نشریه علمی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران
جلد ۳۶، شماره ۱، صفحه ۱۷۰-۱۵۵ (۱۳۹۹)

شناسه دیجیتال (DOI): 10.22092/ijmapr.2020.125945.2541
شناسه دیجیتال (DOR): 98.1000/1735-0905.1398.36.155.99.1.1578.1606

تأثیر محلول‌پاشی عناصر آهن و روی بر فاکتورهای رشدی و اجزای تشکیل‌دهنده اسانس آویشن باغی (*Thymus vulgaris* L.) تحت کمبود نیتروژن

زینب اصل محمدی[۱]، نیر محمدخانی[۲*] و مسلم ثروتی[۳]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد گیاهان دارویی، مرکز آموزش عالی شهید باکری میاندوآب، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران

۲*- نویسنده مسئول، استادیار، مرکز آموزش عالی شهید باکری میاندوآب، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران

پست الکترونیک: n.mohammadkhani@urmia.ac.ir

۳- استادیار، مرکز آموزش عالی شهید باکری میاندوآب، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران

تاریخ دریافت: اردیبهشت ۱۳۹۸ تاریخ اصلاح نهایی: آذر ۱۳۹۸ تاریخ پذیرش: بهمن ۱۳۹۸

چکیده

کمبود عناصر غذایی ازجمله نیتروژن سبب اختلال در رشد و تغییر کمّیت و کیفیت اسانس می‌شود. محلول‌پاشی با ریزمغذی‌ها رشد گیاهان را بهبود می‌بخشد. ازاین‌رو با توجه به این مسئله و اهمیت آن، در این مطالعه به بررسی تأثیرات محلول‌پاشی با دو عنصر آهن و روی بر فاکتورهای رشدی، درصد و اجزاء تشکیل‌دهنده اسانس گیاه آویشن باغی (*Thymus vulgaris* L.) در شرایط کمبود نیتروژن در خاک پرداخته شده است. این پژوهش به‌صورت آزمایش فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار انجام شد. تیمارهای آزمایش شامل سطوح نیتروژن (شاهد و کمبود) و محلول‌پاشی آهن و روی (۱٪ و ۲٪) بود. نتایج نشان داد که بازده اسانس آویشن تحت کمبود نیتروژن کاهش یافت، اما محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی به‌ویژه روی به‌طور معنی‌داری بازده اسانس را افزایش داد. همچنین بیشترین اجزاء تشکیل‌دهنده اسانس سه ترکیب تیمول، گاما-ترپینن و پارا-سیمن بود. محتوای تیمول در گیاهان شاهد (هوگلند کامل) با محلول‌پاشی افزایش یافت و بیشترین مقدار با محلول‌پاشی روی ۲٪ به میزان ۵۴/۴٪ حاصل شد. محتوای پارا-سیمن از ۱۷٪ در سطح شاهد نیتروژن به ۲۴/۶٪ در تیمار کمبود نیتروژن افزایش یافت. در گیاهان شاهد (هوگلند کامل) محلول‌پاشی باعث افزایش طول اندام هوایی و آهن ۲٪ موجب افزایش وزن خشک اندام هوایی شد. محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی سبب تغییراتی در مقدار ترکیب‌های اسانس و نیز تغییراتی در اجزاء تشکیل‌دهنده آن و حضور برخی ترکیب‌های جدید مانند ۸،۱-سینئول در اسانس گردید. همچنین محلول‌پاشی باعث بهبود برخی فاکتورهای رشدی مانند طول اندام هوایی و وزن خشک اندام هوایی در گیاه شاهد شد.

واژه‌های کلیدی: آویشن باغی (*Thymus vulgaris* L.)، اسانس، تغذیه برگی، تیمول، عناصر میکرو، کمبود نیتروژن.

مقدمه

گیاه آویشن باغی با نام علمی *Thymus vulgaris* L. از تیره نعناعیان و دارای ساختار بوته‌ای و چندساله است (Yadegari, 2014). اسانس آویشن آنتی‌بیوتیک بسیار قوی بوده و پلی‌متوکسی فلاوون‌ها و مونوترپن‌های موجود در این گیاه نیز دارای اثرهای ضدتشنجی، ضدالتهاب و ضدسرفه هستند (Mozaffarian, 2013).

مهمترین ترکیب‌های آویشن عبارتند از: تیمول، کارواکرول، پارا–سیمن و تیوکاریوفیلن (Yadegari, 2012). ترکیب‌های مؤثر ضدمیکروبی در عصاره آویشن باغی حاوی فلاونوئیدها و روغن‌هایی شامل تیمول و کارواکرول می‌باشد (Navarrete *et al*., 2010). فعالیت ضدباکتریایی در اسانس آویشن به علت وجود گروه هیدروکسیل در تیمول و کارواکرول و شرکت نمودن گروه هیدروکسیل در تشکیل پیوندهای هیدوروژنی است (Kalemba & Kunicka, 2003).

مدیریت تغذیه عناصر غذایی می‌تواند بر تولید یا کیفیت گیاهان دارویی و معطر مؤثر باشد (Yadegari, 2013). نیتروژن یکی از مهمترین عناصر غذایی و عامل محدودکننده رشد گیاهان است و نقش بسیار مهمی در تغذیه گیاهان دارد (Malekotti & Keshavarz, 2005). نیتروژن جزء اصلی پروتئین در گیاه است، بنابراین گیاهان برای رشد طبیعی به مقدار کافی به نیتروژن نیاز دارند (Salardini & Mojtahedi, 2005). علائم کمبود نیتروژن ابتدا از برگ‌های مسن پایینی شروع می‌شود و با افزایش شدت کمبود، علائم آن در برگ‌های جوان‌تر نیز دیده می‌شود (Khandan *et al*., 2009).

در خاک‌های ایران به‌دلیل بالا بودن pH، وجود آهک فراوان، کمبود مواد آلی و بعضاً مدیریت نامناسب تغذیه محصولات، کمبود عناصر بسیار شایع است. به‌علاوه پایین بودن کارآیی جذب عناصر غذایی در مناطق خشک و نیمه‌خشک نیز از عوامل مهم کاهش کیفیت محصولات کشاورزی است. در چنین شرایطی مصرف خاکی عناصر غذایی به‌دلیل کارآیی کم نمی‌تواند پاسخگوی نیازهای غذایی گیاه باشد، ازاین‌رو محلول‌پاشی عناصر به‌دلیل برطرف کردن سریع کمبود، آسان‌تر بودن آن، کاهش سمّیت ناشی از تجمع این عناصر در خاک و جلوگیری از تثبیت، مناسب‌تر است (Erdal *et al*., 2004). این عناصر در بسیاری از واکنش‌های بیوشیمیایی گیاه دخالت می‌کنند و تأثیر مثبتی در افزایش عملکرد کمّی و کیفی گیاهان دارویی و معطر دارند (Ramroudi *et al*., 2011).

ریزمغذی‌ها در سطح و میزان کمی مصرف می‌شوند، اما اعمال حیاتی بسیار مهمی مانند فرایند فتوسنتز و تنفس را در گیاهان کنترل می‌کنند. کاربرد ریزمغذی‌ها به روش محلول‌پاشی می‌تواند وضعیت رشد گیاه را بهبود بخشد (Movahhedy-dehnavy *et al*., 2009). از دیگر تأثیرات این عناصر می‌توان به نقش آنها در حفظ تعادل فیزیولوژی گیاه اشاره کرد (Zeidan *et al*., 2010).

با نگرشی به روند افزایشی جمعیت جهان و نیاز روزافزون به غذا، برای افزایش بازده فرآورده‌های گیاهی و بهبود کیفیت آنها، تمایل برای بکارگیری کودهای عناصر کم مصرف در میان تولیدکنندگان این محصولات افزایش یافته است (Alam & Raza, 2004). همچنین از دهه ۱۹۵۰ به بعد استفاده از محلول‌پاشی در کشاورزی رواج پیدا کرد و علت این امر پی بردن به اقتصادی بودن و مؤثر واقع شدن این روش است. تحقیقات نشان می‌دهد که مقدار اندکی از عناصر غذایی به‌ویژه روی، آهن و منگنز که توسط محلول‌پاشی به گیاه داده می‌شوند، عملکرد گیاه را به‌طور معنی‌داری افزایش می‌دهند و این امر اقتصادی بودن روش محلول‌پاشی را توجیه می‌کند (Wissuwa *et al*., 2008). ازآنجایی‌که اثر مفید محلول‌پاشی انواع عناصر غذایی پرمصرف و کم مصرف در بسیاری از موارد اعم از گیاهان باغی و زراعی به اثبات رسیده است، بنابراین محلول‌پاشی به‌عنوان یک روش نسبتاً جدید و بحث‌برانگیز تغذیه گیاهان می‌باشد و با کاربرد کودهای مایع بر روی برگ‌های گیاه انجام می‌گردد که به‌طور مستقیم جذب بافت‌ها و اندام‌های گیاه می‌شود (Baloch *et al*., 2008).

