



Evaluation of Different Weed Management Practices on Yield and Phytochemical Properties of Fennel

Ramin Khalili¹ | Jalal Khorshidi^{2✉} | Sirwan Babaei³

1. Department of Horticultural Science and Engineering, Faculty of Agriculture, University of Kurdistan, Sanandaj, Iran. E-mail: k.amin1363@gmail.com
2. Corresponding Author, Department of Horticultural Science and Engineering, Research Center of Medicinal Plants Breeding and Development, Faculty of Agriculture, University of Kurdistan, Sanandaj, Iran. E-mail: j.khorshidi@uok.ac.ir
3. Department of Plant Production and Genetic, Faculty of Agriculture, University of Kurdistan, Sanandaj, Iran. E-mail: s.babaei@uok.ac.ir

Article Info

Article type:
Research Article

Article history:

Received 10 October 2024
Received in revised form
27 November 2024
Accepted 19 May 2025
Published online 27 June 2025

Keywords:

Anethole
Essential oil
Glyphosate
Herbicide
Paraquat

ABSTRACT

Objective: The cultivation of fennel is expanding due to its favorable market demand and various applications in the food and pharmaceutical industries. Weeds are one of the most important factors causing damage in fennel fields. As a result, it is essential to identify the most effective method for weeds control in fennel cultivation.

Methods: In this research, the effects of 11 different weed control methods, including glyphosate, paraquat, afalon, diuron, vinegar, one-time cultivation, two-time cultivation, hand weeding, flame weeding, weed-infested, and weed-free conditions, on weeds growth, as well as the yield-attributed and phytochemical characteristics of fennel such as essential oil content and components, were studied. The experiment was carried out as a randomized complete block design in 2021 at the Faculty of Agriculture, University of Kurdistan.

Results: Herbicide treatment had a significant effect on the dry weight of aerial parts, thousand seed weight, fruit yield, essential oil content, and yield of fennel, as well as the dry weight of weeds. However, the plant height and the number of umbels per plant of fennel were not significantly affected by the herbicide treatment. The highest fennel fruit yield (3.95 tons/ha) was obtained in the weed-free treatment, followed by hand weeding and diuron treatments, which produced 3.63 and 3.3 tons/ha, respectively. The lowest weed dry weight (3.54 g/m²) was recorded in the weed-free treatment, though it was not significantly different from the hand weeding and flame weeding treatments. The essential oil content of fennel fruits did not differ significantly among the treatments (except the weed-free treatment). The highest essential oil yield (133.3 L/ha) was obtained from the fruits of the hand weeding treatment, while the lowest yield (63.9 L/ha) was found in the fruits of the glyphosate treatment. The dominant compounds in the essential oil were similar in all treatments and included anethole, fenchone, and d-limonene. The highest amount of anethole (73.53%), fenchone (12.21%), and d-limonene (11.56%) were observed in the glyphosate, weed-infested, and vinegar treatments, respectively.

Conclusion: If the aim is proper weed control and achieving higher fruit and essential oil yield with minimal environmental damage, hand weeding was the best treatment after the weed-free condition. If, in addition to fennel yield, reducing weed control costs is also considered, the diuron was the best treatment. In terms of essential oil quality, characterized by high amounts of anethole and fenchone, and a low level of estragole, the weed-infested treatment was the most favorable

Cite this article: Khalili, R., Khorshidi, J., & Babaei, S. (2025). Evaluation of Different Weed Management Practices on Yield and Phytochemical Properties of Fennel. *Journal of Crops Improvement*, 27 (2), 261-276.

DOI: <https://doi.org/10.22059/jci.2025.383536.2902>



© The Author(s).

DOI: <https://doi.org/10.22059/jci.2025.383536.2902>

Publisher: University of Tehran Press.



ارزیابی روش‌های مختلف مدیریت علف‌های هرز بر ویژگی‌های عملکردی و فیتوشیمیایی رازیانه

رامین خلیلی^۱ | جلال خورشیدی^۲ | سیروان بابایی^۳

۱. گروه علوم و مهندسی باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران. رایانامه: k.ramin1363@gmail.com

۲. نویسنده مسئول، گروه علوم و مهندسی باغبانی، مرکز پژوهشی اصلاح و توسعه گیاهان دارویی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران. رایانامه: j.khorshidi@uok.ac.ir

۳. گروه مهندسی ژنتیک و تولید گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران. رایانامه: s.babaei@uok.ac.ir

اطلاعات مقاله

چکیده

نوع مقاله: مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۷/۱۹

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۰۹/۰۷

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۲/۲۹

تاریخ انتشار: ۱۴۰۴/۰۴/۰۶

هدف: کشت‌وکار رازیانه به دلیل بازار مناسب و کاربردهای متنوعی که در صنایع غذایی و دارویی دارد، در حال توسعه است. یکی از مهم‌ترین عوامل خسارت‌زا در مزارع رازیانه، علف‌های هرز هستند. بنابراین، دستیابی به مناسب‌ترین روش کنترل علف‌های هرز مزرعه رازیانه از ضروریات است.

روش پژوهش: در این پژوهش تأثیر ۱۱ روش مختلف کنترل علف‌های هرز شامل علف‌کش‌های گلایفوسیت، پاراکوات، آفالون، دیورون و سرکه، یک‌بار کولتیواسیون، دو بار کولتیواسیون، وجین دستی، آتش شعله‌افکن، آلوده به علف هرز و عاری از علف هرز، بر رشد علف‌های هرز و نیز ویژگی‌های رشدی، عملکردی، و فیتوشیمیایی رازیانه شامل میزان اسانس و ترکیبات تشکیل‌دهنده آن، مطالعه گردید. آزمایش مذکور در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سال ۱۴۰۰ در دانشکده کشاورزی دانشگاه کردستان انجام گرفت.

یافته‌ها: تیمار علف‌کش بر صفات وزن خشک اندام هوایی، وزن هزاردانه، عملکرد میوه، محتوای اسانس و عملکرد اسانس رازیانه و نیز وزن خشک علف‌های هرز تأثیر معنی‌داری داشت، اما ارتفاع بوته و تعداد چتر در بوته رازیانه تحت تأثیر معنی‌دار تیمار علف‌کش قرار نگرفتند. بیش‌ترین میانگین عملکرد میوه رازیانه در هکتار (۳/۹۵ تن) متعلق به تیمار عاری از علف هرز بود و به دنبال آن تیمارهای وجین دستی و دیورون قرار داشتند (به ترتیب ۳/۶۳ و ۳/۳ تن در هکتار). کم‌ترین علف‌هرز (۳/۵۴ گرم در مترمربع) از تیمار عاری از علف هرز به دست آمد که البته با تیمارهای وجین دستی و آتش شعله‌افکن تفاوت معنی‌داری نداشت. محتوای اسانس میوه‌های رازیانه در تیمارهای اعمال شده (غیر از تیمار عاری از علف هرز) تفاوت معنی‌داری با هم نداشتند. بیش‌ترین عملکرد اسانس (۱۳۳/۳ لیتر در هکتار) از میوه‌های تیمار وجین دستی، و کم‌ترین آن (۶۳/۹ لیتر در هکتار) از تیمار گلایفوسیت به دست آمد. ترکیبات غالب اسانس در همه تیمارها یکسان و شامل آنتول، فنکون و د-لیمون بود. بیش‌ترین مقدار ترکیبات آنتول (۷۳/۵۳ درصد)، فنکون (۱۲/۲۱ درصد) و د-لیمون (۱۱/۵۶ درصد) به ترتیب در تیمارهای گلایفوسیت، آلوده به علف هرز و سرکه مشاهده گردید.

نتیجه‌گیری: چنانچه هدف حذف قابل قبول علف‌های هرز، عملکرد بیش‌تر میوه و اسانس همراه با کم‌ترین آسیب به محیط زیست باشد، بعد از تیمار عاری از علف هرز، تیمار وجین دستی برترین تیمار بود. اما چنانچه علاوه بر دستیابی به عملکرد بالای محصول، کاهش هزینه‌های کنترل علف هرز نیز مدنظر باشد، تیمار دیورون برتر بود. از نظر کیفیت اسانس (میزان بالای آنتول و فنکون و میزان کم استراگول)، تیمار آلوده به علف هرز برترین بود.

کلیدواژه‌ها:

آنتول

اسانس

پاراکوات

علف‌کش

گلایفوسیت

استناد: خلیلی، رامین؛ خورشیدی، جلال و بابایی، سیروان (۱۴۰۴). ارزیابی روش‌های مختلف مدیریت علف‌های هرز بر ویژگی‌های عملکردی و فیتوشیمیایی رازیانه. به زراعی کشاورزی، ۲۷ (۲)، ۲۶۱-۲۷۶. DOI: <https://doi.org/10.22059/jci.2025.383536.2902>



