Saffron Agronomy & Technology
Homepage: http://saffron.torbath.ac.ir
Vol. 12, No. 1, Spring 2024, p. 27-40

Effect of Mother Corm Priming on Physiological Characteristics and daughter Corms of Saffron (*Crocus sativus* L.) under Drought Stress Conditions

Seyed Masoud Ziaei[1]*, Hasan Feizi[2,3], Abbas khashei siuki[4,3] and Hossein Sahabi[5,3]

Article type:
Research Article
Article history:
Submitted: 29 January 2024
Revised: 4 April 2024
Accepted: 15 April 2024
Available Online: 16 April 2024

How to cite this article:
Ziaei, S.M., Feizi, H., khashei siuki, A., Sahabi, H. (2024). Effect of Mother Corm Priming on Physiological Characteristics and daughter Corms of Saffron (*Crocus sativus* L.) under Drought Stress Conditions. affron Agronomy & Technology, 12(1), 27-40.
DOI: 10.22048/JSAT.2024.436406.1519

Abstract

Saffron is a valuable plant that generally faces water stress in its life cycle. Therefore, in order to investigate the effect of corm priming of saffron on the physiological and corm characteristics of this product under drought stress conditions, a split plot experiment was carried out based on a randomized complete block design with three replications. The experimental treatments included two levels of irrigation based on 70 and 50% of field capacity as a main plot and six corm priming treatments, including no priming (control), potassium nitrate, auxin, gibberellin, silicon dioxide nanoparticles, and hydro-priming as subplot. The results showed that the increase of intensity of drought stress from 70 to 50% of field capacity caused an increase of 38.5%, 59.1%, and 57.3% in the amount of chlorophyll a, chlorophyll b, and carotenoids, respectively, and a decrease of 32.6% and 20% to the ratio of chlorophyll $a.b^{-1}$ and the amount of protein respectively. Priming of the mother corm with two hormones auxin and gibberellin, significantly increased the amount of protein, and the highest weight of the daughter corm was observed at gibberellin hormone treatment at the rate of 3.72 grams per plant. The two treatment levels of gibberellin and auxin hormones, under conditions of medium drought stress, significantly resulted in the highest number of daughter corms and gibberellin hormone and also significantly increased the diameter of daughter corm at the rate of 28 mm. In general, corm priming of saffron with two hormones gibberellin and auxin is recommended to improve the physiological traits and tuber characteristics, especially under water stress conditions.

Keywords: Auxin, Gibberellin, Corm, Field capacity

1- Assistant Professor, Department of Plant Production, Faculty of Agriculture, Higher Education Complex of Saravan, Saravan, Iran
2- Associate Professor, Department of Plant Production, Faculty of Agriculture, University of Torbat Heydarieh, Iran
3 -Saffron Institute, University of Torbat Heydarieh, Iran
4- Professor Department of Water Resources Management, University of Birjand. Birjand, Iran
5- Assistant Professor, Department of Plant Production, Faculty of Agriculture. University of Torbat Heydarieh, Iran
Corresponding author: m.ziaei@saravan.ac.ir

© 2022, University of Torbat Heydarieh. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial License (CC BY NC 4.0)
(http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0).

نشریه زراعت و فناوری زعفران
جلد۱۲، شماره ۱، بهار ۱۴۰۳ ص. ۴۰-۲۷
Homepage: http://saffron.torbath.ac.ir

مقاله پژوهشی

بررسی تأثیر پیش تیمار بنه بر برخی خصوصیات فیزیولوژیکی و بنه دختری عفران (*Crocus sativus* L.) در شرایط تنش خشکی

سید مسعود ضیائی[۱*]، حسن فیضی[۲،۳]، عباس خاشعی سیوکی[۴،۳] و حسین صحابی[۵،۳]

تاریخ دریافت: ۹ بهمن ۱۴۰۲
تاریخ بازنگری: ۱۶ فروردین ۱۴۰۳
تاریخ پذیرش: ۲۷ فروردین ۱۴۰۳

ضیائی، س. م.، فیضی، ح.، خاشعی سیوکی، ع.، و صحابی، ح. ۱۴۰۳. بررسی تأثیر پیش تیمار بنه بر برخی خصوصیات فیزیولوژیکی و بنه دختری زعفران (*Crocus sativus* L.) در شرایط تنش خشکی. زراعت و فناوری زعفران، ۱۲(۱): ۴۰-۲۷.

چکیده

زعفران گیاه ارزشمندی است که در چرخه زندگی خود، عموماً با تنش کم آبی روبرو است. از این رو، به منظور بررسی اثر پرایمینگ بنه زعفران بر خصوصیات بنه و فیزیولوژیک این محصول تحت شرایط تنش خشکی، آزمایشی بصورت اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار به اجرا در آمد. تیمارهای آزمایش شامل دو سطح آبیاری بر اساس ۷۰ و ۵۰ درصد ظرفیت زراعی به عنوان کرت اصلی و شش تیمار پرایمینگ بنه شامل عدم پرایمینگ (شاهد)، نیترات پتاسیم، اکسین، جیبرلین، نانو ذره دی‌اکسید سیلیسم و هیدروپرایمینگ به عنوان کرت فرعی بودند. نتایج نشان داد که افزایش شدت تنش خشکی از ۷۰ به ۵۰ درصد ظرفیت مزرعه، به ترتیب باعث افزایش ۳۸/۵، ۵۹/۱ و ۵۷/۳ درصدی در مقدار کلروفیل a، کلروفیل b و کاروتنوئیدها و کاهش ۳۲/۶ و ۲۰ درصدی به ترتیب در نسبت کلروفیل a/b و میزان پروتئین محلول گردید. پرایمینگ پیاز مادری با دو هورمون اکسین و جیبرلین، بطور معنی‌داری میزان پروتئین محلول در برگ و پرولین را افزایش داد و بیشترین وزن خشک بنه دختری در سطح تیماری هورمون جیبرلین، به میزان ۳/۷۲ گرم در بوته مشاهده شد. دو سطح تیماری هورمون جیبرلین و اکسین، در شرایط تنش خشکی ملایم، بطور معنی‌داری بیشترین تعداد بنه دختری را از خود نشان دادند و هورمون جیبرلین، در شرایط تنش خشکی ملایم، بطور معنی‌داری بیشترین قطر بنه دختری، به میزان ۲۸ میلیمتر را به خود اختصاص داد. در مجموع پرایمینگ بنه زعفران با دو هورمون جیبرلین و اکسین جهت بهبود صفات فیزیولوژیک و خصوصیات بنه خصوصاً در شرایط وقوع تنش خشکی توصیه می‌گردد.

کلمات کلیدی: اکسین، جیبرلین، بنه، ظرفیت زراعی مزرعه.

