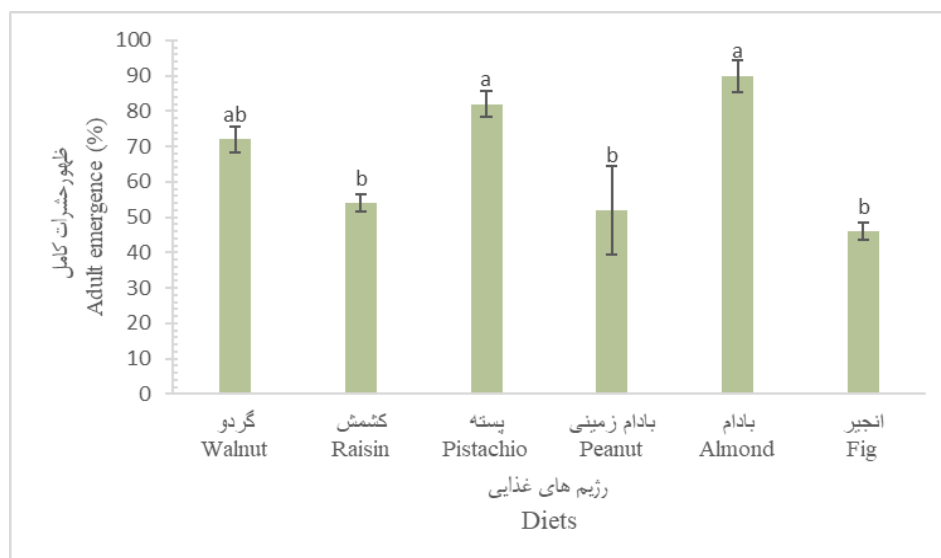
جدول ۱- طول دوره نشوونمایی (روز) شب پره هندی *Plodia interpunctella* بر روی رژیم های غذایی مختلف

Table 1- Developmental period (days) of *Plodia interpunctella* reared on different diets

مولفه ها Parameters	رژیم های غذایی Diets					
	گردو Walnut	کشمش Raisin	پسته Pistachio	بادام زمینی Peanut	بادام Almond	انجیر Fig
طول دوره جنینی Incubation period	3.4±0.51 a	4.8±0.63 a	4.6±0.51 a	4.8±0.37 a	5.2±0.37 a	5±0.37 a
طول دوره لاروی Larval period	43.2±1.2 c	59.6±0.51 a	39.4±0.81 d	51.8±0.58 b	44.8±0.73 c	53.6±1.12 b
طول دوره شفیرگی Pupal period	10±1.05 bc	13.6±0.51 a	8±0.55 c	12±0.84 ab	10±0.55 bc	11.6±0.93 ab
طول عمر حشره کامل Adults longevity	8.6±0.93 ab	6.4±0.51 c	10±0.32 a	7.2±0.2 bc	10±0.45 a	8.2±0.2 abc
طول دوره نشوونمایی Developmental period	66.4±1.07 de	84.6±1.4 a	60.8±1.6 e	75.8±1.46 bc	69.6±1.47 cd	80±1.52 ab

حروف غیرمشابه در هر ردیف نشان دهنده اختلاف معنی دار در سطح احتمال آماری ۱٪ در آزمون توکی می باشد.

Different letters in each row indicate a significant difference ($p < 0.001$) based on Tukey's test.



شکل ۴- درصد ظهور حشرات کامل شب پره هندی *Plodia interpunctella* از لاروهای پرورش یافته روی رژیم های غذایی مختلف

حروف غیرمشابه نشان دهنده اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۱٪ در آزمون توکی می باشد.

Figure 4- *Plodia interpunctella* adult emergence percentage from larvae reared on different diets

Different letters in each column indicate a significant difference ($p < 0.001$) based on Tukey's test.

گرفت. در بررسی صورت گرفته مشاهده شد که رژیم غذایی بر میزان پروتئین و فعالیت آنزیم های آلفا- آمیلاز و پکتیناز گوارشی تاثیر معنی داری داشت. برزویی و همکاران (Borzoui et al., 2018) شب پره هندی را روی انجیر خشک، جوانه گندم خشک، توت سفید خشک، بادام زمینی، پسته و کشمش پرورش دادند و مولفه های تغذیه ای را با رژیم غذایی مصنوعی مقایسه کردند. این محققان تاخیر نشوونمای پیش از بلوغ را در رژیم غذایی کشمش مشاهده نمودند. بیشترین میزان زندهمانی لاروها نیز در رژیم غذایی مصنوعی

لاروهای شب پره هندی می توانند روی تعداد زیادی از منابع غذایی رشد و نشوونما کنند. ترکیب بیوشیمیایی غذا بر فرآیندهای فیزیولوژیک این حشره تاثیر بسیار قابل توجهی دارد (Bouayad et al., 2008). به دلیل اهمیت این حشره به عنوان میزبان برای پرورش حشرات مفید، یافتن بهترین ماده غذایی برای پرورش حشره که مولفه های فیزیولوژیک و زیستی آن را بهبود بخشد، هدف این مطالعه قرار گرفت. همان طور که از نتایج تحقیق حاضر مشخص است، مولفه های فیزیولوژیک این حشره تحت تاثیر نوع ماده غذایی قرار

مشاهده شد. مطابق نتایج آن‌ها، فعالیت آلفا- آمیلاز در لاروهای تغذیه کرده از کشمش، انجیر و توت خشک از سایر رژیم‌های غذایی کمتر بود. بوآیاد و همکاران (Bouayad et al., 2008) اثر چهار رژیم غذایی آرد گندم، خرما، سورگوم و جو را روی نشوونمای پس‌جینی شب‌پره هندی بررسی و مشاهده کردند که طول دوره نشوونمایی حشره در رژیم خرما از همه طولانی‌تر بود و کم‌ترین درصد شفیره شدن نیز در اثر پرورش لاروها روی این رژیم دیده شد. همچنین، درصد تلفات لاروی روی رژیم غذایی جو از همه بیش‌تر بود. کوتاه‌ترین دوره لاروی مربوط به رژیم غذایی آرد گندم گزارش گردید، هرچند تعداد کمی از لاروهای مورد آزمایش توانایی تکمیل دوره نشوونمایی خود را داشتند. این پژوهش‌گران گزارش کردند که محتوای پروتئینی، گلوکزی و فعالیت آلفا- آمیلاز لاروی در پرورش بر روی خرما از همه کمتر بود.

در تحقیق حاضر، مولفه‌های زیستی از جمله طول دوره‌های لاروی، شفیرگی، نشوونمایی کل و طول عمر حشرات کامل با توجه به نوع رژیم غذایی لاروها تغییراتی را نشان داد. هرچه مطلوبیت یک ماده غذایی برای تغذیه حشره کمتر باشد، طول دوره نشوونمایی آن افزایش خواهد یافت. تغذیه لاروها از رژیم‌های غذایی متفاوت تنها روی طول دوره جنینی تخم‌های گذاشته شده توسط حشرات کامل ظاهر شده تأثیری نداشت. مؤمن‌زاده و همکاران (Momenzadeh et al., 2014) دوره جنینی، لاروی و شفیرگی شب‌پره هندی را بر روی انجیر و در دمای ۲۵ درجه سلسیوس، به ترتیب حدود ۳، ۳۵ و ۷ روز اندازه‌گیری کردند. در تحقیق حاضر طول دوره‌های یاد شده در دمای 2 ± 26 درجه سلسیوس بر روی انجیر به ترتیب حدود ۵، ۵۳ و ۱۱ روز برآورد شد. بصیرت و مهرنژاد (Basirat and Mehrnejad, 2002) میانگین مدت زمان تفریح تخم‌های شب‌پره هندی بر روی رژیم غذایی پسته را در دمای ۲۷/۵ درجه سلسیوس، ۳/۶ روز گزارش کردند. پوربهی و همکاران (Pourbehi et al., 2010) نیز میانگین طول این دوره را روی سه رقم خرما در حدود ۳ روز ثبت کردند. این محققان طول دوره لاروی را روی ارقام خرمای کبکاب، شهبای و زاهدی در دمای ۲۷ درجه سلسیوس به ترتیب حدود ۴۸، ۴۳ و ۳۸ روز، طول دوره شفیرگی را به ترتیب حدود ۷، ۸ و ۷ روز و طول عمر حشرات کامل را نیز به ترتیب ۷، ۸ و ۸ روز گزارش کردند. لوکاتلی و لیمونتا (Locatelli and Limonta, 1998) شب‌پره هندی را روی گندم سیاه دارای پریکارب، گندم سیاه بدون پوست، گندم، آرد کامل گندم و آرد کامل گندم سیاه پرورش دادند. از این بین، رژیم غذایی اول ضعیف‌ترین ماده غذایی گزارش شد به طوری که طول دوره نشوونمایی افزایش و میزان زنده‌مانی کاهش یافت اما در رژیم گندم سیاه پوست‌کنده، درصد ظهور حشرات کامل افزایش یافت. کم‌ترین طول دوره نشوونما در گندم (۳۴ روز) و بیش‌ترین میزان آن در گندم سیاه دارای پریکارب (۸۱ روز) ثبت شد. مرزبان و همکاران

(Marzban et al., 2001) در رژیم‌های غذایی پسته، گردو و بادام میانگین طول دوره جنینی شب‌پره هندی را ۲/۵ روز تعیین کردند. در لاروهای پرورش یافته روی گردو، بادام و پسته میانگین طول دوره لاروی را به ترتیب در حدود ۲۸، ۷۴ و ۳۱ روز، میانگین دوره شفیرگی را ۸، ۱۵ و ۸ و طول عمر حشرات کامل را ۸، ۹ و ۷ روز برآورد کردند. این نتایج تاحدودی مطابق نتایج به دست آمده در تحقیق حاضر است و در آن برای پرورش شب‌پره هندی پسته بهتر از همه گزارش شده است. معصومی و همکاران (Masoumi et al., 2016) اثرات قابل توجه بازدارندگی گلوکز بر فعالیت آلفا- آمیلاز گوارشی لاروهای شب‌پره هندی را با تغذیه از رژیم‌های غذایی گردو، کشمش، خرما و سنجید بررسی نمودند. فعالیت آلفا- آمیلاز با افزایش میزان گلوکز رژیم غذایی کاهش یافت به طوری که در رژیم‌های کشمش و خرما که نسبت به دو رژیم غذایی دیگر دارای میزان گلوکز بیشتری بودند، کاهش فعالیت این آنزیم مشاهده شد. در لاروهای پرورش یافته روی گردو بیش‌ترین مقدار فعالیت آلفا- آمیلاز مشاهده شد. همچنین، بیان ژن آلفا- آمیلاز در لاروهای تغذیه کرده از گردو (منبع غنی از پلی‌ساکاریدهای پیچیده) از لاروهای تغذیه کرده از خرما (منبع غنی از گلوکز) بیش‌تر بود. نتایج این مطالعه نیز نشان می‌دهند که میزان گلوکز موجود در رژیم غذایی بر فعالیت آنزیم‌های گوارشی لاروهای سن آخر شب‌پره هندی تأثیر عکس دارد، به طوری که کم‌ترین میزان فعالیت آنزیم‌ها در روده لاروهای تغذیه کرده از رژیم غذایی انجیر و کشمش دیده شد که نسبت به سایر رژیم‌های غذایی دارای میزان گلوکز بیش‌تری هستند.

نتیجه‌گیری

در این تحقیق که با هدف یافتن بهترین رژیم غذایی برای پرورش شب‌پره هندی انجام شد، رژیم‌های غذایی مورد بررسی که جزو اصلی‌ترین مواد غذایی مورد حمله این حشره محسوب می‌شوند، بر میزان و غلظت پروتئین روده لاروهای سن آخر، فعالیت آنزیم‌های آلفا- آمیلاز و پکتیناز گوارشی و مولفه‌های زیستی شب‌پره هندی تأثیر گذار بودند به طوری که بین رژیم‌های غذایی مورد بررسی اختلاف معنی‌داری مشاهده شد. به‌طور کلی، برای همه این مولفه‌های فیزیولوژیک و زیستی، در پرورش لاروها روی رژیم پسته بیش‌ترین مقادیر و در روی رژیم غذایی انجیر و کشمش کم‌ترین مقادیر ثبت شدند. با استناد به نتایج این پژوهش می‌توان نتیجه گرفت که جهت پرورش آزمایشگاهی این حشره به ترتیب رژیم‌های غذایی پسته، گردو و بادام نسبت به رژیم‌های بادام زمینی، کشمش و انجیر مواد غذایی مطلوب‌تر و مناسب‌تری می‌باشند و از میان آن‌ها نیز پسته مناسب‌ترین رژیم غذایی برای پرورش این حشره می‌باشد.

منابع

- 1- Basirat, M., & Mehrnejad, M. (2005). The study of lower threshold temperature and thermal constant for two insect pests of stored nuts *Plodia interpunctella* (Lep.: Pyralidae) and *Apomyelois ceratoniae* (Lep.: Pyralidae). *Journal of Entomological Society of Iran* 24(2): 19-34. (In Persian with English abstract)
- 2- Bernfeld, P. (1955). Amylases, α and β . *Method Enzymology* 1: 149-158. [https://doi.org/10.1016/0076-6879\(55\)01021-5](https://doi.org/10.1016/0076-6879(55)01021-5).
- 3- Borzoui, E., Bandani, A.R., Goldansaz, S.H., & Talaei-Hassanlouei, R. (2018). Dietary protein and carbohydrate levels affect performance and digestive physiology of *Plodia interpunctella* (Lepidoptera: Pyralidae). *Journal of Economic Entomology* 111: 942-949. <https://doi.org/10.1093/jee/tox360>.
- 4- Bouayad, N., Rharrabe, K., Ghailani, N., & Sayah, F. (2008). Effects of different food commodities on larval development and α -amylase activity of *Plodia interpunctella* (Hübner) (Lepidoptera: Pyralidae). *Journal of Stored Products Research* 44(4): 373-378. <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2008.02.012>.
- 5- Bradford, M.M. (1976). A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Analytical Biochemistry* 72: 248-254. [https://doi.org/10.1016/0003-2697\(76\)90527-3](https://doi.org/10.1016/0003-2697(76)90527-3).
- 6- Dow, J.A.T. (1986). Insect midgut function. *Advances in Insect Physiology* 19: 187-329. [https://doi.org/10.1016/S0065-2806\(08\)60102-2](https://doi.org/10.1016/S0065-2806(08)60102-2).
- 7- Ebadollahi, A., & Borzoui, E. (2019). Growth performance and digestive enzymes activity of *Rhyzopertha dominica* (F.) (Coleoptera: Bostrichidae) feeding on six rice cultivars. *Journal of Stored Products Research* 82: 48-53. <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2019.04.004>.
- 8- Ghanbari, S., Farshbaf Pourabad, R., & Ashouri, S. (2022). Influence of wheat cultivars on digestive enzyme activity and protein content of the Sunn pest, *Eurygaster integriceps* (Hem.: Scutelleridae). *Journal of Crop Protection* 11(1): 107-119.
- 9- Ghimire, M.N., & Phillips, T.W. (2010). Mass rearing of *Habrobracon hebetor* Say (Hymenoptera: Braconidae) on larvae of the Indian meal moth, *Plodia interpunctella* (Lepidoptera: Pyralidae): effects of host density, parasitoid density, and rearing containers. *Journal of Stored Products Research* 46(4): 214-220. <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2010.05.003>.
- 10- Hosseini-naveh, V., & Ghadamyari, M. (2013). *Principles and Concepts of Experimental Methods in Insect Biochemistry, Physiology and Toxicology*. University of Tehran Press. 577 pp. (In Persian)
- 11- Laemmli, U.K. (1970). Cleavage of structural proteins during the assembly of bacteriophage T4. *Nature* 227: 680-685. <https://doi.org/10.1038/227680a0>.
- 12- Locatelli, D.P., & Limonta, L. (1998). Development of *Ephestia kuehniella*, *Plodia interpunctella* and *Corcyra cephalonia* (Lepidoptera; Pyralidae) on kernels and whole meal flours of *Fagopyrum esculentum* and *Triticum aestivum* L. *Journal of Stored Products Research* 34: 29-276. [https://doi.org/10.1016/S0022-474X\(98\)00008-3](https://doi.org/10.1016/S0022-474X(98)00008-3).
- 13- Marzban, R., Bayat-Asadi, H., & Mirmoaeedi, A. (2001). Comparative assessment of some biological characteristics of Indian meal moth *Plodia interpunctella* Hb. (Lep.: Pyralidae) on pistachio, walnut and almond in laboratory. *Journal of Entomological Society of Iran* 20(2): 71-79. (In Persian with English abstract)
- 14- Masoumi, P., Farshbaf Pourabad, R., Mohammadi, S.A., & Khakvar, R. (2016). Effect of four different nutrition regimes on the alpha-amylase gene expression in the Indian moth, *Plodia interpunctella*. In *Annales de la Société entomologique de France (NS)* 52(2): 65-70. <https://doi.org/10.1080/00379271.2016.1175965>.
- 15- Mohammadzadeh, V., Farshbaf Pourabad, R., Ashouri, S., & Hosseini, N. (2020). Impact of four diets on pupal and larval total protein and digestive α -amylase activity in *Ephestia kuehniella* (Lepidoptera: Pyralidae). *Journal of Crop Protection* 9(4): 615-624.
- 16- Mohandass, S., Arthur, F.H., Zhu, K.Y., & Throne, J.E. (2007). Biology and management of *Plodia interpunctella* (Lepidoptera: Pyralidae) in stored products. *Journal of Stored Products Research* 43(3): 302-311. <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2006.08.002>.
- 17- Momenzadeh, S., Hesami, S., & Gheibi, M. (2014). Biological characteristics of the *Plodia interpunctella* (Lep.: Pyralidae) on dried fig at different temperatures in laboratory conditions. *Journal of Novel Researches on Plant Protection* 6(1): 39-29. (In Persian with English abstract)
- 18- Naseri, B., Borzoui, E., Majd, S., & Mansouri, S. (2017). Influence of different food commodities on life history, feeding efficiency, and digestive enzymatic activity of *Tribolium castaneum* (Coleoptera: Tenebrionidae). *Journal of Economic Entomology* 110(5): 2263-2268. <https://doi.org/10.1093/jee/tox236>.
- 19- Naseri, B., Ainehchi, P., & Ashjerdi, A.R. (2020). Nutritional responses and digestive enzymatic profile of *Trogoderma granarium* Everts (Coleoptera: Dermestidae) on 10 commercial rice cultivars. *Journal of Stored Products Research* 87: 101591. <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2020.101591>.
- 20- Nejat, S.S., Farshbaf Pourabad, R., & Ashouri, S. (2020). Impact of different diets on some biological and

- physiological parameters in the *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuide). *Journal of Applied Research in Plant Protection* 9(2): 61-74. (In Persian with English abstract)
- 21- Press, J.W., Flaherty, B.R., Davis, R., & Arbogast, R.T. (1973). Development of *Xylocoris flavipes* (Hemiptera: Anthocoridae) on eggs of *Plodia interpunctella* (Lepidoptera: Phycitidae) killed by gamma radiation or by freezing. *Environmental Entomology* 2(3): 335-336. <https://doi.org/10.1093/ee/2.3.335>.
- 22- Pourbehi, H., Talebi, A., Zamany, A., Goldasteh, S., & Farrar, N. (2010). Comparison of the biological characteristics of the *Plodia interpunctella* Hubner (Lep., Pyralidae) on three date cultivars in laboratory conditions. *IAU Entomological Research Journal* 1(4): 279-288. (In Persian with English abstract)
- 23- Varmazyari, A., Farshbaf Pourabad, R., & Ashouri, S. (2022). Effect of feeding from different sugar beet cultivars on *Lixus incanescens* adults gut protein content and α -amylase activity, and the enzyme inhibition by triticale and rye protein extracts. *Journal of Applied Research in Plant Protection* 11(3): 41-50. (In Persian with English abstract)
- 24- Wagge, J.K. (1978). Arrestment responses of the parasitoid, *Nemeritis canescens*, to a contact chemical produced by its host, *Plodia interpunctella*. *Physiological Entomology* 3(2): 135-146. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3032.1978.tb00143.x>.
- 25- Wang, Z., Cai, W., Wang, W., Zhao, J., Li, Y., Zou, Y., Elgizawy, K.K., & Hua, H. (2020). Assessing the effects of Cry2Aa protein on *Habrobracon hebetor* (Hymenoptera: Braconidae), a parasitoid of Indian meal moth, *Plodia interpunctella* (Lepidoptera: Pyralidae). *Ecotoxicology and Environmental Safety* 194: 110380. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2020.110380>.



On the Role of Saffron Bulb Infection to Soil Born Fungi on Biology, Behavior and Damage of Bulb Mite *Rhizoglyphus robini* Claparede (Acari: Astigmata)

A. Amiri-Jami ^{1*}

Received: 06-12-2022

Revised: 28-01-2023

Accepted: 29-01-2023

Available Online: 29-01-2023

How to cite this article:

Amiri-Jami, A. (2023). On the role of saffron bulb infection to soil born fungi on biology, behavior and damage of bulb Mite *Rhizoglyphus robini* Claparede (Acari: Astigmata). *Journal of Iranian Plant Protection Research* 37(1): 33-43. (In Persian with English abstract).
<http://doi.org/10.22067/jpp.2023.79914.1118>

Introduction

Saffron is one the most expensive crops and like other agricultural products, attacked by pest such as bulb Mite *Rhizoglyphus robini* Claparede (Acari: Astigmata). The bulb mite is one of the most important soil pest attacking plants with bulbs, corms and also tubers. In Iran it has been reported by Rahimi and Kamali (1993) for the first time on saffron corms from Gonabad and Qaen cities. Also it has been recorded that the bulb mite feeding on soil born fungi (Diaz *et al.*, 2000; Nesvorna *et al.*, 2012). On the other hand, there are many saprophytic fungi into the soil of saffron fields. Subsequently it may question whether the mite is primary or secondary pest on saffron corms. Despite many literatures on biology and ecology of *Rhizoglyphus* mites, there is not sufficient evidence on understanding the biology, behavior and colonization of *R. robini* regarding its damage to saffron corms when arriving after establishment of the soil born fungi.

Materials and Methods

To investigate the impact of soil-borne fungi on the biology of the bulb mite, we obtained a cohort of even-aged eggs from the mites in our stock culture. These eggs were then transferred to individual experimental units and monitored until they reached adulthood. Daily observations were made and recorded.

To assess mite fecundity, we selected thirty young ovipositing females and divided them into two groups: one group was exposed to fungal infection while the other group was not. Each saffron corm was placed in a 50mm Petri dish lined with wet filter paper. A starved mated female was added to each dish, and every three days for a period of 21 days, the number of eggs laid per dish was counted and then removed. The number of eggs per day per female was calculated based on these counts.

To study the attraction of bulb mites to the fungus, saffron corm sections with and without fungal infection were placed in a 50mm Petri dish. Four sections, with equal distances from each other and from the center, were arranged. Female *R. robini* mites were introduced into the dish, and after a four-hour period, the number of mites on each section was recorded.

For evaluating the population dynamics of the mite, we used four types of saffron corms: healthy corms, corms infected by the fungus, mechanically injured corms, and corms both infected and injured. Each experimental unit consisted of three saffron corms of the same size placed in an 80mm Petri dish. Five adult mites were added to each unit. Continuous observations were made daily to track the initial penetration and colonization of the mites in each treatment. The numbers of all motile stages of mites in each experimental unit were recorded using a stereomicroscope. These observations continued until the corms were completely destroyed by the feeding mites.

Results and Discussion

After culturing of sections of infected corms and mite body, the fungi, *Penicillium* spp., *Aspergillus niger*

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

(*- Corresponding Author Email: a.amirijami@areeo.ac.ir)

DOI: [10.22067/jpp.2023.79914.1118](https://doi.org/10.22067/jpp.2023.79914.1118)

Vantieghem, *Embelisia* sp. and *Fusarium oxysporum* Schlecht were isolated and identified mutually in both samples. As the fungus *F. oxysporum* was the most abundant species, then it was used in the experiments. The fungus significantly affected the generation time (from egg stage to egg produced by adult) of the mite (Table. 1). Also mite fecundity was significantly higher on infested corms with the fungus than on non-infested ones ($t = 10.79$, d.f.= 27.31, $P < 0.001$) (Figure 1). An obvious attraction of the females was observed toward fungal infected sections and significantly more mites were recorded on them than non-infested ones ($W = 400$, $P < 0.001$) (Figure. 2). These findings are supported by some other studies (Czajkowska, 1995; Kasuga and Honda 2006; Ofek *et al.*, 2013). Higher fecundity and faster development when mites were fed on the fungus on the infected corms are probably due to availability of a special nutrient source (mycelium). The ability of the bulb mite to digest fungi has been attributed to chitinase-producing symbiotic bacteria (Zindel *et al.*, 2013). Based on the evidence provided by this study and previous ones (Okabe and Amano, 1990; Ofek *et al.*, 2013), the mite *R. robini* was attracted more to fungal infected corms, it might because of metabolites and alcoholic secretions of the fungi. These findings demonstrate the suitability of saffron corms infected with soil fungi for development and population increase of the Robine mite.

The result on mite penetration and population dynamics on four types of treated corms indicated that the mite on infected corms penetrated within two weeks and thereafter population increased exponentially until the end of 5th week. In comparison on healthy corms and even injured ones the mite showed almost no increase during first three weeks and it was not able to penetrate and develop a stable colony on these corms. Also on infected and injured treatment similar population dynamics was observed as on infected ones (Figure. 3). These observations implying that the mite for penetrating into healthy corms encounters some difficulty and considerable time is needed to establish and colonized on such environment. Okabe and Amano (1991) has been found similar results and suggested that earlier penetrations of mites result in a faster population growth and colonization.

Conclusion

For many years the saffron bulb mite has been considered as a primary pest and historically control strategies has relied on the use of chemical miticides (for disinfection and etc.) and some non-chemical methods. Subsequently the role of soil born fungi has receiving limited attention in this regards. According to the results of the present study, this acarine pest relies on the soil born fungi to penetrate and establish on the saffron corms. In other words, a close relationship exists between fungal infection and damage by *R. robini* on saffron bulbs. It suggest that for improving management strategies in regards of this pest, we should consider the role of saprophytic fungi as a main cause which provides condition for the bulb mite colonization and occurring damage. Further researches is proposed using appropriate methods to suppress soil born fungi and subsequent the bulb mite damage on saffron.

Keywords: Bulb mite, Fungi, Population growth, Saffron

مقاله پژوهشی

جلد ۳۷، شماره ۱، بهار ۱۴۰۲، ص. ۴۳-۳۳

تاثیر آلودگی بنه زعفران به قارچ‌های خاکزاد بر زیست‌شناسی، رفتار و توانایی خسارت‌زایی کنه *Rhizoglyphus robini* Claparede (Acari: Astigmata)

علیرضا امیری جامی^{*۱}

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۹/۱۵

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۱/۱۱/۰۸

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۱/۰۹

چکیده

در میان آفات زعفران، کنه *Rhizoglyphus robini* به عنوان یکی از مهمترین عوامل محدود کننده عملکرد زعفران در ایران قلمداد می‌شود. نمونه برداری از مزارع زعفران از نواحی زعفران خیز استان خراسان رضوی انجام و قارچ‌های مرتبط با بنه زعفران و نیز قارچ‌های مرتبط در داخل بدن کنه جداسازی و سپس با کشت نوک هیف خالص‌سازی شدند. گونه قارچی *Fusarium oxysporum* در نمونه‌های مربوط به بنه زعفران و همچنین کنه به عنوان گونه غالب شناسایی شد. سپس زیست‌شناسی، رفتار و توانایی نفوذ و تشکیل کلنی کنه در ارتباط با آلودگی بنه‌ها به این گونه قارچ خاکزاد ارزیابی شد. آلودگی به قارچ مذکور به صورت معنی‌داری بر طول کلیه مراحل زیستی کنه به غیر از مرحله تخم تاثیر گذار بود. بر این اساس طول دوره لاروی آفت در حالت آلودگی به قارچ 2.45 ± 0.08 و بر روی بنه‌های سالم 2.72 ± 0.088 برآورد گردید. طول دوره پوره سن اول برای بنه‌های آلوده 2.12 ± 0.053 و سالم 2.47 ± 0.08 و برای پوره سن آخر نیز به ترتیب 2.15 ± 0.067 و 2.45 ± 0.081 اندازه‌گیری گردید. مرحله پیش از بلوغ کنه نیز بر روی بنه‌های آلوده کوتاه‌تر از بنه‌های سالم بود (1.36 ± 0.077 و 2.04 ± 0.177 به ترتیب بر روی بنه‌های آلوده و سالم). همچنین نرخ زادآوری روزانه کنه تحت تاثیر آلودگی به قارچ خاکزاد به صورت معنی‌داری افزایش یافت. همچنین واکنش جلب شدن کنه‌ها به سمت بنه‌های زعفران نشان دهنده اختلاف معنی‌داری در رابطه با تمایل کنه‌ها نسبت به قطعات بنه آلوده به قارچ در مقایسه با سالم (غیرآلوده) بود. نتایج آزمایش نفوذ و توانایی کلنی‌سازی کنه نشان داد که روی بنه‌های آلوده به قارچ نفوذ آن‌ها سریعتر و متقابلاً سرعت رشد جمعیت و تشکیل کلنی پایدار افزایش یافت. بر اساس نتایج این مطالعه، اخسارت کنه *R. robini* به عنوان گونه غالب مزارع زعفران ارتباط تنگاتنگی با آلودگی بنه‌ها به قارچ ساپروفیت داشت. بنابراین در برنامه مدیریت تلفیقی این آفت، بایستی خسارت کنه را در ارتباط با آلودگی همزمان بنه‌ها به قارچ‌های ساپروفیت ارزیابی و سپس با توجه به مساله اولیه یا ثانویه بودن منشاء خسارت، اقدام مدیریتی متناسب بر مبنای مهار جمعیت کنه و قارچ به صورت همزمان اتخاذ گردد. به عبارت دیگر، با مهار جمعیت قارچ‌های ساپروفیت بر روی بنه‌های زعفران می‌توان خسارت کنه را تا حد زیادی کاهش داد.

واژه‌های کلیدی: زعفران، کنه زعفران، قارچ‌های خاکزاد، رفتارشناسی، رشد جمعیت

مقدمه

کشور ما ایران با بیش از ۶۰ درصد کل تولید زعفران دنیا به

عنوان بزرگترین تولید کننده این محصول ارزشمند بشمار می‌آید. بر اساس آمار رسمی وزارت جهاد کشاورزی در سال ۱۳۹۹، زعفران در ۳۰ استان کشور کشت می‌شود. سطح زیرکشت این محصول در مجموع سه استان خراسان به عنوان بزرگترین تولید کننده زعفران ایران در حدود ۱۱۲۱۵۵ بوده که بیش از هر محصول کشاورزی در سطح کشور می‌باشد (Ahmadi et al., 2021). زعفران با نام علمی *Crocus sativus* L. گیاهی تک لپه و تریپلوئیداز خانواده زنبقیان (Iridaceae) است (Rashed-Mohassel, 2019). میانگین عملکرد

۱- استادیار پژوهشی بخش تحقیقات گیاهپزشکی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خراسان رضوی، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران
(*) - نویسنده مسئول:
(Email: a.amirijami@areeo.ac.ir)
DOI: 10.22067/jpp.2023.79914.1118

زعفران در ایران در مقایسه با برخی کشورهای اروپایی تولید کننده این محصول به طور چشمگیری پایین‌تر و در حدود ۳/۶۲ کیلوگرم در هکتار گزارش شده است (Agricultural Statistics, 2018). طی سالیان اخیر با توسعه و افزایش سطح زیر کشت این محصول در اکثر مناطق کشور متأسفانه عملکرد در واحد سطح دارای روند نزولی بوده و از ۵/۷۶ کیلوگرم در هکتار در سال ۱۳۵۲ به ۳/۶۲ کیلوگرم در هکتار در سال ۱۳۹۶ رسیده است (Koocheki and Khajeh-Hosseini, 2020). برای افزایش عملکرد در واحد سطح این محصول ارزشمند، علاوه بر مسائل مربوط به مدیریت زراعی و تأمین مواد غذایی مورد نیاز این گیاه، مدیریت آفات و بیماری‌های آن نیز نقش مؤثری در افزایش کیفیت و کمیت محصول تولیدی دارد (Asadi et al., 2017; Rahimi, 2015; Nehvia and Yasmin, 2017).

کنه *Rhizoglyphus robini* Claparede گونه‌ای همه‌جازی بوده و در زمره مهم‌ترین آفات پیاز، غده و یا کورم گیاهان زینتی در سراسر دنیا نیز به شمار می‌رود (Diaz et al., 2000). این کنه در ایران برای اولین بار در سال ۱۳۷۲ از روی بنه‌های زعفران در شهرستان‌های قائن و گناباد گزارش شد (Rahimi and Kamali, 1993). به تدریج شیوع این کنه روی بنه‌های زعفران افزایش و در اکثر مناطق کاشت زعفران انتشار پیدا کرد (Rahimi, 2015). این کنه به بنه زعفران حمله و ضمن تغذیه از اندوخته آن، باعث پوسیدگی و در نتیجه کاهش گلدهی آن می‌شود (Rahimi, 2015). عواملی مختلفی بر زیست‌شناسی و میزان خسارت این کنه تأثیر گذار می‌باشند که از جمله می‌توان به آبیاری تابستانه مزارع، عمق کاشت و سن مزرعه زعفران اشاره نمود (Rahimi et al., 2008). همچنین نوع میزبان و شرایط دمایی نیز روی زیست‌شناسی و فعالیت کنه *R. robini* موثر می‌باشند (Rahimi, Fashing and Hefel, 1990; and Kamali, 1993). به عبارت دیگر، فعالیت کنه بنه زعفران همچون بسیاری از موجودات خسارت‌زای دیگر، می‌تواند تحت تأثیر سه عامل دما، رطوبت و غذا تغییر نماید. شایان ذکر است که این کنه قادر است نوعی رژیم غذایی ساپروفیتی نیز از خود بروز دهد (Diaz et al., 2000). در همین ارتباط، مطالعات نشان داده است که کنه بنه زعفران با استفاده از فقط یک برگه کاغذ صافی می‌تواند چرخه زندگی خودش را تکمیل کند که این مساله احتمالاً با توجه به تغذیه کنه از میسلیوم‌های قارچ‌های رشد کرده روی کاغذ صافی و رژیم غذایی ساپروفیتی امکان‌پذیر می‌باشد (Woody & Fashing, 1993). همچنین نتایج برخی مطالعات دیگر نشان داده است که این کنه مزارع آلوده به قارچ را بیشتر از مزارع سالم ترجیح می‌دهد (Zindelet al., 2013). شایان ذکر است که در داخل خاک مزارع زعفران عموماً مجموعه قارچ‌های ساپروفیت به صورت بالقوه وجود دارند. این عوامل قارچی قادرند مدت زمان طولانی در داخل خاک بقاء پیدا کنند و گاهی به بنه زعفران نیز حمله و باعث ایجاد پوسیدگی شوند (Afzali,

2004; Najari et al., 2018; Saeedizadeh, 2014). بنابراین مشخص شدن ارتباط این قارچ‌های خاک‌زاد با خسارت‌زایی کنه بنه زعفران از اهمیت بسزایی برخوردار است. متأسفانه علی‌رغم مطالعات صورت گرفته روی زیست‌شناسی، خسارت و روش‌های مبارزه با کنه زعفران (Rahimi and Kamali, 1993; Rahimi et al., 2008)، هنوز اطلاعات روشنی در ارتباط با نقش این قارچ‌ها در رابطه با زیست‌شناسی و میزان خسارت‌زا بودن کنه در مزارع زعفران وجود ندارد. به نظر می‌رسد آسیب وارده به بنه زعفران ناشی از تغذیه کنه، ارتباط تنگاتنگی با آلودگی همزمان بنه‌ها به قارچ‌های خاک‌زاد داشته باشد. بنابراین مطالعه و بررسی اثرات هم‌افزایی آن‌ها می‌تواند در زمینه اتخاذ روش‌های مدیریتی متناسب برای جلوگیری از خسارت و متعاقباً افزایش عملکرد زعفران در واحد سطح حائز اهمیت باشد. با این پیش زمینه، در مطالعه حاضر این فرضیه که آیا اساساً کنه *R. robini* در ارتباط با زعفران یک آفت اولیه یا ثانویه است بررسی شده است.

مواد و روش‌ها

جداسازی و شناسایی پرکنه‌های قارچ مرتبط با کنه از روی بنه‌های زعفران

نمونه برداری جهت جداسازی قارچ‌های خاک‌زاد مرتبط با بنه و کنه زعفران، از نواحی زعفران خیز استان خراسان رضوی (شهرستان - های گناباد، قوچان، درگز، تربت حیدریه و تربت جام) انجام گرفت. برای تهیه نمونه‌ها بنه‌های زعفران به روش خشک کن^۱ از داخل خاک خارج و داخل نایلون پلاستیکی تیره به آزمایشگاه منتقل شد. سپس بنه‌های مشکوک به آلودگی قارچی و کنه تفکیک شده و توسط یک اسکالپل سترون قطعاتی از حاشیه محل پوسیدگی روی بنه‌ها جدا و ابتدا روی محیط کشت آب آگار^۲ قرار داده شدند، بعد از گذشت ۴۸ ساعت، خالص سازی قارچ‌ها با کشت نوک هیف یا تک اسپور کردن روی محیط کشت سیب‌زمینی دکستروز آگار^۳ انجام گرفت (Smiley et al., 2005). در مرحله بعد این تشتک‌های پتری حاوی قارچ مورد نظر، به مدت ۵ روز در انکوباتور با دمای ۲۵ درجه سلسیوس قرار داده شدند تا کلنی‌های خالص شده رشد نمایند. شناسایی ابتدایی جدایه‌ها با توجه به ویژگی‌های ریخت‌شناختی پرکنه (ویژگی‌های ماکروسکوپی مانند رنگ و نحوه رشد پرکنه، وجود و یا عدم وجود میسلیوم‌های هوایی) و ویژگی‌های میکروسکوپی بر اساس کلیدهای شناسایی در

۱- منظور از روش خشک کن خارج کردن پیاز از زمینی است که قبلاً آبیاری نشده باشد و خاک مزرعه اصطلاحاً خشک باشد.

2- Water Agar

3- Potato Dextrose Agar

بودند (ضد عفونی با هیپوکلریت سدیم ۱٪ بمدت ۲۰ دقیقه و سپس بنه در معرض جریان هوا قرار داده شد تا رطوبت آن کاهش یابد) انتخاب شد. برای آلوده‌سازی این بنه‌ها به قارچ غالب جداسازی شده، ابتدا پس از خالص سازی قارچ در محیط کشت مایع سیب‌زمینی بروث^۱ در فلاسک‌های ۲۵۰ میلی‌لیتری قرار داده شد و به مدت چهار روز روی شیکر در دمای 25 ± 2 درجه سلسیوس قرار گرفت تا تکثیر صورت پذیرد. سپس محلول سوسپانسیونی حاوی اسپور را از پارچه لمل عبور و با استفاده از دستگاه سانتریفیوژ ۵۰۰۰ دور به مدت ۱۰ دقیقه اسپورها رسوب داده شدند و با استفاده از هموسیستمتر غلظت اسپور در آب مقطر به 10^7 اسپور در میلی‌لیتر رسانده شد. سپس روی بنه زعفران با سوسپانسیون آماده شده با غلظت مشخص اسپری انجام و این بنه‌ها به مدت یک هفته در دسکاتور از قبل ضد عفونی شده قرار گرفتند (دمای 25 ± 2 درجه سلسیوس) تا قارچ مورد آزمایش کاملاً در سطح بنه مستقر شده و تولید میسلیوم نماید. در مرحله بعد در هر واحد آزمایشی یک کنه ماده جفت‌گیری کرده قرار داده شد. در گروه دوم نیز تعداد دیگری از بنه‌های ضد عفونی شده داخل ظروف فاقد آلودگی قرار گرفتند و بعد از گذشت سه روز یک کنه ماده جفت‌گیری کرده به هر یک از واحدهای آزمایشی اضافه شد. پس از گذشت ۲۴ ساعت کنه‌های ماده از واحدهای آزمایشی حذف و تنها تخم‌های تولید شده توسط آن‌ها باقی گذاشته شدند. هر واحد آزمایشی شامل حجره استوانه‌ای شکل به قطر ۱ سانتی‌متر که در داخل تشتک‌های پتری به قطر ۵ سانتی‌متر که کف آن‌ها توسط کاغذ صافی پوشانده شده و حجره‌های استوانه‌ای در داخل تشتک‌ها ثابت شده بودند. برای تغذیه کنه‌ها در داخل هر حجره برش‌های نازکی از بنه‌های زعفران مربوطه (آلوده به قارچ و یا غیر آلوده) قرار داده و برش‌های مزبور هر ۴۸ ساعت یکبار تعویض می‌گردید. برای حفظ رطوبت در واحدهای آزمایشی هر ۲۴ ساعت مقدار ۵۰ میکرولیتر آب مقطر در داخل حجره‌ها چکانده می‌شد. واحدهای آزمایشی حاوی تخم‌های هم سن، روزانه بررسی و تا زمان مشاهده اولین تخم‌گذاری حاصل از کنه‌های رشد یافته از این تخم‌ها مشاهدات ثبت و بدین ترتیب متوسط طول دوره یک نسل کنه (از مرحله تخم تا بلوغ و تخم‌گذاری مجدد) محاسبه گردید. در مجموع ۴۰ تکرار برای هر تیمار در نظر گرفته شد.

برای بررسی و مقایسه نرخ زادآوری^۲ کنه در هریک از تیمارها (آلوده به قارچ و یا غیر آلوده)، تعداد ۵۰۰ عدد تخم هم‌سن از کنه‌های ماده بالغ جفت‌گیری کرده از جمعیت اولیه (مادری) جمع‌آوری شد و سپس این تخم‌ها تحت شرایط غذایی یکسان بر روی قطعاتی از بنه زعفران مربوطه تا مرحله بلوغ پرورش یافتند. پس از بالغ شدن این

سطح جنس انجام شد. برای شناسایی جدایه‌ها در سطح گونه‌ها، از پرگنه های قارچ مورد نظر اسلاید میکروسکوپی تهیه و بر اساس کلیدهای معتبر شناسایی صورت گرفت (Frisvad and Schipper, 1984; Samson, 2004; Leslie and Summerell, 2006).

برای شناسایی قارچ‌های مرتبط با کنه، از روی هر بنه آلوده به قارچ که در مرحله قبل قطعاتی از آن‌ها کشت و قارچ‌های آلوده کننده شناسایی شده بود تعداد ۱۰ عدد کنه ماده هم‌اندازه توسط یک سوزن حشره‌شناسی سترون جداسازی و با هیپوکلریت سدیم ۱٪ بدن این کنه‌ها شستشوی سطحی داده شد. در مرحله بعد بدن این کنه‌های ماده با استفاده از سوزن سترون کاملاً له شد و به محیط کشت آب آگار منتقل گردید. برای جلوگیری از رشد باکتری به هریک از محیط های کشت مقدار ۱۰ پی‌پی‌ام آنتی بیوتیک استرپتومایسین اضافه شد. پس از گذشت ۴۸ ساعت خالص‌سازی و تک اسپور کردن پرگنه‌ها بر روی محیط کشت سیب‌زمینی دکستروز آگار انجام شد. برای شناسایی این قارچ‌های مرتبط با کنه، مشابه روش قبل عمل گردید (Frisvad and Samson, 2004; Leslie and Schipper, 1984; Summerell, 2006).

تهیه کلنی خالص مادری و پرورش کنه

کلنی مادری با استفاده از یک کنه ماده جفت‌گیری کرده که قبلاً از روی بنه زعفران جداسازی و سپس با تهیه اسلاید میکروسکوپی شناسایی شده بود راه‌اندازی گردید. بدین منظور روی یک قطعه از بادام زمینی یک عدد کنه ماده جفت‌گیری کرده قرار داده شد و پس از گذشت ۴۸ ساعت توسط یک قلم موی ظریف کنه مادر از روی میزبان حذف و تنها تخم‌های گذاشته شده توسط آن نگهداری شد. افراد نر و ماده حاصل از این تخم‌ها توسط قطعاتی از بادام‌زمینی تغذیه و در شرایط کنترل شده آزمایشگاهی و در تاریکی (دمای 25 ± 2 درجه سلسیوس و رطوبت نسبی 75 ± 10 درصد) به مدت ۶ هفته (تا گذشت سه نسل) در داخل قفس‌های پرورشی تکثیر و نگهداری شدند.

