

سنتر سبز نانوذره آهن و نقره با استفاده از عصاره چای سبز (*Camellia sinensis* L.) و بررسی اثر آن بر ویژگی‌های کمی و کیفی گل گاوزبان اروپایی (*Borago officinalis* L.)

مهدی دهمرده^{۱*}، رمضان تاجی^۲، عیسی خمیری^۳ و طیبه حداد^۴

۱- نویسنده مسئول، دانشیار، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل، زابل، ایران، پست الکترونیک: Dahmard@gmail.com؛ Dr.dahmardeh@uoz.ac.ir

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه گیاهان دارویی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل، زابل، ایران

۳- استادیار، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل، زابل، ایران

۴- کارشناس ارشد شیمی، دانشگاه زابل، زابل، ایران

تاریخ پذیرش: اسفند ۱۳۹۶

تاریخ اصلاح نهایی: بهمن ۱۳۹۶

تاریخ دریافت: تیر ۱۳۹۶

چکیده

به منظور بررسی سطوح مختلف تیمارهای نانوذرات آهن و نقره بر ویژگی‌های مورفولوژیک و فیزیولوژیک گل گاوزبان اروپایی (*Borago officinalis* L.)، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۹۵-۱۳۹۴ در پژوهشکده کشاورزی دانشگاه زابل انجام گردید. برای شناسایی نانوذرات سنتز شده از طیف‌سنجی مادون قرمز FT-IR و میکروسکوپ الکترونی روبشی استفاده شد. سپس نانوذره آهن در چهار سطح و نانوذره نقره در چهار سطح (شاهد، ۴۰، ۶۰ و ۸۰ ppm) به عنوان تیمارهای آزمایش به صورت جداگانه و مخلوط باهم در دو مرحله محلول‌پاشی شدند. نتایج این مطالعه نشان داد که محلول‌پاشی نانوذرات آهن و نانوذرات نقره هر یک به طور جداگانه تأثیر معنی‌داری بر میزان کربوهیدرات محلول، موسیلاژ، کلروفیل a، کاروتنوئید، تعداد برگ در بوته، تعداد ساقه فرعی در بوته، ارتفاع گل‌آذین، تعداد گل در بوته و وزن خشک گل داشتند. بیشترین سطح (۸۰ ppm) از نانوذرات آهن و نقره بیشترین تأثیر را بر صفات اندازه‌گیری شده نشان دادند. در تمامی صفات تأثیرگذاری نانوذره آهن بیشتر از نانوذره نقره دیده شد، بجز در میزان کلروفیل b، که نانوذره نقره تأثیر بیشتری نسبت به نانوذره آهن نشان داد. در استفاده توأم و همزمان از نانوذرات آهن و نقره در سطوح مختلف تأثیرات متفاوتی مشاهده شد که بیشترین تأثیر معطوف به بیشترین غلظت‌ها از این نانوذرات بود.

واژه‌های کلیدی: گل گاوزبان اروپایی (*Borago officinalis* L.)، عملکرد گل، کربوهیدرات، کلروفیل، نانوذره.

مقدمه

(Majnon Hosseini, 2008). امروزه به دلیل مشخص شدن عوارض جانبی داروهای شیمیایی، رویکرد عمومی به استفاده از گیاهان دارویی در حال افزایش است (Hecl & Sustrikova, 2006). گاوزبان گیاهی است از خانواده Boraginaceae. با نام علمی *Borago officinalis* L. و نام

گیاه دارویی به گیاهی گفته می‌شود که دارای مواد مؤثره مشخصی است و در درمان بیماری یا پیشگیری از بروز آن مورد استفاده قرار می‌گیرد و نام آن در یکی از دارونامه‌های معتبر بین‌المللی ذکر شده باشد (Davazdah Emami &

کاربردهای مهم این فناوری در کشور ایران و به‌ویژه در دو بحث کشاورزی و محیط‌زیست، این فناوری را نه به صورت یک انتخاب، بلکه یک ضرورت مطرح می‌سازد (Joseph & Marrison, 2006).

یکی از مهمترین کاربردهای فناوری نانو در کشاورزی استفاده از نانوکودها در تغذیه گیاه است (Rezaei *et al.*, 2009). از جمله ویژگی‌های جالب توجه مواد نانو، سبک و کوچک بودن آنها، استفاده در مقادیر کم، چند کاربردی بودن و صرفه‌جویی در مواد مصرفی است (Ali Nejad & Goli, 2005). نانوذرات نقره یک ترکیب ضد میکروبی جدید به‌شمار می‌رود و توانایی از بین بردن تعداد زیادی از باکتری‌های موجود در آب را دارد. در مطالعات Solgi و همکاران (۲۰۰۹) بر خاصیت ضد میکروبی نانوذرات نقره تأکید شده و عنوان شده است که نانوذرات نقره از طریق این خاصیت موجب کاهش انسداد آوندی، افزایش جذب آب و در نهایت کاهش تنش آبی می‌شود. استفاده از فناوری نانو به‌عنوان جایگزین کودهای شیمیایی، راهکاری مؤثر برای بهبود رشد گیاه، از طریق تأمین مواد غذایی و کمک به سلامت محیط‌زیست و حفظ بهره‌وری خاک شناخته شده است. یکی از مهمترین کاربردهای فناوری نانو در زمینه‌ها و گرایش‌های مختلف کشاورزی در بخش آب و خاک، استفاده از نانو کودها برای تغذیه گیاهان می‌باشد (Rezaei *et al.*, 2009). Mazaherinia و همکاران (۲۰۱۰) طی بررسی کارایی نانو اکسید آهن و اکسید معمولی آهن در جذب و غلظت عناصر غذایی آهن، روی، مس و منگنز در گیاه گندم گزارش کردند که نانو اکسید آهن نسبت به اکسید معمولی آهن برتری معنی‌داری داشت. در تحقیق دیگری محلول‌پاشی آهن به شکل نانو در مقایسه با شکل معمول آن تأثیر بیشتری بر رشد و غلظت عناصر غذایی در گیاه آفتابگردان داشت (Torabian & Zahedi, 2013).

بررسی‌های بسیار معدودی در زمینه اثر نانو نقره بر تعدادی از گیاهان انجام شده است. Lu و همکاران (۲۰۱۰) نشان دادند که دوام گل‌های رز که با محلول‌های نانو نقره تیمار شده بودند به‌دلیل کاهش شکاف روزنه‌ای و کاهش

انگلیسی *Borage*. *Borago* ممکن است از کلمه لاتین *Burra* به معنی جامه کرکی که اشاره به برگ‌های کرک‌دار دارد، گرفته شده باشد (Davazdah Emami & Majnon, 2008). گاوزبان اروپایی دارای مقدار جزئی اسانس، موسیلاژ، صمغ، تانن، املاح منگنز و منیزیم، ترکیب‌های فنلی و نیز مقدار کمی آلکالوئیدها و مواد معدنی پتاسیم و کلسیم ترکیب شده با اسیدهای معدنی است. عصاره تازه آن دارای ۳۰٪ و گیاه خشک آن دارای ۳٪ نیترات پتاسیم می‌باشد. در برگ‌ها نیترات دوپتاس و در بذر، روغن مرغوبی وجود دارد که در حدود ۲۳٪ آن اسید لینولئیک است (Davazdah Emami & Majnon Hossen, 2008).

رشد گیاه پدیده‌ای است که تحت تأثیر عوامل متعددی قرار می‌گیرد (Alizadeh, 2006). گیاهان دارویی برای رشد و تولید مواد مؤثره به مقادیر مناسبی از ریزمغذی‌ها نیاز داشته و در بین ریزمغذی‌ها، بیشترین نیاز را به آهن دارند. آهن یکی از عناصر ضروری، کم‌مصرف و کم‌تحرک برای گیاهان است. این عنصر بخشی از گروه کاتالیزوری بسیاری از آنزیم‌های اکسیداسیون و احیاء بوده و برای ساخت کلروفیل مورد نیاز می‌باشد (Kafi *et al.*, 2008). در خاک‌های زراعی ایران به‌دلیل بالا بودن pH، وجود آهک فراوان و مصرف بیش از حد کودهای فسفاتی، جذب عناصر کم‌مصرف مانند آهن کمتر از نیاز گیاه می‌باشد و تحت این شرایط کمبود آهن عمومیت بیشتری دارد، در چنین شرایطی استفاده از محلول‌پاشی کودهای حاوی آهن مؤثر و ضروریست (Malakooti *et al.*, 2008). آلودگی‌های زیست محیطی یکی از جدی‌ترین مشکلات پیش روی دنیای امروز است که منشأ و علل فراوانی دارند. یکی از مهمترین علل آلودگی‌های محیط‌زیست و به‌ویژه آب و خاک، مصرف بیش از اندازه سموم کشاورزی و کودهای شیمیایی با روش‌ها و فرمولاسیون‌های مرسوم است. فناوری نانو یکی از پویاترین و پیشرفته‌ترین علوم موجود است که ظرفیت‌های بالا، کارآمد و فراوانی برای استفاده در علوم مختلف از جمله کشاورزی و محیط‌زیست دارد. اهمیت و

