

## پاسخ‌های مورفوفیزیولوژیکی و فیتوشیمیایی شوید (*Anethum graveolens* L.) به محلول پاشی سولفات آهن و سولفات روی

هما میرانصاری<sup>۱</sup>، علی مهرآفرین<sup>۲</sup>، حسنعلی نقدی‌بادی<sup>۲\*</sup>

۱- دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد گیاهان دارویی، گروه باغبانی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه آزاد اسلامی، کرج، ایران  
۲- مرکز تحقیقات گیاهان دارویی، پژوهشکده گیاهان دارویی جهاددانشگاهی، کرج، ایران  
\*آدرس مکاتبه: مرکز تحقیقات گیاهان دارویی، پژوهشکده گیاهان دارویی جهاد دانشگاهی، کرج، صندوق پستی: ۱۳۶۹ - ۳۱۳۷۵، تلفن: ۱۹ - ۳۴۷۶۴۰۱۰ (۰۲۶)، نمابر: ۳۴۷۶۴۰۲۱ (۰۲۶)  
پست الکترونیک: Naghdibadi@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۹۳/۸/۲۸

تاریخ تصویب: ۹۳/۱۱/۲۰

### چکیده

مقدمه: محلول پاشی یا تغذیه برگ‌های عناصر ضروری یکی از راه‌های مؤثر در تأمین نیازهای غذایی گیاهان و افزایش عملکرد کمی و کیفی محصولات به ویژه در خاک‌های آهکی می‌باشد.

هدف: ارزیابی تغییرات مورفوفیزیولوژیکی و فیتوشیمیایی گیاه دارویی شوید تحت تأثیر محلول پاشی سطوح متفاوت سولفات آهن و روی در شرایط مزرعه‌ای بود.

روش بررسی: این تحقیق در مزرعه تحقیقاتی پژوهشکده گیاهان دارویی جهاد دانشگاهی به صورت آزمایشی فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار طی سال ۱۳۹۲ اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل ۴ سطح سولفات آهن (۰، ۱، ۱/۵ و ۲ گرم بر لیتر) و ۳ سطح سولفات روی (۰، ۱ و ۲ گرم بر لیتر) بودند.

نتایج: کاربرد سطوح مختلف سولفات آهن و روی تأثیر معنی‌داری ( $p \leq 0.01$ ) بر تعداد برگ، تعداد ساقه فرعی، تعداد گل آذین، تعداد چترک در چتر، تعداد دانه بوته، وزن خشک اندام هوایی، درصد و عملکرد اسانس و میزان آلفا فلاندرن داشت. همچنین سولفات آهن تأثیر معنی‌داری بر تمامی صفات مورد بررسی داشت در حالی که محلول پاشی سولفات روی فقط بر تعداد ساقه فرعی، وزن خشک اندام هوایی و میزان آلفا-فلاندرن در سطح آماری ۱ درصد و تعداد گل آذین، درصد و عملکرد اسانس در سطح آماری ۵ درصد تأثیر معنی‌داری داشت. بیشترین درصد اسانس در تیمار اثر متقابل سولفات آهن و سولفات روی ۲ گرم بر لیتر و بیشترین عملکرد اسانس در تیمار اثر متقابل سولفات آهن ۱/۵ گرم بر لیتر با سولفات روی ۱ گرم بر لیتر حاصل شد. نتیجه‌گیری: مصرف آهن و روی در کنار یکدیگر قادر به ایجاد شرایط مطلوب جهت افزایش عملکرد کمی و کیفی در گیاه شوید می‌شود.

گل‌واژگان: *Anethum graveolens* L.، اسانس، سولفات آهن، سولفات روی



## مقدمه

شویید با نام علمی *Anethum graveolens* L. از خانواده چتریان (Apiaceae) و تنها گونه زراعی از این جنس در ایران است [۱]. شویید گیاهی یکساله، علفی و معطر، دارای ساقه‌ای راست، توخالی و بدون کرک است. برگ‌های باریک و پرمانند دارای ۳ بریدگی عمیق است که به‌طور متناوب روی ساقه قرار گرفته‌اند [۲]. گل آذین به صورت چترهای ساده یا مرکب است که در انتهای ساقه‌های اصلی و فرعی قرار دارند [۳]. میوه فندقه به طول ۳ - ۴ میلی‌متر است [۴، ۵] که در زمان بلوغ به دو نیم شکافته شده و هر کدام به‌طور مجزا دارای یک بذر می‌باشند [۶]. قسمت مورد استفاده شویید، بذر و برگ‌های آن است و با وجود اینکه تمام پیکره رویشی نیز محتوی اسانس است اما مقدار آن در بذرهای کاملاً رسیده بیشتر از اندام رویشی می‌باشد [۷]. پنج ترکیب آلفا - فلاندرن، لیمونن، دیل اتر، کاروون و ترانس دی هیدروکاروون مجموعاً بیش از ۹۵ درصد اسانس شویید ایران را تشکیل می‌دهند [۸]. اما به‌طور کلی مهم‌ترین ترکیبات اسانس در پیکره رویشی گیاه د- کاروون و آلفا- فلاندرن است در حالی که مهم‌ترین ترکیبات اسانس حاصل از بذرهای کاملاً رسیده د- کاروون و لیمونن است [۹]. شویید به‌عنوان گیاهی ضداسپاسم، ضدنفخ، مقوی معده و مدر (به دلیل ترکیب آپیول) شناخته شده است و در صنایع دارویی به عنوان تقویت‌کننده معده، آرام‌کننده، هضم‌کننده غذا، ضدنفخ و ضدتشنج کاربرد دارد [۱۰].

شویید در طول رویش بخصوص در مرحله نمو گل‌ها و تولید میوه به هوای گرم، نور کافی و آب فراوان نیاز دارد. این گیاه به سرما حساس نیست و بذرهای درجه پایین قادر به رویش هستند. شویید را در هر نوع خاکی به جزء خاک‌های سبک و تهی از عناصر غذایی و خاک‌های سنگین رسی می‌توان کشت کرد [۷].

آهن یکی از عناصر مهم در واکنش‌های اکسایش و احیا در گیاهان است و جزء ساختمانی ترکیبات پروتئینی نظیر سیتوکروم‌ها و فردوکسین است که در فتوسنتز و تنفس میتوکندری‌ها نقش فعال دارند. آهن به عنوان کوفاکتور تقریباً ۱۴۰ آنزیم، واکنش‌های بیوشیمیایی خاصی را کاتالیز می‌کند

[۱۱]. همچنین آهن در سنتز کلروفیل نقش دارد و حدود ۳۱ درصد از آهن سلول با کلروپلاست در ارتباط است [۱۲]. عنصر روی در فعالیت آنزیم‌های دهیدروژناز، پروتئیناز، ساخت RNA و محتوای ریبوزومی در سلول‌های گیاهی و در تشکیل کربوهیدرات‌ها، ساختمان پروتئین‌ها و DNA نقش اساسی دارد [۱۳]. نقش روی در تقسیم سلولی و سنتز پروتئین از مدت‌ها پیش به‌خوبی شناخته شده است، به طوری که یک گروه جدید از مولکول‌های پروتئین وابسته به روی (روی متالوپروتئین) در تکثیر و رونویسی DNA و در نتیجه تنظیم و بیان ژن شناسایی شده است [۱۴]. روی در سنتز تریپتوفان که پیش ماده اکسین (ایندول استیک اسید) است، دخالت دارد [۱۵]. بنابراین، تأمین این عناصر غذایی می‌تواند موجب توازن عناصر غذایی در گیاه و در نهایت افزایش عملکرد کمی و کیفی محصول شود [۱۶].

محلول‌پاشی آهن از دو منبع مختلف سولفات آهن و Fe-EDTA موجب افزایش محتوای آهن و روی در برگ‌های توت‌فرنگی شد و این در حالی بود که تأثیر منبع سولفات آهن بر غلظت آهن در برگ‌ها بیشتر از منبع Fe-EDTA بود [۱۷]. گزارش شده است، محلول‌پاشی آهن و روی بر زعفران، موجب افزایش طول برگ، شاخص سطح برگ، وزن خشک کلاله، میزان کروستین، پیکروکروسین و سافرانال شد [۱۸]. همچنین در یک بررسی گزارش شد با محلول‌پاشی آهن عملکرد ماده خشک و تر و همچنین درصد اسانس نعنا فلفلی (*Mentha piperita* L.) در چین اول نسبت به شاهد افزایش یافت [۱۹]. راوی و همکاران (۲۰۰۸) نشان دادند، مصرف گوگرد همراه با آهن و روی اثرات معنی‌داری بر رشد، عملکرد و جذب عناصر غذایی در گلرنگ داشت و موجب افزایش ارتفاع بوته، تعداد برگ و انشعابات فرعی، ماده خشک و درصد روغن و پروتئین دانه شد [۲۰]. همچنین محلول‌پاشی سولفات آهن و روی موجب افزایش قابل توجه میزان رنگدانه‌های فتوسنتزی، پروتئین و فنل‌ها در گیاه سنا شد [۲۱]. زهتاب و همکاران (۲۰۱۲) بیان کردند محلول‌پاشی سولفات آهن و روی عملکرد دانه، تورم دانه و درصد موسیلاژ را در گیاه اسفرزه افزایش داد [۱۳].



