Vol 25, No. 4, Winter 2023

University of Tehran Press

Journal of Crops Improvement

Online ISSN: 2345-6957

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

Evaluation of Yield and Some Agronomic and Physiological Traits in Okra Genotypes in Different Irrigation Regimes

Mahtab Noori[1] | Farangis Ghanavati[2]✉ | Gholam Reza Bakhshi Khaniki[3] | Hamid Sobhanian[4] | Hamid Reza Fanay[5]

1. Department of Biology, Payame Noor University, Tehran, Iran. E-mail: mahtab.noori@student.pnu.ac.ir
2. Corresponding Author, Seed and Plant Improvement Institute, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran. E-mail: F.ghanavati@areeo.ac.ir
3. Department of Biology, Payame Noor University, Tehran, Iran. E-mail: bakhshi@pnu.ac.ir
4. Department of Biology, Payame Noor University, Tehran, Iran. E-mail: hamid.sobhanian@pnu.ac.ir
5. Seed and Plant Improvement Institute, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO). Karaj, Iran. E-mail: h.fanaie@areeo.ac.ir

Article Info

Article type:
Research Article

Article history:
Received 22 July 2022
Received in revised form
11 September 2023
Accepted 14 September 2023
Published online 13 December 2023

Keywords:
Biological function
Fruit yield
Irrigation intervals
Protein
Soluble sugars

ABSTRACT

Objective: In order to investigate the effect of irrigation intervals, fifteen selected Okra genotypes from the National Gene Bank of Iran were cultivated and evaluated in a randomized complete block design with three replications in the 2020-2021 crop year in the experimental research farm of the Seedling and Seed Breeding Research Institute in Karaj (Seed and Plant Improvement Institute).

Methods: After the plants entered the three-leaf stage, irrigation was done once every 5 and 10 days.

Results: The results of the analysis of variance showed that the effect of drought stress on all measured traits, including plant height, fruit yield, biological yield, number of ripe fruits, weight of ripe fruit, diameter of ripe fruit, number of seeds per ripe fruit, 1000-seed weight, sugar, and protein content, was statistically significant. Under drought-stress conditions, the mean of all evaluated traits (except soluble sugars) was reduced. The highest fruit yield (12.06 tons per hectare) belonged to genotype 10, which decreased by 37.5% compared to the non-stress conditions of this genotype. Genotypes 1 and 12 had the least change in protein content, genotypes 4 and 6 had the least change in sugar content, and genotypes 9 and 11 had the least change in biological function.

Conclusion: Based on the results obtained from this experiment, the best genotype in terms of fruit yield was genotype 10, and in terms of biological function, genotypes 9 and 11 were recommended for use in areas with water shortages.

Cite this article: Noori, M., Ghanavati, F., Bakhshi Khaniki, Gh. R., Sobhanian, H., & Fanay, H. R. (2023). Evaluation of Yield and Some Agronomic and Physiological Traits in Okra Genotypes in Different Irrigation Regimes. *Journal of Crops Improvement*, 25 (4), 1125-1139. DOI: https://doi.org/10.22059/jci.2023.346058.2732

© The Authors.
Publisher: The University of Tehran Press.
DOI: https://doi.org/10.22059/jci.2023.346058.2732

دوره بیست و پنجم، شماره چهارم، زمستان ۱۴۰۲

انتشارات دانشگاه تهران

به زراعی کشاورزی

شاپا الکترونیکی: ۶۹۵۷-۲۳۴۵

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

ارزیابی عملکرد و برخی صفات زراعی و فیزیولوژیک در ژنوتیپ‌های بامیه تحت رژیم‌های مختلف آبیاری

مهتاب نوری[۱] | فرنگیس قنواتی[۲]✉ | غلامرضا بخشی خانیکی[۳] | حمید سبحانیان[۴] | حمیدرضا فنایی[۵]

۱. گروه زیست‌شناسی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران. رایانامه: mahtab.noori@student.pnu.ac.ir

۲. نویسنده مسئول، مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، ترویج و آموزش کشاورزی، کرج، ایران. رایانامه: F.ghanavati@areeo.ac.ir

۳. گروه زیست‌شناسی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران. رایانامه: bakhshi@pnu.ac.ir

۴. گروه زیست‌شناسی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران. رایانامه: hamid.sobhanian@pnu.ac.ir

۵. مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، ترویج و آموزش کشاورزی، کرج، ایران. رایانامه: h.fanaie@areeo.ac.ir

اطلاعات مقاله

نوع مقاله: مقالهٔ پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۴/۳۱

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۰۶/۲۰

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۶/۲۳

تاریخ انتشار: ۱۴۰۲/۰۹/۲۲

کلیدواژه‌ها:

پروتئین

دور آبیاری

عملکرد بیولوژیکی

عملکرد میوه

قندهای محلول

چکیده

هدف: به‌منظور بررسی تأثیر دور آبیاری، ۱۵ ژنوتیپ منتخب بامیه از بانک ژن ملی ایران در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۱۴۰۰-۱۳۹۹ در مزرعه پژوهشی و آزمایشی مؤسسه تحقیقات اصلاح نهال و بذر در کرج کشت و ارزیابی شدند.

روش پژوهش: پس از این‌که گیاهان وارد مرحله سه برگی شدند، آبیاری به‌صورت ۵ و ۱۰ روز یک‌بار انجام گرفت.

یافته‌ها: نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که اثر تنش خشکی بر روی همه صفات اندازه‌گیری‌شده شامل ارتفاع بوته، تعداد میوه، طول میوه، تعداد دانه، وزن دانه رسیده، وزن میوه رسیده، وزن هزاردانه، عملکرد میوه، عملکرد بیولوژیکی، محتوای قند و پروتئین غلاف بامیه به لحاظ آماری معنی‌دار بود. در شرایط تنش خشکی میانگین تمام صفات مورد ارزیابی (به‌جز قندهای محلول) کاهش یافته بود. بیش‌ترین عملکرد میوه (۱۲/۰۶ تن در هکتار) متعلق به ژنوتیپ ده بود که نسبت به شرایط عدم تنش این ژنوتیپ ۳۷/۵ درصد کاهش داشت. ژنوتیپ‌های یک و دوازده کم‌ترین تغییر در محتوای پروتئین، ژنوتیپ‌های چهار و شش کم‌ترین تغییر در محتوای قند و ژنوتیپ‌های نُه و یازده کم‌ترین تغییر در عملکرد بیولوژیکی را داشتند.

نتیجه‌گیری: براساس نتایج به‌دست‌آمده از این آزمایش بهترین ژنوتیپ از لحاظ عملکرد میوه ژنوتیپ ده و از لحاظ عملکرد بیولوژیکی ژنوتیپ‌های نه و یازده بودند که جهت استفاده در مناطق دارای کمبود آب قابل‌توصیه می باشند.

استناد: نوری، مهتاب؛ قنواتی، فرنگیس ؛ بخشی خانیکی، غلامرضا؛ سبحانیان، حمید و فنایی، حمیدرضا (۱۴۰۲). ارزیابی عملکرد و برخی صفات زراعی و فیزیولوژیک در ژنوتیپ‌های بامیه تحت رژیم‌های مختلف آبیاری. *به‌زراعی کشاورزی*، ۲۵ (۴)، ۱۱۳۹-۱۱۲۵.

DOI: https://doi.org/10.22059/jci.2023.346058.2732

ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران.

© نویسندگان.

۱. مقدمه

بامیه با نام علمی *Hibiscus esculentus* L.، از تیره پنیرک‌سانان[1] و یکی از سبزی‌های مهم مناطق گرمسیری و نیمه‌گرمسیری به‌ویژه در جنوب کشور ما و هم‌چنین با محبوبیت بالا در بازارهای جهانی است (Abdulrahman & Nadir, 2018). منشأ اصلی این گیاه آفریقا می‌باشد و به‌دلیل دارا بودن پروتئین، اسیدهای آمینه ضروری، عناصر معدنی، فیبر، کربوهیدرات و غیره از ارزش غذایی بالایی برخوردار است (اسکندری و عالی‌زاده، ۱۳۹۶).

در حال حاضر، تنش‌های غیرزیستی از مهم‌ترین چالش‌های پیش‌روی کشاورزان در اقصی نقاط دنیا هستند. این تنش‌ها زیان‌های جدی در تولید محصولات کشاورزی ایجاد می‌کنند و سطح زیر کشت را کاهش می‌دهند (Godoy *et al*., 2021; Rockström *et al*., 2017).

پیش‌بینی می‌شود تا سال ۲۰۵۰ جمعیت دنیا از هفت به حدود نُه میلیارد نفر افزایش یابد که این افزایش جمعیت مستلزم افزایش ۶۰ تا ۱۱۰ درصدی تولیدات غذایی خواهد بود (Godoy *et al*., 2021; Rockström *et al*., 2017). برای رفع نیازهای غذایی جمعیت در حال افزایش، گسترش گیاهان مقاوم به کم‌آبی و ارقام مناسب آن‌ها ضروری می‌باشد (Mahajan & Tutejan, 2005; Farooq *et al*., 2008).

