



Evaluating the foliar application of salicylic acid and iron nano chelate on some biochemical and morpho-physiological properties of Aromatic violet (*Viola odorata* L.)

Asma Hasanvand¹, Leila Fahmideh^{2*} , Fatemeh Bidarnamani³

¹Department of Medicinal Plants, Spice and Drink, University of Zabol, Zabol, Iran

²Department of Plant Breeding and Biotechnology, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran
Email: l.fahmideh@gau.ac.ir

³Department of Agronomy and Plant Breeding, Agriculture Institute, Research Institute of Zabol, Zabol, Iran

Serial 66, 17th year, Number 2, Summer 2022 (141-162)

Abstract

To evaluate the effects of different concentrations of salicylic acid and nano iron chelate on the mucilage and carbohydrate values as well as some morpho-physiological traits of *Viola odorata* L. species, a factorial experiment was defined based on randomized complete block design with three replications. After planting the seeds in pots, experimental treatments included foliar application of salicylic acid at three levels (0, 0.75 and 1.5 mg / L) as well as nano iron chelate at two levels (0 and 1 g / L) was applied at seedling stage. According to the results, the highest amounts of carotenoid, chlorophyll a, chlorophyll b as well as the total chlorophyll, protein and catalase were observed in specimen treated with 1.5 mg / L salicylic acid. Moreover, the highest amounts of sodium, copper, mucilage and fresh plant weight were detected in specimen treated with 1g / L iron nano chelate. The results also demonstrated that the highest amount of carbohydrate was found in specimen treated with 1.5 mg / L salicylic acid and 1 g / L nano-iron chelate. In this investigation, the foliar application of salicylic acid (1.5 mg / L) and iron nano chelate (1 g / L) led to a 12 and 19 percent increase in the plant height compared to the untreated sample, respectively. Therefore, treatment with salicylic acid and nano-iron chelate could be recommended to increase the growth and medicinal properties of this plant species.

Article type:

Research Full Paper

Article history

Received: 2020/07/14

Revised: 2020/09/12

Accepted: 2020/10/13

Keywords

Carbohydrate

Elicitors

Viola odorata

Photosynthetic pigments

Mucilage



ارزیابی اثرات محلول پاشی اسید سالیسیلیک و نانو کلات آهن بر برخی خصوصیات بیوشیمیایی و مورفوفیزیولوژیکی بنفشه معطر (*Viola odorata L.*)

اسماء حسنوندا^۱، لیلا فهمیده^{۲*}، فاطمه بیدرنامنی^۳

^۱گروه گیاهان دارویی، ادویه‌ای و نوشابه‌ای دانشگاه زابل، زابل، ایران، رایانامه: hasanvand@yahoo.com

^۲گروه اصلاح نباتات و بیوتکنولوژی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران، رایانامه: l.fahmideh@gau.ac.ir

^۳گروه زراعت و اصلاح نباتات، پژوهشکده کشاورزی، پژوهشگاه زابل، زابل، ایران، رایانامه: f.bidamamani65@uoz.ac.ir

سال هفدهم، شماره ۶۶، تابستان ۱۴۰۱ / صفحات: ۱۶۲-۱۴۱

نوع مقاله:

مقاله کامل علمی-پژوهشی

چکیده

به منظور ارزیابی تأثیر غلظت‌های مختلف اسید سالیسیلیک و نانو کلات آهن بر میزان موسیلاژ، کربوهیدرات‌ها و برخی صفات مورفوفیزیولوژیکی گیاه بنفشه معطر، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. پس از کشت بذرها در گلدان، تیمارهای آزمایشی شامل محلول پاشی اسید سالیسیلیک (در سه سطح صفر (شاهد)، ۰/۷۵ و ۱/۵ میلی گرم در لیتر) و نانو کلات آهن (در دو سطح صفر (شاهد) و ۱ گرم در لیتر) در مرحله گیاهچه‌ای اعمال شد. نتایج حاصله نشان داد که بیشترین مقادیر کاروتنوئیدها، کلروفیل a، b و کل، پروتئین و فعالیت کاتالاز در گیاهان محلول پاشی شده با ۱/۵ میلی گرم در لیتر اسید سالیسیلیک حاصل شد و همچنین بیشترین مقدار عناصر معدنی سدیم، مس، موسیلاژ و وزن تر بوته هم در تیمار محلول پاشی یک گرم در لیتر نانو کلات وجود داشت. سایر نتایج نیز مشخص ساخت که بیشترین مقدار کربوهیدرات در محلول پاشی تیمار ۱/۵ میلی گرم در لیتر اسید سالیسیلیک و یک گرم در لیتر نانو کلات آهن بدست آمد. در این مطالعه افزایش ۱۲ و ۱۹ درصدی ارتفاع در بوته های محلول پاشی با اسید سالیسیلیک (۱/۵ میلی گرم در لیتر) و نانو کلات آهن (۱ گرم در لیتر) نسبت به شاهد مشاهده شد. بر اساس نتایج حاصله می‌توان تیمار اسید سالیسیلیک و نانو کلات آهن را به منظور افزایش خصوصیات رشدی و داروئی این گیاه پیشنهاد نمود.

واژه‌های کلیدی:

القا کننده
بنفشه معطر
رنگیزه‌های فتوسنتزی
کربوهیدرات
موسیلاژ

مقدمه

جنس *Viola* متعلق به تیره *Violaceae* بیش از ۴۰۰ گونه شناخته شده دارد (Mabberley, 1987) و در بسیاری از مناطق عاری از یخبندان جهان پراکنده شده‌اند. این جنس احتمالاً از جنوب آمریکا منشأ گرفته است اما بیشتر مراکز تنوع مورفولوژیکی و تاکسونومی آن در نیمکره شمالی واقع شده است (Hodálová et al., 2008). یکی از گونه‌های این جنس بنفشه معطر (*Sweet violet*) می‌باشد. *Viola L. odorata* گیاهی علفی و بوته‌ای، پایا و چندساله، که توسط استولون‌های مویی شکل و نازک یا بذر تکثیر می‌یابد (Lim, 2014) و ارتفاع آن ۵ تا ۱۵ سانتی متر است. برگ‌ها معمولاً به شکل روزت هستند و به رنگ سبز تیره مشاهده می‌شوند. گل‌ها به صورت منفرد روی دمگل و گیاه قرار گرفته‌اند (Lim, 2014).

قسمت مورد استفاده بنفشه معطر شامل گل، برگ، ریشه، دانه و حتی تمام قسمت‌های گیاه کامل است (Graham and Quinn, 2000; Shafaghat and Zarinkamar, 2018). بنفشه معطر دارای موسیلاژ و ماده رنگی آبی که سریعاً فاسد می‌گردد بوده و همچنین دارای ویولین با اثری شبیه امتین و کمی اسانس است. گل بنفشه دارای اثر نرم‌کننده، خلط‌آور ضعیف و معرق است (Azad Bakht, 1999; Shafaghat and Zarinkamar, 2018). بنفشه معطر به دلیل وجود ترکیباتی از قبیل کربوهیدرات‌ها و موسیلاژ در برگ و گل آن خواص دارویی دارد (Shafaghat and Zarinkamar, 2018; El-Tayeb, 2005). هیدروکلوئیدهای پلی ساکاریدی از جمله ترکیبات موسیلاژ بوده که در بسیاری از گیاهان عالی یافت می‌شوند (Shafaghat and Zarinkamar, 2018; Ghani et al., 1997). موسیلاژها پلیمرهای زیستی با وزن مولکولی بالا هستند که دارای دامنه وسیعی از خواص فیزیکیوشیمیایی بوده و در زمینه‌های دارویی،

صنعتی، بهداشتی، غذایی و پزشکی کاربرد وسیع دارند. آنالیز موسیلاژها نشان می‌دهد که دارای واحدهای سازنده‌ای مانند گالکتورونیتیک اسید، گلوکورونیک اسید، آرابینتوز، گزیتوز، رامنتوز، متانوز، گالکتوز و گلوکوز می‌باشند (Ghasemian et al., 2017).

یکی از راه‌های افزایش مواد موثره در گیاهان دارویی تأمین عناصر غذایی مورد نیاز آن‌ها به واسطه استفاده از کودهای شیمیایی است اما استفاده بی رویه از کودهای شیمیایی اثرات زیانباری بر محیط زیست و سلامت محصولات زراعی برجای می‌گذارند (Koochaki and Khajehoseini, 2012). از این رو یکی از این روش‌هایی که توجه محققین به آن معطوف شده است استفاده از تکنولوژی‌های به روز و مدرنی هم چون علم نانو تکنولوژی می‌باشد که جایگاه برجسته‌ای در علوم مختلف از جمله علوم گیاهی و کشاورزی پیدا کرده است (Beers and Sizer, 1952). استفاده از نانوکودها که جایگزین کودهای شیمیایی می‌باشند، منجر به افزایش کارایی مصرفی عناصر غذایی، کاهش سمیت خاک، به حداقل رسیدن اثرات منفی ناشی از مصرف بیش از حد کودهای شیمیایی و کاهش تعداد دفعات کاربرد کود می‌شود (Dahmardeh et al., 2018; Hashemi Fadaki et al., 2017). آهن یک جزء تشکیل دهنده آنزیم‌های انتقال دهنده الکترون است که در فتوسنتز و تنفس میتوکندری‌ها فعال بوده و بر مقادیر کلروفیل اثر می‌گذارد زیرا عنصری ضروری در تشکیل ساختمان مولکولی کلروفیل می‌باشد (Gardner et al., 2011).

بر اساس مطالعات انجام شده گزارش شده است که کاربرد نانو کلات آهن با فراهمی عناصر غذایی مورد نیاز گیاه موجب افزایش رشد اندام هوایی و متعاقب آن افزایش عملکرد وزن خشک اندام هوایی می‌شود (Mengel and Kirby, 1987).

استفاده از تنظیم کننده‌های رشد گیاهی نیز به گیاه کمک می‌کند تا بر عوامل بازدارنده‌ی رشدی غلبه نماید. انواع اسیدهای سالیسیلیک به عنوان گروهی از تنظیم کننده‌های رشد گیاهی نقش مهمی در تنظیم فرآیند رشد و نمو گیاه دارند (Sheligi, 1986). اسید سالیسیلیک باعث افزایش معنی‌دار سطح برگ و وزن خشک اندام‌های هوایی و مقدار کروفیل کل در مقایسه با عدم مصرف آن در شرایط تنش خشکی در گیاه سیر گردید (Arvin et al., 2011). اسید سالیسیلیک تأثیر خود را بر فتوسنتز از طریق عوامل روزنه‌ای، رنگیزه و ساختار کلروپلاست و آنزیم‌های دخیل در مراحل فتوسنتز اعمال می‌کند (Ghai et al., 2002) بر اساس نتایج تحقیقی که بر روی گیاه زیره سبز (*Cuminum cyminum* L.) انجام گرفت نشان داده شد که محلول‌پاشی با اسید سالیسیلیک اثرات معنی‌دار بر افزایش عملکرد دانه و وزن خشک بوته گیاه زیره سبز داشت (Sartip and Sirousmehr, 2017). در تحقیقی Padash و همکاران (۲۰۱۶) اثر غلظت‌های مختلف اسید سالیسیلیک (شاهد، ۵۰ و ۱۰۰ قسمت در میلیون) بر غلظت برخی عناصر غذایی گیاه دارویی ریحان را بررسی و نتایج آنها نشان داد طی کاربرد اسید سالیسیلیک و با افزایش غلظت آن، غلظت عناصر کلسیم، پتاسیم، منیزیم، فسفر و نیتروژن افزایش یافت به گونه‌ای که بیشترین مقدار صفات فوق طی کاربرد غلظت ۱۰۰ قسمت در میلیون حاصل شد.

