

تأثیر محلول پاشی عناصر آهن و روی بر فاکتورهای رشدی و اجزای تشکیل دهنده 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 از جمله نیتروژن سبب اختلال در رشد و تغییر کمیت و کیفیت اسانس می‌شود. محلول پاشی با ریزمغذی‌ها رشد گیاهان را بهبود می‌بخشد. از این رو با توجه به این مسئله و اهمیت آن، در این مطالعه به بررسی تأثیرات محلول پاشی با دو عنصر آهن و روی بر فاکتورهای رشدی، درصد و اجزاء تشکیل دهنده اسانس گیاه آویشن باغی (*Thymus vulgaris* L.) در شرایط کمبود نیتروژن در خاک پرداخته شده است. این پژوهش به صورت آزمایش فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار انجام شد. تیمارهای آزمایش شامل سطوح نیتروژن (شاهد و کمبود) و محلول پاشی آهن و روی (۱٪ و ۲٪) بود. نتایج نشان داد که بازده اسانس آویشن تحت کمبود نیتروژن کاهش یافت، اما محلول پاشی عناصر ریزمغذی به ویژه روی به طور معنی داری بازده اسانس را افزایش داد. همچنین بیشترین اجزاء تشکیل دهنده اسانس سه ترکیب تیمول، گاما-تریپنین و پارا-سیمن بود. محتوای تیمول در گیاهان شاهد (هوگلند کامل) با محلول پاشی افزایش یافت و بیشترین مقدار با محلول پاشی 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) محلول پاشی باعث افزایش طول اندام هوایی و آهن ۲٪ موجب افزایش وزن خشک اندام هوایی شد. محلول پاشی عناصر ریزمغذی سبب تغییراتی در مقدار ترکیب‌های اسانس و نیز تغییراتی در اجزاء تشکیل دهنده آن و حضور برخی ترکیب‌های جدید مانند ۸،۱-سینئول در اسانس گردید. همچنین محلول پاشی 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 برگ، 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 ضد میکروبی 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 هیدروژنی 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 به دلیل بالا بودن pH، وجود آهک فراوان، کمبود مواد آلی و بعضاً مدیریت نامناسب تغذیه محصولات، کمبود عناصر بسیار شایع است. به علاوه پایین بودن کارایی جذب عناصر غذایی در مناطق خشک و نیمه‌خشک نیز از عوامل مهم کاهش کیفیت محصولات کشاورزی است. در چنین شرایطی مصرف خاکی عناصر غذایی به دلیل کارایی کم نمی‌تواند پاسخگوی نیازهای

غذایی گیاه باشد، از این رو محلول پاشی عناصر به دلیل برطرف کردن سریع کمبود، آسان‌تر بودن آن، کاهش سمیت 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 کمی 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 محلول پاشی 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 محلول پاشی 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 محلول پاشی به گیاه داده می‌شوند، عملکرد گیاه را به‌طور معنی‌داری افزایش می‌دهند و این امر اقتصادی بودن روش محلول پاشی را توجیه می‌کند (Wissuwa et al., 2008). از آنجایی که اثر مفید محلول پاشی انواع عناصر غذایی پرمصرف و کم مصرف در بسیاری از موارد اعم از گیاهان باغی و زراعی به اثبات رسیده است، بنابراین محلول پاشی 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).

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 25°C - ۱۸ 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 نترات پتاسیم، نترات 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 ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) و سولفات روی ($\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) 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

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 کمیت و کیفیت بالا می‌باشد، از این‌رو شناخت عوامل مؤثر بر رشد و عملکرد کمی 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