بامیه از گیاهانی است که یک ریشه اصلی عمیق تولید می‌کند و در عمق‌های کم خاک نیز دارای ریشه‌های سطحی متراکم است. به همین دلیل می‌تواند تا حدودی تنش خشکی را تحمل کند (Ghannad *et al*., 2014) و در عین حال مصرف آب توسط این گیاه بالا می‌باشد. به همین دلیل به‌منظور دستیابی به عملکرد بهینه در بامیه، فراهم‌کردن آب کافی برای آن در طول دوره رشد، ضروری است (El-Kader *et al*., 2010).

تأثیر کمبود آب روی گیاه بامیه بسته به شدت تنش، مدت زمان تنش، نوع رقم و مرحله رشد محصول متفاوت می‌باشد و میزان تحمل به تنش آبی، بستگی به بازیابی فیزیولوژیکی[2] و زنده‌مانی توسط گیاه دارد (Adejumo *et al*., 2019). هم‌چنین بسته به نوع رقم، کمبود آب می‌تواند علاوه بر تأخیر در گلدهی، از تشکیل میوه در بامیه جلوگیری کند و باعث افت شدید عملکرد شود (Anyaoha *et al*., 2015).

تنش خشکی، تجمع ماده خشک، شاخص سطح برگ، ارتفاع بوته، تعداد میوه در بوته، عملکرد بیولوژیک و عملکرد میوه بامیه را کاهش می‌دهد (اسکندری و عالی‌زاده، ۱۳۹۶). هم‌چنین کمبود آب می‌تواند سبب تغییر در محتوای پروتئین (کاهش) و قند (افزایش) در گیاه بامیه شود (باقی‌زاده و همکاران، ۱۳۹۹).

۲. پیشینهٔ پژوهش

بیش‌تر مطالعات انجام گرفته در خصوص تأثیر تنش خشکی بر گیاه بامیه مربوط به خارج از کشور بوده (Abdulrahman & Nadir, 2018; Adejumo *et al*., 2019; Anyaoha *et al*., 2017) و بررسی‌های صورت‌گرفته در داخل حاکی از مطالعات اندک روی این گیاه می‌باشد (باقی‌زاده و همکاران، ۱۳۹۹؛ اسکندری و عالی‌زاده، ۱۳۹۶). در همین راستا، اسکندری و عالی‌زاده (۱۳۹۶) گزارش کردند که افزایش دور آبیاری، تجمع‌ماده خشک، شاخص سطح برگ، ارتفاع بوته، تعداد میوه در بوته، عملکرد بیولوژیک و عملکرد میوه بامیه را کاهش داد، به‌طوری‌که افزایش فاصله آبیاری از سطح اول (زمان لازم برای ۷۰ میلی‌متر تبخیر از تشت تبخیر) به سطح چهارم (زمان لازم برای ۱۶۰ میلی‌متر تبخیر از تشت تبخیر)، عملکرد میوه تا ۳۱ درصد کاهش یافت.

1. Malvaceae
2. Physiological recovery

علاوه بر موارد مذکور، با توجه به شرایط اقلیمی حاکم بر کشور، مطالعات صورت گرفته برای تعمیم به شرایط کشور ما نیازمند مطالعات بیش‌تری می‌باشد و نظر به اهمیت اقتصادی بالای بامیه و با توجه به این‌که منابع ژنتیکی از تحمل بالا و استعداد مناسب جهت تحمل تنش برخوردار هستند و با عنایت به شرایط کنونی کشور، توجه به انتخاب گیاه و یا ارقام متحمل به کم‌آبی در الگوی کاشت از اهمیت بالایی برخوردار است. از این‌رو، مطالعه حاضر با هدف ارزیابی تأثیر تنش خشکی و نوع ژنوتیپ بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه بامیه انجام گرفت.

۳. روش‌شناسی پژوهش

به‌منظور بررسی تأثیر رژیم‌های مختلف آبیاری بر عملکرد و اجزای عملکرد ۱۵ ژنوتیپ منتخب بامیه (جدول ۱)، آزمایشی در سال زراعی ۱۴۰۰-۱۳۹۹ در مزرعه تحقیقاتی مؤسسه تحقیقات اصلاح نهال و بذر کرج (با طول جغرافیایی ۵۰ درجه و ۵۴ دقیقه، عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۵۵ دقیقـه و ارتفاع از سطح دریا ۱۳۱۲/۵ متر) انجام گرفت.

جدول ۱. ژنوتیپ‌های بامیه مورد ارزیابی

ژنوتیپ	شماره نمونه (TN)	منطقه
۱	۳۸	زابل
۲	Vikima	–
۳	۴۳	آذربایجان
۴	۴۸	آذربایجان
۵	۴۹	لرستان
۶	۵۲	سیستان
۷	۵۳	سیستان
۸	۶۳	سیستان
۹	۷۴	خوزستان
۱۰	۸۳	خراسان
۱۱	۱۰۵	لرستان
۱۲	۱۱۱	کردستان
۱۳	۱۶۱	سیستان
۱۴	Arzuman	–
۱۵	۱۵۶	خوزستان

کرج با تابستان گرم و خشک، زمستان سرد و مرطوب و میانگین بارش سالانه حدود ۲۳۹/۵ میلی‌متر، جزء مناطق خشک محسوب می‌شود. ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خاک مزرعه موردمطالعه (جدول ۲) و میانگین بارندگی و دمای ماهانه (جدول ۳) نیز ارائه شده است.

جدول ۲. ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خاک

عمق خاک (سانتی‌متر)	کربن آلی (درصد)	شوری (دسی‌زیمنس بر متر)	فسفر (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	پتاسیم (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	pH
۳۰-۰	۰/۴۷	۱/۲۶	۵/۲۹	۲۲۸	۸/۵

جدول ۳. میانگین دما و بارش ماهانه در طی دوره رشد گیاه موردمطالعه (۱۳۹۹-۱۴۰۰)

ماه	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر
بارش (میلی‌متر)	۱۰۳	۲۵/۶	۰	۰/۷	۰	۰	۱۷/۲
دما (درجه سانتی‌گراد)	۱۲/۲۳	۲۰/۶۲	۲۵/۲۱	۲۷/۱۵	۲۴/۰۹	۲۱/۶۵	۱۴/۵

آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کاملاً تصادفی و با سه تکرار اجرار گردید. رژیم‌های آبیاری شامل آبیاری مطلوب (پنج روز یک‌بار) و کم‌آبیاری یا تنش (۱۰ روز یک‌بار) بودند. کودهای شیمیایی موردنیاز براساس نتایج آزمون خاک و توصیه کودی بخش تحقیقات خاک و آب مورداستفاده قرار گرفت. براین اساس، ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن به کرت‌های آزمایشی اضافه شد. کاشت بذر با نیروی انسانی در اواسط خردادماه در عمق ۲ سانتی‌متری انجام گرفت. فاصله بذرهای روی ردیف ۳۰ سانتی‌متر و فاصله میان ردیف‌ها ۶۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شده بود. هر کرت شامل چهار ردیف به طول ۲ متر با فواصل خطوط ۶۰ سانتی‌متر و مساحت ۵ مترمربع بود. به منظور جلوگیری از نشت رطوبت، فاصله بین دو قطعه آزمایش ۶ متر منظور شد. آبیاری در تمام تیمارها به‌صورت غرقابی انجام گرفت، لازم به ذکر است که برای به‌دست‌آوردن تراکم مناسب، گیاهان در مرحله شش برگی تنک شدند. هم‌چنین قبل از کاشت برای جلوگیری از بیماری‌های خاک‌زی، بذرها با قارچ‌کش بنومیل به نسبت دو در هزار ضدعفونی شدند. در طول دوره رشد گیاه، در چندین نوبت کنترل علف‌های هرز به‌صورت دستی و توسط نیروی انسانی انجام گرفت.

