Journal of Vegetables Sciences, Spring & Summer 2021, Vol 9, No 5(1), Pages 109-123

doi: 10.22034/iuvs.2021.524678.1146 Article Type: Research Online ISSN: 2676-4822

Effect of Iron Nano-Chelate Fertilizer on Quantity and Quality Yield of Okra (*Abelmoschus esculentus* L.) in Condition of Drought Stress

Abdolbasir Kobdani[1], Issa Piri[2] and Abolfazl Tavassoli[3*]

1- M.Sc. Graduate. Department of Agronomy, Payame Noor University, Iran
2- Associate Professor, Department of Agriculture, Payame Noor University, Iran
3- Assistant Professor, Department of Agriculture, Payame Noor University, Iran

[*]**Corresponding author:** tavassoli.abolfazl@yahoo.com

(**Received:** 8 February 2021 **Revise:** 28 May 2021 **Accepted:** 7 September 2021)

Extended Abstract

1. Introduction: Okra with the scientific name of *Abelmoschus esculentus* L. is one of the important vegetables in tropical and subtropical regions. In modern agriculture, recognizing plant nutritional factors and their effect on the quantitative and qualitative characteristics of plants is one of the most important aspects of success (Ahmadi *et al*., 2019). Today, the types of microelements are enriched with nanotechnology in the form of nanoparticles and nanoclates to create a suitable environment for the activity of microorganisms and increase of plant growth and production. In addition, through nanotechnology, various compounds of microelements and nano-iron chelates have been provided to improve the growth environment of microorganisms as well as suitable conditions for plant growth (Barmaki *et al*., 2010). With the use of nanofertilizers, fertilizer nutrients are released gradually in the soil, which increases the efficiency and quality of food sources due to higher absorption rate during the plant growth period (Barmaki *et al*., 2010). Therefore, the present study aimed to investigate the effect of different amounts of iron nano-chelate fertilizer on yield, yield components and content of okra seed mucilage under drought stress conditions in Sib and Sooran city.

2. Materials and Methods: The present study was carried out in the spring of 2017 in a farm located in Morad Abad village of the central part of Sib and Sooran city in the form of split plots in a randomized complete block design with three replications. Experimental treatments include drought stress at three levels of irrigation at moisture of soil field capacity, irrigation at 80% of soil field capacity and irrigation at 60% of soil field capacity as the main factor; And application of iron nano-chelate fertilizer at four levels of 0, 3.5, 7 and 10 kg ha^{-1} as a sub-factor. In this experiment, traits of plant height, number of fruits per plant, fresh and dry fruit yield, biological yield, percentage and yield of mucilage and percentage and yield of okra fruit oil were studied. Data were analyzed using SAS Var9.4 statistical software. Analysis of variance and comparison of means were performed by Duncan's test at a probability level of five percent.

3. Results and Discussion: The results showed that irrigation at soil moisture of soil field capacity and consumption of 10 kg ha^{-1} resulted in the highest amounts of plant height, number of fruits per plant, fresh and dry fruit yield, biological yield, and mucilage and okra oil yield. However, no statistically significant difference was observed between the 10 and 7 kg ha^{-1} fertilizer for the above traits. Also, in stress conditions (moisture 80 and 60% of soil field capacity), the use of nano-fertilizers in comparison with the non-use of fertilizers led to the moderation of the effects of stress on the mentioned traits. So that only for the yield of fresh fruit, in treatment of moisture 80% of soil field capacity consuming 10 kg per hectare of fertilizer caused a 20.05% increase in yield compared to not using fertilizer. And this amount was 19.29% for moisture in 60% of soil field capacity. Also in the present study it was observed that the highest percentage of fruit mucilage was obtained from moisture treatment in 60% of field capacity and the highest percentage of fruit oil was obtained from irrigation treatment in soil field capacity moisture. In one study, it was reported that water stress reduces photosynthesis by reducing leaf area, closing stomata, and reducing chlorophyll synthesis. Therefore, limiting photosynthesis also reduces plant growth and yield (Hopkins & Huner, 2004). The benefits of using iron chelate nano-fertilizer include increasing plant metabolism and more efficient absorption of micronutrients into specific plant tissues (Rasoli *et al*., 2013). Iron also plays an important role in chlorophyll synthesis and is one of the main components of chlorophyll (Taiz & Zeiger, 2002).

4. Conclusion: From the results obtained in the present study, it was concluded that stress in both 80 and 60% soil field capacity reduces all the studied traits of okra except mucilage percentage; However, the use of iron nano-chelate fertilizers was able to moderate the stress conditions for the plant. Therefore, it is suggested that the application of 10 and 7 kg ha^{-1} of nano fertilizer reduced the adverse effects of stress. It is also recommended to use these amounts of fertilizer in non-stress conditions to improve plant yield.

Keywords: Iron, Mucilage, Stress, Vegetable, Yield.

Citation: Kobdani, A., Piri, I. & Tavassoli, A. (2021). Effect of iron nano-chelate fertilizer on quantity and quality yield of Okra (*Abelmoschus esculentus* L.) in condition of drought stress. *Journal of Vegetables Sciences*, 5(1), 109-123. doi: 10.22034/iuvs.2021.524678.1146

Copyrights:
Copyright for this article is retained by the author(s), with publication rights granted to Journal of Vegetables Sciences. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (http://creativecommons.org/licenses/ by/4.0).

دوفصلنامه علمی علوم سبزی‌ها، سال ۵، دوره ۹، شماره ۱، بهار و تابستان ۱۴۰۰، صفحات (۱۲۳-۱۰۹)

شاپا الکترونیکی: ۴۸۲۲-۲۶۷۶ نوع مقاله: پژوهشی doi: 10.22034/iuvs.2021.524678.1146

تأثیر کود نانو کلات آهن بر عملکرد کمی و کیفی بامیه (*Abelmoschus esculentus* L.) در شرایط تنش خشکی

عبدالبصیر کبدانی[۱]، عیسی پیری[۲] و ابوالفصل توسلی[۳*]

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد زراعت، گروه کشاورزی، دانشگاه پیام‌نور، ایران

۲- دانشیار گروه کشاورزی، دانشگاه پیام‌نور، ایران

۳- استادیار گروه کشاورزی، دانشگاه پیام‌نور، ایران

[*]نویسنده مسئول: tavassoli.abolfazl@yahoo.com

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۱/۲۰ **تاریخ بازنگری:** ۱۴۰۰/۰۳/۰۷ **تاریخ پذیرش:** ۱۴۰۰/۰۶/۱۶)

چکیده

با هدف بررسی اثر کود نانو کلات آهن بر عملکرد، درصد موسیلاژ و روغن میوه بامیه و همچنین تعیین نقش کود نانو بر افزایش مقاومت به خشکی این گیاه، آزمایشی در مزرعه‌ای واقع در روستای مرادآباد از دهستان‌های بخش مرکزی شهرستان سیب و سوران به‌صورت کرت‌های خردشده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در بهار سال ۱۳۹۶ اجرا گردید. تیمارهای آزمایشی شامل تنش خشکی در سه سطح آبیاری در رطوبت ظرفیت زراعی خاک، آبیاری در ۸۰ درصد ظرفیت زراعی و آبیاری در ۶۰ درصد ظرفیت زراعی به‌عنوان فاکتور اصلی و مصرف کود نانو کلات آهن در چهار سطح صفر، ۳/۵، هفت و ۱۰ کیلوگرم در هکتار به‌عنوان فاکتور فرعی بودند. نتایج نشان داد که آبیاری در رطوبت ظرفیت زراعی خاک و مصرف ۱۰ کیلوگرم در هکتار نانو کلات آهن باعث افزایش صفات ارتفاع بوته، تعداد میوه در بوته، عملکرد میوه تازه و خشک، عملکرد بیولوژیکی،عملکرد موسیلاژ و روغن بامیه شد. البته برای صفات فوق تفاوت آماری معنی‌داری بین تیمار ۱۰ و هفت کیلوگرم در هکتار کود مشاهده نشد. همچنین در شرایط تنش (رطوبت ۸۰ و ۶۰ درصد ظرفیت زراعی خاک) مصرف کودهای نانو در مقایسه با عدم مصرف کود منجر به تعدیل‌کنندگی اثرات تنش بر روی صفات مذکور گردید؛ به‌طوری‌که تنها برای عملکرد میوه تازه مصرف ۱۰ کیلوگرم در هکتار کود سبب افزایش ۲۰/۰۵ درصدی عملکرد در مقایسه با عدم مصرف کود در شرایط رطوبت ۸۰ درصد ظرفیت زراعی خاک شد؛ و این مقدار برای رطوبت در ۶۰ درصد ظرفیت زراعی خاک ۱۹/۲۹ درصد بود. همچنین در این پژوهش بیشترین درصد موسیلاژ میوه از تیمار رطوبت در ۶۰ درصد ظرفیت زراعی و بیشترین درصد روغن میوه نیز از تیمار آبیاری در رطوبت ظرفیت زراعی خاک به‌دست آمد.