طی سال ۱۳۹۲ اجرا شد (جدول شماره ۱). قبل از آماده‌سازی زمین از خاک مزرعه جهت تجزیه‌های فیزیکی و شیمیایی نمونه‌برداری شد (جدول شماره ۲). پس از آماده‌سازی زمین، کرت‌های آزمایشی با فواصل ۱ متر از یکدیگر ایجاد شدند و هر کرت دارای ۸ ردیف کاشت به طول ۳ متر و فاصله ۲۵ سانتی‌متر از یکدیگر بود. بذر شوید (MPISB-110) از بانک بذر گروه پژوهشی کشت و توسعه پژوهشکده گیاهان دارویی جهاد دانشگاهی تهیه شد. بوته‌ها در فواصل ۱۰ سانتی‌متری از یکدیگر روی ردیف‌های کاشت تنک شدند. مبارزه با علف‌های هرز در چند مرحله توسط وجین دستی و عملیات آبیاری بلافاصله پس از کشت صورت گرفت. تیمارهای آزمایش شامل ۴ سطح سولفات آهن (۰، ۱، ۱/۵ و ۲ گرم در لیتر) و ۳ سطح سولفات روی (۰، ۱ و ۲ گرم در لیتر) بودند. تیمارهای آزمایش در ۳ مرحله رشدی و با فواصل معین ۱۵ روز از یکدیگر (۲۰، ۳۵ و ۵۰ روز پس از کاشت) و در ساعات اولیه صبح روی بوته‌های شوید محلول‌پاشی شدند. نمونه‌گیری از کرت‌ها با در نظر گرفتن اثر حاشیه انجام شد. برداشت اول در مرحله گلدهی به منظور سنجش درصد عملکرد اسانس و برداشت دوم به منظور اندازه‌گیری پارامترهای مورفوفیزیولوژیکی بود. در این آزمایش ویژگی‌هایی از قبیل ارتفاع گیاه، تعداد برگ و گل‌آذین در هر بوته، تعداد ساقه فرعی در هر بوته، وزن خشک اندام هوایی، تعداد چترک در چتر، تعداد بذر در بوته، وزن هزار دانه، عملکرد بذر، درصد اسانس، عملکرد اسانس و درصد آلفا - فلاندرن مورد ارزیابی قرار گرفت.

بخش وسیعی از خاک‌های مناطق خشک و نیمه خشک ایران به دلیل آهکی بودن دچار کمبود عناصر ریزمغذی، بویژه روی و آهن هستند. همچنین در خاک‌هایی با pH قلیایی که مخصوص خاک‌های آهکی ایران می‌باشد کمبود روی و آهن بسیار گسترده است. محلول‌پاشی یا تغذیه برگ‌گی یکی از راه‌های مؤثر در تأمین عناصر کم‌مصرف مورد نیاز گیاهان است [۲۲]. تغذیه برگ‌گی، روشی جهت کاهش تثبیت کودهای شیمیایی در خاک و در نتیجه کاهش خطرات محیطی از جمله کاهش آلودگی خاک و آب است [۱۵]. همچنین تغذیه برگ‌گی در مواقعی که پدیده آنتاگونیستی برای انتقال برخی مواد از راه ریشه وجود دارد و یا افزودن موادی به خاک که موجودات زنده خاک را از بین می‌برد، اهمیت زیادی پیدا می‌کند [۲۳]. با این روش تغذیه می‌توان عناصر را در سریع‌ترین زمان در اختیار گیاه قرار داد و همچنین تغذیه برگ‌گی می‌تواند در رشد سبزیجات و افزایش عملکرد آنها نیز مؤثر باشد. هدف از انجام این پژوهش، بررسی تغییرات مورفوفیزیولوژیک و فیتوشیمیایی گیاه دارویی شوید تحت تأثیر محلول‌پاشی سطوح متفاوت سولفات آهن و روی در شرایط مزرعه‌ای بود.

## مواد و روش‌ها

این تحقیق جهت بررسی تأثیر محلول‌پاشی سطوح متفاوت سولفات آهن و روی بر ویژگی‌های مورفوفیزیولوژیک و فیتوشیمیایی گیاه دارویی شوید در مزرعه‌ی تحقیقاتی پژوهشکده گیاهان دارویی جهاد دانشگاهی به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار

جدول شماره ۱- مشخصات منطقه و خاک مزرعه در سال زراعی ۹۳-۹۲

طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	ارتفاع از سطح دریا (متر)	بافت خاک	شوری (ds/m)	اسیدیته (pH)	میانگین بارندگی (میلی‌متر)	میانگین سالیانه دما (سانتی‌گراد)
۵۰° ۵۶'	۳۵° ۳۶'	۱۴۲۶	لوم-سیلتی	۰/۹۵	۸/۲	۲۶۳	۱۳/۲۱



جدول شماره ۲- برخی خصوصیات فیزیکی شیمیایی خاک مزرعه (عمق ۳۰ - ۰ سانتی متری)

مقدار	واحد	خصوصیات
۰/۰۷۱	%	Total Nitrogen (TN)
۷۹	“	Sand
۸	“	Clay
۱۳	“	Silt
۰/۸۲	“	Organic Matters (OC)
۲/۷۱	dSm <sup>-1</sup>	Electrical Conductivity (EC)
۴۸/۹	mg Kg <sup>-1</sup>	Absorbal Phosphorus
۳۳/۶	“	Absorbal Potassium
۴/۸۱	“	Absorbal Iron(Fe); Available- Fe
۱۸۳۷۰	“	Total Iron (Fe)
۱۱/۲	“	Mn
۰/۶	“	Zn
۰/۷	“	Cu
۸/۲	“	pH
لومی- سیلت	“	Texture Classification

## تعیین میزان اسانس و آلفا - فلاندرن

به منظور تعیین میزان اسانس، مقدار ۵۰ گرم از اندام خشک شوید داخل بالن ۲ لیتری ریخته و سپس آب مقطر به میزان دو سوم حجم بالن اضافه شد. اسانس گیری به مدت ۳ تا ۴ ساعت با دستگاه کلونجر انجام شد. برای شناسایی و تعیین درصد آلفا - فلاندرن از دستگاه گازکروماتوگرافی با ستون BPX5 به طول ۳۰ متر، قطر داخلی ۰/۲۵ میلی متر و ضخامت لایه ۰/۲۵ استفاده شد. برنامه دمایی ستون شامل: دمای ابتدایی آون ۵۰ درجه سانتی گراد و توقف در این دما به مدت ۵ دقیقه، گرادیان حرارتی ۳ درجه سانتی گراد در هر دقیقه، افزایش دما تا ۲۴۰ درجه سانتی گراد و سپس با سرعت ۱۵ درجه در هر دقیقه، افزایش دما تا ۳۰۰ درجه سانتی گراد و ۳ دقیقه توقف در این دما و زمان پاسخ ۷۵ دقیقه بود. دمای اتافک تزریق ۲۹۰ درجه سانتی گراد بود و از گاز هلیوم به عنوان گاز حامل با سرعت جریان (فلو) ۰/۵ میلی لیتر در دقیقه استفاده شد [۲۴، ۲۵].

## محاسبات آماری

محاسبات آماری داده‌های حاصل از این آزمایش با استفاده از نرم افزار SAS انجام شد و مقایسه میانگین‌ها اثرات ساده بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن صورت گرفت و مقایسه میانگین اثرات متقابل با استفاده از آزمون Lsmeans انجام شد.

## نتایج

## ارتفاع گیاه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد سطوح مختلف سولفات آهن در سطح ۵ درصد تأثیر معنی داری بر ارتفاع گیاه داشتند (جدول شماره ۳). بیشترین ارتفاع گیاه در تیمار ۱ گرم در لیتر سولفات آهن و کمترین ارتفاع گیاه در تیمار ۲ گرم در لیتر سولفات آهن مشاهده شد (جدول شماره ۴).



## تعداد برگ بوته

لیتر سولفات آهن حاصل شد و این در حالی بود که بین تیمار شاهد و سطوح مختلف سولفات آهن تفاوت معنی داری مشاهده نشد (جدول شماره ۴). همچنین، در صورت استفاده از سولفات روی ۱ گرم در لیتر، بیشترین تعداد برگ با مصرف سولفات آهن ۱/۵ گرم بر لیتر حاصل شد (جدول شماره ۶).