۱- استادیار، گروه تولیدات گیاهی، دانشکده کشاورزی، مجتمع آموزش عالی سراوان، سراوان، ایران
۲- دانشیار، گروه تولیدات گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربت حیدریه، تربت حیدریه، ایران.
۳- پژوهشگر پژوهشکده زعفران، دانشگاه تربت‌حیدریه، تربت حیدریه، ایران.
۴- استاد، گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند، ایران
۵- استادیار، گروه تولیدات گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربت حیدریه، تربت حیدریه، ایران.
(*- نویسنده مسئول: m.ziaei@saravan.ac.ir)

DOI: 10.22048/JSAT.2024.436406.1519

مقدمه

زعفران با نام علمی *Crocus sativus* L. گیاهی است پیازی و چند ساله از خانواده زنبق (Iridaceae) که به عنوان گران‌بهاترین محصول کشاورزی دنیا شناخته شده است (Tavakoli et al., 2023). ارزش بسیار زیاد این محصول، باعث شده است تا از آن به عنوان طلای سرخ نام ببرند (Salariyan et al., 2022). ایران بزرگ‌ترین تولیدکننده و صادرکننده زعفران در جهان بوده و حدود ۹۰ درصد تولید جهانی این محصول و بیش از ۸۴ درصد سطح زیر کشت آن به ایران اختصاص دارد (Ministry of Agriculture-Jihad, 2021). از این رو، زعفران به عنوان یکی از کالاهای صادراتی غیرنفتی مهم ایران به‌شمار می‌رود (Salariyan et al., 2023). از آنجایی زعفران گیاهی پیازی و چند ساله می‌باشد، عوامل مختلف محیطی (نور، رطوبت، دما و تغذیه) می‌توانند رشد و توسعه آن را کاملاً تحت تأثیر قرار دهند (Salariyan et al., 2023). این گیاه، هرساله از اواسط بهار تا اواخر تابستان به خواب رفته و گلدهی آن در اواسط پاییز اتفاق می‌افتد (Gresta et al., 2016). گسترش کشت و کار زعفران معمولاً در مناطق کم بارش با زمستان های سرد و تابستان‌های گرم است (Kothari et al., 2021)؛ لذا تنش خشکی از پدیده‌های اجتناب‌ناپذیر در زراعت زعفران محسوب می‌شود و بر عملکرد اقتصادی آن، تأثیرگذار است. علاوه بر این، زعفران گیاهی تریپلویید بوده و به دلیل ناتوانی در تولید مثل جنسی، گیاهی عقیم محسوب می‌شود (Tavakoli et al., 2023)؛ از این رو، اندام بنه در تکثیر زعفران اهمیت ویژه‌ای دارد (Moallem Banhangi et al., 2021). به عبارت دیگر، دستیابی به عملکرد بهینه و تکثیر مطلوب زعفران برای حفظ بقاء در سال-های متوالی، به بنیه بنه، که به عنوان اندامی مشابه بذر عمل می‌کند، مرتبط است (Bekhradiyaninasab et al., 2020). چنین به نظر می‌رسد که تقویت بنه می‌تواند در دستیابی به عملکرد بهینه و تکثیر مطلوب زعفران موثر باشد.

محدودیت منابع آبی کشور و کمبود نزولات آسمانی، حرفهٔ کشت و زرع گیاهان زراعی را در ایران با چالشی بزرگ مواجه ساخته است. به‌طوری‌که امروزه تنش خشکی یکی از مشکلات اساسی کشاورزی در کشور محسوب شده و به‌عنوان مهم‌ترین عامل کاهش تولید به‌خصوص در مناطق خشک و نیمه‌خشک به شمار می‌رود (Vafaei et al., 2019). تنش خشکی ضمن کاهش محتوای آب در بافت‌های گیاهان، باعث محدودیت رشد و بروز برخی تغییرات فیزیولوژیکی و متابولیکی در آن‌ها می‌گردد (Kafi et al., 2018).

پرایمینگ، تکنیکی است که به وسیله آن اندام تکثیری (عموماً بذر) قبل از کشت در آب و محلول‌های حاوی عناصر کم مصرف و پر مصرف برای مدت معین خیسانده (اسموپرایمینگ) و سپس به‌طور سطحی خشک می‌شوند. در واقع این روش نوعی هیدروپرایمینگ محسوب می‌شود که بر خلاف روش معمول، بذرها بعد از خیسانده شدن تا رطوبت اولیه خود خشک نمی‌شوند و بلافاصله کشت می‌شوند (Ziaei & Jafari, 2022 ;2006 Duman,). عمل پرایمینگ، برای هر گیاه و در هر منطقه، ممکن است با اهداف خاصی صورت گیرد (Shams Borhan et al., 2023). بذور پرایم شده پس از قرار گرفتن در بستر خود زودتر جوانه زده و در طی زمان کوتاه‌تری سیستم ریشه‌ای خود را گسترش داده و با جذب مطلوب‌تر آب و مواد غذایی و تولید بخش‌های سبز فتوسنتز کننده به مرحله اوتوتروفی می‌رسند. تحقق چنین شرایطی به لحاظ زیستی و اکولوژی موقعیت ویژه-ای به گیاهان حاصل از بذور پرایم شده می‌دهد (Farooq et al., 2009). پدرام و همکاران (Pedram et al., 2019) گزارش کردند که بالاترین درصد و سرعت جوانه‌زنی در گیاه چغندر قند، در تیمار هیدروپرایمینگ مشاهده شد و این موضوع نهایتاً سبب

افزایش عملکرد قند خالص در این گیاه گردید.

در گیاه زعفران، از آنجایی که پیاز، تضمین‌کننده بقای گیاه در سال‌های بعد می‌باشد، لذا چنانچه بتوان با انجام اقداماتی همچون پرایمینگ پیاز مادری، اندام تکثیری گیاه را تقویت کرد، احتمالاً بتوان در بهبود تکثیر گیاه و افزایش گلدهی آن، تأثیرگذار بود. حسینی فرد و همکاران (Hosseinifard et al., 2016) در بررسی اثر محلول‌پاشی برگی و پرایمینگ پیاز زعفران بر روی خصوصیات بنه، عنوان کردند که محلول‌پاشی برگی و پرایمینگ پیاز، با ترکیبات جیبرلین، سیتوکنین و اکسین، تعداد و وزن بنه‌های دختری را در مقایسه با شاهد بطور معنی‌داری افزایش داد. در تحقیقی دیگر، انصاریان‌مهابادی و همکاران (Ansaryan Mahabadi et al., 2019) تأثیر مثبت پرایمینگ بنه زعفران را با اسید سالیسیلیک در بهبود خصوصیات کمی و کیفی آن گزارش کردند.

روش‌های مختلفی برای پرایمینگ وجود دارد که می‌توان به مواردی همچون اسموپرایمینگ، هیدروپرایمینگ، ماتریک پرایمینگ، پرایمینگ هورمونی و بیوپرایمینگ اشاره نمود (Harris, 2006). با این وجود، به نظر می‌رسد که تا کنون تحقیقات چندانی بر روی اعمال پرایمینگ برای پیاز زعفران تحت شرایط محدودیت آب، انجام نشده است و تحقیق حاضر، یکی از اولین پژوهش‌های انجام شده از نظر اعمال تیمارهای مختلف پرایمینگ بر روی پیاز زعفران در شرایط تنش خشکی باشد.

مواد و روش‌ها

تحقیق حاضر، در مزرعه تحقیقاتی پژوهشکده زعفران دانشگاه شهرستان تربت حیدریه در جنوب استان خراسان رضوی، با مدار ۵۹ درجه و ۱۲ دقیقه طول شرقی و ۳۴ درجه و ۱۷ دقیقه عرض شمالی در طی سال‌های ۱۴۰۱ و ۱۴۰۲ اجرا گردید. میانگین دمای سالیانه منطقه ۱۴ درجه سانتی‌گراد، متوسط بارش سالیانه آن، ۲۱۰ میلی‌متر و ارتفاع آن از سطح دریا ۱۴۵۰ متر است. به منظور تعیین خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک، قبل از انجام آزمایش، نمونه‌های خاک بطور تصادفی از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری خاک برداشت و به آزمایشگاه منتقل شدند. برخی از خصوصیات فیزیکوشیمیایی محل آزمایش در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک محل انجام آزمایش

Table 1- Soil physicochemical properties of the experimental location.