گیاهان دارویی در طول دوره رویش برای تولید مناسب اسانس و مواد مؤثره به مقدار کافی عناصر ریزمغذی نیاز دارند، به‌طوری که تأمین این عناصر، مقدار و عملکرد اسانس را تا حد زیادی افزایش می‌دهد (Shabanzadeh *et al*., 2012). Zehtab-Salmasi و همکاران (۲۰۰۸) و Abd El-Wahab Mohamed (۲۰۰۸) نیز گزارش نمودند که مصرف عناصر ریزمغذی مانند آهن و روی سبب افزایش رشد گیاه و افزایش ترکیب‌های آروماتیکی و اسانس در گیاهان دارویی مانند نعناع می‌شود. محققان در مطالعات مختلف به اثرهای مثبت عناصر ریزمغذی به‌ویژه آهن و روی به‌صورت محلول‌پاشی در گیاهان روغنی پی بردند. کاربرد عناصر آهن و روی باعث افزایش عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه، شاخص برداشت و عملکرد روغن کلزا شد (Bahrani, 2015). همچنین محلول‌پاشی ارتفاع بوته، قطر ساقه، عملکرد دانه و عملکرد روغن آفتابگردان را افزایش داد (Ebrahimian & Bybordi, 2001). محلول‌پاشی با عناصر ریزمغذی آهن، روی و منگنز در آزمایش‌هایی طی دو سال متوالی باعث افزایش معنی‌دار اسانس، صفات رشدی مانند ارتفاع گیاه، تعداد برگ‌ها و قطر پیاز و عملکرد کل در مقایسه با تیمار شاهد شد (El-Tohamy *et al*., 2009).

با توجه به اینکه هدف نهایی در کشت گیاهان دارویی و معطر دستیابی به مواد مؤثره دارای کمّیت و کیفیت بالا می‌باشد، ازاین‌رو شناخت عوامل مؤثر بر رشد و عملکرد کمّی و کیفی این گیاهان حائز اهمیت فراوان است. در همین راستا این پژوهش به‌منظور بررسی تأثیر محلول‌پاشی عناصر آهن و روی بر برخی فاکتورهای رشدی، درصد و اجزاء تشکیل دهنده اسانس گیاه دارویی آویشن انجام شد.

مواد و روش‌ها

به‌منظور ارزیابی اثر محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی (آهن و روی) بر درصد و اجزاء تشکیل‌دهنده اسانس در گیاه آویشن تحت کمبود نیتروژن، آزمایشی گلدانی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار در پاییز سال ۱۳۹۶ در گلخانه مرکز آموزش عالی شهید باکری میاندوآب (دانشگاه ارومیه) انجام شد. خاک مورد استفاده از منطقه میاندوآب (با مختصات جغرافیایی ۴۰۹۶۴۵۶ عرض شمالی و ۵۹۵۴۲۸ طول شرقی UTM) جمع‌آوری و از الک ۴ میلی‌متری عبور داده شد. نشاءهای یک ماهه آویشن از شرکت تعاونی زرین گیاه ارومیه تهیه و در گلدان‌های پلاستیکی ۴ کیلوگرمی با عمق و قطر ۱۸ سانتی‌متر کاشته شد. دمای گلخانه ۲۵-۱۸°C و رطوبت نسبی ۸۰٪-۶۰٪ بود. بافت خاک طبق مثلث بافت خاک sandy loam (لوم شنی) بود. مشخصات خاک اولیه در جدول ۲ آمده است. نشاءهای کاشته شده ابتدا با محلول غذایی هوگلند یک چهارم، سپس با یک دوم و در نهایت با محلول هوگلند تمام قدرت (حاوی نمک‌های موجود در محلول غذایی هوگلند با غلظت کامل) طی سه دوره و هر یک به مدت سه هفته آبیاری شدند (Hoagland & Arnon, 1950). کمبود نیتروژن بر گیاهان سه ماهه اعمال شد، به این صورت که ابتدا نیتروژن محلول غذایی به نصف و پس از گذشت ۱۵ روز به یک چهارم و در نهایت به صفر کاهش یافت. به‌منظور انجام تیمار کمبود نیتروژن ترکیب‌های دارای نیتروژن مانند نیترات پتاسیم، نیترات کلسیم و فسفات دی‌هیدروژن آمونیوم به‌تدریج از محلول غذایی پایه حذف شد و برای جبران پتاسیم و کلسیم حذف شده به‌ترتیب فسفات دی‌هیدروژن پتاسیم و سولفات کلسیم به محلول غذایی اضافه شد (جدول ۱). گیاهان شاهد نیز با هوگلند تمام قدرت آبیاری شدند. همزمان با اعمال کمبود نیتروژن محلول‌پاشی عناصر میکرو (آهن و روی) از منبع سولفات آهن ($FeSO_4.7H_2O$) و سولفات روی ($ZnSO_4.7H_2O$) مرک (Merck) در گرید آزمایشگاهی با درجه خلوص (۹۷٪ تا ۹۹٪) در غلظت‌های صفر (آب مقطر) ۱٪ و ۲٪ در سه مرتبه و هر ۱۵ روز یک‌بار تکرار شد. حد آستانه کمبود روی در خاک ۱/۱ میلی‌گرم در کیلوگرم و در گیاه ۰/۲ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم وزن تر می‌باشد. حد آستانه کمبود آهن ۴/۶ میلی‌گرم در کیلوگرم و در گیاه ۰/۳ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم وزن تر است. همچنین حد بحرانی غلظت روی در

خاک ۳ میلی‌گرم در کیلوگرم و حد بحرانی آهن قابل جذب در خاک ۱۰ میلی‌گرم در کیلوگرم می‌باشد (Malakouti & Bani Ghibi, 2000). با این توضیح که مقدار آهن و روی در خاک مورد استفاده ما بسیار کمتر از این مقدار است. البته قطعاً محلول‌پاشی برگی در غلظت‌های ذکر شده نمی‌تواند مقدار عناصر در خاک را به حد سمّیت برساند و در گیاهان نیز علائم سمّیت عناصر مشاهده نشد؛ یعنی در گیاهان نیز مقدار عناصر به حد بحرانی نرسیده بود.

جدول ۱- ترکیب‌های محلول غذایی هوگلند کامل و هوگلند بدون نیتروژن

هوگلند بدون نیتروژن			هوگلند کامل		
حجم محلول ذخیره در هر لیتر محلول نهایی	غلظت ذخیره	ترکیب	حجم محلول ذخیره در هر لیتر محلول نهایی	غلظت ذخیره	ترکیب
ml	gl^{-1}		ml	gl^{-1}	
		عناصر اصلی			عناصر اصلی
–	–	–	۶/۰	۱۱۰/۱۰	KNO_3
۴/۰	۱۴۵/۱۵	$Ca(SO_4)_2$	۴/۰	۲۳۶/۱۶	$Ca(NO_3)_2, 4H_2O$
۲/۰	۱۳۶/۰۹	KH_2PO_4	۲/۰	۱۱۵/۰۸	$NH_4H_2Po_4$
۱/۰	۲۴۶/۴۸	$MgSO_4, 7H_2O$	۱/۰	۲۴۶/۴۸	$MgSO_4, 7H_2O$
		Micronutrients			Micronutrients
	۱/۸۶۴	KCl		۱/۸۶۴	KCl
	۰/۷۷۳	H_3BO_3		۰/۷۷۳	H_3BO_3
۲/۰	۰/۱۶۹	$MnSO_4TH_2O$	۲/۰	۰/۱۶۹	$MnSO_4TH_2O$
	۰/۲۸۸	$ZnSO_4, 7H_2O$		۰/۲۸۸	$ZnSO_4, 7H_2O$
	۰/۰۶۲	$CuSO_4, 5H_2O$		۰/۰۶۲	$CuSO_4, 5H_2O$
	۰/۰۴۰	H_2MoO_4(%85 MoO_3)		۰/۰۴۰	H_2MoO_4(%85 MoO_3)
۰/۳-۱/۰	۳۰/۰	NaFeDTPA(%10Fe)	۰/۳-۱/۰	۳۰/۰	NaFeDTPA(%10Fe)
۲/۰	۰/۰۶۶	$NiSO_4.6H_2O$	۲/۰	۰/۰۶۶	$NiSO_4.6H_2O$
۱/۰	۲۸۴/۲۰	$Na_2SiO_3.9H_2O$	۱/۰	۲۸۴/۲۰	$Na_2SiO_3.9H_2O$

بنابراین این آزمایش به‌صورت فاکتوریل دو عاملی ۵×۲ بوده که فاکتور a شامل دو سطح نیتروژن خاک (هوگلند کامل و کمبود نیتروژن) و فاکتور b شامل محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی در ۵ سطح (آهن ۱٪، آهن ۲٪، روی ۱٪، روی ۲٪ و صفر (محلول‌پاشی با آب مقطر) می‌باشد.