سطوح مختلف سولفات آهن تأثیر معنی دار ( $P \leq 0.01$ ) بر تعداد برگ بوته داشت. همچنین، اثر متقابل سطوح متفاوت سولفات آهن و روی در سطح ۱ درصد تأثیر معنی داری بر تعداد برگ بوته داشتند (جدول شماره ۳). بیشترین و کمترین تعداد برگ در بوته به ترتیب در تیمارهای ۱/۵ و ۲ گرم در

جدول شماره ۳- تجزیه واریانس اثرات ساده و متقابل سطوح مختلف سولفات آهن و روی بر خصوصیات مورفیزیولوژیکی و اسانس شوید

میانگین مربعات							منابع تغییرات
تعداد چترک	وزن خشک	تعداد ساقه	تعداد گل آذین	تعداد برگ	ارتفاع بوته	درجه آزادی	
در چتر	اندام هوایی	فرعی	بوته	بوته			
۱۵/۲۵ **	۱۰۵۴۰ ns	۰/۰۰۰۰۲ ns	۰/۱۹ ns	۲/۲۱ ns	۲۰/۸۷ ns	۲	بلوک
۵/۹۶ **	۲۵۵۲۶ **	۰/۰۰۰۰۶ **	۹۴/۲ **	۹/۷۳ **	۴۲/۲۷ *	۳	سولفات آهن
۰/۷۳ ns	۳۳۳۰۸ **	۰/۰۰۰۰۷ **	۷۱/۴ *	۴/۵۱ ns	۱۱/۴۹ ns	۲	سولفات روی
۲/۶۲ **	۲۹۱۵۱ **	۰/۰۰۰۰۱ **	۱۰۶/۶ **	۱۰/۷۸ **	۹/۵۵ ns	۶	سولفات آهن × سولفات روی
۰/۶۸	۳۴۶۳/۶	۰/۰۰۰۰۰۳۴	۱۵/۴	۰/۶۱	۱۱/۵۹	۲۲	خطای آزمایشی
۳/۵	۱۸/۰۴	۲/۷۲	۴/۹۳	۴/۰۰۵	۶/۱۱		ضریب تغییرات (CV)

ns, \*, \*\*: به ترتیب غیر معنی دار بودن و معنی دار بودن در سطوح ۵ و ۱ درصد احتمال

## ادامه جدول شماره ۳-

میانگین مربعات							منابع تغییرات
آلفا - فلاندرن	عملکرد اسانس	میزان اسانس	عملکرد دانه	تعداد دانه	وزن هزار دانه	درجه آزادی	
۰/۰۰۰۰۰۰۴ ns	۰/۰۱۳ ns	۰/۰۰۹۶ ns	۶۹۹ **	۶۴۱۱ ns	۰/۰۰۱۹ ns	۲	بلوک
۵۷/۰۱ **	۰/۲۸۹ *	۰/۳۰۲ **	۵۱۶۶ **	۱۰۶۳۴۳ **	۰/۰۰۰۷ *	۳	سولفات آهن
۲۴/۱۲ **	۰/۳۲۹ *	۰/۱۵۷ *	۱۸۹۳ ns	۱۶۶۳۷ ns	۰/۰۰۴۵ ns	۲	سولفات روی
۱۶/۸۷ **	۱/۶۳ **	۰/۲۴۷ **	۱۴۵۳ ns	۷۴۶۶۴ **	۰/۰۰۱۲ ns	۶	سولفات آهن × سولفات روی
۴/۱۶	۰/۰۶۶	۰/۰۲۷	۶۶۳	۱۱۴۷۹	۰/۰۰۰۲	۲۲	خطای آزمایشی
۴/۷۹	۱۴/۳۵	۱۸/۷۴	۱۲/۶	۷/۱۵	۱۴/۹۶		ضریب تغییرات (CV)

ns, \*, \*\*: به ترتیب غیر معنی دار بودن و معنی دار بودن در سطوح ۵ و ۱ درصد احتمال



جدول شماره ۴- مقایسه میانگین اثر سطوح مختلف سولفات آهن بر برخی از خصوصیات گیاه شوید

صفات	ارتفاع بوته	قطر	تعداد گره	تعداد برگ	تعداد گل	تعداد شاخه	قطر ریشه	طول ریشه
	ساقه	ساقه	ساقه	در بوته	آذین در بوته	فرعی در بوته		
صفر	۵۴/۴ <sup>b</sup>	۲/۶۳ <sup>ab</sup>	۷/۱۵ <sup>a</sup>	۳۲/۹۶ <sup>ab</sup>	۸۶/۶۴ <sup>a</sup>	۴/۶۶ <sup>b</sup>	۱/۷۰ <sup>a</sup>	۶/۶۴ <sup>a</sup>
۱	۵۸/۳ <sup>a</sup>	۲/۷۲ <sup>a</sup>	۷/۲۸ <sup>a</sup>	۳۲/۹۵ <sup>ab</sup>	۸۳/۱۳ <sup>a</sup>	۴/۵۸۸ <sup>b</sup>	۱/۸۵ <sup>a</sup>	۵/۵۸ <sup>a</sup>
۱/۵	۵۶/۷ <sup>ab</sup>	۲/۷۵ <sup>a</sup>	۷/۲۸ <sup>a</sup>	۳۴/۳ <sup>a</sup>	۷۶/۲۱ <sup>b</sup>	۴/۹۰ <sup>a</sup>	۱/۶۹ <sup>a</sup>	۵/۹۴ <sup>a</sup>
۲	۵۳/۴ <sup>b</sup>	۲/۳۸ <sup>b</sup>	۷/۰۱ <sup>a</sup>	۳۲/۶۵ <sup>b</sup>	۷۷/۷۷ <sup>b</sup>	۴/۴۱ <sup>c</sup>	۱/۴۲ <sup>b</sup>	۶/۴۰ <sup>a</sup>

سولفات آهن (گرم بر لیتر)

جدول شماره ۶- مقایسه میانگین اثر متقابل سطوح مختلف سولفات آهن و سولفات روی بر برخی از صفات مورد بررسی

سولفات روی (گرم بر لیتر)	سولفات آهن (گرم بر لیتر)	تعداد برگ بوته	تعداد گل آذین بوته	تعداد ساقه فرعی بوته	وزن خشک اندام هوایی (گرم در متر مربع)	تعداد چترک در چتر	تعداد دانه بوته
۰	۰	۳۴/۳۶ <sup>b</sup>	۸۴/۵۲ <sup>b</sup>	۴/۸۸ <sup>b</sup>	۴۰۴/۱۳ <sup>bc</sup>	۲۳/۳۳ <sup>bcd</sup>	۱۵۷۲/۶ <sup>bc</sup>
۰	۱	۳۱/۶۸ <sup>d</sup>	۸۱/۶۲ <sup>bc</sup>	۴/۴۴ <sup>cd</sup>	۲۹۳/۷۳ <sup>def</sup>	۲۴/۳۳ <sup>b</sup>	۱۵۸۷/۷ <sup>bc</sup>
۰	۱/۵	۳۳/۶۲ <sup>bcd</sup>	۷۴/۴۳ <sup>de</sup>	۴/۶۶ <sup>bc</sup>	۳۱۸/۲۶ <sup>cde</sup>	۲۳/۳۳ <sup>bcd</sup>	۱۳۹۰/۲ <sup>d</sup>
۰	۲	۳۱/۴۱ <sup>d</sup>	۷۰/۰۵ <sup>e</sup>	۴/۲۶ <sup>d</sup>	۱۹۵/۶ <sup>f</sup>	۲۳/۹۹ <sup>bc</sup>	۱۳۴۴/۷۲ <sup>d</sup>
۱	۰	۳۲/۵۴ <sup>bcd</sup>	۸۰/۱۹ <sup>bcd</sup>	۴/۶۵ <sup>bc</sup>	۲۴۷/۷ <sup>ef</sup>	۲۲/۷۷ <sup>cde</sup>	۱۴۶۰/۷۵ <sup>bcd</sup>
۱	۱	۳۳/۰۲ <sup>bcd</sup>	۹۱/۸۹ <sup>a</sup>	۴/۴۴ <sup>cd</sup>	۵۱۱/۴ <sup>a</sup>	۲۵/۸۸ <sup>a</sup>	۱۹۰۱/۸۷ <sup>a</sup>
۱	۱/۵	۳۷/۴۶ <sup>a</sup>	۷۸/۷۶ <sup>bcd</sup>	۵/۷۷ <sup>a</sup>	۴۸۶/۹۳ <sup>ab</sup>	۲۲/۵۵ <sup>de</sup>	۱۴۱۸/۹۷ <sup>cd</sup>
۱	۲	۳۱/۴۷ <sup>d</sup>	۷۲/۷۸ <sup>bcd</sup>	۴/۵۵ <sup>c</sup>	۲۹۹/۸۶ <sup>de</sup>	۲۱/۸۸ <sup>e</sup>	۱۳۸۱/۸۹ <sup>d</sup>
۲	۰	۳۱/۹۹ <sup>cd</sup>	۸۰/۱۹ <sup>bcd</sup>	۴/۴۴ <sup>cd</sup>	۲۹۹/۸۶ <sup>de</sup>	۲۳/۲۲ <sup>bcd</sup>	۱۴۹۲/۱۵ <sup>bcd</sup>
۲	۱	۳۴/۱۴ <sup>bc</sup>	۷۵/۸۶ <sup>cde</sup>	۴/۸۸ <sup>b</sup>	۳۵۵/۱ <sup>cd</sup>	۲۳/۷۷ <sup>bcd</sup>	۱۴۴۳/۹۹ <sup>bcd</sup>
۲	۱/۵	۳۱/۵۲ <sup>d</sup>	۷۵/۴۲ <sup>cde</sup>	۴/۲۸ <sup>d</sup>	۲۲۰/۱۳ <sup>ef</sup>	۲۲/۶۶ <sup>cde</sup>	۱۳۶۶/۴۵ <sup>d</sup>
۲	۲	۳۲/۰۸ <sup>cd</sup>	۸۴/۵۲ <sup>b</sup>	۴/۴۳ <sup>cd</sup>	۲۸۱/۴۶ <sup>def</sup>	۲۳/۸۸ <sup>bcd</sup>	۱۶۱۴/۳۹ <sup>b</sup>

میانگین‌های دارای حداقل یک حروف مشترک در هر ستون مطابق آزمون Lsmeans در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌دار ندارند.

## تعداد گل آذین بوته

تعداد گل آذین بوته در سطح آماری ۱ درصد تحت تأثیر (p ≤ ۰/۰۱) محلول پاشی سطوح مختلف سولفات آهن قرار گرفت. کاربرد سطوح مختلف روی نیز تأثیر معنی‌داری بر تعداد گل آذین بوته داشت. همچنین تعداد گل آذین بوته نیز تحت تأثیر (p ≤ ۰/۰۱) اثر متقابل سطوح مختلف سولفات آهن و روی قرار گرفت (جدول شماره ۳). محلول پاشی سولفات روی در سطح ۱ گرم بر لیتر موجب افزایش تعداد

گل آذین بوته شد اما افزایش سطح سولفات روی موجب کاهش تعداد گل آذین بوته شد (جدول شماره ۶). تحت شرایط عدم محلول پاشی سولفات آهن، محلول پاشی سطوح مختلف سولفات آهن موجب کاهش تعداد گل آذین در بوته شد به طوری که بیشترین میزان آن در تیمار شاهد حاصل شد و کمترین تعداد گل آذین بوته در سطوح ۱/۵ و ۲ گرم بر لیتر سولفات آهن مشاهده شد. محلول پاشی سولفات روی ۱ گرم بر لیتر به همراه سولفات آهن ۱ گرم بر لیتر، تعداد گل آذین را افزایش



هوایی نسبت به تیمار شاهد در کل بیشترین وزن خشک اندام هوایی در تیمار ۱ گرم در لیتر سولفات آهن و ۱ گرم در لیتر سولفات روی حاصل شد و کمترین میزان آن در تیمار ۲ گرم در لیتر سولفات آهن برون مصرف سولفات روی مشاهده شد (جدول شماره ۶).

#### تعداد چترک در چتر اصلی

محلول‌پاشی سطوح مختلف سولفات آهن تأثیر معنی‌داری بر تعداد چترک در چتر اصلی داشت در حالی که سطوح مختلف سولفات روی تأثیر معنی‌داری بر تعداد چترک در چتر اصلی نداشت. همچنین تعداد چترک در چتر اصلی در احتمال ۱ درصد تحت تأثیر اثر متقابل سطوح مختلف سولفات آهن و روی قرار گرفت (جدول شماره ۳). سولفات آهن ۱ گرم در لیتر موجب افزایش تعداد چترک در چتر اصلی شد اما این میزان افزایش معنی‌دار نبود. محلول‌پاشی سولفات روی ۱ گرم بر لیتر با سولفات آهن ۱ گرم بر لیتر موجب افزایش تعداد چترک در چتر اصلی شد در حالی که محلول‌پاشی سولفات روی ۱ گرم بر لیتر با سایر سطوح سولفات آهن موجب کاهش میزان این صفت شد. محلول‌پاشی سولفات روی ۲ گرم بر لیتر با سایر سطوح سولفات آهن تأثیر معنی‌داری بر تعداد چترک در چتر اصلی نداشت (جدول شماره ۶).

#### وزن هزار دانه

تأثیر سطوح مختلف سولفات آهن بر وزن هزار دانه از لحاظ آماری معنی‌دار ( $p \leq 0/05$ ) بود در حالی که تأثیر سطوح مختلف سولفات روی و اثر متقابل سطوح مختلف سولفات آهن و روی معنی‌دار نشد (جدول شماره ۳). محلول‌پاشی سولفات آهن ۲ گرم موجب کاهش وزن هزار دانه نسبت به تیمار شاهد شد اما غلظت‌های پایین‌تر سولفات آهن تفاوت معنی‌داری با تیمار شاهد نداشتند (جدول شماره ۵).

داد اما استفاده سطوح بالاتر سولفات آهن با سولفات روی ۱ گرم بر لیتر تعداد گل‌آذین بوته را کاهش داد. همچنین در سطح سولفات روی ۲ گرم بر لیتر، بیشترین تعداد گل‌آذین بوته با مصرف سولفات آهن ۲ گرم بر لیتر حاصل شد (جدول شماره ۶).

#### تعداد ساقه‌های فرعی

سطوح مختلف سولفات آهن و روی تأثیر معنی‌داری ( $p \leq 0/01$ ) بر تعداد ساقه‌های فرعی بوته داشت. همچنین اثر متقابل سطوح مختلف سولفات آهن و روی بر تعداد ساقه‌های فرعی بوته نیز در سطح آماری ۱ درصد معنی‌دار شد (جدول شماره ۳). اثرات متقابل سطوح مختلف سولفات آهن و روی نشان داد، استفاده از سطوح متفاوت سولفات آهن یا سولفات روی به تنهایی موجب کاهش تعداد ساقه فرعی نسبت به تیمار شاهد شدند. استفاده از سولفات آهن ۱/۵ گرم بر لیتر به همراه سولفات روی ۱ گرم بر لیتر موجب افزایش تعداد ساقه فرعی نسبت به تیمار شاهد شد، اما محلول‌پاشی سایر سطوح سولفات آهن با سولفات روی ۱ گرم بر لیتر تعداد ساقه فرعی را کاهش داد. تعداد ساقه فرعی تحت تأثیر محلول‌پاشی سولفات روی ۲ گرم بر لیتر با سولفات آهن ۱ گرم بر لیتر تفاوت معنی‌داری با تیمار شاهد نداشت اما محلول‌پاشی سایر سطوح سولفات آهن با سولفات روی ۲ گرم بر لیتر تعداد ساقه فرعی بوته را کاهش داد (جدول شماره ۶).

#### وزن خشک اندام هوایی

تجزیه واریانس نشان داد، سطوح مختلف سولفات آهن و روی تأثیر معنی‌داری ( $p \leq 0/01$ ) بر وزن خشک اندام هوایی داشت. همچنین اثر متقابل سطوح مختلف سولفات آهن و روی نیز تأثیر معنی‌داری ( $p \leq 0/01$ ) بر این صفت داشت (جدول شماره ۳). محلول‌پاشی سطوح متفاوت سولفات آهن یا سولفات روی به تنهایی موجب کاهش وزن خشک اندام



جدول شماره ۵- مقایسه میانگین اثر سطوح مختلف سولفات آهن بر برخی از خصوصیات گیاه شوید

صفات			
ارتفاع بوته (سانتی متر)	وزن هزار دانه (گرم در مترمربع)	عملکرد دانه (گرم در مترمربع)	سولفات آهن (گرم بر لیتر)
۵۴/۴ <sup>b</sup>	۳/۶۷ <sup>a</sup>	۲۱۹/۸ <sup>a</sup>	صفر
۵۸/۲ <sup>a</sup>	۳/۴۲ <sup>ab</sup>	۲۲۴/۴ <sup>a</sup>	۱
۵۶/۷ <sup>ab</sup>	۳/۶۱ <sup>a</sup>	۲۰۰/۵ <sup>a</sup>	۱/۵
۵۳/۴ <sup>b</sup>	۲/۹۸ <sup>b</sup>	۱۷۱/۷ <sup>b</sup>	۲

میانگین‌های دارای حداقل یک حروف مشترک در هر ستون مطابق آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌دار ندارند.

### تعداد دانه در بوته

نتایج تجزیه واریانس نشان داد، تعداد دانه در بوته در سطح آماری ۱ درصد تحت تأثیر سطوح مختلف سولفات آهن قرار گرفت. همچنین اثر متقابل سطوح مختلف سولفات آهن و روی تأثیر معنی‌داری بر تعداد دانه در بوته داشت (جدول شماره ۳). بدون کاربرد سولفات روی، افزایش غلظت سولفات آهن به بیش از ۱ گرم در لیتر موجب کاهش تعداد دانه در بوته نسبت به شاهد شد. همچنین کاربرد سولفات روی ۱ گرم در لیتر با محلول‌پاشی سولفات آهن ۱ گرم در لیتر موجب افزایش ۲۱ درصدی تعداد دانه در بوته نسبت به تیمار شاهد شد در حالی که سایر غلظت‌های سولفات آهن به همراه سولفات روی ۱ گرم در لیتر موجب کاهش تعداد دانه در بوته نسبت به شاهد شد. محلول‌پاشی سولفات روی ۲ گرم در لیتر با سطوح مختلف سولفات آهن نسبت به تیمار شاهد تأثیر معنی‌داری بر تعداد دانه در بوته نداشت (جدول شماره ۶).

### عملکرد دانه در مترمربع

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که فقط سطوح مختلف سولفات آهن تأثیر معنی‌داری ( $p \leq 0.01$ ) بر عملکرد دانه داشتند (جدول شماره ۳). محلول‌پاشی سطوح مختلف سولفات آهن عملکرد دانه در مترمربع را کاهش داد به طوری که بیشترین و کمترین میزان آن به ترتیب در تیمار شاهد و سولفات آهن ۲ گرم بر لیتر مشاهده شد (جدول شماره ۵).

