مقاله پژوهشی

# اثر اسید استیک بر pH محلول کود آهن (سکوسترین و نانو) و تأثیر آن بر صفات بیوشیمیایی و مورفولوژیکی توت‌فرنگی رقم دیامنت

معصومه جعفری[۱]، علی اکبر شکوهیان[۱*]، اسماعیل چمنی[۱] و اکبر قویدل[۲]

[۱] گروه علوم باغبانی دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

[۲] گروه علوم خاک، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

(تاریخ دریافت:۱۴۰۰/۱۱/۱۰، تاریخ پذیرش نهایی:۱۴۰۱/۰۲/۱۷)

## چکیده

با توجه به اینکه pH محلول غذایی نقش زیادی در جذب عنصر آهن دارد. به این منظور آزمایشی به‌صورت کرت‌های دوبار خردشده (اسپلیت اسپلیت پلات) در قالب طرح بلوک‌های کاملاً تصادفی روی گیاه توت‌فرنگی رقم دیامنت در ایستگاه تحقیقاتی دانشگاه محقق اردبیلی در طی سال‌های ۱۳۹۴ تا ۱۳۹۶ انجام شد. تیمارهای آزمایش شامل محلول‌پاشی سطوح آهن (سکوسترین ۲۵ گرم و نانو ۱ گرم) درکرت‌هایی اصلی، سطوح اسید استیک (شاهد، ۱، ۲ و ۳ درصد) در کرت‌های فرعی و سطوح صابون کشاورزی (شاهد و ۷/۵ درصد) در کرت‌هایی فرعی‌فرعی قرار گرفتند. شاخص‌های رشدی گیاه شامل پروتئین، پرولین، قندهای احیاءکننده، نشاسته برگ، فنل کل، غلظت آهن برگ، و عملکرد میوه در بوته اندازه‌گیری شدند. نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان دادند که اثر سه جانبه تیمارها در تمام صفات مورد بررسی بجز پروتئین و عملکرد در سطح احتمال ۱ درصد بر پرولین، قندهای احیاءکننده، نشاسته برگ، فنل کل، و غلظت آهن برگ معنی‌دار بودند که بهترین نتیجه در صفت‌های ذکرشده از ترکیب تیماری ۲ درصد اسید استیک با آهن سکوسترین همراه با کاربرد ۷/۵ درصد صابون کشاورزی مویان حاصل شد. و اثر متقابل دو جانبه تیمارها در سطح احتمال ۵ در صد بر پروتئین و عملکرد از نظر آماری تأثیر معنی‌داری داشتند که بهترین نتایج مربوط به ترکیب تیماری ۲ درصد اسید استیک با کود آهن سکوسترین بدون کاربرد صابون کشاورزی مویان بود. با توجه به نتایج حاصل از این بررسی، ترکیب تیماری ۲ درصد اسید استیک با آهن سکوسترین همراه با ۷/۵ درصد صابون کشاورزی مویان به‌دلیل کاهش کشش سطح برگ موجب بهبود قدرت جذب آهن محلول غذایی و افزایش ویژگی‌های بیوشیمیایی و مورفولوژیکی توت‌فرنگی رقم دیامنت توصیه می‌گردد.

کلید واژه‌ها: سکوسترین، کلروفیل، عملکرد، نانوکود

## مقدمه

توت‌فرنگی از مهم‌ترین میوه‌های ریز مناطق معتدله است که با توجه به اهمیت اقتصادی و تغذیه‌ای این محصول، کشت و تولید گلخانه‌ای آن طی سال‌های اخیر افزایش قابل توجهی داشته است (میری و همکاران، ۱۳۹۵). توت‌فرنگی منبع مواد مغذی مانند فیبر، فولات، پتاسیم، کلسیم، آهن و فسفر است که باعث افزایش ارتقاء سلامتی بدن می‌شود و از مواد مؤثر مهم آن می‌توان تانن‌ها، موسیلاژها، قندهای مختلف، و اسید میوه از

*نویسنده مسؤل، نشانی پست الکترونیکی: shokouhiana@yahoo.com

[ Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-04-16 ]

[ DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.51.7.4 ]

جمله اسید فولیک را نام برد (Biswas *at el*., 2019). یکی از مشکلات عمده خاک‌های قلیایی که بخش عمده‌ای از خاک مناطق خشک و نیمه‌خشک است، کمبود آهن قابل استفاده گیاه به‌دلیل pH بالای این خاک‌ها است (اعتمادیان و حسنی، ۱۳۹۵). قلیایی‌بودن خاک یکی از مشکلات اساسی در برخی از خاک‌های ایران است که موجب کاهش حلالیت و کاهش جذب عناصر غذایی ضروری از جمله عنصر آهن برای گیاه می‌شود (برقی و قلی‌پور، ۱۳۹۹). آهکی‌بودن و pH بازی خاک‌های منطقه اردبیل سبب شده است تا جذب عناصر ریزمغذی، به‌ویژه آهن، به‌وسیله گیاه توت‌فرنگی دچار مشکل شود. به همین دلیل کمبود آهن از مشکلات اساسی در تولید محصولات کشاورزی است. کمبود آهن نه تنها بر کشاورزی و اقتصاد تولید محصولات تأثیر منفی دارد، بلکه باعث کمبود در بدن انسان می‌شود (Cesco *et al*., 2002). بنابراین، استفاده از فرم و شکل مناسب این عنصر به‌صورت محلول‌پاشی، روشی مؤثر و کارآمد برای جبران کمبود آن و رسیدن به حداکثر عملکرد در گیاهان است (عسگری و همکاران، ۱۳۹۷). با توجه به اهمیت اقتصادی و تغذیه‌ای توت‌فرنگی، کشت و تولید گلخانه‌ای و فضای آزاد آن طی سال‌های اخیر افزایش چشمگیری داشته است. طبق گزارش سازمان بین‌المللی خواروبار و کشاورزی سازمان ملل‌متحد در سال ۲۰۱۶، ایران رتبه هجدهم را در میان ۷۶ کشور تولیدکننده توت‌فرنگی در جهان کسب کرده است (FAO, 2016). تغذیه صحیح گیاه یک عامل پراهمیت در مدیریت موفقیت‌آمیز تولید این محصول بوده که از طریق تدوین برنامه‌ریزی و کوددهی مناسب قابل کنترل است. بنابراین، لازم است طی رشدونمو گیاه طبق اصول علمی نسبت به توصیه کودی اقدام نمود تا نه تنها رشد و عملکرد مطلوبی بدست آید، بلکه کیفیت محصول تولیدی نیز افزایش یابد (خاکسارنژاد و ضابط، ۱۳۹۶). پرکاربردترین کود حاوی آهن در خاک‌های آهکی سکوسترین آهن است، سکوسترین (Sequestrin) Nk حاوی کلات آهن و ترکیب ویژه‌ای از نیتروژن و پتاسیم است که ترکیب نیتروژن و پتاسیم موجود در سکوسترین NK به رشد گیاهان کمک می‌کند. سکوسترین NK در نامساعدترین خاک‌های کشاورزی به خوبی توسط ریشه گیاهان جذب می‌شود (حسینی و بهادری، ۱۳۹۴). یکی از مهم‌ترین کاربردهای فناوری نانو در کشاورزی، استفاده از نانو کودها جهت تغذیه گیاهان است (Roosta and Karimi, 2012). با بهره‌گیری از نانو کودها، عناصر غذایی به‌آرامی و با سرعتی مناسب در تمام فصل رشد گیاه آزاد می‌شوند و به‌دلیل کاهش آبشویی عناصر، گیاهان قادر به جذب بیشتر عناصر خواهند بود (Roosta and Karimi, 2012). بیشترین قابلیت جذب آهن و منگنز در pH کمتر از ۶ است (هانی و همکاران، ۱۳۹۲). این نکته تأکید شده است که در محلول‌پاشی برگی، آهن به آسانی بر روی سطح برگ به‌صورت هیدروکسید رسوب می‌کند و به‌دلیل این که برگ برخلاف ریشه مکانیزم اسیدی‌کردن را ندارد محلول‌پاشی با محلول‌های دارای pH پایین، ترکیبات رسوب کرده آهن را در سطح برگ متحرک و جذب آنها را تشدید می‌کند (wallas, 1991). جمالپور و همکاران (۱۳۹۸) در تحقیق خود روی گیاه اسفناج گزارش کردند که با کمبود محلول غذایی آهن، میزان فنل کل و قندهای احیاءکننده در برگ کاهش یافت. پیوندی و همکاران (۱۳۹۰) طی آزمایشی که روی گیاه ریحان انجام دادند به این نتیجه رسیدند که نانو کود آهن سبب کاهش محتوای پروتئین در مقایسه با کود آهن گردید. تیمار اسید استیک با القای افزایش سنتز پرولین و ترکیبات فنلی باعث مقاومت گیاه بادرنجبویه (*Melissa officinalis* L.) در مقابل تنش‌های محیطی گردید (مرادی اندوهجردی و همکاران، ۱۳۹۸). کاربرد کلات آهن و یا نانو کلات آهن اثر معنی‌داری بر میزان پروتئین برگ اسفناج نداشت (کمالی، ۱۳۹۲). Tyson و همکاران (۲۰۰۹) طی آزمایشی که در گیاه خیار کشت‌شده در سیستم هیدروپونیک انجام دادند به این نتیجه رسیدند، که با افزایش pH محتوای آهن و منگنز در ماده خشک گیاه کاهش یافت. محلول‌پاشی اسید و آهن سکوسترین باعث کاهش pH عصاره سلول شدند. اسید سیتریک از طریق کاهش pH عصاره سلول برگ باعث افزایش آهن فعال برگ شده و به این ترتیب میزان کلروفیل برگ را افزایش داد (میرسلیمانی و تفضلی، ۱۳۸۴).

[ Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-04-16 ]

[ DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.51.7.4 ]

مطالعات انجام‌شده توسط صادقی و همکاران (۱۳۹۹) نشان داد که محلول-پاشی آهن باعث افزایش عناصر غذایی برگ در میوه سیب رقم گالا شد. کاربرد سکوسترین آهن به‌صورت خاکی در توت‌فرنگی رقم سلوا باعث افزایش عملکرد شد (حسینی و بهادری، ۱۳۹۴). محلول‌پاشی اسید استیک باعث افزایش عملکرد در گیاه انگور رقم پیکانی شد (پوزشی و همکاران، ۱۳۹۰). صابون کشاورزی مویان بهترین ترکیب جهت اثربخشی حشره‌کش‌ها، قارچ‌کش‌ها علف‌کش‌ها و کودها جهت محلول‌پاشی است (جوکار، ۱۴۰۰). مکانیزم عمل صابون مویان به‌نحوی است که با پخش سریع محلول مورد پاشش بر روی برگ باعث نفوذ بهتر آن به درون برگ و گیاه می‌گردد (جوکار، ۱۴۰۰). از صابون کشاورزی بیشتر درکنترل آفات مکنده از جمله پنبه استفاده شده ولی محلول‌پاشی صابون مویان اولین گزارشی است که روی میوها از جمله توت‌فرنگی مورد استفاده قرار گرفت. در مورد تأثیر اسید استیک بر pH محلول غذایی بر جذب انواع ترکیبات حاوی آهن بر روی توت‌فرنگی اطلاعات محدودی منتشر شده و به‌نظر می‌رسد لازم است در این زمینه مطالعات بیشتری انجام شود. با توجه به نتایج به‌دست آمده از مطالعات قبل و نظر به اینکه آهن در بسیاری از پدیده‌های فیزیولوژیکی گیاهان نقش اساسی دارد، و از طرفی نیز در اکثر مناطقی که دارای خاک و آب قلیایی هستند، جذب و انتقال عناصر کم مصرف به‌خصوص آهن با مشکل مواجه است، نیاز به پژوهش بیشتری در این رابطه بر روی میوه توت‌فرنگی احساس می‌شود. بنابراین هدف از انجام این پژوهش، بررسی اثرات اسید استیک بر جذب نوع آهن (سکوسترین و نانو) همراه با صابون کشاورزی به‌منظور قدرت جذب بیشتر برگ‌ها و رفع کمبود این عنصر و تأثیر آن بر صفات بیوشیمیایی و مورفولوژیکی توت‌فرنگی در شرایط خاک‌های اردبیل بوده است.

**مواد و روش‌ها**

این آزمایش روی گیاه توت‌فرنگی رقم دیامنت طی سال‌های ۱۳۹۴ تا ۱۳۹۶ در ایستگاه تحقیقاتی دانشگاه محقق اردبیلی انجام شد. شهرستان اردبیل در شمال غرب ایران و در بین دو رشته کوه سبلان و باغرو، که از سلسله جبال البرز است، در فلات دایره مانندی در طول جغرافیایی ۴۸ درجه و۷۷ دقیقه و عرض جغرافیایی ۳۸ درجه و ۱۵ دقیقه از نصف‌النهار گرینویچ قرار گرفته است. ارتفاع آن از سطح دریا ۱۳۵۰ متر است. اردبیل به‌دلیل داشتن ارتفاع زیاد و وجود کوهستان‌های اطراف نسبت به سایر شهرهای ایران سردتر است. و جزء مناطق نیمه‌خشک سرد محسوب می‌شود. گرمترین ماه‌های سال آن تیر و مرداد است که متوسط دمای این ماه‌ها ۱۸/۶ درجه سانتی-گراد و سردترین ماه‌های سال دی و بهمن است که متوسط دما در این ماه‌ها ۱/۳ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. متوسط بارندگی این شهر ۴۰۰ میلی‌متر گزارش شده است.

قبل از اقدام به تهیه بستر و کاشت گیاه چند نقطه محل آزمایش از عمق ۲۵-۰ سانتی‌متری نمونه‌برداری گردید. ویژگی‌های خاک محل آزمایش در جدول ۱ ارائه شده است.

پس از آماده‌سازی زمین مورد نظر، در اوایل مهرماه ۹۴، نشاهای توت‌فرنگی رقم دیامنت از خزانه تکثیر ارقام توت‌فرنگی زریبار مریوان، تهیه و به اردبیل منتقل شد و به فاصله ۲۵ سانتی‌متر روی ردیف در اواخر آبان ماه با تراکم ۱۰ بوته در هر ۱/۵ مترمربع کشت گردید. به‌منظور حفظ رطوبت و کیفیت بهتر محصول از مالچ پلاستیکی سیاه استفاده شد. در طول آزمایش آبیاری گیاهان نیز به‌صورت هفتگی و به میزان مساوی برای هر کرت (۲۵ لیتر در هر کرت) انجام شد. و مهار علف‌های هرز با دست صورت گرفت. جهت اعمال تیمارها از محلول اسید استیک تهیه‌شده از شرکت بازرگانی آسمان با خلوص ۸۰ درصد، آهن سکوسترین با غلظت حدود ۲۵ گرم به‌صورت Fe EDDHA ساخت شرکت سینجنتا و کود نانو محلول در آب حاوی ۷ درصد کلات آهن ساخت شرکت خضراء به میزان ۱ گرم در لیتر و صابون کشاورزی مویان از شرکت مهندسی کشاورزی خزانه‌ای تهیه شدند. پس از کاشت، گیاهان در قالب یک طرح بلوک‌های کاملاً تصادفی به‌صورت کرت‌های دوبار خرد شده (اسپلیت اسپلیت پلات) با سه تکرار در مجموع با ۴۸ واحد آزمایش اجرا گردید. تیمارهای آزمایش

[ Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-04-16 ]
[ DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.51.7.4 ]

**جدول ۱- برخی ویژگی‌های خاک محل آزمایش و pH محلول غذایی آهن (سکوسترین و نانو) تیمارشده با اسید استیک**

| پی‌اچ محلول غذایی آهن در تیمار اسید استیک | | | | نتایج آزمون تجزیه خاک مورد استفاده | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| اسید استیک | | | | کربن آلی | پتاسم | ازت کل | آهن | مس | روی | EC | pH |
| ٪۳ | ٪۲ | ٪۱ | شاهد ٪ | ٪ | | | (پی‌پی‌ام) | | | (سانتی‌متر/میلی‌موس) | |
| ۵/۶ | ۶/۳ | ۷/۲ | ۸/۱ | ۱/۳۲۶ | ۰/۰۸۴ | ۰/۹۸ | ۱/۱۵۴ | ۱/۲۲ | ۸/۸۴ | ۲/۲۳ | ۷/۵۰ |