سطوح محلول‌پاشی از مطالعه تحقیقات مشابه انجام شده و نیز آزمایش‌های غربالگری اولیه روی گیاه آویشن تعیین شد. علائم کمبود نیتروژن در گیاهان ۴/۵ ماهه و پیش از گلدهی گیاه ظاهر شد. بعد از بروز علائم کمبود، اندام هوایی و ریشه گیاه برداشت شد و فاکتورهای رشدی شامل وزن خشک ریشه و اندام هوایی، طول ریشه و اندام

هوایی، محتوای نسبی آب برگ و سطح برگ اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری وزن خشک ریشه و اندام هوایی گیاه در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۷۲ ساعت در آون خشک شد و بعد وزن آن اندازه‌گیری گردید. برای سنجش محتوای نسبی آب برگ از هر گلدان ۵ برگ از قسمت میانی گیاه انتخاب شد و برای جلوگیری از اتلاف آب برگ در اثر تعرق، برگ‌ها را بلافاصله در پاکت‌های پلاستیکی قرار داده و به آزمایشگاه منتقل و بعد به‌وسیله ترازو با دقت ۰/۰۰۱ توزین شدند. پس از آن نمونه‌ها به مدت ۱۲ ساعت در ظرف‌های حاوی آب مقطر قرار گرفتند و پس از رسیدن به حالت آماس دوباره توزین گردیدند. سپس نمونه‌ها به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد در آون خشک شده و دوباره توزین شدند. محتوای نسبی آب برگ از طریق رابطه زیر محاسبه گردید (Barr & Weatherley, 1962).

$$RWC= (FW- DW / TW-DW) \times 100$$

FW: وزن تر برگ، DW: وزن خشک برگ، TW: وزن آماس برگ

سطح برگ نیز با اسکن کردن برگ توسط اسکنر و به‌کمک نرم‌افزار Compu Eye اندازه‌گیری شد (Bakr, 2005).

همچنین بخشی از اندام هوایی گیاه در سایه خشک شد و برای اسانس‌گیری مورد استفاده قرار گرفت. اسانس‌گیری به روش تقطیر با آب و با دستگاه کلونجر انجام شد. آنالیز GC/MS ترکیب‌های اسانس با دستگاه کروماتوگراف گازی Thermo Finnigan که با سیستم مس اسپکترومتری (model GC TRACE; TRACE MS plus) جفت شده بود، انجام گردید. از ستون غیرقطبی HP-5MS (30 m X 0.250 mm, 0.25 µm film thickness) استفاده شد. پروفیل دمایی به‌صورت زیر بود: ابتدا دما به مدت ۲ دقیقه روی ۴۰°C تنظیم شد و بعد تا ۱۶۰°C با سرعت ۳°C/min افزایش یافت و در نهایت دما با سرعت ۵°C/min به ۲۸۰°C افزایش یافت و ۲ دقیقه در این دما ماند. گاز حامل هلیم و سرعت جریان ۱ میلی‌لیتر بر دقیقه بود و انرژی یونیزاسیون ۷۰ev بود. بعد از تزریق اسانس بدست‌آمده به دستگاه کروماتوگرافی گازی طیف‌سنجی جرمی، با توجه به الگوی خروج آلکان‌های نرمال، شاخص بازداری (Retention Index) برای ترکیب‌ها محاسبه گردید و در نهایت مقایسه آنها با شاخص‌های مرجع، ترکیب‌های عمده تشکیل‌دهنده اسانس شناسایی شدند.

تجزیه‌وتحلیل آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS (نسخه ۲۴) انجام شد و تفاوت بین تیمارهای محلول‌پاشی با استفاده از آزمون تجزیه واریانس یک‌طرفه (ANOVA) و تفاوت بین سطوح نیتروژن با استفاده از آزمون دوطرفه (GLM) تعیین و برای تعیین اختلاف بین میانگین‌ها از آزمون چند دامنه دانکن در سطح احتمال ۵٪ استفاده شد.

نتایج

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر تیمار کمبود نیتروژن روی همه فاکتورهای رشدی بجز طول ریشه و اندام هوایی و همچنین اثر محلول‌پاشی و تأثیر متقابل تیمار × محلول‌پاشی در همه فاکتورهای رشدی بجز سطح برگ طبق آنالیز دانکن در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار بود (جدول ۳).

جدول ۲- مشخصات خاک اولیه

بافت خاک (٪)			کربنات کلسیم معادل	ماده آلی (٪)	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس	واکنش	محتوای روی	محتوای آهن	محتوای فسفر	نیتروژن کل
شن	سیلت	رس	(٪)		بر متر)	خاک	(mg/kg)	(mg/kg)	(mg/kg)	(٪)
۷۷/۵	۷/۵	۱۵	۱۷	۲/۳۸	۲/۷۱	۷/۴۴	۱/۶۶	۷/۲۱	۵/۸۸	۰/۰۳۸

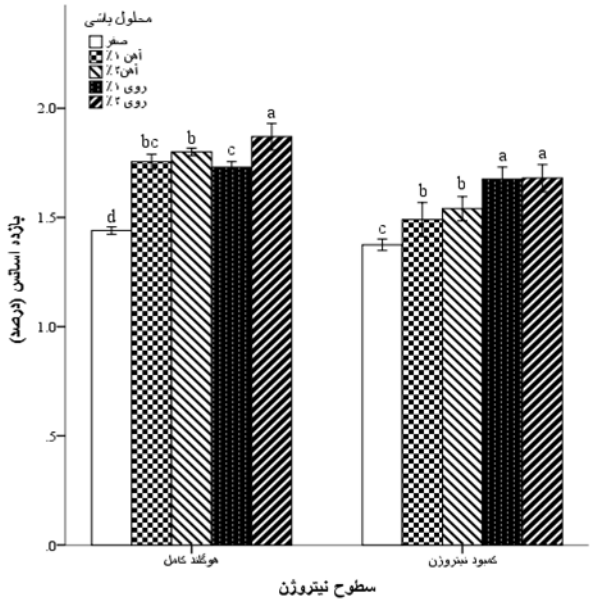
جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس مربوط به صفات اندازه‌گیری شده تحت کمبود نیتروژن و محلول‌پاشی با آهن و روی

منبع تغییرات	درجه آزادی	طول ریشه	طول اندام هوایی	وزن خشک ریشه	وزن خشک اندام هوایی	محتوای نسبی آب برگ	سطح برگ
سطوح نیتروژن	۱	۰/۰۴۸ns	۰/۶۴۵ns	۵/۱۳۴*	۹۸/۰۳۱**	۹۰۲/۲۲۴**	۱/۳۲۱**
محلول‌پاشی	۴	۱۰۰/۵۸۰**	۴۳/۵۵۲**	۵/۴۶۶**	۴۱/۶۱۱**	۷۶/۹۰۶**	۰/۰۴۸ns
سطوح نیتروژن× محلول‌پاشی	۴	۶۴/۴۴۸**	۲۷/۰۵۲**	۶/۰۸۸**	۲۲/۰۵۹**	۶۶/۷۵۲**	۰/۱۴۶ns
خطا	۲۰	۶/۳۰۳	۵/۸۵۵	۰/۷۴۰	۲/۸۹۲	۶/۲۰۵	۰/۰۸۳

ns، * و **: به‌ترتیب بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار و معنی‌داری در سطح ۵٪ و ۱٪ می‌باشد.

