مقاله پژوهشی

بررسی برخی از مکانیسم‌های دفاعی دو رقم لیلیوم دورگه 'Merluza' و 'Nashville' (*Lilium longiflorum×asiatic*) در برابر تنش خشکی

زینب بازیار[۱]، محمدرضا صالحی سلمی[۱*]، بابک پاکدامن سردرود[۲] و احمد زارع[۳]

[۱] گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

[۲] گروه گیاه‌پزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

[۳] گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

(تاریخ دریافت:۱۴۰۰/۰۸/۱۶، تاریخ پذیرش نهایی:۱۴۰۰/۱۱/۲۵)

چکیده

در این پژوهش به‌منظور بررسی تأثیر تنش خشکی بر ویژگی‌های مورفوفیزیولوژیک دو رقم گل لیلیوم، آزمایشی گلدانی و در شرایط گلخانه‌ای انجام شد. فاکتورهای مورد آزمایش شامل چهار سطح آبیاری (آبیاری براساس ۱۰۰ ٪ ظرفیت مزرعه به‌عنوان شاهد، ۸۰، ۶۰ و ۴۰ درصد ظرفیت مزرعه) و دو رقم رایج لیلیوم 'Nashville' با گل‌های زردرنگ و 'Merluza' با گل‌های سفیدرنگ بود. نتایج نشان داد که کاهش میزان آبیاری تأثیر معنی‌داری بر صفات مورد ارزیابی داشته است. به‌طوری‌که با کاهش میزان رطوبت خاک، ارتفاع ساقه و تعداد گل کاهش و نسبت وزن تر به خشک گلبرگ افزایش یافت. با این وجود تفاوت معنی‌داری بین این ویژگی‌ها در سطوح آبیاری ۱۰۰ و ۸۰ درصد ظرفیت مزرعه وجود نداشت. فعالیت آنزیم آنتی‌کسیدانی پراکسیداز با کاهش میزان آبیاری افزایش یافت، اما این افزایش در رقم 'Nashville' نسبت به رقم 'Merluza' بالاتر بود. اگرچه در هر دو رقم تحت تنش خشکی فعالیت آنزیم کاتالاز و میزان کربوهیدرات محلول نسبت به گیاهان شاهد افزایش داشت، ولی تنش شدید در سطح ۴۰ ٪ ظرفیت مزرعه، منجر به کاهش میزان پروتئین، فعالیت آنزیم کاتالاز و کربوهیدرات‌های محلول گردید. به‌طورکلی نتایج مطالعه حاضر بیانگر آن است که، هر دو رقم توانستند تنش ملایم خشکی در سطح ۸۰ ٪ ظرفیت مزرعه را به‌خوبی تحمل کنند، با این وجود تنش خشکی شدید در سطح ۴۰ ٪ ظرفیت مزرعه سبب آسیب‌های جدی در هر دو رقم لیلیوم گردید. همچنین رقم 'Nashville' با مکانیسم‌هایی چون افزایش میزان کربوهیدرات‌ها و فعالیت آنزیم پراکسیداز سبب کاهش پراکسیداسیون لیپیدها گردید و تحمل بیشتری نسبت به رقم 'Merluza' از خود نشان داد.

واژه‌های کلیدی: آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی، اسمولیت‌ها، ظرفیت مزرعه، کم‌آبیاری، گل شاخه بریده

مقدمه

گل لیلیوم یا سوسن از خانواده سوسن‌سانان (Liliaceae)، یکی از ارزشمندترین گل‌های شاخه بریده در جهان است (Lim *et al.*, 2008). لیلیوم یک گیاه دائمی و سوخ‌دار زینتی است و شامل بیش از ۹۰ گونه است. امروزه هیبریدهای این گیاه به‌صورت وسیع کشت می‌شوند و به چهار گروه اصلی Longiflorum، Trumpet، Oriental و Asiatic تقسیم‌بندی می‌شوند (Yamagishi and Akagi, 2013). هیبریدهای

*نویسنده مسؤل، نشانی پست الکترونیکی: mrsalehisalmi@gmail.com

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-19]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.50.10.5]

Oriental و Asiatic از لحاظ تجاری به‌دلیل استقامت ساقه گل‌دهنده، عطر و تنوع رنگی زیاد در صنعت گل شاخه بریده مورد اهمیت هستند (Martens *et al*., 2003). با این وجود، امروزه تولیدکنندگان و مصرف‌کنندگان از بین هیبریدها، Longiflorum را به‌دلیل ویژگی‌هایی نظیر گل‌های زیبا، گلدهی سریع، رشد و تکثیر آسان و کیفیت رشد در گلدان بیشتر مورد کشت قرار می‌دهند (Yamagishi and Nakatsuka, 2017).

در سال‌های اخیر، خسارت‌های مربوط به خشکی چالش اصلی در تولیدات کشاورزی بوده است و مهم‌ترین عامل محیطی است که بهره‌وری محصولات را در سراسر جهان، به‌ویژه در مناطق نیمه‌خشک، محدود می‌سازد. رویدادهای خشکی در دهه‌های اخیر شدید شده و به‌احتمال زیاد با تغییرات اقلیمی در اثر گرم‌شدن جهان در ارتباط است. با توجه به پیش‌بینی‌های هواشناسی، این وضعیت تشدید خواهد شد و انتظار می‌رود دسترسی به آب کشاورزی کاهش یابد (IPCC, 2007).

تولید گیاهان در شرایط کمبود آب بستگی به وضعیت اقلیم و خاک دارد، که مقدار آب در دسترس و چگونگی استفاده آب توسط گیاه را تحت تأثیر قرار می‌دهد. پاسخ به کمبود آب قابل‌دسترس با توجه به گونه گیاهی، شدت و مدت زمان کمبود آب متفاوت است (Tardieu, 2005). اولین و حساس‌ترین واکنش به کمبود آب، کاهش آماس سلولی و فرآیندهای رشد است و متابولیسم پروتئین و سنتز اسیدهای آمینه به‌شدت آسیب می‌بینند (Salehi *et al*., 2013). از آثار دیگر خشکی می‌توان به کاهش محتوای آب نسبی، کاهش پتانسیل آب برگ، کاهش شدت تعرق، افزایش دمای برگ و دمای تاج پوشش گیاه اشاره کرد (Siddique *et al*., 2001). اثر مهم دیگر خشکی کاهش فتوسنتز است، که این خود می‌تواند دلیل بر کاهش در تولید مواد غذایی باشد (Pessarakli, 2005). پژوهش‌ها نشان می‌دهد که کاهش فعالیت فتوسنتزی تحت خشکی، به‌علت مکانیسم‌های تنظیم روزنه‌ای و غیرروزنه‌ای، از جمله کاهش فعالیت آنزیم رابیسکو است (Fanaei *et al*., 2015).

در پژوهش‌های اولیه مشخص شده است که کاهش رطوبت خاک سبب کاهش رشد و گلدهی لیلیوم می‌گردد. همچنین مشخص شد که مراحل پس از کاشت و پیش از ظهور سنبله مراحل بسیار حساس به کمبود رطوبت هستند (Shillo and Halevy, 1976). در پژوهش دیگری بیان شد که کمبود آب در گلایول موجب کاهش تحرک مواد ذخیره‌شده در گل‌آذین می‌شود (Robinson *et al*., 1982). در پژوهشی به بررسی اثر تنش گرما بر فعالیت‌های آنزیمی گونه‌ای از لیلیوم (*longiflorum*) پرداخته شد. نتایج نشان داد که با افزایش گرما میزان گونه‌های فعال اکسیژن افزایش یافت و در پاسخ به آن فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی همانند کاتالاز، سوپراکسید دیسموتاز، پراکسیداز و گلوتاتیون ردوکتاز افزایش یافت (Yin *et al*., 2008). در پژوهشی روی گونه‌ای از لیلیوم (*regale*) نشان داده شده که تنش خشکی سبب تحریک بیشتر ژن‌های *P5CS* و *LrP5CS* گردید، که به‌ترتیب نقش تحریک آنزیم‌های دخیل در سنتز پرولین و تجمع پرولین در سیتوپلاسم را داشتند (Wei *et al*., 2016). در پژوهش دیگر به بررسی اثر افزایش دوره‌های آبیاری بر گونه دیگری از لیلیوم (*davidii*) پرداختند. نتایج نشان داد با افزایش فواصل آبیاری به‌طور قابل‌توجهی ارتفاع بوته و طول برگ کاهش یافت. همچنین با افزایش تنش خشکی، محتوای کلروفیل، محتویات قندهای محلول، پلی‌ساکاریدها و فروکتوز کاهش یافت. در مقابل، میزان پرولین، گلوکز و ترهالوز تحت تنش شدید خشکی افزایش یافت (Li *et al*., 2020).