نتایج تحقیق انجام شده نیز نشان‌دهنده تأثیر نانو اکسید آهن بر جوانه‌زنی و رشد اولیه گیاهان می‌باشد (Zhu et al., 2008). امروزه استفاده از نانو کودها مورد توجه قرار گرفته است که مکانیسم عمل آنها قابلیت جذب عناصر غذایی گیاه در خاک را افزایش می‌دهد. هدف از این تحقیق بررسی نانوذرات آهن و نقره بر خصوصیات مورفولوژیک و فیزیولوژیک گیاه دارویی گاوزبان است.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی اثرات غلظت‌های مختلف نانوذرات آهن و نقره بر ویژگی‌های مورفولوژیک و فیزیولوژیک گیاه دارویی گاوزبان (Borage)، آزمایشی در تاریخ ۱۵ اسفندماه ۱۳۹۴ در پژوهشکده کشاورزی دانشگاه زابل انجام شد. به منظور تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک قطعه آزمایش، قبل از کاشت از سه نقطه از هر کرت در عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری نمونه برداری بعمل آمد. سپس نمونه‌ها با هم ترکیب و یک نمونه مرکب تهیه شد. نمونه مرکب بدست آمده به آزمایشگاه منتقل و تجزیه فیزیکی و شیمیایی روی آن انجام گردید. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک در جدول ۱ ارائه شده است. نتایج حاصل از تجزیه شیمیایی خاک نشان داد که خاک محل انجام آزمایش دارای هدایت الکتریکی عصاره اشباع ۱/۶۵۱ دسی‌زیمنس بر متر با pH برابر ۸/۲۳ است. نتایج تحقیقات مختلف نشان داده که pH مناسب خاک برای گاوزبان ۴/۵ تا ۸/۳ است (Omidbaigi, 2010).

انتقال آب افزایش یافت. Babu و همکاران (۲۰۰۸)، در اثر نانو نقره بر تقسیم میتوزی از گیاه *Allium* استفاده کردند. آنان دریافتند که در غلظت‌های ۱۰، ۲۰، ۴۰، ۵۰ ppm نانو نقره به صورت معنی‌داری شاخص میتوزی کاهش و انحراف ساختاری در کروموزوم افزایش یافت. برخی از پژوهشگران با آزمایش بر روی گیاه *Pepo*، به این نتیجه رسیدند که نانوذرات نقره بیوماس و تعرق را ۸۴-۶۶٪ کاهش داده است (Musante & White, 2010). با افزایش غلظت نانو نقره، میزان جیبرلیک اسید نیز به ترتیب افزایش معنی‌داری نسبت به شاهد نشان داد، نتایج بدست آمده از پروتئین کل نیز حکایت از آن داشت که با افزایش غلظت نانو نقره، پروتئین کل افزایش یافت (Ehsanpour & Nejati, 2013).

نتایج سایر محققان بر روی دو ژنوتیپ ذرت نشان داد که محلول پاشی آهن و روی به شکل نانوذرات وزن خشک اندام هوایی را به نسبت بیشتری در مقایسه با محلول پاشی آهن و روی به شکل معمول آنها افزایش داد. کاربرد نانوذره آهن در شرایط غیرشور در جذب این عنصر توسط گیاه مؤثرتر بود ولی با افزایش شوری برتری شکل نانو کاهش یافت (Fathi & Zahdi, 2014). همچنین Pandy و همکاران (۲۰۱۰) در آزمایشی بر روی نخود گزارش کردند که کاربرد اکسید روی به شکل نانوذرات تأثیر بیشتری در افزایش رشد گیاه نسبت به شکل معمول آن داشت (Pandy et al., 2010). Zhu و همکاران (۲۰۰۸) با مطالعه تأثیر نانوذرات اکسید آهن بر بافت‌های گیاه کدو، متوجه جذب و انتقال و تجمع این نانوذره در بافت‌های گیاه کدو شدند.

جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد آزمایش در عمق ۳۰-۰ سانتی‌متر

بافت خاک	اسیدیته pH	هدایت الکتریکی (ds.m ⁻¹)	نیترژن کل (%)	فسفر کل (mg/kg)	پتاسیم کل (mg/kg)	منگنز (ppm)	مس (ppm)	روی (ppm)	آهن (ppm)
لوم-رسی	۸/۲۳	۱/۶۵۱	۰/۰۲	۴/۶	۱۰۰	۵/۶	۱/۱۵	۰/۴۶	۱۰/۴

۲ پتری‌دیش گذاشته و بعد از ۵ روز قوه نامیه بذرها بررسی شد تا از شرایط سلامت بذرها اطمینان حاصل

بذر مورد نیاز از شرکت پاکان بذر اصفهان خریداری شد. قبل از کاشت، تعداد ۲۰ عدد از بذرها را در

استفاده از نانو آهن)، نانو آهن ۴۰ ppm، نانو آهن ۶۰ ppm، نانو آهن ۸۰ ppm و همچنین فاکتور دوم نانوذرات نقره در ۴ سطح، شامل: شاهد (عدم استفاده از نانوذره نقره)، نانو نقره ۴۰ ppm، نانو نقره ۶۰ ppm و نانو نقره ۸۰ ppm بودند. سرشاخه‌های گلدار و اندام‌های هوایی پس از برداشت به صورت جداگانه در اتاق و در سایه روی پارچه توری پهن و در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد به‌طور طبیعی خشک شدند. برای تهیه عصاره چای سبز با غلظت ۲۰ گرم بر لیتر، ابتدا ۱ لیتر آب مقطر دیونیزه را داخل بشری ریخته و حرارت می‌دهیم تا بجوش آید، سپس ۲۰ گرم از چای سبز را به آن اضافه کرده و به کمک فویل آلومینیومی دهانه بشر را پوشانیده و به مدت ۵ دقیقه حرارت می‌دهیم. پس از گذشت این زمان به مدت یک ساعت بشر را در دمای محیط قرار داده تا محتویات آن ته‌نشین شده و به دمای محیط برسد. در ادامه عصاره چای سبز ته‌نشین شده را با استفاده از کاغذ صافی فیلتر می‌کنیم (Ashori et al., 2014). در این تحقیق صفات کمی از قبیل تعداد ساقه فرعی در بوته، تعداد گل در بوته، ارتفاع گل‌آذین، عملکرد گل (وزن خشک)، میزان کلروفیل (برای اندازه‌گیری میزان نسبی کلروفیل برگ نمونه‌ها از دستگاه کلروفیل‌سنج SPAD-502 Plus (Soil Plant Analysis Development) ساخت کارخانه Minolta ژاپن) استفاده گردید و همچنین صفات کیفی شامل کربوهیدرات‌های محلول به‌وسیله روش (اسپکتوفتومتری)، موسیلاز (Kalayasundram et al., 1982)، کلروفیل a، b و کاروتنوئید (Arnon, 1967) اندازه‌گیری شد.

سنتز نانوذرات آهن و نقره

نانوذرات آهن با افزودن محلول سولفات آهن ۰/۱ مولار به عصاره چای سبز با غلظت ۲۰ گرم بر لیتر در دمای محیط سنتز شد. برای تهیه محلول سولفات آهن با غلظت ۰/۱ مولار مقدار ۲۸/۷ گرم از سولفات آهن هفت آبه را به کمک ترازو وزن کرده و در یک لیتر آب