در گیاهان شاهد بدون کمبود نیتروژن که با محلول هوگلند آبیاری شدند، محلول‌پاشی باعث افزایش طول اندام هوایی شد. بیشترین تأثیر مربوط به آهن ۲٪ بود. همچنین آهن ۲٪ باعث افزایش وزن خشک اندام هوایی در تیمار بدون کمبود شد. محلول‌پاشی همچنین محتوای نسبی آب برگ را در تیمار بدون کمبود افزایش داد، ولی اختلاف بین عناصر محلول‌پاشی شده معنی‌دار نبود. کمبود نیتروژن طول ریشه و وزن خشک ریشه را در گیاه شاهد افزایش داد. محلول‌پاشی آهن باعث افزایش محتوای نسبی آب برگ در تیمار کمبود شد، بیشترین تأثیر مربوط به آهن ۲٪ بود (جدول ۴). شکل ۱ اثر محلول‌پاشی آهن و روی را بر بازده اسانس آویشن در شرایط کمبود نیتروژن نشان می‌دهد. کمبود نیتروژن بازده اسانس را در گیاهان بدون محلول‌پاشی کاهش داد، اما محلول‌پاشی ریزمغذی‌ها به‌طور معنی‌داری ($P<۰/۰۵$) بازده اسانس را هم در گیاهان آبیاری شده با هوگلند کامل و هم تحت کمبود نیتروژن افزایش داد. گیاهان محلول‌پاشی شده با روی ۲٪ هم در هوگلند کامل و هم تحت کمبود نیتروژن بیشترین بازده اسانس را نشان دادند.

ترکیب‌های شناسایی شده در اسانس گیاه آویشن تحت تأثیر تیمارهای مختلف در جدول ۴ نشان داده شده است. در مجموع ۲۱ جزء در اسانس حاصل از تیمارهای مختلف شناسایی شد (جدول ۵). آلفا-توجن، کامفن، میرسن، بورنئول، لینالول، لیمونن، پارا-سیمن، کارواکرول، تیمول، ترانس-کاریوفیلن و آلفا-ترپینئول ترکیب‌های مشترک بین همه تیمارها بودند. محتوای ترکیب‌های آلفا-توجن، آلفا-پینن، کامفن، میرسن، بورنئول، لینالول، لیمونن، گاما-ترپینن و آلفا-ترپینن در تیمار کمبود نیتروژن و محلول‌پاشی شده با آب‌مقطر نسبت به گیاه شاهد (هوگلند کامل) و محلول‌پاشی شده با آب‌مقطر کاهش یافت.



شکل ۱- اثر محلول‌پاشی آهن و روی بر بازده اسانس آویشن تحت کمبود نیتروژن

حروف غیرمشابه در بالای ستون‌ها نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار بین سطوح محلول‌پاشی در سطح احتمال ۵٪ طبق آنالیز دانکن است.

جدول ۴- مقایسه میانگین مربوط به اثر محلول‌پاشی آهن و روی بر فاکتورهای رشدی آویشن تحت کمبود نیتروژن

		طول ریشه (سانتی‌متر)	طول اندام هوایی (سانتی‌متر)	وزن خشک ریشه (گرم)	وزن خشک اندام هوایی (گرم)	محتوای نسبی آب برگ (٪)	سطح برگ (سانتی‌متر مربع)
هوگلند کامل	صفر	۳۰/۸۳ ± ۲/۴۵۵a	۳۷/۸۳ ± ۰/۸۳۳d	۶/۹۹ ± ۰/۳۹۱a	۲۱/۰۰ ± ۰/۵۱۳c	۶۷/۳۵ ± ۱/۲۸۹b	۱/۷۱ ± ۰/۱۴۶a
	آهن ۱٪	۳۱/۱۷ ± ۱/۴۲۴a	۴۳/۰۰ ± ۱/۱۵۵bc	۶/۱۸ ± ۰/۴۲۸a	۲۴/۵۱ ± ۱/۴۴۵b	۷۲/۴۷ ± ۱/۲۰۳a	۲/۱۸ ± ۰/۳۰۹a
	آهن ۲٪	۳۳/۰۰ ± ۱/۱۵۵a	۴۹/۰۰ ± ۰/۵۷۷a	۷/۱۶ ± ۰/۶۸۲a	۲۶/۱۳ ± ۱/۲۸۹a	۷۲/۵۶ ± ۰/۸۵۹a	۱/۹۵ ± ۰/۱۳۸a
	روی ۱٪	۲۶/۰۰ ± ۰/۵۷۷b	۴۵/۸۳ ± ۰/۶۰۱ab	۶/۰۴ ± ۰/۶۶۱a	۲۰/۰۵ ± ۱/۱۱۸c	۷۳/۸۷ ± ۰/۵۰۵a	۱/۸۷ ± ۰/۱۳۳a
	روی ۲٪	۳۱/۸۳ ± ۰/۷۲۶a	۴۰/۸۳ ± ۲/۲۰۵cd	۳/۹۴ ± ۰/۶۶۴b	۲۰/۰۶ ± ۶/۶۴۹c	۷۲/۴۳ ± ۱/۳۰۸a	۱/۸۳ ± ۰/۰۸۱a
کمبود نیتروژن	صفر	۳۶/۳۳ ± ۲/۸۸۲a	۴۳/۳۳ ± ۰/۳۳۳ab	۶/۳۴ ± ۰/۵۹۱a	۱۹/۹۸ ± ۰/۱۳۱a	۷۹/۶۰ ± ۱/۱۷۹bc	۱/۶۷ ± ۰/۱۱۱a
	آهن ۱٪	۳۹/۳۳ ± ۱/۴۵۳a	۴۶/۴۷ ± ۱/۰۰۹a	۴/۸۲ ± ۰/۴۱۷b	۱۴/۴۹ ± ۱/۰۲۰b	۸۴/۹۴ ± ۲/۹۵۲b	۱/۳۱ ± ۰/۱۵۴a
	آهن ۲٪	۳۶/۲۷ ± ۲/۲۸۱a	۴۳/۸۳ ± ۲/۳۱۵ab	۴/۴۴ ± ۰/۲۹۰b	۱۶/۳۳ ± ۱/۵۱۶b	۸۹/۵۳ ± ۱/۳۰۹a	۱/۷۰ ± ۰/۰۴۲a
	روی ۱٪	۲۳/۵۰ ± ۰/۷۶۴b	۴۴/۰۰ ± ۱/۱۵۵ab	۳/۰۶ ± ۰/۲۳۰c	۱۷/۱۲ ± ۰/۴۶۵b	۷۵/۵۲ ± ۱/۳۶۱c	۱/۳۲ ± ۰/۰۶۹a
	روی ۲٪	۲۷/۰۰ ± ۱/۴۴۳b	۴۰/۳۳ ± ۲/۰۲۸b	۵/۵۲ ± ۰/۳۵۷ab	۱۵/۷۶ ± ۰/۶۲۰b	۸۰/۹۱ ± ۱/۰۹۷bc	۱/۴۵ ± ۰/۲۷۱a

حروف غیرمشابه در بالای اعداد نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار بین سطوح محلول‌پاشی در سطح احتمال ۵٪ طبق آنالیز دانکن است.