۱. مقدمه

رازیانه با نام علمی *Foeniculum vulgare* Mill. متعلق به خانواده چتریان، یکی از گیاهان دارویی بومی ایران است که استفاده‌های فراوانی در صنایع غذایی و دارویی دارد. اندام دارویی رازیانه میوه‌های آن است که حدود ۵/۱۶-۴/۲ درصد اسانس دارد و از مهم‌ترین ترکیبات اسانس آن می‌توان به آنتول، فنکون و استراگول اشاره نمود (مرادی و همکاران، ۱۳۹۹؛ سانچ^۱ و همکاران، ۲۰۲۳). میوه رازیانه سرشار از فسفر، پتاسیم و کلسیم بوده و نیز مقادیر بالایی از اسیدهای چرب مفید و ویتامین‌ها را دارا می‌باشد (مهر^۲ و همکاران، ۲۰۲۱). رازیانه دارای خواص ضد میکروبی (بانو^۳ و همکاران، ۲۰۱۶)، ضد قارچی (زنگ^۴ و همکاران، ۲۰۱۵)، ضد اکسایشی (سبزی^۵ و همکاران، ۲۰۲۱)، ضد التهاب (آلبانو^۶ و همکاران، ۲۰۱۱)، ضد سرطان (زاهکوک^۷ و همکاران، ۲۰۱۵)، ضد دیابت (زولیفکار^۸، ۲۰۱۹)، بهبود دهنده عملکرد دستگاه گوارش (چن^۹ و همکاران، ۲۰۲۰)، محافظت از کبد (ال باز^{۱۰} و همکاران، ۲۰۱۴)، کاهش چربی خون (اولمودن^{۱۱} و همکاران، ۲۰۱۴)، ضد اسپاسم عضلانی (بوکایی^{۱۲} و همکاران، ۲۰۱۳)، ضد افسردگی (سینگ^{۱۳} و همکاران، ۲۰۱۳) و افزایش دهنده شیر (قاسمی و همکاران، ۱۳۹۷) می‌باشد. در طب سنتی از رازیانه به عنوان ضد نفخ، مدر، خلط‌آور و ملین استفاده می‌گردد (مسلمی و همکاران، ۱۳۹۲). علاوه بر میوه به عنوان اندام اصلی قابل برداشت، از این گیاه در زنبورداری جهت تولید عسل و نیز از ساقه آن برای تغذیه دام به منظور افزایش تولید شیر استفاده می‌گردد. سطح زیر کشت رازیانه در ایران حدود ۳۲۱۷ هکتار است که حدود ۷۸۴۰ تن محصول از این سطح برداشت می‌گردد (شهپازی، ۱۴۰۲). کشت و کار رازیانه به دلیل نیازهای پایین آبی، کودی و سموم، و از طرفی دیگر سوددهی نسبتاً بالا، روز به روز در حال افزایش است.

یکی از مهم‌ترین عوامل خسارت‌زا در تولید محصولات کشاورزی، علف‌های هرز هستند. علف‌های هرز از طریق رقابتی که با محصول اصلی بر سر جذب آب و مواد غذایی دارند و نیز از طریق سایه‌اندازی و جلوگیری از رسیدن نور کافی به گیاه اصلی، موجب کاهش رشد و عملکرد محصول می‌گردند (کاور^{۱۴} و همکاران، ۲۰۲۲). رازیانه رشد اولیه بسیار کُندی داشته و لذا در رقابت با علف‌های هرز به شدت آسیب می‌بیند (کومار^{۱۵} و همکاران، ۲۰۱۹). هم‌چنین رازیانه به دلیل برگ‌های سوزنی شکلی که دارد، نور به راحتی از کانوپی آن عبور کرده و به علف‌های هرز می‌رسد که در نهایت موجب رشد زیاد علف‌های هرز در مزرعه رازیانه می‌گردد (رحیمی و همکاران، ۱۳۹۴). بنابراین کنترل علف‌های هرز در مزرعه رازیانه جهت رشد و عملکرد بهتر این محصول، ضروری است.

راه‌کاری مختلف مکانیکی (دستی و ماشینی)، بیولوژیکی و شیمیایی برای کنترل علف‌های هرز وجود دارد که هر کدام دارای مزایا و معایب خاصی هستند (شهزاد^{۱۶} و همکاران، ۲۰۲۱؛ مکسود^{۱۷} و همکاران، ۲۰۲۰). کنترل دستی علف‌های

1. Šunić
2. Mehra
3. Bano
4. Zeng
5. Sabzi
6. Albano
7. Zaahkoug
8. Zulifqar
9. Chen
10. El Baz
11. Oulmouden
12. Bokaie
13. Singh
14. Kaur
15. Kumar
16. Shahzad
17. Maqsood

هرز روشی دوستدار محیط زیست بوده و دقت بالایی دارد، اما تنها در سطوح کم امکان‌پذیر است، چراکه زمان‌بر و هزینه‌بر بوده و نیاز به تکرار دارد (پاتل^۱ و همکاران، ۲۰۱۷). کنترل ماشینی نیز تا حدودی علف‌های هرز را به‌خوبی کنترل می‌کند؛ ولی نیاز به تکرار داشته، هزینه‌بر بوده، موجب تخلیه رطوبت خاک شده و موجب فشرده‌شدن و تخریب ساختمان خاک می‌گردد (عبدالله^۲ و همکاران، ۲۰۲۱). کنترل بیولوژیکی علف‌های هرز هر چند روشی دوستدار محیط زیست است، اما به‌دلیل تنوع زیاد علف‌های هرز در مزرعه، مشکل و هزینه‌بر بوده و نیز به‌دلیل زمان‌بر بودن این روش، محصول اصلی خسارت زیادی می‌بیند. کنترل شیمیایی سریع‌تر، مؤثرتر و کم‌هزینه‌تر نسبت به سایر روش‌ها می‌باشد، اما استفاده بیش از حد از سموم شیمیایی موجب آلودگی محیط زیست شده و خطرات جبران‌ناپذیری را برای انسان و سایر موجودات به‌دنبال دارد. ضمن این‌که در مورد بسیاری از محصولات کشاورزی، علف‌کش‌های اختصاصی وجود ندارد (نگو^۳ و همکاران، ۲۰۲۰).

از آنجایی‌که روش بهینه کنترل علف‌های هرز مزرعه در مورد محصولات مختلف متفاوت است، در این پژوهش تأثیر برخی از روش‌های مکانیکی و علف‌کش‌های طبیعی و شیمیایی در کنترل علف‌های هرز و ویژگی‌های عملکردی و فیتوشیمیایی رازیانه مورد مطالعه قرار گرفت.

۲. پیشینه پژوهش

در پژوهشی تأثیر روش‌های مختلف مدیریت علف‌های هرز مزرعه رازیانه شامل وجین دستی به‌صورت هفتگی، یک‌بار وجین دستی ۳۰ روز پس از کاشت، دو بار وجین دستی ۲۰ و ۴۰ روز پس از کاشت، علف‌کش پندیمتالین^۴، پندیمتالین به‌علاوه یک‌بار وجین دستی ۴۵ روز پس از کاشت، علف‌کش کوئزالوفوپ-اتیل^۵، پندیمتالین به‌علاوه کوئزالوفوپ-اتیل، مالچ کاه شلتوک، مالچ کاه شلتوک به‌علاوه یک‌بار وجین دستی ۳۵ روز پس از کاشت، و تیمار عاری از علف هرز بر ویژگی‌های رشدی و عملکرد رازیانه مورد مقایسه قرار گرفت. نتایج بیانگر آن بود که بعد از تیمار عاری از علف هرز، بیش‌ترین رشد و عملکرد رازیانه مربوط به تیمار پندیمتالین به‌علاوه یک‌بار وجین دستی بود که البته با تیمار دو بار وجین دستی تفاوت معنی‌داری نداشت (کاور^۶ و همکاران، ۲۰۲۲).

ارزیابی روش‌های مختلف شیمیایی و مکانیکی کنترل علف‌های هرز مزرعه رازیانه از جمله پندیمتالین (با غلظت‌های ۰/۵، ۰/۷۵ و ۱ کیلوگرم در هکتار)، پندیمتالین ۰/۵ کیلوگرم در هکتار به‌علاوه یک‌بار وجین دستی، تریفلورالین^۷ (با غلظت‌های ۰/۵، ۰/۷۵ و ۱ کیلوگرم در هکتار)، تریفلورالین ۰/۵ کیلوگرم در هکتار به‌علاوه یک‌بار وجین دستی، اُکسی-فلورفن^۸ (با غلظت‌های ۰/۱۵، ۰/۱۷۵ و ۰/۲ کیلوگرم در هکتار)، اُکسی-فلورفن با غلظت ۰/۱۵ کیلوگرم در هکتار به‌علاوه یک‌بار وجین دستی، دو بار وجین دستی و تیمار عاری از علف هرز بر ویژگی‌های عملکردی رازیانه و میزان رشد علف‌های هرز نشان داد که بیش‌ترین بازده کنترل علف‌های هرز مزرعه مربوط به تیمار دو بار وجین دستی بود، درحالی‌که بیش‌ترین عملکرد بذر و شاخص برداشت رازیانه متعلق به تیمار پندیمتالین ۱ کیلوگرم در هکتار بود (کومار^۹ و همکاران، ۲۰۱۹).

1. Patel
2. Abdallah
3. Ngow
4. Pendimethalin
5. Quizalofop-ethyl
6. Kaur
7. Trifluralin
8. Oxyfluorfen
9. Kumar

نتایج حاصل از کنترل علف‌های هرز مزرعه رازیانه با روش‌های مختلف وجین دستی، و علف‌کش‌های پندیمتالین و فلوآزیفوپ‌پی‌بوتیل^۱ نشان داد که بیش‌ترین تعداد چتر، عملکرد میوه به‌ازای تک بوته، عملکرد میوه در هکتار و نیز روغن رازیانه از تیمار وجین دستی به‌دست آمد (عبدالله^۲ و همکاران، ۲۰۲۱).

بررسی تیمارهای مختلف وجین دستی، مالچ کاه گندم و علف‌کش‌های تریفلورالین و پندیمتالین بر عملکرد رازیانه و کنترل علف‌های هرز مزرعه رازیانه حاکی از آن بود که پندیمتالین بهتر از تریفلورالین توانست علف‌های هرز را کنترل نماید. دُر کاهش‌یافته علف‌کش‌های استفاده شده، زمانی که به‌دنبال آن‌ها وجین دستی انجام گرفته بود، مؤثرتر از زمانی بود که به‌تنهایی یا در ترکیب با مالچ استفاده شده بودند. افزایش دُر علف‌کش‌ها باعث افزایش عملکرد میوه رازیانه و کاهش زیست‌توده علف‌های هرز گردید. در مجموع، اعمال ۷۵ درصد دُر پیشنهادی علف‌کش به‌همراه یک‌بار وجین دستی، ضمن دستیابی به عملکرد قابل‌قبول و کنترل مناسب علف‌های هرز، موجب تولید محصولی سالم خواهد شد (یوسفی^۳ و رحیمی^۴، ۲۰۱۴).

