Water and Soil Management and Modeling

Online ISSN: 2783 - 2546

University of Mohaghegh Ardabili

Management of the pH of water used in nutrient solution on morphological features and yield of *strawberry cv. Diamant*

Masume Jafari[1], Ali Akbar Shokouhian [2]*, Ali Asghari [3]

[1] Former Ph.D. Student, Department of Horticulture Science, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili. Ardabil, Ardabil, Iran
[2] Associate Professor, Department of Horticulture Science, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran
[3] Associate Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran

Extended Abstract

Introduction

The Fe iron significantly affects the quantity and quality of agricultural production. Factors affecting the absorption of this element increase its efficiency. Meanwhile, the pH of the nutrient solution plays an important role in iron absorption. Iron is one of the essential elements for plant growth and plays an essential role in chloroplasts. Due to iron deficiency, the activity of several enzymes such as catalase, cytochrome oxidase, and ferroxin is significantly reduced. The amount of iron in the soil is high, but plants only absorb two-capacity of soluble soil, which is negligible compared to the total iron. Soil environmental conditions affect the amount of iron by the plant, so it is difficult to control the uptake of iron by the plant. It has the highest ability to absorb iron and manganese at a pH less than six. For this reason, acetic acid was used to stabilize the pH of the solution. Acetic acid has all the properties of an acid. Acetic acid is a polar solvent and an organic compound. The use of inexpensive organic acid and citric acid in agriculture, despite its positive effects on calcareous soils and their reasonable price, is still not common in Iran. Acetic acid has a carboxylic group and therefore has all the properties of an acid.

Materials and Methods

The pH solution plays a role in absorbing iron elements. This experiment was carried out in the form of a split-split plot in a randomized complete block design on a strawberry plant of *diamant* cultivar in the research station of the University of Mohaghegh Ardabili during the years 2015-2017. Ardabil City in northwest Iran is located between Sablan and Baghrou mountain ranges. Due to its high altitude and mountainous nature, this city is colder than other cities in Iran and is considered one of the semi-arid cold regions. The average rainfall of this city is reported to be 400 mm. Factors included acetic acid (zero, one, two, and three percent), iron in two levels (sequestration 25 gr and nano one gr), and two levels of agricultural soap agents (zero and 7.5 %) as foliar spraying. Foliar application of pH nutrient solution from the three-leaf stage of the plant (mid-April) to the end of May, a total of five times 10 days apart in both years, was done. Two weeks after the last foliar application (June of the second year) plant growth indices included leaf fresh and dry weight, root fresh and dry weight. Root length, flower-to-fruit ratio, chlorophyll greenery a, b, and total, leaf iron content and fruit yield per plant were measured.

Results and Discussion

The results of the analysis of variance showed that the three-way effect of treatments in all studied traits except root length and yield at one percent probability level on leaf fresh weight, leaf dry weight, and chlorophyll a, b and total at five percent probability level on fresh weight and root dryness, flower to fruit ratio and leaf iron content were statistically significant. The three-way interaction of acetic acid, iron, and agricultural soap data showed that the highest leaf fresh weight, leaf dry weight, root fresh weight, root dry weight, ratio of flowers to fruits, chlorophyll b, total chlorophyll and the amount of leaf iron related to the treatment acetic acid two percent of sequestration iron in combination with agricultural soap (7.5 %) and in chlorophyll a, it was related to the

Water and Soil Management and Modeling

Online ISSN: 2783 - 2546

University of Mohaghegh Ardabili

treatment of acetic acid one percent of sequestrin iron in combination with agricultural soap. The lowest amount of fresh and dry weight of leaves, fresh root weight and dry root, flower-to-fruit ratio, and leaf iron content were related to the treatment of acetic acid zero with Nano iron with agricultural soap (control). The lowest Chlorophyll b and total chlorophyll were related to the treatment of acetic Acid three percent with Nano iron with agricultural soap (control). In addition, the interaction between acetic acid and iron at the level of five percent probability on root length and yield was significant.

Conclusion

It can be concluded that acetic acid two percent on the absorption of iron fertilizer, along with agricultural soap (7.5 %) application, has better results than other treatments and qualitative traits of strawberry fruit. In general, it can be concluded that the pH of the nutrient iron solution can improve plant growth and crop yield. The iron level of sequestration iron with two percent acetic acid with agricultural soap 7.5 % due to increasing the bicarbonate of the soil in the Ardabil region has caused the absorption of nutrient elements, especially iron by strawberries. The shelf life of the solution on the leaf surface had a more favorable effect on most growth indices in the *strawberry Diamant* cultivar in Ardabil soil conditions.

Keywords: Acetic acid, Chlorophyll, Sequestrin, Spraying, Yield

Article Type: Research Article

Acknowledgment

We would like to express our sincere thanks and appreciation to the esteemed Research Vice-Chancellor of Mohaghegh Ardabili University for the financial support of this project.

Conflicts of interest

The authors of this article declare that there is no conflict regarding the writing and publication of the contents and results.

Data availability statement

All information and results are presented in the text of the article.

Authors' contribution

Masume Jafari: Conceptualization, Software/Statistical analysis, Writing; **Ali Akbar Shokouhian:** Conceptualization, Consulting and guidance, Revision, Statistical analysis; **Ali Asgari:** Editing and revision.

*Corresponding Author, E-mail: shokouhiana@yahoo.com

Citation: Jafari, M., Shokouhian, A.A., & Asghari, A. (2024). Management of the pH of water used in nutrient solution on on morphological features and yield of *strawberry cv. Diamant*. *Water and Soil Management and Modeling*, *4*(1), 314-325. DOI: 10.22098/mmws.2023.12384.1237

Received: 23 February 2023, Received in revised form: 15 March 2023, Accepted: 24 March 2023, Published online: 24 March 2023

Water and Soil Management and Modeling, Year 2024, Vol. 4, No. 1, pp. 314-325

Publisher: University of Mohaghegh Ardabili

© Author(s)

مدل‌سازی و مدیریت آب و خاک

شاپا الکترونیکی: ۲۵۴۶-۲۷۸۳

مدیریت pH آب در محلول غذایی بر ویژگی‌های ریخت‌شناسی و عملکرد توت فرنگی رقم دیامنت

معصومه جعفری[۱]، علی‌اکبر شکوهیان[۲*]، علی اصغری[۳]

[۱] دانش‌آموختهٔ دکتری، گروه علوم باغبانی، دانشکدهٔ کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران
[۲] دانشیار، گروه علوم باغبانی، دانشکدهٔ کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران
[۳] دانشیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکدهٔ کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