بافت خاک Soil texture	پتاسیم قابل دسترس Available K ($mg.kg^{-1}$)	فسفر قابل دسترس Available P ($mg.kg^{-1}$)	نیتروژن کل Total N (%)	کربن آلی Organic C (%)	هدایت الکتریکی EC ($dS.m^{-1}$)	شاخص واکنش pH	سدیم Na^{+} ($meq.l^{-1}$)	کلسیم+منیزیم $Ca^{++}+Mg^{++}$ ($meq.l^{-1}$)
لومی Loamy	448	28	0.04	0.312	5.29	8.39	47.86	14.8

آزمایش بصورت اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار به اجرا در آمد. تیمارهای آزمایش شامل دو سطح آبیاری بر اساس ۷۰ و ۵۰ درصد ظرفیت زراعی (به ترتیب معادل تنش‌های ملایم و شدید) به عنوان کرت اصلی و شش پیش‌تیمار (پرایمینگ) بنه شامل عدم پرایمینگ (شاهد)، نیترات پتاسیم، اکسین، جیبرلین، نانو ذره دی‌اکسید سیلیسم و هیدروپرایمینگ به عنوان کرت فرعی بودند. بدین منظور بنه‌هایی از توده محلی تربت‌حیدریه انتخاب و با وزن تقریبی حدود ۱۰ گرم جهت کاشت انتخاب شدند.

در اوایل شهریورماه سال ۱۴۰۱ زمین محل اجرای آزمایش به عمق حدود ۳۰ سانتی‌متر شخم و دیسک خورد و مورد تسطیح و کرت‌بندی قرار گرفت. در طول مدت اجرای آزمایش از

هیچ نوع کود شیمیایی و آفت کش استفاده نشد. جهت مبارزه با علف‌های هرز سه مرحله با وجین دستی انجام گرفت. ابعاد هر کرت دو در سه متر با فاصله بین ردیف ۲۵ سانتی‌متر و فاصله روی ردیف چهار سانتی‌متر در نظر گرفته شد. پس از آماده‌سازی زمین، کاشت در اواخر شهریورماه انجام گردید. برای اعمال تیمار پرایمینگ، قبل از کاشت بنه‌ها و پس از پاک شدن اضافات اطراف آنها (حذف فلس‌های قهوه‌ای)، پیازها به مدت پنج ساعت در محلول‌های از پیش تهیه شده، شامل عدم پرایمینگ (شاهد)، نیترات پتاسیم (با غلظت دو در هزار)، اکسین (با غلظت یک میلی‌گرم در لیتر)، جیبرلین (با غلظت ۳۰۰ پی‌پی‌ام)، نانو ذره دی اکسید سیلیسم (با غلظت ۱۰۰ پی‌پی‌ام) و هیدروپرایمینگ (آب مقطر) قرار گرفتند. سپس بعد از خارج شدن از محلول پرایمینگ، به مدت ۴۸ ساعت در دمای اتاق قرار گرفتند تا به رطوبت اولیه رسیده (بر اساس وزن اولیه بنه مادری) و خشک شوند (Ghorbani Javid et al., 2022) و در نهایت، در عمق ۲۵ سانتی‌متری زمین، مورد کشت قرار گرفتند. اولین آبیاری بعد از کاشت و آبیاری‌های بعدی بر اساس ظرفیت زراعی مزرعه ۵۰ و ۷۰ درصد ظرفیت زراعی (به ترتیب معادل تنش‌های ملایم و شدید) انجام شدند. آبیاری بر اساس ظرفیت زراعی مزرعه و به روش حجمی صورت گرفت. به منظور تعیین ارتفاع آب آبیاری از معادله ۱ استفاده شد (Ziaei et al., 2020):

$$d = \rho b \,.w\,.\, D /100 \quad (۱)$$

d = ارتفاع آب آبیاری (سانتی‌متر)

ρb = وزن مخصوص ظاهری خاک (گرم بر سانتی‌متر مکعب)

w = میزان تغییر رطوبت خاک (درصد)

D = عمق ریشه (سانتی‌متر)

بر اساس معادله ۱، آبیاری تا عمق ۳۰ سانتی‌متری انجام شد. نمونه‌گیری‌های خاک بصورت روز در میان انجام شدند و میزان تغییرات رطوبت خاک از اختلاف بین وزن به دست آمده در سطوح مختلف با وزن خشک خاک مشخص گردید. سپس از حاصلضرب مساحت کرت در ارتفاع، حجم آب مورد نیاز برای رسیدن به ظرفیت زراعی مزرعه به دست آمد. میزان آب مورد نیاز و حجم آب ورودی به کرت‌ها، با کنتور حجمی مورد پایش قرار گرفت.

در اواسط اسفند ماه سال ۱۴۰۱، میزان کلروفیل‌های a، b و کاروتنوئیدهای برگ‌ها با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر تعیین شدند (Lichtenthaler, 1987). بدین ترتیب که ابتدا ۰/۱ گرم برگ با چهار میلی‌لیتر استن ۸۰٪ در هاون چینی سائیده و محلول حاصل به مدت پنج دقیقه در ۳۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شد. سپس جذب محلول رویی جهت تعیین میزان کلروفیل‌ها و کاروتنوئیدها توسط اسپکتروفتومتر مدل ۲۱۰۰ در طول موج‌های ۶۴۷، ۶۶۴ و ۴۷۰ نانومتر قرائت گردید. جهت صفر کردن دستگاه اسپکتروفتومتر از استن ۸۰٪ استفاده شد. میزان کلروفیل‌های a و b و کاروتنوئیدها (برحسب میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ) از طریق معادله‌های ۲، ۳ و ۴ محاسبه شدند.

$$Chl_a = 12.25A_{664} - 2.79A_{647} \quad (۲)$$

$$Chl_b = 21.21A_{647} - 5.1A_{664} \quad (۳)$$

$$carotenoid = \frac{1000A_{470} - 1.8chla - 85.02chlb}{198} \quad (۴)$$

$A_{٦٤٧}$ میزان جذب نوری در طول موج ۶۴۷ نانومتر

$A_{٦٦٤}$ میزان جذب نوری در طول موج ۶۶۴ نانومتر

$A_{٤٧٠}$ میزان جذب نوری در طول موج۴۷۰ نانومتر

در همان زمان، جهت اندازه‌گیری میزان پروتئین برگ، ابتدا مقدار نیتروژن به روش تیتراسیون بعد از تقطیر و با استفاده از سیستم اتوماتیک کجلدال تعیین گردید. سپس برای مشخص کردن مقدار پروتئین، از حاصلضرب مقدار نیتروژن در ضریب ۵/۴۶ استفاده شد (Smart, 1994).

جهت بررسی خصوصیات بنه‌های دختری، در زمانی که بنه-ها در حال استراحت بودند، یعنی اواخر اردیبهشت ماه سال بعد،

از هر کرت، یک متر مربع برداشت گردید و به آزمایشگاه منتقل شدند. سپس خصوصیات تعداد، وزن خشک و قطر بنه‌های دختری مورد ارزیابی قرار گرفت.

تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS (نسخه ۹/۱) و مقایسه میانگین‌ها با آزمون چند دامنه ای دانکن و در سطح احتمال پنج درصد انجام شدند.