جدول ۵- درصد ترکیب‌های اسانس گیاه آویشن تحت کمبود نیتروژن و محلول‌پاشی عناصر آهن و روی

شماره	نام ترکیب	RI	هوگلند کامل				کمبود نیتروژن			
			صفر	آهن ۱٪	آهن ۲٪	روی ۱٪	روی ۲٪	صفر	آهن ۱٪	آهن ۲٪	روی ۱٪	روی ۲٪
۱	α-thujene	۹۲۹	۱/۳	۱/۱	۰/۹	۱/۱	۱/۱	۰/۹	۱/۰	۰/۹	۰/۸	۰/۹
۲	α-pinene	۹۳۴	۰/۹	۰/۹	۰/۸	۰/۸	۰/۷	۰/۸	۰/۷	۰/۸	۰/۶	۰/۸
۳	camphene	۹۴۹	۰/۷	۰/۸	۰/۷	۰/۶	۰/۵	۰/۳	۰/۵	۰/۷	۰/۵	۰/۸
۴	1-octen-3-ol	۹۷۵	۰/۹	۰/۵	۰/۷	۱/۰	۰/۳	۰/۷	۰/۶	۰/۶	۰/۷	۰/۷
۵	β-myrcene	۹۹۰	۰/۳	۱/۰	۰/۷	۱/۰	۰/۹	۰/۹	۰/۷	۰/۷	۰/۸	۰/۸
۶	α-terpinene	۱۰۱۷	۲/۷	۲/۲	۱/۴	۲/۲	۱/۷	۲/۰	۱/۷	۱/۳	۱/۹	۱/۶
۷	ρ-cymene	۱۰۲۵	۱۷/۰	۱۹/۷	۲۹/۹	۱۸/۲	۱۷/۲	۲۴/۶	۲۲/۷	۲۲/۷	۱۷/۸	۱۹/۷
۸	limonene	۱۰۳۰	۰/۶	۰/۴	۰/۵	۰/۴	۰/۳	۰/۴	۰/۴	۰/۵	۰/۴	۰/۴
۹	1,8-Cineole	۱۰۳۲	–	۰/۴	–	۰/۳	۰/۴	-	–	۰/۷	۰/۳	۰/۷
۱۰	γ-terpinene	۱۰۶۰	۱۸/۲	۱۷/۴	۸/۷	۱۵/۵	۱۳/۲	۱۵/۲	۱۲/۲	۷/۸	۱۵/۱	۱۱/۲
۱۱	cis-sabinene hydrate	۱۰۶۸	۰/۶	۰/۵	۱/۱	۰/۶	۰/۵	۰/۸	۰/۹	۰/۸	۰/۹	۰/۸
۱۲	linalooll	۱۰۹۹	۲/۸	۱/۴	۲/۴	۱/۶	۲/۲	۲/۳	۱/۶	۲/۱	۲/۲	۲/۲

ادامه جدول ۵- ...

شماره	نام ترکیب	RI	هوگلند کامل						کمبود نیتروژن			
			صفر	آهن ۱٪	آهن ۲٪	روی ۱٪	روی ۲٪	صفر	آهن ۱٪	آهن ۲٪	روی ۱٪	روی ۲٪
۱۳	camphor	۱۱۴۸	–	۰/۴	۰/۸	۰/۲	۰/۳	۰/۲	–	۰/۵	۰/۳	۰/۵
۱۴	borneol	۱۱۶۸	۱/۵	۱/۳	۲/۰	۱/۲	۰/۷	۰/۹	۱/۵	۱/۸	۱/۶	۲/۰
۱۵	terpineol-4	۱۱۷۹	–	–	۰/۴	۰/۴	۰/۲	۰/۲	۰/۳	-	۰/۳۰	۰/۴
۱۶	thymyl methyl ether	۱۲۳۵	–	–	۱/۵	-	۱/۲	–	۲/۲	۰/۵	۰/۸	۰/۳
۱۷	carvacrol methyl ether	۱۲۴۵	۱/۰	۰/۴	۱/۲	۰/۳	۱/۲	–	۰/۳	۰/۶	۱/۱	۰/۶
۱۸	trans-anethole	۱۲۸۷	۰/۷	–	–	–	–	–	–	۰/۷	–	–
۱۹	thymol	۱۲۹۲	۴۳/۹	۴۷/۵	۴۱/۷	۵۰/۲	۵۴/۴	۴۴/۹	۴۸/۸	۵۱/۴	۵۰/۰	۵۱/۸
۲۰	carvacrol	۱۳۰۵	۱/۹	۲/۲	۲/۴	۲/۴	۱/۷	۲/۴	۲/۷	۲/۹	۲/۲	۲/۶
۲۱	trans-caryophyllene	۱۴۲۵	۱/۸	۱/۳	۲/۵	۱/۲	۱/۲	۲/۳	۱/۱	۲/۰	۱/۶	۱/۱
	مجموع درصد ترکیب‌ها		۹۶/۸	۹۹/۳	۹۹/۸	۹۹/۱	۹۹/۹	۹۹/۵	۹۹/۶	۹۹/۹	۹۹/۹	۹۹/۹

گاما-ترپینن در تیمار شاهد ۱۸/۲٪ بود، ولی در تیمار کمبود به ۱۵/۲٪ کاهش یافت. همچنین محتوای بورنئول از ۱/۵٪ در گیاه شاهد به ۰/۹٪ در تیمار کمبود کاهش یافت. ولی ترانس-کاریوفیلن، پارا-سیمن، کارواکرول و تیمول در گیاه تحت کمبود نسبت به گیاه شاهد افزایش یافت. به‌عنوان مثال محتوای پارا-سیمن از ۱۷٪ در شاهد به ۲۴/۶٪ در تیمار تحت کمبود افزایش یافت. کارواکرول نیز از ۱/۹٪ در شاهد به ۲/۴٪ در تیمار کمبود رسید. تیمول، پارا-سیمن و گاما-ترپینن به‌ترتیب بیشترین ترکیب اسانس را تشکیل دادند.

محتوای تیمول هم در گیاهان شاهد (هوگلند کامل) و هم در گیاهان تحت کمبود نیتروژن با محلول‌پاشی افزایش یافت، میزان افزایش در گیاهان شاهد بیشتر بود و بیشترین مقدار را محلول‌پاشی روی ۲٪ به میزان ۵۴/۴٪ به خود اختصاص داد. محتوای پارا-سیمن در گیاهان شاهد با محلول‌پاشی افزایش یافت و اعمال کمبود نیتروژن نیز باعث افزایش چشمگیری در مقدار آن گردید، اما در تیمار کمبود محلول‌پاشی باعث کاهش آن شد. ۸،۱-سینئول در شاهد و کمبود وجود نداشت، اما محلول‌پاشی با آهن ۱٪ و هر دو سطح روی در تیمار شاهد و آهن ۲٪ و هر دو سطح روی در تیمار کمبود باعث تولید این ترکیب در اسانس شد و بیشترین تأثیر را روی ۲٪ به خود اختصاص داد.

کامفور و ۴-ترپینئول در گیاه شاهد حضور نداشته ولی محلول‌پاشی و اعمال کمبود نیتروژن باعث تولید این ترکیب‌ها شد. کارواکرول به‌طور کلی تحت محلول‌پاشی افزایش یافت.

در گیاهان تحت کمبود محلول‌پاشی با هر دو سطح آهن باعث افزایش آلفا-پینن، کامفن، کارواکرول و بورنئول نسبت به محلول‌پاشی با آب‌مقطر شد. محتوای ترکیب ۴-ترپینئول در تیمار کمبود ۰/۲٪ بود و مقدار آن در آهن ۱٪ به ۲/۳٪ افزایش یافت. تیمیل متیل اتر در تیمار کمبود وجود نداشت و محلول‌پاشی با آهن باعث تولید آن شد و بیشترین تأثیر مربوط به آهن ۱٪ بود که مقدار ترکیب در این سطح برابر با ۲/۲٪ بود. در تیمار کمبود همچنین ترکیب ۸،۱-سینئول در محلول‌پاشی با آب‌مقطر و آهن ۱٪ وجود نداشت ولی آهن ۲٪ باعث سنتز آن به میزان ۰/۷٪ شد (جدول ۳).

بحث

نیتروژن یکی از مهمترین فاکتورهای تعیین‌کننده رشد گیاه است. این عنصر با تأثیر بر رشد رویشی و زایشی گیاهان دارویی باعث تغییراتی در عملکرد آنها می‌شود. علاوه‌بر عملکرد، این عنصر کمّیت و کیفیت مواد مؤثره گیاهان دارویی را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Ram *et al*., 2000).

در این مطالعه تیمار کمبود نیتروژن وزن خشک ریشه و اندام هوایی را کاهش داد و محلول‌پاشی با آهن ۲٪ باعث افزایش وزن خشک اندام هوایی در گیاهان آبیاری شده با هوگلند کامل شد. Ameziane و همکاران (۱۹۹۷) نیز گزارش کردند که محدودیت نیتروژن بیشترین اثر را روی نسبت وزن خشک ریشه به اندام هوایی داشت. Tohidi Nejad و همکاران (۲۰۰۸) در مورد تأثیر نیتروژن بر درصد اسانس نشان دادند که کود نیتروژن بر درصد اسانس بابونه تأثیر معنی‌داری دارد و سبب افزایش آن می‌شود.