چکیده

به‌منظور بررسی اثر اسید استیک بر pH محلول‌غذایی آهن (سکوسترین و نانو کود) و تأثیر آن بر عملکرد و اجزای آن در توت‌فرنگی رقم دیامنت، این پژوهش به صورت کرت‌های دوبار خردشده در قالب طرح بلوک‌های کاملاً تصادفی با سه تکرار در دانشگاه محقق اردبیلی انجام شد. تیمارهای آزمایش شامل محلول‌پاشی سطوح آهن (سکوسترین ۲۵ گرم و نانو یک گرم) درکرت‌هایی اصلی، سطوح اسید استیک (شاهد، یک، دو و سه درصد) در کرت‌های فرعی و سطوح صابون کشاورزی مویان (شاهد و ۷/۵ درصد) در کرت‌های فرعی‌فرعی قرار گرفتند. شاخص‌های رشدی شامل وزن خشک و مقدار آهن برگ، وزن خشک و طول ریشه، نسبت گل به میوه، سبزینهٔ کلروفیل a، b و کل و عملکرد میوه در بوته اندازه‌گیری شدند. نتایج تجزیهٔ واریانس داده‌ها نشان داد که اثر سه جانبهٔ تیمارها در تمام صفت‌های مورد بررسی (به‌جز طول ریشه و عملکرد) در سطح احتمال یک درصد بر وزن تر و خشک برگ و سبزینهٔ a، b و کل، در سطح احتمال پنج درصد، بر وزن خشک ریشه، نسبت گل به میوه و مقدار آهن برگ معنادار بود. اثر متقابل سه جانبهٔ داده‌ها نشان داد که بیش‌ترین وزن خشک برگ و ریشه، نسبت گل به میوه، کلروفیل b، کلروفیل کل و مقدار آهن برگ مربوط به تیمار اسید استیک دو درصد در ترکیب با آهن سکوسترین با صابون کشاورزی (۷/۵ درصد) و در کلروفیل a مربوط به تیمار اسید استیک یک درصد در ترکیب با آهن سکوسترین با صابون کشاورزی (۷/۵ درصد) بود. کم‌ترین ورن خشک برگ و ریشه، نسبت گل به میوه و مقدار آهن برگ مربوط به تیمار اسید استیک شاهد در ترکیب آهن نانو با صابون شاهد کشاورزی بود. هم‌چنین، پایین‌ترین مقدار کلروفیل b و کلروفیل کل در ترکیب تیماری اسید استیک سه درصد با آهن نانو بدون مصرف صابون کشاورزی مشاهده شد. اثر متقابل دو جانبهٔ اسید استیک و آهن در سطح احتمال پنج درصد بر طول ریشه و عملکرد محصول معنادار بود. با توجه به نتایج حاصل، ترکیب تیماری دو درصد اسید استیک با آهن سکوسترین همراه با ۷/۵ درصد صابون کشاورزی که بهبود قدرت جذب آهن محلول غذایی و افزایش ویژگی‌های ریخت‌شناسی و عملکرد توت‌فرنگی را افزایش می‌دهند، توصیه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: اسید استیک، سکوسترین، عملکرد، کلروفیل، محلول‌پاشی

نوع مقاله: پژوهشی

[*] مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: shokouhiana@yahoo.com

استناد: جعفری، معصومه، شکوهیان، علی‌اکبر، و اصغری، علی (۱۴۰۳). مدیریت pH آب در محلول غذایی بر ویژگی‌های ریخت‌شناسی و عملکرد توت فرنگی رقم دیامنت. *مدل‌سازی و مدیریت آب و خاک*، ۴(۱)، ۳۱۴- ۳۲۵.
DOI: 10.22098/mmws.2023.12384.1237

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۲/۰۴، تاریخ بازنگری: ۱۴۰۱/۱۲/۲۴، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۱/۰۴، تاریخ انتشار: ۱۴۰۲/۰۱/۰۴
مدل‌سازی و مدیریت آب و خاک، سال ۱۴۰۳، دوره ۴، شماره ۱، صفحه ۳۱۴ تا ۳۲۵
ناشر: دانشگاه محقق اردبیلی

© نویسندگان

۱- مقدمه

توت‌فرنگی متعلق به خانوادهٔ گل‌سرخیان از جنس فراگاریا است که عمدتاً در نیمکرهٔ شمالی انتشار یافته است (Hancock et al., 2008). این میوه منبعی از مواد مغذی، مانند فیبر، فولات، پتاسیم، کلسیم، آهن و فسفر است که باعث افزایش ارتقاء سلامتی بدن می‌شود. از مواد مؤثر مهم آن می‌توان به تانن‌ها، موسیلاژها، قندهای مختلف، سالیسیلات‌ها و اسیدهای میوه اشاره کرد (Biswas at el., 2019). با توجه به اهمیت اقتصادی و تغذیه‌ای این محصول، کشت و تولید گلخانه‌ای و مزرعه‌ای آن طی سال‌های اخیر افزایش چشم‌گیری داشته است. طبق گزارش سازمان بین‌المللی خوار و بار و کشاورزی سازمان ملل متحد (FAO) در سال ۲۰۱۷، میزان تولید توت‌فرنگی در جهان بیش از نُه میلیون تن بوده است که ایران رتبهٔ هجدهم را در میان ۷۶ کشور تولیدکنندهٔ توت‌فرنگی در جهان دارد (FAO, 2015). آهکی بودن و pH بالای خاک‌های منطقهٔ اردبیل سبب شده است تا جذب عناصر ریزمغذی، به‌ویژه آهن، به‌وسیلهٔ گیاه توت‌فرنگی دچار مشکل شود. تغذیهٔ صحیح گیاه یک عامل پر اهمیت در مدیریت موفقیت‌آمیز تولید این محصول بوده که از طریق تدوین برنامه‌ریزی و کوددهی مناسب قابل کنترل است. بنابراین، لازم است طی رشد و نمو گیاه طبق اصول علمی نسبت به توصیهٔ کودی اقدام کرد تا نه تنها رشد و عملکرد مطلوبی به‌دست آید، بلکه کیفیت محصول تولیدی نیز افزایش یابد (Rezaei et al., 2020).

پرکاربردترین کود حاوی آهن در خاک‌های آهکی سکوسترین آهن است. سکوسترین Nk حاوی کلات آهن و ترکیب ویژه‌ای از نیتروژن و پتاسیم است. ترکیب نیتروژن و پتاسیم موجود در سکوسترین NK به رشد گیاهان کمک کرده، در نتیجه با فراهم آمدن شرایط مطلوب‌تر، امکان جذب بهتر و سریع‌تر آهن فراهم می‌شود. سکوسترین NK در نامساعدترین خاک‌های کشاورزی (قلیایی،رسی با pH بالاتر از هفت) به‌خوبی توسط ریشهٔ گیاهان جذب می‌شود (Hosenei and Bahadori, 2015). بی‌کربنات در خاک‌های آهکی عامل بسیار مهمی در ایجاد کلروز آهن است و به نوعی نیز مسئول غیرمتحرک شدن آهن در بافت‌های گیاهی است. بنابراین، بی‌کربنات، از طریق جلوگیری از جذب آهن، و افزایش pH سلول، جذب و انتقال آهن را کاهش می‌دهد (Kalesck et al., 2004). چنان‌چه واکنش خاک اسیدی باشد کمبود کلسیم، فسفر، منیزیم، روی و مولیبدن وجود خواهد داشت و ممکن است باعث بروز مسمومیت (زیادی عنصر) ناشی از منگنز و آلومینیوم در این خاک شود (Hani t al., 2013). بیش‌ترین قابلیت جذب آهن و منگنز در pH کم‌تر از شش است (Hani et al., 2013). در پژوهشی، Valdez et al. (2009) گزارش کردند که ارتفاع گیاه، وزن خشک برگ، وزن خشک شاخه و قطر ساقهٔ گل جعفری با افزایش pH کاهش یافت. در پژوهش دیگری، Tyson et al. (2009) طی آزمایشی که در گیاه خیار کشت شده در سیستم هیدروپونیک انجام دادند به این نتیجه رسیدند، هنگامی‌که pH افزایش یافت آهن و منگنز موجود در محلول‌غذایی و هم در مادهٔ خشک بخش هوایی کم شدند. این نکته تأکید شده است که در محلول‌پاشی برگی، آهن به آسانی روی سطح برگ به‌صورت هیدروکسید رسوب می‌کند و به‌دلیل این‌که برگ برخلاف ریشهٔ مکانیزم اسیدی کردن را ندارد محلول‌پاشی با محلول‌های دارای pH پایین، ترکیبات رسوب کردهٔ آهن را در سطح برگ متحرک و جذب آن‌ها را تشدید می‌کند (Wallas, 1991). هم‌چنین، Mirsolimani and Tafazoli (2005) بیان کردند که با افزایش pH محلول غذایی به موازات کاهش میزان آهن برگ، میزان کلروفیل برگ و وزن تر و خشک اندام هوایی انگور نیز کاهش می‌یابد.

