عملکرد دانه و موسیلاژ اسفرزه (*Plantago psyllium* L.) در پاسخ به محلول‌پاشی نانو کود کلات آهن و پتاسیم

دلارا آقازاده خلخالی[1]، علی مهرآفرین[2]، وحید عبدوسی[3]، حسنعلی نقدی‌بادی[2*]

۱- دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد فیزیولوژی و اصلاح گیاهان دارویی، گروه باغبانی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران
۲- مرکز تحقیقات گیاهان دارویی، پژوهشکده گیاهان دارویی جهاد دانشگاهی، کرج، ایران
۳- استادیار، گروه باغبانی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران
* آدرس مکاتبه: کرج، مرکز تحقیقات گیاهان دارویی، پژوهشکده گیاهان دارویی جهاد دانشگاهی
صندوق‌پستی: ۱۳۶۹-۳۱۳۷۵، تلفن: ۱۹ - ۳۴۷۶۴۰۱۰ (۰۲۶)، نمابر: ۳۴۷۶۴۰۲۱ (۰۲۶)
پست الکترونیک: Naghdibadi@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۹۳/۱۰/۱ **تاریخ تصویب:** ۹۳/۱۲/۱۳

چکیده

مقدمه: با توجه به اهمیت استفاده از فناوری‌های نوین از جمله نانوتکنولوژی در کشاورزی پایدار جهت افزایش عملکرد کمی و کیفی محصولات کشاورزی، انجام تحقیق در این راستا ضروری می‌باشد.

هدف: تحقیق حاضر به منظور بررسی تأثیر محلول‌پاشی نانو کود کلات آهن و پتاسیم بر عملکرد کمی و کیفی گیاه اسفرزه به اجرا درآمد.

روش بررسی: این تحقیق به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۱۲ تیمار در ۳ تکرار در مزرعه تحقیقاتی پژوهشکده گیاهان دارویی جهاد دانشگاهی به اجرا درآمد. تیمارهای آزمایش شامل محلول‌پاشی ۰، ۱ و ۲ گرم در لیتر نانو کود کلات آهن و ۰، ۲، ۳ و ۴ گرم در لیتر نانو کود کلات پتاسیم بودند.

نتایج: اثر متقابل تیمارهای نانو کود کلات آهن و پتاسیم بر عملکرد بذر ($P< ۰/۰۱$) و بر صفت وزن خشک اندام هوایی ($P< ۰/۰۵$) معنی‌دار بود. همچنین اثر مستقل نانو کود کلات آهن و پتاسیم بر اغلب صفات مورد بررسی ($P< ۰/۰۱$) و بر صفات تعداد بذر در بوته و عملکرد موسیلاژ ($P< ۰/۰۱$) معنی‌دار شد. اثر متقابل ۲ گرم در لیتر نانو کود کلات آهن و ۳ گرم در لیتر نانو کود کلات پتاسیم و همچنین اثر مستقل هر یک بیشترین تأثیر را بر صفات مورد اندازه‌گیری، بخصوص صفات عملکرد وزن خشک هوایی، عملکرد بذر، میزان موسیلاژ و عملکرد موسیلاژ داشته‌اند.

نتیجه‌گیری: با استناد به نتایج به دست آمده می‌توان کاربرد نانو کود کلات آهن و پتاسیم را در افزایش بهره‌وری گیاه دارویی اسفرزه مثبت ارزیابی کرد.

گل‌واژگان: *Plantago psyllium* L.، محلول‌پاشی، نانو کود کلات آهن، نانو کود کلات پتاسیم

www.SID.ir

مقدمه

اسفرزه (*Plantago psyllium* L.) از خانواده Plantaginaceae می‌باشد [۱]. جنس *Plantago* دارای پراکنش جهانی است اما منشاء اولیه آن هند و پاکستان می‌باشد [۲]. اسفرزه گیاهی یک‌ساله و کرکدار به ارتفاع ۴۰-۱۵ سانتی‌متر است. گل‌ها بسیار ریز و سفید متمایل به سبز بوده که در سنبله‌هایی پر گل اجتماع یافته‌اند. میوه آن کپسول بیضی شکل، محتوی دو دانه بیضوی کشیده، به رنگ قهوه‌ای متمایل به قرمز که درخشان و براق است [۳]. این گیاه سازگاری خوبی با شرایط مختلف آب و هوایی دارد و در مناطق خشک و نیمه خشک نیز می‌تواند کاشته شود [۴]. این گیاه در بیشتر دوره رشد به اقلیم خشک و خنک نیاز دارد [۵]. دانه‌های اسفرزه دارای موسیلاژ، پروتئین، روغن، نشاسته، تانن [۷، ۶] و همچنین حاوی گلیکوزیدی به نام آکوبین و بازهای مختلف، چند قند، استرول و پروتئین می‌باشد [۸]. در *P. psyllium* موسیلاژ ترکیب غالب است و ایریدوئید (آکوبین)، آلکالوئیدهای پیریدینی (شامل پلانتاگونین، ایندیکائین و ایندیکانین)، نیز وجود دارد [۹]. ترکیبات گیاهی موجود در پوسته و دانهٔ اسفرزه در حضور آب به یک جسم لغزنده و بی‌ثبات تبدیل می‌شود که موسیلاژ نام دارد و خاصیت ژل مانند آن یک فاکتور مهم در عملکرد فیزیولوژی اسفرزه جهت تنظیم اعمال روده‌ای است که به خاطر وجود پلی‌ساکاریدهای با وزن مولکولی بالا است [۱۰]. دانه در گونه‌های مانند بارهنگ و اسفرزه از تیره بارهنگ (Plantaginaceae) از مهم‌ترین اندام حاوی موسیلاژ می‌باشد [۱۱]. موسیلاژها به علت دارا بودن ویژگی‌های با ارزش مانند پایدارکنندگی، سوسپانسیون‌کنندگی و امولسیون‌کنندگی در صنعت و داروسازی کاربردهای گسترده‌ای پیدا کرده‌اند [۱۲].

