مقاله پژوهشی

نشریه فیزیولوژی محیطی گیاهی، سال شانزدهم، شماره ۶۳، پاییز ۱۴۰۰ / صفحات: ۳۴-۱۶
Doi: 10.30495/iper.2021.679527 Dor: 20.1001.1.76712423.1400.16.63.3.5

بررسی برخی صفات فیزیومورفولوژیکی توده‌های مختلف خرفه (*Portulaca oleracea* L.) تحت شرایط تنش خشکی

الهام عزیزی* یونس رضاپورجغال، منصوره کرمانی، علی معصومی

گروه علوم کشاورزی، دانشگاه پیام نور، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۹/۰٤ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۱/۱۲

چکیده

گیاه خرفه (*Portulaca Oleracea* L.) از گیاهان دارویی ارزشمند مناطق گرم و خشک است. با توجه به این که تنش خشکی یکی از مهمترین عوامل محدودکننده تولید محصولات کشاورزی در این مناطق است، این تحقیق با هدف ارزیابی تحمل توده‌های مختلف گیاه دارویی خرفه به تنش خشکی، در بهار سال ۱۳۹۵ در گلخانه دانشگاه پیام نور شهرستان درگز اجرا شد. این آزمایش، بصورت فاکتوریل درقالب طرح کاملاً تصادفی، با چهار سطح تنش خشکی (حد ظرفیت زراعی، ۷۵ درصد ظرفیت زراعی، ۵۰ درصد ظرفیت زراعی و ۲۵ درصد ظرفیت زراعی) و ۵ توده بومی خرفه (قم، کلات، سبزوار، یزد، گچساران) با سه تکرارانجام شد. صفات مورد بررسی شامل محتوای آب نسبی برگ، ضریب ثبات غشاء، میزان رنگدانه‌های فتوسنتزی، ضریب ثبات کلروفیل (سنجش میزان کلروفیل‌ها وکاروتنوئیدها)، میزان پرولین، میزان کربوهیدرات محلول برگی، وزن تروخشک به تفکیک اندام‌های ریشه، برگ، ساقه، قطرتاج خرفه، تعداد برگ، تعداد انشعابات و ارتفاع بوته در دو مرحله رشد رویشی و زایشی بودند. نتایج آزمایش نشان داد که افزایش تنش خشکی سبب کاهش مقدار نسبی آب گیاه، شاخص پایداری غشاء سلول و افزایش معنی داری در شاخص کلروفیل برگ، مقدارکاروتنوئیدها، پرولین و کربوهیدرات‌های توده‌های مختلف خرفه گردید. ارقام گچساران و یزد تحت شرایط تنش رطوبتی از شاخص پایداری غشاء بالاتر، محتوای آب نسبی برگ کمتر و عدد کلروفیل متر پائین تری برخوردار بودند. همچنین در بین توده‌های مورد بررسی، توده‌های قم و کلات برتری معنی داری نسبت به توده‌های سبزوار، یزد و گچساران از نظر انباشت پرولین و کربوهیدرات‌های محلول نشان دادند. با افزایش تنش خشکی، وزن تر و خشک ریشه، برگ و ساقه در مراحل رویشی و زایشی کاهش یافت، به‌طوری که بیشترین مقدار این صفات، به‌ترتیب درسطوح ۱۰۰ و ۷۵ درصد ظرفیت زراعی و کمترین مقدار این پارامترها در آبیاری تحت شرایط ۲۵ درصد ظرفیت زراعی حاصل گردید. بنابراین طبق نتایج به‌دست آمده از این پژوهش، بترتیب دو توده قم وکلات در مقایسه با سایرتوده‌ها ازحساسیت کمتری نسبت به تنش خشکی برخوردار بودند و به‌عنوان توده‌های متحمل به خشکی انتخاب شدند. توده‌های گچساران، یزد و سبزوار نیز به‌دلیل داشتن عکس العمل نسبتاً ضعیف در برابر تنش خشکی در بیشتر صفات اندازه گیری شده، به‌عنوان توده‌های حساس به تنش خشکی ارزیابی شدند.

واژه‌های کلیدی: پرولین، شاخص پایداری غشاء، شاخص کلروفیل برگ، مقدار نسبی آب، هیدرات کربن، وزن خشک.

*نویسنده مسئول: azizi40760@gmail.com

مقدمه

خرفه با نام علمی *Portulaca oleracea* L.، گیاه دارویی یکساله از خانواده Portulacaceae، با ساقه‌ای گوشت دار و برگ‌های متقابل و گل‌های کوچک زرد رنگ است (Mohamed and Hussein, 1994). خرفه یکی از گیاهان اقلیم‌های خشک و نیمه خشک است که در بسیاری از کشورهای دنیا هم به صورت خودرو و هم به صورت کشت شده برای اهداف گوناگون از جمله تغذیه انسان، صنایع تبدیلی و دارویی کاربرد دارد (Rashed et al., 2003). مواد لعابی، پکتین، پروتئین، کربوهیدرات، اسیدهای چرب و به ویژه اسیدهای چرب غیراشباع امگا۳، مواد آنتی‌اکسیدان و عناصر معدنی متعدد شامل آهن، مس، منگنز، پتاسیم، کلسیم، فسفر و سلنیوم در اندامهای مختلف این گیاه وجود دارد. خرفه غنی از ویتامین‌های A، C، E و منبع خوبی برای کوآنزیم Q_{10} می‌باشد (Ezekwe et al., 1999). خواص متعدد برای خرفه نظیر ضد اسکوربوت، معالج سرفه‌های مقاوم، تصفیه کننده خون، تب بر، مفید در ترمیم سوختگی‌ها، اثر شل کنندگی عضلات اسکلتی و عضلات صاف و اثرات ضدتشنج ذکر شده است (Parry et al., 1987).

خشکی مهمترین عامل محدود کننده رشد و عملکرد گیاهان به ویژه در مناطق گرم و خشک است (Boyer, 1992). تنش خشکی، ٤٠ تا ٦٠ درصد اراضی زیرکشت جهان را تحت تأثیر قرار می دهد (Nabors, 1990; Bray, 1997). عواملی همچون زمان وقوع و مدت زمان دوام تنش، فراوانی وقوع خشکی، خصوصیات ذاتی خاک، تغییرات و نوسان‌های بارندگی، بر مقاومت به خشکی گیاه اثر دارند و این نشانگر واکنش متفاوت ژنوتیپ‌های مقاوم به خشکی از سالی به سال دیگر است، بنابراین برای اندازه گیری میزان اثر تنش خشکی یکی از رایج ترین روش‌ها، اندازه گیری عملکرد محصول و یا رشد در شرایط خشکی در مقایسه با شاهد می باشد (Ardakani et al., 2008).

Mahdinezhad و همکاران (۲۰۱۹) با بررسی اثر تنش خشکی و محلول پاشی نانو کلات آهن بر دو رقم خرفه (تهران و کازرون) اظهار داشتند که اثر هر سه تیمار بر صفات مورد بررسی معنی‌دار بود به طوری که بیشترین میزان پرولین و قند محلول در رقم کازرون در شرایط ۵۰ درصد ظرفیت زراعی و محلول پاشی آهن حاصل شد. همچنین بیشترین مقدار کلروفیل a، کارتنوئیدها و آنتوسیانین‌ها در رقم کازرون در شرایط آبیاری نرمال مشاهده شد.

Malek و همکاران (۲۰۱۹) در طی تحقیقی، تحمل به خشکی چهار رقم گندم را تحت تنش کم آبی پس از گلدهی بررسی نمودند و نشان دادند که اثر خشکی و رقم بر صفات مورد بررسی معنی‌دار بود به طوری که با افزایش تنش خشکی، عملکرد دانه کاهش یافت ولی انتقال مجدد هیدرات کربن محلول افزایش نشان داد. در بین ارقام مورد بررسی در این تحقیق، ارقام کوهدشت و کریم میزان کلروفیل a، b و کارتنوئیدهای بالاتری در شرایط تنش پس از گلدهی داشتند. نامبردگان اظهار داشتند که این ویژگی باعث تداوم بیشتر مواد فتوسنتزی و تامین بیشتر دانه‌ها و پایداری عملکرد بالاتر در شرایط خشکی گردید.

Shubhra و همکاران (۲۰۰٤) در بررسی‌های خود روی گیاه همیشه بهار (*Calendula officinalis* L.) دریافتند که ارتفاع و تعداد گل در گیاه در شرایط تنش خشکی به شدت کاهش یافت. Okcu و همکاران (۲۰۰۵) بیان کردند که با اعمال سطوح تنش خشکی در گیاه نخود (*Cicer arietinum* L.)، طول اندام‌های هوایی گیاه نخود کاهش یافت. Arshi و همکاران (۲۰۰۵) در تحقیقات خود روی کاسنی (*Cichorium intybus* L.) به این نتیجه دست یافتند که

تنش خشکی سبب کاهش صفات مورد بررسی نظیر تعداد انشعابات و تعداد برگ گردید.

تحقیقات نشان می‌دهد که تنش‌ها علاوه بر کمیت، کیفیت گیاهان را نیز تحت تاثیر قرار می دهند. در تحقیقی، تنش کم آبی در حد ٤٠ درصد ظرفیت مزرعه ای در بادرشبو (*Dracocephalum moldavica* L.) موجب کاهش عملکرد اسانس نسبت به تیمارهای ۱۰۰ درصد و ٦٠ درصد ظرفیت زراعی گردید، ولی باعث افزایش درصد اسانس نسبت به شرایط بدون تنش شد. همچنین بیشترین عملکرد اسانس در تیمار ٦٠ درصد ظرفیت زراعی مشاهده شد (Safikhani et al., 2007). مقدار اسانس در گیاهان افسنطین (*Artemisia absinthium* L.)، بابونه (*Matricaria chamomilla* L.)، اسطوخودوس (*Lavandula angustifolia* L.) و اکالیپتوس (*Eucalyptus* sp.) در شرایط خشکی افزایش یافت، احتمال می رود که اسانس‌ها در ساز وکار مقاومت به خشکی از طریق کاهش تعرق مؤثر باشند. ترکیب اسانس و کیفیت آن نیز در اثر خشکی تغییر می‌کند. به نظر می‌رسد که قابلیت بالای نگهداری آب این مواد، نقش عمده‌ای در سازگاری گیاه با شرایط خشک دارد(Salehi Arjomand, 2006).

با توجه به اهمیت گیاهان دارویی و تاثیر تنش‌های محیطی بر عملکرد کمی و کیفی این گیاهان و همچنین واکنش‌های متفاوت گونه‌ها و ژنوتیپ‌های مختلف، هدف از این تحقیق بررسی تأثیر تنش خشکی بر برخی از ویژگی‌های فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی برخی توده‌های مختلف خرفه بود.

مواد و روش‌ها

این پژوهش گلخانه ای بصورت فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی، با چهار سطح تنش خشکی (حد ظرفیت زراعی، ۷۵ درصد ظرفیت زراعی، ۵۰ درصد ظرفیت زراعی و ۲۵ درصد ظرفیت زراعی) و پنج توده بومی خرفه (قم، کلات، سبزوار، یزد، گچساران) در سه تکرار در دانشگاه پیام نور درگز، در بهار و تابستان سال ۱۳۹۵ انجام شد. به این منظور هر گلدان با گنجایش دو کیلوگرم خاک به‌عنوان یک واحد آزمایشی در نظر گرفته شدو پس از پر کردن آن با نسبت ۱:۱:۱ ماسه بادی،کودحیوانی سوخته و خاک زراعی، ۱۰ عدد بذر گیاه خرفه کشت شد. سطوح مختلف تنش خشکی پس از استقرار کامل بوته و از طریق روش وزنی اعمال گردید. صفات مورد بررسی، وزن تروخشک به تفکیک اندام‌های ریشه، برگ، ساقه در دو مرحله رویشی و زایشی (پس از گذشت ٦٠ روز از کاشت و به فاصله دو هفته ای) و میزان محتوای آب نسبی برگ[1]، ضریب ثبات غشاء[2](MSI)، میزان رنگدانه‌های فتوسنتزی (کلروفیل‌ها و کاروتنوییدها)، پرولین و کربوهیدرات محلول برگی در مرحله زایشی بود.

