University of Tehran Press

Iranian Journal of Field Crop Science

Online ISSN: 2423-8082

Homepage:https://ijfcs.ut.ac.ir/

The Effect of Planting Date, Irrigation Interval, Urea, Iron and Zinc Sulfate Foliar Application on Morphological and Fruit Yield in Okra

Leila Jahanban[1]✉ | Salahoddin Moradi [2] | Abolfazl Baghbani Arani [3]

1. Coressponding Author, Department of Agriculture, Payame Noor University, Tehran, Iran. Email: jahanban96@pnu.ac.ir
2. Department of Agriculture, Payame Noor University, Tehran, Iran. Email: 6341ms@pnu.ac.ir
3. Department of Agriculture, Payame Noor University, Tehran, Iran. Email: abolfazlbaghbani@pnu.ac.

Article Info

Article type:
Research Article

Article history:
Received: December 23, 2024
Received in revised form: February 16, 2025
Accepted: February 26, 2024
Published online: June 22, 2025

Keywords:
Length and number of fruits,
low irrigation,
micronutrient elements,
nitrogen fertilizer,
planting date.

ABSTRACT

Drought stress and lack of nutrients are the main factors limiting plant production in arid and semi-arid regions, including Iran. To determine the optimal planting date and assess the impact of urea and foliar application of Fe and Zn under different soil moisture conditions on morphological characteristics of okra; a factorial experiment was conducted based on a randomized complete block design with three replicates in Marivan Payame Noor University during 2023-2024. The treatments consisted of four factors: Planting date (5 May, 22 May), irrigation intervals (four and eight days interval), urea (200 kg. ha^{-1} and control) and foliar application of Fe and Zn (FeSO4, ZnSO4 and control). The results of the experiment showed that the four-day irrigation interval significantly increased the final fruit yield compared to the eight-day irrigation interval. The application of urea during the rooting phase, along with two foliar applications of iron (Fe) and zinc (Zn), resulted in significant differences in several characteristics including shoot wet and dry weight, root wet and dry weight, concentrations of Fe and Zn, and the number of fruits produced. In conclusion, the optimal yield of okra was achieved with a planting date of May 5, utilizing irrigation every four days, along with foliar applications of iron and 200 kg ha^{-1} of urea. Conversely, the combination of an eight-day irrigation interval and a planting date of May 22, without the application of urea or foliar treatments of iron and zinc, resulted in subpar outcomes. While proper nutrition including urea, zinc sulfate, and iron can enhance growth, it could not offset the detrimental effects of water stress caused by the eight-day irrigation interval and the delayed planting date.

Cite this article: Jahanban, L., Moradi, S., & Baghbani-Arani, A. (2025). The effect of planting date, irrigation interval, iron and zinc sulfate foliar application on morphological and fruit yield in okra. *Iranian Journal of Field Crop Science*, *56*(2), 133-145. Doi: 10.22059/ijfcs.2025.386769.655116.

© The Authors.

Publisher: University of Tehran Press.

DOI: http//doi.org/10.22059/ijfcs.2025.386769.655116

انتشارات دانشگاه تهران

علوم گیاهان زراعی ایران

شاپا الکترونیکی: ۸۰۸۲-۲۴۲۳

Homepage:https://ijfcs.ut.ac.ir/

تأثیر تاریخ کشت، دور آبیاری، اوره و محلول‌پاشی سولفات آهن و روی بر خصوصیات ریخت‌شناسی و عملکرد میوه بامیه

لیلا جهانبان [۱] ✉ | صلاح‌الدین مرادی [۲] | ابوالفضل باغبانی‌آرانی [۳]

۱. نویسنده مسئول، گروه کشاورزی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران. رایانامه: jahanban96@pnu.ac.ir

۲. گروه کشاورزی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران. رایانامه: 6341ms@pnu.ac.ir

۳. گروه کشاورزی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران. رایانامه: abolfazlbaghbani@pnu.ac.ir

اطلاعات مقاله

نوع مقاله: مقالهٔ پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۰/۰۳
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۱۱/۲۸
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۲/۰۸
تاریخ انتشار: ۱۴۰۴/۰۴/۰۱

کلیدواژه‌ها:
تاریخ کاشت،
طول و تعداد میوه،
عناصر کم‌مصرف،
کم‌آبیاری،
کود نیتروژن.

چکیده

خشکی و کمبود مواد غذایی عوامل اصلی محدودکننده تولیدات گیاهی در مناطق خشک و نیمه‌خشک از جمله ایران هستند. به منظور بررسی اثر تاریخ کشت، کود اوره و محلول‌پاشی آهن و روی در شرایط متفاوت رطوبتی خاک بر خصوصیات ریخت‌شناسی و عملکرد بامیه، آزمایشی به‌صورت چندعاملی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در دانشگاه پیام نور مرکز مریوان در سال ۱۴۰۳-۱۴۰۲ اجرا شد. عامل‌های آزمایشی شامل چهار عامل تاریخ کاشت (۱۵ اردیبهشت و یک خرداد)، دور آبیاری (فاصله چهار و هشت روز یک‌بار)، مصرف خاکی کود اوره (صفر و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار)، و محلول‌پاشی سولفات آهن و روی و شاهد بود. نتایج آزمایش نشان داد که دور آبیاری چهار روزه نسبت به آبیاری هشت روزه افزایش معنی‌داری بر عملکرد نهایی میوه داشت. مصرف خاکی اوره در هنگام ریشه‌زایی و محلول‌پاشی سولفات آهن و روی در برخی از صفات از جمله وزن تر و خشک اندام هوایی، وزن تر و خشک ریشه، غلظت عناصر آهن و روی و تعداد میوه نسبت به تیمار شاهد اختلاف معنی‌داری ایجاد کرد. در نهایت می‌توان نتیجه‌گیری کرد که بهترین عملکرد بامیه در تلفیق کشت ۱۵ اردیبهشت، دور آبیاری چهار روز یک‌بار، محلول‌پاشی آهن و مصرف خاکی ۲۰۰ کیلوگرم اوره در هکتار مشاهده شد. در آبیاری هشت روزه و تاریخ کاشت اول خرداد که بدون محلول‌پاشی آهن و روی و بدون مصرف خاکی اوره بود، نامناسب‌ترین نتایج به‌دست آمد. درحالی‌که تغذیه مناسب (اوره، سولفات روی و آهن) می‌تواند باعث افزایش رشد شود ولی قادر به جبران اثرات منفی تنش کم‌آبی (هشت روز یک‌بار) و تاریخ کاشت دیرهنگام (اول خرداد) نمی‌باشد.

استناد: جهانبان، ل.، مرادی، ص.، و باغبانی‌آرانی، ا. (۱۴۰۴). تأثیر تاریخ کشت، دور آبیاری، اوره و محلول‌پاشی سولفات آهن و روی بر خصوصیات مورفولوژیک و عملکرد میوه بامیه. *علوم گیاهان زراعی ایران*، ۵۶(۲)، ۱۳۳-۱۴۵.
Doi: 10.22059/ijfcs.2025.386769.655116

ناشر: موسسه انتشارات دانشگاه تهران.

© نویسندگان

۱. مقدمه

کم‌آبیاری یکی از عوامل محدودکننده تولید گیاهان زراعی در مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان از جمله ایران می‌باشد که به کاهش عملکرد و کیفیت محصول گیاهان زراعی منجر می‌شود (Baghbani-Arani *et al*., 2024). کاشت گیاهان در زمان مناسب و آبیاری به‌موقع از جمله اقدامات موثر در افزایش کارایی مصرف آب در هر منطقه به‌شمار می‌رود (Keyvan Rad *et al*., 2021). بامیه به‌دلیل داشتن طول دوره رشد کوتاه و تحمل بالا نسبت به گرما و نور شدید تابستان، می‌تواند گیاه مناسبی جهت افزایش تولید محصول در مناطق خشک و نیمه‌خشک کشور باشد (Kobdani *et al*., 2021).