از آنجا که خوزستان پنجمین استان تولید گل شاخه بریده در کشور است (Anonymous, 2020) و سالیانه مقادیر زیادی گل شاخه بریده لیلیوم از این استان صادر می‌شود و از طرف دیگر خشکسالی و کمبود آب موجب شده تا کشاورزی و به‌ویژه تولیدات گلخانه‌ای در منطقه تحت تأثیر قرار بگیرد، در پژوهش حاضر بر آن شدیم که اثر سطوح مختلف کم‌آبی در دو رقم رایج لیلیوم در استان خوزستان، مورد بررسی قرار گیرد. لذا در پژوهش حاضر به بررسی برخی از مکانیسم‌های

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-19]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.50.10.5]

جدول ۱- برخی از ویژگی‌های خاک مورد استفاده

رس (٪)	شن (٪)	سیلت (٪)	بافت خاک	آب سهل‌الوصول	وزن مخصوص ظاهری
۱۰/۲۹	۸۰/۵۵	۹/۱۶	شنی لومی	۰/۱۴۶	۱/۶۵

دفاعی گیاه لیلیوم در تنش خشکی پرداخته شد، همچنین رفتارهای این دو رقم اصلی مورد کشت، مقایسه شد.

مواد و روش‌ها

جهت بررسی اثر تنش خشکی بر رشد، نمو و ویژگی‌های مورفوفیزیولوژیک دو رقم لیلیوم؛ 'Nashville' با گل‌های زردرنگ و 'Merluza' با گل‌های سفیدرنگ آزمایشی فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار (هر تکرار شامل یک گیاه در گلدان) در گلخانه‌های تحقیقاتی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان در سال ۹۷-۱۳۹۶ انجام گردید. پیازهای این دو رقم از شرکت واردکننده نهاده‌های کشاورزی میلاد در آبان‌ماه ۱۳۹۶ تهیه و بی‌درنگ به گلخانه ارسال گردید. پیازها در ۱۰ آذرماه در گلدان‌های پلاستیکی هفت لیتری بدون زهکش با محیط‌کشت شامل کوکوپیت: کود دامی پوسیده: خاک باغچه (با نسبت به‌ترتیب ۲:۱:۴) در عمق ۱۵ سانتی‌متری کاشته شدند (وزن گلدان به‌همراه محیط‌کشت خشک و پیاز ۳ کیلوگرم بود). گیاهان در شرایط گلخانه‌ای شامل رطوبت ۸۰-۷۰ درصد، نور طبیعی و دمای ۲۵ درجه سلسیوس (روز) و ۱۸ درجه سلسیوس رشد یافتند. در نوبت اول تمامی گلدان‌ها به میزان ظرفیت مزرعه آبیاری گردیدند و در دوره بعدی آبیاری تیمارهای کم آبیاری اعمال گردید. برای اعمال تنش کم‌آبی میزان رطوبت خاک در حالت ظرفیت مزرعه (۵۵/۴٪ حجمی) و نقطه پژمردگی دائم (۲۱/۸٪ حجمی) در آزمایشگاه علوم خاک مشخص شد. از تفاضل اعداد رطوبتی ظرفیت مزرعه و نقطه پژمردگی دائم، میزان آب قابل‌دسترس (۳۳/۶ ٪ حجمی) بدست آمد. پس از آن به‌منظور اعمال سطوح مختلف خشکی، آبیاری گلدان‌ها به‌صورت وزنی (با استفاده از ترازوی صحرایی با دقت ۱ گرم) براساس تیمار خشکی در نقطه ۱۰۰، ۸۰، ۶۰ و ۴۰ درصد ظرفیت مزرعه انجام شد و وزن گلدان‌های پس از آبیاری به‌ترتیب ۴/۱، ۳/۸۵، ۳/۶ و ۳/۳ کیلوگرم می‌رسید. تغذیه گیاهان، با روش پیشنهادی تولیدکنندگان تجاری لیلیوم در خوزستان، با کود کامل ۲۰-۲۰-۲۰ (N-P-K) به نسبت دو گرم در لیتر محیط‌کشت گیاه و هشت نوبت (از شروع سبزشدن پیازها و هر ۱۲ روز یکبار) در طول آزمایش انجام گرفت. فاصله دورهای آبیاری در تمامی تیمارها یک هفته بود.

پس از شروع مرحله زایشی (هفته اول اسفندماه) ویژگی‌های زیر مورد ارزیابی قرار گرفت:

طول ساقه گل‌دهنده (از طوقه تا زیر دمگل): توسط خط‌کش با دقت ۱ میلی‌متر اندازه‌گیری شد.

نسبت وزن تر به خشک گلبرگ: توزین نمونه‌ها توسط ترازوی دیجیتالی (مدل AND، ساخت کشور ژاپن) با دقت ۰/۰۰۱ گرم اندازه‌گیری شد. جهت خشک‌کردن، نمونه‌ها در آون و دمای ۷۰ درجه سلسیوس به‌مدت ۷۲ ساعت قرار گرفتند (Ross, 1974).

تعداد گل

میزان محتوای پروتئین گلبرگ: جهت اندازه‌گیری از روش Bradford (۱۹۷۶) و با استفاده از کیت تشخیص پروتئین انجام شد. بدین منظور ۲۰ میکرولیتر از هر نمونه به چاهک‌های پلیت اضافه گردید و سپس ۲۰۰ میکرولیتر از محلول نادفورد افزوده و به‌مدت ۱۰ دقیقه در دمای آزمایشگاه انکوبه شد و جذب نمونه در طول‌موج ۵۹۵ نانومتر انجام شد. سپس با استفاده از منحنی استاندارد میزان پروتئین گلبرگ محاسبه شد.

فعالیت آنزیم کاتالاز: میزان فعالیت این آنزیم از روش Aebi (۱۹۸۴) و با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر در طول‌موج ۲۴۰ نانومتر اندازه‌گیری شد.

فعالیت آنزیم پراکسیداز: از روش Hemeda و Klein (۱۹۹۰) و با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر در طول‌موج

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-19]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.50.10.5]

۴۷۰ نانومتر اندازه‌گیری شد. مخلوط واکنش شامل بافر فسفات پتاسیم، محلول گایاکول در آب دوبار تقطیر، آب اکسیژنه تهیه شده در فسفات پتاسیم، آب دوبار تقطیر استریل‌شده و عصاره آنزیمی بود.

غلظت مالون دی‌آلدئید: میزان پراکسیداسیون لیپیدها بر اساس غلظت مالون دی‌آلدئید تولیدشده، با روش پیشنهادی Heath و Parker (۱۹۶۸) مورد سنجش قرار گرفت. به بافت گلبرگ آسیاب‌شده محلول تری کلرواستیک اسید اضافه گردید و سپس سانتریفیوژ گردید. در مرحله بعد به عصاره حاصل از سانتریفیوژ، محلول تری کلرواستیک اسید حاوی اسید تیوباربیتوریک افزوده شد. سپس مخلوط حاصل در حمام آب گرم حرارت داده شد و سپس نمونه‌ها به سرعت سرد شدند. درنهایت جذب در طول‌موج ۵۳۲ نانومتر محلول رویی حاصل از سانتریفیوژ، خوانده شد.

میزان کربوهیدرات محلول برگ‌ها: اندازه‌گیری کربوهیدرات‌های محلول، طبق روش Dubois و همکاران (۱۹۵۶) انجام شد. مقداری از عصاره در لوله آزمایش ریخته شد و فنل ۵٪ به آن اضافه گردید. سپس بلافاصله مقداری معینی اسید سولفوریک غلیظ به آن اضافه شد. مخلوط حاصل به‌مدت ۱۵ دقیقه در دمای آزمایشگاه قرار داده شد تا رنگ آن تغییر کند. میزان کربوهیدرات محلول نمونه‌ها توسط دستگاه اسپکتروفتومتر در طول‌موج ۴۸۸ نانومتر برحسب میلی‌گرم در لیتر خوانده گردید.