با توجه به اینکه گیاه دارویی بنفشه معطر به‌عنوان یکی از گیاهان مهم در صنعت داروسازی به‌شمار می‌رود و از جانبی تأثیر محلولپاشی نانو کلات آهن و اسید سالیسیلیک بر خصوصیات این گیاه تاکنون مورد بررسی قرار نگرفته است، لذا هدف این تحقیق بررسی تأثیر محلولپاشی این دو ماده بر برخی صفات

(Aghazadehkhalikali et al., 2014). بر این اساس بیان شده است که یک رابطه خطی معنی‌دار بین غلظت آهن و عملکرد گیاه وجود دارد. به طوری که در اثر مصرف آهن، مقدار کلروفیل، فتوسنتز و رشد رویشی گیاه افزایش یافته و این امر باعث افزایش سطح کربن‌گیری و در نتیجه میزان ماده خشک تولیدی در گیاه می‌شود (Amaliotis et al., 2002). در مطالعه‌ای Hashemi Fadak و همکاران (۲۰۱۷) با بررسی اثر کود نانو کلات آهن بر گیاه دارویی چای ترش بیان کردند که این نانو کود باعث افزایش صفات کمی و کیفی مورد بررسی شد. همچنین گزارشی دیگر Nasiri Dehsorkhi و همکاران (۲۰۱۸) گزارش کردند که مصرف نانو کود کلات آهن در مقایسه با شاهد سبب افزایش ارتفاع، تعداد چتر در بوته، وزن هزار دانه و عملکرد بیولوژیک در گیاه دارویی زیره سبز گردید. در تحقیقی اثر کلات (۳ در هزار) و نانو کلات آهن (۱/۵ و ۴ در هزار) را بر برخی خصوصیات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی گیاه دارویی سیاه دانه بررسی و گزارش شد که کاربرد کلات‌های آهن به صورت نانو نسبت به شکل معمول ارتباط معنی‌داری با عملکرد و اجزای عملکرد و خصوصیات کیفی داشته و آنها را افزایش داده است به طوری که در شرایط آب و هوایی تهران بیشترین میزان ارتفاع بوته، تعداد شاخه جانبی، عملکرد دانه و شاخص برداشت طی کاربرد غلظت ۴ در هزار نانو کلات آهن به دست آمد (Davoodi et al., 2020). در پژوهشی اثر غلظت‌های نانو کلات آهن در دو مرحله ساقه‌دهی و اوایل گلدهی بر میزان برخی صفات گیاه دارویی بابونه بررسی و گزارش شد که بیشترین میزان وزن خشک کل، کلروفیل‌های a، b و کل طی کاربرد غلظت ۱ گرم در لیتر نانو کلات آهن در اوایل مرحله گلدهی حاصل شد (Azad et al., 2017).

بیوشیمیایی، مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی گیاه بنفشه معطر بود.

مواد روش‌ها

به منظور بررسی اثرات کود نانو کلات آهن و اسیدسالیسیلیک بر صفات مورفولوژی و فیزیولوژی بنفشه معطر، آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار و دو فاکتور شامل: نانو کلات آهن (غلظت های صفر و ۱ گرم در لیتر) و اسید سالیسیلیک (۰، ۰/۷۵، ۱/۵ میلی‌گرم در لیتر) در گلدان و در گلخانه‌ای شخصی واقع در شهرستان الشتر استان لرستان با شرایط دمایی 25 ± 2 درجه سانتی‌گراد و با نسبت طول دوره روشنایی به تاریکی ۱۶ به ۸ ساعت انجام شد. برای انجام این آزمایش بذر گیاه بنفشه معطر (*Viola odorata L.*) از شرکت پاکان بذر اصفهان خریداری شد. سپس بذرها

در خزانه کاشته شد و پس از ۱ ماه، گیاهچه‌های ۴ برگی آماده انتقال نشاء شدند. آماده سازی گلدان‌ها قبل از انتقال نشاء انجام شد و به هر گلدان (با ارتفاع ۱۲/۵ سانتی‌متر، قطر ۱۹ سانتی‌متر و ۱/۸۰۰ کیلوگرم خاک) تعداد ۱۰ بوته انتقال داده شد. خصوصیات خاک مورد استفاده در جدول ۱ آورده شده است.

اعمال تیمارهای آزمایش به صورت محلول‌پاشی کود نانو کلات آهن و اسیدسالیسیلیک در مرحله گیاهچه‌ای (۲ هفته پس از انتقال نشاء، مرحله ۸-۶ برگی) انجام شد. یک هفته پس از اعمال تیمارها نمونه‌برداری و اندازه‌گیری صفات انجام شد، به این ترتیب که در هر گلدان به صورت تصادفی ۳ بوته انتخاب و گیاهچه‌ها برای بررسی برخی شاخص‌های رشدی، فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی به آزمایشگاه انتقال داده شدند.

جدول ۱: تجزیه بستر خاکی مورد استفاده در کشت بنفشه معطر

Texture بافت	EC هدایت الکتریکی ds/m	OM مواد آلی (%)	N نیترژن (%)	Mn منیزیم	Zn روی	Fe آهن	K پتاسیم (mg.kg ⁻¹)	P فسفر	Cu مس	pH پی‌اچ
Clay	41	28	31	2.2	0.69	3.1	2.1	10.5	0.75	7.8

اندازه‌گیری ویژگی‌های مورفولوژیکی: اندازه‌گیری ارتفاع بوته (از نوک ریشه تا انتهای ساقه) با استفاده از خط کش مدرج و وزن تر اندام‌های هوایی با استفاده از ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۰۱ گرم در زمان نمونه‌برداری انجام شد.

اندازه‌گیری صفات فیزیولوژیک: اندازه‌گیری میزان کربوهیدرات: جهت اندازه‌گیری کربوهیدرات ۰/۲ گرم بافت سبز گیاه به همراه ۱۰ سی‌سی الکل اتانول ۹۵٪ به مدت ۱ ساعت در حمام بن ماری در دمای ۸۰ درجه سانتیگراد حرارت داده شد پس از سرد شدن ۱ سی‌سی از نمونه‌ها برداشت و به آن ۱ سی‌سی فنل ۵

درصد و ۵ سی‌سی اسید سولفوریک ۹۸٪ اضافه شد در نهایت با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر ۱۶۰-UV در طول موج ۴۸۳ نانومتر قرائت شد (Irrigoyen et al., 1992).

اندازه‌گیری میزان پروتئین کل: برای اندازه‌گیری میزان پروتئین ۰/۵ گرم نمونه تر برگی کوبیده شد و سپس با ۳ میلی‌لیتر بافر استخراج که شامل ۵ میلی‌لیتر تریس-اسید کلریدریک یک مولار، ۲۰۰ میکرولیتر Na₂EDTA یک مولار و ۰/۰۴ درصد (۷-۲ مرکاپتو اتانول) می‌باشد مخلوط شد. مخلوط حاصل به مدت ۲۱ دقیقه با سرعت ۱۱۵۰۰ دور در دقیقه در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد سانتریفیوژ شد.

آید سپس ۳۰ میکرولیتر در مخلوط واکنش ریخته شد تا آب اکسیژنه ۱۵ میلی مولار به دست آید) و بلافاصله در دستگاه طیف‌سنج نوری با طول‌موج ۲۴۰ نانومتر میزان جذب آن ثبت گردید و پس از سپری شدن زمان یک دقیقه دوباره میزان جذب یادداشت گردید و در نهایت میزان فعالیت آنزیمی برحسب میکرومول بر گرم وزن‌تر بیان شد (Beers and Sizer, 1952).

اندازه‌گیری موسیلاژ: در این آزمایش از روش استخراج گرم جهت استخراج موسیلاژ استفاده شد (Kalnyasundaran et al., 1982). بدین منظور ۱۰ میلی لیتر اسید کلریدریک ۰/۱ نرمال در یک ارلن مایر ۱۰۰ میلی لیتری اضافه و تا حد جوش حرارت داده شد. سپس یک گرم از نمونه خشک در آن ریخته شد و تا حل شدن مورد حرارت قرار گرفت. با مشاهده تغییر رنگ، حرارت قطع و محلول از خلال یک صافی عبور داده شد. به منظور جداسازی مقادیر باقیمانده موسیلاژ، دوباره با چند میلی لیتر آب جوش مورد شستشو قرار گرفت. سپس به محلول صاف شده حاوی موسیلاژ حل شده، ۶۰ میلی لیتر الکل اتیلیک ۹۵ درصد اضافه گردید و پس از مقداری تکان دادن برای مدت ۵ ساعت در یخچال در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد نگهداری شد. پس از رسوب موسیلاژ در ته ارلن، برای تعیین مقدار موسیلاژ، محلول رویی دور ریخته شد و توسط قیف خلاء، باقی محلول روی کاغذ صافی که قبلاً وزن شده بود ریخته شد تا ذرات موسیلاژ در سطح کاغذ بماند و از محلول جدا شود. کاغذهای صافی در آون ۵۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت قرار داده شد تا وزن خشک آن بدست آید، تفاضل آن از وزن کاغذ صافی اولیه محاسبه گردید که معرف درصد موسیلاژ در یک گرم نمونه می باشد.

اندازه‌گیری سدیم و پتاسیم: پس از قرار دادن یک گرم از پودر گیاه در دمای ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد به

سپس برای خارج کردن تمام ناخالصی‌های موجود در نمونه قسمت بالایی داخل لوله مجدداً به مدت ۲۰ دقیقه در ۴۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شد و با ۵۰۰۰ میکرولیتر از محلول برادفورد و ۲۹۰ میکرولیتر بافر استخراج و ۱۰ میکرولیتر عصاره استخراج مخلوط و بعد از ورتکس میزان جذب در طول موج ۵۹۵ نانومتر قرائت شد. میزان پروتئین بر حسب میلی‌گرم بر گرم وزن‌تر محاسبه شد (Bradford, 1976).

محتوای رنگیزه‌های فتوسنتزی برگ: با روش پروکازکا و همکاران (Prochazka et al., 1998) و از فرمول‌های زیر محاسبه گردید.

$$[1] \text{Chl a} = 12.25A_{663} - 2.79A_{646}$$

$$[2] \text{Chl b} = 21.21A_{646} - 5.1A_{663}$$

$$[3] \text{Total Chl} = \text{Chl a} + \text{Chl b}$$

$$[4] \text{Carotenoides} = ((1000 * A_{470}) - 3.27 * \text{mg chl. a}) - (104 * \text{mg chl. B}) / 227$$

اندازه‌گیری فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی

عصاره آنزیمی: در این روش ۰/۵ گرم از نمونه برگ با استفاده از هاون چینی کاملاً سرد و نیتروژن مایع مخلوط شد و سپس به آن ۵ میلی‌لیتر بافر فسفات سرد (pH=۷/۵) محتوی ۰/۵ میلی‌مولار EDTA اضافه شد. نمونه‌ها پس از انتقال به لوله‌های آزمایش با سرعت ۱۵۰۰۰ دور در دقیقه و در دمای ۴ درجه سلسیوس به مدت ۱۵ دقیقه سانتریفیوژ شدند (Sairam et al., 2002).