جهت سنجش میزان آب نسبی برگ از روش Barrs و Weatherley (۱۹٦۲) استفاده شد و مقدار آن، طبق معادله زیر محاسبه گردید (Bayoumi et al., 2008).

$$RWC = \frac{FW - DW}{TW - DW} \times 100$$ معادله (۱)

که در آنFW وزن تر برگ، DW وزن خشک برگ و TW وزن آماس برگ است.

سنجش ضریب ثبات غشاء، طبق روش Premachandra و همکاران (۱۹۹۰) صورت گرفت. برای این منظور، میزان نشت الکترولیت نمونه‌ها ثبت گردید و طبق معادله زیر میزان MSI آنها سنجیده شد.

$$MSI = 1 - \frac{EC_{40}}{EC_{100}}$$ معادله (۲)

1. Relative water content (RWC)
2. Membrane Stability Index (MSI)

برای سنجش میزان کلروفیل‌ها و کاروتنوئیدها از روش Lichtenthaler (۱۹۸۷) و دستگاه اسپکتروفتومتر مدل UV 1601 PC استفاده شد و مقادیر رنگیزه‌ها با معادلات زیر محاسبه گردید.

معادله (۱) $Chl_b = 21.21A_{647} - 5.1A_{664}$

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

معادله (۳) $Chl_T = Chl_a + Chl_b$

معادله (٤)

$$carotenoid = \frac{1000A_{470} - 1.8chl_a - 85.02chl_b}{198}$$

معادله (۵)

۱۰۰× کلروفیل کل در شرایط بدون تنش/ کلروفیل کل در شرایط تنش=CSI

$A_{٦٤٧}$: میزان جذب نوری در طول موج ٦٤٧ نانومتر، $A_{٦٦٤}$: میزان جذب نوری در طول موج ٦٦٤ نانومتر و $A_{٤٧٠}$: میزان جذب نوری در طول موج ٤٧٠ نانومتر می‌باشد.

برای استخراج و سنجش پرولین از روش Bates و همکاران (۱۹۷۳)، استفاده شد و پس از قرائت جذب نوری محلول در۵۲۰ نانومتر، با استفاده از منحنی استاندارد، غلظت پرولین در محلول محاسبه شد.

تجزیه واریانس داده‌ها و ترسیم نمودارها با استفاده از نرم افزارهای Minitab، Mstatc و Excel صورت گرفت و مقایسه میانگین‌ها با آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

نتایج

نتایج تجزیه واریانس وزن تر و خشک اندام‌های هوایی و زیرزمینی خرفه در مرحله رشد رویشی تحت تاثیر تیمارهای مختلف در جدول ۱ نشان داده شده است. اثرات ساده تنش خشکی و توده‌های بومی بر وزن تر ریشه، برگ و ساقه خرفه معنی دار گردید ($P<0.01$). همچنین تیمارهای مورد بررسی بر وزن خشک اندام‌های هوایی و ریشه تاثیر معنی داری داشتند. اثر متقابل سطوح مختلف تنش خشکی و توده‌های مختلف خرفه در مرحله رشد رویشی نیز بر وزن تر و خشک ریشه، برگ و ساقه گیاه خرفه از نظرآماری معنی دار بود ($P<0.01$) (جدول۱).

همانگونه که در جدول ۲ نشان داده شده است، در مرحله رشد زایشی اثرات ساده تنش خشکی و توده‌های بومی خرفه بر وزن تر ریشه و برگ خرفه معنی دار گردید ($P<0.01$) ولی توده بومی بر وزن تر ساقه تاثیر معنی داری نداشت ($P<0.05$). همچنین وزن خشک اندام‌های رویشی گیاه، تحت تاثیر سطوح مختلف خشکی و توده بومی قرار گرفت. اثر متقابل توده بومی و سطوح مختلف خشکی نیز فقط بر وزن تر ریشه، ساقه و برگ و وزن خشک ریشه خرفه از نظر آماری معنی دار بود.

جدول ۱: تجزیه واریانس وزن تر و خشک اندام‌های هوایی و زیرزمینی توده‌های خرفه تحت تنش خشکی در مرحله رشد رویشی

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات					
		وزن تر (گرم در بوته)			وزن خشک (گرم در بوته)		
		ریشه	برگ	ساقه	ریشه	برگ	ساقه
تنش خشکی	۳	۰/۲٤٦**	۳/۰۷۷**	۳/٤٦۷**	۰/۰۰۵**	۰/۰۰۳**	۰/۰۳۱**
توده بومی	٤	۰/۰۱۱**	۰/۰٦۹**	۰/۳۹٦**	۰/۰۰۱**	۰/۰۰۰*	۰/۰۱۰**
تنش خشکی*توده بومی	۱۲	۰/۰۰۳**	۰/۰۳۵**	۰/۰۷۹**	۰/۰۰۰**	۰/۰۰۰**	۰/۰۰۲**
خطا	٤۰	۰/۰۰۱	۰/۰۱٤	۰/۰۱۹	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰
ضریب تغییرات		۱۰/۸۰۰	۹/۲۷۰	۱۲/٦۷۰	۱۵/۵٤۰	۱۳/۸۵۰	۱۳/۹۰۰

**: معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد، *: معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد و ns: غیر معنی‌دار

جدول ۲: تجزیه واریانس وزن تر و خشک اندام‌های هوایی و زیرزمینی توده‌های خرفه تحت تنش خشکی در مرحله رشد زایشی

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات					
		وزن تر (گرم در بوته)			وزن خشک (گرم در بوته)		
		ریشه	برگ	ساقه	ریشه	برگ	ساقه
تنش خشکی	۳	۰/۲۱۳**	۳/۲۰۷**	۳/۱۷۷**	۰/۰۰۹**	۰/۰۰۵**	۰/۵۲۸**
توده بومی	٤	۰/۰۳۲**	۰/۵٤۱**	۰/۰٤۲^{ns}	۰/۰۰۲**	۰/۰۰۰**	۰/۰۰٦*
تنش خشکی*توده بومی	۱۲	۰/۰۱۲**	۰/۲۱٦**	۰/۰۵۵*	۰/۰۰۱**	۰/۰۰۰^{ns}	۰/۰۰۲^{ns}
خطا	٤۰	۰/۰۰۱	۰/۰۱۸	۰/۰۲٤	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۲
ضریب تغییرات		۱۰/۹۸۰	۸/۹۸۰	۱۰/۲۷۰	۱۹/۹٦۰	۱٤/۰۵۰	۱٤/۵۱۰

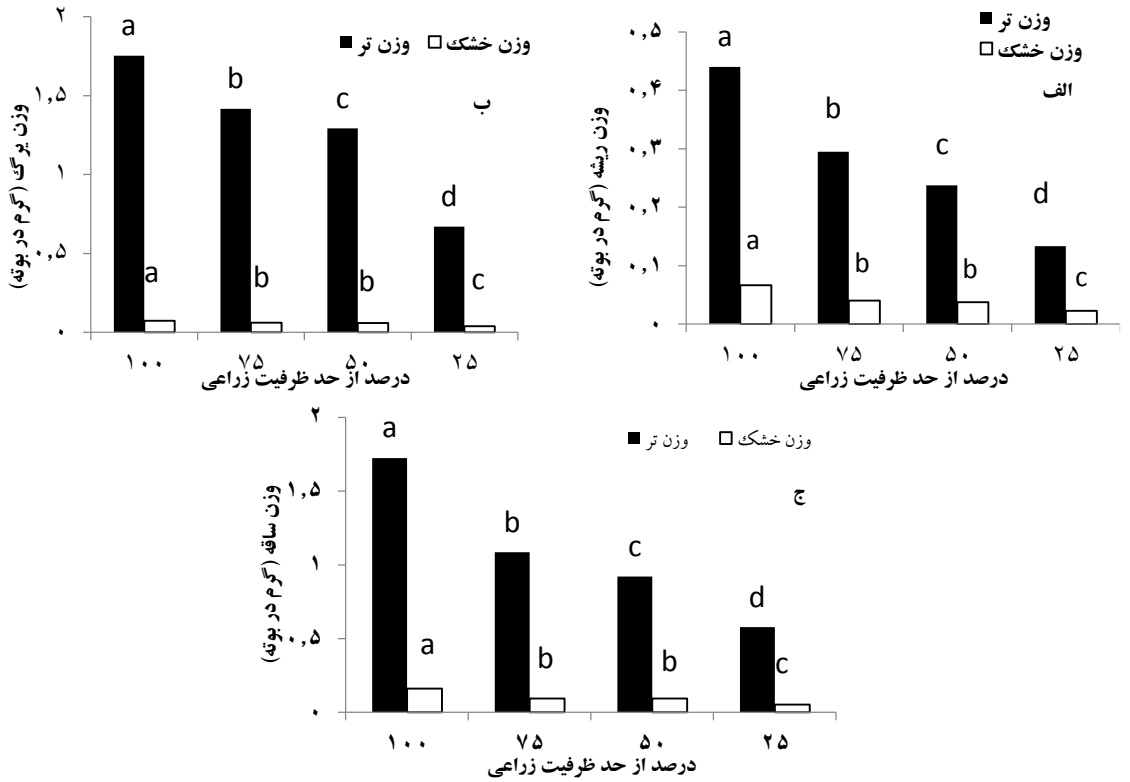
**: معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد، *: معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد و ns: غیر معنی‌دار

وزن تر و خشک اندام‌های مختلف در مرحله رویشی: در مرحله رشد رویشی، با افزایش تنش خشکی، وزن تر و خشک ریشه روند کاهشی معنی داری نشان داد به طوری که بیشترین وزن تر و خشک ریشه در آبیاری تحت شرایط ظرفیت زراعی به‌ترتیب با ۰/٤٤ و۰/۰۷ گرم دربوته و کمترین مقدار این پارامترها در آبیاری تحت شرایط ۲۵ درصد ظرفیت زراعی به‌ترتیب با ۰/۱۳ و۰/۰۲ گرم در بوته حاصل شد (شکل ۱، الف).

در مرحله رشد رویشی، با افزایش تنش خشکی، وزن تر و خشک برگ روند کاهشی معنی داری نشان داد، به طوری که بیشترین وزن تر و خشک برگ در آبیاری تحت شرایط ظرفیت زراعی به‌ترتیب با ۱/۷۵ و۰/۰۷٤ گرم دربوته و کمترین مقدار این پارامترها در آبیاری تحت شرایط ۲۵ درصد ظرفیت زراعی به‌ترتیب با ۰/۰۷ و۰/۰٤ گرم دربوته حاصل شد (شکل۱، ب).

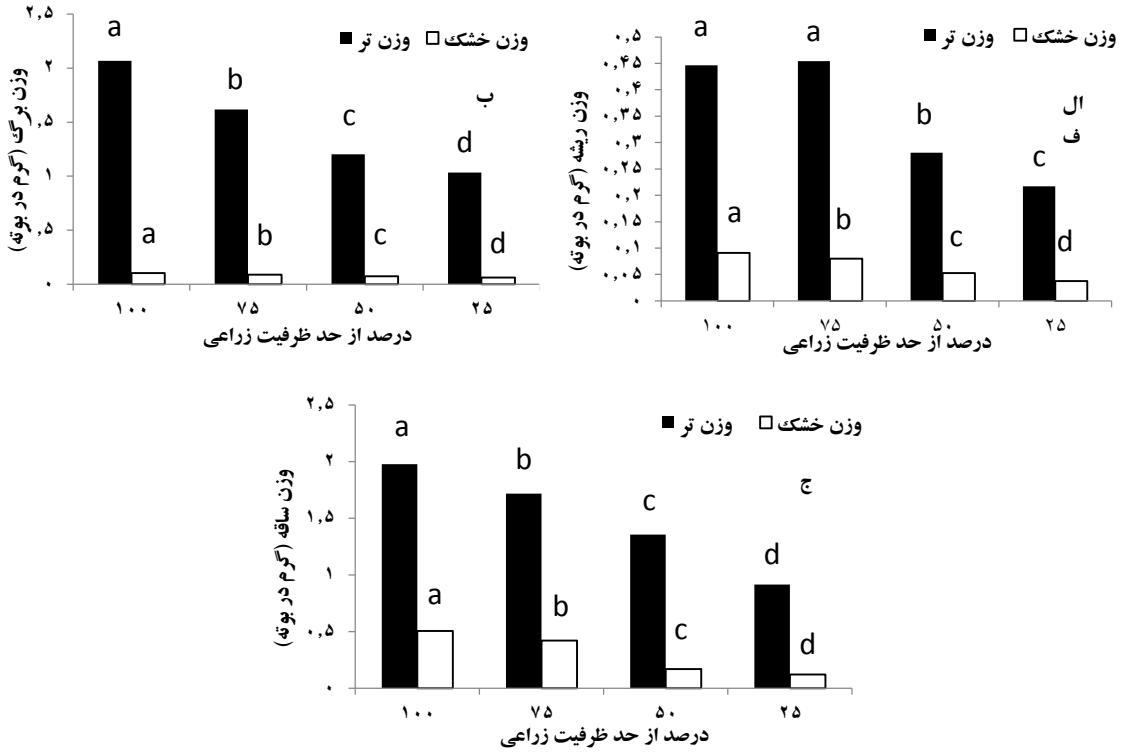
در مرحله رشد رویشی، با افزایش تنش خشکی، وزن تر و خشک ساقه، روند کاهشی معنی‌داری نشان داد، به‌طوری که بیشترین وزن تر و خشک ساقه در آبیاری تحت شرایط ظرفیت زراعی به‌ترتیب با ۱/۷۲ و۰/۱٦ گرم دربوته و کمترین مقدار این پارامترها در آبیاری تحت شرایط ۲۵ درصد ظرفیت زراعی به‌ترتیب با ۰/۵۸ و۰/۰۵ گرم دربوته حاصل شد. همچنین وزن خشک ساقه تحت شرایط ۷۵ و۵۰ درصد ظرفیت زراعی تفاوت معنی داری نداشتند (شکل۱، ج).