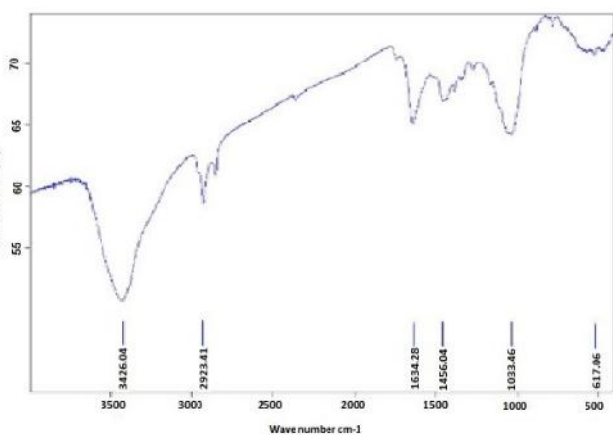
شود. عملیات آماده‌سازی زمین شامل شخم، دیسک، تسطیح و کرت‌بندی در تاریخ ۱۴ اسفندماه ۱۳۹۴ انجام شد. در این آزمایش، کرت‌هایی به ابعاد ۲×۲/۵ متر طبق نقشه کاشت آماده گردید. فاصله بین تکرارها ۱/۵ متر در نظر گرفته شد. کودهای پایه شامل نیتروژن به مقدار ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار، فسفر به مقدار ۷۵ کیلوگرم در هکتار، پتاسیم به مقدار ۷۵ کیلوگرم در هکتار قبل از کاشت در هنگام تسطیح کرت‌ها با خاک مخلوط شدند. سپس کاشت در تاریخ ۱۵ اسفندماه ۱۳۹۴ به روش دستی انجام شد. برای حصول اطمینان از سبز شدن بذر، در هر چاله کاشت چهار بذر گذاشته شد. فاصله بین ردیف‌های کاشت از یکدیگر ۳۰ سانتی‌متر و فاصله بوته‌ها روی ردیف‌ها ۲۵ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. تیمارهای نانوذره آهن و نانوذره نقره به صورت بذر مال قبل از کاشت محلول پاشی شد. مراقبت‌های پس از کاشت شامل آبیاری، وجین و سله‌شکنی به‌طور منظم انجام شد. ابتدا آبیاری هر ۷ روز یک‌بار به صورت غرقابی انجام شد، تا اینکه بذر جوانه زده و گیاهان سبز شدند. مبارزه با علف‌های هرز که اکثراً گیاهان علف‌شور و خارستر بودند به‌وسیله دست و با بیلچه انجام گردید. تنک کردن بوته‌ها در مرحله ۴ برگی انجام شد. اعمال تیمار دوباره به صورت محلول پاشی در مرحله گلدهی بر روی بوته‌ها انجام شد. برداشت اول برای تعیین عملکرد گل در ابتدای خردادماه ۱۳۹۵، شامل سرشاخه‌های گل‌دار بود که از یک مترمربع وسط هر کرت بعد از حذف حاشیه انجام و بلافاصله نمونه‌ها به آزمایشگاه منتقل شدند و صفات مورد نظر اندازه‌گیری گردید. برداشت دوم برای تعیین عملکرد بیولوژیکی در اواخر خردادماه ۱۳۹۵، شامل کل اندام هوایی بود که بعد از برداشت اول انجام شد. اندام‌های رویشی بلافاصله پس از برداشت با ترازوی با دقت ۰/۰۱ گرم برای اندازه‌گیری وزن تر توزین گردیدند. آزمایش به صورت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار اجرا گردید. تیمارها شامل نانوذره آهن در ۴ سطح به عنوان فاکتور اول شامل: شاهد (عدم

۴۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۳ ساعت خشک گردید (Shankar et al., 2004).

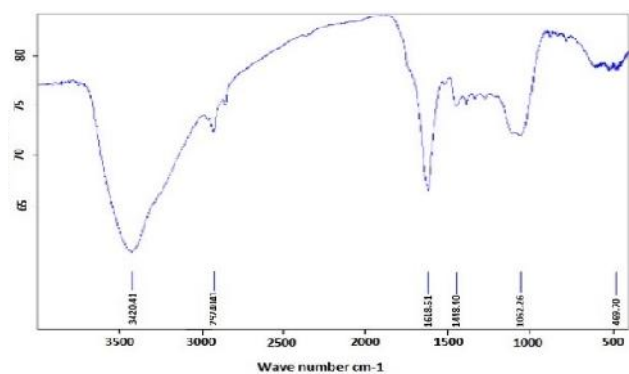
بررسی طیف FT-IR

به منظور شناسایی گروه‌های عاملی از ترکیب‌های شیمیایی عصاره چای سبز که بر روی سطح نانوذرات اتصال دارند، طیف‌های FT-IR از نانوذرات آهن و نقره مورد بررسی قرار گرفت. در طیف مربوط به نانوذرات آهن (شکل ۱)، پیام‌های جذبی در نواحی ۱۰۵۲ (کششی C-O گروه‌های اتری)، ۱۴۴۸ (C-N)، ۱۶۱۸ (کششی C=C)، ۲۹۲۴ (کششی C-H آلکان‌ها) و 3420 cm^{-1} (کششی O-H) مشاهده می‌شوند (Lin et al., 2017). همچنین در طیف FT-IR از نانوذرات نقره (شکل ۲)، پیام‌های قبل با کمی جابجایی در طول موج جذبی در ۱۰۳۰، ۱۴۵۶، ۱۶۳۴، ۲۹۲۳ و 3426 cm^{-1} مربوط به گروه‌های عاملی ترکیب‌های پلی‌فنول ظاهر می‌شوند (Sun et al., 2014). بنابراین می‌توان ادعا کرد که پلی‌فنول‌های موجود در عصاره چای سبز هم به عنوان عامل کاهنده یون فلز و تبدیل آن به نانوذره و هم به عنوان پایدارکننده نانوذرات ایفای نقش می‌کنند.

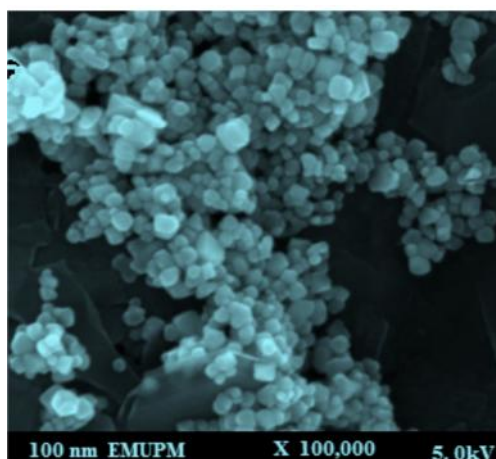
مقطر دیونیزه حل می‌کنیم. پس از آماده‌سازی محلول‌ها، محلول ۰/۱ مولار سولفات آهن را به صورت قطره قطره به عصاره چای سبز با نسبت حجمی ۳ به ۲ و در شرایط اختلاط با سرعت ۶۰۰ دور بر دقیقه به کمک دستگاه همزن مغناطیسی اضافه می‌کنیم، pH محلول در طول پروسه سنتز برابر ۶ بوده که با استفاده از اسید کلریدریک ۱ مولار و هیدروکسید سدیم ۱ مولار تنظیم شد. تشکیل نانوذرات آهن صفر ظرفیتی با ظهور رسوب سیاه رنگ در محیط مشخص می‌شود. بعد از گذشت ۲۴ ساعت با استفاده از سانتریفیوژ، رسوب را جدا کرده و در دستگاه آون با دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۲ ساعت خشک گردید (Hoag et al., 2009). به منظور سنتز نانوذرات نقره از نمک نیترات نقره یک میلی‌مولار استفاده می‌شود. یک و نیم میلی‌لیتر از عصاره به ۳۰ میلی‌لیتر از نیترات نقره اضافه می‌شود و بعد به مدت ۱۰ دقیقه در دمای ۵۰ درجه سانتی‌گراد حرارت داده می‌شود. محلول حاصل در مکان تاریکی قرار داده می‌شود. تغییر رنگ عصاره به قهوه‌ای نشان‌دهنده تشکیل نانوذرات نقره می‌باشد. سپس با استفاده از سانتریفیوژ رسوب جدا شده با آب و اتانول شسته شده و در نهایت در آون در دمای



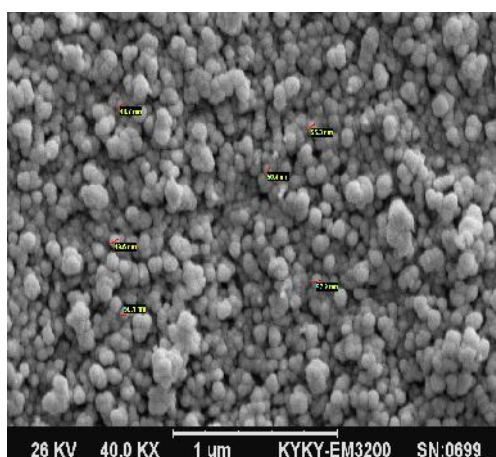
شکل ۲- طیف FT-IR نانوذره نقره



شکل ۱- طیف FT-IR نانوذره آهن



شکل ۳- تصویر مربوط به SEM نانوذرات آهن



شکل ۴- تصویر مربوط به SEM نانوذرات نقره

مورفولوژی و اندازه ذرات

شکل و اندازه نانوذرات آهن و نقره سنتز شده به روش سبز، توسط میکروسکوپ الکترونی روبشی تعیین شد. همانطور که در شکل ۳ پیداست، نانوذرات آهن کروی شکل و اندازه نانوذرات حدود ۲۰-۳۰ نانومتر بدست آمد. همچنین شکل ۴ مربوط به نانوذرات نقره، اندازه این نانوذرات را حدود ۴۰-۶۰ نانومتر نشان می‌دهد.

برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم‌افزار آماری SAS نسخه ۹/۲ و از نرم‌افزار Excel برای رسم نمودارها استفاده گردید. برای مقایسه میانگین تیمارها از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵٪ استفاده شد.

نتایج

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۲) نشان داد که تیمارهای نانوذرات نقره و نانوذرات آهن و اثر متقابل این دو تأثیر معنی‌داری بر ارتفاع گل‌آذین دارد. در اثرات متقابل تیمارها، استفاده همزمان نانوذرات آهن و نقره در غلظت‌های نانو آهن ۶۰ و ۸۰ ppm و صفر ppm نانو نقره بیشترین ارتفاع گل‌آذین مشاهده شد (شکل ۵).