سنجش فعالیت کاتالاز: برای اندازه‌گیری فعالیت کاتالاز، ۵۰ میکرولیتر عصاره آنزیمی با ۶۰ میکرولیتر بافر فسفات سدیم (pH=7)، ۰/۱۵ میکرولیتر EDTA و ۵۴۹/۸۵ میکرولیتر آب مقطر در تیوپ ریخته شد و به آن آب اکسیژنه اضافه شد (۳۸۲/۵ میکرولیتر آب اکسیژنه در ۲/۵ سی‌سی آب مقطر ریخته شد تا آب اکسیژنه ۰/۷۵ مولار به دست

پس از اندازه‌گیری صفات مورد بررسی، داده‌های حاصله به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار تجزیه واریانس و مقایسه میانگین (روش دانکن در سطح ۵ درصد) شدند. برای این منظور از نرم‌افزارهای EXCELL و SAS ver 9.1 استفاده شد.

نتایج

نتایج صفات مورفولوژی: وزن تر اندام هوایی و تعداد برگ: نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۲) نشان داد که اندازه برگ و وزن تر اندام هوایی تحت تأثیر اثرات ساده تیمار محلول پاشی اسید سالیسیلیک و نانو کلات آهن و همچنین اثر متقابل آن‌ها قرار گرفت. مقایسه میانگین برهمکنش اثر متقابل سطوح اسید سالیسیلیک در هر سطح نانو کلات مشخص ساخت که تیمار ۱ میلی‌گرم در لیتر نانو کلات آهن و عدم محلول پاشی اسید سالیسیلیک، بالاترین مقادیر وزن تر اندام هوایی و تعداد برگ را به همراه داشت (شکل ۱ و ۲).

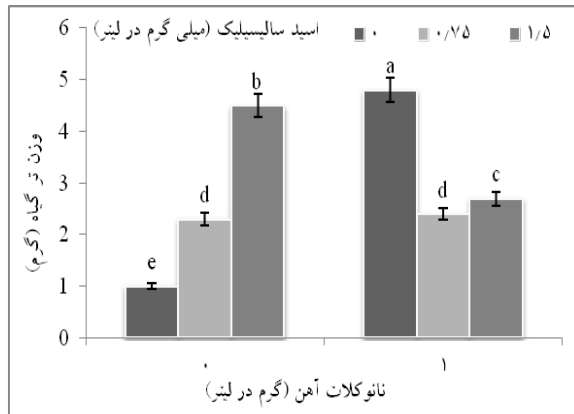
مدت ۵ ساعت در کوره الکتریکی (مدل ۱۲۰۰ GPC ساخت انگلیس) و تعیین درصد خاکستر آن، ۱۰ میلی گرم اسید کلریدریک ۲ نرمال به آن اضافه شد سپس حجم محلول به دست آمده پس از عبور از کاغذ صافی با افزودن آب مقطر به ۱۰۰ میلی لیتر رسید و توسط دستگاه فلیم فتومتر اندازه‌گیری شد. در پایان پس از رسم منحنی استاندارد هر دو عنصر، مقدار آنها محاسبه گردید (Tabatabaie, 2009).

سنجش میزان عناصر مس و آهن: بدین منظور برای اندازه‌گیری یون‌های فوق از دستگاه (Induced Coupled Plasma) ICP استفاده شد. در این روش ۰/۱۲۵ گرم از بافت خشک ریشه و ساقه به صورت جداگانه با ۵ میلی لیتر اسید نیتریک غلیظ اضافه شد و به مدت بیش از ۲۴ ساعت در زیر هود قرار داد شد تا هضم اسیدی شوند. سپس در زیر هود حرارت داده شد تا بخارات اسیدی از آن خارج شود. در نهایت، حجم محلول به ۵۰ میلی لیتر رسانده و از کاغذ صافی عبور داده شد. از محلول شفاف رویی جهت اندازه‌گیری مقدار یون مورد نظر در دستگاه ICP استفاده گردید (Asadi Karam et al., 2016).

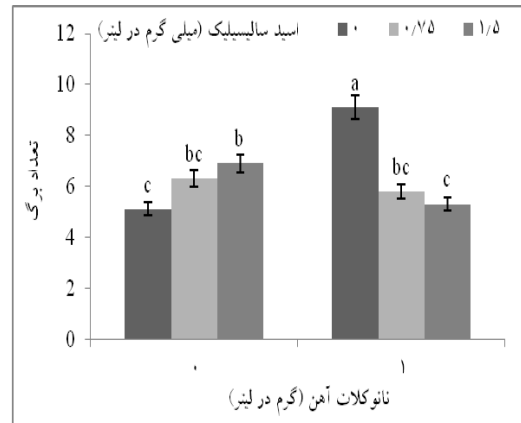
جدول ۲: نتایج تجزیه واریانس برخی خصوصیات مورد بررسی بنفشه معطر تحت تأثیر تیمار نانو کلات آهن و اسید سالیسیلیک

منابع تغییرات	درجه آزادی	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	تعداد برگ	وزن تر اندام هوایی (گرم)	کلروفیل a	کلروفیل b	کلروفیل کل	کاروتنوئیدها
بلوک	۲	۳۶۱/۸*	۰/۳۷ ^{ns}	۰/۰۷ ^{ns}	۲/۸ ^{ns}	۰/۶ ^{ns}	۲/۹ ^{ns}	۸۲/۹ ^{ns}
اسید سالیسیلیک	۲	۶۸۲/۲**	۱/۸*	۳/۱۰**	۳/۷ ^{ns}	۹/۴**	۱۹/۲**	۳۸۵۶۳۶۱۸**
نانو کلات	۱	۵۹۵۹**	۱/۷ ^{ns}	۱/۲۰**	۰/۵ ^{ns}	۸/۳**	۲۰**	۵۷۳۶۵۰/۴**
اسید سالیسیلیک × نانو کلات	۲	۶۵ ^{ns}	۱۳/۳**	۱۲**	۱۰۹/۴**	۷۳/۶**	۳۹۳**	۱۷۱۴۹۳۲**
اشتباه	۱۰	۷۸/۲	۰/۴۸	۰/۰۲	۱/۶	۰/۲	۱/۱	۲۲۷۲۵/۲
ضریب تغییرات (CV)	-	۵/۲	۱۰/۷	۵/۶	۵/۹	۴/۱	۳	۶/۸

ns، * و **: به ترتیب عدم اختلاف معنی‌دار، اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ و ۱ درصد



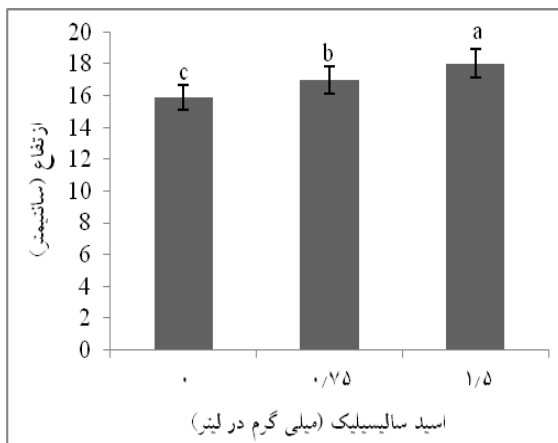
شکل ۲: اثر متقابل اسید سالیسیلیک و نانو کلات آهن بر وزن تر گیاه.



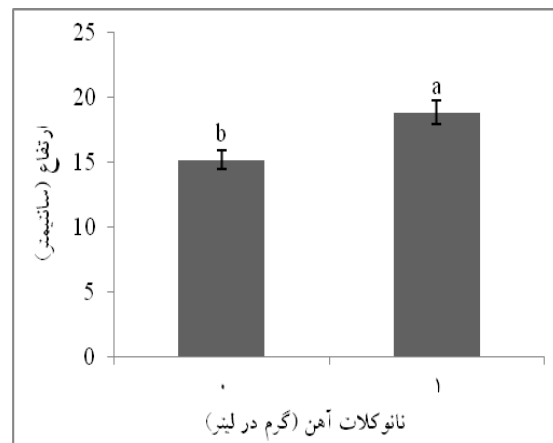
شکل ۱: اثر متقابل اسید سالیسیلیک و نانو کلات آهن بر تعداد برگ بوته.

غلظت محلول پاشی بر ارتفاع گیاه افزوده شد. به طوری که بیشترین ارتفاع گیاه در محلول پاشی با ۱/۵ میلی گرم در لیتر اسید سالیسیلیک و همچنین محلول پاشی با ۱ گرم در لیتر نانو کلات آهن مشاهده شد (شکل ۳-a و ۳-b).

ارتفاع: با توجه به نتایج تجزیه واریانس داده‌ها مشاهده شد که اثر محلول پاشی اسید سالیسیلیک و اثر نانو کلات آهن بر ارتفاع گیاه معنی دار بود ولی اثر متقابل این دو عامل معنی دار نبود (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین اثرات ساده نشان داد که با افزایش



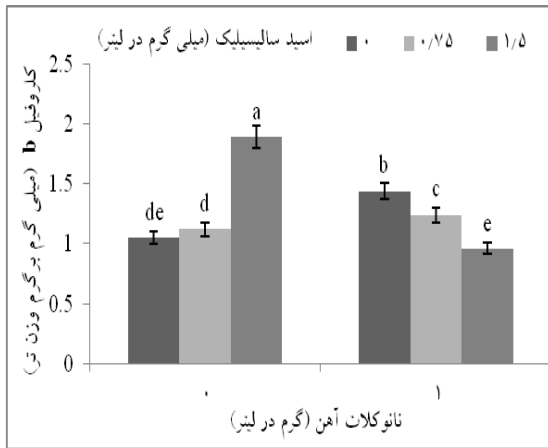
شکل ۳-b: اثر محلول پاشی اسید سالیسیلیک بر ارتفاع گیاه.



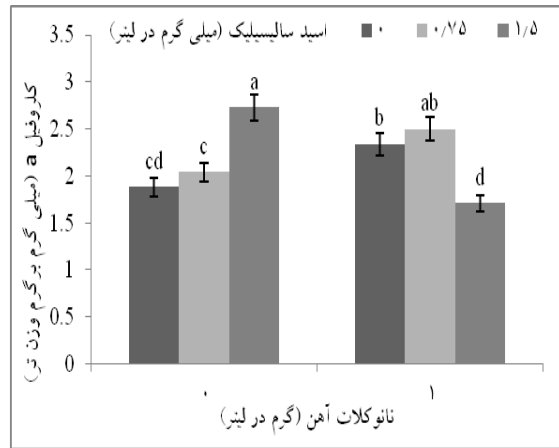
شکل ۳-a: اثر محلول پاشی نانو کلات آهن بر ارتفاع گیاه.

هر سطح اسید سالیسیلیک بر مقدار رنگیزه‌های فتوسنتزی افزوده شد، اما بیشترین کلروفیل a، b، کل و کاروتنوئیدها مربوط به محلول پاشی ۱/۵ میلی گرم در لیتر اسید سالیسیلیک و عدم کاربرد نانو کلات بود (شکل ۴).