عنصر آهن باعث افزایش میزان تولید کلروفیل و نمو کلروپلاست و به‌تبع آن افزایش میزان فتوسنتز و تولید کربوهیدرات می‌شود، در نتیجه بالا رفتن میزان مواد فتوسنتزی شرایط بهتری را برای رشد و نمو گیاه فراهم می‌کند (Yassen *et al*., 2010). تحقیقات انجام شده روی ریحان نیز نشان داده‌اند گیاهانی که با آهن محلول‌پاشی شده بودند وزن خشک و تر بیشتری داشتند (Said-Al Ahl & Mahmoud, 2009). تیمار محلول‌پاشی با عناصر کم‌مصرف روی و آهن باعث افزایش معنی‌دار وزن تر و خشک، سطح برگ گیاه، درصد اسانس بوته و برگ گیاه دارویی نعناع‌فلفلی شد (Zehtab-Salmasi *et al*., 2008). Ramroudi و همکاران (۲۰۱۱) بیان نمودند که کاربرد محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی می‌تواند نقش مفیدی بر بهبود خصوصیات کمّی و کیفی گیاهان ازجمله اسفرزه (*Plantago ovata* Forsk) ایفاء نماید.

این نتایج در مورد اثر محلول‌پاشی بر سطح برگ آویشن معنی‌دار نبود، در حالی‌که اثر محلول‌پاشی بر محتوای آب نسبی در سطح ۵٪ معنی‌دار بود و محلول‌پاشی آهن و روی باعث افزایش محتوای آب نسبی در آویشن شد. افزایش محتوای آب نسبی بر اثر مصرف عناصر ریزمغذی در تحقیق Hamrahi و همکاران (۲۰۰۸) در کلزا گزارش شده است. Khalili Mahaleh و همکاران (۲۰۰۷) طی آزمایشی محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی را در دو زمان به ساقه رفتن و اندکی قبل از ظهور گل تاجی برای افزایش عملکرد توصیه کردند و اثر روی را مهمتر دانستند. محلول‌پاشی سولفات روی باعث افزایش شاخص سطح برگ در گیاه سرخارگل شد، به‌طوری که بیشترین شاخص سطح برگ مربوط به محلول‌پاشی سولفات روی با ۳/۳۲ و کمترین شاخص سطح برگ با ۲/۸۵ به عدم محلول‌پاشی مربوط بود.

بیشترین پارامترهای رشدی و عملکرد در محلول‌پاشی برگی گشنیز (*Coriandrum sativum*) با $ZnSO_4$ مشاهده شد (Kalidasu *et al*., 2008). Figueira (۲۰۰۲) در طی تحقیقی مشخص کرده است که سطوح متفاوتی از میکروالمنت‌ها روی وزن خشک ترخون تأثیر گذاشته است. در این آزمایش مشخص شده است که میکروالمنت‌ها بیشتر روی کیفیت اسانس و میزان مواد مؤثره تأثیر گذاشته است که این آزمایش نیز این مطلب را تأیید می‌کند.

پژوهش‌های Grejtovský و همکاران (۲۰۰۶) روی بابونه نشان داد که کاربرد روی (۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم) تا میزان ۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم باعث افزایش رشد و عملکرد اسانس و نیز تغییرات مثبت در اجزاء اسانس می‌شود، اما در مقادیر بیشتر روی، این روند معکوس می‌گردد. Nasiri و همکاران (۲۰۱۰) با مطالعه بر روی بابونه آلمانی، گزارش نمودند که محلول‌پاشی آهن و روی با غلظت ۳/۵ در هزار باعث افزایش ۲۶/۶ درصدی اسانس نسبت به شاهد شد. با توجه به نقش کلیدی آهن در فرایند فتوسنتز، احتمالاً کاربرد آن با بهبود فتوسنتز سبب افزایش میزان اسانس گیاه شده است. تحقیق دیگری نشان داده بیوسنتز اسانس گیاه ریحان به شدت تحت تأثیر آهن قرار گرفته است (Zehtab-Salmasi *et al*., 2008). Akhtar و همکاران (۲۰۰۹) نشان دادند که محلول‌پاشی روی به میزان ۳ در هزار باعث افزایش ۲۸/۲ درصدی اسانس نعناع نسبت به گیاهان شاهد شد. در تحقیقی مقادیر مناسب از عناصر غذایی پرمصرف و کم‌مصرف به میزان قابل توجهی سبب افزایش اسانس مرزه یک‌ساله شد (Alizadeh Sahzabi *et al*., 2007).

در این مطالعه نیز محلول‌پاشی روی ۲٪ باعث افزایش ۳۰ درصدی بازده اسانس در گیاهان آبیاری شده با هوگلند کامل و افزایش ۲۱ درصدی اسانس آویشن در شرایط کمبود نیتروژن شد. در مورد ترکیب‌های اسانس نیز مقدار تیمول به‌عنوان ترکیب غالب اسانس تحت تأثیر محلول‌پاشی با ریزمغذی‌ها بجز آهن ۲٪ در گیاهان آبیاری شده با هوگلند کامل، افزایش یافت. همچنین ۸،۱-سینئول در گیاه شاهد وجود نداشت، اما محلول‌پاشی با هر دو سطح روی در هر دو تیمار شاهد و کمبود باعث تولید این ترکیب در اسانس شد و بیشترین تأثیر را روی ۲٪ به خود اختصاص داد. بنابراین به‌نظر می‌رسد در دسترس قرار گرفتن بهتر عناصر ریزمغذی منجر به اثرگذاری بیشتر بر روی جذب سایر مواد غذایی و انحلال بیشتر املاح در جهت جذب می‌شود (Darzi *et al*., 2009). در تأیید نتایج این مطالعه Maurya (۱۹۹۰) در مورد گشنیز تأثیر محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی ازجمله آهن و روی را مورد بررسی قرار داده و گزارش کرد که محتوا و عملکرد اسانس گیاهان مذکور در نتیجه استفاده برگی عناصر مذکور بهبود می‌یابند. به‌طوری که عوامل تغذیه‌ای، عملکرد اسانس و تیمول را افزایش می‌دهند (Omidbaigi & Arjmandi, 2002).

محلول‌پاشی گشنیز با روی و آهن در مراحل رشد رویشی، گلدهی و تشکیل میوه سبب افزایش معنی‌دار ارتفاع بوته، تعداد انشعابات ساقه، وزن تر، درصد اسانس گیاه و عملکرد دانه شد (Said-Al Ahl & Omer, 2009).

در این مطالعه نتایج نشان داد که میزان آلفا-پینن، کامفن، کامفور، بورنئول و همچنین تیمول به‌عنوان جزء غالب اسانس با محلول‌پاشی روی تحت شرایط کمبود نیتروژن

افزایش یافت. اجزاء عمده اسانس شمعدانی مانند سیترونلول، ژرانیول و لینالول با کاربرد ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر سولفات روی افزایش یافتند (Ayad *et al*., 2010). در آزمایشی دیگر محلول‌پاشی با دی‌آمونیوم فسفات و سولفات روی در نعناع فلفلی باعث افزایش بیوسنتز منتول به اندازه ۱۵/۶-۱۸/۷ شد (Ram *et al*., 2000). همچنین در یک پژوهش اثر تیمار کودهای آهن و روی بر تیمول بر حسب درصد در عصاره نشان داد که تیمارهای روی ۲ در هزار و روی ۴ در هزار به‌ترتیب با مقادیر ۲۴٪ و ۲۸٪ اسانس اختلاف معنی‌داری نداشتند، اما بیشترین افزایش تیمول مربوط به روی ۴ در هزار بود. بیشترین میزان کارواکرول تولید شده از تیمار آهن و روی ۲ در هزار و پس از آن تیمار روی ۴ در هزار و کمترین میزان مربوط به شاهد بود (Yadegari & Ghorbani, 2012). همچنین نتایج آزمایش Omidbaigi و Arjmandi (۲۰۰۲) روی آویشن باغی با نتایج ذکرشده مطابقت دارد. در این مطالعه نیز بیشترین میزان تیمول از محلول‌پاشی با روی ۲٪ بدست آمد.