به‌صورت محلول‌پاشی کودهای آهن (سکوسترین ۲۵ گرم در لیتر و نانو ۱ گرم در لیتر) درکرت‌هایی اصلی، سطوح اسید استیک (شاهد، ۱، ۲ و ۳ درصد) در کرت‌های فرعی و صابون کشاورزی مویان (شاهد و ۷/۵ درصد) در کرت‌هایی فرعی فرعی قرار گرفتند. نحوه اعمال تیمارها به این صورت بود که قبل از محلول‌پاشی، صابون کشاورزی مویان را کاملاً به‌هم زده و هر دو سطح آهن (سکوسترین و نانو) را به‌صورت جداگانه در یک لیتر آب حل کرده سپس محلول اسید استیک به مقدار تعیین‌شده به آن اضافه گردید. محلول‌پاشی در غروب آفتاب صورت گرفت. و مقدار محلول لازم در هر نوبت اسپری کردن برای هر کرت به حجم یک لیتر به کمک آب‌فشان یک لیتری انجام شد. محلول‌پاشی از مرحله سه برگی شدن بوته‌ها (اواسط فروردین ماه تا اواخر اردیبهشت ماه) در مجموع پنج نوبت و به فاصله ۱۰ روز از یکدیگر در هر دو سال (۱۳۹۴-۱۳۹۶) انجام گرفت. دو هفته پس از آخرین محلول‌پاشی در سال دوم (خرداد ماه سال دوم) پس از حذف حاشیه‌ها، بررسی صفات بیوشیمیایی و مورفولوژیکی از جمله پروتئین کل، پرولین، قندهای احیاءکننده، فنل کل، نشاسته، غلظت آهن برگ و عملکرد اندازه‌گیری شدند. برای استخراج پروتئین کل ابتدا ۰/۱ گرم برگ را وزن کرده و در هاون چینی قرار داده و توسط ازت مایع له شد. سپس یک میلی‌لیتر بافر استخراج با آن مخلوط شده سپس نمونه‌ها با استفاده از سانتریفیوژ با سرعت ۱۱۵۰۰ دور در دقیقه در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۲۱ دقیقه سانتریفیوژ شدند. قسمت بالایی برداشته شد و داخل لوله دیگر ریخته رسوبات ته لوله بیرون ریخته شدند. لوله‌های جدید به‌مدت ۲۰ دقیقه در ۴۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شدند. پس از انجام سانتریفیوژ لوله‌ها در داخل یخ قرار داده شدند. در این مرحله از قسمت محلول بالای هر کدام از لوله‌ها (۷۰۰ میکرولیتر) برداشته و داخل لوله‌های اپندورف ریخته و سریعاً به فریزر °C۲۰- منتقل شدند. این نمونه‌ها برای تعیین مقدار کمی پروتئین‌ها به روش برادفورد مورد استفاده قرار گرفتند (Bradford, 1976). برای اندازه‌گیری میزان پروتئین موجود در نمونه‌های گیاهی توسط اسپکتروفتومتر باید در ابتدا محلولی از نمونه‌ها تهیه گردد. به این ترتیب که به تعداد نمونه‌ها فالکن‌ها را از محلول برادفورد به میزان ۵ میلی‌لیتر و ۹۹۰ میکرولیتر از بافر استخراج پر کرده و در ادامه ۱۰ میکرولیتر از عصاره‌های تهیه‌شده از نمونه‌ها را به فالکن اضافه کرده، این محلول توسط ورتکس خوب هم‌زده شد و سپس میزان جذب نور توسط اسپکتوفتومتر مدل Hitachi U-1900 در طول‌موج ۶۲۵ نانومتر مشخص شد. پیش از خواندن نمونه‌ها، دستگاه توسط محلول شاهدی که یک میلی‌لیتر بافر استخراج و پنج میلی‌لیتر محلول برادفورد بود، صفر شد. میزان جذب نوری ثبت‌شده توسط اسپکتروفتومتر را در فرمولی که از منحنی استاندارد به‌دست آمده محاسبه کردیم. اندازه‌گیری ترکیبات فنل کل براساس روش (فولین سیوکالتیو) انجام شد به این صورت که ۰/۱ گرم از هر نمونه در ۱۰ میلی‌لیتر اتانول ۹۶ درصد عصاره‌گیری و عصاره حاصل به‌مدت ۲۴ ساعت در تاریکی قرار داده شد. سپس به محلول حاصل ۱ میلی‌لیتر اتانول ۹۵ درصد، ۰/۵ میلی‌لیتر فولین ۵۰ درصد و یک میلی‌لیتر کربنات سدیم پنج درصد اضافه شد. شدت جذب با دستگاه اسپکتوفتومتر طول‌موج ۷۲۵ نانومتر پس از یک ساعت نگهداری در تاریکی خوانده شد. برای محاسبه غلظت ترکیبات‌های فنلی از منحنی استاندارد گالیک اسید استفاده شد (Ronald and Laima, 1999). استخراج و اندازه‌گیری نشاسته با روش McCready و همکاران (۱۹۵۰) صورت گرفت. استخراج پرولین از جوانترین

[ Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-04-16 ]

[ DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.51.7.4 ]

برگ‌ها با استفاده از روش Bates و همکاران (۱۹۷۳) صورت گرفت. مقدار یک گرم بافت برگی در ۱۰ میلی‌لیتر سولفوسالیسیلیک اسید ۳/۳٪ سائیده و محلول حاصل از کاغذ صافی عبور داده شد و با سرعت ۴۰۰۰ دور در دقیقه در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۰ دقیقه سانتریفیوژ گردید و در لوله جداگانه دیگری، به دو میلی‌لیتر از عصاره حاصل، ۲ میلی‌لیتر معرف نین‌هیدرین و ۲ میلی‌لیتر اسید استیک گلاسیال خالص اضافه گردید. لوله‌ها به‌مدت یک ساعت در بن‌ماری قرار گرفته و پس از اضافه کردن ۴ میلی‌لیتر تولوئن به هر کدام از لوله‌ها، به‌مدت ۱۵ تا ۲۰ ثانیه ورتکس گردیدند. پس از تشکیل دو فاز جداگانه، فاز بالایی رنگی (روشناور)، با دقت جدا ومقدار جذب آنها در دستگاه اسپکتروفتومتری در طول-موج ۵۲۰ نانومتر اندازه‌گیری شد. اندازه‌گیری قندهای محلول به روش ایریگوئن انجام شد (Irigoyen *et al*., 1992). به این ترتیب که ۰/۵ گرم از بافت تر ریشه و برگ در پنج میلی‌لیتر اتانول ۹۵٪ ساییده و به‌مدت ۳۰ ثانیه ورتکس شد. سپس، رو-شناور (مایع رویی) جدا و به لوله دیگری منتقل شد. سپس، دو بار و در هر بار ۵ میلی‌لیتر اتانول ۷۰٪ به بخش جامد باقی‌مانده اضافه و شستشو گردید و بخش روشناور به لوله آزمایش منتقل و درنهایت ۱۵ میلی‌لیتر از عصاره به‌دست آمده به‌مدت ۱۵ دقیقه با سرعت ۳۵۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شد. سپس ۰/۱ میلی‌لیتر از عصاره و سه میلی‌لیتر آنترون به آن اضافه و به-مدت ۱۰ دقیقه در حمام آب جوش قرار داده شد. پس از خنک‌شدن نمونه‌ها میزان جذب نمونه‌ها در طول‌موج ۶۲۵ نانومتر با استفاده از دستگاه اسپکتوفتومتر خوانده شد. اندازه-گیری غلظت آهن توسط هضم با اسید نیتریک و قرائت آن توسط طیف‌سنج جذب اتمی مدل FAAS اندازه‌گیری شد (Johnson *et al*., 1997). درنهایت همه میوه‌های هر کرت برداشت و بر شمار بوته‌ها در کرت تقسیم شد و عدد حاصل به‌عنوان عملکرد در بوته ثبت شد. داده‌های مربوط به این پژوهش با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS تجزیه‌شده و مقایسه میانگین تیمارها با آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد صورت گرفت. شکل‌ها با استفاده از نرم‌افزار Excel رسم شد.

## نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر سه جانبه تیمارها در تمام صفات مورد بررسی شامل پرولین، قندهای احیاءکننده، نشاسته برگ، فنل کل، غلظت آهن برگ بجز پروتئین و عملکرد در سطح احتمال ۱ درصد و اثر متقابل دو جانبه تیمارها از جمله آهن سکوسترین و اسید استیک در سطح احتمال پنج در صد بر پروتئین و عملکرد از نظر آماری تأثیر معنی‌داری داشتند (جدول ۲).