صابون کشاورزی مویان بهترین ترکیب جهت اثربخشی حشره‌کش‌ها، قارچ‌کش‌ها، علف‌کش‌ها و کودها جهت محلول‌پاشی است (Jokar, 2020). شیوهٔ عمل صابون مویان به‌نحوی است که با پخش سریع محلول روی برگ باعث نفوذ بهتر آن به درون برگ و گیاه می‌شود (Jokar, 2020). 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 روی توت‌فرنگی اطلاعات محدودی منتشر شده و به نظر 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 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 افزایش کمی و کیفی محصول توت‌فرنگی در شرایط خاک‌های اردبیل بوده است.

۲- مواد و روش‌ها

این پژوهش روی گیاه توت‌فرنگی رقم دیامنت طی سال‌های ۱۳۹۶-۱۳۹۴ در محوطهٔ 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 و ۷۷ 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 درجهٔ سانتی‌گراد و سردترین ماه‌های سال دی و بهمن است که متوسط دما در این ماه‌ها ۱/۳ درجهٔ سانتی‌گراد است. متوسط بارندگی این شهر ۴۰۰ میلی‌متر گزارش شده است. در این آزمایش قبل از اقدام به تهیهٔ بستر و کاشت نشاءها، از چند نقطه محل آزمایش از عمق صفر تا ۲۵ سانتی‌متری خاک نمونه‌برداری شد (جدول ۱). هم‌چنین، قبل از محلول‌پاشی، pH محلول غذایی در تیمارهای مختلف اسید استیک نیز اندازه‌گیری شد (جدول ۱).

جدول ۱- برخی ویژگی‌های خاک محل آزمایش و pH محلول غذایی تیمار شده با اسید استیک

Table 1- Some soil characteristics of the test site and pH of Nutritional solution, treated with acetic acid

کربن آلی						پی اچ اسید استیک (درصد)			
روی(پی پی ام)	ازت کل	مس	آهن (پی پی ام)	پتاسیم	کربن آلی(درصد)	شاهد	1	2	3
8.84	0.98	1.22	1.153	0.84	1.326	8.1	7.2	6.3	5.6

o.c؛ کربن آلی، K؛ پتاسیم، Fe؛ آهن، Cu؛ مس، Totall N؛ ازت کل و Zn ؛ روی.

پس از آماده‌سازی زمین مورد نظر، نشاءهای توت‌فرنگی از خزانهٔ تکثیر زریبار مریوان، تهیه و به اردبیل منتقل شد و به فاصلهٔ ۲۵ سانتی‌متر روی ردیف در اواخر آبان ماه با تراکم ۱۰ بوته در هر ۱/۵ مترمربع کشت شدند. 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 انجام شد. جهت اعمال تیمارها از محلول اسید استیک تهیه شده 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 هفت درصد کلات آهن ساخت شرکت خضراء به میزان یک گرم در لیتر و صابون کشاورزی مویان از شرکت مهندسی کشاورزی خزانه‌ای تهیه شدند. این آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی به‌صورت کرت‌های دوبار خرد شده با سه تکرار در مجموع با ۴۸ واحد آزمایش اجرا شد. تیمارهای آزمایش به‌صورت محلول‌پاشی سطوح آهن (سکوسترین ۲۵ گرم و نانو یک گرم) در کرت‌های اصلی، سطوح اسید استیک (شاهد صفر، یک، دو و سه درصد) در کرت‌های فرعی و سطوح صابون کشاورزی مویان (شاهد و ۷/۵ درصد) در کرت‌های فرعی‌فرعی قرار گرفتند. نحوهٔ 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 (صفر، دو، و سه درصد) به آن اضافه شد. محلول‌پاشی در غروب آفتاب انجام گرفت.

مقدار محلول لازم در هر نوبت اسپری کردن برای هر کرت به حجم یک لیتر به کمک آب‌فشان یک لیتری تعیین شد. محلول‌پاشی از مرحلهٔ سه برگی شدن بوته‌ها در پنج نوبت و به فاصلهٔ ۱۰روز از یک‌دیگر در هر دو سال انجام گرفت. دو هفته پس از آخرین محلول‌پاشی در سال دوم پس از حذف حاشیه‌ها، بررسی صفت‌های وزن خشک برگ، وزن خشک ریشه، طول ریشه، نسبت گل به میوه، مقدار آهن برگ، عملکرد و صفت‌های **زیستی**-شیمیایی برگ مانند سبزینهٔ a و b و کل برگ اندازه‌گیری شدند. برای خشک کردن ریشه‌ها، نمونه‌ها را در پاکت‌های کاغذی قرار داده و سپس در آون و تحت دمای ۸۰ درجهٔ سانتی‌گراد، به‌مدت ۷۲ ساعت خشک کرده و وزن نمونه‌ها با استفاد از ترازوی دیجیتالی برآورد شد (Tabatabai, 2013). میانگین طول ریشه در هر بوته با استفاده از خط‌کش اندازه‌گیری و بر حسب سانتی‌متر ثبت شد. محتوای سبزینهٔ برگ با استفاده از روش Arnon (1994) اندازه‌گیری شد. نسبت تبدیل گل به میوه بر مبنای درصد محاسبه شد. برای اندازه‌گیری مقدار جذب عناصر آهن توسط برگ، پس از پایان آزمایش تعدادی از برگ‌ها بدون دمبرگ از بوته‌ها جدا شدند و به‌سرعت در آب مقطر آبکشی شده و در آون ۷۰ درجهٔ سانتی‌گراد به مدت ۹۶ ساعت قرار داده شد تا کاملاً خشک شوند. سپس آسیاب شده و توسط مش یک میلی‌متری عبور داده می‌شود. عنصر آهن توسط هضم با نیتریک اسید و قرائت توسط طیف‌سنج جذب اتمی اندازه‌گیری شد (Johnson et al., 1997). در نهایت همهٔ میوه‌های هر کرت برداشت و بر تعداد بوته‌ها در کرت تقسیم شد و عدد حاصل به‌عنوان عملکرد در بوته ثبت شد. داده‌های مربوط به این پژوهش با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS16 تجزیه شده و مقایسهٔ میانگین تیمارها نیز با آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد صورت گرفت. شکل‌ها نیز با استفاده از نرم‌افزار Excel رسم شد.

