

تأثیر نوع و روش کاربرد کودهای نانو و شیمیایی بر عملکرد دانه و اسانس گل گاو زبان اروپایی (*Borago officinalis* L.)

پریزاد محمودی^۱، مهرداد یارنیا^{۲*}، ورهرا رشیدی^۱، رضا امیرنیا^۱، علیرضا تارینزاد^۳

^۱گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران.

^۲گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران.

^۳گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه شهید مدنی آذربایجان، تبریز، ایران.

تاریخ دریافت: ۹۷/۲/۲۹ تاریخ پذیرش: ۹۷/۶/۱۵

چکیده

به منظور بررسی اثر مصرف کودهای شیمیایی و نانو بر عملکرد و اسانس گیاه دارویی گل گاو زبان، آزمایشی در دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز در قالب اسپلیت پلات بر پایه‌ی طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در سال ۹۲ اجرا گردید. سطوح مختلف کود در ۱۱ سطح شامل کودسولفات آهن، نانو آهن ۱۰ درصد، سولفات روی، نانو روی ۲۰ درصد، نانو اوره، سولفات پتاس، نانوپتاس ۲۳ درصد، کود میکرو کامل، نانوسوپر میکرو کامل و شاهد و سطوح مختلف روش کاربرد کود در سه سطح شامل مصرف خاکی، محلول پاشی، مصرف خاکی+محلول پاشی در نظر گرفته شدند. نتایج نشان داد که مصرف کود اوره باعث افزایش وزن خشک سرشاخه گلدار و ارتفاع بوته نسبت به شاهد گردید. مصرف کود نانو اوره موجب افزایش سطح برگ، شاخص برداشت، اسانس گل و عملکرد اسانس نسبت به شاهد گردد. کاربرد اوره و پتاس در هر دو فرم شیمیایی و نانو بیشترین تاثیر افزایشی در سرشاخه‌های گلدار و اسانس گل را داشتند. کاربرد نانو اوره، مقدار تولید اسانس گیاه را افزایش داد. با توجه به اثرات مطلوب کودهای نانو نسبت به کودهای شیمیایی استفاده از این نوع کودها در راستای کشاورزی پایدار گامی موثر خواهد بود.

واژه‌های کلیدی: اسانس، اوره، دانه، گل گاو زبان، نانو کود

مقدمه

ویژه‌ای برخوردار هستند. با توجه به نیاز روز افزون به گیاهان دارویی و تأثیر کودها بر روی کیفیت و کمیت آنها، لازم است که بهترین کودها برای افزایش کارایی شناسایی شوند. محققین تلاش‌های زیادی برای افزایش تولید گیاهان دارویی با استفاده از کودها انجام داده اند (Das et al., 2007; Sharma and Kumar, 2011). نکته حایز اهمیت در مورد این دسته از گیاهان، سیستم تغذیه‌ای است که باید برای آنها فراهم شود (Astaraci, 2006). در واقع این دسته از گیاهان به منظور تولید مواد مؤثره دارویی نیاز به یک سیستم تغذیه‌ای مناسب شامل انواع عناصر غذایی

از بین رفتن حاصلخیزی خاک در بسیاری از کشورهای درحال توسعه به علت برداشت و خروج عناصر غذایی با کاشت ارقام اصلاح شده و مصرف کودهای شیمیایی یک خطر جدی برای امنیت غذایی و محیطی به حساب می آید. افزایش ماده خشک با روش‌های به زراعی و به نژادی یکی از اهداف مورد نظر در تولید گیاهان دارویی می‌باشد. عناصر غذایی پرمصرف و کم مصرف در این زمینه از اهمیت

*نویسنده مسئول: m_yarnia@yahoo.com

دارند و با افزایش حاصلخیزی خاک می‌توان کارایی نهاده‌ها را افزایش داد (Monica and Cremonini, 2009). مطالعاتی که تاکنون درباره گیاهان دارویی صورت گرفته نشان می‌دهد که کاربرد کودهای شیمیایی باعث بهبود وضعیت رشد و جذب عناصر در این گیاهان می‌شود (Kumawat et al., 2006).

Yadegari (۲۰۱۶) نشان داد استفاده از کودهای نیتروژنه به همراه دیگر ریز مغذی‌ها همانند بور، وزن تر گل را در باد رنجبویه به‌طور معنی‌داری افزایش داد و همچنین بیان کردند ریز مغذی‌ها در ساختار کلروفیل شرکت می‌کنند و محتوای کلروفیل گیاه را افزایش می‌دهند. Hassani و همکاران (۲۰۱۵) گزارش نمودند که استفاده از کودهای شیمیایی آهن و روی معمول نسبت به گروه بدون استفاده از کود تأثیر معنی‌داری بر وزن تر سر شاخه گلدار در گیاه دارویی نعنای فلفلی نداشت. نشان داده شده است که نانو ذرات روی به شکل معنی‌داری محتوای کلروفیلی را افزایش دادند (Tarafdar et al., 2014).

فنآوری زیستی و فناوری اطلاعات در حال همگرایی به سمت فناوری نانو بوده و در نهایت با همگرایی این سه فناوری، مرحله توسعه سریع نوآوری‌های مهم و تاثیرگذار از جمله در بخش کشاورزی شروع خواهد شد. در سال‌های اخیر نحوه تأثیر تغذیه عناصر مورد نیاز به شکل نانو ذرات بر رشد و نمو گیاهان مورد توجه قرار گرفته و نتایج مثبتی در این رابطه گزارش شده است. استفاده از فناوری نانو در کلیه عرصه‌ها از جمله کشاورزی در حال گسترش می‌باشد. فرآورده‌های نانو شامل مخلوطی از ذره‌هایی با ابعاد بین ۱ تا ۱۰۰ نانومتر هستند که می‌توانند خصوصیات فیزیکی و شیمیایی مواد اولیه خود را تغییر دهند (Monica and

Cremonini, 2009). نتایج مطالعات موجود بیانگر واکنش متفاوت گونه‌های مختلف گیاهان به مواد غذایی تهیه شده به شکل نانو می‌باشد (Zhu et al., 2008).

Najafi Vafa و همکاران (۲۰۱۵) گزارش نمودند که استفاده از کودهای نانو روی به شکل معنی‌داری وزن تر گل در گیاه مرزه نسبت به تیمار بدون کود را افزایش داد. Amirmia و همکاران (۲۰۱۴) گزارش نمودند که از بین کودهای نانو، تنها کود نانو آهن توانست بطور معنی‌داری وزن تر گل زعفران را در مقایسه با کودهای نانو پتاس و نانوفسفر افزایش دهد. گزارش‌هایی مبنی بر تأثیر مثبت مواد غذایی نانو بر رشد برخی از گیاهان از جمله بادام زمینی (Prasad et al., 2010)، نخود (Pandey et al., 2010) و اسفناج (Yang et al., 2006) وجود دارد. در مطالعه Zhu و همکاران (۲۰۰۸)، گیاه کدو قادر به جذب، انتقال و تجمع مواد نانو در بافت‌های خود بود، در حالی که جذب و انتقال این مواد توسط گیاه لوبیا انجام نشد.