واژه‌های کلیدی: آهن، تنش کم‌آبی، سبزی، عملکرد، موسیلاژ.

استناد: کبدانی، ع.، پیری، ع. و توسلی، ا. (۱۴۰۰). تأثیر کود نانو کلات آهن بر عملکرد کمی و کیفی بامیه (*Abelmoschus esculentus* L.) در شرایط تنش خشکی. *علوم سبزی‌ها*، ۵(۱)، ۱۲۳-۱۰۹.

حق چاپ:

حق چاپ برای نویسنده (گان) این مقاله محفوظ است. بر اساس قوانین انتشارات با دسترسی آزاد، تمام مطالعات چاپ شده در این مجله به‌صورت آزاد در وب سایت مجله برای عموم بدون پرداخت هزینه قابل‌دسترس است.

مقدمه

بامیه با نام علمی *Abelmoschus esculentus* L. از تیره Malvaceae از سبزیجات مهم مناطق گرمسیری و نیمه‌گرمسیری می‌باشد که در اکثر مناطق دنیا به‌صورت تک‌کشتی و یا مخلوط با سایر گیاهان کشت می‌گردد. بامیه به سبب دارا بودن منابع سرشار از کربوهیدرات، پروتئین، چربی، مواد مغذی و ویتامین‌ها نقش مهمی در تغذیه انسان دارد (Emuuh *et al*., 2010).

با توجه به قرار گرفتن ایران در کمربند مناطق خشک و نیمه‌خشک که حدود ۹۰ درصد از اراضی کشور را شامل می‌شود و همچنین افزایش روزافزون جمعیت و متعاقب آن، افزایش نیاز غذایی، لزوم بهره‌برداری از گیاهان با درجه سازگاری بالا به اقلیم و شرایط خاکی کشور، برای تأمین نیاز غذایی کشور بیش از پیش احساس می‌شود (Kudori *et al*., 2016). کشت گیاهانی نظیر بامیه که به‌دلیل داشتن طول دوره رشد کوتاه و تحمل بالا نسبت به گرما و نور شدید تابستانه، می‌توانند گیاه مناسبی جهت افزایش تولیدات در مناطق خشک و نیمه‌خشک کشور باشد (Azarang, 2014).

علاوه بر سازگاری با محیط، در کشاورزی مدرن امروزی شناخت عوامل تغذیه‌ای گیاه و همچنین نحوه تأثیر آن‌ها بر خصوصیات کمی و کیفی محصول از مهمترین جنبه‌های موفقیت به‌شمار می‌رود (Ahmadi *et al*., 2019). امروزه انواع عناصر میکرو با فناوری نانو به دو شکل نانو ذره و نانو کلات غنی شده‌اند تا ضمن ایجاد محیطی مناسب برای فعالیت میکروارگانیسم‌ها، توان گیاه را در رشد و تولید محصول تقویت کند (Maleki Lajayer *et al*., 2021; Ghani *et al*., 2021). علاوه بر این از طریق فناوری نانو ترکیبات متنوع از عناصر کم‌مصرف و نانو کلات آهن برای تقویت محیط رشد میکروارگانیسم و همچنین شرایط مناسب برای رشد گیاه فراهم شده است (Barmaki *et al*., 2010). با به‌کارگیری نانوکودها، عناصر غذایی کود به‌تدریج و به‌صورت کنترل شده در خاک آزاد می‌شوند که این امر موجب افزایش راندمان و کیفیت منابع غذایی به‌واسطه سرعت جذب بالاتر در تمام طول فصل رشد می‌شود (Barmaki *et al*., 2010). همچنین در تحقیقات مختلف اثر تعدیل‌کننده کودهای نانو بر اثرات سوء تنش‌های محیطی خصوصاً تنش خشکی به اثبات رسیده است (Rezaei *et al*., 2009; Peyvandi *et al*., 2015; Baghai *et al*., 2012). در همین زمینه Mahdi nezhad و همکاران (۲۰۱۹) در آزمایشی بر روی ارقام خرفه (*Portulaca oleracea* L.) نشان دادند که استفاده از نانو کلات آهن موجب افزایش عملکرد دانه ارقام خرفه می‌شود؛ به‌طوری‌که تنها در شرایط تنش استفاده از این نوع کود نسبت به شاهد (عدم استفاده از کود) به‌طور متوسط سبب افزایش ۳۲/۶۶ درصدی عملکرد دانه گردید. در تحقیقی دیگر Azad و همکاران (۲۰۱۷) یافتند که مصرف نانو کلات آهن در اکثر ژنوتیپ‌های بابونه (*Matricaria Chamomilla* L.) سبب بهبود عملکرد و سیستم فتوسنتزی گیاه می‌شود. علاوه بر این کود نانو سبب تعدیل اثرات سوء تنش خشکی در ژنوتیپ‌های بابونه شد. در آزمایشی دیگر که بر روی ارقام کنجد (*Sesamum indicum* L.) انجام شد نتایج نشان داد که مصرف نانو کلات آهن در مقایسه با تیمار شاهد (عدم مصرف کود) علاوه بر خسارت بسیار کمتر تنش خشکی بر رشد گیاه، در شرایط بدون تنش نیز منجر به افزایش عملکرد دانه، درصد و عملکرد پروتئین، درصد و عملکرد روغن ارقام کنجد گردید (Ayoubi zadeh *et al*., 2018). همچنین در تحقیق Ardashiri و Jahanbin (۲۰۱۸) نتایج نشان داد که محلول‌پاشی نانو کود کلات آهن باعث بهبود تحمل کلزا (*Brassica napus* L.) در شرایط تنش خشکی شد و عملکرد را نسبت به شاهد به‌میزان ۸ درصد افزایش داد. Aghazadeh-Khalkhali و همکاران (۲۰۱۵) در بررسی عملکرد دانه و موسیلاژ اسفرزه (*Plantago psyllium* L.) در پاسخ به محلول‌پاشی کود کلات آهن یافتند که استفاده از دو گرم در لیتر نانو کود کلات آهن در مقایسه با عدم

استفاده از کود سبب افزایش معنی‌دار عملکرد وزن خشک هوایی، عملکرد دانه، میزان موسیلاژ و عملکرد موسیلاژ گیاه شد. همچنین Peyvandi و همکاران (۲۰۱۵) در گزارشی اثر مثبت کود نانو کلات آهن را بر رشد گیاهان ریحان (*Ocimum basilica* L.) اعلام کردند. در گزارش‌هایی جداگانه نیز تأثیر مثبت کودهای نانو کامل بر عملکرد غده سیب‌زمینی (*Solanum tuberosum*) و عملکرد اندام هوایی اسفناج (*Spinacia oleracea*) (Barghi & Gholipoori, 2020; Yang *et al*., 2006) گزارش شد.

در استان سیستان و بلوچستان به‌ویژه شهرستان سیب و سوران شرایط اقلیمی و جغرافیایی برای توسعه کشت بامیه مناسب است و به‌واسطه بالا بودن قیمت محصول و کوچک بودن سطوح مزارع، کشت آن دارای توجیه اقتصادی برای کشاورزان منطقه می‌باشد. کشت بامیه در منطقه به‌صورت سنتی انجام می‌شود. توصیه‌های فنی و مبتنی بر فعالیت‌های تحقیقاتی در این زمینه می‌تواند به شکوفایی تولید بامیه کمک کند. بنابراین تحقیق حاضر با هدف تأثیر مقادیر مختلف کود نانو کلات آهن بر عملکرد، اجزای عملکرد و محتوی موسیلاژ دانه بامیه تحت شرایط تنش خشکی در شهرستان سیب و سوران انجام گرفته شده است.