به‌کارگیری تیمارهای وجین دستی، مالچ نیشکر و علف‌کش‌های پندیمتالین، اُکسی‌فلورفن و کوئزالوفوپ-اتیل^۵ در کنترل علف‌های هرز مزرعه رازیانه نشان داد که بیش‌ترین عملکرد میوه و شاخص برداشت رازیانه از تیمار وجین دستی به‌دست آمد که البته با تیمار ترکیبی پندیمتالین و کوئزالوفوپ-اتیل تفاوت معنی‌داری نداشت (ماماتا^۶ و همکاران، ۲۰۲۱). در مطالعه‌ای تأثیر تیمارهای وجین دستی و علف‌کش‌های اُکسادیارژیل^۷، گلایفوسیت^۸، پندیمتالین، کوئزالوفوپ-اتیل، فنوکساپروپ-اتیل^۹ و پروپاکویزافوپ^{۱۰} بر ویژگی‌های عملکردی رازیانه و رشد علف‌های هرز ارزیابی گردید. نتایج نشان داد که بیش‌ترین عملکرد میوه رازیانه بعد از تیمار عاری از علف هرز، متعلق به تیمار ترکیبی پندیمتالین به‌علاوه فنوکساپروپ-اتیل بود، درحالی‌که کم‌ترین وزن خشک علف هرز بعد از تیمار عاری از علف هرز، از تیمار دو بار وجین دستی حاصل شد (گوهِیل^{۱۱} و همکاران، ۲۰۱۴).

مقایسه تأثیر علف‌کش‌های پندیمتالین و تریفلورالین و نیز وجین دستی و مالچ کاه گندم در کنترل علف‌های هرز مزرعه رازیانه بیانگر آن بود که پندیمتالین بهتر از تریفلورالین علف‌های هرز را کنترل نمود. در مجموع، در تیمار پندیمتالین همراه با یک‌بار وجین دستی، بیش‌ترین عملکرد رازیانه و کم‌ترین زیست‌توده علف هرز به‌دست آمد (رحیمی و همکاران، ۱۳۹۴).

۳. روش‌شناسی پژوهش

به‌منظور ارزیابی تأثیر روش‌های مختلف مدیریت علف‌های هرز مزرعه رازیانه بر ویژگی‌های عملکردی و فیتوشیمیایی رازیانه و نیز کنترل علف‌های هرز، آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار در مزرعه دوشان دانشکده کشاورزی دانشگاه کردستان انجام گرفت. تیمارهای آزمایشی به‌صورت زیر بودند:

۱- علف‌کش گلایفوسیت (رانداپ): بذر رازیانه در بستر کهنه کشت گردید. آماده‌سازی بستر کهنه بدین صورت بود

1. Fluazifop-p-butyl
2. Abdallah
3. Yousefi
4. Rahimi
5. Quizalofop-ethyl
6. Mamatha
7. Oxadiargyl
8. Glyphosate
9. Fenoxaprop-ethyl
10. Propaquizafop
11. Gohil

که ابتدا خاک را شخم سطحی زده تا بذور علف‌های هرز که در لایه‌های سطحی خاک قرار داشتند، تحریک به جوانه‌زنی شوند. بعد از جوانه‌زنی علف‌های هرز، گلایفوسیت به میزان ۱۶۰۰ گرم ماده مؤثره در هکتار استفاده گردید. پس از حذف علف‌های هرز جوانه‌زده، کشت رازیانه انجام گردید.

۲- علف‌کش پاراکوات (گراماکسون): مشابه با تیمار شماره یک انجام گرفت، فقط میزان ماده مؤثره در این تیمار ۸۰۰ گرم در هکتار بود.

۳- یک‌بار کولتیواسیون: عملیات کولتیواسیون بین ردیف‌های کشت رازیانه یک مرتبه در مرحله چهار تا شش برگی انجام گرفت.

۴- دو بار کولتیواسیون: عملیات کولتیواسیون بین ردیف‌های کشت رازیانه در دو مرحله دو تا چهار برگی و هشت تا ۱۰ برگی انجام گرفت.

۵- وجین دستی: حذف علف‌های هرز یک مرتبه در مرحله دو تا چهار برگی توسط دست انجام شد.

۶- آتش شعله‌افکن: از شعله‌افکن یک مرتبه در مرحله چهار تا شش برگی برای سوزاندن علف‌های هرز استفاده گردید.

۷- سرکه: یک مرتبه در مرحله چهار تا شش برگی محلول‌پاشی با سرکه به میزان ۱۰ لیتر در هکتار انجام گرفت.

۸- علف‌کش آفالون (لینورون): به‌میزان ۲۰۰۰ گرم ماده مؤثره در هکتار در مرحله چهار تا شش برگی استفاده شد.

۹- علف‌کش دیورون (کارمکس): به‌میزان ۳۲۰۰ گرم ماده مؤثره در هکتار در مرحله چهار تا شش برگی استفاده گردید.

۱۰- آلوده به علف هرز: در این تیمار از زمان کاشت تا برداشت با علف هرز مبارزه نشد.

۱۱- عاری از علف هرز: از زمان کاشت تا برداشت، به‌طور هفتگی علف‌های هرز به‌صورت دستی حذف شدند.

کرت‌های آزمایشی ۱۲ مترمربع مساحت داشتند. فاصله بین بلوک‌ها دو متر و فاصله بین تیمارها یک متر در نظر گرفته شد. فاصله بین ردیف‌های کشت ۳۰ سانتی‌متر و فاصله بین بوته‌ها روی ردیف ۱۵ سانتی‌متر بود. زمان کاشت رازیانه اوایل بهار سال ۱۴۰۰ بود.

پس از کاشت، آبیاری به‌صورت منظم هر ۱۰ روز یک‌بار انجام گرفت و مبارزه با علف‌های هرز طبق روش‌های مذکور انجام شد. لازم به ذکر است که از هیچ نوع کودی در مزرعه استفاده نگردید.

پس از رسیدن میوه‌های اولین چتر رازیانه به مرحله سبز رسیده، صفات ارتفاع بوته و تعداد چتر در بوته اندازه‌گیری شد. از آنجایی که میوه‌های رازیانه به‌تدریج به مرحله برداشت می‌رسند، برداشت میوه‌ها در چند مرحله انجام گرفت و پس از آخرین برداشت، صفاتی از قبیل وزن هزاردانه و عملکرد میوه در هکتار اندازه‌گیری شد. هم‌چنین پس از برداشت نهایی، به‌طور تصادفی سه بوته از هر کرت کف‌بر شده و پس از خشک‌کردن در آون با دمای ۵۰ درجه سانتی‌گراد، وزن خشک آن‌ها به‌دست آمد. برای به‌دست‌آوردن وزن خشک علف‌های هرز، در انتهای فصل رشد بعد از برداشت آخرین چترهای رازیانه، یک کادر به ابعاد ۱ مترمربع در وسط کرت مشخص نموده و سپس تمام علف‌های هرز رویش‌یافته در آن کف‌بر شده و در آون به‌مدت زمان ۷۲ ساعت خشک گردیدند و در نهایت توزین شدند.

جهت اسانس‌گیری از میوه‌ها، میوه‌های برداشت‌شده در سایه خشک شدند و پس خردکردن آن‌ها توسط خردکن خانگی، استخراج اسانس از آن‌ها براساس روش تقطیر با آب^۱ توسط دستگاه کلونجر به‌مدت زمان سه ساعت انجام گرفت. پس از مدت زمان مذکور، میزان اسانس (درصد حجمی وزنی) و نیز عملکرد اسانس (لیتر در هکتار) محاسبه گردید و سپس اسانس از دستگاه خارج گردید و در ویال‌های شیشه‌ای ریخته شد. برای آبیگری اسانس‌ها مقداری سولفات سدیم خشک به ویال‌ها اضافه گردید و در نهایت تا زمان آنالیز در یخچال نگهداری شدند.

آنالیز اسانس‌ها توسط دستگاه‌های کروماتوگرافی گازی متصل به طیف‌سنج جرمی (GC-MS) و کروماتوگرافی گازی متصل به آشکارساز یونش شعله‌ای (GC-FID) واقع در دانشگاه آزاد اسلامی واحد سنندج انجام گرفت. دستگاه GC-MS (مدل Agilent 7890B/5977A GC/MSD، کشور آمریکا) با ستون HP5 به طول ۳۰ متر، قطر داخلی ۰/۲۵ میلی‌متر و ضخامت فاز ساکن ۰/۲۵ میکرومتر بود. دمای محفظه تزریق، ستون و منبع یونیزاسیون به ترتیب ۲۸۰، ۲۶۰ و ۲۳۰ درجه سانتی‌گراد تنظیم گردید. انرژی یونیزاسیون ۷۰ الکترون ولت و طیف جرمی بررسی شده بین ۵۰-۵۰۰ m/z بود. از گاز هلیوم به عنوان حامل با سرعت جریان ۱ میلی‌لیتر در دقیقه استفاده شد. دستگاه GC-FID (مدل Agilent 7890B GC، کشور آمریکا) مجهز به آشکارساز یونش شعله‌ای بود. ویژگی‌های ستون و برنامه دمایی شبیه GC-MS تنظیم گردید. دمای محل تزریق ۲۸۰ و آشکارساز ۲۹۰ درجه سانتی‌گراد تنظیم شدند. همانند GC-MS، هلیوم به عنوان گاز حامل استفاده شد. شناسایی ترکیبات اسانس براساس مقایسه شاخص بازداری آن‌ها با شاخص ترکیبات موجود در کتابخانه دیجیتال دستگاه (براساس پایگاه‌های اطلاعاتی NIST و Willy) صورت گرفت. مقدار کمی ترکیبات نیز براساس مساحت زیر پیک مربوط به هر ترکیب به دست آمد. آنالیز واریانس داده‌ها و مقایسه میانگین داده‌ها (براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن) توسط نرم‌افزار SPSS (نسخه ۲۵) انجام گرفت.