از بین گیاهان دارویی، گل گاو زبان گیاهی است علفی و یکساله که بیشتر به‌منظور استفاده‌های درمانی کشت می‌شود. از گل و برگ این گیاه به عنوان یک ماده معرق، آرام کننده و تصفیه کننده خون استفاده می‌شود (Wettasinghe and Shahidi, 2000). فناوری نانو از پتانسیل عظیمی جهت دستیابی به کشاورزی پایدار خصوصاً در کشورهای در حال توسعه برخوردار است. باتوجه به بهبود کمیت و کیفیت گیاهان دارویی تحت تأثیر کاربرد کودهای شیمیایی در این تحقیق هدف بر آن است تا با کاربرد سطوح مختلف و مقایسه‌ای کودهای شیمیایی معمول و نانو، میزان تاثیرگذاری و تفاوت این دو دسته کود بر عملکرد دانه و اسانس گل گیاه دارویی گل گاو زبان اروپایی مورد بررسی قرار گیرد.

مواد و روش‌ها

محدوده قلیایی ضعیف تا متوسط قرار داشته و خطر شوری قابل ملاحظه‌ای در سطح الارض خاک وجود نداشت.

این آزمایش در سال زراعی ۱۳۹۲ در ایستگاه کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی تبریز واقع در ۵ کیلومتری تبریز اجرا گردید. pH خاک‌های منطقه در

جدول ۱: برخی از ویژگی‌های فیزیک و شیمیایی خاک مزرعه

عمق (cm)	آهن (ppm)	مس (Ppm)	روی (ppm)	منگنز (ppm)	ازت کل (%)	فسفر (ppm)	پتاسیم (ppm)	بر قابل جذب (ppm)
۰-۳۰	۰/۴۳	۰/۳۸	۰/۸	۱/۱۵	۰/۱۱	۳۹/۷۲	۳۵۲	۲/۱۲

عمق‌های ۵ تا ۳ سانتی متری خاک به صورت دستی و با کاشت ۲ بذر در هر کپه انجام شد.

تعداد کل کرت‌های آزمایشی در سال اول متشکل از ۹۹ کرت و هر کرت با ابعادی به طول ۴ و عرض ۳ متر با ۴ ردیف کاشت با فاصله ۷۵ سانتی متر بود. به منظور آماده سازی زمین جهت کاشت گل گاو زبان، در فصل بهار عملیات تهیه زمین محل اجرای آزمایش شامل شخم، دیسک زنی، ایجاد جوی و پشته و کرت بندی انجام شد. کود پاشی قبل از کاشت به صورت شیاری با کود اوره بر مبنای ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار برای تمام کرت‌ها و کودهای فسفوره و پتاسه به مقدار ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار انجام گرفت. البته در موقع تنک کردن در مرحله ی ۳ تا ۴ برگی با در نظر گرفتن تراکم مورد نظر یک بوته نگهداری شد. همین طور به پخش کود سرک اوره نیز بر مبنای ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار برای تمام کرت‌ها اقدام گردید. آبیاری مزرعه با توجه به وضعیت رطوبتی خاک و شرایط محیطی هر ۷ روز یک بار انجام و در طول دوره‌ی رشد به منظور کنترل علف‌های هرز و جین دستی اعمال گردید. در طول فصل رشد یادداشت‌برداری‌ها و نمونه برداری‌های لازم در مورد اندازه‌گیری صفات مورد بررسی با حذف اثرات حاشیه انجام گرفت.

با آغاز مرحله گلدهی اقدام به محلول‌پاشی عناصر

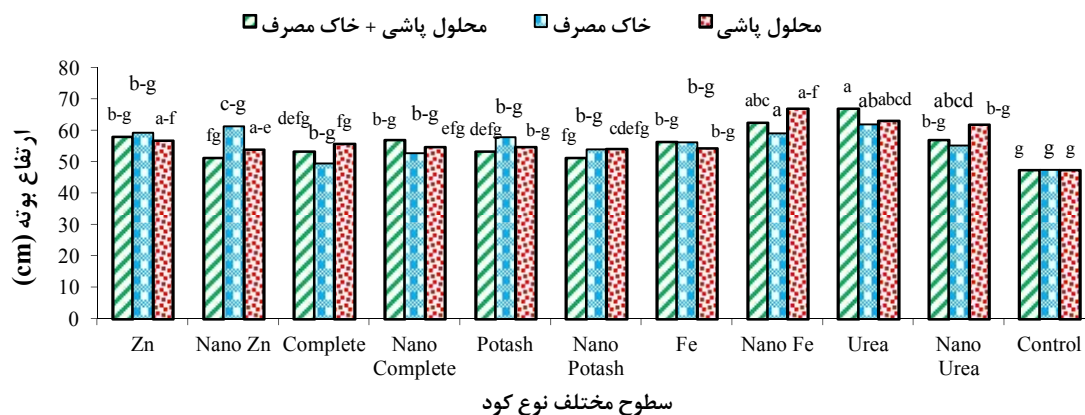
این بررسی در قالب آزمایش اسپلینت پلات بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی در ۳ تکرار اجرا گردید و تصادفی کردن مستقل برای انتصاب تیمارها به واحدهای آزمایشی انجام شد. سطوح مختلف کود به عنوان فاکتور اصلی در ۱۱ سطح شامل: ۱- کود سولفات آهن، ۲- نانو آهن ۱۰ درصد، ۳- سولفات روی، ۴- نانو روی ۲۰ درصد، ۵- اوره، ۶- نانو اوره، ۷- سولفات پتاس، ۸- نانو پتاس ۲۳ درصد، ۹- کود میکروکامل، ۱۰- نانو سوپر میکرو کامل (توصیه کودی برای گیاهان زراعی ۳-۲ کیلوگرم یا ۴ لیتر در هکتار همراه با آب آبیاری و به صورت محلول پاشی در تمام محصولات ۲ در هزار لیتر آب برای تیمارهای ۲، ۴، ۶، ۸ و ۱۰ می‌باشد) و ۱۱- عدم مصرف کود (شاهد) بودند. روش مصرف کود به عنوان فاکتور فرعی در ۳ سطح شامل (خاک مصرف، محلول پاشی، خاک مصرف + محلول پاشی) در نظر گرفته شدند. در این آزمایش از گل گاو زبان با نام انگلیسی Borage و نام علمی *Borago officinalis* L. استفاده شد. بذرها از شرکت پاکان اصفهان تهیه شد و بذور با فاصله ۱۵ سانتی متری از همدیگر در داغ آب پشته کاشته شدند. فاصله کرت‌های فرعی از یکدیگر یک خط نکاشت، و فاصله کرت‌های اصلی دو خط نکاشت و فاصله‌ی تکرارهای آزمایش ۲ متر در نظر گرفته شد. بذور در

داده‌های جمع‌آوری شده با استفاده از روش تجزیه واریانس مورد ارزیابی قرار گرفتند. میانگین‌ها با کاربرد آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد مقایسه شدند. برای آنالیز داده‌ها از نرم‌افزار SAS و برای ترسیم شکل‌ها از برنامه Excel استفاده شد.

نتایج

ارتفاع بوته: مقایسه میانگین اثرات متقابل عوامل آزمایشی نشان داد بالاترین میزان ارتفاع بوته با ۶۷/۳۰ سانتی متر در تیمار خاک مصرف توام با محلول پاشی کود اوره و کمترین ارتفاع بوته با اختلاف معنی دار معادل ۴۷/۵۳ سانتی متر در تیمار شاهد مشاهده گردید که نشان از اختلاف ۳۳ درصدی بین این دو تیمار است (شکل ۱). اگرچه کاربرد کود اوره باعث افزایش ارتفاع بوته در مقایسه با عدم کاربرد آن شده اما بین نوع کود اوره (اوره معمولی و نانو) تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. مصرف کودهای نانو آهن (خاک مصرف و مصرف توام خاک مصرف و محلول پاشی) اختلاف معنی دار نسبت به کود شیمیایی آهن و سایر کودها ایجاد نکردند. همین‌طور بررسی‌ها نشان از تاثیرگذاری معنی دار محلول پاشی نانو روی نسبت به شاهد داشت.