۳- نتایج و بحث

نتایج تجزیهٔ واریانس داده‌ها نشان داد که اثر سه جانبهٔ تیمارها در تمام صفت‌های مورد بررسی به‌جز طول ریشه و عملکرد در سطح احتمال یک درصد بر وزن خشک برگ و سبزینهٔ a، b و کل، و در سطح احتمال پنج درصد بر وزن خشک ریشه، نسبت گل به میوه و مقدار آهن برگ از نظر آماری تاثیر معناداری داشت (جدول‌های ۲ و ۳). مقایسهٔ میانگین داده‌ها نشان داد که کاربرد اسید استیک دو درصد در ترکیب سکوسترین آهن با صابون کشاورزی (۷/۵ درصد) باعث افزایش وزن خشک برگ در مقایسه با اسید استیک شاهد شده است. به طوری‌که بیش‌ترین میزان وزن خشک برگ با مقدار (۱۰/۱۷ گرم) مربوط به تیمار اسید استیک دو درصد و کم‌ترین میزان وزن خشک برگ نیز با مقدار (۴/۵۶ گرم) مربوط به گیاهان اسید استیک شاهد بود (شکل ۱). این نتایج در افزایش وزن خشک برگ و طول ریشه در اثر کاربرد آهن سکوسترین با نتایج Nodehsharifi and Dordipour (2016) و کاهش صفت‌های مذکور در شرایط افزایش pH محلول غذایی با بررسی Mirsolimani and Tafazoli (2005) هم‌خوانی دارد.

جدول ۲- تجزیهٔ واریانس اثر تیمارهای آزمایشی بر خصوصیات رویشی توت‌فرنگی

Table 2- Analysis of variance of the effect of experimental treatments on vegetative characteristics of *strawberry*

	میانگین مربعات				
منبع تغییرات	درجهٔ آزادی	وزن خشک برگ	مقدار آهن برگ	وزن خشک ریشه	طول‌ریشه
تکرار	2	0.41ns	0.002ns	0.60ns	7.183ns
آهن	1	15.176**	0.003**	8.358**	16.310*
اشتباه اصلی	2	0.141	0.140	0.027	0.906
اسید استیک	3	0.219*	0.17*	0.274ns	0.170ns
اسید استیک آهن	3	0.382**	0.316	0.135ns	0.377*
اشتباه فرعی	12	0.40	0.001	0.08/5	0.107
صابون	1	0.106ns	0.001**	0.098ns	0.124ns
صابون* آهن	1	0.366*	0.027*	0.328ns	0.314ns
صابون اسید استیک	3	0.923**	0.022*	0.619**	0.334ns
اثر سه جانبه	3	0.484**	0.046*	0.410*	0.343ns
اشتباه فرعی فرعی	16	0.060	0.002	0.95	0.137
ضریب تغییرات	-	15.87	15.80	12.89	4.16

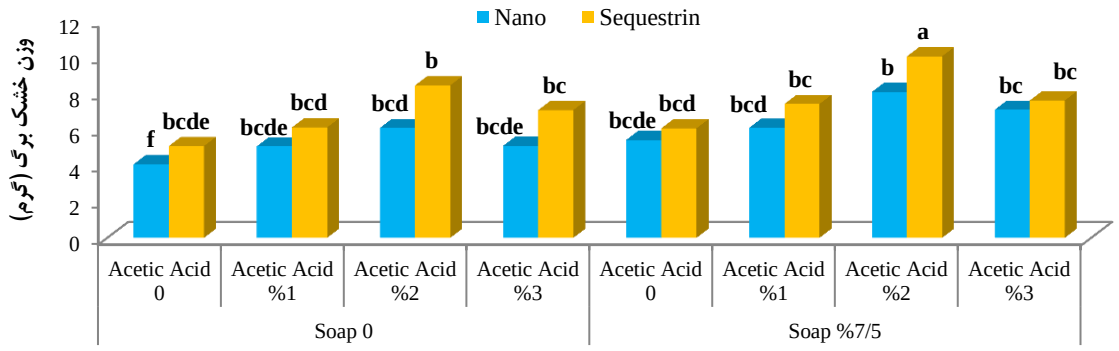
ns, * and ** indicate no significant difference, a significant difference of 0.05, and 0.01 respectively.

جدول ۳- تجزیهٔ واریانس اثر تیمارهای آزمایشی بر خصوصیات زیستی-شیمیایی توت فرنگی

Table 3- Analysis of variance of the effect of experimental treatments on biochemistry characteristics of *strawberry*

	میانگین مربعات					
منبع تغییرات	درجهٔ آزادی	کلروفیل a	کلروفیل b	کروفیل کل	نسبت گل به میوه	عملکرد
تکرار	2	0.002ns	0.004ns	0.36ns	6.536ns	348.289ns
آهن	1	0.001*	0.13**	0.409*	33.417**	141434.588*
اشتباه اصلی	2	0.002	0.001	0.006	0.119	253.932
اسید استیک	3	0.009ns	0.003**	0.020*	1.540*	1380.147**
اسید استیک آهن	3	0.005ns	0.004**	0.098**	0.138ns	875.056**
اشتباه فرعی	12	0.004	0.001	0.006	0.344	125.646
صابون	1	0.0.38**	0.003*	0.036**	2.115*	22.667ns
صابون* آهن	1	0.007 ns	0.0050ns	0.018ns	1.607*	489.490ns
صابون اسید استیک	3	0.007**	0.001ns	0.028*	0.438*	754.5847ns
اثر سه جانبه	3	0.020**	0.003**	0.015**	0.632*	44.96ns
اشتباه فرعی فرعی	16	0.002	0.001	0.003	0.188	217.867
ضریب تغییرات	-	7.5	13.8	12.89	4.16	21.6

ns, * and ** indicate no significant difference, a significant difference of 0.05, and 0.01, respectively.



شکل ۱- اثر متقابل اسید استیک، نوع کود آهن (سکوسترین و نانو) و صابون کشاورزی بر وزن خشک برگ (گرم) در توت‌فرنگی

Figure 1- Interaction effect of Acetic Acid, and types of iron fertilizes (Sequestrin and Nano) and soap on dry weight of leaves (gr) in *Strawberry*

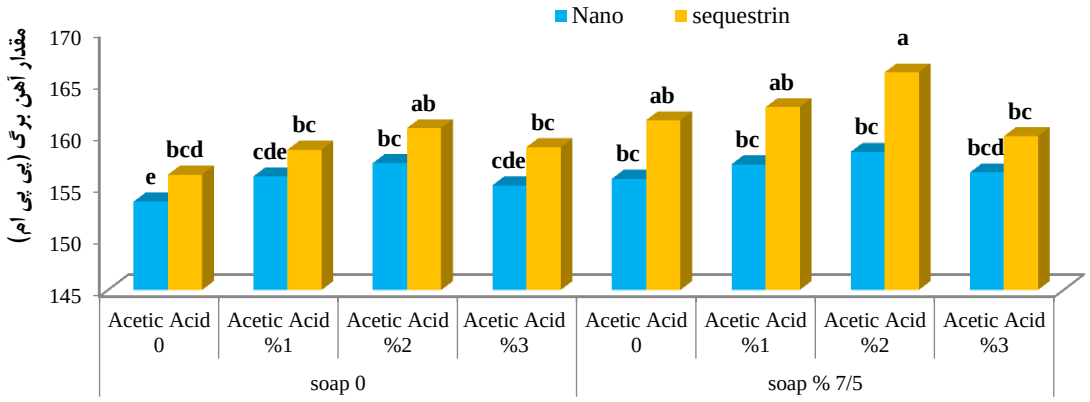
مقایسهٔ میانگین‌ها نشان دادند که بیش‌ترین میزان جذب عناصر آهن (۱۶۵/۹۸بر حسب پی پی ام) مربوط به آهن سکوسترین با اسید استیک دو درصد در ترکیب با صابون کشاورزی (۷/۵درصد) حاصل شد و کم‌ترین مقدار جذب عنصر آهن (۱۵۳/۵۲) مربوط به آهن نانو با اسید استیک شاهد بدون ترکیب با صابون حاصل شد (شکل ۲). کاربرد آهن سکوسترین باعث افزایش معناداری در غلظت آهن برگ در مقایسه با تیمار اسید استیک شاهد در ترکیب با کود آهن نانو و صابون شاهد شده است. در تیمار اسید استیک دو درصد میانگین غلظت عنصر آهن برگ افزایش قابل‌توجهی نشان داده است. در توجیه نتایج به‌دست آمده باید گفت که افزایش غلظت آهن برگ با افزایش اسید استیک می‌تواند به‌علت افزایش حلالیت آهن III در pH پایین و تحرک آن باشد. از طرفی کاهش pH می‌تواند باعث افزایش فعالیت آنزیم فریک ردوکتاز و در نتیجه افزایش سرعت تبدیل آهن سه ظرفیتی به آهن دو ظرفیتی شود (Bavarsco at el., 1999). نتایج به‌دست آمده در این پژوهش بر عدم وجود روند تغییرات ثابت در مورد غلظت آهن برگ با نتایج پژوهش‌های Cillelli (1995) و Mirsolimani and Tafazoli (2005) هم‌خوانی دارد.