۴. یافته‌های پژوهش

با توجه به نتایج تجزیه واریانس (جدول ۱)، تأثیر تیمار علف‌کش بر صفات وزن خشک اندام هوایی، عملکرد میوه و عملکرد اسانس رازیانه، و نیز وزن خشک علف‌های هرز در سطح احتمال یک درصد و بر صفات وزن هزاردانه و میزان اسانس رازیانه در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود، اما صفات ارتفاع بوته و تعداد چتر در بوته رازیانه تحت تأثیر معنی‌دار تیمار علف‌کش قرار نگرفتند.

جدول ۱. نتایج تجزیه واریانس تأثیر تیمارهای مختلف علف‌کش بر صفات اندازه‌گیری شده

میانگین مربعات									
منابع تغییرات	درجه آزادی	ارتفاع بوته	تعداد چتر در بوته	وزن خشک اندام هوایی	وزن هزاردانه	عملکرد میوه	میزان اسانس	عملکرد اسانس	وزن خشک علف هرز
تیمار	۱۰	۱۰۳/۹ ^{ns}	۱۸/۵ ^{ns}	۲۳۱/۸ ^{**}	۰/۶ [*]	۱/۶ ^{**}	۰/۲۳ [*]	۱۲۵۱/۴ ^{**}	۱۸۰۱/۵ ^{**}
بلوک	۳	۳۸	۳۳/۹	۱۰۰/۸	۰/۲۸	۰/۷۱	۰/۱۲	۲۴۵/۲	۱۷۰/۶
خطا	۳۰	۵۸/۹	۲۷/۳	۲۶/۹	۰/۲۳	۰/۲۴	۰/۰۸	۳۲۳/۲	۲۳۸/۴
ضریب تغییرات (درصد)		۱۰/۸	۳۳/۹	۲۲/۹	۹/۸	۲۶/۷	۹/۵	۲۳/۶	۵۷/۲

ns، * و ** به ترتیب بیانگر عدم معنی‌دار، و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد می‌باشند.

مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که کم‌ترین وزن خشک علف‌هرز (۳/۵۴ گرم در مترمربع) متعلق به کرت‌های تیمار عاری از علف هرز بود که البته با تیمارهای وجین دستی و آتش شعله‌افکن تفاوت معنی‌داری نداشت. بیش‌ترین وزن

خشک علف هرز (۷۹/۹۸ گرم در مترمربع) متعلق به کرت‌هایی بود که با گلایفوسیت سم‌پاشی شده بودند که البته با تیمارهای آفالون و یک‌بار کولتیواسیون تفاوت معنی‌داری نشان نداد (شکل ۱-ج).

بیش‌ترین میانگین ارتفاع بوته (۸۴/۵ سانتی‌متر) متعلق به تیمار دیورون بود که البته با سایر تیمارها غیر از وجین دستی و پاراکوات، تفاوت معنی‌داری نداشت. همچنین کم‌ترین ارتفاع بوته (۶۸/۳ سانتی‌متر) متعلق به بوته‌های تیمار پاراکوات بود، هرچند که با بوته‌های سایر تیمارها غیر از دیورون و سرکه، تفاوت معنی‌داری نداشت (شکل ۱-الف).

به لحاظ تعداد چتر در بوته، بین تیمارهای مختلف، تفاوت معنی‌داری مشاهده نگردید. میانگین تعداد چتر در بوته بین ۱۱/۳ (در تیمار گلایفوسیت) تا ۱۸/۵ (در تیمار آتش شعله افکن) متغیر بود (شکل ۱-ب).

بیش‌ترین میانگین وزن خشک اندام هوایی (۵۲/۹۸ گرم) از بوته‌های تیمار عاری از علف هرز به‌دست آمد که البته با بوته‌های تیمارهای آلوده به علف هرز و وجین دستی تفاوت معنی‌داری نداشت. کم‌ترین مقدار صفت مذکور (۳۰/۸۸ گرم) از بوته‌های تیمار سرکه به‌دست آمد که با سایر تیمارها غیر از وجین دستی، آلوده به علف هرز و عاری از علف هرز تفاوت معنی‌داری نشان نداد (شکل ۱-پ).

میانگین وزن هزاردانه بوته‌های تیمار آفالون بیش‌تر از سایر تیمارها بود (۶/۴ گرم)، هر چند که با تیمارهای وجین دستی، آتش شعله‌افکن، دیورون، آلوده به علف هرز و عاری از علف هرز تفاوت معنی‌داری نداشت. کم‌ترین میانگین وزن هزاردانه (۵/۳ گرم) هم متعلق به بوته‌های تیمار گلایفوسیت بود که با سایر تیمارها غیر از آفالون و وجین دستی تفاوت معنی‌داری نداشت (شکل ۱-ت).

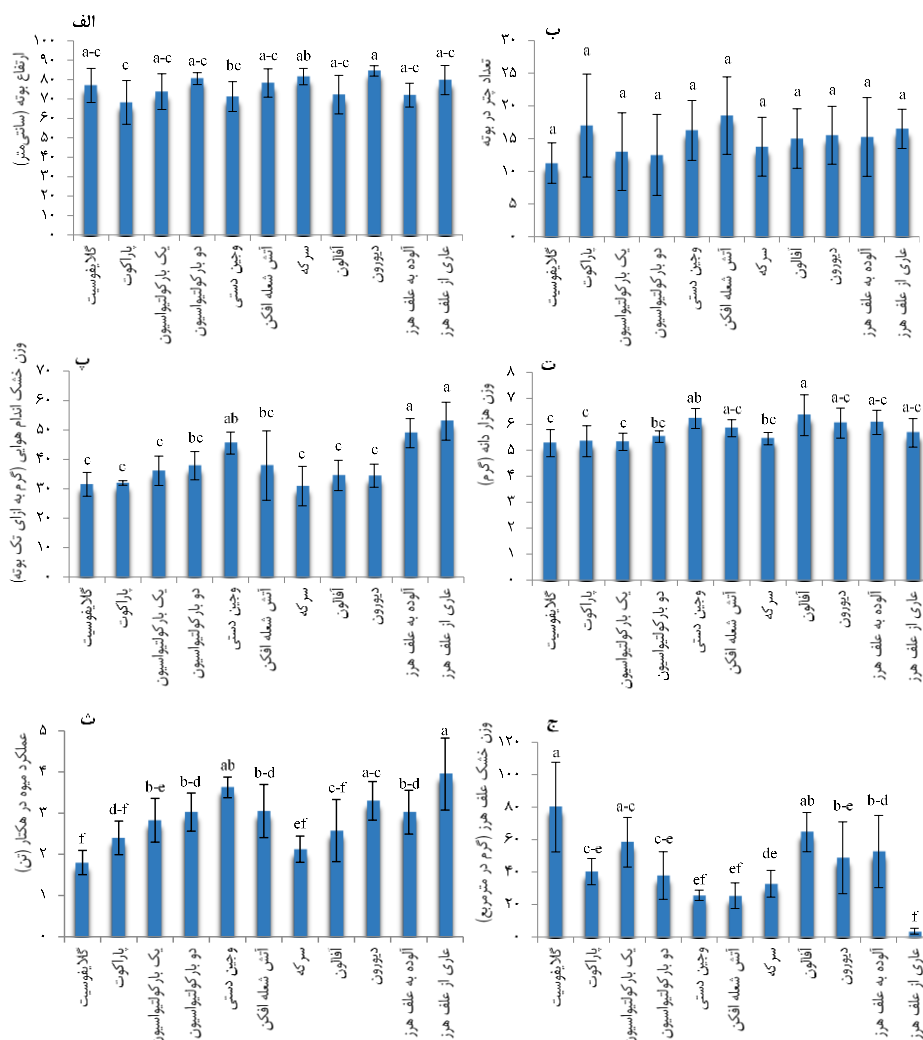
بیش‌ترین میانگین عملکرد میوه در هکتار (۳/۹۵ تن) نیز متعلق به تیمار عاری از علف هرز بود و به‌دنبال آن تیمارهای وجین دستی و دیورون قرار داشتند (به‌ترتیب ۳/۶۳ و ۳/۳ تن در هکتار). کم‌ترین عملکرد میوه در هکتار (۱/۸ تن) از بوته‌های تیمار گلایفوسیت به‌دست آمد که البته با تیمارهای سرکه، پاراکوات و آفالون اختلاف معنی‌داری نشان نداد (شکل ۱-ث).

محتوای اسانس میوه‌های رازیانه در تیمارهای اعمال‌شده (غیر از تیمار عاری از علف هرز) تفاوت معنی‌داری با هم نداشتند. بیش‌ترین میزان اسانس (۴/۱ درصد) از میوه تیمارهای سرکه و آفالون، و کم‌ترین آن (۳/۳ درصد) از میوه تیمار عاری از علف هرز به‌دست آمد (شکل ۲-الف).

بیش‌ترین میانگین عملکرد اسانس (۱۳۳/۳ لیتر در هکتار) متعلق به میوه‌های تیمار وجین دستی بود که البته با تیمارهای عاری از علف هرز، آلوده به علف هرز، دیورون، آتش شعله‌افکن و دو بار و یک بار کولتیواسیون به لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری نداشت. کم‌ترین میانگین عملکرد اسانس (۶۳/۹ لیتر در هکتار) از میوه‌های تیمار گلایفوسیت به‌دست آمد که آن هم با تیمارهای پاراکوات، سرکه و آفالون فاقد اختلاف معنی‌دار بود (شکل ۲-ب). همان‌طور که در شکل (۳) آمده است، وزن خشک علف‌های هرز تأثیر معنی‌داری روی عملکرد میوه رازیانه داشت ($P_{value}=0.018$)، بدین صورت که با افزایش وزن خشک علف‌های هرز، عملکرد میوه رازیانه کاهش یافت ($r=-0.69$). ضریب تبیین به‌دست‌آمده نیز برابر با $R^2=0.48$ بود.