### میزان اسانس

سطوح مختلف سولفات آهن در سطح احتمال ۱ درصد و سطوح مختلف سولفات روی در سطح احتمال ۵ درصد تأثیر معنی‌داری بر میزان اسانس داشتند. همچنین اثر متقابل سطوح مختلف سولفات آهن و روی نیز تأثیر معنی‌داری ( $p \leq 0.01$ ) بر درصد اسانس داشت (جدول شماره ۳). بدون کاربرد سولفات روی، درصد اسانس تنها در سطح سولفات آهن ۱/۵ گرم بر لیتر کاهش یافت و در سایر سطوح تفاوت معنی‌داری با تیمار شاهد نداشت. محلول‌پاشی سولفات روی ۱ گرم بر لیتر به تنهایی و یا به همراه سولفات آهن ۱ گرم بر لیتر میزان اسانس را کاهش داد اما در صورت کاربرد سولفات روی ۱ گرم بر لیتر به همراه سولفات آهن ۱/۵ و ۲ گرم بر لیتر، نسبت به تیمار شاهد تفاوت معنی‌داری در میزان اسانس مشاهده نشد. محلول‌پاشی سولفات روی ۲ گرم بر لیتر به همراه سولفات آهن ۲ گرم بر لیتر درصد اسانس را نسبت به تیمار شاهد افزایش داد (نمودار شماره ۱).

### عملکرد اسانس

سطوح مختلف سولفات آهن و روی در سطح ۵ درصد احتمال و اثر متقابل سولفات آهن و روی در سطح ۱ درصد احتمال تأثیر معنی‌داری بر عملکرد اسانس داشت (جدول شماره ۳). بدون مصرف سولفات روی، سطوح مختلف سولفات آهن عملکرد اسانس را کاهش دادند اما در سطح



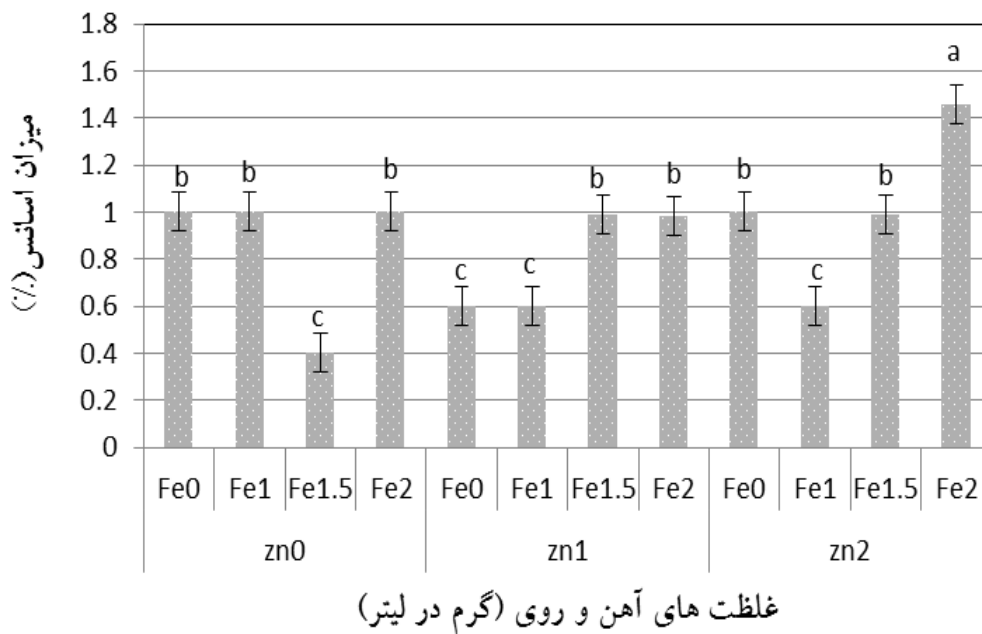


اما سایر سطوح سولفات آهن تفاوت معنی‌داری با تیمار شاهد نداشت. سولفات روی ۱ گرم بر لیتر میزان آلفا - فلاندرن را در مقایسه با تیمار شاهد کاهش داد اما تفاوت معنی‌داری میان تیمار شاهد و سولفات روی ۲ گرم بر لیتر مشاهده نشد. در کل، بیشترین مقدار آلفا - فلاندرن در سطح ۱/۵ گرم بر لیتر سولفات آهن بدون مصرف سولفات روی حاصل شد و کمترین میزان آن در سطح سولفات آهن ۱ گرم بر لیتر و بدون مصرف سولفات روی و محلول‌پاشی سولفات روی ۱ گرم بر لیتر حاصل شد (نمودار شماره ۳).

سولفات روی ۱ گرم بر لیتر بیشترین درصد اسانس در سطح سولفات آهن ۱/۵ گرم بر لیتر مشاهده شد. همچنین در سطح سولفات روی ۲ گرم بر لیتر بیشترین میزان اسانس در سطح سولفات آهن ۲ گرم در لیتر حاصل شد (نمودار شماره ۲).

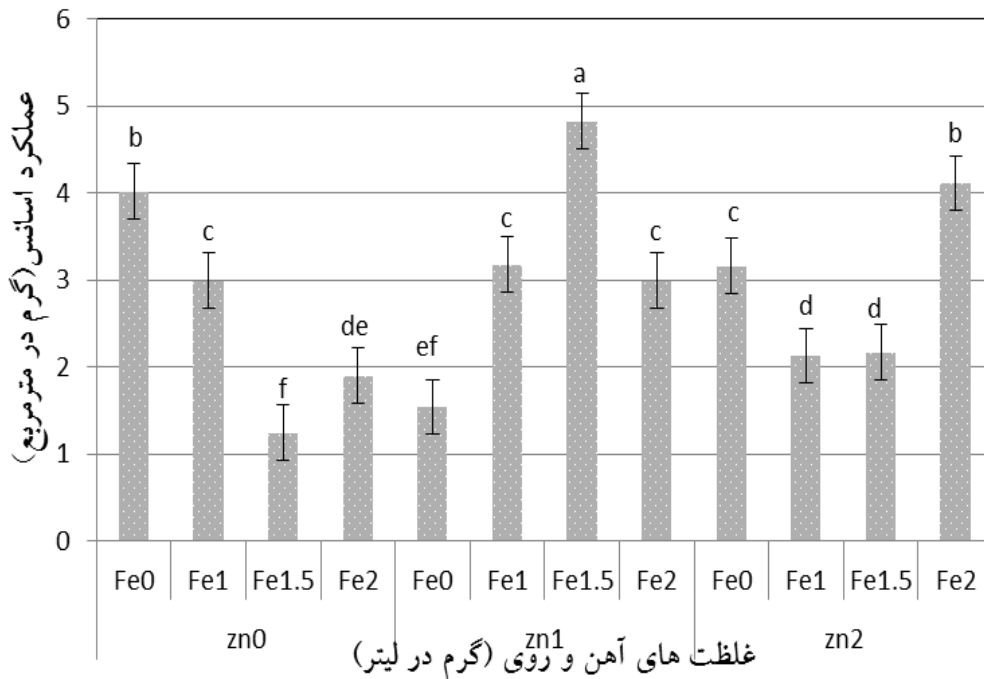
#### آلفا- فلاندرن

سطوح مختلف سولفات آهن و روی و اثر متقابل این دو عامل تأثیر معنی‌داری ( $p \leq 0.01$ ) بر مقدار آلفا - فلاندرن داشتند (جدول شماره ۳). محلول‌پاشی سولفات آهن ۱ گرم موجب کاهش درصد آلفا - فلاندرن نسبت به تیمار شاهد شد

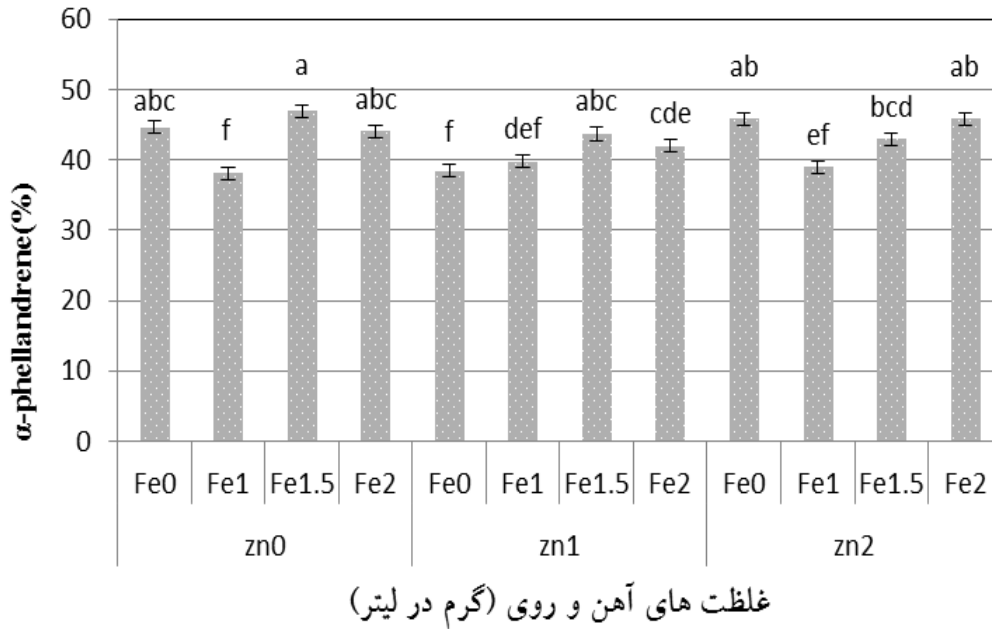


نمودار شماره ۱- تغییرات میزان اسانس شوید تحت تأثیر تیمارهای محلول‌پاشی سولفات آهن و روی بر اساس آزمون مقایسه میانگین Lsmeans در سطح ۵ درصد. کدهای اختصاری Fe2, Fe1.5, Fe1, Fe0 به ترتیب عبارتند از: سولفات آهن شاهد، ۱، ۱/۵ و ۲ گرم در لیتر و همچنین Zn2, Zn1, Zn0 به ترتیب عبارتند از: سولفات روی شاهد، ۱ و ۲ گرم در لیتر (Mean  $\pm$  SE)