گردید، عناصر سولفات آهن و سولفات روی با غلظت ۵ در هزار، سولفات پتاسیم و کود اوره با غلظت ۵ درصد و کود کامل با غلظت ۲ در هزار و تمامی کودهای نانو با غلظت ۲ در هزار مورد مصرف قرار گرفتند. اندازه گیری سطح برگ یکبار، با انتخاب بوته‌های موجود در ۰/۵ متر طولی ردیف کاشت بر اساس نقشه آزمایش از هر کرت انجام شد. اندازه‌گیری سطح برگ هر بوته توسط دستگاه اندازه‌گیری سطح برگ مدل AM100 انجام شد. با شروع مرحله گلدهی از هر کرت ۵ بوته جهت اسانس‌گیری برداشت گردید. با شروع مرحله گلدهی از هر کرت ۵ بوته جهت اسانس‌گیری برداشت گردید. برای اسانس‌گیری ۵۰ گرم نمونه از سرشاخه گلدار خشک استفاده شد. اسانس‌گیری به روش تقطیر با آب مقطر و توسط دستگاه کلونجر به مدت دو ساعت انجام گردید. اسانس به دست آمده با استفاده از سولفات سدیم آب‌گیری شد. پس از رسیدگی بذر محصول اقدام به اندازه‌گیری تعداد بذر در بوته، ارتفاع بوته، سطح برگ، وزن تر و خشک یک سوم اندام هوایی گیاه و شاخص برداشت گردید.



شکل ۱: اثرات نوع کود مصرفی و روش مصرف آنها بر ارتفاع بوته گل گاو زبان

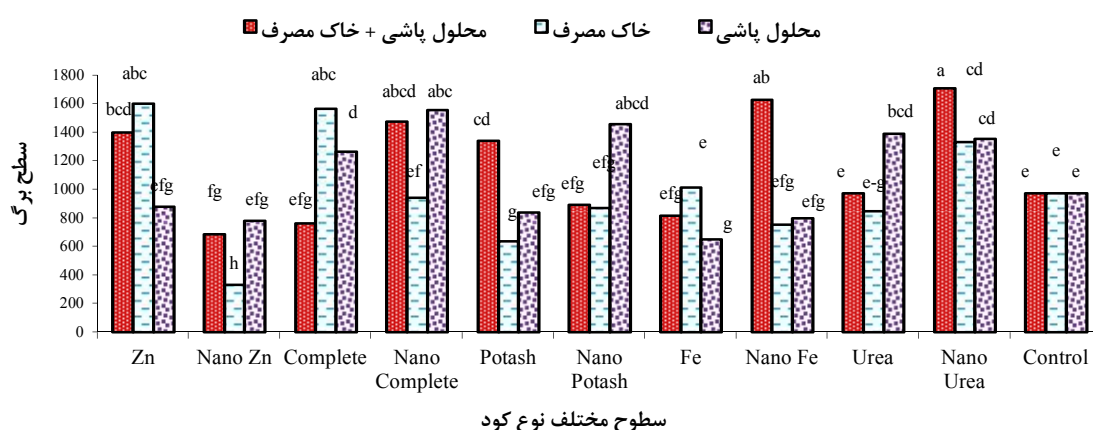
مصرف روی موجب افزایش ۴۳ درصدی، مصرف کود کامل به صورت خاک مصرف و محلول پاشی، به ترتیب موجب افزایش ۶۱ درصدی و ۳۰ درصدی، مصرف توام پتاس و نانو پتاس به فرم محلول پاشی، به ترتیب موجب افزایش ۳۷ درصدی و ۵۰ درصدی و مصرف توام نانو آهن و مصرف توام نانو اوره به ترتیب ۶۷ و ۷۵ درصدی افزایش میزان سطح برگ نسبت به گروه شاهد شده است (شکل ۲).

اثرات متقابل سطوح مختلف نوع مصرف و اثر اصلی سطوح کود بر سطح برگ بوته گل گاو زبان در سطح احتمال ۱ درصد معنی دار بود (جدول ۲). بالاترین میزان سطح برگ با ۱۷۰۶/۰ سانتی متر مربع با مصرف حاکی توام با محلول پاشی کود نانو اوره مشاهده شد، با این حال محلول پاشی کود اوره نیز تأثیر مشابهی بر این فراسنجه داشت. (شکل ۲). کاربرد کودهای روی به صورت خاک مصرف موجب افزایش ۶۴ درصدی و محلول پاشی توام با خاک

جدول ۲: تجزیه واریانس صفات مورد اندازه گیری در گیاه گاو زبان اروپایی

ضریب تغییرات (%)	Eb	A×B اثر متقابل	B مصرف کود	Ea	A مصرف کود	تکرار	درجه آزادی
۱۰/۵۴	۰/۱۳۶	۰/۱۰۸ ^{ns}	۰/۱۳۵ ^{ns}	۰/۴۰ ^{**}	۱/۱۳۴ ^{**}	۱۸/۰۴ ^{**}	وزن خشک سرشاخه گلدار
۵/۶۹	۱۰/۳۱۴	۲۵/۱۴ ^{**}	۸/۰۷ ^{ns}	۱۵۳/۸۱ ^{**}	۱۹۲/۸۸ ^{ns}	۹۳۹۸/۸۶ ^{**}	ارتفاع بوته
۳۲/۹۸	۵۹۲۴/۵۶	۵۵۱۱/۹۱ ^{ns}	۵۲۷۱/۸۲ ^{ns}	۱۲۴۵۳/۳۷ [*]	۲۸۰۰۶/۴۰ [*]	۸۹۴۹۸/۹۱ [*]	تعداد دانه در بوته
۱۲/۲۸	۴/۸۳	۴۷/۹۲ ^{**}	۱۴/۵۷ [*]	۱۳/۹۰ ^{**}	۷۷/۹۵ ^{**}	۰/۴۷ ^{ns}	تعداد شاخه
۳۲/۲۶	۱۲۰۱۳۰/۲	۳۱۱۴۳۲/۱ ^{**}	۲۱۹۳۶۸/۴ ^{ns}	۶۷۰۵۰/۲ ^{ns}	۵۳۵۲۷۵/۳ ^{**}	۱۸۲۴۱۶/۴ ^{ns}	سطح برگ
۱۳/۴۱	۴/۵۷	۱۶/۰۸ ^{**}	۳۷/۷۸ ^{**}	۵/۰۸ ^{ns}	۲۸/۲۳ ^{**}	۱۳/۴۲ ^{ns}	وزن خشک برگ
۱۹/۸۱	۰/۱۴	۰/۱۱ ^{ns}	۰/۰۷ ^{ns}	۰/۵۵	۴/۴۹ ^{**}	۰/۰۶ ^{ns}	درصد اسانس
۲۰/۵۳	۱/۸۷	۱/۷۱ ^{ns}	۱/۱۵ ^{ns}	۸/۳۴ ^{**}	۴۹/۴۹ ^{**}	۶۲/۸۳ ^{**}	عملکرد اسانس
۱۵/۱۳	۱/۳۳	۶/۵۶ ^{**}	۱/۱۱ ^{ns}	۱/۷۰ ^{**}	۶/۱۳ ^{**}	۵/۲۷ ^{ns}	شاخص برداشت

ns، * و ** به ترتیب بیانگر عدم اختلاف معنی دار، معنی دار در سطح ۵ و ۱ درصد می باشد.



