مقاله پژوهشی

اثر اصلاح‌کننده‌های خاک بر گیاهان ختمی (*Alcea rosea* L.) تحت تنش خشکی

تکتم اورعی، محمود شور*، علی تهرانی‌فر، سیدحسین نعمتی، عطیه اورعی

گروه علوم باغبانی و مهندسی فضای سبز، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۴/۱۲، تاریخ پذیرش نهایی: ۱۴۰۰/۰۷/۱۹)

چکیده

بقاء گیاهان زینتی به‌عنوان بخش حیاتی فضای سبز در اثر تغییرات اقلیمی و تنش خشکی به مخاطره افتاده است. به‌منظور بررسی اثر اصلاح‌کننده‌های خاک بر رشد دو اکوتیپ ختمی زینتی تحت تنش خشکی، در دانشگاه فردوسی مشهد در سال ۱۳۹۸-۱۳۹۷، آزمایشی طراحی شد. تیمارهای آزمایش شامل دو اکوتیپ (مشهد، تهران)، سه سطح تنش خشکی (۸۰، ۶۰، ۴۰٪ ظرفیت زراعی) و چهار بستر کشت (خاک، خاک+ کود دامی، خاک+ شلتوک برنج، خاک+ کاه و کلش گندم) بودند. عناصر ماکرو (نیتروژن، فسفر و پتاسیم) برگ، صفات فیزیولوژیکی گیاه نظیر (کلروفیل کل، پروتئین، و فعالیت آنزیم‌ها) و صفات مورفولوژیکی (ارتفاع، قطر ساقه، تعداد برگ، گل، غنچه و سطح برگ) اندازه‌گیری شد. همچنین اثر زمان بر تعداد گل و برگ ختمی تحت تنش خشکی نیز به ثبت رسید. تمامی صفات فیزیولوژیکی و رشدی گیاهان ختمی تحت تیمارهای آزمایش قرار گرفتند و بیشترین میزان صفات فیزیولوژیکی (کلروفیل) و شاخص‌های رشدی در اکوتیپ مشهد تحت تیمار ۸۰ ٪ ظرفیت زراعی در بستر خاک+کود دامی به ثبت رسید. اثرات متقابل سه‌گانه اکوتیپ، تنش خشکی و بستر کشت بر میزان پروتئین، فعالیت آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز، و آسکوربات پراکسیداز معنی‌داری نبود، اما فعالیت آنزیم‌ها با افزایش تنش خشکی روندی صعودی داشت. همچنین صفات تعداد برگ و گل با افزایش تنش خشکی روندی نزولی داشتند. نتایج نشان داد که، کاربرد کود دامی همراه با خاک با فراهم نمودن عناصر ماکرو اثرات منفی تنش خشکی را در ختمی کاهش داد و سبب افزایش مقاومت به تنش خشکی در دو اکوتیپ شد.

کلمات کلیدی: ختمی، بستر کشت، اکوتیپ، عناصر غذایی

مقدمه

در طبیعت گیاهان تحت‌تأثیر عوامل محیطی هستند که می‌توانند اثر منفی بر رشدونمو و زنده‌مانی آنها داشته باشد. در بین فاکتورهای محیطی از جمله شوری، دمای بالا و تغذیه نامتعادل و ... خشکی به‌عنوان مهم‌ترین عامل محدودکننده رشد در بسیاری از مناطق موردتوجه است. طبق آمار موجود بیش از ۴۵٪ از زمین‌های قابل‌کشت جهان در معرض خشکی مداوم و یا متوالی هستند (Chandra *et al.*, 2021). دانشمندان پیش‌بینی کرده‌اند که تا پایان قرن اخیر دمای کره زمین ۳ تا ۹ درجه سانتی‌گراد با اثرات گسترده‌ای می‌تواند افزایش یابد و خصوصاً باعث افزایش خشکی زمین‌های قابل‌کشت می‌شود (Hermans and McLeman, 2021).

از سوی دیگر، متوسط پتانسیل تبخیر سالانه در جهان ۷۰۰ میلی‌متر و در ایران برابر با ۲۱۰۰ میلی‌متر است و این موضوع نشان می‌دهد که تبخیر سالانه ایران سه برابر متوسط تبخیر سالانه جهانی است. از یک سو متوسط میزان بارندگی ایران

*نویسنده مسؤل، نشانی پست الکترونیکی: shoor@um.ac.ir

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-27]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.47.12.1]

کمتر از متوسط بارندگی جهان است و از سوی دیگر پتانسیل متوسط تبخیر سالانه ایران سه برابر متوسط تبخیر جهان است که این موضوع نشان می‌دهد که محدودیت و کمبود منابع آبی در ایران نسبت به جهان بسیار حاد و جدی‌تر است (Shahraki *et al*., 2021). در واقع در سرزمین ایران نقاط وسیعی وجود دارد که از نظر طبقه‌بندی می‌توان آن‌ها را در دسته مناطق خشک قرارداد. مناطق خشک و نیمه‌خشک ایران در حدود ۱۰۰ میلیون هکتار برآورد شده است که ۶۴ درصد از سطح کشور را شامل می‌شود. باتوجه‌به محدودیت شدید منابع آبی، در اکثر مناطق کشور ما تنش خشکی به‌عنوان مهم‌ترین تنش تأثیرگذار به گیاهان معرفی شده است (Emadodin *et al*., 2019).

باتوجه به افزایش دمای کره زمین به میزان ۱/۵ درجه سانتی‌گراد (IPCC, 2018) و کاهش میانگین بارندگی در ایران به میزان ۰/۶۴ میلی‌متر (Nazari *et al*., 2020)، انتخاب گیاهانی با تحمل بالا به تنش خشکی به‌منظور تضمین بقاء و پایداری فضای سبز از اهمیت فراوانی برخوردار است. با بررسی توزیع و پراکنش زمانی بارندگی در ایران مشاهده شده است که این بارش‌ها از توزیع مناسبی برخوردار نیستند که این امر سبب تشدید کمبود آب در فضای سبز شده است. در چنین شرایطی علاوه بر مهارت و دقت کاربرد و مصرف این منابع آبی، بررسی و توصیه گیاهان متحمل و تعیین مرحله حساس به شرایط محیطی اهمیت و ضرورت بیشتری یافته است. تولید گیاهان بستری برای فضای سبز تجاری و مسکونی یکی از مهم‌ترین بخش‌های صنعت گلکاری (Ahmad *et al*., 2020) و دارای پتانسیل سودآوری بالایی می‌باشد. با وجودی که قابلیت تولید در تمام سال بسیار ارزشمند است، اما پتانسیل تولید گیاهان با کیفیت تحت‌تأثیر گونه، رقم، اکوتیپ و شرایط محیطی قرار گرفته و در شرایط نامطلوب امکان ایجاد تأثیرات زیان‌باری وجود دارد (Lutatenekwa *et al*., 2020).

ختمی (*Alcea rosea* L.) یکی از گیاهان کم‌توقعی است که در سواحل ماسه‌ای زمین‌های کم‌وبیش شور و مرطوب رشد می‌نماید و در ایران در کنار چشمه‌ها و نهرها رشد می‌نماید. به‌عنوان گیاه باغچه‌ای، با کاشت بذر آن در پاییز، در بهار سال بعد گل داده و گلدهی آن از اواخر اردیبهشت تا اواسط پاییز ادامه دارد. این گیاه به دلیل حضور رنگ‌دانه‌ها و به‌منظور تولید مواد رنگی بسیار موردتوجه است (قاسمی قهساره و کافی، ۱۳۹۱). از گل‌های این گیاه به‌منظور تولید چای دارویی استفاده می‌شود. از طرفی خاصیت‌های ضدباکتریایی (Ahmed *et al*., 2016)، آنتی‌اکسیدانی (Hussain *et al*., 2014)، ضدافسردگی، دهان‌شویه، توقف خستگی، بهبود جریان خون (Burt and Reinders, 2003) این گیاه به اثبات رسیده است. این گیاه برای درمان سرفه در سرماخوردگی، خلط‌آور و نرم‌کننده مجاری تنفس، برای سوختگی خفیف و نیش حشرات نیز توصیه شده است (Seyyednejad *et al*., 2011).

گیاهان زینتی به‌منظور رشد در شرایط محیطی نیاز به مواد غذایی دارند، از طرفی، انتقال و جذب عناصر غذایی به میزان رطوبت خاک بستگی دارد (Briat *et al*., 2020). کاربرد کودهای آلی همراه با کمترین میزان آب که منجر به بالاترین عملکرد گیاهان شود، یکی از اجزای مدیریت کشاورزی به حساب می‌آید. این کودها می‌تواند جایگزینی برای کودهای شیمیایی محسوب شوند زیرا این کودها قیمت بالایی دارند و سبب آلودگی محیط می‌شوند (Murugan and Swarnam, 2013; Lin *et al*., 2019). از آنجا که مدیریت خاک از عوامل اصلی در رسیدن به کشاورزی پایدار است، لذا جایگزینی کودهای شیمیایی خصوصاً نیتروژن و فسفر با کودهای آلی، می‌تواند بشر را در دستیابی به تولید پایدار محصولات کشاورزی یاری نماید (Bi *et al*., 2020). در بسیاری از نظام‌های کشاورزی پایدار از کودهای آلی جهت بهبود حاصلخیزی خاک و نیز پیشگیری و کنترل آفت و امراض گیاهی استفاده می‌شود (Toungos and Bulus, 2019; Ullah *et al*., 2019).