مواد و روش‌ها

تحقیق حاضر در بهار سال ۱۳۹۶ در مزرعه‌ای واقع در روستای مرادآباد از دهستان‌های بخش مرکزی شهرستان سیب و سوران اجرا گردید. این منطقه در عرض جغرافیایی ۲۷ درجه و ۱۲ دقیقه شمالی و طول جغرافیای ۶۰ درجه و ۲۴ دقیقه شرقی قرار دارد. ارتفاع آن از سطح دریا ۵۸۰ متر، متوسط میزان بارندگی سالیانه ۱۱۷ میلی‌متر، رطوبت نسبی ۷۰ درصد، حداکثر درجه حرارت آن ۵۰ درجه سانتی‌گراد، متوسط درجه حرارت آن ۳۱ درجه سانتی‌گراد و حداقل درجه حرارت صفر درجه سانتی‌گراد می‌باشد. آزمایش در مزرعه‌ای که سال قبل تحت آیش بود انجام گرفت. به‌منظور بررسی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک، قبل از کاشت اقدام به نمونه‌برداری از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری از نقاط مختلف خاک مزرعه گردید؛ که نتایج آن در جدول ۱ ارائه داده شده است.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک آزمایش

Table 1- Physical and chemical characteristics of experimental soil

بافت خاک	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) EC (dS m^{-1})	اسیدیته pH	کربن آلی (درصد) OC (%)	فسفر قابل‌جذب (میلی‌گرم بر کیلوگرم) P (mg kg^{-1})	پتاسیم قابل‌جذب (میلی‌گرم بر کیلوگرم) K (mg kg^{-1})	نیتروژن کل (درصد) Total N (%)
لوم رسی Clay loam	1.09	7.23	0.33	6.89	156	0.16

طرح آزمایشی به‌کار رفته در این تحقیق به‌صورت کرت‌های خردشده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار بود. تیمارها شامل تنش خشکی در سه سطح آبیاری در رطوبت ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی خاک، آبیاری در رطوبت ۸۰ درصد ظرفیت زراعی خاک و آبیاری در رطوبت ۶۰ درصد ظرفیت زراعی خاک به‌عنوان فاکتور اصلی؛ و مصرف کود نانو کلات آهن در چهار سطح صفر، ۳/۵، هفت و ۱۰ کیلوگرم در هکتار به‌عنوان فاکتور فرعی در نظر گرفته شدند. کود نانو کلات آهن از شرکت دانش‌بنیان صدور احرار شرق تهیه گردید.

زمین محل آزمایش در اوایل بهار قبل از کاشت تا عمق ۳۰-۲۰ سانتی‌متر شخم زده شد. بلافاصله پس از انجام شخم زمین دیسک زده شد سپس با استفاده از غلتک تسطیح گردید. هر کرت فرعی شامل شش خط کاشت به طول سه متر و فواصل بین ردیف‌ها ۵۰

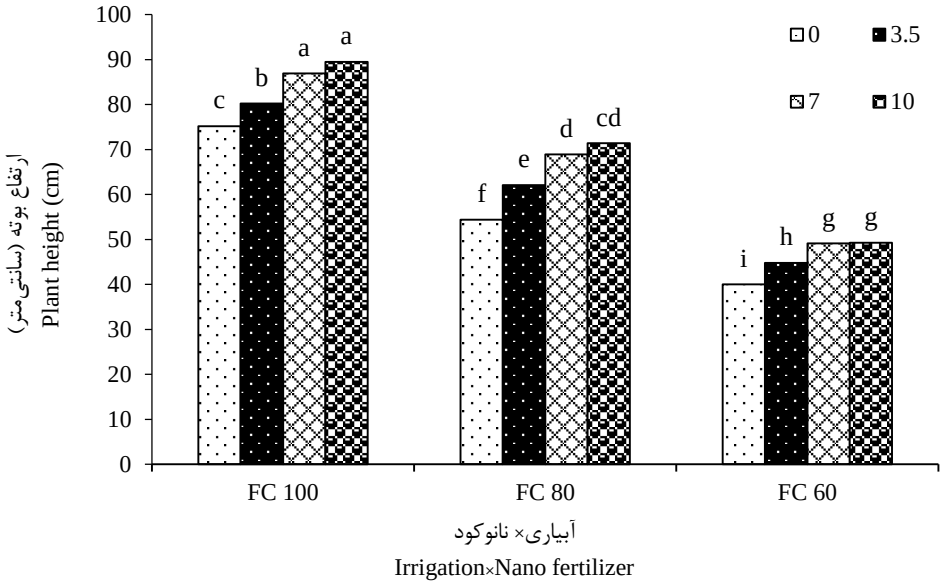
سانتی‌متر در نظر گرفته شد. کرت‌های فرعی از یکدیگر یک متر و کرت‌های اصلی از یکدیگر دو متر فاصله داشت. برای کشت از رقم بامیه هندی با درجه خلوص ۹۹ درصد استفاده شد. بذور بامیه از اداره جهاد کشاورزی شهرستان سیب و سوران تهیه گردید. کاشت به‌صورت دستی در تاریخ ۲۱ فروردین انجام گرفت. بوته‌ها روی ردیف‌ها با فاصله ۳۰ سانتی‌متری کشت شدند. عمق کاشت حدود ۱/۵ تا دو سانتی‌متر و در هر کپه دو تا سه بذر کاشته شد. بلافاصله پس از کاشت آبیاری مزرعه انجام گرفت. به‌دلیل حساسیت شدید گیاه بامیه به کم‌آبی در اوایل دوره رشد خصوصاً مرحله جوانه‌زنی (Emuuh *et al*., 2010) آبیاری مزرعه تا ۲۱ روز پس از کاشت (مرحله چهار برگی) هفته‌ای یک‌بار انجام گرفت و پس از آن سایر آبیاری‌ها مطابق با اعمال تیمارهای تنش انجام شد. برای اعمال دقیق تیمارهای تنش، از دستگاه TDR (مدل Delta T Divice، ساخت کشور چین) برای اندازه‌گیری رطوبت خاک استفاده شد و در زمان‌های معین بر اساس تیمارهای آزمایشی آبیاری انجام گردید. به‌منظور بررسی دقیق اثرات نانو کلات آهن و همچنین جلوگیری از خطای آزمایش از هیچ نوع کودی در مزرعه استفاده نشد. تیمارهای کودی آهن دو مرتبه در طول فصل رشد به‌ترتیب در مراحل چهار برگی و ابتدای گلدهی و همزمان با آبیاری محصول داخل کرت‌های مورد نظر اعمال شد. برای حصول اطمینان از یکنواخت قرار گرفتن کود در ناحیه توسعه ریشه در تمام سطح کرت، ابتدا کودهای مورد نظر در بطری کاملاً حل شده سپس در حین آبیاری به کرت‌های مربوط اضافه شدند. وجین و حذف علف‌های‌هرز به‌صورت دستی بر حسب نیاز انجام شد. برداشت محصول نیز ۶۷ روز پس از کاشت در یک بازه زمانی هفت روزه و تقریباً زمانی که طول میوه‌ها حدود هفت الی نُه سانتی‌متر رسید و میوه‌ها هنوز نرم و لطیف (در صورتی که میوه بامیه خشک و ضخیم شوند قابل‌خوردن نیست) بودند برداشت گردید. برداشت پس از حذف حاشیه‌ها در سطح یک مترمربع از هر کرت انجام گرفت و پس از آن صفات مورد بررسی بامیه شامل ارتفاع بوته، تعداد میوه در بوته، عملکرد میوه تازه و خشک، عملکرد بیولوژیکی، درصد و عملکرد موسیلاژ، درصد و عملکرد روغن میوه بامیه اندازه‌گیری شد. نحوه اندازه‌گیری عملکرد میوه و عملکرد بیولوژیکی بدین صورت بود که از سطح یک مترمربع از هر کرت تمامی بوته‌ها برداشت و به‌طور دقیق توزین شدند، بدین ترتیب عملکرد میوه تازه محاسبه شد، سپس میوه‌ها همراه با انـدام هوایی در آون با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۲۴ ساعت خشک و در نهایت از مجموع وزن خشـک میوه و انـدام هوایی عملکرد بیولوژیکی محاسبه گردید. درصد موسیلاژ و روغن بامیه به روش Sokouni Ravasan و Asefi (۲۰۱۸) اندازه‌گیری شد.

در پایان داده‌های حاصل از آزمایش با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS Var9.4 تجزیه واریانس و مقایسه میانگین‌ها نیز به روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام گرفت. همچنین شکل‌ها با نرم‌افزار Excel رسم گردیدند.