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 محلول پاشی برگی در غلظت‌های ذکر شده نمی‌تواند مقدار عناصر در خاک را به حد سمیت برساند و در گیاهان نیز علائم سمیت 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 کامل			هوگلند بدون نیتروژن		
ترکیب	غلظت ذخیره gl ⁻¹	حجم محلول ذخیره در هر لیتر محلول نهایی ml	ترکیب	غلظت ذخیره gl ⁻¹	حجم محلول ذخیره در هر لیتر محلول نهایی ml
عناصر اصلی			عناصر اصلی		
KNO ₃	۱۱۰/۱۰	۶/۰	-	-	-
Ca(NO ₃) ₂ , 4H ₂ O	۲۳۶/۱۶	۴/۰	Ca(SO ₄) ₂	۱۴۵/۱۵	۴/۰
NH ₄ H ₂ PO ₄	۱۱۵/۰۸	۲/۰	KH ₂ PO ₄	۱۳۶/۰۹	۲/۰
MgSO ₄ , 7H ₂ O	۲۴۶/۴۸	۱/۰	MgSO ₄ , 7H ₂ O	۲۴۶/۴۸	۱/۰
Micronutrients			Micronutrients		
KCl	۱/۸۶۴		KCl	۱/۸۶۴	
H ₃ BO ₃	۰/۷۷۳		H ₃ BO ₃	۰/۷۷۳	
MnSO ₄ ·TH ₂ O	۰/۱۶۹	۲/۰	MnSO ₄ ·TH ₂ O	۰/۱۶۹	۲/۰
ZnSO ₄ , 7H ₂ O	۰/۲۸۸		ZnSO ₄ , 7H ₂ O	۰/۲۸۸	
CuSO ₄ , 5H ₂ O	۰/۰۶۲		CuSO ₄ , 5H ₂ O	۰/۰۶۲	
H ₂ MoO ₄ (%85 MoO ₃)	۰/۰۴۰		H ₂ MoO ₄ (%85 MoO ₃)	۰/۰۴۰	
NaFeDTPA(%10Fe)	۳۰/۰	۰/۳-۱/۰	NaFeDTPA(%10Fe)	۳۰/۰	۰/۳-۱/۰
NiSO ₄ .6H ₂ O	۰/۰۶۶	۲/۰	NiSO ₄ .6H ₂ O	۰/۰۶۶	۲/۰
Na ₂ SiO ₃ .9H ₂ O	۲۸۴/۲۰	۱/۰	Na ₂ SiO ₃ .9H ₂ O	۲۸۴/۲۰	۱/۰

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

سطوح محلول پاشی 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 به وسیله 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).

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 به وسیله 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

اسانس شناسایی شدند. تجزیه و تحلیل 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.

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

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).

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 (TRACE; model GC TRACE) انجام شد.

جدول ۲- مشخصات خاک اولیه

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

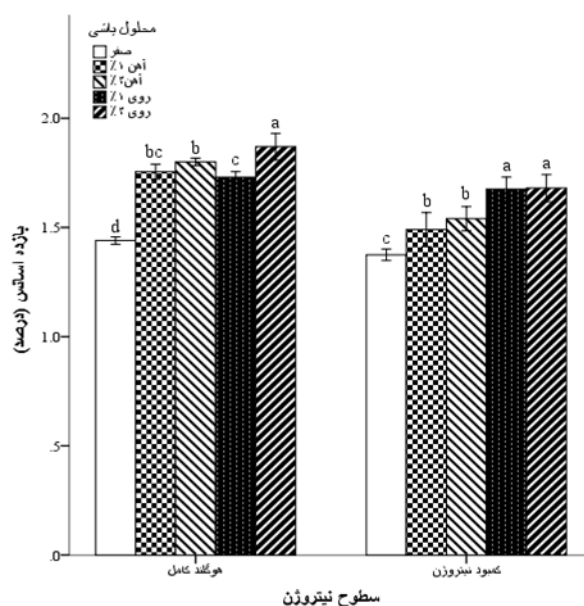
جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس مربوط به صفات اندازه‌گیری شده تحت کمبود نیترژن و محلول‌پاشی با آهن و روی

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

ns, * و **: به ترتیب بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار و معنی‌داری در سطح ۵٪ و ۱٪ می‌باشد.

هوگلند کامل و هم تحت کمبود نیتروژن افزایش داد. گیاهان محلول پاشی 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، بورنتول، لینالول، لیمونن، پارا-سیمن، کارواکرول، تیمول، ترانس-کاریوفیلین و آلفا-تریپنتول ترکیب‌های مشترک بین همه تیمارها بودند. محتوای ترکیب‌های آلفا-توجن، آلفا-پینن، کامفن، میرسن، بورنتول، لینالول، لیمونن، گاما-تریپنن و آلفا-تریپنن در تیمار کمبود نیتروژن و محلول پاشی شده با آب مقطر نسبت به گیاه شاهد (هوگلند کامل) و محلول پاشی شده با آب مقطر کاهش یافت.