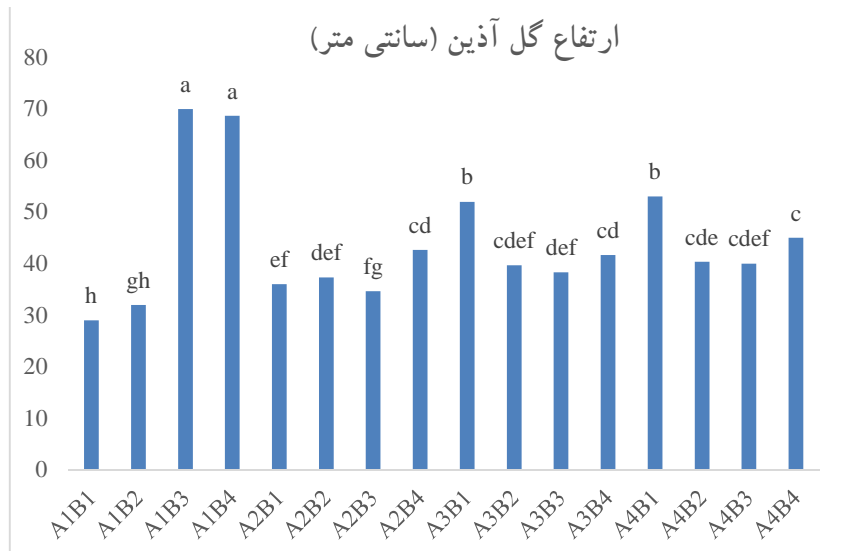
جدول ۲- تجزیه واریانس اثرات نانوذرات آهن و نقره بر صفات مورفولوژیک گیاه گل گاوزبان اروپایی

منابع تغییر	درجه آزادی	ارتفاع گل‌آذین	تعداد گل در بوته	تعداد برگ در بوته	تعداد ساقه فرعی در بوته	وزن خشک گل
تکرار	۳	۰/۰۹۸ ns	۴/۱۴ ns	۰/۶۴ ns	۰/۲۵ ns	۰/۱۴۵ ns
نانوذره نقره	۳	۱/۸۶ **	۳۰۵/۶ **	۳/۸۶ *	۰/۶۸ ns	۱/۷۲۲ **
نانوذره آهن	۳	۱۰/۰۷ **	۳۱۹/۱ **	۲۲/۰۲ **	۳/۶۸ **	۷/۸۳ **
اثر متقابل نقره×آهن	۹	۲/۰۹ **	۴۸۵/۶ **	۱/۷۳ ns	۴/۸۵ **	۴/۰۳ **
خطا	۳۰	۰/۱۵۴	۸/۷	۰/۹۷	۰/۴۵	۰/۴۱۲
ضریب تغییرات	-	۱۱/۱۶	۶/۷	۹/۸۵	۱۷/۰۳	۱۴/۵۴

*** و **، به ترتیب در سطح ۱٪ و ۵٪ معنی‌دار است. ns معنی‌دار نیست.

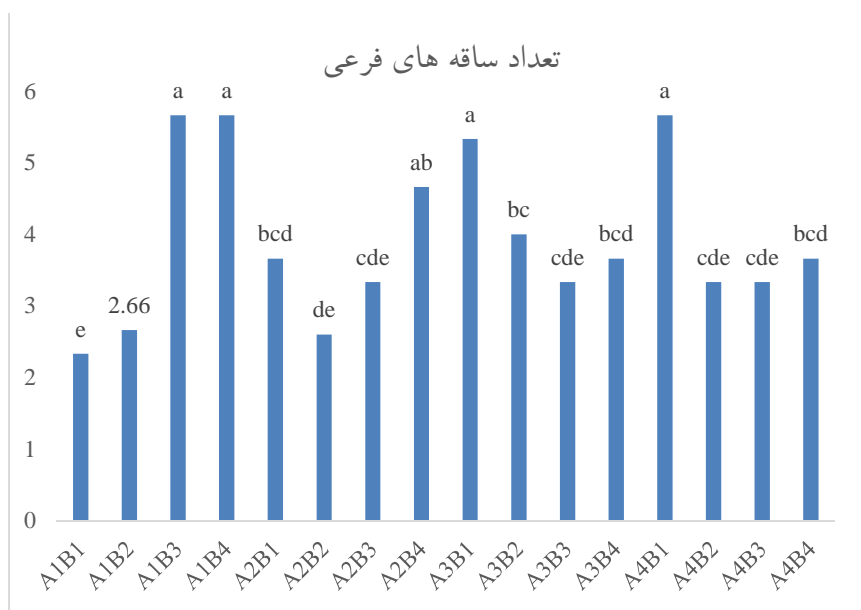
رشد تحقیقات در زمینه نانو کودها، گزارش‌های کمی درباره اثرات نانو کودها در افزایش کمی و کیفی رشد گیاهان موجود می‌باشد.

Sorooshzadeh و Seifsahandi (۲۰۱۳) نیز با استفاده از نانو نقره تأثیر معنی‌داری را در گل‌آذین گاوزبان مشاهده کردند، اما با توجه به نوظهور بودن فناوری نانو و روند رو به



شکل ۵- اثر متقابل نانوذره آهن و نانوذره نقره بر ارتفاع گل آذین گیاه گل گاوزبان اروپایی

A1: شاهد نانوذرات نقره، A2: ۴۰ ppm نانوذرات نقره، A3: ۶۰ ppm نانوذرات نقره، A4: ۸۰ ppm نانوذرات نقره، B1: شاهد نانوذرات آهن، B2: ۴۰ ppm نانوذرات آهن، B3: ۶۰ ppm نانوذرات آهن، B4: ۸۰ ppm نانوذرات آهن



شکل ۶- اثر متقابل نانوذره آهن و نانوذره نقره بر تعداد ساقه های فرعی گیاه گل گاوزبان اروپایی

A1: شاهد نانوذرات نقره، A2: ۴۰ ppm نانوذرات نقره، A3: ۶۰ ppm نانوذرات نقره، A4: ۸۰ ppm نانوذرات نقره، B1: شاهد نانوذرات آهن، B2: ۴۰ ppm نانوذرات آهن، B3: ۶۰ ppm نانوذرات آهن، B4: ۸۰ ppm نانوذرات آهن

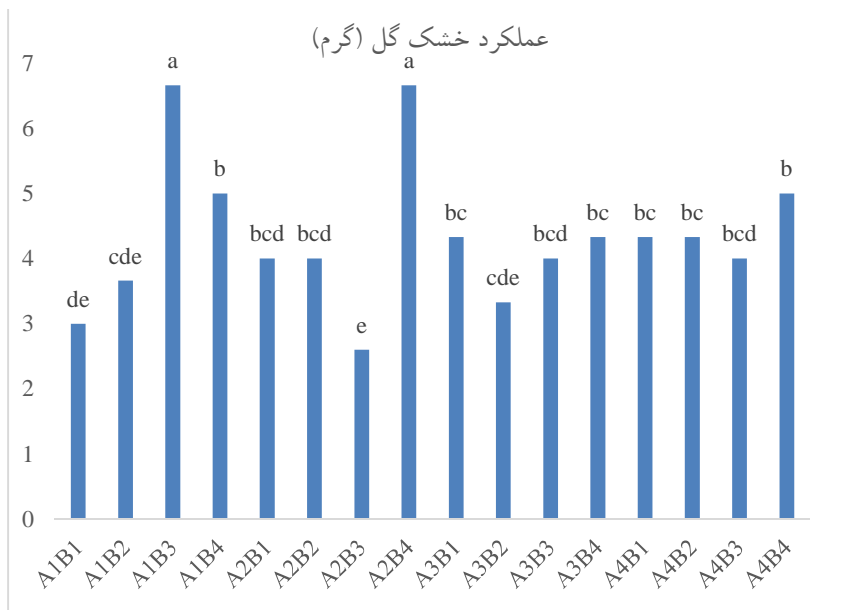
Mahmoud و Said-Al Ahl (۲۰۱۰) نیز نشان دادند که محلول پاشی آهن در نعنای شیرین تحت تنش شوری موجب افزایش تعداد شاخه‌ها گردید.

عملکرد خشک گل

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۲) نشان داد که تیمارهای نانوذرات نقره و نانوذرات آهن و اثر متقابل این دو تأثیر معنی‌داری بر وزن خشک گل گاوزبان دارد. در اثرات متقابل تیمارها استفاده همزمان از نانوذرات آهن و نقره در غلظت‌های نانو آهن ۶۰ ppm و نانو نقره صفر ppm و همچنین در غلظت ۸۰ ppm نانوذرات آهن و ۴۰ ppm نانوذرات نقره بیشترین وزن خشک گل را نشان داد (شکل ۷).