یکی از عوامل تهدید کننده سلامت محصولات زراعی استفاده بی‌رویه از کودهای شیمیایی است. این مشکل علاوه بر این که حالت ناپایداری در کیفیت خاک و در تولید محصولات کشاورزی به وجود می‌آورد، موجب افزایش ترکیبات مضر و خطرناک برای سلامت افراد جامعه می‌شود [۱۳]. کشاورزی پایدار که ریشه در سامانه‌های کشاورزی سنتی و کم‌نهاده و پای بر شانه فناوری‌ها و عملیات نوین بوم‌سازگار دارد، به دنبال تولید عملکرد مطلوب و در عین حال، حفظ ساختار محیط و کمینه‌سازی پیامدهای منفی فعالیت‌های کشاورزی است [۱۴]. فناوری نانو به عنوان علم پیشتاز در رفع مشکلات و مسائل کشاورزی به خوبی جایگاه خود را در علوم کشاورزی و صنایع وابسته به اثبات رسانده است. در مورد استفاده از کودها در امر بهبود تولیدات کشاورزی نیز، این تکنولوژی به کمک می‌آید. نانو کودها به صورت کامل جذب گیاه شده و به خوبی نیازها و کمبودهای غذایی را رفع می‌کند. از مزایای استفاده از نانو کودها می‌توان به مواردی چون قیمت کم، تأثیر بالا، قابلیت حل‌پذیری زیاد در آب و کنترل‌پذیری بیشتر اشاره نمود [۱۳].

آهن یک جزء تشکیل دهنده آنزیم‌های انتقال‌دهنده الکترون است که در فتوسنتز و تنفس میتوکندری‌ها فعال بوده و بر مقادیر کلروفیل اثر می‌گذارد زیرا برای تشکیل ساختمان ظریف کلروفیل بایستی آهن موجود باشد [۱۵]. پتاسیم مناسب‌ترین کاتیون یک ظرفیتی برای فعال کردن آنزیم‌های گیاهی است چون علاوه بر این که غلظت آن در سلول و مقدار آن در طبیعت زیاد است، این کاتیون تحرک فوق‌العاده‌ای در داخل گیاه دارد [۱۶]. پتاسیم نقش حیاتی در فتوسنتز دارد چون باعث افزایش مستقیم رشد و شاخص سطح برگ و لذا جذب CO_2 و افزایش انتقال مواد فتوسنتزی به خارج برگ می‌شود. فعالیت اخیر نتیجه تشکیل ATP بیشتر است که برای تجمع مواد فتوسنتزی در آوند آبکش لازم است [۱۵]. نتایج آزمایشی بر روی گیاه دارویی اسفرزه (*Plantago ovata* Forsk.) نشان داد که محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی سبب افزایش عملکرد دانه و بیولوژیک و عملکرد موسیلاژ اسفرزه شد [۱۷]. طبق نتایج حاصل شده از آزمایشی مزرعه‌ای که در شرایط دیم بر روی ژنوتیپ‌های نخود انجام شد، استعمال کود آهن موجب افزایش معنی‌دار در شاخه‌دهی و افزایش قابل ملاحظه‌ای در اجزای عملکرد شد [۱۸]. نتایج آزمایش مظاهری‌نیا و همکاران نشان داد که کاربرد نانو اکسید آهن نسبت به اکسید آهن معمولی در خاک افزایش معنی‌داری در

Archive of SID
www.SID.ir

غلظت آهن گیاه، عملکرد و اجزای عملکرد گیاه گندم داشت [۱۹]. کود سولفات پتاسیم نیز در بیشترین سطح با بهبود شرایط رشدی، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک سورگوم دانه‌ای را به ترتیب ۲۲ و ۲۸ درصد در مقایسه با شاهد افزایش داد [۲۰]. طبق نتایج جعفرزاده و همکاران (۲۰۱۳)، محلول‌پاشی نانو کود پتاسیم صفات تعداد پنجه بارور، طول خوشه، تعداد دانه در خوشه، عملکرد بیولوژیک و عملکرد اقتصادی گندم را تحت تأثیر معنی‌داری قرار داد [۲۱].

با توجه به اهمیت گیاه دارویی اسفرزه به عنوان یکی از گیاهان مهم در صنعت داروسازی و تأثیرات مثبت عناصر ضروری در فتوسنتز، این تحقیق با هدف بررسی تأثیر نانو کودهای کلات آهن و پتاسیم در سطوح مختلف بر عملکرد کمی و کیفی گیاه دارویی اسفرزه به اجرا درآمد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۱۲ تیمار در ۳ تکرار در سال زراعی ۱۳۹۳- ۱۳۹۲ در مزرعه تحقیقاتی پژوهشکده گیاهان دارویی جهاد دانشگاهی به اجرا درآمد (جدول شماره ۱).

تیمارهای آزمایش شامل محلول‌پاشی سطوح مختلف نانو کود کلات آهن با مقادیر ۰، ۱ و ۲ گرم در لیتر و نانو کود کلات پتاسیم با مقادیر ۰، ۲، ۳ و ۴ گرم در لیتر بودند. پس از اجرای عملیات خاک‌ورزی و پیاده کردن نقشه طرح، کرت‌هایی به ابعاد ۲/۵ در ۲/۵ متر ایجاد شد. بذرهای اسفرزه (1183-MPISB) که از بانک بذر گروه پژوهشی کشت و توسعه پژوهشکده گیاهان دارویی جهاد دانشگاهی که دارای کیفیت جوانه‌زنی مناسب بود، تهیه شد و در اواسط فروردین ۱۳۹۲ در زمین اصلی کاشته شدند. بلافاصله پس از کشت آبیاری صورت گرفت. در طول دوره رشد عملیات داشت شامل آبیاری، وجین علف‌های هرز و تنک بر حسب نیاز گیاه و مزرعه انجام شد. محلول‌پاشی در چهار مرحله به فاصله زمانی ۱۵ روز یک‌بار انجام شد. اولین محلول‌پاشی ۲۰ روز پس از کاشت بذر انجام گرفت. برداشت نهایی در اواخر تیرماه انجام گرفت. برای انجام این کار گیاه از ساقه و توسط داس قطع شد، سپس جهت خشکاندن در انبار قرار گرفت. با تکان دادن شاخه‌های خشک شده و با وارد آوردن ضربات ملایم به آنها دانه‌های رسیده از گیاه جدا شد. از هر کرت تعداد پنج بوته به طور تصادفی به عنوان نمونه انتخاب شد و پارامترهایی از قبیل وزن خشک سنبله، وزن خشک اندام هوایی، تعداد سنبله در بوته، تعداد دانه در سنبله، تعداد دانه در بوته، وزن هزار دانه، عملکرد دانه، میزان موسیلاژ و عملکرد موسیلاژ مورد ارزیابی قرار گرفت.

