نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۲، شماره ۲، تابستان ۱۳۸۹، ص. ۳۳۴-۳۲۳

Journal of Agroecology
Vol. 2, No. 2, Summer 2010, p. 323-334

اثر تنش خشکی، اندازه و پوشش بنه بر خصوصیات مورفواکوفیزیولوژیکی زعفران (*Crocus sativus* L.) در شرایط گلخانه

مژگان ثابت تیموری[۱]*، محمد کافی[۲]، زینب اورسجی[۳] و کبری اروجی[۳]

تاریخ دریافت: ۸۹/۲/۲۶
تاریخ پذیرش: ۸۹/۷/۷

چکیده

به منظور مطالعه اثرات تنش خشکی، پوشش بنه و وزن بنه بر خصوصیات مورفوفیزیولوژیکی زعفران (*Crocus sativus* L.)، آزمایشی در گلخانه تحقیقاتی دانشگاه فردوسی مشهد در سال ۱۳۸۷ صورت گرفت. تیمارهای آزمایش شامل چهار اندازه بنه (۲-۴ ، ۴-۶ ، ۶-۸ و ۸-۱۰گرم)، دو سطح خشکی (۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی و خشکی کامل) و دو سطح پوشش بنه (بنه حاوی پوشش و بنه فاقد پوشش) بودند که به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. صفات مورد بررسی شامل طول، تعداد، وزن تر و خشک ریشه و برگ، ضخامت و پهنای برگ، میزان کلروفیل برگ (اندازه گیری به روش شیمیایی)، میزان نسبی آب برگ و نشت الکترولیت بود. نتایج نشان داد که وزن تر و خشک، تعداد و طول ریشه و برگ در شرایط تنش خشکی بسیار کمتر از شرایط ۱۰۰ ظرفیت زراعی بود. کلروفیل a و کلروفیلb در تنش خشکی کاهش بسیار معنی داری نشان دادند و نسبت کلروفیل(a) به کلروفیل(b) معادل۵۰درصد بود. تأثیر اندازه و پوشش بنه و بر همکنش تیمارها روی کلیه شاخص های مورد بررسی معنی دار بود. پوشش بنه در اندازه ۸-۱۰ گرم باعث افزایش نسبت کلروفیل(a) به کلروفیل(b) و تعداد برگ زعفران شد. درتنش خشکی میزان نسبی آب برگ، برای هردو تیمار پوشش بنه کاهش یافت. نتایج نشان داد که هرچه اندازه بنه بیشتر باشد تضمینی برای رشد بیشتر و بقاء گیاه زعفران درتنش خشکی خواهدبود.

واژگان کلیدی: کلروفیل (a)، کلروفیل (b)، میزان نسبی آب برگ، نشت الکترولیت، وزن ریشه

مقدمه

زعفران (*Crocus sativus* L.) به عنوان گیاه ارزشمند و بوم سازگار منطقه خراسان از مهمترین صادرات محصولات کشاورزی کشور محسوب می‌شود (Kafi, 2006). خشکسالی های اخیر و کاهش سطح زیر کشت محصولات زراعی دارای نیاز آبی بالا، (Mosaaferi, 2002) باعث افزایش روبه رشد زعفران کاری به عنوان گیاهی با نیاز آبی پایین به ویژه در استان های خراسان رضوی و جنوبی شده‌است. با توجه به اینکه عملکرد اقتصادی این گیاه مربوط به اندام زایشی یعنی کلاله ها می‌باشد که آغازش و تکوین خود را درون خاک می گذرانند و تنها بخش کوچکی از رشد خود را در سطح خاک سپری می‌نمایند (Negbi, 1999; Sadeghi, 1997)، لذا آبیاری مناسب بنه‌های زعفران می‌تواند نقش مهمی در ظهور بیشترین تعداد گل داشته‌باشد. میزان رطوبت نسبی خاک از عوامل موثر بر گل‌زایی بنه در طول دوره خواب تابستانه گیاه است و در صورت خارج شدن بنه‌ها از خاک، رطوبت نسبی و سلامتی بنه از عوامل تعیین کننده تعداد گل پس از کاشت، خصوصاً در سال اول است (Mollafilabi, 2004). اگرچه نیاز آبی زعفران نسبتاً پایین است، ولی اعمال تنش رطوبتی، بر عملکرد ماده خشک وخصوصاً عملکرد اقتصادی زعفران مستقیماً اثر منفی دارد (Slama et al., 2005). کمبود رطوبت خاک از مهمترین عوامل کاهش عملکرد زعفران است و رشد بنه به شدت متأثر از شرایط رطوبتی و عوامل خاکزی می‌باشد (Kafi, 2006). نتایج آزمایش غلامی و همکاران (Gholami et al., 2005) نشان داد که اثر تنش خشکی بر کاهش وزن تر و خشک کل گیاه و سرعت تعرق، منفی و معنی‌دار بود، ولی تنش خشکی باعث افزایش نسبت وزن برگ به بنه شد. هرچند گیاه زعفران مقاوم به خشکی است لیکن نباید در شرایط تنش خشکی قرارگیرد (Goliaris, 1999). نتایج تحقیقات عزیزی و همکاران

۱، ۲ و ۳- به ترتیب دانشجوی دکتری اکولوژی گیاهان زراعی، استاد و دانشجوی دکتری علف هرز گروه زراعت دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد
(*- نویسنده مسئول: Email:mozh_st@yahoo.com)

(Azizi et al., 2006) نشان داد که وزن کلاله در تیمار دیم‌کاری گیاه زعفران نسبت به تیمارهای آبیاری بسیار کمتر بود. آیتاباهو و ال-اوتامی (Aitoubahou & El-Otmani, 1999) بیان کردند که با افزایش فواصل آبیاری از میزان عملکرد زعفران کاسته شد.

بخش عمده ای از وزن بنه را پوشش های برگ سالهای قبل تشکیل می‌دهد و بنه های با وزن بیش از ۵ گرم ارزش کشت برای گلدهی در سال اول را دارند (Sadeghi, 1997). عزیزی و همکاران (Azizi et al., 2008) نیز اعلام کردند که بنه های با وزن بیش از ۸ گرم نقش اصلی را در گل دهی اعمال می‌کنند.

سینگ و همکاران (Sing et al., 2000) بیان داشتند گیاهانی که طول ریشه اصلی، تعداد ریشه‌های جانبی، تراکم طول ریشه[1]و نسبت ریشه به اندام هوایی بیشتری دارند، نسبت به کم آبی و تنش خشکی مقاومتر هستند، لذا اغلب متخصصین فیزیولوژی این نسبت را بعنوان معیاری برای گزینش مقاومت به خشکی معرفی می‌نمایند (Hussain, 1990; Minchin, 1980).

