آفات و بیماری‌های گیاهی
جلد۹۲، شماره ۱، شهریور ۱۴۰۳
Applied Entomology and Phytopathology
Vol. 92, No. 1, Sep. 2024
DOI: 10.22092/jaep.2024.364906.1503

مقاله پژوهشی

بررسی اثر گیاه‌سوزی اسانس آویشن شیرازی *Zataria multiflora* و رزماری *Rosmarinus officinalis* بر گیاه مهاجم گل‌گندم *Centaurea balsamita*

صدیقه نادرآبادی[۱]، علیرضا باقری[۲]✉، مسعود مدرسی[۳]

۱، ۲- دانشجوی کارشناسی ارشد، استادیار، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران؛

۳- دانشیار، گروه فارماکوگنوزی، دانشکده ی داروسازی، دانشگاه علوم پزشکی کرمانشاه

(تاریخ دریافت: بهمن ۱۴۰۲؛ تاریخ پذیرش: آذر ۱۴۰۳)

چکیده

خصوصیات جوانه‌زنی و رشد گیاهچه‌های گیاه مهاجم گل‌گندم تحت تأثیر غلظت‌های مختلف اسانس رزماری و آویشن شیرازی در شرایط آزمایشگاه و گلخانه بررسی شد. در آزمایشگاه، کاهش طول ساقه‌چه گل گندم در غلظت‌های ۰/۵ ،۱ ،۲ ،۵ ،۱۰ و ۲۰ µl/ml، به‌ترتیب در رزماری ۳۲/۳۳ تا ۱۰۰ درصد و در آویشن شیرازی ۸۳/۶۷ تا ۱۰۰ درصد و کاهش طول ریشه‌چه به‌ترتیب در رزماری ۶۲/۶۲ تا ۱۰۰ و در آویشن شیرازی ۸۳/۴۹ تا ۱۰۰ درصد نسبت به شاهد آب مقطر بود. در گلخانه، اثر کاهشی اسانس آویشن شیرازی در غلظت ۱۰ µl/ml و ۲۰ روی طول و وزن خشک ساقه حدودا ۲/۲ و ۲/۷ برابر بیشتر از اسانس رزماری بود. همچنین اثر بیشتر آویشن شیرازی برکاهش طول و وزن خشک ریشه نیز مشاهده شد. با افزایش غلظت اسانس به ویژه در مورد آویشن شیرازی، نشت الکترولیت افزایش و شاخص عملکرد فتوسنتزی کاهش یافت. به‌طور کلی اثر اسانس آویشن شیرازی بیشتر از اثر علفکش‌های تریفلورالین در آزمایشگاه و گلایفوسیت در گلخانه بود.

واژه‌های کلیدی: آللوپاتی، تاثیرات فیزیولوژیکی، ممانعت از رشد، منوترپن‌ها

Investigation of the effect of essential oils of Shirazi Thyme (*Zataria multiflora*) and Rosemary (*Rosmarinus officinalis*) on the invasive plant *Centaurea balsamita*

S. NADERABADI[1], A. BAGHERI[2]✉, M. MODARRESI[3]

1, 2. Student, Assistant Professor, Department of Plant Production and Genetics, Razi University, Kermanshah, Iran, 3. Associate Professor, Department of Pharmacognosy & Pharmaceutical Biotechnology, Kermanshah University of Medical Sciences, Kermanshah, Iran

Abstract

The experiment was conducted with the aim of investigating the characteristics of germination and growth of seeds and seedlings of starthistle under the influence of various concentrations of rosemary and Shirazi thyme essential oil. In the study of seedling growth characteristics, the factors considered were: A) Type of essential oil and B) Essential oil concentration (5, 10, and 20 µl/ml). The control treatments consisted of distilled water, distilled water + Tween 20, and herbicide. Rosemary at 0.5-20 µl/ml reduced plumule length by 32.33-100% and radicle length by 62.62-100%. Shirazi thyme at the same concentrations led to 83.67-100% reductions in plumule length and 83.49-100% reductions in radicle length. The reducing effect of Shirazi thyme essential oil on seedling shoot length and dry weight at concentrations of 20 and 10 µl/ml compared to rosemary was almost 2.2 and 2.7 times, respectively. Shirazi thyme exhibited a greater inhibitory effect on seedling root length and dry weight, compared to rosemary. Furthermore, with increasing concentrations of essential oil, particularly in the case of Shirazi thyme, electrolyte leakage increased and photosynthetic performance index decreased.

Keywords: Allelopathy, growth inhibition, monoterpenes, physiological effects

✉ a.bagheri@razi.ac.ir

©2023, The Author(s). Published by Iranian Research Institute of Plant Protection (IRIPP). This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0)

مقدمه

امروزه مدیریت علف‌های‌هرز در سیستم‌های زراعی عمدتاً از طریق استفاده گسترده از علف‌کش‌های مصنوعی صورت می گیرد. استفاده از علف‌کش‌ها اثرات منفی قابل‌توجهی بر سلامت محیط‌زیست، انسان و حیوانات داشته‌است (Scavo and Mauromicale, 2020). از سوی دیگر استفاده از روش‌های مکانیکی کنترل علف‌های هرز یکی از دلایل اصلی از بین رفتن مواد آلی خاک است (Sims *et al.*, 2018). مدیریت پایدار علف‌های‌هرز شامل مجموعه‌ای از گزینه‌های مدیریت علف‌های‌هرز مانند تناوب زراعی، کشت مخلوط، کاشت محصول رقابتی، مالچ‌پاشی، استفاده از عوامل کنترل بیولوژیکی و علف‌کش‌های طبیعی یا علف‌کش‌های زیستی است که مانع استفاده از علف‌کش‌های شیمیایی و یا باعث کاهش استفاده از آن‌ها می‌شود (Hasan *et al.*, 2021). علف‌کش‌های زیستی محصولاتی هستند که منشا طبیعی دارند و می‌توان از آن‌ها برای کنترل علف‌های‌هرز استفاده کرد (Bailey, 2014). اخیراً، علف‌کش‌های زیستی به‌عنوان یک عنصر مهم کنترل علف‌های‌هرز در نظر گرفته‌شده‌اند، البته نه به‌عنوان جایگزین کامل، بلکه به‌عنوان جایگزینی نسبی برای علف‌کش‌های شیمیایی. بااین‌حال، حضور تجاری این علفکش‌ها در مقایسه با علف‌کش‌های معمولی نیازمند پیمودن مراحل پیچیده‌ای است. بنابراین، آزمایش و اعتبارسنجی دقیق برای ارزیابی کارایی و قابلیت اطمینان آن‌ها برای کنترل علف‌های‌هرز ضروری است. علف‌کش‌های زیستی توسعه‌یافته از عصاره‌های گیاهی، میکروارگانیسم‌های بیماری‌زای گیاهی، یا زهرابه‌های میکروبی برای گیاهان (به‌عنوان مثال، علف‌کش‌های قارچی) یک رویکرد مفید برای کنترل علف‌های‌هرز هستند (Hasan *et al.*, 2021). علف‌کش‌های زیستی برای مدت طولانی در محیط فعال نمی‌مانند، باعث آلودگی خاک و آب نمی‌شوند و هیچ‌گونه اثر نامطلوبی بر موجودات غیر هدف ایجاد نمی‌کنند (Hasan *et al.*, 2021; Miller, 2007). ساختار شیمیایی آللوشیمیایی‌ها در مقایسه با علف‌کش‌های مصنوعی سازگارتر با محیط‌زیست است. علف‌کش‌های زیستی آللوشیمیایی معمولاً پایداری محیطی کوتاه‌مدت دارند و اغلب از مکانیسم اثر متعددی استفاده می‌کنند که خطر مقاومت به علف‌کش‌ها را کاهش می‌دهد. درنتیجه، آللوشیمیایی‌ها گزینه‌های خوبی برای توسعه علف‌کش‌های زیستی مطرح می‌باشند (Hasan *et al.*, 2021).