تعداد ساقه فرعی در بوته

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۲)، نشان داد که تیمارهای نانوذرات آهن و اثر متقابل نانوذرات آهن و نقره بر تعداد ساقه‌های فرعی در بوته گاوزبان تأثیر معنی‌داری دارد. طبق نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها بین سطوح مختلف نانوذرات نقره تأثیر معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۲). اما در اثرات متقابل تیمارها، استفاده همزمان نانوذرات آهن و نقره، بیشترین تعداد ساقه‌های فرعی مربوط به تیمار صفر ppm نانوذرات نقره و ۶۰ ppm نانوذرات آهن و همچنین تیمار صفر ppm نانوذرات نقره و ۸۰ ppm نانوذرات آهن بود (شکل ۶).



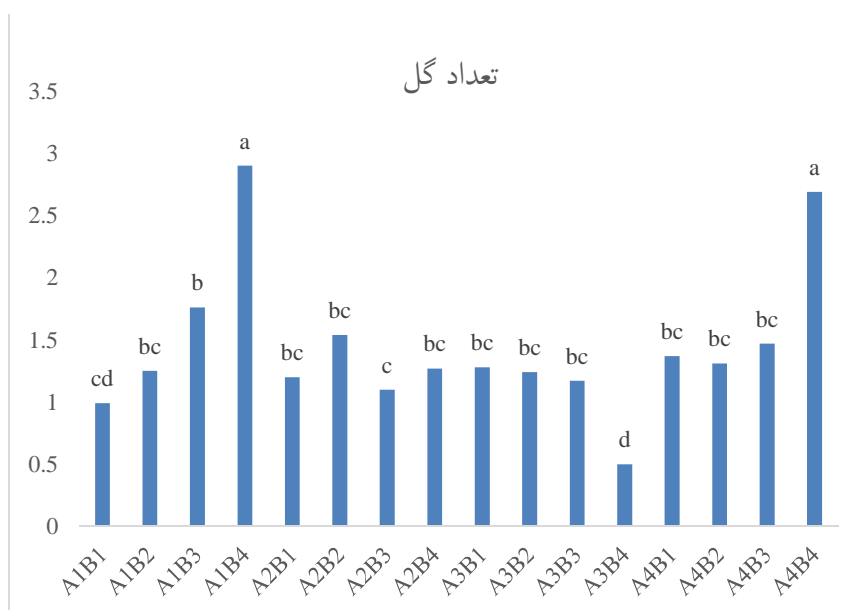
شکل ۷- اثر متقابل نانوذره آهن و نانوذره نقره بر وزن خشک گل گیاه گاوزبان

A1: شاهد نانوذرات نقره، A2: ۴۰ ppm نانوذرات نقره، A3: ۶۰ ppm نانوذرات نقره، A4: ۸۰ ppm نانوذرات نقره، B1: شاهد نانوذرات آهن، B2: ۴۰ ppm نانوذرات آهن، B3: ۶۰ ppm نانوذرات آهن، B4: ۸۰ ppm نانوذرات آهن

این دو تأثیر معنی‌داری بر تعداد گل گیاه گاوزبان دارد. در استفاده همزمان از نانوذرات، بیشترین عملکرد گل در تیمار ۸۰ ppm آهن و صفر نانو نقره مشاهده گردید (شکل ۸).

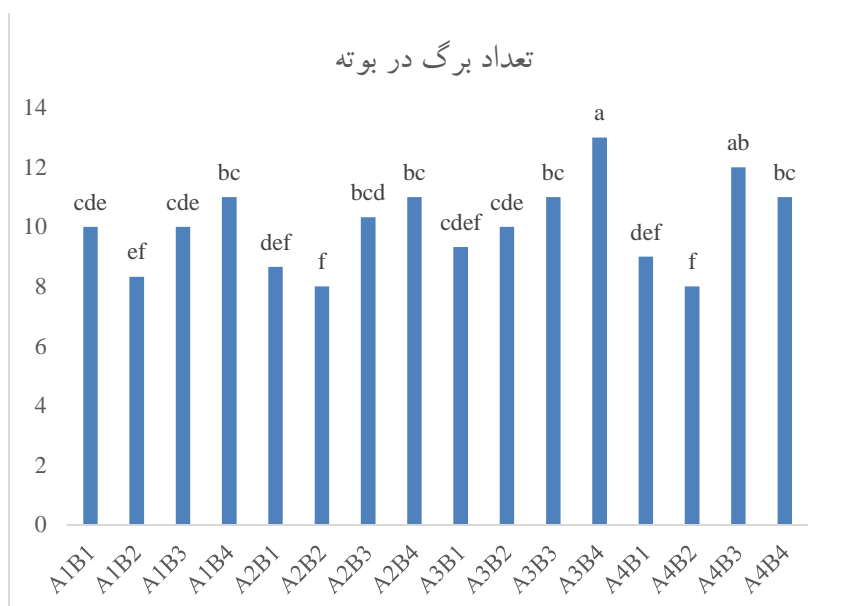
تعداد گل

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۲)، نشان داد که تیمارهای نانوذرات نقره و نانوذرات آهن و اثر متقابل



شکل ۸- اثر متقابل نانوذره آهن و نانوذره نقره بر تعداد گل در گیاه گل گاوزبان

A1: شاهد نانوذرات نقره، A2: ۴۰ ppm نانوذرات نقره، A3: ۶۰ ppm نانوذرات نقره، A4: ۸۰ ppm نانوذرات نقره، B1: شاهد نانوذرات آهن، B2: ۴۰ ppm نانوذرات آهن، B3: ۶۰ ppm نانوذرات آهن، B4: ۸۰ ppm نانوذرات آهن



شکل ۹- اثر ساده نانوذره آهن و نانوذره نقره بر تعداد برگ در بوته گیاه گل گاوزبان

در صفت تعداد گل حکایت از آن دارد که پاسخ گیاه زعفران به تیمارهای کودی در این صفت مثبت بود و با افزایش مقدار تیمار، تعداد گل در گیاه زعفران افزایش پیدا کرد، به طوری که تعداد گل در تیمار کاربرد ۱۰ کیلوگرم نانوکلات

Aghighi Shahverdi و Maleki Farahani (۲۰۱۵) نشان دادند که نوع و مقدار نانو آهن، هر یک در سطح ۱٪ و اثرهای متقابل آنها در سطح ۵٪ تعداد گل زعفران را تحت تأثیر قرار داده است. روند افزایشی نمودار مقایسه میانگین‌ها

نانوذرات آهن و نانوذرات نقره دیده شد (شکل ۹).

رنگدانه‌های فتوسنتزی (کلروفیل a و کاروتنوئید)

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۳)، نشان داد که اثر متقابل نانوذرات آهن و نقره تأثیر معنی‌داری بر کلروفیل a و میزان کاروتنوئید گل گاوزبان اروپایی دارد. استفاده همزمان نانوذرات آهن و نقره بیشترین تأثیر را در تیمارهای ۸۰ ppm آهن و مقدار ۸۰ ppm نقره بر روی کلروفیل a نشان دادند (شکل ۱۰). همچنین استفاده همزمان نانوذرات آهن و نقره بر میزان کاروتنوئید در تیمار ۸۰ ppm آهن و صفر نانو نقره بدست آمد (شکل ۱۱).

آهن در هکتار، ۱۰۴٪ بیشتر از تیمار شاهد بود. بررسی تعداد گل حکایت از اختلاف زیاد تیمار نانوکلات آهن و کلات معمولی دارد که به احتمال زیاد ناشی از توانایی رساندن و فراهمی عنصر توسط نانوکلات آهن به گیاه زعفران است.

تعداد برگ در بوته

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۲)، نشان داد که تیمارهای نانوذرات نقره و نانوذرات آهن هر یک به‌طور جداگانه تأثیر معنی‌داری بر تعداد برگ در بوته گاوزبان دارد، در صورتی‌که اثر متقابل تیمارها معنی‌دار نبود و بیشترین تأثیر در غلظت‌های ۸۰ و ۶۰ ppm به ترتیب در

جدول ۳- تجزیه واریانس اثرات نانوذرات آهن و نقره بر صفات فیزیولوژیک گیاه گل گاوزبان اروپایی