این آزمایش به‌صورت فاکتوریل، فاکتور اول شامل دو رقم لیلیوم و فاکتور دوم شامل چهار سطح تنش خشکی با چهار تکرار (هر تکرار شامل یک گیاه در گلدان) انجام گردید. تجزیه واریانس کلیه داده‌ها با نرم‌افزار آماری SAS نسخه ۹/۴ و مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون حداقل تفاوت معنی‌داری (LSD) در سطح احتمال ۵ ٪ صورت گرفت. رسم نمودارها به کمک نرم‌افزار Excel صورت گرفت.

نتایج و بحث

طول ساقه گل‌دهنده: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر رقم و سطوح خشکی بر طول ساقه گل‌دهنده در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود، ولی اثر برهم‌کنش رقم و سطوح خشکی بر طول ساقه گل‌دهنده معنی‌دار نبود (جدول ۳). براساس مقایسه میانگین داده‌ها (جدول ۲) مشخص گردید تا سطح خشکی (۸۰ ٪) طول ساقه گل‌دهنده، افزایش تدریجی را نشان داد، ولی کاهش بیش‌تر سطح خشکی تا ۴۰ ٪ میزان ارتفاع کاهش یافت. به‌گونه‌ای که بلندترین میزان طول ساقه گل‌دهنده (۶۹/۸۰ سانتی‌متر) مربوط به سطح خشکی۸۰ ٪ بود، که اختلاف معنی‌داری با تیمار ۱۰۰ و ۶۰ درصد ظرفیت مزرعه نداشت و کم‌ترین میزان ارتفاع شاخساره (۶۳/۱۵ سانتی‌متر) مربوط به سطح خشکی ۴۰ ٪ ظرفیت مزرعه بود. همچنین با بررسی اثر نوع رقم بر طول ساقه گل‌دهنده، با توجه به تیمارهای خشکی، طول ساقه گل‌دهنده در رقم 'Nashville' نسبت به رقم 'Merluza' بیشتر بود (جدول ۲).

تنش خشکی به‌طور مستقیم یا غیرمستقیم سبب تغییرات مورفوفیزیولوژیک، مانند کاهش رشد و تکثیر سلول‌ها درنتیجه کاهش ارتفاع شاخساره می‌شود (Siddique *et al*., 2001). بین کاهش اندازه سلول و میزان آب رابطه معنی‌داری در بافت‌های گیاهی دیده می‌شود. همچنین گیاهان در اثر تنش خشکی به‌منظور ایجاد توازن بین میزان جذب و از دست‌دادن آب، از طریق کاهش ارتفاع، موجب کاهش سطح تعرق در گیاه و هدررفتن آب داخل بافت می‌شود (Pessarakli, 2005).اولین علامت کمبود آب کاهش فشار تورژسانس است که منجر به کاهش رشدونمو سلول‌ها مخصوصاً در ساقه و برگ می‌شود. یکی دیگر از دلایل کاهش ارتفاع گیاه در اثر تنش خشکی را می‌توان به اختلال در فتوسنتز به‌واسطه کم‌آبی و کاهش تولید مواد فتوسنتزی جهت ارسال به بخش‌های در حال رشد گیاه نسبت داد (Wei *et al*., 2016). کاهش تعداد برگ به‌واسطه کاهش ارتفاع، می‌تواند اولین خط دفاعی برای رویارویی با تنش خشکی باشد، بنابراین کاهش پتانسیل آب در مدت دوره تنش، سبب کاهش آب بافت‌های گیاه شده که نتیجه آن کاهش سطح برگ، کوچک‌شدن برگ‌ها و کاهش ارتفاع شاخساره است (Shao *et al*., 2008). نتایج این تحقیق با نتایج

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-19]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.50.10.5]

جدول ۲- مقایسه میانگین اثرتنش خشکی و اثر رقم بر ویژگی‌های ارتفاع شاخساره و تعداد گل در لیلیوم (*Lilium* LA).

		ارتفاع شاخساره (سانتی‌متر)	تعداد گل
رقم	'Merluza'	۶۵/۰۱۳±۱/۸۴ b	۴/۰۱۲±۰/۲۳
	'Nashville'	۶۸/۸۲±۲/۴۰ a	۴/۱۶۲±۰/۲۴
سطوح خشکی	100 FC	۶۶/۷۲۵± /۱۹ a	۴/۱۷۵±۰/۱۸ a
	80 FC	۶۹/۸۰۰±۲/۴۹ a	۴/۳۵۰±۰/ ۲۲a
	60 FC	۶۸/۰۰۰±۱/۲۵ a	۴/۱۵۰±۰/۲۰ a
	40 FC	۶۳/۱۵۰±۲/۸ b	۳/۶۷۵±۰/۲۸ b

در هر ستون، اعدادی با حروف مشابه در سطح احتمال ۵٪ آزمون حداقل تفاوت معنی‌داری (LSD)، از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری ندارند.

جدول ۳- تجزیه واریانس اثر رقم، تنش خشکی و برهمکنش آنها بر برخی ویژگی‌های فیزیولوژیک گلبرگ لیلیوم (*Lilium* LA).

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات(MS)							
		ارتفاع شاخساره	تعداد گل	نسبت وزن تر به خشک	پروتئین گلبرگ	کاتالاز گلبرگ	مالون دی آلدئید گلبرگ	کربوهیدرات گلبرگ	پراکسیداز گلبرگ
رقم (A)	۱	۱۱۶/۲۸**	۰/۱۸۰^{ns}	۰/۷۵۶ ^{ns}	۱۳/۱۸۴ ^{ns}	۰/۰۲۴ ^{ns}	۹۴۰/۰۴۴**	۴۱۳/۹۲^{ns}	۰/۱۲۸**
سطوح آبیاری (B)	۳	۶۳/۲۳**	۰/۶۶۸*	۱۳/۴۹**	۴۹/۱۷۰**	۰/۰۷۹**	۱۲۲۹/۰۴۴**	۱۶۲۴/۱۵**	۰/۶۵۰**
A×B	۳	۳۰/۶۲^{ns}	۰/۱۱۰^{ns}	۲/۲۷۳*	۲۲/۵۴۹*	۰/۰۲۷ ^{ns}	۷۶/۰۷**	۷۶۳/۴۱**	۰/۱۵۰**
ضریب تغییرات	(٪)	۴/۷۹	۱۰/۳۱	۷/۴۶	۲۱/۸۶	۴۳/۱۸	۶/۵۸	۱۱/۲۹	۱۳/۵۸

***، ** و ^{ns} به‌ترتیب نشانگر تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ ٪، ۱ ٪ و عدم تفاوت معنی‌دار**

به‌دست‌آمده در گل شب‌بو همسو بود و بیان شد که تنش خشکی با جلوگیری از رشد سلول‌ها سبب کاهش ارتفاع شاخساره شب‌بو گردید (Jafari *et al*., 2019). همچنین در پژوهش‌های دیگری نیز کم‌آبی سبب کاهش ارتفاع در گیاهان گلرنگ و گل محمدی شد (Islam *et al*., 2017; Chavoushi *et al*., 2020).

تعداد گل: نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد، اثر سطوح خشکی بر تعداد گل در سطح ۵ ٪ معنی‌دار بود. اثر رقم و اثر برهم‌کنش رقم و سطوح خشکی بر تعداد گل معنی‌دار نبود (جدول ۳). براساس نتایج مقایسه میانگین سطوح مختلف خشکی بر تعداد گل (جدول ۲)، تعداد گل (۴/۳۵۰ برای هر بوته) مربوط به سطح خشکی ۸۰ ٪ بیش از سایر تیمارها بود، با این وجود اختلاف معنی‌داری با تیمار ۱۰۰ و ۶۰ درصد ظرفیت مزرعه نداشت. کم‌ترین (۳/۶۷۵ برای هر بوته) تعداد گل مربوط به سطح خشکی ۴۰ ٪ ظرفیت مزرعه بود.