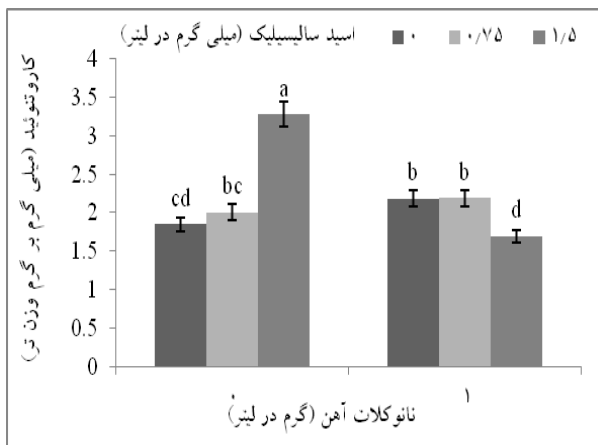
رنگدانه‌های فتوسنتزی: با توجه به نتایج تجزیه واریانس داده‌ها مشاهده شد که اثر محلول پاشی اسید سالیسیلیک، نانو کلات آهن و اثر متقابل آن‌ها بر مقدار رنگیزه‌های فتوسنتزی در سطح یک درصد معنی دار بود (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل نشان داد که در سطوح کاربرد توأم نانو کلات آهن در



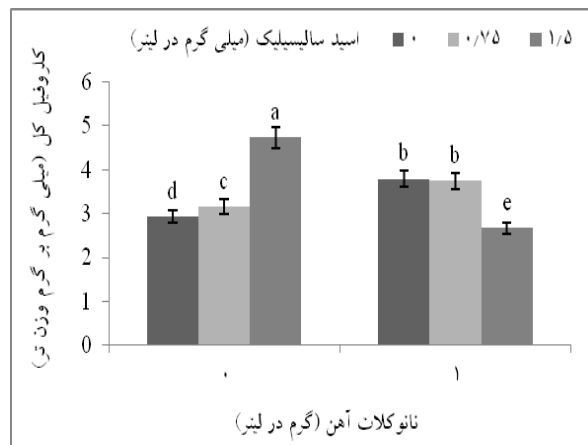
شکل b-۴: اثر متقابل اسید سالیسیلیک و نانو کلات آهن بر میزان کلروفیل b.



شکل a-۴: اثر متقابل اسید سالیسیلیک و نانو کلات آهن بر میزان کلروفیل a.



شکل d-۴: اثر متقابل اسید سالیسیلیک و نانو کلات آهن بر میزان کاروتنوئیدها.



شکل c-۴: اثر متقابل اسید سالیسیلیک و نانو کلات آهن بر میزان کلروفیل کل.

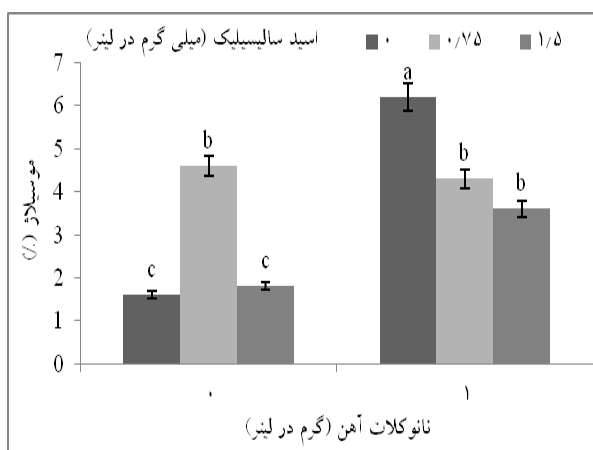
در هر سطح هورمون بر مقدار کربوهیدرات افزوده شد به طوری که بیشترین میزان کربوهیدرات مربوط به محلول پاشی ۱/۵ میلی گرم در لیتر اسید سالیسیلیک و کاربرد ۱ گرم در لیتر نانو کلات آهن مشاهده شد (شکل ۶).

کربوهیدرات: نتایج تجزیه واریانس داده‌های جدول ۳ نشان داد که سطوح اسید سالیسیلیک، نانو کلات آهن و اثر متقابل اسید سالیسیلیک و نانو کلات آهن تأثیر معنی داری بر تجمع کربوهیدرات در برگ بنفشه معطر داشت و اختلاف از نظر آماری در سطح یک درصد معنی دار بود. در سطوح کاربرد توأم نانو کلات آهن

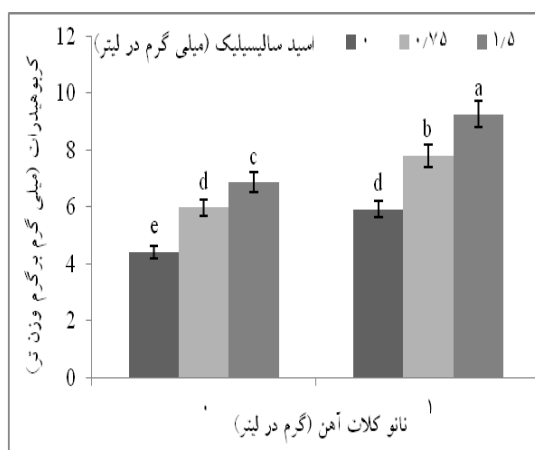
جدول ۳. نتایج تجزیه واریانس برخی خصوصیات مورد بررسی بنفشه معطر تحت تأثیر تیمار نانو کلات آهن و اسید سالیسیلیک

منابع تغییرات	درجه آزادی	کربوهیدرات	موسیلاژ	پروتئین	سدیم	پتاسیم	مس	آهن	کاتالاز
بلوک	۲	۲۸۷/۳ ^{ns}	۳/۸ ^{ns}	۷۵ ^{ns}	۰/۱ ^{ns}	۱۶/۸ ^{ns}	۰/۰۴ ^{ns}	۰/۰۰۰۰۱ ^{ns}	۰/۰۰۰۰۲ ^{ns}
اسید سالیسیلیک	۲	۱۲۶۵۳۳/۸ ^{**}	۱۳۴/۵ ^{**}	۴۵۲/۹ [*]	۴۴۵/۴ ^{**}	۱۷۱۳ ^{**}	۱/۴ ^{**}	۰/۰۰۰۰۶ ^{**}	۰/۰۰۰۰۷ ^{ns}
نانو کلات	۱	۱۶۳۹۶۷/۸ ^{**}	۲۸۵ ^{**}	۲۵۹/۳ ^{ns}	۱۹۸۲/۶ ^{**}	۱۲۵۲/۱ ^{**}	۲/۶ ^{**}	۰/۰۰۰۰۶ ^{**}	۰/۰۰۰۰۲ ^{ns}
اسید سالیسیلیک × نانو	۲	۳۰۴۷/۷ ^{**}	۲۰۵/۱ ^{**}	۳۶۳/۶ [*]	۴۱۳/۴ [*]	۱۴۰/۶ [*]	۰/۹ [*]	۰/۰۰۰۰۲ ^{ns}	۰/۰۰۰۰۳ ^{**}
اشتباه	۱۰	۳۸۶/۵	۱/۹	۷۷/۷	۳۸/۹	۲۶/۶	۰/۱	۰/۰۰۰۰۱	۰/۰۰۰۰۸
ضریب تغییرات (CV)	-	۲/۹	۱۳/۱	۱۵/۱	۷/۲	۱۰/۳	۹/۶	۲/۵	۹/۴

ns، * و **: به ترتیب عدم اختلاف معنی دار، اختلاف معنی دار در سطح ۵ و ۱ درصد



شکل ۶: اثر متقابل اسید سالیسیلیک و نانو کلات آهن بر میزان موسیلاژ

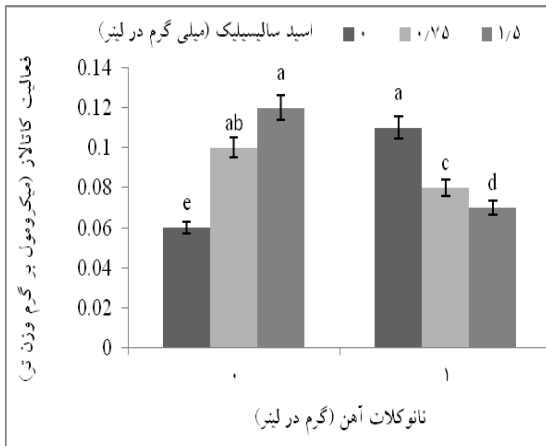


شکل ۵: اثر متقابل اسید سالیسیلیک و نانو کلات آهن بر میزان کربوهیدرات

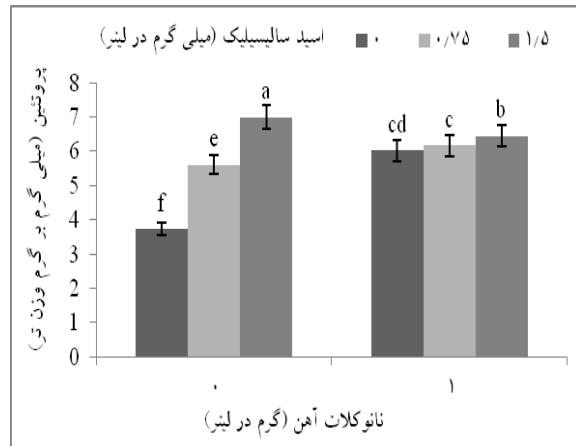
اثر سطوح اسید سالیسیلیک و اثر متقابل اسید سالیسیلیک و نانو کلات آهن بر میزان پروتئین برگ در سطح ۵ درصد معنی دار بود. در حالی که اثر سطوح نانو کلات آهن بر میزان پروتئین معنی دار نبود (جدول ۳). در سطوح کاربرد محلول پاشی نانو کلات در هر سطح اسید سالیسیلیک بیشترین مقدار پروتئین برگ مربوط به تیمار ۱/۵ میلی گرم در لیتر اسید سالیسیلیک بود (شکل ۸).

موسیلاژ: نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس (جدول ۳) نشان داد مقدار موسیلاژ تحت تأثیر تیمار اسید سالیسیلیک، نانو کلات آهن و اثر متقابل این دو ماده قرار گرفت و اختلاف از نظر آماری در سطح یک درصد معنی دار گردید. براساس نتایج حاصله در سطوح کاربرد نانو کلات ۱ گرم در لیتر و عدم محلول پاشی اسید سالیسیلیک بیشترین مقدار موسیلاژ بدست آمد (شکل ۷).

پروتئین کل: نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که



شکل ۸: اثر متقابل اسید سالیسیلیک و نانو کلات آهن بر میزان فعالیت کاتالاز.

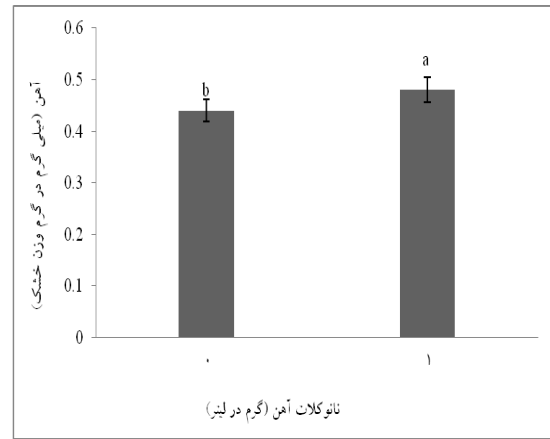
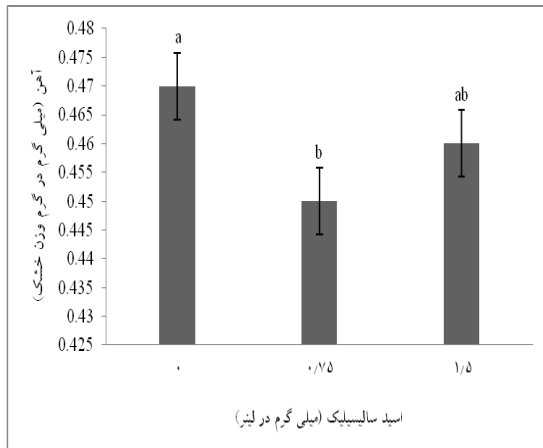


شکل ۷: اثر متقابل اسید سالیسیلیک و نانو کلات آهن بر میزان پروتئین.