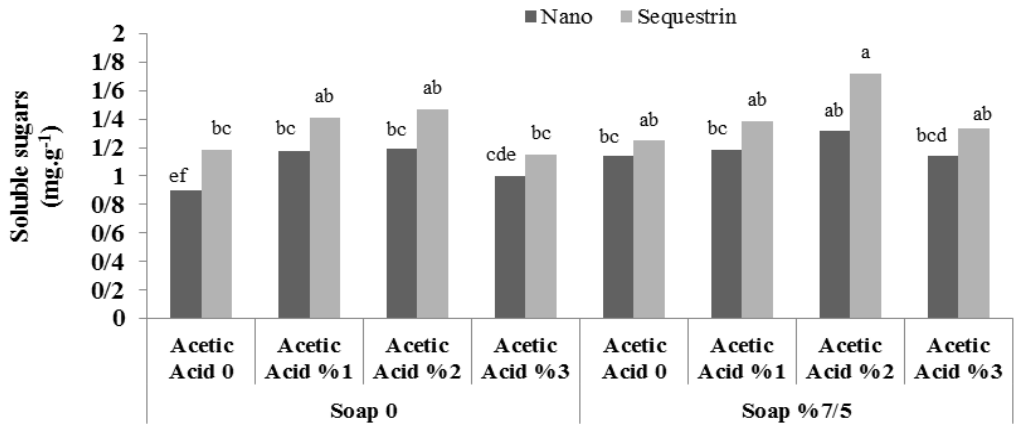
مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که کاربرد اسید استیک ۲ درصد در ترکیب سکوسترین آهن با صابون کشاورزی (۷/۵ درصد) باعث افزایش پرولین برگ و قندهای محلول در مقایسه با بدون کاربرد اسید استیک و نانو آهن بدون صابون شده است. به‌طوری‌که بیشترین میزان پرولین برگ و قندهای محلول به‌ترتیب (۰/۵۹ میلی‌گرم بر گرم) و (۱/۷۲ میلی‌گرم بر گرم) مربوط به تیمار اسید استیک ۲ درصد با آهن سکوسترین در ترکیب با صابون کشاورزی (۷/۵ درصد) حاصل شده و کمترین میزان آن (۰/۳۸ میلی‌گرم بر گرم) و (۱/۰۶ میلی‌گرم بر گرم) مربوط به تیمار اسید استیک ۳ درصد با نانو آهن و بدون کاربرد صابون به‌دست آمد (شکل ۱ و ۲). پرولین مولکول آلی است که در گیاهان به‌عنوان محافظ ماکرو مولکول‌های (پروتئین‌ها و غشاها)، منبع انرژی، خنثی‌ساز رادیکال‌های آزاد در تنش عمل می‌کند (Rahnama and Ebrahimzade, 2004). پرولین به‌عنوان یک محافظ مولکولی، قادر به محافظت از پروتئین‌ها و افزایش فعالیت‌های مختلف آنزیمی است (Szabados and Savored, 2009). بنابراین افزایش این ماده در اثر مصرف آهن و کاهش pH محلول غذایی می‌تواند تحمل گیاه در برابر شرایط نامساعد محیطی افزایش دهد. با تجمع پرولین به‌عنوان اسمولیت غیرسمی، پتانسیل اسمزی واکوئل‌ها کاهش می‌یابد و تحمل گیاه را در برابر تنش افزایش می‌یابد (Cicek and Cakirlar, 2002).

[ Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-04-16 ]
[ DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.51.7.4 ]

**جدول ۲- تجزیه واریانس اثر تیمارهای آزمایشی بر خصوصیات بیوشیمیایی و مورفولوژیکی توت‌فرنگی رقم دیامنت**

| منبع تغییرات | درجه آزادی | میانگین مربعات | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | قندهای محلول | پرولین | پروتئین | نشاسته | فنل | غلظت آهن برگ | عملکرد |
| تکرار | ۲ | ۳/۳۵$^{**}$ | ۰/۰۱۱۸$^{ns}$ | ۲/۶۱۰$^{ns}$ | ۰/۰۱۴۳$^{ns}$ | ۰/۰۰۰۰۳۱$^{ns}$ | ۰/۰۰۲$^{ns}$ | ۳۴۸/۲۸۹$^{ns}$ |
| آهن | ۱ | ۰/۰۹۵$^{ns}$ | ۰/۰۰۶۲$^{ns}$ | ۴۱/۰۰۷$^{**}$ | ۰/۰۷۰۹$^{ns}$ | ۰/۰۵۹$^{**}$ | ۰/۰۰۳$^{**}$ | ۱۴۱۴۳۴/۵۸۸$^{*}$ |
| اشتباه اصلی | ۲ | ۰/۰۲۷۶$^{ns}$ | ۰/۰۱۴۱$^{**}$ | ۰/۸۸۶$^{ns}$ | ۰/۰۳۶۶$^{**}$ | ۰/۰۰۰۰۰۹$^{ns}$ | ۰/۱۴۱ | ۲۵۳/۹۳۲ |
| اسید استیک | ۳ | ۰/۰۰۲۳۱$^{ns}$ | ۰/۰۰۱۹۲$^{ns}$ | ۲/۵۸۱$^{*}$ | ۰/۰۱۴۸$^{ns}$ | ۰/۰۰۰۱۰۷$^{ns}$ | ۰/۱۷$^{*}$ | ۱۳۸۰/۱۴۷$^{**}$ |
| آهن × اسید استیک | ۳ | ۰/۱۲۳$^{ns}$ | ۰/۰۲۰۴$^{*}$ | ۱/۷۹۲$^{ns}$ | ۰/۰۰۸۱$^{ns}$ | ۰/۰۰۰۰۰۱۷۲$^{ns}$ | ۰/۳۱۶ | ۸۷۵/۰۵۶$^{**}$ |
| اشتباه فرعی | ۱۲ | ۰/۰۵۳$^{ns}$ | ۰/۰۰۲۱۳$^{ns}$ | ۰/۴۹۸$^{ns}$ | ۰/۰۰۶۴۵$^{ns}$ | ۰/۰۰۰۱۶$^{**}$ | ۰/۰۰۱ | ۱۲۵/۶۴۶ |
| صابون | ۱ | ۰/۲۱۰$^{*}$ | ۰/۰۰۸۰$^{ns}$ | ۶/۵۵۱$^{ns}$ | ۰/۰۰۸۱$^{ns}$ | ۰/۰۴۰۷$^{**}$ | ۰/۰۰۱$^{**}$ | ۲۲/۶۶۷$^{ns}$ |
| صابون × آهن | ۱ | ۰/۴۱۷$^{**}$ | ۰/۰۱۶۹$^{**}$ | ۰/۸۸۷$^{ns}$ | ۰/۰۵۳۹$^{**}$ | ۰/۰۰۰۱۲۶$^{**}$ | ۰/۰۲۷$^{*}$ | ۴۸۹/۴۹۰$^{ns}$ |
| صابون× اسیداستیک | ۳ | ۰/۲۰۲$^{*}$ | ۰/۰۱۴۹$^{*}$ | ۸/۴۶۶$^{*}$ | ۰/۰۱۰۶$^{ns}$ | ۰/۰۰۰۰۷۳$^{ns}$ | ۰/۰۲۲$^{*}$ | ۷۵۴/۵۴۷$^{ns}$ |
| اثر سه جانبه | ۳ | ۰/۱۸۰$^{**}$ | ۰/۰۲۰۷$^{**}$ | ۲/۶۲۹$^{ns}$ | ۰/۰۲۳۰$^{**}$ | ۰/۰۰۰۱۰۳$^{**}$ | /۰۴۶$^{*}$ | ۴۴/۹۶$^{ns}$ |
| اشتباه فرعی‌فرعی | ۱۶ | ۰/۰۵۲۹ | ۰/۰۰۳۵۵ | ۱/۹۵۶ | ۰/۰۰۷۵ | ۰/۰۰۰۰۳۰ | ۰/۰۰۲ | ۲۱۷/۸۶۷ |
| ضریب تغییرات | - | ۱۸/۲۲ | ۲۴/۲۳ | ۱۵/۵۳ | ۲۰/۳۴ | ۱/۰۵ | ۱۵/۸۰ | ۲۱/۶ |