با توجه به نتایج متناقض در مورد تاثیر اندازه بنه بر خصوصیات رشدی و نقش احتمالی پوشش بنه در جذب آب و محافظت بنه از صدمات فیزیکی و شیمیایی و هم چنین بر همکنش این عوامل تحت تاثیرتنش خشکی، این آزمایش به منظور بررسی اثر اندازه بنه، میزان رطوبت بستر کشت و تأثیر پوشش بنه بر رشد و چگونگی گلدهی گیاه زعفران اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در مهرماه سال ۱۳۸۷ به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد اجرا شد. تیمارها شامل: دو سطح رطوبتی شامل ۱۰۰درصد ظرفیت زراعی و عدم آبیاری (رطوبت مورد نیاز رشد از آب موجود در بنه تامین شده است)، اندازه بنه شامل چهار سطح: ۲-۴ گرم، ۴-۶ گرم، ۶-۸ گرم و ۸-۱۰ گرم و پوشش بنه با دوسطح : بنه بدون پوشش و بنه دارای پوشش طبیعی بود. پس از توزین بنه ها در چهار گروه وزنی، اقدام به حذف پوشش در نیمی از بنه‌های هر گروه وزنی شد. بنه های زعفران مورد آزمایش، توده بومی سرایان واقع در خراسان جنوبی بود. کشت در گلدان های استوانه‌ای به قطر ۳۰ سانتیمتر و به ارتفاع ۱۵ سانتیمتر انجام شد. به دلیل حساسیت بنه های بدون پوشش در برابر حمله میکروارگانیسم-های خاکزی و نیز برای مطالعه بهتر سیستم ریشه، از بستر کشت سبک و استریل کوکوپیت استفاده شدند. با توجه به اینکه کوکوپیت فاقد عناصر غذایی می‌باشد لذا برای آماده سازی آن ابتدا بافت فشرده کوکوپیت به مدت ۲۴ ساعت در آب حاوی محلول غذایی کامل (جدول ۱) خیسانده شد. پس از جذب آب و نرم شدن کوکوپیت مقدار مساوی وزنی از کوکوپیت برای اعمال تیمار خشکی کامل در آون ۷۵ درجه سانتیگراد قرار داده شد. پس از ۲۴ ساعت کوکوپیت‌ها از آون خارج شده و به عنوان بستر کشت استفاده شد. برای حفظ فاصله مناسب توسعه ریشه، ابتدا گلدان ها تا ارتفاع ۷ سانتیمتر از کوکوپیت پر شد. سپس تعداد ۶ بنه با آرایش کشت دایره‌ای در گلدان قرارداده شد. آرایش کشت بدین صورت بود که یک بنه در مرکز و سایر بنه ها در اطراف آن و روی دایره ای به شعاع ۷ سانتیمتر، در بستر قرار داده شد و روی بنه ها به ارتفاع ۷ سانتیمتر از کوکوپیت پوشیده شد. برای اعمال تیمار رطوبتی ۱۰۰درصد ظرفیت زراعی، رطوبت گلدانها به طور روزانه کنترل شده و در صورت کاهش مقدار آب از حد ظرفیت زراعی که به صورت وزنی اعمال می شد، با استفاده از محلول غذائی، به رطوبت مورد نظر می‌رسید. برداشت گل، در ابتدای روز صورت گرفته و پس از توزین جداگانه کلاله و گلبرگ، نمونه ها در آون ۴۵ درجه سانتیگراد به مدت ۲۴ ساعت خشک شد. وزن خشک نمونه‌ها بوسیله ترازوی با دقت ۰/۰۰۰۱ انجام شد. در پایان دوره رشد ریشه ها (پس از تخلیه کامل رطوبت بنه‌ها در اواخر آذرماه) ضخامت و پهنای برگ بوسیله کولیس ورنیه دیجیتالی اندازه گیری شد، سپس تعداد برگ ها شمارش شده و برای اندازه گیری طول، وزن تر و خشک برگ و غلاف و نیز تعیین میزان نشت الکترولیت، میزان آب و میزان کلروفیل a و b برگ، از محل طوقه قطع و در ظرف دربسته حاوی یخ به آزمایشگاه منتقل شد. پس از آن کلیه بنه ها از بستر خارج شده و پس از شستشوی ریشه، جهت سایر اندازه گیریها از قبیل تعیین حجم، طول و تعداد ریشه، وزن تر و خشک ریشه و بنه و تعداد بنه دختری به آزمایشگاه منتقل شد.

پس از توزین و شمارش تعداد ریشه، اندازه گیری طول ریشه بوسیله خط کش میلی متری صورت گرفت.

جهت تعیین میزان نشت الکترولیت سلول‌های برگ، یک گرم از نمونه‌های برگی به طول یک سانتیمتر با آب مقطر شستشو شده و مدت ۲۴ ساعت در دمای اتاق در ظروف شیشه ای ۷۵ میلی لیتری، حاوی ۲۰ میلی لیتر آب مقطر نگهداری شد. سپس هدایت الکتریکی محلول با استفاده از دستگاه سنجش هدایت الکتریکی (Jenway, UK) تعیین شد(E_1) . پس از آن ظروف حاوی نمونه به مدت یک ساعت در بن ماری در دمای ۱۰۰درجه سانتیگراد قرار گرفت و پس از سرد شدن، مجدداً هدایت الکتریکی آن تعیین شد (E_2). درصد نشت الکترولیت برگ به روش شی و همکاران (Shi et al., 2006) از طریق معادله (۱) محاسبه شد.

$$EC\text{درصد}=(EC_1/EC_2)\times 100 \quad \text{معادله (۱)}$$

به منظور تعیین میزان نسبی آب برگ، مقدار یک گرم از وزن تر برگ هر تیمار جداشده و برای تعیین وزن آماس، در ظروف در بسته

1- Root lenght density

حاوی آب مقطر به مدت ۱۲ ساعت در دمای۲ ±۲۱ قرارداده شد. وزن نمونه‌های آماسیده پس از گرفتن آب اضافی از سطح برگ بوسیله کاغذ خشک کن، اندازه‌گیری شده و برای تعیین وزن خشک، نمونه‌ها به آون با دمای ۷۰ درجه سانتیگراد به مدت ۴۸ ساعت منتقل شد. وزن خشک برگ بوسیله ترازوی با دقت ۰/۰۰۱ گرم، توزین شده و میزان نسبی آب برگ از طریق معادله (۲) محاسبه شد (Mahmood et al., 2003) .

معادله (۲) ۱۰۰× [(وزن خشک – وزن آماس)/(وزن خشک – وزن تر)]= میزان نسبی آب برگ(درصد)

جهت تعیین میزان کلروفیل با استفاده از روش متانولی، ابتدا ۰/۱ گرم از وزن تر برگ داخل میکروتیوب آسیاب شده و پس از اضافه کردن یک میلی لیتر متانول به مدت ۲۴ ساعت روی شیکر (۱۵۰دور در دقیقه) قرار گرفت. برای جداسازی بافت برگ از محلول حاوی کلروفیل، میکروتیوب های حاوی نمونه، به مدت ۵ دقیقه در سانتریفوژ با سرعت ۳۰۰۰ دور، قرار گرفت. سپس میزان۵۰ میکرولیتر از محلول شفاف جداسازی شده با ۹۵۰ میکرولیتر متانول مخلوط و توسط دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج های۶۶۶ و ۶۵۳ نانومتر، به ترتیب برای تعیین کلروفیل a و کلروفیل b، طیف سنجی شد(Sartory & Grobbelaar, 1984). برای تعیین مقادیر کلروفیل a و b به ترتیب از معادلات ۳ و ۴ استفاده شد:

معادله (۳) کلروفیل $a = ۱۵/۶۵A_{۶۶۶} - ۷/۳۴A_{۶۵۳}$

معادله (۴) کلروفیل $b = ۲۷/۰۵A_{۶۵۳} - ۱۱/۲۱A_{۶۶۶}$

تجزیه آماری داده‌های حاصل از آزمایش با استفاده از نرم افزار MINITAB Ver.13 انجام شد. میانگین‌ها با استفاده از آزمون LSD و در سطح معنی داری ۵درصد مورد مقایسه قرار گرفتند.

نتایج و بحث

ویژگی‌های مورفولوژیکی: نتایج نشان داد که کلیه صفات مورد بررسی، به طور معنی داری ($P\leq ۰/۰۱$) متأثر از تنش خشکی بودند و اثر اندازه و پوشش بنه نیز بر صفات مورد مطالعه معنی دار بود ($P\leq ۰/۰۱$).

شکل های ۱، ۲ و ۳ نشان می‌دهد که فقدان رطوبت کافی در محیط رشد ریشه، باعث کاهش معنی‌دار وزن تر، خشک، ضخامت و عرض برگ شد، ولی تعداد برگ متأثر از تیمار خشکی نبود. وزن خشک برگ در تیمار ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی، ۲۱/۷ درصد وزن تر و در تیمار تنش خشکی ۱۵/۴ درصد وزن تر برگ بود. این مسئله نشان می‌دهد که افزایش تولید ماده خشک تابع وجود آب قابل وصول در محیط ریشه و در نتیجه انتقال عناصر غذایی لازم از ریشه به برگ ها و در نهایت انجام فتوسنتز در شرایط بهینه است. هرچند نیاز آبی زعفران نسبتاً پایین است ولی اعمال تنش رطوبتی و کمبود رطوبت خاک، مستقیماً اثر منفی بر عملکرد ماده خشک و رشد بنه زعفران دارد (Kafi, 2006; Shirmohammadi, 2003). غلامی و همکاران (Gholami et al., 2005) نیز در بررسی خود به این نتیجه رسیدند که تأثیر تنش خشکی بر وزن تر و خشک کل زعفران منفی و معنی‌دار بود. گلیاریس (Gliariss, 1999) نیز بیان کرد که هرچند گیاه زعفران مقاوم به خشکی است، لیکن نباید در شرایط تنش خشکی قرارگیرد.

بنه‌های فاقد پوشش به دلیل عدم توان حفظ رطوبت در محیط اطراف بنه و ریشه ها، نمی توانند رطوبت لازم برای رشد جوانه‌ها را فراهم نموده و در نتیجه از تعداد برگ کاسته می‌شود (شکل۳-A).