ترشح متابولیت‌های مختلف مانند الکل‌ها، اسیدهای چرب، فنولیک‌ها، فلاونوئیدها، ترپنوئیدها و استروئیدها در برخی گونه‌های گیاهی می تواند تولیدمثل، رشد و نمو پوشش گیاهی مجاور ازجمله گونه‌های علف هرز را کاهش دهند (Hasan *et al.*, 2021). سمیت عصاره‌های گیاهی، بقایای گیاهی یا مالچ ممکن است بر جوانه‌زنی و رشد علف‌های هرز تأثیر بگذارد. مواد فیتوتوکسیک می‌توانند بر رشد سلولی بافت اندام هوایی و ریشه تأثیر بگذارند و رشد را مهار کنند (El Mahdi *et al.*, 2020). در بررسی که حضرتی و و همکاران (Hazrati *et al.*, 2017) درمورد اثر نانوامولسیون اسانس مرزه بر روی دو علف‌هرز تاج خروس (*Amaranthus retroflexus* L.) و سلمه تره (*Chenopodium album* L.) مشاهده شد که این نانوامولسیون در غلظت ۳۰۰۰ و ٤۰۰۰ میکرولیتر بر لیتر به ترتیب در تاج‌خروس و سلمه‌تره کشندگی ۹۵ درصد گیاه را سبب شد و در غلظت ٤۰۰۰ و ۵۰۰۰ میکرولیتر بر لیتر به ترتیب در تاج خروس و سلمه‌تره باعث از بین رفتن کامل گیاه و سوختگی صد درصدی آن‌ها شد. آن‌ها همچنین گزارش کردند که اثر بازدارندگی روی ریشه‌ها بیشتر از اندام هوایی بود. پتانسیل سمیت گیاهی اسانس‌ها شامل کلروز، سوزاندن برگ‌ها و کاهش رشد گیاه و همچنین مهار میتوز، دپلاریزاسیون غشا، کاهش محتوای کلروفیل و تنفس سلولی و آسیب اکسیداتیو می‌شود (Hasan *et al.*, 2021). در یک بررسی نشان داده شد که اسانس *Thymbra capitate* L. در غلظت ۸ و ۱۲ میکرولیتر بر میلی لیتر و *Mentha piperita* L. در دو غلظت ۱٦ و ۲۰ میکرولیتر بر میلی لیتر حداکثر سطح آسیب را بر روی علف‌های‌هرز تاج خروس، خرفه (*Portulaca oleracea* L.)

و یولاف وحشی (*Avena fatua* L.) نشان دادند (Ibáñez and Blázquez, 2020; Jouini *et al.*, 2020). طی تحقیقی دریافتند که از اسانس رزماری می‌توان به‌عنوان علف‌کش پیش از ظهور در کنترل علف‌های هرز مؤثر بر محصولات خیار (*Cucumis sativus* L.) و گوجه‌فرنگی (*Solanum lycopersicum* L.) استفاده کرد. سحرخیز و همکاران (Saharkhiz *et al.*, 2010) کاهش معنی‌داری را در سرعت جوانه‌زنی، طول نهال، وزن‌تر و خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه جودره (*Hordeum spontaneum* Koch.) چاودار (*Secale cereal* L.)، تاج‌خروس و پنجه مرغی (*Cynodon dactylon* L.) توسط اسانس آویشن شیرازی گزارش دادند. اورمیس و همکاران (Uremis *et al.*, 2009) گزارش کردند که آویشن معمولی را می‌توان به‌عنوان جایگزین علف‌کش‌ها برای سرکوب جوانه‌زنی دانه‌های توق (*Xanthium strumarium* L.)، یولاف وحشی و فالاریس (*Phalaris brachystachys* L.) در سیستم‌های کشاورزی ارگانیک استفاده کرد. طی تحقیق دیگری نیز این نتیجه دریافت شد که جوانه‌زنی چچم و فالاریس تا حد زیادی توسط اسانس‌های اسطوخودوس (*Lavandula angustifolia* Mill.)، رازیانه (*Foeniculum vulgare* Mill.) و آویشن (*Thymus capitatus*) مهار شد.

اثربخشی و عملی بودن استفاده از مشتقات گیاهی در کنترل علف‌های‌هرز هنوز موضوع تحقیقات در حال انجام است. با سرمایه‌گذاری در تحقیقات بر روی علف‌کش‌های طبیعی، می‌توان جایگزینی آنها را در مدیریت پایدار علف‌های‌هرز، کاهش اتکا به مواد شیمیایی مصنوعی، و ارتقای سیستم‌های کشاورزی سازگار با محیط‌زیست را توسعه داد. با توجه به مطالب ذکر شده هدف از انجام این مطالعه بررسی خصوصیات ریشه‌چه و ساقه‌چه بذور جوانه زده و همچنین خصوصیات رشدی گیاهچه‌های علف هرز مهاجم گل‌گندم (*Centaurea balsamita* L.) تحت تأثیر مقادیر مختلف اسانس رزماری (*Rosmarinus officinalis* L.) و آویشن شیرازی (*Zataria multiflora* Boiss.) بوده است.

مواد و روش‌ها

۱- استخراج اسانس رزماری و آویشن شیرازی

ابتدا طی ماه‌های اردیبهشت و خرداد سال ۱۴۰۰ بوته‌های رزماری که در شرف گلدهی بودند به‌صورت تصادفی از مزرعهٔ گیاهان دارویی دانشکدهٔ کشاورزی دانشگاه رازی انتخاب و قسمت‌های هوایی گیاهان جدا شدند. جهت تهیه آویشن شیرازی نیز گیاه خشک از عطاری تهیه و توسط هرباریوم پردیس کشاورزی و منابع طبیعی رازی با کد هرباریومی (HRU) 2948 شناسایی شد. به منظور استخراج اسانس از برگ گیاهان، از روش تقطیر با آب توسط دستگاه کلونجر به مدت سه ساعت (El Mahdi *et al.*, 2020) در آزمایشگاه تحقیقاتی فارماکوگنوزی دانشکدهٔ داروسازی دانشگاه علوم پزشکی کرمانشاه استفاده شد. به این منظور میزان ۶۰ گرم از برگ‌های رزماری و آویشن شیرازی را به ترتیب داخل بالن ته گرد یک لیتری ریخته و با مزور یا استوانه‌ی مدرج ۷۰۰ میلی‌لیتر آب‌مقطر به آن اضافه‌شده و روی هیتر قرارگرفتند. بعد از سه ساعت حرارت دادن ، فرآیند اسانس گیری متوقف گردیده و میزان اسانس استخراج شده از گیاهان اندازه گیری شد. راندمان استخراج اسانس برای ۱۰۰ گرم گیاه رزماری ۱/۶۷ و برای ۱۰۰ گرم آویشن شیرازی ۲/۸ میلی‌لیتر بود. پس از تعیین راندمان اسانس‌گیری، اسانس‌های استخراج شده، توسط مادهٔ جاذب رطوبت (سولفات سدیم بدون آب) عاری از آب گردیدند. سپس اسانس‌ها در بطری-های شیشه ای قرار گرفته و با فویل آلومینیومی پوشیده شده و تا زمان انجام مراحل مختلف این پژوهش در دمای چهار تا هشت درجه سلسیوس نگهداری شدند (El Mahdi *et al.*, 2020). دراین آزمایش محتوای ترکیبات شیمیایی اسانس‌های استخراج شده، توسط تکنیک کروماتوگرافی گازی-طیف‌سنجی جرمی (GC / MS) (کروماتوگراف گازی Agilent 6890N همراه با طیف سنج جرمی Agilent 5973N) با ستون HP5-ms مشخص شدند (El Mahdi *et al.*, 2020).

بذرهای گل گندم در ۲۵ خرداد از مزارع دانشکده کشاورزی جمع آوری شدند. به منظور اطمینان از شناسایی درست بذور نمونه‌ها، قبل از جمع آوری بوته‌ها بررسی شد. همچنین نمونه مورد تایید کارشناس هرباریوم گیاهی دانشگاه و متخصصین علف‌های هرز قرار گرفت. پس از انتقال به آزمایشگاه بذرهای سالم و هم‌شکل جداشده و تا زمان انجام آزمایش در دمای اتاق نگهداری شدند.