در مرحله رشد زایشی، با افزایش تنش خشکی، وزن تر و خشک ریشه روند کاهشی معنی داری نشان داد، به طوری که بیشترین وزن تر و خشک ریشه در آبیاری تحت شرایط ظرفیت زراعی به‌ترتیب با ۰/٤۵ و۰/۰۹ گرم دربوته و کمترین مقدار این پارامترها در آبیاری تحت شرایط ۲۵ درصد ظرفیت زراعی به‌ترتیب با ۰/۲۲ و۰/۰٤ گرم دربوته حاصل شد، به عبارتی با توجه به اینکه ریشه اولین اندامی است که به خشکی واکنش نشان می دهد، اعمال تنش خشکی سبب کاهش معنی دار تعداد ریشه و در نتیجه وزن ریشه می‌گردد (شکل۲، الف). همچنین در این مرحله رشدی، با افزایش تنش خشکی، وزن تر و خشک برگ، روند کاهشی معنی داری نشان داد، به‌طوری که بیشترین وزن تر و خشک برگ در آبیاری تحت شرایط ظرفیت زراعی به‌ترتیب با ۲/۰۷ و۰/۱۰گرم دربوته و کمترین مقدار این پارامترها در آبیاری تحت شرایط ۲۵ درصد ظرفیت زراعی به‌ترتیب با ۱/۰۳ و ۰/۰٦گرم در بوته حاصل شد (شکل۲، ب).



شکل ۱: اثر تنش خشکی بر وزن تر و خشک ریشه (الف)، برگ (ب) و ساقه (ج) در مرحله رشد رویشی گیاه خرفه

*در هر صفت، میانگین‌های دارای حروف مشترک در سطح احتمال پنج درصد از نظر آماری بر اساس آزمون LSD، تفاوت معنی‌داری ندارند.



شکل ۲: اثر تنش خشکی بر وزن تر و خشک ریشه (الف)، برگ (ب) و ساقه (ج) در مرحله رشد زایشی گیاه خرفه

*در هر صفت، میانگین‌های دارای حروف مشترک در سطح احتمال پنج درصد از نظر آماری بر اساس آزمون LSD، تفاوت معنی‌داری ندارند.

در مرحله رشد زایشی، با افزایش تنش خشکی، وزن تر و خشک ساقه کاهش یافت، به طوری که بیشترین وزن تر و خشک ساقه در آبیاری تحت شرایط ظرفیت زراعی به ترتیب با ۱/۹۸و ۰/۵۱ گرم دربوته و کمترین مقدار این پارامترها در آبیاری تحت شرایط ۲۵ درصد ظرفیت زراعی به ترتیب با ۰/۹۲و۰/۱۲ گرم دربوته حاصل شد (شکل۲، ج).

اثرساده توده‌های خرفه بر وزن تر وخشک ریشه در مرحله رشد رویشی در جدول ۳ نشان داده شده است. بیشترین وزن تر وخشک ریشه درتوده قم، به‌ترتیب برابر با ۰/۳۲ و۰/۰۵گرم در بوته و کم‌ترین مقدار این پارامترها به ترتیب در توده گچساران با ۰/۲٤ و ۰/۰۳ گرم دربوته حاصل شد، بطوری که از لحاظ آماری با توده یزد و سبزوار تفاوت معنی داری نداشت.

همانگونه که در جدول ۳ مشاهده می شود، بیشترین وزن تر وخشک برگ در توده قم به‌ترتیب برابر با ۱/٤۱و۰/۰٦گرم در بوته وکمترین این پارامترها به ترتیب درتوده گچساران با ۱/۲۳ و ۰/۰۵ گرم دربوته حاصل شد. همچنین توده قم به لحاظ آماری با توده‌های یزد، سبزوار وکلات در وزن خشک، تفاوت معنی داری نداشت.

اثرساده توده‌های خرفه بر وزن تر وخشک ساقه در مرحله رشد رویشی نشان داد که بیشترین وزن تر وخشک ساقه مربوط به توده قم به‌ترتیب با ۱/۳۱و ۰/۱٤ گرم دربوته وکم ترین وزن تر و خشک مربوط به توده سبزوار به‌ترتیب با ۰/۸۵۳و۰/۰٦٦٦۷ گرم دربوته بود که از لحاظ آماری، وزن تربا توده یزد و وزن خشک با توده کلات تفاوت معنی داری نداشت (جدول ۳).

در مرحله رشد زایشی، بیشترین وزن تر اندام‌های هوایی و زیرزمینی در توده قم و کمترین مقدار این صفات در دو توده سبزوار و گچساران حاصل شد. در بررسی وزن خشک ریشه و برگ نیز دو توده قم و کلات دارای بیشترین مقدار این صفات بوده و اختلاف آماری معنی داری با هم نداشتند (جدول ۳).

جدول ۳: مقایسه وزن تر و خشک ریشه، ساقه و برگ توده‌های مختلف خرفه در دو مرحله رویشی و زایشی

تیمار	مرحله رشد رویشی						مرحله رشد زایشی					
	وزن تر (گرم در بوته)			وزن خشک (گرم در بوته)			وزن تر (گرم در بوته)			وزن خشک (گرم در بوته)		
	ریشه	برگ	ساقه	ریشه	برگ	ساقه	ریشه	برگ	ساقه	ریشه	برگ	ساقه
قم	۰/۳۲۲^{a}	۱/٤۱٤^{a}	۱/۳۰۹^{a}	۰/۰۵۳ ^{a}	۰/۰٦٤^{a}	۰/۱۳۹^{a}	۰/٤۲۰^{a}	۱/۷٦٦^{a}	۱/٤۲۷^{a}	۰/۰۷۸^{a}	۰/۰۸۵^{ab}	۰/۲۹۲^{bc}
کلات	۰/۲۸٦^{b}	۱/۲۷٤^{b}	۱/۱۹۵^{b}	۰/۰٤٦^{b}	۰/۰۵۷^{ab}	۰/۰۷۷^{c}	۰/۳٦۰^{b}	۱/٦٤۱^{b}	۱/۵۷۸^{a}	۰/۰۷۳^{a}	۰/۰۹۱^{a}	۰/۲۹۱^{bc}
سبزوار	۰/۲٦۸^{bc}	۱/۲۳۳^{b}	۰/۸۵۳^{d}	۰/۰۳۸^{c}	۰/۰٦۰^{ab}	۰/۰٦۷^{c}	۰/۲۹٤^{c}	۱/۳۳۷^{cd}	۱/۵۲۰^{a}	۰/۰۵۲^{b}	۰/۰۷۵^{c}	۰/۳۳٦^{a}
یزد	۰/۲٦۲^{bc}	۱/۲۳۲^{b}	۰/۹۵۹^{cd}	۰/۰۳۸^{c}	۰/۰۵۸^{ab}	۰/۱۰۵^{b}	۰/۳٦۹^{b}	۱/۳۸٤^{c}	۱/٤۸٤^{a}	۰/۰۷۱^{a}	۰/۰۸۱^{bc}	۰/۳۲۲^{ab}
گچساران	۰/۲٤۳^{c}	۱/۲۵۸^{b}	۱/۰٦۹^{c}	۰/۰۳۳^{c}	۰/۰۵۳^{b}	۰/۱۱٦^{b}	۰/۳۰٤^{c}	۱/۲۷۳^{d}	۱/٤۵۲^{a}	۰/۰۵۱^{b}	۰/۰۷۷^{bc}	۰/۲۸۵^{c}
LSD	۰/۰۲٦	۰/۰۹۸	۱/۱۱٤	۰/۰۰٦	۰/۰۰۷	۰/۰۱۲	۰/۰۲٦	۰/۱۱۱	۰/۱۲۸	۰/۰۱۱	۰/۰۰۹	۰/۰۳۷

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون از نظر آماری تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد ندارند.

اثر متقابل سطوح مختلف تنش خشکی و توده بومی بر وزن تر و خشک اندام‌های مختلف خرفه در مرحله رشد رویشی، نشان داد که با اعمال تنش کم آبی در مرحله رشد رویشی، وزن تر ریشه، برگ وساقه در توده گچساران تفاوت معنی‌داری از نظر آماری درسطح احتمال ۵ درصد نشان نداد (جدول ٤)، همچنین همانطور که در این جدول مشاهده می‌شود، با اعمال تنش خشکی وزن تر وخشک

اندام‌های مختلف خرفه بجز وزن خشک برگ خرفه در تمام توده‌های بومی تفاوت‌های معنی‌داری داشتند (P<۰/۰۵). به‌طوری‌که بیشترین وزن تر و خشک ریشه به‌ترتیب با ۰/۵۰۶۷و ۰/۰۸۶۶۷گرم در بوته، برگ ۱/۸۸۵ و۰/۰۷۳۳۳ گرم در بوته و ساقه ۲/۱۶۷ و۰/۲۲۰۰گرم دربوته تحت شرایط ظرفیت زراعی، در توده قم و کمترین مقدار این پارامترها در آبیاری تحت شرایط ۲۵ درصد ظرفیت زراعی به‌ترتیب در توده گچساران وزن تر و خشک ریشه ۰/۱۱۶۷ و۰/۰۱۳۳۳گرم در بوته، برگ ۰/۶۲۰۰ و۰/۰۳۰۰۰ گرم در بوته و ساقه۰/۴۹۰۰ و۰/۰۲۶۶۷گرم در بوته حاصل شد.