جدول شماره ۱- مشخصات مزرعه محل اجرای آزمایش

طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	ارتفاع از سطح دریا (متر)	بافت خاک	شوری (dS/m)	(pH)	میانگین سالیانه بارندگی (میلی‌متر)	میانگین سالیانه دما (سانتی‌گراد)
۳۵°-۵۴′	۵۰°-۵۳′	۱۴۶۱	سیلتی- لومی	۰/۹۵	۷/۸	۲۶۳	۱۳/۲۱

Archive of SID
www.SID.ir

به منظور تعیین مقدار موسیلاژ از هر کرت آزمایشی ۳ نمونه ۱ گرمی برداشت شد. بذرها داخل بالن ۲۵۰ میلی‌لیتری ریخته شد، سپس ۲۰ سی‌سی آب جوش اسیدی به آن اضافه شد و مدت ۴۵ دقیقه داخل بن ماری با دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد. سپس محلول با استفاده از یک پارچه ململ تمیز صاف شد. به منظور جداسازی مقادیر باقی‌مانده موسیلاژ، بذرها توسط ۳۰ میلی‌لیتر اتانول ۹۶ درصد شستشو داده شد. سپس محلول حاصل داخل بالن‌های ۲۵۰ میلی‌لیتری که قبلاً وزن شده بود، ریخته شد. به منظور جداسازی موسیلاژ از حلال، از دستگاه روتاری با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد استفاده شد. حدود ۲ - ۱ ساعت طول کشید تا حلال به طور کامل از موسیلاژ جدا شود و رسوب خشک به دست آید. پس از سرد شدن بالن حاوی رسوب خشک، بالن مجدداً وزن شد و میزان موسیلاژ به دست آمده محاسبه شد [۲۲]. عملکرد موسیلاژ با استفاده از فرمول زیر محاسبه شد:

۱۰۰/(میزان موسیلاژ × عملکرد بذر) = عملکرد موسیلاژ

تجزیه واریانس داده‌های حاصل از این آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی توسط نرم‌افزارهای SPSS و Excel انجام شد و میانگین‌های صفات مورد سنجش بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح آماری ۵ درصد مقایسه شدند.

نتایج

بر اساس نتایج تجزیه واریانس داده‌ها، اثرات متقابل تیمارهای نانو کود کلات آهن و پتاسیم بر وزن خشک اندام هوایی تأثیر معنی‌داری در سطح آماری ۵ درصد داشتند (جدول شماره ۲). تیمارهای نانو کود کلات آهن و همچنین تیمارهای نانو کود کلات پتاسیم بر وزن خشک اندام هوایی تأثیر معنی‌داری در سطح آماری ۱ درصد داشتند (جدول شماره ۲). بر اساس نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل تیمارهای نانو کود کلات آهن و پتاسیم، بیشترین وزن خشک اندام هوایی در تیمار ۲ گرم در لیتر نانو کود کلات آهن و ۳ گرم در لیتر نانو کود کلات پتاسیم حاصل شد (شکل شماره ۱).

بر طبق نتایج جدول تجزیه واریانس، تیمارهای نانو کود کلات آهن و همچنین تیمارهای نانو کود کلات پتاسیم بر وزن خشک سنبله تأثیر معنی‌داری در سطح آماری ۱ درصد داشته‌اند (جدول شماره ۲). اما اثرات متقابل نانو کود کلات آهن و پتاسیم بر وزن خشک سنبله تأثیر معنی‌داری از نظر آماری نداشته‌اند (جدول شماره ۲). بر اساس نتایج مقایسه میانگین‌ها بیشترین وزن خشک سنبله با استفاده از ۲ گرم در لیتر نانو کود کلات آهن به دست آمد (شکل شماره ۲). همچنین بیشترین وزن خشک سنبله با استفاده از ۲ گرم در لیتر نانو کود کلات پتاسیم حاصل شد که با ۳ گرم در لیتر نانو کود کلات پتاسیم تفاوت معنی‌داری نداشته ولی دارای تفاوت معنی‌داری نسبت به شاهد و تیمار ۴ گرم در لیتر نانو کود کلات پتاسیم می‌باشد (شکل شماره ۳).

نتایج جدول تجزیه واریانس داده‌ها بیانگر آن است که نانو کود کلات آهن و نانو کود کلات پتاسیم بر تعداد دانه در بوته تأثیر معنی‌داری در سطح آماری ۵ درصد داشته‌اند (جدول شماره ۲). بر اساس نتایج مقایسه میانگین‌ها بالاترین تعداد دانه در بوته در ۲ گرم در لیتر نانو کود کلات آهن حاصل شد (شکل شماره ۴). همچنین بالاترین تعداد دانه در بوته با استفاده از ۳ گرم در لیتر نانو کود کلات پتاسیم و کمترین تعداد بذر در بوته در تیمار شاهد به دست آمد (شکل شماره ۵).

بر طبق نتایج جدول تجزیه واریانس، اثرات متقابل و اصلی نانو کود کلات آهن و پتاسیم بر تعداد سنبله در بوته، تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه از نظر آماری تأثیر معنی‌داری نداشته‌اند (جدول شماره ۲). بررسی نتایج تجزیه واریانس داده‌ها بیانگر تأثیر معنی‌دار اثرات متقابل و اصلی نانو کود کلات آهن و پتاسیم، بر عملکرد دانه در سطح آماری ۱ درصد بود (جدول شماره ۲). با توجه به مقایسه میانگین اثرات متقابل نانو کود کلات آهن و پتاسیم، بیشترین عملکرد دانه در تیمار ۲ گرم در لیتر نانو کود کلات آهن و ۳ گرم در لیتر نانو کود کلات پتاسیم به دست آمد (شکل شماره ۶).

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها، نشان‌دهنده تأثیر معنی‌دار نانو کود کلات آهن و همچنین نانو کود کلات پتاسیم بر میزان

Archive of SID
www.SID.ir

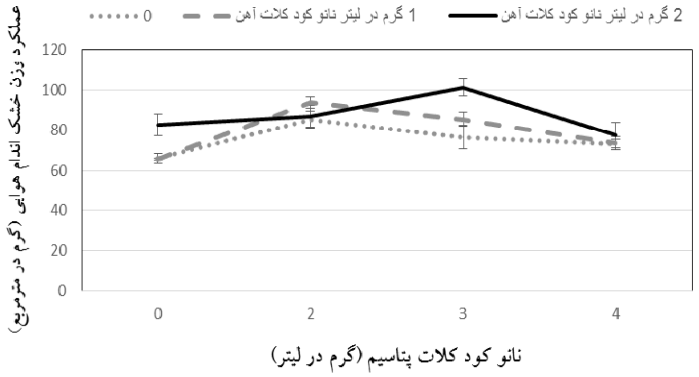
موسیلاژ در سطح آماری ۱ درصد بود (جدول شماره ۲). بر اساس نتایج مقایسه میانگین‌ها، مقدار ۲ گرم در لیتر نانو کود کلات آهن بیشترین تأثیر را در میزان موسیلاژ داشت که با ۱ گرم در لیتر نانو کود کلات آهن تفاوت معنی‌داری نداشته ولی تفاوت معنی‌داری با تیمار شاهد داشت (شکل شماره ۷). همچنین بالاترین میزان موسیلاژ با استفاده از ۳ گرم در لیتر نانو کود کلات پتاسیم به دست آمد (شکل شماره ۸).