با توجه به اینکه ریشه اولین اندامی است که به خشکی واکنش نشان می‌دهد، اعمال تنش خشکی سبب کاهش معنی دار تعداد ریشه و در نتیجه وزن ریشه شد (شکل۵-A و ۴-B). بر خلاف وزن ریشه که کاهش معنی‌دار داشت وزن بنه در تیمار تنش خشکی کاهش نشان داد (شکل ۴-A) که بیانگر عدم امکان انتقال مواد ذخیره‌ای بنه به ریشه و اندام‌های هوایی بوده است. نکته مهم دیگر اینکه در تیمار تنش خشکی گل ها به عنوان اندام اقتصادی زعفران ظاهر نشدند.

بعلاوه فقدان پوشش بنه، به دلیل عدم توان حفظ رطوبت محیط اطراف ریشه‌ها و جوانه های رویشی، سبب می‌شود که از تعداد ریشه‌ها کاسته شده (شکل ۵-A) و گیاه مجبور به استفاده از ذخایر غذایی و رطوبت بنه شود. بعلاوه مجموع طول ریشه در شرایط ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی ۱۰ برابر بیشتر از تنش خشکی بود (۵-B). این امر نشان می‌دهد که فراهمی رطوبت در محیط رشد ریشه، امکان توسعه بیشتر ریشه برای جذب بیشتر عناصر غذایی و آب را میسر می‌سازد بنابراین کاهش وزن بنه در این شرایط کمتر بوده و گیاه از مواد حاصل از جذب ریشه و انجام فتوسنتز تغذیه می‌کند.

در تنش‌های بسیار شدید خشکی، به دلیل عدم وجود رطوبت کافی در محیط ریشه، جوانه‌های رویشی فعال نشده و انتقال عناصر غذایی از بنه به جوانه‌ها نیز به دلیل عدم وجود آب میسر نمی‌باشد که در نتیجه وزن این بنه‌ها در مقایسه با شرایط رطوبتی مناسب کاهشی نخواهد داشت. در حالیکه در شرایط ظرفیت زراعی، شرایط انتقال مواد غذایی از بنه فراهم شده و برای تولید اندامهای رویشی و زایشی جدید، سرعت رشد بالاتری داشته و در نتیجه امکان استفاده از ذخایر بنه اصلی فراهم می‌شود که این امر منجر به کاهش وزن بنه خواهد شد (شکل۴-A).

نتایج نشان داد که با کاشت بنه‌های بزرگتر، وزن خشک و ضخامت برگ افزایش یافت، ولی مقدار این افزایش معنی دار نبود (جدول ۲). با افزایش وزن بنه به ۶ تا ۸ گرم، بر وزن خشک ریشه و وزن تر برگ افزوده شد ولی در وزن ۸ تا۱۰ گرم از مقدار کمّی این دو صفت کاسته شد. این نتایج نشان می‌دهد که بهترین اندازه بنه برای تولید بیشترین تعداد برگ و بالاترین وزن خشک ریشه، ۶ تا ۸ گرم

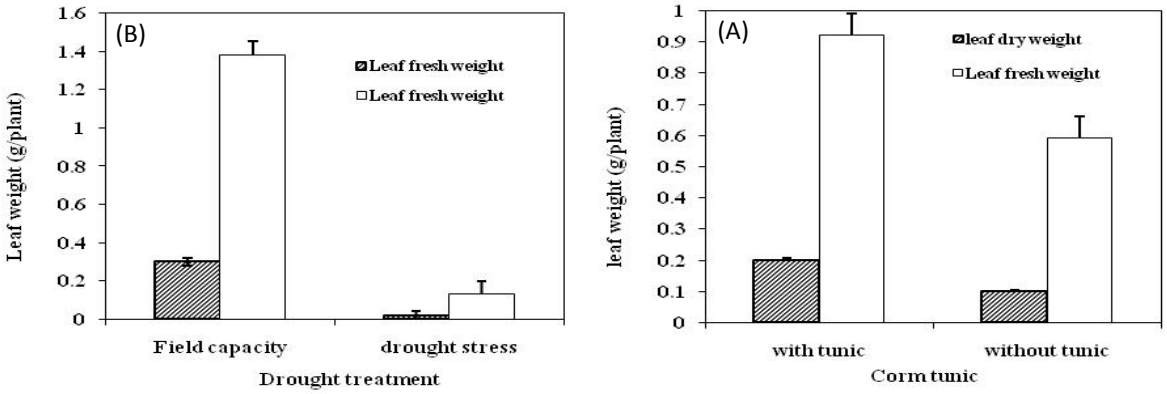
است. هرچند مشایخی و همکاران (Mashayekhi & Latifi, 1997) بیان کردند که اندازه بنه تأثیری بر شاخص‌های رشد و عملکرد زعفران ندارد، لیکن نتایج سایر محققان مؤید نتایج این آزمایش می‌باشد (Azizi, 2008; Sadeghi, 1997).

اثر وزن بنه نیز بر صفات مورد بررسی معنی دار بود، بطوریکه بیشترین وزن خشک ریشه، وزن تر و تعداد برگ در بنه با وزن ۶ تا ۸ گرم مشاهده شد (جدول۲). هرچند که تأثیر وزن بنه بر سایر صفات مورد بررسی معنی دار نبود، لیکن با افزایش وزن بنه بر وزن خشک، عرض، و ضخامت برگ افزوده شد.

جدول ۱- ترکیب مقادیر عناصر غذایی موجود در کود مایع مورد استفاده برای تغذیه بستر کوکوپیت

Table 1- The macro and micro nutrient content of liquid fertilizer used for coco-peat uptake

N(%) (N)	P(%) (P_2O_5)	K(%) (K_2O)	Fe (ppm)	Zn (ppm)	Cu (ppm)	Br (ppm)	Mn (ppm)	Mg (ppm)	pH
10-8	5-4	10-8	1800-1600	1200-1000	800-600	1000-800	1000-800	500-400	7

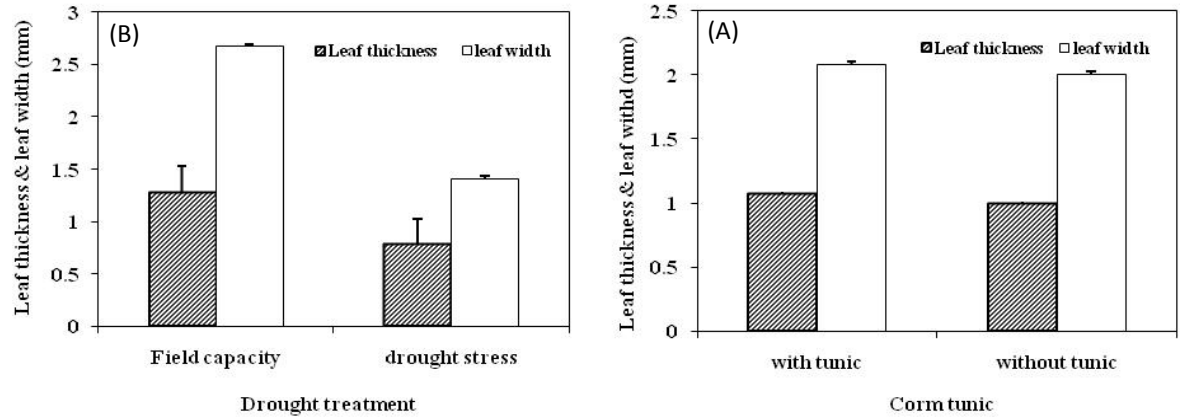


شکل ۱- تأثیر پوشش بنه (A) و تنش خشکی(B) بر وزن تر و خشک برگ گیاه زعفران با میانگین + خطای استاندارد

Fig. 1- The effect of corm tunic (A) and drought stress(B) on leaf fresh and dry weight of saffron (mean+SE)

میانگین‌های دارای دامنه همپوشانی یکسان بر اساس خطای استاندارد تفاوت معنی‌داری ندارند.

There are no significant differences between averages with similar overlap range according to standard error.

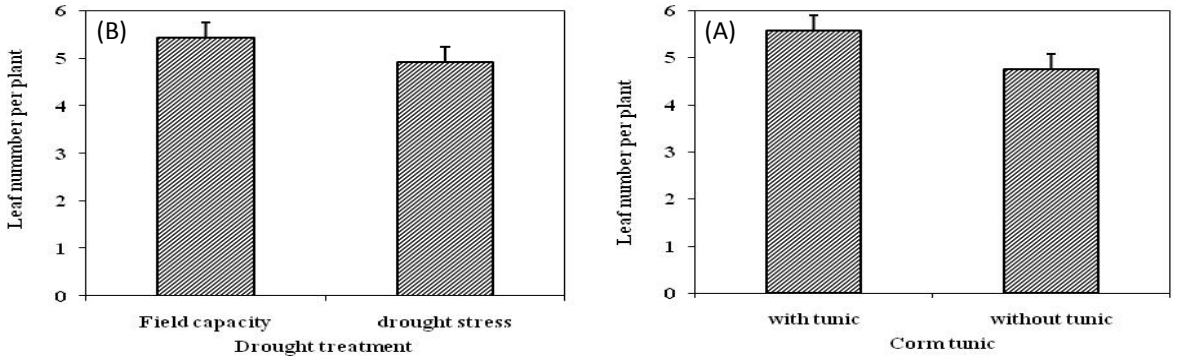


شکل۲- اثر پوشش بنه (A) و تنش خشکی(B) بر عرض و ضخامت برگ گیاه زعفران با میانگین + خطای استاندارد

Fig. 2- The effect of corm tunic (A) and drought stress(B) on leaf width and thickness of saffron (mean+SE)

میانگین‌های دارای دامنه همپوشانی یکسان بر اساس خطای استاندارد تفاوت معنی‌داری ندارند.