تاثیر آلودگی بنه زعفران به قارچ بر زیست‌شناسی و

سرعت رشد جمعیت کنه

برای داشتن یک گروه هم سن از کنه‌ها، تعداد ۲۰ عدد کنه ماده بالغ از کلنی اولیه جداسازی و در تاریکی و در دمای 25 ± 2 درجه سلسیوس و رطوبت نسبی 75 ± 10 درصد قرار گرفت. پس از گذشت ۲۴ ساعت کنه‌های مادر حذف و فقط تخم‌های گذاشته شده توسط آن‌ها برای استفاده در آزمایش نگهداری شدند. برای انجام آزمایش، بنه‌های زعفران به دو گروه آلوده به قارچ و غیر آلوده تفکیک گردید. بدین منظور تعدادی بنه سالم زعفران که فاقد هرگونه آلودگی قبلی

1- Potato Broth

2- Fecundity

افراد، تعداد ۲۰۰ عدد کنه نر و ماده هم‌سن انتخاب (نسبت جنسی ۱:۱) و به حجره‌های استوانه‌ای شکل (مشابه آزمایش قبل) منتقل شدند. برای اطمینان از جفت‌گیری تعداد دو عدد کنه نر و دو عدد کنه ماده توسط قلم موی سترون به هر حجره منتقل گردید. این کنه‌ها به مدت ۵ روز قبل از شروع آزمایش از تغذیه محروم و طی این مدت برای جلوگیری از دست رفتن آب بدن هر ۲۴ ساعت آب مقطر به حجره‌ها اضافه می‌گردید. محرومیت کنه‌ها از تغذیه قبل از شروع آزمایش به این دلیل صورت گرفت که ارزیابی دقیق‌تری از تاثیر قارچ ساپرووفیت بر نرخ باروری کنه فراهم آید. در مرحله بعد تعداد ۳۰ عدد بنه زعفران هم‌اندازه انتخاب و مشابه آزمایش‌های قبل ضدعفونی و سپس به دو گروه آلوده به قارچ (آلوده‌سازی مشابه روش قبلی) و غیرآلوده تفکیک شدند (۱۵ عدد بنه آلوده به قارچ و ۱۵ بنه غیرآلوده). سپس هر بنه در داخل یک تشتک پتری به قطر ۵ سانتی‌متر که کف آن با کاغذ صافی مرطوب پوشانده شده بود قرار داده شد. از داخل حجره‌های استوانه‌ای یک کنه ماده جفت‌گیری کرده گرسنه توسط یک قلم موی سترون برداشته شده و روی هر بنه (واحد آزمایش) منتقل گردید. تخم‌های گذاشته شده توسط این ماده‌ها هر سه روز یک بار شمارش و سپس توسط قلم مو از واحد آزمایشی حذف می‌گردید. این عمل به مدت سه هفته متوالی (دوره تقریبی معادل با دو برابر طول دوره یک نسل) ادامه یافت (Wyatt and White, 1979). میانگین تعداد تخم / روز / کنه ماده طی دوره زمانی (سه هفته) محاسبه گردید.

آزمون جلب شدن کنه به سمت بنه‌های آلوده به قارچ

برای آزمون جلب شدن کنه *R. robini* به سمت بنه‌های آلوده به قارچ مورد نظر، قطعاتی از بنه آلوده و سالم (به قطر ۵ میلی‌متر) که مطابق روش آزمایش قبل تفکیک و گروه‌بندی شده بودند، با استفاده از یک چاقوی ضدعفونی شده برش داده شده و در چهار طرف تشتک‌های پتری (به قطر ۵ سانتی‌متر) که کف آن با کاغذ صافی مرطوب پوشانده شده بود با فواصل مساوی از یکدیگر و از مرکز تشتک‌ها قرار داده شد، بدین صورت که دو قطعه آلوده به قارچ و دو قطعه غیرآلوده (شاهد) بودند. سپس تعداد مشخصی کنه ماده (۱۰ عدد) در مرکز هر واحد آزمایشی رهاسازی و در فواصل زمانی ۶۰ دقیقه‌ای و برای مدت ۴ ساعت متوالی تعداد کنه‌های روی هر یک از قطعات شمارش و ثبت شد (Ofek et al., 2013). در مجموع در این آزمایش ۲۰ تکرار برای هر تیمار انجام شد.

آزمون توانایی نفوذ و کلنی‌سازی کنه روی بنه‌های زعفران

تعدادی بنه هم‌اندازه، هم وزن و کاملاً سالم انتخاب و عاری کردن آن‌ها از آلودگی ابتدا بنه‌ها با هیپوکلریت سدیم ۱٪ ضدعفونی

شدند و سپس به مدت ۲۰ دقیقه با جریان آب شستشو داده شدند. سپس این بنه‌ها به چهار گروه تیماری شامل کاملاً سالم (فاقد آلودگی)، صدمه دیده (صدمه مکانیکی)، آلوده به قارچ و صدمه دیده + آلوده به قارچ تفکیک شدند. برای ایجاد صدمه مکانیکی با استفاده از چاقوی تیز و ضدعفونی شده شکاف کوچکی (به عمق تقریبی ۵ و طول ۱۰ میلی‌متر) در بنه‌های سالم ایجاد شد. آلوده سازی بنه‌ها به قارچ مورد نظر مشابه آزمایش‌های قبلی صورت گرفت. سپس در هر گروه تیماری تعداد پنج عدد کنه بالغ (سه عدد کنه نر + دو کنه ماده) بازای هر واحد آزمایشی (سه عدد بنه زعفران هم‌اندازه داخل تشتک پتری به قطر ۸ سانتی‌متر) رهاسازی شد. طی مدت آزمایش در فواصل زمانی روزانه مشاهدات شامل تعداد کلیه مراحل متحرک کنه روی بنه‌ها در هر واحد آزمایشی با استفاده از استرئومیکروسکوپ به دقت شمارش و ثبت گردید. بنه‌ها طی مدت زمان آزمایش در گروه های تیماری مختلف در شرایط دمایی 27 ± 2 درجه سلسیوس و رطوبت نسبی 75 ± 10 درصد داخل انکوباتور در تاریکی نگهداری شدند. طی مدت زمان آزمایش در برخی تیمارها، مشاهدات تنها تا زمانی که بنه‌های زعفران در اثر تغذیه کنه‌ها کاملاً تخریب می‌شدند ادامه و پس از آن خاتمه می‌یافت.

تجزیه‌های آماری

تجزیه داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری R (نسخه ۴.۱.۱) صورت پذیرفت. برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون t جفت نشده استفاده شد. در رابطه با داده‌های مربوط به آزمایش جلب شدن کنه به سمت بنه‌های آلوده به قارچ از رویه غیر پارامتریک و آزمون Wilcoxon استفاده شد.

نتایج

قارچ‌های جداسازی شده از بنه‌های آلوده شامل،

Aspergillus niger Vantieghem, *Penicillium* spp., *Embelisia* sp., *Rhizopus stolonifer* (Ehrenb.) Vuillemin, *Fusarium* Keissler, (Fr.) *Alternaria alternata* Schlecht *oxysporum* و در رابطه با بدن کنه‌ها همین جنس و گونه‌ها به استثناء *R. stolonifer* و *A. alternata* مشاهده شدند. از آنجایی که گونه قارچی *F. oxysporum* در نمونه‌های مربوط به بنه زعفران و همچنین کنه غالب بود، لذا در ادامه از همین گونه قارچی برای آلوده‌سازی‌ها در آزمایشات روی کنه بنه زعفران استفاده شد. نتایج تاثیر آلودگی به قارچ خاک‌زاد (*Fusarium oxysporum*) بر زیست‌شناسی کنه *Rhizoglyphus robini* در جدول ۱ نمایش داده شده است.

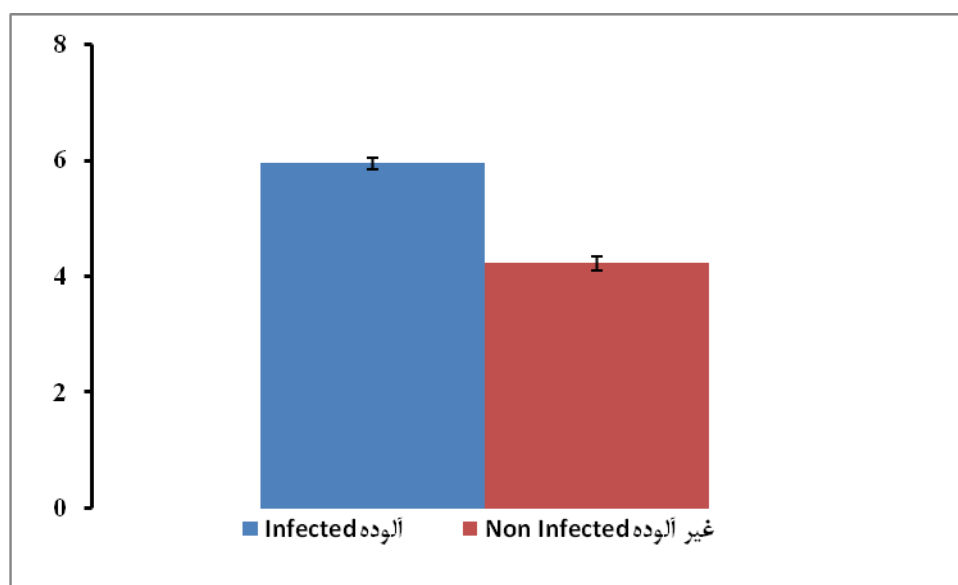
جدول ۱- تاثیر آلودگی بنه زعفران به قارچ خاکزاد *Fusarium oxysporum* بر طول مراحل مختلف زیستی کنه بنه زعفران (میانگین $\pm$ خطای معیار)

Table 1- Effect of saffron bulb infection to soil born fungi *Fusarium oxysporum* on the duration of different life stages of saffron bulb mite (mean $\pm$ standard error)

مرحله زیستی Biological stage	آلوده به قارچ Infected	غیر آلوده (سالم) Healthy	آزمون آماری Test statistic
تخم Egg	3.95 $\pm$ 0.087	4.00 $\pm$ 0.088	t = 0.4 ^{n.s} df = 77.99
لارو Larva	2.45 $\pm$ 0.08	2.72 $\pm$ 0.088	t = 2.32* df = 77.31
پوره سن اول Protonymph	2.12 $\pm$ 0.053	2.47 $\pm$ 0.08	t = 3.64*** df = 67.64
پوره سن آخر Tritonymph	2.15 $\pm$ 0.067	2.45 $\pm$ 0.081	t = 28.87** df = 75.94
قبل از تخم‌ریزی Pre-oviposition	1.36 $\pm$ 0.077	2.04 $\pm$ 0.114	t = 3.8*** df = 36.69

* $P < 0.05$; ** $P < 0.01$; *** $P < 0.001$ and n.s means non-significant difference between treatments.

Each value in the table gives the mean $\pm$ SE of different biological stages.



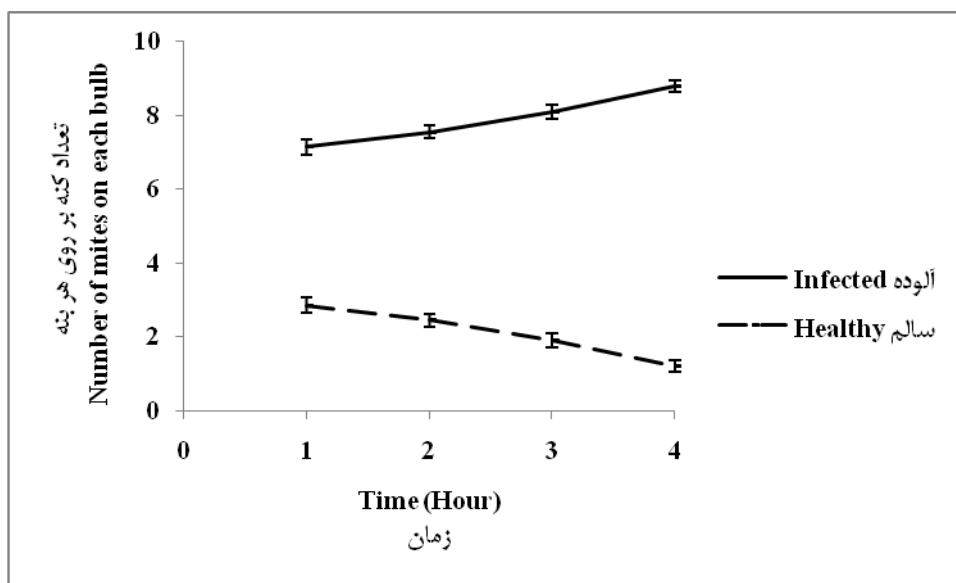
شکل ۱- تاثیر آلودگی بنه زعفران به قارچ خاکزاد بر نرخ زادآوری روزانه (تخم/کنه ماده/روز) کنه بنه زعفران

Figure 1- Effect of saffron bulb infection to soil born fungi on daily fecundity (egg/female/day) of saffron bulb mite

واکنش جلب شدن کنه‌ها به سمت بنه‌های زعفران نشان دهنده اختلاف معنی‌داری در رابطه با تمایل کنه‌ها نسبت به قطعات بنه آلوده به قارچ در مقایسه با سالم (غیر آلوده) بود ($W = 400$, $P < 0.001$). طی آزمایش و پس از گذشت چهار ساعت تعداد افراد بسیار بیشتری روی قطعات بنه آلوده نسبت به سالم در مقایسه با یک ساعت ابتدایی مشاهده و ثبت شد (شکل ۲).

همان‌طور که در این جدول مشاهده می‌شود، آلودگی به قارچ مذکور به صورت معنی‌داری بر طول کلیه مراحل زیستی به غیر از مرحله تخم تاثیر گذاشته است.

همچنین نرخ زادآوری روزانه کنه تحت تاثیر آلودگی به قارچ خاکزاد به صورت معنی‌داری افزایش یافت ($t = 10.79$, d.f. =) (شکل ۱). (27.31 , $P < 0.001$)



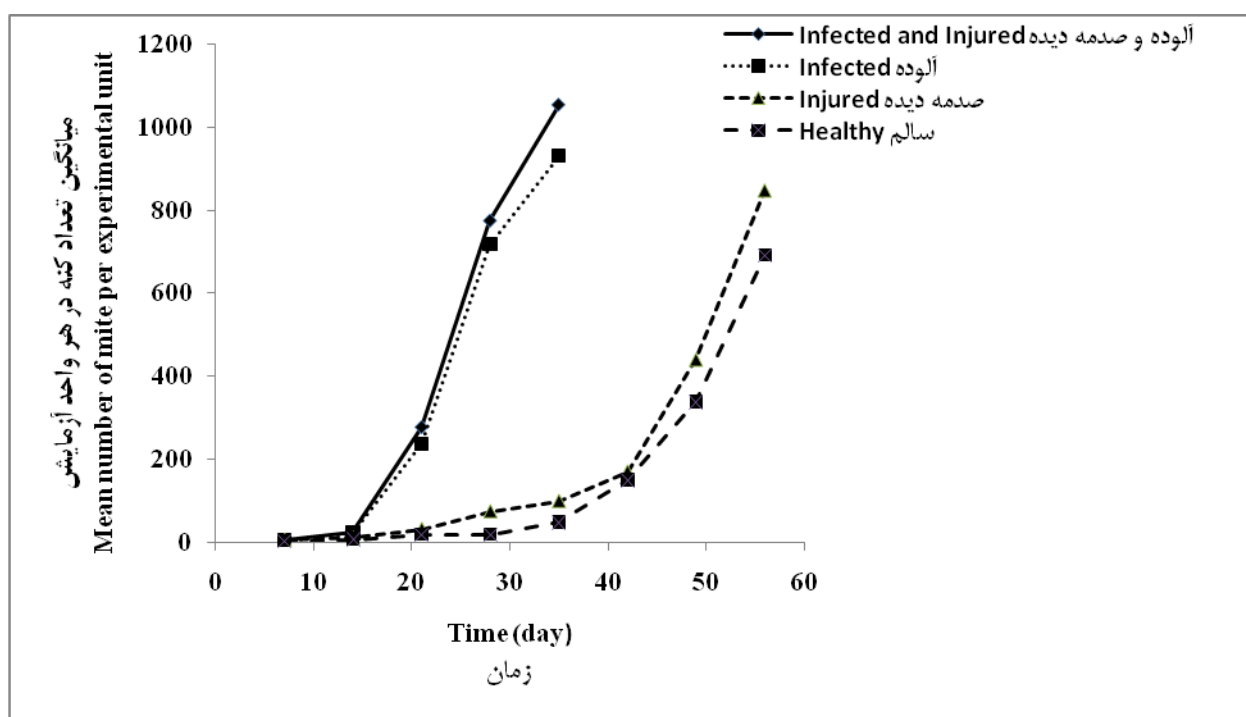
شکل ۲- جلب شدن کنه *Rhizoglyphus robini* به سمت قطعات آلوده به قارچ *Fusarium oxysporum* و غیرآلوده (سالم) بنه زعفران
Figure 2- Attraction of *Rhizoglyphus robini* to *Fusarium oxysporum* infected and healthy saffron bulb sections

بحث

نتایج این مطالعه نشان داد که روی بنه‌های آلوده به قارچ طول مراحل زیستی کنه *R. robini* کوتاه‌تر و نرخ زادآوری آن نیز به مراتب بیشتر می‌شود. در مطالعه‌ای توسط زاجکوسکا (Czajkowska, 1995) نشان داده شده است که نرخ زادآوری کنه *Rhizoglyphus* (Fumouze and Robin) روی پیازهای سوسن (*Lilium*) آلوده به قارچ *F. oxysporum* به شکل قابل توجهی افزایش یافت. تاثیر مثبت آلودگی به قارچ‌های خاک‌زاد بر زیست‌شناسی و افزایش نرخ زادآوری کنه‌های خاک‌زی در چند پژوهش دیگر نیز گزارش شده است (Ofek et al., 2006; Kasuga and Honda, 2006; Ofek et al., 2013). این امر اساساً می‌تواند ناشی از وجود رژیم غذایی پوسیده‌خواری و توانایی تغذیه از میسلیم^۱ قارچ‌ها توسط کنه‌های متعلق به این جنس از جمله کنه *R. robini* باشد (Nesvorna et al., 2012; Diaz et al., 2000). توانایی این کنه برای هضم میسلیم به حضور باکتری‌های همزیست تولیدکننده کیتیناز در داخل بدن آن‌ها مربوط می‌شود (Zindel et al., 2013). جلب شدن کنه به سمت ترکیبات الکلی استخراج شده از قارچ‌های خاک‌زاد نیز در چند مورد مطالعه گزارش شده است (Ofek et al., 1990; Okabe and Amano, 2013; Ofek et al., 2013). بر اساس نتایج مطالعه حاضر نیز کنه *R. robini* ترجیح آشکاری به سمت بنه‌های زعفران آلوده به قارچ از خود نشان داد. افزایش نرخ زادآوری روزانه و کاهش طول مراحل مختلف زیستی این کنه خود می‌تواند دلیلی برای این ترجیح میزبانی باشد.

نتایج آزمایش نفوذ و توانایی کلنی‌سازی کنه نشان داد که روی بنه‌های آلوده به قارچ رشد جمعیت کنه از هفته دوم آغاز و پس از گذشت سه هفته جمعیت به شکل قابل توجهی افزایش یافت. زمانی که بنه‌ها علاوه بر آلودگی به قارچ دچار صدمه مکانیکی نیز بودند روند رشد جمعیت مشابه بیمار آلوده به قارچ اما با اندکی افزایش و سرعت رشد بیشتر بود. روی بنه‌های صدمه دیده نرخ رشد جمعیت کنه نسبت به بنه‌های سالم بیشتر بود اما این نرخ نسبت به بنه‌های آلوده به قارچ بمراتب پایین‌تر بود. روند نفوذ کنه‌ها به داخل بنه زعفران آلوده به قارچ و متعاقباً توان افزایش جمعیت و تشکیل کلنی نشان داد که پس از گذشت دو هفته کنه قادر به نفوذ به داخل بنه بوده و طی هفته‌های سوم الی پنجم به صورت نمایی جمعیت آن افزایش یافت به صورتی که پس از پایان هفته پنجم بنه‌ها کاملاً توسط کنه تخریب و چندین کلنی در داخل یک پیاز آلوده قابل مشاهده بود. در این بنه‌ها پوره‌های سن آخر کنه و افراد بالغ به صورت فعالی روی سطح بنه‌ها مشاهده و شرایط کلنی‌ها کاملاً با ثبات بود. اما در بنه‌های سالم کنه‌ها تقریباً طی پنج هفته ابتدایی هیچ افزایش جمعیتی نداشتند. رشد جمعیت روی این بنه‌ها طی دو هفته - ابتدایی بسیار کند و حتی با یک روند منفی مشاهده شد. این کنه‌ها طی سه هفته ابتدایی قادر به نفوذ به داخل بنه زعفران نبوده و فقط در سطح بنه باقی می‌ماندند و کلنی‌پایداری حتی طی هفته چهارم و پنجم شکل نگرفت. پس از پایان هفته پنجم جمعیت این کنه‌ها نیز شروع به رشد نمود و از هفته ششم به بعد این رشد قابل توجه بوده و پس از پایان هفته هشتم به سطحی نزدیک به جمعیت کنه در پایان هفته پنجم روی بنه‌های آلوده رسید (شکل ۳).

1- mycelium



شکل ۳- تغییرات جمعیت کنه بنه (همه مراحل زیستی متحرک) روی تیمارهای مختلف بنه زعفران (سالم، صدمه دیده، آلوده به قارچ، صدمه دیده و آلوده به قارچ)

Figure 3- Population dynamics of bulb mites (All motile stages) on different saffron bulb treatments (Healthy, Injured, Infected, Infected and Injured)

رسد.

نتایج این مطالعه نشان داد که هر چه نفوذ اولیه کنه به داخل بنه (پیاز) سریعتر اتفاق بیفتد متعاقباً رشد جمعیت و توانایی کلنی‌سازی آن نیز افزایش می‌یابد. شایان ذکر است که چنین شرایطی زمانی که بنه زعفران به قارچ آلوده بود و یا اینکه صدمه مکانیکی روی بنه‌ها نیز به صورت همزمان وجود داشت قابل مشاهده بود. مشابه این نتایج در برخی مطالعات دیگر نیز گزارش شده است (Okabe and Amano, 1991). در مطالعات مزرعه‌ای نیز بروز صدمه مکانیکی در حین حمل و نقل بنه‌ها از زمین مادری به زمین اصلی جهت کاشت مجدد، از مهمترین عوامل افزایش جمعیت کنه در مزارع جدید عنوان شده است (Rahimi 2017). همچنین آبیاری تابستانه مزارع زعفران به عنوان یکی دیگر از عوامل گسترش خسارت این آفت گزارش شده است (Rahimi 2017; Koocheki and Khajeh-Hosseini, 2020). به نظر می‌رسد علاوه بر نقش مستقیم رطوبت در رشد و نمو کنه، با افزایش رطوبت در داخل خاک مایع تلقیح قارچ‌های ساپروفیت افزایش یافته و متعاقباً شرایط برای نفوذ کنه و خسارت‌زایی روی بنه‌های آلوده فراهم می‌گردد.

بنابراین علی‌رغم اینکه در برخی از پژوهش‌های صورت گرفته روی این کنه به نقش کنه در بروز آلودگی ثانویه بنه زعفران به قارچ

با توجه به رفتار ترجیح میزبانی کنه *R. robini* نسبت به بنه‌های آلوده به قارچ، به نظر می‌رسد کاربرد برخی از روش‌های غیرشیمیایی مانند استفاده از کمپوست و یا آفتاب‌دهی^۱ که بر علیه عوامل بیمارگر گیاهی از جمله قارچ *F. oxysporum* (Yogev et al., 2006) استفاده می‌شوند به نحوی بر علیه این کنه نیز موثر باشند. به عبارت دیگر، به کار بردن چنین روش‌هایی با کم کردن مایع تلقیح^۲ قارچ‌های ساپروفیت در داخل خاک، جلب کنندگی میزبان گیاهی را برای کنه کاهش می‌دهند. اخیراً در مطالعه‌ای بر روی عوامل مدیریت غیرشیمیایی کنه بنه زعفران، اثرات آفتاب‌دهی خاک و کود دامی روی کاهش جمعیت این کنه بررسی و مشاهده کرده‌اند که آفتاب‌دهی به مدت ۳۰ روز می‌تواند جمعیت کنه را در خاک کاهش دهد (Rahimi and Nateq Golestan, 2020). البته نامبردگان اثرات جانبی آفتاب‌دهی را بر فلور میکروبی خاک از جمله قارچ‌های خاک‌زاد مورد بررسی قرار نداده‌اند، اما با توجه به نتایج مطالعه حاضر مبنی بر نقش قارچ‌ها در جلب شدن کنه به سمت بنه‌های آلوده، بررسی تاثیر آفتاب‌دهی بر جمعیت قارچ‌های خاک‌زاد و کنه به صورت همزمان لازم به نظر می‌-

1- Solar Sterilization
2- Inoculum

عامل ثانویه به بنه‌های زعفران حمله و زمانی که آلودگی بنه به قارچ خاک‌زاد وجود نداشته باشد، سرعت رشد جمعیت آن به شدت کاهش یافته و احتمالا به تنهایی توانایی افزایش جمعیت و رسیدن به مرحله خسارت‌زایی را نخواهد داشت. بنابراین در برنامه مدیریت تلفیقی این آفت، بایستی خسارت کنه را در ارتباط با آلودگی همزمان بنه‌ها به قارچ‌های خاک‌زاد بررسی نمود و سپس با توجه به مساله اولیه یا ثانویه بودن منشاء خسارت، اقدام مدیریتی متناسب بر مبنای مهار جمعیت کنه و قارچ به صورت همزمان اتخاذ گردد.

های عامل ایجاد پوسیدگی اشاره شده است (Koocheki and Khajeh-Hosseini, 2020)، اما نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که این کنه احتمالا به عنوان یک آفت ثانویه بنه زعفران را مورد هجوم قرار می‌دهد. به عبارت دیگر ابتدا یک عامل ثانویه مانند عامل قارچی راه را برای نفوذ کنه هموار و سپس کنه قادر به افزایش جمعیت و کلنی‌سازی روی بنه می‌باشد.

نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج این پژوهش، آفت کنه بنه می‌تواند به عنوان یک

منابع

- Afzali, H. (2004). *Introduction of a new causal agent of saffron corn rot in Iran*. Proceedings of the 16th Iranian Plant Protection Congress, vol. II, 28 August to 1 September 2004, Tabriz, Iran. 326p.
- Agricultural Statistics. (2018). Iran's Minister of Agriculture, Department of Planning and Economy. <http://www.maj.ir/>.
- Ahmadi, K., Ebadzadeh, H., Hatami, F., Mohammadnia, A.Sh., Taghani, R.A., Yari, Sh. & Kalantari, M. (2021). *Iran agricultural statistics of the year 2020*. Ministry of Agriculture-Jahad. 163 pp.
- Asadi, G.A., Rezvani Moghaddam, P., & Hassanzadeh Aval, F. (2014). Effects of soil and foliar applications of nutrients on corm growth and flower yield of saffron (*Crocus sativus* L.) in six year-old farm. *Saffron Agronomy and Technology* 2: 31–44. (In Persian with English abstract)
- Czajkowska, B. (1995). *Acarid mites: pests of lilies*. In: Kropczynska D, Boczek J, Tomczyk A (eds) *The acari*, vol 1. Dabor, Warszawa, pp 479–485.
- Diaz, A., Okabe, K., Eckenrode, C.J., Villani, M.G., & Oconnor, B.M. (2000). Biology, ecology, and management of the bulb mites of the genus *Rhizoglyphus* (Acari: Acaridae). *Experimental and Applied Acarology* 24: 85–113.
- Di Primo, P., Cappelli, C., & Katan, T. (2002). Vegetative compatibility grouping of *Fusarium oxysporum* sp. *gladioli* from saffron. *European Journal of Plant Pathology* 108: 869–875.
- Fashing, N.J., & Hefele, W.J. (1990). *Biology of Rhizoglyphus robini* (Astigmata: Acaridae) reared on Bot and Meyer artificial medium. p. 499–503. In: Dusbabek F., Bukva V. (eds) *Modern Acarology*, vol 2. SPB Academic Publishing.
- Frisvad, J.C., & Samson, R.A. (2004). Poly phasic taxonomy of *Penicillium* sun genus *Penicillium*. A guide to identification of food and air-borne terverticillate *Penicillia* and their mycotoxins. *Studies in Mycology* 49: 1–174.
- Kasuga, S., & Honda, K.I. (2006). Suitability of organic matter, fungi and vegetables as food for *Tyrophagus similis* (Acari: Acaridae). *Applied Entomology and Zoology* 41: 227–231. <http://doi.org/10.1303/aez.2006.227>.
- Koocheki, A., & Khajeh-Hosseini, M. (2020). Saffron: science, technology and health. p. 169–185. In: Bazoobandi, M., Rahimi, H., Karimi-shahiri, M.R. (eds) *Saffron Crop Protection*, vol 1. Elsevier, Woodhead Publishing.
- Leslie, J.F., & Summerell, B.A. (2006). *The Fusarium Laboratory Manual*. Blackwell publishing. <http://doi.org/10.1002/9780470278376>.
- Najari, G., Nourollahi, K., & Piri, M. (2018). The first report of (*Fusarium oxysporum*) causal agent of wild saffron corm rot disease in Iran. *Saffron Agronomy and Technology* 6: 119–123. (In Persian with English abstract)
- Nehvi, F.A., & Yasmin, S. (2017). Advance in saffron research for integrated development of saffron in Kashmir, India. *Acta Horticulture* 1184: 6368. DOI: [10.17660/ActaHortic.2017.1184.9](https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2017.1184.9)
- Nesvorna, M., Gabrielova, L., & Hubert, J. (2012). Suitability of a range of *Fusarium* species to sustain populations of three stored product mite species (Acari: Astigmata). *Journal of Stored Production Research* 48: 37–45. <http://doi.org/10.1016/j.jspr.2011.08.006>.
- Okabe, K., & Amano, H. (1990). Attractancy of Alcohols isolated from culture filtrates of *Fusarium* fungi for therobine bulb mite, *Rhizoglyphus robini* CLAPAREDE (Acari: Acaridae), in sand. *Applied Entomology and Zoology* 25: 397–404. <http://doi.org/10.1303/aez.25.397>.
- Okabe, K., & Amano, H. (1991). Penetration and population growth of the robine bulb mite, *Rhizoglyphus robini* Claparede (Acari: Acaridae), on healthy and *Fusarium*-infected rakkyo bulbs. *Applied Entomology and Zoology* 26: 129–136. <http://doi.org/10.1303/aez.26.129>.
- Ofek, T., Gal, S., Inbar, M., Lebiush-Mordechai, S., Tsrar, L., & Palevsky, E. (2013). The role of onion-associated fungi in bulb mite infestation and damage to onion seedlings, *Experimental and Applied Acarology* 62(4): 437–448. <http://doi.org/10.1007/s10493-013-9750-2>.

19. Rahimi, H., & Kamali, K. (1993). Laboratory studies on biology of bulb mite *Rhizoglyphus robini* (Acari: Acaridae) and its damage on saffron corm in Gonabad and Ghayen. *Scientific Journal of Agriculture* 16: 53–63. (In Persian with English abstract)
20. Rahimi, H., Mokhtarian, A., Bazoobandi, M., Rahimi, H., Kiani, M., & Behdad, M. (2008). Effects of sowing depth and summer irrigation on *Rhizoglyphus robini* (Acari: Acaridae) population in Gonabad. *Applied Entomology and Phytopathology* 76(1): 1–12. (In Persian with English abstract)
21. Rahimi, H. (2017). *Saffron Pests (Identification and Management)*. Sokhangostar Press. 76p. (In Persian)
22. Rahimi, H., & Nategh Golestan, M. (2020). Preliminary study on non-chemical management factors for bulb mite *Rhizoglyphus robini* (Acari: Acaridae) control in the saffron crop. *Journal of Crop Protection* 9(2): 251–259.
23. Rashed-Mohassel, M.H. (2019). *Evolution and botany of saffron (Crocus sativus L.) and allied species*. In A. Koocheki and M. Khajeh Hosseini (eds). *Saffron: Science, Technology and Health*. Elsevier Inc. pp. 37–57.
24. Saeedizadeh, A. (2014). Identification of some saffron corm rot fungi and their control. *Saffron Agronomy and Technology* 2: 205–213. (In Persian with English abstract)
25. Schipper, M.A.A. (1984). A revision of the genus *Rhizopus*. I. The *Rh. stolonifer*-group and *Rhizopus oryzae*. *CBS Studies in Mycology* 25: 1–19.
26. Smiley, R.W., Gourelie, J.A., Easley, S.A., Patterson, L.M., & Whittaker, R.G. (2005). Crop damage estimates for crown rot of wheat and barley in the Pacific Northwest. *Plant Disease* 89: 595–604. <http://doi.org/10.1094/PD-89-0595>.
27. Woody, M.W., & Fashing, N.J. (1993). The ability of *Rhizoglyphus robini* Claparède (Astigmata: Acaridae) to subsist solely on a diet of filter paper, *International Journal of Acarology* 19(4): 345–348. <http://doi.org/10.1080/01647959308683990>.
28. Wyatt, I.J., & White, P.F. (1979). Simple estimation of intrinsic increase rates for aphids and tetranychid mites. *Journal of Applied Ecology* 14: 757–766.
29. Yogeve, A., Raviv, M., Hadar, Y., Cohen, R., & Katan, J. (2006). Plant waste-based composts suppressive to diseases caused by pathogenic *Fusarium oxysporum*. *European Journal of Plant Pathology* 116: 267–278. <http://doi.org/10.1007/s10658-006-9058-8>.
30. Zindel, R., Ofek, M., Minz, D., Palevsky, E., Zchori-Fein, E., & Aebi, A. (2013). The role of the bacterial community in the nutritional ecology of the bulb mite *Rhizoglyphus robini* (Acari: Astigmata: Acaridae). *Federation of American Societies for Experimental Biology* 27(4): 1488–1497. <http://doi.org/10.1096/fj.12-216242>.



Improving the Efficiency of EPTC Herbicide in Tobacco Weed Control by Microcapsule Formulation and Herbicide Extender

A. Rahbari¹, E. Izadi Darbandi^{2*}, M.H. Rashed Mohassel³, G. Zohuri⁴, E. Zand⁵

Received: 07-01-2019

Revised: 15-02-2021

Accepted: 10-03-2021

Available Online: 10-03-2021

How to cite this article:

Rahbari, A., Izadi Darbandi, E., Rashed Mohassel, M.H., Zohuri, G., & Zand, E. (2023). Improving the efficiency of EPTC herbicide in tobacco weed control by microcapsule formulation and herbicide extender. *Journal of Iranian Plant Protection Research* 37(1): 45-57. (In Persian with English abstract). <http://doi.org/10.22067/jpp.2021.32440.0>

Introduction

The effectiveness of herbicides is influenced not only by the active ingredients and their toxicity but also by the formulation of the herbicide. Conventional herbicide formulations include wettable powder and emulsifiable concentrate (EC). EC formulations are prepared by mixing the active ingredient with solvents and surfactants. However, these formulations can have negative phytotoxic effects due to hazardous solvents and can be unsafe for operators during application. As an alternative to EC formulations, capsule suspension (CS) formulation has been considered. EPTC is a thiocarbamate herbicide used to control the growth of germinating annual weeds, including broadleaves, grasses, and sedges, in crops such as tobacco in Iran. EPTC acts by inhibiting cuticle formation during the early stages of seedling growth. It is available in formulated products such as emulsifiable concentrate (EC) liquids containing up to 87.8% active ingredient and granular (G) formulations containing up to 25% active ingredient. However, there have been few studies on the production of microcapsule formulations of this herbicide. This experiment aimed to evaluate the weed control effectiveness of EPTC microcapsule formulation, which was synthesized for the first time in Iran. Additionally, the study examined the effect of the herbicide extender, Ammonium thiosulfate, at different doses and application methods.

Materials and Methods

To investigate the effectiveness of different herbicide formulations and application methods, a three-way factorial experiment was conducted in Tirtash Research and Education Center in Mazandaran province, Iran, during the 2014 growing season. The experiment followed a randomized complete design (CRD) with three replications.

The factors studied in the experiment were:

1. Herbicide formulation:
 - Emulsifiable concentrate formulation (Eradicane® EC 82%)
 - Emulsifiable concentrate formulation with Ammonium thiosulfate
 - Microcapsule formulation
2. Herbicide dose:
 - 50% of the recommended active ingredient (2.46 kg a.i. ha⁻¹)
 - 75% of the recommended active ingredient (3.69 kg a.i. ha⁻¹)
 - 100% of the recommended active ingredient (4.92 kg a.i. ha⁻¹)

1, 2 and 3- Ph.D. Student and Professors of Weed Sciences, Department of Agrotechnology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran, respectively.

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

4- Professor of Chemistry, Department of Chemistry, Faculty of Science, Ferdowsi University of Mashhad

5- Professor of weed science, Iranian Research Institute of Plant Protection, Tehran, Iran

DOI: [10.22067/jpp.2021.32440.0](http://doi.org/10.22067/jpp.2021.32440.0)

3. Herbicide application method:

- Soil-incorporated pre-planting
- Pre-planting

A control plot with no herbicide application was also included. Throughout the growing season, weed density, weed dry weight, and tobacco yield were measured. The relative weed control compared to the control treatment was used to evaluate the efficiency of the different treatments. The collected data was subjected to analysis of variance using Minitab (Version 18), and mean comparisons were performed using the honestly significant difference (HSD) test at a significance level of 0.05.

Results and Discussion

Based on the relative frequency of weeds, *Setaria viridis* L. and *Amaranthus retroflexus* L. were dominant species. The experimental results show the effects of formulation type, application dose and method of application on weed density and weed dry weight and tobacco yield were statistically significant difference. The microcapsule formulation increased weed control efficiency and tobacco yield significantly compared to EC formulation and the highest weed control performance and tobacco yield belong to the soil incorporated of microcapsule formulation with recommended dose.

Conclusions

The results indicated that the utilization of a microcapsule formulation allows for a 25% reduction in the application dose of the EPTC herbicide, without compromising weed control or tobacco yield. Consequently, there were no significant differences observed between applying 75% of the recommended dose using the microcapsule formulation and applying 100% of the recommended dose using the EC formulation, with or without the extender. Based on these findings, it is crucial to promptly mix the herbicide with the soil immediately after spraying in order to maintain the efficiency of EPTC. Furthermore, it was discovered that employing two-thirds of the recommended dose of the microcapsule formulation yields the same level of effectiveness as the recommended dose of other formulations. Additionally, incorporating the EPTC herbicide with soil in all formulations enhanced weed control efficacy. In contrast to previous research suggesting the positive impact of extender adjuvants such as ammonium thiosulfate on herbicide efficiency, this study did not observe similar effects. This discrepancy may be attributed to the varying soil and climatic conditions at the test site.

Keywords: Ammonium thiosulfate, Controlled release, Reduced dose, Tobacco, Weed



مقاله پژوهشی

جلد ۳۷، شماره ۱، بهار ۱۴۰۲، ص. ۴۵-۵۷

بهینه‌سازی کارایی علف‌کش ای‌پی‌تی‌سی در کنترل علف‌های هرز توتون با بهره‌گیری از فرمولاسیون میکروکپسول و ماده افزودنی تداوم‌بخش

احمد رهبری^۱ - ابراهیم ایزدی دربندی^{۲*} - محمد حسن راشد محصل^۳ - غلامحسین ظهوری^۴ - اسکندر زند^۵

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۰/۱۷

تاریخ بازنگری: ۱۳۹۹/۱۱/۲۶

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۲/۲۰

چکیده

کارایی علف‌کش‌ها در کنترل علف‌های هرز نه تنها به ماده موثره و سمیت آنها بستگی دارد، بلکه به عواملی نظیر نوع فرمولاسیون وابسته است. این پژوهش در ادامه ساخت اولین فرمولاسیون میکروکپسول علف‌کش ای‌پی‌تی‌سی در ایران، با هدف بررسی کارایی فرمولاسیون میکروکپسول و تأثیر ماده افزودنی تداوم‌بخش تیوسولفات آمونیوم در مقادیر و روش‌های مختلف کاربرد بر کنترل علف‌های هرز و عملکرد توتون اجرا گردید. بدین ترتیب این آزمایش بصورت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار طی سال زراعی ۱۳۹۲-۹۳ در مرکز تحقیقات تیرتاش (استان مازندران) انجام شد. عوامل مورد بررسی شامل نوع فرمولاسیون در سه سطح، امولسیون (ارادیکان ۸۲ درصد)، امولسیون همراه ماده تداوم‌بخش و میکروکپسول، مقدار کاربرد در سه سطح، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد ماده موثره توصیه شده (به ترتیب ۲/۴۶، ۳/۶۹ و ۴/۹۲ کیلوگرم ماده موثره در هکتار) و روش کاربرد در دو سطح، اختلاط و عدم اختلاط با خاک. تراکم و وزن خشک علف‌های هرز در ۴۰ و ۶۰ روز پس از نشاکاری و عملکرد توتون پس از ۴ چین مورد سنجش قرار گرفت. در این آزمایش علف‌های هرز دمروباهی سبز و تاج‌خروس ریشه‌قرمز به ترتیب با فراوانی نسبی ۲۲ و ۳۲ درصد به عنوان گونه‌های غالب تعیین شدند. نتایج نشان داد که کاربرد ۱۰۰ درصد دُز توصیه شده میکروکپسول موجب کاهش تراکم دمروباهی سبز و تاج‌خروس ریشه‌قرمز به ترتیب ۹۲ و ۷۱ درصد و افزایش عملکرد توتون به میزان ۴/۸۲ تن در هکتار گردید. همچنین با استفاده از فرمولاسیون میکروکپسول می‌توان ضمن حفظ کارایی، دُز مصرفی را ۲۵ درصد کاهش داد. اختلاط علف‌کش با خاک جهت افزایش کارایی ضروری است.

واژه‌های کلیدی: توتون، تیوسولفات آمونیوم، دُز کاهش یافته، رهاسازی کنترل‌شده، علف‌هرز

مقدمه

پیشرفت‌های شگرف فناوری در قرن گذشته شیوه‌های نوینی در ساخت، فرمولاسیون و نحوه کاربرد آفت‌کش‌ها به ارمغان آورده است. به طوری که رویکرد هوشمند و علمی نسبت به دانش فرمولاسیون می‌تواند بهبود قابل توجهی در سودمندی آفت‌کش‌ها پدید آورد. نقش فناوری رهاسازی کنترل شده در بسیاری از این پیشرفت‌ها برجسته است و توانسته است ابزار منحصر به فردی را برای دستکاری آفت‌کش‌ها فراهم کند (Sabahi, 2009; Matthews, 2000). بدین لحاظ پژوهش‌ها بر روی فرمولاسیون‌هایی با رهاسازی کنترل شده افزایش یافته است (Ueji and Wilkins, 2003; Wilson, 2003; Zand et al., Inao, 2001). مهمترین عامل تمایز فرمولاسیون‌هایی با رهاسازی کنترل شده در مقایسه با دیگر فرمولاسیون‌ها نظیر امولسیون، پودر و تابل، مایع قابل حل در

۱، ۲ و ۳- به ترتیب دانشجوی دکتری علوم علف‌های هرز و استادان، گروه

اگروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

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

۴- استاد گروه شیمی، دانشکده علوم، دانشگاه فردوسی مشهد

۵- استاد بخش تحقیقات علف‌های هرز، موسسه تحقیقات گیاه پزشکی کشور،

تهران، ایران

DOI: 10.22067/jpp.2021.32440.0

این بررسی مشخص گردید که خصوصیات میکروکپسول و همچنین اسیدتیخ خاک بر میزان آزادسازی علف‌کش تأثیرگذار است (Wilkins, 2003).