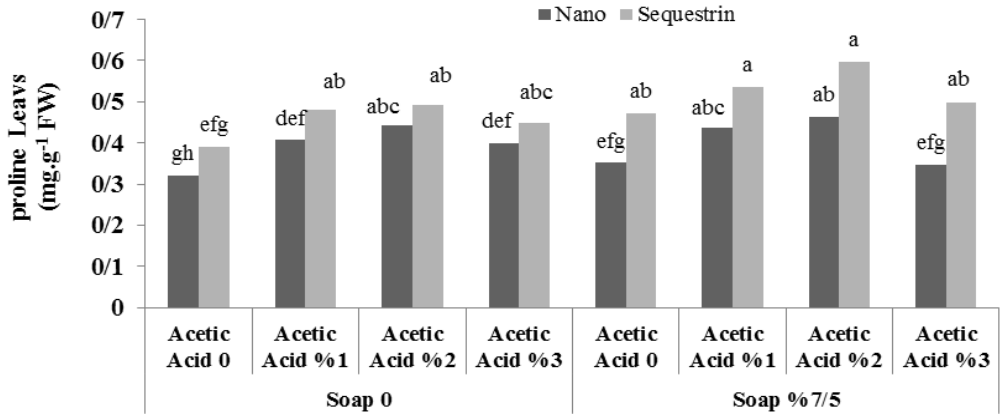
**ns, ** و * به‌ترتیب عدم تفاوت معنی‌دار و تفات معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.**




**شکل ۱- اثر سه گانه اسید استیک، نوع کود آهن (سکوسترین و نانو) و صابون کشاورزی بر میزان قندهای محلول در توت‌فرنگی رقم دیامنت. حروف متفاوت بیان‌کننده معنی‌داربودن اختلاف میانگین‌ها در سطح احتمال ۵ درصد با استفاده از آزمون دانکن است.**

پرولین می‌تواند به‌عنوان محلول سازگاری پروتئینی، کاهش‌دهنده pH سیتوپلاسمی و حفظ‌کننده نسبت مناسب $NADP^{+}/NADPH$ در متابولیسم عمل کند (Ashraf *et al.*, 2005) افزایش مقدار این ماده در اثر برهم‌کنش اسید استیک و آهن نیز می‌تواند به این علت باشد. در مطالعه بر روی گیاه یونجه مشاهده شد که استفاده از نانو آهن و کلات آهن پرولین برگ را افزایش داد (عسگری و همکاران، ۱۳۹۷). قندهای محلول دسته دیگری از محافظت‌کننده‌های اسمزی هستند. در پاسخ به تنش وضعیت کربوهیدرات شروع به تغییر می‌کند و این امر ممکن است به‌عنوان یک سیگنال متابولیک انجام وظیفه نماید، بنابراین تعیین میزان قندهای محلول ممکن است روشی مفید در انتخاب گونه‌های مقاوم تنش‌های محیطی باشد

[ Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-04-16 ]
[ DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.51.7.4 ]



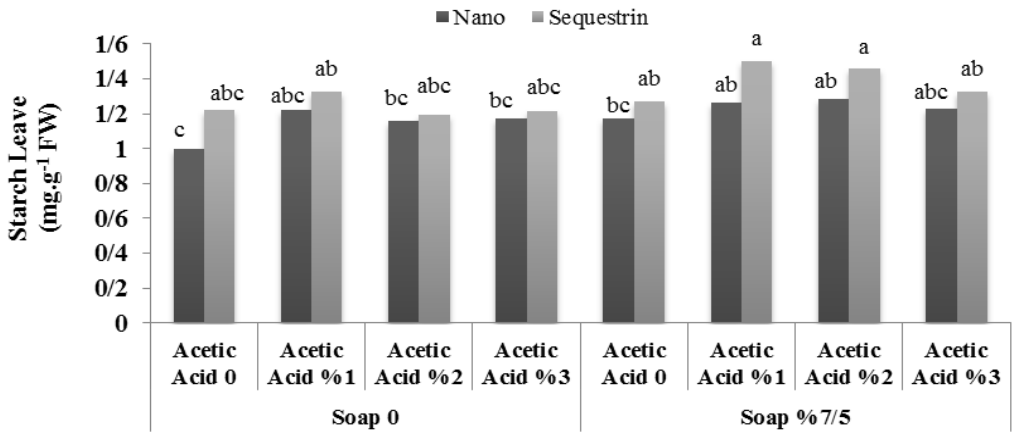

**شکل ۲- اثر سه گانه اسید استیک، نوع کود آهن (سکوسترین و نانو) و صابون کشاورزی بر پرولین برگ در توت‌فرنگی رقم دیامنت. حروف متفاوت بیان‌کننده معنی‌داربودن اختلاف میانگین‌ها در سطح احتمال ۵ درصد با استفاده از آزمون دانکن است.**

(Pagter *et al*., 2005). تنظیم اسمزی می‌تواند به‌وسیله تبدیل پلی‌ساکاریدها (نشاسته و فروکتان‌ها) به یکدیگر و الیگوساکاریدها (ساکارز و گلوکز) به یکدیگر کنترل شود (Hendry, 1993). نقش فیزیولوژیک این قندها ممانعت از چسبندگی غشاهای مجاور در طول دوره تنش، نگهداری لیپیدها، پایداری پروتئین‌ها از طریق ایجاد پیوندهای هیدروژنی با دنباله‌های خطی پروتئین‌ها و تنظیم بیان ژن است (Ho *et al*., 2001). افزایش قندهای محلول، نشان‌دهنده این است که میزان تنظیم اسمزی در اندام‌های در حال رشد به تأمین متابولیت‌ها بستگی کامل دارد، زیرا این عمل با صرف انرژی همراه است و ترکیبات کربن‌دار برای تولید متابولیت‌ها به تداوم فتوسنتز وابسته‌اند، با کاهش فتوسنتز و درنتیجه کاهش کربوهیدرات‌های ساختاری، رشد محدود می‌شود (Siosemardeh *et al*., 2004). کاربرد اسید استیک در محلول آهن سکوسترین سبب کاهش pH محلول غذایی و سبب افزایش جذب آهن توسط گیاه شده و به‌دنبال آن فتوسنتز بهبود یافته است که نتیجه آن افزایش کربوهیدرات‌ها و اسمولیت‌ها بوده است.

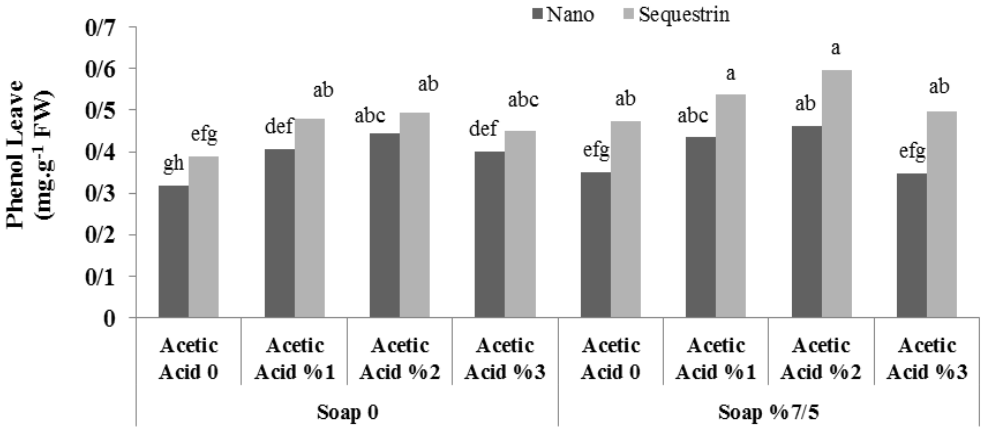
مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین میزان نشاسته برگ (۱/۵۰ میلی‌گرم بر گرم)، مربوط به تیمار اسید استیک ۱ درصد با سطح آهن سکوسترین در ترکیب صابون کشاورزی (۷/۵ درصد) و کم‌ترین مقدار میزان نشاسته (۱/۱۶ میلی‌گرم بر گرم) مربوط به تیمار اسید استیک ۲ درصد با سطح آهن نانو با صابون کشاورزی شاهد حاصل شده است افزایش اسید استیک بالاتر از ۱ درصد کاهش نشاسته را به‌همراه داشت (شکل ۳). افزایش در قندها ممکن است مربوط به تشکیل مقدار حداکثر فرم‌های مختلف کربوهیدرات‌ها در بین بافت‌های برگ و میوه باشد که سپس به قندهای ویژه مانند گلوکز و ساکارز تبدیل می‌شوند (Abbas *et al*., 2013). در مطالعه بر روی سیب مشاهده شد که تیمار آهن باعث افزایش کربوهیدرات کل شده است (جهانشاهی انبوهی و همکاران، ۱۴۰۰).