مقایسهٔ میانگین‌ها، حاکی از افزایش وزن خشک ریشه با افزایش اسید استیک نسبت به شاهد بود. بر همین اساس، بیش‌ترین وزن خشک ریشه با مقدار (۹/۴ گرم) مربوط به تیمار اسید استیک دو درصد با سکوسترین آهن در ترکیب با صابون کشاورزی (۷/۵درصد) و کم‌ترین وزن خشک ریشه به مقدار (۴/۷۳ گرم) متعلق به اسید استیک شاهد با نانو آهن و صابون شاهد بود (شکل ۳). در پژوهشی، Bybordi and Mamedov (2010) با کاربرد سطوح مختلف pH محلول غذایی روی شبدر سفید نشان دادند که در pH بالا و بی‌کربنات بالا رشد ریشه‌ها به‌طور معناداری کاهش می‌یابد. افزایش بی‌کربنات باعث کاهش وزن‌تر و خشک ریشهٔ گیاهانی مانند ذرت، جو و سورگوم شده که علت آن را باید در افزایش نفوذپذیری غشایی پلاسمایی و ترشح k^+ و No_3^- به خارج ریشه دانست (Alhendawi et al., 1997).

مقایسهٔ میانگین‌ها نشان داد که بیش‌ترین میزان کلروفیل a (۱/۵۰ میلی‌گرم بر گرم)، مربوط به تیمار اسید استیک یک درصد با سطح آهن سکوسترین در ترکیب صابون کشاورزی (۷/۵درصد) و کم‌ترین مقدار آن (۱/۱۶ میلی‌گرم بر گرم) مربوط به تیمار اسید استیک دو درصد با سطح آهن نانو با صابون کشاورزی شاهد بود. در کلروفیل b و کل، بیش‌ترین میزان کلروفیل b (۰/۵۹ میلی‌گرم بر گرم) و کلروفیل کل (۱/۷۲ میلی‌گرم بر گرم) مربوط به تیمار اسید استیک دو درصد با سطح آهن سکوسترین در ترکیب با صابون کشاورزی (۷/۵درصد) حاصل شده است. کم‌ترین میزان کلروفیل b (۰/۳۸ میلی‌گرم بر گرم) و کلروفیل کل (۱/۰۶ میلی‌گرم بر گرم) مربوط به تیمار اسید استیک سه درصد با نانو آهن و صابون شاهد به‌دست آمد (شکل‌های ۴، ۵ و ۶). افزایش شاخص کلروفیل در تیمار سکوسترین آهن می‌تواند ناشی از تأمین آهن باشد که با نتایج Schultz and Glaser (2013) هم‌خوانی دارد. با افزایش pH محلول غذایی به موازات کاهش میزان آهن فعال برگ، میزان کلروفیل برگ تا حدی افزایش سپس کاهش می‌یابد نتایج حاصل از این پژوهش با گزارش پژوهش Sanz et al. (2002) هم‌سو می‌باشد. دربارهٔ دلایل کاهش میزان کلروفیل بر اثر افزایش pH محلول‌غذایی می‌توان به نقش آهن در مسیر سنتز کلروفیل و کاهش سنتز پروتیـئن کلروپلاست‌های سلول‌های برگ بر اثر کمبود آهن و عدم توانایی آهن برای توزیع در برگ در شرایط بالا بودن pH اشاره کرد (Mirsolimani and Tafazoli., 2005).

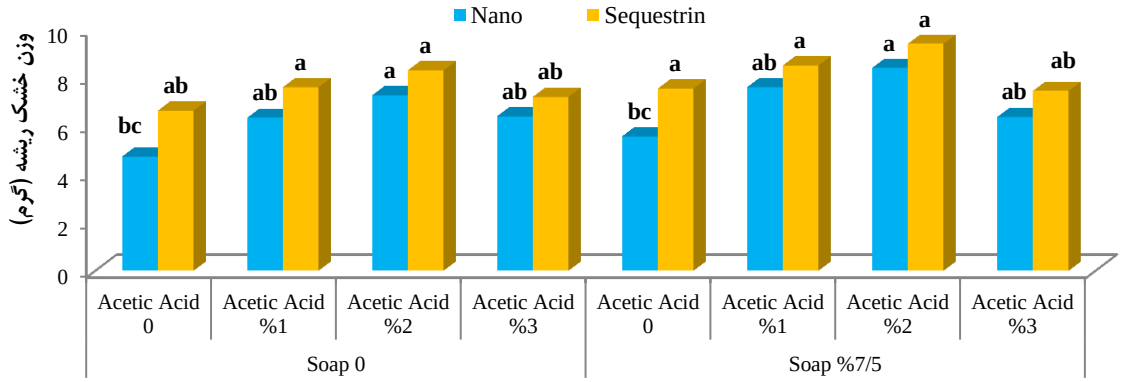
مقایسهٔ میانگین‌ها نشان داد که بیش‌ترین نسبت گل به میوه (۱۶/۷۷) در بوته مربوط به تیمار اسید استیک دو درصد با

سکوسترین آهن در ترکیب با صابون کشاورزی(۷/۵ درصد) و کم‌ترین تعداد گل (۵/۲) در تیمار اسید استیک شاهد با نانو آهن بدون صابون نسبت گل به میوه را افزایش می‌دهد (شکل ۷). در مطالعه‌ای، Chandler et al. (2012) گزارش کردند که عنصر آهن نسبت گل به میوه را در توت‌فرنگی افزایش می‌دهد. آهن با فعال کردن سیستم‌های آنزیمی فعالیت‌های متابولیکی باعث افزایش سنتز پروتیئن و قندها شده و در نتیجه در گلدهی مؤثر می‌باشد (Ruter et al., 1988). براساس نتایج مقایسهٔ میانگین‌ها بیش‌ترین طول ریشه (۱۸/۳۳ سانتی‌متر) مربوط به تیمار اسید استیک دو درصد در ترکیب با آهن سکوسترین و کم‌ترین میزان (۱۶/۵۰سانتی‌متر) در گیاهان مربوط به اسید استیک شاهد با آهن نانو بدون صابون به‌دست آمد (شکل ۸). مقایسهٔ میانگین داده‌ها بیان‌گر این بود که تیمار اسید استیک دو درصد در ترکیب با آهن سکوسترین به میزان ۱۶۳/۸۳ گرم بیش‌ترین و تیمار اسید استیک شاهد با آهن نانو به میزان ۳۸ گرم کم‌ترین عملکرد در بوته را داشتند (شکل ۹) کاربرد سکوسترین آهن در توت‌فرنگی رقم سلوا باعث افزایش عملکرد شد (Fiezi et al., 2007). گزارش فوق با نتایج این بررسی در یک راستا است. بر این اساس اسید استیک دو درصد آهن سکوسترین، با اسیدی شدن محلول شرایط برای جذب آهن توسط گیاه بهبود می‌یابد و به این صورت اثرات آهن بر خصوصیات کمی و کیفی میوه نمایان می‌شود.