تعداد دفعات برداشت میوه، ده بار و به فاصله هر دو روز یک‌بار بود، به‌طوری‌که محصول شش بوته که به‌طور تصادفی انتخاب شده بودند، به‌طور جداگانه برداشت و برای ارزیابی وزن میوه رسیده در هکتار، عملکرد میوه، قطر میوه، تعداد میوه رسیده، طول میوه و تعداد دانه رسیده در هر میوه به آزمایشگاه منتقل شده بودند. وزن صد دانه با توزین چهار نمونه ۲۵۰ تایی با ترازو مشخص گردید. در زمان برداشت محصول، سطحی معادل ۲/۵ مترمربع با درنظرگرفتن اثرات حاشیه‌ای برای تعیین عملکرد دانه برداشت شد. هم‌چنین در پایان فصل رشد (آبان‌ماه)، عملیات برداشت پس از حذف دو ردیف کناری و نیم‌متر از ابتدا و انتهای هر کرت (به‌عنوان اثر حاشیه‌ای) و انتخاب شش بوته به‌طور تصادفی از هر کرت انجام و اندازه‌گیری از صفاتی همچون ارتفاع بوته و عملکرد بیولوژیک به‌عمل آمد. اندازه‌گیری‌های آزمایشگاهی شامل ویژگی‌های فیزیولوژیکی محتوای پروتئین کل و قند محلول غلاف بامیه بودند. قند محلول با استفاده از روش فنول سولفوریک اسید و استاندارد گلوکز تعیین شد (Dubois *et al*., 1956; Ahmad & El sayed, 2021) و مقدار قند محلول غلاف بامیه به‌صورت میلی‌گرم بر گرم ماده خشک غلاف بامیه با استفاده از رابطه (۱) محاسبه شد:

$Y=465.46x-111.41$ ($R^2=0.9783$) رابطه ۱)

غلظت کل پروتئین غلاف خشک بامیه به‌روش برادفورد اندازه‌گیری شد (Bradford, 1976). بدین‌منظور، یک میلی‌لیتر از محلول برادفورد و ۰/۰۲گرم از عصاره گیاهی به آن اضافه نمودیم و میزان جذب در طول موج ۵۹۵ نانومتر با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر (Cecil. CE9200, England) قرائت شد. از سرم آلبومین گاوی با چهار غلظت ۱۵، ۳۰، ۶۰ و ۹۰ میلی‌گرم در لیتر برای رسم منحنی استاندارد پروتئین استفاده شد. مقدار پروتئین کل غلاف بامیه به‌صورت میلی‌گرم بر گرم ماده خشک غلاف بامیه با استفاده از رابطه (۲) محاسبه شد.

$Y=1670.1x-184.61$ ($R^2=0.9715$) رابطه ۲)

۳. ۱. تجزیه و تحلیل آماری

در ابتدا فرض نرمال‌بودن خطاهای آزمایشی و همگن‌بودن واریانس‌ها به‌ترتیب با استفاده از آزمون‌های آماری کولموگروف–اسمینورف و لون[1] در نرم‌افزار MSTAT-C نسخه ۱/۴ انجام گرفت. سپس تجزیه واریانس بر روی صفات انجام پذیرفت، هم‌چنین به‌منظور ارزیابی اثر تنش خشکی و نوع ژنوتیپ بر روی صفات موردبررسی، مقایسه میانگین‌های صفات با استفاده از آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD)[2] در سطح آماری ۵ درصد ($P<0/05$) انجام گرفت.

1. Levene’s Test
2. Least Significant Difference

۴. یافته‌های پژوهش

نتایج حاصل از آنالیز واریانس برای ویژگی‌های مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی بامیه در جدول (۴) ارائه شده است. همان‌طورکه مشاهده می‌شود، اثر سطوح تنش خشکی برای تمام صفات مورد ارزیابی به لحاظ آماری معنی‌دار بود (P<۰/۰۱)، به این مفهوم که تیمار بدون تنش (آبیاری پنج روز یک‌بار) و تنش خشکی (آبیاری ۱۰ روز یک‌بار) اثر یکسانی بر روی صفات مذکور نداشتند که یکی از دلایل آن این است که بیش‌تر صفات مذکور به‌طور عمده تحت تأثیر عوامل محیطی قرار می‌گیرند و بخش عمده‌ای از دوره تداوم این صفات مانند ارتفاع ساقه و عملکرد میوه در مراحل انتهایی رشد گیاه است که به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر تغییرات شرایط تنش قرار گرفتند. هم‌چنین بین ژنوتیپ‌ها از نظر کلیه صفات، تنوع قابل‌ملاحظه‌ای در هر دو محیط مشاهده شد که این موضوع بیانگر این است که به لحاظ صفات مورد ارزیابی، بین ژنوتیپ‌های موردمطالعه تفاوت معنی‌دار آماری وجود داشت. اثر متقابل ژنوتیپ× دور آبیاری نیز برای تمام صفات مورد ارزیابی (به‌جز قطر میوه رسیده) به لحاظ آماری معنی‌دار بود (P<۰/۰۱). این بدین معنا است که ژنوتیپ‌های مختلف پاسخ‌های متفاوتی به شرایط محیطی مختلف نشان دادند و اختلاف بین ژنوتیپ‌ها از آزمایشی به آزمایش دیگر یکسان نبود. در ادامه با توجه به معنی‌داربودن اثر متقابل دور آبیاری و ژنوتیپ برای تمام صفات مورد اندازه‌گیری (به‌جز قطر میوه)، تأثیر تنش خشکی و ژنوتیپ بر صفت‌های مورد اندازه‌گیری، مورد بحث قرار گرفت.

جدول ٤. نتایج تجزیه واریانس مرکب برخی ویژگی‌های مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی، عملکرد و اجزای عملکرد بامیه تحت تأثیر دور آبیاری و نوع ژنوتیپ

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات		
		ارتفاع بوته	عملکرد میوه	عملکرد بیولوژیک
دور آبیاری	۱	۵۲۷۳۵/۶۸**	۳۰۱/۱۸**	۱۳۴۳۴/۶۷**
ژنوتیپ	۱۴	۶۸۶/۱۸**	۴۶/۷۶**	۴۹۳/۴۱**
دور آبیاری× ژنوتیپ	۱۴	۴۰۷/۱۵**	۱۲/۸۶**	۳۱۷/۲**
خطا	۵۶	۱۷/۱۳	۰/۶۸	۴/۴۷
کل	۸۹	–	–	–
ضریب تغییرات (درصد)	–	۳/۹۴	۹/۷۰	۴/۹۵

ادامه جدول ٤. نتایج تجزیه واریانس مرکب برخی ویژگی‌های مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی، عملکرد و اجزای عملکرد بامیه تحت تأثیر دور آبیاری و نوع ژنوتیپ

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات				
		قطر میوه رسیده	طول میوه رسیده	تعداد میوه رسیده	وزن میوه رسیده	تعداد دانه رسیده در هر میوه
دور آبیاری	۱	۲/۰۴**	۱۸۹/۹۵**	۲۵۳/۳۴**	۳۵۷۲۰/۵۴**	۷۱۴۶/۷۱**
ژنوتیپ	۱۴	۰/۵۱**	۳۵/۲۶**	۱۸/۸۸**	۲۶۹۷/۳۵**	۲۱۵۷/۷۱**
دور آبیاری× ژنوتیپ	۱۴	۰/۰۲ ns	۱/۷۱**	۳/۷۲**	۱۰۰۶/۱**	۱۳۴/۵۰**
خطا	۵۶	۰/۰۱	۰/۳۶	۰/۴۷	۴/۴۵	۳/۷۴
کل	۸۹					
ضریب تغییرات (درصد)	–	۵/۹۳	۳/۶۴	۷/۷۸	۷۲/۹۰	۲/۵۵

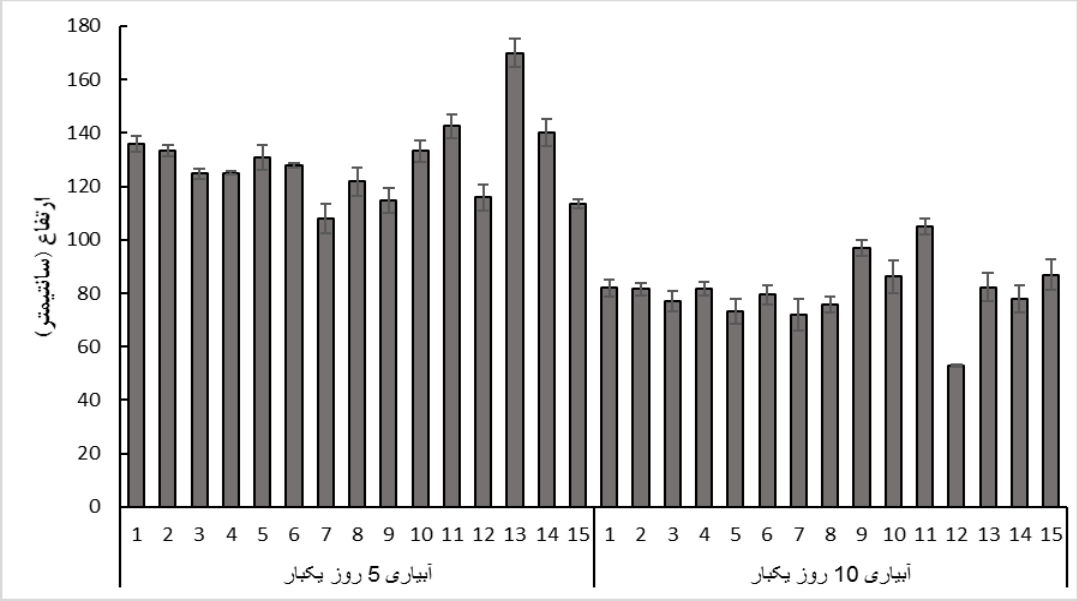
ادامه جدول ٤. نتایج تجزیه واریانس مرکب برخی ویژگی‌های مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی، عملکرد و اجزای عملکرد بامیه تحت تأثیر دور آبیاری و نوع ژنوتیپ