نتایج

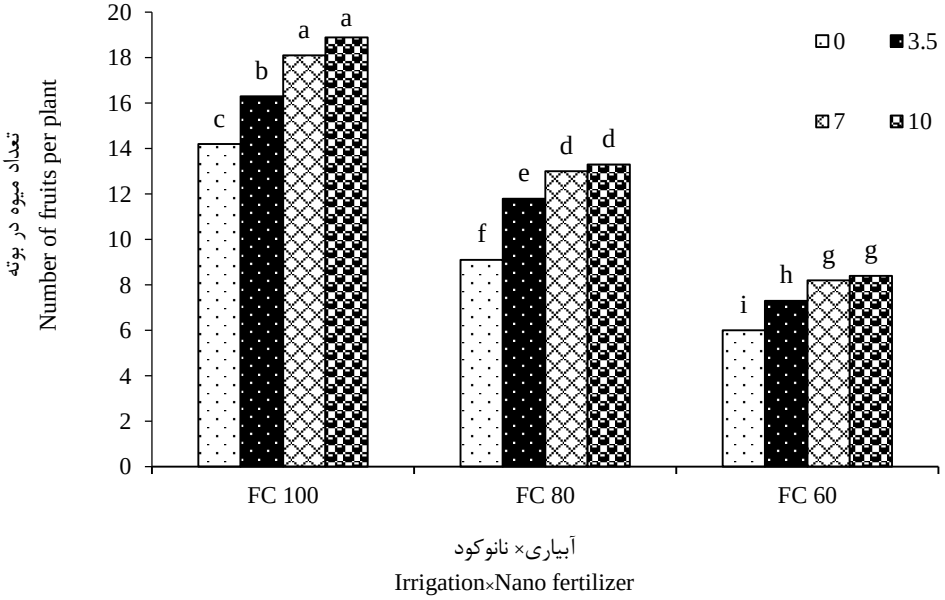
مقایسه میانگین اثر متقابل دو فاکتور نشان داد که بیشترین ارتفاع بوته بامیه با میانگین‌های ۸۹/۵ و ۸۶/۹ سانتی‌متر به‌ترتیب با مصرف ۱۰ و هفت کیلوگرم در هکتار کود نانو تحت آبیاری ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی حاصل شد و کمترین میزان آن (۴۰ سانتی‌متر) از عدم مصرف کود تحت شرایط آبیاری ۶۰ درصد ظرفیت زراعی به‌دست آمد (شکل ۱).

بیشترین (۱۸/۹ میوه در بوته) تعداد میوه در بوته با مصرف ۱۰ کیلوگرم در هکتار کود نانو تحت آبیاری ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی به‌دست آمد که با مصرف هفت کیلوگرم در هکتار کود نانو تفاوت معنی‌داری نداشت. کمترین (۶ میوه در بوته) تعداد میوه در بوته از عدم مصرف کود تحت آبیاری ۶۰ درصد ظرفیت زراعی حاصل گردید (شکل ۲).



شکل ۱- تأثیر نانوکود کلات آهن بر ارتفاع بوته بامیه تحت شرایط تنش خشکی

Figure 1- Effect of iron chelate nanofertilizer on okra plant height under drought stress conditions

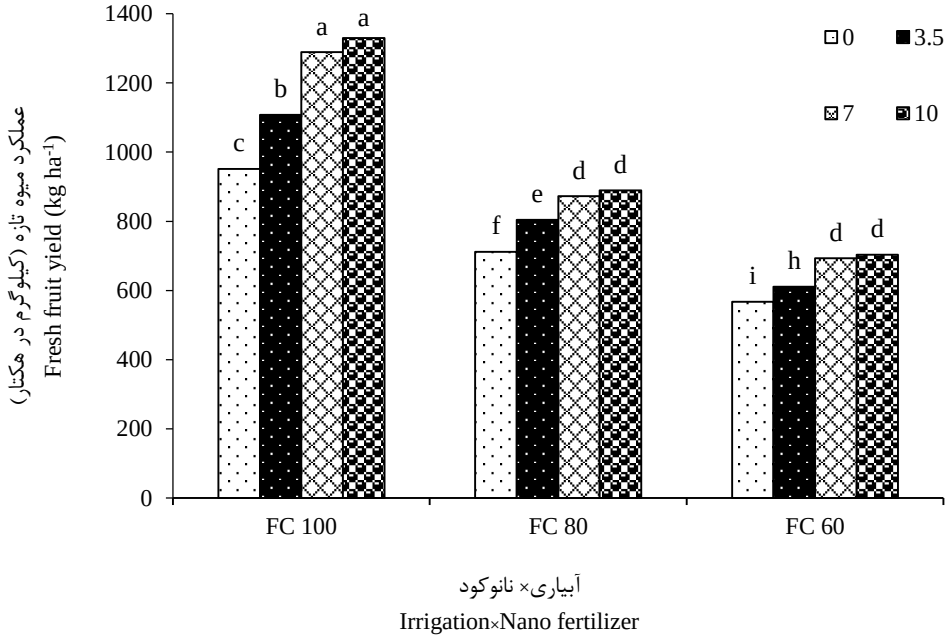


شکل ۲- تأثیر نانوکود کلات آهن بر تعداد میوه در بوته بامیه تحت شرایط تنش خشکی

Figure 2- Effect of iron chelate nanofertilizer on okra number of fruits per plant under drought stress conditions

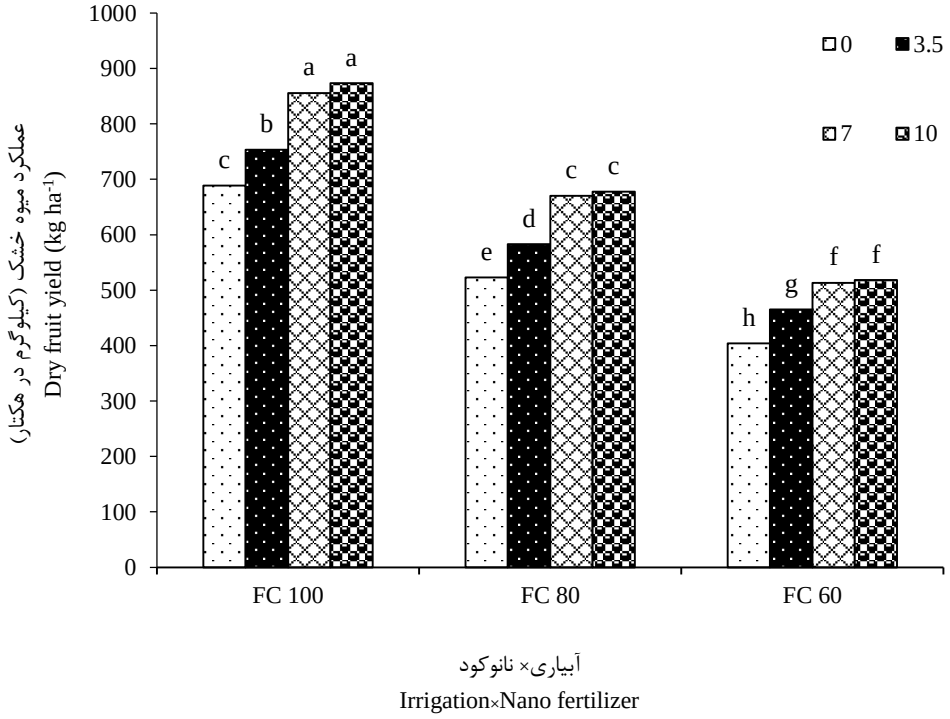
مصرف کود نانو کلات آهن به‌ترتیب به‌میزان ۱۰ و هفت کیلوگرم در هکتار سبب افزایش معنی‌دار عملکرد میوه تازه و خشک بامیه در مقایسه با عدم مصرف کود و مصرف ۳/۵ کیلوگرم در هکتار کود نانو تحت شرایط آبیاری ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی شده است که در واقع نشان‌دهنده تأثیر مثبت کودهای نانو بر افزایش عملکرد میوه است. همچنین در شرایط آبیاری ۸۰ درصد ظرفیت زراعی، مصرف کودهای نانو منجر به کاهش اثرات سوء تنش خشکی در مقایسه با عدم مصرف کود شد؛ به‌طوری‌که مصرف ۱۰، هفت و ۳/۵ کیلوگرم در هکتار کود باعث افزایش عملکرد میوه تازه به‌ترتیب به‌میزان ۲۰/۰۵، ۱۸/۴۵ و ۱۱/۵۹ درصد در مقایسه با عدم مصرف کود تحت شرایط آبیاری ۸۰ درصد ظرفیت زراعی شد و این مقادیر برای عملکرد میوه خشک به‌ترتیب ۲۲/۸۲، ۲۱/۹۷ و ۱۰/۳۳ درصد بود. مصرف ۱۰، هفت و ۳/۵ کیلوگرم در هکتار

کود سبب افزایش عملکرد میوه تازه به‌میزان ۱۹/۲۹، ۱۸/۰۵ و ۷/۱۱ درصد در مقایسه با عدم مصرف کود تحت شرایط آبیاری در ۶۰ درصد ظرفیت زراعی شد و این مقادیر برای عملکرد میوه خشک نیز به‌ترتیب ۲۲/۰۳، ۲۱/۲۱ و ۱۳/۱۳ درصد بود (شکل‌های ۳ و ۴).