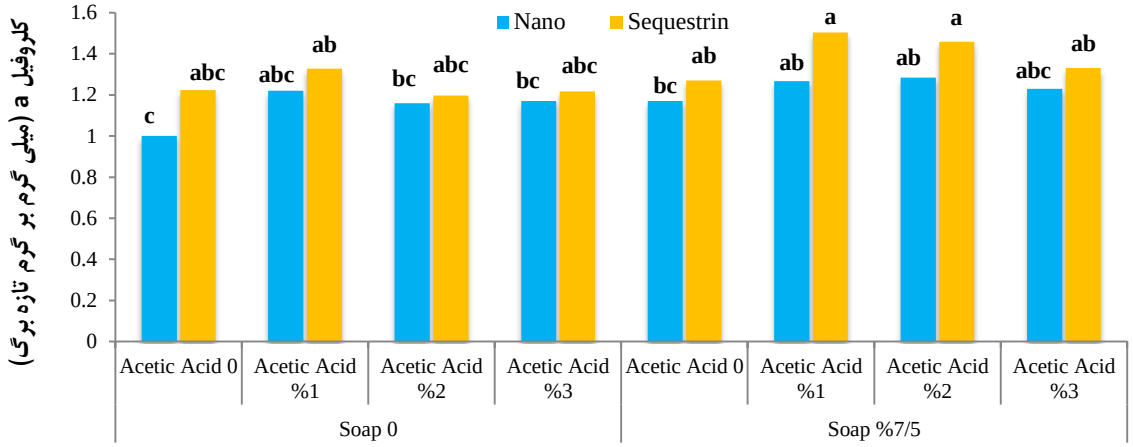
شکل ۲- اثر متقابل اسید استیک، نوع کود آهن (سکوسترین و نانو) و صابون کشاورزی بر مقدار آهن برگ در توت‌فرنگی

Figure 2- Interaction effect of Acetic Acid, and types of iron fertilizers (Sequestrin and Nano) and soap on the Amount of Iron Leaves (ppm) of *Strawberry*



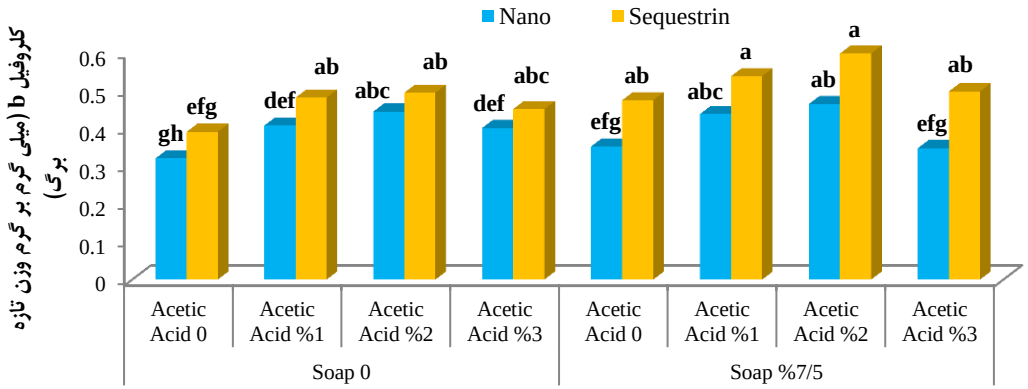
شکل ۳- اثر متقابل اسید استیک، نوع کود آهن (سکوسترین و نانو) و صابون کشاورزی بر وزن خشک ریشه (گرم) در توت‌فرنگی

Figure 3- Interaction effect of Acetic Acid, and types of iron fertilizes (Sequestrin and Nano) and soap on the dry weight of root in the plant (gr) of *Strawberry*



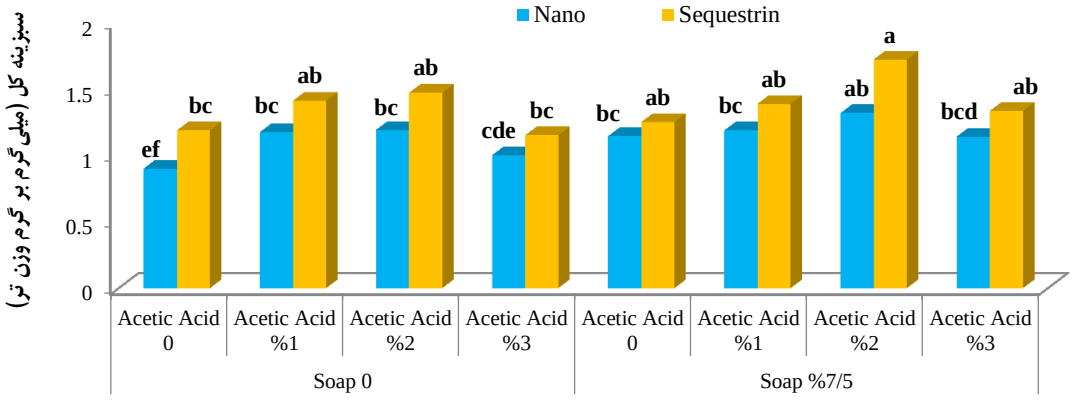
شکل ٤- اثر متقابل اسید استیک، نوع کود آهن (سکوسترین و نانو) و صابون کشاورزی بر میزان سبزینهٔ a در توت‌فرنگی

Figure 4- Interaction effect of Acetic Acid, and types of iron fertilizers (Sequestrin and Nano) and soap on chlorophyll content in the plant (gr) of *Strawberry*



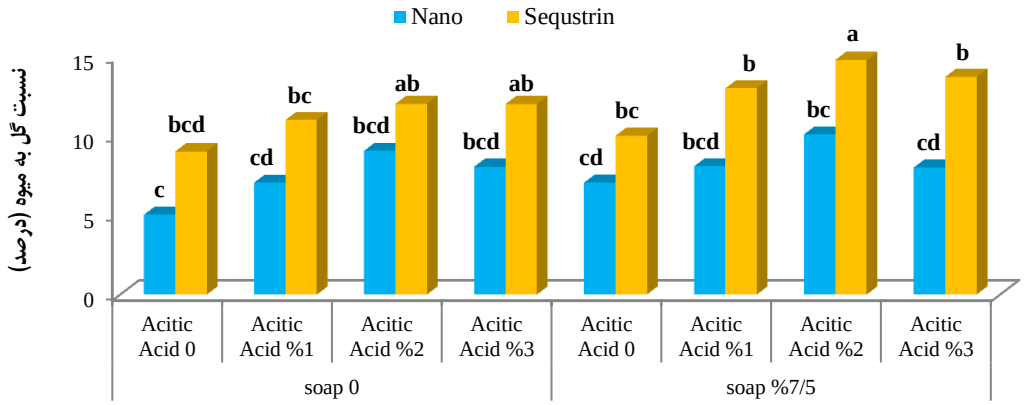
شکل ٥- اثر متقابل اسید استیک، نوع کود آهن (سکوسترین و نانو) و صابون کشاورزی بر میزان سبزینهٔ b در توت‌فرنگی رقم دیامنت