گیاه بامیه با نام علمی (*Abelmoschus esculentus* L.) متعلق به خانواده پنیرک، گیاهی یکساله است که موطن اصلی آن را شمال آفریقا، مصر و نواحی مدیترانه‌ای دانسته‌اند و در حال حاضر در برخی از کشورهای خاورمیانه، ترکیه، پاکستان، هندوستان و ایران در سطح وسیع کشت می‌شود. میزان تولید جهانی بامیه ۱۰/۵۴ میلیون تن از سطحی معادل ۲/۵ میلیون هکتار و سطح زیر کشت آن در ایران در حدود ۱۷۶۰ هکتار می‌باشد (FAO, 2023). بامیه به عنوان منبع ارزان‌قیمتی از روغن‌ها و پروتئین‌ها، آمینواسیدهای ضروری و غیر ضروری (قابل مقایسه با سویا)، کربوهیدرات‌ها، ویتامین‌ها (A، B و C) و مواد معدنی (منیزیم، سدیم، پتاسیم و کلسیم)، فیبر و موسیلاژ و نیز فولات یک غذای سالم و محبوب در جهان به شمار می‌رود (Romdhane *et al*., 2020; Jalilian *et al*., 2023).

بامیه گیاه فصل گرم است و به هوای سرد و یخبندان مقاومت ندارد در مناطق با دوره رشد کوتاه و شب‌های نسبتاً سرد به‌خوبی رشد نمی‌کند و میوه خوبی نمی‌دهد. بنابراین کشت آن اول فصل صورت نمی‌گیرد. همچنین در روزهای کوتاه و شب‌های سرد میزان محصول آن پایین می‌آید (Tavoosi *et al*., 2015). بامیه یک ریشه اصلی عمیق دارد و در لایه‌های سطحی خاک نیز دارای ریشه سطحی متراکم است به همین علت تا حدودی تنش خشکی را تحمل می‌کند. در عین حال، بامیه به علت ساقه اصلی ضخیم که در بعضی از ارقام آن شاخه فرعی زیادی تولید می‌کند، دارای مصرف آب بالایی می‌باشد (Tarassoum, 2019; Ghannad *et al*., 2014). به همین دلیل برای دست‌یابی به عملکرد مطلوب بامیه، نیاز است در طول دوره رشد طولانی، آب کافی فراهم شود (Abd El-Kader *et al*., 2010). بسته به نوع رقم، کمبود آب می‌تواند علاوه بر تاخیر در گلدهی، از تشکیل میوه در بامیه جلوگیری کند و باعث افت شدید عملکرد شود (Benchasri, 2012; Anyaoha *et al*., 2015).

در آزمایشی با بررسی پنج سطح آبیاری (سه، پنج، هفت، نه و ۱۱ روز یکبار) روی بامیه گزارش شد که با افزایش دور آبیاری تا هفت روز، عملکرد افزایش یافت (Anyaoha *et al*., 2015) در تحقیقی دیگر روی بامیه با فواصل آبیاری (آبیاری مطلوب هشت روز و کم‌آبیاری متوسط ۱۰ روز و شدید ۱۲ روز یکبار) مشاهده شد که بیشترین میزان کلروفیل، ارتفاع بوته، تعداد شاخه جانبی، برگ و میوه و عملکرد تر و خشک میوه بامیه در آبیاری هشت روز یک‌بار به‌دست آمد (Keyvan Rad *et al*., 2021). در این راستا، محققان دیگری در منطقه خوزستان گزارش کردند که افزایش دور آبیاری تجمع ماده خشک، شاخص سطح برگ، ارتفاع بوته، تعداد میوه در بوته، عملکرد بیولوژیک و عملکرد میوه بامیه را کاهش داد و لذا برای تولید بهینه محصول بامیه، این گیاه نباید در طول دوره رشد با خشکی مواجه شود (Eskanderi & Alizadeh Omaraii, 2017).

از سوی دیگر، انتخاب تاریخ کاشت مناسب به علت استفاده حداکثر از منابع محیطی طی فصل رشد و بهره‌گیری بهینه از عوامل اقلیمی (درجه حرارت، طول روز و همچنین تطابق زمان گلدهی با حرارت مناسب) حائز اهمیت است (Zareei Siahbidi *et al*., 2021; Keyvan Rad *et al*., 2021). با انتخاب تاریخ کاشت مناسب، مراحل مختلف نمو گیاهی با شرایط مطلوب محیطی منطبق می‌شود که این امر سبب افزایش راندمان فتوسنتز و در نتیجه ذخیره مطلوب مواد فتوسنتزی می‌شود (Keyvan Rad *et al*., 2021). پژوهشی در کرج روی گزارش کرد که از سه تاریخ کاشت مورد مطالعه (۱۴ و ۲۸ خرداد و ۱۱ تیر) بیشترین ارتفاع بوته، تعداد شاخه جانبی، برگ و میوه در تاریخ کاشت ۱۴ خرداد و بیشترین عملکرد تر میوه در تاریخ ۲۸ خرداد حاصل شد (Keyvan Rad *et al*., 2021). Miri (2006) طی آزمایشی گزارش کرد که بین تاریخ کاشت‌های (۱۵ و ۳۰ بهمن، ۱۵ اسفند و یک فروردین)، تاریخ کاشت ۱۵ اسفند از بیشترین ارتفاع بوته، شاخه‌های جانبی، طول میوه، تعداد میوه در بوته و وزن تک میوه بامیه در شرایط آب و هوایی ایرانشهر برخوردار بود. در تاریخ کاشت‌های زودتر، دوره میوه‌دهی بامیه طولانی‌تر و عملکرد و اجزاء عملکرد (تعداد میوه در بوته، وزن یک میوه، طول و قطر میوه و طول دوره برداشت) بیشتری تولید می‌شود؛ در

حالی‌که در تاریخ کاشت دیرهنگام ممکن است دوره میوه‌دهی به سرمای زودرس پاییز برخورد کند که توصیه نمی‌گردد. نتایج تحقیقات در شرایط آب و هوایی خوزستان نیز نشان داد که تاریخ کاشت ۲۵ بهمن به همراه کاربرد خاکپوش پلاستیکی شفاف بهترین گزینه برای تولید بامیه است (Dehghani *et al*., 2015).

دمای بالا در فصل تابستان و وضعیت تغذیه‌ای نامناسب، اثر تنش خشکی را پیچیده‌تر می‌کند. گیاهی که خوب تغذیه شده و به مقدار کافی عناصر کم‌مصرف و پرمصرف را دریافت کرده باشد، مقاومت بهتری به خشکی خواهد داشت (Amirinejad *et al*., 2016). همچنین در شرایط کم‌آبی و تنش خشکی، تغییر الگوی کاشت و بهره‌گیری از گیاهان سازگار به خشکی و راهکارهای افزایش عملکرد در واحد سطح، ضروری به‌نظر می‌رسد. علاوه بر سازگاری با محیط، شناخت عوامل تغذیه‌ای گیاه و نیز نحوه تاثیر آنها بر خصوصیات کمی و کیفی محصول از مهمترین جنبه‌های موفقیت در بهینه‌سازی تولید گیاهان زراعی به شمار می‌رود (Kobdani *et al*., 2021; Baghbani- Arani & Poureis, 2024).