گونه‌های مختلف گیاهی دامنه وسیعی از مکانیسم‌های مقاومت به تنش خشکی را نشان می‌دهند که منجر به سازگاری‌های مورفولوژی، فیزیولوژی و بیوشیمیایی می‌گردد. از آنجایی که جمعیت کشور ما رو به افزایش است برای بالا-بردن سطح زندگی مردم، به‌ویژه با ایجاد محیطی سالم با احداث فضای سبز شهری، ایجاب می‌کند تا از گیاهان مناسب

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-27]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.47.12.1]

با شرایط اقلیمی منطقه موردنظر و در نظرگرفتن تحمل گیاهان نسبت به خشکی استفاده شود؛ بنابراین ایجاب می‌کند که بررسی‌هایی جهت معرفی گونه‌های مقاوم به خشکی و عکس‌العمل‌های آنها در برابر این شرایط انجام گیرد، لذا این مطالعه باهدف شناخت آستانه تحمل به تنش خشکی ختمی در شرایط مزرعه، و شناخت بسترهای مختلف رشد بر تحمل به تنش خشکی ختمی انجام شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به‌منظور بررسی سطح تحمل به تنش خشکی اکوتیپ‌های گیاه ختمی در بسترهای مختلف در سال ۱۳۹۷-۱۳۹۸ در دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد به‌صورت آزمایش فاکتوریل (۴×۳×۲) بر پایه طرح کاملاً تصادفی اجرا شد. این آزمایش دارای ۲۴ تیمار و سه تکرار بود که عامل اول شامل سه تیمار خشکی (۸۰، ۶۰ و ۴۰ ٪ ظرفیت زراعی) و عامل دوم شامل چهار بستر کشت (خاک مزرعه، خاک مزرعه و کود دامی، خاک مزرعه و شلتوک برنج کوبیده شده و خاک مزرعه و کاه و کلش گندم) بر روی دو اکوتیپ ختمی (مشهد و تهران) اجرا شد. ابتدا بذرها مردادماه در سینی‌های کشت محتوای مخلوط کوکوپیت، پرلایت و پیت در گلخانه با میانگین دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد و تحت فتوپریود ۱۴ ساعت روشنایی و ۱۰ ساعت تاریکی با شدت نور ۴۰۰ میکرومول در مترمربع در ثانیه کشت شده و سپس تمامی گیاهچه‌ها در مرحله ۵-۶ برگی به گلدان‌هایی (ارتفاع ۱۸ و قطر ۸ سانتی‌متر) حاوی خاک مزرعه انتقال یافتند. سه ماه بعد، گیاهان به محتوی مخلوط خاکی حاوی چهار بستر متفاوت (خاک مزرعه، خاک مزرعه و کود دامی، خاک مزرعه و شلتوک و خاک مزرعه و کاه و کلش گندم) منتقل شدند (جدول ۱). گیاهان در مرحله ظهور گلدهی در ۱۵ خرداد تحت تنش خشکی توسط دستگاه TDR به‌مدت یک ماه قرار گرفتند. به‌منظور ایجاد تنش خشکی پیش از اجرای آزمایش از خاک مورد استفاده در گلدان‌ها نمونه‌برداری و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آن مورد بررسی قرار گرفت.

به‌منظور کنترل دقیق میزان رطوبت خاک از دستگاه TDR استفاده شد. دو اکوتیپ به‌مدت یک ماه براساس روش احمدیان و همکاران (۱۳۸۹) با کمک فرمول زیر در معرض تنش خشکی قرار گرفتند.

$$Vw = \{(FC - \theta)\ (Bd \times D \times A)\}$$

FC: درصد وزنی ظرفیت زراعی، θ درصد وزنی رطوبت، D عمق توسعه ریشه، Bd: جرم مخصوص ظاهری خاک (کیلوگرم بر مترمکعب)، A (مساحت)

آب موردنظر تیمارهای آبیاری از طریق کنتور در اختیار گیاهان قرار گرفت. میزان نیتروژن، پتاسیم، و فسفر برگی در پایان آزمایش اندازه‌گیری شد. برای تهیه نیتروژن برگ ۰/۲ نمونه برگ به همراه ۱۰ میلی‌گرم سولفوریک اسید و قرص مخلوط کاتالیزور، در دستگاه هضم تا ۴۰۰ درجه سانتی‌گراد حرارت داده شده سپس با دستگاه کجلدال میزان نیتروژن اندازه‌گیری شد (Kjeldal, 1998) جهت تعیین میزان پتاسیم برگ به روش نشر شعله‌ای، نمونه‌های موجود در برگ به‌مدت ۴۸ ساعت در دمای ۶۵ درجه سانتی‌گراد خشک و سپس آسیاب شد، نیم گرم از نمونه‌ها به بوته‌های چینی انتقال و در دمای ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت و به‌مدت ۴ الی ۱۲ ساعت به خاکستر تبدیل شد. خاکستر حاصل در ۲/۵ میلی‌لیتر کلریدریک اسید دو نرمال حل و به حجم ۵۰ میلی‌لیتر رسید بعد از صاف‌نمودن محلول با صافی، میزان پتاسیم با دستگاه فلیم فتومتر تعیین شد و میزان فسفر با استفاده از روش رنگ‌سنجی (وانادات مولیبدات) با استفاده از دستگاه اسپکتوفتومتر در طول‌موج ۴۷۰ اندازه‌گیری شد (امامی، ۱۳۷۵).

استخراج و سنجش پروتئین: برای استخراج و سنجش پروتئین کل ابتدا ۵۰ میلی‌گرم از مواد ساییده‌شده توسط ازت مایع توزین و به فالکون‌های یک و نیم میلی‌لیتری منتقل شد. سپس ۵۰ میلی‌گرم پلی‌ونیل پلی پیرولیدون، ۴۹۵ مایکرولیتر محلول بافر استخراج (شامل: ۴۰ میلی‌مولار بافر تریس - کلرید هیدروژن، سدیم دودسیل سولفات دو درصد، گلیسرول ۲۰ درصد و ۶۰ میلی‌مولار دی تیوتریتول) و پنج مایکرولیتر فنیل متان سولفونیل فلوراید ۲۰۰ میلی‌مول به هر فالکون اضافه شد و به‌مدت ۸ دقیقه در دمای ۹۵ درجه سانتی‌گراد و سرعت ۵۰۰

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-27]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.47.12.1]

جدول ۱- خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک مورد استفاده

بستر کشت	P	K	N	pH	EC
	(mg/kg)		(٪)		ds/m
خاک مزرعه	۲۳	۲۳۵	۰/۰۶۵	۷/۱۵	۱/۹۳
خاک + کود دامی	۲۲۱۴	۳۴۳	۰/۴۲	۷/۷۶	۲/۵۳
خاک + شلتوک برنج	۲۷۱	۱۵۹۲	۰/۲۳	۷/۲۶	۱/۷۷
خاک + کاه و کلش گندم	۱۱۷	۱۵۷۲	۰/۲۱	۶/۶۸	۳/۱۳

دور قرار داد شدند. نمونه‌ها با دور ۸۰۰۰ در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۱۵ دقیقه سانتریفیوژ شدند. سپس ۳۰۰ میکرولیتر از فاز رویی همراه با ۹۰۰ میکرولیتر استون حاوی ۱۰ ٪ تری‌کلرو استیک اسید و ۰/۰۷ ٪ دی تیوترینول به آن اضافه شد و در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد قرار گرفت. سپس نمونه‌ها با دور ۱۸۰۰۰ به‌مدت ۱۰ دقیقه سانتریفیوژ شدند و همراه با محلول استون حاوی ۲۰ میلی‌مولار دی تیوترینول ورتکس شدند و به‌مدت ۶۰ دقیقه در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند. در این مرحله فاز رویی دور ریخته شد و پس از خشک‌شدن پلیت، ۱۰۰ میکرولیتر بافر جذب به هر فالکون اضافه شد تا پروتئین استخراج‌شده به‌خوبی در این بافر حل شود و تا زمان سنجش پروتئین کل در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شد (Wessel and Flugge, 1984). برای سنجش پروتئین کل از روش Bradford (۱۹۷۶) با اندکی تغییر استفاده شد. برای این منظور پروتئین‌های استاندارد با استفاده از آلبومین‌های سرم گاوی با غلظت‌های صفر، ۲، ۴، ۶، ۱۲، ۲۵، ۵۰ و ۷۰ میکروگرم در میلی‌لیتر تهیه شد. جهت سنجش غلظت پروتئین ده میکرولیتر از محلول پروتئین استخراج‌شده را با ۴۹۵ میکرولیتر آب در فالکون‌های ۱/۵ میلی‌لیتری مخلوط و ۱۰۰ میکرولیتر از این محلول با یک میلی‌لیتر محلول بردفورد مخلوط و ورتکس شدند. بعد از پنج دقیقه میزان جذب در طول‌موج ۵۹۵ نانومتر خوانده شد. غلظت پروتئین کل نمونه‌ها با استفاده از منحنی استاندارد بر حسب میلی‌گرم بر میلی‌لیتر محاسبه شد.

سنجش فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز: برای سنجش فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز از روش Nakano و Asada (۱۹۸۱) استفاده شد. مخلوط واکنش شامل ۲۰ میکرولیتر عصاره آنزیمی، ۷۷۰ میکرولیتر بافر فسفات ۵۰ میلی‌مولار، ۱۰۰ میکرولیتر EDTA ۰/۱ میلی‌مولار، ۱۰۰ میکرولیتر آسکوربات اسید پنج میلی‌مولار و ۱۰ میکرولیتر آب‌اکسیژنه ۰/۱ میلی‌مولار بود. میزان جذب مخلوط واکنش در طول‌موج ۲۹۰ نانومتر به‌مدت ۱۸۰ ثانیه توسط اسپکتروفتومتر خوانده شد. یک واحد آنزیمی معادل تجزیه یک میکرومول آسکوربات در مدت زمان یک دقیقه و در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد است. فعالیت آنزیمی با استفاده از قانون بیر لامبرت و با ضریب خاموشی آسکوربات پراکسیداز $2/8\ mM^{-1}cm^{-1}$ محاسبه و درنهایت برحسب میکرومول بر در دقیقه در میلی‌گرم پروتئین بیان شد.

سنجش فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز: فعالیت سوپراکسید دیسموتاز براساس روش Stewert و Bewley (۱۹۸۰) با اندکی تغییرات سنجیده شد. مخلوط واکنش آنزیمی شامل ۹۳۵ میکرولیتر بافر فسفات ۵۰ میلی‌مولار حاوی EDTAA ۰/۱ میلی‌مولار، متیونین ۱۳ میلی‌مولار و نیتروبلوتترازولیوم ۷۵ میلی‌مولار، ۱۵ میکرولیتر ریبوفلاوین ۰/۱۲ میلی‌مولار و ۵۰ میکرولیتر عصاره آنزیمی استخراج‌شده بود. پس از آماده‌سازی نمونه‌های کنترل (شاهد) و بلانک، به‌منظور اندازه‌گیری فعالیت آنزیمی، نمونه بلانک به‌مدت ۱۵ دقیقه در تاریکی قرارداد شد و نمونه‌های شاهد و عصاره آنزیمی، به‌مدت ۱۵ دقیقه در شیکر با دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد و دارای دو عدد لامپ فلورسنت ۲۰ وات با ۱۰۰ دور در دقیقه شیک شدند. سپس مقدار جذب در طول‌موج ۵۶۰ نانومتر با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر خوانده شد. مقداری از عصاره

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-27]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.47.12.1]

که بتواند احیاء نیتروبلوتترازولیوم را ۵۰ ٪ بازداری کند معادل یک واحد آنزیمی در نظر گرفته می‌شود.

اندازه‌گیری محتوای کلروفیل: میزان کلروفیل موجود در برگ از جوان‌ترین برگ بالغ به روش پیشنهادی Arnon (۱۹۴۹) صورت گرفت. بدین ترتیب که ۰/۲ گرم برگ تر با ترازوی دیجیتال وزن و سپس در هاون چینی با بستن ۸۰ درصد به‌صورت تدریجی تا حصول یک محلول بی‌رنگ سائیده شد. سپس محلول شفاف رویی به بالن ژوژه ۲۵ میلی‌لیتری منتقل گردید و حجم محلول با استن به ۲۵ میلی‌لیتر رسید. محلول حاصل به‌مدت ۱۰ دقیقه در دور ۴۰۰۰ سانتریفیوژ گردید و سپس جذب نوری محلول رویی جهت تعیین میزان کلروفیل در طول‌موج‌های ۶۴۵ و ۶۶۳ نانومتر به‌وسیله اسپکتروفتومتر خوانده شد. درنهایت میزان کل کلروفیل، کلروفیل a و b برحسب میلی‌گرم در گرم بافت تر برگ گزارش شد.