نتایج و بحث

میزان پروتئین محلول برگ

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر تنش خشکی بر میزان پروتئین زعفران معنی‌دار شد (جدول ۲). بدین ترتیب که با افزایش شدت تنش خشکی از تنش ملایم به تنش شدید، میزان پروتئین برگ با کاهش ۲۰ درصدی مواجه شد (جدول ۳). به نظر می‌رسد که افزایش شدت تنش، باعث تجزیه پروتئین‌ها و کاهش میزان پروتئین در برگ‌های زعفران شده است. به عبارت دیگر، احتمالاً تنش خشکی بواسطهٔ کاهش محتوی آب در بافت‌های گیاهی سبب بسته‌تر شدن روزنه‌ها و کاهش سرعت فتوسنتز شده و این موضوع، تخریب پروتئین‌ها و آنزیم‌ها و احتمالاً تجمع برخی اسیدهای آمینه ناشی از تجزیه پروتئین‌ها (مانند پرولین) را به همراه داشته است. مطالعات نشان داده‌اند که تنش خشکی می‌تواند باعث تجزیه گسترده پروتئین‌ها شود که البته این موضوع با هدف تجمع بیشتر برخی از اسیدهای امینه (خصوصاً پرولین) جهت مقابله گیاه با تنش صورت می‌پذیرد (Johari Pireivatlou, 2010). احمد و همکاران (Ahmed et al., 2002) گزارش کردند که یکی از پیامدهای تنش خشکی، تغییر میزان فعالیت فتوسیستم II و همچنین تخریب ساختمان برخی پروتئین‌ها از جمله پروتئین D1 موجود در فتوسیستم II است که در نتیجه آن، افزایش فلورسانس کلروفیل در شرایط تنش خشکی رخ می‌دهد.

علاوه بر این، اثر پرایمینگ بنه بر میزان پروتئین برگ زعفران معنی‌دار گردید (جدول ۲). بررسی نتایج مقایسات میانگین پژوهش حاضر نشان داد که دو سطح تیماری هورمون اکسین و جیبرلین، به ترتیب با میزان پروتئین ۲/۱۸ و ۲/۱۳ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ، بطور معنی‌داری بیشترین میزان پروتئین را از خود نشان دادند. اما سایر سطوح تیمار پرایمینگ از این نظر در رتبه پایین‌تر و در یک گروه آماری قرار گرفتند (جدول ۴). چنین به نظر می‌رسد که پیش‌تیمار بنه با دو هورمون اکسین و جیبرلین، بر روی مراحل در همین ارتباط، آزادی و همکاران (Azadi et al., 2014) نیز افزایش پروتئین دانه کلزا را طی پیش‌تیمار بذر آن، با هورمون جیبرلین گزارش کردند. پروتئین‌سازی تأثیر مثبت داشته و سبب افزایش میزان پروتئین برگ شده است. توضیح اینکه، فرایندهای مرتبط با پروتئین-سازی در دو دسته مهم تقسیم می‌شوند: یکی مرحله رونویسی که طی آن، از روی یکی از دو رشته DNA، مولکول mRNA ساخته می‌شود؛ و دیگری مرحله ترجمه که در آن، در اندامک ریزوبیوم، از روی مولکول mRNA ساخته شده، پروتئین سنتز می‌گردد (Asad, 2022). البته قبل از شروع مراحل پروتئین-سازی، پیام‌رسان‌هایی، فعالیت عوامل مؤثر در رونویسی را تحریک می‌کنند (Kafi et al., 2018) و به نظر می‌رسد که دو هورمون اکسین و جیبرلین، با اثربخشی بر این پیام‌رسان‌ها، سبب انجام بیشتر فرایند پروتئین‌سازی شده‌اند.

میزان کلروفیل‌های a، b و کاروتنوئیدها و نسبت کلروفیل $a.b^{-1}$

اثر تنش خشکی بر میزان کلروفیل‌های a، b و کاروتنوئیدها و نسبت کلروفیل $a.b^{-1}$ زعفران معنی‌دار شد (جدول ۲). بر اساس نتایج تحقیق حاضر، افزایش شدت تنش خشکی از تنش ملایم به تنش شدید، به ترتیب باعث افزایش ۳۸/۵، ۵۹/۱ و ۵۷/۳ درصدی در مقدار کلروفیل a، کلروفیل b و کاروتنوئیدها گردید (جدول ۳).

جدول ۲- تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه.

Table 2- Analysis of variance for studied traits.

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	میزان پروتئین Protein content	میزان کلروفیل a Chlorophyll a content	میزان کلروفیل b Chlorophyll b content	نسبت کلروفیل a/b Chl a/Chl b	میزان کاروتنوئیدها Carotenoids content	میزان پرولین برگ Proline content	تعداد بنه دختری No. of daughter corms	وزن خشک بنه دختری Dry weight of daughter corm	قطر بنه دختری Diameter of daughter corm
تکرار Replication	2	0.043	0.021	32.8	0.001	33.4	54.28	0.076	0.992	7.19
تنش خشکی Drought stress (D)	1	1.82 **	1.83 **	968 **	0.008 *	1089 **	5842.42**	8.80 **	23.8 **	215 **
خطای الف Error a	2	0.0008	0.034	18.5	0.002	16.8	127.06	0.022	0.047	2.19
پرایمینگ Priming (P)	5	0.065 **	0.063 **	3.42 ns	0.0006 ns	3.56 ns	50.90 **	0.345 **	0.639 **	19.1 **
تنش خشکی × پرایمینگ D × P	5	0.018 ns	0.023 ns	3.74 ns	0.0006 ns	3.41 ns	246.36 ns	0.045 *	0.039 ns	3.04 **
خطای ب Error b	20	0.007	0.015	3.72	0.0008	3.55	36.64	0.014	0.020	0.494
ضریب تغییرات C.V. (%)	-	4.12	14.2	15.6	5.3	13.7	11.2	4.75	4.50	3.14

ns، * و **: به ترتیب، غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح پنج و یک درصد.

ns, * and **: non-significant, significant in 5% and 1% level, respectively.

جدول ۳- مقایسات میانگین اثر تنش خشکی بر صفات میزان پروتئین، کلروفیل a، کلروفیل b، کاروتنوئیدها، نسبت کلروفیل a/b و وزن بنه دختری زعفران

Table 3– Mean comparisons of drought stress on traits of content of protein, chl a, chl b, carotenoids, chl a.chl b^{-1} and weight of daughter corms of saffron

تنش خشکی Drought stress	میزان پروتئین Protein content ($mg.gFW^{-1}$)	میزان کلروفیل a Chl a content ($mg.gFW^{-1}$)	میزان کلروفیل b Chl b content ($mg.gFW^{-1}$)	نسبت کلروفیل $a.b^{-1}$ chl a.chl b^{-1} ratio	میزان کاروتنوئیدها Carotenoids content ($mg.gFW^{-1}$)	وزن بنه دختری Weight of daughter ($g.plant^{-1}$) corm
تنش ملایم (Medium stress)	2.25 a	0.633 b	7.15 b	0.095 a	8.20 b	3.98 a
تنش شدید (Intense stress)	1.80 b	1.08 a	17.5 a	0.064 b	19.2 a	2.36 b

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون دانکن با یکدیگر ندارند.

Different letters indicate the statistically significant differences (Duncan multiple range test, $p \leq 0.05$).

جدول ٤- مقایسات میانگین اثر پرایمینگ بنه بر صفات میزان پروتئین، کلروفیل a و وزن بنه دختری زعفران

Table 4– Mean comparisons of corm priming effect on traits of content of protein, chl a and weight of daughter corm of saffron

پرایمینگ Priming	میزان پروتئین برگ Protein content ($mg.gFW^{-1}$)	میزان کلروفیل a Chl a content ($mg.gFW^{-1}$)	وزن بنه دختری Weight of daughter corm ($g.plant^{-1}$)
جیبرلین (GA_3)	2.13 a	0.847 a	3.72 a
اکسین (IAA)	2.18 a	0.947 a	3.38 ab
نانو دی اکسید سیلیسیم (SiO_2)	1.92 b	0.862 a	2.86 d
نیترات پتاسیم (KNO_3)	1.97 b	0.908 a	3.17 bc
هیدروپرایمینگ (HO)	1.98 b	0.665 b	3.02 cd
شاهد (Control)	2.00 b	0.924 a	2.90 d

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون دانکن با یکدیگر ندارند.