جدول ٤: اثر متقابل سطوح مختلف تنش خشکی و توده بومی بر وزن تر و خشک اندام‌های مختلف خرفه درمرحله رشد رویشی

توده بومی	تنش خشکی	وزن تر (گرم در بوته)			وزن خشک (گرم در بوته)		
		ریشه	برگ	ساقه	ریشه	برگ	ساقه
قم	۱۰۰	۰/۵۰۷^{a}	۱/۸۸۵^{a}	۲/۱۶۷^{a}	۰/۰۸۷^{a}	۰/۰۷۳^{a}	۰/۲۲۰^{a}
	۷۵	۰/۴۹۶^{a}	۱/۸۵۶^{a}	۲/۰۰۰^{a}	۰/۰۸۷^{a}	۰/۰۸۰^{a}	۰/۱۱۵^{cde}
	۵۰	۰/۴۵۹^{a}	۱/۶۱۰^{b}	۱/۲۵۹^{cd}	۰/۰۵۴^{b}	۰/۰۷۷^{a}	۰/۱۰۵^{ef}
	۲۵	۰/۳۷۰^{b}	۱/۵۸۳^{bc}	۱/۵۳۰^{b}	۰/۰۵۳^{b}	۰/۰۶۴^{a}	۰/۱۷۰^{b}
کلات	۱۰۰	۰/۳۷۰^{b}	۱/۸۳۰^{a}	۱/۶۷۰^{b}	۰/۰۵۰^{bc}	۰/۰۷۷^{a}	۰/۱۹۷^{a}
	۷۵	۰/۳۴۰^{bc}	۱/۵۹۰^{bc}	۱/۴۶۰^{bc}	۰/۰۴۸^{bcd}	۰/۰۷۳^{a}	۰/۱۳۵^{c}
	۵۰	۰/۲۹۳^{cde}	۱/۴۶۵^{bcd}	۱/۱۳۷^{def}	۰/۰۴۰^{cde}	۰/۰۵۷^{a}	۰/۰۸۷^{fgh}
	۲۵	۰/۳۰۰^{cd}	۱/۲۶۳^{ef}	۰/۸۴۰^{ghi}	۰/۰۳۷^{de}	۰/۰۶۳^{a}	۰/۰۷۷^{ghi}
سبزوار	۱۰۰	۰/۲۹۳^{cde}	۱/۳۶۰^{def}	۰/۸۴۷^{ghi}	۰/۰۴۰^{cde}	۰/۰۶۳^{a}	۰/۰۶۷^{hij}
	۷۵	۰/۲۴۷^{efg}	۱/۴۰۰^{cde}	۱/۱۴۰^{de}	۰/۰۳۷^{de}	۰/۰۵۰^{a}	۰/۱۱۰^{def}
	۵۰	۰/۲۶۷^{def}	۱/۳۳۵^{def}	۰/۹۴۰^{efg}	۰/۰۴۰^{cde}	۰/۰۶۳^{a}	۰/۱۰۵^{ef}
	۲۵	۰/۲۳۰^{fg}	۱/۲۹۵^{def}	۰/۹۴۳^{efg}	۰/۰۳۳^{ef}	۰/۰۶۰^{a}	۰/۰۵۷^{ijk}
یزد	۱۰۰	۰/۲۰۰^{gh}	۱/۳۱۵^{def}	۰/۸۳۳^{ghi}	۰/۰۴۰^{cde}	۰/۰۵۷^{a}	۰/۰۴۵^{jkl}
	۷۵	۰/۲۵۰^{defg}	۱/۳۳۰^{def}	۰/۹۱۰^{fgh}	۰/۰۴۰^{cde}	۰/۰۶۰^{a}	۰/۱۳۵^{c}
	۵۰	۰/۲۴۰^{fg}	۱/۱۸۳^{f}	۰/۹۷۷^{efg}	۰/۰۳۳^{ef}	۰/۰۵۷^{a}	۰/۱۳۰^{cd}
	۲۵	۰/۱۷۳^{hi}	۰/۸۴۵^{g}	۰/۶۷۰^{ij}	۰/۰۳۷^{de}	۰/۰۴۷^{a}	۰/۰۹۵^{efg}
گچساران	۱۰۰	۰/۱۲۷^{ij}	۰/۴۸۰^{i}	۰/۷۰۰^{hij}	۰/۰۲۳^{fg}	۰/۰۳۳^{a}	۰/۰۵۰^{jkl}
	۷۵	۰/۱۱۳^{j}	۰/۷۴۵^{gh}	۰/۴۸۰^{j}	۰/۰۲۰^{g}	۰/۰۴۳^{a}	۰/۰۴۰^{kl}
	۵۰	۰/۱۳۷^{ij}	۰/۶۵۵^{ghi}	۰/۵۵۰^{j}	۰/۰۲۰^{g}	۰/۰۴۷^{a}	۰/۰۴۷^{jkl}
	۲۵	۰/۱۱۷^{j}	۰/۶۲۰^{hi}	۰/۴۹۰^{j}	۰/۰۱۳^{g}	۰/۰۳۰^{a}	۰/۰۲۷^{j}
LSD		۰/۰۵۲	۰/۱۹۵	۰/۲۲۷	۰/۰۱۲	۰/۰۱۴	۰/۰۲۳

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون از نظر آماری تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد ندارند.

اثر متقابل سطوح مختلف تنش خشکی و توده بومی بر وزن تر و خشک اندام‌های مختلف خرفه درمرحله رشد زایشی نشان دادکه بااعمال تنش کم آبی در مرحله رشد زایشی، وزن تر و خشک ریشه در توده‌های مورد مطالعه کاهش یافت. همانطور که در جدول۵ مشاهده می شود، بیشترین وزن تر و خشک ریشه در توده قم وسبزوار در آبیاری تحت شرایط ظرفیت زراعی و آبیاری تحت شرایط ۷۵ درصد ظرفیت زراعی و توده‌های کلات وگچساران در آبیاری تحت شرایط ۵۰ درصد ظرفیت زراعی حاصل شد، بطوری که در هر چهار سطح آبیاری، توده‌های یزد وگچساران (بجز سطح ۵۰درصد) کمترین وزن تر

و خشک ریشه را داشتند. همچنین اگرچه توده کلات وگچساران در آبیاری کامل و آبیاری به مقدار ۷۵ درصد نیاز آبی، وزن تر و خشک ریشه کمتری نسبت به توده قم وسبزوار داشت، ولی در شرایط آبیاری به مقدار ۵۰ درصد نیاز آبی توانست با توسعه ریشه‌های عمیق، وزن تر و خشک ریشه خود را نسبت به توده قم و سایر توده‌ها کمتر کاهش داده و از بیشترین مقدار این صفت در این شرایط آبیاری برخوردار باشد (جدول۵).

جدول ۵: اثر متقابل سطوح مختلف تنش خشکی و توده بومی بر وزن تر و خشک اندام‌های مختلف خرفه درمرحله رشد زایشی

توده بومی	تنش خشکی	وزن تر (گرم در بوته)			وزن خشک (گرم در بوته)		
		ریشه	برگ	ساقه	ریشه	برگ	ساقه
قم	۱۰۰	۰/۴۷۳ cd	۲/۷۹۰ a	۱/۶۹۱ bc	۰/۰۸۷ bc	۰/۱۰۷ a	۰/۴۸۰ a
	۷۵	۰/۴۹۸ bc	۲/۵۷۵ a	۲/۰۸۰ a	۰/۱۱۹ a	۰/۱۱۷ a	۰/۵۱۰ a
	۵۰	۰/۳۸۰ e	۱/۵۳۰ de	۲/۱۸۰ a	۰/۰۸۳ cd	۰/۰۸۳ a	۰/۵۵۴ a
	۲۵	۰/۵۲۷ b	۱/۷۲۵ bcd	۲/۱۶۳ a	۰/۱۰۶ ab	۰/۱۱۰ a	۰/۵۳۷ a
کلات	۱۰۰	۰/۳۵۳ ef	۱/۷۲۲ bcd	۱/۷۷۰ b	۰/۰۶۰ ef	۰/۱۰۰ a	۰/۴۵۳ a
	۷۵	۰/۶۶۲ a	۱/۹۴۰ b	۱/۷۱۰ b	۰/۱۲۰ a	۰/۰۸۰ a	۰/۴۰۰ a
	۵۰	۰/۴۳۷ d	۱/۷۷۰ bc	۱/۷۹۳ b	۰/۰۹۰ bc	۰/۰۹۳ a	۰/۳۷۳ a
	۲۵	۰/۳۳۳ efg	۱/۵۹۰ cde	۱/۷۲۰ b	۰/۰۴۳ efgh	۰/۰۸۷ a	۰/۴۵۳ a
سبزوار	۱۰۰	۰/۴۶۰ cd	۱/۴۹۵ ef	۱/۶۱۷ bcd	۰/۰۹۰ bc	۰/۰۹۳ a	۰/۴۵۶ a
	۷۵	۰/۳۸۰ e	۱/۲۹۰ fg	۱/۵۷۰ b	۰/۰۵۷ ef	۰/۰۹۰ a	۰/۴۲۳ a
	۵۰	۰/۳۱۰ fgh	۱/۲۶۵ g	۱/۳۹۷ de	۰/۰۶۳ de	۰/۰۸۷ a	۰/۱۸۷ a
	۲۵	۰/۳۰۰ gh	۱/۲۵۰ gh	۱/۴۴۳ cde	۰/۰۵۰ efgh	۰/۰۸۷ a	۰/۱۶۰ a
یزد	۱۰۰	۰/۲۷۰ hi	۱/۱۹۵ ghi	۱/۳۸۰ de	۰/۰۵۳ efg	۰/۰۶۷ a	۰/۱۹۶ a
	۷۵	۰/۲۸۳ ghi	۱/۲۰۵ gh	۱/۲۱۷ ef	۰/۰۵۰ efgh	۰/۰۶۰ a	۰/۱۷۷ a
	۵۰	۰/۲۸۰ ij	۱/۱۰۰ ghij	۱/۳۵۰ e	۰/۰۴۷ efgh	۰/۰۶۷ a	۰/۱۳۰ a
	۲۵	۰/۲۳۷ ij	۱/۰۷۰ ghij	۰/۹۱۰ g	۰/۰۴۳ efgh	۰/۰۶۷ a	۰/۱۰۳ a
گچساران	۱۰۰	۰/۲۰۷ j	۰/۹۷۰ j	۰/۹۹۷	۰/۰۳۳	۰/۰۶۷ a	۰/۱۲۰ a
	۷۵	۰/۱۹۳ j	۱/۰۳۵ hij	۰/۸۰۰ g	۰/۰۳۰ h	۰/۰۶۳ a	۰/۱۴۰ a
	۵۰	۰/۲۰۷ j	۱/۱۱۰ ghij	۰/۹۴۰ g	۰/۰۴۰ fgh	۰/۰۶۰ a	۰/۱۲۰ a
	۲۵	۰/۲۴۳ ij	۰/۹۸۰ ij	۰/۹۳۷ g	۰/۰۴۰ fgh	۰/۰۵۰ a	۰/۱۳۳ a
LSD		۰/۰۵۲	۰/۲۲۱	۰/۲۵۶	۰/۰۲۲	۰/۰۱۸	۰/۰۷۴

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون از نظر آماری تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد ندارند.

همانگونه که در جدول ٦ نشان داده شده است توده بومی بر ضریب ثبات غشاء تاثیر معنی داری داشت ولی اثر تنش خشکی و تاثیر متقابل دو تیمار سطوح خشکی و نوع توده بر این صفت معنی دار نبود ($P<0.05$). همچنین محتوای نسبی آب برگ به‌طور معنی داری، تحت تاثیر تیمارهای مورد بررسی قرار گرفت ($P<0.01$).

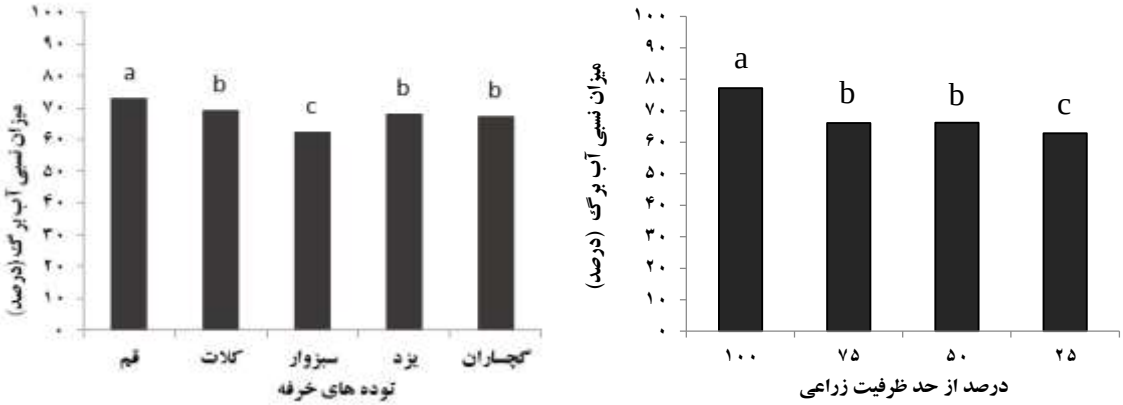
محتوای آب نسبی برگ: اثر سطوح مختلف کم آبیاری بر میزان نسبی آب برگ نشان داد که با کاهش آبیاری، میزان نسبی آب برگ کاهش یافت. به‌طوری که بیشترین مقدار این صفت مربوط به تیمار ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی (۷۷/۱٦ درصد) وکمترین مقدار مربوط به تیمار ۲۵ درصد ظرفیت زراعی (٦۲/۹۱ درصد) بود (شکل ۳، الف).