به‌نظر می‌رسد مراحل اولیه زایشی در بعضی گیاهان حساس‌ترین مرحله به خشکی باشد (Fanaei *et al*., 2015). هر چند Salehi و همکاران (۲۰۱۳) نتیجه گرفتند که فستوکا (*Festuca arundinacea* Schreb.) در همه مراحل رشد، به‌طور یکسانی به خشکی حساس است. در صورت وقوع خشکی پس از آغاز گلدهی مسیر رشدونمو ممکن است به‌وسیله تنش سریع شود. تنش خشکی ممکن است همیشه تعداد گل را کاهش ندهد، هر چند تنش ملایم طی گلدهی، تولید گل را افزایش می‌دهد (Salehi *et al*., 2013). گیاهان زینتی چندساله در هنگام گلدهی نسبت به مرحله رویشی به خشکی حساس‌ترند (Islam *et al*., 2017). آن‌هایی که متعلق به اقلیم‌های گرمسیری هستند ممکن است گلدهی را قبل از

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-19]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.50.10.5]

شروع خشکی شدید کامل نموده و سپس تا شروع مجدد بارندگی پاییز در حالت رکود باقی بمانند که توانایی آن‌ها در جهت بهبود سریع یک خصوصیت مهم محسوب می‌شود. چنین گیاهانی باید قادر باشند که در اوایل دوره خشکی ذخایر کربوهیدرات و نیتروژن را به‌صورت پروتئین‌های ذخیره‌ای رویشی انباشته کنند تا قادر به زنده ماندن در تابستان باشند. به‌نظر می‌رسد گیاه لیلیوم با استفاده از چنین راهکار بیان‌شده‌ای، گل‌دهی خود را تحت شرایط خشکی نیز حفظ می‌کند (Sarvandi, 2016). در پژوهشی نشان داده شد که اعمال سطوح خشکی بر دو گونه گل جعفری *Tagetes erecta* L. و *T. Patula* L. نتوانست سبب کاهش گلدهی شود (Umar *et al.*, 2017)، که با نتایج کنونی غیرهمسو بود. همچنین نتایج کنونی با نتایج حاصل از پژوهش‌های انجام‌شده روی گیاه شیشه‌شور و گل میمون تحت تأثیر سطوح مختلف خشکی که منجر به کاهش تعداد گل شد، همسو بود (Alvarez *et al.*, 2013; Israr, 2012). در پژوهش اثر افزایش دوره‌های آبیاری بر گل‌دهی گونه *davidii* از جنس لیلیوم مشخص شد در دورهای طولانی آبیاری (۳۰ روز یکبار) گل‌دهی متوقف گردید (Li *et al.*, 2020).

نسبت وزن تر به وزن خشک گلبرگ: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر سطوح خشکی بر نسبت وزن تر به خشک و اثر برهمکنش نوع رقم و سطوح خشکی به‌ترتیب در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد معنی‌دار بود، ولی اثر رقم بر این شاخص معنی‌دار نبود (جدول ۳).

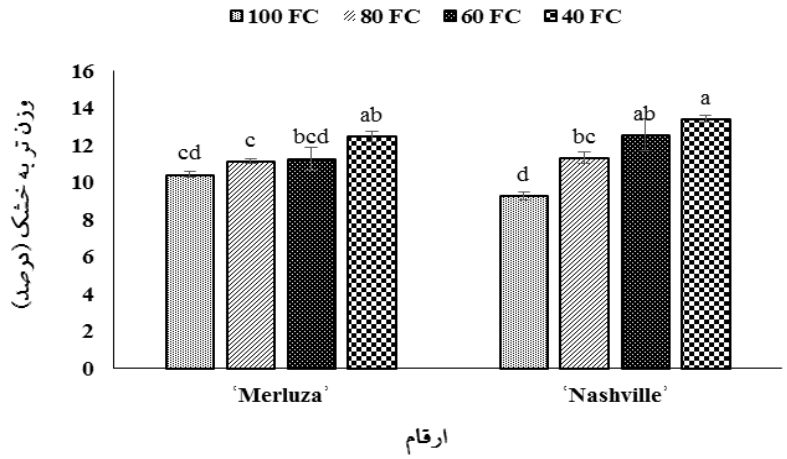
با بررسی اثر سطوح خشکی در دو رقم، نسبت وزن تر به خشک با کاهش آبیاری روندی صعودی داشت (شکل ۱). طبق نمودار کمترین نسبت وزن خشک به تر مربوط به تیمار ۱۰۰ ٪ ظرفیت مزرعه در رقم 'Nashville' بود، که با تیمار سطح خشکی ۱۰۰ ٪ ظرفیت مزرعه رقم 'Merluza' اختلاف معنی‌داری نداشت. نسبت وزن تر به وزن خشک در سطح خشکی ۴۰ ٪ ظرفیت مزرعه در رقم 'Nashville' بیش از سایر تیمارها بود. با این وجود اختلاف معنی‌داری با سطوح خشکی ۶۰ ٪ ظرفیت مزرعه همان رقم و سطح خشکی ۴۰ ٪ ظرفیت مزرعه رقم Merluza نداشت (شکل ۱).

روند عمومی که گیاهان در شرایط تنش خشکی با آن روبه‌رو هستند، کاهش تولید وزن تر است (Zekavati *et al.*, 2019). همچنین با کاهش مقدار آب قابل‌دسترس، تولید ماده خشک گیاه نیز کاهش می‌یابد، با این وجود تنش خشکی اثر بیشتری بر وزن تر نسبت به وزن خشک دارد (Farooq *et al*, 2009). یکی از شاخص‌های مهم در بررسی تحمل به خشکی گیاهان، نسبت وزن تر به خشک است. افزایش وزن خشک به تر نشانگر تولید اسمولیت‌ها بویژه کربوهیدرات‌ها، پرولین و پروتئین‌های محلول است. از سوی دیگر، وزن تر بوته به‌عنوان یک معیار در شادابی گیاهان مطرح است، با کاهش وزن تر معمولاً سایر خصوصیات ظاهری نیز تحت تأثیر قرار می‌گیرد (Setayesh *et al.*, 2016). نتایج کنونی با نتایج حاصل از پژوهش Zekavati و همکاران (۲۰۱۹) روی گل مریم مطابقت داشت.

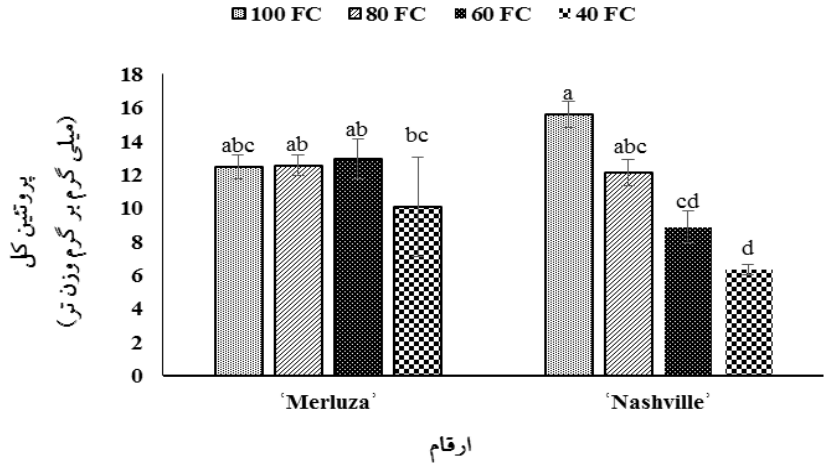
پروتئین گلبرگ: نتایج تجزیه واریانس اثر تیمارها بر میزان پروتئین گلبرگ نشان داد که اثرسطوح خشکی و اثر برهمکنش رقم و سطوح خشکی بر میزان این شاخص به‌ترتیب در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد معنی‌دار بود، ولی اثر رقم بر میزان پروتئین گلبرگ معنی‌دار نبود (جدول ۳). این بررسی نشان داد که میزان پروتئین گلبرگ با کاهش میزان آبیاری روندی نزولی داشت، با این وجود شدیدترین روند کاهشی پروتئین در رقم 'Nashville' و از تنش خشکی ۸۰ به ۶۰ درصد ظرفیت مزرعه‌ای مشاهده شد. به‌گونه‌ای که کم‌ترین میزان پروتئین (۶/۳۱ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) مربوط به سطح خشکی ۴۰ ٪ ظرفیت مزرعه در رقم 'Nashville' بود، که با تیمار سطح خشکی ۶۰ ٪ همین رقم اختلاف معنی‌داری نداشت. بالاترین میزان پروتئین گلبرگ (۱۵/۶ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) مربوط به سطح خشکی ۱۰۰ ٪ ظرفیت مزرعه‌ای در رقم 'Nashville' بود، با این وجود اختلاف معنی‌داری با سطح ۸۰ ٪ ظرفیت مزرعه در همین رقم و تیمارهای ۱۰۰، ۸۰، ۶۰ درصد ظرفیت مزرعه در رقم 'Merluza' وجود نداشت (شکل ۲).