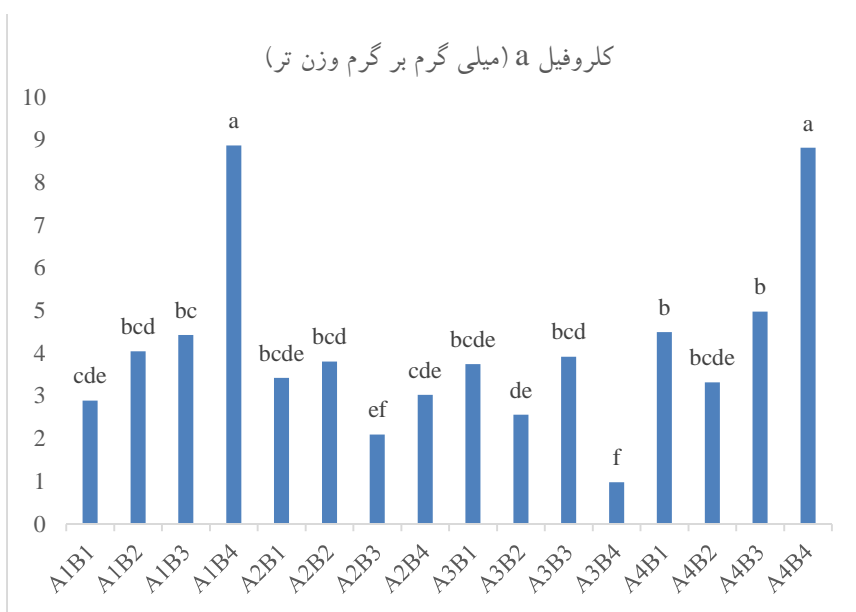
منابع تغییر	درجه آزادی	کلروفیل کل	کلروفیل a	کلروفیل b	کاروتنوئید	کربوهیدرات	موسیلاژ
تکرار	۳	۰/۹۳ ns	۰/۰۲۲ ns	۲/۲۱ ns	۰/۰۰۱ ns	۰/۰۰۰۲ ns	۰/۰۰۰۰۰۲ ns
نانوذره نقره	۳	۲۱/۲ **	۲/۴۴ **	۱۴/۲ **	۱/۲۳ **	۰/۱۲۴ **	۰/۰۰۰۱ **
نانوذره آهن	۳	۹/۸ **	۱/۲۷ **	۲/۴۶ ns	۰/۹۱ **	۰/۱۴۲ **	۰/۰۰۰۲ **
اثر متقابل نقره×آهن	۹	۱۱/۶ **	۱/۵۲ **	۱۶/۸ **	۱/۰۱ **	۰/۰۸۷۳ **	۰/۰۰۱۱ **
خطا	۳۰	۰/۷۶۷	۰/۰۲۳	۲/۵	۰/۱۰۳	۰/۰۰۰۲	۰/۰۰۰۰۰۱
ضریب تغییرات	-	۲۱/۴	۷/۲	۱۸/۰۸	۲۲/۲	۱/۷۵	۱/۶۹

** و *، به ترتیب در سطح ۱٪ و ۵٪ معنی‌دار است. ns معنی‌دار نیست.

کربوهیدرات

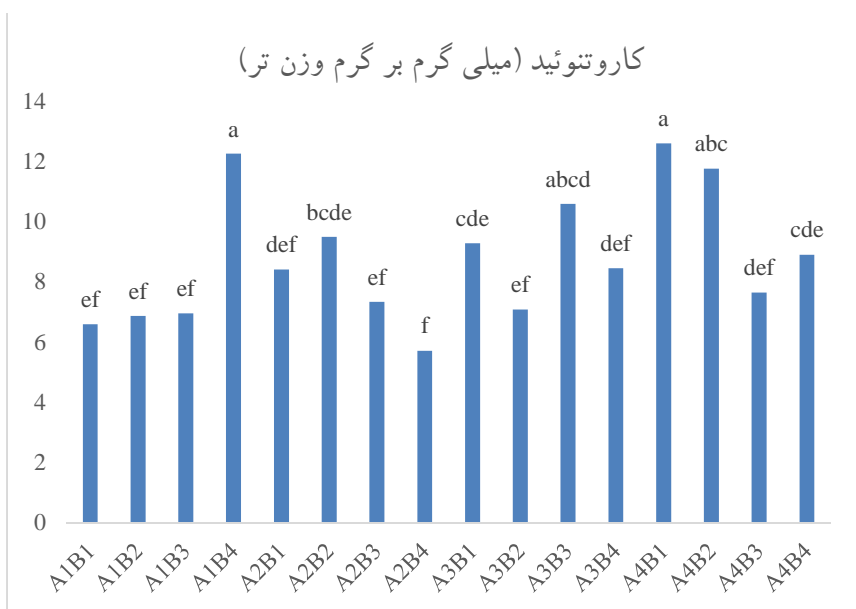
نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۳) نشان داد که تیمارهای نانوذرات آهن و نقره و اثر متقابل نانوذرات آهن و نقره تأثیر معنی‌داری بر میزان کربوهیدرات گاوزبان دارد. اثرات متقابل تیمارها، استفاده همزمان نانوذرات آهن و نقره در غلظت‌های نانو آهن ۸۰ ppm و نانو نقره ۶۰ ppm، بر میزان کربوهیدرات گاوزبان بیشترین مقدار را داشت (شکل ۱۲).

افزایش نانو آهن در غلظت‌های بکار برده شده توسط Peyvandi و همکاران (۲۰۱۱) بر روی گیاه ریحان باعث افزایش محتوای کلروفیل a و b و کاروتنوئید شده است. بنابراین لازم است در خاک‌هایی با کمبود آهن از منابع معدنی در تغذیه برگ‌گی یا آلی آهن به صورت کاربرد خاکی استفاده شود و از آنجایی که عنصر آهن برای سنتز کلروپلاست و کاروتنوئیدها لازم است، بنابراین افزایش کود آهن می‌تواند سنتز کاروتنوئیدها را افزایش دهد (Akbarian et al., 2012).



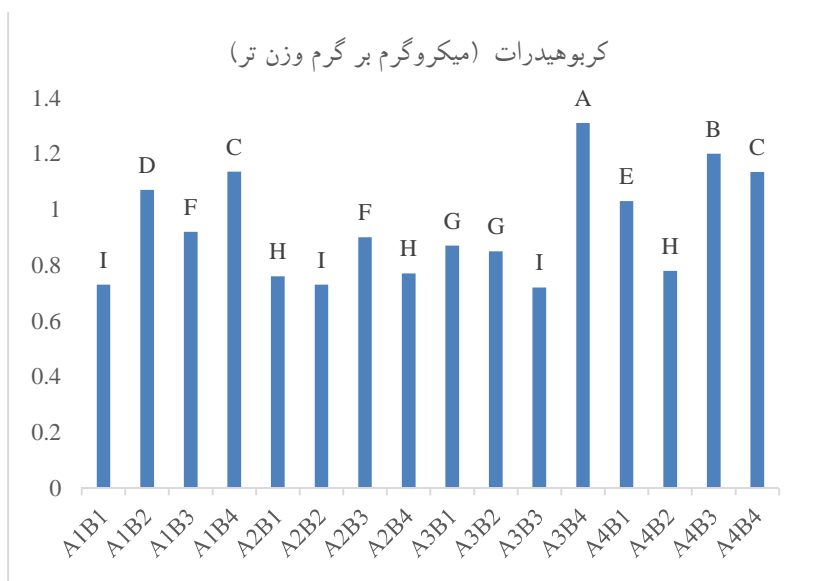
شکل ۱۰- اثر متقابل نانوذره آهن و نانوذره نقره بر کلروفیل a گل گاوزبان

A1: شاهد نانوذرات نقره، A2: ۴۰ ppm نانوذرات نقره، A3: ۶۰ ppm نانوذرات نقره، A4: ۸۰ ppm نانوذرات نقره، B1: شاهد نانوذرات آهن، B2: ۴۰ ppm نانوذرات آهن، B3: ۶۰ ppm نانوذرات آهن، B4: ۸۰ ppm نانوذرات آهن



شکل ۱۱- اثر متقابل نانوذره آهن و نانوذره نقره بر کاروتنوئید گل گاوزبان

A1: شاهد نانوذرات نقره، A2: ۴۰ ppm نانوذرات نقره، A3: ۶۰ ppm نانوذرات نقره، A4: ۸۰ ppm نانوذرات نقره، B1: شاهد نانوذرات آهن، B2: ۴۰ ppm نانوذرات آهن، B3: ۶۰ ppm نانوذرات آهن، B4: ۸۰ ppm نانوذرات آهن



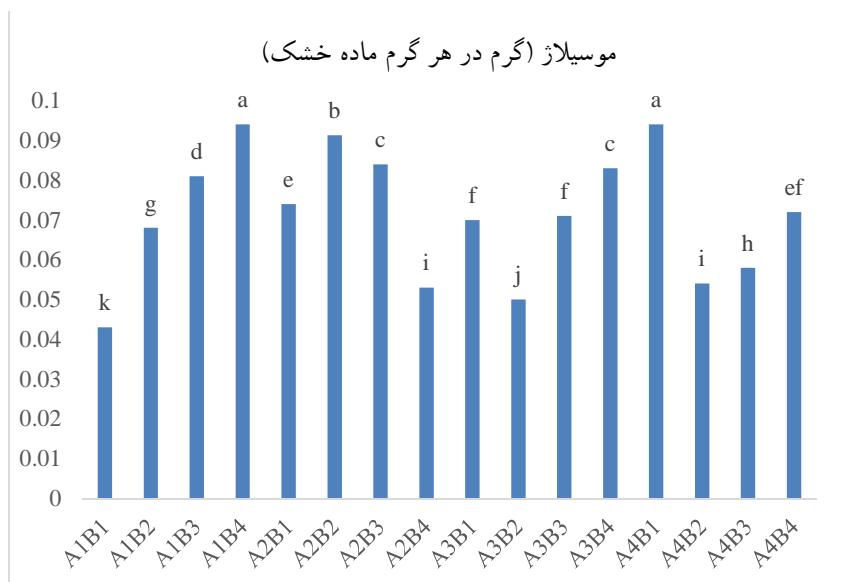
شکل ۱۲- اثر متقابل نانوذره آهن و نانوذره نقره بر کربوهیدرات گیاه گاوزبان

A1: شاهد نانوذرات نقره، A2: ۴۰ ppm نانوذرات نقره، A3: ۶۰ ppm نانوذرات نقره، A4: ۸۰ ppm نانوذرات نقره، B1: شاهد نانوذرات آهن، B2: ۴۰ ppm نانوذرات آهن، B3: ۶۰ ppm نانوذرات آهن، B4: ۸۰ ppm نانوذرات آهن

به طوری که اثرات متقابل تیمارها نشان داد که استفاده همزمان نانوذرات آهن و نقره در تیمار آهن ۸۰ ppm و نقره صفر موسیلاژ گاوزبان بیشترین مقدار را دارد (شکل ۱۳).