۲- بررسی اثر اسانس آویشن شیرازی و رزماری بر رشد ریشه‌چه و ساقه‌چه بذر گل گندم در آزمایشگاه

این مرحله در آزمایشگاه کشت بافت پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه رازی بر روی گیاه مهاجم گل‌گندم انجام شد. آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی در سه تکرار انجام شد. فاکتورهای آزمایش شامل؛ الف- نوع اسانس (آویشن شیرازی و رزماری)، ب- غلظت اسانس (۰/۵ µl/ml، ۱، ۲، ۵، ۱۰ و ۲۰ به مقدار ۵ میلی‌لیتر در هر ظرف پتری) بود (Alipour *et al.*, 2019). با توجه به ماهیت آبگریزی و فراریت اسانس‌های تهیه شده، از Tween 20 (۱ درصد) به‌عنوان امولسی فایر و کمک حلال استفاده شد (Edris and Malone, 2012; El Mahdi *et al.*, 2020). در این آزمایش سه تیمار شاهد در نظر گرفته شد که شامل آب مقطر (به‌عنوان شاهد منفی)، آب مقطر با Tween 20 (۱ درصد) (ادجوانت) و علف‌کش تری فلورالین به‌عنوان شاهد مثبت بودند. قبل از انجام آزمایش به منظور ضد عفونی، بذرهای گل‌گندم به مدت دو دقیقه در محلول هیپوکلریت سدیم یک درصد قرار گرفته و سپس با آب مقطر شسته شدند. پس از ضدعفونی، به منظور شکست خواب، بذرها تا حداقل ده روز (رضایی و همکاران، ۱۳۹۸) در یخچال با دمای پنج درجه سلسیوس قرار گرفتند. پس از شکست خواب، تعداد ۲۵ عدد از بذرهایی که شروع به جوانه‌زنی نمودند را در ظروف پتری با قطر نه سانتی‌متر حاوی دو لایه کاغذ صافی واتمن به قطر نه سانتی‌متر قرار داده و تیمارهای آزمایش روی آن‌ها اعمال شد. معیار انتخاب بذرهای جوانه زده، تورم و خروج نوک ریشه‌چه از پوشش بذر بود. پس از اعمال تیمارها، ظروف پتری با استفاده از پارافیلم مهر و موم و در اتاقک رشد با دمای ۲۵ درجه سلسیوس و ۱۶ساعت روشنایی و هشت ساعت تاریکی قرار داده شدند. به منظور بررسی اثر بازدارندگی یا کشندگی تیمارها، ۱۴ روز پس از قرار دادن بذرها در اتاقک رشد، طول ریشه‌چه و ساقه‌چه بر اساس تکنیک پردازش تصویر و با بهره گیری از نرم افزار JMicrovision اندازه‌گیری شد.

۳- بررسی اثر اسانس آویشن شیرازی و رزماری بر رشد گیاهچه در گلخانه

این آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار اجرا شد. فاکتورهای آزمایش شامل؛ الف- نوع اسانس (آویشن شیرازی و رزماری) و ب- غلظت اسانس (۵، ۱۰ و ۲۰ µl/ml) بودند. علاوه بر این تیمارهای شاهد در این آزمایش شامل، Tween-20 به‌عنوان امولسی فایر، محلول پاشی با آب مقطر به‌عنوان شاهد منفی و سمپاشی با گلایفوسیت به‌عنوان شاهد مثبت بودند. تیمارهای آزمایش در مرحله‌ی سه تا پنج برگی گل گندم در شرایط گلخانه اعمال شد. به منظور انجام مراحل مختلف آزمایش، بذرها پس از ضدعفونی و شکست خواب در ظروف پتری جوانه زده، سپس ۱۰ بذر در گلدان‌های پلاستیکی به قطر هشت سانتی متر حاوی خاک حاشیه مزرعه که قبلا سم نخورده بود کاشته شدند. پس از سبز شدن و رشد، تعداد پنج گیاهچه با رشد همسان در گلدان‌ها نگه داشته شده و بقیه گیاهچه‌ها حذف شدند. محلول‌پاشی روی علف‌های هرز با محلول‌های حاوی غلظت‌های مختلف اسانس رزماری و آویشن شیرازی توسط اسپری دو لیتری انجام شد. میزان محلول برای هر گلدان پنج میلی‌لیتر در نظر گرفته شد (Benchaa *et al.*, 2018).

صفات مورد بررسی بشرح ذیل اندازه‌گیری شد: دو هفته پس از محلول‌پاشی و در پایان آزمایش، بوته‌ها را از گلدان خارج و پس از عکسبرداری، طول ریشه و شاخساره توسط نرم افزار JMicrovision اندازه‌گیری شد.

پس از اتمام آزمایش شاخساره و ریشه گل گندم به‌طور کامل برداشت شده و پس از انتقال به آزمایشگاه، به منظور اندازه گیری وزن خشک در آون و با دمای ۷۰ درجه سلسیوس به مدت ۴۸ ساعت قرار گرفتند و پس از آن وزن خشک آن‌ها با استفاده از ترازوی دقیق دیجیتال (با دقت ۰/۰۰۱ گرم) اندازه‌گیری شد.

برای پی بردن به‌میزان آسیب غشای سلولی، قطعه‌هایی به وزن ۰/۲ گرم از برگ گل‌گندم جدا و در ۱۰ میلی لیتر آب مقطر به مدت یک ساعت قرار داده شد و توسط دستگاه هدایت سنج الکتریکی میزان نشت الکترولیت اولیه آن اندازه‌گیری شد. سپس برای اندازه گیری نشت الکترولیت ثانویه، آن‌ها را در آب جوش به‌مدت نیم ساعت قرار داده و پس از سرد شدن دوباره اندازه گیری انجام و درنهایت نشت الکترولیت با فرمول زیر به‌دست آمد (Kong *et al.*, 2021):

$$\%REL= (EC1/EC2)*100.$$

در این فرمول REL نشت الکترولیت نسبی، EC1 نشت اولیه، و EC2 نشت ثانویه بود

برای اندازه‌گیری کلرفیل فلورسانس از کلروفیل فلوریمتر استفاده شد. ودو روز بعد از اعمال تیمار در ساعاتی از شب که گیاهان در تاریکی بودند تا تمام مراکز واکنش دستگاه فتوسنتزی باز و آماده انتقال الکترون باشند، استفاده شد. گیره‌های دستگاه روی پهنه‌ی برگ‌ها قرار گرفته و بلافاصله به دستگاه متصل شده سپس یک پالس نوری در طول موج ۶۵۰ نانومتر با شدت ۳۰۰۰ میکرومول فوتون بر مترمربع بر ثانیه و به‌مدت چهار ثانیه به این برگ‌ها تابیده شد شاخص عملکرد فتوسنتزی (PI) ثبت شد (Rassaeifar *et al.*, 2013).

به‌منظور تجزیه و تحلیل آماری ابتدا از نرمال بودن توزیع آماری داده‌ها با استفاده از روش تست نرمالیتی اندرسون دارلینگ اطمینان حاصل شد و پس از آن با استفاده از رویه GLM در نرم افزار SAS v.9.1.3 تجریه واریانس انجام شد. مقایسه میانگین اثرات ساده با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد و اثرات متقابل با محاسبه خطای استاندارد (Standard Error) صورت گرفت. به‌منظور رسم گراف‌ها نیز از نرم افزار Excel 2013 استفاده شد.

در این آزمایش سه تیمار شاهد شامل آب مقطر، آب مقطر با تویین و علفکش وجود داشت تا مقایسه اثر نوع و غلظت محلول اسانس با حالت بدون استفاده از عامل محدود کننده رشد (آب مقطر) و همچنین استفاده از عامل محدود کننده رشد (علفکش) مقایسه شود. همچنین به‌منظور بررسی اثر تویین بر صفات مورد مطالعه، شاهد آب مقطر + تویین نیز با شاهد آب مقطر مقایسه شد. لذا این آزمایش به‌صورت یک آزمایش فاکتوریل (نوع اسانس و غلظت آن) در کنار سه تیمار شاهد انجام شد و هدف این بود که در عین حال که آزمایش فاکتوریل بوده و بررسی اثر متقابل فاکتورها مد نظر است، اثر ساده نوع اسانس و همچنین غلظت آن با سه تیمار شاهد مقایسه شود، انجام تجزیه این گونه آزمایشات به‌روش فاکتوریل به‌علاوه شاهد (Factorial plus a control) صورت می‌گیرد (Marini, 2003).