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات			
		وزن دانه در بوته	وزن هزاردانه	قندهای محلول	پروتئین های محلول
دورآبیاری	۱	۵۶۹۸/۷۲**	۷۲۸/۴۱**	۸۵۲۷۱/۰۶**	۹۸۶۹۰/۹۸**
ژنوتیپ	۱۴	۸۵۵/۳۸**	۲۸۴/۶۵**	۹۱۵۸/۰۹**	۵۳۵۶/۱۰**
دور آبیاری× ژنوتیپ	۱۴	۱۵۰/۱۲**	۱۶/۶۷**	۳۲۳۷/۱۱**	۲۷۱۶/۶۷**
خطا	۵۶	۳/۱۶	۲/۶۹	۳/۱۲	۳۶/۷۳
کل	۸۹				
ضریب تغییرات (درصد)		۵/۰۳	۲/۶۵	۰/۲	۰/۵۲

ns، * و ** به‌ترتیب غیرمعنی‌داری و معنی‌داری در سطح احتمال ۹۵ و ۹۹ درصد.

۴. ۱. ارتفاع بوته

مطابق نتایج، ارتفاع بوته، تحت تأثیر اثر دور آبیاری قرار گرفت. در تمام ژنوتیپ‌ها، با افزایش دور آبیاری از پنج به ۱۰ روز یک‌بار، ارتفاع بوته به‌طور معنی‌داری کاهش یافته بود (P<۰/۰۵). در بین ژنوتیپ‌های موردمطالعه در شرایط کم‌آبیاری یا تنش (دور آبیاری ۱۰ روز یک‌بار)، ژنوتیپ ۱۱ (۱۰۴/۹۵ سانتی‌متر) به‌طور معنی‌داری ارتفاع بیش‌تری داشت و ژنوتیپ ۱۲ کم‌ترین (۵۲/۷۸ سانتی‌متر) مقدار ارتفاع را به خود اختصاص داده بود (شکل ۱). علاوه بر این، با افزایش دور آبیاری از پنج به ۱۰ روز یک‌بار، ارتفاع بوته حدود ۵۹ درصد نسبت به شرایط نرمال کاهش یافته بود.



شکل ۱. اثر دور آبیاری (پنج و ۱۰ روز یک‌بار آبیاری) بر ارتفاع ژنوتیپ‌های مختلف بامیه

۴. ۲. عملکرد میوه (تن در هکتار) و عملکرد بیولوژیک بامیه (گرم در بوته)

اثر دور آبیاری و نوع ژنوتیپ بر عملکرد میوه (وزن میوه برحسب تن در هکتار) معنی‌دار بود و تحت شرایط کم‌آبیاری (دور آبیاری ۱۰ روز یک‌بار)، عملکرد میوه در مقایسه با شرایط آبیاری مطلوب (دور آبیاری پنج روز یک‌بار) به‌طور معنی‌داری کاهش یافته بود (P<۰/۰۵؛ جدول ۵). در بین تیمارهای موردمطالعه، در دور آبیاری ۱۰ روز یک‌بار ژنوتیپ ۱۰ و ژنوتیپ ۶ به‌ترتیب بیش‌ترین (۱۲/۰۶ تن در هکتار) و کم‌ترین (۴/۳۴ تن در هکتار) عملکرد میوه را به خود اختصاص داده بودند. مشابه عملکرد میوه، اثر متقابل دور آبیاری و نوع ژنوتیپ بر عملکرد بیولوژیک (وزن خشک کل گیاه) معنی‌دار بود (P<۰/۰۵). مقدار عملکرد بیولوژیک از ۸۶/۰۷ گرم در بوته (ژنوتیپ ۱۱) در دور آبیاری پنج روز یک‌بار، به ۲۱ گرم در بوته (ژنوتیپ ۱۰) در دور آبیاری ۱۰ روز یک‌بار کاهش یافته بود (جدول ۵). به‌طور کلی، با افزایش دور آبیاری از پنج به ۱۰ روز یک‌بار، عملکرد میوه و عملکرد بیولوژیک بامیه حدود ۴۷ درصد نسبت به شاهد کاهش یافته بود. عملکرد میوه در برخی از ژنوتیپ‌ها تحت شرایط کم‌آبیاری در مقایسه با برخی دیگر از ژنوتیپ‌ها تحت شرایط آبیاری مطلوب به‌طور معنی‌داری بیش‌تر بود. به‌عنوان مثال، عملکرد میوه ژنوتیپ ۱۰ تحت شرایط کم‌آبیاری (۱۲/۰۶ کیلوگرم در هکتار) به‌طور معنی‌داری بیش‌تر از عملکرد میوه ژنوتیپ‌های ۱۲، ۳، ۶، ۹، ۱۵، ۸ و ۱۴ در شرایط آبیاری مطلوب بود (جدول ۳).

جدول ۵. مقایسه میانگین اثرات متقابل دور آبیاری و نوع ژنوتیپ بر عملکرد میوه و عملکرد بیولوژیک بامیه

دور آبیاری (روز)	ژنوتیپ‌ها	عملکرد میوه (تن در هکتار)	عملکرد بیولوژیک (تن در هکتار)
پنج روز یک‌بار	۱	۱۴/۸۸c	۶۸/۳۷b
	۲	۱۹/۰۹a	۴۹/۳۳e
	۳	۷/۹jkl	۴۹/۰۳e
	۴	۱۲/۲۳d	۲۹/۴klm
	۵	۱۳/۸۱c	۴۶/۳efg
	۶	۶/۷۲lmn	۴۸/۹۳e
	۷	۱۶/۶۱b	۶۶/۴۳b
	۸	۹/۷۸gh	۵۴/۵d
	۹	۷/۳۹klmn	۴۳/۴۳g
	۱۰	۱۶/۵۵b	۵۴d
	۱۱	۷/۸jklm	۸۶/۰۷a
	۱۲	۹/۴۳hi	۴۸/۸۳ef
	۱۳	۱۱/۵def	۵۵/۰۷cd
	۱۴	۹/۱۵hij	۴۱/۶۳g
	۱۵	۹/۸۸fgh	۸۳/۱۳a
۱۰ روز یک‌بار	۱	o۴/۸۶	۳۶/۵h
	۲	۹/۷۶h	۲۸lm
	۳	۶/۰۵n	۳۲/۶۷ijk
	۴	۱۰/۱۸efgh	۲۶/۸۳m
	۵	۷/۵۷klm	۳۱ijkl
	۶	۴/۳۴o	۲۲/۶۷no
	۷	۱۱/۸۳de	۳۰/۸۷jkl
	۸	۷/۷۳klm	۳۲/۸۳ijk
	۹	klmn۷/۲۷	۲۶/۷۷mn
	۱۰	۱۲/۰۶d	۲۱o
	۱۱	۷/۸۳jklm	۲۳/۳۳no
	۱۲	۶/۷۱mn	۳۲/۱۷ijk
	۱۳	۸/۱۶ijk	۳۳/۴۷hij
	۱۴	۷/۱۹klmn	۳۴/۴hi
	۱۵	۶/۴۹mn	۴۵/۴۳fg

میانگین‌های دارای حروف مشترک براساس آزمون LSD در سطح ۵ درصد تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارد.