مقایسه توده‌های مختلف نشان داد که بیشترین محتوای نسبی آب برگ درتوده قم (۷۳/۰٤ درصد) وکمترین آن در توده سبزوار (٦۲/۵۹ درصد) حاصل شد (شکل ۳، ب).

جدول ٦: تجزیه واریانس اثر تنش خشکی بر برخی خصوصیات فیزیولویژیکی و بیوشیمیایی توده‌های خرفه

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات								
		ضریب ثبات غشاء	محتوای آب نسبی برگ	کلروفیل a	کلروفیل b	کلروفیل کل	نسبت کلروفیل a/b	کاروتنوئیدها	پرولین	کربوهیدرات
تنش خشکی	۳	۰/۰۰۹^{ns}	۵۸۱/۵۲٦**	٦۲/٤۱۸**	۳/٤۵۵**	۹۰/۱٦۱**	۵/۸۵۲**	۷/۸۵۹**	۸۵۳/۵۸۷*	۱٦۹٤۷/٦*
توده بومی	٤	۰/۰۱۵*	۱۷۰/٦۰۷**	۲/٦۵٤**	٤/۲۱۸**	۱۲/۵۹٦**	۵/٦۲۵**	۰/۱۸۷**	۹۸۱/۹۰۹**	۱۷۲۳۹/۵**
تنش خشکی* توده بومی	۱۲	۰/۰۱۰^{ns}	۷۹/۱۵۳**	٤/۲۸۷**	۲/۸۹۵**	٦/۲۸۰**	۲/۰٦۹**	۰/٦۱۹**	۳۷٤/۹۰۷**	۱۳۵۷۲/٤**
خطا	٤۰	۰/۰۰٦	۷/۷۱۰	۰/۱۷٦	۰/۲۰٦	۰/۲٦۵	۰/۰۳۷	۰/۰٤۲	٦۰/۳۰۸	۱۵۸۹/۰
ضریب تغییرات		۱۱/۰۵۰	۱۵/٦۵۰	۱۰/۲۹۰	۲۰/۹۵۰	۷/٦۹۰	۹/۲٦۰	۹/۷۷۰	۲۰/۹٤	۱٦/۷۰

**: معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد، *: معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد و ns: غیر معنی‌دار

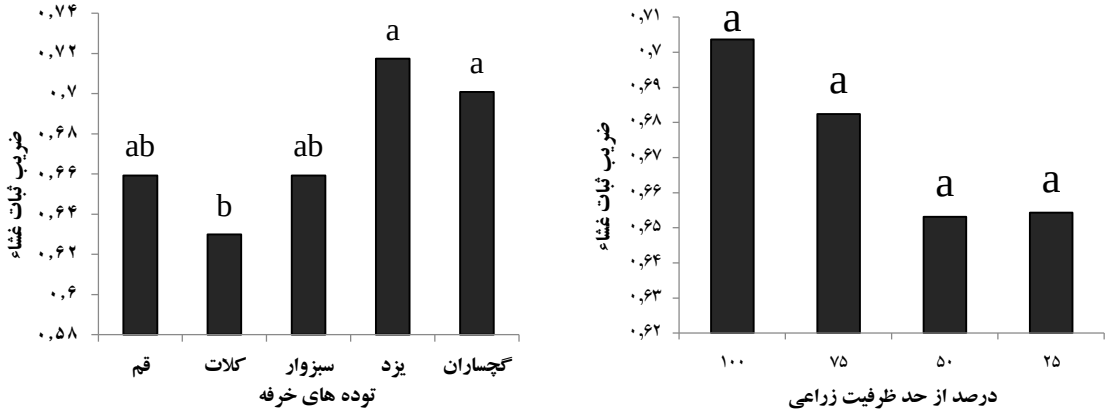


شکل ۳: اثر سطوح مختلف تنش خشکی (الف) و نوع توده بومی (ب) بر محتوای آب نسبی برگ خرفه

میانگین‌های دارای حروف مشابه در سطح احتمال پنج درصد از نظر آماری بر اساس آزمون LSD، تفاوت معنی‌داری ندارند.

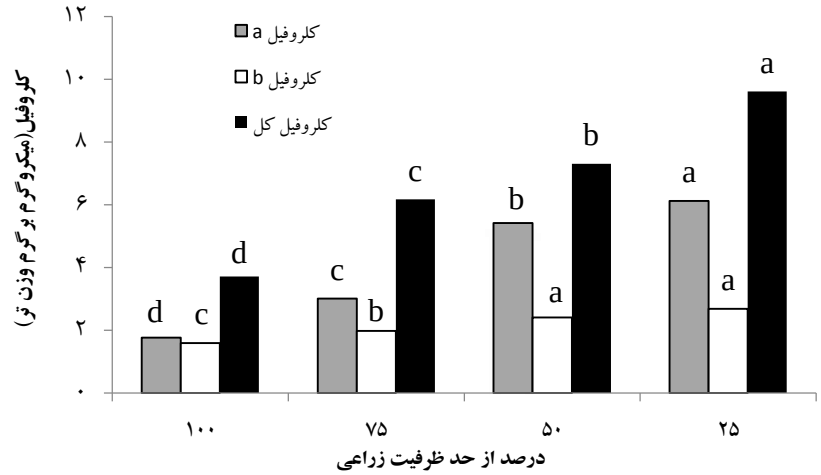
ضریب ثبات غشاء: همانگونه که در شکل ٤ (الف) مشاهده می شود، در مرحله زایشی با افزایش تنش خشکی، ضریب ثبات غشاء روند نزولی نشان داد که از نظر آماری معنی‌دار نبود.

اندازه‌گیری ضریب ثبات غشاء در مرحله رشد زایشی، در توده‌های مختلف خرفه نشان داد که بیشترین ضریب ثبات غشاء بترتیب در دو توده یزد ۰/۷۲ و گچساران ۰/۷۰، وکم ترین مقدار این پارامتر در توده کلات ۰/٦۳ حاصل شد که به لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری با دو توده قم وسبزوار نداشت (شکل ٤، ب). توده‌های 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.



شکل ٤: اثر سطوح مختلف تنش خشکی (الف) و نوع توده بومی (ب) بر ضریب ثبات غشاء سلولی خرفه

میانگین‌های دارای حروف مشابه در سطح احتمال پنج درصد از نظر آماری بر اساس آزمون LSD، تفاوت معنی‌داری ندارند.



شکل ۵: اثرساده تنش خشکی برمیزان رنگدانه‌های فتوسنتزی درمرحله رشدزایشی

*در هر صفت، میانگین‌های دارای حروف مشابه در سطح احتمال پنج درصد از نظر آماری بر اساس آزمون LSD، تفاوت معنی‌داری ندارند.

اثر متقابل سطوح مختلف تنش خشکی و توده بومی بر میزان آب نسبی برگ و ضریب ثبات غشاء اندام‌های مختلف خرفه درمرحله رشد زایشی نشان داد که با اعمال تنش کم آبی، ضریب ثبات غشاء در توده‌های مورد مطالعه تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد نداشت. طبق نتایج به دست آمده، محتوای نسبی آب برگ گیاه در دو توده سبزوار و یزد از نظر آماری تفاوت معنی‌داری نداشت، همچنین محتوای نسبی آب برگ به طور معنی داری تحت تأثیر تیمارهای مختلف آبیاری قرار گرفت(جدول۸). نتایج این آزمایش نشان داد که اعمال تنش رطوبتی سبب کاهش محتوای نسبی آب برگ در تمام ارقام مورد بررسی گردید.

رنگدانه‌های فتوسنتزی: نتایج حاصل از تجزیه واریانس بررسی انواع کلروفیل وکاروتنوئیدهای توده‌های خرفه تحت شرایط تنش خشکی نشان داد که اثر سطوح مختلف تنش خشکی، نوع توده و تاثیر متقابل این دو تیمار بر مقدار انواع کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل، نسبت کلروفیل a/b و کاروتنوئیدها معنی‌دار بود ($p< ۰/۰۱$) (جدول۸).

با افزایش تنش خشکی، مقدار شاخص کلروفیل کل افزایش یافت. همچنین با افزایش تنش خشکی،

میزان کلروفیل a، کلروفیل b وکلروفیل کل روند افزایشی داشت. به طوری که بیشترین مقدار این صفات مربوط به تیمار ۲۵ درصد ظرفیت زراعی و کمترین مقدار آن مربوط به تیمار ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی بود (شکل ۵). همچنین میزان کلروفیل b در تیمارهای ۲۵ و ۵۰ درصد ظرفیت زراعی تفاوت معنی‌داری نداشتند (شکل ۵).

در مرحله رشد زایشی، اثرساده توده‌های خرفه برمیزان رنگدانه‌های فتوسنتزی نشان داد که بیشترین مقدار کلروفیل a و b مربوط به توده گچساران به‌ترتیب با ٤/٥٣٦ و ٤/٥٣٦ میلی‌گرم بر گرم وزن تر بود. همچنین بیشترین مقدار کلروفیل کل درتوده سبزوار ۷/۸۱ میلی‌گرم برگرم وزن تر وکمترین مقدار این پارامتر درتوده قم ۵/۳۰۳ میلی‌گرم برگرم وزن تر، حاصل شد. همچنین به لحاظ آماری، میزان کلروفیل a و کل در توده‌های گچساران و سبزوار و میزان کلروفیلb وکلروفیل a در دو توده‌های یزد و قم، تفاوت معنی‌داری نداشتند (شکل ٦).

شکل ٦: اثرساده توده‌های خرفه برمیزان رنگدانه‌های فتوسنتزی درمرحله رشد زایشی

*در هر صفت، میانگین‌های دارای حروف مشترک در سطح احتمال پنج درصد از نظر آماری بر اساس آزمون LSD، تفاوت معنی‌داری ندارند.

مقایسه میانگین اثر متقابل توده‌ها و تنش خشکی نشان داد که با افزایش سطح خشکی، محتوای کلروفیل برگی اغلب توده‌ها افزایش یافت. اما دامنه افزایش در بین ارقام متفاوت بود. به‌طوری‌که درتوده‌های گچساران و قم به‌ترتیب بیشترین و کمترین مقدار کلروفیل a برابربا ۷/۲۹۷ و۰/۸۷۹۳ میلی‌گرم برگرم وزن تر، کلروفیل b با ۳/۳٦۷ و ۰/٤۱۷۳ میلی‌گرم برگرم وزن تر و کلروفیل کل با ۱۱/۵۰ و۲/۱۱۷ میلی گرم برگرم وزن تر مشاهده گردید. همچنین بیشترین وکم ترین نسبت کلروفیلa به b به‌ترتیب در توده‌های سبزوار و قم مشاهده شد (جدول ۸).

کاروتنوئیدها: درمرحله رشد زایشی، با افزایش تنش خشکی، میزان کاروتنوئیدها روند افزایشی معنی‌داری نشان داد، به طوری که کمترین میزان کاروتنوئیدها در آبیاری تحت شرایط ظرفیت زراعی و بیشترین مقدار این پارامتر در آبیاری تحت شرایط ۲۵ درصد ظرفیت زراعی حاصل شد. سطوح خشکی ۲۵ و ۵۰ درصد ظرفیت زراعی به ترتیب با ۳/۰۹۹ و۲/۱٦۸ میلی‌گرم برگرم وزن تر، بیشترین محتوای کاروتنوئید برگ را داشتند (جدول ۷).

همچنین بررسی اثر توده‌های خرفه بر میزان کاروتنوئیدها نشان داد که بیشترین میزان کاروتنوئید در توده سبزوار ۲/۳۱ میلی‌گرم برگرم وزن تر

وکمترین مقدار این صفت در توده یزد ۱/۹۹ میلی‌گرم برگرم وزن تر حاصل شد. میزان کاروتنوئیدها در توده‌های مورد بررسی بجز توده سبزوار، تفارت معنی‌داری با یکدیگر نداشتند (جدول ۷).