محلول‌پاشی گیاه ریحان با کلات روی، باعث بهبود رشد و عملکرد گیاه، درصد و عملکرد اسانس و نیز میزان لینالول و متیل‌کاویکول به‌عنوان اجزاء غالب اسانس در شرایط تنش شوری گردید (Said-Al Ahl & Mahmoud, 2010). کاربرد سولفات روی به‌صورت خاکی و محلول‌پاشی باعث افزایش معنی‌دار رشد و عملکرد اسانس در گیاه شاه‌اسپرم شد. همچنین با کاربرد روی درصد کاروون به‌عنوان جزء غالب اسانس افزایش یافت (Derakhshani *et al*., 2011). در یک تحقیق دیگر کاربرد برگی ۵۰ میلی‌گرم در لیتر از عناصر روی، منگنز و ترکیب آنها باعث افزایش صفات رویشی، درصد اسانس بذر، عملکرد اسانس پیکر رویشی و بذر در گیاه زیره‌سبز شد. میزان کومین آلدئید به‌عنوان جزء غالب اسانس در پاسخ به محلول‌پاشی عناصر روی و منگنز در هر دو اسانس بذر و پیکر رویشی افزایش یافت (El-Sawi & Mohamed, 2002). محققان گزارش کردند در گیاه دارویی بادرنجبویه (*Melissa officinalis*) محلول‌پاشی آهن اثر مثبتی بر افزایش رزمارینیک اسید داشت (Posmyk *et al*., 2009). در این مطالعه گیاهان شاهد محتوای ترکیب‌های بتا-میرسن، کارواکرول و پارا-سیمن به‌عنوان یکی دیگر از اجزاء غالب اسانس طی محلول‌پاشی با آهن افزایش یافت. همچنین محلول‌پاشی با آهن باعث تولید برخی ترکیب‌ها در گیاهان شاهد شد. به‌عنوان مثال آهن ۱٪ باعث تولید ۸،۱-سینئول در ترکیب اسانس شد و آهن ۲٪ نیز باعث سنتز ۴-ترپینئول و تیمیل متیل اتر شد. همچنین استفاده از هر دو سطح آهن باعث تولید ترکیب کامفر شد. محلول‌پاشی با آهن ۲٪ در گیاه تحت کمبود باعث ایجاد ترکیب ترانس اتانول در اسانس گردید. در مطالعه‌ای روی گیاه گل‌گاوزبان باغی، عناصر ریزمغذی آهن، روی، مس و منگنز اثر قابل توجهی بر روی اسانس، کاروتنوئید، فلاونوئید، و فاکتورهای رشدی داشتند (Yadegari, 2013).

نتایج بیشتر تحقیقات انجام شده در ارتباط با تأثیر عناصر ریزمغذی آهن و روی بر محتوای اسانس گیاهان دارویی مختلف، حکایت از تأثیر مثبت این عناصر بر افزایش درصد اسانس داشته است. این مطالعه نیز اثر این عناصر را در گیاه آویشن هم در شاهد و هم در شرایط کمبود نیتروژن تأیید کرد. همچنین در این مطالعه کمبود نیتروژن باعث کاهش بازده اسانس گردید، در حالی‌که محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی به‌ویژه روی با افزایش درصد ترکیب‌های اصلی تشکیل‌دهنده اسانس آویشن مثل تیمول باعث افزایش بازده و کیفیت اسانس آویشن شد. کمبود نیتروژن که در اغلب خاک‌های ایران وجود دارد، باعث کاهش بازده اسانس می‌شود. اما در این مطالعه تحت محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی کیفیت اسانس در آویشن هم در گیاهان طبیعی و هم تحت کمبود نیتروژن افزایش یافت.

منابع مورد استفاده

- Abd El-Wahab Mohamed, A., 2008. Effect of some trace elements on growth, yield and chemical constituents of *Trachyspermum ammi* L. (Ajowan) plants under Sinai conditions. Research Journal of Agriculture and Biological Sciences, 4(6): 717-724.

- El-Tohamy, W.A., Khalid, A.K., El-Abagy, H.M. and Abou- Hussein, S.D., 2009. Essential oil, growth and yield of onion (*Allium Cepa* L.) in response to foliar application of some micronutrients. Australian Journal of Basic and Applied Sciences, 3: 201-205.
- El-Sawi, S.A. and Mohamed, M.A., 2002. Cumin herb as a new source of essential oils and its response to foliar spray with some micro-elements. Food Chemistry, 77(1):75-80.
- Erdal, I., Kepenek, K. and Kizilgos, I. 2004. Effect of foliar iron applications at different growth stages on iron and some nutrient concentrations in strawberry cultivars. Turkish Journal of Agricure and Forstry, 28: 421-427.
- Figueira, G.M., 2002. Mineral nutrition, production and artemisinin content in *Artemisia annua* L. Acta Horticulturae, 426: 573-578.
- Grejtovský, A., Markušová, K. and Eliašovám, A., 2006. The response of chamomile (*Matricaria chamomilla* L.) plants to soil zinc supply. Plant and Soil Environment, 52: 1-7.
- Hamrahi, S., Habibi, D., Madani, H. and Mashhadi Akbar Boojar, M., 2008. Effect of cycocel and micronutrients on antioxidants rates as indices of drought resistance of rapeseed. New Finding in Agriculture, 2(3): 316-329.
- Hoagland, D.R. and Arnon, D.I., 1950. The Water Culture Method for Growing Plant without Soil. University of California Berkley Press, College of Agriculture, Agricultural Experiment Station, 31p.
- Kalemba, D. and Kunicka, A., 2003. Antibacterial and antifungal properties of essential oils. Current Medicinal Chemistry, 10(10): 813-829.
- Kalidasu, G., Sarada, C. and Reddy, T.Y., 2008. Efficacy of biofertilizers on the performance of rainfed coriander (*Coriandrum sativum*) in vertisols. Journal of Spices and Aromatic Crops, 17(2): 98-102.
- Khalili Mahaleh, J., Jalili, J. and Roshdi, M., 2007. The effect of foliar application of micronutrients on quantitive and qualitative of grain corn. Agriculture Science, 13(2): 58-69.
- Khandan, A., Astaraee, A., Nasiri, M. and Fotovat, A., 2009. Effect of different levels of chemical and organic fertilizers on yield and yield component of fleawort. Iranian Agronomy Research Journal, 3(2): 245-253.
- Malakouti, M.J. and Bani Ghibi, M., 2000. Determining the critical level of effective nutrients in soil, plants and fruits in order to increase the quantitative and qualitative yield of strategic products of the country. Agricultural Education Publication, Karaj.
- Malekotti, M.J. and Keshavarz, P., 2005. Attitude towards Fertility of Iranian Soils. Sana Publications, Tehran.
- Maurya, K.R., 1990. Effect of micronutrients on yield and essential oil content of coriander (*Coriandrum sativum* L.). Indian Perfumer, 34(4): 263-265.
- Movahhedy-dehnavy, M., Modarres-Sanavy, S.A.M. and Mokhtassi-Bidgoli, A., 2009. Foliar application of zinc
- Akhtar, N., Abdul Matin Sarker, M., Akhter, H. and Katrun Nada, M., 2009. Effect of planting time and micronutrient as zinc chloride on the growth, yield and oil content of *Mentha piperita*. Journal of Soil Science, 44(1): 125-130.
- Alam, S. and Raza, S., 2004. Micronutrient fertilizer. Pakistan Journal of Biological Sciences, 4: 1446-1450.
- Alizadeh Sahzabi, A., Sharifi, A., Shoorabadi, A., Shirani Rad, A.H. and Abbaszadeh, B., 2007. Effect of different rates and methods of nitrogen application on quality and quantity characteristics of some savory herbs (*Satureja hortensis* L.). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research, 23(3): 416-431.
- Ameziane, R., Cassan, L., Duffosse, C., Ruffy, T.W. and Limami, A.M., 1997. Phosphate availability in combination with nitrate availability affects root yield and chicon yield and quality of Belgain endive (*Cicorium intybus*). Plant and Soil, 191: 269-277.
- Ayad, H.S., Reda, F. and Abdalla, M.S.A., 2010. Effect of putrescine and zinc on vegetative growth, photosynthetic pigments, lipid peroxideation and essential oil content of geranium (*Pelargonium graveolens* L.). World Journal of Agricultural Sciences, 6(5): 601-608.
- Bahrani, A., 2015. Effect of some micro and macro nutrients on seed yield and oil content of rapeseed (*Brassica napus* L.). International Journal of Chemical, Environmental and Biological, 3(1): 71-74.
- Bakr, E.M., 2005. A new software for measuring leaf area, and area damaged by *Tetranychus urticae* Koch. Journal of Applied Entomology, 129(3): 173-175.
- Baloch, Q.B., Chachar, Q.I. and Tareen, M.N., 2008. Effect of foliar application of macro and micro nutrients on production of green chilies (*Capsicum annuum* L.). Journal of Agricultural Technology, 4(2): 177-184.
- Barr, H.D. and Weatherly, P.E., 1962. A re-examination of the relative turgidity technique for estimating water deficit in leaves. Australian Journal of Biological Science, 15: 413-428.
- Darzi, M.T., Ghalavand, A. and Rejali, F., 2009. The effects of biofertilizeres application on N, P, K assimilation and seed yield in fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research, 25(1): 1-19.
- Derakhshani, Z., Hassani, A., Rasouli Sadaghiani, H., Hassanpouraghdam, M.B., Hosseini Khalifani, B. and Dalkani, M., 2011. Effect of zinc application on growth and some biochemical characteristics of costmary (*Chrysanthemum balsamita* L.). Communications in Soil Science and Plant Analysis, 42(20): 2493-2503.
- Ebrahimian, E. and Bybordi, A., 2001. Effect of iron foliar fertilization on growth, seed and oil yield of sunflower grown under different irrigation regimes. Middle-East Journal of Scientific Research, 9(5): 621-627.