بر اساس آنالیز تجزیه واریانس داده‌ها اثر اصلی نانو کود کلات آهن و پتاسیم بر عملکرد موسیلاژ به ترتیب در سطح آماری ۵ و ۱ درصد معنی‌دار شد (جدول شماره ۲). با توجه به نتایج مقایسه میانگین‌ها، بیشترین عملکرد موسیلاژ در ۲ گرم در لیتر نانو کود کلات آهن به دست آمد (شکل شماره ۹). همچنین بیشترین عملکرد موسیلاژ در ۳ گرم در لیتر نانو کود کلات پتاسیم حاصل شد (شکل شماره ۱۰).

جدول شماره ۲- تجزیه واریانس اثرات سطوح مختلف نانو کود کلات آهن و پتاسیم بر خصوصیات اندازه‌گیری شده اسفرزه

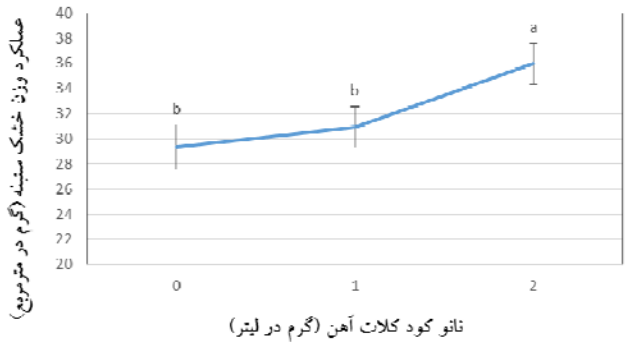
		میانگین مربعات								
منابع تغییرات	درجه آزادی	وزن خشک اندام هوایی	وزن خشک سنبله	تعداد سنبله	تعداد دانه در سنبله	تعداد دانه در بوته	وزن هزار دانه	عملکرد دانه	میزان موسیلاژ	عملکرد موسیلاژ
بلوک	۲	۰/۰۳۰	۰/۰۰۵	۱/۰۳۷	۸/۶۲۹	۲۱۰۶/۵۹۵	۰/۰۲۸	۰/۰۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۲۸۰
آهن	۲	۰/۰۹۸**	۰/۰۳۲**	۰/۸۹۸^{ns}	۲۷/۶۵۷^{ns}	۲۰۴۱/۹۹۳*	۰/۰۲۹^{ns}	۸۳۴/۲۱۰**	۰/۰۰۲**	۱/۸۶۶*
پتاسیم	۳	۰/۱۶۱**	۰/۰۳۲**	۰/۶۳۰^{ns}	۱۴/۴۰۵^{ns}	۲۱۵۳/۲۸۱*	۰/۰۰۰۱^{ns}	۱۲۱۹/۱۲۲**	۰/۰۰۱**	۲/۶۹۸**
آهن*پتاسیم	۶	۰/۰۳۰*	۰/۰۰۶^{ns}	۰/۷۶۲^{ns}	۲۲/۴۹۱^{ns}	۱۰۹۸/۹۲۳^{ns}	۰/۰۱۱^{ns}	۲۲۴/۶۸۶**	۰/۰۰۰۱^{ns}	۰/۱۰۱^{ns}
خطا	۲۲	۰/۰۱۱	۰/۰۰۵	۰/۴۴۴	۱۳/۵۸۱	۵۵۵/۴۲۴	۰/۰۱۱	۵۰/۵۶۰	۰/۰۰۰۱	۰/۵۰۳
ضریب تغییرات	-	۸/۴۹	۱۴/۴۸	۱۳/۷۹	۱۱/۷۳	۱۵/۵۴	۷/۵۲	۲۳/۶۷	۱۰/۴۸	۲۹/۵۷۵

*، ** و ns به ترتیب معنی‌داری در سطح ۵، ۱ درصد و غیر معنی‌داری را نشان می‌دهد.

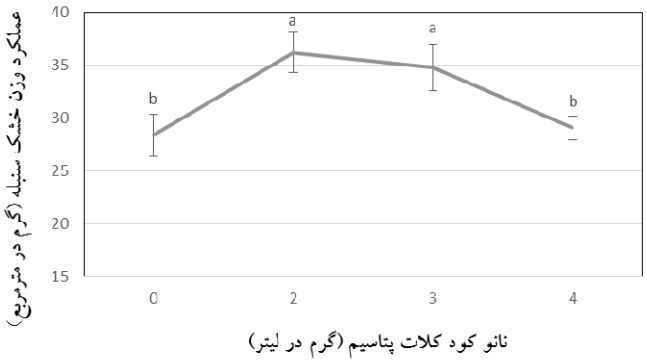


شکل شماره ۱- تغییرات وزن خشک اندام هوایی اسفرزه به اثرات متقابل تیمارهای نانو کود کلات آهن و نانو کود کلات پتاسیم بر اساس آزمون مقایسه میانگین چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵ درصد معنی‌داری

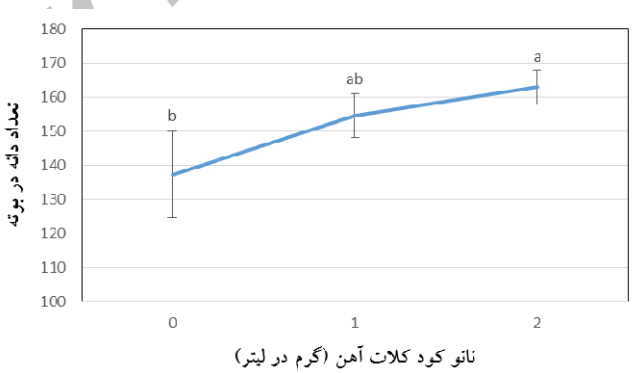
Archive of SID
www.SID.ir



شکل شماره ۲- تغییرات عملکرد وزن خشک سنبله اسفرزه به نانو کود کلات آهن بر اساس آزمون مقایسه میانگین چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۱ درصد معنی‌داری. حروف دانکن غیر مشابه در روی تیمارها نشان‌دهنده وجود تفاوت معنی‌دار است.