Different letters indicate the statistically significant differences (Duncan multiple range test, $p \leq 0.05$).

احتمالاً افزایش شدت تنش خشکی، بواسطهٔ کاهش سطح برگ، تجمع کلروفیل در برگ را افزایش داده و این امر سبب افزایش مقدار کلروفیل a، کلروفیل b و رنگریزه‌های کل شده است. با این حال، این رویداد عموماً با بالا رفتن تعرق و کاهش محتوی نسبی آب گیاه و کاهش فتوسنتز همراه است (Shamsipour et al., 2010). نیکولاوا و همکاران (Nikolaeva et al., 2010) در تحقیقات خود بر روی بررسی اثرات تنش خشکی بر مقدار کلروفیل و میزان فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت در برگ‌های سه رقم گندم، افزایش قابل توجه مقدار کلروفیل در ابتدای وقوع تنش خشکی و کاهش کلروفیل در زمان تداوم تنش را گزارش کردند. علاوه بر این، هرچند در تحقیق حاضر، با افزایش شدت تنش خشکی، میزان کلروفیل-های a، b افزایش پیدا کرد، اما افزایش شدت تنش خشکی، نسبت کلروفیل $a.b^{-1}$ را با کاهش ۳۲/۶ درصدی مواجه ساخت (جدول ۳). این موضوع به کاهش بیشتر کلروفیل b نسبت به کلروفیل a در شرایط افزایش شدت تنش، نسبت داده شد. مینازاده و همکاران (Minazadeh et al., 2018) نیز در گزارشات خود، عنوان کردند که کلروفیل b نسبت به کلروفیل a بیشتر تحت تأثیر تنش قرار می‌گیرد و این موضوع، نسبت کلروفیل a/b را تحت تأثیر قرار می‌دهد.

همچنین اثر پرایمینگ بر میزان کلروفیل a زعفران معنی‌دار شد (جدول ۲). بررسی نتایج مقایسات میانگین پژوهش حاضر نشان داد که مقدار کلروفیل a تحت تأثیر تیمار پرایمینگ قرار گرفت و هیدروپرایمینگ پیاز زعفران، در مقایسه با شاهد، سبب کاهش ۲۸ درصدی مقدار کلروفیل a گردید؛ اما سایر سطوح تیمار پرایمینگ از این نظر در یک گروه آماری قرار گرفتند

(جدول ۴). مشخص شده است که گلوتامات، پیش ماده سنتز کلروفیل و پرولین است (Forde & Lea, 2007) و دو آنزیم گلوتامیل‌کیناز و گلوتامات‌لیگاز به ترتیب از آنزیم‌های اولیه در بیوسنتز پرولین و کلروفیل هستند (Zibai et al., 2012). چنین به نظر می‌رسد که انجام هیدروپرایمینگ پیاز زعفران، باعث ایجاد رقابت بین این دو آنزیم در جذب گلوتامات شده و این رقابت، در نهایت به نفع آنزیم گلوتامیل‌کیناز تغییر کرده و بیوسنتز کلروفیل با محدودیت مواجه شده است. میزان پرولین برگ نتایج تحقیق حاضر نشان دادند که میزان پرولین، تحت تأثیر اثر متقابل تیمارها قرار گرفت. بطوری که دو تیمار نیترات پتاسیم و نانو ذره دی‌اکسید سیلیسم در شرایط اعمال ۵۰ درصد ظرفیت مزرعه، به ترتیب با میزان پرولین ۶۶/۹ و ۶۲/۵ میکروگرم بر گرم وزن تر برگ، بیشترین میزان پرولین را به خود اختصاص دادند. در سایر تیمارها، میزان پرولین کمتر از ۵۵ میکروگرم بر گرم وزن تر برگ بود (جدول ۱۰). همچنین دو تیمار نیترات پتاسیم و هیدروپرایمینگ، در شرایط اعمال ۷۰ درصد ظرفیت مزرعه، کمترین میزان پرولین را از خود نشان دادند؛ بطوری که در این تیمار، میزان پرولین، حتی به ۲۷ میکروگرم بر گرم وزن تر برگ هم نرسید و در مقایسه با شاهد، به ترتیب ۴۵/۴ و ۲۳/۸ درصد کمتر بود (جدول ۱۰). در تمامی سطوح تیمار پرایمینگ، میزان پرولین در شرایط رطوبتی ۵۰ درصد ظرفیت مزرعه، نسبت به شرایط مشابه پرایمینگ در وضعیت رطوبتی ۷۰ درصد ظرفیت مزرعه، بطور معنی‌داری بیشتر بود (جدول ۱۰). عموماً افزایش مقدار پرولین در گیاه به موازات افزایش خسارت به غشاهای سلولی صورت می‌پذیرد و گیاه تلاش می‌کند تا با ارتقای سطح پرولین در بافت‌های خود، تا حد امکان از خسارت وارده به غشاءها بکاهد (Shinde et al., 2016). لذا می‌توان چنین استنباط کرد که افزایش میزان پرولین در بافت‌های گیاهی، بدان معنی است که گیاه در سطح بالاتری از تنش قرار گرفته و برعکس، کاهش میزان پرولین در بافت‌های گیاهی، بدان مفهوم است که گیاه، سطح کمتری از تنش را درک کرده است. به عبارت دیگر، افزایش کمتر آنتی‌اکسیدانت‌هایی همچون پرولین در بافت‌های گیاه می‌تواند نشان‌دهندهٔ درک کمتر تنش توسط گیاه باشد (Ziaei et al., 2020). در تحقیق حاضر، میزان پرولین در شرایط تنش خشکیِ ۵۰ درصد ظرفیت مزرعه و اعمال چهار تیمار جیبرلین، اکسین، هیدروپرایمینگ و شاهد، نسبت به دو تیمار نیترات پتاسیم و نانو ذره دی‌اکسید سیلیسم در همان سطح از تنش خشکی، کمتر با افزایش مواجه شد. احتمالاً پرایمینگ پیاز زعفران با سه ترکیب جیبرلین، اکسین و هیدروپرایمینگ و همچنین تیمار شاهد، توانسته است تا در کاهش اثرات منفی تنش بر روی زعفران مؤثر باشد. این نتایج با یافته‌های محققین دیگر مطابقت دارد. نیز در گزارشات خود اظهار داشتند که کاربرد کودهای زیستی و آهن در شرایط افزایش شدت تنش شوری، سبب شد که میزان پرولین کمتر افزایش پیدا کرده و توانست تا در کاهش اثرات منفی تنش بر روی زعفران مؤثر باشد (Salariyan et al., 2023). آن‌ها عنوان کردند که این موضوع در نهایت می‌تواند در کاهش اختلاف پتانسیل بالقوه و بالفعل زعفران در تولید کلاله تأثیرگذار باشد.

