ارزیابی اثر محلول‌پاشی نانو کلات آهن، پتاسیم و روی بر فعالیت آنزیمی و ارزش غذایی برخی سبزی‌های برگی

الهام دانائی [a] *، وحید عبدوسی [b]

[a] استادیار گروه علوم باغبانی، واحد گرمسار، دانشگاه آزاد اسلامی، گرمسار، ایران
[b] استادیار گروه علوم باغبانی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۶/۷/۷ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۶/۱۰/۲۳

چکیده

مقدمه: سبزی‌ها بعنوان یک منبع غذایی کم انرژی ولی سرشار از ترکیبات ضروری و مفید برای سلامت و بهداشت بدن شناخته شده‌اند که در جوامع امروزی بدلیل زندگی ماشینی و تحرک کم مکمل مناسبی جهت تغذیه برای کاهش مصرف منابع غذایی حیوانی می‌باشند که حاوی انواع ویتامین‌ها، کربوهیدرات‌ها، پروتئین‌ها، املاح معدنی و سلولز هستند. هدف از این پژوهش ارزیابی برخی از ترکیبات ذکر شده در برخی سبزی‌های برگی تحت تیمار با نانوکودها می‌باشد.

مواد و روش‌ها: این پژوهش در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۷ تیمار شامل دو سطح نانوکلات آهن، پتاسیم و روی (۳ و ۶ میلی‌گرم در لیتر)، در ۳ تکرار انجام گردید. پس از گذشت حدود ۴ هفته از زمان کشت بذور در بستر مناسب، محلول‌پاشی با نانو کلات آهن، پتاسیم و روی به مدت یک هفته هر دو روز یک‌بار انجام شد. گلدان بدون محلول‌پاشی به عنوان شاهد بود. صفاتی مانند کلروفیل کل برگ، اسیدآسکوربیک، پروتئین، فعالیت آنزیم‌های سوپراکسید دیسموتاز و پرکسیداز، آهن، پتاسیم و روی برگ ارزیابی گردید.

یافته‌ها: بیشترین میزان کلروفیل کل و بالاترین میزان اسیدآسکوربیک، در تیمار نانو کلات آهن ۶ میلی‌گرم در لیتر به ترتیب در مرزه و جعفری، بیشترین میزان پروتئین، فعالیت آنزیم‌های سوپراکسید دیسموتاز و پرکسیداز و محتوای آهن و در تیمار نانو کلات آهن ۶ میلی‌گرم در لیتر در شنبلیله، بیشترین محتوای پتاسیم در تیمار نانو کلات پتاسیم ۶ میلی‌گرم در لیتر در شنبلیله و بیشترین محتوای روی در تیمار نانو کلات روی ۶ میلی‌گرم در لیتر در ریحان بود که تفاوت معنی‌داری در سطح آماری ۱٪ با تیمار شاهد نشان دادند.

نتیجه‌گیری: تمامی تیمارهای بکاررفته موجب بهبود صفات مورد ارزیابی نسبت به شاهد شدند ولی بیشترین بهبود صفات، در غلظت ۶ میلی‌گرم در لیتر نانو کلات آهن، پتاسیم و روی بدست آمد.

واژه‌های کلیدی: *جعفری، ریحان، شنبلیله، مرزه، نانو کلات*

* نویسنده مسئول مکاتبات email: dr.edanaee@yahoo.com

مقدمه

از شش گروه عمده خوراکی‌ها یعنی پروتئین‌ها، چربی‌ها، مواد قندی، ویتامین‌ها، مواد معدنی و آب، سبزی‌ها سرشار از ویتامین‌ها و مواد معدنی ارزشمند می‌باشند. ویتامین‌ها نقش مستقیمی در ترکیبات ساختمانی گیاه ندارند، اما در تنظیم اعمال حیاتی به ویژه فرآیند سوخت و ساز، تولید مثل و رشد و نمو گیاه نقش بسیار مهم و اساسی دارند. تاکنون ده‌ها بیماری و عوارض ناشی از کمبود ویتامین شناسایی شده است. بر این پایه هر چند نیاز انسان به ویتامین‌ها در حد چند میلی‌گرم است ولی همین چند میلی‌گرم دارای اهمیتی برابر و گاهی به مراتب بیشتر از چند کیلوگرم موادی چون چربی‌ها، قندها و حتی پروتئین‌ها است. سبزی‌ها از نظر مواد معدنی نیز بسیار غنی می‌باشند. مواد معدنی وظایف مهم و گوناگونی مانند شرکت در ترکیبات ساختمانی بدن، حفظ و تنظیم تعادل سلولی و فعال‌سازی و مشارکت در برخی از فعالیت‌های حیاتی دیگر در بدن انسان و در سایر جانداران به عهده دارند. کمبود مواد معدنی می‌تواند بیماری‌ها، عوارض و اختلالات ناگواری را در بدن انسان ایجاد نماید. به همین دلیل سبزی‌ها به ویژه انواع تازه آنها، که به صورت خام مصرف می‌شوند، افزون بر اثرات ساختمانی، موجب تسکین اعصاب و روان آدمی، شادابی و طراوت پوست و چهره، رفع یا کاهش تنش و اضطراب می‌گردند. همچنین سبزی‌ها غنی از مواد آنتی‌اکسیدان هستند. این مواد با جذب رادیکال‌های آزاد و زیان‌آور در جلوگیری از برخی از سرطان‌ها نقش مؤثری دارند. سبزی‌ها غنی از الیاف یا فیبرهای خوراکی هستند. این مواد ارزش غذایی ندارند اما بر کارکرد سیستم گوارشی تأثیر مثبت می‌گذارند و فرایند هضم و جذب را تسهیل می‌کنند (مظفریان، ۱۳۹۱).

جعفری(Parsley) با نام علمی *Petroselinum hortense* Hoffm. یکی از مهمترین گیاهان متعلق به خانواده Umbliferеae می‌باشد که ارزش غذایی و دارویی بالایی دارد. جعفری دارای مواد فراری بنام میرسیتین و آپیتن است. همچنین دارای مقادیر زیادی املاح معدنی و ویتامین به ویژه آهن می‌باشد. ویتامین آ و اسیدآسکوربیک به مقدار زیادی در آن یافت می‌شوند. این گیاه دارای مقدار زیادی روغن‌های فرار اتری مانند آپیول و مریستیسین است و به همین دلیل از آن برای معطر ساختن غذاها نیز استفاده می‌شود. اسانس جعفری که ماده عمل کننده آن آپیول است که در تمام قسمت‌های گیاه بخصوص دانه‌های آن موجود است (حسن‌زاده و همکاران، ۱۳۸۹).