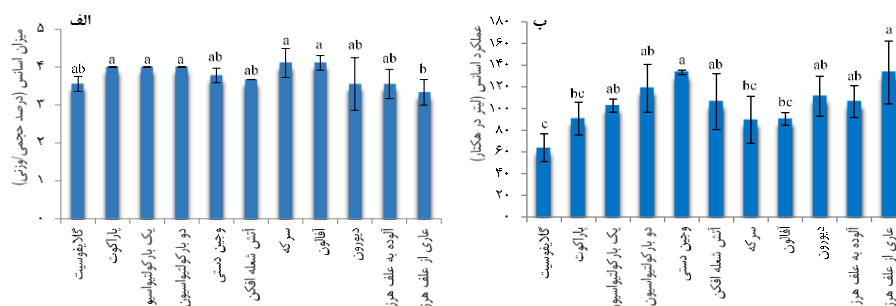
ترکیب شیمیایی اسانس در تیمارهای مختلف تا حدودی متفاوت بود. بیش‌ترین تعداد ترکیبات شناسایی‌شده (۱۶ ترکیب) مربوط به اسانس میوه تیمارهای دوبار کولتیواسیون، وجین دستی و عاری از علف هرز بود. در اسانس میوه تیمارهای یک‌بار کولتیواسیون، آفالون و آلوده به علف هرز، ۱۵ ترکیب و در سایر تیمارها ۱۳ ترکیب شناسایی شدند. برخی ترکیبات شامل بتا-پینن، آلفا-فلاندرن، فنکیل استات و آنیس آلدئید فقط در اسانس میوه برخی تیمارها وجود داشتند. ترکیبات غالب اسانس در همه تیمارها یکسان و شامل آنتول، فنکون و د-لیمون بودند. بیش‌ترین (۷۳/۵۳ درصد) و کم‌ترین (۶۸/۱۲ درصد) میزان آنتول به‌ترتیب در اسانس میوه تیمارهای گلایفوسیت و سرکه مشاهده گردید. فنکون بیش‌ترین مقدار را در اسانس میوه تیمار آلوده به

علف هرز (۱۲/۲۱ درصد) و کم‌ترین مقدار را در تیمار گلایفوسیت (۹/۵۳ درصد) داشت. بیش‌ترین مقدار د-لیمون (۱۱/۵۶ درصد) در اسانس میوه تیمار سرکه و کم‌ترین آن (۹/۳۸ درصد) در اسانس میوه تیمار گلایفوسیت وجود داشت. بخش عمده اسانس در همه تیمارها را فنیل پروپانویدها تشکیل می‌دادند که شامل مجموع ترکیبات آنتول، استراگول و آنیس آلدئید می‌باشند. بیش‌ترین میزان ترکیبات فنیل پروپانوئیدی (۷۷/۳۲ درصد) متعلق به اسانس میوه‌های تیمار گلایفوسیت بود. بعد از فنیل پروپانویدها، مونوترپن‌های هیدروکربنه، بخش عمده اسانس را در همه تیمارها تشکیل می‌دادند و بیش‌ترین مقدار آن‌ها (۱۵/۷۴ درصد) در اسانس میوه‌های تیمار سرکه مشاهده گردید. بیش‌ترین مقدار مونوترپن‌های اکسیژنه (۱۲/۵۶ درصد) که شامل مجموع ترکیبات فنکون، کامفور و فنکیل استات بودند، در اسانس میوه‌های تیمار آلوده به علف هرز مشاهده شد. سزکوئ‌ترین‌های هیدروکربنه کم‌ترین میزان را در اسانس همه تیمارها تشکیل می‌دادند و تنها ترکیب سزکوئ‌ترین موجود در اسانس‌ها، ژرماکرن-د بود که تفاوت چشم‌گیری به لحاظ مقدار آن در تیمارهای مختلف وجود نداشت (جدول ۲).

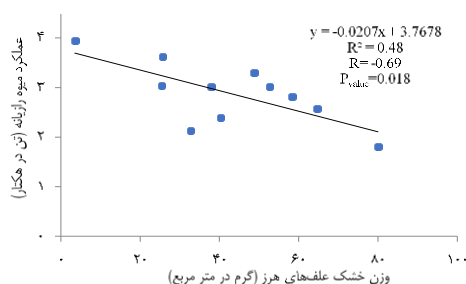


شکل ۱. مقایسه میانگین ارتفاع بوته؛ (الف) تعداد چتر در بوته، (ب) وزن خشک اندام هوایی، (پ) وزن هزاردانه، (ت) عملکرد میوه در هکتار، (ث) رازیانه وزن خشک علف هرز، (ج) در تیمارهای مختلف علف‌کش.

در هر شکل، ستون‌های با حداقل یک حرف مشترک، براساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری با هم ندارند.



شکل ۲. مقایسه میانگین محتوای اسانس (الف) و عملکرد اسانس (ب) رازیانه در تیمارهای مختلف علف کش ستون‌های با حداقل یک حرف مشترک، براساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری با هم ندارند.



شکل ۳. رابطه عملکرد میوه رازیانه با وزن خشک علف‌های هرز

جدول ۲. نوع و میزان اجزای تشکیل دهنده اسانس میوه رازیانه در تیمارهای مختلف اعمال شده

تیمارها												نام ترکیب	R.T.	R.I.
یکبار کولتیواسیون	دوبار کولتیواسیون	وجین دستی	آتش شمله افکن	سرکه	آفالون	دیورون	آلوده به علف هرز	عاری از علف هرز	گلانیوسیت	پاراگوات				
۱/۲۲	۱/۱	۱/۱۳	۱/۱۸	۱/۴	۱/۰۵	۱/۰۳	۱/۱۷	۱/۰۶	۱/۰۷	۱/۲۳	۹۳۳	۴/۳۳	<i>α</i> -Pinene	
۰/۱۹	۰/۱۸	۰/۱۸	۰/۱۸	۰/۲۳	۰/۱۷	۰/۱۶	۰/۱۹	۰/۱۷	۰/۱۶	۰/۲	۹۴۷	۴/۵۶	Camphene	
۰/۲۹	۰/۲۱	۰/۲۱	۰/۴۱	۰/۴۴	۰/۳۳	۰/۲۷	۰/۳۳	۰/۲۲	۰/۲۸	۰/۲۹	۹۷۳	۴/۹۸	Thujene	
—	۰/۰۶	۰/۰۶	—	—	۰/۰۶	—	۰/۰۷	۰/۰۶	—	—	۹۷۴	۵/۰۲	<i>β</i> -Pinene	
۰/۶۸	۰/۷۱	۰/۶۸	۰/۶۳	۰/۸۱	۰/۶۵	۰/۶۳	۰/۷۶	۰/۶۱	۰/۶۴	۰/۷۷	۹۹۲	۵/۲۹	<i>β</i> -Myrcene	
۰/۱۸	۰/۱۷	۰/۱۷	—	—	۰/۱۷	۰/۱۷	۰/۱۷	۰/۱۶	۰/۱۶	۰/۱۹	۱۰۰۵	۵/۵۱	<i>α</i> -Phellandrene	
۱۰/۳۵	۱۱/۲۹	۱۰/۹۳	۹/۵۹	۱۱/۵۶	۹/۹۵	۹/۷۵	۱۱/۲۱	۹/۷۹	۹/۲۸	۱۱/۱۹	۱۰۰۳۴	۵/۹۹	<i>d</i> -Limonene	
۱/۰۲	۱/۰۷	۱/۰۵	۰/۹۹	۱/۱۶	۱/۰۹	۱/۰۱	۱/۲۳	۰/۹۹	۱/۰۱	۱/۲۱	۱۰۰۴۱	۶/۰۹	<i>β</i> -Ocimene	
۰/۱	۰/۰۹	۰/۰۹	۰/۰۹	۰/۱۴	۰/۱۱	۰/۱۱	۰/۱۱	۰/۱۱	۰/۱۲	۰/۱	۱۰۰۶۰	۶/۳۹	<i>γ</i> -Terpinene	
۱۰/۶۸	۱۱/۲۸	۱۰/۹۱	۱۰/۲۵	۱۲/۰۳	۱۰/۷۳	۱۰/۶	۱۲/۲۱	۱۰/۲	۹/۵۳	۱۲/۰۵	۱۰۰۹۵	۶/۹۶	Fenchone	
۰/۲۵	۰/۲۷	۰/۲۶	۰/۲۷	۰/۳	۰/۲۶	۰/۲۵	۰/۲۹	۰/۲۴	۰/۲۲	۰/۲۸	۱۱۰۴۴	۷/۷۴	Camphor	
۳/۷۵	۳/۶۶	۳/۷	۳/۷۶	۳/۶۲	۳/۷	۳/۷۹	۳/۵۵	۳/۷۷	۳/۷۹	۳/۶۱	۱۲۰۰۵	۸/۶۳	Estragole	
۰/۰۷	۰/۰۶	۰/۰۶	—	۰/۰۷	۰/۰۵	—	۰/۰۶	۰/۰۶	—	—	۱۲۳۳۴	۹/۰۶	Fenchyl acetate	
۰/۱۸	۰/۱۶	۰/۱۶	۰/۱۶	—	—	—	—	۰/۲	—	—	۱۳۳۷۹	۹/۷۰	Anisaldehyde	
۷۰/۹۳	۶۹/۵۹	۷۰/۲۹	۷۲/۳۷	۶۸/۱۲	۷۱/۵۶	۷۲/۱۳	۶۸/۵	۷۲/۲۵	۷۳/۵۳	۶۸/۷۷	۱۳۰۱۸	۱۰/۲۲	Anethole	
۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱۲	۰/۱۲	۰/۱	۰/۱۲	۰/۱۱	۰/۱	۰/۱	۱۴۸۰۴	۱۲/۴۰	Germacrene D	
۱۴/۰۳	۱۴/۸۸	۱۴/۵	۱۳/۰۷	۱۵/۷۴	۱۳/۵۸	۱۳/۱۳	۱۵/۲۷	۱۳/۱۷	۱۲/۸۲	۱۵/۱۸			مونوترین های هیدروکربنه	
۱۱	۱۱/۶۱	۱۱/۲۳	۱۰/۵۲	۱۲/۴	۱۱/۰۴	۱۰/۸۵	۱۲/۵۶	۱۰/۵	۹/۷۵	۱۲/۳۳			مونوترین های اکسیژنه	
۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱۲	۰/۱۲	۰/۱	۰/۱۲	۰/۱۱	۰/۱	۰/۱			سز کوئی ترین های هیدروکربنه	
۷۴/۸۶	۷۳/۴۱	۷۴/۱۵	۷۶/۲۹	۷۱/۷۴	۷۵/۲۶	۷۵/۹۲	۷۲/۰۵	۷۶/۲۲	۷۷/۳۲	۷۲/۳۸			فنیل پروپانوتیدها	

R.I. و R.T. به ترتیب بیانگر شاخص بازداری (Retention index) و زمان بازداری (Retention time) ترکیب هستند.