محلول‌پاشی برگی یک روش بسیار مناسب برای تامین نیازهای غذایی گیاهان به‌ویژه از لحاظ عناصر غذایی ریزمغذی به‌شمار می‌رود (Baybordi & Mamedov, 2010). روی و آهن از عناصر ضروری برای رشد گیاهان محسوب می‌شوند. در ایران نیز در بین عناصر کم‌مصرف، کمبود آهن و روی از عوامل موثر در کاهش عملکرد گیاهان زراعی به‌شمار می‌روند. در شرایط کمبود آهن مقدار کلروفیل برگ‌ها کاهش می‌یابد؛ بنابراین مقدار فتوسنتز و سرعت تثبیت دی‌اکسید کربن در واحد سطح برگ کاهش پیدا می‌کند و در نتیجه آن از ذخیره نشاسته و قند در برگ‌ها کاسته می‌شود. با کاهش میزان رطوبت خاک تحرک عنصر روی در محلول خاک کاهش و با توجه به محدودیت رشد ریشه، گیاه به‌طور مضاعفی با کمبود این عنصر مواجه خواهد شد. با انجام محلول‌پاشی، کمبود این عنصر در گیاه جبران خواهد شد (Baghbani- Arani *et al*., 2016). Satpute *et al*. (2013) نیز نشان دادند که استفاده از ۲۰ کیلوگرم در هکتار سولفات روی و سولفات آهن همراه با بوراکس به مقدار پنج کیلوگرم در هکتار به‌طور معنی‌داری سبب افزایش ارتفاع بوته، تعداد گره‌ها در بوته، افزایش تعداد گل‌ها، میانگین قطر میوه، طول میوه و وزن متوسط میوه‌های بامیه می‌شود. Naruka *et al*. (2000) با محلول‌پاشی روی بامیه، گزارش کردند که افزایش سطح روی، باعث افزایش ارتفاع، تعداد، قطر و عملکرد میوه می‌شود. به‌طور کلی، با توجه به نقش عناصر آهن و روی در فتوسنتز می‌توان گفت عناصر کم‌مصرف با افزایش توان فتوسنتزی و میزان فتوسنتز گیاهان باعث افزایش عملکرد در گیاهان می‌شود.

در مطالعه‌ای گزارش شد که محلول‌پاشی عناصر کم‌مصرف آهن و روی در مناطق در معرض تنش کم‌آبی، تاثیر مفیدی در افزایش صفات بیوشیمیایی و مقاومت به تنش خشکی در گیاهان دارویی دارد (Amirinejad *et al*., 2016). از طرفی دیگر، Adlan *et al*. (2017) گزارش کردند که استفاده از مقدار زیاد نیتروژن (۱۲۹کیلوگرم بر هکتار) بر ارتفاع بوته بامیه اثر مثبت داشت، در حالی‌که مقادیر پایین (۴۳ کیلوگرم بر هکتار) اثرات کمتری داشت و همچنین سبب افزایش یک تن در هکتار در عملکرد تازه و خشک میوه بامیه شده است که این نتایج به‌دلیل محتوای بالاتر نیتروژن است که موجب افزایش ارتفاع گیاه و برگ‌های بیشتر می‌شود. با توجه به اهمیت گیاه بامیه در مصارف دارویی و غذایی و با توجه به خشکسالی و بحران کم‌آبی در مناطق خشک و نیمه‌خشک، و ازآنجایی‌که تاریخ کاشت یکی از عوامل مهم در حصول عملکرد مطلوب هر گیاهی است و تاکنون تحقیقاتی در این زمینه روی گیاه بامیه در منطقه استان کردستان به‌ویژه شهرستان مریوان انجام نشده است و همچنین فقر غذایی خاک‌های استان کردستان (شهرستان مریوان) به‌ویژه از نظر عناصر کم‌مصرف آهن و روی و قابلیت‌های این استان و شهرستان در زمینه تولید گیاهان دارویی و غذایی، ضرورت این تحقیق احساس می‌شد. بدین‌منظور، مطالعه حاضر به منظور شناخت اثرات تاریخ کشت، دور آبیاری، اوره و محلول‌پاشی آهن و روی بر عملکرد و خصوصیات ریخت‌شناسی گیاه بامیه و معرفی بهترین تاریخ کاشت و بررسی امکان افزایش تحمل بامیه به تنش کم‌آبی از طریق محلول‌پاشی عناصر کم‌مصرف صورت گرفته است.

۲. روش‌شناسی پژوهش

تحقیق حاضر در سال زراعی ۱۴۰۳-۱۴۰۲ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه پیام نور مرکز مریوان واقع در شهرستان مریوان در غرب استان کردستان انجام گرفت. میانگین دمای سالانه منطقه مورد نظر ۱۳/۴ درجه سانتی‌گراد، ارتفاع از سطح دریا ۱۳۲۰ متر و میانگین بارش سالانه ۸۸۷ میلی‌متر است. قبل از کاشت و تهیه بستر از محل آزمایش از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری نمونه‌برداری و

ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک تعیین شد. بافت خاک محل مورد آزمایش (به روش هیدرومتری) لوم رسی و pH گل اشباع آن تا عمق گسترش ریشه ۷/۳۸ بود. مقادیر آهن، مس، منگنز و روی قابل جذب گیاه در خاک از طریق عصاره‌گیری با DTPA و قرائت با دستگاه جذب اتمی و نیتروژن کل با بهره‌گیری از دستگاه کجلدال اندازه‌گیری شدند (Ali Ehiaie & Behbahani Zadeh, 1993). کربن آلی با روش Walkley & Black (1934) اندازه‌گیری شد (جدول ۱).

جدول ۱. خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک مزرعه (عمق ۰–۳۰ سانتی متر).

Soil Texture	EC ($dS.m^{-1}$)	pH	OC (%)	Total Nitrogen (%)	K (mg. kg^{-1})	Available P ($mg.kg^{-1}$)	Fe ($mg\ kg^{-1}$)	Zn ($mg\ kg^{-1}$)	Cu ($mg\ kg^{-1}$)	Mn ($mg\ kg^{-1}$)
Clay loam	0.65	7.38	1.35	0.093	520	27.6	6.00	0.50	1.2	4.50

EC, electrical conductivity; OC, organic carbon.

آزمایش به‌صورت چندعاملی (فاکتوریل) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار و با چهار عامل اجرا شد. عامل‌های آزمایشی مورد نظر عبارت بودند از: تاریخ کشت در دو سطح (۱۵ اردیبهشت و یک خرداد)، دور آبیاری در دو سطح (با فاصله چهار روز، با فاصله هشت روز)، عامل کود اوره در دو سطح (۲۰۰ کیلوگرم اوره در هکتار و شاهد) و عامل محلول‌پاشی در سه سطح شامل (محلول‌پاشی سولفات آهن و سولفات روی هر کدام به میزان سه در هزار و شاهد (که در آب مقطر حل شده و از شرکت آرمان سبز آدینه با نام تجاری Van Iperen محصول کشور هلند تهیه و در اوایل صبح محلول‌پاشی صورت گرفت) در زمان چندبرگی و یک هفته پیش از گلدهی و عدم محلول‌پاشی (شاهد: محلول‌پاشی با آب مقطر) بود. محل اجرای طرح در سال قبل از کاشت به صورت آیش بود و هیچ نوع کودی قبل از کاشت به زمین داده نشد.