ریحان (Basil) با نام علمی *Ocimum basilicum* L. گیاهی است از خانواده *Lamiaceae*. در بین این گونه‌ها، ریحان معمولی (*O. bacilicum*) بیشترین موارد مصرف را دارد، اقتصادی‌ترین گونه بوده و به عنوان عضوی از خانواده نعناع تقریباً در تمام مناطق گرم و معتدل دنیا به صورت تجاری کشت و کار می‌شود. بخش رویشی ریحان حاوی حدود ۰/۵ تا ۱/۵ درصد اسانس است. ترکیبات تشکیل دهنده اسانس ریحان متفاوت بوده و تیپ‌های شیمیایی متعددی از این گیاه شناسایی شده‌اند، اما بطورکلی لینالول، متیل‌کاویکول، سیترال، اوژنول، سینئول، کامفور و متیل‌سینامات از اجزای مهم اسانس بوده و در بازارهای جهانی اسانس، عطر، دارو و صنایع غذایی مبادله می‌شوند. گیاه ریحان دارای ویتامین آ، اسیدآسکوربیک و آنتی‌اکسیدان بوده و به همین دلیل از آسیب سلولی پیشگیری می‌کند. همچنین برگ‌های معطر ریحان به صورت تازه یا خشک شده به عنوان چاشنی و طعم‌دهنده غذاها، شیرینی‌جات و نوشابه‌ها مورد استفاده قرارمی‌گیرد (Khalid *et al.*, 2006).

شنبلیله یا شنبلید (Fenugreek) با نام علمی *Trigonella foenum-graceum* L. گیاهی است علفی و یک ساله از تیره Legouminosae. این گیاه حاوی ترکیبات پروتئینی غنی از لیزین، آرژنین، تریپتوفان و میزان کمی هسیتیدین است و سطح پائینی از اسید آمینه گوگرددار ترئونین، والین و متیونین دارد. همچنین دارای کربوهیدرات، املاح معدنی روی، منگنز، پتاسیم، کلسیم، آهن، فسفات، ویتامین‌هایی مانند اسیدنیکوتینیک، ویتامین آ، اسیداسکوربیک، فلاونوئیدها، استرول‌ها (بتاسیتوسترول، استرول) و کومارین (اسکوپولتین) است. بذر و برگ شنبلیله از زمان‌های قدیم تا امروز همواره از نظر غذایی و دارویی مهم بوده و مورد مصرف قرارگرفته است. برگ‌ها حاوی ۳۵ کالری برای هر صد گرم ماده خشک می‌باشند (ریاست و نصیرزاده، ۱۳۸۵).

مرزه (Savory) با نام علمی *Satureja hortensis* L.، گیاهی است از خانواده Labiatae که به عنوان یکی از مطبوع‌ترین ادویه‌ها معرفی شده که از دوران کهن از آن

استفاده می‌کردند. مرزه منبع بسیار عالی از مواد معدنی و ویتامین‌هاست که برای سلامت کلی بدن مفید وموثر است. برگ‌ها و شاخه‌های آن منبع بسیار غنی از پتاسیم، آهن، کلسیم، منیزیم، منگنز، روی و سلنیم می‌باشد. این گیاه همچنین منبع غنی از ویتامین‌های مهمی همچون گروه ب کمپلکس، ویتامین آ، ویتامین ث، نیاسین، تیامین و پیرودوکسین است. برگ مرزه و شاخه‌های آن دارای ترکیبات شیمیایی با کیفیت بالا هستند که دارای خاصیت آنتی‌اکسیدانی می‌باشند. همچنین برگ‌های مرزه دارای فنول‌های روغنی ضروری فراری همچون تیمول و کارواکرول است و ترکیباتی همچون لینالول، کامفن، کاریوفیلن و دیگر ترپنوئیدها نیز در آن یافت می‌شود (امیدبیگی، ۱۳۷۶).

امروزه استفاده از فناوری نانو در تمام عرصه‌ها از جمله کشاورزی در حال گسترش است. نانو به تدریج در حال گذار از مرحله‌ی آزمایشگاهی به مرحله‌ی عملیاتی و کاربردی است و این امر منجر به حضور محسوس‌تر این فناوری در بخش کشاورزی خواهد گردید (Baruah & Dutta, 2009). کاربرد نانو کودها به منظور کنترل دقیق آزادسازی عناصر غذایی می‌تواند گامی مؤثر در جهت دستیابی به کشاورزی پایدار و سازگار با محیط زیست باشد. استفاده از نانو کودها به عنوان جایگزین کودهای مرسوم موجب آزاد شدن عناصر غذایی کود به تدریج و به صورت کنترل شده در خاک می‌شود. جذب کودهایی با این ابعاد راحت‌ترشده و نسبت به کودهای رایج تأثیر بیشتری دارند. علاوه بر آن می‌توان کودهای شیمیایی زیست سازگار ایجاد و از آلودگی محیط زیست و شوری بیش ار حد خاک پرهیز نمود (Cui *et al.*, 2006)کلاته کردن عناصر غذایی نقش خیلی مهمی در سیستم بیولوژیک(حیاتی) گیاه، دارد از جمله بر اساس فرم پیوند با مواد مغذی فلزی، به جای دیگر یون‌های غیرضروری، مانع از دست دادن مواد مغذی در خاک می‌شود. همانند حاملین فلزات موثر (و مواد جدا شده)، به مواد مغذی اجازه دهند که آزادانه داخل گیاه حرکت کنند (Liu, 2006).