مقایسه میانگین‌ها نشان دادند که بیشترین میزان فنل و مقدار غلظت آهن برگ به‌ترتیب (۰/۵۴ میکروگرم در گرم)، (۱۶۵/۹۸ برحسب پی‌پی‌ام) مربوط به آهن سکوسترین با اسید استیک ۲ درصد در ترکیب با صابون کشاورزی (۷/۵ درصد) حاصل شده است و کم‌ترین مقدار فنل بر گ (۰/۳۸ میلی‌گرم بر گرم) و مقدار غلظت آهن برگ (۱۵۳/۵۲ میلی‌گرم بر گرم) مربوط به آهن نانو با اسید استیک شاهد بدون ترکیب با صابون حاصل شد (شکل ۴ و ۵). ترکیبات فنلی دارای خواص آنتی‌اکسیدانی، ضدویروسی، ضدآلرژی، ضدالتهاب و ضدسرطان هستند (Ghanndi *et al*., 2004). این ترکیبات با مکانیسم‌های متعددی مثل جاروب کردن رادیکال‌های آزاد، دادن هیدروژن، کلات کردن یون‌های فلزی و یا قرارگرفتن به‌عنوان آنزیم‌های پراکسیداز نقش آنتی‌اکسیدانتی خود را ایفا می‌کنند. این ترکیبات همچنین با احیاء سریع هیدروژن به

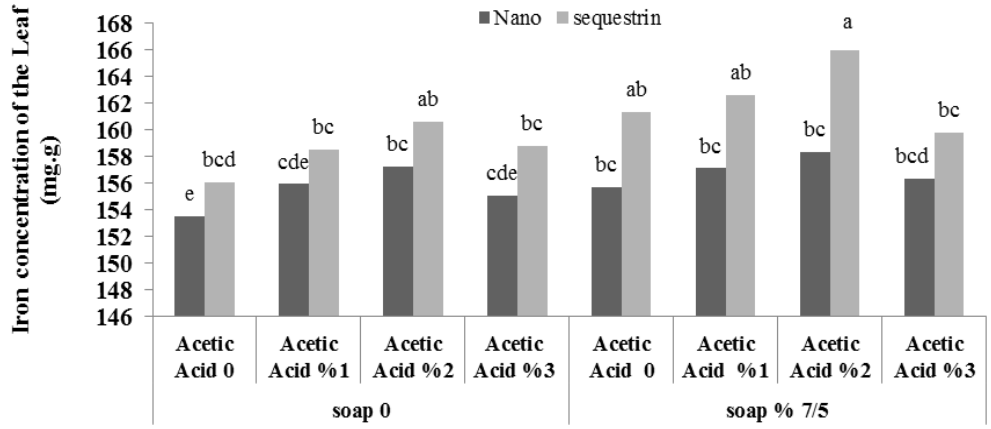
[ Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-04-16 ]
[ DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.51.7.4 ]




**شکل ۳- اثر سه گانه اسید استیک، نوع کود آهن (سکوسترین و نانو) و صابون کشاورزی بر میزان نشاسته برگ در توت‌فرنگی رقم دیامنت. حروف متفاوت بیان‌کننده معنی‌داربودن اختلاف میانگین‌ها در سطح احتمال ۵ درصد با استفاده از آزمون دانکن است.**



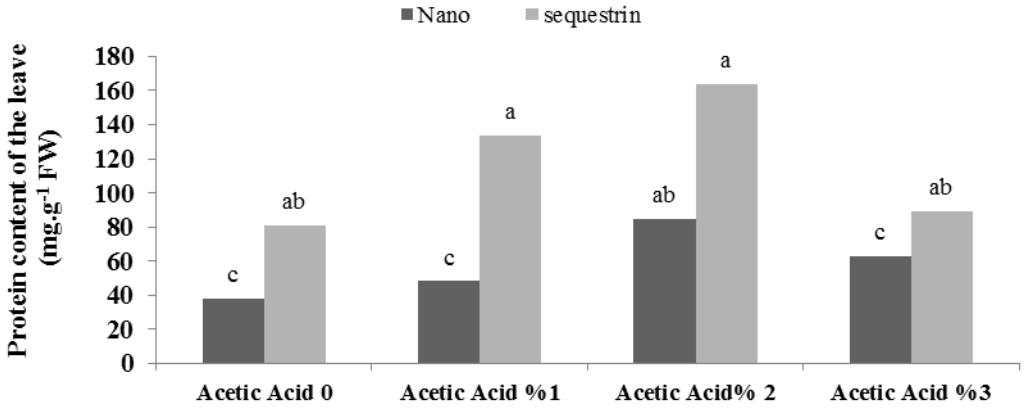

**شکل ۴- اثر سه گانه اسید استیک، نوع کود آهن (سکوسترین و نانو) و صابون کشاورزی بر میزان فنل کل برگ در توت‌فرنگی رقم دیامنت. حروف متفاوت بیان‌کننده معنی‌داربودن اختلاف میانگین‌ها در سطح احتمال ۵ درصد با استفاده از آزمون دانکن است.**



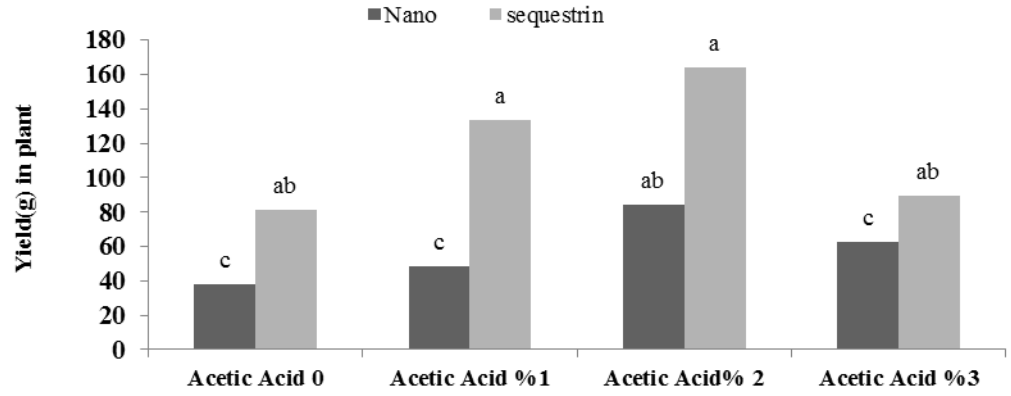

**شکل ۵- اثر سه گانه اسید استیک و نوع کود آهن (سکوسترین و نانو) برغلظت آهن برگ توت‌فرنگی رقم دیامنت. حروف متفاوت بیان-کننده معنی‌داربودن اختلاف میانگین‌ها در سطح احتمال ۵ درصد با استفاده از آزمون دانکن است.**

[ Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-04-16 ]

[ DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.51.7.4 ]




**شکل ۶- اثر متقابل اسید استیک و نوع کود آهن (سکوسترین و نانو) برمقدار پروتئین برگ توت‌فرنگی رقم دیامنت. حروف متفاوت بیان-کننده معنی‌داربودن اختلاف میانگین‌ها در سطح احتمال ۵ درصد با استفاده از آزمون دانکن است.**




**شکل ۷- اثر متقابل اسید استیک و نوع کود آهن (سکوسترین و نانو) بر مقدار عملکرد بوته توت‌فرنگی رقم دیامنت. حروف متفاوت بیان-کننده معنی‌داربودن اختلاف میانگین‌ها در سطح احتمال ۵ درصد با استفاده از آزمون دانکن است.**

رادیکال‌های لیپید از ادامه زنجیره پراکسیداسیون لیپیدها ممانعت می‌کنند (Kovacik and Backor, 2007). با توجه به اینکه آهن بخش اصلی تشکیل‌دهنده پروتئین‌ها و آنزیم‌ها است. تأثیر pH محلول غذایی میزان جذب آن را در بافت‌های گیاهی افزایش می‌دهد که می‌تواند بر آنزیم‌های مؤثر در بیوسنتز ترکیبات فنلی تأثیر مثبتی داشته باشد. در تیمار اسید استیک ۲ درصد میانگین غلظت عنصر آهن برگ افزایش قابل توجهی نشان داده است. در توجیه نتایج بدست آمده باید گفت که افزایش غلظت آهن برگ با افزایش اسید استیک می‌تواند به‌علت افزایش حلالیت آهنIII بر اثر pH پایین و همچنین تحرک آن باشد و از طرفی کاهش pH می‌تواند باعث افزایش فعالیت آنزیم فریک ردوکتاز و درنتیجه افزایش سرعت تبدیل آهن سه ظرفیتی به آهن دو ظرفیتی شود (Bavarsco *at al.*, 1999). نتایج به‌دست آمده در این پژوهش بر عدم وجود روند تغییرات ثابت در مورد غلظت آهن برگ با نتایج Cinelli (۱۹۹۵) مطابقت دارد. محلول‌پاشی آهن باعث افزایش غلظت عناصر غذایی برگ در میوه سیب رقم "گالا" شد (صادقی و همکاران، ۱۳۹۹).

[ Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-04-16 ]

[ DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.51.7.4 ]

مقایسه میانگین داده‌ها بیانگر این بود که ترکیب تیماری اسید استیک ۲ درصد با آهن سکوسترین بیشترین تأثیر را بر عملکرد (۱۶۳/۸۳ گرم در بوته) و پروتئین برگ (۱۷۳/۷۳ میلی‌گرم در گرم وزن تر) داشتند و تیمار اسید استیک شاهد در ترکیب با آهن نانو به‌ترتیب به میزان (۴۰/۵۴ میلی‌گرم بر گرم وزن تازه و ۳۸ گرم در بوته کمترین تأثیر را بر پروتئین برگ و عملکرد در بوته را داشتند (شکل ۶ و ۷). سنتز پروتئین‌ها یکی از اصلی‌ترین عوامل در رشد سلول‌ها محسوب می‌گردد. هر عاملی که از سنتز پروتئین‌ها جلوگیری کند موجب نقصان رشد نیز می‌گردد و بنابراین تنش محیطی که موجب توقف سنتز پروتئین‌ها می‌گردد، باعث کاهش رشد نیز خواهد شد. تخریب پروتئین‌ها و انباشت برخی اسیدآمینه‌های آزاد در جهت حفظ و تنظیم پتانسیل اسمزی سلول و کاهش سنتز پروتئین در شرایط، تنش نیز مشاهده شده است؛ بنابراین افزایش میزان پروتئین در تیمارهای مورد بررسی می‌تواند افزایش تحمل در گیاه را به‌همراه داشته باشد. وجود آهن در سنتز پروتئین لازم است و از آنجایی که نقش عمده آهن در سنتز پروتئین‌های همراه کلروفیل است کمبود آن ساختار کلروپلاست و میزان فتوسنتز را کاهش می‌دهد (Briyat *et al.*, 2015). بنابراین کاربرد این ماده به‌صورت خارجی از یک طرف، همچنین استفاده از اسید استیک با افزایش جذب این عنصر می‌تواند نقش مؤثری در ساخت پروتئین برگ داشته باشد. کاربرد سکوسترین آهن در توت‌فرنگی رقم سلوا باعث افزایش عملکرد شد (فیضی و همکاران، ۱۳۸۶). میرباقری و همکاران (۱۳۹۷) طی آزمایشی که بر روی انگور انجام دادند به این نتیجه رسیدند که کاربرد آهن سبب افزایش عملکرد محصول شد. کاربرد اسید استیک به‌دلیل کاهش pH شیره سلولی و اسیدی‌کردن محلول عنصر آهن را مستقیم و بدون واسطه در اختیار گیاه قرار می‌دهد، جذب و انتقال عناصر را بهبود بخشیده و عملکرد را در گیاه انگور افزایش می‌دهد (پوزشی و همکاران، ۱۳۹۰).

## نتیجه‌گیری

نتایج حاضر نشان داد که کاربرد اسید استیک به‌منظور کاهش pH محلول غذایی آهن سبب جذب آهن سکوسترین بیشتر توسط برگ گردید که در این میان محلول‌پاشی اسید استیک ۲ درصد بر جذب نوع کود آهن سکوسترین همراه با کاربرد صابون کشاورزی مویان (۷/۵ درصد) نتایج بهتری نسبت به سایر تیمارها بر صفات بیوشیمیایی و مورفولوژیکی میوه توت‌فرنگی داشت. در این ترکیب تیماری صفت‌های اندازه‌گیری‌شده از جمله پروتئین، پرولین، قندهای احیاءکننده، نشاسته برگ، فنل کل، غلظت آهن برگ، و عملکرد میوه در بوته افزایش قابل توجهی نسبت به شاهد در توت‌فرنگی رقم دیامنت داشتند.

## منابع


اعتمادیان، م. و حسنی، ا. (۱۳۹۵) ضرورت تولید و کاربرد اسیدهای آلی در خاک‌های آهکی ایران. سومین همایش یافته‌های نوین در محیط زیست و اکوسیستم‌های کشاورزی. زنجان، ایران.

برقی، ع. و قلی‌پور، ع. ق. (۱۳۹۹) بررسی امکان افزایش کیفیت سیب زمینی (*Solanum tuberosum* L.) با محلول‌پاشی نانواکسید آهن. مجله علمی و پژوهشی فیزیولوژی گیاهان زراعی ۱۲: ۵۹-۴۵.

پیوندی، م.، پرنده، ه. و میرزا، م. (۱۳۹۰) مقایسه تأثیر نانوکود کلات آهن بر پارامترهای رشد و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان ریحان. مجله تازه‌های بیوتکنولوژی سلولی و ملکولی ۴: ۹۹-۸۹.

پوزشی، ر.، ذبیحی، ح. ر.، رمضانی، م. م.، رجب‌زاده، م. و مختاری، آ. (۱۳۹۰) اثر محلول‌پاشی روی، اسید هیومیک و اسید استیک بر عملکرد، اجزاء عملکرد و غلظت عناصر در انگور رقم پیکانی. مجله علوم باغبانی ۲۵: ۲۵-۳.


[ Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-04-16 ]

[ DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.51.7.4 ]

جمالپور، ب. ح.، افتخاری، ع. و حیدری، م. (۱۳۹۸) بررسی اثر غلظت آهن بر میزان آهن و شاخص‌های کیفی برخی توده‌های اسفناج بومی (*Spinacea oleraceae*) ایران در کشت بدون خاک. مجله فرایند و کارکرد گیاهی ۸: ۵۰-۳۵.

جهانشاهی انبوهی، ک.، سید حاجی‌زاده، ح.، همتی، آ. و رضایی، س. (۱۴۰۰) برهمکنش پتاسیم و آهن در کیفیت تغذیه‌ای میوه سیب طی انبارمانی. نشریه فرآیند و کارکرد گیاهی ۱۰: ۶۹-۵۳.

جوکار، م. (۱۴۰۰) کاربرد صابون حشره‌کش در کنترل آفات مکنده پنبه. چاپ اول. نشر آموزش و ترویج کشاورزی، معاونت آموزش و ترویج کشاورزی، تهران.

حسینی، ی. و بهادری، م. (۱۳۹۴) تأثیر منبع، مقدار و روش کاربرد آهن بر خصوصیات کمی و کیفی و نرخ سودآوری توت‌فرنگی رقم سلوا. علوم و فنون کشت‌های گلخانه‌ای ۷: ۲۸.

خاکسارنژاد، ع. و ضابط، م. (۱۳۹۶) اثر نانو کلات آهن بر عملکرد و اجزای عملکرد زعفران (*Crocus sativus* L.). پژوهش‌های زعفران ۵: ۲۵-۴۵.

صادقی، ا.، بابالار، م. و طلایی، ع. ر. (۱۳۹۹) اثر محلول‌پاشی آهن و روی بر عملکرد، خواص کیفی و غلظت عناصر غذایی برگ و میوه سیب رقم گالا (*Malus domestica* cv. Gala). مجله علوم باغبانی ایران ۵۱: ۹۶۵-۹۷۷.

عسگری، م.، امینی، ف.، طالبی، س. م. و شفیعی گواری، م. (۱۳۹۷) اثرات کلات آهن و نانو ذرات اکسید آهن بر برخی ویژگی‌های فیزیولوژیکی گیاه یونجه (*Medicago sativa* L.). مجله تنش‌های محیطی در علوم زراعی ۱۱: ۴۵۸-۴۴۹.

فیضی، ح.، کشاورز، پ. و میراحمدی، ا. (۱۳۸۶) بررسی اثر کاربرد کودهای سولفات آهن و سولفات روی بر عملکرد و کیفیت غده چغندرقند. چکیده مقالات دهمین کنگره علوم خاک. مشهد، ایران.

کمالی، م. (۱۳۹۲) بررسی اثر نانو کود کلات آهن و کلات آهن بر صفات کمی و کیفی برخی از توده‌های اسفناج بومی ایران (*Spinacea oleraceae*). همایش کشاورزی و منابع طبیعی پایدار. شهید چمران، دانشگاه اهواز، ایران.

هانی، ع.، جوادی، ع. ر. و داوری، ح. (۱۳۹۲) خاک¬شناسی و گیاه¬شناسی، چاپ دوم، انتشارات مهر سبحان.

میرسلیمانی، ع. و تفضلی، ع. ا. (۱۳۸۴) تأثیر pH محلول غذایی بر جذب آهن توسط چهار رقم انگور (*Vitis vinifera* L.). پژوهش و سازندگی در زراعت و باغبانی ۷۱.