روش کاشت به صورت کرتی بوده و هر کرت آزمایشی دارای پنج ردیف کاشت با فاصله‌ی ردیف ۳۰ سانتی‌متر و فاصله بین هر بوته ۱۰ سانتی‌متر بود. طول هر کرت دو و نیم متر و فاصله بین کرت‌ها یک متر در نظر گرفته شد. به این صورت که بعد از عملیات شخم و تسطیح زمین تقسیم‌بندی کرت‌های مورد نظر و آبیاری داخل کرت‌ها انجام شد. بعد از گاورو شدن زمین، کشت بذر بامیه در تاریخ‌های مشخص مطابق تیمارها انجام شد. عمق کاشت بذر دو تا سه سانتی‌متر بود و در هر کپه تعداد سه تا چهار بذر کاشته شد. حدود ۲۰ روز بعد از کاشت و زمانی که بذرها به‌طور کامل سبز شده و به مرحله شش تا هفت‌برگی رسیدند، با عمل تنک‌کردن تعداد بوته‌ها (روی هر ردیف کاشت) به دو عدد کاهش یافت. آبیاری از سه روز بعد از کاشت انجام و تا مرحله هشت‌برگی همه کرت‌ها به‌صورت یکسان و بعد از آن مطابق تیمارها آبیاری شدند. در طول فصل رشد مراقبت‌های لازم (وجین‌کردن، سله‌شکنی و تنک‌کردن) انجام شد. در پایان مردادماه (۷۶ روز پس از کاشت) محصول در یک بازه زمانی هفت روزه و تقریبا زمانی که طول میوه‌ها به هفت تا نه سانتی‌متر رسید و میوه‌ها هنوز نرم و لطیف بودند (در صورتی‌که میوه بامیه خشک و ضخیم شوند قابل خوردن نیست) برداشت شد (Kobdani *et al*., 2021). برداشت پس از حذف حاشیه‌ها در سطح یک متر مربع از هر کرت انجام شد.

صفات ریخت‌شناختی اندازه‌گیری‌شده عبارت بودند از: ارتفاع ساقه، طول ریشه و میوه، وزن تر اندام هوایی و ریشه، وزن خشک اندام هوایی و ریشه، وزن میوه، تعداد میوه و عملکرد میوه در بوته. نحوه اندازه‌گیری عملکرد میوه و عملکرد اندام هوایی بدین‌صورت بود که از سطح یک متر مربع از هر کرت تمامی بوته‌ها برداشت و به‌طور دقیق توزین شدند، بدین ترتیب عملکرد میوه تازه محاسبه شد. سپس میوه‌ها همراه با اندام هوایی، و نمونه‌های ریشه به مدت ۲۴ ساعت در آون و دمای ۷۵ درجه سانتیگراد قرار داده شدند. پس از خشک‌شدن با استفاده از ترازوی حساس دیجیتالی وزن خشک بوته‌ها اندازه‌گیری و از مقادیر به‌دست‌آمده میانگین گرفته شد. برای اندازه‌گیری غلظت روی و آهن میوه بامیه از هر نمونه به میزان یک گرم به کوره چینی انتقال داده شد و سپس در دمای ۵۵۰ درجه سلسیوس به مدت چهار ساعت قرار گرفتند. پس از این مرحله به هر یک از این ظروف ۱۰ میلی‌لیتر اسیدکلریدریک دو نرمال اضافه شد و تحت حرارت ملایم قرار گرفت تا نیمی از اسید تبخیر شود. سپس نمونه‌ها در بالن ۵۰ میلی‌لیتری توسط کاغذ واتمن ۴۲ صاف ،و غلظت روی و آهن توسط دستگاه جذب اتمی پرکین المر مدل ۳۰۳۰ تعیین شد

(Chapman & Pratt, 1961). تجزیه آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS و مقایسه میانگین‌ها با آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام و نمودارها با نرم‌افزار Excel رسم شد.

۳. یافته‌های پژوهش و بحث

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثرات اصلی و برهمکنش تیمارهای آزمایشی بر وزن تر و خشک اندام‌های هوایی در سطح یک درصد و بر وزن تر و خشک ریشه و تعداد میوه و میزان روی و آهن میوه در سطح پنج درصد معنی‌دار بوده؛ ولی اثر معنی‌داری روی ارتفاع ساقه و طول ریشه و میوه نداشتند (جدول ۲).

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌های مربوط به وزن تر اندام هوایی در بوته نشان می‌دهد که اثر متقابل محلول‌پاشی آهن، مصرف خاکی اوره، دور آبیاری و تاریخ کاشت بر وزن تر اندام هوایی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شده است (جدول ۲). مقایسه میانگین مربوط به اثر برهمکنش آن‌ها نشان داد که بیشترین میزان وزن تر اندام هوایی و ریشه مربوط به تیمار کشت در ۱۵ اردیبهشت، دور آبیاری چهار روز یک‌بار، محلول‌پاشی آهن و مصرف ۲۰۰ کیلوگرم اوره در هکتار و کمترین وزن تر اندام هوایی مربوط به تیمار کشت در اول خرداد، دور آبیاری هشت روز یک‌بار، بدون محلول‌پاشی آهن و روی و بدون مصرف اوره بود (جدول ۳). در مورد وزن تر اندام هوایی تیمارهای کشت در ۱۵ اردیبهشت، دور آبیاری چهار روز یک‌بار، مصرف ۲۰۰ کیلوگرم اوره در هکتار با محلول‌پاشی آهن و با محلول‌پاشی روی، هر دو در یک کلاس آماری قرار داشتند. همچنین از لحاظ این صفت تیمارهای کشت در اول خرداد، دور آبیاری هشت روز یک‌بار، بدون مصرف اوره و بدون محلول‌پاشی آهن و روی در همین شرایط با محلول‌پاشی روی تفاوت آماری نداشتند (جدول ۳). این نتیجه نشان می‌دهد که روی در شرایط کاشت دیرهنگام و کم‌آبی تأثیری بر بهبود وزن تر اندام هوایی بامیه ندارد.

وجود مقادیر کافی از عناصر غذایی مانند آهن، می‌تواند در افزایش وزن تر اندام هوایی موثر باشد. مصرف این عناصر باعث افزایش مواد فتوسنتزی می‌شود و در نتیجه این مواد به قسمت‌های مختلف گیاه وارد می‌شوند و در نهایت، وزن اندام هوایی را افزایش خواهند داد. این نتایج با نتایج سایر محققانی نظیر Baybordi (2006) همخوانی دارد. در اثر کمبود آب به‌دلیل کاهش حجم آب خاک و در نتیجه کاهش توزیع مواد غذایی در بافت خاک، جذب مواد غذایی از طریق ریشه، کاهش می‌یابد. علاوه بر این، انتقال مواد غذایی از ریشه‌ها به شاخه نیز کاهش می‌یابد. دلیل این کاهش، آسیب‌دیدگی انتقال‌دهنده‌های فعال و انعطاف‌پذیری غشای بافت ریشه در جذب مواد غذایی است (Hu *et al*., 2007). با توجه به نتایج این تحقیق، می‌توان چنین دریافت که به احتمال زیاد در آبیاری هشت روز یک‌بار با وجود مصرف خاکی ۲۰۰ کیلوگرم اوره در هکتار، کاهش وزن تر ریشه و اندام هوایی به‌دلیل کمبود آب در خاک و به تبع آن کاهش جذب و انتقال عناصر غذایی (از جمله نیتروژن) از ریشه‌ها به اندام هوایی بامیه بوده است (جدول ۲).