در گیاهان شاهد بدون کمبود نیتروژن که با محلول هوگلند آبیاری شدند، محلول پاشی 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. محلول پاشی همچنین محتوای نسبی آب برگ را در تیمار بدون کمبود افزایش داد، ولی اختلاف بین عناصر محلول پاشی شده معنی‌دار نبود. کمبود نیتروژن طول ریشه و وزن خشک ریشه را در گیاه شاهد افزایش داد. محلول پاشی آهن باعث افزایش محتوای نسبی آب برگ در تیمار کمبود شد، بیشترین تأثیر مربوط به آهن ۲٪ بود (جدول ۴). شکل ۱ اثر محلول پاشی آهن و روی را بر بازده اسانس آویشن در شرایط کمبود نیتروژن نشان می‌دهد. کمبود نیتروژن بازده اسانس را در گیاهان بدون محلول پاشی کاهش داد، اما محلول پاشی ریزمغذی‌ها به‌طور معنی‌داری ($P < 0.05$) بازده اسانس را هم در گیاهان آبیاری شده با



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

حروف غیر مشابه در بالای ستون‌ها نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار بین سطوح محلول پاشی در سطح احتمال ۵٪ طبق آنالیز دانکن است.

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

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

حروف غیرمشابه در بالای اعداد نشان دهنده وجود اختلاف معنی دار بین سطوح محلول پاشی در سطح احتمال ۵٪ طبق آنالیز دانکن است.

هوگلند کامل

کمبود نیتروژن

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

شماره	نام ترکیب	RI	هو گلند 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	۱/۱	۰/۹	۰/۹	۰/۸	۰/۹
۲	α -pinene	۹۳۴	۰/۹	۰/۹	۰/۸	۰/۸	۰/۷	۰/۸	۰/۸	۰/۶	۰/۸	۰/۸
۳	camphene	۹۴۹	۰/۷	۰/۸	۰/۷	۰/۶	۰/۵	۰/۳	۰/۷	۰/۵	۰/۷	۰/۸
۴	1-octen-3-ol	۹۷۵	۰/۹	۰/۵	۰/۷	۱/۰	۰/۳	۰/۷	۰/۷	۰/۷	۰/۷	۰/۷
۵	β -myrcene	۹۹۰	۰/۳	۱/۰	۰/۷	۱/۰	۰/۹	۰/۷	۰/۹	۰/۸	۰/۷	۰/۸
۶	α -terpinene	۱۰۱۷	۲/۷	۲/۲	۱/۴	۲/۲	۲/۰	۱/۷	۲/۰	۱/۹	۱/۳	۱/۶
۷	p -cymene	۱۰۲۵	۱۷/۰	۱۹/۷	۲۹/۹	۱۸/۲	۱۷/۲	۱۷/۲	۲۴/۶	۱۷/۸	۲۲/۷	۱۹/۷
۸	limonene	۱۰۳۰	۰/۶	۰/۴	۰/۵	۰/۴	۰/۳	۰/۴	۰/۴	۰/۴	۰/۵	۰/۴
۹	1,8-Cineole	۱۰۳۲	-	۰/۴	-	۰/۳	۰/۴	۰/۴	-	۰/۳	۰/۷	۰/۷
۱۰	γ -terpinene	۱۰۶۰	۱۸/۲	۱۷/۴	۸/۷	۱۵/۵	۱۳/۲	۱۵/۲	۱۵/۲	۱۵/۱	۷/۸	۱۱/۲
۱۱	cis-sabinene hydrate	۱۰۶۸	۰/۶	۰/۵	۱/۱	۰/۶	۰/۵	۰/۸	۰/۸	۰/۹	۰/۸	۰/۸
۱۲	linalool	۱۰۹۹	۲/۸	۱/۴	۲/۴	۱/۶	۲/۲	۲/۳	۲/۳	۲/۲	۲/۱	۲/۲

ادامه جدول ۵- ...