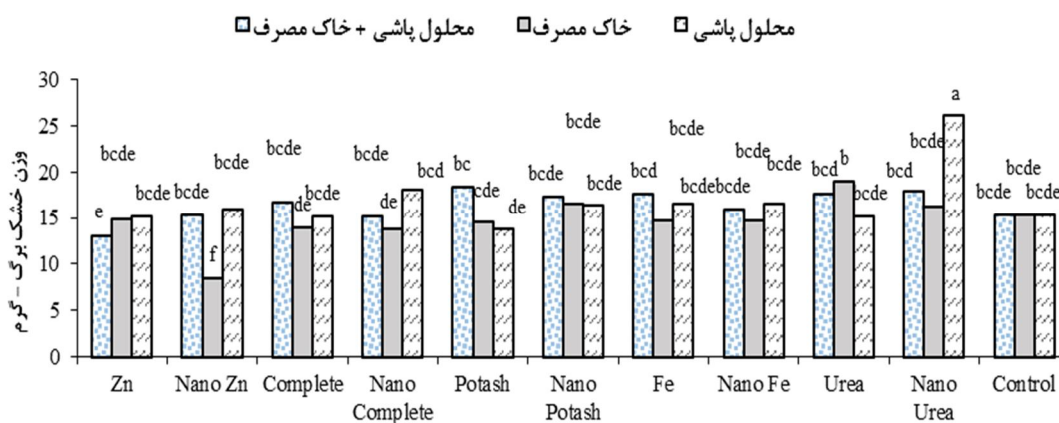
شکل ۲: اثرات نوع کود مصرفی و روش مصرف آنها بر سطح برگ بوته گل گاو زبان

و نوع مصرف کود اثر معنی داری داشته است (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین ها بیانگر آن بود که بیشترین

وزن خشک برگ: تجزیه واریانس داده های حاصل از وزن خشک برگ مشخص کرد که اثر متقابل نوع کود

(شکل ۳). نتایج نشان داد که محلول پاشی + استفاده خاکی کود نانو اوره تأثیر معنی‌داری بر روی وزن خشک برگ و وزن خشک اندام‌های هوایی داشت، بطوریکه استفاده‌ی توأم خاکی و محلول پاشی کود نانو اوره بطور معنی‌داری وزن خشک برگ را افزایش داد.

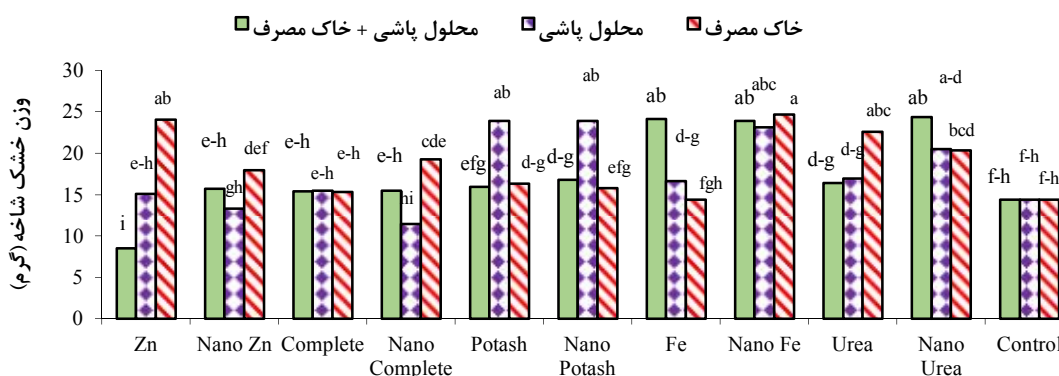
وزن خشک برگ با میانگین ۲۶/۱۸ گرم به تیمار محلول پاشی نانو اوره اختصاص داشت که اعمال این تیمار نسبت به اعمال سایر تیمارهای کودی منجر به ایجاد اختلاف معنی‌دار شد. کمترین وزن خشک برگ نیز با میانگین ۸/۴۲ گرم در تیمار خاک مصرف نانو اوره مشاهده گردید که موجب ۶۷/۸ درصد کاهش معنی‌دار نسبت به تیمار محلول پاشی نانو اوره گردید



شکل ۳: اثرات نوع کود مصرفی و روش مصرف آنها بر وزن خشک برگ بوته گاوزبان

مختلف مصرف نانو آهن و نانو اوره باعث افزایش وزن خشک شاخه‌های گل گاو زبان نسبت به عدم مصرف کود گردید. این امر نشان دهنده تأثیرپذیری تولید شاخه در این گیاه از مصرف کود می‌باشد (شکل ۴).

وزن خشک شاخه بوته: اثرات متقابل دو فاکتور بر روی این صفت معنی‌دار بود (جدول ۲). نتایج حاصل از مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که مصرف توأم خاکی و محلول پاشی روی، محلول پاشی پتاسیم و نانوپتاسیم، مصرف خاکی آهن و اوره و روش‌های



شکل ۴: اثرات نوع کود مصرفی و روش مصرف آنها بر وزن خشک شاخه بوته گاو زبان

وزن خشک سرشاخه گلدار در بوته: نتایج آزمایش نشان داد که بالاترین میزان وزن خشک سرشاخه گلدار با ۴/۲۰ گرم در تیمار مصرف کود اوره مشاهده شد. مصرف اوره توانست اختلاف معنی داری را نسبت به مصرف کودهای نانو روی؛ کود کامل؛ و کود نانوی کامل ایجاد کند. کمترین وزن خشک سرشاخه گلدار با ۲/۸۷ گرم در تیمار شاهد مشاهده گردید (جدول ۳).