There are no significant differences between averages with similar overlap range according to standard error.

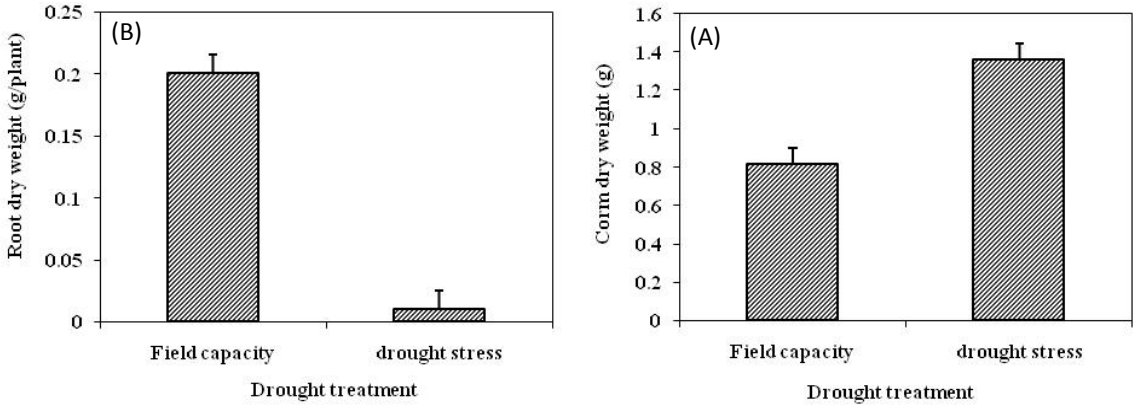


شکل ۳- اثر پوشش بنه (A) و تنش خشکی(B) بر تعداد برگ گیاه زعفران با میانگین + خطای استاندارد

Fig. 3- The effect of corm tunic (A) and drought stress (B) on leaf number of saffron (mean+SE)

میانگین‌های دارای دامنه همپوشانی یکسان بر اساس خطای استاندارد تفاوت معنی‌داری ندارند.

There are no significant differences between averages with similar overlap range according to standard error.

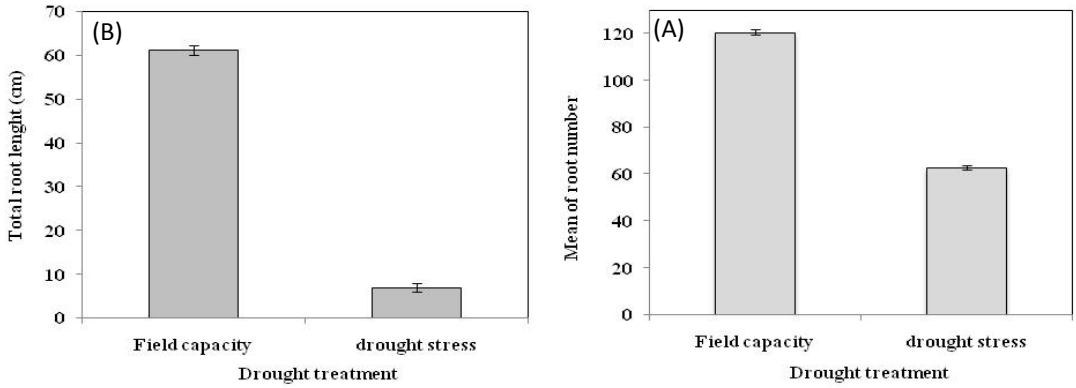


شکل ٤- اثر تنش خشکی بر وزن خشک بنه (A) و ریشه (B) گیاه زعفران با میانگین + خطای استاندارد

Fig. 4- The effect of drought treatment on corm dry weight (A) and root dry weight(B) of saffron (mean+SE)

میانگین‌های دارای دامنه همپوشانی یکسان بر اساس خطای استاندارد تفاوت معنی‌داری ندارند.

There are no significant differences between averages with similar overlap range according to standard error.

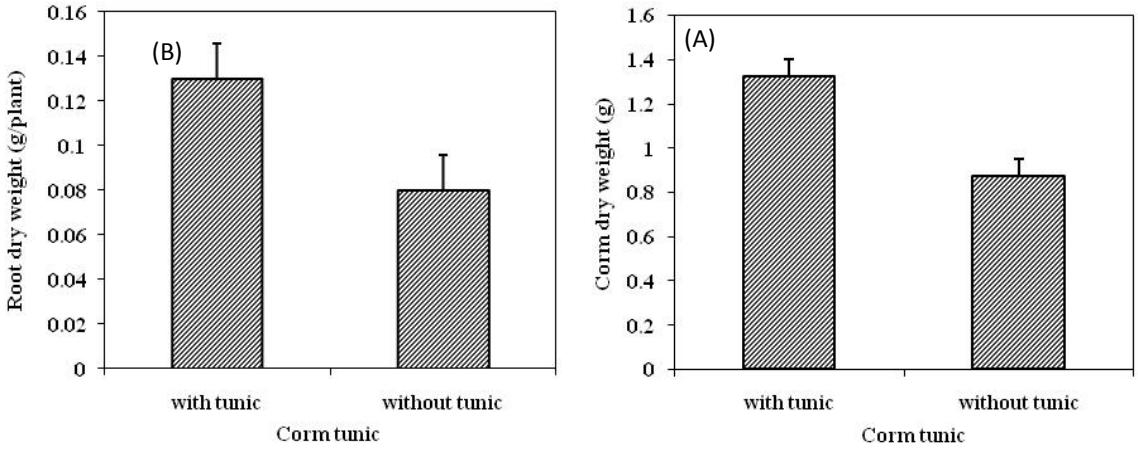


شکل۵- اثر تنش خشکی بر طول ریشه (A) و تعداد ریشه (B)گیاه زعفران با میانگین ± خطای استاندارد

Fig. 5- The effect of drought stress on root lenght (A) and root number(B) of saffron (mean±SE)

میانگین‌های دارای دامنه همپوشانی یکسان بر اساس خطای استاندارد تفاوت معنی‌داری ندارند.

There are no significant differences between averages with similar overlap range according to standard error.



شکل ٦- اثر پوشش بنه بر وزن خشک بنه (A) و ریشه (B) گیاه زعفران با میانگین +خطای استاندارد

Fig. 6- The effect of corm tunic on corm dry weight (A) and root dry weight (B) of saffron (mean+SE)

میانگین‌های دارای دامنه همپوشانی یکسان بر اساس خطای استاندارد تفاوت معنی‌داری ندارند.

There are no significant differences between averages with similar overlap range according to standard error.

جدول۲- تأثیر اندازه بنه بر وزن خشک (گرم در بوته)، وزن تر(گرم در بوته)، ضخامت(میلی متر)، عرض(میلی متر) و تعداد برگ، وزن خشک بنه (گرم در بوته) و وزن خشک ریشه (گرم در بوته) گیاه زعفران

Table 2- The effect of corm size on leaf dry weight (g.plant^{-1}) and leaf fresh weight (g.plant^{-1}), leaf thickness (mm) and leaf width (mm) and number of leaf, corm dry weight (g) and root dry weight(g.plant^{-1}) of saffron.

وزن خشک ریشه (گرم در گیاه) Root dry weight (g/plant)	وزن خشک بنه (گرم در گیاه) Corm dry weight (g)	وزن تر برگ (گرم در گیاه) Leaf fresh weight(g/plant)	تعداد برگ (در گیاه) Leaf number (Per plant)	عرض برگ (میلی متر) Width (mm)	ضخامت برگ (میلی متر) Thickness (mm)	وزن خشک برگ (گرم در گیاه) Leaf dry Weight(g/plant)	تیمار Treatment	
0.07 b	0.56 c	0.64 c	4.0 c	1.87 b	0.98 a	0.12 a	2-4 g	وزن بنه Corm size
0.08 b	0.91 b	0.86 b	5.0 b	2.01 ab	1.01 a	0.15 a	4-6 g	
0.16 a	0.94 b	1.07 a	7.0 a	2.04 ab	1.06 a	0.15 a	6-8 g	
0.13 a	1.95 a	0.45 d	5.0 b	2.24 a	1.08 a	0.20 a	8-10 g	

* میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر شکل، اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد ندارند.