یکی دیگر از راهکارهای کاهش تلفات علف‌کش در خاک، استفاده از افزودنی‌های تداوم‌بخش^۹ است به طوری که وجود این مواد در خاک باعث می‌شود که میکروارگانیزم‌های خاک به طور ترجیحی ماده جایگزین را متابولیسم کنند و علف‌کش را به حال خود رها سازند. علاوه بر این ماده تداوم‌بخش ممکن است از حرکت علف‌کش به خارج از ناحیه هدف در داخل خاک و همچنین از تجزیه میکروبی علف‌کش در خاک جلوگیری نماید (Zand et al., 2008). نتایج تحقیقات نشان داده است که ترکیباتی همچون آمونیوم تیوسولفات^{۱۰} با مقدار ۲۵ میلی‌لیتر در هر ۱۰۰ کیلوگرم خاک موجب افزایش دوره کنترل علف‌های هرز به بیش از نه هفته شد (Goos and Ahrens, 1991). کاربرد دی‌اتولیت^{۱۱} موجب کاهش تجزیه زیستی علف‌کش ای‌پی‌تی‌سی و افزایش کنترل ارزن^{۱۲} در اول و آخر فصل رشد (به ترتیب به مقدار ۴۲ و ۴۷ درصد) و افزایش عملکرد ذرت به مقدار ۴۰۶ کیلوگرم در هکتار گردید (Harvey et al., 1986). ترکیباتی همچون O,O-دی‌اتیل-O-فنول فسفروتیوات^{۱۳} (Obrigawitch et al., 1982)، ان-متیل کاربامول اوکسی آنیلید^{۱۴} (Hyzak, 1983)، ایمینوفنیل ان-متیل کاربامات^{۱۵} (Hyzak, 1984) و اس-اتیل-ان، ان-بیس (۳-کلرآلیل) کارباموتیوات^{۱۶} (Harvey, 1990a; Harvey, 1990b) از دیگر مواد معرفی شده به عنوان تداوم‌بخش هستند. اگر چه ترکیبات تداوم‌بخش موجب افزایش دوام سم به دلیل کاهش تجزیه آن می‌شود اما بررسی‌ها نشان داده است که کاربرد مکرر تداوم‌بخش‌هایی همچون دی‌اتولیت و فونوفوس^{۱۷} با افزایش سازگاری میکروارگانیزم‌های خاکری موجب افزایش تجزیه علف‌کش شده است (Harvey et al., 1986; Bean et al., 1990).

با توجه به موارد اشاره شده این پژوهش با هدف بررسی اثرات فرمولاسیون میکروکپسول ساخته شده و ماده افزودنی تداوم‌بخش تیوسولفات آمونیوم در مقادیر و روش‌های مختلف کاربرد بر کارایی علف‌کش ای‌پی‌تی‌سی در کنترل علف‌های هرز و بر صفات زراعی گیاه توتون اجرا شد.

آب^۱، گرانول قابل پخش در آب^۲ و غیره، فرآیند آزادسازی تدریجی^۳ است و به عبارتی می‌توان گفت فرمولاسیون‌هایی با رهاسازی کنترل شده دارای راندمان انتقال و رسانش^۴ بیشتری به محل عمل هستند در حالی که در فرمولاسیون‌های متداول، ماده موثره در یک زمان و به طور کامل در محیط قرار گرفته (Wilkins, 2003; Sopena et al., 2009) و به دلیل تلفات ناشی از جذب، تبخیر، تجزیه نوری، میکروبی و شیمیایی و همچنین آبخوبی سموم مصرفی در محیط، مقدار کاربرد آنها بیش از آستانه حداقل غلظت^۵ برای کنترل آفات است (Danielson et Buelk et al., 2005; al., 1961; Rashed Mohassel and Mousavi, 2007; Schreiber et al., 1978). مزایای فرمولاسیون میکروکپسول عبارتند از: رهاسازی کنترل شده ماده موثر، افزایش کارایی سم، کاهش مقدار سم مصرفی، کاهش روند کند شدن فعالیت ماده موثره، کاهش بروز مقاومت، کاهش تلفات سم، امکان اختلاط آفت‌کش‌ها به خصوص ترکیبات ناسازگار، کاهش گیاه‌سوزی، کاهش خطرات سم برای سلامتی انسان، شستشوی راحت‌تر سمپاش، کاهش بوی نامطبوع، حذف برخی از حلال‌ها و بهبود حمل و نقل آفت‌کش‌ها (Cobb and Bernards et al., 2006; Reade, 2010; Coffman and Gentner, 1984; Kotoula-Syka et al., 1999; Ueji and Inao, 2001; Wilkins, 2003; Zand et al., 2008; Zhang and Rochefort, 2012).

در فرمولاسیون رهاسازی کنترل شده یا میکروکپسول معلقه^۶ یا کپسول سوسپانسیونی^۷ ماده موثره علف‌کش با روکشی^۸ از موادی همچون رزین محلول در آب، موم، لیپید، ژلاتین، آلبومین، نشاسته و ماتریکس پلی‌اوره – پلی‌آمید پوشیده شده (Sopena et al., 2009; Williams, 1984) و هنگام اختلاط با حامل‌ها در مخزن سمپاش ایجاد سوسپانسیون می‌کند (Zand et al., 2008). آزادسازی آفت‌کش‌ها از فرمولاسیون میکروکپسول به روش‌های مختلفی از قبیل متلاشی شدن مواد ساختاری، آماس و ترکیدن، خشک شدن و ترک خوردن یا انتشار در محیط انجام می‌شود. تغییر در ساختار ظاهری میکروکپسول همچون جمع شدن یا ترک خوردگی ممکن است در اثر شرایط محیطی رخ دهد. در مجموع رهاسازی علف‌کش به مواد ساختاری میکروکپسول، محیط اطراف آن و خصوصیات علف‌کش وابسته است (Petersen and Shea, 1989). به طور مثال در مطالعه تأثیر نوع فرمولاسیون بر میزان جابجایی علف‌کش در خاک نشان داده شد که فرمولاسیون امولسیون نسبت به میکروکپسول علف‌کش‌های آلاکلر و استوکلر جابجایی بیشتری در خاک داشت. در

9- Extender

10- Ammonium thiosulfate

11- Dietholate

12- *Panicum miliaceum*

13- O, O-diethyl-O-phenol phosphorothioate

14- N-Methylcarbamoyloxyanilides

15- Iminophenyl N-methylcarbamates

16- S-ethyl-N, N-bis (3-chloroallyl) carbamothioate

17- Fonofos

1- Soluble liquid

2- Water dispersible granule

3- Kinetics of release

4- Delivery

5- Minimum threshold concentration

6- Microencapsule or Microcapsule

7- Capsule suspension

8- Coat

مواد و روش‌ها

پس از طراحی و ساخت چندین نمونه فرمولاسیون میکروکپسول توسط گروه شیمی مرکز تحقیقات و آموزش تیرتاش (مرکز) واقع در استان مازندران - بهشهر و محققین دانشگاه فردوسی مشهد، انتخاب نمونه برتر براساس اطلاعات دریافتی از تصاویر میکروسکوپ الکترونی SEM^۱ و TEM^۲ (به ترتیب با استفاده از میکروسکوپ‌های الکترونی کمبریج^۳ و فیلیپس^۴ مدل CM120)، خصوصیات فیزیکی و آزمون دُر - پاسخ در شرایط گلدانی انجام گرفت. در ادامه کارایی فرمولاسیون میکروکپسول علف‌کش ای‌پی‌تی‌سی در مزرعه تحقیقاتی مورد سنجش قرار داده شد.

بدین منظور آزمایشی به صورت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲ در مرکز واقع در عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۴۵ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۳ درجه و ۴۴ دقیقه شرقی و با ارتفاع ۱۴ متر از سطح دریا انجام گرفت. طبق آمار هواشناسی متوسط بارندگی ۳۰ ساله منطقه ۶۱۷ میلی‌متر است که به طور عمده در پاییز و زمستان اتفاق می‌افتد. خصوصیات خاکشناسی محل اجرای آزمایش در جدول ۱ آورده شده است. عوامل مورد بررسی در این آزمایش عبارت بودند از: نوع فرمولاسیون علف‌کش ای‌پی‌تی‌سی در سه سطح، فرمولاسیون امولسیون (علف‌کش تجاری ارادیکان EC 82% شرکت مشکفام فارس)، فرمولاسیون امولسیون همراه ماده افزودنی تداوم‌بخش تیوسولفات آمونیوم و فرمولاسیون میکروکپسول به عنوان عامل اول، مقدار کاربرد علف‌کش در سه سطح، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد ماده موثره توصیه شده (به ترتیب ۲/۴۶، ۳/۶۹ و ۴/۹۲ کیلوگرم ماده موثره در هکتار و یا ۳، ۴/۵ و ۶ لیتر در هکتار از علف‌کش ارادیکان) به عنوان عامل دوم، و عامل سوم نیز روش کاربرد علف‌کش در دو سطح، اختلاط و عدم اختلاط با خاک به همراه تیمار شاهد بدون کنترل علف‌های هرز. ماده افزودنی تداوم‌بخش تیوسولفات آمونیوم به نسبت ۱۲۱/۵ کیلوگرم به ازای یک هکتار به مخزن سمپاش اضافه و با علف‌کش ای‌پی‌تی‌سی مخلوط گردید. براساس نقشه و تیمارهای آزمایش، یک روز پیش از نشاکاری توتون (۱۳۹۳/۰۲/۲۵) اقدام به محلول پاشی با استفاده از سمپاش پستی کتابی شارژی و با نازل تی‌جت با حجم آب مصرفی ۴۰۰ لیتر در هکتار در فشار ثابت ۲ بار گردید و در تیمارهای اختلاط علف‌کش با خاک، علف‌کش با رتیواتور متصل به تراکتور کوچک باغی با عمق ۱۰ سانتی‌متری خاک مخلوط شد.

ابعاد کرت‌های آزمایش ۴ × ۵ متر (۶ ردیف کشت به طول ۴ متر)، فاصله بین کرت‌ها ۲ متر و فاصله بین بلوک‌ها ۳/۵ متر لحاظ گردید. جهت افزایش دقت آزمایش از شاهد متناظر به صورتی که هر واحد آزمایش (کرت) به دو نیمه تقسیم شده نیمه بالا به عنوان شاهد بدون سمپاشی و نیمه پایین کرت به عنوان تیمار در نظر گرفته شد. آبیاری بارانی به فواصل هر ده روز یکبار از تاریخ ۱۳۹۳/۰۳/۲۵ انجام گرفت. به منظور جلوگیری از ورود رواناب سطحی ناشی از بارندگی به کرت‌های بلوک بعدی، در بالا و پایین هر بلوک جوی سرتاسری حفر گردید. یک روز پس از اعمال تیمار اقدام به ایجاد جوی و پشته و نشاکاری توتون گرمخانه‌ای رقم کا ۳۲۶ به صورت دستی با فواصل بین ردیف ۱۰۰ سانتی‌متر و روی ردیف ۵۰ سانتی‌متر (تراکم ۲۰ هزار بوته در هکتار) شد. در شاهد وجین، کرت‌ها تا انتهای فصل رشد عاری از علف‌هرز نگه داشته شد. در اوایل اردیبهشت‌ماه پس از آماده‌سازی زمین و کوددهی تمامی تیمارها براساس توصیه کودی مرکز به میزان ۱۰۰ کیلوگرم نیترات آمونیوم، ۱۰۰ کیلوگرم سوپرفسفات‌تریپل و ۳۰۰ کیلوگرم سولفات پتاسیم در هکتار صورت گرفت. تراکم علف‌های هرز در هر کرت به تفکیک گونه در سطح ۰/۵ متر مربع در ۴۰ و ۶۰ روز پس از نشاکاری (به ترتیب در مرحله ۸ برگی و ۲۲ برگی گیاه توتون) و همچنین وزن تر و خشک علف‌های هرز ۶۰ روز پس از نشاکاری تعیین شد. به منظور تعیین وزن خشک، نمونه‌ها به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت.

جهت محاسبه کارایی تیمارهای علف‌کشی از نسبت علف‌های هرز کنترل شده نسبت به شاهد متناظر بدون کنترل علف‌های هرز (معادله یک) استفاده شد (Somani, 1992). در این رابطه مقدار $Y\%$ درصد کنترل، Y_{control} و Y_{treated} به ترتیب تراکم یا وزن خشک علف‌هرز در شاهد و تیمار است. عملکرد توتون در هکتار پس از ۴ مرحله برداشت برگ‌های رسیده تعیین گردید. درصد تغییرات عملکرد توتون نیز با استفاده از معادله دو محاسبه شد. در این رابطه $Y'\%$ درصد افزایش عملکرد و Y'_{control} و Y'_{treated} به ترتیب عملکرد در کرت تیمار شده و شاهد متناظر بدون کنترل علف‌های هرز است. آزمون نرمال بودن داده‌ها، تجزیه واریانس و مقایسه میانگین‌ها در سطح احتمال پنج درصد (آزمون توکی) با استفاده از نرم‌افزارهای Excel 2013 و Minitab 18 انجام شد.

معادله [۱]

معادله [۲]

- 1- Scanning Electron Microscopy
- 2- Transmission Electron Microscopy
- 3- Cambridge
- 4- Philips

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه آزمایشی

Table 1- The physical and chemical characteristics of the experimental field soil

عمق Depth (cm)	هدایت الکتریکی EC (dS.m ⁻¹)	اسیدیته pH	نیتروژن Nitrogen (percent)	فسفر Phosphoru (PPM) s	پتاسیم Potassium (mg.kg ⁻¹)	رس Clay (%)	سیلت Silt (percent)	شن Sand (%)
0-30	0.36	7.66	0.09	12.1	242	14	18	68

نتایج و بحث

ارزیابی کارایی تیمارها در کنترل علف‌های هرز

علف‌های هرز شناسایی شده در کرت‌های آزمایش عبارت بودند از آفتاب‌پرست^۱، آکالیفا^۲، اویارسلام^۳، پنجه‌مرغی^۴، پیچک^۵، تاج خروس ریشه‌قرمز، تاجریزی^۶، دم‌روباهی سبز، خارخسک^۷، خرفه^۸، سلمه‌تره^۹، قیاق^{۱۰} و گوش‌بره^{۱۱}. براساس فراوانی نسبی، علف‌های هرز دم‌روباهی سبز و تاج خروس ریشه‌قرمز به عنوان گونه‌های غالب در نظر گرفته شدند (جدول ۲).

بر اساس نتایج تجزیه واریانس (جدول ۳) تأثیر نوع فرمولاسیون، مقدار کاربرد علف‌کش ای‌پی‌تی‌سی و همچنین روش کاربرد علف‌کش بر درصد کاهش تراکم و وزن خشک علف‌های هرز دم‌روباهی سبز و تاج خروس ریشه‌قرمز طی ۴۰ و ۶۰ روز پس از نشاکاری معنی‌دار ($p \leq 0.01$) بود.

اثر متقابل نوع فرمولاسیون و دُز علف‌کش بر تراکم تاج خروس ریشه‌قرمز ۴۰ روز پس از نشاکاری ($p \leq 0.05$) و همچنین اثر متقابل نوع فرمولاسیون و روش کاربرد بر تراکم و وزن خشک دم‌روباهی سبز به ترتیب در سطح آماری پنج و یک درصد معنی‌دار شد. همچنین اثر متقابل دُز و روش کاربرد بر تراکم دم‌روباهی سبز و تاج خروس ریشه‌قرمز ۴۰ روز پس از نشاکاری و وزن خشک تاج خروس ریشه‌قرمز در سطح آماری یک درصد معنی‌دار گردید (جدول ۳).

فرمولاسیون میکروکپسول بیشترین کارایی را در کنترل علف‌های هرز دم‌روباهی سبز و تاج خروس ریشه‌قرمز داشت به طوری

که با کاربرد این فرمولاسیون تراکم علف‌هرز دم‌روباهی سبز ۴۰ و ۶۰ روز پس از نشاکاری به ترتیب در حدود ۸۰ و ۶۹ درصد و تراکم علف‌هرز تاج خروس ریشه‌قرمز ۴۰ و ۶۰ روز پس از نشاکاری به ترتیب در حدود ۶۸ و ۶۳ درصد کاهش یافت. همچنین وزن خشک علف‌های هرز دم‌روباهی سبز و تاج خروس ریشه‌قرمز به ترتیب ۶۸ و ۶۰ درصد کاهش نشان داد. با این وجود کاربرد ماده تداوم بخش و فرمولاسیون امولسیون تأثیری بر صفات مذکور نداشتند (جدول ۴).

بدین لحاظ به نظر می‌رسد فرمولاسیون میکروکپسول با رهاسازی تدریجی ماده مؤثره در محیط خاک موجب کاهش تلفات و افزایش ماندگاری علف‌کش شده است. نتایج مطالعات قبلی نیز مؤید این مطلب است به طوری‌که در تحقیق انجام شده فرمولاسیون میکروکپسول علف‌کش آلاکلر نسبت به فرمولاسیون امولسیون کنترل بهتری بر علف‌های هرز سوروف^{۱۲}، پنجه کلاغی^{۱۳} و ارزن^{۱۴} در گیاهان زراعی ذرت^{۱۵} و سویا^{۱۶} داشته است (Doub et al., 1988).

هر چند که در این تحقیق، افزودن ماده تداوم‌بخش تأثیر معنی‌داری بر کارایی فرمولاسیون امولسیون علف‌کش ای‌پی‌تی‌سی نداشت، اما نتایج تحقیقات نشان داده است که ترکیباتی همچون آمونیوم تیوسولفات با مقدار ۲۵ میلی‌لیتر در هر ۱۰۰ کیلوگرم خاک موجب افزایش دوره کنترل علف‌های هرز به بیش از نه هفته شده است (Goos and Ahrens, 1991). شاید بتوان علت این رفتار متفاوت را شرایط اقلیمی و اداپتیکی موقعیت اجرای این آزمایش همچون میزان بالای نزولات جوی (۲۱۶ میلی‌متر در فصل زراعی) و امکان آبشویی آمونیوم تیوسولفات با توجه به حلالیت بالا (۱۷۳ گرم در ۱۰۰ میلی‌لیتر آب) دانست.

بسته به نوع فرمولاسیون و نوع علف‌هرز، تأثیر تیمار اختلاط علف‌کش با خاک متفاوت بود به نحوی که اختلاط علف‌کش با خاک تأثیری بر افزایش کارایی فرمولاسیون میکروکپسول در کنترل علف‌هرز دم‌روباهی سبز نداشت. در حالی که در مورد علف‌هرز تاج خروس ریشه‌قرمز اختلاط علف‌کش ای‌پی‌تی‌سی با خاک موجب

1- *Heliotropium europaeum* L.2- *Acalypha* sp.3- *Cyperus rotundus* L.4- *Digitaria sanguinalis* (L.) Scop.5- *Convolvulus arvensis* L.6- *Solanum nigrum* L.7- *Tribulus terrestris* L.8- *Portulaca oleracea* L.9- *Chenopodium album* L.10- *Sorghum halepense* (L.) Pers.11- *Chrozophora tinctoria* (L.) A. Juss.12- *Echinochloa crus-galli* (L.) Beauv.13- *Digitaria sanguinalis* (L.) Scop.14- *Panicum dichotomiflorum* Michx.15- *Zea mays* L.16- *Glycine max* L.

افزایش کارایی کنترل این علف‌هرز ۴۰ و ۶۰ روز پس از نشاکاری گردید (جدول ۵).
 به نظر می‌رسد بروز نتایج متفاوت در علف‌های هرز بدلیل تفاوت در اکولوژی و پراکنش بذور علف‌های هرز در لایه‌های خاک (Mandumbu et al., 2012; Nichols Ghorbani et al., 1999);
 علف‌های هرز (Cobb and Reade, 2010) باشد. اما با عنایت به تنوع علف‌های هرز و پراکنش بذور در لایه‌های مختلف خاک ضرورت دارد تا نسبت به اختلاط علف‌کش ای‌پی‌تی‌سی با خاک جهت افزایش کارایی اقدام شود.

جدول ۲- تراکم و وفور نسبی علف‌های هرز غالب موجود در مزرعه آزمایشی
 Table 2- The density and frequency of the dominate weeds in the experimental field

نام Name	نام علمی Scientific name	تیره Family	تراکم Density (plant per m ²)		وفور نسبی Abundance (%)	
			40†	60†	40	60
دم‌روپاهی سبز Green foxtail	<i>Setaria viridis</i> L.	Poaceae	25	18	21	24
تاج‌خروس ریشه‌قرمز Redroot pigweed	<i>Amaranthus retroflexus</i> L.	Amaranthaceae	38	23	33	31

† روز پس از نشاکاری

† Day after transplanting

جدول ۳- تجزیه واریانس تأثیر فرمولاسیون، مقدار کاربرد و روش کاربرد علف‌کش ای‌پی‌تی‌سی بر درصد کنترل تراکم و وزن خشک علف‌های هرز دم‌روپاهی سبز و تاج‌خروس ریشه‌قرمز طی ۴۰ و ۶۰ روز پس از نشاکاری

Table 3- Analysis of variance the effects of formulation, dose and application methods of EPTC herbicide green foxtail and redroot pigweed density and dry weight 40 and 60 days after tobacco transplanting

منابع تغییرات Source of variation	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean squares					
		دم‌روپاهی سبز Green foxtail			تاج‌خروس ریشه‌قرمز Redroot pigweed		
		40†	60†		40	60	
		تراکم Density	تراکم Density	وزن خشک Dry weight	تراکم Density	تراکم Density	وزن خشک Dry weight
بلوک Block	2	53.37	175.30	78.50	122.70	174.99	136.57
نوع فرمولاسیون (A) Formulation	2	4716.14**	3987.50**	2251.60**	3317.61**	2487.82**	1646.83**
مقدار علف‌کش (B) dose	2	12175.92**	8178.60**	8915.80**	4667.58**	1859.81**	2216.85**
روش کاربرد (C) Application method	1	404811**	3711.40**	8044.00**	851.86**	6526.70**	5812.15**
A×B	4	86.87	143.40	248.70	139.31*	22.56	35.96
A × C	2	305.08*	474.20*	628.60**	44.61	135.40	56.93
B × C	2	548.67**	333.20	8.50	275.16**	76.28	481.63**
A × B×C	4	92.88	109.90	193.50	39.61	2.28	138.18
خطا Error	34	83.34	114.00	102.20	40.50	77.42	82.06
ضریب تغییرات (%) Variation of coefficient (%)		15	20	18	12	14	18

* و ** به ترتیب در سطح احتمال پنج و یک درصد معنی‌دار است.

† روز پس از نشاکاری

* and ** significant at 5% and 1% probability levels, respectively.

† Day after transplanting

جدول ۴- مقایسه میانگین اثر اصلی نوع فرمولاسیون علف‌کش ای‌بی‌تی‌سی بر درصد کنترل تراکم و وزن خشک علف‌های هرز دمروباهی سبز و تاج‌خروس ریشه‌قرمز طی ۴۰ و ۶۰ روز پس از نشاکاری

Table 4- Mean comparison the main effect of EPTC formulation on green foxtail and redroot pigweed density and dry weight compare to weed infest control 40 and 60 days after tobacco transplanting

فرمولاسیون Formulation	درصد کنترل Control percent					
	دم‌روباهی سبز Green foxtail			تاج‌خروس ریشه‌قرمز Redroot pigweed		
	40 [†]	60 [†]		40	60	
	تراکم Density	تراکم Density	وزن خشک Dry weight	تراکم Density	تراکم Density	وزن خشک Dry weight
امولسیون EC	54.00 ^b	44.63 ^b	49.43 ^b	46.25 ^b	43.54 ^b	45.06 ^b
امولسیون به همراه تیوسولفات آمونیوم EC + Ammonium thiosulfate	50.58 ^b	41.89 ^b	48.72 ^b	42.85 ^b	41.57 ^b	42.84 ^b
میکروکپسول MC	80.17 ^a	68.93 ^a	68.44 ^a	67.88 ^a	62.85 ^a	60.41 ^a
تفاوت حقیقی معنی‌دار Honestly significant difference	7.45	8.72	8.25	5.20	7.18	7.40

حروف مشابه در هر ستون بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح آماری پنج درصد با آزمون توکی است.

[†] روز پس از نشاکاری

Mean within a column followed by the same letter are not significantly different at the 5% level according to Tukey test

[†] Day after transplanting

جدول ۵- مقایسه میانگین اثرات متقابل فرمولاسیون و روش کاربرد علف‌کش ای‌بی‌تی‌سی بر درصد کنترل تراکم و وزن خشک علف‌های هرز غالب دمروباهی سبز و تاج‌خروس ریشه‌قرمز ۴۰ و ۶۰ روز پس از نشاکاری

Table 5- Mean comparison the interaction effect of formulation and application methods of EPTC on green foxtail and redroot pigweed density and dry weight compare to weed infest control 40 and 60 days after tobacco transplanting

فرمولاسیون Formulation	اختلاط	درصد کنترل Control percent					
		دم‌روباهی سبز Green foxtail			تاج‌خروس ریشه‌قرمز Redroot pigweed		
		40 [†]	60 [†]		40	60	
		تراکم Density	تراکم Density	وزن خشک Dry weight	تراکم Density	تراکم Density	وزن خشک Dry weight
امولسیون EC	+	66.61 ^{bc}	50.77 ^{bc}	63.83 ^a	58.50 ^b	57.64 ^b	56.40 ^b
EC	-	41.39 ^d	38.49 ^{cd}	35.03 ^b	34.00 ^c	29.44 ^c	33.72 ^c
امولسیون به همراه تیوسولفات آمونیوم EC + Ammonium thiosulfate	+	59.55 ^c	56.04 ^b	65.42 ^a	54.95 ^b	50.48 ^b	51.16 ^b
EC + Ammonium thiosulfate	-	41.60 ^d	27.75 ^d	32.02 ^b	30.76 ^c	32.67 ^c	34.52 ^c
میکروکپسول MC	+	84.56 ^a	73.51 ^a	73.95 ^a	77.33 ^a	72.83 ^a	71.87 ^a
MC	-	75.78 ^{ab}	64.35 ^{ab}	62.93 ^a	58.43 ^b	52.87 ^b	48.94 ^b
تفاوت حقیقی معنی‌دار Honestly significant difference		12.99	15.19	14.38	9.05	12.52	12.89

حروف مشابه در هر ستون بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح آماری پنج درصد با آزمون توکی است.

[†] روز پس از نشاکاری

Mean within a column followed by the same letter are not significantly different at the 5% level according to Tukey test

[†] Day after transplanting.

تاج‌خروس ریشه‌قرمز ۴۰ و ۶۰ روز پس از نشاکاری (شکل‌های ۱ و ۲)
نشان می‌دهد که کاربرد فرمولاسیون میکروکپسول موجب افزایش

نمودارهای اثر مقادیر کاربرد فرمولاسیون‌ها بر درصد کنترل
تراکم و وزن خشک علف‌های هرز دمروباهی سبز و

همراه ماده افزودنی تیوسولفات آمونیوم به ترتیب با افزایش حدوداً ۱۲۴ و ۱۲۵ درصد قرار گرفت. همچنین کاربرد مقادیر ۷۵ و ۱۰۰ درصد از ماده موثره توصیه شده تأثیر مشابهی بر افزایش عملکرد (به ترتیب ۱۴۱ و ۱۵۵ درصد) داشته و در یک گروه آماری قرار گرفتند. با توجه به مقایسه میانگین اثر اصلی روش کاربرد بر درصد افزایش عملکرد نسبت به شاهد عدم کنترل، اختلاط با خاک موجب افزایش بیشتر عملکرد نسبت به عدم اختلاط علف‌کش (به ترتیب حدوداً ۱۴۶ و ۱۱۴ درصد) گردید.

با توجه به اثر متقابل فرمولاسیون و مقدار کاربرد ای‌پی‌تی‌سی بر درصد افزایش عملکرد نسبت به شاهد عدم کنترل (شکل ۳)، کاربرد فرمولاسیون میکروکپسول با دُز ۷۵ درصد ماده موثره توصیه شده (در حدود ۱۵۴ درصد) افزایش عملکردی همچون کاربرد دُز ۱۰۰ درصد فرمولاسیون امولسیون با و یا بدون ماده افزودنی تداوم بخش (به ترتیب در حدود ۱۴۷ و ۱۴۴ درصد) داشت و در یک گروه آماری قرار گرفت که با نتایج دریافتی از کنترل علف‌های هرز منطبق است.

نتیجه‌گیری

متأسفانه سالانه مقادیر زیادی از سموم دفع آفات در کشور مصرف می‌شود که علاوه بر آثار مخرب زیست محیطی، مقادیر قابل توجهی از منابع ارزی کشور را به خود اختصاص می‌دهد. پر واضح است پژوهش در زمینه افزایش کارایی سموم همچون تکنولوژی رهاسازی تدریجی و بهره‌برداری از فرمولاسیون میکروکپسول گام بلندی در مدیریت مصرف سموم خواهد بود. در این تحقیق مشخص گردید با کاربرد دو سوم دُز توصیه شده فرمولاسیون میکروکپسول می‌توان به کارایی مشابه دُز کامل سایر فرمولاسیون‌ها دست یافت. همچنین اختلاط علف‌کش ای‌پی‌تی‌سی با خاک در تمامی انواع فرمولاسیون‌ها موجب افزایش کارایی کنترل علف‌های هرز گردید. برخلاف نتایج پژوهش‌های قبلی، مبنی بر تأثیر مثبت مواد افزودنی تداوم‌بخش همچون تیوسولفات آمونیوم بر افزایش کارایی علف‌کش‌ها، در این تحقیق اثرات مشابهی دریافت نگردید که به نظر می‌رسد شرایط متفاوت ادا فیک و اقلیمی محل اجرای آزمایش علت این امر باشد.

کارایی در هر یک از سطوح مصرفی علف‌کش ای‌پی‌تی‌سی گردید. به طوری که مقدار کاهش تراکم علف‌هرز دموهای سبز ۶۰ روز پس از نشاکاری به ازای کاربرد ۲/۴۶، ۳/۶۹ و ۴/۹۲ کیلوگرم ماده موثره در هکتار به ترتیب در حدود ۴۱، ۷۴ و ۹۲ درصد در فرمولاسیون میکروکپسول و ۲۲، ۵۰ و ۶۲ درصد در فرمولاسیون امولسیون بود. همچنین میزان کاهش تراکم علف‌هرز تاج‌خروس ریشه‌قرمز در ۶۰ روز پس از نشاکاری به ازای کاربرد ۲/۴۶، ۳/۶۹ و ۴/۹۲ کیلوگرم ماده موثره در هکتار به ترتیب در حدود ۵۰، ۶۷ و ۷۱ درصد در فرمولاسیون میکروکپسول و ۳۳، ۴۵ و ۵۲ درصد در فرمولاسیون امولسیون تعیین شد. عبارتی کاربرد ۵۰ درصد دُز توصیه شده از فرمولاسیون میکروکپسول موجب کاهش تراکم این علف‌هرز در سطحی معادل ۱۰۰ درصد دُز توصیه شده از فرمولاسیون امولسیون گردید.

تحقیقات انجام شده نشان داده است که فرمولاسیون میکروکپسول علف‌کش ای‌پی‌تی‌سی و بوتیلات در مقایسه با فرمولاسیون امولسیون آهسته‌تر در محیط رها شده و فعالیت علف‌کشی طولانی‌تری را داشته است (Schreiber et al., 1978). همچنین نتایج مطالعات صورت گرفته بر روی فرمولاسیون‌های متفاوت علف‌کش تریفلورالین نشان داد که کاربرد ۲/۲ کیلوگرم در هکتار از فرمولاسیون میکروکپسول این علف‌کش در مقایسه با فرمولاسیون امولسیون در مقدار ۴/۴ کیلوگرم در هکتار دارای کارایی مشابه در کنترل علف‌هرز چچم^۱ از هفته چهارم تا سیزدهم پس از کاربرد بوده است (Coffman and Gentner, 1984).

ارزیابی تأثیر تیمارها بر عملکرد توتون

براساس نتایج تجزیه واریانس، نوع فرمولاسیون، مقدار و نحوه کاربرد علف‌کش ای‌پی‌تی‌سی اثر معنی‌دار ($p \leq 0.01$) بر عملکرد و درصد افزایش عملکرد نسبت به شاهد بدون کنترل داشتند (جدول ۶). تمامی تیمارهای کاربرد علف‌کش سبب بهبود عملکرد نسبت به شاهد آلوده به علف‌های هرز (۲/۷۶ تن در هکتار) شدند و هیچ گونه علایم گیاهسوزی در تیمارهای آزمایشی مشاهده نگردید. بیشترین مقدار عملکرد در تیمار کاربرد ۱۰۰ درصد دُز توصیه شده فرمولاسیون میکروکپسول به صورت اختلاط با خاک با مقدار ۴/۸۲ تن در هکتار حاصل گردید.

اثر اصلی نوع فرمولاسیون علف‌کش ای‌پی‌تی‌سی بر درصد افزایش عملکرد توتون نسبت به شاهد عدم کنترل علف‌های هرز نشان داد که کاربرد فرمولاسیون میکروکپسول با افزایش حدوداً ۱۴۲ درصد در گروه بالاتری نسبت به فرمولاسیون‌های امولسیون و امولسیون

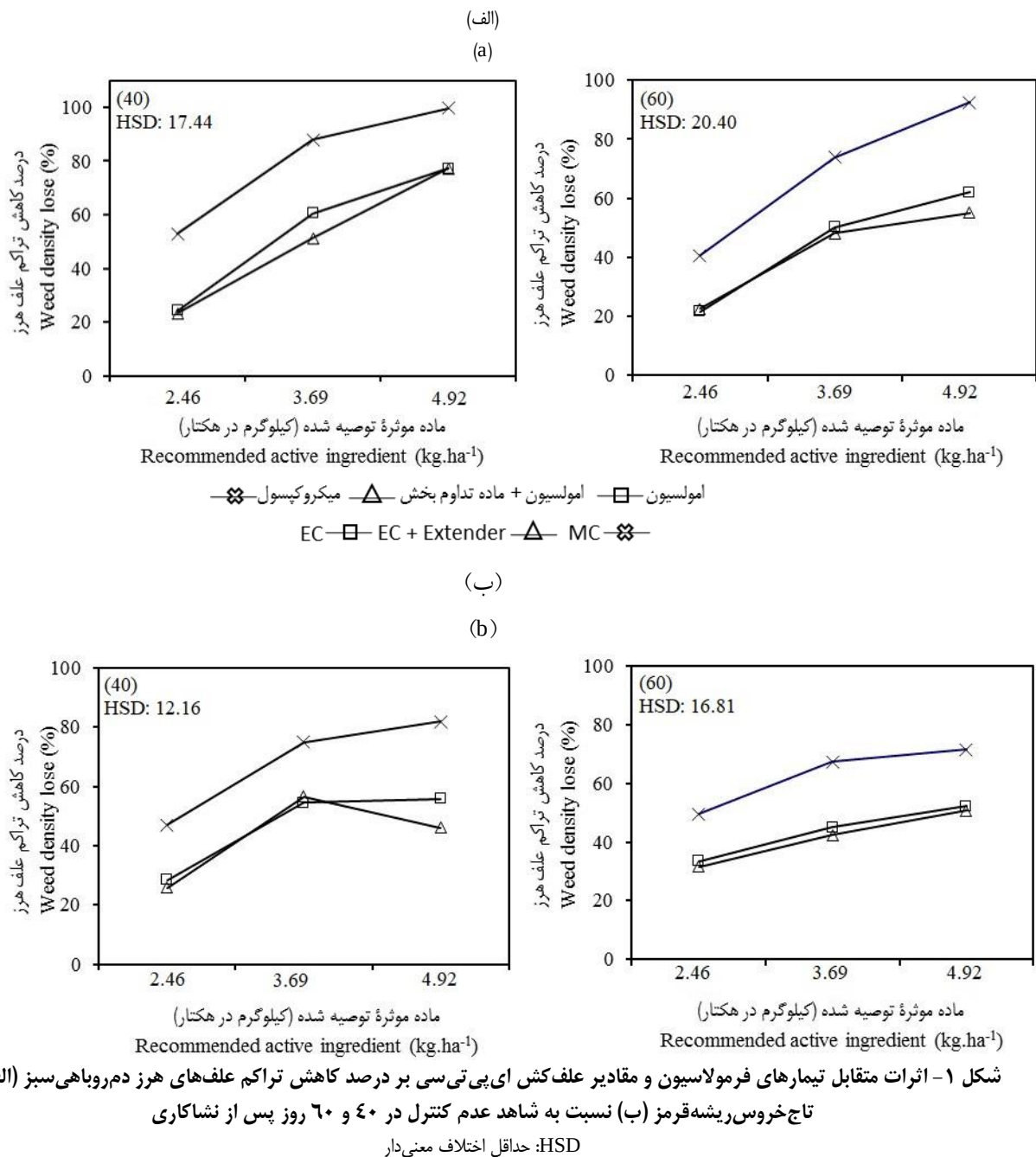
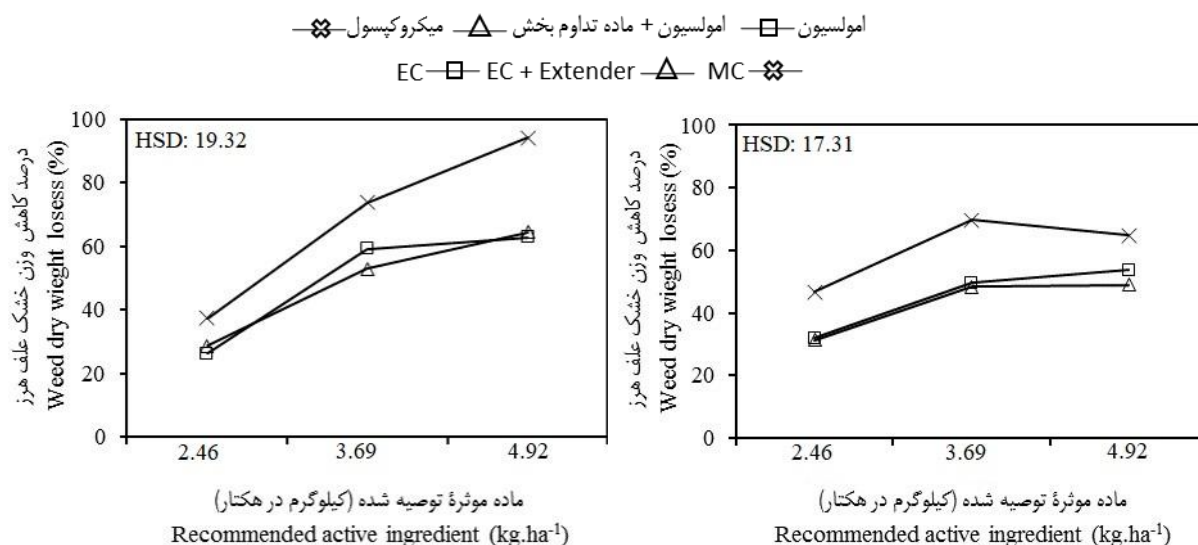


Figure 1- The interaction effect of EPTC doses and formulation on green foxtail (a) and redroot pigweed density (b) compare to weed infest control 40 and 60 days after tobacco transplanting
HSD: Honestly significant difference



شکل ۲- اثرات متقابل تیمارهای فرمولاسیون و مقدار کاربرد علف‌کش ای‌پی‌تی‌سی بر درصد کاهش وزن خشک علف‌های هرز دم‌روباهی سبز (سمت راست) و تاج‌خروس ریشه‌قرمز (سمت چپ) نسبت به شاهد عدم کنترل در ۶۰ روز پس از نشاکاری

HSD: تفاوت حقیقی معنی‌دار

Figure 2- The interaction effect of EPTC doses and formulation on green foxtail (right) and redroot pigweed (left) dry weight compare to weed infest control 40 and 60 days after tobacco transplanting

HSD: Honestly significant difference

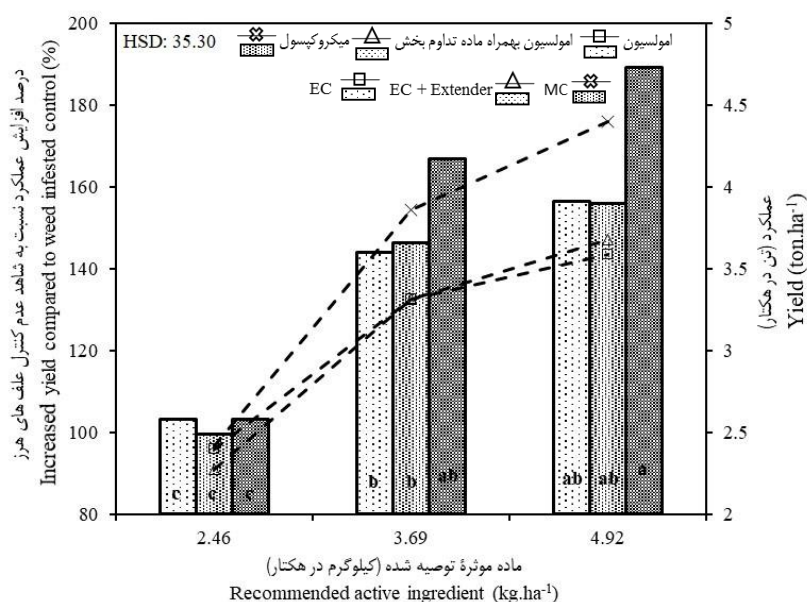
جدول ۶- نتایج تجزیه واریانس تأثیر فرمولاسیون، مقدار و روش کاربرد علف‌کش ای‌پی‌تی‌سی بر عملکرد و درصد افزایش عملکرد توتون نسبت به شاهد عدم کنترل

Table 6- Analysis of variance the effects of formulation, dose and application methods of EPTC herbicide on yield and the percentage of increasing yield of tobacco compare to infested control

منابع تغییرات Source of variation	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean squares	
		عملکرد Yield	درصد افزایش عملکرد Percentage of increasing yield
بلوک Block	2	0.04	11865.7
نوع فرمولاسیون (A) Formulation (A)	2	1.32**	1911.9**
مقدار علف‌کش (B) Dose (B)	2	13.12**	18359.6**
روش کاربرد (C) Application method (C)	1	10.13**	13827.5**
A×B	4	0.32	418.3
A × C	2	0.17	308.6
B × C	2	0.49	729.5
A × B×C	4	0.23	268.6
خطا Error	34	0.21	341.3
ضریب تغییرات (%) Variation of coefficient (%)		13	14

* و ** به ترتیب در سطح احتمال پنج و یک درصد معنی‌دار است.

* and ** significant at 5% and 1% probability levels, respectively.



شکل ۳- اثرات متقابل فرمولاسیون و مقدار کاربرد ای پی تی سی بر عملکرد (نمودار ستونی) و درصد افزایش عملکرد نسبت به شاهد عدم کنترل (نمودار خطی)

حروف مشابه در هر ستون بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح آماری پنج درصد با آزمون توکی است.

HSD: حداقل اختلاف معنی‌دار

Figure 3- The interaction effect of EPTC doses and formulation on tobacco yield (bar chart) and the percentage of increasing tobacco yield compare to infested control (line chart)

HSD: Honestly significant difference

منابع

1. Bean, B.W., Roeth, F.W., Martin, A.R., & Wilson, R.G. (1990). Rotation and continuous use of dietholate, fonofos and SC-0058 on EPTC persistence in soil. *Weed Science* 38: 179-185. <https://www.jstor.org/stable/4045048>.
2. Bernards, M.L., Simmons, J.T., Guza, C.J., Schulz, C.R., Penner, D., & Kells, J.J. (2006). Inbred corn response to acetamide herbicides as affected by safeners and microencapsulation. *Weed Technology* 20: 458-465. <https://doi.org/10.1614/WT-05-130R.1>.
3. Buelk, S., Vendy, W.B., Colin, D.B., Mattew, M., & Allan, W. (2005). Evaluation of simplifying assumption on pesticide degradation in soil. *Journal of Environmental Quality* 34: 1933-1943. <https://doi.org/10.2134/jeq2004.0460>.
4. Cobb, A.H., & Reade, P.H. (2010). Herbicide and plant physiology. *Blackwell Science*. <https://doi.org/10.1002/9781444327793>
5. Coffman, C.B., & Gentner, W.A. (1984). Herbicidal activity of controlled release formulations of trifluralin. *Indian Journal of Agricultural Science* 54(2): 117-122. <http://www.jstor.org/stable/4044606>.
6. Danielson, L.L., Gentner, W.A., & Jansen, L.L. (1961). Persistence of soil-incorporated EPTC and other carbamates. *Weeds* 9(3): 463-476. <https://www.jstor.org/stable/i386849>.
7. Doub, J.P., Wilson, H.P., & Hatzios, K.K. (1988). Comparative efficacy of two formulations of alachlor and metolachlor. *Weed Science* 36: 221-226. <https://www.jstor.org/stable/3989325>.
8. Ghorbani, R., Seel, W., & Leifert, C. (1999). Effects of environmental factors on germination and emergence of *Amaranthus retroflexus*. *Weed Science* 47: 505-510. <https://doi.org/10.1017/S0043174500092183>.
9. Goos, R.J., & Ahrens, W.H. (1991). Ammonium thiosulfate as herbicide extender. *Patent No.: EP0431863*.
10. Gray, R.A. (1965). A vapor trapping apparatus for determining the loss of EPTC and other herbicides from soils. *Weed Science* 13(2): 138-141. <https://doi.org/10.2307/4041155>.
11. Harvey, R.G. (1990a). Biodegradation of butylate, EPTC and extenders in previously treated soils. *Weed Science* 38: 237-242. <https://doi.org/10.1017/S0043174500056460>.
12. Harvey, R.G. (1990b). Systems allowing continued use of carbamothioate herbicides despite enhanced biodegradation. p. 214-221. In K. Racke (ed.) *Enhanced biodegradation of pesticides in the environment*. ACS Symposium Series, American Chemical Society, Washington DC. <https://doi.org/10.1021/BK-1990-0426>.