جدول ۳: مقایسه میانگین سطوح مختلف کاربرد کود برای صفات مورد مطالعه

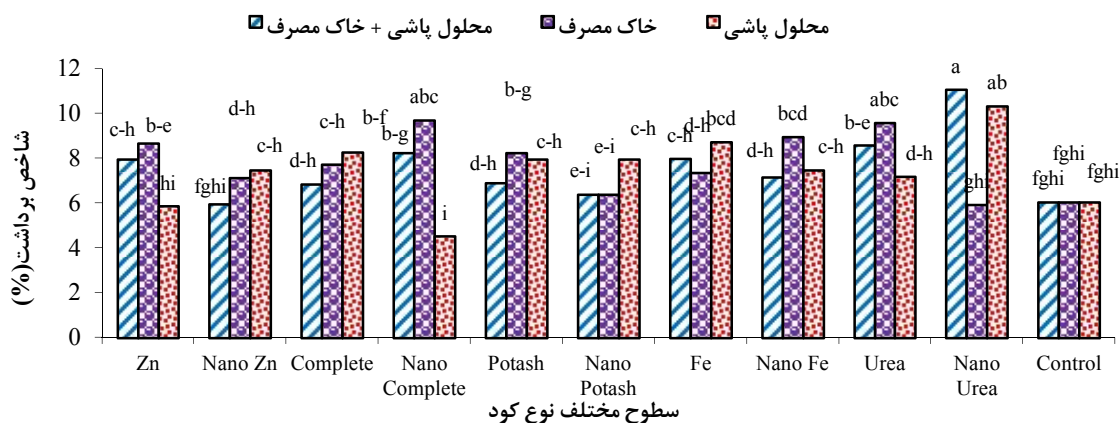
فاکتور A (نوع کود)	عملکرد اسانس mg/g	درصد اسانس (درصد)	تعداد دانه در بوته	وزن خشک سرشاخه گلدار (گرم)
روی	۳/۵۸ ^{de}	۱/۰۲ ^d	۲۳۵/۱ ^{abc}	۳/۶ ^{abc}
نانوروی	۶/۴۱ ^{bcd}	۱/۸۱ ^{cd}	۲۵۹/۵ ^{abc}	۳/۴۸ ^{bcd}
کود کامل	۷/۵ ^{bc}	۲/۲۵ ^{bc}	۱۸۳/۱ ^{bc}	۳/۳۶ ^{bcd}
نانو میکرو کامل	۸/۶۶ ^{ab}	۲/۹ ^{ab}	۱۵۹/۷ ^{bc}	۳/۰۱ ^{cd}
پتاس	۵/۳۷ ^{cde}	۱/۵۲ ^{cd}	۲۶۷/۶ ^{ab}	۳/۵ ^{abc}
نانو پتاس	۹/۲۱ ^{ab}	۲/۶۲ ^{ab}	۲۵۱/۳ ^{abc}	۳/۵۶ ^{abc}
آهن	۵/۴۶ ^{cde}	۱/۴۶ ^{cd}	۲۶۳/۲ ^{abc}	۳/۷۱ ^{abcd}
نانو آهن	۶/۳۳ ^{bcd}	۱/۶۶ ^{cd}	۳۲۹/۶ ^a	۳/۷۵ ^{ab}
اوره	۶/۷ ^{bcd}	۱/۵۹ ^{cd}	۲۶۸/۲ ^{ab}	۴/۲ ^a
نانو اوره	۱۰/۹۶ ^a	۳/۰۶ ^a	۲۱۱/۰۲ ^{abc}	۳/۵ ^{abcd}
شاهد	۳/۱۲ ^e	۱/۰۵ ^d	۱۳۸ ^c	۲/۸۷ ^d

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون و برای هر عامل مطابق آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی دار ندارند.

تعداد دانه در بوته: نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثرات نوع کود مصرفی بر تعداد دانه اثر معنی داری داشت (جدول ۲). مقایسه میانگین سطوح مختلف نشان داد که کود نانو آهن با میانگین ۳۲۹/۵۹ عدد بیشترین تعداد دانه و تیمار عدم مصرف کود با میانگین ۱۳۸/۰۰ عدد دارای کمترین تعداد دانه بودند. (جدول ۲).

شاخص برداشت دانه: نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثرات متقابل دو فاکتور بر روی این صفت معنی دار بود (جدول ۲). بیشترین شاخص برداشت با ۱۱/۰۹ درصد مربوط به تیمار مصرف خاکي توام با محلول پاشی کود نانو اوره و کمترین شاخص برداشت با

۴/۵۴ درصد به تیمار محلول پاشی کود نانو میکروکامل اختصاص داشت. مصرف خاکی توام با محلول پاشی کودنانو اوره توانست موجب افزایش معنی دار ۱۴ درصدی شاخص برداشت نسبت به مصرف محلول پاشی کود نانو میکرووی کامل گردد. نتایج بررسی‌ها نشان داد که بین تیمارهای مصرف خاکی توام با محلول پاشی نانو اوره، محلول پاشی نانو اوره، خاک مصرف نانو میکروکامل و خاک مصرف اوره اختلاف معنی داری وجود نداشت (شکل ۵). افزایش در شاخص برداشت می تواند مرتبط به افزایش رشد رویشی باشد.



شکل ۵: اثرات نوع کود مصرفی و روش مصرف آنها بر وزن شاخص برداشت دانه گل گاو زبان

بوته در تیمار خاک مصرف توام با محلول پاشی کود اوره و کمترین ارتفاع بوته در تیمار شاهد مشاهده گردید. مصرف کودهای نانو آهن (خاک مصرف و مصرف توام خاک مصرف و محلول پاشی) اختلاف معنی دار نسبت به کود شیمیایی آهن و سایر کودها ایجاد کردند. گزارش شده است که استفاده از نانو کودهای اوره، آهن و روی به منظور کنترل دقیق آزادسازی عناصر غذایی در گیاه گل گاو زبان جایگزین مناسبتری نسبت به کودهای شیمیایی است (Nahed and Balba, 2007)، در مطالعه‌ای روی گیاه سداب، کاربرد آهن، روی و منگنز در سطوح مختلف ۲۰ و ۴۵ روز بعد از کاشت ارتفاع گیاه را به طور قابل ملاحظه‌ای نسبت به شاهد افزایش داد (Naguib et al., 2003). نتایج مطالعات پراساد و همکاران، (Prasad et al., 2010)، روی گیاه سیاه دانه حاکی از آن است که کاربرد کودهای آهن و اوره، ارتفاع گیاه را از طریق اثر آنها در تقویت تقسیم سلولی و توسعه سلول افزایش داد. همچنین دیگر مطالعات نشان داده‌اند که مصرف نیتروژن، باعث افزایش رشد عمومی گیاه می‌شود (Patel et al., 2006). Janmohammadi و همکاران (۲۰۱۳) نشان دادند که استفاده از کودهای نیتروژن، فسفر و پتاسیم تأثیر معنی‌داری بر ارتفاع گیاه باد رشبو در دو منطقه پیرانشهر و مراغه نداشت. Hassani و

درصد اسانس: نتایج مقایسه میانگین اثرات نوع کود کاربردی بر درصد اسانس نشان داد که مصرف نانو اوره با میانگین ۰/۳۰۶ درصد بیشترین محتوای اسانس در مقایسه با تیمار شاهد با ۰/۱۰۵ درصد تولید کرد. در این بررسی مصرف نانوپتاس و کود کامل نیز توانستند محتوای اسانس گل گاو زبان را نسبت به عدم مصرف کود به صورت معنی دار افزایش دهند. میزان افزایش محتوای اسانس با کاربرد این کودها به ترتیب ۵۹/۹ و ۵۳/۳ درصد بود (جدول ۳).

عملکرد اسانس: نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که سطوح مختلف نوع کود مصرفی بر عملکرد اسانس گل گاو زبان اثر معنی‌داری داشته است (جدول ۲). کاربرد کود نانو اوره با میانگین ۱۰/۹۶ (میلی گرم بر بوته) بیشترین عملکرد اسانس و تیمار شاهد با میانگین ۳/۱۲ (میلی گرم بر بوته) دارای کمترین عملکرد اسانس بودند (جدول ۳). کاربرد نانوروی، کود کامل، نانو کامل، نانوپتاس، نانو آهن و اوره نیز افزایش معنی‌دار به ترتیب ۱۲/۸۴، ۵۸/۴، ۶۳/۹، ۶۶/۱ و ۵۰/۷ درصدی نسبت به عدم مصرف کود بر عملکرد اسانس این گیاه نشان دادند.