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-19]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.50.10.5]



شکل ۱- اثر برهمکنش رقم و سطوح خشکی بر نسبت وزن تر به خشک در گلبرگ لیلیوم (*Lilium* LA). ستون‌هایی با حروف مشابه در سطح احتمال ۵ ٪ آزمون حداقل تفاوت معنی‌داری (LSD)، ازلحاظ آماری تفاوت معنی‌داری ندارند.

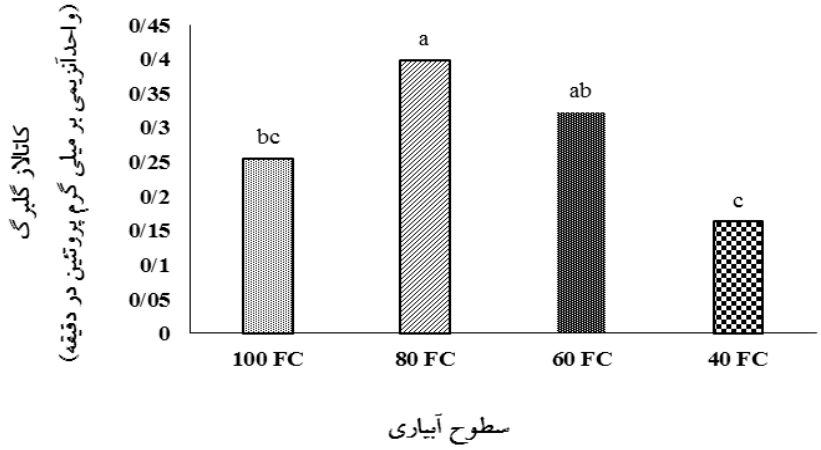


شکل ۲- اثر برهمکنش رقم و سطوح خشکی، برمیزان پروتئین کل در گلبرگ لیلیوم (*Lilium* LA). ستون‌هایی با حروف مشابه در سطح احتمال ۵ ٪ آزمون حداقل تفاوت معنی‌داری (LSD)، ازلحاظ آماری تفاوت معنی‌داری ندارند.

به‌طور معمول تنش خشکی، مقدار پلی‌زوم‌های سلول و در نتیجه ساخت پروتئین را در تعدادی از گونه‌های گیاهی کاهش می‌دهد (*Tafreshi et al., 2021*). هر چند در ذرت تنش آب ملایم تأثیری بر پلی‌زوم‌های برگ‌های بالغ نداشت و ریبوزوم‌ها، *mRNA* و کمپلکس ساخت پروتئین را در یک حالت غیرفعال حفظ می‌کنند تا پس از آبگیری مجدد فعال شوند (*Schulze et al., 2021*). بسیاری از مولکول‌های پروتئین پس از تشکیل عمر کوتاهی دارند، زیرا دوره بازگشت آن‌ها سریع است، بنابراین محصولات تجزیه پروتئین نظیر اسیدهای آمینه طی خشکی تجمع می‌یابند و در تنظیم اسمزی شرکت کرده، و یا ذخیره شده و به‌عنوان پیش‌ماده در بهبودی تنش به کار می‌روند (Tafreshi *et al.*, 2021). نتایج پژوهش حاضر با نتایج Wei و همکاران (۲۰۱۶) روی افزایش پروتئین برگ لیلیوم در اثر تنش ملایم خشکی و شوری میزان پروتئین همسویی داشت.

آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی: براساس نتایج تجزیه واریانس، اثر سطوح خشکی در سطح احتمال ۱٪ بر میزان فعالیت آنزیم کاتالاز گلبرگ معنی‌دار بود ولی اثر رقم و اثر برهمکنش رقم و

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-19]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.50.10.5]



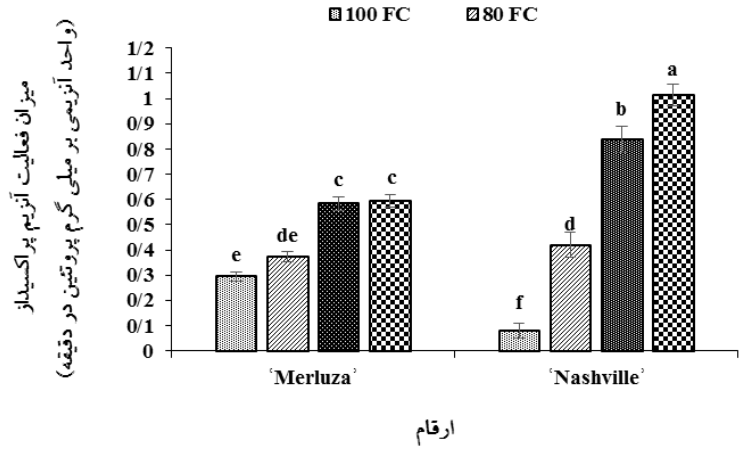
شکل ۳- اثر فاکتور سطح خشکی، برمیزان فعالیت آنزیم کاتلاز در گلبرگ لیلیوم (*Lilium* LA). ستون‌هایی باحروف مشابه در سطح احتمال ۵ ٪ آزمون حداقل تفاوت معنی‌داری (LSD)، ازلحاظ آماری تفاوت معنی‌داری ندارند.

سطوح خشکی بر میزان این شاخص معنی‌دار نبود (جدول ۳). با توجه به مقایسه میانگین‌ها، نتایج نشان داد که با افزایش سطح تنش تا ۸۰ ٪ میزان فعالیت آنزیم کاتالاز افزایش و پس از آن کاهش یافت. به گونه‌ای که بیش‌ترین میزان کاتالاز گلبرگ (۰/۳۹۸ واحد آنزیمی بر میلی‌گرم پروتئین در دقیقه) مربوط به سطح خشکی ۸۰٪ ظرفیت مزرعه بود، هر چند اختلاف معنی-داری با تیمار ۶۰ ٪ ظرفیت مزرعه مشاهده نشد. همچنین کم-ترین میزان کاتالاز گلبرگ (۰/۱۶۳ واحد آنزیمی بر میلی‌گرم پروتئین در دقیقه) مربوط به سطح خشکی ۴۰ ٪ ظرفیت مزرعه بود (شکل ۳).

طبق نتایج تجزیه واریانس اثر رقم، اثر سطوح آبیاری و اثر برهمکنش رقم و سطوح آبیاری بر میزان فعالیت آنزیم پراکسیداز گلبرگ لیلیوم در سطح ۱ ٪ ظرفیت مزرعه معنی‌دار بود (جدول ۳). بررسی این شاخص بیانگر میزان فعالیت بیشتر آنزیم پراکسیداز در رقم 'Nashville' نسبت به رقم 'Merluza' بود. برهمکنش رقم و سطوح خشکی بر میزان فعالیت آنزیم پراکسیداز نشان داد که با افزایش سطوح مختلف خشکی، این ویژگی افزایش یافت. بیشترین میزان فعالیت آنزیم کاتالاز مربوط به تیمار سطح خشکی ۴۰ ٪ ظرفیت مزرعه در رقم 'Nashville' بود، که با همه تیمارها اختلاف معنی‌داری داشت (۱/۰۱ واحد آنزیمی بر میلی‌گرم پروتئین در دقیقه). کم‌ترین میزان فعالیت آنزیم کاتالاز (۰/۰۸ واحدآنزیمی بر میلی‌گرم پروتئین در دقیقه) مربوط به تیمار آبیاری ۱۰۰٪ ظرفیت مزرعه‌ای در همان رقم 'Nashville' بود، که با سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری داشت (شکل ۴).