در آزمایشگاه، مساحت برگ‌های سبز توسط دستگاه سطح برگ‌سنج مدل DELTA-T اندازه‌گیری شد.

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزارهای JMP 13.2 انجام و رسم شکل‌های مربوط به آن‌ها، توسط نرم‌افزار Excel صورت گرفت. مقایسه میانگین داده‌ها نیز با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد.

نتایج و بحث

اثرات سه‌گانه اکوتیپ، تنش خشکی و بستر کشت بر میزان نیتروژن، فسفر و پتاسیم برگ گیاهان معنی‌دار نبود (جدول ۲). میزان نیتروژن برگ به طور معنی‌داری تحت اثرات متقابل اکوتیپ با تنش خشکی قرار گرفت، تفاوت معنی‌داری بین نیتروژن برگ اکوتیپ مشهد تحت تیمارهای تنش خشکی مختلف مشاهده نشد اما در اکوتیپ تهران با افزایش تنش خشکی از میزان نیتروژن برگی کاسته شد (شکل ۱a). از طرفی اثر متقابل بسترهای کشت و تنش خشکی بر میزان نیتروژن برگی معنی‌دار بود (جدول ۲). با افزایش تنش خشکی از ۸۰ به ۴۰ ٪ ظرفیت زراعی در نیتروژن برگی گیاهان کشت شده در بسترهای خاکی، خاک+کاه و کلش برنج تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد، اما در دو بستر دیگر با افزایش تنش خشکی از میزان نیتروژن کاسته شد (شکل ۲b). کاهش انتقال عناصر در گیاهان در شرایط تنش خشکی در خاک ثابت شده است (Getachew, 2014; Ghazi, 2017). مشاهدات He و Dijkstra (۲۰۱۴) نشان داد که غلظت نیتروژن (۳/۷۳ درصد) در برگ گیاهان تحت‌تأثیر تنش خشکی قرار گرفت. از طرفی با افزایش تنش خشکی میزان نیتروژن برگ‌های ختمی کاسته شد که مطابق با نظرات Jabborova و همکاران، (۲۰۲۱) بود، آنها نشان دادند که تنش خشکی ۵۰ ٪ نسبت به شاهد میزان نیتروژن را در گیاه بامیه (*Abelmoschus esculentus*) کاهش داد. این نتایج مطابق با نتایج آزمایش حاضر بود که میزان جذب نیتروژن با افزایش تنش خشکی به‌دلیل کاهش انتقال آب، در هر دو اکوتیپ و در بسترهای کشت مختلف در برگ کاهش یافت. در برگ گیاهان ختمی، اکوتیپ مشهد توانست میزان نیتروژن برگی را در مقایسه با اکوتیپ تهران بالاتر نگه دارد، Al-Sayed و همکاران (۲۰۱۹) نشان دادند که با افزایش عناصر ماکرو در بسترهای کشت گیاه چای ترش (*Hibiscus sabdariffa*) توسط کودهای آلی، این عناصر در برگ گیاهان نیز افزایش یافته است.

میزان پروتئین تحت اثرات متقابل اکوتیپ با بستر کشت، تنش خشکی با بستر کشت قرار گرفت (جدول ۲). بیشترین میزان پروتئین در اکوتیپ‌های مشهد و تهران با بستر کشت خاک+کود دامی (۳/۷۴ میلی‌گرم در میلی‌لیتر) و کمترین میزان آن در بستر خاکی (۳/۱۹ میلی‌گرم در میلی‌لیتر) به ثبت رسید (شکل ۲a). اثرات متقابل تنش خشکی و بستر کشت نشان داد که در بسترهای خاک+کود دامی، خاک+شلتوک برنج و خاک+کاه و کلش گندم با افزایش تنش خشکی از ۸۰ به ۶۰ ٪ ظرفیت زراعی بر میزان پروتئین افزوده شد، اما در بستر خاکی تفاوت معنی‌داری بین تنش‌های خشکی مشاهده نشد (شکل ۲b).

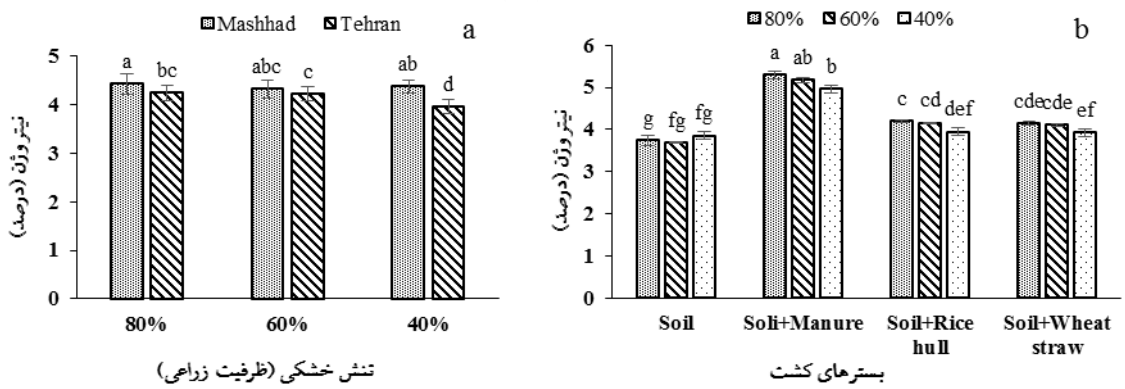
اثرات متقابل سه‌گانه اکوتیپ، تنش خشکی و بستر کشت بر فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز، و آسکوربات پراکسیداز معنی‌داری نبود (جدول ۲). فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-27]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.47.12.1]

جدول ۲- تجزیه واریانس اثر تیمارهای آزمایشی بر عناصر و فعالیت آنزیم‌های برگ گیاهان ختمی تحت تنش

منابع تغییرات	درجه آزادی	نیتروژن برگ	فسفر برگ	پتاسیم برگ	کلروفیل کل	پروتئین	سوپراکسید دیسموتاز	آسکوربات پراکسیداز
اکوتیپ	۱	۰/۹۶۰۰**	۰/۰۰۰۶*	۰/۵۹۷۰^{ns}	۰/۳۶۰**	۰/۰۰۴*	۱۷**	۹۸۲*
خشکی	۲	۰/۱۷۴۰**	۰/۰۰۰۲^{ns}	۰/۱۱۰۰^{ns}	۱۲/۰**	۰/۱۳۹**	۱۷/۶۰۰**	۱۲۰۸۸*
بستر کشت	۳	۶/۶۲۰۰**	۰/۰۱۰۶**	۳۳/۹۰۰۰**	۴/۲۱۰**	۱/۰۵۰**	۱/۷۷۰^{ns}	۵۸۹۷**
اکوتیپ × خشکی	۲	۰/۱۵۳۰**	۰/۰۰۰۰۴^{ns}	۰/۱۱۸۰^{ns}	۰/۰۱۰**	۰/۰۰۱ ^{ns}	۵/۱۰۰**	۸۴۸^{ns}
اکوتیپ × بستر کشت	۳	۰/۰۲۷۰^{ns}	۰/۰۰۰۰۱^{ns}	۰/۰۰۰۱^{ns}	۰/۰۰۶**	۰/۰۰۳*	۰/۳۱۳^{ns}	۴۸۴۸^{ns}
بستر کشت × خشکی	۶	۰/۰۷۰**	۰/۰۰۰۰۸^{ns}	۰/۰۹۸۰^{ns}	۰/۱۰۴**	۰/۰۲**	۰/۸۲۰^{ns}	۵۹۵۸^{ns}
اکوتیپ × خشکی × بستر کشت	۶	۰/۰۰۹^{ns}	۰/۰۰۰۱^{ns}	۰/۱۱۲۰^{ns}	۰/۰۰۷**	۰/۰۰۲ ^{ns}	۰/۶۸۱^{ns}	۳۲۳۴^{ns}
خطا	۴۸	۰/۰۱۰	۰/۰۰۰۱	۰/۲۳۹۰	۰/۰۰۱	۰/۰۰۰۸	۰/۷۰۵	۲۲۹
ضریب تغییرات		۱۳/۲	۴/۲۸	۱۶/۳	۲۳/۱	۶/۴۴	۴/۱۷	۶/۴۷

***، ** و ns: به‌ترتیب نشان‌دهنده معنی‌داری در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد و عدم‌وجود اختلاف معنی‌دار است.**

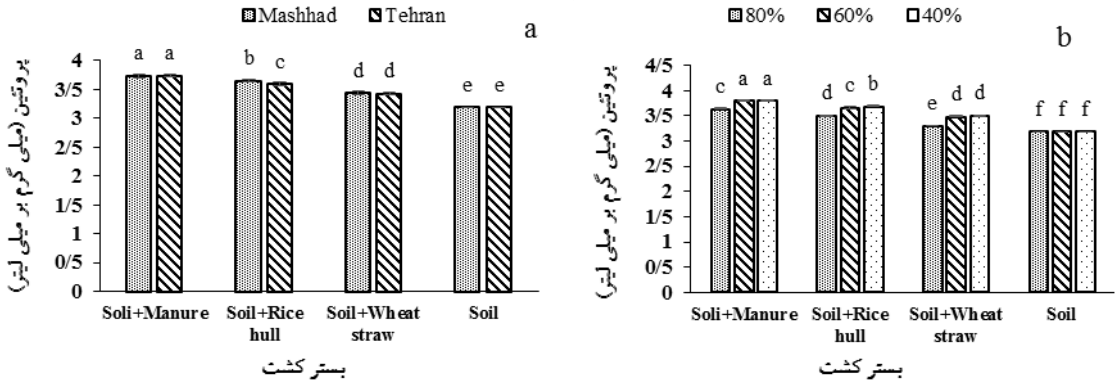


شکل ۱- اثر اکوتیپ و تنش خشکی (a)، بسترهای کشت و تنش خشکی (b) بر نیتروژن برگی. تیمارهای آزمایش: تنش خشکی (۸۰، ۶۰، ۴۰ ٪ ظرفیت زراعی)، اکوتیپ (مشهد و تهران)، و بسترهای کشت (خاک+کود دامی، خاک+شلتوک، خاک+کاه و کلش گندم و خاک مزرعه).