نتایج و بحث

نتایج کروماتوگرافی گازی- طیف‌سنجی جرمی نشان داد که ترکیبات شاخص اسانس رزماری شامل مونوترپن‌های α-pinene و1,8– cineole، Verbinone و camphor-(+) بود. بر اساس نتایج یک مطالعه، اسانس رزماری عمدتاً حاوی هیدروکربن‌های مونوترپن و مونوترپن‌های اکسیژن‌دار بوده و شامل α-pinene، 1,8-cineole، camphor(−)+ و borneol بوده است (Flamini *et al.*, 2022). بر اساس تحقیقات علیپور و همکاران (Alipour *et al.*, 2019) α-pinene (۲۶/۱۲ درصد)، 1,8-cineole (۹/۵۵ درصد) و camphor(−)+ (۸/۸۴ درصد) اجزای اصلی اسانس رزماری را تشکیل می دادند (Alipour *et al.*, 2019). المهدی و همکاران (El Mahdi *et al.*, 2020) α-pinene، Verbinone، 1,8-cineole ، Borneol، Camphor، Camphene، Linalool، ρ-Cymene و α-Terpinen را در نتایج حاصل از تجزیه‌ی هشت کموتایپ رزماری گزارش کرداند.

در مطالعه‌ای دیگر (Caputo *et al.*, 2018) روی ترکیبات شیمیایی و فعالیت فیتوتوکسیک اسانس رزماری میزان α-pinene، ρ-Cymene، 1,8-cineole، Verbinone و Caryophyllene (Z) موجود در اسانس رزماری به‌ترتیب ۲٤/۹، ۱/۱، ۸/۲، ۸/۵ و ۷/۵ درصد بوده است.

بیش‌ترین درصد ترکیبات آویشن شیرازی شامل مونوترپن‌های Carvacrol، Linalool و Thymol بود. سحرخیز و همکاران (Saharkhiz *et al.*, 2010) دو اکوتیپ آویشن شیرازی را بررسی و بیان کرده اند که یک اکوتیپ حاوی ۷۷/٤ درصد Carvacrol و ۷/۹ درصدρ-Cymene بوده و اکوتیپ دیگر حاوی ۹۰/۰٦ درصد Linalool می‌باشد. در مطالعه فوق آن‌ها نشان دادند که این ترکیبات به‌عنوان ترکیبات مهم اسانس آویش شیرازی روی جودره، پنجه مرغی و تاج خروس و چاودار اثر علف‌کشی بوده‌اند.

به‌طور کلی اسانس‌های گیاهی و مونوترپن‌های تشکیل‌دهنده آن‌ها به‌طور گسترده‌ای بازدارنده‌های رشد گیاهی شناخته شده‌اند. در آزمایش کردعلی و همکاران (Kordali *et al.*, 2007) اثرات آللوپاتیک مونوترپن‌ها قوی‌تر از علف‌کش توفوردی بوده. اسانس‌های روغنی استخراج شده از میوه‌های چهار ژنوتیپ گیاه مورد (*Myrtus communis* L.) از جوانه زنی بذر و رشد گیاهچه‌های تاج خروس، سلمه تره، خارلته (*Cirsium arvensis* L.) و کاهوی خاردار (*Lactuca serriola* L.) و ترشک (*Rumex crispu* L.) جلوگیری کرده است. ترکیبات اصلی این اسانس‌ها شامل 1,8-cineole (۳۱.٤۰–۲۹.۲۰ درصد) و Linalool (۱۹.۱۳–۱۵.٦۷ درصد) بوده‌اند. بررسی‌های آزمایشگاهی نشان داده است که اسانس اسطوخودوس با Linalool به‌عنوان ترکیب اصلی بیشترین اثرات سمی گیاهی را روی علف‌های هرز و گوجه فرنگی و همچنین گونه مهاجم توتون درختچه‌ای *Nicotiana glauca* داشته است (Ibáñez and Blázquez, 2019). در مطالعه ای دیگر Carvacrol فعالیت علف‌کشی قوی با کارایی بالا (مرگ گیاه) روی تاج خروس، یولاف وحشی، خرفه و پیربهار (*Erigeron bonariensis* L.) نشان داده (Muñoz *et al.*, 2020). فعالیت علف‌کشی اسانس روغنی پونه کوهی در برابر چچم (*Lolium multiflorum* Lam) و سوروف (*Echinochloa crus-galli* L) نیز بررسی شده که اسانس پونه کوهی که حاوی کارواکرول به‌عنوان یک ترکیب اصلی است، کاملاً از جوانه‌زنی بذر و رشد گیاهچه جلوگیری کرده است (Ibáñez and Blázquez, 2020). مشتقات هیدروکسی و استری 1,8-cineole و 1,4-cineole ، فعالیت علف‌کشی و کاهش رشد ریشه و اندام هوایی در چچم و تربچه (*Raphanus sativus* L.) را نشان داده (Barton *et al.*, 2014). تیمول جزء اصلی اسانس مرزنجوش (*Origanum vulgare* L.) بوده و دارای اثر سمی گیاهی بر گونه‌های تک لپه ای از جمله گندم و جو بوده (Gruľová *et al.*, 2020).

تأثیر اسانس آویشن شیرازی و رزماری بر رشد ریشه چه و ساقه‌چه‌ی گل‌گندم

نتایج نشان داد که بین اثر انواع اسانس بر طول ساقه‌چه و ریشه‌چه تفاوت بسیار معنی‌دار وجود داشت، اثر ساده غلظت‌ها و مقایسه آن‌ها با تیمارهای شاهد نیز معنی دار بود. اثر متقابل اسانس و غلظت بر طول ساقه‌چه و ریشه‌چه نیز معنی‌دار بود (جدول ۱).

طول ساقه‌چه و ریشه‌چه گل گندم تحت تأثیر نوع اسانس به‌طور معنی‌داری نسبت به شاهد آب مقطر و آب مقطر+ توئین ۲۰ (ادجوانت) کاهش یافت که اثر کاهشی آویشن شیرازی به‌مراتب بیشتر از اسانس رزماری بود. اسانس رزماری در غلظت ۵ µl/ml باعث سوختگی کامل گیاهچه شد در صورتی که محلول آویشن شیرازی در غلظت ۲ µl/ml باعث این سوختگی شد. طول ساقه‌چه در تیمار نیم و ۱ µl/ml از محلول آویشن شیرازی نسبت به محلول رزماری به‌ترتیب ۷٦ و ۹۸ درصد کمتر بود و طول ریشه‌چه در تیمار نیم و ۱ µl/ml از محلول آویشن شیرازی نسبت به محلول رزماری به‌ترتیب ۵٦ و ۹۰ درصد کمتر بود. این نشان می‌دهد اثر آویشن شیرازی روی طول ساقه‌چه نسبت به طول ریشه‌چه

بیش‌تر بود. طول ساقه‌چه در تیمار محلول µl/ml ۰/۵ رزماری و آویشن شیرازی نسبت به شاهد آب مقطر به‌ترتیب ۳۳ و ۸٤ درصد کاهش نشان داد و محلول µl/ml ۱ رزماری و آویشن شیرازی به‌ترتیب ٤۱ و ۹۷ درصد طول ساقه‌چه را نسبت به شاهد آب مقطر کاهش دادند. همچنین اثر بازدارندگی رشد آویشن شیرازی از علف‌کش تری فلورالین بیش‌تر بود (شکل ۱).