Figure 5- Interaction effect of Acetic Acid, and types of iron fertilizes (Sequestrin and Nano) and soap on chlorophyll b content in the plant (gr) of *Strawberryt*



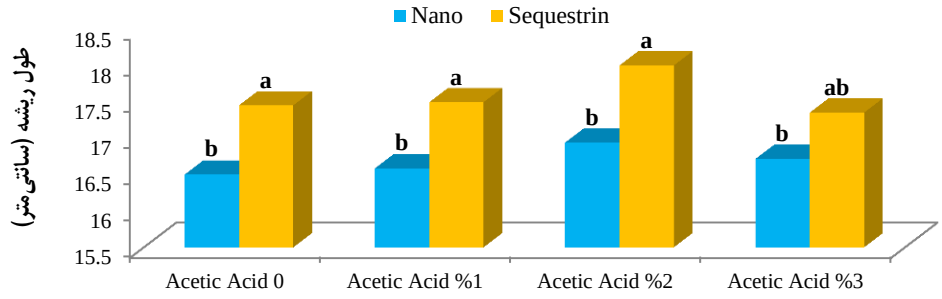
شکل ٦- اثر متقابل اسید استیک، نوع کود آهن (سکوسترین و نانو) و صابون کشاورزی بر میزان سبزینه کل در توت‌فرنگی رقم دیامنت

Figure 6- Interaction effect of Acetic Acid, and types of iron fertilizers (Sequestrin and Nano) and soap on total chlorophyll content in the plant (gr) of *Strawberry*



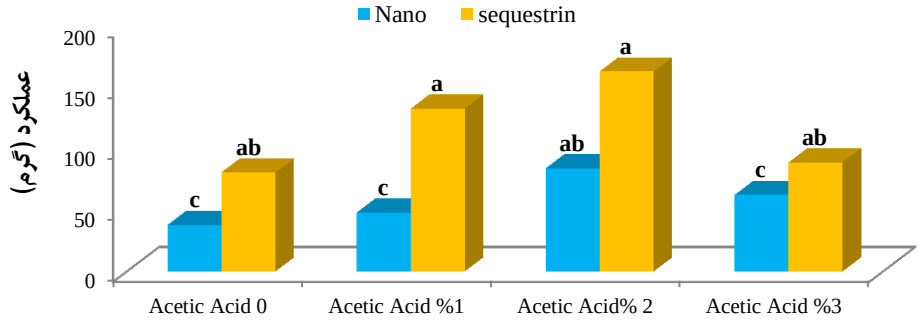
شکل ۷- اثر متقابل اسید استیک، نوع کود آهن (سکوسترین و نانو) و صابون کشاورزی بر نسبت گل به میوه (درصد) در توت‌فرنگی

Figure 7- Interaction effect of Acetic Acid, and types of iron fertilizers (Sequestrin and nano) and soap on flower: fruit ratio (%) in *Strawberry*



شکل ۸- اثر متقابل اسید استیک و نوع کود آهن (سکوسترین و نانو) بر طول ریشه (سانتی‌متر) در توت‌فرنگی رقم دیامنت

Figure 8- Interaction effect of Acetic Acid, and types of iron fertilizes (Sequestrin and Nano) on length root (cm^2) fruit *Strawberry*



شکل ۹- اثر متقابل اسید استیک و نوع کود آهن (سکوسترین و نانو) بر عملکرد توت‌فرنگی

Figure 9- Interaction effect of Acetic Acid, and types of iron fertilizers (Sequestrin and Nano) on yield fruit *Strawberry*

٤- نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که مصرف اسید استیک دو درصد بر جذب نوع کود آهن سکوسترین همراه با کاربرد صابون کشاورزی (۷/۵ درصد) نتایج بهتری نسبت به سایر تیمارها بر صفت‌های کمی و کیفی میوه توت‌فرنگی دارد. در تیمار اسید استیک دو درصد میانگین اغلب صفت‌های اندازه‌گیری شده افزایش قابل‌توجهی نشان داده است. کاربرد اسیدهای آلی ارزان‌قیمت مانند اسید استیک در کشاورزی، علی‌رغم تأثیرات مثبت آن در خاک‌های آهکی و قیمت مناسب آن‌ها هنوز در کشور ایران رایج نیست. با توجه به قلیایی بودن اکثر خاک‌های مناطق ایران، مصرف اسید استیک در محلول‌غذایی آهن بر جذب آهن سکوسترن در ترکیب با (۷/۵ درصد) صابون کشاورزی به‌دلیل ماندگاری محلول روی برگ و جذب بیش‌تر می‌تواند رهیافت امیدبخشی برای جذب بهتر آهن توسط گیاه و افزایش ویژگی‌های کمی و کیفی محصول باشد.

سپاسگزاری

از معاونت محترم پژوهشی دانشگاه محقق اردبیلی بابت حمایت‌های مالی در انجام تحقیق صمیمانه تشکر می‌شود.

تضاد منافع نویسندگان

نویسندگان این مقاله اعلام می‌دارند که هیچ‌گونه تضاد منافعی در خصوص نگارش و انتشار مطالب و نتایج این پژوهش ندارند.

دسترسی به داده‌ها

همه اطلاعات و نتایج در متن مقاله ارائه شده است.

مشارکت نویسندگان

معصومه جعفری: مفهوم‌سازی، مشاوره و راهنمایی، بازبینی متن مقاله و تحلیل‌های آماری؛ **علی‌اکبر شکوهیان:** مفهوم‌سازی، انجام تحلیل‌های نرم‌افزاری/آماری، نگارش نسخهٔ اولیه مقاله؛ **علی اصغری:** ویرایش و بازبینی.

منابع

جوکار، لاله، رونقی، عبدالمجید، کریمیان، نجفعلی، و قاسمی فسایی، رضا (۱۳۹۲). اثر کاربرد سطوح مختلف آهن از نانو کود کلات آهن و سکوسترین آهن بر رشد و غلظت برخی عناصر غذایی گیاه لوبیا در یک خاک آهکی. *علوم و فنون کشت گلخانه‌ای*، ۶(۲)، ۹-۱۹. doi:10. 18869/acadap.ejgcst.6.2.9

حسینی، یعقوب، بهادری، محمد (۱۳۹۴). تأثیر منبع، مقدار و روش کاربرد آهن بر خصوصیات کمی و کیفی و نرخ سودآوری توت‌فرنگی رقم سلوا. روابط خاک و گیاه (*علوم و فنون کشت‌های گلخانه‌ای*)، ۷(۲۸)، ۱۴۹-۱۶۰. doi:10.18869/acadpub.ejgcst.7.4.149

رضائی، سعید، امیری، محمد اسماعیل، بهاری، عباس، رضوی، فرهنگ، و سلیمانی اقدم، مرتضی (۱۳۹۹). اثر تغذیه بزگی آهن بز میزان کلروفیل و فعالیت برخی آنزیم‌های آنتی‌اکسیداوی میوه توت فرنگی رقم کاماروسا (*strawberry Camarosa cv*). *تغذیه گیاهان باغی*، ۳(۲)، ۱-۱۶. https://www.sid.ir/paper/392961/fa

طباطبائی، سیدجلال (۱۳۹۲). اصول تغذیهٔ معدنی گیاهان (مفاهیم نظری و عملی). چاپ اول. انتشارات دانشگاه تبریز. ۵۴۴ صفحه.