وقتی گیاهان در معرض تنش خشکی قرار می‌گیرند سطوح فعال اکسیژن افزایش و درنتیجه بیان ژن‌های آنتی‌اکسیدانی و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانتی برای حذف اکسیژن فعال افزایش می‌یابند و این امر موجب بهبودیافتن سیستم دفاعی و افزایش تحمل به تنش خشکی در گیاه می‌گردد (Zhang *et al.*, 2018). یکی از سیگنال‌های اولیه به تنش آبی تولید ROS است و به‌عنوان یک پیک ثانویه برای تحریک دفاع‌های بعدی در گیاهان عمل می‌کند. ROS شامل یون‌های اکسیژن، رادیکال‌های آزاد و پراکسیدازها است. در طول تنش خشکی سطح‌های ROS به‌دلیل آسیب اکسیداتیو به پروتئین‌ها، DNA و چربی‌ها افزایش پیدا می‌کند. فعالیت زیاد ROS در گیاهان می‌تواند باعث افزایش یافتن پراکسیداسیون لیپیدها، تخریب پروتئین، تکه‌کردن DNA و در آخر مرگ سلول شود. افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی در گیاه موجب افزایش مقاومت گیاه به تنش خشکی می‌گردد (Zhang *et al.*, 2018). به همین دلیل در این آزمایش فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و پراکسیداز مورد بررسی قرار گرفت. نتایج آزمایش کنونی

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-19]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.50.10.5]



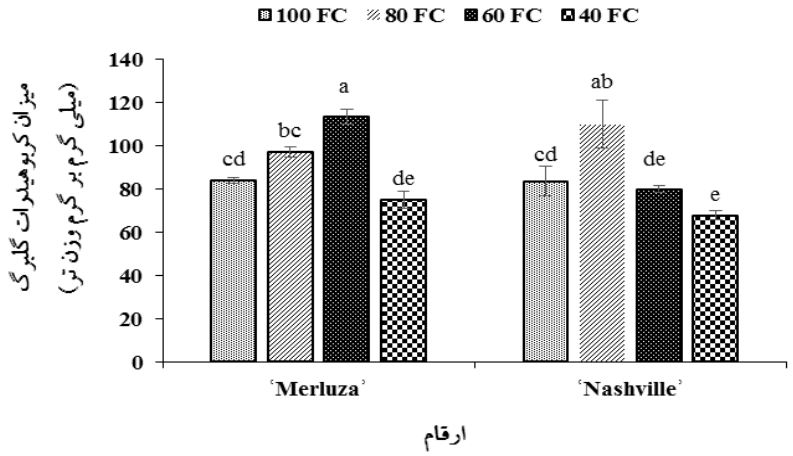
شکل ۴- اثر برهم‌کنش رقم و سطوح خشکی، بر میزان فعالیت آنزیم پراکسیداز گلبرگ درگل لیلیوم (*Lilium* LA). ستون‌هایی باحروف مشابه در سطح احتمال ۵ ٪ آزمون حداقل تفاوت معنی‌داری (LSD)، ازلحاظ آماری تفاوت معنی‌داری ندارند.

افزایش آنزیم پراکسیداز و کاهش آنزیم کاتالاز را در گیاهان لیلیوم تحت سطوح مختلف خشکی نشان داد. فعالیت آنزیم پراکسیداز و کاتالاز از مهم‌ترین عوامل در مقاومت گیاهان به تنش‌های محیطی محسوب می‌شوند، آنتی‌اکسیدان‌ها در حفظ تعادل اکسیداتیوی سلول‌ها نقش بسیار بارزی را ایفا می‌نمایند، زیرا این متابولیت‌ها توانایی واکنش مستقیم با انواع اکسیژن فعال و جمع‌آوری آنها را دارند (Sio-Se Mardeh *et al.*, 2014). برخی از پژوهشگران عامل اصلی مقاومت گیاهان به تنش‌های محیطی را افزایش میزان آنتی‌اکسیدان‌ها می‌دانند، زیرا با افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی در واکنش به تنش‌های محیطی، میزان آسیب به غشاها، DNA و اکسیداسیون پروتئینی کاهش می‌یابد، به‌طوریکه با کاهش فعالیت برخی از آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان با افزایش فعالیت آنزیم‌های دیگر جبران می‌گردد (Campos *et al.*, 2019). همچنین Alvarez و همکاران (۲۰۱۳) بیان کردند که تنش خشکی منجر به افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی در شیشه‌شور شد. نتایج بررسی تنش خشکی بر گل شب‌بو، نشان داد که تنش در برخی از خصوصیات شیمیایی از جمله آنزیم کاتالاز از نظر آماری معنی‌دار بود (Jafari *et al.*, 2019). Shehzad و همکاران (۲۰۲۰) نیز افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی را در گل آفتاب‌گردان تحت سطوح مختلف خشکی نشان دادند. Sarvandi (۲۰۱۶) در پژوهشی روی زنبق، افزایش فعالیت آنزیم کاتالاز و پراکسیداز را گزارش داد، که افزایش فعالیت آنزیم پراکسیداز با پژوهش کنونی مطابقت داشت، ولی افزایش فعالیت آنزیم کاتالاز با پژوهش کنونی غیرهمسو بود.

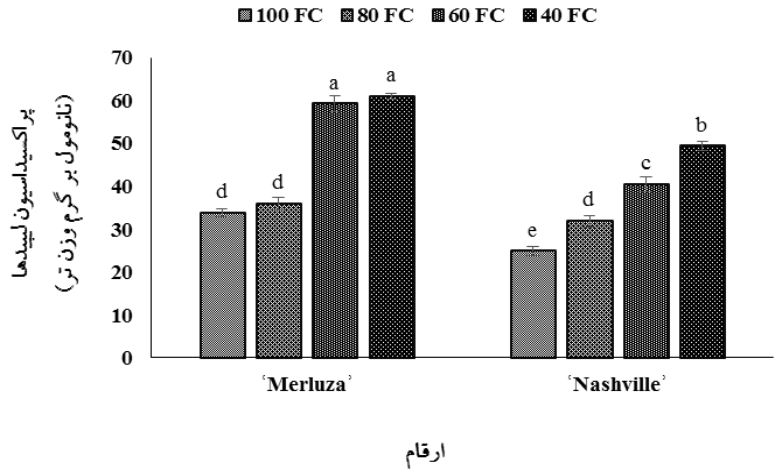
کربوهیدرات گلبرگ: طبق نتایج تجزیه واریانس مشخص گردید که اثر سطوح خشکی و اثر برهمکنش رقم و سطوح خشکی در سطح احتمال ۱ ٪ معنی‌دار بود، ولی اثر رقم بر میزان کربوهیدرات محلول گلبرگ معنی‌دار نبود (جدول ۳). به‌طورکلی در هر دو رقم با افزایش ملایم تنش خشکی، میزان کربوهیدرات‌ها افزایش و سپس در تنش شدید خشکی کاهش یافت. مقایسه میانگین سطوح مختلف تنش خشکی بر دو رقم نشان داد که بیشترین غلظت کربوهیدرات محلول گلبرگ (۱۱۳/۶۱میلی‌گرم بر گرم وزن تر) مربوط به سطح آبیاری ۶۰٪ ظرفیت مزرعه‌ای در رقم 'Merluza' بود، که با سایر تیمارها، بجز تیمار سطح آبیاری ۸۰٪ ظرفیت مزرعه‌ای در رقم 'Nashville' اختلاف معنی‌دار داشت. همچنین کمترین میزان کربوهیدرات محلول گلبرگ مربوط به تیمار سطح آبیاری۴۰٪ ظرفیت مزرعه‌ای در رقم 'Nashville' (۶۷/۷۳ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) بود (شکل ۵).

تنظیم اسمزی به‌عنوان یکی از سازوکارهای گیاه در برابر تنش خشکی در نظر گرفته شده است، که از طریق تجمع مواد

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-19]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.50.10.5]



شکل ۵- اثر برهمکنش رقم و سطوح خشکی، بر میزان کربوهیدارت در گلبرگ لیلیوم (*Lilium* LA). ستون‌هایی باحروف مشابه در سطح احتمال ۵ ٪ آزمون حداقل تفاوت معنی‌داری (LSD)، ازلحاظ آماری تفاوت معنی‌داری ندارند.



شکل ۶- اثر برهمکنش رقم و سطوح خشکی، بر میزان پراکسیداسیون لیپید در گلبرگ لیلیوم (*Lilium* LA). ستون‌هایی باحروف مشابه در سطح احتمال ۵ ٪ آزمون حداقل تفاوت معنی‌داری (LSD)، ازلحاظ آماری تفاوت معنی‌داری ندارند.