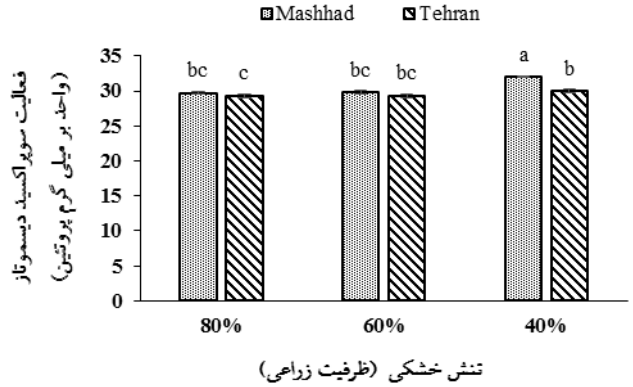
تنها تحت اثرات دوگانه اکوتیپ با تنش خشکی قرار گرفت. در مقایسه دو اکوتیپ در تیمار آبیاری ۸۰ و ۶۰ ٪ ظرفیت زراعی تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد اما با افزایش تنش خشکی در ۴۰ ٪ ظرفیت زراعی اکوتیپ مشهد بیشترین فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز را به خود اختصاص داد (شکل ۳). آنزیم آسکوربات پراکسیداز تحت اثرات ساده اکوتیپ، تنش خشکی و بستر کشت قرار گرفت، به‌نحویکه بیشترین فعالیت در اکوتیپ مشهد، تنش خشکی ۴۰٪ ظرفیت زراعی و بستر خاک+ کود دامی مشاهده شد.

افزایش فعالیت کاتالاز و آسکوربات پراکسیداز در گیاهان چای ترش (Sanayei *et al.*, 2021)، پنبه (Dogan *et al.*, 2021) و همیشه‌بهار (Soroori *et al.*, 2021) تحت تنش خشکی به ثبت رسیده است که مطابق با نتایج آزمایش حاضر است. ارقام مختلف گیاهان پاسخ‌های متفاوتی به تنش خشکی نشان می‌دهند. در گیاه بامیه، با گذشت زمان سیستم‌های آنتی‌اکسیدانی آنزیمی و غیرآنزیمی در گیاهان تحت تنش خشکی فعال شد، به‌نحویکه فعالیت آنزیم‌های کاتالاز، سوپراکسید دیسموتاز، گلوتاتیون ردوکتاز، آسکوربات

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-27]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.47.12.1]



شکل ۲- اثر بسترهای کشت بر میزان پروتئین اکوتیپ‌های ختمی (a) و اثرات تنش خشکی بر میزان پروتئین در بسترهای مختلف (b). میانگین‌های دارای حروف مشابه براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند. تیمارهای آزمایش: تنش خشکی (۸۰، ۶۰، ۴۰ ٪ ظرفیت زراعی)، اکوتیپ (مشهد و تهران)، و بسترهای کشت (خاک+کود دامی، خاک+شلتوک، خاک+کاه و کلش گندم و خاک مزرعه).



شکل ۳- اثر تنش خشکی بر فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز برگ اکوتیپ‌های ختمی. میانگین‌های دارای حروف مشابه براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند. تیمارهای آزمایش: تنش خشکی (۸۰، ۶۰، ۴۰ ٪ ظرفیت زراعی) و اکوتیپ (مشهد و تهران)

پراکسیداز در روز هفتم در گیاهان تحت تنش خشکی به بالاترین میزان خود رسیدند (Puthiyottil *et al*., 2021).

کاربرد کود آلی ورمی‌کمپوست در شرایط تنش خشکی در نعنا (*Mentha piperita* L.)، فعالیت آنزیم‌های سوپراکسید دیسموتاز را به‌عنوان سیستم آنزیمی که اثرات منفی تنش را کاهش می‌دهند، در دو سال متوالی افزایش داد. همبستگی بین صفات رشدی و فعالیت این آنزیم‌ها تحت تنش نشان داد که کاربرد ورمی‌کمپوست در شرایط تنش با افزایش جذب عناصر غذایی منجر به افزایش تحمل به تنش خشکی شده است (Keshavarz Mirzamohammadi *et al*, 2021). در آزمایش حاضر نیز فعالیت سوپراکسید دیسموتاز در اکوتیپ متحمل‌تر (مشهد) بیشتر بود، از طرفی میزان پروتئین و فعالیت آنزیم‌ها همبستگی مثبت با عناصری نظیر نیتروژن و پتاسیم در برگ داشت (جدول ۴)، گیاه برای حفظ فعالیت آنزیم‌ها و سنتز پروتئین به k^+ نیاز دارد زیرا ساختار پروتئین و فعالیت پروتئین‌ها به مقدار بالای k^+ در سیتوسل نیاز دارد (Taiz and Zeiger, 2002; Cherel, 2004). در گیاهان تحت تیمار ۸۰ ٪ ظرفیت زراعی در بستر خاک+کود دامی با بالاتربودن عنصر نیتروژن، فعالیت سوپراکسید دیسموتاز نیز روندی صعودی داشت.

براساس نتایج تجزیه واریانس، کلروفیل کل گیاهان به‌طور معنی‌داری تحت اثرات متقابل تنش خشکی، اکوتیپ و بستر

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-27]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.47.12.1]

جدول ۳- جدول تجزیه واریانس تیمارهای آزمایشی بر صفات رویشی گیاه ختمی

منابع تغییرات	درجه آزادی	ارتفاع	قطر ساقه	تعداد برگ	تعداد گل	تعداد غنچه	مساحت برگ
اکوتیپ	۱	۹۸۶**	۰/۲۶۹**	۱۶۵**	۷۴**	۴۵/۱**	۱۴۴۰۰۶**
خشکی	۲	۴۲۴۴**	۱/۴۴**	۲۵۸**	۷۲/۸**	۷/۷۶**	۷۶۶۴۲**
بستر کشت	۳	۵۷۰**	۰/۳۵۹**	۷۶/۶**	۲۵/۱**	۱۸/۲**	۶۲۱۲۵۳**
اکوتیپ × خشکی	۲	۱۲۵**	۰/۲۰۲**	۴/۸۴**	۱۲/۱۰**	۳/۲۹**	۶۲۰۹*
اکوتیپ × بستر کشت	۳	۴۲/۶**	۰/۰۲۷**	۱۲/۲**	۲/۳۴**	۰/۸۲۹**	۴۲۰۴ns
بستر کشت × خشکی	۶	۶۵/۲**	۰/۲۸۴**	۷/۶۸**	۳/۵۲**	۲/۴۴۹**	۱۵۲۴۱**
اکوتیپ × خشکی × بستر کشت	۶	۸/۸۲**	۰/۰۵۰**	۳/۳۸**	۱/۲۷**	۰/۴۹۵*	۷۸۷۶**
خطا	۴۸	۰/۸۵	۰/۰۰۱	۰/۵۶۹	۰/۲۷۸	۰/۱۸۱	۱۶۱۷
ضریب تغییرات		۱۲/۶	۸/۲۶	۱۰/۹	۲۰/۵	۱۶/۳	۵/۹

***، ** و ns: به‌ترتیب نشان‌دهنده معنی‌داری در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد و عدم‌وجود اختلاف معنی‌دار است.**

جدول ۴- همبستگی بین متغیرهای اندازه‌گیری‌شده در گیاهان ختمی تحت تیمارهای مختلف

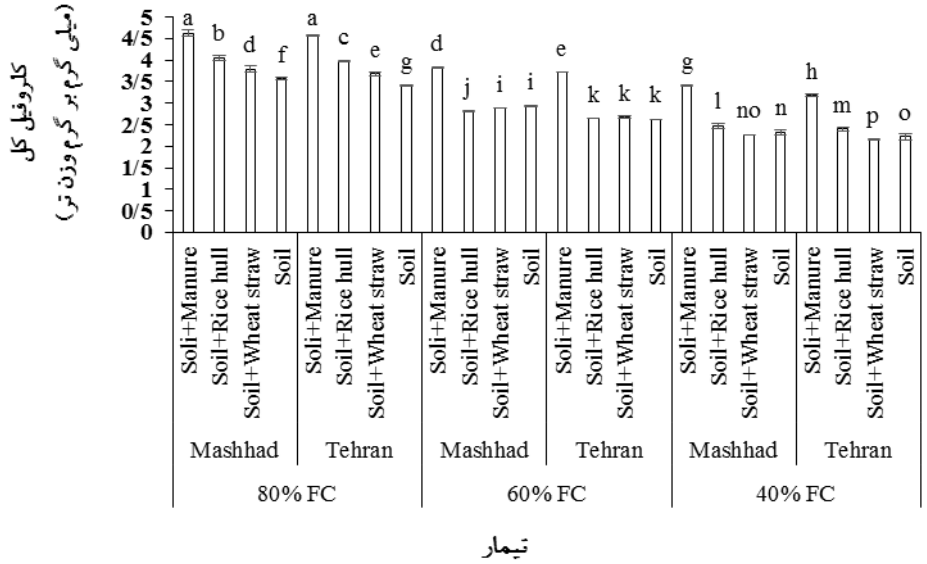
	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲
۱- نیتروژن برگ	۱											
۲- فسفر برگ	۰/۴۱**	۱										
۳- پتاسیم برگ	۰/۶۱**	۰/۶۰**	۱									
۴- کلروفیل کل	۰/۴۷**	۰/۴۰**	۰/۳۱**	۱								
۵-پروتئین	۰/۷۰**	۰/۴۹**	۰/۸۶**	۰/۰۶ns	۱							
۶- آسکوربات پراکسیداز	۰/۶۴**	۰/۵۰**	۰/۸۷**	۰/۰۶ns	۰/۷۴**	۱						
۷- سوپراکسید دیسموتاز	۰/۳۰**	۰/۲۴*	۰/۳۷**	-۰/۳۱**	۰/۵۲**	-۰/۰۱ns	۱					
۸- ارتفاع	۰/۶۰**	۰/۴۵**	۰/۳۴**	۰/۷۹**	-۰/۰۴ns	۰/۳۲**	۰/۰۱ns	۱				
۹- تعداد برگ	۰/۷۵**	۰/۶۰**	۰/۵۱**	۰/۸۱**	۰/۲۸*	۰/۲۴*	۰/۳۰**	۰/۰۰۱ns	۱			
۱۰- تعداد گل	۰/۶۰**	۰/۶۴**	۰/۴۰**	۰/۷۴**	۰/۱۴ns	۰/۲۰ns	۰/۲۴*	۰/۰۲ns	۰/۸۰**	۱		
۱۱- تعداد غنچه	۰/۸۲**	۰/۶۲**	۰/۷۰**	۰/۶۳**	۰/۵۶**	۰/۱۳ns	۰/۵۳**	۰/۱۹ns	۰/۷۹**	۰/۸۱**	۱	
۱۲- مساحت سطح برگ	۰/۷۴**	۰/۷۰**	۰/۹۰**	۰/۵۷**	۰/۵۳**	۰/۱۹ns	۰/۷۶**	۰/۲۶*	۰/۶۴**	۰/۷۰**	۰/۶۴**	۱

***، ** و ns: به‌ترتیب نشان‌دهنده معنی‌داری در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد و عدم‌وجود اختلاف معنی‌دار است.**