نمودار شماره ۲- تغییرات عملکرد اسانس شوید تحت تأثیر تیمارهای محلول پاشی سولفات آهن و روی بر اساس آزمون مقایسه میانگین Lsmeans در سطح ۵ درصد. کدهای اختصاری Fe2, Fe1.5, Fe1, Fe0 به ترتیب عبارتند از: سولفات آهن شاهد، ۱، ۱/۵ و ۲ گرم در لیتر و همچنین Zn2, Zn1, Zn0 به ترتیب عبارتند از: سولفات روی شاهد، ۱ و ۲ گرم در لیتر (Mean  $\pm$  SE)



نمودار شماره ۳- تغییرات مقدار alpha-phellandrene تحت تأثیر تیمارهای محلول پاشی سولفات آهن و روی بر اساس آزمون مقایسه میانگین Lsmeans در سطح ۵ درصد. کدهای اختصاری Fe2, Fe1.5, Fe1, Fe0 به ترتیب عبارتند از: سولفات آهن شاهد، ۱، ۱/۵ و ۲ گرم در لیتر و همچنین Zn2, Zn1, Zn0 به ترتیب عبارتند از: سولفات روی شاهد، ۱ و ۲ گرم در لیتر (Mean  $\pm$  SE)



## بحث

ریبوزوم در سلول‌های گیاهی نقش دارد و تولید کربوهیدرات، پروتئین و DNA را تحریک می‌کند. از سوی دیگر، جدای از نقش عنصر روی در آسیمیلایسیون CO<sub>2</sub>، این عنصر از اجزای آنزیم‌های کربونیک آنهیدراز و دهیدروژناز بوده و در ساخت اکسین که در فرآیند طویل شدن سلول‌ها نقش دارد شرکت می‌کند [۲۷].

محلول‌پاشی سولفات آهن ۱ گرم بر لیتر موجب افزایش معنی‌دار ارتفاع بوته شد که با تحقیقات راوی و همکاران (۲۰۰۸) بر گیاه گلرنگ مطابقت دارد [۲۰]. ترابیان و زاهدی (۱۳۹۱) نشان دادند که محلول‌پاشی سولفات آهن تحت شرایط تنش شوری موجب افزایش ارتفاع بوته آفتابگردان شد و موسیوند و همکاران (۱۳۸۸) گزارش کردند که محلول‌پاشی آهن ۱ گرم بر لیتر تاثیر معنی‌داری بر ارتفاع بوته گیاه سویا نداشت [۲۹، ۲۸]. نظری (۱۳۹۱) طی تحقیقی، محلول‌پاشی نانو کود کلات آهن روی ریحان (*Ocimum bacilicus* L.) مشاهده کرد که کمترین سطح تیمار آهن (۱ گرم در لیتر)، بیشترین تاثیر را روی ارتفاع گیاه ریحان داشته است [۳۰].

بیشترین میزان عملکرد دانه در صورت استفاده از سولفات آهن ۱ گرم بر لیتر بدون محلول‌پاشی سولفات روی یا به همراه محلول‌پاشی سولفات روی ۱ گرم در لیتر حاصل شد (جدول شماره ۷). افزایش عملکرد دانه در این دو تیمار تحت تاثیر افزایش تعداد دانه در بوته و وزن هزار دانه بود. در صورت محلول‌پاشی سولفات آهن ۱ گرم بر لیتر بدون محلول‌پاشی سولفات روی، وزن هزار دانه افزایش یافت اما تعداد دانه در بوته کاهش یافت در حالی که در تیمار محلول‌پاشی سولفات آهن و روی ۱ گرم بر لیتر وزن هزار دانه کاهش یافت اما تعداد دانه افزایش نشان داد. بنابراین تغییرات عملکرد دانه در گیاه شوید تحت تاثیر محلول‌پاشی سولفات روی و آهن با تغییرات وزن هزار دانه و تعداد دانه در بوته قابل توجه است و احتمالاً تاثیر وزن هزار دانه نسبت به تعداد دانه در بوته بر تغییرات عملکرد دانه بیشتر باشد. افزایش عملکرد دانه و اجزای آن در اثر کاربرد آهن و روی، ممکن است به دلیل تاثیر این عناصر بر سنتز کلروفیل و پروتئین برای رشد بهینه و همچنین افزایش فعالیت سیستم آنزیمی گیاه باشد [۱۴].

محلول‌پاشی سطوح مختلف سولفات آهن و روی به تنهایی موجب کاهش میزان اغلب صفات مورد بررسی نسبت به تیمار شاهد شد اما استفاده همزمان سولفات روی و آهن صفات مورفوفیزیولوژیکی و فیتوشیمایی گیاه شوید را افزایش داد. علت این امر را می‌توان در نحوه جذب عناصر غذایی از طریق برگ جست‌وجو کرد. یکی از عوامل تأثیرگذار در جذب برگی وزن مولکولی ماده موردنظر است که در این آزمایش، وزن مولکولی سولفات آهن استفاده شده کمتر از سولفات روی بوده که همین امر موجب جذب بهتر و آسان‌تر آهن توسط برگ شده است. از سوی دیگر وقتی نمک‌ها در آب حل می‌شوند، در محیط آبی هیدرولیز و به یون باردار تبدیل شده و این ذرات باردار معمولاً هیدراته می‌شوند؛ که در این حالت آهن به صورت رادیکال آزاد با دو بار مثبت و عنصر روی به صورت رادیکال آزاد با یک‌بار مثبت جذب می‌شوند و از آنجایی که منافذ کوتیکولی سطح برگ بار منفی دارند، رادیکال‌های با دو بار مثبت را با انرژی بیشتری جذب می‌کنند. در واقع نیرویی که برای جذب دو بار مثبت به کار می‌رود، دو برابر نیرویی است که برای جذب یک‌بار مثبت لازم است [۳۶، ۳۷]. بیشترین میزان تعداد گل آذین، وزن خشک اندام هوایی، تعداد چترک در چتر اصلی و تعداد دانه در بوته با محلول‌پاشی ۱ گرم بر لیتر سولفات آهن و روی حاصل شد. همچنین بیشترین میزان تعداد برگ، تعداد ساقه فرعی و عملکرد اسانس تحت تاثیر محلول‌پاشی سولفات آهن ۱/۵ گرم بر لیتر و سولفات روی ۱ گرم بر لیتر به دست آمد.

بهبود صفات رشدی گیاه شوید در نتیجه کاربرد توأم عناصر کم‌مصرف آهن و روی ممکن است به دلیل افزایش شدت فتوسنتز و فعالیت‌هایی باشد که منجر به افزایش تقسیم سلول و طویل شدن آنها می‌شود. علل این افزایش را می‌توان به نقش مثبت آهن بر افزایش میزان تولید کلروفیل و نمو کلروپلاست و به تبع آن افزایش میزان فتوسنتز و تولید کربوهیدرات نسبت داد که در نتیجه بالا رفتن میزان مواد فتوسنتزی شرایط بهتری برای رشد و نمو گیاه فراهم می‌شود [۲۶]. علاوه بر این، عنصر روی در متابولیسم RNA و مقدار



اندام هوایی در صورت محلول پاشی سولفات روی ۱ گرم بر لیتر با سطوح ۱ و ۱/۵ گرم بر لیتر سولفات آهن مشاهده شد. با توجه به عدم تفاوت معنی دار درصد اسانس میان تیمار شاهد و تیمار سولفات آهن ۱/۵ گرم بر لیتر با سولفات روی ۱ گرم بر لیتر، بنابراین چنین نتیجه گرفته می شود که افزایش وزن خشک اندام هوایی می تواند موجب افزایش عملکرد اسانس در این تیمار شده باشد.

