

## ارزیابی تحمل به خشکی برخی از ژنوتیپ‌های پاکوتاه‌گزینش‌شده محلب در شرایط گلخانه‌ای

الله‌وردی رشیدی<sup>۱</sup>، ابراهیم گنجی‌مقدم<sup>۲\*</sup>، مریم تاتاری<sup>۳</sup> و محبوبه زمانی‌پور<sup>۴</sup>

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۴/۲۰ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۷/۲۸)

### چکیده

در ایران و بسیاری از کشورها از محلب به‌عنوان پایه برای گیلاس و آلبالو استفاده می‌شود. به‌منظور بررسی تحمل ژنوتیپ‌های مختلف پایه‌های پاکوتاه محلب به تنش خشکی، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در گلخانه بخش تحقیقات باغبانی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی انجام گرفت. فاکتورهای آزمایش شامل ۱۰ ژنوتیپ محلب و ۴ سطح تنش خشکی (۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی) بودند. نتایج نشان دادند که تمامی ژنوتیپ‌های محلب تحت تأثیر تنش قرار گرفتند، اما پاسخ آن‌ها به تنش متفاوت بود. با افزایش تنش خشکی، میزان پرولین و کربوهیدرات‌های محلول افزایش یافت و میزان آن در ژنوتیپ‌های مختلف محلب متفاوت بود. در ژنوتیپ‌های DM-135، DM-164 و DM-69 بیشترین میزان پرولین و کربوهیدرات‌های محلول مشاهده شد. با افزایش تنش خشکی، درصد بقا، ارتفاع و تعداد برگ کاهش یافتند و این کاهش وابسته به نوع ژنوتیپ بود. به‌طور کلی، ژنوتیپ‌های DM-69، DM-164 و DM-135 در مقایسه با سایر ژنوتیپ‌ها، به‌دلیل وجود مکانیسم‌های مقاومت در برابر تنش خشکی جزء متحمل‌ترین ژنوتیپ‌ها و DM-277 به‌عنوان حساس‌ترین ژنوتیپ معرفی شدند.

**کلمات کلیدی:** پرولین، تنش خشکی، درصد بقا، کربوهیدرات‌های محلول

۱- دانشجوی کارشناسی‌ارشد علوم باغبانی، دانشگاه آزاد شیروان، شیروان.

۲- دانشیار، بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد.

۳- استادیار، گروه کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی شیروان، شیروان.

۴- استادیار، گروه کشاورزی، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه ولایت، ایرانشهر.

\* پست الکترونیک: [eganji@hotmail.com](mailto:eganji@hotmail.com)

## مقدمه

با توجه به نقش پایه در میزان رشد رویشی، زودرسی، میزان عملکرد و مقاومت در برابر تنش‌های زنده و غیر زنده، انتخاب پایه مناسب نقش بسزایی در برنامه مدیریت باغ خواهد داشت. محلب یا سنت لوسی با نام علمی *Prunus mahaleb L.* پایه مهمی برای گیلاس و آلبالو محسوب می‌شود. این پایه در خاک‌های سبک، آهکی، سنگلاخی و در آب و هوای خنک که پایه گیلاس به خوبی سازگار نمی‌باشد، از سازگاری مناسبی برخوردار است. این درخت بومی اروپای جنوبی است و پراکندگی آن در ترکیه، ایران، روسیه و آمریکا نیز گزارش شده است. پراکندگی جغرافیایی این گیاه در ایران، مناطق شمال غرب و غرب در جنگل‌های ارسباران، لرستان، بختیاری و هم‌چنین در همدان و دره کرج گزارش شده است (گنجی مقدم و طلائی، ۱۳۸۶). در بین پایه‌های گیلاس، بهترین پایه برای پرورش‌دهندگان گیلاس در ایران، محلب است. محلب متحمل به کلروز آهن ناشی از خاک‌های آهکی و کمبود روی است (گنجی مقدم و خلیقی، ۲۰۰۶). ژنوتیپ‌هایی از محلب شناخته شده‌اند که مقاوم به تنش خشکی می‌باشند (آکچا، ۲۰۰۰).

گسترش کشاورزی و صنعت به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک نیاز به آب را افزایش داده و بحران کمبود آب را در این مناطق تشدید کرده است (شوارز<sup>۳</sup> و همکاران، ۲۰۱۰؛ اردم<sup>۴</sup> و همکاران، ۲۰۱۰). بنابراین درک و فهم پاسخ گیاهان به تنش‌های مختلف به‌ویژه تنش خشکی و یا سایر عوامل محدودکننده عملکرد کاملاً ضروری است (موری و همکاران، ۱۳۹۱؛ میشر<sup>۵</sup> و سینگ<sup>۵</sup>، ۲۰۱۰). از این رو در گیاهان زراعی و باغی، شناسایی، انتخاب و استفاده از ژنوتیپ‌های متحمل در برابر تنش خشکی و تولید ارقام مقاوم به خشکی به‌منظور جلوگیری از کاهش محصول از موارد بسیار مهم و ضروری در برنامه‌های به‌نژادی به شمار می‌رود (نبوی‌کلات و شریف‌الحسینی،

(۱۳۸۸).