* Means within a shape followed by the same letters are not significantly different at α=0.05.

بر همکنش پوشش بنه و تنش خشکی نشان داد که در شرایط تنش خشکی، بنه های فاقد پوشش از تعداد برگ، وزن خشک و تر برگ و ریشه کمتری برخوردار بودند (جدول۳). بر همکنش وزن بنه و پوشش بنه نیز بر صفات مورد بررسی معنی‌دار بود بطوریکه بیشترین وزن خشک برگ و ریشه و تعداد برگ به ترتیب به میزان ۰/۲۷ گرم، ۰/۲۴ گرم و ۸ برگ، در بنه‌های با وزن ۶ تا ۸ گرم حاصل شد. بیشترین وزن تر برگ در بنه‌های با وزن ۴ تا ۶ گرم و به میزان ۱/۵۸ گرم و بیشترین عرض و ضخامت برگ و وزن خشک بنه در بنه‌های ۸ تا ۱۰ گرمی بدست آمد (جدول ۳).

بنابر نتایج این آزمایش، مناسبترین اندازه بنه برای بهبود رشد و بقای بنه گیاه زعفران در هر دو شرایط تنش خشکی و ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی، بنه های با وزن بیش از ۶ گرم و دارای پوشش می باشد.

بطورکلی، حفظ پوشش بنه‌ها نیز سبب می‌شود که حتی در شرایط تنش خشکی، صدمات وارد شده به گیاه کمتر از بنه‌های بدون پوشش باشد، چرا که بنه‌های فاقد پوشش در تماس مستقیم با خاک، آب ذخیره شده در بافت خود را از دست داده و قادر به حفظ رطوبت در اطراف جوانه‌ها و مریستم ریشه نیستند. این امر باعث کاهش تولید ریشه و ناتوانی در جذب آب به دلیل عدم توسعه ریشه‌ها شده و در نتیجه انتقال آب و مواد غذایی به جوانه‌های برگ به کندی صورت می گیرد. کاهش سرعت انتقال اندوخته غذایی بنه به جوانه‌ها منجر به تأخیر در جوانه زنی و رشد برگ ها و در نتیجه کاهش آسیمیلاسیون خواهدشد.

جدول ۳- بر همکنش تیمارهای آبیاری، پوشش و اندازه بنه بر وزن خشک برگ (گرم در گیاه)، وزن تر برگ (گرم در گیاه)، ضخامت برگ (میلی متر)، عرض برگ (میلی متر) و تعداد برگ، وزن خشک بنه (گرم در گیاه) و ریشه (گرم در گیاه) گیاه زعفران

Table 3- Intraction effect of drought stress and corm size, drought stress and corm tunic, corm tunic and corm size on dry and fresh weight (g.plant^{-1}), diameter (mm) and wide (mm) and number of leaf, corm dry weight (g) and root dry weight (g.plant^{-1}) of saffron.

وزن خشک ریشه (گرم در گیاه) Root dry weight (g/plant)	وزن خشک بنه (گرم در گیاه) Corm dry weight (g)	وزن تر برگ (گرم در گیاه) Leaf fresh weight(g/plant)	تعداد برگ (در گیاه) Leaf number (Per plant)	عرض برگ (میلی متر) Width (mm)	ضخامت برگ (میلی متر) Thickness (mm)	وزن خشک برگ (گرم در گیاه) Leaf dry Weight(g/plant)	تیمارها Treatments	
0.24 a	0.80 b	1.70 a	6.0 a	2.66 a	1.30 a	0.36 a	+tunic	ظرفیت زراعی
0.16 b	0.83 b	1.05 b	5.0 b	2.68 a	1.26 a	0.24 b	-tunic	Field capacity
0.02 c	1.83 a	0.14 c	5.0 ab	1.50 b	1.84 b	0.04 b	+tunic	تنش خشکی
0.01 c	0.90 b	0.13 c	5.0 ab	1.31 c	1.72 c	0.01 c	-tunic	Drought stress
0.123 b	0.34 f	1.23 c	5.0 e	2.49 a	1.27 a	0.22 a	2-4 g	
0.135 b	0.56 e	1.58 b	5.0 d	2.67 a	1.29 a	0.28 a	4-6 g	ظرفیت زراعی
0.298 a	0.94 c	2.00 a	8.0 a	2.64 a	1.27 a	0.35 a	6-8 g	Field capacity
0.243 a	1.43 b	0.70 d	4.0 f	2.88 a	1.30 a	0.36 a	8-10 g	
0.007 e	0.78 d	0.05 f	3.0 g	1.24 b	0.70 a	0.01 b	2-4 g	
0.026 c	1.27 b	0.14 e	5.0 e	1.34 b	0.72 a	0.02 b	4-6 g	تنش خشکی
0.011 d	0.94 c	0.13 ef	6.0 b	1.45 b	0.85 a	0.03 b	6-8 g	Drought stress
0.010 d	2.47 a	0.21 e	6.0 c	1.59 b	0.86 a	0.03 b	8-10 g	
0.06 d	0.47 d	0.69 d	5.0 d	1.99 ab	1.03 a	0.13 ab	2-4 g	
0.096 c	0.99 c	1.58 a	5.0 c	1.95 ab	1.02 a	0.16 ab	4-6 g	بنه دارای پوشش +tunic
0.237 a	1.43 b	1.37 a	8.0 a	2.07 ab	1.08 a	0.27 a	6-8 g	
0.127 b	2.37 a	0.80 c	5.0 c	2.29 a	1.16 a	0.24 ab	8-10 g	
0.07 cd	0.64 cd	0.58 e	3.0 e	1.73 b	0.94 a	0.10 b	2-4 g	
0.065 d	0.83 c	0.90 b	5.0 d	2.07 ab	1.00 a	0.14 ab	4-6 g	بنه فاقد پوشش
0.072 cd	0.45 d	0.77 cd	7.0 b	2.01 ab	1.04 a	0.11 ab	6-8 g	-tunic
0.126 b	1.53 b	0.11 f	5.0 d	2.18 ab	1.00 a	0.15 ab	8-10 g	

* میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون، اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد ندارند.

(+ پوشش= بنه دارای پوشش، - پوشش= بنه فاقد پوشش)

* Means within a column followed by the same letters are not significantly different at α=0.05.

(+tunic= without tunic, -tunic= with tunic)

بعلاوه کاهش وزن بنه‌های بدون پوشش و در معرض تنش خشکی بسیار بیشتر از بنه‌های پوشش‌دار بود. سینگ و همکاران (Sing et al., 2000) نیز بیان کردند، گیاهانی که توسعه ریشه مناسب‌تری دارند نسبت به سایر گیاهان از تحمل بیشتری به کم آبی و تنش خشکی برخوردارند. گوپتا (Gupta, 1984) و نور و ویبل (Nour & Weibel, 1978) بیان داشتند که واریته‌های مقاوم به خشکی نسبت به واریته‌های حساس از توسعه ریشه بیشتری برخوردار می‌باشند.