خصوصیات بنه دختری

بررسی نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر تنش خشکی بر میزان وزن خشک بنه دختری زعفران معنی‌دار شد (جدول ۲). بدین ترتیب که با افزایش شدت تنش خشکی از تنش ملایم به تنش شدید، متوسط وزن بنه دختری، ۴۰/۸ درصد کاهش پیدا کرد (جدول ۳). از آنجایی که بنه، بخشی از زعفران است که داخل خاک مستقر می‌باشد، لذا تغییرات فیزیکوشیمیایی که در خاک رخ می‌دهند، می‌توانند بر خصوصیات بنه تأثیر بگذارند (Asghari et al., 2019). به نظر می‌رسد که بروز خشکی خاک که خود در اثر منفی‌تر شدن

پتانسیل اسمزی محلول خاک رخ می‌دهد (Asghari et al., 2019)، در کاهش وزن بنه‌ها در سال اول تأثیرگذار بوده است. قریشی و همکاران (Ghoreishi et al., 2019) نیز کاهش معنی‌دار وزن بنه دختری زعفران را طی افزایش شدت شوری از ۱/۵ به ۷/۵ دسی‌زیمنس بر متر، گزارش کرده و این موضوع را به شرایط خشکی حاصل شده از تنش شوری نسبت دادند. علاوه بر این، اثر پرایمینگ بنه بر وزن بنه دختری زعفران معنی‌دار گردید (جدول ۲). بررسی نتایج مقایسات میانگین نشان داد که بیشترین وزن خشک بنه دختری در سطح تیماری هورمون جیبرلین، به میزان ۳/۷۲ گرم در بوته مشاهده شد. پس از این تیمار نیز سطح تیماری هورمون اکسین، با متوسط وزن بنه دختری ۳/۳۸ گرم در بوته در رتبه بعدی قرار گرفت (جدول ۴). کمترین وزن خشک بنه دختری نیز در سه سطح تیماری نانو دی اکسید سیلیسیم، شاهد و هیدروپرایمینگ مشاهده گردید (جدول ۴). برتری جیبرلین نسبت به سایر سطوح تیمار پرایمینگ در صفت وزن بنه دختری، به اثر بخشی آن به عنوان یک محرک رشد نسبت داده شد. این نتایج با یافته‌های محققین دیگر در توافق است. حسینی فرد و همکاران (Hosseinifard et al., 2016) نیز در بررسی اثر محلول‌پاشی برگی و پرایمینگ پیاز زعفران بر روی خصوصیات بنه، اثر سه ترکیب جیبرلین، سیتوکنین و اکسین را بر روی تعداد و وزن بنه‌های دختری در مقایسه با شاهد مورد بررسی قرار دادند. آن‌ها عنوان کردند که هم در شرایط اعمال ترکیبات فوق بصورت پرایمینگ، هم در شرایط اعمال ترکیبات مذکور بصورت محلول‌پاشی و هم در شرایط مصرف هریک از تنظیم‌کننده‌های فوق بصورت تلفیقی (محلول‌پاشی برگی و پرایمینگ)، جیبرلین بطور معنی‌داری بیشترین تأثیر را در افزایش وزن بنه‌های دختری زعفران داشت.

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر متقابل تنش خشکی و پرایمینگ بر میزان تعداد بنه دختری زعفران معنی‌دار شد (جدول ۲). بدین ترتیب که دو سطح تیماری هورمون جیبرلین و اکسین، در شرایط تنش خشکی ملایم، بطور معنی‌داری بیشترین تعداد بنه دختری را از خود نشان دادند. پس از این دو تیمار نیز دو تیمار نیترات پتاسیم و هیدروپرایمینگ در همان شرایط تنش خشکی در رتبه بعدی قرار گرفتند (جدول ۵). بطور کلی تعداد بنه دختری در تمامی سطوح تیمار پرایمینگ در شرایط تنش خشکی ملایم، نسبت به سطوح مشابه پرایمینگ در شرایط تنش خشکی شدید، بطور معنی‌داری بیشتر بود. به عنوان مثال در تیمار شاهد، افزایش شدت تنش خشکی ملایم به تنش شدید، سبب کاهش ۳۱/۱ درصدی تعداد بنه دختری زعفران گردید (جدول ۵). این نتایج نشان می‌دهند که وقوع تنش خشکی در سیکل زندگی زعفران، می‌تواند در کاهش چشمگیر تعداد بنه دختری مؤثر باشد. کاهش تعداد بنه دختری، در نهایت می‌تواند به کاهش عملکرد کلاله زعفران منجر شود (Sahabi, 2017). علاوه بر این، در تحقیق حاضر، تأثیر دو محرک رشد جیبرلین و اکسین در بهبود تعداد بنه دختری زعفران مشهود بود. خصوصاً جیبرلین در شرایط افزایش شدت تنش، عملکرد بهتری از خود نشان داد. در همین ارتباط، حسینی فرد و همکاران (Hosseinifard et al., 2016) در بررسی اثر سه ترکیب جیبرلین، سیتوکنین و اکسین بصورت محلول‌پاشی برگی و پرایمینگ پیاز زعفران بر روی خصوصیات بنه، اظهار داشتند که سیتوکنین بهترین اثربخشی را بر روی افزایش تعداد بنه دختری زعفران از خود نشان داد. پس از آن جیبرلین در رتبه بعدی قرار گرفت و در انتها نیز اکسین از این نظر تأثیرگذار بود.

اثر متقابل تنش خشکی و پرایمینگ بر میزان قطر بنه دختری زعفران معنی‌دار شد (جدول ۲). بدین صورت که هورمون جیبرلین، در شرایط تنش خشکی ملایم، بطور معنی‌داری بیشترین قطر بنه دختری را از خود نشان دادند و فقط در این تیمار بود که قطر بنه دختری به ۲۸ میلیمتر رسید. پس از این تیمار نیز تیمار هورمون اکسین با قطر بنه دختری ۲۶/۳ میلیمتر در همان شرایط رطوبتی در رتبه بعدی قرار گرفت

(جدول ۵). بطور کلی قطر بنه دختری در تمامی سطوح تیمار پرایمینگ در شرایط تنش خشکی ملایم، نسبت به سطوح مشابه پرایمینگ در شرایط تنش خشکی شدید، بطور معنی‌داری بیشتر بود. به عنوان مثال در تیمار شاهد، افزایش شدت تنش خشکی ملایم به تنش شدید، سبب کاهش ۱۲/۸ درصدی قطر بنه دختری زعفران گردید (جدول ۵). کمترین قطر بنه دختری نیز در تیمار نانو دی اکسید سیلیسیم، در شرایط تنش خشکی شدید مشاهده شد. بطوری که در این تیمار، قطر بنه دختری، حتی به ۱۸ میلیمتر هم نرسید (جدول ۵). اصغری و همکاران (Asghari et al., 2019) نیز در مطالعات خود طی بررسی سطوح مختلف شوری بر عملکرد زعفران دریافتند که با افزایش شوری از صفر به ۷ دسی‌زیمنس بر متر، اختلاف معنی‌داری از نظر قطر بنه بین سطوح شوری وجود نداشت؛ اما با افزایش بیشتر شدت تنش شوری از ۷ به ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر، قطر بنه کاهش معنی-داری پیدا کرد. برخی از گزارشات علمی، حکایت از آن دارند که اعمال تنش رطوبتی جزئی و ملایم به گیاه (مانند تأمین ۷۵ درصد نیاز آبی) می‌تواند منجر به تحریک رشد ریشه‌های گیاه به منظور جذب بیشتر آب و مواد غذایی از خاک شود و این موضوع می‌تواند تخصیص بیشتر عناصر غذایی به اندام‌های زیرزمینی گیاه (در گیاه زعفران، بنه‌ها) را در پی داشته و در دراز مدت از طریق افزایش قدرت اندام‌های زیرزمینی در جذب عناصر غذایی، برای گیاه مفید باشد. اما اعمال تنش‌های شدیدتر، (مانند تأمین ۵۰ درصد نیاز آبی) می‌تواند بر رشد ریشه و اندام‌های زیرزمینی، تأثیر سوء داشته و سبب کاهش رشد آن‌ها گردد (Karimi Ferezgh et al., 2018). علاوه بر این در تحقیق حاضر، کاربرد هورمون جیبرلین، بیشترین تأثیر را در افزایش قطر بنه دختری زعفران داشت. در همین راستا، رضوانی و همکاران (Rezvani et al., 2023) در گزارشات خود، افزایش قطر بنه دختری زعفران را طی کاربرد هورمون فورکلرفنورن (نوعی هورمون سیتوکنین) عنوان کردند. در تحقیق دیگر نیز اثر پرایمینگ با جیبرلین بر بنه زعفران نشان داد که جیبرلین از طریق اثر بر رشد و نمو و افزایش کربوهیدرات در بنه سبب افزایش وزن بنه، افزایش میزان قند محلول در برگ و به طور کلی بهبود صفات فیزیولوژیکی زعفران گردید (Ghorbani Javid et al., 2022).