composition of coriander (*Coriandrum sativum* L.) harvested at three stages of development. Jouranl of Medicinal Food Plants, 1(2): 30-46.
- Salardini, D. and Mojtahedi, M., 2005. Soil Fertility. Tehran University Press, 434p.
- Shabanzadeh, S.H., Ramroudi, M. and Galavi, M., 2012. Influence of micronutrients foliar application on seed yield and quality traits of black Cumin in different irrigation regimes. Journal of Crop Production and Processing, 1(2): 79-89.
- Tohidi Nejad, E., Korki, M., Mohamadinejad, G., Majidi, M.M. and Ahmadi-Afzadi, M., 2008. The effect of planting date and nitrogen levels on performance and essence of Matricaria (*Matricaria chamomilla*). Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources, 1(1): 15-24.
- Wissuwa, M., Ismail, A.M. and Graham, R.D. 2008. Rice grain zinc concentrations as affected by genotype native soil-zinc availability, and zinc fertilization. Plant and Soil, 306: 37-48.
- Yadegari, M. and Ghorbani, F., 2012. Effect of Fe and Zn micronutrients on secondary metabolits content and yield of thyme (*Thymus vulgaris* L.). Journal of Crop Production Research, 4(3): 265-277.
- Yadegari, M., 2012. Chemical composition, antioxidative and antibacterial activity of the essential oils of wild and cultivated *Thymus vulgaris* from Iran. Biosciences Biotechnology Research Asia, 9(1): 261-263.
- Yadegari, M., 2013. Foliar application of Fe, Cu, Mn and B on growth, yield, and essential oil yield of marigold (*Calendula officinalis*). Journal of Applied Science and Agriculture, 8(5): 559-567.
- Yadegari, M., 2014. Foliar application of micronutrients improves growth, yield, and essential oil yield of Thyme (*Thymus vulgaris* L.). Research on Crops, 15(4).
- Yassen, A., Abou-El-Nour, E.A.A. and Shedeed, S., 2010. Response of wheat to foliar spray with urea and micronutrients. Journal of American Science, 6(9): 14-22.
- Zehtab-Salmasi, S., Heidari, F. and Alyari, H., 2008. Effect of microelements and plant density on biomass and essential oil production of peppermint (*Mentha peppermint* L.). Plant Sciences Research, 1: 24-26.
- Zeidan, M.S., Mohamed, F. and Hamouda, A.H., 2010. Effect of foliar fertilization of Fe, Mn and Zn on Wheat yield and quality in low sandy soils fertility. World Journal of Agricultural Science, 6(6): 696-699.

and manganese improves seed yield and quality of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) grown under water deficit stress. Crops Products, 30: 82-92.
- Mozaffarian, V., 2013. Indentification of Medicinal and Aromatic Plants of Iran. Farhang Moaser, Tehran, 579p.
- Nasiri, Y., Zehtab-Salmasi, S., Nasrullah Zadeh, S. and Ghassemi Gholezani, K., 2010. Effect of iron and zinc spraying on morphological traits and German chamomile flower yield. 11th Congress of Agriculture and Plant Breeding, Iran, 24-26 July: 199.
- Navarrete, P., Toledo, I., Mardones, P., Opazo, R., Espejo, R. and Romero, J., 2010. Effect of *Thymus vulgaris* essential oil on intestinal bacterial microbiota of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum) and bacterial isolates. Aquaculture Research, 41: 667-668.
- Omidbaigi, R. and Arjmandi, A., 2002. Effects of NP supply on growth, development, yield and active substances of garden thyme (*Thmus vulgaris* L.). Acta Horticulture, 576: 263-265.
- Posmyk, M.M., Kontek, R. and Janas, K.M., 2009. Antioxidant enzymes activity and phenolic compounds content in red cabbage seedlings exposed to copper stress. Ecotoxicology and Environmental Safety, 72(2): 596-602.
- Ram, M., Singh, R. and Sangwan, R.S., 2000. Foliar applications of phosphate increase the yield of essential oil in menthol mint (*Mentha arvensis*). Australian Journal of Experimental Agriculture, 43(10): 1263-1268.
- Ramroudi, M., Keikha Jaleh, M., Galavi, M., Seghatoleslami, M.J. and Baradran, R., 2011. The effect of various micronutrient foliar applications and irrigation regimes on quantitative and qualitative yields of isabgol (*Plantago ovata* Forsk.). Journal of Agroecology, 3(3): 277-289.
- Said-Al Ahl, H.A.H. and Mahmoud, A., 2009. Effect of spraying with zinc and/or iron on growth and chemical composition of coriander (*Coriandrum sativum* L.) harvested at three stages of development. Journal of Medicinal Food, 3(1): 97-111.
- Said-Al Ahl, H.A.H. and Mahmoud, A.A., 2010. Effect of zinc and/or iron foliar application on growth and essential oil of sweet basil (*Ocimum basilicum* L.) under salt stress. Ozean Journal of Applied Science, 3(1): 97-111.
- Said-Al Ahl, H.A.H. and Omer, E.A., 2009. Effect of spraying with zinc and/or iron on growth and chemical

Effects of iron and zinc foliar spray on growth factors and essential oil constituents of *Thymus vulgaris* L. under nitrogen deficiency

Z. Asle Mohammadi[1], N. Mohammadkhani[2*] and M. Servati[3]

1- M.Sc. student of Medicinal Plants, Shahid Bakeri High Education Center of Miandoab, Urmia University, Urmia, Iran
2*- Corresponding author, Shahid Bakeri High Education Center of Miandoab, Urmia University, Urmia, Iran
E-mail: n.mohammadkhani@urmia.ac.ir
3- Shahid Bakeri High Education Center of Miandoab, Urmia University, Urmia, Iran

Received: April 2019 Revised: December 2019 Accepted: February 2020

Abstract

The deficiency of nutrients such as nitrogen disrupts growth and changes the quantity and quality of essential oil. Foliar application of micronutrients improves plant growth. Therefore, due to this issue and its importance, the present study aimed to evaluate the effects of iron and zinc foliar spray on growth factors, percentage and essential oil components of thyme (*Thymus vulgaris* L.) under soil nitrogen deficiency. This study was conducted as a factorial experiment in a completely randomized design with three replications. Experimental treatments consisted of nitrogen levels (control and deficiency) and iron and zinc foliar spray (1% and 2%). The results showed that the essential oil yield of thyme decreased under nitrogen deficiency; however, the foliar application of micronutrients, especially zinc, significantly increased the essential oil yield. Also, thymol, γ-terpinene and *p*-cymene formed the most components of the essential oil. Thymol content increased in control plants (full strength Hoagland) with foliar spray and its highest amount (54.4%) was obtained with foliar spray at zinc-2%. The *p*-cymene content increased from 17% at nitrogen control level to 24.6% under nitrogen deficiency. In control plants (full strength Hoagland), foliar spray increased shoot length, and iron-2% increased shoot dry weight. The foliar application of micronutrients caused changes in the content of essential oil compounds and the synthesis of some new compounds such as 1,8-cineole in the essential oil. The foliar application also improved some growth factors such as shoot length and dry weight in the control plants.

Keywords: *Thymus vulgaris* L., essential oil, spraying, thymol, micronutrient, nitrogen deficiency.