13. Harvey, R.G., Mcnevin, G.R., Albright, J.W., & Kozak, M.E. (1986). Wild proso millet (*Panicum miliaceum*) control with thiocarbamate herbicides on previously treated soils. *Weed Science* 34: 773-780. <https://www.jstor.org/stable/3987102>.
14. Hyzak, D.L. (1983). N-methylcarbamoyloxy anilides as herbicide extenders. *Patent No.: US 4381195A*.
15. Hyzak, D.L. (1984). Iminophenyl n-methylcarbamates as herbicide extenders. *PatentNo.:US 4490166A*.
16. Kotoula-Syka, E., Matsi, T., & Georgoulas, L. (1999). *Alachlor and acetochlor toxicity to corn and cotton seedlings and residual activity of the herbicides*. Proceedings of the 11th European Weed Research Society Symposium, 28 June - 1 July 1999. Basel – Switzerland.
17. Mandumbu, R., Twomlow, S.J., Jowah, P., Mashingaidze, N., Hove, L., & Karavina, C. (2012). Weed seed bank response to tillage and residue management in semi-arid Zimbabwe. *Archives of Phytopathology and Plant Protection* 1: 1-12. <https://doi.org/10.1080/03235408.2012.722842>.
18. Matthews, G.A. (2000). Pesticide application methods. *Blackwell Science*. Ltd. <https://doi.org/10.1002/9780470760130>.
19. Nichols, V., Verhulst, N., Cox, R., & Govaerts, B. (2015). Weed dynamics and conservation agriculture principles: A review. *Field Crops Research* 183: 56-68. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2015.07.012>.
20. Obrigawitch, T., Roeth, F.W., Martin, A.R., & Wilson, R.G. (1982). Addition of R-33865 to EPTC for extended herbicide activity. *Weed Science* 30(4): 417-422. https://etd.ohiolink.edu/apexprod/rws_etd/send_file/send?accession=osu148759630735724&disposition=inline.
21. Petersen, B.B., & Shea, P.J. (1989). Microencapsulated alachlor and its behavior on wheat (*Triticum aestivum*) straw. *Weed Science* 37(5): 719-723. <https://www.jstor.org/stable/4045135>.
22. Rashed Mohassel, M.H., & Mousavi, S.K. (2007). *Weed management principles*. Ferdowsi University of Mashhad press. (In Persian)
23. Sabahi, G. (2009). *Optimising pesticide use*. University of Tehran press. (In Persian)
24. Schneider, M., Endo, S., & Goss, K.U. (2013). Volatilization of pesticides from the bare soil surface: Evaluation of the humidity effect. *Journal of Environmental Quality* 42: 844-851. <https://doi.org/10.2134/jeq2012.0320>.
25. Schreiber, M.M., Shasha, B.S., Ross, M.A., Orwick, P.L., & Edgecomb, D.W. (1978). Efficacy and rate of release of EPTC and butylate from starch encapsulated formulations under greenhouse conditions. *Weed Science* 26: 679-686. <https://doi.org/10.1017/S0043174500064821>.
26. Somani, L.L. (1992). *Dictionary of weed science*. Agrotech Publishing Academy (India).
27. Sopena, F., Maqueda, C., & Morillo, E. (2009). Controlled release formulations of herbicides based on micro-encapsulation. *Ciencia eInvestigacion Agraria* 35(1): 27-42. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-16202009000100002>.
28. Ueji, M., & Inao, K. (2001). Rice paddy field herbicides and their effects on the environment and ecosystems. *Weed Biology and Management* 1: 71-79. <http://doi.org/10.1046/j.1445-6664.2001.00002.x>.
29. Vasilakoglou, I.B., Eleftherohorinos, I.G., & Dhima, K.B. (2001). Activity, adsorption and mobility of three acetanilide and two new amide herbicides. *Weed Research* 41: 535-546. <https://doi.org/10.1046/j.1365-3180.2001.00256.x>.
30. Wilkins, R. (2003). *Controlled release formulations of pesticides*. In Encyclopedia of agrochemicals Eds Plimmer J.R., Gammon D.W. and Ragsdale N.N., Wiley-Interscience. <https://doi.org/10.1002/047126363X>
31. Williams, A. (1984). The controlled release of bioactive agents. *Chemical in Britain* 221-224. [https://doi.org/10.1016/0167-7799\(84\)90007-6](https://doi.org/10.1016/0167-7799(84)90007-6).
32. Wilson, M. (2003). Optimising pesticide use. John Wiley & Sons Ltd. <https://doi.org/10.1002/0470871792>
33. Zand, E., Baghestani, M.A., Mousavi, S.K., Oveisi, M., Ebrahimi, M., Rastgoo, M., & Labafi Hosseinabadi, M.R. (2008). *Weed management guide*. Jahad Daneshgahi of Mashhad press. (In Persian)
34. Zhang, Y., & Rochefort, D. (2012). Characterisation and applications of microcapsules obtained by interfacial polycondensation. *Journal of Microencapsulation* 1-14. <https://doi.org/10.3109/02652048.2012.676092>.



Evaluation of Ready-Mix herbicide Efficiency of Clodinafop Propargil+ Metribuzin in Comparison with Registered Herbicides in Weed Control of Wheat (*Triticum aestivum*) in Fars

E. Mamnoie^{1*}, M.R. Karaminejad², M. Minbash Moeini³, A.R. Askari Kelestani⁴

Received: 05-12-2021

Revised: 01-01-2022

Accepted: 08-01-2022

Available Online: 08-01-2022

How to cite this article:

Mamnoie, E., Karaminejad, M.R., Minbash Moeini, M., & Askari Kelestani, A.R. (2023). Evaluation of ready-mix herbicide efficiency of clodinafop propargil+ metribuzin in comparison with registered herbicides in weed control of wheat (*Triticum aestivum*) in Fars. *Journal of Iranian Plant Protection Research* 37(1): 59-75. (In Persian with English abstract).
<http://doi.org/10.22067/JPP.2022.73993.1068>

Introduction

Wheat (*Triticum aestivum*) is one of the most important crops in Fars province and Iran. The area under cultivation of this crop is 337,000 hectares in Fars's province. The weeds are one of the most famous factors limiting in the production of wheat in Iran and the world. Weeds can decrease grain yield of wheat by competing for resources such as water, light and nutrients and production of allelopathic compounds. If weeds are not controlled at this crop, cause great damage to the wheat. The amount of weed damage in wheat fields of Iran has been reported to be about 20 to 25%. The most important weeds of wheat in Fars are including *Mavla neglecta* Wallr., *Centaurea solstitialis* L., *Veronica persica* L., *Carthamus oxyacanthus* M.B., *Capsella bursa-pastoris* L., *Descurainia Sophia* (L.) Webb&Berth, *Hirschfeldia incana* L., *Lolium rigidum* L., *Avena fatua* L., *Bromus tectorum* L. Application of herbicides is the most prevalent method of weed control in wheat fields. There are 26 herbicides registered for weed control in wheat in Iran, which are mainly used post-emergence. Herbicides are recommended for weed control in wheat included of Total, Othello, Atlantis, Geranestar, Bromicid MA, Apiros, Tapik and Axial. Therefore, it is necessary to register new herbicides with different site of action in this crop. This experiment was conducted to investigate the new herbicide efficacy of clodinafop propargil+ metribuzin in control of wheat fields, determination of the most appropriate dose, comparison of the effectiveness of new herbicide with the herbicides was recorded in wheat and the reaction of wheat to the herbicide

Materials and Methods

In order to study the effect of herbicides to control weeds of wheat fields, an experiment was conducted during 2020- 2021 at Fars Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Darab, Iran. Plots were located on a clay loam soil with pH 7.9. This experiment was carried out in randomized complete block design with 13 treatments and 4 replications. The treatments included post emergence application of Total (methsulfuron+ sulfosulfuron, 80% WG) at dose rate of 40 g ha⁻¹, Othello (mesosulfuron+iodosulfuron+ diflufenican, 6% OD) at dose rate of 1.6 L ha⁻¹, Tapik (clodinafop propargil, 8% EC) + Geranestar (tribenuron,

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

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

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

4- Assistant Professor of Horticulture Crops Research Department, Fars Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Darab, Iran

DOI: [10.22067/JPP.2022.73993.1068](https://doi.org/10.22067/JPP.2022.73993.1068)

75% DF) at dose rates of 0.8 L ha⁻¹+ 20 g ha⁻¹, Tapik (clodinafop propargil) + Bromicid MA (bromoxynil+ MCPA, 40% EC) at dose rates of 1 L ha⁻¹+ 1.5 L ha⁻¹, ACM- 9 (clodinafop propargil + metribuzin, 29% WP) at dose rates of 500, 600, 700 g ha⁻¹, Shagun 21-11 (clodinafop propargil+ metribuzin, 54% WG) at dose rates of 200, 300, 400, 500, 600 g ha⁻¹ and weeding control. The herbicides were applied using a Matabi sprayer equipped with an 8002 flat fan nozzle tip delivering 350 L ha⁻¹ at 2 bar spray pressure. Weed numbers and dry weights were determined in random 0.50-m² quadrates per plot. The grain yield and biological yield were recorded for a 2 m² and 0.50 m² from each plot, respectively. Parameters were recorded including and control percentage of density, weed biomass, plant height, grains per spike, number spikes, 1000 grains weigh, grain yield and biological yield. Statistical analyses of data were done with SAS var 9 software and comparison of mean was tested using the LSD test at 5% level.

Results and Discussion

The weed infestations in the study consisted of *Hirschfeldia incana* L., *Centaurea pallescens* L., *Veronica persica* L., *Malva neglecta* L., *Lolium rigidum* L., and *Convolvulus arvensis* L. Among these weeds, *Centaurea pallescens* had the highest relative weight at 24%, while *Convolvulus arvensis* had the lowest relative weight at 8%. In terms of relative density, *Veronica persica* had the highest value at 44%, while *Convolvulus arvensis* had the lowest at 7%. Statistical analysis of the data revealed that the application of herbicides significantly reduced weed density and biomass. It also led to increased plant height, number of spikes per m², grains per spike, 1000 grains weight, grain yield, and biological yield. Visual observations confirmed the effective control of these weeds using the ACM herbicide at a dose rate of 700 g ha⁻¹. The best herbicide treatment for weed control was Tapik+ Bromicid MA, followed by ACM herbicide at a dose rate of 700 g ha⁻¹. The ACM herbicide at a dose rate of 700 g ha⁻¹ resulted in a significant reduction in biomass for *Malva neglecta* (87%), *Lolium rigidum* (76%), *Hirschfeldia incana* (81%), *Centaurea pallescens* (90%), *Veronica persica* (86%), and total weed (80%) compared to the weed control. Furthermore, when the ACM herbicide was applied at a dose rate of 700 g ha⁻¹, the grain yield and biological yield were 5.65 and 14.51 tons ha⁻¹, respectively. This treatment also led to a 26% increase in grain yield and a 25% increase in biological yield compared to the control.

Conclusion

Results showed that applications of powder formulation of clodinafop+ metribuzin herbicide at dose rate of 700 g ha⁻¹ had acceptable weed control efficacy and increased wheat yield. Therefore, the application of clodinafop+ metribuzin (WP) herbicide at dose rate of 700 g ha⁻¹ is suggested for wheat fields.

Keywords: Chemical control, Control percentage, Density, Dry weight, *Lolium rigidum*

مقاله پژوهشی

جلد ۳۷، شماره ۱، بهار ۱۴۰۲، ص. ۷۵-۵۹

بررسی کارایی علف‌کش مخلوط آماده کلودینافوپ پروپارژیل + متری‌بوزین در مقایسه با علف‌کش‌های ثبت شده در کنترل علف‌های هرز گندم (*Triticum aestivum*) در فارس

ابراهیم ممنوعی^{*۱} - محمدرضا کرمی نژاد^۲ - مهدی مین‌باش معینی^۳ - علی رضا عسکری کلستانی^۴

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۹/۱۴

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۰/۱۰/۱۱

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۰/۱۸

چکیده

به منظور ارزیابی فرمولاسیون‌های علف‌کش پیش مخلوط کلودینافوپ پروپارژیل + متری‌بوزین در کنترل علف‌های هرز گندم در فارس (داراب)، آزمایشی در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با ۴ تکرار در سال زراعی ۱۴۰۰-۱۳۹۹ اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل توتال به مقدار ۴۰ گرم در هکتار، اُتللو به مقدار ۱/۶ لیتر در هکتار، تاپیک + گرانتار به مقدار ۸/۰ لیتر + ۲۰ گرم در هکتار، تاپیک + برمایسیدام آ به مقدار ۱ لیتر + ۱/۵ لیتر در هکتار، علف‌کش پیش مخلوط آسی‌ام (کلودینافوپ پروپارژیل + متری‌بوزین) به مقدار ۵۰۰، ۶۰۰ و ۷۰۰ گرم در هکتار، علف‌کش پیش مخلوط شاگان (کلودینافوپ پروپارژیل + متری‌بوزین) به مقدار ۲۰۰، ۳۰۰، ۴۰۰، ۵۰۰ و ۶۰۰ گرم در هکتار و شاهد وجین دستی بود. نتایج نشان داد که تیمارهای علف‌کش تاثیر معنی‌دار بر صفات اندازه‌گیری دارد. به طوری که با کاربرد تیمارهای علف‌کش تراکم و وزن خشک علف‌های هرز به طور معنی‌دار کاهش و ارتفاع بوته، وزن هزار دانه، دانه در خوشه، خوشه در متر مربع، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک افزایش یافت. مطلوب‌ترین تیمار علف‌کش در کنترل علف‌های هرز بعد از تاپیک + برمایسیدام آ، کاربرد علف‌کش پیش مخلوط آسی‌ام به مقدار ۷۰۰ گرم در هکتار بود. به طوری که با کاربرد علف‌کش پیش مخلوط آسی‌ام (۷۰۰ گرم در هکتار)، وزن خشک علف‌هرز پنیرک (۸۷ درصد)، چچم (۷۶ درصد)، خردل کاذب (۸۱ درصد)، گل گندم (۹۰ درصد)، سبزاب (۸۶ درصد) و کل علف‌های هرز (۸۰ درصد) را کاهش یافت و عملکرد دانه (۵/۶۵ تن در هکتار) و عملکرد بیولوژیک (۱۴/۵۱ تن در هکتار) نسبت به شاهد به ترتیب ۲۶ و ۲۵ درصد افزایش یافت. بنابراین علف‌کش پیش مخلوط آسی‌ام (۷۰۰ گرم در هکتار)، به لحاظ کارایی مطلوب در کنترل علف‌هرز و افزایش عملکرد دانه برای مزارع گندم پیشنهاد می‌شود.

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

مقدمه

گندم (*Triticum aestivum* L.) مهمترین گیاهان زراعی است

۱- استادیار پژوهش بخش تحقیقات گیاهپزشکی مرکز، تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی فارس، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، داراب، ایران

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

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

۴- استادیار، بخش تحقیقات زراعی باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، داراب، ایران

DOI: [10.22067/JPP.2022.73993.1068](https://doi.org/10.22067/JPP.2022.73993.1068)

که نقش مهمی در تغذیه انسان و دام دارد. علف‌های هرز یکی از مهمترین عوامل محدود کننده تولید در گیاه زراعی است که باعث خسارت زیادی به محصول می‌گردد (Zimdahl, 2004). مقدار خسارت علف‌های هرز در مزارع گندم ایران ۲۰ تا ۲۵ درصد گزارش شده است (Zare et al., 2014). محدود بودن روش‌های فیزیکی و مکانیکی کنترل علف‌های هرز در گندم، سبب شده که علف‌کش‌ها به عنوان مهمترین روش کنترل علف‌هرز مطرح شود. تاکنون ۲۵ علف‌کش در گندم ثبت شده است که ۹ تا باریک برگ‌کش، ۱۰ تا پهن‌برگ‌کش و ۶ تا دومنظوره است (Zand et al., 2019). کاربرد گسترده علف‌کش‌های گروه بازدارنده استیل کوآنزیم آ کربوکسیلاز (ACCase) و بازدارنده آنزیم استولاکتات سینتاز (ALS)، سبب

گسترش مقاومت علف‌های هرز به علف‌کش‌ها در سال‌های اخیر شده است. بنابراین استفاده از گروه‌های مختلف علف‌کش (Gherekhloo et al., 2016) و اختلاط علف‌کش‌ها به عنوان راهکار مطلوب در جلوگیری از بروز مقاومت مطرح می‌باشد (Cheema and Akhtar, 2005).

علف‌کش تاپیک از گروه آریلوکسی فنوکسی پروپونیك اسید (بازدارنده ACCase) است که برای کنترل باریک برگ‌های یکساله در گندم (Sheikhi-Gorjani et al., 2018) و سنکور (متری‌بوزین) از گروه تریازینون‌ها و بازدارنده فتوسنتز دو است که برای سویا (Glycine max L.) و سیب زمینی (Solanum tuberosum L.) در ایران ثبت شده است (Zand et al., 2019). همچنین علف‌کش سنکور در هویج (Daucus carota L.)، گوجه فرنگی (Solanum lycopersicum L.)، نیشکر (Saccharum officinarum L.)، یونجه (Medicago sativa L.)، ذرت (Zea mays L.)، گندم و جو (Hordeum vulgare L.) نیز استفاده می‌شود (Sheikhi-Gorjani et al., 2018).

اختلاط علف‌کش‌های گروه بازدارنده استیل کوآنزیم آ کربوکسیلاز و بازدارنده آنزیم استولاکتات سینتاز (ALS) قادرند جمعیت‌های مقاوم دمرابه‌ای (Alopecurus myosuroides Huds.) در گندم کنترل کند (Bailly et al., 2012). همچنین، کاربرد مخلوط آماده کلودینافوپ پروپارژیل + متسولفورون نیز علف‌های هرز یونجه وحشی (Medicago denticulate L.)، آناغالیس (Anagalis arvensis L.) و خونی‌واش (Phalaris minor L.) به طور مطلوبی کنترل نمود (Kumar et al., 2018). در آزمایشی با کاربرد فرم گرانولی علف‌کش کلودینافوپ پروپارژیل + متری‌بوزین، تراکم و وزن خشک علف‌های هرز خونی‌واش (P. minor)، سلمه‌تره (Chenopodium album L.)، گونه ترشک (Rumex spp.)، یونجه زرد (Melilotus sp.)، شاه‌تره (Fumaria parviflora L.) به طور معنی‌داری کاهش یافت (Singh et al., 2015).

اختلاط علف‌کش کلودینافوپ پروپارژیل یا پینوکسادن با علف‌کش‌های سولفونیل اوره و متری‌بوزین نیز کنترل علف‌های هرز خونی‌واش، چچم (Lolium temulentum L.)، یولاف وحشی (Avena ludoviciana L.) و چمن یکساله (Poa annua L.) را افزایش داد (Kumar et al., 2011). کاربرد کلودینافوپ پروپارژیل + متری‌بوزین، پینوکسادن + سولفوسولفورون، پینوکسادن + متری‌بوزین، سولفوسولفورون + کلودینافوپ پروپارژیل توانست خونی‌واش و علف‌های هرز پهن برگ را ۱۰۰ درصد کنترل کند (Abbas et al., 2018). کاربرد فنوکساپروپ + متری‌بوزین و کلودینافوپ پروپارژیل + متری‌بوزین کارایی کنترل علف‌های هرز در مقایسه با کاربرد انفرادی آنها افزایش داد (Punia et al., 2017). به طوری که کاربرد کلودینافوپ پروپارژیل + متری‌بوزین در گندم تواست وزن خشک

علف‌های هرز ساق ترشک (Rumex sp.)، شاه‌تره (Fumaria parviflora L.)، ترتیزک (Cornepus didymo L.) (Singh et al., 2005)، یولاف وحشی، پنجه مرغی (Cyndon dactylon L.) (Pers, 2017)، چمن یکساله، آناغالیس (Kumar et al., 2018)، خونی‌واش (Ghanbari et al., 2015; Punia et al., 2017)، سلمه‌تره (C. album)، یونجه زرد (Melilotus officinalis L.) (Kumar et al., 2018) و چچم را به طور معنی‌داری کاهش دهد. همچنین، اختلاط تری‌بنورون + توفوردی توانست وزن خشک گوش موشی (Cerastium glomeratum L.) و جغجغک (Vaccaria pyramidata L.) را ۹۲ درصد کاهش دهد (Nazary-Alam et al., 2013). اختلاط تری‌بنورون + دیکلوفوپ متیل نیز پنی‌رک (Malva neglecta L.)، چغندر وحشی (Beta maritima L.) و چچم (L. rigidum) را ۱۰۰ درصد کنترل نمود (Makvandi et al., 2007).

ابراهیم پور و همکاران (Ebrahimpour et al., 2011) اظهار کردند با کاربرد علف‌کش توتال، تری‌بنورون + پینوکسادن وزن خشک علف‌های هرز گندم را به طور مطلوبی کنترل می‌گردد. عبادی و همکاران (Ebadi et al., 2010) گزارش کردند که کارایی کنترل یولاف وحشی با علف‌کش‌های کلودینافوپ پروپارژیل (۸۹ درصد)، کلودینافوپ پروپارژیل + توفوردی (۸۱ درصد)، کلودینافوپ پروپارژیل + تری‌بنورون (۹۴ درصد)، فنوکساپروپ پی اتیل + تری‌بنورون (۱۱ درصد) کنترل گردید. کارایی علف‌کش‌های کلودینافوپ پروپارژیل + برموسینیل و کلودینافوپ پروپارژیل + تری‌سولفورون + تربوترین در کنترل علف‌های هرز گندم مطلوب گزارش شد (Khan et al., 2003). همچنین علف‌کش‌های متری‌بوزین + ایزوپروتورون و یدوسولفورون + مزسولفورون توانست علف پشمکی (Bromus japonicus) به ترتیب ۹۹ و ۹۵ درصد کنترل کند (Asghar et al., 2017). لاتا و همکاران (Lata et al., 2017) اعلام کردند علف‌کش‌های پینوکسادن، متسولفورون + سولفوسولفورون، متسولفورون + کلودینافوپ پروپارژیل، کارایی بسیار مطلوبی در کاهش تراکم و وزن خشک خونی‌واش دارند. در گزارشی کارایی علف‌کش‌های سولفوسولفورون، کلودینافوپ پروپارژیل + متسولفورون و متری‌بوزین در کنترل خونی‌واش به ترتیب ۸۷، ۸۵ و ۷۵ درصد اعلام شد (Choudhary et al., 2016). اختلاط علف‌کش سولفوسولفورون + متری‌بوزین کارایی بسیار مطلوبی در کنترل علف‌های هرز خونی‌واش، سلمه‌تره، یونجه زرد، آناغالیس دارد، همچنین علف‌کش‌های کلودینافوپ پروپارژیل و سولفوسولفورون کارایی مطلوبی در کنترل خونی‌واش دارند (Nanher and Singh, 2015). این آزمایش با هدف بررسی کارایی فرمولاسیون علف‌کش‌های پیش مخلوط کلودینافوپ پروپارژیل + متری‌بوزین در کنترل علف‌های هرز گندم، تعیین مناسب‌ترین مقدار کاربردی،

مقایسه کارایی این علف‌کش‌ها با علف‌کش‌های پرکاربرد ثبت شده در مزارع گندم و ارزیابی واکنش احتمالی خسارت‌زایی این علف‌کش‌ها در گندم است.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در اراضی ایستگاه تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی فارس (داراب) در سال زراعی ۱۳۹۹-۱۴۰۰ انجام شد. ارتفاع محل آزمایش ۱۱۵۰ متر از سطح دریا، میانگین بارندگی ۱۶۰ میلی‌متر،

جدول ۱- اسامی و مقدار مصرف علف‌کش‌های مورد استفاده در آزمایش

Table 1- Names and application rates of herbicides used in the experiment

نام عمومی Common Name	نام تجاری Trade names	فرمولاسیون Formulation	مقدار Dose g ha ⁻¹ ml ha ⁻¹	ماده موثره Dose g.a.i.ha ⁻¹	تولید Manufacturer
مت‌سولفورون متیل + سولفوسلورون Methsulfuron+ Sulfosulfuron	توتال Total	80% WG	40	32	یوپی ال، هندی UPL India
مزوسولفورون متیل + یدوسولفورون متیل + دیفلوفنیکان Mesosulfuron+ Iodosulfuron+ Diflufenican	اتللو Othello	6% OD	1600	96	بایر Bayer
تری بنورون + کلودینافوپ پروپارژیل Clodinafop + Tribenuron	تاپیک + گرانستار Tapik+ Geranestar	8% EC+ 75% DF	800+ 20	64+ 15	سینجنتا + دوپنت Syngenta+ DuPont
کلودینافوپ پروپارژیل + بروموکسینیل + ام‌ث‌پ Clodinafop+Bromoxynil+ MCPA	تاپیک + بروماسید ام‌ا Tapik+Bromicid MA	8% EC+ 40% EC	1000+1500	80+600	سینجنتا + نوفام Syngenta+ Nofam
کلودینافوپ پروپارژیل (۹٪) + متری‌بوزین (۲۰٪) Clodinafop 9%+ Metribuzin 20%	ام‌سی‌ام-۹ ACM-9	29% WP	500, 600, 700	145, 174, 203	یوپی ال، هندی UPL India
کلودینافوپ پروپارژیل (۱۲٪) + متری‌بوزین (۴۲٪) Clodinafop 12%+ Metribuzin 42%	شاگان-۲۱ Shagun 21	54% WG	200, 300, 400, 500, 600	108, 162, 216, 270, 324	یوپی ال، هندی UPL India
وجین (کنترل) Weeding Control	-	-	-	-	-

آبیاری برای تیمارهای یکسان بود. بر اساس آزمون خاک کود نیتروژن از منبع اوره به مقدار ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار، کودهای فسفر و پتاس به ترتیب از منبع سوپر فسفات تریپل و سولفات پتاسیم به مقدار ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار استفاده شد. برای افزایش دقت آزمایش از شاهد متناظر استفاده شد، به طوری که هر کرت به دو قسمت تقسیم شد، قسمت بالای کرت شاهد بدون سم‌پاشی و پایین کرت‌ها به عنوان تیمار سم‌پاشی شد. سم‌پاشی با سمپاش پستی فشار ثابت مجهز به بوم با دو نازل بادبزی (۱۱۰۰۴)، با فشار ۲۰۰ کیلوپاسکال و حجم پاشش ۳۵۰ لیتر در هکتار بود.

در این آزمایش تراکم و وزن نسبی علف‌های هرز، ارزیابی کنترل چشمی علف‌های هرز ۱۴ و ۲۱ روز پس از سمپاشی و مقدار گیاهسوزی علف‌کش‌ها روی گندم بر اساس شاخص انجمن تحقیقات

آماده‌سازی بستر کاشت شامل شخم، دیسک و تسطیح در نیمه دوم مهرماه ۱۳۹۹ بود. کاشت به صورت دستی، رقم انتخابی مهرگان (نسبتاً زودرس، مقاوم به زنگ زرد^۱، قهوه‌ای^۲، و سیاه^۳) با کیفیت نانوایی بالا، مناسب کشت در مناطق گرم و خشک جنوب ایران) و تاریخ کاشت در ۸ آذر ۱۳۹۹ انجام شد. اولین آبیاری در تاریخ ۱۰ آذر ماه ۱۳۹۹ انجام شد. هر واحد آزمایشی (کرت) دارای هشت خط کاشت به طول ۸ متر، فاصله خطوط کاشت ۱۵ سانتی‌متر، تراکم کشت ۴۰۰ بوته در متر مربع بود. فاصله بین کرت‌های یک متر و بین بلوک‌ها دو متر بود. آبیاری به صورت قطره‌ای با نوار تیپ بود، حجم

- 1- *Puccinia striiformis* f.sp. tritic
- 2- *Puccinia triticina* f.sp. tritic
- 3- *Puccinia graminis* f.sp. tritic

بودن داده‌ها قبل از تجزیه واریانس انجام شد، مقایسه میانگین با آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) در سطح پنج درصد و محاسبات آماری با استفاده از نرم‌افزار SAS (نسخه ۹/۳) انجام شد.

نتایج و بحث

علف‌های هرز غالب محل آزمایش شامل شش گونه پنیرک، پیچک، چچم، خردل کاذب، گل گندم و سیزاب بود. بیشترین و کمترین وزن نسبی به ترتیب گل گندم و پیچک به ترتیب ۲۴ و ۸ درصد و بیشترین و کمترین تراکم نسبی سیزاب و پیچک به ترتیب ۴۴ و ۷ درصد بودند (جدول ۲).

نتایج جدول تجزیه واریانس صفت اندازه‌گیری شده نشان داد که تیمارهای کاربرد علف‌کش‌ها تاثیر معنی‌دار ($P \leq 0.01$) بر درصد کنترل چشمی (۱۴ و ۲۱ روز پس از سمپاشی)، درصد کنترل تراکم و وزن خشک علف‌هرز پنیرک، پیچک، چچم، خردل کاذب، گل گندم، سیزاب و کل علف‌های هرز دارد (جدول ۳، ۴، ۵، ۶).

بر اساس نتایج حاصل از کنترل چشمی علف‌های هرز ۱۴ روز بعد از سمپاشی، کاربرد فرمولاسیون‌های پودری (آسی‌ام) و گرانوله (شاگان) علف‌کش پیش مخلوط کلودینافوپ پروپارژیل + متری‌بوزین کارایی مطلوبی در کنترل پنیرک، پیچک، چچم، خردل کاذب، گل گندم، سیزاب و کل علف‌های هرز داشتند (جدول ۷). به طوری که با افزایش مقدار کاربرد این دو علف‌کش، کارایی کنترل علف‌های هرز مذکور به طور معنی‌دار افزایش یافت. همچنین، کارایی علف‌کش‌های پیش مخلوط آسی‌ام و شاگان در کنترل علف‌هرز پنیرک، پیچک، خردل کاذب، گل گندم و کل علف‌های هرز نسبتاً مشابه و در یک گروه آماری بود.

علف‌های هرز اروپا (EWRS) (Zand et al., 2008) تعیین شد. همچنین، درصد کاهش تراکم و وزن خشک علف‌های هرز ۳۰ روز پس از سمپاشی، ارتفاع بوته، تعداد پنجه بارور، تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه در مرحله رسیدگی فیزیولوژیکی (معادل کد ۸۷ زادوکس)، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک گندم در مرحله رسیدگی دانه (معادل کد ۹۲ زادوکس) اندازه‌گیری شد. تعیین تراکم و وزن خشک علف‌های هرز در کادری به ابعاد 50×50 سانتی‌متر به تفکیک گونه در نیم کرت‌های شاهد و تیمار شمارش و برداشت شد، پس از تفکیک به گونه‌ی علف‌هرز در دمای 70°C درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت خشک و با دقت گرم اندازه‌گیری شد. درصد کنترل علف‌هرز (WCE) با استفاده از معادله یک تعیین شد (Somani, 1992). لازم به ذکر است جهت تعیین درصد کاهش تراکم و وزن خشک علف‌های هرز، تیمار شاهد وجین از سرجمع تیمارها حذف گردید.

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

در معادله یک، WCE درصد کاهش تراکم (وزن خشک) علف‌های هرز، A و B به ترتیب تراکم (وزن خشک) علف‌های هرز در کادر سمپاشی نشده و سمپاشی شده است. همچنین، ارتفاع بوته، تعداد پنجه بارور، تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه از ده بوته به تصادف از خطوط وسط در هر دو نیم کرت شاهد و تیمار تعیین شد. عملکرد دانه و بیولوژیک گندم به ترتیب در ابعاد سه متر مربع و 50 سانتی‌متر در هر نیم کرت شاهد و تیمار تعیین شد. همچنین، تغییرات عملکرد و اجزایی عملکرد با استفاده از معادله دو محاسبه گردید.

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

در معادله دو Y_i درصد تغییرات عملکرد، Y_f و Y_w به ترتیب عملکرد در نیم کرت‌های سمپاشی شده و نشده است. آزمون نرمال

جدول ۲. تراکم نسبی و وزن نسبی علف‌های هرز غالب موجود در مزرعه آزمایشی گندم

Table 2. Relative density and relative weight of the dominant weeds in the experimental wheat field

نام علمی Scientific name	نام فارسی Persian name	تیره Family	تراکم نسبی Relative densities (%)	وزن نسبی Relative weights (%)
<i>Hirschfeldia incana</i> L.	خردل کاذب	Brassicaceae	11.41	13.68
<i>Lolium rigidum</i> L.	چچم	Poaceae	11.48	11.73
<i>Convolvulus arvensis</i> L.	پیچک	Convolvulaceae	7.52	8.38
<i>Centaurea pallescens</i> L.	گل گندم	Asteraceae	10.84	24.45
<i>Veronica persica</i> L.	سیزاب	Scrophulariaceae	44.10	15.72
<i>Malva neglecta</i> L.	پنیرک	Malvaceae	13.32	23.80

جدول ۳- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر تیمارهای علفکش‌ها بر درصد کنترل چشمی علف‌های هرز ۱۴ روز بعد از سمپاشی

Table 3- Analysis of variance (Mean Squares) the effect of herbicide treatments on the percent visual control of weeds 14 DAS

منابع تغییرات Source of variation	درجه آزادی df	پنیبرک <i>Malva neglecta</i>	پیچک <i>Convolvulus arvensis</i>	چچم <i>Lolium rigidum</i>	خردل کاذب <i>Hirschfeldia incana</i>	گل گندم <i>Centaurea pallescens</i>	سیزاب <i>Veronica persica</i>	کل علف‌هرز Total weed
تکرار Replication	3	50.53 ^{ns}	14.58 ^{ns}	4.17 ^{ns}	6.25 ^{ns}	101.39 ^{ns}	26.39 ^{ns}	5.56 ^{ns}
تیمار Treatment	11	731.21 ^{**}	820.26 ^{**}	560.61 ^{**}	796.03 ^{**}	784.1 ^{**}	951.52 ^{**}	729.55 ^{**}
خطا Error	33	53.56	58.52	40.54	72.92	102.91	37	41.92
CV (%)		18.84	19.02	15.6	17.75	16.57	11.78	14

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

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

جدول ۴- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر تیمارهای علفکش‌ها بر درصد کنترل چشمی علف‌های هرز ۲۱ روز بعد از سمپاشی

Table 4- Analysis of variance (Mean Squares) the effect of herbicide treatments on the percent visual control of weeds 21 DAS

منابع تغییرات Source of variation	درجه آزادی df	پنیبرک <i>Malva neglecta</i>	پیچک <i>Convolvulus arvensis</i>	چچم <i>Lolium rigidum</i>	خردل کاذب <i>Hirschfeldia incana</i>	گل گندم <i>Centaurea pallescens</i>	سیزاب <i>Veronica persica</i>	کل علف‌هرز Total weed
تکرار Replication	3	83.34 ^{ns}	134.72 ^{ns}	265.28 ^{ns}	90.28 ^{ns}	1.39 ^{ns}	134.73 ^{ns}	6.95 ^{ns}
تیمار Treatment	11	709.1 ^{**}	990.91 ^{**}	638.64 ^{**}	509.1 ^{**}	742.43 ^{**}	863.64 ^{**}	769.7 ^{**}
خطا Error	33	65.16	96.84	54.68	49.37	74.12	60.48	59.98
CV (%)		12.42	20.71	13.15	10.04	11.61	11.53	12.23

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

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

جدول ۵- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) درصد کاهش تراکم علف‌های هرز ۳۰ روز بعد از سمپاشی تحت تاثیر علفکش‌ها

Table 5- Analysis of variance (Mean Squares) the effect of herbicide treatments on percent decrease of weed density 30 DAS

منابع تغییرات Source of variation	درجه آزادی df	پنیبرک <i>Malva neglecta</i>	پیچک <i>Convolvulus arvensis</i>	چچم <i>Lolium rigidum</i>	خردل کاذب <i>Hirschfeldia incana</i>	گل گندم <i>Centaurea pallescens</i>	سیزاب <i>Veronica persica</i>	کل علف‌هرز Total weed
تکرار Replication	3	63.55 ^{ns}	76.08 ^{ns}	30.22 ^{ns}	50.99 ^{ns}	50.83 ^{ns}	50.56 ^{ns}	33.8 ^{ns}
تیمار Treatment	11	931.75 ^{**}	917.05 ^{**}	891.53 ^{**}	521.59 ^{**}	664.92 ^{**}	795.21 ^{**}	678.37 ^{**}
خطا Error	33	48.61	117.20	66.95	72.84	35.64	19.69	58.06
CV (%)		9.46	22623	14.51	11.74	8.04	6.67	11.76

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

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

جدول ۶- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) درصد کاهش وزن خشک علف‌های هرز ۳۰ روز بعد از سمپاشی تحت تاثیر علف‌کش‌ها

Table 6- Analysis of variance (Mean Squares) the effect of herbicide treatments on percent decrease of weed biomass 30 DAS

منابع تغییرات Source of variation	درجه آزادی df	پنیرک <i>Malva neglecta</i>	پیچک <i>Convolvulus arvensis</i>	چچم <i>Lolium rigidum</i>	خردل کاذب <i>Hirschfeldia incana</i>	گل گندم <i>Centaurea palleseus</i>	سبزاب <i>Veronica persica</i>	کل علف‌هرز Total weed
تکرار Replication	3	63.51 ^{ns}	103.74 ^{ns}	40.69 ^{ns}	0.45 ^{ns}	9.45 ^{ns}	7.63 ^{ns}	9.66 ^{ns}
تیمار Treatment	11	779.14 ^{**}	1051.58 ^{**}	642.1 ^{**}	548.05 ^{**}	605.02 ^{**}	844.5 ^{**}	702.7 ^{**}
خطا Error	33	16.6	98.80	35.63	34.1	14.65	9.6	46.66
CV (%)		5.38	20.36	10.28	8.38	4.96	4.47	10.24

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

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

۷۰۰ گرم در هکتار از نظر کنترل چچم برتر از سایر تیمارها بود و بعد از تیمار تاپیک+ برومایدام، بیشترین کارایی در کنترل پنیرک، پیچک، خردل کاذب و سبزاب داشت. همچنین، کارایی علف‌کش آسی‌ام (۷۰۰ گرم در هکتار) از نظر کنترل گل گندم مشابهی تیمارهای تاپیک+ برومایدام، تاپیک+ گرانتستار، توتال، اُتللو بود. همچنین کارایی این تیمار در کنترل کل علف‌های هرز برتر از توتال، اُتللو بود و با تاپیک+ گرانتستار در یک گروه آماری بودند (جدول ۷).

اما کارایی فرمولاسیون پودری این علف‌کش (آسی‌ام) در مقدار کاربرد ۷۰۰ گرم در هکتار، در کنترل چچم و سبزاب به طور معنی‌داری بیشتر از فرمولاسیون گرانوله (شاگان) آن بود. به طوری که کاربرد فرم پودری این علف‌کش به مقدار ۷۰۰ گرم در هکتار، توانست علف‌هرز پنیرک (۴۵ درصد)، پیچک (۴۵ درصد)، چچم (۶۰ درصد)، خردل کاذب (۵۵ درصد)، گل گندم (۷۰ درصد)، سبزاب (۷۰ درصد) و کل علف‌های هرز (۵۵ درصد) نسبت به شاهد متناظر کنترل نمود. همچنین، کارایی علف‌کش پیش مخلوط آسی‌ام در مقدار کاربرد

جدول ۷- اثر تیمارهای علف‌کش بر درصد کنترل چشمی علف‌های هرز ۱۴ روز بعد از سمپاشی

Table 7- The effect of herbicide treatments on the percent visual control of weeds 14 days after spraying

تیمار Treatment	مقدار مصرف Dose g (ml) ha ⁻¹	پنیرک <i>Malva neglecta</i>	پیچک <i>Convolvulus arvensis</i>	چچم <i>Lolium rigidum</i>	خردل کاذب <i>Hirschfeldia incana</i>	گل گندم <i>Centaurea palleseus</i>	سبزاب <i>Veronica persica</i>	کل علف‌هرز Total weed
Total (توتال)	40	35 ^{bc}	40 ^{bc}	40 ^{de}	50 ^{b-d}	70 ^{ab}	40 ^{ef}	45 ^{de}
Othello (اتللو)	1600	45 ^b	40 ^{bc}	45 ^{cd}	50 ^{b-d}	60 ^{bc}	50 ^d	45 ^{de}
تاپیک+ گرانتستار Tapik+ Geranestar	800+ 20	45 ^b	40 ^{bc}	55 ^{ab}	60 ^b	80 ^a	70 ^b	60 ^b
تاپیک+ برومایدام Tapik+Bromicid MA	1000+1500	75 ^a	80 ^a	50 ^{bc}	80 ^a	80 ^a	80 ^a	75 ^a
ACM (آسی‌ام)	500	30 ^{cd}	30 ^{cd}	40 ^{de}	40 ^{de}	60 ^{bc}	50 ^d	40 ^{ef}
ACM (آسی‌ام)	600	35 ^{bc}	40 ^{bc}	45 ^{cd}	50 ^{b-d}	65 ^b	60 ^c	50 ^{cd}
ACM (آسی‌ام)	700	45 ^b	45 ^b	60 ^a	55 ^{bc}	70 ^{ab}	70 ^b	55 ^{bc}
شاگان (Shagun)	200	21.25 ^d	22.5 ^d	20 ^h	22.5 ^f	35 ^e	30 ^g	25 ^h
شاگان (Shagun)	300	30 ^{cd}	30 ^{cd}	25 ^{gh}	35 ^e	40 ^{de}	35 ^{fg}	30 ^{gh}
شاگان (Shagun)	400	30 ^{cd}	30 ^{cd}	30 ^{fg}	40 ^{de}	50 ^{cd}	40 ^{ef}	35 ^{fg}
شاگان (Shagun)	500	35 ^{bc}	40 ^{bc}	35 ^{ef}	45 ^{c-e}	60 ^{bc}	45 ^{ed}	45 ^{de}
شاگان (Shagun)	600	40 ^{bc}	45 ^b	45 ^{cd}	50 ^{b-d}	65 ^b	50 ^d	50 ^{cd}
LSD (0.05)		10.53	11.00	9.16	12.29	14.6	8.76	9.32

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

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

نتایج حاصل از کنترل چشمی علف‌های هرز ۲۱ روز بعد از سمپاشی حاکی از آن بود که کارایی کنترل علف‌های هرز در این مرحله مطلوب‌تر از ۱۴ روز پس از سمپاشی بود، اما از روند مشابهی برخوردار بودند (جدول ۸). با افزایش مقدار کاربرد علفکش پیش مخلوط آسی‌ام و شاگان کارایی کنترل علف‌های هرز مذکور به طور معنی‌دار افزایش یافت. کارایی علفکش پیش مخلوط آسی‌ام و شاگان در کنترل علف‌هرز پنیرک، پیچک، خردل کاذب و کل علف‌های هرز نسبتاً مشابه و در یک گروه آماری بودند. اما کارایی علفکش پیش مخلوط آسی‌ام در مقدار کاربرد ۷۰۰ گرم در هکتار، در کنترل چچم، گل گندم و سیزاب به طور معنی‌دار بیشتر از علفکش پیش مخلوط شاگان بود. به طوری که، کاربرد علفکش پیش مخلوط آسی‌ام به مقدار ۷۰۰ گرم در هکتار توانست علف‌هرز پنیرک (۷۵ درصد)، پیچک

(۵۵ درصد)، چچم (۷۵ درصد)، خردل کاذب (۸۰ درصد)، گل گندم (۸۵ درصد)، سیزاب (۸۵ درصد) و کل علف‌های هرز (۷۵ درصد) نسبت به شاهد متناظر کنترل کند. این تیمار بیشترین کارایی در کنترل چچم داشت و با تایپک + برومایدام آ و تایپک + گرانتار در یک گروه آماری بودند. همچنین بعد از تیمار تایپک + برومایدام آ کاربرد علفکش پیش مخلوط آسی‌ام به مقدار ۷۰۰ گرم در هکتار مطلوب‌ترین تیمار در کنترل پنیرک، پیچک و کل علف‌هرز مشاهده شد و با تیمارهای تایپک + گرانتار، توتال، اُتِلُو و علفکش پیش مخلوط شاگان (۶۰۰ گرم در هکتار) در یک گروه آماری بود. کارایی این تیمار در کنترل خردل کاذب، گل گندم و سیزاب با تایپک + برومایدام آ و تایپک + گرانتار مشابه و در یک گروه آماری بودند و نسبت به سایر تیمارها برتری داشت (جدول ۸).