جدول ۵- مقایسات میانگین اثر متقابل تنش خشکی و پرایمینگ بنه بر صفات پرولین برگ، تعداد و قطر بنه دختری زعفران

Table 5- Mean comparisons for interaction of drought stress and priming on prolin content, no. and diameter of daughter corm

تنش خشکی Drought stress	پرایمینگ Priming	میزان پرولین برگ Proline content ($\mu g.gFW^{-1}$)	تعداد بنه دختری No. of daughter corms ($no.plant^{-1}$)	قطر بنه دختری Diameter of daughter corm (mm)
تنش ملایم (Medium stress)	جیبرلین (GA_3)	33.0 ef	3.43 a	28.0 a
	اکسین (IAA)	37.7 d	3.30 a	26.3 b
	نانو دی اکسید سیلیسیم (SiO_2)	32.3 ef	2.70 c	21.6 d
	نیترات پتاسیم (KNO_3)	19.0 g	3.00 b	24.0 c
	هیدروپرایمینگ (HO)	26.5 fg	2.80 bc	25.6 b
	شاهد (Control)	34.8 ef	2.70 c	23.3 c
تنش شدید (Intense stress)	جیبرلین (GA_3)	47.1 cd	2.30 d	21.6 d
	اکسین (IAA)	51.8 c	2.06 e	20.6 de
	نانو دی اکسید سیلیسیم (SiO_2)	62.5 ab	1.80 f	17.3 g
	نیترات پتاسیم (KNO_3)	66.9 a	1.96 ef	20.3 ef
	هیدروپرایمینگ (HO)	53.4 bc	2.00 ef	19.3 f
	شاهد (Control)	54.5 bc	1.86 ef	20.3 ef

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون دانکن با یکدیگر ندارند.

Different letters indicate the statistically significant differences (Duncan multiple range test, $p \leq 0.05$)

نتیجه‌گیری

یافته‌های تحقیق حاضر نشان داد که افـزایش شـدت تـنش خشکی، سبب کاهش میـزان پـروتئین، نسـبت کلروفیـل a/b و همچنین تعداد، وزن و قطر بنه دختری زعفران گردید. همچنـین پرایمینگ پیاز با ترکیب نانو ذره دی‌اکسـید سیلیسـم، در صـفت قطر بنه دختری اثر بازدارندگی داشت؛ بطوری کـه ایـن ترکیـب تیماری، در صفت قطر بنه دختری نسبت به شاهد اُفـت معنـی-داری پیدا کرد. اما پرایمینگ پیاز زعفران در وهله اول با هورمون جیبرلین و در وهله بعد با هورمون اکسین، در اغلب موارد باعـث ارتقای صفات فیزیولوژیک و بهبود خصوصیات بنـه گردیـد. لـذا پرایمینگ پیاز زعفران با دو هورمون جیبرلین و اکسین می‌توانـد جهت بهبود صفات فیزیولوژیک و خصوصـیات بنـه خصوصـاً در شرایط وقوع تنش خشکی مورد انتخاب باشد. در عین حال هنوز نیاز به بررسی‌های زراعی–فیزیولوژیکی بیشتر می‌باشد.

سپاسگزاری

این مقاله مستخرج از نتایج طرح تحقیقـاتی اجـرا شـده بـه شماره قرارداد ۱۵۵۰۹۰ از محـل اعتبـارات پژوهشـکده زعفـران دانشگاه تربت حیدریه می باشـد. لـذا نویسـندگان ایـن مقالـه از حمایـت مـادی و معنـوی پژوهشـکده زعفـران کمـال تشـکر و قدردانی را دارند.

منابع

Azadi, M. S., Yunesi, E., Tabatabaee, S. A., & Ansari, O. (2014). Effect of gibberellin on germination indicators, protein and antioxidant enzymes of pretreated canola seeds under drought stress conditions. *Journal of Seed Research*, 8 (1), 99–113. (In Persian with English Abstract).

Bekhradiyaninasab, A., Balouchi, H., Movahhedi Dehnavi, M., & Sorooshzadeh, A. (2020). Effect of benzyl amino purine, phosphate solubilizing bio-fertilizers and maternal corm weight on the qualitative indices of saffron (*Crocus sativus* L.) flowers and corm lets in Yasouj region. *Journal of Saffron Research*, 4 (1), 10–18. (In Persian with English Abstract). https://doi.org/10.22077/ JSR.2019.2767.1112.

Duman, I. (2006). Effect of seed priming with PEG and K3PO4 on germination and seedling growth in Lettuce. *Pakistan Journal of Biology Science*, 9 (5), 923-928.

Farooq, M., Wahid, A., & Lee, D. J. (2009). Exogenously applied polyamines increase drought tolerance of rice by improving leaf water status, photosynthesis and membrane

Ahmed, S., Nawata, E., Hosokawa, M., Domae, Y., & Sakuratani, T. (2002). Alterations in photosynthesis and some antioxidant enzymatic activities of mung bean subjected to water logging. *Plant Science*, 163, 117-123.

Asad, M. T. (2022). Basics of Genetics. Publications of Jihad Daneshgahi of Mashhad. (In Persian).

Ansaryan Mahabadi, Sh., Alahdadi, I., Ghorbani Javid, M., & Soltani, E. (2019). Effect of corm priming with salicylic acid and mother corm weight on flowering and qualitative characteristics of saffron stigma. *Saffron Agronomy & Technology*, 7 (1), 41-53. https://doi.org/10.22048/jsat.2018.96404.1254. (In Persian with English Abstract).

Asghari, R., Dadashi, M., Razavi, A., Feizi, H., & Bakhtiari S. (2019). Effect of cow manure on yield and morphological and physiological characteristics of saffron (*Crocus sativus* L.) under salinity stress. *Saffron Agronomy & Technology*, 7 (2), 171-184. (In Persian with English Abstract). https://doi.org/10.22048/jsat.2018.98710.1257.

properties. *Acta Physiology Plant*, 31, 937–945.

Forde, B. G., & Lea, P. G. (2007). Glutamate in plants: metabolism, regulation, and signaling. *Journal of Experimental Botany*, 58 (9), 2339–2358.

Ghoreishi, Gh. R., Khasheie Seyuki, A., & Bieki, A. (2019). Effect of salinity levels and nitrogen forms on yield of saffron in Birjand climate. *Journal of Saffron Research*, 7 (2), 343-353. (In Persian with English Abstract).