میری، س. م.، حسینی، م.، سوری، م. ک. و پورسینا، ع. (۱۳۹۵) اثر نیترات پتاسیم و اسید فتالامیک بر برخی خصوصیات کمی و کیفی توت‌فرنگی رقم گاویوتا. نشریه تولیدات گیاهی ۳۹: ۵۲-۴۳.

میرباقری، س. م.، کریمی، ر. و رسولی، م. (۱۳۹۷) اثر ترکیبی پتاسیم و آهن بر عملکرد کیفیت میوه، کشمش و تحمل به سرما در انگور. نشریه به‌زراعی کشاورزی ۲۰: ۷۵۴-۷۳۷.

مرادی اندوهجردی، ف.، دهجی‌پور، م.، دهقانی، م. ر. و ملک‌زاده، خ. (۱۳۹۸) تأثیر پیش‌تیمار اسید استیک در ایجاد مقاومت به تنش شوری در کشت هیدرو پونیک گیاه بادرنجبویه (*Melissa officinalis* L.). همایش ملی آبیاری و تبخیر. رفسنجان، ایران.

Abbas, T., Ahmad, S., Ashraf, M., Adnan Shahid, M., Yasin, M. and Mukhtar Balal, R. (2013) Effect of humic and application at different growth stages of kinnow mandarin (*Citrus reticulata* blanco) on the basis of physio-biochemical and reproductive responses. Academia Journal Biotology 1: 014-020.

Ashraf, M. Y., Akhtar, K., Sarwar, G. and Ashraf, M. (2005) Role of the rooting system in salt tolerance potential of different guar accessions. Agronomy for Sustainable Development 25: 243-249.

Bates, L. S., Waldren, R. P. and Teare, I. D. (1973) Rapid determination of free proline for water-stress studies. Plant and Soil 39: 205-207.

Bavarsco, L., Giachin, E. and Colla, R. (1999) Iron chlorosis parad in grapevine. Journal Plant Nutrition 22: 1589-1594.

[ Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-04-16 ]

[ DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.51.7.4 ]

Biswas, A., Melmaiee, K., Elavarthi, S., Jones, J. and Reddy, U. (2019) Characterization of strawberry (*Fragaria* spp.) accessions by genotyping with SSR markers and phenotyping by leaf antioxidant and trichome analysis. Scientia Horticulture 256: 108561.

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.

Briyat, J. F., Dubos, C. and Gaymard, F. (2015) Iron nutrition, biomass production, and plant product quality. Trends in Plant Science 20: 33-40.

Cesco, S., Nikolic, M., Romheld, V., Varanini, Z. and Pinton, R. (2002) Uptake of 59 Fe from soluble 59 Fehumate complexes by cucumber and barley plants. Plant and Soil 241: 121-128.

Cicek, N. and Cakirlar, H. (2002) The effect of salinity on some physiological parameters in two maize cultivars. Bulgarian Journal of Plant Physiology 28: 66-74.

Cinelli, F. (1995) Physiological responses of clonal quince root-stocks to iron-deficiency induced by addition of bicarbonate to nutrient solution. Journal of Plant Nutrition 18: 77-89.

FAO. (2016) Faostat Agricultural Statics Database. http://www. faostat3.fao.org/. accessed 15 April 2016.

Ghanndi, A., Sajjadi, S. E., Abedi, D., Yousefi, J. and Daraei-Ardekami, R. (2004) The invitro activity of seven Iranian plants of the Lamiaceae family against *Helicobacter pylori*. Nigerian Journal Natural Production Medicinal 8: 40-42.

Hendry, G. A. (1993) Evolutionary origins and natural functions of fructans–a climatological, biogeographic and mechanistic appraisal. New Phycologist 123: 3-14.

Ho, S. L., Chao, Y. C., Tong, W. F. and Yu, S. M. (2001) Sugar coordinately and differentially regulates growth-and stress-related gene expression via a complex signal transduction network and multiple control mechanisms. Plant Physiology 46: 281-285.

Irigoyen, J. J., Emerich, D. W. and Sanchez- Diaz, M. (1992) Alfalfa leaf senescense induced by drought stress: Photosnthesis, hydrogen peroxide metabolism, lipid peroxidation and athylene evoluation. Physiology Planta 84: 67-72.

Johnson, R. S., Mitchell, F. G. and Costa, G. (1997) Nitrogen influences kiwifruit storage life. Academia Horticulture 444: 285-291.

Kovacik, J. and Backor, M. (2007) Phenylalanine ammonia-lyase and phenolic compounds in chamomile tolerance to cadmium and copper excess. Water, Air, and Soil Pollution 185: 185-193.

McCready, R. M., Guggolz, J., Silivera, V. and Owens, H. S. (1950) Determination of starch and amylose in vegetables. Journal Analytical Chemistry 22: 1156-1158.

Pagter, M., Bragato, C. and Brix, H. (2005) Tolerance and physiological responses of phragmites australis to water deficit. Aquatic Botany 81: 285-299.

Roosta, H. R. and Karimi, H. R. (2012) Effects of alkali-stress on ungrafted and grafted cucumber plants: Using two types of local squash as rootstock. Journal of Plant Nutrition 35: 1843-1852.

Rahnama, H. and Ebrahimzadeh, H. (2004) The effect of NaCl on proline accumulation in potato seedlings and calli. Physiology Planeta 26: 263-270.

Ronald, S. F. and Laima, S. K. (1999) Phenolic and cold tolerance of *Brassica napus.* Plant Agriculture 1: 1-5.

Siosemardeh, A., Ahmadi, A., Poustini, K. and Ebrahimzadeh, H. (2004) Stomatal and nonstomatal limitations to photosynthesis and their relationship with drought resistance in wheat cultivars. Iranian Journal Agriculture Science 35: 93-106.

Szabados, L. and Savoure, A. (2009) Proline: A multifunctional amino acid. Trends in Plant Science 15: 89-97.

Tyson, R.V., Simonne, E. H., Treadwell, D. D., Davis, M. and White, J. M. (2009) Effect of water pH on yield and nutritional status of greenhouse cucumber grown in recirculating hydroponic. Journal Plant Nutrition 31: 2018-2030.

Wallas, A. (1991) Rational approach ti Iron defincincy, other plant breeding and the choice of resistant cultivars. Plant and Soil 130: 281-289.

[ Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-04-16 ]

[ DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.51.7.4 ]

# Effect of acetic acid on the pH of iron fertilizer solution (Sequestrin and Nano) and its effect on biochemical and morphological traits of strawberry (*Fragaria ananassa* Duch.) cv.Diamant.

**Masumeh jafari[1], Aliakbar Shokouhian[1*], Esmail Chamani[1], Akbar Ghavedel[2]**

**[1] Department of Horticultural Sciences, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran**
**[2] Department of Soil Science, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran**
**(Received: 30/01/2022, Accepted: 07/05/2022)**

**Abstract**

With respect to the fact that the pH of the food solution has a great role in the absorption of iron element. An experiment was conducted twice plate (split plot of split plot) in the from of randomized complete block design on a strawberry plant of diamante cultivar at the researcher station of Ardebili Mohaghegh Ardabili University during the years 2015- 17. Factors included acetic acid (0, 1, 2 and %3), iron at two levels (sequestrin25gr and nano 1gr) along with two levels of agricultural soap agents (0 and % 7/5) as foliar spraying. Plant growth indices including protein, proline, resuscitation sugars, leaf starch, total phenol, leaf iron content, and yield per plant were measured. The results of analysis of variance showed that the three-way effect of treatments in all studied traits except protein and yield at the level of %1proabability on proline, resuscitation sugars, leaf starch, total phenol, leaf iron content was significant, such that the best result in the adjectives obtained from the combination of %2 steak acetic acid with iron, along with the application of %7/5 of Mooyan farming soap. and the mutual interaction of treatments at the probability level of %5 on the proten and the performance had a significant effect that which was the best results related to the combination of %2 of acetic acid with iron fertilizer without the use of Mooyan farming soap. According to the results of this study, the combination of %2 iron acetic acid composition with iron acid, along with %7/5 of the farming soap due to the reduction of leaf area tensions, improves the absorption of iron and increases the biochemical and morphological characteristics of straw berries cv.Diamant.

**Keywords:** Chlorophyll, Sequestrin, Nano fertilizer, yield

Corresponding author, Email: shokouhiana@yahoo.com

[ Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2025-04-16 ]

[ DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.51.7.4 ]