بحث

طبق نتایج به دست آمده در بالاترین میزان ارتفاع

همکاران (۲۰۱۵) در مطالعه‌ای بر روی نعنای فلفلی نشان داد که کودهای آهن، نانو آهن، روی، نانو روی، پتاس و نانو پتاس به‌طور معنی‌داری ارتفاع بوته را در گیاه نعنای فلفلی نسبت به شاهد افزایش دادند. آنها نشان دادند که کود آهن نسبت به دیگر کودها تأثیر بیشتری بر روی ارتفاع بوته داشت. این محققین معتقد بودند که کودهای شیمیایی معمول و نانو علاوه بر تحریک رشد، فعالیت متابولیکی را در گیاهان دارویی تغییر می‌دهند. Najafi Vafa و همکاران (۲۰۱۵) گزارش نمودند که استفاده از کودهای نانو روی در سطوح بالاتر به شکل محلول پاشی شکل معنی‌داری ارتفاع بوته را در گیاه مرزه نسبت به تیمار بدون کود افزایش داد. Mohamadipoor و همکاران (۲۰۱۳) نیز بیان نمودند که استفاده از کودهای آهن سولفات و نانو آهن اختلاف معنی‌داری برای صفت ارتفاع بوته در گیاه اسپاتی فیلوم نداشتند. همانگونه که از نمودار پیداست، تیمار اوره در استفاده توأم نیز تأثیر زیادی بر روی ارتفاع بوته داشت. در مطالعه‌ای، El Gendy و همکاران (۲۰۱۳) گزارش شد که استفاده از کودهای نیتروژنه به‌همراه کودهای زیستی ارتفاع بوته را در گیاه گوار افزایش دادند، این محققین معتقد بودند که افزایش ارتفاع به‌دلیل افزایش نیتروژن در ریشه می‌باشد که از طریق اثرات سینرژیستی با میکروارگانیسم‌ها فعالیت‌های فیزیولوژیکی و متابولیکی را در گیاهان افزایش می‌دهد. آنها بیان کردند که این افزایش اثر ممکن است باعث القای برخی ترشحات هورمونی همانند اکسین و سیتوکینین شود که ارتفاع بوته را افزایش می‌دهد.

دست یابی به کارایی بالاتر نیتروژن یکی از فاکتورهای حیاتی به منظور کاهش معضل آلودگی محیط زیست است. بزرگی سطح برگ ضمن اینکه به‌طور ژنتیکی کنترل می‌شود به نیتروژن برگ نیز داشته است. لذا تامین نیتروژن در مراحل مختلف به‌خصوص بعد از گل دهی تأثیر به‌سزایی در تداوم فعالیت سطح برگ دارد. از طرفی نیتروژن در توسعه و تقسیم سلول‌های جدید شرکت کرده و از طریق افزایش تعداد و سطح برگ و فراهم نمودن زمینه مناسب برای دریافت انرژی نورانی خورشید و نیز حضور در ساختار کلروفیل و آنزیم‌های درگیر در متابولیسم کربن فتوسنتزی، موجب افزایش بازده فتوسنتزی شده و نقش کلیدی در افزایش میزان اسانس دارد (Briat et al., 2015).

مصرف کودهای نانو اوره توانست به شکل معنی‌داری سطح برگ را افزایش دهد. به نظر می‌رسد مصرف کود نانو اوره به‌دلیل تجزیه‌ی کندتر به آرامی در خاک و در گیاه آزاد شده و موجب افزایش سطح برگ و در نتیجه فعالیت فتوسنتزی گیاه شده است (Kottegoda et al., 2012).

Janmohammadi و همکاران (۲۰۱۳) نشان دادند که استفاده از کودهای نیتروژنه، فسفر و پتاسیم تأثیر معنی‌داری بر روی وزن خشک برگ در گیاه باد رشبو در دو منطقه پیرانشهر و مراغه نداشت. Hassani و همکاران (۲۰۱۵) نیز نشان دادند که کودهای معمول شیمیایی و نانو توانستند به‌طور معنی‌داری وزن خشک برگ را در گیاه نعنای فلفلی افزایش دهند و بیشترین تأثیر مربوط به تیمار پتاس بود. در مطالعاتی بر روی نانو روی، Najafi Vafa و همکاران (۲۰۱۵) بیان کردند که با افزایش سطوح محلول پاشی کود نانو روی، وزن خشک برگ در گیاه مرزه افزایش یافت. این محققین بیان نمودند که ریزمغذی‌ها همانند روی در متابولیسم پروتئین‌ها شرکت می‌کنند و از این طریق می‌توانند بر روی صفات رویشی اثر داشته باشند. اما در مطالعه حاضر کودهای نانو اوره بیشترین تأثیر را در طی دو سال داشتند، El Gendy و همکاران (۲۰۱۳) بیان کردند که بکارگیری کودهای اوره به‌صورت استفاده در خاک به‌همراه کودهای زیستی به شکل معنی‌داری صفات رویشی را مرکبات افزایش دادند. مختصات فوق‌الذکر

آب و خاک، استفاده از آنها موثرتر از کاربرد نوع شیمیایی مرسوم باشد (Kottegoda et al., 2011).

تحقیقات نشان داده است آهن از طریق افزایش فعالیت فتوسنتزی و تولید مواد پروتئینی و کربوهیدرات‌ها در گیاه، سبب افزایش وزن دانه می‌شود. عنصر آهن تأثیر بیشتری در افزایش وزن دانه دارد که به دلیل نقش آن در تشکیل دانه و افزایش وزن دانه از طریق تأثیر بر فرآیند رشد زایشی و کمک به ماده سازی و تولید کربوهیدرات و پروتئین دانه می‌باشد (Yilmaz et al., 1997). مصرف پتاس و اوره نیز تعداد دانه در بوته را نسبت به عدم مصرف کود افزایش داد (جدول ۳). Ghavami و همکاران (۲۰۱۵) گزارش کردند محلول پاشی عناصر ریز مغذی بر روی گیاه گلرنگ باعث افزایش معنی دار تعداد دانه در بوته در مقایسه با شاهد گردید و بیشترین تعداد دانه در بوته به تیمار ترکیبی بُر و آهن تعلق داشت. Moradi و همکاران (۲۰۱۲) نیز بیان نمودند که کربوهیدرات و نیتروژن ذخیره شده در طول دوره گل دهی تعیین کننده میزان دانه‌بندی بوده و کمبود نیتروژن وزن دانه را از طریق کاهش فتوآسیمیلات‌ها کاهش می‌دهد. اما اینکه استفاده از کودهای اوره چرا نتوانستند بهبودی نسبت به شاهد ایجاد کنند، سازوکار آن مشخص نیست.

کودهای نانو اوره تأثیر معنی‌داری بر روی افزایش شاخص برداشت داشتند. کودهای نانو اوره تأثیر معنی‌داری بر برخی صفات رویشی گیاه داشتند که به‌نوعی تأیید کننده یافته‌های شاخص برداشت دانه می‌باشد. استفاده از کودهای نیتروژن-فسفره-پتاسیم نسبت به گروه شاهد تأثیر معنی‌داری بر شاخص برداشت باد رشبو در دو منطقه ی مراغه و پیرانشهر نداشت (Janmohammad et al., 2013). صفایی و همکاران (Safaei et al., 2014) نیز بیان نمودند که استفاده از کودهای نانو توانست شاخص برداشت را در

افزایش در وزن خشک در گروه نانو اوره را این‌گونه توجیه نمودند که نیتروژن در فرآیندهای سوخت و ساز گیاه نقش دارد و با افزایش در میزان تجمع ماده خشک در اندام‌های گیاهی مانند برگ، سبب افزایش وزن خشک برگ شده است. اما اینکه از لحاظ عددی، کارایی تیمار نانو اوره نسبت به اوره بهتر بوده است، این ممکن است بدلیل نقش در فرآیند جذب باشد.