در پژوهشی هداوندمیرزایی و همکاران در سال ۱۳۹۶، اثر محلول‌پاشی نانوکلات آهن، پتاسیم و روی را بر بهبود صفات و رشد گیاه مرزه بررسی نمودند. صفاتی مانند کلروفیل کل برگ، پروتئین، فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز، آهن، پتاسیم و روی برگ ارزیابی گردید. نتایج نشان داد که تیمار ۶ میلی‌گرم در لیتر بیشترین تاثیر را بهبود صفات و رشد گیاه مرزه داشت. نتایج آنالیز آماری صفات مورد ارزیابی در سطح ۱ درصد معنی‌دار شد. محمدی و همکاران در سال ۱۳۹۴ به بررسی اثر محلول‌پاشی کلات و نانوکلات آهن بر شاخص‌های کمی و کیفی گیاه جعفری پرداختند. صفاتی از قبیل میزان آهن برگ، کلروفیل کل برگ، اسیدآسکوربیک و فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز ارزیابی گردید. نتایج نشان داد که تیمار ۵ گرم در لیتر نانوکلات آهن بیشترین تاثیر را در بهبود صفات مورد ارزیابی داشت و نتایج در سطح ۱ درصد معنی‌دار شدند. در آزمایشی اثر کاربرد نانوکلات آهن و روی بر برخی صفات و رشد ریحان بررسی شد. صفات مورد ارزیابی نیز شامل کلروفیل کل برگ، پروتئین، فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز، آهن و روی برگ بود. نتایج نشان داد که تیمار ۶ میلی‌گرم در لیتر آهن بیشترین تاثیر را بهبود صفات و رشد گیاه ریحان داشت. نتایج آنالیز آماری صفات مورد ارزیابی نیز بیانگر تفاوت معنی‌داری در سطح ۱ درصد بین تیمارها و شاهد بود (کنشلو و همکاران، ۱۳۹۶). پیرزاد و همکاران (۱۳۹۲)، اثر محلول‌پاشی عناصر آهن و روی را بر صفات گیاهی و میزان اسانس گیاه آنیسون بررسی نمودند. نتایج نشان داد که اثر متقابل عناصر آهن و روی بر میزان کلروفیل برگ، تعداد دانه در بوته، عملکرد زیستی و عملکرد دانه معنی‌دار بود و بیشترین عملکرد اسانس از گیاهانی که با آهن ۶ درهزار و روی ۴ در هزار تیمار شده بودند، به دست آمد و کمترین عملکرد اسانس مربوط به گیاهان محلول‌پاشی شده با غلظت ۲ در هزار آهن و روی بود. پژوهشی به منظور بررسی تاثیر آهن (نانو کلات آهن و آهن سکوسترین) در کمیت، کیفیت و رشد رویشی گل گاوزبان اجرا شد. فاکتورهای کمی و کیفی اندازه‌گیری شده شامل شاخص سطح برگ، وزن تر و خشک، کلروفیل و کارتنوئید بودند. مقایسه میانگین صفات نشان داد که کاربرد نانو کلات۵ میلی‌گرم در لیتر منجر به افزایش شاخص سطح برگ، وزن تر و خشک و تمامی رنگدانه‌ها شد. این اثر افزایشی در وزن خشک کمتر از سایر صفات مشخص بود. همچنین در ارتباط با شاخص سطح برگ به نظر می‌رسد که اثربخشی عنصر آهن از منبع سکوسترین بیش از نانو کلات است، هر چند این افزایش معنی‌دار نشد. اما

سکوسترین در میزان کلروفیل و کارتنوئیدها بهتر از نانو کلات عمل نمود، این بهبود در میزان کارتنوئیدها بسیار بیشتر شد (رسولی و بقایی، ۱۳۹۱). به منظور بررسی اثر میکروکلات و سولفات آهن بر محتوای کلروفیل کاروتنوئیدها، عملکرد بیوماس، عملکرد ماده خشک، میزان جذب عناصر(نیتروژن، فسفر، پتاسیم و آهن) توسط برگ‌ها، درصد اسانس و عملکرد اسانس گیاه دارویی آویشن دنایی (*Thymus daenesis* Celak.) آزمایشی انجام شد. نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که نانو کود کلات آهن به تنهایی بر صفات محتوای کلروفیل، کاروتنوئیدها، عملکرد بیوماس، عملکرد ماده خشک، میزان جذب نیتروژن، آهن، شاخص سطح برگ، درصد اسانس و عملکرد اسانس در سطح ۱ درصد و میزان جذب پتاسیم در سطح ۵ درصد اثر معنی‌دار افزایشی داشت. سولفات آهن به تنهایی بر صفات کلروفیل، کاروتنوئیدها و میزان جذب فسفر در سطح ۱ درصد اثر افزایشی معنی‌دار داشت. اثرات متقابل نانو کود کلات آهن و سولفات آهن بر صفات کلروفیل، کاروتنوئیدها، میزان جذب نیتروژن، فسفر، پتاسیم، آهن، درصد و عملکرد اسانس در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود که در بیشتر موارد نانو کود توانست از اثر کاهشی سولفات آهن بکاهد (شرف‌الدین شیرازی، ۱۳۹۲). در آزمایشی اثر محلول‌پاشی سولفات آهن و روی بر عملکرد گل و غلظت عناصر غذایی در بخش هوایی بابونه آلمانی ارزیابی شد. تیمارها شامل محلول‌پاشی با غلظت ۳/۵ در هزار کودهای سولفات آهن و سولفات روی بطور جداگانه و توأم با هم در مرحله‌های ساقه روی، گلدهی و هر دو مرحله با تیمار عدم محلول‌پاشی بودند. صفات مورد ارزیابی شامل عملکرد گل و غلظت فسفر، منیزیم، کلسیم، مس، روی و آهن بود. نتایج تحقیق نشان داد که اثر محلول‌پاشی بر عملکرد گل و غلظت فسفر، منیزیم، کلسیم، مس، روی و آهن در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (نصیری و همکاران، ۱۳۹۲). در آزمایش دیگری نیز تاثیر نانو کلات آهن با کلات آهن بر رشد و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان مرزه بررسی شد. تیمارهای مورد بررسی شامل ۳ تیمار نانو کود کلات آهن در سه غلظت ۱، ۳، ۵ کیلوگرم در هکتار و ۳ تیمار کود کلات آهن معمولی در سه غلظت ۱/۵، ۴/۵ و ۷/۵ کیلوگرم در هکتار بودند. نتایج نشان داد که طول ریشه و طول ساقه در تمام تیمارهای نانو کلات آهن کاهش یافت. همچنین با اعمال تیمارهای مختلف کودی، تغییرات معنی‌داری بر محتوای پروتئین نسبت به گروه شاهد مشاهده شد. کاربرد کلات آهن و نانو آهن با غلظت بالا موجب کاهش میزان پروتئین شد. این کاهش در تیمار نانو آهن محسوس‌تر بود. کلات آهن، موجب کاهش و نانو کود کلات آهن موجب افزایش میزان مجموع کلروفیل شد (پیوندی و همکاران،۱۳۹۰).

لذا هدف از انجام این پژوهش بررسی میزان رنگریزه فتوسنتزی، اسیدآسکوربیک، فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان و میزان برخی از عناصر در چهار سبزی برگی شامل جعفری، ریحان، شنبلیله و مرزه و معرفی غنی‌ترین سبزی از نظر هر کدام از ترکیبات ارزیابی شده، است.

مواد و روش‌ها

به منظور مطالعه ارزیابی اثر محلول‌پاشی نانو کلات آهن، پتاسیم و روی بر فعالیت آنزیمی و ارزش غذایی برخی سبزی‌های برگی، آزمایشی در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۷ تیمار شامل دو سطح نانو کلات آهن، پتاسیم و روی ۳ و ۶ میلی‌گرم در لیتر، در ۳ تکرار انجام گردید. پس از گذشت حدود ۴ هفته از زمان کشت بذور در بستر مناسب، محلول‌پاشی با نانو کلات آهن، پتاسیم و روی به مدت یک هفته هر دو روز یک‌بار انجام گردید. گلدان بدون محلول‌پاشی به عنوان شاهد استفاده شد. سپس در مرحله مناسب برداشت، نمونه‌برداری و ارزیابی صفاتی مانند کلروفیل کل برگ، اسیدآسکوربیک، پروتئین، فعالیت آنزیم‌های سوپراکسید دیسموتاز و پرکسیداز، آهن، پتاسیم و روی برگ، انجام شد.