کشت قرار گرفت (جدول ۳). کلروفیل کل، با کاهش آبیاری از ۸۰ به ۴۰ ٪ ظرفیت زراعی در اکوتیپ‌های مشهد و تهران در بستر حاوی خاک+کود دامی، ۲۶ و ۳۰ درصد کاهش یافت، اما در این دو اکوتیپ با کاهش آبیاری در بستر خاکی این شاخص، ۳۵ درصد کاهش یافت کمترین میزان این شاخص در اکوتیپ تهران تحت تیمار آبیاری ۴۰ ٪ ظرفیت زراعی در بستر خاکی (۲/۲۱۶ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) به ثبت رسید (شکل ۴). در گیاهان تحت تنش بیشتر، کمبود عناصر غذایی و کاهش منبع انرژی جذب نور خورشید منجر به آسیب به سیستم فتوسنتز و کلروفیل می‌گردد، زیرا عناصر غذایی نقش مهمی در سیستم انتقال الکترون و متابولیسم کربن دارند (Cakmak, 2005) که مطابق با نتایج آزمایش حاضر است زیرا کمترین

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-27]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.47.12.1]



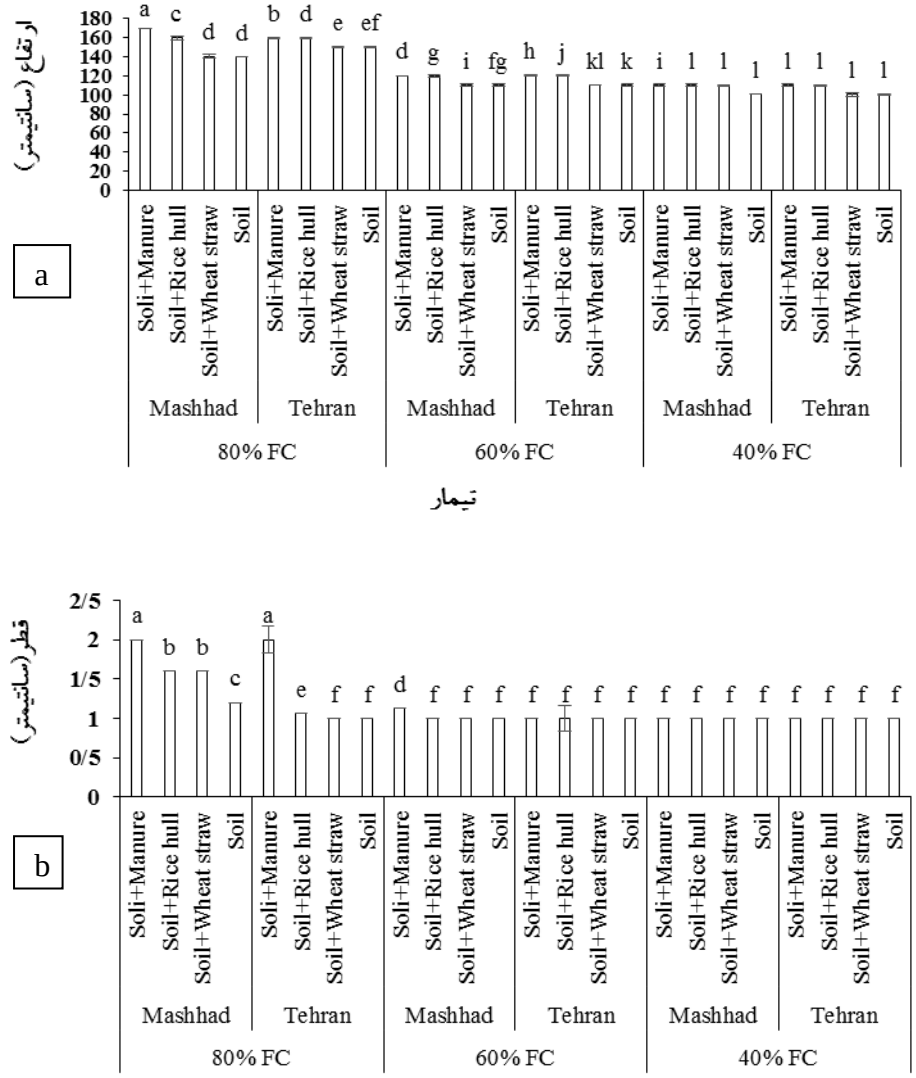
شکل ۴- اثرات تنش خشکی بر کلروفیل کل اکوتیپ‌های ختمی تحت بسترهای مختلف در شرایط مزرعه. میانگین‌های دارای حروف مشابه براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند. تیمارهای آزمایش: تنش خشکی (۸۰، ۶۰، ۴۰ ٪ ظرفیت زراعی)، اکوتیپ (مشهد و تهران)، و بسترهای کشت (خاک+کود دامی، خاک+شلتوک، خاک+کاه و کلش گندم و خاک مزرعه).

میزان کلروفیل و شاخص نسبی کلروفیل در تیمار خشکی ۴۰٪ ظرفیت زراعی در بستر خاکی به ثبت رسید. کاربرد کودهای آلی کمپوست و بیوچار با افزایش میزان نیتروژن گیاه چای ترش، بر افزایش کلروفیل این گیاهان مؤثر بودند (Liu *et al.*, 2021)، زیرا افزایش نیتروژن بر تشکیل رنگ‌دانه‌های فتوسنتزی از طریق پروتئین‌های تیلاکوئیدی و روزنه‌ای مؤثر هستند (Peng *et al.*, 2021). خصوصیات بیوشیمیایی و بیوسنتزی رنگ‌دانه‌های فتوسنتزی علاوه بر نیتروژن به فسفر نیاز دارد؛ بنابراین کاهش فسفر سبب کاهش میزان پروتئین و محتوای کلروفیل می‌شود (Mohamed *et al.*, 2021).

در آزمایش حاضر همبستگی مثبتی بین میزان نیتروژن و پتاسیم با میزان کلروفیل کل وجود داشت (جدول ۴) به‌نحویکه با کاربرد بستر خاکی همراه با کود دامی با افزایش میزان عناصر در خاک، در گیاهان تحت تیمار آبیاری ۸۰٪ ظرفیت زراعی میزان جذب این عناصر افزایش یافته است و به‌تبع آن این عناصر در برگ گیاهان تحت تیمار کود دامی در مقایسه با تیمارهای دیگر آبیاری بیشتر بوده است.

تمامی صفات رشدی نظیر ارتفاع، تعداد گل، غنچه، قطر ساقه، تعداد برگ، و سطح برگ گیاه به‌طور معنی‌داری تحت اثرات سه‌گانه اکوتیپ، تنش خشکی و بستر کشت قرار گرفت (جدول ۳). با کاهش آبیاری از ۸۰ به ۴۰ ٪ ظرفیت زراعی ارتفاع هر دو اکوتیپ در بسترهای مختلف کاهش یافت، به‌نحویکه در اکوتیپ مشهد در بستر خاک+کود دامی و بستر خاک+شلتوک برنج به‌ترتیب، ۳۴، ۳۰ درصد کاهش یافت. بیشترین ارتفاع، در اکوتیپ مشهد تحت تیمار ۸۰٪ ظرفیت زراعی کشت‌شده در خاک+ کود دامی (۱۳۶ سانتی‌متر) و کمترین میزان آن در اکوتیپ تهران تحت تیمار ۴۰ ٪ ظرفیت زراعی کشت‌شده در هر دو اکوتیپ تحت تیمار ۴۰ ٪ ظرفیت زراعی در تمامی بسترها به ثبت رسید (شکل ۵a). مقایسه میانگین داده‌های قطر ساقه گیاهان نشان داد که بیشترین میزان این شاخص در اکوتیپ مشهد و تهران تحت تیمار ۸۰ ٪ ظرفیت زراعی با بستر کشت خاک+ کود دامی ثبت شد. در اکوتیپ مشهد و تهران تحت تیمار آبیاری ۶۰ و ۴۰ ٪ ظرفیت زراعی در بسترهای خاک+ شلتوک برنج، خاک+ کاه و کلش گندم و بستر خاکی تفاوت معنی‌داری ازنظر قطر ساقه مشاهده نشد (شکل ۵b). با افزایش تنش خشکی از تعداد اندام‌های زایشی نظیر گل و غنچه در تمامی بسترهای کشت کاسته شد. مقایسه میانگین اثرات سه‌گانه بر تعداد گل و غنچه نشان داد

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-27]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.47.12.1]



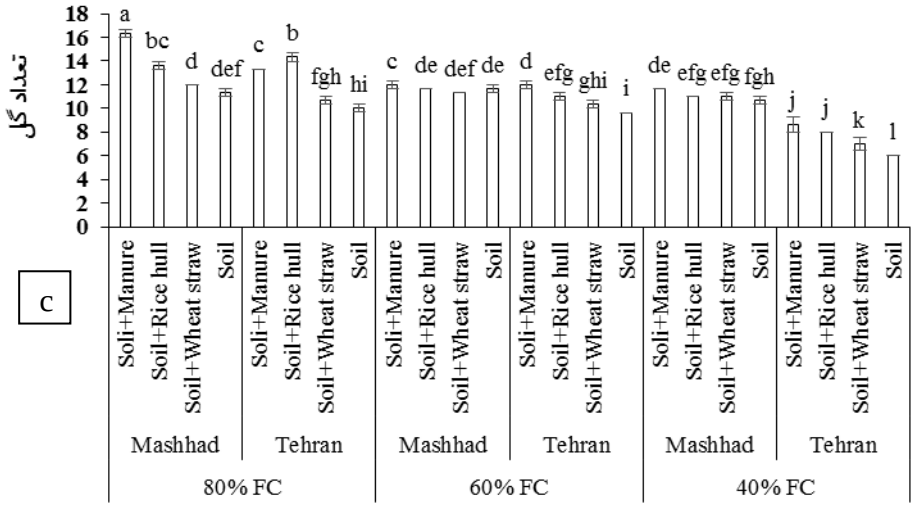
شکل ۵- اثرات تنش خشکی بر ارتفاع (a) و قطر ساقه (b) اکوتیپ‌های ختمی تحت بسترهای مختلف. میانگین‌های (n=۳) دارای حروف مشابه براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند. تیمارهای آزمایش: تنش خشکی (۸۰، ۶۰، ۴۰ ٪ ظرفیت زراعی)، اکوتیپ (مشهد و تهران)، و بسترهای کشت (خاک+کود دامی، خاک+شلتوک، خاک+کاه و کلش گندم و خاک مزرعه).