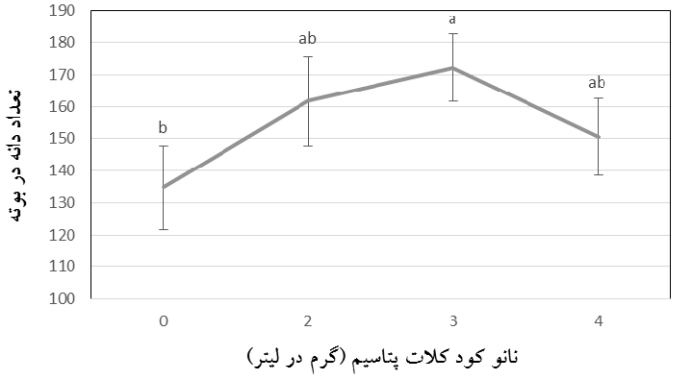


شکل شماره ۳- تغییرات عملکرد وزن خشک سنبله اسفرزه به نانو کود کلات پتاسیم بر اساس آزمون مقایسه میانگین چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۱ درصد معنی‌داری. حروف دانکن غیر مشابه در روی تیمارها نشان‌دهنده وجود تفاوت معنی‌دار است.

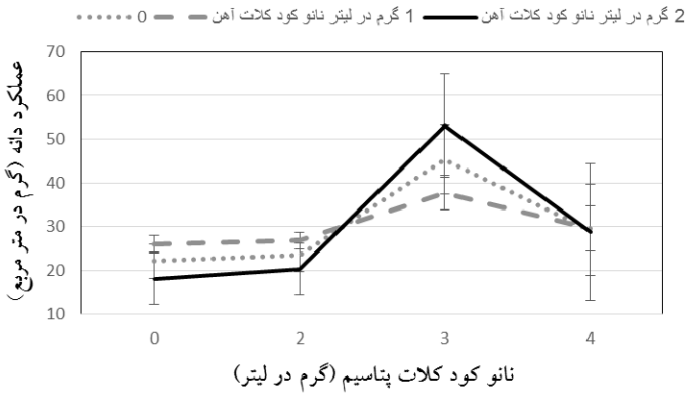


شکل شماره ۴- تغییرات تعداد دانه در بوته اسفرزه به نانو کود کلات آهن بر اساس آزمون مقایسه میانگین چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵ درصد معنی‌داری. حروف دانکن غیر مشابه در روی تیمارها نشان‌دهنده وجود تفاوت معنی‌دار است.

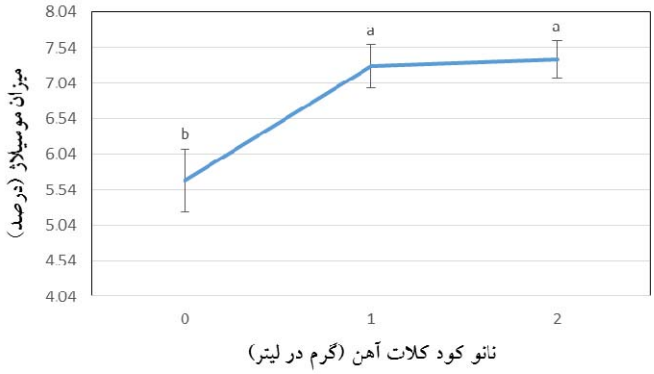
www.SID.ir



شکل شماره ۵- تغییرات تعداد دانه در بوته اسفرزه به نانو کود کلات پتاسیم بر اساس آزمون مقایسه میانگین چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵ درصد معنی‌داری. حروف دانکن غیر مشابه در روی تیمارها نشان‌دهنده وجود تفاوت معنی‌دار است.

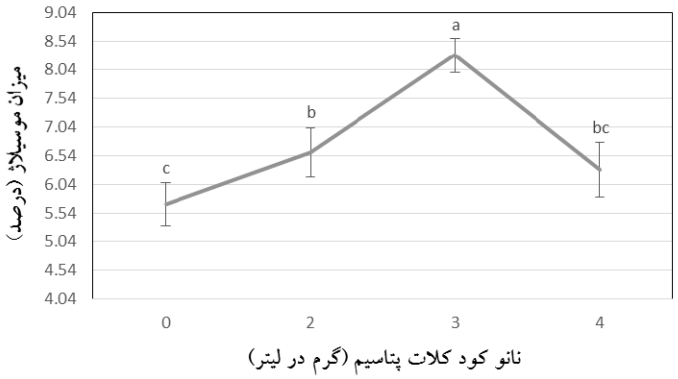


شکل شماره ۶- تغییرات عملکرد دانه اسفرزه به اثرات متقابل تیمارهای نانو کود کلات آهن و نانو کود کلات پتاسیم بر اساس آزمون مقایسه میانگین چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۱ درصد معنی‌داری.

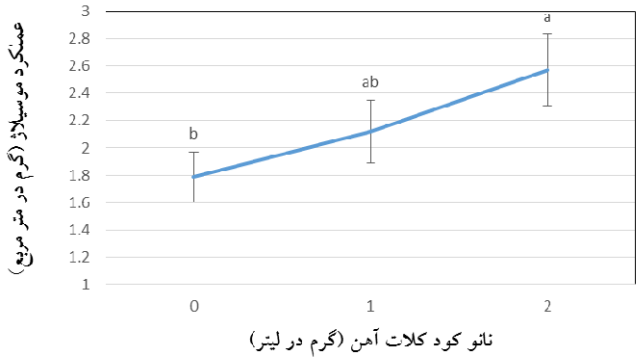


شکل شماره ۷- تغییرات میزان موسیلاژ اسفرزه به نانو کود کلات آهن بر اساس آزمون مقایسه میانگین چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۱ درصد معنی‌داری. حروف دانکن غیر مشابه در روی تیمارها نشان‌دهنده وجود تفاوت معنی‌دار است.