شکل ۳- تأثیر نانوکود کلات آهن بر عملکرد میوه تازه بامیه تحت شرایط تنش خشکی

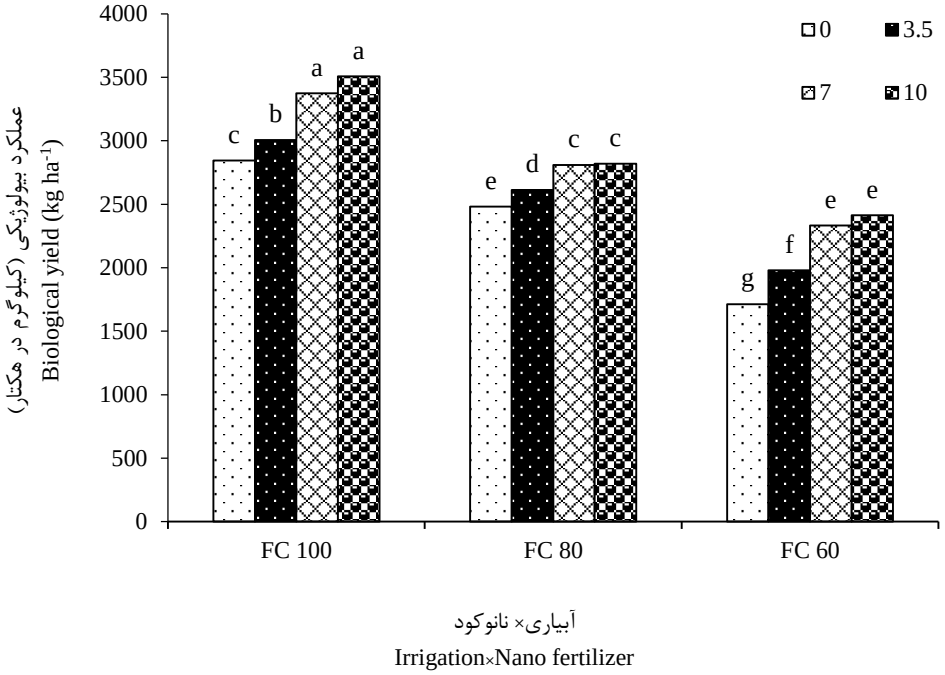
Figure 3- Effect of iron chelate nanofertilizer on okra fresh fruit yield under drought stress conditions



شکل ۴- تأثیر نانوکود کلات آهن بر عملکرد میوه خشک بامیه تحت شرایط تنش خشکی

Figure 4- Effect of iron chelate nanofertilizer on okra dry fruit yield under drought stress conditions

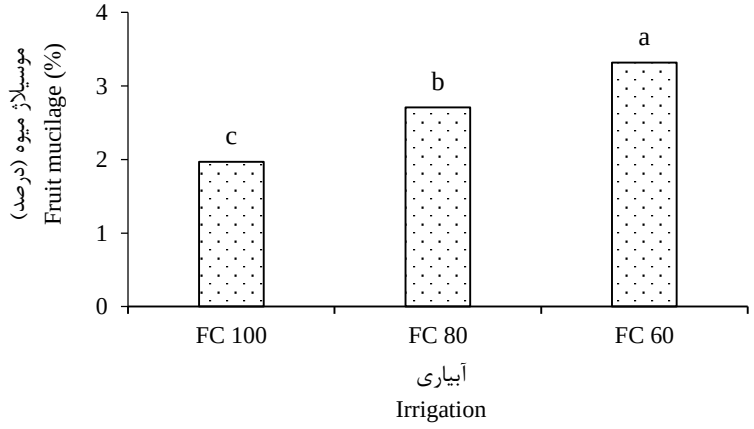
بیشترین (۳۵۰۸ کیلوگرم در هکتار) عملکرد بیولوژیکی با مصرف ۱۰ کیلوگرم کود نانو کلات آهن تحت آبیاری در ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی مشاهده شد؛ البته با مصرف هفت کیلوگرم در هکتار کود نانو کلات آهن تفاوت معنی‌داری نداشت. همچنین مصرف کودهای نانو در شرایط تنش خشکی منجر به حصول عملکرد بهتری در مقایسه با عدم مصرف کود شد و کمترین (۱۷۱۳ کیلوگرم در هکتار) عملکرد بیولوژیکی بامیه از عدم مصرف کود و آبیاری در ۶۰ درصد ظرفیت زراعی حاصل گردید (شکل ۵).



شکل ۵- تأثیر نانوکود کلات آهن بر عملکرد بیولوژیکی بامیه تحت شرایط تنش خشکی

Figure 5- Effect of iron chelate nanofertilizer on okra biological yield under drought stress conditions

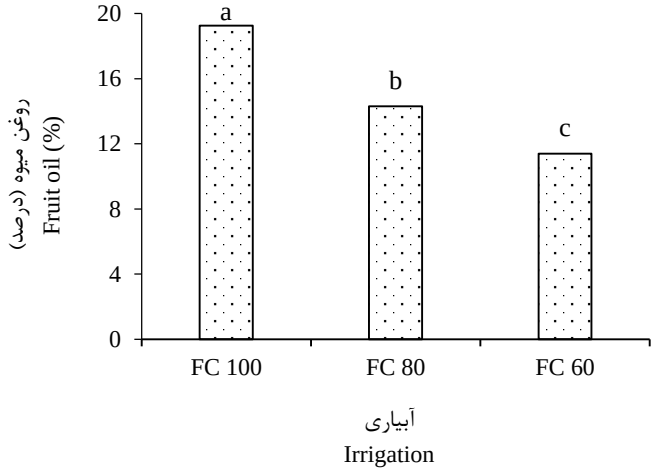
با اعمال تنش خشکی درصد موسیلاژ میوه بامیه افزایش یافت، به‌طوری‌که بیشترین (۳/۳۲ درصد) مقدار درصد موسیلاژ از آبیاری در ۶۰ درصد ظرفیت زراعی حاصل شد و آبیاری در ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی با میانگین ۱/۹۷ درصد منجر به حصول کمترین میزان درصد موسیلاژ میوه شد (شکل ۶).



شکل ۶- مقدار موسیلاژ میوه بامیه تحت شرایط تنش خشکی

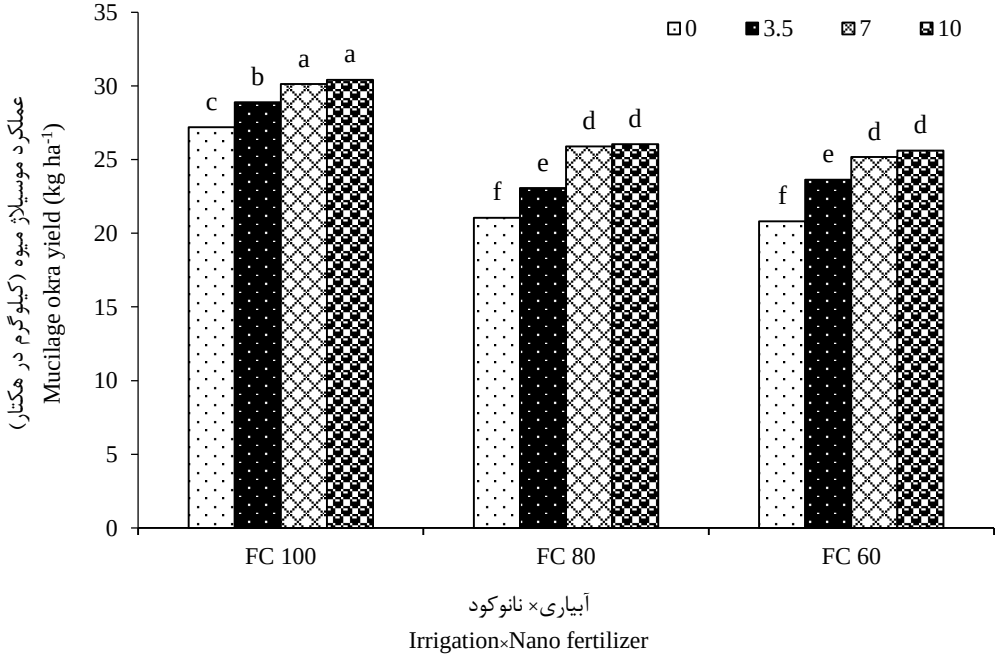
Figure 6- Okra fruit mucilage under drought stress conditions

با اعمال تنش خشکی درصد روغن میوه بامیه کاهش یافت، به‌طوری‌که بیشترین (۱۹/۲ درصد) مقدار روغن میوه بامیه از آبیاری تحت شرایط ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی و کمترین (۱۱/۴ درصد) درصد روغن میوه بامیه از آبیاری تحت شرایط ۶۰ درصد ظرفیت زراعی خاک به‌دست آمد (شکل ۷).