آهن در هر سطح اسید سالیسیلیک بر میزان آهن معنی دار نبود. نتایج مقایسه میانگین اثرات ساده نشان داد که با افزایش غلظت محلول پاشی بر میزان آهن افزوده شد به طوری که محلول پاشی با ۱ گرم در لیتر نانو کلات آهن باعث افزایش میزان آهن نسبت به شاهد گردید (شکل ۹-ا). از طرفی بیشترین میزان آهن برای تیمار محلول پاشی با اسید سالیسیلیک، مربوط به تیمار شاهد شد (شکل ۹-ب). همچنین نتایج اثر متقابل کاربرد نانو کلات آهن در هر سطح اسید سالیسیلیک نشان داد که بیشترین میزان سدیم و مس در برهمکنش نانو کلات ۱ گرم در لیتر و عدم کاربرد اسید سالیسیلیک بدست آمد شکل (شکل ۱۰-ا) و بیشترین میزان پتاسیم در برهمکنش ۱/۵ گرم در لیتر اسید سالیسیلیک و ۱ گرم در لیتر نانو کلات آهن حاصل شد (شکل ۱۰-ج).

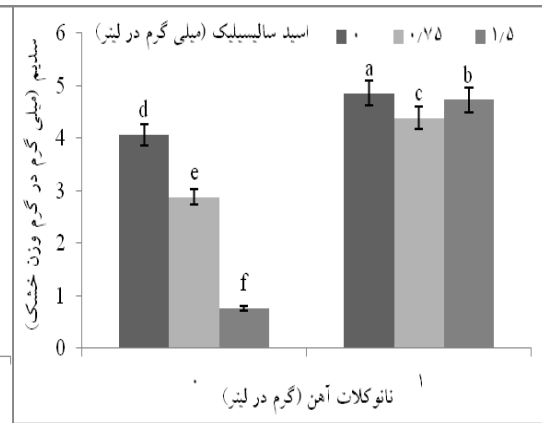
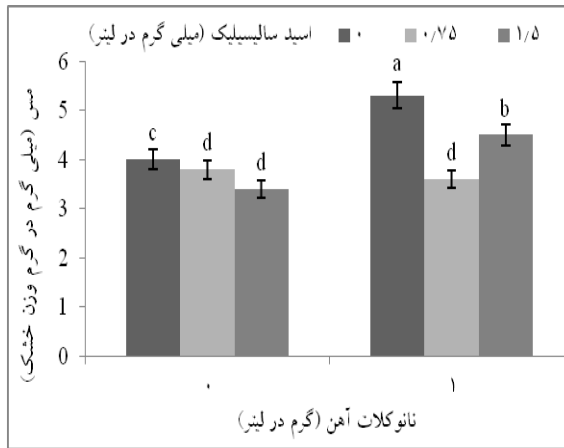
کاتالاز: نتایج حاصل از جدول ۳ تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که فعالیت برخی از ترکیبات آنتی‌اکسیدانی از قبیل فعالیت کاتالاز تحت تأثیر تیمار نانو کلات آهن و اسید سالیسیلیک و اثر متقابل آن‌ها قرار گرفت و اختلاف از نظر آماری در سطح یک درصد معنی دار گردید. بیشترین فعالیت کاتالاز مربوط به محلول پاشی ۱/۵ میلی‌گرم در لیتر اسید سالیسیلیک و عدم کاربرد نانو کلات آهن بود (شکل ۹).

عناصر معدنی (سدیم، پتاسیم، مس و آهن): نتایج تجزیه واریانس جدول ۳ نشان داد که اثر سطوح اسید سالیسیلیک و نانو کلات آهن بر میزان عناصر آهن، سدیم، پتاسیم و مس در سطح یک درصد معنی دار بود. نتایج اثر متقابل اسید سالیسیلیک و نانو بر میزان عناصر سدیم، پتاسیم و مس در سطح پنج درصد معنی دار بود در حالی اثر متقابل سطوح نانو کلات



شکل ۹-ب: اثر محلول پاشی اسید سالیسیلیک بر میزان آهن گیاه.

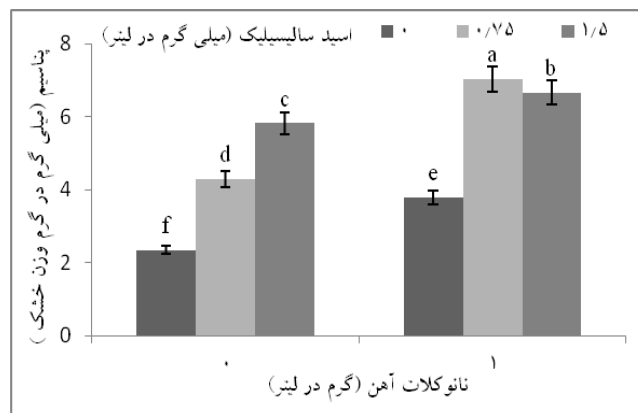
شکل ۹-ا: اثر محلول پاشی نانو کلات آهن بر میزان آهن گیاه.



شکل ۱۰-ا: اثر متقابل اسید سالیسیلیک و نانو کلات آهن بر میزان مس.

شکل ۱۰-ب: اثر متقابل اسید سالیسیلیک و نانو کلات آهن بر میزان مس.

شکل ۱۰-ا: اثر متقابل اسید سالیسیلیک و نانو کلات آهن بر میزان سدیم.



شکل ۱۰-ج: اثر متقابل اسید سالیسیلیک و نانو کلات آهن بر میزان پتاسیم.

بحث

(Farahani, 2014) و مرزه (Peyvandi et al., 2011)

صورت گرفت مشخص شد که محلول پاشی با نانو کلات آهن موجب افزایش وزن کلانه، تعداد برگ و وزن گل زعفران و عملکرد مرزه می شود.

براساس یافته های این تحقیق با افزایش غلظت

نانو کلات آهن ارتفاع بوته نسبت به شاهد افزایش ۱۹ درصدی نشان داد (شکل ۳-a) که با نتایج محققان در

گیاه ریحان (Peyvandi et al., 2011) و ریحان مقدس

(Moghadam et al., 2016) مبنی بر این که نانو کلات

آهن سبب افزایش ارتفاع گیاهان فوق می شود،

همخوانی دارد. افزایش ارتفاع طی محلول پاشی با نانو

کلات آهن بر اساس نظر Pandey و همکاران (۲۰۱۰)

ممکن است به دلیل افزایش سطح ایندول استیک

اسید در ریشه، طی کاربرد نانو کلات آهن باشد که

موجب افزایش رشد طولی گیاه می گردد که این به

دلیل سطح مخصوص نانو ذرات آهن، حلالیت بیشتر

آنها در آب، قابلیت جذب و تحرک بیشتر در گیاه و

فعال کردن هورمون های محرک رشد طولی است.

نتایج این مطالعه نشان داد که محلول پاشی با غلظت

۱/۵ اسید سالیسیلیک سبب افزایش ۱۲ درصدی

ارتفاع نسبت به شاهد شد (شکل ۳-b) که با نتایج

Salarpoor و Farahbakhsh (۲۰۱۴) که بیان کردند

محلول پاشی با اسید سالیسیلیک سبب افزایش ۵

درصدی ارتفاع گیاه رازیانه می شود، همخوانی دارد.

طی محلول پاشی با نانو کلات آهن، کلروفیل کل

نسبت شاهد افزایش ۶ درصدی نشان داد که با نتایج

پژوهش مطالعه Movahedi و Moieni (۲۰۱۹) در

کاسنی، Hashemi Fadak و همکاران (۲۰۱۷) در

چای ترش و Yousefzadeh و همکاران (۲۰۱۶) در

بادرشبو که اظهار داشتند محلول پاشی با نانو کلات

آهن سبب افزایش کلروفیل a, b, کل و کاروتنوئیدها

می شود، همخوانی دارد. احتمالاً علت افزایش مقدار

کلروفیل طی محلول پاشی نانو کلات آهن ممکن است

براساس نتایج این تحقیق استفاده از نانو کلات

آهن موجب افزایش رشد اندام هوایی و متعاقب آن

افزایش عملکرد وزن تر اندام هوایی شده است، به

طوری که طی محلول پاشی با نانو کلات آهن، وزن تر

اندام هوایی افزایش داشت که این برتری حدود ۷۹

درصد نسبت به شاهد بود. نتایج این مطالعه با نتایج

Ladan Moghadam و همکاران (۲۰۱۲) در گیاه

Aghazadehkhalkhali, *Spinacia oleracea* L.

همکاران (۲۰۱۶) در گیاه اسفرزه، Nasiri Dehsorkhi

و همکاران (۲۰۱۸) در گیاه زیره سبز که بیان کردند

کاربرد نانو کود کلات آهن باعث افزایش عملکرد

نسبت به تیمار شاهد شد، همخوانی دارد. بر

اساس نظر محققان کاربرد خارجی اسید

سالیسیلیک باعث افزایش وزن تر شاخساره در درمنه

کوهی (Rezayatmand et al., 2013)، گل همیشه بهار

(Bayat et al., 2012) و اسفناج (Eraslan et al.,

2008) گردید. براساس نتایج این مطالعه محلول پاشی

با اسید سالیسیلیک سبب افزایش ۲۴ درصدی وزن تر

اندام هوایی نسبت به شاهد شد که با نتایج مطالعه

Moradi Marjane و Goldani (۲۰۱۱) که بیان کردند

طی محلول پاشی اسید سالیسیلیک وزن تر اندام هوایی

بوته های گیاه دارویی همیشه بهار نسبت به شاهد

افزایش ۲۸/۶ درصدی نشان داد، مطابقت دارد.

در راستای نتایج پژوهش حاضر، در مطالعات

Gheyrati Arani و همکاران (۲۰۱۴) و Moghadam

و همکاران (۲۰۱۶) بیشترین تعداد برگ در لوبیا و

ریحان مقدس در تیمار محلول پاشی با نانو کلات آهن

مشاهده شد که با یافته های این مطالعه که در تیمار

۱ میلی گرم در لیتر نانو کلات آهن و عدم محلول پاشی

اسید سالیسیلیک، تعداد برگ نسبت به شاهد افزایش

۲۶ درصدی داشت (شکل ۱)، همخوانی دارد. در

تحقیقاتی که روی زعفران (Baghaie and Maleki

ناشی از تأثیر نانو کلات آهن بر ساخت پیش‌سازهای سنتز کلروفیل باشد، زیرا آهن جز متابولیک آنزیم کاپروپورفینوژن اکسیداز است و این آنزیم در بیوسنتز آلفا-آمینو لینوولنیک (ALA) که پیش‌ساز کلروفیل است تأثیر دارد (Yousefzadeh et al., 2016; Marschner, 1995). از طرفی کارتنوئیدها رنگدانه‌های کمکی هستند که در جذب و انتقال نور تأثیر دارند و حفاظت کننده‌های کلروفیلی در طی فرایند اکسیداسیون نوری محسوب می‌شوند. (Akbarian et al., 2012). طی محلول‌پاشی با نانو کلات آهن میزان کارتنوئیدها افزایش ۱۵ درصدی نسبت به شاهد داشت که با نتایج Yousefzadeh و همکاران (2016) که بیان کردند محلول‌پاشی با نانو کلات آهن سبب افزایش ۳۱ درصدی کارتنوئیدها می‌شود، مطابقت دارد. به نظر می‌رسد دلیل افزایش میزان کارتنوئیدها در غلظت‌های بالای آهن جهت جلوگیری از آسیب کلروفیل باشد زیرا غلظت‌های زیاد آهن در گیاه باعث ایجاد رادیکال‌های آزاد و افزایش تجمع این مواد در گیاه می‌شود. نتایج کاربرد توأم نانو کلات آهن در هر سطح هورمون نشان داد که محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک به ترتیب باعث افزایش ۴۳/۷، ۳۱/۱، ۴۴/۴ و ۳۸/۱ درصدی کارتنوئیدها، کلروفیل a، b و کل نسبت به شاهد شد. نتایج پژوهش حاضر با نتایج محققان در گیاهان دارویی زیره سبز (Sartip and Sirousmehr, 2017)، بادرشبو (Nourafcan et al., 2017)، رازیانه (Salarpour and Farahbakhsh, 2016)، مریم‌گلی کبیر (Kashefi et al., 2015) و گیاهچه‌های پسته (Mahdavian, 2021) همخوانی دارد که بیان کردند محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک سبب افزایش مقدار کلروفیل و کارتنوئیدها می‌شود.