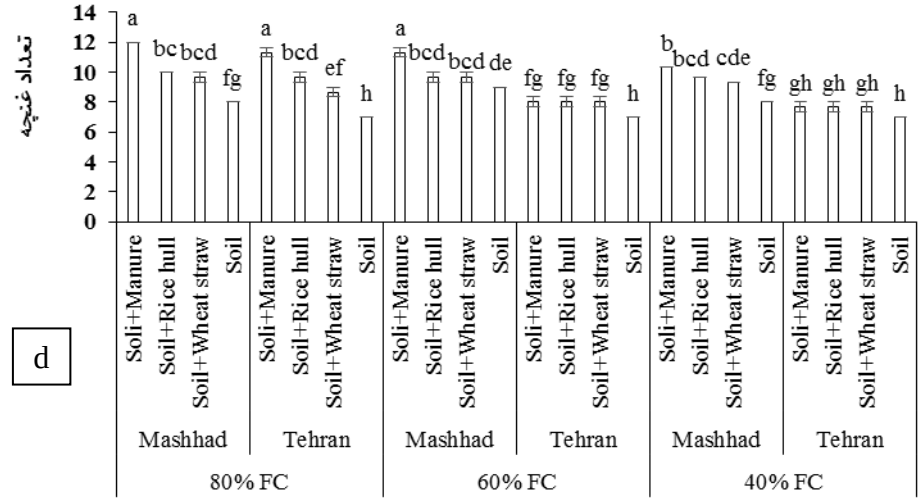
که در اکوتیپ مشهد با کاهش آبیاری از ۸۰ به ۴۰ ٪ ظرفیت زراعی این شاخص‌ها در بستر کشت خاک+ کود دامی به‌ترتیب، ۲۸ و ۱۴ درصد و در اکوتیپ تهران، ۳۵ و ۳۲ درصد کاهش یافت (شکل ۵d,c).

تعداد برگ با کاهش آبیاری در هر دو اکوتیپ و در تمامی بسترها کاهش یافت، در اکوتیپ مشهد تحت تیمار آبیاری ۸۰٪ ظرفیت زراعی و بستر کشت خاک+ کود دامی با کاهش آبیاری تا ۴۰ ٪ ظرفیت زراعی تعداد برگ، ۱۸ درصد کاهش یافت و در اکوتیپ تهران، ۲۵ درصد کاهش یافت. کمترین میزان این شاخص نیز در اکوتیپ تهران تحت تیمار ۴۰ ٪ ظرفیت زراعی و بستر کشت، خاک+ کاه و کلش و خاک زراعی (۳۰ عدد در گیاه) به ثبت رسید (شکل ۶a). در آزمایش حاضر، در تیمار ۸۰٪ ظرفیت زراعی بین دو اکوتیپ در بسترهای کشت مختلف، بیشترین مساحت برگ در اکوتیپ مشهد با بستر خاک+ کود دامی و کمترین در اکوتیپ تهران با بستر خاک مزرعه به ثبت رسید (به‌ترتیب، ۳۶۰۳ و ۲۷۹۳ سانتی‌متر مربع).

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-27]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.47.12.1]



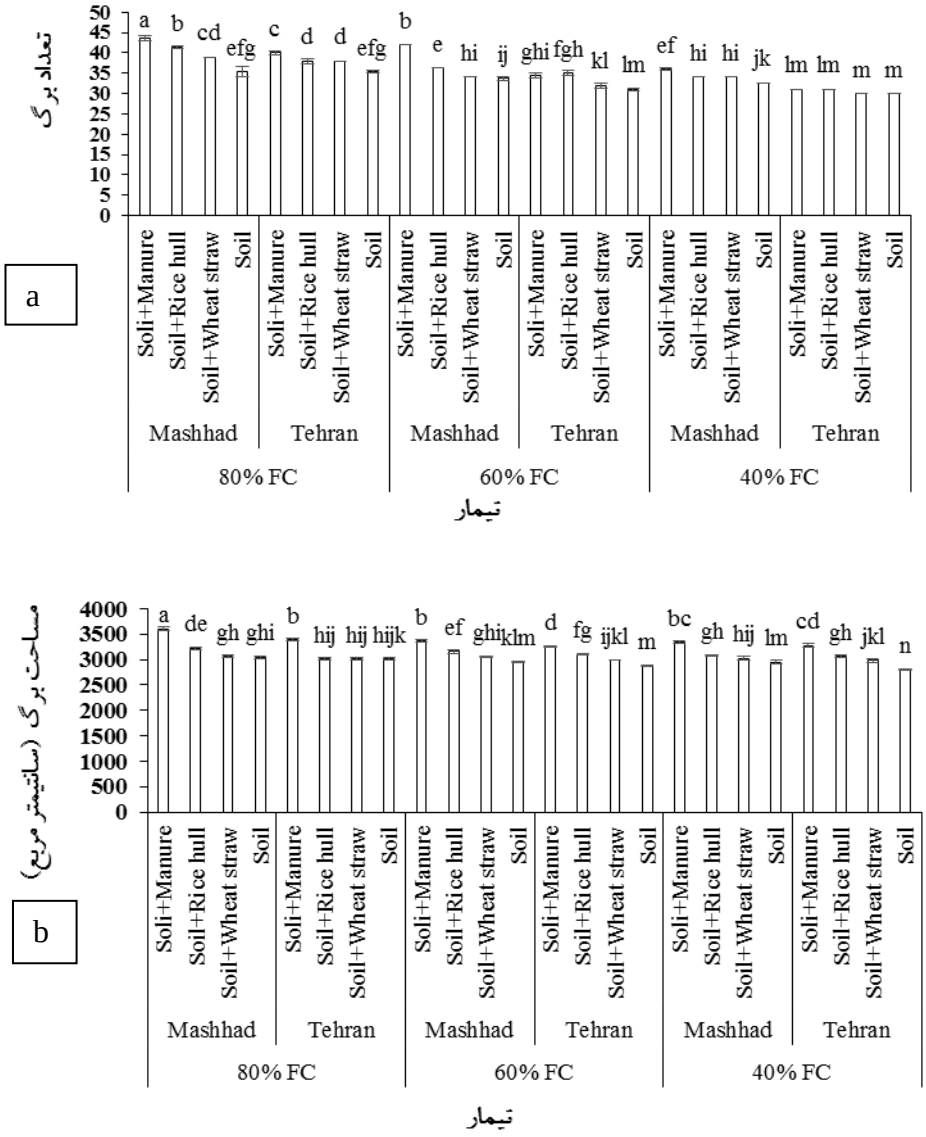


ادامه شکل ۵- اثرات تنش خشکی بر تعداد گل (c) و تعداد غنچه (d) اکوتیپ‌های ختمی تحت بسترهای مختلف. میانگین‌های (n=۳) دارای حروف مشابه براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند. تیمارهای آزمایش: تنش خشکی (۸۰، ۶۰، ۴۰ ٪ ظرفیت زراعی)، اکوتیپ (مشهد و تهران)، و بسترهای کشت (خاک+کود دامی، خاک+شلتوک، خاک+کاه و کلش گندم و خاک مزرعه).

افزایش تنش خشکی در اکوتیپ مشهد و تهران با بسترهای کشت مختلف از مساحت برگ گیاهان کاسته شد، به‌نحویکه با کاهش آبیاری از ۸۰ به ۴۰ ٪ ظرفیت زراعی از مساحت برگ در بستر خاک+کود دامی به‌ترتیب، ۷ و ۳ درصد کاسته شد (شکل 6b).

شاخص‌های رشدی به‌طور معنی‌داری تحت‌تأثیر تنش خشکی قرار می‌گیرند (Sarshad *et al.*, 2021; Seleiman *et al.*, 2021). کاربرد کودها سبب تخفیف اثر تنش خشکی بر شاخص‌های رشدی می‌شود به‌نحویکه، Sharifi و همکاران (۲۰۱۷) در بررسی اثر تنش خشکی بر گیاه بابونه (*Matricaria chamomilla* L.) نشان دادند که بیشترین عملکرد گل (۲۷۷ کیلوگرم در هکتار) در تیمار ۵۰ میلی‌متر

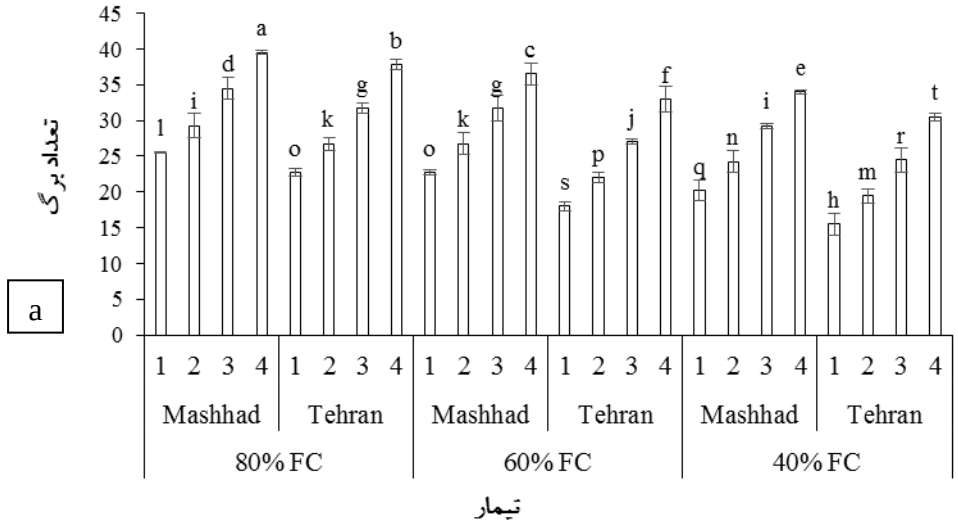
[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-27]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.47.12.1]

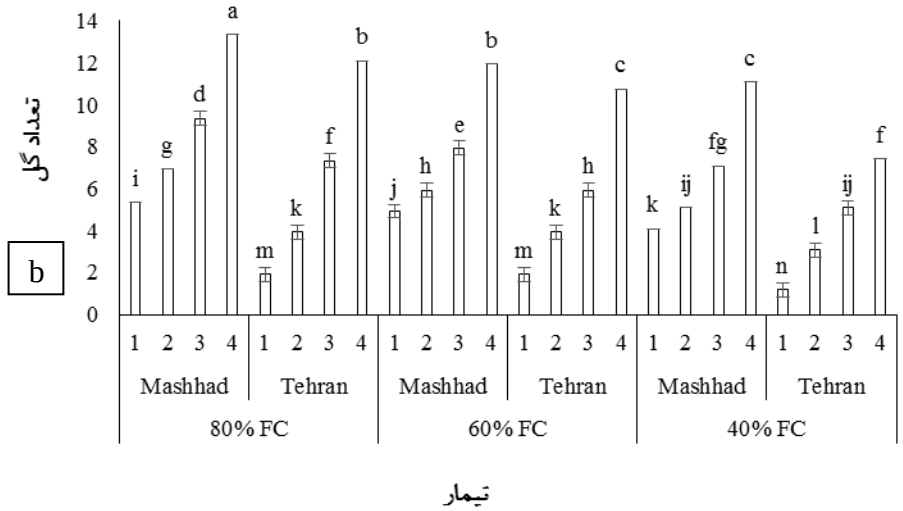


شکل ۶- اثرات تنش خشکی بر تعداد برگ (a) و مساحت برگ (b) اکوتیپ‌های ختمی تحت بسترهای مختلف در مزرعه. میانگین‌های دارای حروف مشابه براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند تیمارهای آزمایش: تنش خشکی (۸۰، ۶۰، ۴۰ ٪ ظرفیت زراعی)، اکوتیپ (مشهد و تهران)، و بسترهای کشت (خاک+کود دامی، خاک+شلتوک، خاک+کاه و کلش گندم و خاک مزرعه).