نیتروژن از طریق درگیری در فرآیندهای سوخت و ساز گیاه ممکن است وزن خشک شاخه را بهبود دهد (El Gendy et al., 2013). در مطالعه Mohamadipoor و همکاران (۲۰۱۳) گزارش کردند که استفاده از روش مصرف خاکی و محلول پاشی کود نانو آهن تأثیر معنی‌داری بر وزن خشک سرشاخه گلدار اسپاتی فیلوم نداشت ولی استفاده از نانو کودها به شکل معنی‌داری وزن خشک سرشاخه‌ی گلدار را نسبت به کودهای آهن سولفات افزایش داد. در رابطه با تأثیرگذاری کود آهن نانو بر گیاهان اظهار شده که افزایش غلظت کود نانو آهن توانست با بهبود وزن برگ، وزن اندام‌های هوایی و همچنین وزن خشک غلاف‌ها، عملکرد دانه سویا را به طور معنی‌داری افزایش دهد. همچنین اظهار شده که محلول پاشی برگی آهن باعث افزایش ۳۸ تا ۴۲ درصدی عملکرد بادام زمینی در خاک‌های آهکی شد (Patel et al., 2006). El Gendy و همکاران (۲۰۱۳)

بیان کردند که بکارگیری کودهای اوره بصورت استفاده در خاک به همراه کودهای زیستی به شکل معنی‌داری صفات رویشی *Cymbopogon citratus* را افزایش داد. در این پژوهش مصرف کود اوره موجب افزایش ۴۶ درصدی وزن خشک سرشاخه گلدار نسبت به شاهد گردید ولی بین مصرف کود اوره و نانوی اوره اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. به نظر می‌رسد به دلیل برخورداری نانو کودها از نسبت سطح به حجم بالا و داشتن مزیت‌های زیست محیطی و تخریب کمتر منابع

افزایش سطح برگ، فرایند فتوسنتز زیاد شده و پیش ماده لازم برای تأمین انرژی و سنتز ترکیبات مؤثر اسانس فراهم می شود. پتاسیم و عناصر ریزمغذی از طریق نقش های الیگودینامیکی خود با شرکت در فرایندهای انتقال انرژی، فعال نمودن کینازها و شرکت در جذب اسمزی موجب بهبودی اثر نیتروژن بر فتوسنتز می شوند. افزایش میزان عملکرد اسانس در کاربرد کود در ریحان، شوید، انیسون و بابونه آلمانی نیز گزارش شده است (Golcz et al., 2006). Biesiada و همکاران (۲۰۰۸) گزارش کردند که افزایش نیتروژن سبب افزایش اسانس و میزان فنول ها شد. اما مطالعاتی نیز وجود دارد که ارتباط معکوسی بین درصد اسانس و میزان نیتروژن را گزارش کردند که در اثر استفاده از کودهای نیتروژن دار درصد اسانس کاهش می یابد (Lucy et al., 2004)، این اختلافات می تواند به دلیل نوع گیاه زراعی مورد مطالعه باشد.

نتیجه گیری نهایی

این مطالعه به منظور بررسی اثر مصرف کودهای شیمیایی و نانو بر عملکرد و اسانس گیاه دارویی گل گاو زبان انجام شد. مصرف کود نانو اوره موجب افزایش سطح برگ، شاخص برداشت، درصد اسانس گل و عملکرد اسانس نسبت به تیمار شاهد شد. استفاده از کود نانو آهن بطور معنی داری وزن خشک شاخه، تعداد دانه در بوته و وزن خشک را افزایش داد. همچنین استفاده از اوره و پتاس در هر دو فرم شیمیایی و نانو بیشترین تاثیر افزایشی در سرشاخه های گلدار و اسانس گل را داشت. با توجه به اثرات مطلوب کودهای نانو نسبت به کودهای شیمیایی استفاده از این نوع کودها در راستای اهداف کشاورزی پایدار و حفظ محیط زیست گامی مؤثر خواهد بود.

زیره سیاه نسبت به گروه شاهد افزایش دهد، این محققین افزایش در شاخص برداشت را به افزایش رشد رویشی نسبت داده اند.

کودهای نانو اوره نانوپتاس و کود کامل توانستند محتوای اسانس گل گاو زبان را نسبت به عدم مصرف کود به صورت معنی دار افزایش دهند. به کارگیری نانو کودها گیاه را قادر به جذب بیشتر میزان مواد غذایی کرده و خاصیت نانویی کودها منجر به افزایش دوره استفاده از کود در گیاه شده است (Pandey et al., 2010). نیتروژن در توسعه و تقسیم سلول های جدید حاوی اسانس و بیوسنتز اسانس و مواد مؤثره در گیاهان دارویی نقش مهمی ایفا می کند. با توجه به اینکه اسانس ها ترکیباتی از نوع ترپنوئیدها بوده که واحدهای سازنده آنها ایزوترپنوئید هستند و برای تشکیل نیاز به NADPH و ATP دارند، حضور عناصری مانند نیتروژن برای تشکیل این ترکیبات لازم بوده و کودهای نیتروژنه موجب افزایش درصد اسانس می شود. این عناصر علاوه بر تأثیر در فتوسنتز و تنفس، در تولید اسکلت کربنی (پیرووات) لازم جهت بیوسنتز نقش اساسی دارند (Sell, 2003). Miguel و همکاران (۲۰۰۷) گزارش کردند که سطوح متفاوتی از ریز مغذی ها روی میزان اسانس گیاه ترخون اثر گذاشته و موجب افزایش کیفیت اسانس شده است. Fhatuwani (۲۰۰۸) افزایش در تولید اسانس توسط کودهای نیتروژنه را به افزایش در تولید فنول نسبت داده اند، که با افزایش سطوح کودهای اوره میزان فنول افزایش یافت و درصد تولید اسانس نیز افزایش یافت.

کودهای نانو اوره، نانوروی، کود کامل، نانو کامل، نانوپتاس، نانو آهن و اوره سبب افزایش معنی دار عملکرد اسانس شدند. تحقیقات نشان داده است که دی اکسیدکربن و گلوکز به عنوان پیش ماده مناسب در سنتز اسانس و به ویژه مونوترپن ها مطرح هستند. با