کربوهیدرات‌ها نقش عمده‌ای در گیاهان ایفا می‌کنند و اعمال دوگانه‌ای در گیاهان برعهده دارند.

در مطالعه حاضر کاربرد توأم محلول‌پاشی ۱/۵ میلی‌گرم در لیتر اسید سالیسیلیک و ۱ گرم در لیتر نانو کلات آهن سبب افزایش ۵۲ درصدی کربوهیدرات نسبت به شاهد شد. نتایج تحقیق Rostami و همکاران (۲۰۱۸) بر روی گیاه نعنا فلفلی نشان داد که با افزایش غلظت نانو کود آهن میزان کربوهیدرات افزایش یافت. از طرفی نتایج بررسی Askari و همکاران (۲۰۱۴) نیز نشان داد که با افزایش غلظت نانو کلات آهن (از ۵ تا ۳۰ μl) میزان کربوهیدرات گیاه گل پرپوش افزایش پیدا کرد و بیشترین میزان کربوهیدرات در غلظت ۳۰ μl نانو کلات آهن و کمترین میزان در گیاهانی که هیچ نوع آهنی دریافت نکردند، مشاهده شد که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد. همچنین Salahiostad و همکاران (۲۰۲۱) گزارش دادند که محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک با غلظت‌های ۱ و ۲ میلی‌مولار نسبت به شاهد سبب افزایش میزان کربوهیدرات‌های محلول در خریزه شده است که با نتایج تحقیق حاضر مبنی بر افزایش میزان کربوهیدرات در سطوح محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک نسبت به شاهد همخوانی دارد.

نتایج مطالعه محققان بیان‌گر افزایش میزان پروتئین تحت محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک (Salarpoorgharba and Farahbakhsh, 2014; Hoseinzadeh et al., 2014) و نانو آهن (Toosi et al., 2014; Mehraban, 2017) می‌باشد. نتایج اثر کاربرد توأم نانو کلات آهن در هر سطح اسید نشان داد که محلول‌پاشی ۱/۵ میلی‌گرم در لیتر اسید سالیسیلیک باعث افزایش ۴۶/۵ درصدی پروتئین کل نسبت به شاهد شد (شکل ۷) که با نتایج مطالعه Padash و همکاران (۲۰۱۶) که بیان کردند که با افزایش غلظت اسید سالیسیلیک محتوای پروتئینی گیاه دارویی ریحان افزایش می‌یابد، همخوانی دارد. آن‌ها بیان کردند که محلول‌پاشی با غلظت ۱۰۰ میلی‌لیتر

بر اساس نتایج این تحقیق مشخص شد که کاربرد سطوح جداگانه نانو کلات آهن سبب افزایش غلظت آهن نسبت به سطح شاهد شد در حالی طی کاربرد سطوح جداگانه اسید سالیسیلیک غلظت آهن کاهش یافت. افزایش در میزان آهن در این مطالعه طی کاربرد نانو کلات آهن با یافته‌های مطالعه Kamiab و Mohamadi (۲۰۱۹) در گل نرگس، Vattani، همکاران (۲۰۱۲) در لویا چشم بلبلی و Mahdi nezhad و همکاران (۲۰۱۹) در خرفه همخوانی دارد. این محققین بیان کردند که طی کاربرد نانو آهن میزان غلظت آهن افزایش می‌یابد. مس عنصری کم مصرف، اما ضروری برای همه گیاهان عالی است، نتایج این تحقیق نشان داد که کاربرد جداگانه اسید سالیسیلیک سبب کاهش غلظت مس نسبت به سطح شاهد گردید اما طی کاربرد توأم اسید سالیسیلیک و نانو کلات آهن میزان غلظت این عنصر افزایش یافت. بر اساس نتایج مطالعه حاضر کاربرد سطوح جداگانه اسید سالیسیلیک و نانو کلات آهن و همچنین کاربرد توأم آن‌ها سبب افزایش غلظت پتاسیم نسبت به سطح شاهد گردید. این افزایش در غلظت پتاسیم طی کاربرد نانو کلات آهن با یافته‌های مطالعه Vattani و همکاران (۲۰۱۲) در اسفناج، Mohamadipoor و همکاران (۲۰۱۳) در گل سوسن و Barghi و همکاران (۲۰۱۴) در سیب‌زمینی هم‌خوانی دارد. این محققین اظهار داشتند که استفاده از منابع آهن‌دار از قبیل نانو کلات آهن، نانو اکسید آهن و سولفات آهن سبب افزایش غلظت پتاسیم در گیاهان تحت تیمار می‌شود. در تحقیقی Padash و همکاران (۲۰۱۶) اثر سطوح اسید سالیسیلیک را بر میزان غلظت برخی عناصر غذایی از جمله پتاسیم گیاه ریحان بررسی و نتایج آنها نشان داد که طی کاربرد اسید سالیسیلیک و با افزایش غلظت آن غلظت پتاسیم نسبت به سطح شاهد افزایش یافت که تأییدی بر نتایج مطالعه فوق مبنی بر اینکه طی کاربرد

اسید سالیسیلیک باعث افزایش ۱۷/۵ درصدی محتوای پروتئین کل نسبت به شاهد گردید و همچنین با نتایج مطالعه Nouri Koutanaie و همکاران (۲۰۰۶) که بیان کردند که با افزایش غلظت اسید سالیسیلیک محتوای پروتئین کل گیاه دارویی میخک افزایش می‌یابد، همخوانی دارد. احتمالاً از دلایل افزایش مقدار پروتئین در گیاهان تیمار شده با اسید سالیسیلیک ممکن است ۱- ناشی از تأثیر اسید سالیسیلیک بر افزایش مقدار نیترات و فعالیت آنزیم نیترات رداکتاز و محافظت از این آنزیم در برابر غیرفعال شدن باشد (Salarpoorgharba and Farahbakhsh, 2014;) ۲- ناشی از تأثیر اسید سالیسیلیک بر آنزیم‌های مسیر سنتزی و یا تجزیه پروتئین‌ها باشد (Hoseinzadeh et al., 2014).

نتایج این تحقیق نشان داد که با کاربرد نانو کلات آهن میزان فعالیت کاتالاز نسبت به شاهد افزایش یافت که با نتایج مطالعه Enteshari و Esnaashari (۲۰۱۸) در بادرنجبویه، Azad و همکاران (۲۰۱۷) در بابونه و Peyvandi و همکاران (۲۰۱۱) در گیاه مرزه که نشان دادند که محلول پاشی نانو آهن سبب افزایش فعالیت کاتالاز می‌شود، همخوانی دارد. از طرفی نتایج مطالعه حاضر نشان داد که محلول پاشی با ۱/۵ میلی‌گرم اسید سالیسیلیک سبب افزایش ۵۰ درصدی فعالیت کاتالاز گردید که با نتایج مطالعه همچنین Amiri و همکاران (۲۰۱۶) که بیان کردند محلول پاشی اسید سالیسیلیک سبب افزایش ۲۲/۸ درصدی فعالیت کاتالاز می‌شود، مطابقت دارد. همچنین نتایج افزایش فعالیت کاتالاز در این تحقیق با نتایج مطالعه Fazeli و همکاران (۲۰۱۸)، Rasouli و همکاران (۲۰۱۸) در گیاهان سیاهدانه و سرخارگل و Farsari و همکاران (۲۰۲۲) در به‌لیمو که بیان کردند طی کاربرد اسید سالیسیلیک میزان فعالیت آنزیم کاتالاز افزایش می‌یابد، همخوانی دارد.

اسید سالیسیلیک میزان غلظت پتاسیم افزایش می‌یابد، می‌باشد. کاربرد سطوح جداگانه اسید سالیسیلیک در تحقیق حاضر به ترتیب سبب کاهش غلظت سدیم نسبت به سطح شاهد شد در حالی کاربرد سطوح جداگانه نانو کلات آهن و همچنین کاربرد توأم آن با اسید سالیسیلیک سبب افزایش غلظت سدیم شد. این کاهش در غلظت سدیم طی کاربرد اسید سالیسیلیک در این تحقیق با یافته‌های مطالعه Padash و همکاران (۲۰۱۶) در گیاه ریحان هم‌خوانی دارد. این محققین اثر سطوح اسید سالیسیلیک (شاهد، ۵۰ و ۱۰۰ ppm) را بر غلظت برخی عناصر از جمله سدیم بررسی و گزارش کردند که طی کاربرد اسید سالیسیلیک و با افزایش غلظت آن، غلظت سدیم گیاهان تحت تیمار نسبت به سطح شاهد کاهش می‌یابد.

در تحقیق حاضر محلول‌پاشی با اسید سالیسیلیک سبب افزایش ۵۶/۱ میزان موسیلاژ نسبت به شاهد شد و با نتایج مطالعه Noora and Safahani (۲۰۲۰) در گیاه بابا آدم و همچنین نتایج Ghasemian و همکاران (۲۰۱۷) که بیان کردند محلول‌پاشی با اسید سالیسیلیک سبب افزایش ۱۷/۶ درصدی میزان موسیلاژ نسبت به شاهد در دانه گیاه بالنگوی شهری شد هم‌خوانی دارد. برخی محققین کاربرد کودها را در افزایش عملکرد دانه و موسیلاژ مؤثر دانسته‌اند (Aghazadehkhalkhali et al., 2014). همچنین افزایش موسیلاژ و مواد موثره پیش از این در گیاهانی چون گاوزبان دارویی (Dahmardeh et al., 2018) طی کاربرد نانو ذرات آهن و نقره، اسفرزه (Aghazadehkhalkhali et al., 2014) طی کاربرد نانو کلات آهن و پتاسیم و *Phausalus vulgaris* (Najafi et al., 2013) طی کاربرد نانو نقره گزارش شده است. در این تحقیق نتایج اثر متقابل نشان داد که کاربرد توأم محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک در هر سطح

نانو سبب افزایش ۷۹ درصدی میزان موسیلاژ نسبت به شاهد شد که با نتایج مطالعه Aghazadeh- khalkhali و همکاران (۲۰۱۴) که نشان دادند محلول‌پاشی با نانو کلات آهن (۲ گرم در لیتر) سبب افزایش ۲۰/۸ درصدی میزان موسیلاژ اسفرزه نسبت به شاهد شد و همچنین نتایج مطالعه Ramroodi و همکاران (۲۰۱۱) که نشان دادند محلول‌پاشی با عناصر ریزمغذی در اسفرزه در مقایسه با شاهد به طور معنی‌دار عملکرد موسیلاژ را افزایش داد، هم‌خوانی دارد.