بیشترین عملکرد اسانس تحت تأثیر محلول پاشی سولفات آهن ۱/۵ گرم بر لیتر با سولفات روی ۱ گرم بر لیتر مشاهده شد که با نتایج پژوهش های دیگر بر بابونه آلمانی، زیره سبز و ریحان [۳۱، ۳۲، ۳۳] مطابقت دارد. عملکرد اسانس تحت تأثیر درصد اسانس و وزن خشک اندام هوایی است بنابراین افزایش این دو عامل موجب افزایش عملکرد اسانس می شود. بیشترین درصد اسانس در صورت محلول پاشی سولفات آهن و روی ۲ گرم بر لیتر حاصل شد در حالی که بیشترین وزن خشک

جدول شماره ۷- مقایسه میانگین اثر متقابل سطوح مختلف سولفات آهن و سولفات روی بر برخی از صفات مورد بررسی

عملکرد اسانس (gm <sup>-2</sup> )	میزان اسانس	عملکرد دانه (gm <sup>-2</sup> )	تعداد پتیک در مترمربع	تعداد دانه در مترمربع	وزن هزار دانه (gm <sup>-2</sup> )	وزن خشک ریشه (gm <sup>-2</sup> )	وزن تر ریشه (gm <sup>-2</sup> )	سولفات روی (گرم بر لیتر)	سولفات آهن (گرم بر لیتر)
۱/۰۲ <sup>b</sup>	۱ <sup>b</sup>	۱/۲۲۹ <sup>abc</sup>	۲۳/۳۳ <sup>bcd</sup>	۱۵۷۲/۶ <sup>bc</sup>	۳/۶۴ <sup>abc</sup>	۱۶ <sup>b</sup>	۴۵/۳۳ <sup>bc</sup>	۰	۰
۲/۹۹ <sup>c</sup>	۱ <sup>b</sup>	۳/۲۵۸ <sup>a</sup>	۲۴/۳۳ <sup>b</sup>	۱۵۸۷/۷ <sup>bc</sup>	۴/۰۸ <sup>a</sup>	۱۴/۶۶ <sup>b</sup>	۷۶ <sup>a</sup>	۱	۰
۱/۲۵ <sup>f</sup>	۰/۴ <sup>c</sup>	۲۰۳/۳ <sup>bcddef</sup>	۲۳/۳۳ <sup>bcd</sup>	۱۳۹۰/۲ <sup>d</sup>	۳/۶۷ <sup>abc</sup>	۱۶ <sup>b</sup>	۳۳/۳ <sup>bcdde</sup>	۱/۵	۰
۱/۹ <sup>de</sup>	۱ <sup>b</sup>	۱۶۷/۹ <sup>ef</sup>	۲۳/۹۹ <sup>bc</sup>	۱۳۴۴/۷۲ <sup>d</sup>	۳/۱۲ <sup>bc</sup>	۱۴/۶۶ <sup>b</sup>	۲۹/۳۳ <sup>de</sup>	۲	۰
۱/۵۴ <sup>ef</sup>	۰/۶ <sup>c</sup>	۲۱۸/۷ <sup>abcd</sup>	۲۲/۷۷ <sup>cde</sup>	۱۴۶۰/۷۵ <sup>bcd</sup>	۳/۷۷ <sup>ab</sup>	۱۷/۳۳ <sup>b</sup>	۳۲ <sup>cde</sup>	۰	۱
۳/۱۸ <sup>c</sup>	۰/۶ <sup>c</sup>	۲۳۷/۹ <sup>bcdde</sup>	۲۵/۸۸ <sup>a</sup>	۱۹۰۱/۸۷ <sup>a</sup>	۳/۱۲ <sup>bc</sup>	۲۵/۳۳ <sup>a</sup>	۶۴ <sup>a</sup>	۱	۱
۴/۸۳ <sup>a</sup>	۹۹/۰ <sup>b</sup>	۲۰۸/۹ <sup>f</sup>	۲۲/۵۵ <sup>de</sup>	۱۴۱۸/۹۷ <sup>cd</sup>	۳/۶۹ <sup>abc</sup>	۲۵/۳۳ <sup>a</sup>	۷۰/۶۷ <sup>a</sup>	۱/۵	۱
۲/۹۹ <sup>c</sup>	۹۸/۰ <sup>b</sup>	۱۶۳/۶ <sup>bcdde</sup>	۲۱/۸۸ <sup>e</sup>	۱۳۸۱/۸۹ <sup>d</sup>	۲/۹۸ <sup>bc</sup>	۱۴/۸ <sup>b</sup>	۳۴/۶۶ <sup>bcd</sup>	۲	۱
۳/۱۶ <sup>c</sup>	۱ <sup>b</sup>	۲۱۱/۴ <sup>bcdde</sup>	۲۳/۲۲ <sup>bcdde</sup>	۱۴۹۲/۱۵ <sup>bcd</sup>	۳/۵۹ <sup>abc</sup>	۱۴/۶۶ <sup>b</sup>	۴۸ <sup>b</sup>	۰	۲
۲/۱۳ <sup>d</sup>	۶/۰ <sup>c</sup>	۱۷۶/۹ <sup>def</sup>	۲۳/۷۷ <sup>bcd</sup>	۱۴۴۳/۹۹ <sup>bcd</sup>	۳/۰۵ <sup>bc</sup>	۲۵/۳۳ <sup>a</sup>	۴۶/۶۶ <sup>bc</sup>	۱	۲
۲/۱۷ <sup>d</sup>	۰/۹۹ <sup>b</sup>	۱۸۹/۱۱ <sup>cdef</sup>	۲۲/۶۶ <sup>cde</sup>	۱۳۶۶/۴۵ <sup>d</sup>	۳/۴۸ <sup>abc</sup>	۸/۸ <sup>c</sup>	۱۸/۶۶ <sup>e</sup>	۱/۵	۲
۴/۱۱ <sup>b</sup>	۱/۴۶ <sup>a</sup>	۱۸۳/۳ <sup>def</sup>	۲۳/۸۸ <sup>bcd</sup>	۱۶۱۴/۳۹ <sup>b</sup>	۲/۸۴ <sup>c</sup>	۲۴/۱۳ <sup>a</sup>	۳۴/۷ <sup>bcd</sup>	۲	۲

میانگین های دارای حداقل یک حرف مشترک در هر ستون مطابق آزمون Lsmeans در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی دار ندارند.



نقش عنصر آهن در فتوسنتز می‌توان اشاره نمود [۳۵، ۳۲]. در پژوهشی که بر زردچوبه صورت گرفت محققین اعلام کردند که یک ارتباط قوی بین مسیر متابولیسم‌های اولیه و بیوسنتز متابولیسم‌های ثانویه وجود دارد. همچنین آنها اظهار داشتند که همبستگی مناسب آسیمیلایسون کربن و تجمع ترکیبات متابولیت‌های ثانویه به چندین عامل درونی و بیرونی بویژه سطوح بهینه عناصر ریزمغذی وابسته است [۳۵].

### نتیجه‌گیری

مصرف برگی عناصر ریز مغذی مانند آهن و روی یکی از روش‌های مدیریتی جهت دستیابی به عملکرد بالا در تولید گیاهان است. نتایج به دست آمده از این تحقیق بیانگر افزایش برخی صفات رویشی و فیتوشیمیایی گیاه شوید مانند تعداد برگ، تعداد گل آذین، تعداد ساقه فرعی بوته، وزن خشک اندام هوایی، تعداد چترک در چتر اصلی، تعداد دانه در بوته و عملکرد دانه و اسانس اندام هوایی تحت تأثیر محلول‌پاشی توأم سولفات آهن و روی است. بنابراین می‌توان چنین نتیجه گرفت که مصرف آهن و روی در کنار یکدیگر قادر به تأمین شرایط لازم جهت افزایش عملکرد کمی و کیفی در گیاه شوید شده است.

از مطالعات مختلف چنین استنباط می‌شود که بیوسنتز متابولیت‌های ثانویه نه تنها توسط ژنتیک گیاه کنترل می‌شود، بلکه به شدت تحت تأثیر تغییرات محیط رشد نیز قرار دارد [۳۴]. آهن نقش مهمی در متابولیسم گیاهان مانند فعالیت آنزیم‌های کاتالیزوری مرتبط با سوپر اکسید دیسموتاز و آنزیم‌های مسیر تنفس نوری و گلیکولات دارد و با کمبود آن فعالیت برخی آنزیم‌های دیگر مختل می‌شود. علاوه بر این، روی به عنوان اجزای فلزی آنزیم‌های مختلف عمل می‌کند و یا به عنوان یک کوفاکتور عملکردی، ساختاری و تنظیمی در ارتباط با متابولیسم ساکارید، فتوسنتز و ساخت پروتئین نقش دارد [۲۶]. به طور کلی ترکیبات تشکیل دهنده اسانس شوید را ترکیبات ترپنی تشکیل می‌دهند.  $CO_2$  و گلوکز پیش ماده‌های ساخت منوترپن‌ها و ساکاریدها منبع تولید انرژی برای ساخت ترپنوئیدها هستند. تثبیت  $CO_2$ ، متابولیت‌های اولیه و متابولیسم ساکارز ارتباط نزدیکی با انباشت اسانس در گیاهان دارند. از سوی دیگر، عنصر روی در فتوسنتز و متابولیسم ساکاریدها نقش دارد و از آنجایی که  $CO_2$  و گلوکز از منابع احتمالی کربن مورد استفاده در بیوسنتز ترپن‌ها هستند، بنابراین نقش روی در ساخت و تجمع اسانس بسیار مهم و مؤثر به نظر می‌رسد. از طرف دیگر رابطه نزدیکی بین فتوسنتز و تنفس نوری و ساخت ترپنوئیدها در برخی گیاهان وجود دارد که به

### منابع

1. Mozafarian V. Dictionary of Iranian Plant Names. Farhang moaser press. 1996, 740 p.
2. Wright J. The Herb Society of Americas Essential Guide to Dill. American press. 2010, pp: 4 - 20.
3. Rechinger KH. Flora Iranica. Graz: Akademische Druk und Verlagsanstalt. 1988, 162: 346.
4. Mozafarian V. Dictionary of Iranian Plant Names. Farhang moaser press. 2011, 1444 p.
5. Bown D. Encyclopedia of herbs & their uses. Dorling Kindersley. 1995, pp: 238.
6. Fredrikson sh. Dill (*Anethum graveolens*). 2009. <http://www.herbs.org.nz/haw/Dill.pdf>
7. Omid beigi R. production-and-processing-of-medicinal-plants. Beh press. 2007, 347 p.
8. Sefidkon F. Essential Oil Composition of *Anethum graveolens* L. *Pajouhesh & Sazandegi* 2001; 51: 73 - 7.
9. Duke JA. Handbook of medicinal herbs. CRC press LIC. 2001, pp: 42.
10. Zargari A. medicinal plants. Tehran university press. 1989, 980 p.
11. Amuamuha LA, Pirzad and Hadi H. Effect of varying concentrations and time of Nanoiron foliar



application on the yield and essential oil of Pot marigold. *International Research Journal of Applied and Basic Sciences*. 2012; 3 (10): 2085 - 90.