References

- Amirnia, R., Bayat, M. and Tajbakhsh, M. (2014).** Effects of nano fertilizer application and maternal corm weight on flowering of some saffron (*Crocus sativus* L.) ecotypes. *Turkish Journal of Field Crops*. 19 (2): 158-168.
- Astaraci, A. (2006).** Effect of municipal solid waste compost and vermin-compost on yield and yield components of *Plantago ovata*. *Iranian Journal of Medicine Aromatic Plants*. 3: 180-187.
- Briat, J.F., Dubos, C. and Gaynard, F. (2015).** Iron nutrition, biomass production, and plant product quality. *Trends Plant Science*. 20: 33-40.
- Biesiada, A. and Kucharska. A. (2008).** The effect of nitrogen fertilization on yielding and antioxidant activity of Lavender (*Lavandula angustifolia* Mill.). *Acta Science Polish Hortorum Cultus*. 7(2): 33-40.
- Das, K., Dang, R., Shivananda, T.N. and Şekeroğlu, N. (2007).** Comparative Efficiency of Bio- and Chemical Fertilizers on Nutrient Contents and Biomass Yield in Medicinal Plant *Stevia rebaudiana* Bert. *International Journal of Natural and Engineering Sciences*. 1: 35-39.
- El Gendy, A.G., Taghred, A., Hegazy, S. and El-Sayed, S.M. (2013).** Effect of bio-fertilizers and/or urea on growth, yield, essential oil and chemical compositions of *Cymbopogon citratus* plants. *Journal of Applied Sciences Research*. 9(1): 309-320.
- Fhatuwani, N., (2007).** Effects of Nitrogen, Phosphorus, and Potassium Nutrition on Total Polyphenol Content of Bush Tea (*Athrixia phylicoides* L.) Leaves in Shaded Nursery Environment. *Hortscience*. 42 (2): 334-3488.
- Ghavami, S.H., Sharif Moghadasi, M. and Omid Tabrizi, O.H. (2015).** Evaluation of use Fe and Zn micronutrients application on quantitative and qualitative traits of safflower (*Carthamus tinctorius* L.). *Cumhuriyet University Faculty Journal Science*. 36(3): 20-25.
- Golcz, A., Politycka, B. and Seidler-Łożykowska, K. (2006).** The effect of nitrogen fertilization and stage of plant development on the mass and quality of sweet basil leaves (*Ocimum basilicum* L.). *Herba Polonica*. 52: 22-30.
- Hassani, A., Tajali, A.K. and Hosseini Mazinani, S.M. (2015).** Studying the Conventional Chemical Fertilizers and nono-fertilizer of iron, zinc and potassium on quantative yield of the Medicinal Plant of Peppermint (*Mentha Piperita* L.) in Khuzestan. *International Journal of Agriculture Innovations and Research*. 3:1078-1082.
- Janmohammadi, M., Sufi-Mahmoudi, Z., Ahadnezhad, A., Yousefzadeh, S. and Sabaghnia, N. (2013).** Influence of chemical and organic fertilizer on growth, yield and essential oil of dragonhead (*Dracocephalum moldavica* L.) plant. *Acta agriculture Slovenica*. 103: 73-81.
- Kottegoda, N.I., Munaweera, N., Madusanka, N. and Karunaratne, V. (2011).** A green slow-release fertilizer composition based on urea-modified hydroxyapatite nanoparticles encapsulated wood. *Current Science*. 101: 73-78.
- Kumawat, P.D., Jat, N.L. and Yadavi. S.S. (2006).** Effect of organic manure and nitrogen fertilization on growth, yield and economics of barely (*Hordeum vulgare*). *Indian Journal of Agricultural Science*. 76: 226-229.
- Lucy, M., Reed, E. and Glick. B.R. (2004).** Application of free living plant growth promoting rhizobacteria. *Ntonie Van Leeuwenhoek*. 86: 1-25.
- Miguel, M.G., Guerrero, C., Rodrigues, H. and Brito, J. (2007).** Essential oils of *Rosmarinus officinalis* L., effect of harvesting dates, growing media and fertilizers. *Proc. of the 3rd iasme/wseas int. conf on energy, environment, ecosystems and sustainable development, Agios Nikolaos, Greece*. 24-26.
- Monica, R.C. and Cremonini, R. (2009).** Nanoparticles and higher plants. *Caryologia*. 62: 161-165.
- Mohamadipoor, R., Sedaghatpoor, S. and Mahboub Khomami, A. (2013).** Effect of application of iron fertilizers in two methods 'foliar and soil application' on growth characteristics of *Spathiphyllum*

- illusion*. European Journal of Experimental Biology. 3(1): 232-240.
- Moradi, M., Motamed, M.K., Azarpour, E. and Khosravi Danesh, R. (2012)**. Effects of nitrogen fertilizer and plant density management in corn farming. ARPN Journal of Agriculture Biological Science. 7:133-137.
- Naguib Y.N., Hussein, M.S., El-Sherbeny, S.E., Khalil, M.Y. and Lazari, D. (2007)**. Response of *Ruta graveolens* L. To sowing dates and foliar micronutrients. Journal of Applied Sciences Research. 3(11): 1534-1543.
- Nahed, G.A. and Balba, L.K. (2007)**. Influence of tyrosine and zinc on growth flowering and chemical constituents of *Salvia farinacea* plants. Journal of Applied Sciences Research. 3(11): 1479-1489.
- Najafi Vafa, Z., Sirousmehr, A.R., Ghanbari, A., Khammari, I. and Falahi, N. (2015)**. Effects of nano zinc and humic acid on quantitative and qualitative characteristics of savory (*Satureja hortensis* L.). International Journal of Biosciences. 6:124-136.
- Pandey, A.C., Sanjay, S.S. and Yadav, R.S. (2010)**. Application of Zn nanoparticles in influencing the growth rate of *Cicer arietinum* L. Journal of Experimental Nanoscience. 5: 488-497.
- Patel, J.B., Patel, V.J. and Patel, J.R. (2006)**. Influence of different methods of irrigation and nitrogen levels on crop growth rate and yield of maize (*Zea mays* L.). Indian Journal of Science. 1(1-2): 175-177.
- Prasad, T.N.V.K.V., Sudhakar, P., Sreenivasulu, Y., Latha, P., Munaswamy, V. and Raja, K. (2010)**. Effect of nanoscale zinc oxide particles on the germination, growth and yield of peanut. Journal of Plant Nutrition. 350: 12-21.
- Safaei, Z., Azizi, M., Davarynejad, G. and Aroiee, H. (2014)**. The effect of foliar application of humic acid and nano-fertilizer on yield and yield components of black cumin (*Nigella sativa* L.). Journal of Medicinal Plants and By-products. 2: 133-140.
- Sharma, H. and Kumar, A. (2011)**. Effect of plant growth regulators and chemical fertilizers on growth and productivity of *Chlorophytum tuberosum* and *Pergularia daemia*. Journal of Medicinal Plants Research. 5: 2647-2651.
- Sell, C.S. (2003)**. A fragrant introduction to Terpenoid Chemistry. The Royal Society of Chemistry. Thomas Graham House. Science Park. Milton Road Cambridge, UK. pp. 410.
- Tarafdar, J.C., Raliya, R., Mahawar, H. and Rathore, I. (2014)**. Development of zinc nanofertilizer to enhance crop production in pearl millet (*Pennisetum americanum*). Agriculture Research. 3(3): 257-262.
- Wettasinghe, M. and Shahidi, F. (2000)**. Scavenging of reactive oxygen species and DPPH free radicals by extract of borage and evening primrose meals. Food Chemistry, 70 (2): 17-26.
- Yadegari, M. (2016)**. Effect of micronutrients foliar application and biofertilizers on essential oils of lemon balm. Journal of Soil Science and Plant Nutrition, 16 (3): 702-715
- Yang, F., Hong, F.S., You, W.J., Liu, C., Gao, F.Q., Wu, C. and Yang, P. (2006)**. Influences of nanoanatase tio₂ on the nitrogen metabolism of growing spinach. Biological Trace Element Research. 110: 179-190.
- Yilmaz, A., Kiz, H.E., Torun, B., Gulekin, I., Karanlk, S., Bagci, A. and Cakmak, I. (1997)**. Effects of different zinc application methods on grain yield and zinc concentration in wheat cultivars grown on zinc deficient calcareous soils. Journal of Plant Nutrition. 20: 461-471.
- Zhu, H., Han, J., Xiao, J.Q. and Jin, Y. (2008)**. Uptake, translocation and accumulation of manufactured iron oxide nano-particles by pumpkin plants. Journal of Environmental Monitoring. 10: 713-717.