۵. بحث

وزن خشک اندام هوایی بوته‌های رازیانه بعد از تیمار عاری از علف هرز، بیش‌ترین مقدار را در تیمارهای آلوده به علف هرز و وجین دستی داشت. طبیعی است که در تیمارهای عاری از علف هرز و وجین دستی، به‌دلیل میزان کم علف‌های هرز، میزان نور، آب و مواد غذایی بیش‌تری به بوته‌های رازیانه رسیده و توانسته‌اند ماده خشک بیش‌تری تولید نمایند. اما وزن خشک زیاد بوته‌ها در تیمار آلوده به علف هرز را می‌توان به این مهم نسبت داد که در تیمار مذکور به‌دلیل سایه-اندازی زیاد علف‌های هرز روی خاک، میزان تبخیر و آب از دست‌دهی خاک مزرعه نسبت به سایر تیمارها کم‌تر بود و لذا بوته‌های رازیانه به‌دلیل در اختیار داشتن رطوبت کافی طی دوره رشد، رشد و تولید ماده خشک مطلوبی داشتند. در تیمار مذکور، هر چند علف‌های هرز زیادی وجود داشتند، اما به‌نظر می‌رسد که در رقابت با بوته‌های رازیانه بر سر جذب آب و مواد غذایی و نور چندان موفق عمل نکردند و در نهایت رشد و وزن خشک آن‌ها در مقایسه با برخی تیمارها مثل تیمار گلایفوسیت نیز کم‌تر بود. در تیمار گلایفوسیت، تعداد علف‌های هرز نسبت به تیمار آلوده به علف هرز کم‌تر بود، اما به‌دلیل رشد بیش‌تری که نسبت به علف‌های هرز تیمار آلوده داشتند، در نهایت ماده خشک بیش‌تری نیز تولید نمودند. عملکرد میوه در تیمارهای عاری از علف هرز و وجین دستی که کم‌ترین میزان علف‌های هرز را داشتند، بیش‌ترین مقدار بود. البته لزوماً همه تغییرات عملکرد میوه را نمی‌توان به میزان علف‌های هرز نسبت داد، چراکه در برخی تیمارها از جمله سرکه، با این‌که علف‌های هرز نسبتاً خوب کنترل شده بود اما عملکرد میوه در این تیمار حتی کم‌تر از تیمار آلوده به علف هرز بود. ضریب تبیین پایین به‌دست‌آمده از ارتباط بین وزن خشک علف‌های هرز و عملکرد میوه رازیانه ($R^2=0/48$) نیز بیانگر این مهم است که تنها ۴۸ درصد تغییرات عملکرد میوه رازیانه را می‌توان به علف‌های هرز نسبت داد و مابقی آن به عوامل مختلف دیگری همچون تأثیر علف‌کش‌ها روی رازیانه و سایر شرایط محیطی بستگی دارد. به‌نظر می‌رسد که سرکه علاوه بر علف‌های هرز، روی خود بوته‌های رازیانه نیز تأثیر منفی بر جای گذاشته باشد. نتایج مشابهی را امینی و همکاران (۱۳۹۴) در مورد استفاده از سرکه جهت کنترل علف‌های هرز مزارع سیب‌زمینی به‌دست آوردند. آن‌ها دریافتند که سرکه باوجود کنترل مطلوب علف‌های هرز، موجب کاهش عملکرد بیولوژیک و عملکرد غده سیب‌زمینی گردید. تیمارهای برتر به لحاظ عملکرد اسانس تا حدود زیادی مشابه با عملکرد میوه بودند، چراکه عملکرد اسانس برآیند حاصل ضرب عملکرد میوه در درصد اسانس می‌باشد، و از آنجایی که درصد اسانس در تیمارهای مختلف تفاوت چشم‌گیری با هم نداشتند، لذا طبیعی است که تیمارهای با عملکرد میوه بیش‌تر، از عملکرد اسانس بالاتری نیز برخوردار باشند.

در بین همه تیمارهای اعمال‌شده جهت کنترل علف‌های هرز مزرعه رازیانه، وجین دستی و آتش شعله‌افکن بهتر از سایر تیمارها علف‌های هرز را کنترل نمودند. از آنجایی که در تیمار وجین دستی طوری عمل شد که تمامی علف‌های هرز رویش‌یافته تا مرحله دو تا چهار برگی رازیانه به‌طور دقیق و کامل از زمین حذف شوند، طبیعی است که تیمار مذکور علف هرز کمی داشته باشد. در مورد شعله‌افکن نیز علف‌های هرز به‌خوبی تحت تأثیر دمای بالای شعله‌افکن از بین رفته بودند و امکان رشد مجدد نداشتند. در بین ترکیبات طبیعی و سموم شیمیایی که برای کنترل علف‌های هرز استفاده گردید، سرکه و بعد از آن پاراکوات نتیجه بهتری نشان دادند. پاراکوات جزو علف‌کش‌های تماسی غیر انتخابی است که از طریق تحریک تولید رادیکال‌های آزاد اکسیژن، موجب پراکسیداسیون چربی‌های غشای سلول و در نهایت تخریب غشای سلول و مرگ گیاه می‌گردد. این علف‌کش معمولاً قبل از کشت یا در همان مراحل ابتدایی جوانه‌زنی محصول اصلی استفاده می‌گردد (رحمانیان^۱ و همکاران، ۲۰۱۵). سرکه نیز همانند علف‌کش‌های تماسی عمل می‌نماید، به‌طوری‌که ابتدا غشای سلول را از بین می‌برد، سپس موجب مرگ بافت‌های گیاهی می‌شود (امینی و همکاران، ۱۳۹۴). گلایفوسیت کم‌ترین کارایی را در حذف علف‌های هرز داشت. گلایفوسیت

جزو علف‌کش‌های سیستمیک غیر انتخابی است که معمولاً قبل از کشت و یا قبل از جوانه‌زنی محصول اصلی استفاده می‌گردد. این علف‌کش موجب اختلال در فعالیت آنزیم ۵-انول پیروویل شیکیمات سنتاز در مسیر شیکیمیک اسید شده و سنتز اسید آمینه‌های معطر را که در تولید لیگنین و فیتوآلکسین‌ها نقش دارند، کاهش می‌دهد (اسکندری شهرکی و همکاران، ۱۳۹۷). براساس مشاهدات مزرعه‌ای، پاراکوات به‌دلیل ماهیت تماسی‌بودن آن و تأثیرگذاری سریع، توانست علف‌های هرز رویش‌یافته را در همان ابتدای جوانه‌زنی از بین ببرد. اما در تیمار گلایفوسیت به‌دلیل سیستمیک‌بودن و زمان‌بر بودن تأثیرگذاری این علف‌کش، هرچند بوته‌های علف‌های هرز ضعیف شده و تعدادی از آن‌ها خشک شدند، اما برخی به‌طور کامل از بین نرفته و حتی رشد مجدد داشتند. شاید دلیل این نتیجه غلظت نامناسب و یا کیفیت علف‌کش استفاده‌شده، بوده باشد که نیاز به پژوهش‌های بیش‌تر در این زمینه می‌باشد. میزان وزن خشک علف‌های هرز در تیمارهای آفالون و دیورون تفاوت معنی‌داری با تیمار آلوده به علف‌هرز نداشتند. آفالون جزو علف‌کش‌های سیستمیک است که به‌صورت قبل و بعد رویشی استفاده می‌گردد و از طریق اختلال در عملکرد فتوسیستم II و بلوکه‌کردن جریان انتقال الکترون، موجب تولید ترکیبات اکسیدکننده و درنهایت مرگ سلول می‌گردد (کوویتانیرو^۱ و همکاران، ۲۰۱۷). دیورون نیز از جمله علف‌کش‌های سیستمیک به‌شمار می‌آید که به‌صورت پیش و پس‌رویشی استفاده می‌گردد (زالوسکی^۲ و همکاران، ۲۰۲۲) و از طریق بلوکه‌کردن انتقال الکترون بین فتوسیستم II و فتوسیستم I، از تولید ATP و NADPH جلوگیری می‌کند (دبلیس^۳ و همکاران، ۲۰۰۸). می‌توان گفت که مکانیزم عمل آفالون و دیورون تا حدود زیادی مشابه هم است. به‌نظر می‌رسد که علف‌کش‌های تماسی کارایی بهتری در کنترل و حذف علف‌های هرز رازیانه نسبت به علف‌کش‌های سیستمیک داشتند. دوبار کولتیواسیون نیز توانست به‌طور معنی‌داری میزان علف‌های هرز را نسبت به تیمار آلوده به علف هرز کاهش دهد، اما یک‌بار کولتیواسیون به لحاظ میزان علف‌های هرز تفاوت معنی‌داری با تیمار آلوده به علف هرز نداشت.