۴. ۳. اجزای عملکرد میوه بامیه

مقایسه میانگین صفات مرتبط با میوه بامیه حاکی از آن بود که به‌جز صفت قطر میوه رسیده، سایر صفات (طول میوه رسیده، تعداد میوه رسیده، وزن میوه رسیده، تعداد دانه رسیده در هر میوه، وزن دانه در بوته و وزن هزاردانه) تحت تأثیر هم‌زمان دور آبیاری و نوع ژنوتیپ قرار گرفتند. به‌طوری‌که با افزایش دور آبیاری از پنج به ۱۰ روز یک‌بار، مقدار طول میوه رسیده، تعداد میوه رسید، وزن میوه رسیده، تعداد دانه رسیده در هر میوه، وزن دانه در بوته و وزن هزاردانه به‌طور معنی‌داری کاهش یافته بود (جدول‌های ۶ و ۷). طول میوه رسیده از ۲۳/۴۴ سانتی‌متر (ژنوتیپ ۶)، تعداد میوه رسیده از ۱۶ عدد (ژنوتیپ ۷)، وزن میوه رسیده از ۱۶۶/۰۳ گرم (ژنوتیپ ۷)، تعداد دانه رسیده از ۱۰۶ عدد (ژنوتیپ ۱۳)، وزن دانه در بوته از ۶۶/۳۴ گرم (ژنوتیپ ۱۱) و وزن هزاردانه از ۷۸/۹۴ گرم (ژنوتیپ ۹) در دور آبیاری ۵ روز یک بار به‌ترتیب به ۱۰/۴۳ سانتی‌متر (ژنوتیپ ۷)، ۵/۳۳ عدد (ژنوتیپ ۴)، ۲۷/۵۴ گرم (ژنوتیپ ۳)، ۳۱/۳۳ گرم (ژنوتیپ ۳)، ۷/۳۵ گرم (ژنوتیپ ۳) و ۴۷/۰۲ گرم (ژنوتیپ ۳) در دور آبیاری ۱۰ روز یک‌بار کاهش یافته بود. به عبارتی دیگر، با افزایش دور آبیاری، طول میوه رسیده، تعداد میوه رسیده، وزن میوه رسیده، تعداد دانه رسیده، وزن دانه در بوته و وزن هزاردانه به‌ترتیب ۱۹، ۴۲، ۷۵، ۴۲، ۵۸ و ۹ درصد کاهش یافته بود.

جدول ٦. مقایسه میانگین اثر متقابل دور آبیاری و نوع ژنوتیپ بر اجزای عملکرد میوه بامیه

دور آبیاری	ژنوتیپ‌ها	طول میوه رسیده (سانتی‌متر)	تعداد میوه رسیده	وزن میوه رسیده (گرم)
	۱	۱۹c	۱۲c	۱۴۶/ ۷۳b
	۲	۱۹/۹۴bc	۱۱/۶۷c	۹۸/۰۵de
	۳	۱۷/۸۶de	۱۱cd	۶۵/۵۷i
	۴	۱۶/۲۶fgh	۷hij	۵۵/۴۱kl
	۵	۱۷/۱۷ef	۸/۳۳g	۶۶/۷۶i
	۶	۲۳/۴۴a	۱۰de	۵۷/۵۷jk
	۷	۱۲/۷۱m	۱۶a	۱۶۶/۰۳a
پنج روز یک‌بار	۸	۱۸/۵۵cd	۱۱/۶۷c	۷۸/۳g
	۹	fgh۱۶/۵۵	۱۱/۶۷c	۹۲/۴۵ef
	۱۰	۲۰/۴۳b	۱۱/۳۳c	۱۱۱/۷۵c
	۱۱	۱۴/۳jkl	۸gh	۹۰/۲۵f
	۱۲	۱۶/۹۷efg	۸/۶۷fg	۹۹/۷۸de
	۱۳	۱۵/۸۹hi	۸gh	۹۰/۹۲f
	۱۴	۲۰/۸۳b	۸/۶۷fg	۵۷/۷۶jk
	۱۵	cd۱۸/۵	۱۳/۶۷b	۱۱۴/۹۸c
	۱	۱۶/۶۱jk	jkl۶/۳۳	h۷۱/۳۲
	۲	۱۵/۲۷ij	۸/۳۳g	۴۵/۸۴mn
	۳	۱۴/۱۷kl	۶/۶۷ijk	۲۷/۵۴q
	۴	۱۴/۷۸jk	۵/۳۳l	۴۴n
	۵	۱۴/۶jk	۶/۳۳jkl	۵۵/۹۲kl
	۶	۱۸/۸۶c	۷hij	۳۸/۰۷o
	۷	۱۰/۴۳o	۹/۶۷ef	۵۹/۴۷j
۱۰ روز یک‌بار	۸	۱۶/۸۶fgh	۸/۶۷fg	۵۳/۴۹l
	۹	۱۴/۸۱jk	۷/۶۷ghi	۶۵/۴i
	۱۰	۱۶/۶۱fgh	۸/۶۷fg	۷۶/۴۶g
	۱۱	۱۱/۶n	۶/۳۳jkl	۵۶/۶۷jkl
	۱۲	۱۴/۲۴kl	۶/۶۷ijk	۵۹/۷۷j
	۱۳	۱۳/۵lm	۵/۶۷kl	۵۸/۴۷jk
	۱۴	۱۸/۵۱cd	۶/۳۳jkl	۳۳/۶۲p
	۱۵	۱۶/۱۵ghi	۷/۶۷ghi	۴۸/۶۱m

میانگین‌های دارای حروف مشترک براساس آزمون LSD در سطح ۵ درصد تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارد.

ادامه جدول ٦. مقایسه میانگین اثر متقابل دور آبیاری و نوع ژنوتیپ بر اجزای عملکرد میوه بامیه

دور آبیاری	ژنوتیپ‌ها	تعداد دانه رسیده در هر میوه	وزن دانه در بوته (گرم)	وزن هزاردانه (گرم)
	۱	۱۰۰/۶۷bc	۶۵/۵۷a	۶۲/۱۱gh
	۲	۱۰۵/۳۳a	۵۹/۵۶b	۶۳/۴fg
	۳	۴۴/۳۳p	۱۶/۰۳o	۵۰/۵۲lm
	۴	۸۳e	۳۰/۶۱jk	۶۳/۶efg
	۵	۹۹c	۳۴/۵۲i	۶۳/۹۵efg
	۶	۵۰/۳۳o	۲۰/۴۸n	۶۲/۳۳gh
	۷	۹۹/۳۳c	۵۱/۸۹d	۵۸/۵۳i
پنج روز یک‌بار	۸	۵۵/۶۷n	۳۷/۵۱h	۶۹/۹۳bc
	۹	۷۷/۳۳gh	۴۷/۲۲ef	۷۸/۹۴a
	۱۰	۹۸/۳۳c	۴۱/۶۲g	۶۵/۳۷def
	۱۱	۹۹c	۶۶/۳۴a	۷۷/۱۶a
	۱۲	۱۰۳/۳۳ab	۵۶/۵۳c	۶۶/۲۶de
	۱۳	۱۰۶a	۴۸/۸۳e	۶۶def
	۱۴	۷۰kl	۲۷/۱۵l	۶۴/۱۱efg
	۱۵	۷۸fgh	۴۵/۷۵f	۵۸/۷۹i

ادامه جدول ٦. مقایسه میانگین اثر متقابل دور آبیاری و نوع ژنوتیپ بر اجزای عملکرد میوه بامیه

دور آبیاری	ژنوتیپ‌ها	تعداد دانه رسیده در هر میوه	وزن دانه در بوته (گرم)	وزن هزاردانه (گرم)
	۱	۸۷/۳۳d	۳۱/۰۳j	۴۸/۲۲mn
	۲	۷۵hi	۲۷/۸۶kl	۵۸/۲۲ij
	۳	۳۱/۳۳q	۷/۳۵p	۴۷/۰۲n
	۴	۶۹/۶۷l	۲۹/۶۶jkl	۵۹/۶۸hi
	۵	۸۱ef	۲۷/۸۴kl	۵۸/۰۴ij
	۶	۴۵p	۱۵/۷o	۵۹/۳i
	۷	۷۹/۳۳fg	۳۰/۵۸jk	۵۲/۲۶l
۱۰ روز یک‌بار	۸	۴۲/۶۷p	۳۱/۰۷j	۶۷/۳۷cd
	۹	۷۳ijk	۳۱/۳۵j	۶۹/۸۹bc
	۱۰	۶۵/۶۷m	۲۳/۹m	۶۳/۷۴efg
	۱۱	۷۸/۳۳fg	۴۹/۷۲de	۷۲/۵۲b
	۱۲	۸۷d	۲۷/۶۶l	۵۹/۶۶hi
	۱۳	۷۳/۶۷ij	۳۴/۷۶hi	۵۵/۲۴k
	۱۴	۴۲p	۱۵/۵۶o	۵۸/۷i
	۱۵	۷۱/۳۳jkl	۲۶/۹۳l	۵۵/۸۱jk

میانگین‌های دارای حروف مشترک براساس آزمون LSD در سطح ۵ درصد تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارد.

همان‌طور که در (جدول ۷) مشاهده می‌شود، قطر میوه بامیه نیز تحت تأثیر سطوح مختلف آبیاری کاهش یافت، به‌طوری‌که با افزایش دور آبیاری از پنج به ۱۰ روز یک‌بار، قطر میوه رسیده از ۲/۱۱ به ۱/۸۱ میلی‌متر رسیده بود (P<۰/۰۱).