جدول ۸- اثر تیمارهای علفکش بر درصد کنترل چشمی علف‌های هرز ۲۱ روز بعد از سمپاشی

Table 8- The effect of herbicide treatments on the percent visual control of weeds 21 days after spraying

تیمار Treatment	مقدار مصرف Dose g (ml) ha ⁻¹	پنیرک <i>Malva neglecta</i>	پیچک <i>Convolvulus arvensis</i>	چچم <i>Lolium rigidum</i>	خردل کاذب <i>Hirschfeldia incana</i>	گل گندم <i>Centaurea pallescens</i>	سیزاب <i>Veronica persica</i>	کل علف‌هرز Total weed
Total (توتال)	40	70 ^{bc}	45 ^{bc}	55 ^{c-e}	70 ^{b-d}	80 ^{b-d}	65 ^{d-f}	65 ^{bc}
Othello (اُتِلُو)	1600	75 ^b	55 ^b	60 ^{c-d}	75 ^{b-c}	75 ^{cd}	75 ^{b-d}	70 ^{bc}
تایپک + گرانتار								
Tapik+ Geranestar	800+ 20	75 ^b	50 ^b	70 ^{ab}	80 ^{ab}	90 ^{ab}	80 ^{bc}	75 ^b
تایپک + برومایدام آ								
Tapik+Bromicid MA	1000+1500	90 ^a	90 ^a	70 ^{ab}	90 ^a	95 ^a	95 ^a	90 ^a
ACM (آسی‌ام)	500	55 ^{d-f}	35 ^{b-d}	60 ^{b-d}	70 ^{b-d}	75 ^{cd}	60 ^{e-g}	60 ^{cd}
ACM (آسی‌ام)	600	65 ^{b-d}	45 ^{bc}	65 ^{a-c}	75 ^{bc}	80 ^{b-d}	70 ^{c-e}	65 ^{bc}
ACM (آسی‌ام)	700	75 ^b	55 ^b	75 ^a	80 ^{ab}	85 ^{a-c}	85 ^{ab}	75 ^b
Shagun (شاگان)	200	45 ^f	30 ^d	35 ^g	50 ^f	50 ^f	45 ^h	40 ^e
Shagun (شاگان)	300	50 ^{ef}	35 ^{cd}	40 ^{fg}	55 ^{ef}	55 ^f	50 ^{gh}	45 ^e
Shagun (شاگان)	400	50 ^{ef}	35 ^{cd}	45 ^{e-g}	60 ^{d-f}	60 ^{ef}	55 ^{f-h}	50 ^{de}
Shagun (شاگان)	500	60 ^{c-e}	45 ^{bc}	50 ^d	65 ^{c-e}	70 ^{de}	60 ^{e-g}	60 ^{cd}
Shagun (شاگان)	600	70 ^{bc}	50 ^b	55 ^{c-e}	70 ^{b-d}	75 ^{d c}	70 ^{c-e}	65 ^{bc}
LSD (0.05)		11.62	14.15	10.64	10.11	12.39	11.19	11.15

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

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

نتایج حاصل از درصد کاهش تراکم علف‌های هرز بیانگر آن است که کارایی علفکش‌های پیش مخلوط آسی‌ام و شاگان در کنترل علف‌های هرز آزمایش مطلوب بود و با افزایش مقدار کاربرد این علفکش‌ها درصد کنترل تراکم علف‌های هرز مذکور به طور معنی‌دار افزایش یافت (جدول ۹). کارایی علفکش‌های پیش مخلوط آسی‌ام و شاگان در کاهش تراکم علف‌های هرز پنیرک و پیچک مشابه بود. اما کارایی علفکش پیش مخلوط آسی‌ام در مقدار کاربرد ۷۰۰ گرم در

هکتار برای کنترل چچم، خردل کاذب، گل گندم، سیزاب و کل علف‌های هرز بیشتر از علفکش پیش مخلوط شاگان بود. مطلوب‌ترین تیمار علفکش در کنترل این علف‌های هرز بعد از تایپک + برومایدام آ کاربرد علفکش پیش مخلوط آسی‌ام به مقدار ۷۰۰ گرم در هکتار بود. به طوری که با کاربرد علفکش پیش مخلوط آسی‌ام (۷۰۰ گرم در هکتار)، تراکم علف‌هرز پنیرک (۸۵ درصد)، پیچک (۷۴ درصد)، چچم (۷۴ درصد)، خردل کاذب (۸۵ درصد)، گل

گندم (۸۵ درصد)، سیزاب (۸۲ درصد) و کل علف‌های هرز (۷۷ درصد) نسبت به شاهد متناظر کاهش یافت. کارایی این تیمار در کنترل چچم بیشتر از سایر تیمارها بود و با تیمارهای تاپیک+ برومایدام آ و تاپیک+ گرانستار در یک گروه آماری بودند. کارایی این تیمار از نظر درصد کنترل تراکم پنیرک و پیچک با تیمارهای تاپیک+ گرانستار، توتال، اُتلو مشابه و در یک گروه آماری بودند. همچنین کارایی این

تیمار از نظر درصد کنترل تراکم خردل کاذب و گل گندم نیز با تیمارهای تاپیک+ برومایدام آ، تاپیک+ گرانستار، توتال، اُتلو مشابه بود و از نظر درصد کنترل تراکم سیزاب و کل علف‌های هرز نیز با تاپیک+ برومایدام آ و تاپیک+ گرانستار در یک گروه آماری بود (جدول ۹).

جدول ۹- اثر تیمارهای علف‌کش بر درصد کاهش تراکم علف‌های هرز ۳۰ روز بعد از سمپاشی
Table 9- The effect of herbicide treatments on percent decrease of weed density 30 days after spraying

تیمار Treatment	مقدار مصرف Dose g (ml) ha ⁻¹	پنیرک <i>Malva neglecta</i>	پیچک <i>Convolvulus arvensis</i>	چچم <i>Lolium rigidum</i>	خردل کاذب <i>Hirschfeldia incana</i>	گل گندم <i>Centaurea pallenscens</i>	سیزاب <i>Veronica persica</i>	کل علف‌هرز Total weed
Total (توتال)	40	80.45 bc	43.35 bd	54.52 e-g	74.17 b-e	80.18 bc	63.25 d	65.91 c-e
Othello (اُتلو)	1600	85.07 bc	52.50 b	60.72 c-e	76.53 b-d	78.41 bc	73.32 c	71.04 b-d
تاپیک+ گرانستار Tapik+ Geranestar	800+ 20	85 bc	50 bc	69.8 a-c	82.27 a-b	85.39 ab	80.19 b	76.34 bc
تاپیک+ برومایدام آ Tapik+Bromicid MA	1000+1500	100 a	86.66 a	70.3 a b	94.16 a	91.29 a	92.03 a	87.8 a
ACM (آسیام)	500	63.06 ef	32.94 d	57.78 d-e	70.03 c-f	73.2 c	60.12 de	59.35 ef
ACM (آسیام)	600	75.05 cd	43.92 b-d	65.63 b-d	77.09 b-d	80.13 bc	70.11 c	68.5 b-e
ACM (آسیام)	700	85.12 b	54.16 b	74.52 a	85 ab	85.23 ab	82.22 b	77.61 ab
Shagun (شاگان)	200	48.34 g	29.80 d	30.96 i	53.59 g	46.83 e	44.1 g	41.93 h
Shagun (شاگان)	300	53.64 fg	33.25 d	38.58 hi	58.38 fg	56.3 d	50.18 fg	48.13 gh
Shagun (شاگان)	400	58.89 f	35.71 cd	44.06 gh	63.47 e-g	63.55 d	54.06 ef	53.06 fg
Shagun (شاگان)	500	70.02 de	44.37 bd	48.87 f-h	67.26 d-f	73.13 c	59.26 de	61.32 d-f
Shagun (شاگان)	600	80.33 bc	51.66 b	50 e-g	71.06 c-e	78.19 bc	70.26 c	66.97 b-e
LSD (0.05)		10.03	15.57	11.78	12.28	8.59	6.39	10.97

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

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

کاربرد علف‌کش پیش مخلوط آسیام (۷۰۰ گرم در هکتار) توانست وزن خشک علف‌هرز پنیرک (۸۷ درصد)، خردل کاذب (۸۱ درصد)، گل گندم (۹۰ درصد)، سیزاب (۸۶ درصد) و کل علف‌های هرز (۸۰ درصد) نسبت به شاهد متناظر کاهش دهد. همچنین این تیمار بیشترین کارایی در کنترل چچم (۷۶ درصد) داشت و با تیمارهای تاپیک+ برومایدام آ و تاپیک+ گرانستار در یک گروه آماری قرار داشت. کارایی این تیمار از نظر درصد کاهش وزن خشک پنیرک، پیچک، خردل کاذب، سیزاب و کل علف‌های هرز با تیمارهای تاپیک+ گرانستار، توتال و اُتلو مشابه و در یک گروه آماری بودند. همچنین کارایی این تیمار از نظر درصد کاهش وزن خشک گل گندم نیز با تیمارهای تاپیک+ برومایدام آ، تاپیک+ گرانستار در یک گروه آماری بودند (جدول ۱۰).

بر اساس نتایج بدست آمده، اگر چه مقدار ماده موثره علف‌کش پیش مخلوط آسیام کمتر از علف‌کش پیش مخلوط شاگان است، اما

بر اساس نتایج حاصل از درصد کاهش وزن خشک علف‌های هرز با افزایش مقدار کاربرد علف‌کش‌های پیش مخلوط آسیام و شاگان وزن خشک علف‌های هرز آزمایش به طور معنی‌دار کاهش یافت (جدول ۱۰). کارایی علف‌کش‌های پیش مخلوط آسیام و شاگان در کاهش وزن خشک علف‌های هرز آزمایش مطلوب ارزیابی شد. به طوری که، با کاربرد علف‌کش‌های پیش مخلوط آسیام (۷۰۰ گرم در هکتار) و شاگان (۶۰۰ گرم در هکتار) وزن خشک پیچک به ترتیب ۵۸ و ۵۲ درصد نسبت به نیمه شاهد کاهش یافت. با این وجود، کارایی کنترل علف‌های هرز پنیرک، چچم، خردل کاذب، گل گندم، سیزاب و کل علف‌های هرز با علف‌کش پیش مخلوط آسیام به مقدار ۷۰۰ گرم در هکتار، به طور معنی‌دار بیشتر از علف‌کش پیش مخلوط شاگان (۶۰۰ گرم در هکتار) بود. از این نظر، مطلوب‌ترین تیمار علف‌کش در کنترل این علف‌های هرز بعد از تاپیک+ برومایدام آ، کاربرد علف‌کش پیش مخلوط آسیام به مقدار ۷۰۰ گرم در هکتار بود.

در مجموع کارایی کنترل علف‌های هرز آزمایش با علف‌کش پیش مخلوط آسی‌ام بیشتر بود. با توجه به اینکه شرایط آزمایش برای هر دو فرمولاسیون علف‌کش یکسان بود به نظر می‌رسد دلیل آن مربوط به کیفیت علف‌کش باشد. به طوری که در زمان تهیه محلول سم، فرم گرانولی این علف‌کش به سختی در آب حل گردید و حتی بعد از سمپاشی نیز رسوباتی از آن در کف مخزن سمپاش مشاهد شد.

جدول ۱۰- اثر تیمارهای علف‌کش بر درصد کاهش وزن خشک علف‌های هرز ۳۰ روز بعد از سمپاشی

Table 10- The effect of herbicide treatments on percent decrease of weed biomass 30 days after spraying

تیمار Treatment	مقدار مصرف Dose g (ml) ha ⁻¹	پنیرک <i>Malva neglecta</i>	پیچک <i>Convolvulus arvensis</i>	چچم <i>Lolium rigidum</i>	خردل کاذب <i>Hirschfeldia incana</i>	گل گندم <i>Centaurea pallens</i>	سیزاب <i>Veronica persica</i>	کل علف‌هرز Total weed
Total (توتال)	40	80.06 c-e	45 b-d	57.1 d-f	71.13 c-e	84.12 b	66.07 e	67.27 de
Othello (اتللو)	1600	84.11 bc	56.13 b	63.12 cd	74.14 b-d	80.14 bc	77.19 c	72.64 bc
تاپیک + گرانستار Tapik+ Geranestar	800+ 20	87.06 b	52.09 b	72.07 ab	80.04 b	91.09 a	83.12 b	77.97 bc
تاپیک+برومایسیدام آ Tapik+Bromicid MA	1000+1500	100 ^a	91.95 a	72.11 ab	91.02 a	94.01 a	95.12 a	92.09 a
ACM (آسی‌ام)	500	67.13 f	34.08 cd	61.12 c-e	66.03 d-f	75.11 cd	62.11 e	60.91 ef
ACM (آسی‌ام)	600	77.2 de	46.02 c-e	67.11 bc	76.07 bc	82.01 b	73.14 cd	70.39 c-e
ACM (آسی‌ام)	700	87.04 b	58.04 b	76.15 a	81.02 b	90.02 a	86.15 b	80.3 b
Shagun (شاگان)	200	52.15 g	32.02 d	37.12 i	50.1 h	55.18 f	46.13 h	45.5 g
Shagun (شاگان)	300	56.06 g	35.20 cd	42.02 hi	54.88 gh	60.13 ef	52.09 g	49.99 g
Shagun (شاگان)	400	63.05 f	36.05 cd	46.08 gh	59.05 fg	65.13 e	57.09 f	54.56 fg
Shagun (شاگان)	500	75.16 e	47.04 bc	50.11 f-h	65.06 ef	73.12 d	62.13 e	62.59 ef
Shagun (شاگان)	600	81.05 cd	52.14 b	53.1 e-g	68.02 c-e	76.13 cd	72.13 d	66.62 de
LSD (0.05)		5.87	14.3	8.59	8.41	5.51	4.46	9.83

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

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

کنترل علف‌های هرز باریک برگ‌ها ۹۰ درصد اعلام شد (Azhar et al., 2013) کارایی علف‌کش آتالانتیس در کنترل چچم (Baziyar et al., 2010)، یولاف و خاکشیر (Zare et al., 2014) مطلوب گزارش شد. در مقابل تاپیک کارایی ضعیف در کنترل چچم دارد (Baziyar et al., 2010). در حالی که کارایی علف‌کش‌های گرانستار (Nazary-Alam et al., 2013)، اتللو (Ebadati et al., 2019)، توتال (Mortazavi and Armin, 2019)، آپيروس (سولفوسولفورون) (Babaei and Saeedipour, 2017) و جوی استیک (Mamnoie et al., 2022) در کنترل علف‌های هرز گندم بسیار مطلوب گزارش شد.

نتایج تجزیه واریانس صفات اندازه‌گیری شده نشان داد که تیمارهای آزمایش اثر معنی‌داری ($P \leq 0.01$) بر ارتفاع بوته، تعداد دانه در خوشه، تعداد خوشه در متر مربع، وزن هزار دانه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک دارد (جدول ۱۱ و ۱۲).

بر اساس مطالعات انجام شده، علف‌کش پروسولفوکارپ توانست وزن خشک یونجه زرد (*Melilotus officinalis* (L.) Lam)، آن‌اغالیس، پنیرک (*Malva neglecta* L.)، و ترشک (*Rumex crispus* L.) را ۱۰۰ درصد، چچم ۹۷ درصد و کل علف‌های هرز ۹۴ درصد کنترل کند (Mamnoie and Karaminejad, 2020). علف‌کش اتللو و مزوسولفورون + یدوسولفورون (آتالانتیس) نیز توانست وزن خشک هفت‌بند (*Polygonum aviculare* L.) ۵۰ درصد کاهش دهند (Ebadati et al., 2019). اختلاط علف‌کش‌های آتالانتیس با دوپلسان سوپر (مکوپروپ + دیکلوپروپ + ام‌سی‌پی‌آ) نیز توانست پیچک (*Convolvulus arvensis* L.) و شبدر (*Trifolium alexandrinum*) به ترتیب ۹۸ و ۹۶ درصد کنترل کند (Zalghi and Saeedipour, 2017). قابلیت علف‌کش برومایسیدام آ در کنترل تاتاری (*Carduus pycnocephalus* L.)، گلرنگ وحشی (*Carthamus oxycantha* M.B. بی‌تی‌راخ (*Galium tricornutum* Dandy)، خردل وحشی (*Sinapis arvensis* L.) ۷۵ تا ۱۰۰ درصد گزارش شد (Veisi et al., 2018). کارایی علف‌کش اکسیال (پینوکسان) در

جدول ۱۱- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر تیمارهای علف‌کش‌ها بر ارتفاع بوته، تعداد دانه در خوشه، تعداد خوشه و درصد تغییرات نسبت به شاهد

Table 11- Analysis of variance (Mean Squares) the effect of herbicide treatments on plant height, grains per spike, number spikes and change percentage compared to control

منابع تغییرات Source of variation	درجه آزادی df	ارتفاع بوته Plant height	درصد تغییرات ارتفاع بوته Change percentage of plant height	دانه در خوشه Grains per spike	درصد تغییرات دانه در خوشه Change percentage of grains per spike	تعداد خوشه Number spikes	درصد تغییرات تعداد خوشه Change percentage of number spikes
تکرار Replication	3	64.32 ^{ns}	6.73 ^{ns}	8*	47.67 ^{ns}	382.47 ^{ns}	21 ^{ns}
تیمار Treatment	12	14.41**	31.77**	28**	48.73**	918.77**	81.19**
خطا Error	36	5.37	2.92	2.75	20.37	425.69	19.76
CV (%)		2.63	1.77	5.82	24.69	4.78	20.34

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

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

جدول ۱۲- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر تیمارهای علف‌کش بر وزن هزار دانه، عملکرد دانه، بیولوژیک گندم و درصد تغییرات نسبت به شاهد

Table 12- Analysis of variance (Mean Squares) the effect of herbicide treatments on 1000 grains weight, grain yield and biological yield, and change percentage compared to control

منابع تغییرات Source of variation	درجه آزادی df	وزن هزار دانه 1000 grains weight	درصد تغییرات وزن هزار دانه Change percentage of 1000 grains weight	مقدار خسارت گندم Injury to wheat	عملکرد دانه Grain yield	درصد تغییرات عملکرد دانه Change percentage of grain yield	عملکرد بیولوژیک Biological yield	درصد تغییرات عملکرد بیولوژیک Change percentage of biological yield
تکرار Replication	3	11.58**	7.23 ^{ns}	0.28 ^{ns}	0.12 ^{ns}	6.45 ^{ns}	3.92*	19.26*
تیمار Treatment	12	5.57**	19.29**	11.41**	1.94**	217.38**	12.22**	190.63**
خطا Error	36	2.14	3.64	1.22	0.15	14.36	0.85	13.18
CV (%)		3.53	22.33	27.42	7.75	18.01	7.09	17.83

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

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

وجود، علف‌کش پیش مخلوط آسی‌ام تاثیر مطلوب‌تری در افزایش صفات مذکور داشت. به‌طوری‌که با کاربرد علف‌کش پیش مخلوط آسی‌ام (۷۰۰ گرم در هکتار)، تعداد دانه در خوشه (۳۰/۵ دانه)، تعداد خوشه در متر مربع (۴۴۸ پنجه بارور) و وزن هزار دانه (۴۲/۸ گرم) نسبت به شاهد متناظر ۲۰، ۲۶ و ۱۱ درصد افزایش یافت. این تیمار (آسی‌ام ۷۰۰ گرم در هکتار) از نظر تعداد دانه در خوشه و تعداد خوشه در واحد سطح با تیمار وجین دستی، تاپیک + برومایدیدام، تاپیک + گرانستار و اُتلو در یک گروه آماری بودند. از نظر وزن هزار دانه نیز با تیمارهای مذکور (بجز وجین دستی) در یک گروه آماری بودند.

با افزایش مقدار کاربرد علف‌کش‌های پیش مخلوط آسی‌ام و شاگان ارتفاع بوته به طور غیر معنی‌دار کاهش یافت. به‌طوری‌که مقدار ارتفاع بوته در دُرهای حداکثری کاربرد علف‌کش‌های پیش مخلوط آسی‌ام و شاگان به ترتیب ۸۷/۹۴ و ۸۵/۷ سانتی‌متر بود که نسبت به شاهد وجین دستی ۳/۵ و ۷/۵ درصد کاهش ارتفاع نشان دادند. این دو تیمار با تیمارهای تاپیک + برومایدیدام، اُتلو، توتال، اُتلو در یک گروه آماری بودند (جدول ۱۳). همچنین، با افزایش مقدار کاربرد علف‌کش‌های پیش مخلوط آسی‌ام و شاگان تعداد دانه در خوشه، تعداد خوشه در واحد سطح و وزن هزار دانه افزایش یافت. با این

همچنین، کاربرد علفکش مخلوط شاگان در مقدار ۶۰۰ گرم در هکتار، نیز توانست تعداد دانه را در خوشه (۲۶/۵ دانه)، تعداد خوشه در واحد سطح (۴۲۰ خوشه در متر مربع) و وزن هزار دانه (۴۱ گرم) را نسبت به شاهد متناظر به ترتیب ۱۵، ۱۸ و ۷ درصد افزایش دهد (جدول ۱۳ و ۱۴).

اثر خسارت‌زایی علف‌های هرز بر عملکرد و اجزایی عملکرد گندم در ارقام مختلف گندم متفاوت گزارش شده است (Porazar and Baghstani, 2004). علف‌های هرز با ایجاد سایه افکنی، رقابت با گیاه زراعی در طول فصل رشد و ایجاد اثرات منفی بر مراحل زایشی گندم سبب کاهش تعداد پنجه‌های بارور، شاخص سطح برگ، ارتفاع بوته، وزن هزار دانه و تعداد دانه در سنبله می‌گردد (Zare et al., 2009). در این ارتباط عبادی و همکاران (Ebadi et al., 2010) اظهار کردند با کاربرد علف‌کش‌های پوماسوپر + گرانستار وزن هزار دانه (۲۴ گرم)، تعداد پنجه بارور (۲۵۰ بوته در متر مربع)، تعداد دانه در سنبله (۲۲ عدد) و ارتفاع بوته گندم (۷۳ سانتی‌متر) نسبت به شاهد بدون کنترل به طور معنی‌دار افزایش یافت. ابراهیم پور و همکاران

(Ebrahimpour et al., 2011) نیز نشان داد که کاربرد علفکش توتال و گرانستار + اکسیال سبب افزایش معنی‌داری شاخص برداشت، تعداد دانه در سنبله، تعداد سنبله در متر مربع و ارتفاع گندم گردید. در گزارش دیگری مشخص شد که کاربرد علف‌کش‌های تایپیک + برموکسینیل و تایپیک + لوگران اکسترا قادر است وزن هزار دانه و تعداد دانه در سنبله افزایش یابد (Khan et al., 2003). با اختلاط علف‌کش سولفوسولفون + متری‌بوزین ارتفاع بوته، وزن هزار دانه، پنجه بارور، تعداد دانه در خوشه، ماده خشک گندم به طور معنی‌دار افزایش یافت (Nanher and Singh, 2015). اصغر و همکاران (Asghar et al., 2017) گزارش کردند بیشترین وزن هزار دانه و دانه در خوشه به ترتیب از کاربرد علفکش آتلاتیس، متری‌بوزین + ایزوپروتورون و سولفوسولفون حاصل شد. همچنین، با کاربرد علف‌کش پیش مخلوط کلودینافوپ پروپازریل + متری‌بوزین، تعداد پنجه، تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه افزایش یافت (Kumar et al., 2011; al., 2018).

جدول ۱۳- اثر تیمارهای علف‌کش بر ارتفاع بوته گندم، تعداد دانه در خوشه، تعداد خوشه و درصد تغییرات آنها در مقایسه با شاهد

Table 13- The effect of herbicide treatments on plant height, grains per spike, number spikes and change percentage in compared to control

تیمار Treatment	مقدار مصرف Dose g (ml) ha ⁻¹	ارتفاع بوته plant height (cm)	درصد تغییرات ارتفاع بوته Change percentage of plant height	دانه در خوشه grains per spike	درصد تغییرات دانه در خوشه Change percentage of grains per spike	تعداد خوشه number spikes (m ²)	درصد تغییرات تعداد خوشه Change percentage of number spike
Total (توتال)	40	87.13 ^{cd}	94.75 ^{c-e}	28 ^{d-f}	19.29 ^{a-d}	430 ^{b-d}	23.31 ^{a-c}
Othello (اتلو)	1600	86.23 ^{cd}	92.99 ^e	29.25 ^{c-e}	19.42 ^{a-d}	432 ^{a-d}	24.06 ^{a-c}
تایپیک + گرانستار Tapik+ Geranestar	800+ 20	91.55 ^{ab}	100 ^a	31.25 ^{a-c}	21.52 ^{ab}	441 ^{a-d}	25.31 ^{ab}
تایپیک + بروماید Tapik+Bromicid MA	1000+1500	88.8 ^{a-d}	100 ^a	32 ^{ab}	21.95 ^a	452 ^{ab}	26.25 ^{ab}
آسیام (آسیام) ACM	500	89.15 ^{a-c}	100 ^a	27.25 ^{e-g}	18.47 ^{a-e}	428 ^{b-d}	21.79 ^{a-d}
آسیام (آسیام) ACM	600	88.78 ^{b-d}	97.93 ^{ab}	30 ^{b-d}	20.15 ^{a-c}	439 ^{a-d}	25.79 ^{ab}
آسیام (آسیام) ACM	700	87.94 ^{cd}	96.5 ^{bc}	30.5 ^{bc}	20.81 ^{a-c}	448 ^{a-c}	26.03 ^{ab}
شاگان (شاگان) Shagun	200	88.37 ^{b-d}	96.96 ^{bc}	25 ^g	12.32 ^e	412 ^d	14.03 ^e
شاگان (شاگان) Shagun	300	87.93 ^{cd}	95.49 ^{b-d}	25.25 ^g	13.49 ^{de}	415 ^d	15.55 ^{de}
شاگان (شاگان) Shagun	400	86.47 ^{cd}	93.99 ^{de}	26 ^{fg}	14.37 ^{c-e}	418 ^d	16.23 ^{de}
شاگان (شاگان) Shagun	500	86.4 ^{cd}	93.5 ^{de}	27 ^{e-g}	17.4 ^{a-e}	423 ^{b-d}	20.08 ^{b-e}
شاگان (شاگان) Shagun	600	85.7 ^d	92.48 ^e	26.5 ^{fg}	15.16 ^{b-e}	420 ^{cd}	18.74 ^{c-e}
weeding control		92.1 ^a	100 ^a	33 ^a	23.35 ^a	461 ^a	27.03 ^a
LSD (0.05)		3.33	2.46	2.38	6.48	29.59	6.38

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

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

با افزایش مقدار علف‌کش‌های پیش مخلوط آسی‌ام و شاگان، مقدار گیاهسوزی گندم به طور معنی‌دار افزایش یافت (جدول ۱۴). بیشترین مقدار خسارت گندم به ترتیب مربوط به تیمارهای علف‌کش پیش مخلوط شاگان در مقادیر کاربرد ۶۰۰ و ۵۰۰ گرم در هکتار بود که نسبت به شاهد نیمه متناظر به ترتیب ۶ و ۶ درصد بود. همچنین مقدار خسارت علف‌کش پیش مخلوط آسی‌ام در مقادیر کاربرد ۶۰۰ و ۷۰۰ گرم در هکتار به ترتیب ۵ و ۵ درصد بود که با تیمارهای توتال و اُتللو در یک گروه آماری بودند (جدول ۱۴). در این ارتباط، ایزدی و همکاران (Izadi-Darbandi et al., 2013) نشان دادند کاربرد بیشتر از ۳۵۰ گرم ماده موثره سنکور (متری‌بوزین) در هکتار قادر است وزن خشک ارقام گندم و جو به طور معنی‌داری کاهش دهد. همچنین با کاربرد علف‌کش‌های پینوکس‌ساز + سولفوسولفورون، پینوکس‌ساز + متری‌بوزین، کلودی‌نافوپ پروپارژیل + سولفوسولفورون (Abbas et al., 2018)، متری‌بوزین + فنوکس‌پروپ (Singh et al., 2005) و کلودی‌نافوپ پروپارژیل + متری‌بوزین (Abbas et al., 2018) و متری‌بوزین (Naghshbandi Mansourian et al., 2008; et al., 2008) در گندم خسارتی گزارش نشد.

کاربرد علف‌کش‌های پیش مخلوط آسی‌ام و شاگان سبب افزایش معنی‌دار عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک گردید (جدول ۱۴). همچنین، با افزایش مقدار کاربرد علف‌کش‌های پیش مخلوط صفات مذکور به طور معنی‌دار افزایش یافت. با این وجود، کارایی علف‌کش پیش مخلوط آسی‌ام در افزایش عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک بیشتر از علف‌کش پیش مخلوط شاگان بود. به طوری که با کاربرد علف‌کش پیش مخلوط آسی‌ام به مقدار ۷۰۰ گرم در هکتار، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک به ترتیب ۵/۶۵ و ۱۴/۵۱ تن در هکتار حاصل شد که نسبت به شاهد متناظر ۲۶ و ۲۵ درصد افزایش یافت. این تیمار با تیمارهای شاهد وجین، تاپیک + بروماید، تاپیک + گرانتار، اُتللو در یک گروه آماری بودند و تفاوت معنی‌داری با توتال نشان داد. همچنین مقدار عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک در تیمار کاربرد علف‌کش پیش مخلوط شاگان (۶۰۰ گرم در هکتار) به ترتیب ۴/۹۵ و ۱۲/۷۴ تن در هکتار بود که نسبت به شاهد متناظر ۲۳ و ۲۹ درصد افزایش داشت. این تیمار با توتال در یک گروه آماری قرار داشت (جدول ۱۴).

جدول ۱۴- اثر تیمارهای علف‌کش بر وزن هزار دانه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک گندم و درصد تغییرات آنها در مقایسه با شاهد

Table 14- The effect of herbicide treatments on 1000 grains weight, grain yield and biological yield and change percentage in compared to control

تیمار Treatment	مقدار مصرف Dose g (ml) ha ⁻¹	هزار دانه 1000 grains weigh (g)	درصد تغییرات وزن هزار دانه Change percentage of 1000 grains weight	خسارت گندم Injury to wheat (%)	عملکرد دانه grain yield (ton ha ⁻¹)	درصد تغییرات عملکرد دانه Change percentage of grain yield	عملکرد بیولوژیک biological yield (ton ha ⁻¹)	درصد تغییرات عملکرد بیولوژیک Change percentage of biological yield
Total (توتال)	40	41.44 a-f	8.16 c-f	4 bc	4.68 e-g	21.66 cd	12.32 de	21.32 cd
Othello (اتللو)	1600	41.74 a-f	8.77 b-e	5 ab	5.31 c-d	24.87 a-c	14.21 ab	24.21 a-c
تاپیک + گرانتار Tapik+ Geranestar	800+ 20	42.51 a-d	10.44 a-c	2.5 c	5.52 bc	27.8 ab	14.85 ab	26.23 a-c
تاپیک + بروماید Tapik+Bromicid MA	1000+1500	43.01 ab	11.44 ab	3 c	5.86 a	28.81 ab	15.1 ab	27.11 ab
آسی‌ام (ACM)	500	40.88 c-f	7.22 d-f	3 c	4.45 f-h	18.65 de	11.85 d-f	18.39 de
آسی‌ام (ACM)	600	42.21 a-e	9.87 a-d	5 ab	5.22 c-e	24.77 a-c	13.9 bc	24.13 a-c
آسی‌ام (ACM)	700	42.86 a-c	11.12 ab	5 ab	5.65 ab	26.76 a-c	14.51 ab	25.25 a-c
شاگان (Shagun)	200	39.85 f	5.77 f	3 c	4.01 g	8.07 f	10.32 g	7.75 g
شاگان (Shagun)	300	40.02 f	5.96 f	5 ab	4.12 g	9.12 f	10.85 fg	10.01 g
شاگان (Shagun)	400	40.21 ef	6.17 ef	5 ab	4.19 fg	13.31 ef	11.21 e-g	12.57 fg
شاگان (Shagun)	500	40.53 d-f	6.55 ef	6 a	4.29 gh	16.16 e	11.56 d-g	15.55 ef
شاگان (Shagun)	600	41.07 b-f	7.77 c-f	6 a	4.95 c-e	23.75 b-d	12.74 cd	23.21 b-d
weeding control		43.2 a	11.85 a	0 d	6.04 a	29.83 a	15.31 a	29.07 a
LSD (0.05)		2.1	2.74	1.58	0.55	5.43	1.32	5.20

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

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

سولفوسولفوروون + متری‌بوزین (Nanher and Singh, 2015)، مزوسولفوروون + یدوسولفوروون، متری‌بوزین + ایزوپروتوروون و سولفوسولفوروون (Asghar et al., 2017)، کلودینافوپ پروپارژیل + برموکسینیل و کلودینافوپ پروپارژیل + لوگران اکسترا (تری‌سولفوروون + تربوترین) (Khan et al., 2003)، کاربرد فرم گرانولی علفکش کلودینافوپ پروپارژیل + متری‌بوزین (Kumar et al., 2011a, 2018; Singh et al., 2015)؛ علفکش مت‌سولفوروون + سولفوسولفوروون، تری‌بنوروون + پینوکسادن (Ebrahimipour et al., 2011)، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک گندم به یافت طور معنی‌دار افزایش یافت.

نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج آزمایش کارایی علفکش پیش مخلوط آسی‌ام نسبت به علفکش پیش مخلوط شاگان در کنترل علف‌های هرز پنی‌ک، پیچک، چچم، خردل کاذب، گل گندم و سیزاب مطلوب‌تر ارزیابی شد. همچنین کارایی علفکش پیش مخلوط آسی‌ام در اغلب موارد مشابه و در مواردی برتر از تیمارهای پرکاربرد توتال، آتللو و تایپک + گرانستار ارزیابی گردید. از سوی دیگر، تاثیر خسارت گیاهسوزی هر دو علفکش پیش مخلوط آسی‌ام و شاگان در گندم ناپایدار بود. بنابراین با توجه به افزایش مقدار عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک بعد از تیمار برتر تایپک + برومایدیدام کاربرد علفکش پیش مخلوط آسی‌ام به مقدار ۷۰۰ گرم در هکتار، تیماری مطلوب است که می‌تواند در تناوب علف‌کشی با سایر علفکش‌های ثبت شده در مزارع گندم استان پیشنهاد شود.

علف‌های هرز از طریق سایه اندازی و رقابت با گیاه زراعی در فصل رشد باعث کاهش عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک می‌گردد (Zare et al., 2009). علفکش‌ها با کنترل علف هرز سبب افزایش عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک می‌گردد. در این ارتباط، عبادی و همکاران (Ebadi et al., 2010) گزارش کردند با کاربرد پوماسوپر + گرانستار عملکرد دانه گندم (۱۷۳۲ کیلو در هکتار) در شرایط دیم به طور معنی‌داری افزایش می‌یابد. در گزارش‌های دیگر مشخص شد که با کاربرد علفکش متری‌بوزین عملکرد گندم را به‌طور معنی‌دار افزایش می‌یابد (Mansourian et al., 2008; al., 2008). کاربرد علفکش‌های مخروط کلودینافوپ پروپارژیل + متری‌بوزین، پینوکسادن + متری‌بوزین، سولفوسولفوروون، کلودینافوپ پروپارژیل + سولفوسولفوروون نیز توانست عملکرد دانه گندم را ۸۳ درصد افزایش یابد (Abbas et al., 2018). کاربرد پیش رویشی پروسولفوکارب نیز توانست عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه گندم به ترتیب ۱۳/۵۴ و ۵/۳ تن در هکتار نسبت به شاهد ۶۰ و ۵۲ درصد افزایش دهد (Mamnoie and Karaminejad, 2020). مقدار عملکرد دانه در کاربرد علفکش تایپک + گرانستار ۵/۵ تن در هکتار بود (Makvandi et al., 2007). با استفاده از علفکش آتلانتیس + دوپلسان سوپر عملکرد دانه ۶ تن در هکتار حاصل شد (Zalghi and Saeedipor, 2017). در حالی که با کاربرد آتللو عملکرد دانه به ترتیب ۷/۵ و ۴ تن در هکتار بدست آمد (Ebadi et al., 2019). همچنین اختلاط علفکش آتلانتیس + برومایدیدام نیز توانست عملکرد دانه را ۵۸ درصد افزایش دهد (Veisi et al., 2018).

در گزارش‌های مختلف مشخص شد که با کاربرد علفکش

منابع

1. Abbas, T., Abbas, T., Nadeem, M.A., Tanveer, A., Matloob, A., Zohaib, A., Safdar, M.E., Ali, H.H., Farooq, N., Javaid, M.M., Tabassum, T., & Nasir, I.R. (2018). Herbicide mixtures and row spacing effects on Fenoxaprop resistant Phalaris minor in wheat. *International Journal of Agriculture and Biology* 20: 2737-2744. <http://doi.org/10.17957/IJAB/15.0828>.
2. Asghar, M., Ullah Chauhdary, S., Afzal, M., Muhammad, M., Baig, Q., Qadir, M., Gafoor, A., & Zafaryab, H.S. (2017). Evaluation of the effectiveness of different herbicides against a new weed Japanese brome (*Bromus japonicus* Houtt.) in wheat crop. *Azarian Journal of Agriculture* 4(3): 74-79.
3. Azhar, M., Javaid-Iqbal, M., Chattha, M.B., & Shabbir Azhar, G. (2013). Evaluation of various herbicides for controlling grassy weeds in wheat. *Mycopath* 11(1): 39-44.
4. Babaei, M., & Saeedipour, S. (2017). The effect of crop seed rate and post emergence herbicide application on weed control and grain yield of wheat. *Journal of Plant Protection* 31(1): 117-123. (In Persian). <http://doi.org/10.1001.1.20084749.1396.31.1.12.9>.
5. Bailly, G.C., Dale, R.P., Aeche, S.A., Wright, D.J., & Kaundus, S.S. (2012). Role of residual herbicides for the management of multiple herbicide resistance to ACCase and ALS inhibitors in a black-grass population. *Crop Protection* 34: 96-103. <http://doi.org/10.1016/j.cropro.2011.11.017>.
6. Baziyar, S., Vazan, S., Oveisi, M., & Paknezhad, F. (2010). Optimization of herbicide doses of mesosulfuron-methyl (Atlantis) and clodinafop-propargyl (Topik) in control of perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) in competition with whea. *Iranian Journal of Field Crop Science* 41(4): 755-761. (In Persian).

<http://doi.org/20.1001.1.20084811.1389.41.4.11.6>.

7. Cheema, M., & Akhtar, M. (2005). Efficacy of different post-emergence herbicides and their application methods in controlling weeds in wheat. *Pakistan Journal of Weed Science Research* 11(1-2): 23-29.
8. Choudhary, D., Singh, P.K., Chopra, N.K., & Rana, S.C. (2016). Effect of herbicides and herbicide mixtures on weeds in wheat. *Indian Journal Agricultural Research* 50(2): 107-112. <http://doi.org/10.18805/ijare.v50i2.9587>.
9. Ebadi, A., Gholamalipour-Alamdari, E., Avasaji, Z., & Rahemi-Karizaki, A. (2019). Effect of application time of dual-purpose herbicides and mixing herbicides on weeds control and wheat yield. *Journal of Plant Physiology* 39: 192-209. (In Persian)
10. Ebadi, A., Parmoon, G., Samadi, C.A., & Sajed, K. (2015). Evaluation of the effect of mixture of herbicides on weeds control in rainfed bread wheat (*Triticum aestivum* L.) in Ardabil. *Iranian Journal of Crop Sciences* 17(3): 179-192. (In Persian)
11. Ebrahimpour, F., Chaab, A., Mousavi, H., & Musaviyan, N. (2011). Evaluation of management efficiency of total dual purpose herbicide and mixed granstar and axial herbicides at different growth stages of wheat. *Electronic Journal Crop Production* 4(2): 17-30. (In Persian). <http://doi.org/20.1001.1.2008739.1390.4.2.2.6>.
12. Ghanbari-Birgani, D., Karaminejad, M.R., Farzadi, H., & Baghestani, V. (2015). Evaluation of the efficiency of metribuzin (WP 70%) in the control of weeds of wheat (*Triticum aestivum*). *Field, Pesticides in Plant Protection Science* 3(1): 13-26.
13. Gharekhloo, J., Oveisi, M., Zand, E., & DE-Prado, R. (2016). A Review of herbicide resistance in Iran. *Weed Science* 64(4): 551-561. <http://doi.org/10.22092/jppps.2016.106157>.
14. Izadi-Darbandi, E., Chitband, A.A., Abbasian, A., & Heydari, M. (2013). Evaluation of Wheat and Barley Cultivars Tolerance to Metribuzine Application. *Iranian Journal of Field Crops Research* 11(1): 152-161. <http://doi.org/10.22067/GSC.V14I2.40582>.
15. Khan, N., Hassan, G., Marwat, K.B., & Khan, M.A. (2003). Efficacy of different herbicides for controlling weeds in wheat crop at different times of application- II. *Asian Journal of Plant Sciences* 2(3): 310-313. <http://doi.org/10.3923/ajps.2003.310.313>.
16. Kumar, M., Kishore, R., Kumar, S., & Bisht, S. (2018). Efficacy of different post-emergence herbicides application alone and in combination in wheat. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry* SP1: 1668-1670.
17. Kumar, S., Angiras, N.N., & Rana, S.S. (2011). Bio-efficacy of clodinafopropargyl+ metsulfuron-methyl against complex weed flora in wheat. *Indian Journal of Weed Science* 43(3&4): 195-198. https://www.isws.org.in/IJWSn/File/2011_43_Issue-3&4_195-198.pdf.
18. Lata, K., Singh, V., & Kumar, R. (2017). Herbicide evaluation for control of weed flora in wheat. *International Journal of Basic and Applied Agricultural Research* 15(3): 253-254.
19. Makvandi, M.A., Erzadeh, S., & Golabi, M. (2007). Evaluation of herbicide and micronutrient combining efficiency in weed control and wheat yield. *Journal of Agricultural Science* 30(3): 125-133. (In Persian)
20. Mamnoie, E., & Karaminejad, M.R. (2020). Evaluation time and rate application of prosulfocarb herbicide in the weed control of wheat in south kerman. *Journal of Crop Production* 13(1): 51-66. (In Persian). <http://doi.org/10.22069/EJCP.2020.17165.2269>.
21. Mamnoie, E., karaminejad, M.R., Minbash, M.M., & Askary, A.R. (2022). Evaluation of ready-mix herbicide efficiency of clodinafop propargil+ metribuzin in comparison with registered herbicides in weed control of wheat (*Triticum aestivum*) in Fars. *Journal of Plant Protection, Articles in Press*, 1-19. <http://doi.org/10.22067/JPP.2022.73993.1068>.
22. Mansourian, S., Alizadeh, H.M., & Zand, E. (2008). Effect of Dose and application time of metribuzin on grain yield of different wheat varieties. *Iranian Journal of Weed Science* 4(1): 65-74. (In Persian)
23. Mortazavi, E., & Armin, M. (2019). The effect of adjuvant on reducing the dose of sulfosulfuron+ metsulfuronmethyl. *Iranian Journal of Plant Physiology* 39: 253-243. (In Persian)
24. Naghshbandi, M., Baghestani, M.A., Zand, E., & Mansourian, S. (2008). Effects of metribuzin and plant density on weed control in wheat (*Triticum aestivum*). *Iranian Journal of Weed Science* 4(1): 85-95. (In Persian)
25. Nanher, A.H., & Singh, R. (2015). Effects of weed control treatments on wheat crop and associated weeds. *Advance Research of Crop Improvement* 6(2): 158-165. <http://doi.org/10.15740/HAS/ARJCI/6.2/158-165>.
26. Nazary-Alam, J., Mousavi, V., Sihrabi, N., Sadeghi, N., & Sadeghi-Shoa, M. (2013). Evaluation of herbicide for *Cerastium* sp. and *Vaccaria* sp. weed control in wheat (*Triticum aestivum*) fields of Lorestan, Alashtar. *Iranian Journal of Agronomy and Plant Breeding* 9(3): 55-65. (In Persian with English abstract)
27. Porazar, R., & Baghestani, M.A. (2004). *The efficiency of new broadleaf herbicide in wheat fields in Khuzestan*. 16nd Iranian Plant Protection Congress. Iranian Research Institute of Plant Protection, Tehran, Iran. (In Persian)
28. Punia, S.S., Yadav, D.B., Kaur, M., & Sindhu, V.K. (2017). Post-emergence herbicides for the control of resistant littleseed canarygrass in wheat. *Indian Journal of Weed Science* 49(1): 15-19. <http://doi.org/10.5958/0974-8164.2017.00004.1>.
29. Sheikhi-Gorjani, A., Najafi, H., Abbasi, S., Saberfar, F., & Moradi, M. (2018). *Guide to Chemical and Organic Pesticides of Iran*. Rahdan Publications 228 pp.