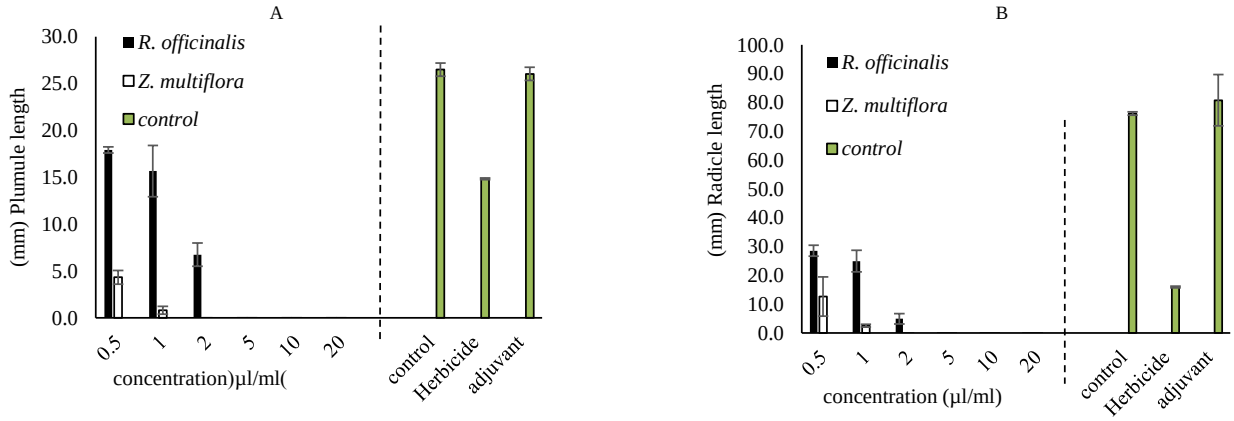
مطالعه‌ی اثر اسانس نعناع، آویشن، مریم‌گلی، رزماری و گشنیز بر روی جوانه‌زنی و ویژگی‌های رشدی سلمه‌تره نشان داده که این اسانس‌ها مانع از جوانه‌زنی بذر، رشد ساقه‌چه و ریشه‌چه در سلمه تره شده است (Isik *et al.*, 2016). همچنین کاهش معنی‌داری در سرعت جوانه‌زنی، طول گیاهچه، وزن‌تر و خشک ریشه و ساقه توسط اسانس آویشن شیرازی (در غلظت‌های ۳۲۰ و ٦٤۰ میلی‌لیتر در لیتر) بر روی تاج‌خروس و جو مشاهده شده است (Saharkhiz *et al.*, 2010). همچنین نتایج مطالعه‌ای نشان داده که اسانس رزماری به‌طور معنی‌داری بر جوانه‌زنی، رشد اولیه و پارامترهای فیزیولوژیکی و بافت‌شناسی علف‌هرز تاج خروس تأثیر می‌گذارد (El Mahdi *et al.*, 2020). بذرهای جوانه زده در ظروف پتری تیمار شده با اسانس در غلظت‌های ۰/۰۲ و ۰/۰۳ درصد نیز به‌طور قابل‌توجهی کاهش طول ریشه‌چه و ساقه‌چه در مقایسه با شاهد را نشان داده‌اند (Benchaa *et al.*, 2018).

جدول ۱- تجزیه واریانس اثر اسانس و غلظت بر طول ریشه‌چه و ساقه‌چه گل گندم

Table 1. Variance analysis of the effect of essential oil and concentration on the Radicle length and Plumule length of *Centaurea balsamita*

Sources of variation	Radicle length	Plumule length	Degrees of freedom (df)
Essential oil	1.136**	1.587**	4
concentration	1.136**	0.850**	9
Essential oil * concentration	0.242**	0.366**	5
error	0.009	0.003	39
Coeficient of variation	13.748	9.387	

**respectively significant at 1% ** معنی دار در سطح ۱ درصد



شکل۱- اثرات کاربرد اسانس آویشن شیرازی و رزماری بر الف- طول ساقه‌چه و ب- طول ریشه‌چه در گل گندم

Fig. 1. The effects of using *Zataria multiflora* and *Rosmarinus officinalis* essential oils on the A- Plumule length and B- Radicle length *Centaurea balsamita*

تأثیر اسانس آویشن شیرازی و رزماری بر رشد گیاهچه گل‌گندم

مقایسه اثر ساده نوع اسانس‌ها و غلظت‌های مختلف آن با تیمارهای شاهد تفاوت معنی‌داری را در صفات مروفولوژیکی و فیزیولوژیکی مورد مطالعه گل گندم نشان داد. اثر متقابل اسانس و غلظت به جز در مورد وزن خشک ریشه در سایر صفات معنی دار بود (جدول ۲).

با افزایش غلظت اسانس، طول ساقه و ریشه گل گندم کاهش یافت، اما این کاهش طول در مورد اسانس آویشن شیرازی بیش‌تر بود. محلول µl/ml ۱۰ و ۲۰ اسانس آویشن شیرازی به‌ترتیب ۲/۳ و ۲/۷ برابر بیش‌تر از محلول µl/ml ۱۰ اسانس رزماری باعث کاهش طول ساقه شد. به‌همین ترتیب، کاهش وزن خشک ساقه در غلظت‌های µl/ml ۱۰ و ۲۰ اسانس آویشن شیرازی نسبت به رزماری، ۲/۱ و ۲/۷ برابر بیش‌تر بود. اثر کاهشی غلظت‌های µl/ml ۱۰ و ۲۰ اسانس آویشن شیرازی در مورد طول ساقه بیشتر از اثر گلیفوسیت بود. این در حالی بود که در مورد طول ریشه اثر کاهشی گلایفوسیت و غلظت‌های µl/ml ۱۰ و ۲۰ اسانس آویشن شیرازی مشابه بود (شکل ۲).

استفاده از اسانس‌های گیاهی می تواند اثر مهارکنندگی بر رشد ریشه و ساقه‌ی گونه‌های در معرض داشته باشد (Singh *et al.*, 2009). نشان داده شده است که اسانس‌های گیاهی بر چندین فرآیند فیزیولوژیکی رشد و نمو مرتبط با تقسیم سلولی و رشد طولی ریشه گیاه تأثیر می‌گذارند (Werrie *et al.*, 2020). در یک مطالعه (Alipour *et al.*, 2019) اسانس رزماری در ۵ گرم بر کیلوگرم به‌طور قابل‌توجهی ($P\leq0.05$) طول ریشه در تاج خروس و تربچه را به‌ترتیب ٤٦ و ٥٤ درصد نسبت به شاهد آب کاهش داد.

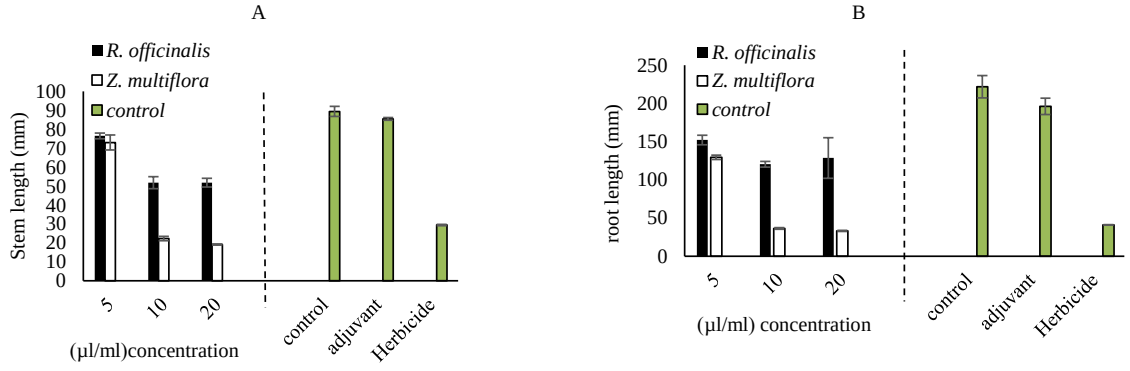
جدول ۲- تجزیه واریانس اثر اسانس و غلظت بر خصوصیات مورفولوژیکی در گل گندم

Table 2. Variance analysis of the effect of essential oil and concentration on morphological characteristics in *Centaurea balsamita*