موسیلاژ

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۳) نشان داد که تیمارهای نانوذرات آهن و نقره و اثر متقابل نانوذرات آهن و نقره تأثیر معنی‌داری بر میزان موسیلاژ گاوزبان دارد.



شکل ۱۳- اثر متقابل نانوذره آهن و نانوذره نقره بر موسیلاژ گاوزبان

A1: شاهد نانوذرات نقره، A2: ۴۰ ppm نانوذرات نقره، A3: ۶۰ ppm نانوذرات نقره، A4: ۸۰ ppm نانوذرات نقره، B1: شاهد نانوذرات آهن، B2: ۴۰ ppm نانوذرات آهن، B3: ۶۰ ppm نانوذرات آهن، B4: ۸۰ ppm نانوذرات آهن

از کود معمولی بوده است، به شکلی که روند تغییرات در این تیمار با شدت بیشتری صعودی است. دلیل بیشتر بودن عملکرد را می‌توان چنین بیان کرد که در برگ‌های گیاهان تیمار شده با کود نانوکلات آهن، مقدار کلروفیل افزایش می‌یابد که به سنتز مواد فتوسنتزی و رشد بیشتر برگ منجر می‌شود، که ناشی از تأثیر عنصر آهن است. مواد نانو به‌ویژه نانوذرات می‌توانند به مولکول‌های فعال بیولوژیکی متصل شوند که این اتصال می‌تواند به‌طور مستقیم به مکانهای خاص درون بیومولکول‌ها شامل پروتئین‌ها و اسید نوکلئیک و ساختارهای زیر سلولی صورت گیرد و بدین طریق نانوذرات از غشاهای سلولی عبور می‌کنند، بنابراین ترکیب‌های نانو آهن به علت کوچک بودن و حالیت بالا سریع‌تر توسط گیاهان جذب می‌شوند و کمبود مواد غذایی و نیازهای گیاهان را رفع می‌کنند. بنابراین در کاربرد این مواد معمولاً افزایش رشد گیاه رخ می‌دهد (Mohamadipoor *et al.*, 2013).

در مطالعه‌ای بر روی گیاه انگور که در معرض کمبود آهن قرار گرفته بود، کاهش شدید کربوهیدرات کل گزارش شد. کاهش محتوای کربوهیدرات در این گیاه می‌تواند به کاهش نشاسته و سوکروز برگردد. در شرایط کمبود آهن دیده شده که میزان سنتز نشاسته و سوکروز به میزان قابل توجهی کاهش می‌یابد (Chen *et al.*, 2004). کاهش در میزان این ترکیب‌ها می‌تواند به علت کاهش محتوای کلروفیل و به دنبال آن کاهش میزان فتوسنتز باشد. مطالعات مختلف نشان داده که کمبود آهن سبب برهم خوردن تعادل غذایی و تغییر میزان عناصر موجود در گیاه می‌شود و اختلال را در رشد گیاه ایجاد می‌کند (Pestana *et al.*, 2004). نتایج نشان داد که اگرچه نانوذرات آهن و نقره هر یک به‌طور جداگانه بر ویژگی‌های مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی گل گاوزبان تأثیر افزایشی دارد، اما اثرات نانوذرات آهن به‌مراتب از نانوذرات نقره بیشتر است. همچنین استفاده همزمان از هر دو در غلظت‌های مختلف تأثیر متفاوتی بر صفات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی گاوزبان دارد.

موسیلاژ یک نوع پلی‌ساکارید هیدروکلوئید است که در بخش‌های مختلفی از گیاهان پیشرفته پیدا می‌شود و در درجه اول انرژی گیاه را ذخیره می‌کند (Clifford *et al.*, 2002). همبستگی مثبت و چشمگیری بین موسیلاژ و وزن تر و خشک گیاه وجود دارد که حکایت از مهار فعالیت اتیلن توسط ترکیب‌های نقره بکار برده شده است. حداکثر محصولات فتوسنتز و بیشترین ذخیره انرژی گیاه به شکل موسیلاژ نمایان می‌شود. البته مهار فعالیت اتیلن نیز محتوای پلی‌فنل را کاهش می‌دهد (Seifshandi & Sorooshzadeh, 2013).

بحث

با محلول‌پاشی نانوذره آهن، توان فتوسنتزی گیاه بیشتر شده و با تولید شاخه‌های فرعی زیاده‌تر، وزن خشک بوته افزایش یافته است. Nazran و همکاران (۲۰۰۹) در بررسی اثر زمان محلول‌پاشی نانو کود آلی کلات آهن بر خصوصیات کمی و کیفی گندم دروم به این نتیجه رسیدند که محلول‌پاشی نانو کود آلی کلات آهن در مرحله ساقه‌دهی بهترین نتیجه را با افزایش ۹۹٪ عملکرد و افزایش ۳۲/۴ درصدی مقدار آهن دانه داشته است و افزایش صفات کمی و کیفی را نسبت به شاهد گزارش کرده‌اند. محلول‌پاشی نانو آهن برای حصول حداکثر عملکرد بیولوژیکی در گیاه کاسنی مناسب است (Sepahri & Vaziriamjad, 2015). در آزمایش Peyvandi و همکاران (۲۰۱۱) مصرف یک کیلوگرم در هکتار کلات آهن به شکل نانو در مقایسه با شکل معمول آن به نسبت بیشتری وزن خشک اندام هوایی، ریشه و برگ و طول ریشه گیاه ریحان را افزایش داد. در آزمایش آنان مصرف کود آهن سبب افزایش محتوای کلروفیل شد ولی اختلاف معنی‌داری بین شکل نانو و معمول کود از این نظر مشاهده نشد. Hokmabadi و همکاران (۲۰۰۶) اذعان دارند که به‌ازای مصرف کود کلات آهن افزایش عملکرد پسته هم در تیمار کلات معمولی و هم در نانوکلات مشاهده می‌شود، اما کاربرد کود نانوکلات مؤثرتر

content of two corn cultivars in different soil salinity. Iranian Journal of Field Crops Research, 12(1): 110-117.

- Hecl, J. and Sustrikova, A., 2006. Determination of heavy metals in chamomile flower drug-an assurance of quality control. Program and Abstract Book of the 1st International Symposium on Chamomile Research, Development and Production, 7-10 June: 69.
- Hoag, E.G., Collins, B.J., Holcom, L.J., Hoag, R.J., Nadagoud, N.M. and Varma, S.R., 2009. Degradation of bromothymol blue by 'greener' nano-scale zero-valent iron synthesized using tea polyphenols. Journal of Materials Chemistry-Royal Society of Chemistry, 19(45): 71-86.
- Hokmabadi, H., Haidarinezad, A., Barfeie, R., Nazaran, M., Ashtian, M. and Abotalebi, A., 2006. Effects on photosynthesis activity, chlorophyll a new iron chelate introduction and their content and nutrients uptake of pistachio (*Pistacia vera* L.). 27th International Horticultural congress and Exhibition, Seoul, Korea, 13-19 August.
- Joseph, T. and Marrison, M., 2006. Nanotechnology in Agriculture and Food. A Nanoforum Report, Institute of Nanotechnology, May 2006:14. Available at: www.nanoforum.org.
- Kafi, M., Lahoti, M., Zand, A., Sharifi, H.R. and Goldani, M., 2008. Plant Physiology (Vol. 1). Mashhad University Press (Translation), 456p.
- Kalayasundram, N.K., Pateb, P.B. and Dalat, K.C., 1982. Nitrogen need of *Plantago ovata* in reaction to the available nitrogen in soil. Indian journal of Agricultural Science, 52: 240-242.
- Lin J., Weng, X., Dharmarajan, R. and Chen Z., 2017. Characterization and reactivity of iron based nanoparticles synthesized by tea extracts under various atmospheres. Chemosphere, 169: 413-417.
- Lu, W., Shen, Y., Xie, A. and Zhang, W., 2010. Green synthesis and characterization of superparamagnetic Fe₃O₄ nanoparticles. Journal of Magnetism and Magnetic Materials, 322(13): 1828-1833.
- Malakooti, M.J., Keshavarz, P. and Karimiyan, N., 2008. Comprehensive Method of Diagnosing and Recommending Optimal Fertilizer for Sustainable Agriculture. Research Center for Tarbiat Modarres University, 718p.
- Maleki Farahani, S. and Aghighi Shahverdi, M., 2015. Evaluation the effect of nono-iron fertilizer in compare to iron chelate fertilizer on qualitative and quantitative yield of saffron. Agricultural crop Management, 17(1): 155-168.
- Mazaherinia, M., Astaraei, A.R., Fotovat, A. and Monshi, A., 2010. Effect of nano iron oxide particles

سپاسگزاری

از کارکنان محترم و زحمتکش پژوهشکده کشاورزی که در انجام این تحقیق همکاری نمودند، قدردانی می‌گردد.