نسبت کلروفیل a به b: اثرساده تنش خشکی برمیزان رنگدانه‌های فتوسنتزی در مرحله رشد زایشی، نشان داد که با افزایش میزان تنش خشکی تا میزان کم آبیاری به مقدار ۵۰ درصد ظرفیت زراعی، نسبت کلروفیل a به b افزایش و پس از آن در اثر افزایش تنش کمبود آب کاهش یافت، به طوری که کمترین نسبت کلروفیل a به b در آبیاری تحت شرایط ظرفیت زراعی مشاهده شد که از لحاظ آماری با تیمار ۷۵ درصد ظرفیت زراعی تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۷). با مقایسه توده‌های خرفه، بیشترین نسبت کلروفیلa بهb در توده قم (۲/۹۹۹ میلی‌گرم برگرم وزن تر) و کم ترین این پارامتردر توده کلات (۱/۳۰۱ میلی گرم برگرم وزن تر)، حاصل شد.

میزان پرولین: اثر سطوح مختلف کم آبیاری بر میزان پرولین نشان داد که با کاهش میزان آبیاری، میزان پرولین از لحاظ آماری افزایش معنی داری داشت. به‌طوری که بیشترین مقدار این صفت مربوط به تیمار ۲۵ درصد ظرفیت زراعی (۴۱/۲۳ میلی‌لیتربرلیتر) و کمترین مقدار آن مربوط به تیمار ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی (۲۵/۸ میلی‌لیتر بر لیتر) بود(جدول۷). همچنین اثرساده توده‌های خرفه بر میزان پرولین در مرحله رشد زایشی نشان داد، بیشترین میزان پرولین به‌ترتیب مربوط به توده‌های قم (۴۷/۲۱ میلی‌لیتر بر لیتر) وکلات (۴۵/۵۴ میلی‌لیتر بر لیتر) وکمترین میزان پرولین در توده یزد (۲۵/۸۴ میلی‌لیتر بر لیتر) بود که به لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری با دو توده گچساران وسبزوار نداشت. همچنین درتوده قم از نظرآماری تفاوت معنی‌داری با توده کلات مشاهده نشد (جدول ۷).

جدول ۷: اثر ساده تنش خشکی و نوع توده بومی بر برخی صفات فیزیولوژیکی گیاه خرفه

منابع تغییر	تیمار	نسبت کلروفیل a بهb	کاروتنوئیدها	پرولین	کربوهیدرات
تنش خشکی	۱۰۰	۱/۵۴۰^{c}	۱/۴۴۰^{d}	۲۵/۱۵۰^{b}	۱۹۰/۵۰۰^{b}
	۷۵	۱/۵۵۰^{c}	۱/۷۲۰^{c}	۴۰/۱۹۰^{a}	۲۴۱/۸۰۰^{a}
	۵۰	۲/۷۷۰^{a}	۲/۱۶۰^{b}	۴۱/۱۵۰^{a}	۲۶۵/۶۰۰^{a}
	۲۵	۲/۴۲۰^{a}	۳/۰۹۰^{a}	۴۱/۲۳۰^{a}	۲۵۷/۰۰۰^{a}
LSD		۰/۱۴	۰/۱۵	۷/۶۷	۳۹/۳۷
توده بومی	قم	۲/۹۹۹^{a}	۲/۰۲۰^{b}	۴۷/۲۱۰^{a}	۲۵۵/۵۰۰^{ab}
	کلات	۱/۳۰۱^{e}	۲/۱۳۶^{b}	۴۵/۵۴۰^{a}	۲۹۶/۲۰۰^{a}
	سبزوار	۲/۰۲۶^{c}	۲/۳۱۰^{a}	۳۳/۵۳۰^{b}	۲۱۹/۶۰۰^{bc}
	یزد	۲/۴۷۶^{b}	۱/۹۹۰^{b}	۲۵/۸۴۰^{b}	۲۲۲/۹۰۰^{bc}
	گچساران	۱/۵۶۶^{d}	۲/۰۸۰^{b}	۳۳/۳۵۰^{b}	۱۹۹/۴۰۰^{c}
LSD		۰/۱۵۹	۰/۱۶۹	۸/۵۷۴	۴۴/۰۱۰

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون از نظر آماری تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد ندارند.

میزان کربوهیدرات: اثر سطوح مختلف کم آبیاری بر میزان کربوهیدرات تاثیر معنی‌داری داشت، بطوری که با کاهش میزان آبیاری، میزان کربوهیدرات افزایش یافت. به طوری که بیشترین مقدار این صفت مربوط به تیمارهای ۷۵، ۵۰ و۲۵ درصد ظرفیت زراعی (به‌ترتیب با مقادیر ۲۴۱/۸، ۲۶۵/۶و۲۵۷ میلی‌لیتر بر لیتر) و

کمترین میزان مربوط به تیمار ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی (۱۹۰/۵میلی‌لیتر بر لیتر) بود. با افزایش سطح تنش خشکی میزان کربوهیدرات گیاه بطور معنی‌داری افزایش یافت (جدول ۱۳). اثرساده توده‌های خرفه بر میزان کربوهیدرات در مرحله رشد زایشی نشان داد، بیشترین میزان کربوهیدرات به ترتیب مربوط به توده‌های کلات (۲۹۶/۲ میلی‌لیتر بر لیتر) وقم (۲۵۵/۵ میلی‌لیتر بر لیتر) وکمترین میزان کربوهیدرات در توده گچساران (۱۹۹/٤ میلی‌لیتر بر لیتر) بود، به‌طوری‌که به لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری با دو توده یزد و سبزوار نداشت (جدول ۷).

اثر متقابل سطوح مختلف تنش خشکی و توده بومی بر میزان پرولین و کربوهیدرات اندام‌های مختلف خرفه در مرحله رشد زایشی، نشان داد که بااعمال تنش کم آبی توده‌های مورد بررسی از نظر صفات پرولین و کربوهیدرات تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد داشتند (جدول ۸).

جدول ۸: اثر متقابل نوع توده بومی و تنش خشکی بر صفات مورد بررسی در مرحله رشد زایشی

		میانگین مربعات								
توده بومی	تنش خشکی	ضریب ثبات‌غشاء	محتوای آب نسبی برگ	کلروفیل a	کلروفیل b	کلروفیل کل	نسبت کلروفیل a/b	کاروتنوئیدها	پرولین (میلی‌لیتر برلیتر)	کربوهیدرات (میلی‌لیتر برلیتر)
قم	۱۰۰	۰/٦۱۲^{a}	۸۰/۱٤۰^{a}	۱/۷۷۲^{L}	۰/٤۱۷۳^{k}	۲/۸۲۸^{ij}	۳/۳۲۳^{b}	۱/٦۱۳^{ghi}	٦۹/٦۰۰^{a}	۲۲٤/۳$^{d-h}$
	۷۵	۰/٦٦۳^{a}	۷۸/۱٦۰^{ab}	۰/۸۷۹۳^{m}	۱/۲۳۸^{ij}	۲/۱۱۷^{j}	۰/۵۷۲۰^{k}	۰/۹۷۸۳^{k}	۵۱/۸۷۰^{bcd}	۳۱۸/۸^{abc}
	۵۰	۰/۷۵۹^{a}	۷۲/۲۲۰^{cd}	۲/۰۳۷^{kL}	۲/۸۲۱$^{b-e}$	۵/۰۱۹^{h}	۰/۷۸۹۰^{k}	۱/۸۵٤^{fgh}	۲۹/۸۰۰$^{f-j}$	۳٤٦/۷^{ab}
	۲۵	۰/۷۸۵^{a}	۷۹/۸۱۰^{ab}	۱/۹۲٤^{L}	۰/۸۸٤۰^{jk}	۳/۵۹٤^{i}	۲/۱۸۳^{d}	۱/٦۹۳^{ghi}	۱۹/۳۷۰^{ij}	۲۰٤/۷$^{e-h}$
کلات	۱۰۰	۰/۷۰۰^{a}	۷۵/٤۸۰^{bc}	۲/۱۸۲^{jkL}	۲/٦۰۰$^{c-f}$	٤/۹۸۳^{h}	۰/۸۳٤۳^{jk}	۱/۱۰٤^{jk}	۳۰/۳۳۰$^{f-j}$	۱۹۰/۲^{fgh}
	۷۵	۰/٦٦۹^{a}	۷۹/۹۸۰^{ab}	٤/۰۷۸^{h}	۲/۳٦۱$^{d-g}$	۵/۵۰۰^{gh}	۲/۰۹۳^{de}	۱/۹٤۷^{fg}	٤٦/۵۰۰$^{b-f}$	۲۸۸/۷$^{b-e}$
	۵۰	۰/٦٤٦^{a}	٦۳/۰۲۰^{gh}	۳/۳٦۳^{i}	۲/۱۰۳$^{e-h}$	٦/٤٦۳^{ef}	۱/۲۷٦^{hi}	۲/۵۱۹^{d}	٤٤/۷۰۰$^{b-g}$	۳۰۹/۷$^{a-d}$
	۲۵	۰/۵۱٤^{a}	۵۹/۰٤۰^{h}	۲/۷۰۸^{ijk}	۱/۹۹٦^{fgh}	٦/٤۰۰^{ef}	۱/۱۱۵^{ij}	۱/۵٤٦^{hi}	۳۵/٤۰۰$^{d-i}$	۱۸۰/۷^{fgh}
سبزوار	۱۰۰	۰/۷۱٦^{a}	٦۳/۰۳۰^{gh}	۲/۰۸۵^{kL}	۱/۷۵٤^{ghi}	٦/۷۳۵^{e}	۱/۵۸۲^{gh}	۱/۳۹۷^{ij}	۲٦/۵۰۰^{hij}	۲۵۳/۵$^{c-f}$
	۷۵	۰/۷۲۰^{a}	٦۵/٦٦۰^{fg}	۲/۷۹۸^{ij}	۱/٦٦۲^{ghi}	۵/۷٤۵^{fgh}	۱/۷۰٦^{fg}	۱/۱۹۳^{jk}	۵۲/٦۷۰^{abc}	۱۷٦/٤^{fgh}
	۵۰	۰/٦۸۱^{a}	٦۵/۳۳۰^{fg}	۲/۹٤۲^{i}	۰/٤۵٤۳^{k}	۳/٤۹۲^{i}	٤/۸٦۵^{a}	۱/۷٤۵^{gh}	٤۹/٦۳۰$^{b-e}$	۱۵۳/۲^{gh}
	۲۵	۰/٦۳۱^{a}	٦۵/۵۸۰^{fg}	۷/۵۰٦^{a}	٤/۸۳۳^{a}	۹/۷۰۵^{bc}	۱/۵۵۹^{gh}	۱/۸۵۵^{fgh}	۵۵/۸۰۰^{ab}	۳٤۲/۷^{ab}
یزد	۱۰۰	۰/٦۸٤^{a}	٦۸/۵۹۰^{def}	٦/۵٦۲^{c}	۲/۱۵٦$^{e-h}$	۹/۲۷۳^{c}	۲/۸۷۷^{c}	۲/٤۱۷^{de}	۳۳/۹۰۰$^{e-i}$	۲۰۵/۸$^{e-h}$
	۷۵	۰/٦۹٤^{a}	٦٦/۷۷۰^{efg}	٤/۲۱۹^{gh}	۱/٤۹۰^{hij}	٦/۰٦۵^{efg}	۲/۸٤۱^{c}	۲/۰۸۹۲^{ef}	۲۹/۹۰۰$^{f-j}$	۳۸۸/۸^{a}
	۵۰	۰/۷۲۳^{a}	٦٤/۹۳۰^{fg}	۵/۸٦۵^{de}	۳/۱۱۷^{bc}	۷/۹۷٤^{d}	۱/۷٤۳^{fg}	۲/۷۳۵^{cd}	۳٦/۹۰۰$^{c-h}$	۲۳۷/۵$^{c-g}$
	۲۵	۰/٦۷٦^{a}	٦٦/۷۰۰^{efg}	۵/٤۳٤^{ef}	۲/۹۷۵^{bcd}	۹/۳۹۲^{c}	۱/۷۱٤^{fg}	۲/٦۸٤^{cd}	۲۳/۱۰۰^{hij}	۲۲۵/۵$^{d-h}$
گچساران	۱۰۰	۰/۵۸۰^{a}	۷۰/۷۰۰^{de}	٤/۸۳٤^{fg}	۲/۸٤۸$^{b-e}$	۸/۳۱۵^{d}	۲/۹۷۶^{efg}	۳/۱۹۰^{ab}	۲۹/۸۰۰$^{f-j}$	۲۱۳/٦$^{e-h}$
	۷۵	۰/٦۸۱^{a}	۵۰/٤۹۰^{i}	٦/۷۵۷^{bc}	۲/۱۹٤$^{e-h}$	۱۰/۵۵^{b}	۳/۳۲٤^{b}	۳/٤۲٤^{a}	۳۵/۰۰۰$^{d-i}$	۱٤۵/۰^{h}
	۵۰	۰/٦۷٤^{a}	٦۳/۱۳۰^{gh}	٦/۲٦۵^{cd}	۲/۰۲۳^{fgh}	۸/۲٦٤^{d}	۳/۲۹۹^{b}	۲/۹۰۱^{bc}	۲۷/٦۰۰$^{g-j}$	۱۷٤/۹^{fgh}
	۲۵	۰/٦٦۱^{a}	٦۳/۵۳۰^{gh}	۷/۲۹۷^{ab}	۳/۳٦۷^{b}	۱۱/۵۰۰^{a}	۱/۹۸۲^{def}	۳/۲۹۸^{a}	۱۳/۵۰۰^{j}	۱۹۳/٦^{fgh}
LSD		۰/۱۲۸	٤/۵۸۲	۰/٦۹۲	۰/۷٤۹	۰/۸٤۹	۰/۳۱۷	۰/۳۳۸	۱۷/۱۵۰	۸۸/۰۳

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون از نظر آماری تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد ندارند.