شماره	نام ترکیب	RI	هوگلدن 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	۰/۲	-	۰/۵	۰/۳
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

محلول پاشی با آب مقطر و آهن ۱٪ وجود نداشت ولی آهن ۲٪ باعث سنتز آن به میزان ۷۰٪ شد (جدول ۳).

بحث

نیترژن یکی از مهمترین فاکتورهای تعیین کننده رشد گیاه است. این عنصر با تأثیر بر رشد رویشی و زایشی گیاهان دارویی باعث تغییراتی در عملکرد آنها می شود. علاوه بر عملکرد، این عنصر کمیت و کیفیت مواد مؤثره گیاهان دارویی را تحت تأثیر قرار می دهد (Ram et al., 2000).

در این مطالعه تیمار کمبود نیترژن وزن خشک ریشه و اندام هوایی را کاهش داد و محلول پاشی 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 نیترژن بیشترین اثر را روی نسبت وزن خشک ریشه به اندام هوایی داشت. Tohidi و Nejad و همکاران (۲۰۰۸) در مورد تأثیر نیترژن بر درصد اسانس نشان دادند که کود نیترژن بر درصد اسانس بابونه تأثیر معنی داری دارد و سبب افزایش آن می شود.

عنصر آهن باعث افزایش میزان تولید کلروفیل و نمو کلروپلاست و به تبع آن افزایش میزان فتوسنتز و تولید کربوهیدرات می شود، در نتیجه بالا رفتن میزان مواد فتوسنتزی شرایط بهتری را برای رشد و نمو گیاه فراهم می کند (Yassen et al., 2010). تحقیقات انجام شده روی ریحان نیز نشان داده اند گیاهانی که با آهن محلول پاشی شده بودند وزن خشک و تر بیشتری داشتند (Said-Al Ahl & Mahmoud, 2009). تیمار محلول پاشی با عناصر کم مصرف روی و آهن باعث افزایش معنی دار وزن تر و خشک، سطح برگ گیاه، درصد اسانس بوته و برگ گیاه دارویی نعنای فلفلی شد (Zehtab-Salmasi et al., 2008). Ramroudi و همکاران (۲۰۱۱) بیان نمودند که کاربرد محلول پاشی عناصر ریزمغذی می تواند نقش مفیدی بر بهبود خصوصیات کمی و کیفی گیاهان از جمله اسفرزه (*Plantago ovata* Forsk) ایفاء نماید.

گاما-تریپنین در تیمار شاهد ۱۸/۲٪ بود، ولی در تیمار کمبود به ۱۵/۲٪ کاهش یافت. همچنین محتوای بورنتول از ۱/۵٪ در گیاه شاهد به ۰/۹٪ در تیمار کمبود کاهش یافت. ولی ترانس-کاریوفیلین، پارا-سیمن، کارواکرول و تیمول در گیاه تحت کمبود نسبت به گیاه شاهد افزایش یافت. به عنوان 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-تریپنین به ترتیب بیشترین ترکیب اسانس را تشکیل دادند.

محتوای تیمول هم در گیاهان شاهد (هوگلند کامل) و هم در گیاهان تحت کمبود نیترژن با محلول پاشی افزایش یافت، میزان افزایش در گیاهان شاهد بیشتر بود و بیشترین مقدار را محلول پاشی روی ۲٪ به میزان ۵۴/۴٪ به خود اختصاص داد. محتوای پارا-سیمن در گیاهان شاهد با محلول پاشی افزایش یافت و اعمال کمبود نیترژن نیز باعث افزایش چشمگیری در مقدار آن گردید، اما در تیمار کمبود محلول پاشی باعث کاهش آن شد. ۸۰،۱-سینئول در شاهد و کمبود وجود نداشت، اما محلول پاشی 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-تریپینئول در گیاه شاهد حضور نداشته ولی محلول پاشی و اعمال کمبود نیترژن باعث تولید این ترکیب ها شد. کارواکرول به طور کلی تحت محلول پاشی افزایش یافت.