محلول می‌تواند منجر به حفظ تورژسانس سلول‌ها و فرآیندهای وابسته به آن در پتانسیل‌های پایین آب شود. کربوهیدرات‌ها به‌عنوان تنظیم‌کننده‌های اسمزی نقش اصلی در متابولیسم گیاه دارند. اثر تنش خشکی روی کربوهیدرات‌ها به گونه و بافت گیاهی بستگی دارد (Schulze *et al.*, 2021). در تحقیق حاضر با افزایش شدت تنش خشکی تا حد متوسط، مقدار کربوهیدرات‌ها نیز افزایش قابل‌توجهی را نشان داد. Kokkanti و همکاران (۲۰۲۲)، علت این افزایش را در شرایط تنش خشکی، افزایش تجزیه کربوهیدرات‌های نامحلول و درنتیجه بالارفتن سطح قندهای محلول، سنتز مواد اسمزی از مسیرهای غیرفتوسنتزی، توقف رشد، کاهش سرعت انتقال مواد و افزایش میزان سنتز سوکروز به‌دلیل فعال‌سازی آنزیم سوکروز فسفات سنتاز گزارش دادند. همچنین بیان کردند که در شرایط تنش افزایش کربوهیدرات‌های محلول در آب باعث حفظ تورژسانس سلول‌های برگ، حفاظت غشای سلولی و بازداری از تخریب پروتئین‌ها می‌شود، همچنین از طریق تأمین انرژی مورد نیاز گیاه از مرگ حتمی آن جلوگیری می‌کند (Kokkanti *et al.*, 2022).

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-19]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.50.10.5]

پراکسیداسیون لیپید گلبرگ: نتایج تجزیه واریانس اثر تیمارها بر میزان پراکسیداسیون لیپید نشان داد که اثر رقم، سطوح خشکی و برهمکنش آنها بر این شاخص در سطح احتمال ۱ ٪ معنی‌دار بود (جدول ۳). برهم‌کنش رقم و سطوح خشکی بر میزان پراکسیداسیون لیپید در گلبرگ نشان داد که در هر دو رقم با افزایش تنش خشکی این شاخص روند صعودی داشت. به گونه‌ای که بیش‌ترین میزان غلظت پراکسیداسیون لیپید گلبرگ (۶۱ نانومول بر گرم وزن تر) مربوط به رقم 'Merluza' و سطح خشکی ۴۰٪ ظرفیت مزرعه بود، با این وجود با تیمار آبیاری ۶۰ ٪ ظرفیت مزرعه در همین رقم اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. کم‌ترین میزان غلظت پراکسیداسیون لیپید گلبرگ (۲۹/۳۸۱ نانومول بر گرم وزن تر) مربوط به سطح خشکی ۱۰۰٪ ظرفیت مزرعه در رقم 'Nashville' بود (شکل ۶).

یکی از واکنش‌هایی که در حضور انواع اکسیژن‌های فعال سرعت بیشتری پیدا می‌کند، پراکسیداسیون لیپیدهای غشایی است که باعث تولید آلدئیدهایی مثل مالون دی‌آلدئید می‌شود. اثر رادیکال‌های اکسیژن بر لیپیدها و پراکسیداسیون آنها، ناشی از اثر بر پیوندهای دوگانه اسیدهای چرب غیراشباع است، که واکنش‌های زنجیره‌ای پراکسیداسیون را تحریک کرده و منجر به تخریب اسیدهای چرب می‌شوند. رادیکال‌های هیدروکسیل و یا اکسیژن‌های فعال می‌توانند با گروه‌های متیلن اسیدهای چرب غیراشباع واکنش داده و تولید رادیکال‌های لیپید پراکسی و هیدروکسی کنند (Naeemi *et al*., 2018). طبق نتایج حاصل از پژوهش‌ها، تحت تنش خشکی بر زعفران، گل حنا و به‌لیمو میزان پراکسیداسیون لیپید روندی افزایشی داشت. همچنین نتایج حاصل از آزمایش روی گیاه قهوه، افزایش میزان پراکسیداسیون لیپید را در گیاهان تحت تیمار سطوح مختلف خشکی نسبت به گیاهان شاهد نشان داد (Campos *et al*., 2019) که با نتایج پژوهش کنونی مطابقت و هم‌خوانی داشت.

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از ارزیابی صفات طی دوره رشدی مشخص کرد که هر دو رقم توانستند تنش ملایم خشکی در سطح ۸۰٪ ظرفیت مزرعه را به‌خوبی تحمل کنند، با این وجود تنش خشکی شدید در سطح ۴۰ ٪ ظرفیت مزرعه سبب آسیب‌های جدی در هر دو رقم لیلیوم گردید. همچنین رقم 'Nashville' با مکانیسم‌های چون افزایش میزان کربوهیدرات‌ها و فعالیت آنزیم پراکسیداز سبب کاهش پراکسیداسیون لیپیدها گردید و تحمل بیشتری نسبت به رقم 'Merluza' از خود نشان داد و سازگاری مناسبی به شرایط تنش خشکی داشت. بنابراین، می‌توان رقم مذکور را به‌دلیل داشتن شاخص مقاومتی تحت هر دو شرایط تنش خشکی و بدون تنش و همچنین بالابودن عملکرد گل‌دهی به‌عنوان رقم مناسب جهت کاشت در مناطقی که احتمال وقوع تنش رطوبتی وجود دارد، توصیه نمود.

منابع

Aebi, H. (1984) Catalase in vitro. Methods in enzymology 105: 121-126.

Anonymous, (2020) Agriculture Iran Statistics. Ministry of Agriculture publication.

Alvarez, S. and Sanchez-Blanco, M. J. (2013) Changes in growth rate, root morphology and water use efficiency of potted *Callistemon citrus* plants in response to different levels of water deficit. Scientia Horticulturae156: 54-6.

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: 248-254.

Campos, C. N., Avila, R. G., de Souza, K. R. D., Azevedo, L. M. and Alves, J. D. (2019) Melatonin reduces oxidative stress and promotes drought tolerance in young *Coffea arabica* L. plants. Agricultural Water Management 211: 37-47.

Chavoushi, M., Najafi, F. Salimi, A. and Angaji, S. A. (2020) Effect of salicylic acid and sodium nitroprusside on growth parameters, photosynthetic pigments and secondary metabolites of safflower under drought stress. Scientia Horticulturae 259: 108-823.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-19]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.50.10.5]

Dubois, M., Gilles, K. A., Hamilton, J. K., Rebers, P. T. and Smith, F. (1956) Colorimetric method for determination of sugars and related substances. Analytical Chemistry 28: 350-356.

Fanaei, H., Noorisadegh, H. and Yousefi, T. (2015) Influence of drought stress on some characteristics of plants. International Journal of Biological Forum 7: 1732-1738.

Farooq, M., Wahid, A., Kobayashi, N., Fujita, D. and Basra, S. M. A. (2009) Plant drought stress: Effects, mechanisms and management. Agronomy for Sustainable Development 29: 185-212.

Heath, R. L. and Parker, L. (1968) Photoperoxidation in isolated chloroplasts: I. Kinetics and stiochiometry of fatty acid peroxidation. Archives of Biochemistry and Biophysics 125: 189-198.

Hemeda, H. M. and Klein, B. P. (1990) Effects of naturally occurring antioxidants on peroxidase activity of vegetable extracts. Journal of Food Science 55: 184-186.

IPCC-Intergovernmental Panel on Climate Change (2007) Summary for policymakers of the first volume of 'Climate Change 2007'. Working Group I of the intergovernmental panel on climate change, Geneva.

Islam, M. S., Roni, M. Z. K. and Shimasaki, K. (2017) Factors affecting bulblet growth of *Lilium sp*. *in vitro* and *in vivo*. Plant Omics 10: 263-268.

Israr, A., Abdel-Fattah, G. and Elhindi, K. (2012) Improving growth, flower yield and water relation of snapdragon (*Antirrhinum majus* L.) plant grown under well-watered and water-stress condition using arbuscular mycorrhizal fungi. Photosynthetica 50: 305-316.

Jafari, S., Garmdareh, S. E. H. and Azadegan, B. (2019) Effects of drought stress on morphological, physiological, and biochemical characteristics of stock plant (*Matthiola incana* L.). Scientia Horticulturae 253: 128-133.

Kokkanti, R. R., Vemuri, H., Gaddameedi, A. and Rayalacheruvu, U. (2022) Variability in drought stress-induced physiological, biochemical responses and expression of DREB2A, *NAC4* and *HSP70* genes in groundnut (*Arachis hypogaea* L.). South African Journal of Botany 144: 448-457.