- کلروفیل کل برگ

به روش Arnon در سال ۱۹۴۹ با استفاده از قطعات ۰/۳ گرمی از برگ و حلال استون ۸۰ درصد و با فرمول 20/2(A645 nm) + 8/02 (A645 nm) (V1000×10) اندازه‌گیری و در نهایت بصورت میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ بیان شد.

- اسیدآسکوربیک

میزان اسیدآسکوربیک موجود در گیاه به روش تیتراسیون دو مرحله‌ای اکسیداسیون- احیا اندازه‌گیری شد

و بصورت میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ بیان گردید (ابراهیم‌زاده و همکاران، ۱۳۸۴).

- پروتئین

برای اندازه‌گیری پروتئین از روش Brad ford در سال ۱۹۷۶ استفاده شد. ابتدا معرف برادفورد و استاندارد تهیه شد و جذب نوری نمونه در طول موج ۵۹۵ نانومتر قرائت و میزان پروتئین برحسب میکروگرم بر گرم وزن تر بیان شد.

- فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز

ابتدا تهیه عصاره آنزیم بر اساس روش Ezhilmathi و همکاران در سال ۲۰۰۷ از یک گرم گلبرگ انجام گرفت و سپس فعالیت این آنزیم بر اساس بازداشتن احیاء فتوشیمیایی Nitro-blue tetrazolium(NBT) به روش Bayer and Fridovich در سال ۱۹۸۷ اندازه‌گیری شد. فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز بر اساس واحد آنزیم بر گرم وزن تر گلبرگ بیان گردید. یک واحد آنزیم سوپراکسید دیسموتاز تعریف می‌شود به مقداری از آنزیم که نیاز است ۵۰٪ بازدارندگی احیاء NBT را در طول موج ۵۶۰ نانومتر در دستگاه اسپکتروفتومتر انجام دهد.

- فعالیت آنزیم پراکسیداز

مخلوط واکنش شامل ۲ میلی‌لیتر بافر استات با pH برابر ۴/۸ + ۲۰۰ میکرولیتر پراکسیدهیدروژن ۳٪+۲۰۰ میکرولیتر بنزیدین است. سپس ۵۰ میکرولیتر عصاره آنزیمی حاصل از روش Ezhilmathi و همکاران در سال ۲۰۰۷، از یک گرم گلبرگ، به مخلوط واکنش افزوده شده و تغییرات جذب نمونه‌ها در طول موج ۵۳۰ نانومتر توسط اسپکتروفتومتر قرائت و در نهایت مقدار فعالیت آنزیم برحسب واحد آنزیم در میلی گرم پروتئین بیان شد(Putter, 1974).

- آهن، پتاسیم و روی برگ

از بافت‌های گیاهی تمیز شده که در داخل آون با دمای ۸۵ درجه حرارت به مدت ۴ ساعت بصورت کامل خشک شده‌اند، جهت اندازه‌گیری عناصر استفاده گردید. آهن برگ به روش Florence و همکاران در سال ۲۰۰۲، پتاسیم موجود در برگ طبق روش Konrad Mengel در سال ۱۹۷۳ و میزان روی برگ به روش Cakmak و همکاران در سال ۱۹۹۹ اندازه‌گیری شد.

- تجزیه و تحلیل آماری

اطلاعات مورد نظر پس از اندازه‌گیری وارد نرم‌افزارExcel شده و توسط نرم‌افزار آماری SPSS21، آنالیز داده‌ها انجام گردید. مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵ و ۱ درصد، ارزیابی و سپس رسم نمودارها با نرم‌افزار Excel انجام شد.

یافته‌ها

نمودار ۱ نشان می‌دهد که بیشترین کلروفیل کل برگ در تیمار نانو کلات آهن ۶ میلی‌گرم در لیتر (۱۲/۵۸۳۳ میلی‌گرم در گرم وزن تر) در مرزه و کمترین آن در تیمار شاهد (۴/۹۳۷۱ میلی‌گرم در گرم وزن تر) در جعفری است.

نمودار ۲ نشان می‌دهد که بیشترین اسیدآسکوربیک در تیمار نانو کلات آهن ۶ میلی‌گرم در لیتر (۲/۹۳۸ میلی‌گرم در گرم وزن تر) در جعفری و کمترین آن در تیمار شاهد (۰/۹۸۷ میلی‌گرم در گرم وزن تر) در شنبلیله است.

نمودار ۳ نشان می‌دهد که بیشترین پروتئین در تیمار نانو کلات آهن ۶ میلی‌گرم در لیتر (۰/۸۸۷ میکروگرم در گرم وزن تر) در شنبلیله و کمترین آن در تیمار شاهد (۰/۳۸۱ میکروگرم در گرم وزن تر) در جعفری است.

نمودار ۴ نشان می‌دهد که بیشترین فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز در تیمار نانو کلات آهن ۶ میلی‌گرم در لیتر (۷۶/۸۶ واحد آنزیم در گرم وزن تر) در شنبلیله و کمترین آن در تیمار شاهد (۳۷/۴۳ واحد آنزیم در گرم وزن تر) در جعفری است.

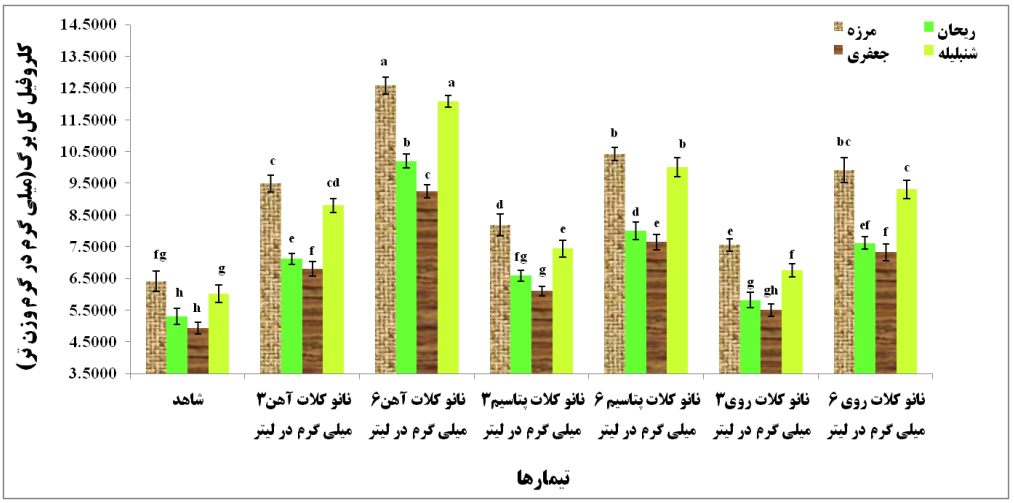
نمودار ۵ نشان می‌دهد که بیشترین فعالیت آنزیم پراکسیداز در تیمار نانو کلات آهن ۶ میلی‌گرم در لیتر (۳/۰۵ واحد آنزیم در میلی‌گرم پروتئین) در شنبلیله و کمترین آن در تیمار شاهد (۰/۶۹ واحد آنزیم در میلی‌گرم پروتئین) در جعفری است.