30. Singh, R., Singh, A.P., Chaturvedi, S., Pal, R., & Pal, J. (2015). Metribuzin + clodinafop-propargyl effects on complex weed flora in wheat and its residual effect on succeeding crop. *Indian Journal of Weed Science* 47(4): 362-365.
31. Singh, S., Singh, S., Sharma, S.D., Punia, S.S., & Singh, H. (2005). Performance of tank mixture of metribuzin with clodinafop and fenoxaprop for the control of mixedweed flora in wheat. *Indian Journal of Weed Science* 37: 9-12.
32. Somani, L.I. (1992). *Dictionary of weed science*. Agronomy Publishing Academy (India) 256 pp.
33. Veisi, M., Baghestani, M.A., & Minbashi, M.M. (2018). Study of tank mix application of dual propose and broad leaf herbicides for weed control in wheat fields. *Iranian Journal of Field Crop Science* 49(2): 171-183. (In Persian with English abstract)
34. Zadoks, J.C., Chang, T.T., & Konzak, C.F. (1974.) A decimal code for the growth stages of cereals. *Weed Research* 14: 415-421
35. Zalgghi, Z., & Saeedipor, S. (2017). Study the efficiency of Atlantis and its mixture with Duplosan Super and Bromicide MA herbicides for weeds controlling of wheat. *Journal of Plant Physiology* 9(21): 165-173. (In Persian with English abstract)
36. Zand, E., Baghestani, M.A., Nezamabadi, N., Shimi, P., & Mousavi, S.K. (2019). *A guide for herbicides in Iran*. University Press Center, 216pp. (In Persian)
37. Zand, E., Mousavi, S.K., & Heidari, A. (2008). *Herbicides and methods of their application with approach of optimization and usage decrease*. Publication of jehade daneshgahi Mashhad, Mashad Iran. 572 p. (In Persian)
38. Zare, A., Miri, H.R., & Jafari-Haghighi, B. (2014). Effect of plant density and reduced dosages of iodosulfuron+ mesosulfuron (Atlantis) on integrated weed management in wheat. *Journal of Plant Physiology* 6(16): 38-93. (In Persian)
39. Zare-Feizabdi, A., Sarian, H., Rajab-Zadeh, M., & Khazaie, H. (2009). Evaluation of wheat cultivars to different densities of wild oat competition reactions (*Avena ludoviciana*). *Iranian Journal of Field Crops Research* 7(2): 456-472. (In Persian)
40. Zimdahl, R.L. (2004). Weed-Crop Competition: A Review. *Blackwell publishing* 99(2): 131-145.



Application Effect of Ethalfluralin, Imazethapyr, and Metribuzin on Symbiosis of Soybean and Rhizobium

A. Aliverdi^{1*}, Z. Mirjani²

Received: 22-02-2022

Revised: 08-01-2023

Accepted: 25-01-2023

Available Online: 25-01-2023

How to cite this article:

Aliverdi, A., & Mirjani, Z. (2023). Application effect of ethalfluralin, imazethapyr and metribuzin on symbiosis of soybean and rhizobium. *Journal of Iranian Plant Protection Research* 37(1): 77-87. (In Persian with English abstract). <http://doi.org/10.22067/jpp.2023.75450.1080>

Introduction

The world's population continues to grow, and agriculture must keep pace with increasing demand for food production. Many challenges threaten crop yields, such as herbivorous insects, plant pathogens and weeds, the occurrence or risk of each one often requires the use of pesticides. Despite the usefulness of pesticides in crop protection, their excessive and irrational use can endanger human health and the environment. On the other hand, the very costly application of chemical fertilizers, especially nitrogen, which is a key element in plant nutrition under insufficient soil fertility conditions, can cause groundwater pollution with nitrate and air pollution with nitrogen oxide (21). Although herbicides are intended to protect crops, they can potentially pose a threat to the activity of rhizobium that symbiosis with legumes, thereby reducing the nitrogen fixation of symbionts. If symbiotic nitrogen fixation is adversely affected, crop yield will subsequently be adversely affected (6). All previous studies on the effect of herbicides on crop-rhizobium symbiosis under a certain soil pH have been evaluated. Therefore, it is important to understand the interaction between soil pH and the toxicity severity of herbicides on crop-rhizobium symbiosis, because soil acidification or alkalization (4) can occur over several years in intensive agricultural ecosystems. Therefore, this study aimed to investigate whether the severity of herbicide toxicity on crop-rhizobium symbiosis in different soil pH conditions can be attributed to variations in the electrical charge properties of herbicides. Based on this hypothesis, three herbicides were selected: ethalfluralin, a non-ionic herbicide, imazethapyr, an acidic herbicide, and metribuzin, a basic herbicide (23). The objective was to examine their toxicity on soybean-rhizobium symbiosis under three soil pH levels.

Materials and Methods

The soil required for this experiment was prepared from the educational farm of Bu-Ali Sina University of Hamedan, which had a pH of 7.2. This soil is considered as natural soil. Based on a pre-test results on natural soil, adding and mixing 0.2 g sulfur and 5.5 g lime with each kg natural soil could create artificial soils with pH of 6.4 and 8, respectively. The pot experiment was performed in a completely randomized factorial design under open-air conditions. Herbicidal factor included control, pre-planting application of 990 g ethalfluralin ha⁻¹, post-planting application of 450 g metribuzin ha⁻¹ and post-emergence application of 108 g imazethapyr ha⁻¹. Soil pH factor was 6.4, 7.2 and 8. Soybean seeds (cv. Hobbit) were disinfected with 1% sodium hypochlorite for five min and washed and dried with water. They were then immersed in commercial soybean inoculum (BiosoyTM) for five min and dried again. Inside each pot, four seeds inoculated with bacteria were planted at two cm depth. Separately, an inoculated seed treatment under natural soil conditions without herbicide application was considered to investigate the effects of seed inoculation. Growth parameters including height, dry weight of stem and root, number and dry weight of nodes formed on root, the nitrogen content of stems and roots were measured and analyzed statistically using SAS software. The means were compared with the LSD test at the level of 5% probability.

1 and 2– Assistant Professor and Bachelor's Degree in Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamedan, I.R. Iran, respectively.

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

DOI: [10.22067/jpp.2023.75450.1080](https://doi.org/10.22067/jpp.2023.75450.1080)

Results and Discussion

In comparing the two treatments of seed inoculation and non-inoculation with a commercial soybean inoculum and their cultivation in natural soil, it was found that seed inoculation had a significant positive impact on various growth parameters. Specifically, it led to increased plant height, dry weight of shoots and roots, as well as nitrogen content in both shoots and roots. Additionally, there was a notable decrease in the shoot-to-root dry weight ratio. Previous studies have also reported similar results, indicating changes in the photosynthetic response pattern due to bacterial seed inoculation in different soybean genotypes (16). In treatments where no herbicide was used (control), soybean nodulation and certain growth parameters were significantly influenced by soil pH. The highest level of nodulation was observed at soil pH values of 7.2 and 8. The lowest number of nodes ($21.3 \text{ node plant}^{-1}$) and the lowest dry weight of nodes ($491.8 \text{ mg plant}^{-1}$) were also observed in soil with a pH of 6.4. Poor nodulation observed at acidic soil pH may be associated with hydrogen ion toxicity, which may prevent the onset of nodulation, as reported in previous studies (3). The results showed that the toxicity severity of imazethapyr and metribuzin on nodulation (number and dry weight of nodules) depended on soil pH. As the pH of the soil increased, the toxicity of imazethapyr decreased, but the toxicity of metribuzin increased. While the toxicity severity of ethalfluralin on nodulation was not affected by soil pH.

Conclusion

Despite the advantages of herbicide application, it can have negative effects on soybean-rhizobium symbiosis, limiting the capacity of rhizobium for nitrogen fixation. Consequently, the reliance on chemical fertilizers increases to meet the nutritional needs of soybeans. Additionally, in acidic soils where herbicides are less absorbed by soil particles, further disruption of the soybean-rhizobium symbiosis can occur. Our experiment revealed that the use of metribuzin in alkaline pH soil or imazethapyr in acidic pH soil can cause severe damage to the soybean-rhizobium symbiosis. As soil acidity or alkalinity can change rapidly in agricultural ecosystems due to conventional farming practices such as lime or sulfur addition to adjust soil pH, it is crucial for farmers to consider the electrical charge of herbicides and the pH of their soil. This awareness can help minimize the herbicide toxicity on soybean-rhizobium symbiosis.

Keywords: Lime, Nitrogen, Nodulation, Sulfur

تأثیر کاربرد اتال فلورالین، ایمازتاپیر و متری‌بوزین بر همزیستی بین سویا و باکتری

اکبر علی وردی^{۱*} - زینب میرجانی^۲

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۲/۰۳

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۱/۱۰/۱۸

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۱/۰۵

چکیده

کاربرد علف‌کش‌ها ضمن کنترل علف‌های هرز می‌تواند بر همزیستی بین سویا و باکتری تأثیر منفی بگذارد. با کاهش ظرفیت باکتری برای تثبیت نیتروژن همزیست، نیاز به کاربرد کود شیمیایی نیتروژن افزایش می‌یابد که سبب آلودگی بیشتر خاک، آب و هوا می‌شود. برای درک اثر متقابل بین pH خاک و شدت سمیت علف‌کش‌ها بر همزیستی بین سویا و باکتری، آزمایش گلدانی در قالب طرح کاملاً تصادفی به صورت فاکتوریل تحت شرایط هوای آزاد انجام گرفت. فاکتور علف‌کش شامل شاهد، کاربرد پیش از کاشت ۹۹۰ گرم اتال فلورالین در هکتار، کاربرد پس از کاشت ۴۵۰ گرم متری‌بوزین در هکتار و کاربرد پس از رویشی ۱۰۸ گرم ایمازتاپیر در هکتار بود. فاکتور pH خاک شامل ۶/۴، ۷/۲ و ۸ بود. در تیمارهایی که علف‌کش استفاده نشده بود، گره‌زایی (تعداد و وزن خشک گره) و برخی پارامترهای رشد سویا تلقیح شده با باکتری به طور قابل توجهی تحت تأثیر pH خاک قرار گرفت. بیشترین گره‌زایی در pHهای ۷/۲ و ۸ خاک مشاهده شد. کمترین تعداد گره (۲۱/۳ گره در هر بوته) و کمترین وزن خشک گره (۴۹۱/۸ میلی گرم در هر بوته) نیز در خاک با pH برابر ۶/۴ مشاهده شد. شدت سمیت اتال فلورالین بر گره‌زایی تحت تأثیر pH خاک قرار نگرفت ولی شدت سمیت ایمازتاپیر و متری‌بوزین بر گره‌زایی به pH خاک بستگی داشت که متعاقباً سایر صفات سویا نیز بر همین اساس تحت تأثیر قرار گرفت. به طوری که شدت سمیت ایمازتاپیر بر گره‌زایی با افزایش pH خاک کاهش یافت. اما، شدت سمیت متری‌بوزین بر گره‌زایی با افزایش pH خاک افزایش یافت.

واژه‌های کلیدی: آهک، گره‌زایی، گوگرد، نیتروژن

مقدمه

کلیدی در تغذیه گیاه در شرایط حاصلخیزی ناکافی خاک است می‌تواند سبب آلودگی آب‌های زیرزمینی به نیترات و آلودگی هوا به اکسید نیتروژن شود (Ribeiro et al., 2021).

اکثر بقولات مانند سویا (*Glycine max*) قادر به همزیستی با باکتری اختصاصی خود (*Bradyrhizobium japonicum*) و تثبیت نیتروژن همزیست هستند. ماحصل همزیستی بین سویا و باکتری تقریباً ۴۵۰ کیلوگرم نیتروژن همزیست است که تقریباً معادل ۷۰ درصد نیاز سویا به نیتروژن را تامین می‌کند (Parsa et al., 2013). باکتری‌های همزیست با بقولات تنها موجوداتی حاوی آنزیم نیتروژناز هستند که می‌تواند نیتروژن اتمسفر (N_2) را به آمونیاک (NH_3) احیاء کنند تا قابل استفاده برای گیاهان شود. اگرچه گیاهان عملاً توسط N_2 احاطه شده‌اند، اما نمی‌توانند مستقیماً از آن بهره‌برداری نمایند. طبق گزارش‌های قبلی، اسیدیته (pH) خاک کمتر از ۵/۶ و بیشتر از ۸ می‌تواند بر عملکرد باکتری همزیست اختلال ایجاد کند. از سوی

جمعیت جهان همچنان در حال افزایش است و کشاورزی باید با افزایش تقاضا برای تولید غذا همگام شود. چالش‌های زیادی عملکرد گیاهان زراعی را تهدید می‌کند؛ مانند حشرات گیاهخوار، عوامل بیماری‌زای گیاهی و علف‌های هرز که وقوع یا خطر وقوع آنها اغلب مستلزم استفاده از آفت‌کش‌هاست. علی‌رغم مفید بودن آفت‌کش‌ها در حفاظت گیاهان، استفاده بیش از حد و غیر منطقی از آنها می‌تواند سلامت انسان و محیط زیست را به خطر بیندازد. از طرفی دیگر، کاربرد بسیار پرهزینه کودهای شیمیایی به ویژه نیتروژن که عنصر

۱ و ۲- به ترتیب استادیار و دانشجوی سابق مقطع کارشناسی گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران

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

(*)- نویسنده مسئول:

DOI: 10.22067/jpp.2023.75450.1080

دیگر، عملکرد سویا در pH خاک کمتر از ۶ نیز می‌تواند دچار اختلال شود (Rao and Reddy, 2010).

اگرچه علف‌کش‌ها برای محافظت از گیاهان در نظر گرفته شده‌اند، اما می‌توانند به طور بالقوه تهدیدی علیه فعالیت باکتری‌های همزیست با بقولات باشند و در نتیجه میزان تثبیت نیتروژن همزیست را کاهش دهند. اگر تثبیت نیتروژن همزیست تحت تأثیر منفی قرار گیرد، عملکرد محصول نیز متعاقباً تحت تأثیر منفی قرار خواهد گرفت (Cycoń et al., 2009). بیشتر علف‌کش‌های مورد استفاده در لایه بالایی خاک، جایی که تعداد و فعالیت باکتری‌های تثبیت کننده نیتروژن بیشترین مقدار است، باقی می‌مانند (Ribeiro et al., 2021). پس از کاشت بذر تلقیح شده با باکتری، سلول‌های باکتریایی روی سطح بذر شروع به تکثیر جهت ایجاد عفونت اولیه و گره‌زایی می‌کنند (Singh, 2005). در همان دوره زمانی که بذر بیشترین احتیاج را به توانایی باکتری در تثبیت نیتروژن همزیست دارد، کاربرد علف‌کش‌های خاک مصرف رخ می‌دهد. مطمئناً، کاربرد علف‌کش خاک مصرف خطر بیشتری بر همزیستی بین گیاه میزبان و باکتری خواهد داشت، زیرا فرآیند عفونت اولیه و گره‌زایی ممکن است مختل شود. اما کاربرد علف‌کش‌های شاخ و برگ مصرف نیز می‌تواند بر همزیستی بین گیاه و باکتری خطرناک باشد (Cycoń et al., 2009). در تحقیقات متعدد قبلی، تأثیر منفی کاربرد علف‌کش‌های بنتازون و تربفلورالین (Gonzalez et al., 1999)، ایمازاکوئین، کلومازون، سولفین ترازون (Arruda et al., 2001)، متری‌بوزین (Zaidi et al., 2005)، فلوکلرالین، کلریمورون-متیل (Tortosa et al., 2021; Sawicka and Tomaro, 2005)، لینورون (Sawicka and Tomaro, 2005)، ایمازتاپیر (Gonçalves et al., 2009; Selwet, 1998; Parsa et al., 2013; Sawicka et al., 2018; Jha et al., 2014)، گلایفوسیت (Zabalza et al., 2006; Selwet, 1998) و هالوکسی‌فوپ-پی-متیل (Fan et al., 2017; Bohm et al., 2009)، کلودینافوپ-پروپارژیل، آسی‌فلورفن (Parsa et al., 2013)، پاراکوات (Jha et al., 2014; Tortosa et al., 2021)، کلرانسولام-متیل، فلوئوکسازین، سافلوئناسیل، استوکلر، متولاکلر، دی‌متینامید، پیروکساسولفون (Ribeiro et al., 2021) و لاکتوفن (Gonçalves et al., 2018) به اثبات رسیده است. در چنین شرایطی، می‌توان انتظار داشت که باکتری نتواند به ظرفیت کامل خود برای تثبیت نیتروژن همزیست برسد و در نتیجه وابستگی گیاه به کود شیمیایی نیتروژن افزایش یابد. البته، محققان محدودی نیز به تأثیر مثبت کاربرد علف‌کش‌ها بر همزیستی بین گیاه میزبان و باکتری اشاره کرده‌اند (Trimurtulu et al., 2015). آنها بیان می‌کنند که باکتری‌های همزیست با بقولات قادرند مقادیر پایین علف‌کش‌ها را در خاک تجزیه کنند. به عنوان مثال، سویه‌ای از باکتری همزیست خاک تجزیه کننده (*Rhizobium* sp.) که از یک خاک کشاورزی جدا شده بود توانایی

تجزیه بسیار فعال آنرازین را دارد و از طریق فرآیند تجزیه علف‌کش می‌تواند منبعی دیگری برای تامین انرژی (علاوه بر کربوهیدرات‌ها از طریق فتوسنتز) برای رشد و نمو فراهم کند. از اینرو، نه تنها آنها اثرات سمی بر گیاه میزبان نمی‌گذارند، بلکه به واسطه تجزیه علف‌کش‌ها مقادیری هورمون گیاهی ایندول استیک اسید تولید می‌کنند که رشد گیاه میزبان را تحریک کرده و به گیاهان کمک می‌کند بر تنش ناشی از کاربرد علف‌کش غلبه کنند. در مطالعاتی که به تأثیر منفی کاربرد علف‌کش‌ها بر همزیستی بین گیاه میزبان و باکتری اشاره شده است، محققان چند مکانیسم را در این امر دخیل می‌دانند که عبارتند از: ۱) علف‌کش‌ها بطور مستقیم گیاه میزبان را تحت تأثیر قرار می‌دهند که منجر به کاهش انتقال منبع انرژی (کربوهیدرات‌ها) از گیاه میزبان به باکتری و در نتیجه کاهش تثبیت نیتروژن شد می‌شود (Anderson et al., 2004)، ۲) علف‌کش‌ها بطور مستقیم بقای باکتری در خاک را تحت تأثیر قرار می‌دهند (Singh and Wright, 2002)، ۳) علف‌کش‌ها شناسایی گیاه میزبان و تبادل سیگنال بین باکتری و گیاه میزبان را کاهش دهند (Daniel et al., 1999)، ۴) علف‌کش‌ها فعالیت نیتروژناز باکتری را تحت تأثیر قرار می‌دهند (Hernandez et al., 1999).

تمامی مطالعات قبلی در زمینه تأثیر علف‌کش بر همزیستی بین گیاه با باکتری تحت یک pH خاک مورد ارزیابی قرار گرفته است. از سوی دیگر، براساس خاصیت بار الکتریکی، علف‌کش‌ها به چهار گروه اسیدی، بازی، کاتیونی و غیر یونی دسته‌بندی می‌شوند (Monaco et al., 2002). خاصیت بار الکتریکی علف‌کش و pH خاک به عنوان عوامل موثر بر جذب و واجذب علف‌کش به ذرات خاکدانه مطرح هستند (Rigi et al., 2015). لذا، اینکه آیا در pH‌های مختلف خاک، شدت سمیت علف‌کش‌ها بر همزیستی بین گیاه با باکتری تغییر خواهد کرد یا خیر اطلاعات کافی وجود ندارد. درک اثرمتقابل بین pH خاک و شدت سمیت علف‌کش‌ها بر همزیستی بین گیاه با باکتری مهم است؛ زیرا اسیدی شدن یا قلیایی شدن خاک (Bohm et al., 2009) می‌تواند در طی چند سال در اکوسیستم‌های کشاورزی فشرده رخ دهد. لذا، این امر می‌تواند بر شدت سمیت علف‌کش‌ها بر همزیستی بین گیاه با باکتری تأثیرگذار باشد. از اینرو، این پژوهش به دنبال پاسخ به این سوال انجام گرفت که آیا شدت سمیت علف‌کش‌ها بر همزیستی بین گیاه میزبان و باکتری در رژیم‌های مختلف pH خاک می‌تواند به تفاوت در خاصیت بار الکتریکی علف‌کش‌ها مرتبط باشد یا خیر. براساس این فرضیه، علف‌کش غیر یونی اتال فلورالین، علف‌کش اسیدی ایمازتاپیر و علف‌کش بازی متری‌بوزین (Roberts, 1998) انتخاب شدند تا سمیت آنها بر همزیستی بین سویا و باکتری تحت سه pH خاک مورد بررسی قرار گیرد.

مواد و روش‌ها

خاک مورد نیاز برای این آزمایش از مزرعه آموزشی دانشگاه بوعلی سینا همدان که هیچ سابقه کشت سویایی در آن وجود نداشت تهیه شد. بافت این خاک لومی رسی (شن ۲۳/۶ درصد، ماسه ۴۷/۵ درصد و رس ۲۸/۹ درصد) با ۰/۷ درصد ماده آلی و pH برابر ۷/۲ بود. در این آزمایش، این خاک به عنوان خاک طبیعی در نظر گرفته شده است. براساس نتایج پیش آزمایشی بر روی خاک طبیعی، افزودن و مخلوط کردن ۰/۲ گرم گوگرد و ۵/۵ گرم آهک با هر کیلوگرم خاک طبیعی توانست به ترتیب خاک‌هایی مصنوعی با pH برابر ۶/۴ و ۸ را ایجاد کند. سپس، گلدان‌های پلاستیکی را جداگانه به مقدار ۱۵ کیلوگرم با هر کدام از خاک‌های تهیه شده پُر و هر پنج روز یکبار به مدت چهار هفته تا زمان کاشت آبیاری شدند.

آزمایش در محوطه بیرونی گلخانه تحقیقاتی دانشگاه بوعلی سینا همدان تحت شرایط هوای آزاد انجام گرفت که پارامترهای هواشناسی در طول مدت آزمایش **شکل ۱** نمایش داده شده است. در اواخر بهار ۱۳۹۷، بذره‌های سویا رقم هابیت با هیپوکلریت سدیم یک درصد به مدت پنج دقیقه ضدعفونی و با آب شستشو و خشک شدند. سپس، به مدت پنج دقیقه در مایع تلقیح تجاری سویا (بایوسوی، شرکت فن آوری زیستی طبیعت‌گرا) غوطه‌ور و مجدداً خشک شدند. درون هر گلدان، چهار بذر تلقیح شده با باکتری در عمق دو سانتی‌متری کاشته شدند. آبیاری اولیه از زیر گلدان انجام گرفت ولی پس از سبز شدن، گلدان‌ها هر سه روز یکبار آبیاری سطحی شدند. پس از سبز شدن، تعداد بوته‌ها به دو بوته در هر گلدان تنک شدند. طرح آزمایش در قالب کاملاً تصادفی به صورت فاکتوریل دو عاملی (علف‌کش و pH خاک) با چهار تکرار برای هر تیمار بود. فاکتور علف‌کش در چهار سطح شامل شاهد، کاربرد ۹۹۰ گرم اتال فلورالین در هکتار (سونالان، فرمولاسیون امولسیون شونده ۳۳ درصد) در قبل از کاشت به صورت مخلوط با لایه سطحی خاک، کاربرد ۱۰۸ گرم ایمازتاپیر در هکتار (پرسویت، فرمولاسیون مایع قابل حل در آب ۱۰ درصد) در مرحله دو برگه و کاربرد ۴۵۰ گرم متری بوزین در هکتار (سنکور، فرمولاسیون پودر خیس شونده ۷۵ درصد) در پس از کاشت بود. مقادیر علف‌کشی بکار رفته برابر مقادیر توصیه آنها بر روی برچسب هستند. فاکتور pH خاک نیز در سه سطح شامل ۶/۴، ۷/۲ (خاک طبیعی) و ۸ بود. علف‌کش‌ها با ۲۵۰ لیتر آب در هکتار در فشار ۳۰۰ کیلو پاسکال با استفاده از سمپاش پستی فشاری مجهز به نازل بادبزی القاء کننده هوا (AI11003VK) بکار برده شدند. به طور جداگانه، یک تیمار بذر تلقیح نشده تحت شرایط خاک طبیعی بدون کاربرد علف‌کش برای بررسی اثرات تلقیح بذر در نظر گرفته شد که با کمک آزمون t مورد مقایسه قرار گرفتند. در اواخر شهریور، بوته‌ها برای اندازه‌گیری پارامترهای رشد؛ از جمله ارتفاع، وزن خشک اندام‌های هوایی و ریشه،

تعداد و وزن خشک گره‌های ایجاد شده روی ریشه، برداشت شدند. قبل از تجزیه و تحلیل آماری، این داده‌ها بر دو (تعداد بوته در هر گلدان) تقسیم شدند. برای اندازه‌گیری محتوی نیتروژن اندام‌های هوایی و ریشه، از ۵۰ میلی گرم مواد گیاهی خشک شده جهت هضم به روش میکروکجلاال استفاده شد (AOAC, 2016). برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم‌افزار SAS نسخه ۹.۴ استفاده شد. میانگین‌ها با آزمون حداقل اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد مقایسه شدند.

در تیمار بدون کاربرد علف‌کش، کارایی تثبیت نیتروژن (NFE) از حاصل تقسیم محتوی نیتروژن اندام‌های هوایی در هر یک از تیمارهای خاک مصنوعی بر محتوی نیتروژن اندام‌های هوایی در تیمار خاک طبیعی و سپس ضربدر ۱۰۰ محاسبه شد (Primieri et al., 2016). در تیمار کاربرد علف‌کش‌ها، کارایی تثبیت نیتروژن در هر یک از pH‌های خاک به طور جداگانه با استفاده از معادله زیر محاسبه شد که در آن H برابر محتوی نیتروژن اندام‌های هوایی در تیمار بدون کاربرد علف‌کش و C برابر محتوی نیتروژن اندام‌های هوایی در تیمار کاربرد علف‌کش است.

$$NFE = (H/C) \times 100$$

معادله ۱:

نتایج و بحث

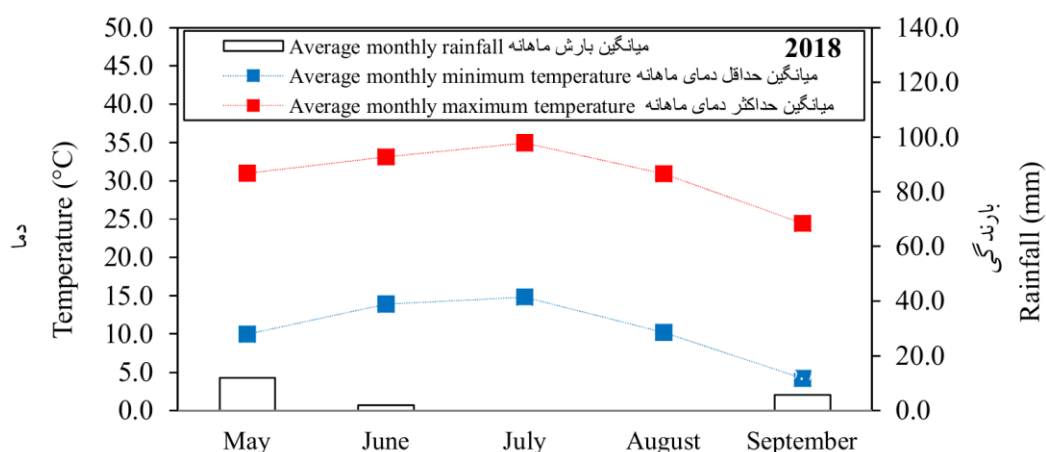
روی ریشه سویایی که بذر آن با باکتری تلقیح نشده و در خاک طبیعی (pH ۷/۲) پرورش یافته بود هیچ گره‌ی مشاهده نشد. در مقابل، روی ریشه سویایی که بذر آن با باکتری تلقیح شده و در خاک طبیعی پرورش یافته بود تعداد ۲۷/۱ گره در هر بوته (**شکل ۲الف**) با وزن خشک ۷۴۵/۲ میلی گرم در هر بوته (**شکل ۲ب**) تشکیل شد. گره‌ها عمدتاً روی ریشه اصلی مشاهده شدند. از آنجایی که گره‌زایی روی ریشه‌های جانبی نتیجه‌ای از حضور قبلی باکتری در خاک است (Rao and Reddy, 2010)، این مشاهده ما را به این نتیجه رساند که خاک طبیعی مورد استفاده در این آزمایش عاری از باکتری بوده است. با مقایسه دو تیمار تلقیح و عدم تلقیح بذر با باکتری و پرورش آن در خاک طبیعی با استفاده از آزمون t ($p = ۰/۰۱$)، نتیجه‌گیری شد که تلقیح بذر به طور معنی‌داری ارتفاع سویا را از ۲۴/۹ به ۳۹/۸ سانتی‌متر، وزن خشک اندام‌های هوایی را از ۶/۱ به ۱۳/۰ گرم در هر بوته، وزن خشک ریشه را از ۰/۸ به ۳/۱ گرم در هر بوته، محتوی نیتروژن اندام‌های هوایی را از ۲۴/۸ به ۳۶/۶ میلی گرم در هر گرم ماده خشک و محتوی نیتروژن ریشه را از ۱۲/۶ به ۲۳/۲ میلی گرم در هر گرم ماده خشک افزایش داد. همچنین، کاهش معنی‌داری در نسبت وزن خشک اندام‌های هوایی به ریشه از ۵/۸ در تیمار عدم تلقیح بذر با باکتری به ۴/۲ در تیمار تلقیح بذر با باکتری مشاهده شد. قبلاً، نتایج مشابهی در رابطه با تغییر الگوی تخصیص مواد فتوسنتزی در پاسخ به تلقیح‌سازی بذر با باکتری در ژنوتیپ‌های

کاهش pH خاک از ۷/۲ به ۶/۴ مشاهده شد (شکل ۳ج). در حالت بدون کاربرد علف‌کش، کارایی تثبیت نیتروژن در خاک مصنوعی با pH برابر ۸ در مقایسه با خاک طبیعی دستخوش تغییر معنی‌داری نشد. این در حالی است که کارایی تثبیت نیتروژن در خاک مصنوعی با pH برابر ۶/۴ در مقایسه با خاک طبیعی حدوداً ۸۸/۷ درصد بود که نشان دهنده کاهش کارایی تثبیت نیتروژن با کاهش pH خاک است.

نتایج نشان داد که شدت سمیت علف‌کش‌های ایمازتاپیر و متری‌بوزین بر گره‌زایی (تعداد و وزن خشک گره) به pH خاک بستگی دارد. به طوری که با افزایش pH خاک، سمیت ایمازتاپیر کاهش یافت، ولی شدت متری‌بوزین بر گره‌زایی افزایش یافت. در حالی که شدت سمیت اتال‌فلورالین بر گره‌زایی تحت تأثیر pH خاک قرار نگرفت (شکل‌های ۲الف، ب). قبلاً، سمیت ایمازتاپیر (Bohm et al., 2009; Gonçalves et al., 2018; Jha et al., 2014; Parsa et al., 2013; Sawicka and Selwet, 1998; Zabalza et al., 2006) و متری‌بوزین (Zaidi et al., 2005) بر گره‌زایی در سویا گزارش شده بود، ولی تماماً در یک pH خاک معین. محققان قبلی بیان کرده‌اند که تعادل اسید ایندول استیک و یا فعالیت نیتروژناز در گیاه میزبان می‌تواند تحت تأثیر علف‌کش‌ها قرار گیرد (Jiang et al., 2013). چنین تغییری می‌تواند ظرفیت تقسیم سلولی را کاهش دهد و یا سیگنال‌دهی بیوشیمیایی مورد نیاز برای آغاز گره‌زایی را غیرفعال کند و منجر به کاهش گره‌زایی شود (Kremer and Means, 2009).

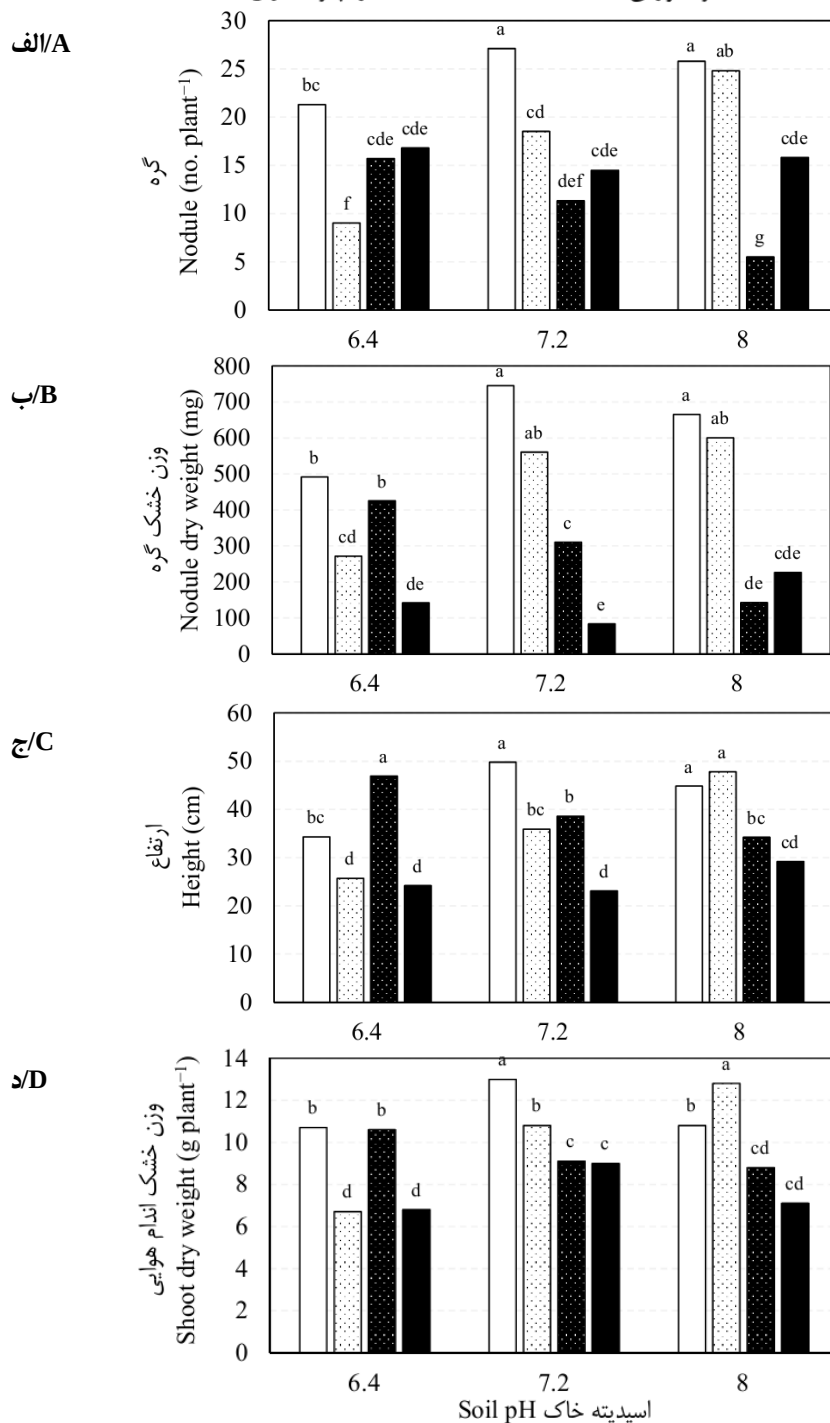
مختلف سویا گزارش شده است (Lestari et al., 2006). کاهش در نسبت وزن خشک اندام‌های هوایی به ریشه در پی تلقیح بذر با باکتری می‌تواند بر توانایی سویا برای جذب منابع بیشتر تأثیر بگذارد و منجر به توانایی رقابتی بیشتر در مقابل علف‌های هرز شود که این موضوع می‌تواند در تحقیقات بعدی مورد توجه قرار گیرد.

در تیمارهایی که هیچ علف‌کشی استفاده نشده بود (شاهد)، گره‌زایی و برخی پارامترهای رشد سویا تلقیح شده با باکتری به طور قابل توجهی تحت تأثیر pH خاک قرار گرفت (شکل‌های ۲ و ۳). بیشترین گره‌زایی در pH‌های ۷/۲ و ۸ خاک مشاهده شد که تفاوت معنی‌داری با هم نداشتند. کمترین تعداد گره (۲۱/۳) گره در هر بوته و کمترین وزن خشک گره (۴۹۱/۸ میلی‌گرم در هر بوته) نیز در خاک با pH برابر ۶/۴ مشاهده شد (شکل‌های ۲الف و ب). گره‌زایی ضعیف مشاهده شده در pH خاک اسیدی می‌تواند با سمیت یون هیدروژن مرتبط باشد که می‌تواند از آغاز گره‌زایی جلوگیری کند که در مطالعات قبلی نیز گزارش شده است (Belda, 2014). در نتیجه ممانعت از آغاز گره‌زایی، سویای رشد یافته در خاک با pH برابر ۶/۴ کمترین ارتفاع (۳۴/۳ سانتی‌متر) را نیز داشت (شکل ۲ج). با این وجود، بیشترین وزن خشک اندام‌های هوایی سویا (۱۳/۰ گرم در هر بوته) در خاک با pH برابر ۷/۲ به دست آمد (شکل ۲د). وقتی هیچ علف‌کشی استفاده نشده بود، پارامترهای وزن خشک ریشه، نسبت وزن خشک اندام‌های هوایی به ریشه و محتوی نیتروژن ریشه تحت تأثیر تغییرات pH خاک ($p = 0.05$) قرار نگرفت (شکل‌های ۳الف، ب و د). در حالی که کاهش قابل توجهی در محتوی نیتروژن اندام‌های هوایی از ۳۶/۷ به ۳۲/۵ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک زیست توده با



شکل ۱- پارامترهای هواشناسی در دوره انجام آزمایش
Figure 1- Meteorological parameters during the period of the experiment

□ Control شاهد ▨ Imazethapyr ایمازتاپیر ■ Metribuzin متریبوزین ■ Ethalfluralin اتال فلورالین

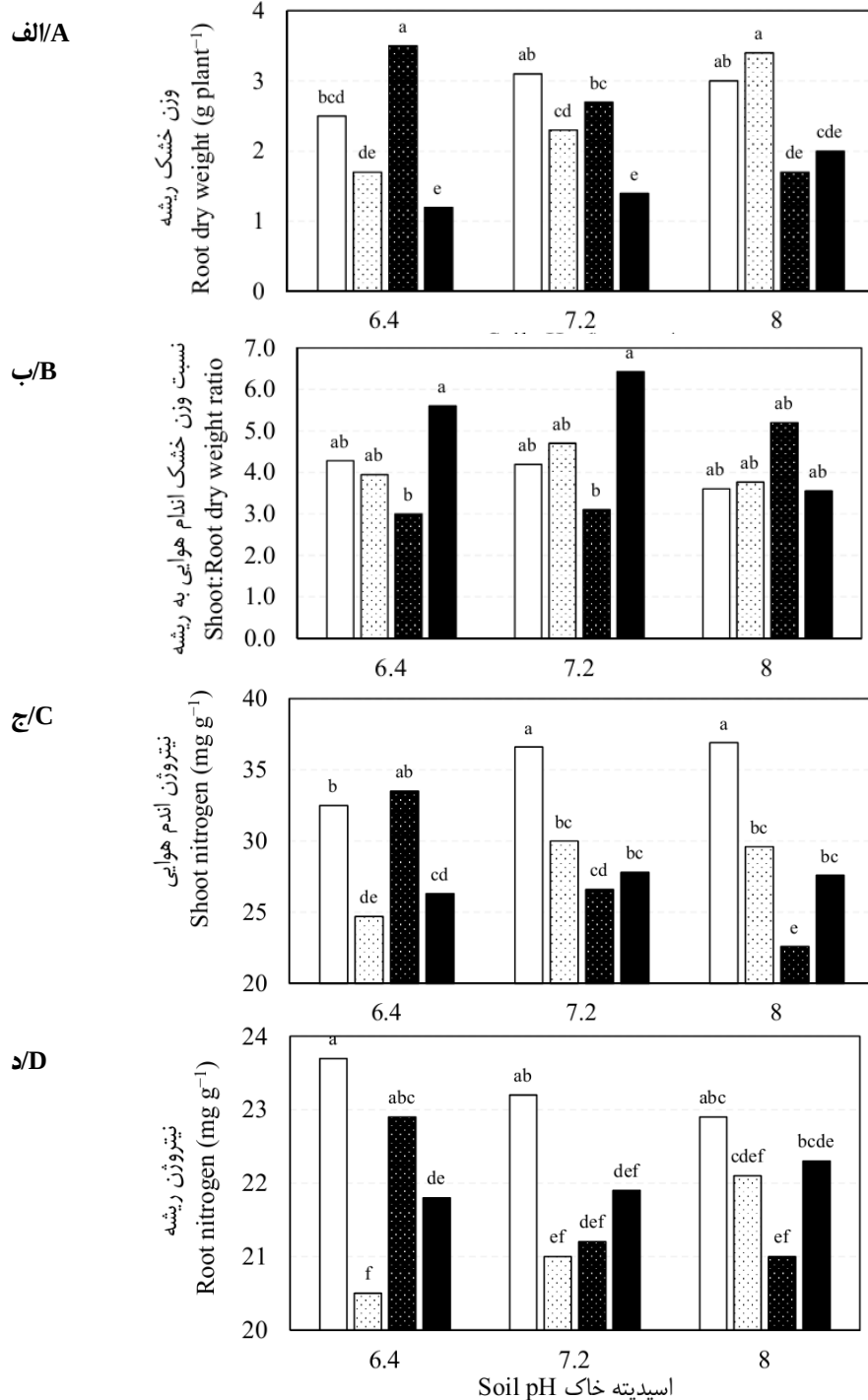


شکل ۲- تأثیر علفکش‌ها بر برخی صفات سویای رشد یافته در اسیدیته خاک مختلف

میانگین‌های دارای حرف مشترک اختلاف معنی‌دار ندارند (آزمون حداقل اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد).

Figure 2- Effect of herbicides on some soybean traits grown in different soil pH
Means with the same letter are not significantly different (LSD_{0.05} test).

اتال فلورالین Ethalfluralin متربیوزین Metribuzin ایمازتاپیر Imazethapyr شاهد Control



شکل ۳- تأثیر علفکش‌ها بر برخی صفات سویای رشد یافته در اسیدیته خاک مختلف

میانگین‌های دارای حرف مشترک اختلاف معنی‌دار ندارند (آزمون حداقل اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد).

Figure 3- Effect of herbicides on some soybean traits grown in different soil pH
Means with the same letter are not significantly different (LSD_{0.05} test).