تبخیر از تشتک تبخیر و در بین تیمارهای کودی، بیشترین عملکرد گل (۲۲۳ کیلوگرم در هکتار) در تیمار ۱۰ تن در هکتار کود به ثبت رسید. کاربرد کود گاوی در شرایط تنش خشکی سبب افزایش صفات رشدی و شیمیایی این گیاه شد. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که در تمامی تیمارهای خشکی بیشترین تعداد گل در تیمار کودی ۱۰ تن در هکتار و کمترین تعداد گل در تیمارهای بدون کودی به ثبت رسید. با افزایش تنش خشکی با کاربرد تیمار کودی بر تعداد گل افزوده شد. احمدیان و همکاران (۱۳۸۹) کاربرد کودهای شیمیایی، گاوی و کمپوست را بر تعداد گل‌های گیاه بابونه در شرایط تنش خشکی بررسی نمودند و نتایج نشان داد که افزایش تنش خشکی از ۹۰ به ۵۰ ٪ ظرفیت زراعی تعداد گل‌ها را از ۱۵۸ به ۹۱ کاهش داد و در صورت کاربرد تیمارهای کودی بر تعداد گل‌ها در شرایط تنش خشکی افزوده شد. کاربرد کودهای حاوی پتاسیم نیز شاخص‌های رشدی را نظیر ارتفاع گیاه مریم‌گلی (Soltanbeigi *et al.*, 2021) و تعداد برگ و قطر

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-27]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.47.12.1]





شکل ۷- اثرات تنش خشکی بر تعداد برگ (a) و تعداد گل (b) اکوتیپ‌های ختمی در طول زمان. میانگین‌های دارای حروف مشابه بر-اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند. تیمارهای آزمایش: تنش خشکی (۸۰، ۶۰، ۴۰ ٪ ظرفیت زراعی)، اکوتیپ (مشهد و تهران)، و زمان (هفته اول، دوم، سوم و چهارم).

ساقه اکالیپتوس لیمویی (Lopo de Sa *et al.*, 2014) گیاهان تحت شرایط خشکی را افزایش داد.

در آزمایش حاضر برگ گیاهان در شرایط تنش خشکی شدید ریزش یافت بدین منظور سطح برگ نسبت به شرایط رطوبت کافی کاهش یافت و این ممکن است تطابق مثبت در جهت خونمودن به شرایط کم‌آبی باشد (Kozlowski and Pallardy, 2002). صفات رویشی گیاه توسط کاهش آبیاری، کاهش یافت اما این کاهش در اکوتیپ مشهد نسبت به تهران کمتر بود. در آبیاری ۸۰ ٪ ظرفیت زراعی و بستر کشت خاک + کود دامی به‌دلیل جذب بیشتر عنصر نیتروژن رشد اندام‌های رویشی نیز افزوده شده است زیرا Wang و همکاران (۲۰۲۱) نشان دادند که کاربرد کودهای حاوی نیتروژن همراه با کاه در گیاه پنبه (*Gossypium hirsutum* L.) سبب افزایش کارایی مصرف نیتروژن و میزان نیتروژن برگی شد. تنش خشکی سبب کاهش تمامی صفات مورد بررسی نظیر: ارتفاع، تعداد برگ و قطر ساقه دو اکوتیپ شد. اما این کاهش در اکوتیپ مشهد نسبت

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-27]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.47.12.1]

به تهران کمتر بود. از طرفی بیشترین میزان این شاخص‌ها در بسترهای حاوی کودهای حیوانی ثبت شد، به‌نحویکه با بررسی‌های برگی، بیشترین عنصر نیتروژن مورد بررسی در برگ این گیاهان حضور داشت. اثر این عنصر در بسترهای خاک+کود دامی، تنش خشکی را در این گیاهان تخفیف داد به‌طوریکه این نتایج مطابق با نتایج Rohbakhsh (۲۰۱۳) بود.

نتایج نشان داد که اثرات متقابل اکوتیپ، خشکی و زمان بر تعداد برگ معنی‌داری در سطح یک درصد معنی‌دار بود، به‌نحویکه بیشترین تعداد برگ در اکوتیپ مشهد تحت تیمار آبیاری ۸۰ ٪ ظرفیت زراعی در هفته چهارم (۳۹ برگ در بوته) به ثبت رسید. در اکوتیپ مشهد و تهران به‌ترتیب با کاهش آبیاری از ۸۰ تا ۴۰ ٪ ظرفیت زراعی در هفته چهارم، تعداد برگ به‌ترتیب، ۱۴ و ۲۰ درصد کاهش یافت (شکل ۷a). تعداد گل نیز تحت اثرات سه‌گانه خشکی، اکوتیپ و زمان قرار گرفتند. در هر دو شاخص با کاهش سطح آبیاری از تعداد اجزای زایشی کم شد به‌نحویکه، در اکوتیپ مشهد و تهران با افزایش تنش خشکی از ۸۰ به ۴۰ ٪ ظرفیت زراعی تعداد گل به‌ترتیب، ۱۷ و ۳۸ درصد کاهش یافت. بیشترین تعداد گل در اکوتیپ مشهد تحت آبیاری ۸۰ ٪ ظرفیت زراعی در هفته چهارم به ثبت رسید (شکل ۷b). نتایج نشان داد که با گذشت زمان بر تعداد برگ و گل گیاه ختمی افزوده شد هر چند که با افزایش تنش خشکی از صفات رشدی گیاه کاسته شد اما این روند نزولی در اکوتیپ تهران بیشتر بود که کاهش صفات رشدی تحت تنش خشکی در بسیاری از تحقیقات به‌دلیل افزایش نشت الکترولیت، تغییرات آنتی‌اکسیدانی و فتوسنتز به ثبت رسیده است (Sankar *et al*., 2008; Jabborova *et al*., 2021)، اما نتایج همچنین نشان‌دهنده این مطلب است که گیاه ختمی در شرایط کم آبیاری شدید نیز تا ۴۰ ٪ ظرفیت زراعی قادر به ادامه رشد می‌باشد.

نتیجه‌گیری

در مورد نوع گیاهان زینتی که در مناطق خشک و نیمه‌خشک کشت می‌شوند باید تجدیدنظر شود. همچنین برخی گیاهان با نیاز آب زیاد باید گیاهانی با نیاز آبی کم جایگزین شوند. از آنجا که ختمی گیاهان کم‌توقعی هستند می‌توانند در مناطق خشک به‌خوبی رشد کنند، بنابراین می‌توانند به‌عنوان گونه‌های مناسب برای کشت در فضای سبز در نظر گرفته شوند و می‌توانند شرایط خشکسالی را تا ۴۰ درصد ظرفیت زراعی در خاک اصلاح‌شده تحمل کنند. همچنین کاربرد کودهای دامی در بستر کشت با افزایش عناصر غذایی و افزایش صفات رشدی سبب افزایش مقاومت این گیاهان به تنش خشکی می‌شود.

منابع

احمدیان، الف.، قنبری، الف.، سیاهسر، ب.، حیدری، م.، رمرودی، م. و موسوی نیک، س. م. (۱۳۸۹) اثر بقایای کود شیمیایی، دامی و کمپوست بر عملکرد، اجزای عملکرد، برخی خصوصیات فیزیولوژیک و میزان اسانس بابونه تحت شرایط تنش خشکی. نشریه پژوهش‌های زراعی ایران ۸: ۶۷۶-۶۶۸.

امامی، الف. (۱۳۷۵) روش‌های تجزیه گیاهی. جلد اول. نشریه فنی شماره ۹۸۲. مؤسسه تحقیقات خاک و آب تهران.

قاسمی قهساره، م. و کافی، م. (۱۳۹۱) گلکاری علمی و عملی. جلد اول. ناشر مؤلف.

Ahmad, I., Saeed, H. A. U. R. and Khan, M. A. S. (2020) Ornamental horticulture: Economic importance, current scenario and future prospects. In Etiology and Integrated Management of Economically Important Fungal Diseases of Ornamental Palms. Pp. 3-40. Springer, Cham.

Ahmed, B., Roy, C. D., Subramaniam, S. A., Ganie, D., Kwatra, D., Dixon, D., Anant, A., Zarqar, M. A. and Umar, S. (2016) An ornamental plant targets epigenetic signaling to block cancer stem cell driven colon carcinogenesis. Carcinogenesis 37: 385-396.

Al-Sayed, H. M., Hegab, S. A., Youssef, M. A. And Khalafalla, M. Y. (2019) Integrated effect of inorganic and organic nitrogen sources on growth and yield of roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.). Assiut Journal of Agricultural Sciences 50: 164-183.

Arnon, D. I. (1949) Copper enzymes in isolation chloroplast phenoloxidase in *Beta vulgaris*. Plant Physiology 24: 1-15.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-27]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.47.12.1]

Bi, Q. F., Li, K. J., Zheng, B. X., Liu, X. P., Li, H. Z., Jin, B. J., Ding, K., Yang, X. R., Lin, X. Y. and Zhu, Y. G. (2020) Partial replacement of inorganic phosphorus (P) by organic manure reshapes phosphate mobilizing bacterial community and promotes P bioavailability in a paddy soil. Science of The Total Environment 703: 134977.

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.

Briat, J. F., Gojon, A., Plassard, C., Rouached, H. and Lemaire, G. (2020) Reappraisal of the central role of soil nutrient availability in nutrient management in light of recent advances in plant nutrition at crop and molecular levels. European Journal of Agronomy 116: 126069.

Burt, S. A. and Reinders, R. D. (2003) Antibacterial activity of selected plant essential oils against *Escherichia coli* O157: H7. Letters in Applied Microbiology 36: 162-167.

Cakmak, I. (2005) The role of potassium in alleviating detrimental effects of abiotic stresses in plants. Journal of Plant Nutrition 168: 521-530.

Chandra, P., Wunnava, A., Verma, P., Chandra, A. and Sharma, R. K. (2021) Strategies to mitigate the adverse effect of drought stress on crop plants—influences of soil bacteria: A review. Pedosphere 31: 496-509.

Cherel, I. (2004) Regulation of K^+ channel activities in plants, from physiological to molecular aspects. Journal of Exprimental of Botany, 55: 337-351.

Dogan, M., Odabasioglu, C., Kilincoglu, N. and Copur, O. (2021) The effect of different nitrogen does and water levels on enzyme activities in cotton (*Gossypium hirsutum* L.) plant grown under harran plain conditions. Fresenius Environmental Bulletin 30: 5676-5685.

Emadodin, I., Reinsch, T. and Taube, F. (2019) Drought and desertification in Iran. Hydrology 6: 66.

Getachew, M. (2014) Influence of soil water deficit and phosphorus application on phosphorus uptake and yield of Soybean (*Glycine max* L.) at Dejen, North-West Ethiopia. American Journal of Plant Sciences 5: 1889-1906.