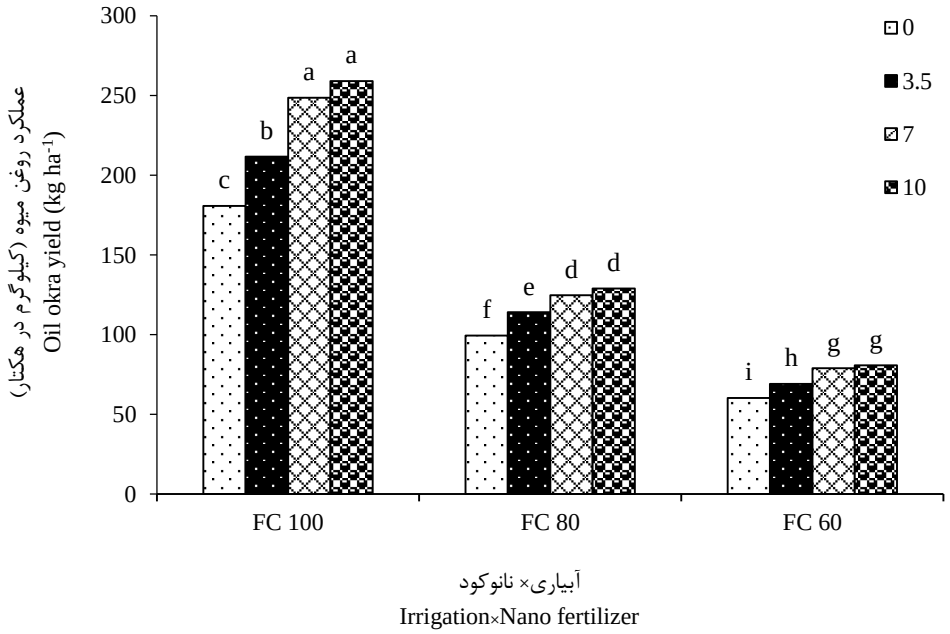


شکل ۷- مقدار روغن میوه بامیه تحت شرایط تنش خشکی
Figure 7- Okra fruit oil under drought stress conditions

بیشترین عملکرد موسیلاژ و عملکرد روغن میوه با مصرف ۱۰ کیلوگرم در هکتار کود نانو تحت آبیاری ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی حاصل گردید؛ که با مصرف هفت کیلوگرم در هکتار کود تفاوت معنی‌داری نداشت. عدم مصرف کود تحت آبیاری در ۶۰ درصد ظرفیت زراعی کمترین مقدار عملکرد موسیلاژ و میوه روغن را به خود اختصاص داد (شکل‌های ۸ و ۹).



شکل ۸- تأثیر نانوکود کلات آهن بر عملکرد موسیلاژ میوه بامیه تحت شرایط تنش خشکی
Figure 8- Effect of iron chelate nanofertilizer on okra mucilage yield under drought stress conditions



شکل ۹- تأثیر نانوکود کلات آهن بر عملکرد روغن میوه بامیه تحت شرایط تنش خشکی

Figure 9- Effect of iron chelate nanofertilizer on oil okra yield under drought stress conditions

بحث

مطابق با نتایج این پژوهش مشاهده شد که تنش خشکی سبب کاهش تمام صفات مورد بررسی بامیه به جزء درصد موسیلاژ میوه شد. Anyaoha و همکاران (۲۰۱۵) نیز گزارش کردند که با افزایش شدت تنش خشکی، ارتفاع بوته بامیه کاهش می‌یابد. در واقع کاهش پتانسیل آب بافت‌های مریستمی در طول روز موجب کاهش پتانسیل فشاری به‌حدی کمتر از میزان لازم برای بزرگ شدن سلول‌ها می‌گردد که نتیجه آن کاهش ارتفاع بوته را در پی دارد. Sankar و همکاران (۲۰۰۷) در تحقیقی نشان دادند که تنش خشکی باعث کاهش ارتفاع بوته بامیه می‌شود. به نقل از این محققین کاهش میزان آب قابل‌دسترس باعث تغییرات مورفولوژیکی در گیاه بامیه می‌گردد. همچنین در اثر تنش، تعداد میوه در بوته و عملکرد میوه بامیه با افت شدیدی مواجه شد. مطابق با تحقیق Anyaoha و همکاران (۲۰۱۵) یافتند علت اصلی کاهش تعداد میوه در بوته بامیه، به‌دلیل ریزش شدید گل‌ها در اثر کمبود آب است. در واقع تنش از طریق ریزش شدید گل‌ها تأثیر مستقیم بر کاهش تعداد میوه در بوته و در نهایت عملکرد میوه بامیه گذاشته است. Eskandari و Alizadeh Amraei (۲۰۱۷) گزارش کردند که کاهش عملکرد میوه بامیه تحت تأثیر تنش خشکی ناشی از کاهش تعداد میوه در بوته است. همچنین این محققین یافتند که تعداد میوه در بوته تأثیر بیشتری از اندازه میوه بر عملکرد میوه بامیه داشت. عملکرد بیولوژیکی نیز تحت تنش کاهش قابل‌توجهی را در مقایسه با عدم تنش نشان داد. در تحقیقی گزارش شد که تنش آب از طریق کاهش سطح برگ، بسته شدن روزنه‌ها، کاهش قابلیت هدایت روزنه‌ها، کاهش آبگیری کلروپلاست و سایر بخش‌های پروتوپلاسم و کاهش سنتز کلروفیل سبب کاهش فتوسنتز می‌گردد. محدود شدن فتوسنتز نیز کاهش رشد گیاه و عملکرد آن را در پی دارد (Hopkins & Huner, 2004; Mobasser & Tavassoli, 2013). همچنین مطابق با نتایج به‌دست آمده در این پژوهش مشخص شد که تنش از طریق کاهش ارتفاع بوته، تعداد میوه در بوته و عملکرد میوه بامیه تأثیر مستقیمی بر کاهش عملکرد بیولوژیکی داشته است. Eskandari و Alizadeh Amraei (۲۰۱۷) در تحقیقی روی بامیه علت اصلی کاهش عملکرد بیولوژیک تحت شرایط تنش

را به کاهش شاخص سطح برگ که پیامد آن کاهش تجمع ماده خشک در گیاه و همچنین کاهش ارتفاع بوته و عملکرد میوه است مرتبط دانستند.

درصد روغن میوه بامیه نیز با افزایش شدت تنش کاهش یافت. اثر منفی تنش خشکی بر میزان روغن دانه به‌علت اثر سوء بر فرآیندهای متابولیکی دانه، اختلال در انتقال مواد پرورده به دانه‌ها و احتمالاً تولید ترکیبات ثانویه نامطلوب در تولید روغن می‌باشد (Ayoubi zadeh *et al*., 2018). در تحقیقاتی که به‌منظور بررسی اثر تنش خشکی بر درصد روغن دانه گیاهان مختلف انجام شده است محققین هم نظر کاهش درصد روغن دانه در اثر تنش خشکی را گزارش کرده‌اند (Masoud Sinaki *et al*., 2007; Hadi & Kalantar, 2015; Rahbari *et al*., 2019).

در این پژوهش درصد موسیلاژ میوه بامیه تنها صفتی بود که در اثر وقوع تنش با افزایش مواجه شد. مطابق با تحقیق Rahimi و همکاران (۲۰۱۴) بیشترین میزان درصد موسیلاژ دانه اسفرزه (*Plantago ovata*) در تیمار تنش خشکی شدید (قطع کامل آبیاری پس از گلدهی) و کمترین مقدار آن از تیمار بدون تنش حاصل شد. آن‌ها علت افزایش تولید موسیلاژ دانه اسفرزه را به سازگاری ژنتیکی و فیزیولوژیکی گیاه برای حفظ جنین نوبارور بذر در شرایط تنش خشکی شدید نسبت دادند. از آنجا که یک شکل ویژه از ذخیره آب، پیوند یافتن آب با کربوهیدرات‌های آب‌دوست نظیر موسیلاژهای موجود در سلول‌ها، بافت هـادی و فضای بین‌سلولی و سطح بذر برخی گونه‌ها می‌باشـد، این سازگاری ژنتیکی منجر به توانایی بالای گیاهان در حفظ پتانسیل آب درون‌سلولی می‌شود (Kochaki *et al*., 2004).