با این وجود، نتایج آزمایش حاضر نشان می‌دهد که سمیت ایمازتاپیر و متری‌بوزین، اما نه اتال فلورالین، بر گره‌زایی باکتریایی در ریشه سویا قویاً به pH خاک بستگی دارد. این یافته ممکن است به تفاوت در خاصیت بار الکتریکی و قطبیت علف‌کش‌ها در رژیم‌های مختلف pH خاک مربوط باشد. اتال فلورالین، علف‌کشی غیر یونی است؛ یعنی در تمام رژیم‌های pH خاک همیشه بدون بار الکتریکی است. ایمازتاپیر، علف‌کشی اسیدی ضعیف است؛ یعنی در pH‌های قلیایی خاک مولکول‌های علف‌کش به شکل آنیون (دارایی بار الکتریکی منفی) هستند ولی در pH‌های اسیدی خاک مولکول‌های علف‌کش به شکل غیر یونی (از نظر بار الکتریکی خنثی) هستند. متری‌بوزین، علف‌کشی بازی ضعیف است؛ یعنی در pH‌های اسیدی خاک مولکول‌های علف‌کش به شکل کاتیون (دارایی بار الکتریکی مثبت) هستند ولی در pH‌های قلیایی خاک مولکول‌های علف‌کش به صورت غیر یونی (از نظر بار الکتریکی خنثی) هستند (Monaco et al., 2009). در pH اسیدی خاک، ایمازتاپیر، که به شکل غیر یونی است، کمتر می‌تواند به ذرات خاک جذب شود و لذا از نظر بیولوژیکی بیشتر در آب خاک در دسترس‌تر است؛ لذا، می‌تواند سمیت بیشتری علیه باکتری (همچنین برای سویا) ایجاد نماید که نمود آن در کاهش گره‌زایی نمایان شد (شکل ۲الف). در pH قلیایی خاک، وجود سطوح بالایی از کاتیون‌های دو و سه ظرفیتی آزاد در خاک ممکن است با آنیون ایمازتاپیر پیوند ایجاد کند؛ لذا، از نظر بیولوژیکی ایمازتاپیر کمتر در آب خاک آزاد و در دسترس‌تر باشد. به همین دلیل، سمیت ایمازتاپیر بر گره‌زایی در خاک با pH قلیایی کمتر بود (شکل ۲الف). در مقابل، در pH خاک اسیدی، از آنجایی که متری‌بوزین به شکل کاتیون است، به همین دلیل متری‌بوزین می‌تواند به ذرات خاک جذب شده بود و از نظر بیولوژیکی کمتر آزاد و در دسترس باشد؛ لذا سمیت کمتری علیه باکتری (همچنین علیه سویا) ایجاد نماید که نمود آن در افزایش گره‌زایی نمایان شد (شکل ۲الف). در منابع علمی قبلی که سمیت علف‌کش‌ها بر همزیستی بین سویا و باکتری را مطالعه کرده‌اند، تناقض‌هایی را می‌توان روی شدت سمیت علف‌کش بر همزیستی بین سویا و باکتری مشاهده کرد. برای مثال، در یک تحقیق (Zaidi et al., 2005)، همزیستی بین سویا و باکتری به طور نامطلوبی با کاربرد نصف دوز توصیه شده از علف‌کش فلوکلرالین تحت تأثیر قرار گرفته است. اما، در تحقیق دیگر (Khan et al., 2004)، همزیستی بین سویا و باکتری با کاربرد مقدار دو برابری دوز توصیه شده از همین علف‌کش تحت تأثیر قرار نگرفته است. تفاوت pH خاک‌های مورد استفاده در این دو تحقیق می‌تواند دلیل احتمالی این تضاد باشد. متأسفانه pH خاک در متن هیچ یک از این منابع علمی گزارش نشده است. سمیت علف‌کش‌های اتال فلورالین، ایمازتاپیر و متری‌بوزین بر گره‌زایی باکتری متعاقباً بر سایر صفات سویا نیز تأثیرگذار بود. بدون وابستگی به pH خاک، کاربرد اتال فلورالین توانست ارتفاع (شکل ۲ج)،

وزن خشک اندام‌های هوایی (شکل ۲د)، وزن خشک ریشه (شکل ۳الف)، محتوی نیتروژن اندام‌های هوایی (شکل ۳ج) و محتوی نیتروژن ریشه (شکل ۳د) سویا را به طور معنی‌داری در تمام رژیم‌های pH خاک کاهش داد. در مقابل، افزودن آهک و گوگرد به خاک طبیعی به ترتیب باعث کاهش و افزایش تأثیر منفی ایمازتاپیر بر ارتفاع سویا شد. تأثیر متری‌بوزین بر ارتفاع سویا به شدت به pH خاک وابسته بود. کاربرد متری‌بوزین منجر به یک اثر محرکی در خاک با pH برابر ۶/۴ ولی یک اثر کاهشی در خاک‌های با pH برابر ۷/۲ و ۸ بر ارتفاع سویا شد (شکل ۲ج).

با کاربرد ایمازتاپیر، وزن خشک اندام‌های هوایی سویا با کاهش pH خاک به طور معنی‌داری کاهش یافت. کاربرد ایمازتاپیر در خاک با pH برابر ۸ اثر محرکی بر وزن خشک اندام‌های هوایی سویا داشت. با کاربرد متری‌بوزین، وزن خشک اندام‌های هوایی سویا با افزایش pH خاک به طور معنی‌داری کاهش یافت. کاربرد متری‌بوزین در خاک با pH برابر ۶/۴ هیچ تأثیری بر وزن خشک اندام‌های هوایی سویا نداشت (شکل ۲د). ضمن اینکه کاربرد متری‌بوزین در خاک با pH برابر ۶/۴ دارای تأثیر محرکی بر وزن خشک ریشه سویا داشت، نتایج مربوط به صفات وزن خشک اندام هوایی و ریشه سویا دارای روند مشابهی بود (شکل ۳الف). کمترین محتوی نیتروژن اندام‌های هوایی (۲۲/۶ میلی‌گرم در هر گرم زیست توده خشک) در تیمار کاربرد متری‌بوزین در خاک با pH برابر ۸ مشاهده شد (شکل ۳ج). ولی کمترین محتوی نیتروژن ریشه (۲۰/۵ میلی‌گرم در هر گرم زیست توده خشک) در تیمار کاربرد ایمازتاپیر در خاک با pH برابر ۶/۴ مشاهده شد (شکل ۳د). به طور کلی، بجز در مورد تیمار کاربرد متری‌بوزین در خاک با pH برابر ۶/۴، کاربرد هر سه علف‌کش در تمام رژیم‌های pH خاک موجب کاهش محتوی نیتروژن اندام‌های هوایی سویا شد. همچنین، با افزایش pH خاک، محتوی نیتروژن اندام‌های هوایی سویا با ایمازتاپیر افزایش یافت، اما با متری‌بوزین کاهش یافت. به طور کلی، بجز در مورد تیمار کاربرد متری‌بوزین در خاک با pH برابر ۶/۴ و تیمار کاربرد اتال فلورالین در خاک با pH برابر ۸، کاربرد هر سه علف‌کش در تمام رژیم‌های pH خاک موجب کاهش محتوی نیتروژن ریشه سویا شد. همچنین، با افزایش pH خاک، محتوی نیتروژن ریشه سویا با کاربرد ایمازتاپیر افزایش یافت، اما با کاربرد متری‌بوزین کاهش یافت. دلیل اینکه در تیمارهای کاربرد علف‌کش صفات رشدی سویا با کاهش مواجه شدند را می‌توان به دو دلیل ارتباط داد: ۱) کاهش گره‌زایی که در این آزمایش به اثبات رسید و یا ۲) افزایش جذب ریشه‌ای علف‌کش در سویا که می‌تواند هزینه های فیزیولوژیکی جهت متابولیسم علف‌کش توسط سویا را افزایش دهد (Monaco et al., 2002).

کمترین نسبت وزن خشک اندام‌های هوایی به ریشه سویا با کاربرد متری‌بوزین در خاک‌های با pH برابر ۶/۴ و ۷/۲ مشاهده شد

(شکل ۳ ب). بجز در مورد تیمارهای مذکور، بین سایر تیمارها از نظر نسبت وزن خشک اندام‌های هوایی به ریشه سویا اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. از نتایج بدست آمده چنین می‌توان استنتاج کرد که توانایی سویا در جذب منابع (آب و عناصر غذایی از خاک) با کاربرد متری بوزین در pH خاک اسیدی افزایش می‌یابد. برای روشن شدن این موضوع به تحقیقات بیشتری نیاز است. بجز در مورد متری بوزین در خاک مصنوعی اسیدی (pH ۶/۴)، کاربرد تمامی علف‌کش‌ها سبب کاهش کارایی تثبیت نیتروژن در تمام رژیم‌های pH خاک شد. به طوری که در خاک مصنوعی اسیدی، کارایی تثبیت نیتروژن در تیمارهای کاربرد اتال فلورالین، ایمازتاپیر و متری بوزین در مقایسه با تیمار عدم کاربرد علف‌کش به ترتیب برابر ۸۰/۹، ۱۰۳/۱ و ۷۶/۰ درصد بود. در خاک مصنوعی، کارایی تثبیت نیتروژن در تیمارهای علف‌کشی مذکور در مقایسه با تیمار عدم کاربرد علف‌کش به ترتیب برابر ۷۸/۷، ۷۳/۷ و ۸۲/۰ درصد بود. نهایتاً، در خاک مصنوعی قلیایی، کارایی تثبیت نیتروژن در تیمارهای علف‌کشی مذکور در مقایسه با تیمار عدم کاربرد علف‌کش به ترتیب برابر ۷۴/۸، ۶۱/۲ و ۸۰/۲ درصد بود.

نتیجه‌گیری

علی‌رغم فواید بسیاری زیاد کاربرد علف‌کش‌ها، ولی آنها می‌توانند

منابع

- Anderson, A., Baldock, J.A., Rogers, S.L., Bellotti, W., & Gill, G. (2004). Influence of chlorsulfuron on rhizobial growth, nodule formation, and nitrogen fixation with chickpea. *Australian Journal of Agricultural Research* 55(10): 1059-1070. <https://doi.org/10.1071/AR03057>.
- AOAC. (2016). *Official methods of analysis of AOAC international, 20th edn.* Latimer GW (ed). AOAC International, Washington, DC.
- Arruda, J.S., Lopes, N.F., & Moura, A.B. (2001). Behavior of *Bradyrhizobium japonicum* strains under different herbicide concentrations. *Planta Daninha* 19: 111-117. <https://doi.org/10.1590/S0100-83582001000100013>.
- Belda, K.D. (2014). *Effect of liming on root nodulation and grain yield of soybean at Bako agricultural research center, Western Ethiopia* (Doctoral dissertation, Haramaya University).
- Bohm, G.M., Alves, B.J., Urquiaga, S., Boddey, R.M., Xavier, G.R., Hax, F., & Rombaldi, C.V. (2009). Glyphosate- and imazethapyr-induced effects on yield, nodule mass and biological nitrogen fixation in field-grown glyphosate-resistant soybean. *Soil Biology and Biochemistry* 41(2): 420-422. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2008.11.002>.
- Cycoń, M., Wójcik, M., & Piotrowska-Seget, Z. (2009). Biodegradation of the organophosphorus insecticide diazinon by *Serratia* sp. and *Pseudomonas* sp. and their use in bioremediation of contaminated soil. *Chemosphere* 76(4): 494-501. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2009.03.023>.
- Daniel, O., Meier, M.S., Schlatter, J., & Frischknecht, P. (1999). Selected phenolic compounds in cultivated plants: ecologic functions, health implications, and modulation by pesticides. *Environmental Health Perspectives* 107: 109-114. <https://doi.org/10.1289/ehp.99107s1109>.
- Fan, L., Feng, Y., Weaver, D.B., Delaney, D.P., Wehtje, G.R., & Wang, G. (2017). Glyphosate effects on symbiotic nitrogen fixation in glyphosate-resistant soybean. *Applied Soil Ecology* 121: 11-19. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2017.09.015>.
- Gonçalves, C.G., Juniorm, A.C.S., Scarano, M., Pereirad, M.R.R., & Martins, D. (2018). Action of imazethapyr and lactofen on the nodulation of conventional and transgenic soybean under drought stress conditions. *Planta Daninha* 36: e018176280.
- Gonzalez, N., Eyherabide, J.J., Barcelonna, M.I., Gaspari, A., & Sanmartino, S. (1999). Effect of soil interacting

بر همزیستی بین سویا و باکتری تأثیر منفی بگذارند. بنابراین، باکتری نمی‌تواند به ظرفیت کامل خود برای تثبیت نیتروژن همزیست دست یابد؛ لذا، به منظور تغذیه کامل سویا نیاز به کاربرد کود شیمیایی افزایش می‌یابد. در اسیدیته خاکی که در آن علف‌کش کمتری به ذرات خاک جذب می‌شود، همزیستی بین سویا و باکتری نیز می‌تواند بیشتر مختل شود. بر اساس نتایج آزمایش حاضر، کاربرد متری بوزین در خاکی با pH قلیایی یا کاربرد ایمازتاپیر در خاکی با pH اسیدی می‌تواند به شدت بر همزیستی بین سویا و باکتری لطمه وارد کند. از آنجایی که اسیدی و قلیایی شدن خاک می‌تواند به سرعت در اکوسیستم‌های کشاورزی از طریق روش‌های کشاورزی مرسوم رخ دهد، مانند افزودن آهک یا گوگرد به خاک جهت اصلاح pH خاک، کشاورزان باید به ویژگی بار الکتریکی علف‌کش‌ها و pH خاک مزرعه خود توجه داشته باشند تا سمیت علف‌کش‌ها بر همزیستی بین سویا و باکتری را به حداقل برسانند.

سپاسگزاری

نویسندگان از مدیریت شرکت فن‌آوری زیستی طبیعت‌گرا که به صورت رایگان مایع تلقیح بذر سویا را تأمین کردند صمیمانه تشکر و قدردانی می‌کنند.

- herbicides on soybean nodulation in Balcarce, Argentina. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 34: 1167-1173. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X1999000700008>.
11. Hernandez, A., Garcia-Plazaola, J.I., & Becerril, J.M. (1999). Glyphosate effects on phenolic metabolism of nodulated soybean (*Glycine max* L. Merr.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 47(7): 2920-2925. <https://doi.org/10.1021/jf981052z>.
12. Jha, B.K., Chandra, R., & Singh, R. (2014). Influence of post emergence herbicides on weeds, nodulation and yields of soybean and soil properties. *Legume Research* 37(1): 47-54. <https://doi.org/10.5958/j.0976-0571.37.1.007>
13. Jiang, L.X., Jin, L.G., Guo, Y., Tao, B., & Qiu, L.J. (2013). Glyphosate effects on the gene expression of the apical bud in soybean (*Glycine max*). *Biochemical and Biophysical Research Communications* 437(4): 544-549. <https://doi.org/10.1016/j.bbrc.2013.06.112>.
14. Khan, M.S., Zaidi, A., & Aamil, M. (2004). Influence of herbicides on chickpea-Mesorhizobium symbiosis. *Agronomie* 24(3): 123-127. <https://doi.org/10.1051/agro:2004009>.
15. Kremer, R.J., & Means, N.E. (2009). Glyphosate and glyphosate-resistant crop interactions with rhizosphere microorganisms. *European Journal of Agronomy* 31(3): 153-161. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2009.06.004>.
16. Lestari, P., Van, K., Kim, M.Y., & Lee, S.H. (2006). Nodulation and growth of a super nodulating soybean mutant SS2-2 symbiotically associated with *Bradyrhizobium japonicum*. *Journal AgroBiogen* 2: 8-15.
17. Monaco, T.J., Weller, S.C., & Ashton, F.M. (2002). *Weed science: principles and practices*. New York: Wiley.
18. Parsa, M., Aliverdi, A., & Hammami, H. (2013). Effect of the recommended and optimized doses of haloxyfop-P-methyl or imazethapyr on soybean-*Bradyrhizobium japonicum* symbiosis. *Industrial Crops and Products* 50: 197-202. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2013.07.019>.
19. Primieri, S., Dalla Costa, M., Stroschein, M.R.D., Stocco, P., Santos, J.C.P., & Antunes, P.M. (2016). Variability in symbiotic effectiveness of N₂ fixing bacteria in *Mimosa scabrella*. *Applied Soil Ecology* 102: 19-25. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2016.01.018>.
20. Rao, A.S., & Reddy, K.S. (2010). Nutrient management in soybean. In: Singh G. (ed). *The soybean: botany, production and uses*. London: CABI.
21. Ribeiro, V.H.V., Maia, L.G.S., Arneson, N.J., Oliveira, M.C., Read, H.W., Ané, J.M., Santos, J.B., & Werle, R. (2021). Influence of PRE-emergence herbicides on soybean development, root nodulation and symbiotic nitrogen fixation. *Crop Protection* 144: 105576. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2021.105576>.
22. Rigi, M.R., Farahbakhsh, M., & Rezaei, K. (2015). Adsorption and desorption behavior of herbicide metribuzin in different soils of Iran. *Journal of Agricultural Science and Technology* 17(3): 777-787. <http://jast.modares.ac.ir/article-23-8925-en.html>.
23. Roberts, T.R. (1998). *Metabolic Pathways of Agrochemicals. Part 1: Herbicides and Plant Growth Regulators*. The Royal Society of Chemistry, UK: Cambridge.
24. Sawicka, A., & Selwet, M. (1998). Effect of active ingredients on *Rhizobium* and *Bradyrhizobium* legume dinitrogen fixation. *Polish Journal of Environmental Studies* 7: 317-320.
25. Singh, G. (2005). Effects of herbicides on biological nitrogen fixation in grain and forage legumes—a review. *Agricultural Reviews* 26(2): 133-140.
26. Singh, G., & Wright, D. (2002). In vitro studies on the effects of herbicides on the growth of rhizobia. *Letters in Applied Microbiology* 35(1): 12-16. <https://doi.org/10.1046/j.1472-765X.2002.01117.x>.
27. Tortosa, G., Parejo, S., Cabrera, J.J., Bedmar, E.J., & Mesa, S. (2021). Oxidative stress produced by paraquat reduces nitrogen fixation in soybean-*Bradyrhizobium diazoefficiens* symbiosis by decreasing nodule functionality. *Nitrogen* 2(1): 30-40. <https://doi.org/10.3390/nitrogen2010003>.
28. Trimurtulu, N., Ashok, S., Latha, M., & Rao, A.S. (2015). Influence of pre-emergence herbicides on the soil microflora during the crop growth of Blackgram, *Vigna mungo* L. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences* 4(6): 539-546.
29. Zabalza, A., Gaston, S., Ribas-Carbó, M., Orcaray, L., Igal, M., & Royuela, M. (2006). Nitrogen assimilation studies using ¹⁵N in soybean plants treated with imazethapyr, an inhibitor of branched-chain amino acid biosynthesis. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 54(23): 8818-8823.
30. Zaidi, A., Khan, M.S., & Rizvi, P.Q. (2005). Effect of herbicides on growth, nodulation and nitrogen content of greengram. *Agronomy for Sustainable Development* 25(4): 497-504. <https://doi.org/10.1051/agro:2005050>.
31. Zawoznik, M.S., & Tomaro, M.L. (2005). Effect of chlorimuron-ethyl on *Bradyrhizobium japonicum* and its symbiosis with soybean. *Pest Management Science* 61(10): 1003-1008. <https://doi.org/10.1002/ps.1077>.



Effect of Nitrogen Fertilizer Sources on Growth, Yield and Ability to Withstand Competition of Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) in Different Red Root Pigweed (*Amaranthus retroflexus*) Densities

A. Mehregannia¹, S.A. Kazemeini^{2*}

Received: 25-08-2022

Revised: 22-09-2022

Accepted: 24-01-2023

Available Online: 24-01-2023

How to cite this article:

Mehregannia, A., & Kazemeini, S.A. (2023). Effect of nitrogen fertilizer sources on growth, yield and ability to withstand competition of Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) in different red root pigweed (*Amaranthus retroflexus*) Densities. *Journal of Iranian Plant Protection Research* 37(1): 89-103. (In Persian with English abstract).
<http://doi.org/10.22067/jpp.2023.78423.1102>

Introduction

Quinoa (*Chenopodium quinoa* L.) is a highly nutritional seed crop from the Andean region with huge genetic variability, enabling its cultivation across a wide range of environmental conditions. The area and production under quinoa in the world in 2020 was 189000 ha with 175000 tonnes production. There is some evidence for allelopathic activity of quinoa and this potential could be probably used in terms of integrated weed management. Agronomic practices such as nitrogen fertilization influence weed emergence, growth and competition in a crop. Nevertheless, despite the numerous studies on new and promising crops globally, there is a clear lack of information on the combined effect of weed density and nitrogen fertilizer sources on quinoa crop. Therefore, the purpose of this study was to evaluate the effects of nitrogen fertilizer sources and red root pigweed densities on growth, yield and competitive ability of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd). This information could be helpful for the overall development of crop and weed management strategies in quinoa crop.

Materials and Methods

A field study was conducted during the 2021 growing season at the research farm of the School of Agriculture, Shiraz University, to assess the impact of nitrogen fertilizer sources on the growth, yield, and competitive ability of quinoa in the presence of red root pigweed at different densities. The experiment was set up in a split-plot design with nitrogen fertilizer sources (control, urea, sulfur-coated urea, and ammonium nitrate) assigned to the main plots, and red root pigweed densities (0, 5, 10, 15, 20, and 25 plants per square meter) assigned to the sub-plots. There were three replications of each treatment. For the quinoa traits and weed traits, a 2-meter square area was harvested from each plot. Quinoa traits included plant height, leaf area index, number of grains per plant, 1000 grain weight, grain yield, biological yield, and harvest index. The quinoa plants were dried in an oven at 75°C for 72 hours to determine seed yield. Weeds were also harvested from a 2 m² area in each plot to measure plant height, shoot height, panicle length, and leaf area index. The collected data were analyzed using SAS v. 9.1 software (SAS Institute 2003). When significant differences were found among treatments, mean comparisons were performed using Duncan's multiple range tests at a significance level of $P < 0.05$.

Results and Discussion

The results of the experiment indicated that the use of sulfur coated urea had a positive effect on the competitive ability of quinoa. Weed density had a detrimental impact on various growth and yield parameters of quinoa, including plant height, leaf area index, number of grains per plant, 1000 grain weight, grain yield,

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

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

DOI: [10.22067/jpp.2023.78423.1102](https://doi.org/10.22067/jpp.2023.78423.1102)

biological yield, and harvest index. However, the application of sulfur coated urea mitigated the negative effects of weed density. Specifically, when the highest weed density of 25 plants per square meter was present, the application of sulfur coated urea led to a 1.1-fold increase in plant height, a 2.5-fold increase in leaf area index, a 2.5-fold increase in the number of grains per plant, a 1.1-fold increase in 1000 grain weight, a 2.8-fold increase in grain yield, and a 1.8-fold increase in biological yield compared to the control. At different red root pigweed densities (0, 5, 10, 15, 20, and 25 plants per square meter), the application of sulfur coated urea resulted in significant improvements in quinoa performance. It increased the number of grains per plant by 86.5%, 118%, 139.4%, 168.8%, 149.6%, and 153.4% compared to the control at respective weed densities. Additionally, 1000 grain weight increased by 7.9% to 9.9%, and the ability of quinoa to withstand competition increased by 19.6% to 55%. The findings of this study are consistent with previous research that has demonstrated the positive effects of organic nutrients on reducing weed competition in agricultural systems. It has also been observed that weeds tend to produce more biomass in the presence of fertilizer compared to the control. Therefore, it can be concluded that the improved grain yield of quinoa resulting from the application of sulfur coated urea was primarily attributed to its ability to enhance the plant's competitive ability against weeds.

Conclusion

The application of sulfur coated urea led to a higher quinoa yield compared to using control. However, weed competition was greater with urea fertilization in comparison with sulfur coated urea fertilizer. In addition, most weeds are highly responsive to soil N, so the application of all fertilizer types should be carefully considered to reduce the competitive advantage of weeds over crops.

Acknowledgements

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

Keywords: Ability to withstand competition, Leaf area index, Plant height, Sulfur coated urea

اثر منابع کودی نیتروژن بر رشد، عملکرد و توانایی تحمل رقابتی کینوا (*Chenopodium quinoa* Willd) در تراکم‌های مختلف تاج خروس (*Amaranthus retroflexus*)

اعظم مهرگان نیا^۱ - سید عبدالرضا کاظمینی^{۲*}

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۶/۰۳

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۱/۰۶/۳۱

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۱/۰۴

چکیده

به منظور ارزیابی اثر منابع کودی نیتروژن بر رشد، عملکرد و توانایی تحمل رقابتی کینوا در تراکم‌های مختلف تاج خروس، آزمایشی مزرعه‌ای بصورت اسپیلیت پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز در سال ۱۴۰۱ اجرا شد. فاکتورها شامل منابع کودی نیتروژن (شاهد، اوره، اوره با پوشش گوگردی و نیترات آمونیوم) به عنوان فاکتور اصلی و تراکم‌های علف هرز تاج خروس (صفر، ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰ و ۲۵ بوته در متر مربع) به عنوان فاکتور فرعی بودند. نتایج نشان داد افزایش تراکم علف هرز تاج خروس باعث کاهش عملکرد و اجزای عملکرد کینوا شد. کاربرد کود اوره با پوشش گوگردی حتی در بالاترین تراکم علف هرز تاج خروس (۲۵ بوته در متر مربع) نسبت به سایر منابع کودی با افزایش توانایی تحمل رقابتی کینوا منجر به بهبود ارتفاع بوته، شاخص سطح برگ، تعداد دانه در بوته، وزن هزار دانه، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک به ترتیب به میزان ۱/۱، ۲/۵، ۲/۸، ۱/۱ و ۱/۸ برابر در مقایسه با تیمار بدون کود شد. شاخص توانایی تحمل رقابتی در بالاترین تراکم علف هرز (۲۵ بوته در متر مربع) با کاربرد منابع کودی اوره، اوره با پوشش گوگردی و نیترات آمونیوم به ترتیب به میزان ۶/۵، ۳۷/۸ و ۲۲/۴ درصد در مقایسه با تیمار بدون کود افزایش یافت. نتایج این پژوهش نشان داد که به نظر می‌رسد کاربرد کود اوره با پوشش گوگردی می‌تواند به دلیل رهاسازی آهسته و طولانی مدت نیتروژن و تاثیر بر رشد رویشی گیاه و اندازه و طول عمر برگ و نهایتاً توسعه سطح سبزینه‌ای و سایه‌انداز گیاهی نیز نقش مهمی در افزایش توانایی تحمل رقابتی گیاه کینوا داشت.

واژه‌های کلیدی: ارتفاع بوته، اوره با پوشش گوگردی، توانایی تحمل رقابتی، شاخص سطح برگ

مقدمه

دولپه‌ای، آلوتراپلوئید ($2n = 4x = 36$) و خودگرده‌افشان است اما دگرگرده‌افشانی در آن به میزان ۱۵-۱۰ درصد نیز وجود دارد (Hosseini et al., 2020). سطح زیر کشت جهانی کینوا حدوداً ۱۸۵ هزار هکتار و متوسط عملکرد جهانی آن نیز تقریباً ۸۷۵ کیلوگرم در هکتار است (FAO, 2019). در ایران در سال ۱۳۹۸ سطح زیر کشت کینوا ۱۹۸ هکتار بوده ولی امید است در سال‌های آینده سطح زیر کشت به ۳ هزار هکتار برسد (Bagheri et al., 2020). ارزش پروتئین دانه‌های کینوا غنی از اسیدهای آمینه ضروری انسان (Ashraf et al., 2017) و فاقد گلوتن و به خاویار گیاهی معروف است و جایگزین مناسبی برای غلاتی مانند گندم، چاودار و جو که همگی

کینوا با نام علمی (*Chenopodium quinoa* Willd)، گیاهی شبه غله، یکساله، از خانواده تاج خروس (*Amaranthaceae*)، جنس سلمه‌تره (*Chenopodium*)، سه کرنبه (Walters et al., 2016)

۱ و ۲- به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد و استاد گروه تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز، فارس، ایران

(Email: akazemeini@shirazu.ac.ir)

(*)- نویسنده مسئول:

DOI: 10.22067/jpp.2023.78423.1102

دارای گلوتن هستند به حساب می‌آید (Stikic et al., 2012) ارزش غذایی و همچنین سازگاری بالای کینوا با طیف وسیعی از شرایط زراعی و اکولوژیکی، منجر به توسعه و کشت آن در جهان شده است (Stikic et al., 2012).

نیتروژن یکی از پرمصرف‌ترین عناصر مورد نیاز گیاه است، که در سطح جهانی محدودکننده‌ترین عنصر غذایی در تولید محصولات کشاورزی محسوب می‌شود. استفاده کارآمد از نیتروژن در کشاورزی می‌تواند باعث افزایش عملکرد، کاهش هزینه تولید و آلودگی‌های زیست‌محیطی گردد (Karami et al., 2020). کینوا عکس‌العمل بسیار خوبی به مصرف نیتروژن نشان می‌دهد و در بالاترین سطح استفاده از نیتروژن (۳۲۰ کیلوگرم در هکتار) میزان سرعت رشد و عملکرد دانه و عملکرد زیستی و تجمع ماده خشک و همچنین افزایش روند سوخت و ساز کینوا به دست آمد (Saeidi et al., 2020). پژوهشگران دریافته‌اند که کاربرد کود اوره با پوشش گوگردی در مقایسه با کود اوره عملکرد دانه برنج را افزایش داد (Sing et al., 2015). محققین گزارش کردند که عملکرد علوفه تازه و خشک سودانگراس با کاربرد کود سولفات آمونیوم در مقایسه با نیترات آمونیوم از نظر میزان فسفر، پتاسیم و پروتئین خام از کیفیت بیشتری برخوردار بود و افزایش معنی‌داری داشت (Abo Zied et al., 2017). کاربرد کود اوره با پوشش گوگردی منجر به افزایش وزن هزاردانه و عملکرد ارقام برنج شد (Saiful Islam et al., 2009). در پژوهشی با بررسی اثرات منابع مختلف نیتروژن شامل کود سولفات آمونیوم، نیترات آمونیوم و اوره بر عملکرد دو رقم آفتابگردان (سیرنا و تکنوسول) مشخص شد که استفاده از کود اوره باعث افزایش قطر طبق و وزن هزاردانه شد (Ozturk et al., 2017). کینوا دارای ظرفیت بالایی در جذب نیترات خاک دارد و باعث کاهش آلودگی آب‌های زیرزمینی، افزایش حاصلخیزی خاک و نیز کاهش فرسایش آن می‌شود (Kakabouki et al., 2018).

علف‌های هرز یکی از عوامل محدودکننده رشد و توسعه کشت کینوا است و در رقابت بر جذب منابع آب، مواد غذایی و نور بطور مستقیم بر عملکرد گیاه تأثیر می‌گذارند. با افزایش تراکم و زمان تداخل علف‌هرز با کینوا، عملکرد گیاه کاهش می‌یابد. شدت و مدت تداخل و ظهور علف‌های هرز عواملی هستند که میزان تلفات عملکرد گیاه زراعی را تعیین می‌کنند. علف‌های هرز مهم کینوا شامل سلمه‌تره (*Chenopodium allbum*) و تاج‌خروس (*Amaranthus retroflexus*) می‌باشند و کنترل آنها به دلیل هم خانواده بودن با کینوا در مزرعه مشکل است (Buckland et al., 2018). تاج

خروس ریشه قرمز (*Amaranthus retroflexus*) سومین علف‌هرز غالب دلیلهای در سطح جهان (Asadi et al., 2017) به شمار می‌رود و به دلیل تولید بذر زیاد و پایداری آن، سالانه موجب کاهش معنی‌دار عملکرد گیاه زراعی می‌شود، به طوری که سبز شدن همزمان این علف هرز با گیاه زراعی بیش از ۳۰ درصد کاهش عملکرد دانه را به همراه داشته است (Yadavi et al., 2007). این علف هرز به دلیل دارا بودن طبیعت رشد نامحدود و مسیر فتوسنتزی چهارکربنه، در دمای بالا و نور شدید بویژه در مزارع گیاهان زراعی تابستانه و گرمادوست نظیر ذرت، قدرت رقابتی بیشتری از خود نشان می‌دهد (Dieleman et al., 1995; Jafarzadeh et al., 2016). مصرف بیشتر کود نیتروژن باعث افزایش تراکم و افزایش ارتفاع و تعداد شاخه‌های جانبی یعنی افزایش زیست توده و افزایش سطح برگ کینوا خواهد شد که خود منجر به افزایش رقابت با علف‌های هرز نیز می‌شود و نیز عامل مهمی در موفقیت مدیریت و کنترل علف‌هرز می‌باشد (Karami et al., 2020). تاکنون پژوهشی در خصوص اثر کودهای مختلف نیتروژن بر رقابت کینوا با علف‌های هرز صورت نگرفته است لذا با توجه به اهمیت این گیاه به لحاظ سازگاری با شرایط مختلف محیطی و اینکه در ایران گیاهی جدید به شمار می‌آید، مطالعه حاضر با هدف بررسی اثر منابع کودی نیتروژن‌دار بر رشد و عملکرد کینوا در تراکم‌های مختلف تاج‌خروس اجرا شد.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی اثر منابع کودی نیتروژن بر رشد و عملکرد و توانایی تحمل رقابتی کینوا با علف‌هرز تاج خروس، پژوهشی در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز واقع در باجگاه (با عرض جغرافیایی ۲۹ درجه و ۴۳ دقیقه و طول جغرافیایی ۵۲ درجه و ۳۵ دقیقه و ارتفاع ۱۷۸۸ متر از سطح دریا) در تابستان سال ۱۴۰۰ به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. تیمارها شامل تیمار کودی نیتروژن بدون کود (شاهد)، اوره، اوره با پوشش گوگردی و نیترات آمونیوم بر اساس ۲۵۰ کیلوگرم نیتروژن خالص به عنوان فاکتور اصلی و شش تراکم علف-هرز تاج‌خروس (صفر، ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰ و ۲۵ بوته در مترمربع) به عنوان فاکتور فرعی بود. پیش از کشت گیاه در زمین، برای تعیین برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه آزمایشی، از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری خاک مزرعه نمونه‌برداری انجام شد (جدول ۱).

جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خاک در عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری

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

هدایت الکتریکی	رس	سیلت	شن	نیتروژن کل	ماده آلی	فسفر
EC	Clay	Silt	Sand	Total N	O.M.	P
(dS.m ⁻¹)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(mg.kg ⁻¹)
0.73	16.32	57.62	20.32	0.09	1.08	12

۷۰ درجه سانتی‌گراد در داخل آون قرار گرفت و عملکرد بیولوژیک و دانه توزین شد. شاخص برداشت با استفاده از معادله (Chowdhry et al., 1999) بررسی شد:

$$HI = GY / BY \times 100$$

HI شاخص برداشت بر حسب درصد، GY عملکرد اقتصادی بر حسب گرم و BY عملکرد بیولوژیک بر حسب گرم می‌باشد. تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.3 انجام و مقایسه میانگین‌ها با آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد محاسبه و نمودارها و جداول با نرم‌افزار Excel رسم شد.

نتایج و بحث

پارامترهای رشدی تاج‌خروس

بر اساس نتایج جدول تجزیه واریانس، اثرات اصلی نوع کود و تراکم علف هرز تاج‌خروس و همچنین بر همکنش آن‌ها بر پارامترهای رشدی تاج‌خروس در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). در هر سطح از نوع کود مصرفی با افزایش تراکم علف هرز ارتفاع بوته تاج‌خروس کاهش یافت و بیشترین ارتفاع بوته (۷۳/۱۰) سانتی‌متر) در تیمار برهمکنش کود اوره با پوشش گوگردی و تراکم علف هرز (۵ بوته در متر مربع) بدست آمد که نسبت به سطح بدون کود به میزان ۷۲ درصد افزایش یافت. کاربرد کود نیترات آمونیوم در تمام سطوح تراکم علف هرز در مقایسه با سایر کودها، کمترین تاثیر بر افزایش ارتفاع بوته علف هرز را نشان داد. کاربرد کودهای اوره و اوره با پوشش گوگردی در بالاترین تراکم علف هرز (۲۵ بوته در مترمربع) باعث افزایش ۲۰/۲ و ۵۷/۲ درصدی ارتفاع بوته در مقایسه با تیمار بدون کود شد (جدول ۳).

نتایج نشان داد با افزایش تراکم علف هرز، شاخص سطح برگ تاج‌خروس افزایش یافت و کاربرد منابع کودی نیتروژن مختلف با افزایش این شاخص در تاج‌خروس نسبت به بدون کود همراه بود. کمترین میزان شاخص سطح برگ (۰/۰۲۱) در تیمار بدون کود و تراکم ۵ بوته در مترمربع بدست آمد. در تیمار بدون کود، از تراکم ۵ به ۲۵ بوته در متر مربع تاج‌خروس، میزان شاخص سطح برگ تا ۵/۷ برابر (۰/۰۲۱ در برابر ۰/۱۴۱) افزایش یافت و در سایر سطوح دیگر کود این افزایش بطور متوسط تا ۵ برابر بود. در پایین‌ترین تراکم علف هرز (۵ بوته در متر مربع) کاربرد کود اوره با پوشش گوگردی در مقایسه با کودهای اوره و نیترات آمونیوم تفاوت معنی‌داری نشان نداد و در مقایسه با سطح بدون کود بطور متوسط به میزان ۶۶ درصد شاخص

عملیات آماده‌سازی زمین شامل شخم توسط گاواهن برگردان‌دار و دو بار دیسک عمود بر هم و ایجاد کرت‌های آزمایشی به ابعاد ۱/۸ × ۳ متر بود که با خط زن دستی خطوط موازی به فاصله ۳۰ سانتی‌متر از یکدیگر ایجاد شد و بذور کینوا رقم تی‌تی‌کاکا (زودرس، طول دوره رشد ۱۰۸ روز از کاشت) در ۱۵ مرداد ماه و در عمق ۱ سانتی‌متری و فاصله بوته روی ردیف یک سانتی‌متر کشت شد. گیاهان در مرحله ۴ برگ‌گی جهت رسیدن به تراکم ۵۰ بوته تنک شدند (Samadzadeh et al., 2020). یک سوم از مقادیر هر منبع کودی در زمان کاشت با توجه به درصدهای متفاوت نیتروژن، کود اوره (۴۶٪ نیتروژن)، اوره با پوشش گوگردی (۳۲٪ نیتروژن، ۳۰٪ - ۲۰٪ گوگرد) و نیترات آمونیوم (۳۰٪ نیتروژن کل، ۱۲/۲٪ نیتروژن به شکل نیترات، ۱۸/۶٪ نیتروژن به شکل آمونیوم)، به کرت‌ها بصورت دست‌پاش داده شد و با خاک مخلوط گردید و باقیمانده در مرحله ۵-۶ برگ‌گی رشد گیاه کینوا به صورت سرک در کرت‌ها پخش شد. آبیاری مزرعه با استفاده از روش تیپ بر اساس عرف منطقه هر ۱۰-۷ روز یک‌بار انجام شد. جهت اطمینان از حصول تراکم‌های تاج‌خروس زمین آلوده به علف هرز تاج‌خروس انتخاب و بطور روزانه از کرت‌ها بازدید و ضمن وجین سایر علف‌های هرز (باریک‌برگ‌ها و سایر پهن‌برگ‌ها) نیز تراکم‌های مورد نظر اعمال شد.

در انتهای فصل رشد صفات علف هرز شامل ارتفاع بوته، سطح برگ (با استفاده از دستگاه Leaf Area Metter مدل Delta-T Device)، تعداد دانه در بوته و زیست توده تاج‌خروس اندازه‌گیری شد. شاخص توانایی تحمل رقابت^۱ (AWC) با استفاده از معادله زیر تعیین گردید. هر چه مقدار این شاخص بزرگ‌تر باشد، نشان‌دهنده توانایی بیشتر گیاه زراعی برای تحمل رقابت با علف‌های هرز است.

$$AWC = Vi / Vp \times 100 \quad (\text{Watson et al., 2002})$$

AWC شاخص توانایی تحمل رقابت

Vi عملکرد گیاه زراعی در شرایط با علف‌هرز

Vp عملکرد گیاه زراعی در شرایط بدون علف‌هرز می‌باشد.

پارامترهای اندازه‌گیری شده در کینوا در انتهای فصل رشد شامل ارتفاع بوته، سطح برگ و محاسبه شاخص سطح برگ، وزن هزار دانه کینوا، تعداد دانه در بوته و نیز با رعایت اثر حاشیه، برداشت دو متر مربع از وسط هر کرت صورت گرفت و به مدت ۴۸ ساعت در دمای

با پوشش گوگردی در مقایسه با سایر تیمارهای کودی بیشتر بوده است که با نتایج سایر پژوهشگران مطابقت داشت (Yaghoubi et al., 2011; Massinga et al., 2001). پژوهشگران بیان کردند که افزایش تراکم تاج خروس از ۵/۰ به هشت بوته در متر مربع منجر به کاهش شاخص سطح برگ ذرت و افزایش شاخص سطح برگ تاج خروس شد (Massinga et al., 2001).

سطح برگ افزایش یافت لکن در سایر سطوح تراکم علف هرز، تیمار کاربرد نیترات آمونیوم نسبت به کود اوره و کود اوره با پوشش گوگردی بطور معنی‌داری از شاخص سطح برگ کمتری برخوردار بود (جدول ۳).

به نظر می‌رسد که تاج خروس از طریق افزایش سطح برگ توانایی رقابت خود را با گیاه زراعی افزایش داده است و تاثیر کود اوره

جدول ۲- آنالیز واریانس (میانگین مربعات) پارامترهای رشدی تاج خروس

Table 2- Analysis of variance (mean of squares) for growth parameters of red root pigweed

میانگین مربعات Mean of squares					
منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	ارتفاع بوته Plant height	شاخص سطح برگ Leaf area index	تعداد دانه در بوته Grain number per plant	زیست توده Biomass (g m ⁻²)
تکرار Replication	2	12.848	0.000016	702.7	48.97
منبع کودی Fertilizer source	3	1872.96**	0.0046**	1590095.08**	14745.58**
خطا a Error a	6	16.405	0.0000089	642.21	20.81
تراکم تاج خروس Red root pigweed density	4	345.74**	0.0460**	66234.41**	15719.35**
منبع کودی × تراکم تاج خروس Red root pigweed density × Fertilizer source	12	34.59**	0.00028**	3437.35**	524.86**
خطا b Error b	32	3.55	0.000005	1078.3	10.27
ضریب تغییرات CV (%)		14.05	12.10	12.81	13.48

*, **, و ns: به ترتیب معنی‌داری در سطح ۵٪ و ۱٪ و غیر معنی‌دار.

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

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر منابع کودی و تراکم علف هرز بر پارامترهای رشدی تاج خروس

Table 3- Mean comparison the effects of fertilizer sources and weed density on growth parameters of red root pigweed

منابع کودی Fertilizer sources	تراکم علف هرز Weed density (plant m ⁻²)	ارتفاع بوته Plant height (cm)	شاخص سطح برگ Leaf area index	تعداد دانه در بوته Grain number per plant	زیست توده Biomass (g m ⁻²)
شاهد Control	5	42.50 ^{e-g}	0.021 ⁿ	767.3 ^j	26.93 ^l
	10	41.20 ^{f-h}	0.048 ^l	705.6 ^j	48.33 ^k
	15	36.73 ^{ij}	0.079 ⁱ	684.9 ^{kl}	65.50 ⁱ
	20	35.80 ^j	0.109 ^{gh}	666.7 ^{kl}	77.86 ^h
	25	34.10 ^j	0.141 ^e	632.0 ^l	87.00 ^g
اوره Urea	5	52.80 ^d	0.034 ^m	1366.2 ^{c-e}	47.56 ^k
	10	53.93 ^d	0.072 ^j	1339.6 ^{c-f}	90.53 ^g
	15	53.10 ^d	0.112 ^{fg}	1315.9 ^{ef}	120.30 ^e
	20	44.20 ^{ef}	0.156 ^c	1239.8 ^{gh}	140.53 ^d
	25	41.00 ^{gh}	0.207 ^a	1215.0 ^h	147.00 ^c
اوره با پوشش گوگردی Sulfur coated urea	5	73.10 ^a	0.035 ^m	1560.1 ^a	52.66 ^k
	10	67.80 ^b	0.073 ^j	1485.0 ^b	97.93 ^f
	15	58.60 ^c	0.113 ^f	1386.9 ^c	138.70 ^d
	20	53.50 ^d	0.153 ^{cd}	1371.5 ^{cd}	161.00 ^b
	25	53.60 ^d	0.207 ^a	1327.6 ^{d-f}	184.33 ^a
نیترات آمونیوم Ammonium nitrate	5	44.40 ^e	0.033 ^m	1345.2 ^{c-e}	31.36 ^l
	10	40.73 ^{gh}	0.068 ^k	1320.7 ^{d-f}	55.46 ^j
	15	38.60 ^{hi}	0.107 ^h	1287.4 ^{fg}	74.20 ^h
	20	34.66 ^j	0.149 ^d	1235.4 ^{gh}	88.13 ^g
	25	30.06 ^k	0.195 ^b	1095.4 ⁱ	102.16 ^f

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

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

بر اساس نتایج جدول مقایسه میانگین مشخص شد که با افزایش تراکم علف هرز، تعداد دانه در بوته تاج خروس کاهش یافت به صورتی که با تغییر تراکم بوته تاج خروس از ۵ به ۲۵ بوته، در سطوح بدون کود ۱۷/۶ درصد، اوره با ۱۱ درصد، اوره با پوشش گوگردی ۱۴/۹ درصد و نیترات آمونیوم ۱۸/۵ درصد تعداد دانه در بوته کاهش یافت. کاربرد کود اوره با پوشش گوگردی در تراکم‌های علف هرز ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰ و ۲۵ بوته در مترمربع، به ترتیب باعث افزایش ۲/۰۳، ۲/۱۰، ۲/۰۲، ۲/۰۵ و ۲/۱۰ برابری تعداد بذر در بوته تاج خروس در مقایسه با تیمار بدون کود شد کاربرد کود نیز در مقایسه با بدون کود همواره با اثر مثبت بر تولید تعداد بذر در بوته تاج خروس همراه بود. (جدول ۳). بطور کلی کمترین تاثیر بر تعداد دانه در بوته تاج خروس نسبت به بدون کود، مربوط به کاربرد کود نیترات آمونیوم با افزایش ۱/۸۱ برابری بود و سپس کود اوره به میزان ۱/۸۷ برابر و بیشترین آن متعلق به کود اوره با پوشش گوگردی با افزایش ۲ برابری تعداد دانه در بوته تاج خروس بود.