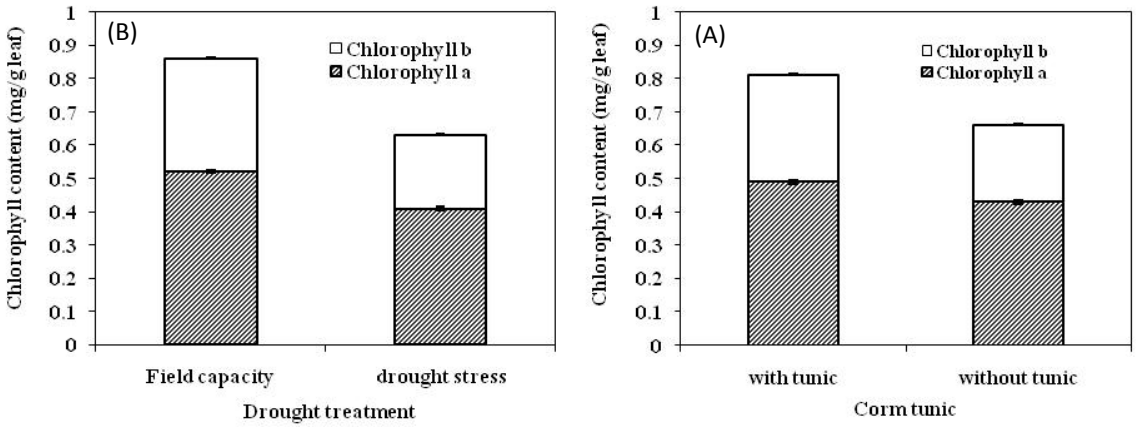
ویژگی‌های فیزیولوژیکی

میزان کلروفیل در شرایط بدون تنش خشکی و بنه های دارای پوشش، به طور معنی داری($P\leq$۰/۰۰۱) بیش از تنش خشکی و بنه‌های فاقد پوشش بود، ولی نسبت کلروفیل *a* به کلروفیل *b* در شرایط تنش خشکی و بنه های فاقد پوشش بیشتر بود (شکل A,B-۷). با توجه به نتایج جدول (۴) مشاهده می‌شود که بالاترین میزان کلروفیل *a* و *b* موجود در برگ بنه‌های با وزن ۴ تا ۶ گرم و شرایط رطوبتی مناسب تولید شد، لیکن نسبت کلروفیل *a* به کلروفیل *b* در شرایط تنش خشکی و بنه‌های با وزن ۸ تا۱۰ گرم بیشتر بود، هرچندکه اختلاف بین این تیمار و بنه‌های به وزن ۴ تا ۶ گرم معنی‌دار نبود.

تنش خشکی و حذف پوشش بنه، باعث افزایش میزان نشت الکترولیت از سلول‌های برگ شد. کاهش وزن بنه نیز بر میزان نشت

الکترولیت افزود، بطوریکه کمترین میزان نشت الکترولیت در بنه های دارای پوشش با وزن ۶ تا ۸ گرم و در تیمار تأمین آب کافی به میزان ۰/۲۱ درصد مشاهده گردید.

همانطور که در شکل A–۸ مشاهده می‌شود، پوشش بنه تأثیر معنی‌داری بر میزان نسبی آب برگ نداشت، ولی با توجه به اینکه پوشش بنه سبب حفظ آب درون بنه می‌شود لذا وزن آماسیده و غیر آماسیده بنه‌های دارای پوشش کمتر از بنه‌های دارای پوشش بود. نتایج نشان داد (شکل ۹) که در شرایط تنش خشکی میزان نسبی آب برگ کاهش یافت. بیشترین و کمترین میزان نسبی آب برگ به ترتیب، در شرایط ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی (۵۹/۲ درصد) و تنش خشکی (۲۸/۳ درصد) مشاهده شد. با افزایش وزن بنه، تغییرات میزان نسبی آب برگ از روند خاصی تبعیت نکرد. در بنه‌های فاقد پوشش با افزایش وزن بنه از ۲– ۴ گرم به ۶–۸ گرم بر میزان نسبی آب برگ افزوده شد ($p<0/01$)، ولی میزان نسبی آب برگ در بنه‌های دارای پوشش تابع تغییرات وزن بنه نبود (جدول۴). بیشترین میزان نسبی آب برگ در بنه‌های فاقد پوشش به وزن ۶ تا ۸ گرم و در شرایط ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی حاصل شد و کمترین مقدار آن در بنه‌های دارای پوشش به وزن ۲ تا ۴ گرم و تنش خشکی مشاهده شد.

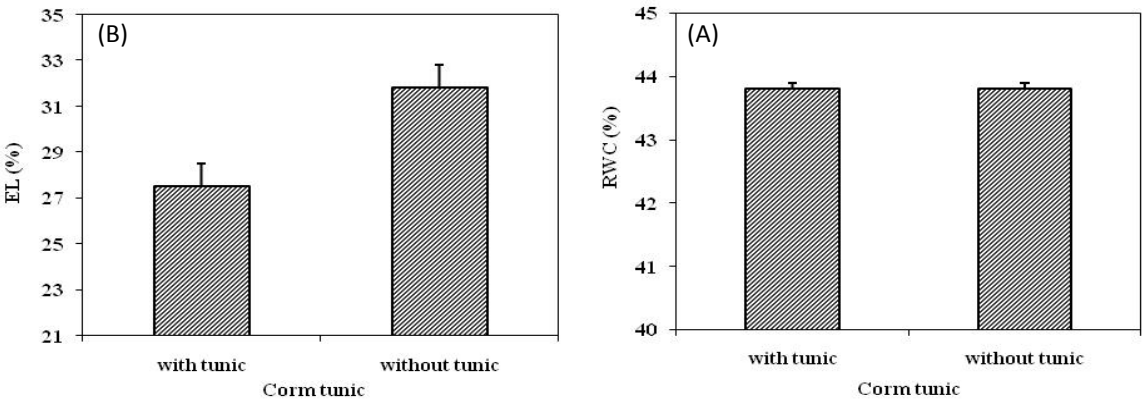


شکل ۷- اثر پوشش بنه (A) و تنش خشکی(B) بر میزان کلروفیل a وb گیاه زعفران با میانگین ± خطای استاندارد

Fig. 7- Effect of corm tunic (A) and drought stress (B) on Chlorophyll *a* Chlorophyll *b* of saffron leaves (mean±SE)

میانگین‌های دارای دامنه همپوشانی یکسان بر اساس خطای استاندارد تفاوت معنی‌داری ندارند.

There are no significant differences between averages with similar overlap range according to standard error.

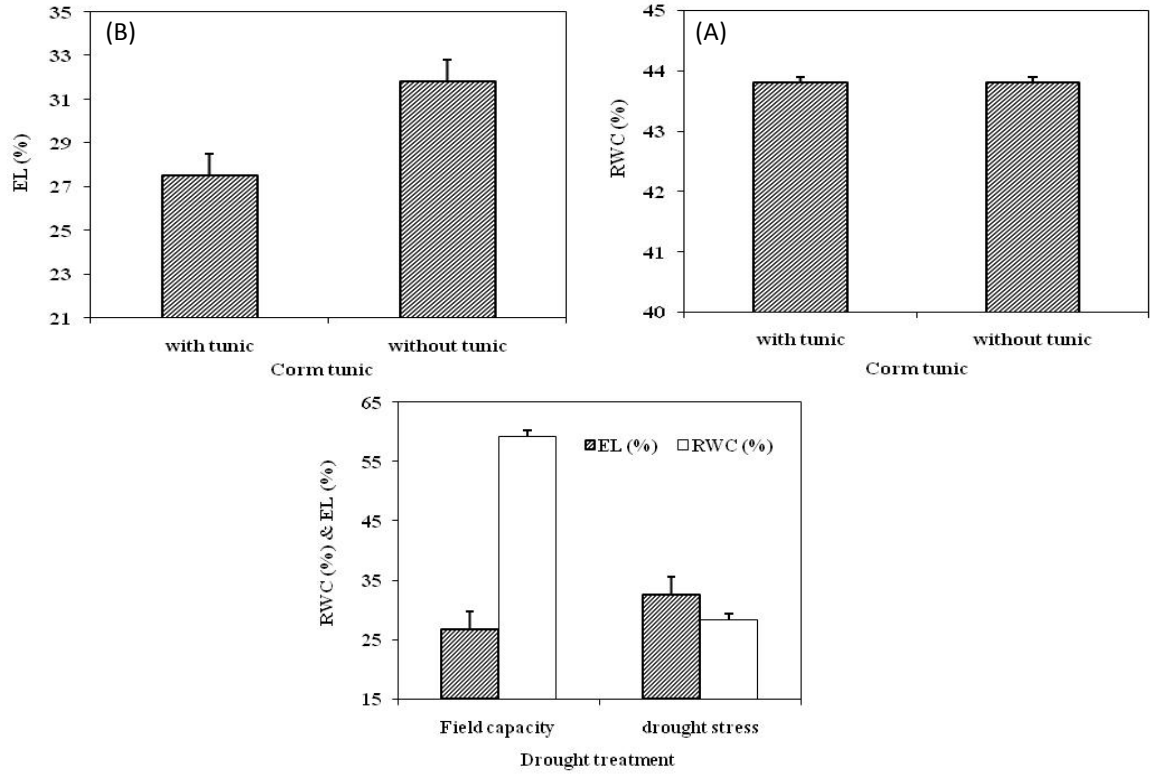


شکل ۸- اثر پوشش بنه بر میزان نسبی آب برگ (A) و میزان نشت الکترولیت (B) برگ گیاه زعفران با میانگین +خطای استاندارد

Fig. 8- The effect of corm tunic on relative water content (A) and electrolyte leakage (B) of saffron leaves (mean+SE)

میانگین‌های دارای دامنه همپوشانی یکسان بر اساس خطای استاندارد تفاوت معنی‌داری ندارند.