کود نانو کلات آهن نیز بر تمام صفات مورد بررسی بامیه تأثیر مثبت داشت و در مجموع استفاده از این نوع کود توانست رشد و عملکرد بامیه را افزایش دهد و تنها بر صفات درصد موسیلاژ و روغن دانه بی‌تأثیر باشد. مزایای استفاده از نانو کود کلات آهن شامل افزایش متابولیسم گیاهان و جذب بیشتر و مؤثرتر عناصر و کودهای اصلی و همچنین رساندن هدفمند عناصر ریزمغذی به بافت‌های مشخص گیاهان می‌باشد (Rasoli *et al*., 2013). همچنین آهن نقش مهمی در سنتز کلروفیل دارد و از اجزای اصلی کلروفیل است (Taiz & Zeiger, 2002; Babaeian *et al*., 2012). از طرفی در برخی گزارش‌ها ذکر شده است که کمبود آهن، همواره موجب از بین رفتن کلروفیل و تخریب ساختمان کلروپلاست و کاهش فعالیت آنزیم‌های اکسیداز نظیر کاتالاز و پراکسیداز می‌گردد که این امر سبب کاهش شدید نرخ فتوسنتزی گیاه می‌گردد (Ahmadi *et al*., 2019).

در آزمایشی مصرف نانو ذرات آهن موجب افزایش رشد طولی لوبیا (*Vigna sinensis*) گردید که این به‌دلیل سطح مخصوص نانو ذرات آهن و قابلیت جذب و تحرک بیشتر در گیاه است (Khalaj *et al*., 2019). Amaliotis و همکاران (۲۰۰۲) گزارش کردند که یک رابطه خطی معنی‌داری بین غلظت آهن و عملکرد گیاه وجود دارد؛ به‌طوری‌که 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. نتایج آزمایشی نشان داد که مصرف ترکیبات آهن‌دار باعث افزایش عملکرد گیاه علف لیمو (*Cymbopogon flexuosus*) می‌شود (Singh *et al*., 2003). Jafari و همکاران (۲۰۱۴) با مطالعه روی گیاه شوید (*Anethum graveolens*) مشاهده کردند که محلول‌پاشی با آمینو کلات‌آهن زیست‌توده خشک را نسبت به تیمار شاهد (بدون مصرف کود) ۷/۵ درصد افزایش داد.

همچنین نتایج پژوهش نشان داد، مصرف کودهای نانو کلات آهن در مقایسه با تیمارهای بدون مصرف کود سبب افزایش نسبی صفات مورد بررسی بامیه (به جزء درصد موسیلاژ میوه) در شرایط وقوع تنش شد؛ که این موضوع بیانگر نقش تعدیل‌کنندگی اثرات سوء تنش خشکی بر صفات گیاه بامیه در شرایط مصرف کودهای نانو کلات آهن دارد. مطابق با مطالعات Taiz و Zeiger

(۲۰۰۲) آهن یک عنصر کلیدی در جذب سایر مواد مغذی محسوب می‌شود و به‌دلیل نقشی که در سنتز کلروفیل دارد، اثر تنظیم‌کنندگی بر میزان تنفس و فتوسنتز گیاهان را نیز دارا می‌باشد، بنابراین این تأثیرگذاری آهن سبب می‌شود که از این عنصر به‌عنوان یک تعدیل‌کننده مناسب در شرایط تنش نام ببرند.

نتایج پژوهش در رابطه با صفات عملکرد موسیلاژ و عملکرد روغن میوه بامیه نیز حاکی از آن بود که آبیاری در ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی و مصرف ۱۰ کیلوگرم در هکتار کود نانو کلات آهن که منجر به حصول بیشترین عملکرد میوه شده بود، سبب تولید بیشترین عملکرد موسیلاژ و عملکرد روغن میوه بامیه نیز شد. در واقع عملکرد موسیلاژ و عملکرد روغن تابعی از عملکرد میوه است. چرا که از حاصلضرب درصد موسیلاژ و درصد روغن میوه در عملکرد میوه عملکرد این دو صفت کیفی حاصل می‌شود؛ بنابراین به‌دست آمدن نتایج فوق در آبیاری در ظرفیت زراعی و مصرف ۱۰ کیلوگرم در هکتار کود نانو کلات آهن قابل پیش‌بینی بود. Rahbari و همکاران (۲۰۱۹) در آزمایشی بر روی گیاه کرچک گزارش کردند تیماری که منجر به حصول بیشترین عملکرد دانه کرچک شد، همان تیمار سبب افزایش معنی‌دار عملکرد روغن دانه گیاه شد. آن‌ها همبستگی مثبت و معنی‌دار بین عملکرد روغن با عملکرد دانه را دلیل افزایش عملکرد روغن کرچک ذکر کردند. در رابطه با عملکرد موسیلاژ دانه نیز گزارشی مشابه با عملکرد روغن توسط Rahimi و همکاران (۲۰۱۴) گزارش گردید.

نتیجه‌گیری کلی

از نـتایج به‌دست آمده در تحقیق چنین نتیجه‌گیری شد که تنش در هر دو شرایط ۸۰ و ۶۰ درصد رطوبت ظرفیت زراعی خاک سبب کاهش تمامی صفات مورد بررسی بامیه به جزء درصد موسیلاژ می‌گردد؛ اما استفاده از کودهای نانو کلات آهن تا حدودی توانست در مقایسه با عدم مصرف کود شرایط تنش را برای گیاه تعدیل نماید به‌طوری‌که برای صفات میوه تازه، میوه خشک و بیولوژیکی مصرف ۱۰ کیلوگرم در هکتار کود در مقایسه با عدم مصرف کود منجر به افزایش ۲۰/۰۵، ۲۲/۸۲ و ۱۱/۹۲ درصدی عملکرد در شرایط رطوبت ۸۰ درصد ظرفیت زراعی خاک شد و این مقادیر به‌ترتیب برای صفات فوق در شرایط رطوبت ۶۰ درصد ظرفیت زراعی خاک ۱۹/۲۹، ۲۲/۰۳ و ۲۹/۰۳ درصد بود. همچنین مصرف نانو کلات آهن در شرایط بدون تنش نیز منجر به افزایش عملکرد میوه تازه، میوه خشک و بیولوژیکی گیاه به‌ترتیب به‌میزان ۲۸/۴۵، ۲۱/۱۵ و ۱۸/۸۷ درصد در مقایسه با عدم مصرف کود شد. همچنین قابل ذکر است که در تمامی تیمارهای تنش تفاوت آماری معنی‌داری بین ۱۰ و هفت کیلوگرم در هکتار کود مشاهده نشد. در پایان پیشنهاد می‌گردد که در زراعت بامیه تلاش شود تا با آبیاری به‌موقع از وقوع تنش در دوره رشد گیاه جلوگیری به‌عمل آید زیرا افت عملکرد را به‌دنبال خواهد داشت؛ اما اگر به هر دلیلی گیاه با شرایط تنش مواجه شد می‌توان با مصرف ۱۰ و هفت کیلوگرم در هکتار کود نانو اثرات سوء تنش را کاهش داد. همچنین توصیه می‌شود استفاده از این مقادیر کود در شرایط بدون تنش نیز بهبود عملکرد گیاه را به‌دنبال خواهد داشت.