Sources of variation	REL	PI	Root dry weight	Shoot dry weight	Root length	Shoot length	Degrees of freedom (df)
Essential oil	4730.2**	628.7**	0.0005**	0.001**	40115.5**	4719.2**	4
concentration	4620.1**	340.6**	0.0004**	0.0009**	31000.0**	4531.1**	5
Essential oil * concentration	149.79**	66.10**	0.0000045ns	0.0002**	2292.1*	384**	2
error	12.49	4.09	0.000003	0.00002	538.5	16.2	27
Coeficient of variation	10.49	10.1	16.25	11.6	18.4	6.9	

ns، * و ** به ترتیب بدون معنی، معنی‌دار در سطح ۵ درصد و معنی‌دار در سطح ۱ درصد

**,*, and ns: respectively significant at 5%, 1% level and without significant difference



شکل۲- اثرات کاربرد اسانس آویشن شیرازی و رزماری بر الف- طول ساقه و ب- طول ریشه در گل گندم

Fig. 2. The effects of *Zataria multiflora* and *Rosmarinus officinalis* essential oils on a- stem length and b- root length in *Centaurea balsamita*

هر دو اسانس در همه‌ی غلظت‌ها باعث کاهش وزن خشک ساقه و ریشه نسبت به شاهد آب مقطر شدند. همچنین تفاوت معنی‌داری بین شاهد آب مقطر و آدجوانت (شاهد آب مقطر + توئین ۲۰) مشاهده نشد. این امر نشان می‌دهد که حضور توئین برای گیاه حالت سمی نداشته و تغییرات مشاهده شده بر نتیجه اعمال اسانس آویشن شیرازی و رزماری در غلظت‌های مختلف بوده است. اثر کاهشی اسانس آویشن شیرازی بر وزن خشک ساقه و ریشه نسبت به اسانس رزماری بیش‌تر بود. اثر غلظت‌های µl/ml ۱۰ و ۲۰ اسانس آویشن شیرازی در کاهش وزن خشک ساقه به طور معنی داری بیشتر از گلی فوسیت بود (شکل ۳). این در حالی بود که در مورد وزن خشک ریشه اثر کاهشی گلی فوسیت نسبت به غلظت‌های µl/ml ۱۰ و ۲۰ اسانس‌ها به طور معنی‌داری بیش‌تر بود (جدول ۳).

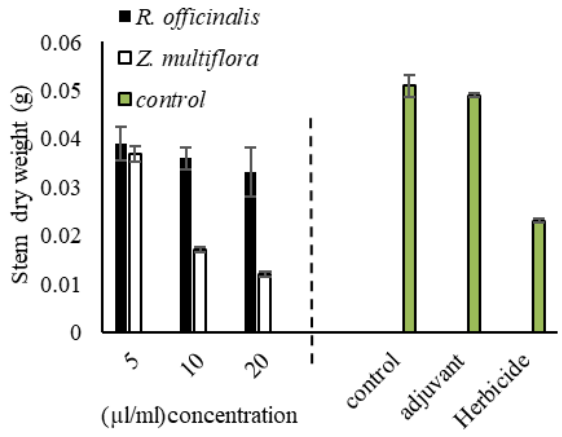
جدول ۳- اثرات کاربرد اسانس آویشن شیرازی و رزماری بر وزن خشک ریشه

Table 3. The effects of using *Zataria multiflora* and *Rosmarinus officinalis* essential oil on root dry weight

Treatment	Root dry weight
R. officinalis	0.0098b
Z. multiflora	0.00397c
Control	0.02223a
Control+Tween20	0.01993a
Herbicide	0.0023c
concentration (µl/ml)	
5	0.01033b
10	0.0058c
20	0.00453c
control	0.02223a
Control+Tween20	0.01993a
Herbicide	0.002255d

میانگین‌هایی که حداقل در یک حرف مشترک هستند، مطابق آزمون چنددامنه ای دانکن تفاوت معنی داری ندارند.

Means that have at least one letter in common are not significantly different according to Duncan's multiple range test.



شکل۳- اثرات کاربرد اسانس آویشن شیرازی و رزماری بر وزن خشک ساقه

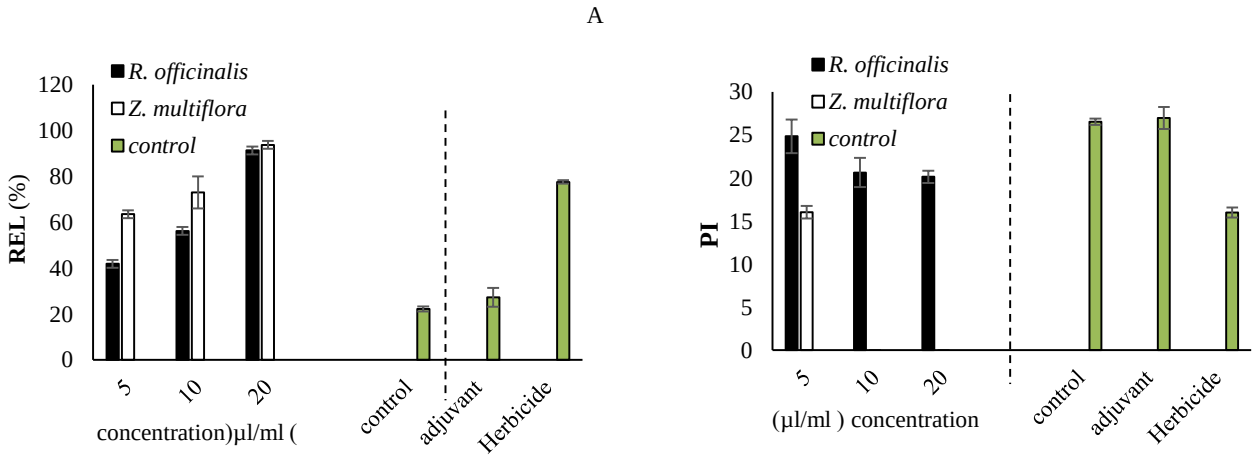
Fig. 3. The effects of *Zataria multiflora* and *Rosmarinus officinalis* essential oil application on stem dry weight

علیپور و سحرخیز بیان کردند که رشد ریشه و اندام هوایی گونه‌های کاهوی خاردار (*Lactuca serriola* L.) و ترب (*Rhaphanus sativus* L.) نیز در پاسخ به غلظت‌های اسانس رزماری به‌طور قابل‌توجهی کاهش یافت (Alipour and Saharkhiz, 2016). فعالیت آللوپاتیک اسانس استبرق (*Calotropis procera* L.) در برابر دو علف هرز سوزن اسپانیایی (*Bidens pilosa*) و علف پنجه‌ای مصری (*Dactyloctenium aegyptium*) مورد آزمایش قرار گرفته و رشد اندام هوایی و رشد ریشه نهال‌های *B. pilosa* بیشتر از جوانه‌زنی تحت تأثیر قرار گرفت، جایی که رشد ریشه به‌ترتیب ۱۰۰ درصد و ۹۲/۹ درصد برای بوم‌گونه‌های (ecospecies) مصری و عربستان سعودی مهار شد رشد ساقه‌ی گیاهچه‌ی تحت تیمار، ۱۰۰ درصد و ۹۰/۹ درصد کاهش نشان داده (Al-Rowaily *et al.*, 2020). در تحقیقاتی رشد ریشه بیشتر از ساقه تحت تأثیر اسانس‌ها قرار می گیرد که می‌تواند به تماس مستقیم با اسانس‌ها یا به دلیل نفوذپذیری غشای سلول‌های ریشه نسبت داده شود (Al-Rowaily *et al.*, 2020). در آزمایش ایبانز و بلازکز (Ibanez and Blazquez, 2018) اثر گیاه‌سوزی اسانس نعناع بر رشد گیاهچه (هیپوکوتیل و ریشه) خرفه و سوروف مشاهده شده است.

محلول‌پاشی اسانس باعث کاهش عملکرد فتوسنتزی در گل گندم نسبت به شاهد آب مقطر شد اما بین غلظت ۵ µl/ml رزماری و آب مقطر تفاوت چندانی مشاهده نشد. با افزایش غلظت، عملکرد فتوسنتزی کاهش یافت و بین انواع اسانس ازنظر کاهش عملکرد فتوسنتزی تفاوت معنی‌داری مشاهده شد. اسانس آویشن شیرازی نسبت به رزماری بیش‌تر باعث کاهش این صفت شد و در غلظت ۵ µl/ml اختلاف این دو اسانس ۳۵/۵ درصد بود. غلظت‌های بالای آویشن شیرازی باعث سوختگی کامل گیاه و خشک شدن آن شد (شکل ٤).