در گیاهان تحت کمبود محلول پاشی با هر دو سطح آهن باعث افزایش آلفا-پینین، کامفن، کارواکرول و بورنتول نسبت به محلول پاشی با آب مقطر شد. محتوای ترکیب ۴-تریپینئول 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 محلول پاشی 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 ۸۰،۱-سینئول در

گرفته است (Zehtab-Salmasi *et al.*, 2008). Akhtar و همکاران (۲۰۰۹) نشان دادند که محلول پاشی 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 کم مصرف به میزان قابل توجهی سبب افزایش اسانس مرزه یک ساله شد (Alizadeh Sahzabi *et al.*, 2007).

در این مطالعه نیز محلول پاشی 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 ترکیب های اسانس نیز مقدار تیمول به عنوان ترکیب غالب اسانس تحت تأثیر محلول پاشی با ریزمغذی ها بجز آهن ۲٪ در گیاهان آبیاری شده با هوگلند کامل، افزایش یافت. همچنین ۸،۱-سینئول در گیاه شاهد وجود نداشت، اما محلول پاشی 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 به نظر می رسد در دسترس قرار گرفتن بهتر عناصر ریزمغذی منجر به اثرگذاری بیشتر بر روی جذب سایر مواد غذایی و انحلال بیشتر املاح در جهت جذب می شود (Darzi *et al.*, 2009). در تأیید نتایج این مطالعه Maurya (۱۹۹۰) در مورد گشنیز تأثیر محلول پاشی عناصر ریزمغذی از جمله 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 می یابند. به طوری که عوامل تغذیه ای، عملکرد اسانس و تیمول را افزایش می دهند (Omidbaigi & Arjmandi, 2002).

محلول پاشی گشنیز با روی و آهن در مراحل رشد رویشی، گلدهی و تشکیل میوه سبب افزایش معنی دار 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، بورئول و همچنین تیمول به عنوان جزء غالب اسانس با محلول پاشی روی تحت شرایط کمبود نیتروژن

این نتایج در مورد اثر محلول پاشی بر سطح برگ آویشن معنی دار نبود، در حالی که اثر محلول پاشی بر محتوای آب نسبی در سطح ۵٪ معنی دار بود و محلول پاشی 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 محلول پاشی 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. محلول پاشی سولفات روی باعث افزایش شاخص سطح برگ در گیاه سرخارگل شد، به طوری که بیشترین شاخص سطح برگ مربوط به محلول پاشی سولفات روی با ۳/۳۲ و کمترین شاخص سطح برگ با ۲/۸۵ به عدم محلول پاشی مربوط بود.

بیشترین پارامترهای رشدی و عملکرد در محلول پاشی 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 میکروالمنت ها روی وزن خشک ترخون تأثیر گذاشته است. در این آزمایش مشخص شده است که میکروالمنت ها بیشتر روی کیفیت اسانس و میزان مواد مؤثره تأثیر گذاشته است که این آزمایش نیز این مطلب را تأیید می کند.

پژوهش های Grejtovský و همکاران (۲۰۰۶) روی بابونه نشان داد که کاربرد روی (۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی گرم بر کیلوگرم) تا میزان ۵۰ میلی گرم بر کیلوگرم باعث افزایش رشد و عملکرد اسانس و نیز تغییرات مثبت در اجزاء اسانس می شود، اما در مقادیر بیشتر روی، این روند معکوس می گردد. Nasiri و همکاران (۲۰۱۰) با مطالعه بر روی بابونه آلمانی، گزارش نمودند که محلول پاشی 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

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-تریپینول 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.

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 دی‌آمونیم فسفات و سولفات روی در نعنای فلفلی باعث افزایش بیوسنتز منتول به اندازه ۱۸/۷-۱۵/۶ 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 به ترتیب 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 ذکر شده 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 متیل‌کاوپیکول 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 شاه‌اسپریم شد. همچنین با کاربرد روی درصد کارون 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

- 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 Horticulturæ, 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.
- Kalembe, 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 quantitative 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 peroxidation 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 annum* 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 biofertilizers 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. Journal 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 metabolites 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. Identification 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 (*Thymus 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 Mohammadi¹, N. Mohammadkhani^{2*} and M. Servati³

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.