12. Salardini A. Soil Fertility. Tehran university press. 2003, 434 p.

13. Zehtab-Salmasi, S., S. Behrouznajhad and K. Ghasemi-Golezani. Effect of Foliar Application of Fe & Zn on Seed Yield and Mucilage Content of Psyllium at Different Stages of Maturity. International Conference on Enviroment, Agriculture and food sciences, August 11-12 (Thailand). 2012.

14. Barker, A.V. and D.J. Pilbeam. Handbook of plant nutrition. by Taylor & Francis Group, LLC, 2007, pp: 329 - 51.

15. Malakuti MJ and Tehrani M. The role of micronutrients on yield and quality of crops. Tarbiat modares press. 1999, 433 p.

16. Karami chameh S. Behamin S and Fathi A. Evaluation of iron foliar application, reduction of salinity on crop damage. National Conference on Sustainable Agriculture Development and Healthy Environment. 2013.

17. Erdel I, Kepenek K and Kizilgöz I. Effect of Foliar Iron Application at Different Growth Stage on Iron and some Nutrient Concentration in Strawberry Cultivar. *Turk J. Agric*. 2004; 28: 421 - 7.

18. Akbarian MM, sharifabad HH, Noormohammadi G and Kohouri FD. The Effect of Potassium, Zinc and Iron Foliar Application on the Production of Saffron (*Crocus sativa*). *Annals of Biological Research* 2012; 3 (12): 5651 - 8.

19. Zehtab-Salmasi S, Heidari F and Alyari H. Effects of microelements and plant density on biomass and essential oil production of peppermint (*Mentha piperita* L.). *Plant Science Research* 2008; 1: 24 - 6.

20. Ravi S, Channal HT, Hebsur NS and Dharmatti PR. Effect of Sulphur, Zinc and Iron Nutrition on Growth, Yield, Nutrient Uptake and

Quality of Safflower (*Carthamus tinctorius* L.). *Karnataka Journal of Agricultural Sciences* 2008; 21 (3): 382 - 5.

21. Shitole SM and Dhumal KN. Influence of Foliar Application of Micronutrients on Photosynthetic Pigments and Organic Constituents of Medicinal Plant *Cassia agustifolia* Vahl. *Annals of Biological Research* 2012; 3 (1): 520 - 6.

22. Bybordi A and Malakuti MJ. Effects of foliar applications of nitrogen, boron, and zinc on fruit set and the some quality of almonds. *Pajouhesh & Sazandegi* 2003; 67: 32 - 40.

23. Kannan S. Foliar fertilization for sustainable Crop production, Sustainable Agriculture reviews, 1, Genetic Engineering, Biofertilization. *Soil quality and Organic Farming* 2010; 4 (5): 371 - 402.

24. Adams RP. Identification of essential oil components by gas chromatography/ mass spectrometry. Allured Publishing Corporation Carol Stream, IL. 2001.

25. McLafferty FW and Stauffer DB. The Wiley / Nbs registry of mass spectral data. New York: Wiley. 1989.

26. Yassen A, Abou El-Nour EAA and Shedeed S. Response of Wheat to Foliar Spray with Urea and Micronutrients. *Journal of American Science* 2010; 6 (9): 14 - 22.

27. Hatwar GP, Gondane SM. Urkade SM and Gahukar OV. Effect of micronutrients on growth and yield of chilli. *Soils and Crops* 2003; 13 (1): 123 - 5.

28. Zahedi M and Torabbian Z. Effect of iron sulfate foliar application as two form at common shape and nanoparticles on the growth of sunflower varieties under salt stress. *Iranian Journal of Crop Science* 2013; 1 (44): 109 - 18.

29. Mosivand M, Khorgami A and Rafie M. Effect of iron concentration on growth and yield components in soybean genotypes. *Crop Physiology J*. 2009; 4: 35 - 45.



30. Nazari M. Effects of methanol foliar application and nano-iron chelate fertilizer on yield quality and basil. Mst tez. Azad university of Karaj. 1391.
31. El-Sawia SA and Mohamed MA. Cumin herb as a new source of essential oils and its response to foliar spray with some micro-elements. *Food Chem.* 2002; 77: 75 - 80.
32. Misra A, Srivastava AK and Khan A. Zn-acquisition and its role in growth, photosynthesis, photosynthetic pigments and biochemical changes in essential monoterpene oil (s) of Pelargonium graveolens. *Photosynthetica* 2005; 43 (1): 153 - 5.
33. Said-Al Ahl HA and Omer EA. 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 Plants* 2009; 1 (2): 30 - 46.
34. Naghdi Badi H, Yazdani D, Mohammad Ali S and Nazari F. Effects of spacing and harvesting time on herbage field and quality/ quantity of oil in Thym, (*Thymus vulgaris* L.). *Industrial Crops and Products* 2004; 19: 231-6.
35. Srivastava NK, Mirsa A and Sharma S. Effect of Zn deficiency on net photosynthetic rate, 14C partitioning, and oil accumulation in leaves of peppermint. *Photosynthetica* 1997; 33 (1): 71 - 9.
36. Wang W and D.B. Dreisinger. The Acid-Base Behavior of Zinc Sulfate Electrolytes: The Temperature Effect. *Met al.lurgical and Materials Transactions B.* 1998; 29: 1158 - 66.
37. Wojcik P. Uptake of mineral nutrients from foliar fertilization. *Journal of Fruit and Ornamental Plant Research* 2004; 12: 201 - 18.



## Morphophysiological and Phytochemical Responses of Dill (*Anethum graveolens* L.) to Foliar Application of Iron Sulfate and Zinc Sulfate

Miransari H (M.Sc.)<sup>1</sup>, Mehrafarin A (Ph.D.)<sup>2</sup>, Naghdi Badi H (Ph.D.)<sup>2\*</sup>

1- Department of Horticulture, Islamic Azad University, Karaj branch, Karaj, Iran

2- Medicinal Plants Research Centre, Institute of Medicinal Plants, ACECR, Karaj, Iran

\*Corresponding author: Medicinal Plants Research Centre, Institute of Medicinal Plants, ACECR, P.O.Box: 33651/66591, Karaj, Iran

Tel: +98-26-34764010-9, Fax: +98-26-34764021

Email: Naghdibadi@yahoo.com

### Abstract

**Background:** Foliar application of essential elements is one of the most effective methods for the supply nutritional requirements of plants and increase the quantity and quality of plants yield, especially in calcareous soils.

**Objective:** This study was aimed to evaluate the changes in morphophysiological and pharmacological of characteristics of dill under foliar application of iron and zinc at the field conditions.

**Methods:** This study has been conducted in the research farm of ACECR, Institute of Medicinal Plants during 2013 on the basis of factorial experiment in randomized complete block design (RCBD) with three replications. The treatments were included of iron sulfate at 4 concentrations (0, 1, 1.5 and 2 g L<sup>-1</sup>), and 3 levels of Zinc sulfate (0, 1 or 2 g L<sup>-1</sup>).

**Results:** Application of iron and zinc sulfate had significant effect ( $p < 0.01$ ) on the leaf number per plant, number of lateral branches, number of inflorescences, number of umbels per main umbel, the number of seeds per plant, shoot dry weight, essential oil content, yield of essential oil and alpha phellandrene content. In addition, all traits were significantly influenced by the iron sulphate concentrations. While, the main effect of zinc sulfate was significant only on the number of branches, shoot dry weight, alpha phellandrene content ( $p < 0.01$ ), and also, essential oil content, essential oil yield, and number of inflorescences ( $p < 0.05$ ). The highest essential oil content in the treatment of foliar application of iron and zinc sulfate at 2 g.L<sup>-1</sup> and the maximum essential oil yield in the treatment of iron sulfate at 1.5 g.L<sup>-1</sup> with zinc sulfate at 1 g.L<sup>-1</sup> were obtained.

**Conclusion:** Foliar application of integrated Iron and Zinc able to create favorable conditions for increase the quantity and quality yield of dill.

**Keywords:** *Anethum graveolens* L., Essential oil, Iron sulfate, Zinc sulfat