There are no significant differences between averages with similar overlap range according to standard error.



شکل ۹- تأثیر تیمار خشکی بر میزان نسبی آب برگ (درصد) و میزان نشت الکترولیت (درصد) برگ گیاه زعفران با میانگین +خطای استاندارد

Fig. 9- The effect of drought stress on Relative water content (درصد) and Electrolyte leakage (درصد) of saffron leaves (mean+SE)

میانگین‌های دارای دامنه همپوشانی یکسان بر اساس خطای استاندارد تفاوت معنی‌داری ندارند.

There are no significant differences between averages with similar overlap range according to standard error.

به طور کلی تنش خشکی باعث کاهش میزان نسبی آب برگ و افزایش نشت الکترولیت از غشای سلولی زعفران می شود. نتایج سایر محققان نیز بیانگر افزایش میزان نشت الکترولیت و کاهش میزان نسبی آب برگ، در شرایط تنش خشکی می‌باشد (Beltrano & Ronco, 2008; Sabet Teimouri et al., 2009).

با توجه به نتایج حاصل از این آزمایش و این واقعیت که زعفران گیاهی است که طی سازگاری با شرایط سرد و یخبندان زمستان از میزان نسبی آب برگ خود می‌کاهد، لذا سطح نسبی آب در برگ این گیاه به طور طبیعی از سایر گیاهان کمتر می باشد. بعلاوه با افزایش اندازه بنه، میزان اندوخته رطوبتی و مواد غذائی بنه بیشتر شده و زمینه لازم برای انتقال آب به سلول‌های برگ بیشتر شده و میزان نسبی آب برگ این گونه بنه‌ها نیز بیشتر خواهد بود. بنه‌های دارای پوشش نیز با جذب رطوبت در تیمار ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی و حفظ رطوبت اطراف بنه در شرایط خشکی، قادر به تأمین آب مورد نیاز برای آماس مناسب سلول‌ها و در نتیجه حفظ میزان نسبی آب برگ در حد مطلوب بودند.

نتایج این مطالعه نشان داد که روند تغییرات درصد نشت الکترولیت در تقابل با میزان نسبی آب برگ بود. بنه‌های دارای پوشش با جذب آب و حفظ آن مانع از دست رفتن آب درون سلولی شده و در نتیجه انسجام غشای سلولی را بهتر حفظ نمودند، که نتیجه آن کاهش میزان نشت الکترولیت از سلول‌های برگ بود. بعلاوه روند کاهشی تغییرات میزان نشت الکترولیت با افزایش وزن بنه، بیانگر حفظ پتانسیل اسمزی درون سلولی در بنه های بزرگتر است که این گونه بنه‌ها به دلیل محتوای بیشتر آب و عناصر غذایی، در ساخت متابولیت‌ای محلول در آب درون سلولی موفق تر بوده، مانع خروج آب از سلول‌ها و کاهش پلاسمولیز شده و در نتیجه در حفظ انسجام غشای سلولی بهتر عمل می‌کنند.

با توجه به اینکه در این آزمایش بخش اصلی تولید گل و برگ در تیمار تنش خشکی با اتکاء بر ذخایر رطوبتی بنه انجام شده می‌توان چنین نتیجه گرفت که بدون اضافه کردن آب به محیط رشد زعفران، امکان سبز شدن آن با مصرف ذخایر آبی بنه وجود دارد، لیکن به دلیل کمبود رطوبت خاک، که منجر به کاهش شدید رشد بنه و عملکرد زعفران می‌شود (Kafi, 2006)، استحصال عملکرد اقتصادی مشکل به نظر می‌رسد.

جدول ٤- مقایسه میانگین اثر تیمارهای اعمال شده بر صفات فیزیولوژیکی مورد بررسی گیاه زعفران(کلروفیل a ($mg.g^{-1}$ leaf)، کلروفیل b ($mg.g^{-1}$ leaf)، نسبت کلروفیل a به کلروفیلb، مجموع کلروفیل a وb ($mg.g^{-1}$ leaf)، درصد نشت الکترولیت و درصد میزان نسبی آب برگ)

Table 4- Interaction Effect of drought stress and corm size, drought stress and corm tunic, corm tunic and corm size on Chlorophyll *a* Chlorophyll *b* of saffron leaves relative water content and electrolyte leakage of saffron leaves

میزان نسبی آب برگ (درصد) RWC (%)	نشت الکترولیت (درصد) EL (%)	کلروفیل a + کلروفیل b (میلی گرم درگرم برگ) Chl a+ Chl b (mg/g leaf)	کلروفیل a / کلروفیل b Chl a / Chl b	کلروفیل b (میلی گرم درگرم برگ) Chl b (mg/g leaf)	کلروفیل a (میلی گرم درگرم برگ) Chl a (mg/g leaf)		تیمارها Treatments
55.43 b	0.35 a	7.71 b	1.67 b	0.29 b	0.47 c	2-4 g	اندازه بنه Corm size
53.76 d	0.29 b	7.93 b	1.95 ab	0.29 b	0.48 b	4-6 g	
56.80 a	0.26 c	8.64 a	1.59 b	0.32 a	0.51 a	6-8 g	
55.18 c	0.25 d	5.73 c	2.30 a	0.20 c	0.39 d	8-10 g	
47.94 d	0.22 d	9.48 a	1.43 b	0.38 a	0.53 a	+tunic	ظرفیت زراعی Field capacity
55.51 b	0.29 c	7.96 b	1.72 b	0.29 b	0.50 b	-tunic	
52.74 c	0.31 b	7.29 c	1.79 b	0.27 b	0.46 c	+tunic	تنش خشکی Drought stress
64.98 a	0.33 a	4.92 d	2.60 a	0.17 c	0.36 d	-tunic	
53.40 e	0.309 d	8.94 b	1.563 b	0.337 b	0.518 c	2-4 g	ظرفیت زراعی Field capacity
52.68 g	0.229 g	10.36 a	1.453 b	0.399 a	0.563 a	4-6 g	
53.03 f	0.290 e	8.95 b	1.639 b	0.332 b	0.541 b	6-8 g	
47.80 h	0.189 h	7.37 c	1.627 b	0.275 c	0.439 e	8-10 g	
57.48 c	0.385 a	6.49 d	1.834 b	0.234 d	0.424 f	2-4 g	ظرفیت زراعی Drought stress
54.83 d	0.351 b	5.51 e	2.446 a	0.190 e	0.399 g	4-6 g	
60.58 b	0.238 f	8.34 b	1.543 b	0.316 b	0.476 d	6-8 g	
62.57 a	0.317 c	4.08 f	2.974 a	0.132 f	0.335 h	8-10 g	
56.63 d	0.35 a	8.58 b	1.626 b	0.321 b	0.506 b	2-4 g	+tunic به دارای پوشش
46.13 h	0.27 e	9.70 a	1.467 b	0.374 a	0.526 a	4-6 g	
51.68 f	0.21 g	9.18 ab	1.50 b	0.349 ab	0.518 a	6-8 g	
46.92 g	0.24 f	6.81 d	1.85 b	0.250 d	0.427 c	8-10 g	
54.24 e	0.34 b	6.85 d	1.77 b	0.249 d	0.435 c	2-4 g	به فاقد پوشش -tunic
61.38 c	0.31 d	6.17 e	2.43 a	0.215 d	0.436 c	4-6 g	
61.93 b	0.32 c	8.11 c	1.68 b	0.299 c	0.499 b	6-8 g	
63.44 a	0.27 e	4.64 f	2.75 a	0.157 e	0.347 d	8-10 g	

* میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون، اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد ندارند.

(+ پوشش= بنه دارای پوشش، - پوشش= بنه فاقد پوشش)

* Means within a column followed by the same letters are not significantly different at α=0.05.