Ghazi, D. A. (2017) Impact of drought stress on maize (*Zea mays*) plant in presence or absence of salicylic acid spraying. Journal of Soil Sciences and Agricultural Engneering 8: 223-229.

He, M. and Dijkstra, F. A. (2014) Drought effect on plant nitrogen and phosphorus, a metaanalysis. New Phytologist 204: 924-93.

Hermans, K. and McLeman, R. (2021) Climate change, drought, land degradation and migration: exploring the linkages. Current Opinion in Environmental Sustainability 50: 236-244.

Hussain, L., Akash, M. S. H., Tahir, M., Rehman, K. and Ahmed, K. Z. (2014) Hepatoprotective effects of methanolic extract of *Alcea rosea* against acetaminophen-induced hepatotoxicity in mice**.** Bangladesh Journal of Pharmacology 9: 322-327.

IPCC. (2018) Summary for policymakers. In: Global Warming of 1.5°C. (eds. Masson-Delmotte, V., Zhai, P., Portner, H. O., Roberts, D., Skea, J., Shukla, P. R., Pirani, A., Moufouma-Okia, W., Pean, C., Pidcock, R., Connors, S., Matthews, J. B. R. Chen, Y., Zhou, X., Gomis, M. I., Lonnoy, E., Maycock, T., Tignor, M. and Waterfield, T.) Climate Change 2014: World Meteorological Organization, Geneva, Switzerland.

Jabborova, D., Annapurna, K., Al-Sadi, A. M., Alharbi, S. A., Datta, R. and Ansari, M. J. (2021) Biochar and Arbuscular mycorrhizal fungi mediated enhanced drought tolerance in Okra (*Abelmoschus esculentus*) plant growth, root morphological traits and physiological properties. Saudi Journal of Biological Sciences. In press.

Keshavarz Mirzamohammadi, H., Modarres-Sanavy, S. A. M., Sefidkon, F. Mokhtasi-Bidgoli, A. and Mirjalili, M.H (2021). Irrigation and fertilizer treatments affecting rosmarinic acid accumulation, total phenolic content, antioxidant potential and correlation between them in peppermint (*Mentha piperita* L.). Irrigation Science 39: 671-683

Kjeldal, S. E. (1998) An investigation of several psychological factors impinging on the perception of fresh fruits and vegetables. Ph.D. Thesis. University of New England, Australia.

Kozlowski, T. T. and Pallardy, S. G. (2002) Acclimation and adaptive responses of woody plants to environmental stresses. The Botanical Review 68*:* 270-334.

Lin, W., Lin, M., Zhou, H., Wu, H., Li, Z. and Lin, W. (2019) The effects of chemical and organic fertilizer usage on rhizosphere soil in tea orchards. PloS One 14: e0217018.

Liu, D., Ding, Z., Ali, E. F., Kheir, A. M. S., Eissa, M. A. and Ibrahim, O. H. M. (2021) Biochar and compost enhance soil quality and growth of roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) under saline conditions. Scientific Reports 11: 8739.

Lopo de Sa, A. F., Valeri, S. V., Pessoa da Cruz, M. C., Barbosa, J. C. and Rezende, G. M. (2014) Effects of potassium application and soil moisture on the growth of *Corymbia citriodora* plants. Matheus Pozzetti Teixeira. Cerne 20: 645-651.

Lutatenekwa, D. L., Mtengeti, E. J. and Msalya, G. M. (2020) A review of plant characterization: First step towards sustainable forage production in challenging environments. African Journal of Plant Science 14: 350-357.

Mohamed, H. I., El-Sayed, A. A., Rady, M. M., Caruso, G., Sekara, A. and Abdelhamid, M. T. (2021) Coupling effects of phosphorus fertilization source and rate on growth and ion accumulation of common bean under salinity stress. PeerJ 9:e11463

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-27]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.47.12.1]

Murugan, A. V. and Swarnam, T. P. (2013) Nitrogen release pattern from organic manures applied to an acid soil. Journal of Agriculture Scice 5: 74-184.

Nakano, Y. and Asada, K. (1981) Hydrogen peroxide is scavenged by ascorbate-specific peroxidase in spinach chloroplasts. Plant Cell Physiology 22*:* 867-880.

Nazari, M., Sadeghi, S. M. M., Van Stan, J. T. and Chaichi, M. R. (2020) Rainfall interception and redistribution by maize farmland in central Iran. Journal of Hydrology: Regional Studies 27: 100656.

Peng, J., Feng, Y., Wang, X., Li, J., Xu, G., Phonenasy, S., Luo, Q., Han, Z. and Lu, W. (2021) Effects of nitrogen application rate on the photosynthetic pigment, leaf fluorescence characteristics, and yield of indica hybrid rice and their interrelations. Science Report 11: 7485.

Puthiyottil, P. and Akkara, Y. (2021) Pre treatment with *Bacillus subtilis* mitigates drought induced photo-oxidative damages in okra by modulating antioxidant system and photochemical activity. Physiology and Molecular Biology of Plants 27: 945-957

Rohbakhsh, H. (2013) Alleviating adverse effects of water stress on growth and yield of forage sorghum by potassium application. Advances in Environmental Biology *7*: 40-46.

Sanayei, S., Barmaki, M., Ebadi, A. and Torabi Giglou, M. (2021) Amelioration of water deficiency stress in roselle (*Hibiscus sabdariffa*) by arbuscular mycorrhizal fungi and plant growth-promoting rhizobacteria. Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca 49: 11987-11987.

Sankar, B., Abdul Jaleel, C., Manivannan, P., Kishorekumar, A., Somasundaram, R. and Panneerselvam, R. (2008) Relative efficacy of water use in five varieties of *Abelmoschus esculentus* (L.) Moench. under water-limited conditions. Colloids and Surfaces B: Biointerfaces 62: 125-129.

Sarshad, A., Talei, D., Torabi, M., Rafiei, F. and Nejatkhah, P. (2021) Morphological and biochemical responses of *Sorghum bicolor* (L.) Moench under drought stress. SN Applied Sciences 3: 1-12.

Seleiman, M. F., Al-Suhaibani, N., Ali, N., Akmal, M., Alotaibi, M., Refay, Y., Dindaroglu, T., Abdul-Wajid, H. H. and Leonardo Battaglia, M. (2021) Drought stress impacts on plants and different approaches to alleviate its adverse effects. Plants 10: 259.

Seyyednejad, S. M., Koochak, H., Darabpour, E. and Motamedi, H. (2011) A survey on *Hibiscus rosea sinensis*, *Alcea rosea* L. and *Malva neglecta* Wallr as antibacterial agents. Asian Pacific Journal of Tropical Medicine 3: 351-355.

Shahraki, A. S., Shahraki, J. and Monfared, S. A. H. (2021) An integrated model for economic assessment of environmental scenarios for dust stabilization and sustainable flora–fauna ecosystem in international Hamoun wetland. Environment, Development and Sustainability 23: 947-967.

Sharifi, P., Seyedsalehi, M., Paladino, O. and Kyzas, G. Z. (2017) Investigation of morphological and phytochemical changes and tolerance threshold of chamomile under drought stress conditions. International Journal of Pure and Applied Zoology 5: 85-91.

Soltanbeigi, A., Yıldız, M., Dıraman, H., Terzi, H., Sakartepe, E. and Yıldız, E. (2021) Growth responses and essential oil profile of *Salvia officinalis* L. influenced by water deficit and various nutrient sources in the greenhouse. Saudi Journal of Biological Sciences. In press.

Soroori, S., Danaee, E., Hemmati, K., Moghadam, A. L. and Garmsar, I. (2021) Effect of foliar application of proline on morphological and physiological traits of *Calendula officinalis* L. under drought stress. Journal of Ornamental Plants 11: 13-30.

Stewert, R. C. and Bewley, J. D. (1980) Lipid peroxidation associated with accelerated aging of soybean axes. Plant Physiology 65: 245-248.

Taiz, L. and Zeiger, E. (2002) Plant Physiology. 3rd Ed. Sunderland, MA ,USA, Sinauer Associates.

Toungos, M. D. and Bulus, Z. W. (2019) Cover crops dual roles: Green manure and maintenance of soil fertility, A review. International Journal of Innovative Agriculture and Biology Research 7: 47-59.

Ullah, M. I., Riaz, M., Arshad, M., Khan, A. H., Afzal, M., Khalid, S., Mehmood, N., Ali, S., Khan, A. M., Zahid, S. M. A. and Riaz, M. (2019) Application of organic fertilizers affect the citrus leafminer, *Phyllocnistis citrella* (Lepidoptera: Gracillariidae) infestation and citrus Canker Disease in Nursery plantations. International Journal of Insect Science 11: 1179543319858634.

Wang, Z., Wang, Z., Ma, L., Lv, X., Meng, Y. and Zhou, Z. (2021) Straw returning coupled with nitrogen fertilization increases canopy photosynthetic capacity, yield and nitrogen use efficiency in cotton. European Journal of Agronomy 126: 126267.

Wessel, D. and Flugge, U. I. (1984) A method for the quantitative recovery of protein in dilute solution in the presence of detergents and lipids. Analytical Biochemistry 138: 141-143.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-27]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.47.12.1]

Effect of soil modifiers on hollyhock plants (*Alcea rosea* L.) under drought stress

Toktam Oraee, Mahmoud Shoor*, Ali Tehranifar, Hossein Nemati, Atiyeh Oraee

Department of Horticultural Science and Landscape Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad

(Received: 03/07/2021, Accepted: 11/10/2021)

Abstract

Survival of ornamental plants as a vital factor in green spaces has been threatened by climate change and drought stress. An experiment was designed to investigate the effect of soil modifiers on the growth of two plants of the Hollyhock ecotype under drought conditions at Ferdowsi University of Mashhad in 2021. Experimental Treatments included two ecotypes (Mashhad, Tehran), three drought stress levels (80, 60, 40% FC), and four substrates (soil, soil + manure, soil + rice hull, soil + wheat straw). Macroelements (nitrogen, phosphorus, and potassium) of leaves, physiological characteristics of plants, (total chlorophyll, proteins, and enzyme activities), and morphological traits (height, the diameter of the stem, number of leaves, bud, flowers, and leaf area) were measured. The effect of time on the number of Hollyhock leaves under drought stress was also recorded. Treatments affected all physiological and growth parameters of Hollyhock plants, and a significant amount of physiological traits (chlorophyll) and growth parameters were recorded in the Mashhad ecotype below 80% FC in soil + manure. The triple interactions of ecotype, drought stress, and culture medium on protein content, superoxide dismutase activity, and ascorbate peroxidase activity were not significant, but enzyme activity was increased with increasing drought stress. Also, the number of leaves and flowers had a decreasing trend with increasing drought stress. The results showed that applying manure with soil by providing macro elements reduced the adverse effects of drought stress in Hollyhock and increased drought stress resistance in both ecotypes.

Keywords: Hollyhock, Growth medium, Ecotype, Nutrients

Corresponding author, Email: shoor@um.ac.ir

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-27]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1401.11.47.12.1]