بحث

در مرحله رشد رویشی، با افزایش تنش خشکی، وزن تر و خشک اندام‌های هوایی و زیرزمینی، روند کاهشی معنی‌داری نشان داد. Yazdani Buicki و همکاران (۲۰۰۹) بیان کردند که با افزایش تنش خشکی طول و وزن خشک ریشه و ساقه در ماریتیغال (*Silybum marianum*) کاهش یافت. همچنین با بررسی که بر روی تاثیر کم آبی بر کلزای بهاره (*Brassica napus* L.) صورت گرفت، مشخص شد که کمبود آب در طی مرحله پرشدن دانه موجب کاهش میزان وزن برگ‌ها گردید که دلیل آن کاهش میزان رشد رویشی گیاه ومیزان وزن اندام‌های رویشی (برگ‌ها وساقه‌ها) بود (Shrestha et al., 2006). کاهش وزن تر ساقه هیبریدهای ذرت تحت شرایط تنش خشکی توسط محققین گزارش شده است (Schussler, and Westgate, 1991; Sinclair et al., 1990). Babaei و همکاران (۲۰۱۰) نیز اثر تنش خشکی را بر صفات مورفولوژیک آویشن (*Thymus vulgaris* L.) بررسی کردند و نشان دادند که افزایش تنش خشکی موجب کاهش صفات وزن تر و خشک ریشه و طول ریشه، حجم ریشه، وزن خشک و وزن تر اندام رویشی، ارتفاع بوته، تعداد ساقه جانبی، گردید. با مطالعه ای بر روی گیاه گوجه فرنگی نشان داده شده است که کمبود آب، باعث کاهش وزن تر و خشک ساقه گردید (Behnamnia, et al., 2009).

البته باید توجه داشت که در شرایط تنش خشکی گیاهان عموماً پاسخ‌های فیزیولوژیکی مختلفی را از خود نشان می‌دهند از میان این واکنش‌ها کاهش عمقی ریشه‌ها، توانایی تنظیم اسمزی وکنترل هدر روی آب غیر روزنه‌ای از برگ‌ها از اهمیت بیشتری برخوردار هستند (Azizi, 2008).

نتایج این تحقیق نشان داد که واکنش توده‌های مختلف به تنش خشکی متفاوت بود. همبستگی بین صفات فیزیولوژیکی و مورفولوژیکی نشان می‌دهد گیاه بیشتر سازوکار فرار از خشکی از طریق سرعت رشد، زودگل دهی، زودرسی را ترجیح می‌دهد، اما در شرایطی که تنش خشکی شدید باشد، این تفسیر بر عکس می‌شود زیرا، هرچند ممکن است بوته‌ها زنده باشند اما با توجه به شدت خشکی نمی‌توانند به مرحله زایشی وارد و عملکردی تولید نمایند (Gupta et al., 1995). Ahmad و همکاران (۲۰۰۶) نشان دادند که در هیبرید آفتابگردان (*Hellanthus aunulus*) با افزایش سطوح خشکی، طول و وزن اندام‌های هوایی کاهش یافت.

اندازه‌گیری وضعیت آب گیاه به عنوان یک شاخص مهم در شناسایی پاسخ گیاهان به تنش خشکی مطرح است به طوری که زیاد بودن میزان آب نسبی برگ و کم بودن سرعت از دست رفتن آب، نشان دهنده سازگاری به خشکی است و می تواند به عنوان یک معیار گزینش برای تحمل به خشکی مورد استفاده قرار گیرد (Sivakumar and Singh, 1987). به طوری که محتوای نسبی آب بیشتر سبب افزایش فتوسنتز و در نتیجه افزایش عملکرد در شرایط تنش می شود (Farooq et al., 2009). در این تحقیق، محتوای نسبی آب برگ به طور معنی داری، تحت تاثیر تیمارهای مورد بررسی، قرار گرفت. کاهش محتوای نسبی آب برگ، بسته شدن روزنه‌ها را تحریک می کند و به دنبال بسته شدن روزنه‌ها سرعت فتوسنتز نیز کاهش می یابد. بنابراین هرچه محتوای نسبی آب برگ در یک رقم در شرایط خشکی بیشتر باشد مقاومت آن نیز بیشتر خواهد بود (Korine et al, 2000). نتایج سایر محققان نیز بیانگر افزایش میزان نشت الکترولیت و کاهش میزان نسبی آب برگ، در شرایط تنش

خشکی می باشد (Ronco et al., 2008). همچنین Khakwani و همکاران (۲۰۱۱) اظهار داشتند که ارتباط مستقیم و معنی‌داری بین شاخص محتوای نسبی آب برگ با مقدار عملکرد گندم تحت تنش خشکی در شرایط گلخانه ای وجود داشت. Vaezi و همکاران (۲۰۱۰) بیان کردند که از صفت میزان آب نسبی برگ می توان به عنوان یکی از بهترین شاخص‌های گزینش ارقام در شرایط تنش بهره برد. Khazaei و Kafi (۲۰۰۳) نیز اعلام کردند که ارقام مختلف گندم در اثر اعمال تنش رطوبتی در دو شرایط گلخانه و مزرعه دارای تفاوت معنی داری از نظر محتوای نسبی آب برگ بودند و ارقام مقاوم به خشکی، برتری قابل توجهی را در این ارتباط از خود نشان ندادند. این نتایج با یافته‌های حاصل از این آزمایش هماهنگی دارد.

طبق نتایج تحقیق، با افزایش تنش خشکی، ضریب ثبات غشاء، روند کاهشی نشان داد. ثبات بیشتر غشاءهای سلولی و نشت کمتر الکترولیت‌ها در شرایط تنش‌های آبی، مشخصه اصلی ژنوتیپ‌های مقاوم به تنش خشکی محسوب می شود و نشانه‌ای از وجود مکانیزم‌های کنترلی در تحمل خشکی است (Kocheva and Georgive, 2003).

با افزایش تنش خشکی، مقدار شاخص کلروفیل کل و کلروفیل a و b افزایش یافت. Luvha و همکاران (۲۰۰۸) با بررسی گیاه انبه (*Mangifera indica*) گزارش گردند که با افزایش تنش خشکی، کلروفیل a و کلروفیل کل به صورت یکنواختی افزایش یافتند. در پژوهش انجام شده روی پروانش (*Vinca minor* L.)، مقدار کلروفیل a گیاه در شرایط تنش ملایم (تیمار یک و دو هفته آبیاری به مدت دو ماه)، برابر با گیاه آبیاری شده بود و مقدار کلروفیل bنسبت به شاهد افزایش نشان داد، اما درتنش شدید (تیمار سه و چهار هفته آبیاری به مدت سه ماه) مقدار کلروفیل و فتوسنتز گیاه کاهش یافت. در تنش‌های ملایم، چون وزن ویژه برگ افزایش یافته و برگ‌ها ضخیم تر می شوند میزان کلروفیل در واحد سطح برگ افزایش می یابد. اما به علت تعرق بالا، گیاه آب بیش تری از دست می دهد و در نتیجه محتوای آب نسبی و به دنبال آن فتوسنتز نیز کاهش می یابد (Abdalla and El-Khoshiban, 2007). Mohamedin و همکاران (۲۰۰۶) بیان کردند که ارقامی از آفتابگردان که مقدار کلروفیل بیشتری داشتند، به‌عنوان ارقام مقاوم تر به تنش‌های محیطی بودند. نتایج حاصل از تحقیقات دیگر نیز نشان داده است که ژنوتیپ‌های مقاوم به خشکی گندم تحت شرایط تنش رطوبتی از میزان کاروتنوئیدها و کلروفیل بالاتری برخوردار بودند (Sairam and Saxena, 2000). قابل ذکر است که برخی محققان افزایش نسبت کلروفیل a به b را دلیل تیره شدن برگها و افزایش عدد کلروفیل می‌دانند (Kafi and Damghani Mahdavi, 2000).

اثر سطوح مختلف تنش خشکی بر میزان پرولین و کربوهیدرات‌ها نشان داد که با کاهش میزان آبیاری، میزان پرولین و کربوهیدرات‌ها، افزایش معنی‌داری داشت. افزایش پرولین در شرایط خشکی، یک مکانیزم دفاعی است که به گیاه کمک می کند تا پتانسیل اسمزی یاخته‌های خود را برای جذب آب کاهش دهد. تجمع پرولین در هنگام تنش خشکی درگیاهانی چون ذرت (Serraj et al., 2002) نیز گزارش شده است. میزان تجمع پرولین در ریحان (*Ocimum basilicum* L.)(Baher et al., 2002) و علف لیمو (*Cymbopogon*) (Shabih et al., 2002)، در پاسخ به تنش آبی افزایش یافت. در شرایط تنش، گیاه برای حفظ تعادل اسمزی و توانایی جذب بیشتر آب از محیط ریشه، ترکیباتی مانند کربوهیدرات‌ها که در ساختارسلول‌ها شرکت دارند و باعث رشد گیاه می‌شوند را در خود افزایش می‌دهد تا تنظیم اسمزی

بهتر صورت گیرد. Prado و همکاران (۲۰۰۰) افزایش میزان کربوهیدرات‌ها را راهکاری برای کاهش اثرات تنش اسمزی و یونی و در نهایت سازگاری گیاهان به این شرایط دانسته‌اند. Sing و همکاران (۱۹۸۳) ضمن بررسی مقاومت به خشکی در تعدادی از ژنوتیپ‌های جو گزارش کردند که ارقامی از جو که پرولین بیشتری داشتند، در شرایط تنش آبی شدید، درصد بقاء بیشتری داشتند و به دنبال رهایی از تنش، سریعتر رشد نمودند. همچنین میزان پرولین در ارقام متحمل به خشکی گندم نسبت به ارقام حساس به خشکی بیش تر بود (Nayyar, 2003). Ali Mohammadi و همکاران (۲۰۰۹) مشاهده نمودند که تجمع پرولین در بین ژنوتیپ‌های مختلف گندم متفاوت بود.

نتیجه‌گیری نهایی

به‌طورکلی افزایش تنش خشکی باعث کاهش وزن خشک اندام‌های هوایی و زیرزمینی و افزایش میزان رنگدانه‌های فتوسنتزی وکاروتنوئیدهای خرفه شد ولی صفات فیزیولوژیکی و مروفولوژیکی خرفه روند کاهشی نشان داد. همچنین توده‌های مختلف خرفه واکنش‌های متفاوتی به تنش خشکی نشان دادند. با بررسی صفات مورد بررسی در این تحقیق می‌توان توده‌های قم و کلات را به عنوان توده‌های متحمل به تنش خشکی معرفی نمود.

References

Abdalla, M.M., and El-Khoshiban, N.H. (2007). The influence of water stress on growth, relative water content, photosynthetic pigments, some metabolic and hormonal contents of two Triticum aestivum cultivars. Journal of Applied Sciences Research, 3(12): 2062-2074.