کم‌ترین محتوای اسانس از میوه بوته‌های تیمار عاری از علف هرز به‌دست آمد و بین سایر تیمارها، تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. بخشی از ماده مؤثره گیاهان دارویی تحت شرایط تنشی تشکیل و تجمع می‌یابد (جان^۴ و همکاران، ۲۰۲۱). از آنجایی‌که در تیمار عاری از علف هرز، شرایط رقابتی بین بوته‌های رازیانه و علف‌های هرز وجود نداشته و نیز بوته‌ها تحت تأثیر سموم شیمیایی قرار نگرفتند، لذا بخشی از کاهش محتوای اسانس را می‌توان به شرایط رشدی نرمال و بدون تنش بوته‌ها نسبت داد. محصولات فتوسنتزی در گیاهان یا به سمت رشد و تولید ماده خشک هدایت می‌شوند و یا به سمت تولید متابولیت‌های ثانویه از جمله اسانس نیل پیدا می‌کنند. به‌عبارتی دیگر، بین دو مسیر مذکور حالت رقابتی وجود دارد و در شرایطی که تولید ماده خشک و عملکرد بالا می‌رود، به احتمال زیاد میزان سنتز متابولیت‌های ثانویه کاهش می‌یابد (فرناندز^۵ و همکاران، ۲۰۱۶). همان‌طور‌که در نتایج مشاهده گردید، بوته‌های رازیانه در تیمار عاری از علف هرز، بیش‌ترین عملکرد را داشتند و این به معنای آن است که در تیمار مذکور، گیاه بخش زیادی از انرژی خود را صرف رشد و تولید ماده خشک نموده است و لذا انرژی کم‌تری جهت تولید اسانس باقی مانده است.

ترکیبات غالب اسانس در همه تیمارهای علف‌کش یکسان بود و شامل آنتول، فنکون و د-لیمونن بودند. در پژوهش‌های پیشین آنتول، فنکون و لیمونن (رحیم مالک^۶ و همکاران، ۲۰۱۴)، آنتول و استراگول (میلنکوویچ^۷ و همکاران، ۲۰۲۲) و آنتول و

1. Quintaneiro

2. Zaluski

3. Deblois

4. Jan

5. Fernandez

6. Rahimmalek

7. Milenkovic

فنکون (سانیچ^۱ و همکاران، ۲۰۲۳) به‌عنوان ترکیبات غالب اسانس رازیانه گزارش شده‌اند. تیمارهای اعمال‌شده تأثیر چشم‌گیری روی گروه‌های غالب تشکیل‌دهنده اسانس نداشتند، به‌طوری‌که در همه تیمارها فنیل پروپانویدها، مونوترپن‌های هیدروکربنه، مونوترپن‌های اکسیژنه و سپس سزکوئی‌ترپن‌های هیدروکربنه به‌ترتیب ترکیبات غالب اسانس را تشکیل می‌دادند. فنکون و آنتول از ترکیبات مفید اسانس رازیانه بوده و بالا بودن میزان آن‌ها در اسانس نشان‌دهنده کیفیت بالای اسانس است. در مقابل، استراگول از ترکیبات مضر و خطرناک اسانس رازیانه است که هر چقدر میزان آن در اسانس کم‌تر باشد، اسانس از کیفیت بالاتری برخوردار است (باباخانی و همکاران، ۱۴۰۱). بر این اساس، چنانچه میزان بالای آنتول به‌عنوان ترکیب هدف مدنظر باشد، تیمار گلایفوسیت از کیفیت اسانس بالاتری برخوردار بود و چنانچه میزان بالای فنکون و میزان پایین استراگول مدنظر باشد، اسانس تیمار آلوده به علف هرز از کیفیت بالاتری نسبت به بقیه تیمارها برخوردار بود.

۶. نتیجه‌گیری و پیشنهادها

انتخاب مناسب‌ترین تیمار جهت حذف علف‌های هرز مزرعه رازیانه بسته به هدف می‌تواند متفاوت باشد. چنانچه هدف حذف قابل‌قبول علف‌های هرز، عملکرد بیش‌تر میوه و اسانس همراه با کم‌ترین آسیب به محیط زیست باشد، بعد از تیمار عاری از علف هرز، تیمار وجین دستی برترین تیمار بود. اما چنانچه علاوه بر دستیابی به عملکرد بالای محصول، کاهش هزینه‌های کنترل علف هرز نیز مدنظر باشد، از آنجایی‌که وجین دستی زمان‌بر و هزینه‌بر است، ناچار هستیم که به سمت کنترل شیمیایی علف‌های هرز برویم که براساس نتایج، تیمار دیورون برتر بود، چراکه هم علف‌های هرز را به‌طور قابل‌قبولی کنترل نمود و هم عملکرد محصول در تیمار مذکور تفاوت معنی‌داری با تیمار عاری از علف هرز نداشت. انتخاب براساس کیفیت اسانس بسته به ترکیب هدف می‌تواند متفاوت باشد، اما به‌طور کلی و براساس مهم‌ترین ترکیبات اسانس، تیمار آلوده به علف هرز از کیفیت اسانس بهتری برخوردار بود.

۷. تشکر و قدردانی

از معاونت محترم پژوهشی دانشگاه کردستان به خاطر حمایت‌های مالی و معنوی در اجرای پژوهش حاضر، تشکر و قدردانی می‌گردد.

۸. تعارض منافع

هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسندگان وجود ندارد.

۹. منابع

- شهرکی، محمد؛ عزیزاده، حسن و اویسی، مصطفی (۱۳۹۷). تأثیر کاربرد پیش از برداشت علف‌کش بر تولید و ویژگی‌های بذر گندم و علف‌هرز شیرین بیان. *مجله دانش علف‌های هرز*، ۱۴(۲)، ۶۱-۷۴.
- امینی، روح‌الله؛ دباغ محمدی نسب، عادل و قربانی فعال، صنم (۱۳۹۴). استفاده از روش‌های فیزیکی، زراعی و شیمیایی در مدیریت تلفیقی علف‌های هرز سیب زمینی (*Solanum tuberosum* L.). *دانش کشاورزی و تولید پایدار*، ۲۵(۴)، ۱۰۵-۱۱۸.
- باباخانی، فاطمه؛ خورشیدی، جلال و مرشدلو، محمدرضا (۱۴۰۱). تغییرات فیتوشیمیایی و فعالیت ضداکسایشی میوه رازیانه (*Foeniculum vulgare* Mill.) تحت تأثیر نوع بسته‌بندی و مدت زمان انبارمانی. *تحقیقات گیاهان دارویی و معطر/ایران*، ۳۸(۳)، ۴۰۹-۴۲۳.

رحیمی، محمدرضا؛ یوسفی، علیرضا؛ جمشیدی، خلیل و پوریوسف، مجید (۱۳۹۴). تأثیر مدیریت تلفیقی علف‌های هرز بر عملکرد و اجزای عملکرد رازیانه. *به‌زراعی کشاورزی*، ۱۷(۴)، ۱۰۸۷-۱۱۰۰.

رحیمی، محمدرضا؛ یوسفی، علیرضا؛ جمشیدی، خلیل؛ پوریوسف، مجید و فتوت، رضا (۱۳۹۴). بررسی کارایی دزهای کاهش‌یافته پندیمتالین در تلفیق با مالچ و وجین دستی در رازیانه (*Foeniculum vulgare* Mill.). *نشریه حفاظت گیاهان*، ۲۹(۴)، ۵۲۱-۵۳۰.

شهبازی، حجت‌الله (۱۴۰۲). سلطان‌آباد رزن، سلطان رازیانه در غرب آسیا. *خبرگزاری ایرنا*.

قاسمی، ویدا؛ خیرخواه، معصومه؛ واحدی، محسن؛ داراب‌پور دزدارانی، سارا و عابد، معصومه (۱۳۹۷). مقایسه‌ی تأثیر دمنوش دانه شنبلیله و دمنوش دانه‌ی رازیانه بر نشانه‌های کافی‌بودن شیر مادر در شیرخواران ۴-۰ ماهه دختر. *فصلنامه گیاهان دارویی*، ۱۷(۶۸)، ۱۷۴-۱۶۶.

مرادی، شادی؛ خورشیدی، جلال و مرشدلو، محمدرضا (۱۳۹۹). ارزیابی مزرعه‌ای کاربرد کلات آهن و روی بر ویژگی‌های مورفولوژیکی، عملکرد و محتوای اسانس رازیانه بومی و اصلاح‌شده. *به‌زراعی کشاورزی*، ۲۲(۳)، ۴۶۱-۴۷۳.

مسلمی، لیلا؛ یخردی، رضا؛ حسنی، صغری و خالقی‌نژاد، خوشه (۱۳۹۲). بررسی اثر عصاره رازیانه بر دیسمنوره اولیه. *فصلنامه نسیم تندرستی*، ۱(۴)، ۱۵-۲۰.