نمودار ۶ نشان می‌دهد که بیشترین میزان آهن در تیمار نانو کلات آهن ۶ میلی‌گرم در لیتر (۱۰۲/۷۱ میلی‌گرم در گرم وزن خشک) در شنبلیله و کمترین آن در تیمار شاهد (۴۶/۶۳ میلی‌گرم در گرم وزن خشک) در جعفری است.

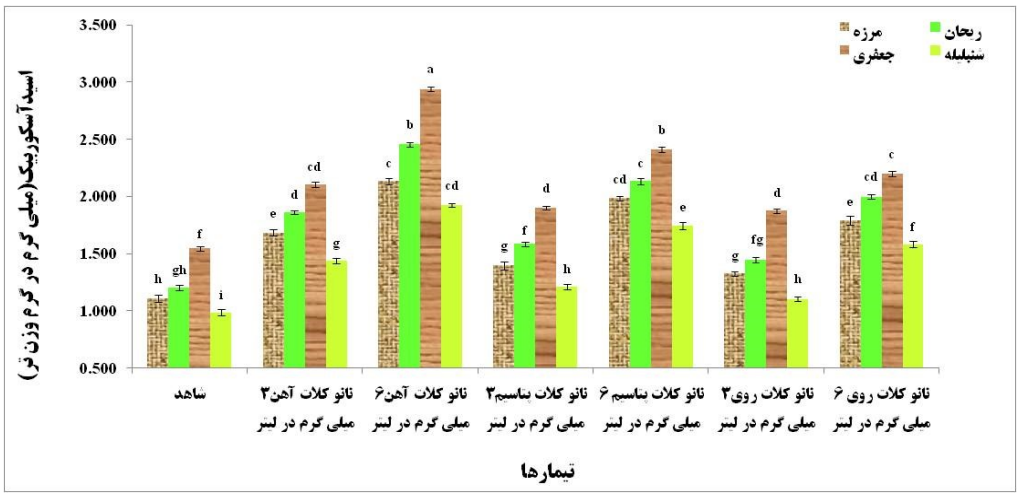
نمودار ۷ نشان می‌دهد که بیشترین میزان پتاسیم در تیمار نانو کلات پتاسیم ۶ میلی‌گرم در لیتر (۲۳۱/۲۴

میلی‌گرم در گرم وزن خشک) در شنبلیله و کمترین آن در تیمار شاهد (۱۵۳/۵۸ میلی‌گرم در گرم وزن خشک) در مرزه است.

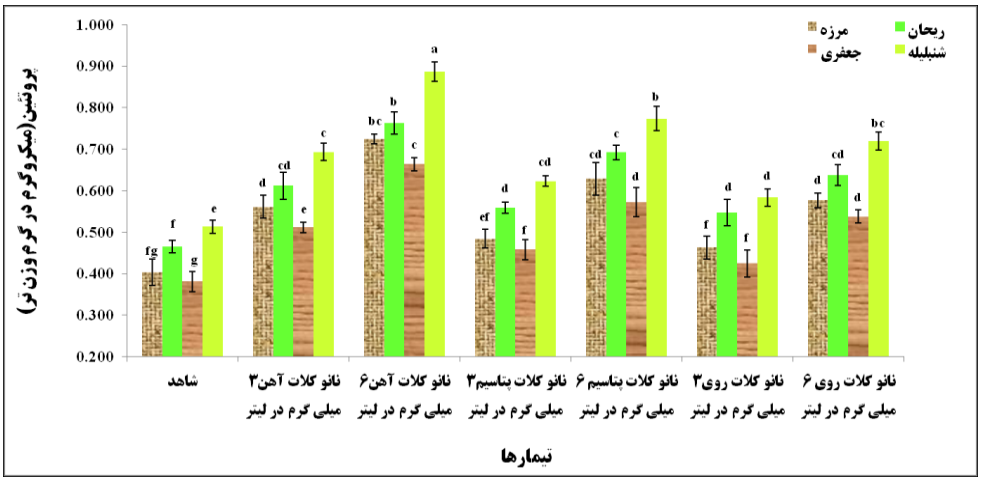
نمودار ۸ نشان می‌دهد که بیشترین میزان روی در تیمار نانو کلات روی ۶ میلی‌گرم در لیتر (۴/۹۳ میلی‌گرم در گرم وزن خشک) در ریحان و کمترین آن در تیمار شاهد (۱/۹۵ میلی‌گرم در گرم وزن خشک) در مرزه است.