Rane *et al*. (2001) نتیجه گرفتند که تنش کم‌آبی با جلوگیری از توسعه و رشد سلول ناشی از کاهش فشار تورگر موجب کاهش وزن تر و خشک اندام هوایی می‌شود. همچنین نتایج پژوهش Amin *et al*. (2009) روی بامیه نشان داد که تحت تنش کم‌آبی پارامترهای سطح برگ، وزن خشک برگ و وزن تازه برگ در مقایسه با تیمار شاهد به‌طور معنی‌داری کاهش یافته است. کاهش محتوای پروتئین در این شرایط نشان داد که تنش خشکی موجب کاهش بیوسنتز پروتئین و تخریب آن می‌شود. نتایج تحقیقات دیگری روی بامیه نشان داد که خاک‌پوش شفاف در تاریخ کاشت ۲۵ بهمن ماه با ۷۰ روز میوه‌دهی و ۲۵ چین به‌ترتیب بیشترین طول دوره میوه‌دهی (دوره رشد زایشی) و تعداد چین را دارا بوده و کمترین طول دوره میوه‌دهی (۲۴روز) و تعداد چین (هشت نوبت) مربوط به تیمار بدون خاکپوش در آخرین تاریخ کاشت (۲۵ اسفند) بوده است (Dehghani *et al*., 2015). تأخیر در کاشت بامیه باعث کاهش ارتفاع می‌شود که احتمالاً به تغییرات درجه حرارت و طول روز در طی نمو رویشی و زایشی بستگی دارد و در تاریخ‌های کاشت اواسط فصل نسبت به تاریخ‌های بسیار زود یا دیرهنگام، بوته‌های بلندتری تولید می‌شود (Hashemi Jazee, 2001). کاهش ارتفاع اندام هوایی و ریشه در تیمارهای مربوط به اول خرداد باعث کاهش وزن ریشه و اندام هوایی می‌شود.

جدول ۲. تجزیه واریانس خصوصیات ریخت‌شناسی و میوه بامیه تحت تاثیر فاکتورهای آزمایش.

S.0.V	df	Shoot Fresh Weight	Root Fresh Weight	Shoot Dry Weight	Root Dry Weight	Fruit Number	Shoot Length	Root Length	Fruit Length	Fe Concentration	Zn Concentration
Blok	2	147111	4653	1701	371	9	2589	1290	5	0.029	0.063
P	1	91958**	27540**	4081*	1836*	36*	19036	5904	24	0.131*	0.153*
I	1	83652**	21534**	3987*	1763*	31*	18267	5654	22	0.400*	0.145*
U	1	75686**	19873**	3765*	1721*	28*	17121	5623	21	0.157*	0.133*
F	2	34132**	16763**	3655*	1654*	25*	16786	5543	18	0.126*	0.669*
P×I×U×F	2	87653**	25421**	3990*	1811*	33*	18973	5876	23	0.088*	0.464*
E	48	14653	4763	1653	378	11	2635	1365	7	0.034	0.061
C.V. (%)		5.1	6.3	2.4	4.6	4.7	8.2	9.4	9.1	11.40	10.15

P: تاریخ کاشت، I: دور آبیاری U: اوره، U: محلول‌پاشی آهن و روی. * معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد. **معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد.

جدول ۳. مقایسه میانگین اثر برهمکنش تاریخ کاشت، دور آبیاری، اوره و سولفات روی و آهن بر صفات بامیه.

Planting Date	Irrigation Intervals (Day)	Fe & Zn	Urea (Kg.ha)	Shoot Fresh Weight (g. plant)	Root Fresh Weight (g. plant)	Shoot Dry Weight (g. plant)	Root Dry Weight (g. plant)	Fe Concentration (mg. kg)	Zn Concentration (mg.kg)	Fruit Number
5 May	4	0	0	98.17 abc	32.70 b	64.91 b	16.05 cde	94.20 c	46.5 d	16 cd
			200	105.41 ab	34.78 b	68.85 b	18.65 c	98.14 c	58.5 c	19 b
		Fe	0	104.02 ab	33.69 b	68.60 b	17.18 cd	228.8 a	37.1 de	17.66 c
			200	142.63 a	67.90 a	104.94 a	26.45 a	233.6 a	36.5 de	22 a
		Zn	0	100.6 abc	32.86 b	68.51 b	16.08 cde	85.5 cd	86.1 a	17 c
			200	133.64 a	35.07 b	102.67 a	21.73 b	92.26 c	89.21 a	19.66 b
	8	0	0	45.08 b-f	19.22 cde	24.61 f	11.86 fg	91.19 c	43.8 d	9.33 f
			200	52.85 a-e	22.78 cd	28.95 ef	12.96 efg	93.16 c	54.4 c	9.66 f
		Fe	0	52.71 a-e	21.50 cd	28.75 f	12.88 efg	198.22 ab	34.3 de	9.66 f
			200	61.69 a-d	24.01 c	33.70 e	13.52 ef	204.3 ab	35.78 de	10 f
		Zn	0	52.66 a-e	20.13 cd	25.75 f	12.25 efg	75.14 d	72.88 ab	9.33 f
			200	59.45 a-d	23.60 cd	31.06 e	13.06 efg	82.11 cd	75.21 ab	9.66 f
22 May	4	0	0	64.36 a-d	24.47 c	37.01 de	13.78 ef	61.21 e	41.6 d	10 f
			200	73.51 a-d	29.41 bc	43.37 d	14.54 def	88.45 c	42.9 d	13.33 d
		Fe	0	72.16 a-d	27.01 bc	40.13 de	14.23 def	108.2 b	32.88 d	13 d
			200	91.63 a-c	32.28 b	55.86 c	15.78 de	154.11 b	32.52 d	15.66 cd
		Zn	0	64.71 a-d	24.71 c	38.75 de	13.84 ef	80.1 cd	79.8 ab	11.33 e
			200	80.82 a-d	30.08 bc	55.67 c	15.30 gh	92.07 c	83.6 a	15 cde
	8	0	0	27.54 ef	13.69 ef	64.91 b	8.97 gh	41.32 f	38.9 d	5.33 i
			200	35.79 c-f	14.94 ef	68.85 b	11.46 fg	63.42 e	41.6 d	8.33 g
		Fe	0	34.79 d-f	14.75 ef	68.60 b	9.79 gh	103.71 b	29.79 e	7.33 h
			200	44.49 c-f	17.30 d	104.94 a	11.57 fg	144.18 b	31.57 d	9.33 f
		Zn	0	27.58 ef	14.37 ef	68.51 b	9.61 gh	78.26 d	69.1 ab	7 h
			200	44.24 c-f	15.79 e	102.67 a	11.54 fg	88.37 c	71.5 ab	8.66 g

در هر ستون میانگین‌هایی با حداقل یک حرف مشترک، تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

با انتخاب تاریخ کاشت مناسب با توجه به شرایط آب و هوایی منطقه و تعیین مقدار آب مورد نیاز می‌توان به عملکردهای بهتری دست یافت. گیاهان داروئی (مثل بامیه) برای رشد و تولید مواد مؤثره به مقادیر مناسبی از ریزمغذی‌ها نیاز داشته و در بین ریزمغذی‌ها بیشترین نیاز را به آهن دارند (Anjali *et al*., 2015). آهن یکی از عناصر ضروری، کم‌مصرف و کم‌تحرک برای گیاهان است. این عنصر بخشی از گروه کاتالیزوری بسیاری از آنزیم‌های اکسیداسیون و احیاء بوده و برای ساخت کلروفیل مورد نیاز می‌باشد (Kafi *et al*., 2008).