فیضی، حسن، کشاورز، پیمان، و میراحمدی، امیر (۱۳۸۶). بررسی اثر کاربرد کودهای سولفات آهن و سولفات روی بر عملکرد و کیفیت غده چغندرقند. دهمین کنگره علوم خاک ایران، کرج. https://sciexplore.ir/Documents/Details/239-413-603-584

میرسلیمانی، عباس، و تفضلی، عنایت‌اله (۱۳۸۴). تأثیر pH محلول غذایی بر جذب آهن توسط چهار رقم انگور (vitis viniferaL). *پژوهش و سازندگی*، ۷۱، ۱۲-۱۸. https://sid.ir/paper/19017/fa

نوده‌شریفی، غلامرضا، و دردی‌پور، اسماعیل (۱۳۹۴). اثر کودهای مصرفی آهن بر میزان وزن تر و خشک سویا در خاک‌های استان گلستان. اولین کنفرانس ملی توسعه کشاورزی و زمین سالم، کرج. https://nseconf.ir

هانی، عباس، جوادی، علیرضا، و داوری، حمید (۱۳۹۲). خاک‌شناسی و گیاه‌شناسی. چاپ دوم، انتشارات مهر سبحان، ۲۵۴ صفحه.

References

Arnon, D.I. (1949). Copper enzymes in isolated chloroplasts. Polyphenol oxidase in Beta Vulgaris. *Plant Physiology*, *24*(1), 1-15. doi:10.1104/pp.24.1.1

Alhendawi, R.A., Romheld, V., Kirkby, E.A., Marschner, H. (1997). Influence of increasing bicarbonate concentration on plant growth, organic acid accumulation in roots and iron uptake by barley, sorghum and maize. *Journal of Plant Nutrition*, *20*, 1731-1753. doi:10.1080/01904169709365371

Bavarsco, L., Giachin, E., & Colla, R. (1999). Iron chlorosis parad in grapevine. *Journal of Plant Nutrtion*, *22*, 1589-1594. doi: 10.1080/01904169909365739

Bybordi, A., & Mamedov, G. (2010). Evaluation of application methods efficiency of zinc and iron for canola (Brassica napus L.). *Notulae Scientia Biologicale*, *2*(1), 94-103. doi: 10.15835/nsb213531

Biswas, A., Melmaiee, K., Elavarthi, S., Jones, J. & 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. doi:10.1016/j.scienta.2019.108561

Cillelli, F. (1995). Physiologicalcd responses of clonal guince rootstocks to iron-defficiiency induced by addition of bicarbonate to nutrition solution. *Journal of plant Nutrition*, *18*, 77-89. doi.:10.1080/019041695093648886

Chandler, C.K., Folta, K., Dale, A., Vance M.W., Herrington, M. (2012). Strawberry. M.L. Badenes, D.H. Byrne (eds.), Fruit Breeding, Handbook of Plant Breeding. 8, 305-325. doi: 10.1007/978-1-4419-0763-9_9.

FAO (2015). FAOSTAT Agricultural Statics Database. http://faostat3.fao.org/. accessed on April, 15. 2016.

Feizi, H., Keshavarzian, P., & Mirahmadi, A. (2008). Investigating the effect of using iron sulfate and sulfate fertilizers on the yield and quality of sugar beet tuber ,10th Soil Science Congress of Iran, Karaj, Iran. [In Persian]

Hancock, J.F., Sjulin, T.M., & Lobos, G.A. (2008). Strawberries. In J.F. Hancock (Ed.), Temperate Fruit Crop Breeding. Springer, New York.

Hani, A., Javadi, A., & Davari, H. (2013). Soil Science And Botany. 2th Edition: Publications of Mehr Subhan. 254 pages. [In Persian]

Hosseini, Y., & Bahadori, M.. (2017). Effect of source, amount and method of iron application on quantity, quality and profitability rate of Strawberry. *Soil And Plant Interactions (Journal Of Science And Technology Of Greenhouse Culture)*, *7*(28), 149-160. Sid. Https://Sid.Ir/Paper/226290/En

Johnson, R.S., Mitchell, F.G., & Costa, G. (1997). Nitrogen influences kiwifruit storage life. *Acta Horticulture*,*444*,285-291. doi:10.17660/Acta Hortic.1997.444.44

Kalesck, H., Honer, W. & schaller, k. (2004). Effects of bicarbonate and phosphate on iron cholorosis of grap vines with special regard to the susceptibilty of two root stocks. *Journal of Plant Nutrtion*, *10*, 231-249. doi:10.1080/ 01904168709363568

Mir Soleymani, A., & Tafazoli, E.A. (2006). Effect of nutrient solution ph on the absorption of iron in four cultivars of grape. *Pajouhesh-Va-Sazandegi*, *19*(2), 12-18. https://sid.ir/paper/19017/en. [In Persian]

Nodehsharifi, Gh., & Dordipour, E. (2016). The effect of applied fertilizers on fresh and dry weight of soybean plant in the soils of Golestan Province. 1th National Conference on Agricultural Development, Healthy Earth, Karaj, Iran. [In Persian]

Ruter, K.B., Williams D.B., & Goldstein J.T., (1988). Low temperature phase transformation in the metallic phases of iron and stony-iron meteorites. *Geochemical at Cosmochimica Acid*, *52*(3), 617-625. doi: 10.1016/0016-7037(88)90323-7

Rezaei, S., Amiri, M.E., Bahari, A., Razavi, F., Soleimani Aghdam, M. (2020). Influence of iron leaf nutrition on chlorophyll content and some antioxidant enzyme activities of strawberry fruit cv. Camarosa. *Horticultural Plant Nutrition*, *3*(2), 1-16. https://www.sid.ir/paper/392961/en [In Persian]

Sanz, M., Cavero. J., & Abadia, J. (2002). Iron chlorosis in the Ebro river basin, Spain. *Journal of Plant Nutrtion*, *15*, 1971-1981. doi:10.1080/01904169209364451

Schultz, H., Dunst G., & Glaser B. (2013). Positive effects of composted biochar on plant growth and soil fertility. *Agronomy for Sustainable Development*, 33(4), 817-827. doi: 10.1007/S13593-013-0150-0

Tyson, R.V., Simonne, E.H., Treadwell, D.D., Davis, M., & White, J.M. (2009). Effect of water pH on yield and nutritional status of greenhouse cucumber grown in recirculating hydroponic. *Journal of Plant Nutrtion*, 31, 2018-2030. doi:10.1080/01904160802405412

Tabatabai, S.J. (2013). *Principles of plant mineral nutrition (theoretical and practical concepts)*. 4th Edition: Publications of Tabriz University. 544 pages. [In Persian]

Valdez-Aguilar, L.A., Grieve, C.M., & Poss, J., (2009). Salinity and alkaline pH in irrigation water affect marigold plants: I Growth and shoot dry weight partitioning. *Horticultural Science*, *44*, 1719-1725 doi:10.21273/ HORTSCL.44.6.1719.

Wallas, A. (1991). Ratinal approach to Iron defincincy, other plant breeding and the choice of resistant cultivars. *Plant and Soil*, *130*, 281-289. doi: 10.1007/BF00011884