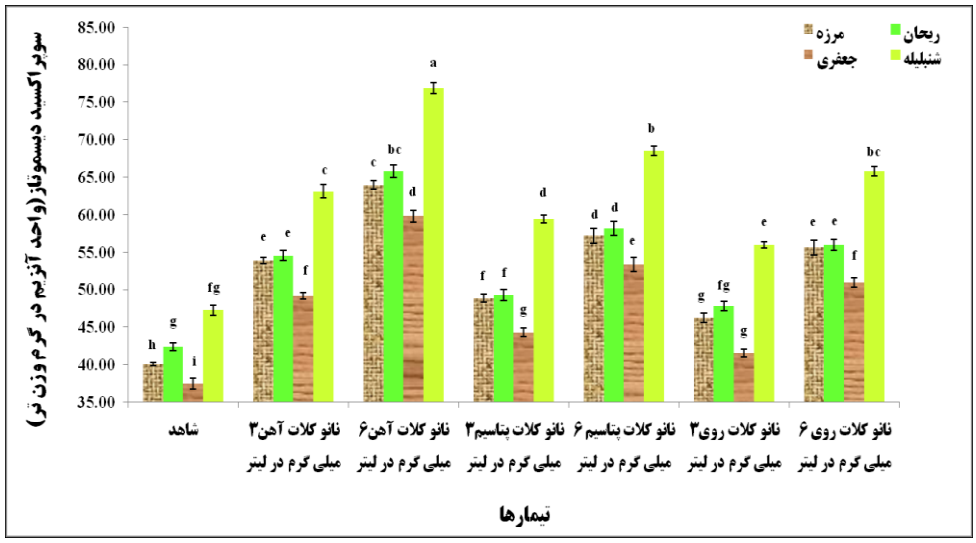
نمودار ۱- محتوای کلروفیل کل برگ



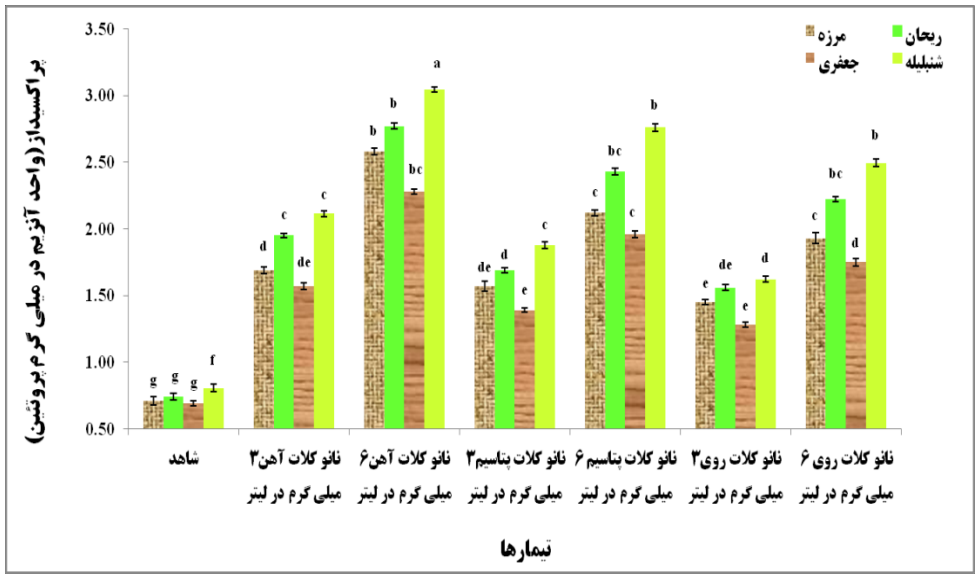
نمودار ۲- میزان اسیدآسکوربیک



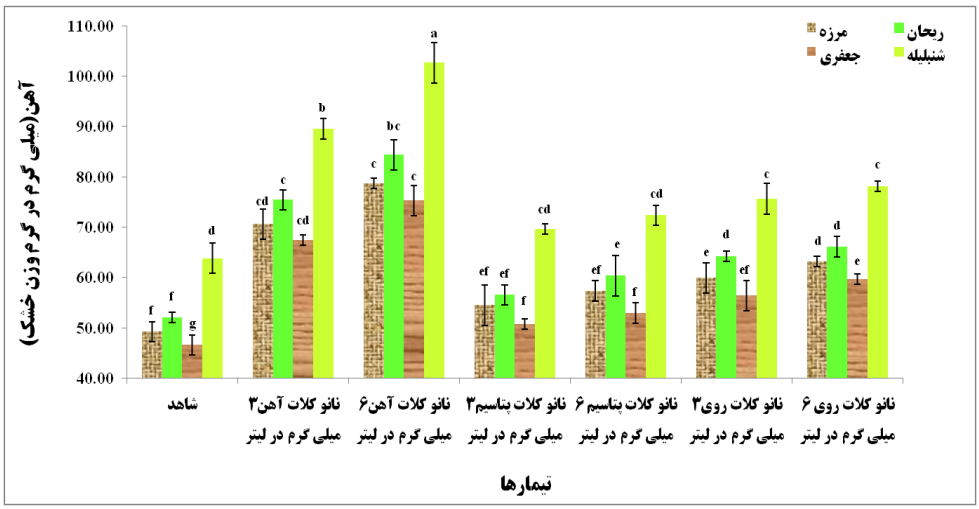
نمودار ۳- محتوای پروتئین



نمودار ٤- فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز



نمودار ٥- فعالیت آنزیم پراکسیداز



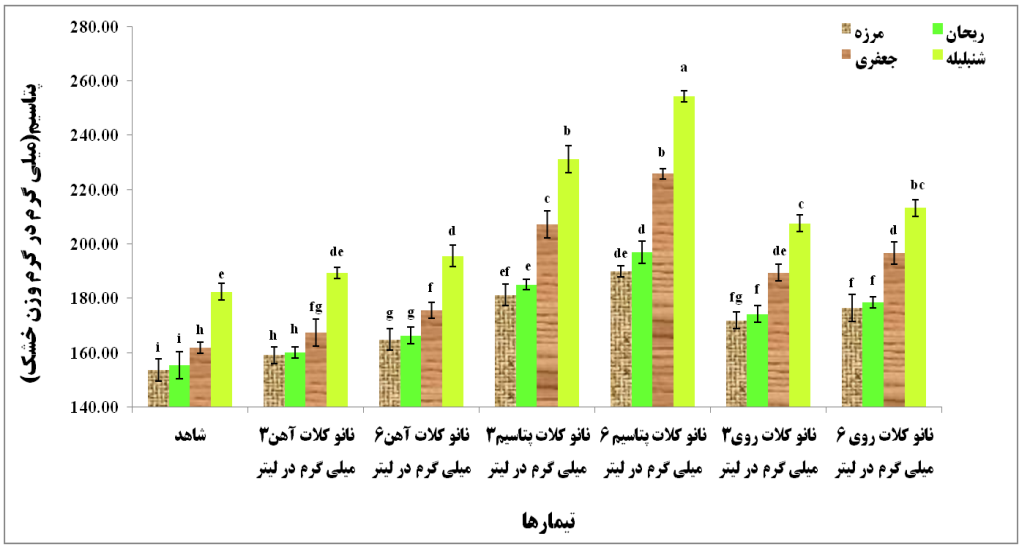
نمودار ٦- میزان آهن

نتایج تحقیق حاضر مطابق با دستاوردهای رسولی و بقایی در سال ۱۳۹۱، شرف‌الدین شیرازی در سال ۱۳۹۲، محمدی و همکاران در سال ۱۳۹۴، هداوندمیرزایی و همکاران در سال ۱۳۹۶ کنشلو و همکاران در سال ۱۳۹۶، نصیری و همکاران در سال ۱۳۹۲، پیوندی و همکاران در سال۱۳۹۰، عسگری‌لجایر و همکاران در سال ۱۳۹۳ و پیرزاد و همکاران در سال ۱۳۹۲، مطابقت دارد.