جدول ۷. مقایسه میانگین اثرات اصلی دور آبیاری و نوع ژنوتیپ بر قطر میوه بامیه

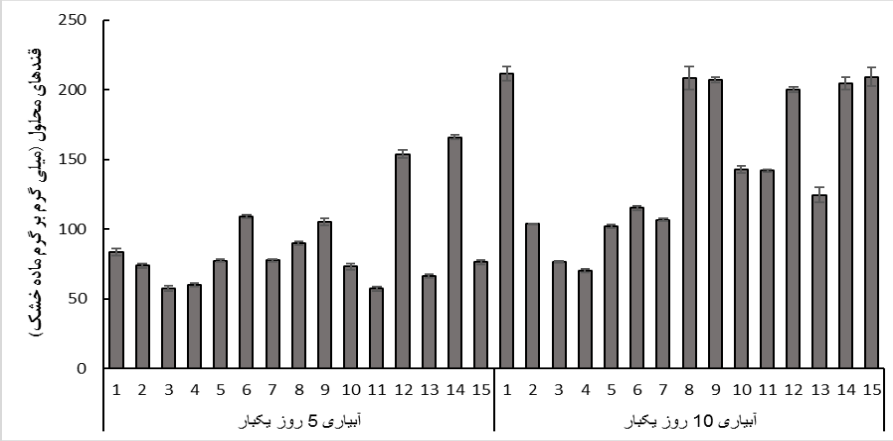
دور آبیاری	میانگین قطر میوه (میلی‌متر)
۵ روز یک‌بار	۲/۱۱a
۱۰ روز یک‌بار	۱/۸۱b
ژنوتیپ‌ها	**میانگین قطر میوه (میلی‌متر)**
۱	۲/۳۱cde
۲	۲/۲۴cd
۳	۲/۲۴g
۴	۲/۱۴c
۵	۲/۱۳bcd
۶	۲/۰۸i
۷	۲/۰۷a
۸	۲/۰۶fg
۹	۲/۰۱ab
۱۰	۱/۹۳fg
۱۱	۱/۸۷ab
۱۲	۱/۸۱ef
۱۳	۱/۷۸cd
۱۴	۱/۴۷h
۱۵	۱/۲۵de

میانگین‌های دارای حروف مشترک براساس آزمون LSD در سطح ۵ درصد تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارد.

۴. ۴. اثر تنش خشکی و نوع ژنوتیپ بر قند محلول غلاف بامیه (میلی‌گرم بر گرم ماده خشک)

قندهای محلول غلاف بامیه تحت تأثیر اثر دور آبیاری قرار گرفت. به‌طوری‌که با افزایش دور آبیاری، غلظت قندهای محلول

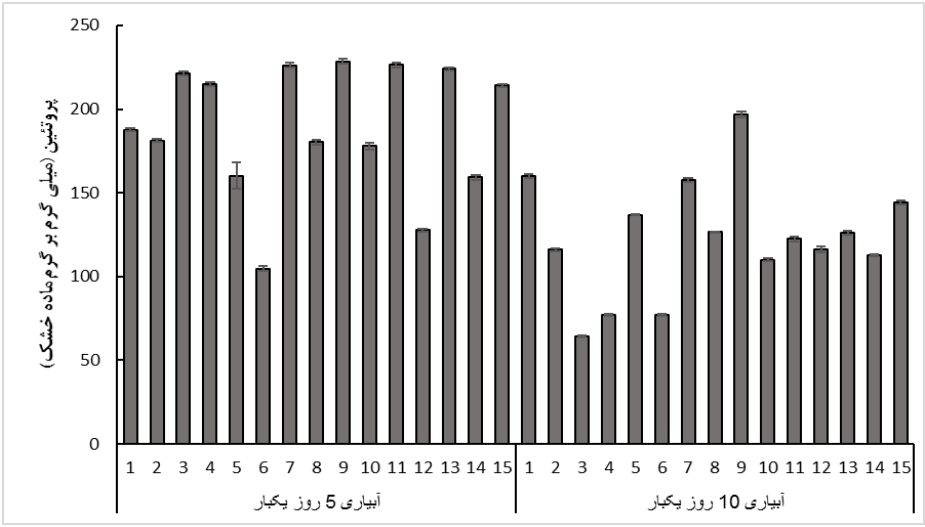
غلاف بامیه در تمام تیمارها افزایش یافته بود (شکل ۲). در بین تیمارهای مورد ارزیابی، ژنوتیپ ۱۴ در دور آبیاری ۱۰ روز یک‌بار و ژنوتیپ ۳ در دور آبیاری پنج روز یک‌بار، به‌ترتیب بیش‌ترین (۲۱۶/۶۴ میلی‌گرم در گرم ماده خشک) و کم‌ترین (۵۶/۶۴ میلی‌گرم در گرم ماده خشک) مقدار قندهای محلول غلاف بامیه را به خود اختصاص داده بودند.



شکل ۲. اثر دور آبیاری (پنج و ۱۰ روز یک‌بار آبیاری) بر محتوای قندهای محلول ژنوتیپ‌های مختلف بامیه

۴. ۵. اثر تنش خشکی و نوع ژنوتیپ بر پروتئین کل غلاف بامیه (میلی‌گرم بر گرم ماده خشک)

مشابه قندهای محلول، محتوای پروتئین کل غلاف بامیه، تحت تأثیر دور آبیاری قرار گرفت (شکل ۳). با افزایش دور آبیاری، محتوای پروتئین غلاف بامیه در تمام تیمارها کاهش یافته بود. در بین ژنوتیپ‌های مورد ارزیابی، ژنوتیپ ۱۳ با میانگین پروتئین برابر با ۲۲۷/۷۱ میلی‌گرم در گرم غلاف خشک (دور آبیاری پنج روز یک‌بار) و ژنوتیپ ۹ با میانگین پروتئین برابر ۶۳/۴ میلی‌گرم در گرم غلاف خشک (دور آبیاری ۱۰ روز یک‌بار) به‌ترتیب بیش‌ترین و کم‌ترین محتوای پروتئین را در مقایسه با سایر ژنوتیپ‌های بامیه داشتند. با افزایش دور آبیاری از پنج به ۱۰ روز یک‌بار، مقدار پروتئین کل غلاف بامیه حدود ۵۳ درصد نسبت به شرایط نرمال کاهش یافته بود.



شکل ۳. اثر دور آبیاری (پنج و ۱۰ روز یک‌بار آبیاری) بر محتوای پروتئین ژنوتیپ‌های مختلف بامیه

۵. بحث

به‌نظر می‌رسد که کاهش ارتفاع بوته گیاه بامیه تحت تنش در نتیجه محدودیت آبی ناشی از اعمال تیمار تنش باشد که پژوهش‌گران دیگری نیز این موضوع را گزارش کرده‌اند (Sankar *et al*., 2007; Bahadur *et al*., 2009; Adejumo *et al*., 2019; El-Kader *et al*., 2010; Anyaoha *et al*., 2015). افزایش دور آبیاری و تنش کم‌آبی ناشی از آن از طریق تأثیری که روی کاهش رنگدانه‌های فتوسنتزی و جذب آب و مواد معدنی می‌گذارد، موجب کاهش آماس سلولی و به‌دنبال آن کاهش تقسیمات سلولی می‌شود که در نهایت موجب کاهش ارتفاع بوته می‌گردد (Keyvan Rad *et al*., 2021).

افزایش دور آبیاری یا کم‌آبیاری، از طریق کاهش جذب آب و عناصر غذایی توسط گیاه، سبب کاهش بیوماس تولیدی می‌شود که با شاخص سطح برگ بامیه در شرایط کمبود آب مرتبط است. به عقیده بسیاری از پژوهش‌گران، کاهش در آماس سلول، نخستین و حساس‌ترین واکنش نسبت به کمبود است که منجر به کاهش رشد گیاه می‌شود (Ashraf & Foolad, 2007; Sharma *et al*., 2014; Yadev & Dhankhar, 2002). پژوهش‌گران دیگری نیز کاهش عملکرد میوه بامیه را تحت تنش خشکی گزارش کرده‌اند (Bahadur *et al*., 2009; Bhatt & Rao, 2005; Singh & Rajput, 2007). به‌نظر می‌رسد ژنوتیپ‌های مختلف بامیه، واکنش‌های متفاوتی به تنش آبی نشان می‌دهند، در همین خصوص برخی پژوهش‌گران گزارش کردند که عملکرد میوه بامیه تحت شرایط تنش خشکی افزایش می‌یابد که این امر می‌تواند به توانایی بامیه برای زنده‌ماندن و تحمل کمبود آب با کمک اسمولیت‌های مختلف مرتبط باشد (Abid *et al*., 2002; Adejumo *et al*., 2019) که همگی ممکن است به سازگاری و عملکرد بیش‌تر میوه کمک کرده باشد.