ترکیبات مونوترپن و پلی‌فنل‌های موجود در اسانس‌هاس گیاهی می‌توانند منجر به اختلال در فتوسنتز و توانایی تنفسی گیاه هدف شود (Alipour and Saharkhiz, 2016). گزارش شده است که مونوترپن‌های تشکیل دهنده اسانس اکالیپتوس با کاهش مقدار کلروفیل، در کاهش فتوسنتز گیاهان مؤثر هستند. علاوه بر این کاهش فعالیت‌های تنفسی گیاه توسط مونوترپن‌ها میزان فتوسنتز را کاهش می دهد و رشد و جوانه زنی را نیز مختل می‌کند (Batish *et al.*, 2004). تحقیقات علمی اختلال مستقیم ROS از طریق اکسیداسیون پروتئین فتوسیستم II (PSII) برای مهار فتوسنتز را پیشنهاد داده اند (Singh *et al.*, 2006). بر این کاهش رنگدانه‌های فتوسنتزی یعنی کلروفیل (a و b) و کاروتنوئیدها پس از تیمار با اسانس‌ها گزارش شده است (Poonpaiboonpipat *et al.*, 2013; Sharma *et al.*, 2019).

محلول‌پاشی اسانس باعث افزایش نشت الکترولیت نسبت به شاهد آب مقطر شد. با افزایش غلظت اسانس نشت الکترولیت افزایش یافت. اثر اسانس آویشن شیرازی نسبت به رزماری در غلظت‌های ۵ µl/ml و ۱۰ به‌طور معنی‌داری بیش‌تر بود اما در غلظت ۲۰ µl/ml اثر هر دو اسانس افزایش یافت اما تفاوت معنی‌داری را نشان نداد. بین شاهد آب مقطر و ادجوانت اختلاف معنی‌دار نبود که نشان می‌دهد تنها اسانس باعث نشت الکترولیت شده است (شکل ٤). همان‌طور که در قبل اشاره شد، اثر اسانس آویشن شیرازی بر روی خصوصیات رشدی علف‌های هرز مورد مطالعه بیشتر از رزماری بود. یکی از علل این بازدارندگی را می‌توان اختلال در غشای سلولی در نتیجه نشت الکترولیت عنوان داشت که نشت الکترولیت در نتیجه اثر آویشن شیرازی نیز بیشتر از رزماری بود. در نتیجه نشت الکترولیت مواد سلولی و املاح سلولی به خارج از سلول‌ها ترشح می شود و نشت پیدا می‌کند و در نهایت، تخریب بافت‌های برگ رخ می‌دهد (Singh *et al.*, 2009).



شکل٤- اثرات کاربرد اسانس آویشن شیرازی و رزماری بر الف- نشت الکترولیت و ب- شاخص عملکرد فتوسنتزی گل گندم

Fig. 4. The effects of *Zataria multiflora* and *Rosmarinus officinalis* essential oil application on A- REL and B- PI of *Centaurea balsamita*

نشان داده شده است که افزایش نشت الکترولیت در نتیجه‌ی از دست رفتن یکپارچگی غشا است. اسانس‌های گیاهی می‌توانند یکپارچگی غشاء را مختل کنند و این در نتیجه نفوذپذیری غشاء را افزایش داده و منجر به افزایش نشت املاح از سلول‌ها می‌شود (Singh *et al.*, 2009). حضرتی و همکاران (Hazrati *et al.*, 2017) اثر نانوامولسیون اسانس مرزه را بر روی دو علف‌هرز تاج خروس و سلمه تره مورد بررسی قرار دادند و بیان کردند که اسانس مرزه با افزایش نشت الکترولیت باعث کاهش یکپارچگی غشاء شد. سینگ و همکاران (Singh *et al.*, 2005) گزارش کردند که اسانس‌های گیاهی با افزایش نفوذپذیری غشاء و تخریب سلول در اثر نشت الکترولیت، می توانند از جوانه زنی و رشد گیاهان دیگر جلوگیری کنند.

به‌طورکلی نتایج حاصل از این آزمایش نشان داد که اسانس رزماری و آویشن شیرازی از ترکیبات مختلفی تشکیل‌شده‌اند که دارای اثرات بازدارندگی روی رشد جوانه و همچنین رشد گیاه مهاجم گل گندم بودند، که اثر اسانس آویشن شیرازی بیشتر از رزماری بود. اسانس‌های گیاهی به دلیل توانایی در مهار رشد علف‌های‌هرز دارای پتانسیل خوبی به عنوان علف‌کش‌های طبیعی هستند. اسانس‌های گیاهی محصولات طبیعی هستند که زیست تخریب پذیر هستند و در محیط باقی نمی‌مانند. آن‌ها همچنین سمیت کمتری نسبت به علف‌کش‌های مصنوعی دارند و آن‌ها را به گزینه‌ای سازگارتر با محیط‌زیست برای کنترل علف‌های‌هرز تبدیل می‌کند. علاوه بر این تولید اسانس‌های گیاهی پایدار است، زیرا شامل استخراج ترکیبات فرار از گیاهان بدون استفاده از مواد شیمیایی مصنوعی است. این باعث می‌شود که آن‌ها گزینه پایدارتری برای کنترل علف‌های‌هرز نسبت به علف‌کش‌های مصنوعی، که اغلب از منابع تجدید ناپذیر به دست می‌آیند، باشند. همچنین در کشاورزی ارگانیک که استفاده از علف‌کش‌های مصنوعی ممنوع است، می‌توان از اسانس‌های گیاهی برای کنترل علف‌های‌هرز بدون آسیب رساندن به محصولات استفاده کرد. مطالعات متعددی اثر اسانس‌ها را بر رشد علف‌های‌هرز بررسی کرده‌اند و نتایج امیدوارکننده بوده است. نتایج این مطالعه نیز نشان‌دهنده اثرات بازدارنده اسانس‌های رزماری و آویشن شیرازی بود که در برخی موارد حتی اثراتی بیشتر از اثر شاهد مثبت آزمایش (علف‌کش) نشان داد.

References

ALIPOUR M., SAHARKHIZ M.J. (2016) Phytotoxic activity and variation in essential oil content and composition of Rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) during different phenological growth stages. Biocatalysis and Agricultural Biotechnology 7:271-278. doi: 10.1016/j.bcab.2016.07.003.

AL-ROWAILY S.L., ABD-ELGAWAD A.M., ASSAEED A.M., ELGAMAL A.M., GENDY A., MOHAMED T.A., DAR B.A., MOHAMED T.K., ELSHAMY A.I. (2020) Essential Oil of *Calotropis procera*: Comparative Chemical Profiles, Antimicrobial Activity, and Allelopathic Potential on Weeds. Molecules 25. doi: 10.3390/molecules25215203.

ALIPOUR M., SAHARKHIZ M.J., NIAKOUSARI M., SEIDI DAMYEH M. (2019) Phytotoxicity of encapsulated essential oil of rosemary on germination and morphophysiological features of amaranth and radish seedlings. Scientia Horticulturae 243:131-139. doi: 10.1016/j.scienta.2018.08.023.

BAILEY K.L. (2014) The Bioherbicide Approach to Weed Control Using Plant Pathogens:245-266. doi: 10.1016/b978-0-12-398529-3.00014-2.

BATISH D.R., SETIA N ,.SINGH H.P., KOHLI R.K. (2004) Phytotoxicity of lemon-scented eucalypt oil and its potential use as a bioherbicide. Crop Protection 23:1209-1214. doi: 10.1016/j.cropro.2004.05.009.

BENCHAA S., HAZZIT M., ABDELKRIM H. (2018) Allelopathic Effect of *Eucalyptus citriodora* Essential Oil and Its Potential Use as Bioherbicide. Chem Biodivers 15:e1800202. doi: 10.1002/cbdv.201800202.