منابع مورد استفاده

- Akbarian, M.M., Heidari Sharifabad, H., Noormohammadi, G. and Darvish Kojouri, F., 2012. The effect of potassium, zinc and iron foliar application on the production of saffron (*Crocus sativa*). Annals of Biological Research, 3(12): 5651-5658.
- Ali Nejad, D. and Goli, H., 2005. Nano Composites and Their Applications. Illustrated Language Publishing, 120p.
- Alizadeh, A., 2006. Water, Soil and Plant Relationship (translation). Ferdowsi University Press, Mashhad, 473p.
- Arnon, A.N., 1967. Method of extraction of chlorophyll in the plants. Agronomy Journal, 23: 112-121.
- Ashori, A., Anvari-pour, B., Motevassel, M. and Jafarzadeh, N., 2014. Green synthesis of iron nano particles using green tea extract and determination of its specifications. Third National Conference on Health, Environment and Sustainable Development, Islamic Azad University, Bandarabas, 19-20 February: 8.
- Babu, K., Deepa, M.A., Shankar, S.G. and Rai, S., 2008. Effect of nano-silver on cell division and mitotic chromosomes: a prefatory siren. The Internet Journal of Nanotechnology, 2(2): 1-7.
- Chen, L.S., Smith, B.R. and Cheng, L., 2004. CO₂ assimilation, photosynthetic enzymes and carbohydrates of 'Concord Grape leaves in response to iron supply. American Society for Horticulture Science, 129(5): 738-744.
- Clifford, S.C., Arndt, S.K., Popp, M. and Jones, H.G., 2002. Mucilage and polysaccharides in *Ziziphus speice* (Rhamnaceae); localization, composition and physiological roles during drought stress. Journal Experimental Botany, 53(336), 131-138.
- Davazdah Emami, S. and Majnon Hosseni, N., 2008. Farming and the Production of Some Herbs and Medicines. Tehran University Press, Tehran, 300p.
- Ehsanpour, A.A. and Nejati, Z., 2013. Effect of nano silver on chlorophyll, gibberellin acid content and electrophoresis pattern of proteins of potato (*Solanum tubersum* L.) under in vitro culture. Journal of Applied Biology, 2: 13-25.
- Fathi, A.R. and Zahdi, M., 2014. The Effects of zinc and iron oxide nano-particles on the growth and ion

- Said-Al Ahl, H.A.H. and Mahmoud, A.A., 2010. Effect of zinc and or iron foliar application and growth and essential oil of sweet basil (*Ocimum basilicum* L.) under salt stress. *Ozean Journal of Applied Science*, 3(1): 97-111.
- Seifshandi, M. and Sorooshzadeh, A., 2013. Comparison between the influences of silver nanoparticles and silver nitrate on the growth and phytochemical properties of borage (*Borago officinalis* L.). *Current Nanoscience Journal*, 9: 241-247.
- Sepehri, A. and Vaziriamjad, Z., 2015. The effect of iron and zinc nano fertilizers on quantitative yield of chicory (*Cichorium inyubus* L.) in different crop densities. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*, 25(2): 62-74.
- Shankar, S.S., Rai, A., Ahmad, A. and Sastry, M., 2004. Rapid synthesis of Au, Ag, and bimetallic Au core Ag shell nanoparticles using Neem (*Azadirachta indica*) leaf broth. *Journal of Colloid and Interface Science*, 275: 496-502.
- Solgi, M., Kafi, M., Taghavi, T.S. and Naderi, R., 2009. Essential oils and silver nanoparticles (SNP) as novel agents to extend vase-life of gerbera (*Gerbera jamesoni* cv. Dune) flowers. *Postharvest Biology and Technology*, 3(35): 155-158.
- Sun, Q., Cai, X., Li, J., Zheng, M., Chen, Z. and Yu, C.P., 2014. Green synthesis of silver nanoparticles using tea leaf extract and evaluation of their stability and antibacterial activity. *Colloids and Surfaces A*, 444: 226-231.
- Torabian, S. and Zahedi, M., 2013. Effects of foliar application of common and nano-sized of iron sulphate on the growth of sunflower cultivars under salinity. *Iranian Journal of Field Crop Science*, 44(1): 109-118.
- Zhu, H., Han, J., Lutz, L., Xiao, Q.J. and Jin, Y., 2008. Uptake, translocation, and accumulation of manufactured iron oxide nanoparticles by pumpkin plants. *Journal of Environmental Monitoring*, 10: 713-717.
- on Fe, Mn, Zn, Cu concentrations in weath plant. *World Applied Science Journal*, 7(1): 156-162.
- Mohamadipoor, R., Sedaghatthoor, S. and Mahboub-Khomami, A., 2013. Effect of application of iron fertilizers in two methods 'foliar and soil application' on growth characteristics of *Spathyphyllum illusion*. *European Journal of Experimental Biology*, 3: 232-240.
- Musante, C. and White, J.C., 2010. Toxicity of silver and copper to Cucurbit apepo: differential effects of nano and bulk-size particles. *Environmental Toxicology*, 27(9): 510-517.
- Nazran, M.H., Khalaj, H., Labafi Hossen Abadi, M.R., Shams Abadi, M. and Rezazi, A., 2009. Effect of spray time on fertilizer nano fertilizer on quantitative and qualitative characteristics of wheat. Abstract of the Articles of the Second National Conference on the Application of Nanotechnology in Agriculture. Conference Hall of Seed and Plant Improvement Research Institute, Karaj, 7-8 October.
- Omidbaigi, R., 2010. Production and Processing of Medicinal Plants (Vol. 4). Mashhad, Astan Quds Razavi Publishing House, 423p.
- Pandey, A.C., Sanjay, S.S. and Yadav, R.S., 2010. Application of ZnO nanoparticles in influencing the growth rate of *Cicer arietinum*. *Journal of Experience Nanoscience*, 5: 488-497.
- Pestana, M., De Varennes, A., Goss, M.J., Abadía, J. and Faria, E.A., 2004. Floral analysis as a tool to diagnose iron chlorosis in orange trees. *Plant and Soil*, 259: 287-295.
- Peyvandi, M., Parande, H. and Mirza, M., 2011. Comparison of nano fe chelate with fe chelate effect on growth parameters and antioxidant enzymes activity of *Ocimum basilicum*. *New Cellular & Molecular Biotechnology Journal*, 4(1): 89-99.
- Rezaei, R., Hosseini, M., Shabanali Fami, H. and Safa, L., 2009. Identification and analysis of the barriers of nanotechnology development in the Iranian agricultural sector from the viewpoint of the researchers. *Journal of Science & Technology Policy*, 2(1): 17-26.

Evaluation of the green synthesis iron and silver nanoparticles of green tea (*Camellia sinensis* L.) extract on morphological and physiological traits of borage (*Borago officinalis* L.)

M. Dahmardeh^{1*}, R. Taji², I. Khammari³ and T. Hadad³

1*- Corresponding author, Department of Agronomy, University of Zabol, Zabol, Iran

E-mail: Dahmard@gmail.com; Dr.dahmardeh@uoz.ac.ir

2- M.Sc. student, Department of Medicine plant, University of Zabol, Zabol, Iran

3- Department of Agronomy, University of Zabol, Zabol, Iran

Received: July 2017

Revised: February 2018

Accepted: March 2018

Abstract

In order to investigate the effects of iron and silver nanoparticles on morphological and physiological traits of borage (*Borago officinalis* L.), an experiment was conducted as factorial based on randomized complete block design with three replications in 2016 at the University of Zabol. The identification of synthesized nanoparticles was performed using FT-IR infrared spectroscopy and scanning electron microscopy. The treatments included iron and silver nanoparticles with four levels (control, 40, 60, 80 ppm), sprayed together and separately in two stages. The results indicated that spraying iron and silver nanoparticles had significantly different effects on soluble carbohydrates, mucilage, chlorophyll a, carotenoids, leaf and branch number, inflorescence height, flower number, and dry flower weight. Iron and silver nanoparticles (80ppm) had the highest effect on the traits measured. In all traits measured, iron nanoparticles were more effective than silver nanoparticles except chlorophyll b. Simultaneous use of iron and silver nanoparticles showed different effects on all traits, so that the highest significant difference was recorded for iron and silver nanoparticles at 80ppm.

Keywords: Borage (*Borago officinalis* L.), flower yield, carbohydrate, chlorophyll, nanoparticle.