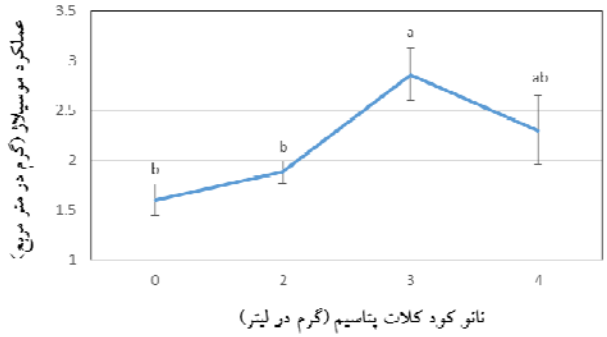
www.SID.ir



شکل شماره ۸- تغییرات میزان موسیلاژ اسفرزه به نانو کود کلات پتاسیم بر اساس آزمون مقایسه میانگین چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۱ درصد معنی‌داری. حروف دانکن غیر مشابه در روی تیمارها نشان‌دهنده وجود تفاوت معنی‌دار است.



شکل شماره ۹- تغییرات عملکرد موسیلاژ اسفرزه به نانو کود کلات آهن بر اساس آزمون مقایسه میانگین چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵ درصد معنی‌داری. حروف دانکن غیر مشابه در روی تیمارها نشان‌دهنده وجود تفاوت معنی‌دار است.



شکل شماره ۱۰- تغییرات عملکرد موسیلاژ اسفرزه به نانو کود کلات پتاسیم بر اساس آزمون مقایسه میانگین چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۱ درصد معنی‌داری. حروف دانکن غیر مشابه در روی تیمارها نشان‌دهنده وجود تفاوت معنی‌دار است.

www.SID.ir

بحث

با توجه به اینکه آهن یکی از عناصر مهم در واکنش‌های اکسایش- احیاء در گیاهان می‌باشد [۲۳]، همچنین نقش حیاتی پتاسیم در فتوسنتز، چون باعث افزایش مستقیم رشد و شاخص سطح برگ و لذا جذب CO_2 و افزایش انتقال مواد فتوسنتزی به خارج برگ می‌شود [۱۵]، استفاده از نانو کود کلات آهن و پتاسیم موجب افزایش رشد اندام هوایی و متعاقب آن افزایش عملکرد وزن خشک اندام هوایی شده‌است. می‌توان اظهار داشت که استفاده از این ترکیبات ضمن فراهمی عناصر غذایی مورد نیاز گیاه، موجبات افزایش پیکره رویشی و تولید بیوماس را نیز فراهم آورده است. امالیوتیس (Amaliotis) و همکاران [۲۴] گزارش کردند که یک رابطه خطی معنی‌دار بین غلظت آهن و عملکرد گیاه وجود دارد. به طوری که در اثر مصرف آهن، مقدار کلروفیل، فتوسنتز و رشد رویشی گیاه افزایش یافته و این امر باعث افزایش سطح کربن‌گیری و در نتیجه میزان ماده خشک تولیدی در گیاه می‌شود. نتایج آزمایشی نشان داد که مصرف مقادیر مختلفی از عناصر کم مصرف باعث افزایش وزن خشک گیاه ترخون شد [۲۵]. همچنین بر طبق گزارشی محلول‌پاشی گیاه علف لیمو با ترکیبات آهن‌دار سبب افزایش عملکرد گیاه گردید [۲۶]. تأثیر پتاسیم در رشد به این دلیل قطعیت دارد که این عنصر در ساخت هیدروکربن و پروتئین نقش مؤثری دارد و در قسمت عمده فعالیت‌های سلولی سهمی به عهده این عنصر است [۱۶]. تعادل بین عناصر غذایی کم مصرف و پر مصرف در محیط رشد گیاه سبب افزایش عملکرد محصول می‌شود [۲۷].

نتایج این تحقیق با گزارش ترابیان و زاهدی بر روی ارقام آفتابگردان که محلول‌پاشی سولفات آهن به دو شکل معمول و نانو ذرات را به عنوان تیمار مؤثر در افزایش وزن خشک اندام هوایی اعلام نمودند مطابقت دارد، که محلول‌پاشی سولفات آهن به شکل نانو ذرات سبب افزایش ۷ درصدی وزن خشک اندام هوایی نسبت به محلول‌پاشی سولفات آهن به شکل معمول بود [۲۸]. جعفری و همکاران با مطالعه بر روی گیاه شوید مشاهده کردند که محلول‌پاشی با آمینو کلات آهن بیومس خشک را نسبت به تیمار شاهد ۷/۵ درصد افزایش داد [۲۹]. نتایج تحقیق فتحی و زاهدی نشان می‌دهد محلول‌پاشی اکسید آهن به شکل نانو ذرات در مقایسه با شکل معمول آنها تأثیر مثبت بیشتری بر تجمع ماده خشک در گیاه ذرت داشته است [۳۰]. رمرودی و همکاران طی تحقیق بر روی گیاه اسفرزه، اعلام نمودند که محلول‌پاشی با عناصر ریزمغذی در مقایسه با شاهد به طور معنی‌دار عملکرد بیولوژیک افزایش یافت [۱۷]. همچنین نتایج این تحقیق با گزارش حیدری و اصغری‌پور بر روی سورگوم دانه‌ای که تیمار کود سولفات پتاسیم در بیشترین سطح با بهبود شرایط رشدی به عنوان تیمار مؤثر در افزایش عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه اعلام نمودند، مطابقت دارد [۲۰]. نتایج مشابهی نیز در همین خصوص در تحقیقات جعفرزاده و همکاران، نشان داد که محلول‌پاشی نانو کود پتاسیم باعث افزایش معنی‌دار عملکرد بیولوژیک و عملکرد اقتصادی گندم نسبت به تیمار عدم محلول‌پاشی شد [۲۱]. یافته‌های پژوهش دیگر، افزایش عملکرد بیولوژیک سویا را بر اثر مصرف پتاسیم نشان می‌دهد که با نتایج پژوهش حاضر مطابقت دارد [۳۱].