با توجه به جدول مقایسه میانگین، در تیمار بدون کود با افزایش تراکم علف هرز از ۵ به ۱۰، ۱۵، ۲۰ و ۲۵ بوته در مترمربع، زیست توده تاج خروس در واحد سطح به ترتیب به میزان ۱/۸، ۲/۴، ۲/۹ و ۳/۲ برابر افزایش یافت. کمترین زیست توده (۲۶/۹۳ گرم در متر مربع) در تیمار بدون کود و کمترین تراکم تاج خروس (۵ بوته در متر مربع) بدست آمد که تفاوت معنی داری با کاربرد کود نیترات آمونیوم در همان تراکم نداشت. بیشترین زیست توده (۱۸۴/۳۳ گرم در متر مربع) نیز در تیمار کاربرد اوره با پوشش گوگردی و تراکم ۲۵ بوته در مترمربع بدست آمد که با سایر تیمارهای کودی تفاوت معنی داری داشت (جدول ۳). بطور کلی کاربرد کود اوره، اوره با پوشش گوگردی و نیترات آمونیوم نسبت به بدون کود زیست توده تاج خروس را به ترتیب به میزان ۲/۱، ۱/۷۸ و ۱/۱۵ برابر افزایش داد. کودها نه تنها رشد گیاه زراعی بلکه رشد علف‌های هرز را نیز تحت تاثیر قرار می‌دهند و میزان و نوع کود مصرفی می‌تواند نقش مهمی در افزایش زیست توده علف هرز داشته باشد. با افزایش منابع کودی نیتروژن، گیاهچه‌های بیشتری سبز شده و وزن خشک بیشتری نیز به خود اختصاص خواهند داد (Fateh et al., Barker et al., 2006). در مطالعه‌ای توسط کاظمینی و همکاران بر روی تاثیر تراکم‌های علف هرز یولاف وحشی و نیتروژن بر روی عملکرد کلزا بیان شد که یولاف وحشی در مقادیر بالای نیتروژن رشد بهتری داشت (Kazemeini et al., 2013).

پارامترهای رشد، عملکرد و اجزای عملکرد کینوا

ارتفاع بوته کینوا بطور معنی داری تحت تاثیر تراکم علف هرز و

نوع کود و برهمکنش آنها قرار گرفت (جدول ۴). بیشترین ارتفاع بوته (۱۰۷/۴۶ سانتی متر) در تیمارهای بدون علف هرز و کاربرد کود اوره با پوشش گوگردی بدست آمد که تفاوت معنی داری با کود اوره و نیترات آمونیوم نشان نداد (جدول ۵). در هر سطحی از نوع کود مصرفی با افزایش تراکم علف هرز تا ۲۵ بوته در متر مربع ارتفاع بوته کینوا بطور معنی داری کاهش یافت که در تیمار بدون کود (شاهد) تا ۱/۴ برابر نسبت به بدون علف هرز کاهش یافت و از بین منابع کودی، نیترات آمونیوم به میزان ۵۳ درصد بیشترین تاثیر بر کاهش ارتفاع بوته کینوا در مقایسه با دو نوع کود اوره و اوره با پوشش گوگردی نشان داد (جدول ۵). کاربرد کود اوره و کود اوره با پوشش گوگردی نقش موثری در تعدیل اثر حضور علف هرز بر کاهش ارتفاع بوته در مقایسه با نیترات آمونیوم نشان داد علف‌های هرز از دو طریق با گیاه‌زراعی رقابت کرده یکی سایه‌اندازی و کاهش میزان نور در دسترس گیاه زراعی و دیگری رقابت با گیاه زراعی در استفاده از منابع غذایی موجود که نتیجه آن کاهش دسترسی گیاه به این منابع و کاهش پارامترهای رشدی است (Zimdahl, 2007; Jabran and Chauhan, 2018). کاهش ارتفاع نشان‌دهنده کاهش توانایی رقابت گیاه است (Murphy et al., 2008). سرعت رشد کینوا در ۳۰ روز پس از ظهور بسیار کند بوده و از روز ۳۰ تا ۹۰ سرعت رشد افزایش یافته و مجدداً بعد از این بازه زمانی شاهد کاهش سرعت رشد کینوا به دلیل شروع مرحله رشد زایشی و تخصیص مقادیر زیادی از آسمیلات‌های گیاهی برای تولید بذر خواهیم بود که همین امر باعث برتری علف هرز در رقابت با کینوا است (De Oliveira Vergara et al., 2019). از این رو به نظر می‌رسد که با توجه به کند بودن سرعت رشد کینوا در ابتدای فصل رشد، کاربرد کود اوره با پوشش گوگردی به دلیل رهاسازی نیتروژن به صورت آهسته‌تر کمک فراوانی به کاهش رقابت بین علف‌های هرز و کینوا در ابتدای فصل رشد می‌کند. با توجه به نقش مثبت نیتروژن در تشکیل پروتئین‌ها و تقسیم سلولی، کاربرد کودهای پوشش‌دار از طریق ایجاد تعادل بین تقاضای گیاه و رهایش عناصر غذایی نقش مهمی در افزایش پارامترهای رشد گیاه داشت (Khavesh et al., 2015).

شاخص سطح برگ کینوا بطور معنی داری در سطح یک درصد تحت تاثیر تیمارها و برهمکنش آن‌ها قرار گرفت (جدول ۴) و بیشترین شاخص سطح برگ (۴/۷۲) در برهمکنش بدون علف هرز و کاربرد کود اوره با پوشش گوگردی بدست آمد و کمترین آن (۱/۷۳) در بالاترین تراکم علف هرز (۲۵ بوته در مترمربع) و تیمار بدون کود ثبت شد (جدول ۵). کاربرد اوره با پوشش گوگردی در بالاترین تراکم علف هرز (۲۵ بوته در مترمربع) به عنوان بهترین منبع کودی باعث افزایش شاخص سطح برگ به ترتیب به میزان ۱/۵، ۱/۰ و ۱/۱ برابر در مقایسه با تیمار بدون کود، کود اوره و کود نیترات آمونیوم شد

(جدول ۵). به عبارت دیگر کاربرد کود اوره با پوشش گوگردی با افزایش شاخص سطح برگ نقش مهمی در افزایش توانایی تحمل رقابتی کینوا در برابر تاج‌خروس ایفا کرد، به صورتی که شاخص سطح برگ کینوا بدست آمده از کاربرد کود اوره با پوشش گوگردی در مقایسه با سایر تیمارهای کودی در تمامی تراکم‌های علف هرز برتر بود (جدول ۵). در بین پارامترهای رشدی در گیاهان زراعی، شاخص سطح برگ در مراحل اولیه رشد با شدت سرکوبگری علف‌های هرز و افزایش توانایی تحمل رقابتی گیاه زراعی رابطه داشته (Hansen et al., 2008; Hoard et al., 2008); و میزان نفوذ نور به کانوپی و دسترسی علف‌های هرز به نور را تحت تاثیر قرار می‌دهد (Mirshekari, 2008). کاربرد کود اوره با پوشش گوگردی به دلیل رهاسازی نیتروژن به صورت آهسته و طولانی‌مدت و با تاثیر بر رشد رویشی گیاه و اندازه و دوام طول عمر برگ و نهایتاً توسعه سطح سبزینه‌ای و سایه‌انداز گیاهی نیز نقش مهمی در افزایش شاخص سطح برگ گیاه داشت. این نتایج با نتایج بدست آمده از مطالعات پیشین مطابقت داشت (Göksoy et al., 2006; Eltelib et al., 2006; 2004).

براساس نتایج بدست آمده اجزای عملکرد و عملکرد دانه کینوا بطور معنی داری تحت تاثیر اثرات اصلی نوع کود و تراکم علف هرز تاج‌خروس و همچنین بر همکنش آن‌ها در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود (جدول ۴).

بیشترین وزن هزار دانه (۲/۷۴ گرم) در تیمار بدون علف هرز و کاربرد کود اوره با پوشش گوگردی بدست آمد که تفاوت معنی‌داری با کاربرد کود اوره نداشت (جدول ۵). کاربرد کود اوره با پوشش گوگردی در تراکم‌های علف هرز ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰ و ۲۵ بوته در مترمربع به ترتیب باعث افزایش ۷/۹، ۷/۹، ۹/۸، ۹/۹ و ۹/۹ درصدی وزن هزار دانه در مقایسه با تیمار بدون کود شد. کود اوره با پوشش گوگردی به دلیل رهاسازی آهسته و طولانی مدت نیتروژن و همچنین کاهش هدرروی آن نقش مهمی در فراهمی مقادیر کافی نیتروژن در طی مراحل رشد گیاه داشته و باعث افزایش وزن هزار دانه می‌شود. این نتایج با نتایج سایر محققین مبنی بر افزایش وزن هزار دانه در اثر کاربرد کود اوره با پوشش گوگردی مطابقت داشت (Khan et al., 2015; Khabbazkar et al., 2009; al., 2012).

بیشترین تعداد دانه در بوته (۳۰۶۰) در تیمار کودی اوره با پوشش گوگردی و بدون علف هرز بدست آمد و کمترین آن (۵۷۹) متعلق به برهمکنش تیمارهای بدون کود و تراکم ۲۵ بوته علف هرز در مترمربع بدست آمد (جدول ۵). برهمکنش نوع کود و تراکم علف هرز

بر تعداد دانه در بوته نشان داد که کاربرد تمام منابع کودی، افت ایجاد شده ناشی از حضور علف هرز را کاهش داد و میان سطوح تیمار کودی کمترین افت مربوط به کاربرد کود اوره با پوشش گوگردی بود بطوری که در بالاترین تراکم علف هرز (۲۵ بوته در مترمربع) کاربرد اوره با پوشش گوگردی به میزان ۲/۵ برابر و نیترات آمونیوم به میزان ۲/۰ برابر نسبت به تیمار بدون کود بطور معنی‌داری افزایش یافت. به عبارت دیگر به نظر می‌رسد اثر سوء علف هرز بر درصد کاهش تعداد دانه در بوته با کاربرد اوره و بطور مشخص اوره با پوشش گوگردی به دلیل افزایش توانایی تحمل رقابتی کینوا در برابر علف هرز بهبود یافته است که منجر به کاهش افت تعداد دانه در بوته شود (جدول ۵). بطور کلی کاربرد کود اوره با پوشش گوگردی در تراکم‌های علف هرز صفر، ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰ و ۲۵ بوته در مترمربع باعث افزایش معنی‌دار تعداد دانه در بوته به ترتیب به میزان ۸۶/۵، ۱۱۸، ۱۳۹/۴، ۱۶۸/۸، ۱۴۹/۶ و ۱۵۳/۴ درصد نسبت به بدون کود و ۱۳/۵، ۲۳/۴، ۲۹/۷، ۳۹/۰ و ۲۸/۰ درصد نسبت به کود نیترات آمونیوم شد (جدول ۵). بر اساس نتایج جدول همبستگی بین تعداد دانه با شاخص سطح برگ ($r = +0.81^{**}$) رابطه مثبت و معنی‌داری وجود داشت که با کاهش این پارامتر، تعداد دانه کاهش یافت (جدول ۶).

عملکرد دانه کینوا با افزایش تراکم علف هرز در هر سطح از تیمار کودی کاهش یافت لکن کاربرد کودهای اوره، اوره با پوشش گوگردی و نیترات آمونیوم در تراکم علف هرز ۲۵ بوته در متر مربع، باعث افزایش ۲/۰، ۲/۸ و ۲/۲ برابری عملکرد دانه در مقایسه با تیمار بدون کود شد (جدول ۵). بیشترین عملکرد دانه کینوا (۴۱۹/۴ گرم در متر مربع) با کاربرد اوره با پوشش گوگردی در برهمکنش با تیمار بدون علف هرز بدست آمد که تفاوت معنی‌داری با سایر تیمارهای کودی نشان داد (جدول ۵). بطور کلی هر چند کاربرد کودهای مختلف نیز منجر به افزایش بیوماس تاج‌خروس شد (جدول ۵) لکن به نظر می‌رسد بهره‌وری از کود توسط گیاه زراعی بیشتر بوده است و به عبارتی کینوا با افزایش سطح فتوسنتزکننده بیشتر از توانایی تحمل تحمل رقابتی بیشتری در مقایسه با علف هرز برخوردار بوده و با تولید مواد فتوسنتزی بیشتر نقش مهمی در پر شدن و افزایش تعداد دانه داشته است که منجر به افزایش عملکرد دانه می‌شود. نتایج همبستگی نشان داد که بین عملکرد دانه با تعداد دانه ($r = +0.92^{**}$) نیز یک ارتباط مثبت و معنی‌داری وجود داشت (جدول ۶). مطالعات پیشین نیز بیان کردند که کاربرد کود اوره با پوشش گوگردی از طریق افزایش توانایی رقابت گیاه زراعی نقش مهمی در افزایش عملکرد دانه داشت (Khan et al., 2015).

جدول ۴- آنالیز واریانس (میانگین مربعات) رشد، عملکرد و اجزای عملکرد کینوا
Table 4- Analysis of variance (mean of squares) for growth, yield and yield components of quinoa

میانگین مربعات Mean of squares								
منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	ارتفاع بوته Plant height	سطح برگ Leaf area index	شاخص 1000 grain weight	تعداد دانه در بوته Number of grain per plant	عملکرد دانه Grain yield	عملکرد بیولوژیک Biological yield	شاخص برداشت Harvest index
تکرار Replication	2	56.38	0.1009	0.01744	1899.22	11.965	107.28	1.935
منبع کودی Fertilizer source	3	398.15**	95.34**	0.18546**	3982119.55**	85753.92**	269007.50**	97.657**
خطا Error a	6	50.94	1.31	0.01527	13287.83	223.34	349.45	5.287
تراکم تاخروس Red root pigweed density	5	1588.20**	94.82**	0.01587	3392949.29**	68572.30**	119672.03**	406.12**
منبع کودی × تراکم تاخروس Red root pigweed density× Fertilizer source	15	23.63*	2.25**	0.00107*	148131.16*	2483.65**	4567.28**	4567.28**
خطا Error b	40	9.69	0.51	0.00087	2490.77	192.42	381.38	3.24
ضریب تغییرات CV (%)		3.61	3.79	11.12	12.98	16.21	14.43	13.41

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

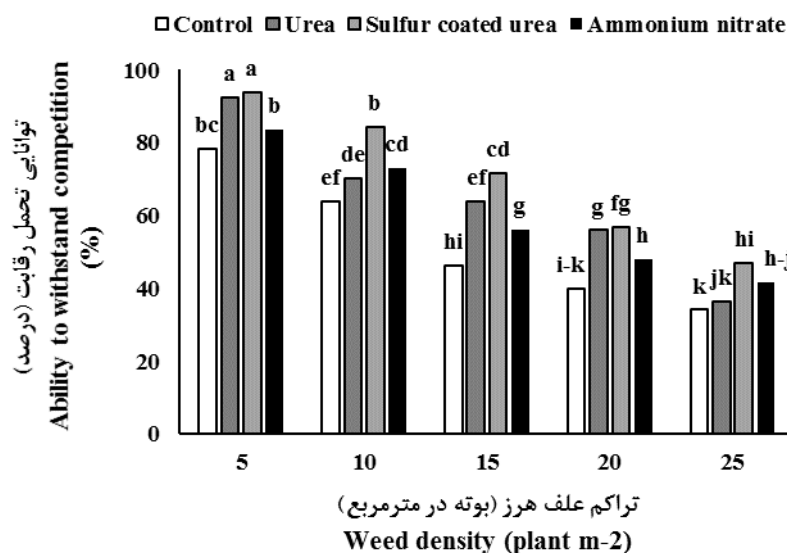
جدول ۵- مقایسه میانگین اثر منابع کودی و تراکم علف هرز بر رشد، عملکرد و اجزای عملکرد کینوا

منابع کودی Fertilizer sources	تراکم علف هرز Weed density (plant m ⁻²)	ارتفاع بوته Plant height (cm)	شاخص سطح برگ Leaf area index	وزن ۱۰۰۰ دانه 1000 grain weight (g)	تعداد دانه در بوته Number of grain per plant	عملکرد دانه Grain yield (g m ⁻²)	عملکرد بیولوژیک Biological yield (g m ⁻²)	شاخص برداشت Harvest index
شاهد Control	0	97.60 ^{bc}	1.920 ^m	2.56 ^{fg}	1641 ^m	210.2 ⁿ	490.93 ^{ef}	52.93 ^{de}
	5	85.90 ^{fg}	1.846 ^{nm}	2.53 ^g	1297 ^r	164.2 ^q	422.11 ^g	50.66 ^{e-h}
	10	82.50 ^{fh}	1.833 ^{m-o}	2.52 ^g	1064 ^t	134.2 ^l	356.86 ^h	48.00 ^{hi}
	15	75.30 ^{ij}	1.800 ^{no}	2.44 ^h	820 ^v	100.2 ^u	308.22 ⁱ	45.00 ^j
	20	72.00 ^{kl}	1.840 ^{no}	2.43 ^h	700 ^w	85.2 ^v	294.62 ⁱ	40.03 ^{lm}
اوره Urea	25	69.80 ^{kl}	1.733 ^o	2.42 ^h	579 ^x	70.2 ^w	229.63 ^k	37.70 ^m
	0	105.86 ^a	3.930 ^b	2.72 ^{a-c}	2770 ^c	376.9 ^e	692.20 ^a	55.53 ^{cd}
	5	100.66 ^b	3.003 ^{de}	2.71 ^{a-d}	2543 ^f	344.8 ^f	641.55 ^{bc}	55.60 ^{b-d}
	10	86.30 ^{fg}	2.896 ^{ef}	2.70 ^{a-d}	1935 ^j	261.4 ⁱ	558.20 ^d	50.90 ^{e-g}
	15	82.70 ^{fh}	2.753 ^g	2.68 ^{b-e}	1744 ^l	233.9 ^k	542.21 ^{de}	48.63 ^{fh}
اوره با پوشش گوگردی Sulfur coated urea	20	82.93 ^{fh}	2.630 ^{hi}	2.67 ^{c-e}	1575 ^o	210.5 ^m	480.27 ^f	45.76 ^{ij}
	25	78.80 ^{hi}	2.500 ^j	2.67 ^{de}	1033 ^u	138.1 ^s	356.72 ^h	43.30 ^{jk}
	0	107.46 ^a	4.726 ^a	2.74 ^a	3060 ^a	419.4 ^a	683.06 ^a	58.36 ^{ab}
	5	96.26 ^{b-d}	3.100 ^d	2.73 ^{ab}	2828 ^b	386.2 ^b	642.94 ^b	56.26 ^{bc}
	10	91.73 ^{de}	2.890 ^f	2.72 ^{a-c}	2547 ^e	346.6 ^c	603.14 ^c	53.20 ^{de}
نیترات آمونیوم Ammonium nitrate	15	86.93 ^{ef}	2.690 ^{gh}	2.68 ^{b-e}	2204 ^h	295.6 ^h	553.45 ^d	48.26 ^{g-i}
	20	81.73 ^{gh}	2.650 ^{g-i}	2.67 ^{c-e}	1747 ^k	233.5 ^l	483.94 ^f	44.76 ^j
	25	79.26 ^{hi}	2.540 ^{ij}	2.66 ^{de}	1467 ^p	195.3 ^o	411.90 ^g	45.00 ^j
	0	106.86 ^a	3.513 ^c	2.69 ^{b-e}	2697 ^d	362.9 ^d	468.69 ^f	59.16 ^a
	5	95.20 ^{cd}	2.996 ^{de-f}	2.68 ^{c-e}	2291 ^g	307.2 ^g	401.18 ^g	55.13 ^{cd}
	10	85.86 ^{fg}	2.683 ^{gh}	2.66 ^{de}	1963 ⁱ	261.2 ^j	356.20 ^h	51.06 ^{ef}
	15	78.13 ^{hi}	2.493 ^{jk}	2.65 ^e	1585 ⁿ	210.2 ⁿ	293.59 ⁱ	48.13 ^{g-i}
	20	72.76 ^{jk}	2.386 ^k	2.64 ^e	1364 ^q	180.2 ^p	277.80 ^{ij}	43.86 ^{jk}
	25	67.06 ^l	2.273 ^l	2.59 ^f	1197 ^s	155.2 ^r	246.30 ^{jk}	41.93 ^{kl}

میانگین‌ها با حروف مشابه در هر ستون تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد ندارند ($LSD \leq 0.05$).
Means in each column followed by the similar letters are not significantly different at 5% probability level ($LSD \leq 0.05$).

شاخص برداشت بطور معنی‌داری تحت تاثیر تراکم‌های علف هرز ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰ و ۲۵ بوته در متر مربع در تیمار بدون کود نسبت به بدون علف هرز به ترتیب به میزان ۴/۳، ۹/۳، ۱۵/۰، ۲۴/۴ و ۲۸/۸ درصد کاهش یافت (جدول ۵) و اگرچه در تمام سطوح کودی نیز روند کاهشی با افزایش تراکم علف هرز مشاهده گردید لکن کاربرد منابع کودی نیتروژن منجر به افزایش شاخص برداشت و بهبود توانایی تحمل رقابتی کینوا در پاسخ به حضور علف هرز شد. نتایج برهمکنش نوع کود و تراکم علف هرز تاج‌خروس نشان داد که کاربرد کود اوره با پوشش گوگردی با برتری شاخص برداشت در تراکم ۲۵ بوته در مترمربع علف هرز در مقایسه با تیمارهای کودی اوره و نترات آمونیوم به طور معنی‌داری باعث افزایش شاخص برداشت به ترتیب به میزان ۳/۸ و ۶/۸ درصد شد (جدول ۵). به‌طور کلی نتایج این پژوهش نشان داد که وجود روند نزولی در شاخص برداشت در اثر افزایش تراکم علف هرز به دلیل تخصیص مواد فتوسنتزی بیشتر به رشد رویشی جهت افزایش ارتفاع و مقدار کمتر به اندام زایشی است، همین امر منجر به افزایش بیشتر عملکرد بیولوژیک نسبت به عملکرد دانه شده و در نهایت شاخص برداشت کاهش بیشتری خواهد داشت (Safahani et al., 2008).

نتایج نشان داد عملکرد بیولوژیک در تیمار بدون کود، با افزایش تراکم علف هرز از صفر به ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰ و ۲۵ بوته در مترمربع، به ترتیب به میزان ۱/۲، ۱/۴، ۱/۶، ۱/۷ و ۲/۱ برابر کاهش یافت (جدول ۵). کاربرد منابع کودی نیتروژن، بطور معنی‌داری عملکرد بیولوژیک را نسبت به تیمار بدون کود افزایش داد. مقایسه میانگین بر همکنش نوع کود و تراکم علف هرز نشان داد که در هر تیمار کودی با افزایش تراکم علف هرز، عملکرد بیولوژیک بطور معنی‌دار کاهش یافت و کمترین آن در تراکم ۲۵ بوته تاج‌خروس در مترمربع و بدون کود بدست آمد که نسبت به کاربرد کودهای اوره، اوره با پوشش گوگردی و نترات آمونیوم به ترتیب تا ۳۵/۵، ۴۴/۲ و ۶/۸ درصد عملکرد بیولوژیک کاهش یافت و همین روند نیز در سایر تراکم‌های علف هرز مشاهده شد (جدول ۵). به‌طور کلی می‌توان نتیجه گرفت که کینوا از طریق افزایش صفات رشدی و سرکوب علف‌های هرز و کاهش رقابت با علف هرز، صفات عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه و تعداد دانه در بوته را تحت تاثیر قرار داد. کاربرد کود اوره با پوشش گوگردی به دلیل همزمانی بین رهایش نیتروژن از کود و جذب آن توسط گیاه و کاهش آبشویی، نقش مهمی در افزایش تقسیم و طویل شدن سلولی و نهایتاً افزایش عملکرد و اجزای کینوا داشت. مطالعات پیشین نیز نتایج این پژوهش را تایید می‌کند (Nelson et al., 2014; Shoji, 2005).



شکل ۱- اثر منابع کودی نیتروژن و تراکم علف هرز بر شاخص توانایی تحمل رقابت کینوا

Figure 1- Effect of nitrogen fertilizer sources and weed density on ability to withstand competition of quinoa

میانگین‌های با حروف مشابه تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد ندارند ($LSD \leq 0.05$).

The means followed by the similar letters are not significantly different at 5% probability level ($LSD \leq 0.05$).

جدول ۶- ضرایب همبستگی بین صفات اندازه‌گیری شده کینوا

Table 6- Correlation coefficients among measured parameters of quinoa

	X1	X2	X3	X4	X5
X1	1				
X2	0.72**	1			
X3	0.52**	0.71**	1		
X4	0.84**	0.81**	0.69**	1	
X5	0.86**	0.90**	0.72**	0.92**	1

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

X1: ارتفاع بوته، X2: شاخص سطح برگ، X3: وزن هزار دانه، X4: تعداد دانه در بوته و X5: عملکرد دانه.

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

X1: Plant height, X2: Leaf area index, X3: 1000 grain weight, X4: Number of grain per plant and X5: Grain yield.

افزایش توانایی تحمل رقابتی آن در برابر علف‌های هرز می‌شود ولی مقادیر زیاد نیتروژن باعث افزایش توانایی تحمل رقابتی علف هرز در مقابل گیاه زارعی خواهد شد (Abo-Zeid *et al.*, 2017). محققین دریافته‌اند که نیتروژن نقشی موثر در افزایش توانایی تحمل رقابتی گیاه زارعی و کاهش طول دوره کنترل علف‌های هرز دارد (Seyyedi *et al.*, 2013).

نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان داد که اگرچه با افزایش تراکم علف هرز تاج خروس عملکرد دانه کینوا کاهش یافت لکن به نظر می‌رسد تغییر در مدیریت استفاده از نوع کود نیتروژن به عنوان یک راهکار زارعی می‌تواند موثر در کاهش افت ایجاد شده ناشی از حضور علف هرز باشد. بطور کلی نتایج این پژوهش نشان داد کاربرد کود اوره با پوشش گوگردی از طریق بهبود ویژگی‌های رشدی کینوا و تامین نیاز نیتروژن در طول فصل رشد موجب افزایش توانایی تحمل رقابتی کینوا با تاج خروس در تراکم‌های مختلف علف هرز شده است و نقش مهمی در افزایش عملکرد کینوا نسبت به سایر کودها دارد، لذا به نظر می‌رسد استفاده از کودهای نیتروژن پوشش‌دار از طریق رهاسازی آهسته نیتروژن ضمن کاهش آلودگی زیستی محیطی شرایط بهتری برای جذب عناصر غذایی توسط گیاه و کاهش افت عملکرد ایجاد شده توسط علف هرز فراهم آورد.

این درحالی‌است که کاربرد کود اوره با پوشش گوگردی با ایجاد تعادل بین عرضه و تقاضای گیاه، کمک شایانی به افزایش سطح فتوسنتزکننده کرده و نهایتاً حفظ تولید مواد فتوسنتزی را در زمان پرشدن دانه و افزایش عملکرد و اجزای عملکرد به همراه داشت. نتایج این پژوهش با نتایج سایر محققین در ارتباط با نقش کود اوره با پوشش گوگردی در افزایش عملکرد و اجزای عملکرد مطابقت داشت (Fereidoni *et al.*, 2013; Shaful *et al.*, 2009).

نتایج برهمکنش نوع کود و تراکم علف هرز تاج خروس بر شاخص توانایی تحمل رقابتی نشان داد که بین منابع کودی نیتروژن در هر سطح از تراکم علف هرز تفاوت معنی‌داری وجود داشت (شکل ۱). در هر سطحی از تراکم علف هرز کاربرد کود اوره با پوشش گوگردی در میان کودها از برتری شاخص توانایی تحمل رقابتی کینوا برخوردار بود. بیشترین میزان شاخص توانایی تحمل رقابتی (۹۳/۹ درصد) در پائین‌ترین تراکم علف هرز (۵ بوته در متر مربع) و با کاربرد کود اوره با پوشش گوگردی بدست آمد (شکل ۱). به‌طور کلی کاربرد کود اوره با پوشش گوگردی در تراکم‌های علف هرز ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰ و ۲۵ بوته در متر مربع به طور معنی‌داری شاخص توانایی تحمل رقابتی را به ترتیب به میزان ۱۹/۶، ۳۱/۹، ۵۵/۰، ۴۲/۷ و ۳۷/۸ درصد در مقایسه با تیمار بدون کود افزایش داد. کمترین میزان این پارامتر (۳۴/۱۳ درصد) نیز در تیمار بدون کود و بالاترین تراکم علف هرز (۲۵ بوته در متر مربع) بدست آمد که با سایر تیمارهای کودی به جزء کود اوره در همان تراکم تفاوت معنی‌داری داشت (شکل ۱). برخی پژوهشگران معتقدند مقدار بهینه کود نیتروژن، سبب افزایش رشد گیاه زارعی و

منابع

1. Abo-Zeid, S.T., Abd EL-Latif, A.L., & Elshafey, S. (2017). Effect of sources and rates of nitrogen fertilizers on forage yield and nitrate accumulation for Sudan grass. *Egyptian Journal of Soil Science* 57(1): 23-30. <http://doi.org/10.21608/EJSS.2017.3474>.
2. Amiryousefi, M., Tadayon, M.R., & Ebrahimi, R. (2020). Effect of chemical and biological fertilizers on some physiological traits, yield components and yield of quinoa plant. *Isfahan University of Technology-Journal of Crop Production and Processing* 10(2): 1-17. (In Persian with English abstract). <http://jcnp.iut.ac.ir/article-1-2932-en.html>.

3. Asadi, M., Yadavi, A., & Gandomani, M.A. (2017). Evaluation of growth indices of potato (*Solanum tuberosum* L.) affected by density and time of emergence pigweed (*Amaranthus retroflexus* L.). *Iranian Journal of Field Crops Research* 15(4): 761-775. (In Persian with English abstract). <http://doi.org/20.1001.1.20081472.1396.15.4.4.4>.
4. Ashraf, E., Babar, R., Yaseen, M., Shurjeel, H.K., & Fatima, N. (2017). Assessing the impact of quinoa cultivation adopted to produce a secure food crop and poverty reduction by farmers in rural pakistan. *International Journal of Agricultural and Biosystems Engineering* 11(6): 465-469. <http://doi.org/10.5281/zenodo.1131187>.
5. Bagheri, M., Anafjeh, Z., Keshavarz, S., & Foladi, B. (2020). Evaluation of quantitative and qualitative characteristics of new quinoa genotypes in spring cultivation at Karaj. *Iranian Journal of Field Crops Research* 18(4): 465-475. (In Persian with English abstract). <http://doi.org/20.1001.1.20081472.1399.18.4.7.8>.
6. Barker, D.C., Knezevic, S.Z., Martin, A.R., Walters, D.T., & Lindquist, J.L. (2006). Effect of nitrogen addition on the comparative productivity of corn and velvetleaf. *Journal of Weed Science* 54: 363-354. <https://doi.org/10.1614/WS-05-127R.1>.
7. Buckland, K.R., Reeve, J.R., Creech, J.E., & Durham, S.L. (2018). Managing soil fertility and health for quinoa production and weed control in organic systems. *Soil and Tillage Research* 184: 52-61. <https://doi.org/10.1016/j.still.2018.07.001>.
8. Chowdhry, M.A., Rasool, I., Khaliq, I., Mahmood, T., & Gilani, M.M. (1999). Genetics of some metric traits in spring wheat under normal and drought environments. *Barley and Wheat Newsletter* 18: 34-39.
9. De Oliveira Vergara, R., Martins, A.B.N., Pedo, T., Radke, A.K., Gadotti, G.I., Villela, F.A., & Meneguzzo, M.R.R. (2019). Plant growth and physiological quality of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) seeds grown in Southern Rio Grande do Sul, Brazil. *Australian Journal of Crop Science* 13(5): 678-682. <https://doi.org/10.21475/ajcs.19.13.05.p1240>.
10. Dieleman, A., Hamill, A.S., Weise, S.F., & Swanton, C.J. (1995). Empirical models of pigweed (*Amaranthus* spp.) interference in soybean (*Glycine max*). *Weed Science* 43(4): 612-618.
11. Eltelib, H.A., Hamad, M.A., & Ali, E.E. (2006). The effect of nitrogen and phosphorus fertilization on growth, yield and quality of forage maize (*Zea mays* L.). *Journal of Agronomy* 4(3): 1-12. <https://doi.org/10.3923/ja.2006.515.518>.
12. Faostat. (2019). Available online, <http://www.fao.org/faostat/en/#data.QC>.
13. Fateh, M., Kazemi Arbat, H., Mohammadi, S., Farahvash, F., & Zand, E. (2022). Effect of plant number and urea fertilizer on agronomic characteristics of corn hybrids and dry matter accumulation in pigweed (*Amaranthus retroflexus* L.). *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production* 32(1): 227-243. (In Persian with English abstract)
14. Fereidoni, M.J., Faraji, H., & Owliaie, H. (2013). Effect of treated urban sewage and nitrogen on yield and grain quality of sweet corn and some soil characteristics in Yasouj region. *Water and Soil Science* 23(3): 43-56.
15. Göksoy, A.T., Demir, A.O., Turan, Z.M., & Dağüstü, N. (2004). Responses of sunflower (*Helianthus annuus* L.) to full and limited irrigation at different growth stages. *Field Crops Research* 87(2-3): 167-178. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2003.11.004>.
16. Hansen, P.K., Kristensen, K., & Willas, J. (2008). A weed suppressive index for spring barley (*Hordeum vulgare*) varieties. *Weed Research* 48(3): 225-236. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3180.2008.00620.x>.
17. Hemmati, E., Vazan, S., & Sadeghi, S.M. (2012). Effect of pre-planting irrigation, maize planting pattern and nitrogen on grain yield and yield components of maize cv. SC704. *Iranian Journal of Agronomy and Plant Breeding* 8: 21-31.
18. Hoad, S., Topp, C., & Davies, K. (2008). Selection of cereals for weed suppression in organic agriculture: a method based on cultivar sensitivity to weed growth. *Euphytica* 163(3): 355-366. <https://doi.org/10.1007/s10681-008-9710-9>.
19. Hosseini, S.H., RahemiKarizaki, A., Biabani, A., Nakhzari Moghaddam, A., & Taliey, F. (2020). Investigation of changes in physiological characteristics and yield of Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) under different cultivation date. *Journal of Crop Production* 13(2): 99-116. (In Persian with English abstract). <https://doi.org/10.22069/EJCP.2020.17953.2325>.
20. Jabran, K., & Chauhan, B.S. (2018). *Non-chemical weed control*. Academic Press.
21. Jafarzadeh, N., Pirzad, A., & Hadi, H. (2016). Castor (*Ricinus communis* l.) and pigweed (*Amaranthus retroflexus* l.) growth indices in terms of interference. *Journal of Agroecology* 8(2): 182-196. (In Persian with English abstract)
22. Kakabouki, I.P., Hela, D., Roussis, I., Papastylianou, P., Sestras, A.F., & Bilalis, D.J. (2018). Influence of fertilization and soil tillage on nitrogen uptake and utilization efficiency of quinoa crop (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Journal Of of Soil Science and Plant Nutrition* 18(1): 220-235. <http://doi.org/10.4067/S0718-95162018005000901>.
23. Karami, R., Farajee, H., Movahedi Dehnavi, M., & Khoshroo, A. (2020). interaction of nitrogen and plant density on growth and yield of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Journal of Crop Production* 13(1): 111-124. (In

- Persian with English abstract). <http://doi.org/10.22069/EJCP.2020.17603.2296>.
24. Kazemeini, S.A., Naderi, R., & Karimi Aliabadi, H. (2013). Effects of different densities of wild oat (*Avena fatua* L.) and nitrogen rates on oilseed rape (*Brassica napus* L.) yield. *Journal of Ecology and Environment* 36(3): 167-172.
 25. Khabbazkar, M.R., Gohari, A.A., Dargah, R.E., Khonok, A., & Sabet, H.S. (2012). Reaction of rice (*Oryza Sativa*) cultivars to silica and potassium fertilizer. *International Journal of Farming and Allied Sciences* 1(4): 108-113.
 26. Khan, A.Z., Ali, B., Afzal, M., Wahab, S., Khalil, S.K., Amin, N., & Zhou, W. (2015). Effects of sulfur and urease coated controlled release urea on dry matter yield, N uptake and grain quality of rice. *Journal of Animal & Plant Sciences* 25(3): 1-12.
 27. Khaveh, M.T., Alahdadi, I., & Hoseinzadeh, B.E. (2015). Effect of slow-release nitrogen fertilizer on morphologic traits of corn (*Zea mays* L.). *Journal of Biodiversity and Environmental Sciences* 6(2): 546-559.
 28. Massinga, R.A., Currie, R.S., Horak, M.J., & Boyer, J. (2001). Interference of *Palmer amaranth* in corn. *Weed Science* 49(2): 202-208.
 29. Mirshekari, B. (2008). Effect of redroot pigweed (*Amaranthus retroflexus* L.) competition on some physiological traits and yield of sunflower (*Helianthus annus* L.). *New Finding in Agriculture* 3(7): 297-312. (In Persian with English abstract)
 30. Murphy, K.M., Dawson, J.C., & Jones, S.S. (2008). Relationship among phenotypic growth traits, yield and weed suppression in spring wheat landraces and modern cultivars. *Field Crops Research* 105(1-2): 107-115. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2007.08.004>.
 31. Nelson, K.A., Motavalli, P.P., & Nathan, M. (2014). Nitrogen fertilizer sources and application timing affects wheat and inter-seeded red clover yields on claypan soils. *Agronomy* 4(4): 497-513. <https://doi.org/10.3390/agronomy4040497>.
 32. Ozturk, E., Polat, T., & Sezek, M. (2017). The effect of sowing date and nitrogen fertilizer form on growth, yield and yield components in sunflower. *Turkish Journal of Field Crops*, 22(1), 143-151. <https://doi.org/10.17557/tjfc.312373>
 33. Repo-Carrasco-Valencia, R., Hellström, J.K., Pihlava, J.M., & Mattila, P.H. (2010). Flavonoids and other phenolic compounds in Andean indigenous grains: Quinoa (*Chenopodium quinoa*), kañiwa (*Chenopodium pallidicaule*) and kiwicha (*Amaranthus caudatus*). *Food Chemistry* 120(1): 128-133. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.09.087>.
 34. Saeidi, S., Siadat, S.A., Moshatati, A., Moradi-Telavat, M.R., & Sepahvand, N. (2020). Effect of sowing time and nitrogen fertilizer rates on growth, seed yield and nitrogen use efficiency of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) in Ahvaz, Iran. *Iranian Journal of Crop Sciences* 21(4): 354-367. (In Persian with English abstract). <https://doi.org/10.29252/abj.21.4.354>.
 35. Safahani, L.A., Kamkar, B., Zand, E., Bagherani, N., & Bagheri, M. (2008). Reaction of grain yield and its components of canola (*Brassica napus* L.) cultivars in competition with wild mustard (*Sinapis arvensis* L.) in Gorgan. *Iranian Journal of Crop Sciences* 9(4): 356-370. (In Persian with English abstract)
 36. Saiful Islam, M., Hasanuzzaman, M., Rokonuzzaman, M., & Nahar, K. (2009). Effect of split application of nitrogen fertilizer on morphophysiological parameters of rice genotypes. *International Journal of Plant Production* 3(1): 51-62. <https://doi.org/10.22069/IJPP.2012.631>.
 37. Samadzadeh, A., Zamani, G., & Fallahi, H.R. (2020). Possibility of quinoa production under South-Khorasan climatic condition as affected by planting densities and sowing dates. *Applied Field Crops Research* 33(1): 82-104. (In Persian with English abstract).
 38. Seyyedi, S. M., Ghorbani, R., Rezvani, M. P., & Nassiri, M. M. (2013). Nitrogen use efficiency and harvest index in black seed (*Nigella sativa* L.) at different weed competition durations. *Plant Products Research* 20(1): 141-156. <https://doi.org/20.1001.1.23222050.1392.20.1.9.2>.
 39. Shaiful, I.M., Hasanuzzaman, M., Rokonuzzaman, M., & Nahar, K. (2009). Effect of split application of nitrogen fertilizer on morphophysiological parameters of rice genotypes. *International Journal of Plant Production* 3(1): 51-62. <https://doi.org/10.22069/IJPP.2012.631>.
 40. Shoji, S. (2005). Innovative use of controlled availability fertilizers with high performance for intensive agriculture and environmental conservation. *Science in China Series C: Life Sciences* 48(2): 912-920. <https://doi.org/10.1007/BF03187129>.
 41. Sing Shinari, Y., Prasad, R., & Pal, M. (2015). Effect of nitrogen levels and coated urea on growth, yields and nitrogen use efficiency in aromatic rice. *Journal of Plant Nutrition* 39(6): 875-882. <https://doi.org/10.1080/01904167.2015.1109102>.
 42. Stikic, R., Glamoclija, D., Demin, M., Vucelic-Radovic, B., Jovanovic, Z., Milojkovic-Opsenica, D., & Milovanovic, M. (2012). Agronomical and nutritional evaluation of quinoa seeds (*Chenopodium quinoa* Willd.) as an ingredient in bread formulations. *Journal of Cereal Science* 55(2): 132-138. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2011.10.010>.

43. Walters, H., Carpenter-Boggs, L., Desta, K., Yan, L., Matanguihan, J., & Murphy, K. (2016). Effect of irrigation, intercrop, and cultivar on agronomic and nutritional characteristics of quinoa. *Agroecology and Sustainable Food Systems* 40(8): 783-803. <https://doi.org/10.1080/21683565.2016.1177805>.
44. Watson, P.R., Derksen, D.A., Van Acker, R.C., & Blrvine, M.C. (2002). The contribution of seed, seedling, and mature plant traits to barley cultivar competitiveness against weeds. *Canadian Weed Science Society* 14: 49-57.
45. Yadavi, A.R., Zand, E., Ghalavand, A., & Aghaalikhani, M. (2007). Effect of density and planting pattern on yield and yield components of maize under redroot pigweed (*Amaranthus retroflexus* L.) competition. *Iranian Journal of Field Crops Research* 5(1): 187-200. (In Persian with English abstract). <https://doi.org/10.22067/GSC.V5I1.915>.
46. Yaghoubi, S.R., Aghaalikhani, M., & Zand, E. (2011). Effect of the timing of emergence of seedling on morphological characteristics and seed production of redroot pigweed (*Amaranthus retroflexus* L.) in competition with sunflower (*Helianthus annus* L.). *Iranian Journal of Crop Sciences* 13(1): 32-48.
47. Zimdahl, R.L. (2007). *Weed-crop competition, a review*. Oregon State University.

Contents

Investigation on the Efficacy of Profiler® Fungicide in Grape Downy Mildew Control Caused by <i>Plasmopara viticola</i>	1
H. Khabbaz Jolfaee, H. Rabbani Nasab, A. Arjmandian	
Introducing an Effective Method to Reduce Fungal Infection in Mass Rearing Predatory Mites <i>Amblyseius swirskii</i> (Athias-Henriot) (Acari: Phytoseiidae)	15
A. Hosseininia, H. Bayat	
Effect of Diet on Some Physiological and Biological Parameters of Indian meal moth, <i>Plodia interpunctella</i> (Lepidoptera: Pyralidae)	25
E. Mohajjel Farshbaf, R. Farshbaf Pourabad, Sh. Ashouri	
On the Role of Saffron Bulb Infection to Soil Born Fungi on Biology, Behavior and Damage of Bulb Mite <i>Rhizoglyphus robini</i> Claparede (Acari: Astigmata)	37
A. Amiri-Jami	
Improving the Efficiency of EPTC Herbicide in Tobacco Weed Control by Microcapsule Formulation and Herbicide Extender	49
A. Rahbari, E. Izadi Darbandi, M.H. Rashed Mohassel, G. Zohuri, E. Zand	
Evaluation of Ready-Mix herbicide Efficiency of Clodinafop Propargil+ Metribuzin in Comparison with Registered Herbicides in Weed Control of Wheat (<i>Triticum aestivum</i>) in Fars	59
E. Mamnoie, M.R. Karaminejad, M. Minbash Moeini, A.R. Askari Kelestani	
Application Effect of Ethalfluralin, Imazethapyr, and Metribuzin on Symbiosis of Soybean and Rhizobium	77
A. Aliverdi, Z. Mirjani	
Effect of Nitrogen Fertilizer Sources on Growth, Yield and Ability to Withstand Competition of Quinoa (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd) in Different Red Root Pigweed (<i>Amaranthus retroflexus</i>) Densities	89
A. Mehregannia, S.A. Kazemeini	

Iranian Plant Protection Research

(AGRICULTURAL SCIENCES AND TECHNOLOGY)

Vol . 37

No. 1 2023

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

Editorial Board:

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

Publisher: Ferdowsi University of Mashhad.
Address: College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran.
P.O.BOX: 91775- 1163
Fax: +98 -0511- 8787430
E-Mail: Jpp1@um.ac.ir
Web Site: <https://jpp.um.ac.ir/>