Anjali *et al*. (2015) با کاربرد سطوح مختلف سولفات روی و آهن روی بامیه بیان کردند که استفاده از سطوح ۵۰ کیلوگرم در هکتار سولفات روی و ۵۰ کیلوگرم در هکتار سولفات آهن به‌طور معنی‌داری باعث افزایش ارتفاع بوته، تعداد برگ در بوته، تعداد میوه سبز، عملکرد میوه، عملکرد غلاف خشک، عملکرد ساقه و درصد پروتئین میوه می‌شود. در مورد وزن تر ریشه تیمارهای کشت در اول خرداد، دور آبیاری هشت رور یک‌بار، بدون مصرف اوره و با محلول‌پاشی آهن در همین شرایط با محلول‌پاشی روی تفاوت آماری نداشتند (جدول ۳). این نتیجه موید آن است که روی و آهن در شرایط کشت دیرهنگام و کم‌آبی تأثیری مثبت بر وزن تر ریشه بامیه ندارند.

۳-۱. وزن خشک اندام هوایی و ریشه

تجزیه واریانس داده‌های مربوط به وزن خشک اندام هوایی نشان داد که اثر برهمکنش محلول‌پاشی آهن، مصرف خاکی اوره، تاریخ کاشت و دور آبیاری بر وزن خشک اندام هوایی و ریشه در سطح پنج درصد معنی‌دار شده است (جدول ۲). مقایسه میانگین مربوط به اثر برهمکنش آن‌ها نشان داد که بیشترین میزان وزن خشک اندام هوایی و ریشه مربوط به تیمار کشت در ۱۵ اردیبهشت، دور آبیاری چهار روز یک‌بار، محلول‌پاشی آهن و مصرف ۲۰۰ کیلوگرم اوره در هکتار و کمترین وزن تر اندام هوایی مربوط به تیمار کشت در اول خرداد، دور آبیاری هشت روز یک‌بار، بدون محلول‌پاشی آهن و روی و بدون مصرف اوره بود (جدول ۳). در صورت مصرف متعادل کودهای نیتروژنه، فسفره و پتاسیمی با مصرف کودهای ریزمغذی، ریشه‌دهی و رشد اولیه بیشتر خواهد شد که به دنبال رشد خوب، افزایش ارتفاع خواهیم داشت و به‌طور طبیعی وزن اندام هوایی نیز افزایش خواهد یافت (Khalili Mahallah & Rushdi, 2008). نتایج تحقیقات دیگری نیز نشان داد کاهش وزن خشک بامیه ناشی از تنش خشکی به علت بسته‌شدن روزنه‌ها و کاهش فتوسنتز است (Bhatt & Rao, 2005). در تحقیقی دیگر نیز گزارش شد که تنش آب از طریق کاهش سطح برگ، بسته‌شدن روزنه‌ها، کاهش قابلیت هدایت روزنه‌ها، کاهش آبگیری کلروپلاست و سایر بخش‌های پروتوپلاسم و کاهش سنتز کلروفیل، سبب کاهش فتوسنتز و در نهایت وزن خشک و عملکرد بیولوژیک بامیه می‌شود (Kobdani *et al*., 2021). همچنین در خصوص تاثیر آهن بر بامیه گزارش شد که کود آهن با افزایش متابولیسم گیاهان و جذب بیشتر و موثرتر عناصر و کودهای اصلی و همچنین رساندن هدفمند عناصر ریزمغذی به بافت‌های مشخص، سبب بهبود رشد و افزایش وزن خشک اندام هوایی بامیه شد (Raso *et al*., 2013). همچنین آهن نقش مهمی در سنتز کلروفیل دارد و از اجزای اصلی کلروفیل است (Kobdani *et al*., 2021).

در مورد وزن خشک ریشه تیمارهای کشت در ۱۵ اردیبهشت، آبیاری هشت روز یک‌بار، بدون مصرف اوره و بدون محلول‌پاشی روی و آهن در همین شرایط با محلول‌پاشی آهن و روی تفاوت آماری نشان ندادند و در یک کلاس آماری قرار گرفتند (جدول ۳)، پس می‌توان دریافت که محلول‌پاشی آهن و روی در کشت دیرهنگام و کم‌آبی تأثیری در بهبود وزن خشک ریشه ندارند.

۳-۲. غلظت عناصر آهن و روی میوه

تجزیه واریانس داده‌های مربوط به غلظت عناصر آهن و روی در اندام هوایی حاکی از آن بود که اثر برهمکنش محلول‌پاشی آهن، مصرف خاکی اوره، تاریخ کاشت و دور آبیاری بر غلظت عناصر آهن و روی اندام هوایی در سطح پنج درصد معنی‌دار شده است (جدول ۲). مقایسه میانگین مربوط به اثر برهمکنش فاکتورهای مذکور نشان داد که بیشترین میزان غلظت آهن میوه مربوط به تیمار کشت در ۱۵ اردیبهشت، دور آبیاری چهار روز یک‌بار، محلول‌پاشی آهن و مصرف ۲۰۰ کیلوگرم اوره در هکتار، و کمترین غلظت آهن اندام هوایی

مربوط به تیمار کشت در اول خرداد، دور آبیاری هشت روز یک‌بار، بدون محلول‌پاشی آهن و بدون مصرف اوره بود (جدول ۳). در مورد غلظت روی نیز تیمارهای دارای کود اوره و روی و کشت‌شده در تاریخ ۱۵ اردیبهشت و آبیاری‌شده در هر چهار روز بالاترین مقادیر را داشتند.

با توجه به نتایج مذکور (کاهش میزان غلظت آهن میوه متاثر از تنش کم‌آبی و کشت دیرهنگام، به نظر می‌رسد در طی بروز تنش خشکی به علت بالا رفتن غلظت املاح محلول در محیط ریشه و در نتیجه افزایش پتانسیل اسمزی خاک، از جذب عناصر غذایی تا حد زیادی کاسته می‌شود. در صورت بالا رفتن pH محلول خاک، جذب عناصر کم‌مصرف بیشتر از سایر عناصر دچار اختلال می‌شود. در این راستا، Babaeian *et al.* (2010) گزارش کردند که تنش کم‌آبی سبب کاهش جذب عناصر غذایی کم‌مصرف (به‌ویژه آهن) می‌شود و در شرایط تنش آبی حتی با محلول‌پاشی آهن، انتقال این عنصر به بخش زایشی با کاهش بیشتری نسبت با سایر عناصر کم‌مصرف (روی و منگنز) مواجه شد.

در این تحقیق، کمبود آهن موجب کاهش بیشتر صفات عملکردی در بامیه شد که این مطلب نشان‌دهنده تاثیر مهم و اصلی این عنصر در ساختمان کلروفیل و فتوسنتز است. در پژوهشی گزارش شد میزان جذب آهن (۲۲۳۰ و ۲۴۱۸ گرم در هکتار) توسط ساقه بامیه و میزان جذب کل آن با کاربرد ۵۰ کیلوگرم در هکتار سولفات آهن افزایش یافته است (Ghritlahare & Marsonia, 2012). استفاده از سولفات آهن اثر مهمی بر محتوای تمام مواد مغذی در ساقه در تمام مراحل رشد و محتوای آن در غلاف دارد. همچنین در تحقیقی با بررسی اثر سطوح روی و فسفر بر بامیه تحت تنش شوری گزارش کردند که افزایش سطح فسفر و روی تا ۹۰ و ۴۰ کیلوگرم در هکتار به‌ترتیب عملکرد سبز و خشک بامیه را افزایش می‌دهد و همچنین افزایش عرضه سولفات روی منجر به افزایش جذب قابل توجه روی توسط غلاف در مدت زمان انجام آزمایش شد. علاوه‌براین، مقدار بالای افزایش جذب روی توسط غلاف بامیه با کاربرد میزان بالای سولفات روی در طول سال‌های دیگر آزمایش گزارش شد (Singh & Singh, 2017).