نتیجه‌گیری نهایی

بر اساس یافته‌های این مطالعه می‌توان این‌گونه بیان کرد که استفاده از اسید سالیسیلیک و نانو کلات آهن بر اغلب صفات مورد بررسی گیاه دارویی بنفشه معطر در مرحله رشد گیاهیچه‌ای تأثیر مثبت داشت به طوری که بین غلظت‌های مختلف به کار رفته غلظت ۱/۵ میلی‌گرم در لیتر اسید سالیسیلیک و ۱ گرم در لیتر نانو کلات آهن بیشترین تأثیر را در صفات مورد بررسی نشان داد. همچنین استفاده توأم این دو ماده موجب کارایی بهتر و مؤثرتر در اغلب خصوصیات مورد بررسی در گیاه مورد مطالعه گردید که می‌تواند به این دلیل باشد که به کارگیری نانو کلات آهن به عنوان جایگزین کودهای مرسوم، سبب آزاد شدن تدریجی و کنترل شده عناصر غذایی کود در خاک شده و کاهش تلفات عناصر غذایی و افزایش کارایی مصرف کودها را به همراه داشته و از طرفی استفاده از اسید سالیسیلیک به عنوان یک تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی نیز از طریق افزایش جذب عناصر غذایی، پروتئین کل و افزایش فعالیت‌های آنتی‌اکسیدانی سبب بهبود رشد و نمو و خصوصیات فیزیولوژیکی گیاه بنفشه معطر گردیده است.

Reference

1. **Agarawal, S., Sairam, R.K., Srivasta, G.C. and Meena, R. C. (2005).** Changes in antioxidant enzymes activity and oxidative stress by abscisic acid and salicylic acid in wheat genotypes. *Biological Plant*. 49(4): 541-550.
2. **Aghazadehkhalkhali, D., Mehrafarin, A., Abdosi, V. and Naghdibadi, H. A. (2014).** The operation of fleawort seed and mucus in response to nano-fertilizer spraying of iron and potassium kalat. *Journal of Herbs*. 14(4): 23-34.
3. **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 - 58.
4. **Amaliotis, D., Velemis, D., Bladenopoulou, S. and Karapetsas, N. (2002).** Leaf nutrient levels of strawberries (cv. Tudla) in relation to crop yield. *Acta Horticulturae*. 567: 447 - 50.
5. **Amiri, A., Siroosmehr, A. R., Yadolahi, P., Asgharipoor, M. R. and Esmailzadehbahabadi, S. (2016).** The effect of drought and spraying of salicylic acid and chitosan on photosynthetic pigments and antioxidant enzymes of safflower, *Agricultural Crop*. 18(2): 453-466.
6. **Arnon, A. N. (1976).** Method of extraction of chlorophyll in the plants. *Journal Agronomy*, 112: 23-121.
7. **Arora, D. S. and Kaur, G. J. (2007).** Antibacterial activity of some Indian medicinal plants. *Journal of Nationality Medicinal*. 61(3): 313-17.
8. **Arvin, M.J., Beidshki, A., Kramt, B. and Maghsodi, K. (2011).** The study salicylic acid (SA) role in contrast with drought stress by affecting on morphological and physiological parameters in garlic plant. In: *Proceeding of 7th Iranian Horticultural Science Congress, Isfahan Industrial University, 4-7 September*.
9. **Asadi Karam, E., Asrar, Z. and Keramat, B. (2016).** Effect of methyl jasmonate on proline content and absorption Cu, Fe, Zn and Mg in *Lepidium sativum* L. subjected to copper toxicity. *Journal of Plant Biology*. 29(2): 243-253.
10. **Askari, M., Amirjani, M. R. and Saberi, T. (2014).** Evaluation of the effects of iron nanofertilizer on leaf growth, antioxidants and carbohydrate contents of *Catharanthus roseus*. *Journal of Plant Process and Function Iran Society of Plant Physiology*. 3 (7): 43-56.
11. **Azad, H., Fakheri, B., Mahdinezhad, N. and Parmoon, Q. (2017).** The effect of foliar application of nano-iron chelated on antioxidant enzymes activity and flower yield of chamomile genotypes under drought stress condition. *Journal of Crop Improvement*. 19(2): 257-271.
12. **Azadbakht, M. (1999).** Classification of herbs, Vol.1, Teymoorzade's Publication, 420 pp.
13. **Baghaie, N. and Maleki Farahani, S. (2014).** Comparison of nano and micro chelated iron fertilizers on quantitative yield and assimilates allocation of saffron (*Crocus sativus* L.). *Journal of Saffron Research*. 1(2): 156-169.
14. **Bahrani, A.M. and Pourreza, A. (2014).** Effects of micronutrients on seed yield and oil content of *Brassica napus* L. CV Talaeh. *Botany*. 43(2): 231-233.
15. **Barghi, A., Gholipoori, A., Tobeh, A., Jahan Bakhsh, S., and Jamaati, S. (2014).** Survey on the effects of iron nano oxide foliar application on mineral nutrients uptake in potato tuber. *Journal of Plant Ecophysiology*, 6(16), 1-12.
16. **Bayat, H., Alirezaie, M. and Neamati, H. (2012).** Impact of exogenous salicylic acid on growth and ornamental characteristics of calendula (*Calendula officinalis* L.) under salinity stress. *Journal Stress Physiology Biochemistry*. 8: 258-267.
17. **Beers, G.R. and Sizer, I. V. (1952).** A spectrophotometric method for measuring the break down of hydrogen peroxide by catalase. *Journal of Biological Chemistry*. 195: 133-140.

18. **Bradford, M. M. (1976).** A rapid and sensitive method for quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Journal of Analytical Biochemistry*. 72: 248-254.
19. **Dahmardeh, M., Taji, R., Khammari, I. and Hadad, T. (2018).** 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.). *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*. 34(2): 330-345.
20. **Davoudi, S., Biabani, A., Rahemi-karizaki, A., Modares Sanavi, S., Gholamalipor Alamdari, E., and Zarei, M. (2020).** Effects of nano and common forms of iron and zinc chelates on some characteristics of medicinal plant black cumin (*Nigella sativa* L.). *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research*, 36(3), 448-465.
21. **El-Tayeb, M. A. (2005).** Response of barley grain to the interactive effect of salinity and salicylic acid. *Plant Growth Regulation*. 42: 215-224.
22. **Entesar, Sh. and Esnaashari, E. (2018).** Effects of iron chloride, iron chelate and nano-iron on enzymatic and non-enzymatic antioxidant mechanisms in *Melissa officinalis* under aluminum treatment. *Journal of Plant Process and Function*. 7(23): 193-204.
23. **Eraslan, F., Inal, A., Pilbeam, DJ. and Gunes, A. (2008).** Interactive effects of salicylic acid and silicon on oxidative damage and antioxidant activity in spinach (*Spinacia oleracea* L. CV. Matador) grown under boron toxicity and salinity. *Plant Growth Regulation*. 55: 207-219.
24. **Farsari, S., Moghaddam, M. and Mehdizadeh, L. (2022).** Effects of salicylic acid on some physiological characteristics and essential oil production of lemon verbena (*Lippia citrodora* L.) under salinity stress. *Journal of Plant Environmental Physiology*. 17(65): 57-70.
25. **Fathi-Amirkhiz, K., Amini-Dehagi, M. and Heshmati, S. (2016).** The effect of chelated iron on chlorophyll content, quantum efficiency of photosystem II and some biochemical traits of safflower in low irrigation condition. *Iran. Journal Field Crops Science*. 46 (1): 137 - 45.
26. **Fazeli, A., Zarei, B. and Tahmasebi, Z. (2018).** The effect of salinity stress and salicylic acid on some physiological and biochemical traits of Black cumin (*Nigella sativa* L.). *Iranian Journal of Plant Biology*. 9(4): 69-83.
27. **Gardner, F.P., Piers, R. and Michelle, L. (2011).** *Physiology of crop plants*. Translation: Koocheki A, and Sarmadnia Gh. 16th ed. Mashhad SID Press. 400 pages.
28. **Ghai, N., Setia, R. C. and Setia, N. (2002).** Effect of paclobutrazol and salicylic acid on chlorophyll content, hill activity and yield components in *Brassica napus* L. *Phytomorphol*. 52: 83-87.
29. **Ghani, U. K., Saeed, A. and Alam, M. T. (1997).** *Industryunic Medicine*. Department of Pharmacognosy, University of Karachi, India, pp, 310-311.
30. **Ghasemian, V., Shafaghkhalvanegh, J. and Pirzad, A. (2017).** The effect of fertilizer treatments and irrigation regimes on operation and combination of mucus citron. *Journal of Agricultural Knowledge and Sustainable Production*. 27(3): 17-31.
31. **Gheyrati arani, L., Sheykhi, M. and Sharifi T. (2014).** Effect of micronutrient application at different growth stages on growth and yield of common bean. *Agroecology Journal*. 9 (3): 35-47.
32. **Graham, J.G. and Quinn, M.L. (2000).** Plants used against cancer – an extension of the work of Jonathan Hartwell. *Journal of Ethnopharmacology*. 73: 347–377.
33. **Hameri, E., Khadem Al-Rasul, A., Abdollahi, L. and Findout, U. (2005).** Study of different levels of cocoa and cake filters on iron, manganese and organic matter of calcareous soils under sugarcane cultivation. *Abstract of*

- articles of the 9th Iranian soil science congress, 3-7 September 2005, Tehran, Iran. Soil and Water Conservation Research Center of Iran, Iran. Pp. 88-59.
34. **Hashemi Fadaki, S. E., Fakheri, B. A., Mahdinezhad, N. and Mohammadpour Vashvaei, R. (2017).** Effects of nano and nano bio-fertilizer on physiological, biochemical characteristics and yield of roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) under drought stress. *Crops Improvement (Journal of Agricultural Crops Production)*. 20(1): 45-66.
 35. **Hodálová, I., Mered'a Jr, P., Mártonfi, P., Mártonfiová, L. and Danihelka, J. (2008).** Morphological characters useful for the delimitation of taxa within *Viola subsect. Viola* (Violaceae): a morphometric study from the West Carpathians. *Folia Geobotanica*. 43(1): 83-117.
 36. **Hoseinzadeh, A., Chaparzadeh, N. and Deilamghan, K. L. D. (2014).** The effects of salicylic acid on growth parameters, esmolites and osmotic potential in radish under salinity tension, *Journal of Plant Researches (Iranian Journal of Biology)*. 27(1): 32-40.
 37. **Irigoyen, J.J., Emerich, D. W. and Sanchez-Diaz, M. (1992).** Water stress induced changes in concentrations of proline and total soluble sugars in nodulated alfalfa plant. *Physiologia Plantarum*. 84: 55-60.
 38. **Irigoyen, J. H., Emerich, D.W. and Sanchez Diaz, M. (1992).** Water stress induced changes in concentration of proline and total soluble sugars in nodulated alfalfa plant. *Journal of Physiologia Pantarum*. 84: 55-66.
 39. **Jamali, B., Eshghi, S. and Tafazoli, E. (2013).** Vegetative growth, yield, fruit quality and fruit and leaf composition of strwberry cv. 'Pajaro' as influenced by salicylic acid and nickel sprays. *Journal of Plant Nutrition*. 36: 1043-1055.
 40. **Janovitz-Klapp, A. H., Richard, F. C., Goupy, P. M., and Nicolas, J. J. (1990).** Inhibition studies on apple polyphenol oxadase. *Journal of Agricultural Food Chemistry*. 38: 926-931
 41. **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.
 42. **Kamiab, F., and Mohamadi, H. (2019).** Evaluation of the Effects of Fe and Cu Nano Chelates on some Morphological and Physiological Characteristics of Narcissus (*Pseudonarcissus narcissus* Cv. Jonquil). *Journal of Horticultural Science*, 33(2): 257-272.
 43. **Kashefi, B., Ghods, M. and Mogadam, M. (2015).** Study of salicylic acid application on some morphological and physiological traits in clary sage under salinity stress. *Journal of Crops Management*. 17(2):431-440.
 44. **Koochaki, A. and Khajehoseini, M. (2012).** *Novin farming*. Vol.1, publication of Mashhad. 704 pp.
 45. **Ladan Moghadam, A., Vattani, H., Baghaei, N. and Keshavarz, N. (2012).** Effect of different levels of fertilizer nano_iron chelates on growth and yield characteristics of two varieties of Spinach (*Spinacia oleracea* L.): Varamin 88 and Viroflay. *Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology*. 4(12): 4813-4818.
 46. **Lim, T. (2014).** *Viola odorata*. In *Edible Medicinal and Non Medicinal Plants* Springer. 795-807.
 47. **Lim, T. K. (2014).** *Edible Medicinal and Non Medicinal Plants: Volume 8, Flowers*, Springer Science, vNew York, London. 1038p.
 48. **Mabberley, D. (1987).** *The Plant Book*. Cambridge University Press. Cambridge, 858p.
 49. **Mahdavian, K. (2021).** The study of the effects of different concentrations of salicylic acid on improving physiological and biochemical properties of pistachio (*Pistacia vera* L.) var. Akbari seedlings under salinity stress. *Journal of Plant Environmental Physiology*. 16(62): 139-150.
 50. **Mahdi nezhad, N., Jamalpour, H., Fakheri, BA. and Azad, H. (2019).** The study of the effects of different