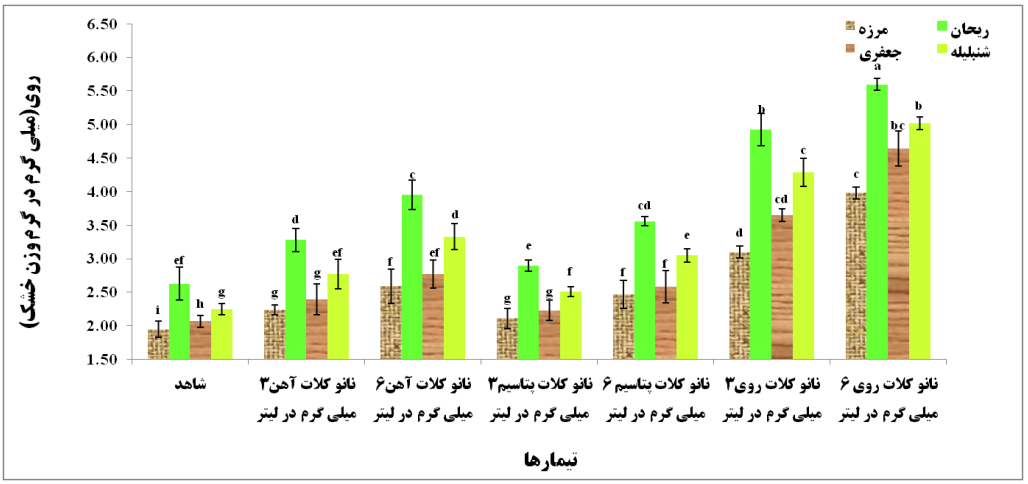
بحث

دانش تغذیه صحیح و مدرن، بیشتر مبتنی بر ارزش بیولوژی و کیفیت غذاها است که برای سلامت و بهداشت بدن ضروری می‌باشد. یک ماده غذایی باید ویژگی‌های مختلفی داشته باشد که از میان آنها می‌توان به خوش طعم بودن، سیرکنندگی و بهداشتی بودن اشاره نمود. همچنین یک ماده غذایی باید از نظر اقتصادی نیز مقرون به صرفه باشد که سبزی‌ها اکثریت این ویژگی‌ها را دارا می‌باشند.

سبزی‌ها به دلیل داشتن انرژی کم و به لحاظ تناسب صحیح مواد غذایی و مواد انرژی‌زا جزء تغذیه مدرن امروزی محسوب می‌شوند. وجود مواد معدنی در بدن برای سلامتی ضروری است و در صورتی که تعادل این مواد معدنی در بدن وجود نداشته باشد، سلامت فرد به خطر می‌افتد. آهن از جمله مواد معدنی و الکترولیت‌هایی است که برای بدن اهمیت زیادی دارد. اهمیت فیزیولوژیکی آهن به ویژه در نقشی است که این عنصر در تنفس سلولی انجام می‌دهد. همچنین این عنصر یکی از ترکیبات حیاتی و ضروری هموگلوبین است که اکسیژن را از طریق خون به تمام



نمودار ۷- میزان پتاسیم



نمودار ۸- میزان روی

قسمت‌های بدن می‌رساند و در بسیاری از عملکردهای متابولیسمی بدن نیز نقش حیاتی و مهمی ایفا می‌کند. پتاسیم ماده معدنی ضروری برای سلامت انسان است. بدن از پتاسیم برای تولید پروتئین و ساختن عضلات، تجزیه کربوهیدرات‌ها و تبدیل آنها به انرژی، تنظیم ضربان قلب و فشار خون و سایر فعالیت‌ها استفاده می‌کند. تقریبا تمامی میوه‌ها و سبزیجات به میزان قابل توجهی حاوی پتاسیم می‌باشند. عنصر روی از نظر کمیت دومین عنصر کمیاب موجود در بدن پس از آهن بوده و از طرفی در اعمال متابولیکی و در ساختمان آنزیم‌های مغزی شرکت می‌کند. به عبارتی ناکافی بودن و مصرف بیش از اندازه این فلز می‌تواند سلامتی انسان را به خطر بیاندازد. روی خواص سودمندی از قبیل ضدویروس، ضدباکتری، ضدتابش و ضدسرطان داشته و همچنین برای رشد عمومی تمامی بافت‌ها ضروری بوده و از کوتولگی و عقب افتادگی افراد جلوگیری می‌کند و سیستم ایمنی بدن را تضمین می‌کند. با توجه به اهمیت این عنصر در رشد و سلامت انسان افراد می‌توانند به طور طبیعی هر روزه با خوردن غذاهایی که حاوی روی هستند حتی در غلظت‌های بسیار پایین این فلز را دریافت کنند (سیدعلیزاده گنجی و همکاران، ۱۳۸۶; سیری و همکاران، ۱۳۹۴). کاربرد عناصر پرمصرف و برخی عناصر غذایی کم‌مصرف مانند آهن و روی برای رشد گیاه بسیار ضروری می‌باشد و بر فرآیندهای فیزیولوژیکی متعددی مانند فتوسنتز، فعالیت آنزیم‌ها، تولید هورمون‌های رشد، جذب آب، فرآیند اکسیداسیون و احیاء، تشکیل کلروفیل و غیره دخالت داشته و تامین آنها می‌تواند موجب توازن عناصر غذایی در گیاه و نهایتاً بهبود کمیت و کیفیت محصول گردد (پیوندی و همکاران، ۱۳۹۰). تجمع این عناصر در سبزی‌های پرمصرف همچنین می‌تواند مواد معدنی ضروری، ویتامین‌ها و انرژی لازم برای تغذیه و سلامت انسان را فراهم نماید.

نتیجه‌گیری

محلول‌پاشی نانو کلات آهن، پتاسیم و روی با غلظت ۶ میلی‌گرم در لیتر بیشترین تاثیر را بر بهبود محتوای کلروفیل کل برگ، ویتامین ث، فعالیت آنزیمی و میزان برخی از عناصر در چهار سبزی برگی شامل جعفری، ریحان، شنبلیله و مرزه داشت. بیشترین کلروفیل کل برگ در مرزه و کمترین آن در جعفری، بیشترین اسیدآسکوربیک در جعفری و کمترین آن در شنبلیله بود. بیشترین میزان پروتئین، فعالیت آنزیم‌های سوپراکسید دیسموتاز و پراکسیداز و محتوای آهن در شنبلیله و کمترین آن در جعفری بود. همچنین بیشترین میزان پتاسیم در شنبلیله و کمترین آن در مرزه و بیشترین میزان روی در ریحان و کمترین آن در مرزه بود. در نتیجه برای تامین مواد معدنی ضروری، ویتامین‌ها و انرژی بدن می‌توان سبزی‌های برگی را به عنوان یک ماده غذایی غنی و مقزون از نظر اقتصادی توصیه نمود.

منابع

ابراهیم‌زاده، م. ع.، حسینی‌مهر، س. ج.، محمودی، م.، قایخلو، م. ر.، س. و حسینی، م. (۱۳۸۴). اندازه‌گیری میزان ویتامین ث با روش تیتراسیون دو مرحله‌ای اکسیداسیون–احیا در انواع مرکبات. مجله علمی پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی مازندران. ۱۵: ۳۱–۲۶.

امیدبیگی، ر. (۱۳۷۶). رهیافت‌های تولید فرآوری گیاهان دارویی. جلد دوم. ص ۳۰۰.

پیرزاد، ع. ر.، طوسی، پ. و درویش‌زاده، ر. (۱۳۹۲). اثر محلول‌پاشی عناصر آهن و روی بر صفات گیاهی و میزان اسانس آنیسون. مجله علوم زراعی ایران. ۱۵: ۲۳–۱۲.