۳-۳. تعداد میوه در بوته

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌های مربوط به تعداد میوه نشان می‌دهد که اثر محلول‌پاشی آهن، مصرف خاکی اوره، دور آبیاری و تاریخ کاشت بر تعداد میوه در سطح پنج درصد معنی‌دار شده است (جدول ۲). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بیشترین تعداد میوه مربوط به تیمار کشت در ۱۵ اردیبهشت، دور آبیاری چهار روز یک‌بار، محلول‌پاشی آهن و مصرف ۲۰۰ کیلوگرم اوره در هکتار (۲۲ عدد در بوته) و کمترین تعداد میوه مربوط به تیمار کشت در اول خرداد، دور آبیاری هشت روز یک‌بار، بدون محلول‌پاشی آهن و روی و بدون مصرف اوره (۵/۳۳ عدد در بوته) بود (جدول ۳).

نتایج این پژوهش با نتایج Kobdani *et al.* (2021) مطابقت دارد که گزارش کردند بیشترین تعداد میوه بامیه (۱۸/۹ میوه در بوته) با مصرف ۱۰ کیلوگرم در هکتار کود نانوکلات آهن تحت آبیاری کامل و کمترین آن با (شش میوه در بوته) از عدم مصرف کود تحت تنش کم‌آبی مشاهده شد. مطابق با تحقیق Anyaoha *et al.* (2015) دریافتند که 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 تاثیر مستقیم بر کاهش تعداد میوه در بوته و در نهایت عملکرد میوه بامیه گذاشته است. محققان دیگری نیز گزارش کردند که تعداد میوه در بوته تاثیر بیشتری از اندازه میوه بر عملکرد میوه بامیه داشت (Eskandari & Alizadeh Amraei, 2017).

به‌طور کلی، کاشت زودهنگام محصولات گرمادوست ممکن است استقرار گیاهچه را به‌دلیل دمای پایین اوایل فصل رشد در مخاطره قرار دهد. یکی از اولین نشانه‌های کمبود آب، کاهش تورژسانس و در نتیجه رشد و توسعه سلول خصوصاً در ساقه و برگ‌ها است. با کاهش فشار تورژسانس در اثر کمبود آب، نمو سلول به‌دلیل عدم وجود فشار درون سلول کاهش می‌یابد. بنابراین بین کاهش اندازه سلول و میزان کاهش آب رابطه معنی‌داری در بافت‌های گیاهی دیده می‌شود. از طرفی، با کاهش رشد سلول اندازه اندام نیز محدود می‌شود و به همین دلیل است که اولین اثر محسوس کم‌آبی روی گیاهان را می‌توان از روی اندازه کوچکتر برگ‌ها یا ارتفاع

گیاهان تشخیص داد (Baghbani-Arani & Poureis, 2024). به‌علاوه در شرایط کم‌آبی جذب مواد و عناصر غذایی نیز کاهش یافته و بنابراین رشد و توسعه برگ‌ها و اندام هوایی محدود شده و به احتمال زیاد در نهایت تعداد میوه هم کاهش می‌یابد. در بین تاریخ‌های کاشت مذکور تاریخ کاشت اول فروردین‌ماه به دلیل برخورد گلدهی و گرده‌افشانی گیاه با درجه حرارت‌های بالای تیرماه، باعث محدودیت تشکیل میوه و در نتیجه کاهش عملکرد میوه و اجزای عملکرد آن می‌شود.

۴. نتیجه‌گیری

اثرات روی، آهن، اوره، تاریخ کاشت و دور آبیاری بر صفات وزن تر و خشک اندام هوایی، وزن تر و خشک ریشه، غلظت عناصر آهن و روی و تعداد میوه معنی‌دار بود، ولی بر طول میوه، اندام هوایی و ریشه معنی‌دار نبود. نتایج نشان داد که بین تیمارهای چهار و هشت روز یک‌بار آبیاری تفاوت معنی‌داری از لحاظ صفات مذکور وجود دارد. به طوری‌که در آبیاری هشت روز یکبار با وجود محلول‌پاشی آهن و روی و مصرف خاکی اوره در صفات مورد بررسی ضعیف‌ترین نتایج به‌دست آمد، بدین معنی که مصرف این عناصر غذایی، نقش کمکی برای گیاه در مقابل تنش کم‌آبی (هشت روز یک‌بار آبیاری) و تاریخ کاشت دیرهنگام (اول خرداد) ایجاد نکرد. به‌طور کلی، نتایج نشان داد که کشت در ۱۵ اردیبهشت مناسب‌ترین زمان کاشت محصول بامیه در منطقه مورد آزمایش است و دیرتر از آن برای کشت مناسب نیست. همچنین نتایج این پژوهش نشان داد که مصرف کودهای ریزمغذی (آهن و روی) در مقایسه با تیمارهای بدون مصرف این کودها، سبب افزایش نسبی اکثر صفات مورد بررسی بامیه در شرایط وقوع تنش کم‌آبی شد که این موضوع بیانگر نقش تعدیل‌کنندگی اثرات سوء تنش کم‌آبی بر صفات گیاه بامیه در شرایط مصرف کودهای ریزمغذی آهن و روی دارد. در پایان پیشنهاد می‌شود در زراعت بامیه تلاش شود تا با آبیاری به‌موقع و کاشت به‌هنگام از وقوع تنش در دوره رشد گیاه جلوگیری به عمل آید زیرا افت عملکرد را به همراه خواهد داشت. اما اگر به هر دلیلی گیاه با شرایط تنش مواجه شد می‌توان با مصرف کودهای ماکرو (نیتروژن) و ریزمغذی آهن و روی اثرات سوء تنش را کاهش داد. همچنین توصیه می‌شود استفاده از این مقادیر کود در شرایط بدون تنش نیز بهبود عملکرد گیاه را به دنبال خواهد داشت. از سوی دیگر، ازآنجایی‌که موضوع دور مناسب آبیاری و تعیین تاریخ کاشت مناسب در هر منطقه‌ای وابسته به عوامل مختلفی از جمله فاکتورهای اقلیمی و آب و خاک آن منطقه است و مسئله اقتصادی مهمی در زراعت بامیه به شمار می‌رود، نیاز است امکان افزایش فاصله آبیاری با در نظرگرفتن مسائل اقتصادی کشت در منطقه مورد مطالعه و تطابق آن با تاریخ کاشت مطلوب از نظر نیاز به آبیاری در طول دوره رشد (گرمای تابستان)، بیشتر مورد بررسی قرار گیرد. همچنین پیشنهاد می‌شود در تحقیقات آینده بررسی همزمان این عوامل و سایر عناصر کم‌مصرف بر کیفیت میوه بامیه مورد مطالعه قرار گیرد.

۵. منابع

Abd El-Kader, A.A., Shaaban, S.M., & Abd El-Fattah, M.S. (2010). Effect of irrigation levels and organic compost on okra plants (*Abelmoschus esculentus* L.) grown in sandy calcareous soil. *Agriculture and Biology Journal of North America*, *1*(3), 225–231.

Adlan, A.M, Adlan, M.A., Eisa, Y.A., & El-Sir, A.I.A. (2017). Effect of nitrogen rate and application on growth and yield of okra (*Abelmoschus esculentus* L.) under rain-fed conditions at Blue Nile State. Sudan. *Net Journal of Agricultural Science*, *5*(4), 151-154.

Ali Ehiaie, M., & Behbahani Zadeh, A. (1993). Description of soil chemical analysis methods, Vol. 1, No. 893, Soil and Water Research Institute, Tehran. (In Persian).