Ahmad, S., R, Ahmad., M.Y, Ashraf. and Waraich, E.A, (2006). Sunflower (*Hellanthus aunulus*.) response to drought stress at germination and seedling growth stages. Pakistan Journal of Bootany. 41(2):647-654.

Mohammadi, M., Rezai, A.M. and Mirmohammadi Maibodi, S.A.M. (2009). Investigation some of physiological characteristics and yield in ten cultivars of bread wheat in two irrigation regimes. Journal Of Science And Technology Of Agriculture And Natural Resources. 48:107-120. (In Persian)

Ardakani, M. R., Abbaszadeh, B., Sharifi Ashvraba D,A., Lbaschy, M.H., Moaveni, P. and Mohebbati, F. (2008). The effect of water shortages Quantity and quality of Melissa officinalis (*Melissa officinalis* L.) Vmtrayran Journal of Medicinal Plants Research, 23: 261-251 (In Persian).

Arshi, A., Zainul Abdin, M. and Iqbal, M. (2005). Effect of CaCl2 on growth performance, photosynthetic efficiency and nitrogen assimilation of *Cichorium intybus* L grown under NaCl stress. *Acta* Physiologiae Plantarum. 28(2): 137-147.

Azizi, E. (2008). A collection of articles physiology, agronomy, biotechnology, University of Mashhad page 258.(In Persian).

Babaei, A., Amynydhqy, M., Modarres Sanavi, M. and Jabbari, the. (2010). Effect of drought stress on morphological traits, proline and thymol in thyme (*Thymus vulgaris* L.), Iran Medicinal and Aromatic Plants Research. 26: 239-251.(In Persian).

Barrs, HD. and Weatherley, P.E. (1962). A re-examination of the relative turgidity techniques for estimating water deficits in leaves. Australian Journal of Biological Sciences 15: 413–428.

Bates, L.S., Waldren, S.P. and Teare, I.D. (1973). Rapid determination of free proline for water-stress studies. Plant and Soil. 39: 205-207.

Bayoumi, T.Y., Eid, M.H. and Metwali, E.M. (2008). Application of physiological and biochemical indices as a screening technique for drought

tolerance in wheat genotypes. African Journal of Biotechnology. 7: 2341-2352.

Behnamnia, M., Kalantari, Kh. M. and Rezanejad, F. (2009). Exogenous application of brassinosteroid alleviates drought-induced oxidativestress in *Lycopersicon esculentum* L. General and Applied Plant Physiology. 35: 22–34.

Boyer, J.S. (1992). Plant Productivity and environments Science. Plant Physiol. 218: 443-447.

Bray, A.E. (1997). Plant responses to water deficit. Trends in Plant Science. 2: 45-54.

Ezekwe, M.O., Omara-Alwala, T.R. and Membrahtu, T. (1999). Nutritive characterization of purslane accessions as influenced by planting date. Plant Foods for Human Nutrition. 54 (3): 183-91.

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

Gupta, S.N., Dahiya, B.S., Malik, B.P.S. and Bishnol, N.R. (1995). Response of chickpea to water deficits and drought stress. Haryana Agriculture university journal of Research 25(1/2):11-19.

Kafi, M.V.D. and Damghani Mahdavi, A.S. (2000). Mechanisms of plant tolerance to environmental stresses (Translation). University of Mashhad. . in Persian).

Khakwani, A.A., Dennett, M. D. and Munir, M. (2011). Early growth response of six wheat varieties under artificial osmotic stress condition. Pakistan Journal of Agricultural Sciences. 48: 119-123

Khazaei, H. and kafi, M. (2003). The Role of relative water content (RWC) and stomatal resistance to drought resistance in wheat and their relationship with grain yield under greenhouse and field. Journal of Agricultural Sciences and Technology. 16(2):125- 115. In Persian).

Kocheva, K. and Georgive, G. (2003). Evaluation of the reaction of two contrasting Barley (*Hordeum vulgare* L.) Cultivars in response to osmotic stress with PEG6000. Bulgarian Journal of Plant Physiology. 49: 290-294.

Korine, C., Kalko, E.K.V. and Herre, E.A. (2000). Fruit characteristics and factors affecting fruit removal in a Panamanian community of strangler figs. Oecologia, 123:560–568.

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

Luvha, E., Netondo, G.W. and Ouma, G. (2008). Effect of water deficit on physiological and Morphological characteristics of mango (*Mangifera indica*) rootstock seedlings. American Jornal of Plant Physiology 3:1-15.

Mahdinezhad, N., Jamal Poor, H., Fakheri, B., Khajeh, M. (2019). The investigation of Response of some physiological traits and seed yield of purslane cultivars to drought stress and foliar application of nano-iron chelate. Journal of Iranian Plant Ecophysiological Research. 14(54): 74-89.

Malek, M.M., galavi, M., Ramroudi, M., and Nakhzari Moghaddam, A. (2019). Evaluation of drought tolerance of wheat cultivars under water deficiency stress after flowering. Electronic Journal of Crop Production. 12(2): 123-136.

Mohamed, A.I. and Hussein, A.S. (1994). Chemical composition of purslane (*Portulaca oleracea*). Plant Foods for Human Nutrition. 45 (1):1-9. (In Persian with English abstract).

Mohamedin, A. A. M., Kader, A.A. and N. M. Badran. (2006). Response of sunflower to plants salt stress under different water table depths. Journal of Applied Sciences Research. 2(12): 1175- 1184.

Nabors, M.W. (1990). Environmental stress resistance procedure and applications: 167-185. In: Philip J.D., (Ed.). Plant Cell Line Selection, VCH, Weinhcim, 379 p.

Nayyar, H. (2003). Accumulation of osmolytes and osmotic adjustment in water stressed wheat (Triticum aestivum) and maize (Zea mays) as

affected by calcium and its antagonists. Journal Environmental and Experimental Botany. 50: 253-264.

Okcu, G., Kaya, M.D. and Atak, M. (2005). Effects of salt and drought stresses on germination and seedling growth of pea (*Pisum sativum* L.). Turkish Journal of Agriculture and Forestry. 29: 237-242.

Parry, O., Okwuasaba, F.K. and Ejike, C. (1987). Skeletal muscle relaxant action of an aqueous extract of Portulaca oleracea in the rat. Journal of Ethnopharmacology. 19 (3): 247-253.

Prado, F.E., Boero, C., Gallardo, M. and Gonzalez, J.A. (2000). Effect of NaCl on germination, growth, and soluble sugar content in Chenopodium quinoa (Wild.) seeds. Botanical Bulletin-Academia Sinica Taipei. 41: 27-34.

Premachandra, G.S., Saneoka, H., Fujita, K. and Ogata, S. (1990). Cell membrane stability and leaf water relations as affected by nitrogen nutrition under water stress in maize. Soil Science and Plant Nutrition. 36:653-659

Rashed, A.N., Afifi, F.U. and Disi, A.M. (2003). Simple evaluation of the wound healing activity of a crude extract of Portulaca oleracea L. (growing in Jordan) in Mus musculus JVI-1, Journal of Ethnopharmacology. 88: 131-136.

Ronco, M.G., Ruscitti, M.F., Arango, M.C. and Beltrano, J. (2008). Glyphosate and mycorrhization induce changes in plant growth and in root morphology and architecture in pepper plants (*Capsicum annuum* L.)The Journal of Horticultural Science and Biotechnology. 83: 497-505.

Safikhani, F., Heydarye sharifabadi, H., Syadat, A., Sharifi ashorabadi, A., Syednedjad, M. and Abbazadeh, B. (2007). The effect of drought on yield and morphologic characteristics of Deracoceohalum moldarical. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants. 23(2): 183-194. (In Persian).

Sairam, R.K. and Saxena, D.C. (2000). Oxidative stress and antioxidant in wheat genotypes : possible mechanism of water stress tolerance . Journal of Agronomy and Crop Science. 184: 55-61.

Salehi Arjomand, H. (2006). The effect of environmental stresses on increasing secondary metabolites in plants. Proceedings of the National Conference on Sustainable Development medicinal plants. Publishing Research Institute of Forests and Rangelands. 305-307.(In Persian).

Schussler, J.R. and Westgate, M.E. (1991). Maize kernel set at low water potential : II. Sensitivity to reduced assimilates at pollination. Crop Science. 31:1196-1203.

Shrestha, R., Turner, N.C., Siddique, K.H.M., Tyrner, D.W. and Speijers, J. (2006). A water deficit during pod development in lentils reduces flower and pod number but not pod size. Australian Journal of Agricultural Research. 57(4):427-438.

Shubhra, K., Dayal, J., Goswami, C.L. and Munjal, R. (2004). Effects of water deficit on oil of Calendula aerial parts. Biologia Plantarum. 48(3): 445-448.

Sinclair, T.R., Shiraiwa, T. and Hammer, G.L. (1990). Variation in crop radiation-use efficiency with increased diffuse radiation. Crop Science. 32: 1281-1284.

Sing, T.N., Paleg, L.G. and Aspinol, D. (1983). Stress metabolism. III variation in response to water deficit in the barley plant. Australian Journal of Biological Sciences. 26: 55-76

Sivakumar MVK. and Singh P. (1987). Response of chickpea cultivars to water stress in semi-arid environment. Experimental Agriculture. 23: 53-61.

Vaezi, B., Borman, V. and Shiran, B. (2010). Screening of barley genotypes for drought tolerance by agrophysiological traits in field condition. African Journal of Agricultural Research. 5: 881-892.

Yazdani Buicki, F., Rezvani Moghaddam, P., Khazaeii, H.R. Ghorbani. V. and Astaraei, A.R, (2009). Effect of salinity and drought stress on seed germination and untreated (*marianum Silybum*). Iranian Journal of Field Crops Research. 8(1): 12-19 (In Persian).

Journal of Plant Environmental Physiology, Serial 63, 16th year, Number 3, Autumn 2021
Doi: 10.30495/iper.2021.679527
Dor: 20.1001.1.76712423.1400.16.63.3.5

Investigation of some physio-morphological traits of purslane (*Portulaca oleracea* L.) landraces under drought stress

Elham Azizi*, Younes Rezapour Jeghal, Mansoureh Kermani, Ali Masoomi
Department of Agricultural Sciences, Payame Noor University, Iran

Received date: 2019/11/25 Accepted date: 2020/04/01

Abstract

Purslane (*Portulaca Oleracea* L.) is a valuable medicinal plant growing in hot and dry conditions. Since drought stress is one of the most important factors limiting the production of agricultural products in these regions, this study aimed to evaluate the tolerance of different purslane landraces to drought stress in the greenhouse of Payame Noor University of Daregaz during the spring 2016. The experiment was as factorial based on completely randomized design with four levels of drought stress (field capacity, 75% FC, 50% FC and 25% FC), 5 landraces of purslane (Qom, Kalat, Sabzevar, Yazd, Gachsaran), and with three replications. The studied traits were relative water content, membrane sustainability index, photosynthetic pigment contents, chlorophyll sustainability index (the amount of chlorophylls and carotenoids), proline content, soluble carbohydrates, and fresh and dry weight of roots in two stages of vegetative and reproductive growth. Results showed that an increase in water stress level decreased the relative water content and cell membrane stability index while increasing the leaf chlorophyll index, carotenoid content, proline, and carbohydrates in different landraces of purslane. Results also indicated that the landraces of Gachsaran and Yazd had higher membrane stability index, lower RWC, and lower chlorophyll content under stress. Among the studied landraces, Qom and Kalat showed significant superiority compared to Sabzevar, Yazd and Gachsaran landraces in terms of proline and soluble carbohydrates. Also, the results showed that with increasing drought stress, fresh and dry weight of roots, leaves, and stems reduced at vegetative and generative stages of plant development such that the highest morphological and physiological traits in two stages of vegetative and reproductive growth were observed in 75% and 100% of field capacity and the minimum levels of these traits were obtained in 25% of field capacity. In general, Qom and Kalat landraces were more tolerant to drought stress compared to other landraces while Gachsaran, Yazd, and Sabzevar due to the relatively weak response to drought stress in most of the measured traits, were evaluated as susceptible landraces to drought stress.

***Keywords*:** Carbohydrates, Dry weight, Leaf chlorophyll index, Membrane sustainability index, Proline.

*Corresponding author**;** azizi40760@gmail.com