همسو با یافته‌های مطالعه حاضر، پژوهش‌گران دیگری نیز گزارش کرده‌اند که صفات مرتبط با میوه بامیه تحت شرایط تنش خشکی کاهش می‌یابد و مقدار کاهش بسته به ویژگی‌های همچون نوع تنش و واریته متفاوت می‌باشد (اسکندری و عالی‌زاده، ۱۳۹۶؛ Hussein *et al*., 2011). هم‌چنین در مطالعه دیگری در تأیید یافته‌های مطالعه حاضر نتایج نشان داد که افزایش دور آبیاری از هشت به ۱۰ و ۱۲ روز یک‌بار موجب کاهش طول و تعداد میوه بامیه شد. به‌طوری‌که آبیاری ۱۰ و ۱۲ روز یک‌بار، موجب کاهش ۱۵ و ۲۱ درصدی طول میوه بامیه نسبت به آبیاری هشت روز یک‌بار شده بود و بیش‌ترین (۱۰/۵ میوه در بوته) و کم‌ترین (۷/۷ میوه در بوته) تعداد میوه به‌ترتیب مربوط به دور آبیاری هشت و ۱۲ روز یک‌بار بود (Keyvan Rad *et al*., 2021). در مطالعه‌ای همسو با یافته‌های مطالعه حاضر، Keyvan Rad *et al*. (2021) گزارش کردند که با افزایش دور آبیاری از هشت به ۱۰ و ۱۲ روز یک‌بار، قطر میوه بامیه به‌طور معنی‌داری کاهش یافت، به‌طوری‌که کاهش ۱۵/۴ درصدی (دور آبیاری ۱۰ روز یک‌بار) و ۲۱/۳ درصدی (دور آبیاری ۱۲ روز یک‌بار) در مقایسه با شاهد (آبیاری پنج روز یک‌بار) مشاهده شد. در دور آبیاری ۱۰ روز یک‌بار بین ژنوتیپ های بامیه بالاترین قطر میوه در ژنوتیپ‌های شماره ۷ با میانگین ۲/۱ میلی‌متر و کم‌ترین در ژنوتیپ‌های شماره ۶ با میانگین ۱ میلی‌متر مشاهده شد.

به‌نظر می‌رسد با افزایش دور آبیاری و تشدید تنش خشکی فعالیت آنزیم‌های هیدرولیزکننده نشاسته (آمیلاز) وساکاروز (اینورتاز و ساکاروزسنتاز) افزایش یافته و در نتیجه آن میزان قندهای محلول در آب افزایش یافته است. این نتیجه در تطابق با نتایج مطالعات زیادی است که به تجمع قندهای محلول در پاسخ به تنش خشکی و نقش این مواد در افزایش تحمل به خشکی گیاهان مختلف اشاره داشته است (زارع مهرجردی و همکاران، ۱۳۹۵؛ Basu *et al*., 2007; Al Hakimi *et al*., 1995; Hoekstra *et al*., 2001). محتوای قندهای محلول غلاف بامیه برای تمام ژنوتیپ‌ها با افزایش دور آبیاری به‌طور معنی‌داری افزایش یافته بود. با این‌حال، مقدار قندهای محلول برخی از ژنوتیپ‌ها در دور آبیاری پنج روز یک‌بار بیش‌تر از محتوای قندهای محلول برخی ژنوتیپ‌های دیگر در دور آبیاری ۱۰ روز یک‌بار بود. به‌عنوان مثال، محتوای قندهای محلول ژنوتیپ شماره ۶ در دور آبیاری پنج روز یک‌بار (۱۶۷/۵۹ میلی‌گرم در گرم ماده خشک) از

محتوای قندهای محلول ژنوتیپ‌های شماره ۲، ۳، ۵، ۱۲، ۸، ۱۳، ۱۱، ۹ و ۱۰ در دور آبیاری ۱۰ روز یک‌بار بیش‌تر بود. به‌طور کلی، با افزایش دور آبیاری از پنج به ۱۰ روز یک‌بار، مقدار قندهای محلول بامیه حدود ۶۹ درصد نسبت به شرایط نرمال افزایش یافته بود. به‌نظر می‌رسد تنوع ژنتیکی میان ژنوتیپ‌های بامیه در تجمع قندهای محلول نقش داشته باشد، به‌طوری‌که افزایش تجمع قندهای محلول در برخی از ارقام با مقاوم‌بودن آن‌ها در شرایط تنش مرتبط می باشد. Ahmed & El-Sayed (2021)، برای برخی از ژنوتیپ‌های بامیه، افزایش و برای برخی دیگر کاهش در قندهای محلول را گزارش کردند که با نتایج این پژوهش مطابقت داشت. قندهای محلول از جمله آسیمیلات‌های سازگار هستند که تحت شرایط تنش خشکی بر مقدارشان افزوده می‌شود و تجمع آن‌ها سبب تنظیم اسمزی و تورژسانس سلول‌ها شده و سبب حفاظت و پایداری غشاها و پروتئین‌ها در شرایط تنش خشکی می‌شوند. در واقع افزایش قندهای محلول یکی از سازوکارهای افزایش فشار اسمزی داخل سلول است که گیاه سعی دارد در شرایط تنش، فشار اسمزی محیط را خنثی و آب بیش‌تری را از خاک جذب نماید (Pessarakli, 2019).

کاهش غلظت پروتئین‌های غلاف بامیه با افزایش دور آبیاری می‌تواند به کاهش سنتز پروتئین‌ها در شرایط تنش خشکی یا تجزیه پروتئین‌ها مرتبط باشد. Mafakheri (2010) کاهش پروتئین را به‌علت افزایش فعالیت آنزیم‌های پروتئاز تحت شرایط تنش خشکی نسبت داد. مطالعات زیادی کاهش غلظت پروتئین گیاهان را تحت شرایط تنش خشکی گزارش کرده‌اند (Schwanz *et al*., 1996; Heckathorn *et al*., 1997). Ahmed & El-Sayed (2021) نیز به کاهش غلظت پروتئین غلاف بامیه تحت رژیم‌های مختلف آبیاری اشاره کردند که با نتایج این پژوهش مطابقت داشت.

۶. نتیجه‌گیری و پیشنهادها

نتایج حاصل از پژوهش حاضر نشان داد که با افزایش دور آبیاری (از پنج به ۱۰ روز یک‌بار آبیاری)، صفات ارتفاع بوته (۵۹ درصد)، تعداد میوه (۴۲ درصد)، طول میوه (۱۹ درصد)، تعداد دانه (۴۲ درصد)، وزن دانه رسیده (۵۸ درصد)، وزن میوه رسیده (۷۵ درصد)، وزن هزاردانه (۹ درصد)، عملکرد میوه (۴۷ درصد) و عملکرد بیولوژیکی بامیه (۴۷ درصد) براساس میانگین تمام ژنوتیپ‌ها نسبت به آبیاری پنج روز یک‌بار کاهش یافته بودند که مقدار کاهش بسته به نوع ژنوتیپ‌ها متفاوت بود. هم‌چنین محتوای پروتئین کل و قندهای محلول غلاف بامیه، تحت تأثیر اثر متقابل تنش خشکی و نوع ژنوتیپ به‌ترتیب ۵۳ درصد کاهش و ۶۹ درصد نسبت به شرایط نرمال افزایش یافته بودند. در بین ژنوتیپ‌های موردارزیابی، ژنوتیپ‌های ۱۰، ۹ و ۱۱ به‌عنوان ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی شناخته شدند، چراکه در مقایسه با سایر ژنوتیپ‌ها در شرایط کم‌آبیاری (دور آبیاری ۱۰ روز یک‌بار)، عملکرد میوه (ژنوتیپ ۱۰) و عملکرد بیولوژیکی (ژنوتیپ‌های ۹ و ۱۱) بیش‌تری داشتند. به‌طور کلی، به‌نظر می‌رسد که بتوان از ژنوتیپ‌های مورد ارزیابی، به‌عنوان منابع حاوی ژن‌های تحمل به تنش خشکی برای اصلاح ژنوتیپ‌های دارای حداکثر عملکرد میوه بامیه در مناطق خشک و نیمه‌خشک کشور استفاده کرد.

۷. تشکر و قدردانی

از مساعدت‌های استادان و کارکنان مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج که در انجام این آزمایش ما را یاری رساندند، تشکر و قدردانی می‌گردد.

۸. تعارض منافع

هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسندگان وجود ندارد.

۹. منابع

باقی‌زاده، امین؛ حاج محمدرضایی، محمود و توحیدی، زهرا (۱۳۹۹). بررسی اثر متقابل تنش خشکی با آسکوربات و سالیسیلیک‌اسید بر فعالیت برخی آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان و فلاونوئیدها در گیاه بامیه .*Hibiscus esculentus* L. *پژوهش‌های سلولی و مولکولی (مجله زیست‌شناسی ایران)*. ۳۳ (۱)، ۳۵-۴۳.