CAPUTO L., TROTTA M., ROMANIELLO A., DE FEO V. (2018) Chemical composition and phytotoxic activity of *Rosmarinus officinalis* essential oil. Natural Product Communications 13:1934578X1801301033.

EDRIS A., MALONE C. (2012) Preferential solubilization behaviours and stability of some phenolic-bearing essential oils formulated in different microemulsion systems. International journal of cosmetic science 34:441-450 doi: 10.1111/j.1468-2494.2012.00737.x.

EL MAHDI J., TARRAF W., RUTA C., PISCITELLI L., ALY A., DE MASTRO G. (2020) Bio-Herbicidal Potential of the Essential Oils from Different *Rosmarinus officinalis* L. Chemotypes in Laboratory Assays. Agronomy 10: 775. doi: 10.3390/agronomy10060775.

FLAMINI G., NAJAR B., LEONARDI M., AMBRYSZEWSKA K.E., CIONI P.L., PARRI F., MELAI B., PISTELLI L. (2022) Essential oil composition of *Salvia rosmarinus* Spenn. wild samples collected from six sites and different seasonal periods in Elba Island (Tuscan Archipelago, Italy). Nat Prod Res 36:1919-1925. doi: 10.1080/14786419.2020.1824229.

GRUĽOVÁ D., CAPUTO L., ELSHAFIE H.S., BARANOVÁ B., DE MARTINO L., SEDLÁK V., GOGAĽOVÁ Z., PORÁČOVÁ J., CAMELE I., DE FEO V. (2020) Thymol Chemotype *Origanum vulgare* L. Essential oil as a potential selective bio-based herbicide on monocot plant species. Molecules 25: 596. doi: 10.3390/molecules25030595.

HASAN M., AHMAD-HAMDANI M.S., ROSLI A.M., HAMDAN H. (2021). Bioherbicides: An eco-friendly tool for sustainable weed management. Plants 10:1212. doi: 10.3390/plants10061212

HAZRATI H., SAHARKHIZ M.J., NIAKOUSARI M., MOEIN M. (2017) Natural herbicide activity of *Satureja hortensis* L. essential oil nanoemulsion on the seed germination and morphophysiological features of two important weed species. Ecotoxicol Environ Saf 142:423-430. doi: 10.1016/j.ecoenv.2017.04.041.

IBANEZ M.D., BLAZQUEZ M.A. (2018) Phytotoxicity of Essential Oils on Selected Weeds: Potential Hazard on Food Crops. Plants (Basel) 7: 79. doi: 10.3390/plants7040079.

IBÁÑEZ M.D., BLÁZQUEZ M.A. (2019) Phytotoxic Effects of Commercial *Eucalyptus citriodora*, *Lavandula angustifolia*, and *Pinus sylvestris* Essential Oils on Weeds, Crops, and Invasive Species. Molecules 24: 2845 doi: 10.3390/molecules24152847.

IBÁÑEZ M.D., BLÁZQUEZ M.A. (2020) Phytotoxic effects of commercial essential oils on selected vegetable crops: Cucumber and tomato. Sustainable Chemistry and Pharmacy 15:100209. doi: 10.1016/j.scp.2019.100209.

ISIK D., MENNAN H., CAM M., TURSUN N., ARSLAN M. (2016) Allelopathic potential of some essential oil bearing plant extracts on common lambsquarters (*Chenopodium album* L.). Rev. Chim 67:455-459.

JOUINI A., VERDEGUER M., PINTON S., ARANITI F., PALAZZOLO E., BADALUCCO L., LAUDICINA V.A. (2020) Potential Effects of Essential Oils Extracted from Mediterranean Aromatic Plants on Target Weeds and Soil Microorganisms. Plants (Basel) 9.: 1289. doi: 10.3390/plants9101289.

KONG Q., ZHOU L., WANG X., LUO S., LI J., XIAO H., ZHANG X., XIANG T., FENG S., CHEN T., YUAN M., DING C. (2021) Chemical Composition and Allelopathic Effect of Essential Oil of *Litsea pungens*. Agronomy 11:1115. doi: 10.3390/agronomy11061115.

KORDALI S., CAKIR A., SUTAY S. (2007) Inhibitory effects of monoterpenes on seed germination and seedling growth. Zeitschrift für Naturforschung C 62:207-214. DOI: 10.1515/znc-2007, 409-3.

MARINI R.P. (2003) Approaches to analyzing experiments with factorial arrangements of treatments plus other treatments. Horticulure Science 38:117-120. doi: 10.21273/HORTSCI.38.1.117.

MILLER T.W. (2007) Natural herbicides and amendments for organic weed control, ACS Symposium Series. pp. 174-185.

MUÑOZ M., TORRES-PAGÁN N., PEIRÓ R., GUIJARRO R., SÁNCHEZ-MOREIRAS A.M., VERDEGUER M. (2020) Phytotoxic Effects of Three Natural Compounds: Pelargonic Acid, Carvacrol, and Cinnamic Aldehyde, against Problematic Weeds in Mediterranean Crops. Agronomy 10:791. doi: 10.3390/agronomy10060791.

POONPAIBOONPIPAT T., PANGNAKORN U., SUVUNNAMEK U., TEERARAK M., CHAROENYING P., LAOSINWATTANA C. (2013) Phytotoxic effects of essential oil from *Cymbopogon citratus* and its physiological mechanisms on barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli*). Industrial Crops and Products 41:403-407. doi: 10.1016/j.indcrop.2012.04.057.

RASSAEIFAR M., HOSSEINI N., ASL N.H.H., ZANDI P., AGHDAM A.M. (2013) Allelopathic effect of *Eucalyptus globulus*' essential oil on seed germination and seedling establishment of *Amaranthus blitoides* and *Cyndon dactylon*. Trakia Journal of Sciences 11:73-81.

SAHARKHIZ M.J., SMAEILI S., MERIKHI M. (2010) Essential oil analysis and phytotoxic activity of two ecotypes of *Zataria multiflora* Boiss. growing in Iran. Natural Product Research 24:1598-609. doi: 10.1080/14786411003754280.

SCAVO A., MAUROMICALE G. (2020) Integrated weed management in herbaceous field crops. Agronomy 10:466. doi: 10.3390/agronomy10040466

SHARMA A., SINGH H.P ,.BATISH D.R., KOHLI R.K. (2019) Chemical profiling, cytotoxicity and phytotoxicity of foliar volatiles of *Hyptis*

suaveolens. Ecotoxicology and Environmental Safety 171:863-870.
doi: 10.1016/j.ecoenv.2018.12.091.

SIMS B., CORSI S., GBEHOUNOU G., KIENZLE J ,. TAGUCHI M., FRIEDRICH T. (2018) Sustainable weed management for conservation agriculture: Options for small holder farmers. Agriculture 8:118.
doi: 10.3390/agriculture8080118.

SINGH H., BATISH D., SETIA N., KOHLI R. (2005) Herbicidal activity of volatile oils from *Eucalyptus citriodora* against *Parthenium hysterophorus*. Annals of applied biology 146:89-94.
doi: 10.1111/j.1744-7348.2005.04018.

SINGH H.P., BATISH D.R., KAUR S., ARORA K., KOHLI R.K. (2006) α-Pinene inhibits growth and induces oxidative stress in roots. Annals of Botany 98:1261-1269.
doi: 10.1093/aob/mcl213.

SINGH H.P., KAUR S., MITTAL S., BATISH D.R., KOHLI R.K. (2009) Essential oil of *Artemisia scoparia* inhibits plant growth by generating reactive oxygen species and causing oxidative damage .Journal of Chemical Ecolology 35:154-62. doi: 10.1007/s10886-009-9595-7.

UREMIS I., ARSLAN M., SANGUN M. (2009) Herbicidal activity of essential oils on the germination of some problem weeds. Asian Journal of Chemistry 21:3199.

WERRIE P.Y., DURENNE B., DELAPLACE P., FAUCONNIER M.L. (2020) Phytotoxicity of Essential Oils: Opportunities and Constraints for the Development of Biopesticides. A Review. Foods 9. doi: 10.3390/foods9091291.