پیوندی، م.، میرزا، م. و کمالی‌جامکانی، ز. (۱۳۹۰) .تاثیر نانو کلات آهن با کلات آهن بر رشد و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان مرزه (*Satureja hortensis*). مجله تازه‌های بیوتکنولوژی سلولی مولکولی، ۲(۵): ۲۵–۳۲.

حسن‌زاده، ح. (۱۳۸۷). پرورش سبزی و سبزی‌کاری در باغ و خانه. انتشارات حامی چاپ سوم.

رسولی، ز. و بقایی، ن. (۱۳۹۱). تأثیر تیمارهای نانو کلات آهن و تنش شوری و اثرات متقابل آن‌ها بر میزان رنگدانه‌های گیاه گل گاوزبان. اولین همایش ملی توسعه پایدار کشاورزی و محیط زیست سالم، واحد همدان، دانشگاه آزاد اسلامی.

ریاست، م. و نصیرزاده، ع. ر. (۱۳۸۵). ارزیابی دو گونه چندساله *Trigonella tehranica* و *T. elliptica* به منظور بهبود کیفیت علوفه، دوفصلنامه تحقیقات ژنتیک و اصلاح گیاهان مرتعی و جنگلی ایران، شماره ۱۴، ۲۴۰–۲۳۰.

سیری، ن. و سیری، س. (۱۳۹۴). نقش مواد معدنی و ویتامین‌ها در سلامت انسان. نخستین همایش ملی نقش مواد معدنی و ویتامین‌ها در سلامت انسان، دام، طیور و آبزیان، دانشگاه جیرفت و دانشگاه علوم پزشکی جیرفت.

علیزاده گنجی، س. م. الماسی، س. ن. ا. و فرهپور، م. م.

(۱۳۸۶). عنصر روی و نقش حیاتی آن در بدن انسان. اولین همایش زمین‌شناسی زیست محیطی و پزشکی، دانشگاه شهید بهشتی.

شرف‌الدین شیرازی، ش. و فاضلی، ف. (۱۳۹۲). اثر میکروکلات و سولفات آهن بر عملکرد و اجزای عملکرد آویشن دنایی (*Thymus daenesis* Celak.). دوماهنامه علمی- پژوهشی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران، جلد ۳۱، شماره ۲، ص ۳۸۲-۳۷۴.

عسگری‌لجایر، ح.، متشرزاده، ب.، ثواقبی فیروزآبادی، غ. ر. و هادیان، ج. (۱۳۹۳). تأثیر کاربرد مس و روی برغلظت و جذب عناصر غذایی کم مصرف (مس، روی، آهن و منگنز) و پرمصرف (فسفر) در گیاه دارویی مرزه (*Satureja hortensis* L.) در شرایط گلخانه‌ای. علوم و فنون کشت‌های گلخانه‌ای، سال پنجم، شماره نوزدهم.

کنشلو، ی. و دانائی، ا. (۱۳۹۶). اثر کاربرد نانوکلات آهن و روی بر خصوصیات کمی، کیفی و رشد ریحان (*Ocimum basilicum* L.). پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه آزاد اسلامی واحد گرمسار.

محمدی نصرآبادی، م. و دانائی، ا. (۱۳۹۵). اثر کاربرد کلات آهن و نانوکلات آهن بر خصوصیات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی گیاه جعفری. پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد. دانشگاه آزاد اسلامی واحد گرمسار.

مظفریان، و. (۱۳۹۱). شناخت گیاهان دارویی و معطر ایران. انتشارات فرهنگ معاصر.

نصیری، ی.، زهتاب‌سلماسی، س.، نصراله‌زاده، ص.، قاسمی‌گلعذانی، ک.، نجفی، ن. ا و جوانمرد، ع. ا. (۱۳۹۲). ارزیابی اثر محلول‌پاشی سولفات آهن و روی بر عملکرد گل و غلظت عناصر غذایی در بخش هوایی بابونه آلمانی، نشریه دانش کشاورزی و تولید پایدار. ۲۳: ۱۱۵-۱۰۵.

هداوندمیرزایی، ح. و دانائی، ا. (۱۳۹۶). اثر محلول‌پاشی نانوکلات آهن، پتاسیم و روی بر خصوصیات کمی، کیفی و رشد گیاه مرزه (*Satureja hortensis*). پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه آزاد اسلامی واحد گرمسار.

Arnon, D. I. (1949). Copper enzymes in isolated chloroplasts. Polyphenoloxidase in vulgaris. Plant Physiology Journal, 24 (1), 1.

Baruah, S. & Dutta, J. (2009). "Nanotechnology applications in Sensing and Pollution Degradation in Agriculture" Env. Chem. Letters. 7 (3): 191-204.Banks, L.W. 2004.

Bayer, W. F. & Fridovich, I. (1987). Assaying for superoxide dismutase activity: some large consequences of minor changes in condition. Analytical Biochemistry, 161, 559–566.

Bradford, M. M. (1976). A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein dye binding. Analytical Biochemistry, 72, 248-254.

Cakmak, I., Tolay, A., Ozdemeir, H., Ozkan, L. & King, C. I. (1999). Differences in zinc efficiency among and within diploid, tetraploid and hexaploid wheats. Annals of Botany, 163-171.

Cui, H., Sun, C., Liu, Q., Jiang, J. & Gu, W. (2006). Applications of Nanotechnology in Agrochemical Formulation, Perspectives, Challenges and Strategies. P. 1-6. Institute of Environment and Sustainable Development in Agriculture. Chinese Academy of Agricultural Sciences. Beijing. China.

Ezhilmathi, K., Singh, V., Arora, P. & Sairam, R. K. (2007). Effect of 5-sulfocalicylic acid on antioxidant in relation to vase life of gladiolus cut flower. Plant Growth Regulatory, 51, 99-108.

Florence, K., Sapsford, D. J., Johnson, D. B., Kay, C. M. & Wolkersdorfer, C. (2002). Iron-mineral accretion from acid mine drainage and its application in passive treatment. Environmental Technology, 479-487.

Liu, X., Feng, Z., Zhang, S., Zhang, J., Xiao, Q. & Wang, Y. (2006). Preparation and testing of cementing nano-subnano composites of slowor controlled release of fertilizers. Scientia Agricultura Sinica Journal, 39, 1598-1604.

Khalid. A. Kh., Hendawy, S. F. & El-Gezawy, E. (2006). Ocimum basilicum L. Production under Organic Farming. Research Journal of Agriculture and Biological Sciences 2 (1), 25-32.

Mengel, K. (1973). Effect of Potassium Supply on the Acropetal Transport of Water, Inorganic Ions and Amino Acids in Young Decapitated Sunflower Plants (*Helianthus annuus*). Physiologia Plantarum Journal, 232–236.

Putter, J. (1994). Method of Enzymatic method analysis 2, (Ed.): Bergmeyer. Academic Press, New York. Pages. 685.