اسکندری، حمداله و عالی‌زاده امرایی، اشرف (۱۳۹۶). ارزیابی اثر تنش خشکی بر جوانه‌زنی، رشد و عملکرد میوه بامیه (*Abelmoschus esculentus*). *پژوهش آب در کشاورزی*. ۳۱ (۳)، ۳۷۷-۳۸۸.

زارع مهرجردی، محمد؛ باقری، عبدالرضا؛ بهرامی، احمدرضا؛ نباتی، جعفر و معصومی، علی (۱۳۹۵). تأثیر تنش خشکی بر تنظیم اسمزی، تغییرپذیری پرولین و قندهای محلول ریشه و برگ و رابطهٔ آن با تحمل به خشکی در دوازده ژنوتیپ نخود (*Cicer arietinum* L.). *علوم گیاهان زراعی ایران*. ۴۷ (۳)، ۴۶۲-۴۵۱.

References

Abdulrahman, F. A., & Nadir, H. A. (2018). Effect of water stress on okra yield at vegetative stage. *Agric* , *30*(2), 111-116. https://doi.org/10.24246/agric.2018.v30.i2.p111-116.

Abid, M., Malik, S. A., Bilal, K., & Wajid, R. A. (2002). Response of Okra (*Abelmoschus esculentus* L.) to EC and SAR of Irrigation Water. *International Journal of Agriculture & Biology*, *4*(3), 311-314.

Adejumo, S. A., Ezeh, O. S., & Mur, L. A. J. (2019). Okra growth and drought tolerance when exposed to water regimes at different growth stages. *International Journal of Vegetable Science*, *25*(3), 226-258. https://doi.org/10.1080/19315260.2018.1501788.

Ahmed, Z. G., & El-Sayed, M. A. (2021). Influence of drought stress on physiological traits of crossed okra varieties. *Jordan Journal of Biological Sciences*, *14*(2), 253-260.

Al Hakimi, A., Monneveux, P., & Galiba, G. (1995). Soluble sugars, proline, and relative water content (RCW) as traits for improving drought tolerance and divergent selection for RCW from T. *polonicum* into T. *durum*. *Journal of Genetics and Breeding*, *49*, 237-244.

Anyaoha, C. O., Orkpeh, U., & Fariyike, T. A. (2017). The effects of drought stress on flowering and fruit formation of five okra genotypes in South-West Nigeria. *Continental Journal of Agricultural Science*, *9*, 28-33. https://doi.org/10.5281/zenodo.556582.

Ashraf, M. F. M. R., & Foolad, M. R. (2007). Roles of glycine betaine and proline in improving plant abiotic stress resistance. *Environmental and Experimental Botany*, *59*(2), 206-216. https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2005.12.006.

Baghizadeh, A., Hajmohammadrezaei, M., & Tohidi, Z. (2020). Evaluation of interaction effect of drought stress with ascorbate and salicylic acid on the activity of some antioxidant enzymes and flavonoids in *Hibiscus esculentus* L. *Journal of Cellular and Molecular Researches*, *33*(1), 142-152. https://doi.org/20.1001.1.23832738.1399.33.1.5.5. (In Persian).

Bahadur, A., Singh, K. P., Rai, A., Verma, A., & Rai, M. (2009). Physiological and yield response of okra (*Abelmoschus esculentus*) to irrigation scheduling and organic mulching. *Indian Journal of Agricultural Sciences*, *79*(10), 813-15.

Basu, P. S., Ali, M., & Chaturvedi, S. K. (2007). Osmotic adjustment increases water uptake, remobilization of assimilates and maintains photosynthesis in chickpea under drought. *Indian Journal of Experimental Biology*, *45*, 261-267.

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), 54-59.

Bradford, M. M. (1976). A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Analytical biochemistry*, *72*(1-2), 248-254. https://doi.org/10.1016/0003-2697(76)90527-3.

Dubois, M., Gilles, K. A., Hamilton, J. K., Rebers, P. T., & Smith, F. (1956). Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Analytical chemistry*, *28*(3), 350-356. https://doi.org/10.1021/ac60111a017.

El-Kader, A., Shaaban, S. M., & El-Fattah, M. (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. https://doi.org/10.5251/abjna.2010.1.3.225.231

Eskandari, H., & Aalizadeh, O. 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), 378-388. https://doi.org/10.22092/jwra.2017.113673. (In Persian).

Farooq, M., Wahid, A., Kobayashi, N. S. M. A., Fujita, D. B. S. M. A., & Basra, S. M. A. (2009). Plant drought stress: effects, mechanisms and management. In Sustainable agriculture. *Agronomy for Sustainable Development*, *29*, 185-212. https://doi.org/10.1051/agro:2008021.

Ghannad, M., Madani, H., & Darvishi, H. H. (2014). Responses of okra crop to sowing time, irrigation interval and sowing methods in Shahrood region. *International Journal of Agriculture and Crop Sciences*, *7*(10), 676-682. https://doi.org/10.3329/BJAR.V32I3.541.

Godoy, F., Olivos-Hernández, K., Stange, C., & Handford, M. (2021). Abiotic stress in crop species: improving tolerance by applying plant metabolites. *Plants*, *10*, 186. https://doi.org/10.3390/plants10020186.

Heckathorn, S. A., DeLucia, E. H., & Zielinski, R. E. (1997). The contribution of drought-related decreases in foliar nitrogen concentration to decreases in photosynthetic capacity during and after drought in prairie grasses. *Physiologia Plantarum*, *101*(1), 173-182. https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.1997.tb01834.x.

Hoekstra, F. A., Golovina, E. A., & Buitink, J. (2001). Mechanisms of plant desiccation tolerance. *Trends in Plant Science*, *6*(9), 431-438. https://doi.org/10.1016/S1360-1385(01)02052-0.

Hussein, H. A., Metwally, A. K., Farghaly, K. A., & Bahawirth, M. A. (2011). Effect of irrigation interval (water stress) on vegetative growth and yield in two genotypes of okra. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, *5*(12), 3024-3032.

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*(59), 377-392. https://doi.org/10.30495/JCEP.2021.687071.

Mafakheri, A., Siosemardeh, A. F., Bahramnejad, B., Struik, P. C., & Sohrabi, Y. (2010). Effect of drought stress on yield, proline and chlorophyll contents in three chickpea cultivars. *Australian Journal of Crop Science*, *4*(8), 580-585.

Mahajan, S., & Tuteja, N. (2005). Cold, salinity and drought stresses: an overview. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, *444*(2), 139-158. https://doi.org/10.1016/j.abb.2005.10.018.

Pessarakli, M. (2019). *Handbook of plant and crop stress*. Boca Raton: CRc press. https://doi.org/10.1201/9781351104609.

Rockström, J., Williams, J., Daily, G., Noble, A., Matthews, N., Gordon, L., Wetterstrand, H., DeClerck, F., Shah, M., Steduto, P., & de Fraiture, C. (2017). Sustainable intensification of agriculture for human prosperity and global sustainability. *Ambio*, *46*(1), 4-17. https://doi.org/10.1007/s13280-016-0793-6.

Sankar, B., Jaleel, C. A., Manivannan, P., Kishorekumar, A., Somasundaram, R., & Panneerselvam, R. (2008). Relative efficacy of water use in five varieties of *Abelmoschus esculentus* (L.) Moench. Under water-limited conditions. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, *62*(1), 125-129. https://doi.org/10.1016/j.colsurfb.2007.09.025.

Schwanz, P., Picon, C., Vivin, P., Dreyer, E., Guehl, J. M., & Polle, A. (1996). Responses of antioxidative systems to drought stress in pendunculate oak and maritime pine as modulated by elevated CO_2. *Plant Physiology*, *110*(2), 393-402. https://doi.org/10.1104/pp.110.2.393.

Sharma, A. D., Rathore, S. V. S., Srinivasan, K., & Tyagi, R. K. (2014). Comparison of various seed priming methods for seed germination, seedling vigour and fruit yield in okra (*Abelmoschus esculentus* L. Moench). *Scientia Horticulturae*, *165*, 75-81. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2013.10.044.

Singh, D. K., & Rajput, T. B. S. (2007). Response of lateral placement depths of subsurface drip irrigation on okra (*Abelmoschus esculentus*). *International Journal of Plant Production*, *1*(1), 73-84. https://doi.org/10.22069/IJPP.2012.527.

Yadev, S. K., & Dhanker, B. S. (2002). Performance of '*Varsha Uphar*'cultivar of okra as affected by sowing dates and plant geometry. *Vegetable Science*, *27*, 70-74.

Zare Mehrjerdi, M., Bagheri, A., Bahrami, A., Nabati, J., & Masoumi, A. (2016). Effect of drought stress on osmotic adjustment, proline and soluble sugars in root and shoot and relationship with drought tolerance in 12 genotypes of Chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Iranian Journal of Field Crop Science*, *47*(3), 451-462. https://doi.org/10.22059/IJFCS.2016.60126. (In Persian).