- concentrations of salicylic acid on improving physiological and biochemical properties of pistachio (*Pistacia vera* L.) var. Akbari seedlings under salinity stress. *Journal of Plant Environmental Physiology*. 14(54): 74-89.
51. **Marschner, H. (1995).** Mineral Nutrition of Higher Plants. 2ed. New York: Academic. Press. 889pp.
52. **Mehraban, A. (2017).** The effects of iron nano-kalat on operation, Operation Components of Lentil, *Environmental Physiology of Journal*. 12(45): 27-37.
53. **Mengel, K., and Kirby, EA. (1987).** Principles of plant nutrition. International Potash, Inst. 320 p. 24.
54. **Mishra, S. and Dubey, R. S. (2006).** Heavy metal uptake and detoxification mechanisms in plants. *International Journal of Agricultural Research*. 1(2): 122-141.
55. **Moghadam, E., Mahmoodi Sourestani, M., Farrokhian Firozi, A., Ramazani, Z. and Eskandari, F. (2016).** The effect of foliar application of iron chelate type on morphological traits and essential oil content of holy basil (*Ocimum sanctum*). *Journal of Crop Improvement*. 17 (3): 595-606.
56. **Mohamadipoor, R., Sedaghatoor, 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*. *Iranian J. Hort. Sci. Technol*. 3(1):232-240.
57. **Moradi Marjane, E. and Goldani, M. (2011).** Evaluation of different salicylic acid levels on some growth characteristics of pot marigold (*Calendula officinalis* L.) under limited irrigation. *Environmental Stresses in Crop Sciences*. 4(1): 33-45.
58. **Movahedi, Z. and Moieni, A. (2019).** Effects of iron chelate and nano chelate on some physiological and morphological characteristics of chicory (*Cichorium intybus* L.) in aeroponic system. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*. 35(3): 501-511.
59. **Naderi, M. and danesh shareki, A. (2011).** Application of Nanotechnology to Optimize the Formation of Chemical Fertilizers. *Journal of Nanotechnology*. 165 (4): 22-20.
60. **Najafi, S., Heidari, R. and Jamei, R. (2013)** Influence of silver nanoparticles and magnetic field on phytochemical, antioxidant activity compounds and physiological factors of *Phaseolus vulgaris*. *Technical Journal of Engineering and Applied Sciences*. 3: 2812-2816.
61. **Nasiri Dehsorkhi, A., Ghanbari, A. and Varnaseri Ghandali, V. (2018).** Effect of Foliar Application of Chelate Iron in Common and Nanoparticles Forms on Yield and Yield Components of Cumin (*Cuminum cyminum* L.) under Drought Stress Conditions. *Iranian Journal of Field Crops Research*. 16(1): 229-241.
62. **Nazeri, M., Khaleji, H., Labafihoseinabadi, M., Shamsabadi, M. and Rasooli, A. S. (2010).** checking iron nano-kalat on quantitative and qualitative factors of wheat. *Proceedings of second national congress on the application of nanoparticles in agriculture*, Hamedan, Iran.
63. **Nezamdoost, S., Farahzadeh, A. R. and Rasoolisedighian, M. H. (2016).** The effects spraying salicylic acid on some physiological and biochemical characteristics of grape. *Journal of Research on Fruit*. 1(1): 15-29.
64. **Noora, R. and Safahani, AR. (2020).** Alleviatory activities of salicylic acid and chitosan in burdock plant (*Arctium lappa* L.) under drought stress. *Journal of Plant Environmental Physiology*. 14(56): 39-56.
65. **Nourafcan, H. and Mahboubi, A. (2017).** The effect of salicylic acid foliar spraying on morphophysiological characteristics of common mallow and Moldavian balm. *Agroecology Journal*. 13(3): 25-33.
66. **Nouri Koutanaie, F., Bernard, F., Shaker, H. and Fahimi, H. (2006).** Tissue culture, Polypeptides, Gel electrophoresis, Salicylic acid,

- Carnation. Medical Sciences. 16 (2) :65-68.
67. **Padash, A., Ghanbari, A. and Asgharipour, M. R. (2016)**. Effect of salicylic acid on Concentration of nutrients, protein and antioxidant enzymes of basil under lead stress. Iranian Journal of Plant Biology. 8(27): 17-32.
68. **Pandey, A. C., Sanjay, S. S., and Yadav, R. S. (2010)**. Application of ZnO nanoparticles in influencing the growth rate of *Cicer arietinum* L. Journal of Experimental Nanoscience. 5 (6): 488-497.
69. **Peyvandi, M., Kamalijamakani, Z. and Mirza, M. (2011)**. The effect of Iran's iron nano-kalat with iron kalat on growth and activity of antioxidant enzymes of savory, the magazine of cellular-molecular Biotechnology news. 2(5): 25-32.
70. **Pirasteanooshe, H., Emam, Y., Roosta, M. J. and Hashemi, S. A. (2016)**. The effect of salicylic acid spraying on biochemical properties and the operation of barleycorn, Iranian journal of crop science. 18(3): 232-244.
71. **Prochazka, S., Machaackova, I., Kreekule, J. and Sebanek, J. (1998)**. Plant physiology Academia Praha. 484 pp.
72. **Ramroodi, M., Keykhazhaleh, M., Galavi, M., Saghaleslami, M. J. and Baradaran, R. (2011)**. The effect of micronutrient ingredients and irrigation regimes on quantitative and qualitative of fleawort, Journal of Agricultural Ecology. 3(2): 219-226.
73. **Rasouli, F., Gholipoor, M., Jahanbin, K. and Asghari, H. R. (2018)**. Effect of salicylic acid and jasmonic acid on induction of oxidative stress, increasing resistance and yield of Echinacea. Journal of Crop Production. 11(2): 109-122.
74. **Rezayatmand, Z., Khavari-Nejad, R. A. and Asghari, Gh. (2013)**. The effect of salicylic acid on some of physiological and biochemical parameters of *Artemisia aucheri* Boiss. under salt stress. Journal of Plant Biology. 5(16): 57-70.
75. **Roosta, H. R., Rzakhanim D., Raghmi, M. R. and Esmaeilzadeh, M. (2017)**. Comparison of the effect of nano-chelate iron with fe-chelate on growth and physiological characteristics of two cultivars of Pepper in soilless culture system. Journal of Science and Technology of Greenhouse Culture Soilless Culture Research Center. 8 (1): 35-55.
76. **Rostami, Gh., Moghaddam, M., Ghasemi Pirbalouti, A. and Tehranifar, A. (2018)**. The effects of iron and zinc spraying in sulfate and nano forms on morphological and biochemical properties of peppermint (*Mentha piperita* L.) under salinity stress. Environmental Stresses in Crop Sciences. 11 (3): 707-720.
77. **Sairam, R.K., Rao, K. V. and Srivastava, G. C. (2002)**. Differential response of wheat genotypes to long term salinity stress in relation to oxidative stress, antioxidant activity and osmolyte concentration. Plant Science. 163: 1037-1046.
78. **Salahiostad, M., Morshadloo, M. and Moghaddam, M. (2021)**. Effect of silicon oxide and salicylic acid on yield, yield components, and some biochemical properties of Persian melon (*Cucumis melo var. inodorus*). Journal of Plant Environmental Physiology. 16(63): 72-86.
79. **Salarpoorgharba, F. and Farahbakhsh, H. (2014)**. The effects of drought tension and salicylic acid on physiological traits of fennel. Iran crop. 16(3): 765-778.
80. **Salarpour, F. and Farahbakhsh, H. (2016)**. Effects of salicylic acid on some physiological traits, yield and yield components of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) under drought stress. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants. 32(2): 216-230.
81. **Sartip, H. and Sirousmehr, A. R. (2017)**. Evaluation of salicylic acid effects on growth, yield and some biochemical characteristics of cumin (*Cuminum cyminum* L.) under three irrigation regimes. Environmental

- Stresses in Crop Sciences. 10(4): 547-558.
82. **Shafaghat, Z. and Zarinkamar, F.** (2018). Tracing mucilage compounds in different stage of development of *viola odorata* L. leaf. Iranian Journal of Plant Biology. 31(2): 259-269.
83. **Sharma, P. and Shanker, R.** (2005). Drought induces oxidative stress and enhances the activities of antioxidant enzymes in growing rice seedlings. Plant Growth Regulation. 46: 209-221.
84. **Sheligi, H. Q.** (1986). Die verwertung orgngischer souren durch chlorella lincht. Planta, 47-51.
85. **Tabatabaie, S. G.** (2009). Principles of mineral nutrition of plants. First Edition, Author Publications, 389p.
86. **Tari, I., Csiszar, J, Szalai, G., Horvath, F., Pecsvaradi, A., Kiss, G., Szepesi, A., Szabo, M. and Erdei, L.** (2002). Acclimation of tomato plants to salinity stress after a salicylic acid pre-treatment. Acta Biologica Szegediensis. 46 (3-4): 55-56.
87. **Toosi, P., Tajbakhsh, M. and Esfehni, M.** (2014). The effects of spraying iron nano-kalat on leaf growth, carbohydrate and antioxidant levels. Progress and Function of Plants. 16(2): 125-136.
88. **Torabian, Sh. and Zahedi, M.** (2013). The effect of foliaceus nutrition of iron sulfate in two types of common and nanoparticles on growth of sunflower statistics under salinity tension. Iran's Journal of Crop Science. 44.
89. **Vattani, H., Keshavarz, N., and Baghaei, N.** (2012). Effect of sprayed Soluble different levels of iron chelate Nano fertilizer on nutrient uptake efficiency in two varieties of spinach (Varamin88 And Virofly). International Research Journal of Applied and Basic Sciences. 3(S):2651-2656.
90. **White, R. E.** (1976). Studies on the mineral ion absorption by plants, the interaction of Aluminium phosphate and pH on the growth of *medicago sativa*. Journal of Plant and soil 46: 195-208.
91. **Yousefzadeh, S., Naghdibadi, H. A., Sabaghnia, N. and Janmohamadi, M.** (2016). The effects of spraying iron nano-kalat physiological and chemical properties of dracocephalum moldavica. Journal of Medicinal Plants. 15(4): 152-160.
92. **Zayed, B.A., Salem, A.K.M. and Sharkawy, H.M.** (2011). Effect of different micronutrient treatments on rice (*Oriza sativa* L.) growth and yield under saline soil conditions. World Journal of Agricultural Sciences. 7:179-184.