بر اساس نتایج پژوهش صالحی و همکاران، افزایش میزان پتاسیم موجب افزایش تعداد دانه و عملکرد دانه شد [۳۲]. گزارش شده که استفاده از نانو لایه‌های کنشی در طراحی و ساخت کودهای شیمیایی جدید، منجر به افزایش قابل ملاحظه کارایی مصرف عناصر غذایی و متعاقبا عملکرد محصول خواهد شد [۳۳]. شیندە (Shinde) و همکاران نشان دادند که افزایش کاربرد کود پتاسیم، از طریق افزایش در قطر طبق و تعداد دانه‌های پر در طبق، باعث افزایش عملکرد اقتصادی آفتابگردان شد [۳۴]. میرزاپور و خوش گفتار منش، طی تحقیق بر روی گیاه آفتابگردان مشاهده کردند که مصرف خاکی ۲۰ کیلوگرم سکوسترن آهن در هکتار تأثیر مثبت و معنی‌داری بر عملکرد دانه آفتابگردان در خاک شور- سدیمی داشت [۳۵]. دانه‌ها آخرین مقصد مواد فتوسنتزی هستند و کارائی یک رقم یا یک کشت یا تیمار در نهایت تولید اقتصادی در زراعت‌هایی که دانه هدف تولید است را تعیین می‌کند و ممکن است کاهش یک جزء و افزایش اجزاء دیگر تغییرات چندانی در عملکرد

Archive of SID
www.SID.ir

ایجاد نکند. اما مقدار مناسب اجزاء عملکرد در حد آستانه اقتصادی می‌تواند باعث تولید عملکرد مناسبی شود [۳۲].

مواد مؤثره اگر چه اساساً با هدایت فرآیندهای ژنتیکی ساخته می‌شوند، اما سنتز آنها به طور بارزی تحت تأثیر عوامل محیطی قرار می‌گیرد، به طوری‌که عوامل محیطی سبب تغییراتی در رشد و نمو گیاهان دارویی و نیز کمیت و کیفیت مواد مؤثره آنها می‌شود [۲۷]. موسیلاژها پلی‌ساکاریدهای مهم با کاربرد دارویی هستند [۳۶]. در کلروپلاست دارای کمبود آهن سرعت جذب CO_2 فتوسنتزی به دلیل کاهش در ظرفیت فتوشیمیایی کاهش می‌یابد. کاهش کلروفیل و صدمه به انتقال الکترون فتوسنتزی موجب کاهش قندها و کاهش رشد می‌شود [۳۷]. مصرف برگی عناصر ریز مغذی به دفعات متعدد، ضمن رفع کمبود آنها سبب افزایش عملکرد کمی و کیفی گیاه نیز می‌شوند [۳۸]. نتایج تحقیقات متعدد حاکی از تأثیر مثبت کاربرد ریزمغذی‌ها در افزایش عملکرد کمی و کیفی گیاهان زراعی و دارویی می‌باشد [۴۰، ۳۹]. ایوانس (Evans) گزارش کرده است که در گیاه نعناع فلفلی با کاربرد کودهای شیمیایی، تعداد غدد ترشح کننده اسانس بیشتر می‌شود و به تبع آن، میزان اسانس در گیاه نیز افزایش می‌یابد [۴۱].

با توجه به اینکه عملکرد موسیلاژ حاصل‌ضرب عملکرد دانه و میزان موسیلاژ می‌باشد، لذا می‌توان بیان کرد که علت بالا بودن عملکرد موسیلاژ در این تیمارها، بالا بودن عملکرد دانه و میزان موسیلاژ تحت محلول‌پاشی تیمارهای مورد آزمایش می‌باشد. مطالعه رمرودی و همکاران [۱۷] بر روی اسفرزه نشان می‌دهد که محلول‌پاشی با عناصر ریزمغذی در مقایسه با شاهد به‌طور معنی‌دار عملکرد موسیلاژ را افزایش داد. برخی محققین کاربرد کودها را در افزایش عملکرد دانه و موسیلاژ اسفرزه مؤثر دانسته‌اند [۴۳ ، ۴۲].

نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج حاصل از این تحقیق، کاربرد ۲ گرم در لیتر نانو کود کلات آهن و ۳ گرم در لیتر نانو کود پتاسیم و همچنین اثر متقابل آنها بهترین نتایج را در میان کلیه تیمارهای مورد مطالعه بر عملکرد وزن خشک اندام هوایی، عملکرد دانه (مهم‌ترین صفات کمی) و عملکرد موسیلاژ (مهم‌ترین صفت کیفی) گیاه اسفرزه داشته اند. بنابراین می‌توان بیان کرد که محلول‌پاشی نانو کود کلات آهن و پتاسیم از طریق عرضه پایدار عناصر غذایی کم مصرف و پر مصرف می‌تواند موجب بهبود رشد، نمو و عملکرد محصول گیاه دارویی اسفرزه شود.

تشکر و قدردانی

این تحقیق با حمایت گروه پژوهشی کشت و توسعه گیاهان دارویی در پژوهشکده گیاهان دارویی جهاد دانشگاهی انجام شده است.

منابع

1. Omidbaigi R. Production and processing of medicinal plants. 5th ed. Astan Quds Razavi Press. Iran. 2009, pp: 373.

2. Chakraborty, MK, and Patel KV. Chemical composition of Isabgol (*Plantago ovata* Forsk.) seed. *Journal of Food Science and Technol*. 1992; 29: 389 - 90.

3. Ghahraman A. Colored Flora of Iran.11th ed. Institute of Forests and Rangelands Press. Iran. 1959. No: 1339.

4. Davazdah Emami S and Majnoon Hosseini N. Cultivation and production of medicinal plants and spices. Tehran University Press. Iran. 2008, pp: 98.

5. Atal CK and Kapur BM. Cultivation and utilization of medicinal plants. Regional Research Laboratory Jammu-Tawi. India. 1982, pp: 406 - 17.

6. Zargari A. Medicinal plants. 4th ed. Tehran University Press. Iran, pp: 194 - 205.

Archive of SID
www.SID.ir

7. Youngken H.M. A text book of pharmacognosy. 6th ed. philadelphia: The Blakiston Co. 1950, pp: 802 – 11.

8. Barna KS and Wakhlu AK. callus initiation, growth and plants regeneration in *plantago ovate* Forsk. *Plant Cell Tissue and Organ Culture*. 1988; 15: 169 - 73.

9. Vazirian M, Tahvilzadeh M, Nirumand Cheraghi M, Youssef Beik F, Manayi A, Iran-Nejad Sh, Rostayi A, Salimi A, Shabani A and Madani S. Phytotherapy by the Most Common Medicinal Herbs of Iran. 1st ed. For Tomorrow Press. Iran. 2011. 238 pages.

10. Assaf S, Phillips GO, Williams PA, Halver ME and Dettmar PW. The husk of *Plantago ovata* further characterisation. *Gastroenterol*. *Tehran SID*. 1999; 116: 24 - 8.

11. Ghasemi A. Medicinal and Aromatic Plants. Islamic Azad University of Shahrekord. 2010; 536 Pages.

12. MirMsumi M. Mucilage studied in Plantaginaceae with tissue culture and grown in a field. MSc thesis of plant sciences. Tehran University. 1991.