Ghorbani Javid, M., Sadat Hoseinifard, M., Allahdadi, I., & Soltani, E. (2022). Hormonal priming with BAP and GA3 induces improving yield and quality of saffron flower through promotion of carbohydrate accumulation in corm. Journal of Plant Growth Regulation, 41, 205–215.

Gresta, F., Santonoceto, C., & Avola, G. (2016). Crop rotation as an effective strategy for saffron (*Crocus sativus* L.) cultivation. Scientia Horticulturae, 211, 34–39. https:// doi.org/10.1016/j.scienta.2016.08.007.

Harris, D. (2006). Development and testing of on-farm seed priming. *Advances in Agronomy*, 90, 129-178.

Hosseinifard, M. S., Ghorbani Javid, M., Allahdadi, I., & Soltani, E. (2016). Study of yield of saffron corm under effects of priming and foliar application of plant growth regulators. National Conference of Research and Technology Findings in Natural and Agricultural Ecosystems. September 2016, Tehran, Iran. (In Persian with English Abstract).

Johari Pireivatlou, M. (2010). Effect of soil water stress on yield and proline content of four wheat lines. *African Journal of Biotechnology*, 9, 36-40. (In Persian with English Abstract).

Kafi, M., Borzuie, A., Salehi, M., Kamandi, M., Masumi, A., & Nabati, J. (2018). Physiology of Environmental Stresses in Plants. Jihad Daneshgahi Publications of Mashhad. 502 p. (In Persian).

Karimi Ferezgh, M., Khazaei, H. R., Kafi, M., & Nezami, A. (2018). Comparison of the effect of irrigation levels and methods on leaf area and replacement corm production of saffron (*Crocus sativus* L.). *Saffron Agronomy & Technology*, 6 (3), 279-290. (In Persian with English Abstract). https:// doi.org/10.22048/jsat.2018.46986.1137.

Kothari, D., Thakur, R., & Kumar, R. (2021). Saffron (*Crocus sativus* L.): gold of the spices—A comprehensive review. *Horticulture, Environment & Biotechnology*, 62 (3), 1–17. https:// doi.org/10.1007/s13580-021-00349-8.

Lichtenthaler, H. (1987). Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes. *Methods in Enzymology*, 148, 350-382.

Minazadeh, R., Karimi, R., & Mohamad Parast, B. (2018). The effect of foliar nutrition of potassium sulfate on morpho-physiological indices of grapevine under salinity stress. *Iranian Journal of Plant Biology*, 10 (37), 83-106. (In Persian with English Abstract).

Ministry of Agriculture-Jihad. (2021). Agricultural Statistics, Vol. 2. Islamic Republic of Iran, Ministry of Agriculture-Jahad, Press.

Moallem Banhangi, F., Rezvani Moghaddam, P., & Asadi, Gh. A. (2021). Do corm seeding rate and planting depth influence growth indicators of saffron (*Crocus sativus* L.)? *Industrial Crops & Products*, 174, 114145. https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2021.114145.

Nikolaeva, M. K., Maevskaya, S. N., Shugaev, A. G., & Bukhov, N. G. (2010). Effect of drought on chlorophyll content and antioxidant enzyme activities in leaves of three wheat cultivars varying in productivity. *Russian Journal of Plant Physiology*, 57 (1), 87–95.

Pedram, A., Tajbakhsh, M., Fathollah Taleghani, D., & Ghiyasi, M. (2019). The effect of different seed priming on some quantitative and qualitative characteristics of sugar beet (*Beta vulgaris* L.). *Journal of Crop Ecophysiology*, 13 (1), 39-56. (In Persian with English Abstract).

Rezvani, N., Pouryousef, M., & Tavakoli, A.

(2023). Exploring the impact of foliar application of potassium nitrate and forchlorfenuron on saffron flower and corm yield. *Saffron Agronomy & Technology*, 10 (1), 3-18. (In Persian with English Abstract). https:// doi.org/10.22048/jsat.2023.352889.1477.

Sahabi, H. (2017). Effect of maternal corm weight and foliar application on yield and characteristics of daughter corm of Iranian and Spanish saffron (*Crocus sativus* L.) corms. Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad. (In Persian with English Abstract).

Salariyan, A., Mahmoodi, S., Behdani, M.A., & Kaveh, H. (2022). Effects of bio-fertilizer and Fe nanoparticles on quantitative and qualitative properties of saffron (*Crocus sativus* L.) under salinity stress. *Saffron Agronomy & Technology*, 10 (1), 3-18. (In Persian with English Abstract). https:// doi.org/10.22048/jsat.2022.284650.1425.

Salariyan, A., Mahmoodi, S., Behdani, M. A., & Kaveh, H. (2023). Effects of irrigation water quality, bio-fertilizer and nanoparticles of Fe on yield and some physiological traits of saffron (*Crocus sativus* L.). *Journal of Saffron Research*, 11 (1), 31-47. http://dx.doi.org/10.22077/JSR.2021.4471.1164.

Shams Borhan, T., Mir Mahmoodi, T., & Hamze, H. (2023). Effect of priming and planting date on some morphological characteristics, whitesugar yield and its components of sugar beet (*Beta vulgaris*). *Iranian Journal of Seed Science & Research*, 9 (4), 1-14. (In Persian with English Abstract).

Shinde, S., Villamor, J., Lin, W., Sharma, S., & Verslues, P. (2016). Proline coordination with fatty acid synthesis and redox metabolism of chloroplast and mitochondria. Plant Physiology, 176, 1074-1088. https:// doi.org/ 10.1104/pp.16.01097.

Shamsipour, M., Fotovvat, R., & Jabbari, F. (2010). Relationship between chlorophyll content index and wheat grain yield under drought stress conditions. *Journal of Crop Ecophysiology*, 2 (1), 8-16. (In Persian with English Abstract).

Smart, J. (1994). The Groundnut Crop: A Scientific Basis for Improvement. London. Chapman and Hall. 734 pp.

Tavakoli, Z., Jahani, M., & Hammami, H. (2023). Allelopathic and antifungal effects of saffron (*Crocus sativus* L.) aqueous extract on germination and seedling growth of London rocket (*Sisymbrium irio*) and Fusarium solani. *Saffron Agronomy & Technology*, 11 (3), 321-341. (In Persian with English Abstract).

Vafaei, M. H., Parsa, M., Nezami, A., Ganjeali, A., & Norouzi sharaf, A. R. (2019). Effect of drought stress on leaf chlorophyll fluorescence, yield, yield components and economic water use efficiency of selected lentil genotypes. *Journal of Crop Improvement*, 21 (2), 131-148. (In Persian with English Abstract).

Ziaei, S. M., & Jafari, M. (2022). Effect of different osmotic potential and seed priming levels on some germination characteristics of paneer phool (*Withania coagulans*). *Plant Production & Genetics*, 3 (2), 235-246. (In Persian with English Abstract). https:// doi.org/10.34785/J020.2022.004.

Ziaei. S. M., Nezami, A., & Khazaie, H. R. (2020). Evaluation of different levels of soil moisture and seed hydro perimination on yield and yield components of *Vigna radiate* L. in Mashhad climate. *Journal of Plant Ecophysiology*, 12 (42), 91-103. (In Persian with English Abstract).

Zibai, S., Rahimi, A., & Dashti, H. (2012). Effects of seed priming on growth, chlorophyll content, relative water content and dry matter distribution of safflower (*Carthamus tinctorius, cv. Gholdasht*) under salinity stress. *Journal of Crop Production & Processing*, 2 (5), 47-58. (In Persian with English Abstract).