References

- Ahmadi, L., Ghobadi, M., Saeidi, M. & Ghaderi, J. (2019). The effect of supplemental irrigation, time and methods of Fe fertilizer application on qualitative and quantitative traits of chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Iranian Journal of Pulses Research*, 10(2), 119-131. (In Persian)
- Aghazadeh-Khalkhali, D., Mehrafarin, A., Abdossi, V. & Naghdi Badi, H. (2015). Mucilage and seed yield of psyllium (*Plantago psyllium* L.) in response to foliar application of nano-iron and potassium chelate fertilizer. *Journal of Medicinal Plants*, 14(56), 23-34. (In Persian)
- Amaliotis, D., Velemis, D., Bladenopoulou, S. & Karapetsas, N. (2002). Leaf nutrient levels of

strawberries (cv. Tudla) in relation to crop yield. *Acta Horticulture*, 567, 447-450.
- Anyaoha, C. O., Orkpeh, U. & Fariyike, T. A. (2015). The effects of drought stress on flowering and fruit formation of five okra genotyes in south-west Nigeria. Continental. *Journal of Agriculture Sciences*, 9, 28-33.
- Ardashiri, T. & Jahanbin, S. (2018). Effect of foliar application of nano-iron and zinc chelated on yield, yield components and harvest index of canola under drought stress conditions. *Crops Improvement*, 20(1), 31-43. (In Persian)
- Ayoubi zadeh, N., Laei, G., Amini Dehghi, M., Masoud Sinaki, J. & Rezvan Sh. (2018). Effect of foliar application of iron nano-chelate and folic acid on seed yield and some physiological traits of sesame cultivars under drought tension conditions. *Crop Physiology Journal*, 10(40), 55-74. (In Persian)
- Azad, H., Fakheri, B., Mehdi Nejhad, N. & Parmoon, G. (2017). Response of different irrigation on nano iron chelated to chamomile genotypes. *Journal of Crop Ecophysiology*, 11(3), 565-584. (In Persian)
- Azarang, Z. (2014). The effect of foliar application with organic and micronutrients on morphological characters, yield and yield components of Okra in Iranshahr. M.Sc Thesis in Agronomy. Payame Noor University, Zahedan center, Iran.
- Babaeian, M., Esmaeilian, Y., Tavassoli, A. & Asgharzade, A. (2012). Efficacy of different iron, zinc and magnesium fertilizers on yield and yield components of barley. *African Journal of Microbiology Research*, 6(28), 5754-5756.
- Baghaie, N., Keshavarz, N., Amini Dehaghai, M. & Nazaran, M. H. (2012). Effect of Nano iron chelate fertilizer on yield and yield of Cumin (*Cuminum cyminum*) under different irrigation intervals. National congress on Medicinal plants. Kish Island. Iran. (In Persian).
- Barghi, A. & Gholipoori, A. (2020). Variations of potato tuber yield and quality in response to vermicompost application and complete nanofertilizer. *Journal of Vegetables Sciences*, 4(1), 41-56. (In Persian)
- Barmaki, S., Modarres Sanavy, M. & Mehdizadeh, V. 2010. Application of nanotechnology in order to chemical fertilizers optimal consumption with emphasis on nano fertilizers The 1st Iranian Fertilizer Challenges Congress, Tehran. 1-11. (In Persian).
- Emuuh, I. F. N., Ofuoku, A. E. & Oyefia, E. (2010). Effect of intercropping okra (*Hibiscus esclentus*) with pumpkin (*Curcubita maxima* Dutch ex Lam) on some growth parameters and economic. *Agriculture and Biology Journal of North America*, 1(3), 225-231.
- Eskandari, H. & Alizadeh Amraei, A. (2017). Evaluation of the effect of drought on germination, growth, and fruit yield of okra (*Abelmoschus esculentus*). *Journal of Water Research and Agriculture*, 31(3), 376-388. (In Persian)
- Ghani, A., Mohtashami, S. & Jamalian, S. (2021). Morphological and biochemical responses of summer savory (*Satureja hortensis* L.) to chelated plus nano fertilizer application. *Journal of Vegetables Sciences*, 4(2), 81-96. (In Persian)
- Hadi, H. & Kalantar, A. (2015). Effects of mycorhizal symbiosis, application of super absorbant gel, glycine-betain and sugar beet extract on physiological traits and seed yield of castor bean (*Ricinus communis* L.) in drought stress conditions. *Iranian Journal of Crop Sciences*, 17(3), 236-250. (In Persian)
- Hopkins, W. G. & Huner, N. P. A. (2004). Introduction to plant physiology. John Willy and Sons, Inc., New York, USA.

- Jafari, F., Gholchin, A. & Shafiei. S. (2014). Effect of foliar application of nitrogen and amino chelated iron on growth and yield of *Anethum graveolens*. *Science and Technology of Greenhouse Culture*, 5(17), 1-12. (In Persian)
- Khalaj, H., Baradarn Firouzabadi, M. & Delfani, M. (2019). Effect of nano iron and magnesium chelate fertilizers on growth and grain yield of *Vigna sinensis* L. *Journal of Plant Process and Function*, 9(35), 160-177. (In Persian)
- Kochaki, A., Tabrizi, L. & Mahallati, M. (2004). Organic cultivation of Isabgul and French psyllium in response to drought stress. *Iranian Journal of Agronomy Research*, 2(1), 10-18. (In Persian)
- Kudori, M. R., Safekhani, F., Rahmani, G., Yazdi, M. S. & Darvishi Zeydabadi, D. (2016). Introduction of proper medicinal plant in order to cultivate in dry land area. *Journal of Irrigation and Water Engineering*, 6(24), 153-166. (In Persian)
- Mahdi nezhad, N., Jamalpour, H., Fakheri B. & Azad, H. (2019). The study of the response of some physiological characteristics and grain yield of Purslane cultivars to drought stress and foliar application of chelated nano iron. *Journal of Plant Environment Physiology*, 14(54), 74-89. (In Persian)
- Maleki Lajayer, H., Soltanzadeh-pormehr, S., Torabi- giglou, M., Poorbeyrami Hir, Y. & Chamani, E. (2021). Effects of pre-treatment with salicylic acid and silicon nanoparticles on germination, growth and physiological indices of savory (*Satureja hortensis*) seeds under lead heavy metal stress. *Journal of Vegetables Sciences*, 4(2), 147-160. (In Persian)
- Masoud Sinaki, S., Majidi Heravan, E., Shirani Red, H., Noormohammadi, G. & Zarei, G. (2007). The effects of water deficit during growth stages of canola. *American Eurasian Journal of Agriculture and Environmental Science*, 2(4), 417-422.
- Mobasser, H. R. & Tavassoli, A. (2013). Effect of water stress on quantitative and qualitative characteristics of yield in sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Journal of Novel Applied Sciences*, 2(9), 299-302.
- Peyvandi, M., Parandeh, H. & Mirza, M. (2015). Comparison of nano Fe and Fe chelate fertilizers on the quality and the quantity of *Ocimum basilicum* L. essential oil. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 31(2), 185-193. (In Persian)
- Rahbari, A., Masoud Sinaki, J., Damavandi, Ali. & Rezvan, S. (2019). Responses of castor (*Ricinus communis* l.) to foliar application of zinc nano-chelate and humic acid under limited irrigation. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*, 29(2), 153-171. (In Persian)
- Rahimi, A., Jahansoz, M. R. & Rahimian Mashhadi, H. (2014). Effect of drought stress and plant density on quantity and quality charactristics of isabgol (*Plantago ovata*) and french psyllium. *Journal of Crop Production and Processing*, 4(12), 143-156. (In Persian)
- Rasoli, M., Khodabakhshzadeh, S., Afrozi, K. H. & Ahmadi-Ghorejili, Y. (2013). Study the applied and the effects of nano fertilizers in the optimal production of agricultural products (Case Study: The Impact of Nano amendments grape production and horticultural crops). Nanotechnologies the first conference, the benefits and applications. Mofatteh of the University of Hamadan. (In Persian)
- Rezaei, R., Hosseini, M., Shabanali Fami, H. & Safa, L. (2009). Identification and analysis of the barriers of nanotechnology development in the Iranian agricultural sector from the viewpoint of the researchers. *Journal of Science & Technology Policy*, 2(1), 17-20. (In Persian)
- Sankar, B., Abdul Jaleel, C., Manivannan, P., Kishorekumar, A., Somasundaram, R. & Panneerselvan, R. (2007). Drought-induced biochemical

modifications and proline metabolism in *Abelmoschus Esculentus* (L.) Moench. *Acta Botanica Croatica*, 66, 43-56.
- Singh, R. K., Singh, R. P. & Singh, R. S. (2003). Effect of iron on herbage and oil yield of lemon grass (*Cymbopogon flexuosus*). *Crop Research*, 26, 185-187.
- Sokouni Ravasan, M. & Asefi, N. (2018). Extraction of okra plant gum and evaluation of its physico-chemical properties. *Journal of Food Research*, 28(4), 31-43. (In Persian)
- Taiz, L. & Zeiger, E. (2002). Plant Physiology, 3rd. edition. Sinauer Associates, Inc., Publishers. *Sunderland, Massachusetts. USA*. pp430.
- Yang, F., Hong, W., You, J., Liu, C., Gao, F. Q., Wu, C. & Yang, P. (2006) Influences of nanoanatas Tio on the nitrogen metabolism of growing spinach. *Biological Trace Element Research*, 110, 179-190.