Amin, B., Mahleghah, G., Mahmood, H.M.R., & Hossein, M. (2009). Evaluation of interaction effect of drought stress with ascorbate and salicylic acid on some of physiological and biochemical parameters in okra (*Hibiscus esculentus* L.). *Research Journal of Biological Sciences*, *4*, 380-387.

Amirinejad, M., Akbari, G., Baghizadeh, A., Allahdadi, I., Shahbazi, M., & Masoomeh Naimi, M. (2016). Effects of drought stress and foliar application of zinc and iron on some biochemical parameters of cumin. *Journal of Crop Improvement*, *17*(4), 855-866. (In Persian).

Anjali, G., Marsonia, P.J., & Sakarvadia, H.L. (2015). Effect of zinc and iron on yield and yield attributes of okra (*Abelmoschus esculentus* L.). *Asian Journal of Soil Science*, *10*(1), 104-107.

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 Agricultural Science*, *9*, 28-33.

Babaeian, M., Heidari, M., & Ghanbari, A. (2010). Effect of water stress and foliar micronutrient application on physiological characteristics and nutrient uptake in sunflower (*Helianthus annus* L.). *Iranian Journal of Crop Sciences*, *12*(4), 377-391. (In Persian).

Baghbani-Arani, A., Kadkhodaie, A., & Modarres-Sanavy, S.A.M. (2016). Effect of wheat and bean residue along with zinc sulfate on zinc and iron concentration and grain yeild of wheat. *Journal of Science and Sustainable Production*, *25*(3), 91-102. (In Persian).

Bghbani-Arani, A., & Poureis, M. (2024). Soil properties and yield of peppermint (*Mentha Piperita* L.) in response to different nitrogen fertilizers under water-deficit conditions. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 1-18.

Baybordi, A., & Mamedov, G. (2010). Evaluation of application methods efficiency of zinc and iron for canola (*Brassica napus* L.). *Notulae Scientia Biologicae*, *2*(1), 94-101. (In Persian).

Baybordi, A. (2006). Effect of Fe, Mn, Zn and Cu on the quality and quantity of wheat under salinity stress. *Journal of Water and Soil Science*, *17*, 140-150. (In Persian).

Benchasri, S. (2012). Okra (*Abelmoschus esculentus* (L.) Moench) as a valuable vegetable of the world. *Field Vegetable and Crop Research*, *49*, 105-112.

Bghbani-Arani, A., & Poureisa, M. (2024). Soil properties and yield of peppermint (*Mentha Piperita* L.) in response to different nitrogen fertilizers under water-deficit conditions. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, *20*, 1-18.

Bhatt, R.M., & Rao, N.S. (2005). Influence of pod load on response of okra to water stress. *Indian Journal of Plant Physiology*, *10*(1), 54-63.

Chapman, H.D., & Pratt, P.F. (1961). Methods of analysis for soils, plants and waters. University of California, Riversides. CA.

Dehghani, A., Mousavi Fazl, M.H., & Tavousi, M. (2015). Effect of polyethylene foam soil and planting date on early maturity, yield and growth of okra. *Journal of Crop Production and Processing*, *5*(16), 259-268. (In Persian).

Eskanderi, H., & Alizadeh Omaraii, A. (2017). Evaluation of the effect of drought on germination, growth, and fruit yield of okra (*Abelmoschus esculentus*). *Journal of Water Research in Agriculture*, *31*(3), 377-388. (In Persian).

Ghannad, M., Madani H., & Darvishi, H.H. (2014). Responses of okra crop to sowing time, irrigation interval and sowing methods in Shahkrood region. *International Journal of Agriculture and Crop Sciences*, *7*(10), 676–682. (In Farsi)

Ghritlahare, A., & Marsonia, P.J. (2012). Effect of different treatment combinations on uptake of zinc and iron by okra (*Abelmoschus esculentus* L. Moench). *Indian Horticulture Journal*, *2*(3 and 4), 65-67.

Hashemi Jazee, S.M. (2001). Effects of planting dates on growth and development and physiological characteristic stages and some agronomic in five soybean cultivars. *Iranian Journal of Crop Science*, *3*(4), 49-59. (In Persian).

Hu, Y., Burucs, Z., von Tucher, S., & Schmidhalter, U. (2007). Short-term effects of drought and salinity on mineral nutrient distribution along growing leaves of maize seedlings. *Environmental and Experimental Botany*, *60*(2), 268-275.

Jalilian, A., Jahansuz, M.R., Ghasemi Mobtaker, H., & Oveisi, M. (2023). Evaluation of economic and competitive indicators of okra (*Abelmoschus esculentus*) intercropping with cucumber (*Cucumis sativus*) in Khuzestan province. *Iranian Journal of Field Crop Science*, *54*(1), 41-57. (In Persian).

Kafi, M., Lahoti, M., Zand, A., Sharifi, H.R., & Goldani, M. (2008). Plant physiology. Publications University of Mashhad. (In Persian).

Keyvan Rad, S., Madani, H., Heidari Sharifabadi, H., Mahmoudi, M., & Nourmohamadi, G. (2021). Evaluation of yield and yield components of okra (*Abelmoschus esculentus* L.) in different treatments of irrigation distance and sowing date. *Journal of Crop Ecophysiology*, *15*(3), 377-392. (In Persian).

Khalili Mahallah, J., & Rushdi, M. (2008). Effect of foliar application of micro nutrients on quantitative and qualitative characteristics of 704 silage corn in Khoy. *Seed and Plant Journal*, *24*(1), 281-292. (In Persian).

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 Sciences Vegetables*, *5*(9), 123-139. (In Persian).

Miri, K. (2006). Effects of sowing date and density on yield and yield components of okra, (*Abelmoschus esculentus* L.) Moench, in Iran Shahrkord. *Seed and Plant Journal*, *22*, 369-382. (In Persian).

Naruka, I.S., Gujar, K.D., & Gopal, L. (2000). Effect of foliar application of zinc and molybdenum on growth and yield of okra (*Abelmoschus esculentus* L. Moench) cv. Pusa Sawani. *Haryana Journal of Horticultural Sciences*, *29*(3/4), 266-267.

Rane, J., Maheshwari, M., & Nagarajan, S. (2001). Effect of pre-anthesis water stress on growth, photosynthesis and yield of six wheat cultivars differing in drought tolerance. *Indian Journal of Plant Physiology*, *6*(1), 53-60.

Satpute, N.R., Suryawanshi, L.B., Waghmare, V., & Jagtap, P.B. (2013). Response of summer okra (cv. Phule Utkarsha) to iron, zinc and boron in inceptisol. *Asian Journal of Horticulture*, *8*(2), 541-546.

Singh, A.P.M., & Singh, M. (2017). Effect of phosphorus and zinc on yield and nutrient uptake by okra (*Abelmoschus esculentus* L.) under different salinity conditions. *IJCS*, *5*(6), 284-288.

Walkley, A., & Black, I.A. (1934). An examination of the dentate method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Science*, *37*, 29–38.

Tarassoum, T.D. (2019). Performance of okra (*Abelmoschus esculentus* L. Moench) under different irrigation frequencies. *North American Academic Research*, *2*(8), 49-61.

Tavoosi, M., Musavi Fazl, S.M.H., & Dehghani, A. (2015). The effects of polyethylene mulch and sowing date on early maturity, growth and yield of Okra. *Journal of Crop Production and Processing*, *5*(16), 259-269. (In Persian).

Zareei Siahbidi, A., Rezaeizad, A., Asgari, A., & Shirani Rad, A.H. (2021). Evaluation of the response of spring canola (*Brassica napus* L.) cultivars to delay sowing dates. *Journal of Crop Ecophysiology*, *15*(58), 251-264. (In Persian).