Li, W., Wang, Y., Zhang, Y., Wang, R., Guo, Zh. and Xie, Zh. (2020) Impacts of drought stress on the morphology, physiology, and sugar content of Lanzhou lily (*Lilium davidii* var. unicolor). Acta Physiologiae Plantarum 42: 127.

Lim, K. B., Barba-gonzalez, R., Zhou, S., Ramanna, M. S. and van Tuyl, J. M. (2008) Interspecific hybridization in lily (*Lilium*): Taxonomic and commercial aspects of using species hybrids in breeding. In: Floriculture, Ornamental and Plant Biotechnology (ed. da Silva, J. A.) Pp. 146-151. Global Science Books, Ltd., Kagawa.

Martens, S., Knott, J., Seitz, C. A., Janvari, L., Yu, S. N. and Forkmann, G. (2003) Impact of biochemical pre-studies on specific metabolic engineering strategies of flavonoid biosynthesis in plant tissues. Biochemical Engineering Journal 14: 227-235.

Naeemi, T., Fahmideh, L. and Fakheri, B. A. (2018) The impact of drought stress on antioxidant enzymes activities, containing of proline and carbohydrate in some genotypes of durum wheat (*Triticum turgidu* L.) at seedling stage. Journal of Crop Breeding 10: 22-31.

Pessarakli, M. (2005) Handbook of Photosynthesis, 2nd Ed. Boca Raton: CRC Press.

Robinson, M., Halevy, H., Galili, D. and Plaut, Z. (1982) Distribution of assimilates in (*Gladiolus grandiflorus* L.) as affected by water deficit. Annals of Botany 4: 461-468.

Ross, C. W. (1974) Plant Physiology Laboratory. Wadsworth Publishing Company.

Salehi, M. R., Salehi, H., Niazi, A. and Ghobadi, C. (2013) Convergence of goals: Phylogenetical, morphological, and physiological characterization of tolerance to drought stress in tall fescue (*Festuca arundinacea* Schreb.). Molecular Biotechnology 56: 248-257.

Sarvandi, Sh. (2016) Effect of water stress and salinity on some morphological and physiological characteristics of some Iris cultivars. M. Sc. thesis, Lorestan University, Khoram-Abad, Iran. (In Persian).

Schulze, W. X., Altenbuchinger, M., He, M., Kranzlein, M. and Zorb, Ch. (2021) Proteome profiling of repeated drought stress reveals genotype-specific responses and memory effects in maize. Plant Physiology and Biochemistry 159: 67-79.

Setayesh, R., Kafi, M. and Nabati, J. (2016) Evaluation of drought stress thresholds in ornamental barberry (*Berberis thunbergii* cv. Atropurpurea) shrub in Mashhad condition. Journal of Horticultural Science 30: 714-722.

Shao, H. B., Chu, L. Y., Jaleel, C. A. and Zhao, C. X. (2008) Water-deficit stress induced anatomical changes in higher plants. Comptes Rendus Biologies 331: 215-225.

Shehzad, M. A., Nawaz, F., Ahmad, F., Ahmad, N. and Masood, S. (2020) Protective effect of potassium and chitosan supply on growth, physiological processes and antioxidative machinery in sunflower (*Helianthus annuus* L.) under drought stress. Ecotoxicology and Environmental Safety 187: 109841.

Shillo, R. and Halevy, A. H. (1976) The effect of various environmental factors on flowering of gladiolus temperature and moisture. Scientia Horticulturae 2: 147-155.

Siddique, M. R., Hamid, B. A. and Islam, M. S. (2001) Drought stress effects on water relations of wheat. Botanical Bulletin of Academia Sinica 41: 35-39.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-19]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.50.10.5]

Sio-Se Mardeh, A., Sadeghi, F., Kanouni, H., Bahramnejad, B. and Gholami, S. (2014) Effect of drought stress on physiological traits, grain yield and its components in chickpea (*Cicer arietinum* L.) genotypes. Iranian Journal of Crop Sciences 16: 91-108. (In Persian).

Tafreshi, S. A., Aghaie, P., Ebrahimi, M. A. and Haerinasa, M. (2021) Regulation of drought-related responses in tomato plants by two classes of calcineurin B-like (*SlCBL1/2*) proteins. Plant Physiology and Biochemistry 162: 441-446.

Tardieu, F. (2005) Plant tolerance to water deficit: Physical limits and possibilities for progress. Comptes Rendus Geoscience 337: 57-67

Umar, S., Sharma, M. P., Khan, W. and Ahmad, S. (2017) Variation in ornamental traits, physiological responses of *Tagetes erecta* L. and *T. patula* L. in relation to antioxidant and metabolic profile under deficit irrigation strategies. Scientia Horticulturae 214: 200-208.

Wei, Ch., Cui, Q., Zhang, X., Zhao, Y. and Ji, G. (2016) Three *P5CS* genes including a novel one from *Lilium regale* play distinct roles in osmotic, drought and salt stress tolerance. Journal of Plant Biology 59: 456-466.

Yamagishi, M. and Akagi, K. (2013) Morphology and heredity of tepal spots in Asiatic and Oriental hybrid lilies (*Lilium* spp.). Euphytica 194: 325-334.

Yamagishi, M. and Nakatsuka, T. (2017) LhMYB12, regulating tepal anthocyanin pigmentation in Asiatic hybrid lilies, is derived from *Lilium dauricum* and *L. bulbiferum*. The Horticulture Journal 12: 528-533.

Yin, H., Chen, Q. and Yi, M. (2008) Effects of short-term heat stress on oxidative damage and responses of antioxidant system in *Lilium longiflorum*. Plant Growth Regulator 54: 45-54.

Zekavati, H., Shoor, M., Rouhani, H., fazeli kakhki, S. F. and Ganji Moghadam, E. (2019) Effect of trichoderma (65 fungus) on morphological and biochemical traits of tuberose under drought stress. Journal of Crops Improvement 21: 61-73. (In Persian).

Zhang, G., Sun, Y., Sheng, H., Li, H. and Liu, X. (2018) Effects of the inoculations using bacteria producing ACC deaminase on ethylene metabolism and growth of wheat grown under different soil water contents. Plant Physiology and Biochemistry 125: 178-184.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-19]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.50.10.5]

Study of two hybrid lily (*Longiflorum*×*Asiatic*) cultivars 'Nashville' and 'Merluza' defensive some mechanisms against drought stress

Zeynab Bazyar[1], Mohamadreza Salehi Salmi[1*], Babak Pakdaman Sardrood[2], Ahmad Zare[3]

[1] Department of Horticultural Science, Faculty of Agriculture, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan
[2] Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan
[3] Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan
(Received: 07/11/2021, Accepted: 14/02/2022)

Abstract

In this research, to study the effect of drought stress on the morpho-physiological traits of two hybrid cultivars of lily, 'Merluza' and 'Nashville', a factorial, completely randomized design-based experiment with four replicates was performed with potted plants in the experimental greenhouses of the department of Horticultural Science, Faculty of Agriculture, Agricultural Sciences and Natural Resources, University of Khuzestan. The experimental factors included four irrigation levels (irrigation at the rate of 100, 80, 60, and 40% rate of field capacity) and two lily cultivars, 'Nashville' with yellow, and 'Merluza' with white flowers. The results indicated that the reduction of irrigation rate had significant impact on the evaluated traits. Stalk height and the number of flowers reduced with the reduction of soil water content, whereas the fresh: dry weight ratio of petal increased. However, no significant difference was found in this trait between 80 and 100% rate of field capacity. The activity of catalase antioxidant enzyme, increased as the irrigation rate decreased, however, this increase in 'Nashville' was higher than 'Merluza'. Although with both cultivars, catalase activity and soluble carbohydrate level were higher under drought stress, severe stress at 40% rate of field capacity led to reduced protein content, ramped down catalase activity and diminished rate of soluble carbohydrates. Generally, the results of the present study indicated that although both cultivars well tolerated mild drought stress of 80% rate of field capacity, severe stress at 40% rate of field capacity led to serious damages in both lily cultivars. Also, lily 'Nashville' cultivar expressed more tolerance than 'Merluza' cultivar via the mechanisms such as increased carbohydrate content and peroxidase activity that resulted in the reduced peroxidation of lipids.

Keywords: Antioxidant enzymes, Cut flower, Field capacity, Low-irrigation, Osmolytes

Corresponding author, Email: mrsalehisalmi@gmail.com

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-19]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.50.10.5]