(+tunic= without tunic, -tunic= with tunic)

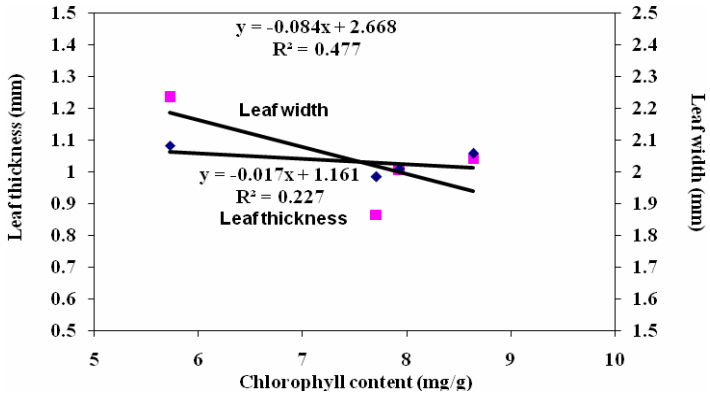
گزارش شده است که تنش خشکی سبب کاهش معنی دار وزن تر و خشک کل زعفران می‌شود (Gholami et al., 2008). پوشش بنه به عنوان عامل جاذب رطوبت عمل نموده و در بنه‌های پوشش‌دار به سبب حفظ رطوبت اطراف بنه، جوانه‌های روی بنه و ریشه‌ها، تعداد برگ بیشتری تولید نموده و نیز وزن ریشه‌ها بیشتر بود، چراکه میزان رطوبت نسبی خاک، در طول دوره خواب تابستانه گیاه، عامل موثر بر گل‌زایی بنه بوده و رطوبت نسبی و سلامتی بنه از عوامل تعیین کننده تعداد گل پس از کاشت، خصوصاً در سال اول می‌باشد (Mollafilabi, 2004).

بررسی رابطه رگرسیونی بین میزان کلروفیل و خصوصیات برگ نشان داد که با افزایش عرض و ضخامت برگ به ترتیب با ضریب تبیین R^2 =۰/۴۸ و R^2 =۰/۲۳ به طور خطی از میزان کلروفیل کاسته شد (شکل ۱۰).

در نهایت، اعمال تنش خشکی، منجر به کاهش میزان نسبی آب برگ، عملکرد ماده خشک و عملکرد گل زعفران شد. بعلاوه، با توجه به اینکه فصل رشد گیاه زعفران، همزمان با سرما و یخبندان پائیز و

زمستان است، بنابراین طی فرآیند سازگاری و بـه منظـور مقاومـت در برابر یخ زدگی، میزان نسبی آب برگ این گیاه نسبت به سایر گیاهـان کمتر شده است. در شرایط تنش خشکی، گیاه دچار کـاهش آب درون سلولی خواهد شد، لیکن کاهش میزان نسبی آب برگ در این گیاه به سبب ممانعت از تنش یـخ زدگـی در سـرمای زمـستان، بـه طـور طبیعی کمتر از سایر گیاهان بوده و بـا افـزایش مـواد آلـی محلـول و پروتئین های خاص اقـدام بـه حفـظ پتانـسیل اسـمزی درون سـلول می‌کند تا مانع از آب کشیدگی ناشی از تـنش سـرما و خـشکی شـود.

بعلاوه در این شرایط میزان نشت الکترولیت نیز تابعی از میزان نـسبی آب برگ است. در این شرایط گیاه با افزایش اسیمیلاسیون و افـزایش غلظت مواد آلی درون سلولی باعث افزایش پتانـسیل اسـمزی گیـاه و افزایش مقاومت به نشت الکترولیت و مقاومت در برابـر آب کـشیدگی خواهد بود. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد، به منظور کاهش صدمات ناشی از تنش خشکی، بنه های پوشش دار با میانگین وزنی بیش از ۶ گرم و رطوبت کافی در مناسب است.



شکل ۱۰- رگرسیون بین تغییرات کلروفیل، ضخامت و عرض برگ زعفران

Fig. 10- Regression between chlorophyll content, leaf wide and leaf diameter of saffron

منابع

1- Aitoubahou, A., and El-Otmani, M. 1999. Saffron cultivation in Morocco. In: Neghbi, M. (Ed.), Saffron. Harwood Academic Publication, pp. 73–87.

2- Azizi-Zohan, A.A., Kamgar-Haghighi, A.A., and Sepaskhah A.R. 2006. Effect of Irrigation Method and frequency on corm and saffron production (*Crocus sativus* L.). The Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources 10(1): 45-54.

3- Azizi-Zehan, A.A., Kamgar-Haghighi, A.A., and Sepaskhah A.R. 2008. Crop and pan coefficients for saffron in a semi-arid region of Iran. Journal of Arid Environments 72: 270–278.

4- Beltrano, J., and Ronco, M.G. 2008. Improved tolerance of wheat plants (*Triticum aestivum* L.) to drought stress and rewatering by the arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus claroideum*: Effect on growth and cell membrane stability. Brazilian Journal of Plant Physiology 20(1): 29-37.

5- Gholami Turanposhti, M., Maghsoodi moud, A.A., and Farahbakhsh. H. 2006. Effect of two levels of irrigation on water relations of three Iranian saffron (*Crocus sativus* L.) clones. In: Proceeding of the 3th Confernce of Irriagation management of water and soil. Kerman, Iran. Pp.1780-1787. (In Persian)

6- Goliaris, A.H. 1999. Saffron cultivation in Greece. In: Neghbi, M., (Eds.), Saffron. Harwood Academic. Pub., The Netherland. Pp.73-83.

7- Gregory, P.J. 1988. Root growth of chickpea, faba bean, lentil and pea and effcets of water and salt stresses. Pp. 857-867. In: R.J. Summer Field (Eds.), World Crops: Cool Season Food Legumes. Kluwer Academic Publishers.

8- Gresta, F., Avola, G., Lombardo, G.M., Siracusa, L., and Ruberto, G. 2008. Analysis of flowering, stigmas yield and qualitative traits of saffron (*Crocus sativus* L.) as affected by environmental conditions. Scientia Horticulturae.

9- Gupta, U.S. 1984. Crop improvement for drought resistance. Current Agriculture 8:1-5.

10- Hussain, M.M., Reid, J.B., Othman, H., and Gallagher, Y.N. 1990. Growth and water use of Faba beans (*Vicia faba*) in a subhumid climate. I. Root and shoot adaptation to drought stress. Field Crops Research 23:1-17.

11- Kafi, M., Rashed-Mohassel, M.H., Koocheki, A., and Mollafilabi, A. 2006. Saffron, Production and Processing Ferdowsi University of Mashhad, Iran Press. (In Persian)

12- Mahmood S., Iram Sh., and Athar H.R. 2003. Intra- specific various quantitative and qualitative attributes under differential salt region. Journal of Research in Science Teaching 14:177-186.

13- Mashayekhi, K., and Latifi, N. 1997. Investigation of the effect of corm's weight on saffron flowering. Iranian Journal of Agricultural Science 28(1): 97- 105. (In Persian with English Summary)
14- Minchin, F.R., Summerfield, R.J., Hadley, P., and Roberts, E.H. 1980: Growth, longevity and nodulation of roots in relation to seed yield in Chickpea. Journal of Experimental Agriculture 16: 24-61.
15- Mollafilabi, A. 2004. Experimental findings of production and echo physiological aspects of saffron (*Crocus sativus* L.). Acta Horticulture 650: 195–200.
16- Mosaferi, H. 2002. The Effect of different irrigation regimes on saffron yield. M.Sc. Thesis. Fac. Agric. Ferdowsi Univ Mashhad., Iran. (In Persian with English Summary)
17- Negbie, M. 1999: Saffron: *Crocus sativus* L. Medicinal and Aromatic Plants – Industrial Profiles. Amsterdam, Harwood Academic Publishers.
18- Nour, A.E.M., and Weibel, D.E. 1978. Evaluation of root characteristics in grain Sorghum. Agronomy Journal 70: 217-218.
19- Sabet Teimouri, M., Kafi, M., Avarseji, Z., and Orooji, K. 2009. Investigation of drought stress levels on leaf chlorophyll content in saffron. 3th International Symposium on Saffron Biology and Technology, Kozani, Greece. Pp. 333.
20- Sadeghi, B. 1997. Effect of storage and sowing date of corm on saffron flowering. Organisation of Scientific and Industrial of Iran, Research Center of Khorasan. (In Persian)
21- Sartory, D.P., and Grobbelaar, J.U. 1984. Extraction of chlorophyll *a* from freshwater phytoplankton for spectrophotometric analysis. Hydrobiologia 114: 177-187.
22- Shi Q., Bao, Z., Zhu, Z., Ying, Q., and Qian, Q. 2006. Effects of different treatments of salicylic acid on heat tolerance, chlorophyll fluorescence, and antioxidant enzyme activity in seedlings of *Cucumis sativa* L. Plant Growth Regulation 48: 127–135.
23- Singh, D.N., Massod Ali, R.I., and Basu, P.S. 2000. Genetic variation in dry matter partitioning in shoot and root influences of Chickpea to drought. 3rd International Crop Science Congress 2000. Hamburg - Germany.
24- Slama, I., Messedi, D., Ghnaya, T., Savour, A., and Abdelly, C. 2005. Effect of water deficit on growth and proline metabolism in *Sesuvium portulacastrum*. Environmental and Experimental Botany 56(3): 231-238.