13. Koocheki A and Khajeh-Hosseini M. Modern agriculture. Mashhad SID Press. 2008, 704 pages.

14. Mahmoudi HA, Mahdavi Damghani A and Liaghati H. Introduction to organic agriculture. 1st ed. Mashhad SID Press. 2008, pp: 10.

15. Gardner FP, Piers R and Michelle L. Physiology of crop plants. Translation: Koocheki A, and Sarmadnia Gh. 16th ed. Mashhad SID Press. 2011, 400 pages.

16. Salardini A. Soil Fertility. 7th ed. Tehran University Press. 2005, 434 pages.

17. Ramroudi M, Kikhazhaleh M, Gluy M, Seghatoleslamiand MJ and baradaran R. Effects of Foliar Micronutrients and irrigation regimes on yield and quality of the psyllium (*Plantago ovate* Forsk.). *Journal of Agricultural Ecology* 2011; 2: 219 - 26.

18. Monsef Afshar R, Hadi H, Pirzad A. Effect of Nano-iron foliar application on qualitative and quantitative characteristics of cowpea, under end season drought stress. *International Research Journal of Applied and Basic Sciences* 2012; 3(8): 1709-17.

19. Mazaherinia S, Astarayi A.R, Fatut A and Manshi A. Effect of iron oxide (nano and normal) with granular sulfur compost on Fe concentrations and growth of wheat plants Attila. *Farming Research of Iran* 2010; 8 (5): 855 - 61.

20. Heidari M and Asgharipour M.R. Effect of potassium sulfate on yield and yield components of grain sorghum (*Sorghum bicolor*) under drought stress. *Iranian Journal of Agricultural Res*. 2012; 10 (2): 374-381.

21. Jafarzadeh R, Jami Moeini M and Hokm Abadi M.R. Wheat yield response to foliar and soil application of potassium fertilizer Nano. *Journal of Farming Res.* 2013; 5 (2): 189 - 97.

22. Shekari F, Mehrafarin A, Naghdi Badi H, Hajiaghaei R and larzghadiri M. Comparison of changes in level of mucilage of psyllium seed (*Plantago psylium* L.) based on various extraction methods. National Congress on Medicinal plants. Kish island. 2012, p: 287.

23. Mengel K and Kirby EA. Principles of plant nutrition. International Potash. 1987, Inst. 320 p.

24. Amaliotis D, Velemis D, Bladenopoulou S and Karapetsas N. Leaf nutrient levels of strawberries (cv. Tudla) in relation to crop yield. *Acta Hort*. 2002; 567: 447 - 50.

25. Glyn M.F. Mineral nutrition, production and artemisin content in *Artemisia annua* L. *Acta Hort*. 2002; 426: 721 - 8.

26. Singh RK, Singh RP and Singh RS. Effect of iron on herbage and oilyield of lemon grass (*Cymbopogon flexuosus*). *Crop. Res*. 2003; 26: 185 - 7.

27. Omidbaigi R. Production and processing of medicinal plants. 1st ed. Astan Quds Razavi Press. Iran. 2005, 347 pages.

Archive of SID
www.SID.ir

28. Trabian Sh and Zahedi M. Effect of iron sulfate foliar feeding in two forms OF common and nanoparticles on the growth of sunflower varieties under salt stress. *Iranian Journal of Crop Sciences* 2013; 44 (1): 109 - 18.

29. Jafari F, Gholchin A and Shafiei S. Effect of foliar application of nitrogen and amino chelated iron on growth and yield of *Anethum graveolens*. *Science and Technology of Greenhouse Culture*. Iran. 2014; 5(17): 1-12.

30. Fathi AR and Zahedi M. Effect of foliar application of iron oxide nanoparticles on the growth and ionic content in two maize genotypes differing in soil salinity. *Journal of Agricultural Res*. 2014; 12 (1): 110 - 17.

31. Roshandel I. Effect of combined nitrogen and potassium fertilizer on agronomic characteristics of soybean. *Agribusiness Journal* 2010; 125: 56 - 8.

32. Salehi R, Maleki A and Dehghanzadeh H. Effect of potassium and zinc on yield and yield components of SC 704 corn under irrigation disconnected stress. *Crop Production in Environmental Stress* 2012; 4(3): 59-70.

33. De Rosa MR, Monreal C, Schnitzer M, Walsh R and Sultan Y. Nanotech- nology in fertilizers. *Nature Nanotechnol*. 2010; 5: 91 - 2.

34. Shinde SV, Naphad S, Kohale K and Fulzete G. Effect of varying levels of potash on seed and oil yield of sunflower. *P. K. V Res. J.* 1993; 17 (1): 31 - 2.

35. Mirzapur MH, and Khoshgoftarmanesh AH. Zinc application effects on yield and seed oil content of sunflower grown on a saline calcareous soil. *Journal of Plant Nutrition* 2006; 29 (10): 1719-27.

36. Fattahi M and Fattahi b. Principles of Medicinal Plants. Tehran SID Press. 2010, 473 pages.

37. Marschner H. Mineral nutrition of higher plants. Acadmic Press London 1995, pp: 313 - 23.

38. Whitty EN and Chambliss C. Fertilization of Field and Forage Crops. Nevada State University Publication. 2005, pp: 21.

39. Mosavi SR, Galavi M and Ahmadvand G. Effect of zinc and manganese foliar application on yield, quality and enrichment on potato (*Solanum tuberosum* L.). *Asian Journal of Plant Science* 2007; 6: 1256 - 60.

40. Babhulkar PS, Dinesk K, Badole WP, Balpande SS and Kar D. Effect of Sulfur and zinc on yield, quality and nutrient uptake by safflower in vertisols. *Journal of the Indian Society of Soil Science* 2000; 48: 541 - 3.

41. Evans WC. Trease and Evans. Pharmacognosy. 14th Ed. Chapter 21. “Volatile oils and resins”, Wiley. New York. 1996, Pp.450.

42. Parihar G.N and Singh R. Response of psyllium (*Plantago ovata*) to nitrogen and phosphorus fertilization. *Indian Journal of Agronomy* 1995; 40: 529 - 31.

43. Singh D, Chand S, Anvar M and Patra D. Effect of organic and inorganic amendment on growth and nutrient accumulation by isabgol (*Plantago ovata*) in sodic soil under greenhouse conditions. *Journal of Medicinal and Aromatic Plant Science* 2003; 25: 414 - 9.

Archive of SID

www.SID.ir