References

- Abdallah, I., Amer, A., & El-Hefny, D. (2021). Influence of herbicides under biofertilizer application on fennel (*Foeniculum vulgare*) yield and quality with special reference to herbicide residues. *Bulletin of the National Research Centre*, 45, 77.
- Albano, S. M., & Miguel, M. G. (2011). Biological activities of extracts of plants grown in Portugal. *Industrial Crops and Products*, 33(2), 338-343.
- Amini, R., Dabbagh Mohammadi-Nasab, A., & Ghorbani Faal, S. (2016). Using physical, cultural and chemical methods in integrated weed management of potato (*Solanum tuberosum* L.). *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*, 25(4), 105-118. (In Persian).
- Babakhani, F., Khorshidi, J., & Morshedloo, M. R. (2022). Phytochemical and antioxidant activity changes of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) fruit affected by packaging type and storage duration. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research*, 38(3), 409-423. (In Persian).
- Bano, S., Ahmad, N., & Sharma, A. K. (2016). Phytochemical investigation and evaluation of anti-microbial and anti-oxidant activity of *Foeniculum vulgare* (fennel). *International Journal of Pharma Sciences and Research*, 7(7), 310-314.
- Bokaie, M., Farajkhoda, T., Enjezab, B., Khoshbin, A., & Mojgan, K. Z. (2013). Oral fennel (*Foeniculum vulgare*) drop effect on primary dysmenorrhea: effectiveness of herbal drug. *Iranian Journal of Nursing and Midwifery Research*, 18(2), 128-132.
- Chen, B., He, Y., Xiao, Y., Guo, D., Liu, P., He, Y., Sun, Q., Jiang, P., Liu, Zh., & Liu, Q. (2020). Heated fennel therapy promotes the recovery of gastrointestinal function in patients after complex abdominal surgery: A single-center prospective randomized controlled trial in China. *Surgery*, 168(5), 793-799.
- Deblois, C.P., Qiu, B., & Juneau, P. (2008). Effect of herbicides (diuron and oxadiazon) on photosynthetic energy dissipation processes of different species of cyanobacteria and two green algae. In: Allen, J.F., Gantt, E., Golbeck, J.H., & Osmond, B. (Eds), *Photosynthesis. Energy from the Sun*. Dordrecht: Springer.
- El Baz, F. K., Salama, Z. A., Abdel Baky, H. H., & Gaafar, A. A. (2014). Hepatoprotective effect of sweet fennel (*Foeniculum vulgare* L.) methanol extract against carbon tetrachloride induced liver injury in rats. *International Journal of Pharmaceutical Sciences Review and Research*, 25(2), 194-201.
- Eskandari Shahraki, M., Alizadeh, H., & Oveisi, M. (2018). Effect of pre-harvest application of herbicides on the seed production and properties of wheat and *Glycyrrhiza glabra*. *Iranian Journal of Weed Science*, 14(2), 61-74. (In Persian).
- Fernandez, C., Monnier, Y., Santonja, M., Gallet, C., Weston, L. A., Prévosto, B., Saunier, A., Baldy, V., & Bousquet-Mélou, A. (2016). The impact of competition and allelopathy on the trade-off between plant defense and growth in two contrasting tree species. *Frontiers in Plant Science*, 7, 594.

- Ghasemi, V., Kheirkhah, M., Vahedi, M., Darabpour dezdarani, S., & Abed, M. (2018). Comparison effect of herbals tea containing fenugreek seed and fennel seed on the signs of breast milk sufficiency in Iranian girl infants with 0-4 months of age. *Journal of Medicinal Plants*, 17(68), 166-174. (In Persian).
- Gohil, B. S., Mathukia, R. K., Dobariya, V. K., & Chhodavadia, S. K. (2014). Weed management and dynamics of weed seed bank in fennel. *Indian Journal of Weed Science*, 46(4), 399-401.
- Jan, R., Asaf, S., Numan, M., Lubna, & Kim, K-M. (2021). Plant secondary metabolite biosynthesis and transcriptional regulation in response to biotic and abiotic stress conditions. *Agronomy*, 11, 968.
- Kaur, Ch., Lal, M., Singh, S., & Kumar, K. (2022). Effect of different weed management practices on growth and yield of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.). *International Journal of Agricultural Science*, 7, 146-154.
- Kumar, R., Brar, A. S., & Kaur, T. (2019). Influence of weed management practices on weed infestation and productivity of fennel. *Agricultural Research Journal*, 56(4), 742-745.
- Mamatha, H., Biradar, I. B., Hiremath, J. S., Srikantaprasad, D., Masuthi, D. A., & Desai, S. (2021). Studies on weed management practices in fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.). *The Pharma Innovation Journal*, 10(9), 986-989.
- Maqsood, Q., Abbas, R. N., Iqbal, M. A., Serap, K. A., Iqbal, A., & El Sabagh, A. (2020). Overviewing of weed management practices to reduce weed seed bank and to increase maize yield. *Planta Daninha*, 38, e020199716.
- Mehra, N., Tamta, G., & Nand, V. (2021). A review on nutritional value, phytochemical and pharmacological attributes of *Foeniculum vulgare* Mill. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 10(2), 1255-1263.
- Milenkovic', A., Illic', Z., Stanojevic', L., Milenkovic', L., Šunic', L., Lalevic', D., Stanojevic', J., Danilovic', B., & Cvetkovic', D. (2022). Essential oil yield, composition, antioxidant and microbial activity of wild fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) from Monte Negro coast. *Horticulturae*, 8, 1015.
- Moradi, Sh., Khorshidi, J., & Morshedloo, M. R. (2020). Field evaluation of iron and zinc chelates foliar application on morphological characteristics, yield, and essential oil content of native and improved fennel. *Journal of Crops Improvement*, 22(3), 461-473. (In Persian).
- Moslemi, L., Bekhradi, R., Hasani, S., & Khaleghinezhad, Kh. (2013). The effect of fennel juice on primary dysmenorrhea. *Journal of Health Breeze*, 1(4), 15-20. (In Persian).
- Ngow, Z., Chynoweth, R. J., Gunnarsson, M., Rolston, P., & Buddenhagen, C. E. (2020). A herbicide resistance risk assessment for weeds in wheat and barley crops in New Zealand. *PLoS ONE*, 15(6), e0234771.
- Oulmouden, F., Ghalim, N., El Morhit, M., Benomar, H., Daoudi, E. M., & Amrani, S. (2014). Hypolipidemic and anti-atherogenic effect of methanol extract of fennel (*Foeniculum vulgare*) in hypercholesterolemic mice. *International Journal of Science and Knowledge*, 3(1), 42-52.
- Patel, S. M., Amin, A. U., Patel, S. P., & Patel, J. A. (2017). Influence of weed management practices on weeds, yield, quality and economics of fennel. *International Journal of Seed Spices*, 7(2), 45-49.
- Quintaneiro, C., Patrício, D., Novais, S. C., Soares, A. M. V. M., & Monteiro, M. S. (2017). Endocrine and physiological effects of linuron and S-metolachlor in zebrafish developing embryos. *Science of The Total Environment*, 586, 390-400.
- Rahimi, M. R., Yousefi, A. R., Jamshidi, Kh., & Pouryousef, M. (2016). The effect of integrated weed management on yield and yield components of fennel. *Journal of Crops Improvement*, 17(4), 1087-1100. (In Persian).
- Rahimi, M. R., Yousefi, A. R., Jamshidi, Kh., Pouryousef, M., & Fotovat, R. (2016). The study efficiency of reduced rate of pendimethalin integrated with mulch and hand-weeding in fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.). *Iranian Plant Protection Research*, 29(4), 521-530. (In Persian).
- Rahimmalek, M., Maghsoudi, H., Sabzalian, M. R., & Ghasemi Pirbalouti, A. (2014). Variability of essential oil content and composition of different Iranian fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) accessions in relation to some morphological and climatic factors. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 16(6), 1365-1374.
- Rahmanian, E., Tavakol Koukhdan, E., Kargar, L., Poorgholami, F., Shafiei Jahromi, N., Pourahmadi, M., & Kargar Jahromi, H. (2015). The Effect of herbicide paraquat and organophosphate pesticide malathion on changes of sex hormones in female rats. *Biomedical & Pharmacology Journal*, 8(2), 993-999.
- Sabzi Nojadeh, M., Pouresmaeil, M., Younessi-Hamzekhanlu, M., & Venditti, A. (2021). Phytochemical profile of fennel essential oils and possible applications for natural antioxidant and controlling *Convolvulus arvensis* L. *Natural Product Research*, 35(21), 4164-4168.

- Shahbazi, H. (2023). Soltan Abad-e-Razan, The king of fennel in West Asia. *Islamic Republic News Agency (IRNA)*. <https://www.irna.ir/news/85271478/>. (In Persian).
- Shahzad, M., Jabran, K., Hussain, M., Raza, M. A. S., Wijaya, L., El-Sheikh, M. A., & Alyemeni, M. N. (2021). The impact of different weed management strategies on weed flora of wheat-based cropping systems. *PLoS ONE*, 16(2), e0247137.
- Singh, J. N., Sunil, K., & Rana, A. C. (2013). Antidepressant activity of methanolic extract of *Foeniculum vulgare* (fennel) fruits in experimental animal models. *Journal of Applied Pharmaceutical Science*, 3(9), 65-70.
- Šunić, L., Ilić, Z. S., Stanojević, L., Milenković, L., Stanojević, J., Kovač, R., Milenković, A., & Cvetković, D. (2023). Comparison of the essential oil content, constituents and antioxidant activity from different plant parts during development stages of wild fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.). *Horticulturae*, 9, 364.
- Yousefi, A. R., & Rahimi, M. R. (2014). Integration of soil-applied herbicides at the reduced rates with physical control for weed management in fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.). *Crop Protection*, 63, 107-112.
- Zaahkhouk, S. A. M., Aboul-Ela, E. I., Ramadan, M. A., Bakry, S., & Mhany, A. B. M. (2015). Anti-carcinogenic activity of methanolic extract of fennel seeds (*Foeniculum vulgare*) against breast, colon, and liver cancer cells. *International Journal of Advanced Research*, 3(5), 1525-1537.
- Zaluski, A. B., Wiprich, M. T., de Almeida, L. F., de Azevedo, A. P., Bonan, C. D., & Vianna, M. R. M. (2022). Atrazine and diuron effects on survival, embryo development, and behavior in larvae and adult zebrafish. *Frontiers in Pharmacology*, 13, 841826.
- Zeng, H., Chen, X., & Liang, J. (2015). In vitro antifungal activity and mechanism of essential oil from fennel (*Foeniculum vulgare* L.) on dermatophyte species. *Journal of Medical Microbiology*, 64(1), 93-103.
- Zulifqar, S. (2019). Influence of *Foeniculum vulgare* Mill in the management of hyperglycemia. *International Journal of Innovative Science and Research Technology*, 4(5), 1117-1122.