کاهش در آب مورد استفاده در کشاورزی، ممکن است موجب تنش خشکی در گیاهان شود و به نوبه خود سبب کاهش در فتوسنتز گردد (سارکر<sup>۶</sup> و همکاران، ۲۰۰۵؛ ستایش‌مهر و گنجعلی، ۱۳۹۲). به‌علاوه، در شرایط تنش خشکی، رشد ریشه، جذب مواد غذایی از ریزوسفر، حلالیت مواد غذایی در خاک و انتقال در گیاهان با اختلال روبه رو می‌شود (گانز<sup>۷</sup> و همکاران، ۲۰۰۶). گیاهان در شرایط تنش خشکی، ترکیباتی مانند آسپاراژین، پرولین، گلیسین، بتائین، اسیدهای ارگانیک و کربوهیدرات به منظور حفظ تعادل تورژانس سلولی و افزایش پتانسیل اسمزی از خود آزاد می‌نمایند. در شرایط تنش، اسید آسبازیک سبب بسته‌شدن روزه‌ها، کاهش سنتز کلروفیل و تنظیم مکانیسم فتوسنتز می‌شود (انجام<sup>۸</sup> و همکاران، ۲۰۱۱).

ازیرت<sup>۹</sup> و همکاران (۲۰۱۸) در بررسی تعیین روابط بین پارامترهای مقاومت به خشکی و رژیم‌های آبیاری در سه ژنوتیپ محلب (60TM06، 60TM60 و 60TM31) بیان نمودند که با افزایش تنش خشکی، سطح برگ، طول و قطر گیاه، کلروفیل a و b، طول، قطر و تعداد روزه کاهش، در حالی که محتوای اسید آسبازیک افزایش یافت.

اشکاوند<sup>۱۰</sup> و همکاران (۲۰۱۸) در بررسی کاربرد نانوذرات سیلیکا و اثرات تنش بر عملکرد فیزیولوژیکی محلب گزارش نمودند که پیش تیمار نانوذرات سیلیکا سبب کاهش اثرات مخرب تنش بر روی تبادل گازهای فتوسنتزی، هدایت روزه‌ای و سرعت تعرق شد.

جوادی و همکاران (۱۳۸۳) در بررسی میزان کربوهیدرات‌های محلول و پرولین در ۹ ژنوتیپ گلایی آسیایی با سه تیمار آبیاری (درحد ظرفیت زراعی، تنش ملایم و تنش شدید) گزارش نمودند که میزان پرولین در تنش شدید، بیشترین مقدار و در ژنوتیپ‌های ks<sub>6</sub>، ks<sub>9</sub> و ks<sub>7</sub> نسبت به بقیه کمتر بوده و مقدار کربوهیدرات‌های محلول در تیمارهای خشکی ملایم و شدید افزایش

6. Sarker  
7. Gunes  
8. Anjum  
9. Ozyurt  
10. Ashkavand

1. Ganji Moghadam and khalighi  
2. Akca  
3. Schwarz  
4. Erdem  
5. Mishra and Singh

معنی‌داری نشان دادند.

جوادی و جعفری (۱۳۹۵) در بررسی اثر تنش خشکی بر صفات رشدی و فیزیولوژیکی نهال‌های آلبالو رقم "میکرز" گزارش نمودند که تنش خشکی سبب کاهش رشد نهال‌های آلبالو گردید. میزان رشد طولی ساقه، تعداد برگ و میانگین سطح برگ با افزایش شدت تنش خشکی کاهش یافت و کمترین مقادیر برای این صفات در تنش خشکی ۱۰- بار مشاهده شد. مقدار پرولین و کربوهیدرات‌های محلول با افزایش شدت تنش افزایش یافت و بیشترین مقدار آن در تیمار ۱۰- بار مشاهده گردید. به نظر می‌رسد که آلبالوی رقم "میکرز" با کاهش اندازه و تعداد برگ و افزایش مقدار پرولین و کربوهیدرات محلول کل تنش خشکی را تحمل می‌کند.

در همین راستا، بررسی میزان تحمل به خشکی ژنوتیپ‌های گزینش‌شده محلب با توجه به محدودیت منابع آبی (بحران شدید کمبود آب و خشکسالی‌های متوالی) و همچنین با توجه به استفاده از محلب به‌عنوان پایه در استان و کشور برای درختان گیلان و آلبالو ضرورت دارد. با انجام این تحقیق می‌توان متحمل‌ترین ژنوتیپ‌های محلب به خشکی را به باغداران و تولیدکنندگان نهال به‌منظور کاهش اثرات خشکسالی، کمبود بارندگی و منابع آبی معرفی نمود.

## مواد و روش‌ها

این تحقیق در گلخانه تحقیقات باغبانی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی واقع در شهرستان مشهد به اجرا درآمد. در منطقه مورد آزمایش، ارتفاع از سطح دریا ۹۳۹ متر، متوسط بارندگی سالانه ۲۵۴/۳ میلی‌متر و میانگین حداقل و حداکثر دمای سالانه به ترتیب ۹/۸ و ۲۲ درجه سانتی‌گراد بود. میزان رطوبت هوای داخل گلخانه بین ۵۰ تا ۶۰ درصد و متوسط دمای روزانه و شبانه گلخانه به ترتیب، ۲۵ و ۱۸ درجه سانتی‌گراد بود.

## مواد گیاهی

این تحقیق به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار بر روی ۱۰ ژنوتیپ محلب (DM-69، DM-146، DM-120، DM-164، DM-249، DM-223،

DM-277، DM-187، DM-135 و DM-255) به تعداد ۱۲ اصله برای هر تیمار و چهار سطح تنش خشکی (۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی) انجام گرفت. این ژنوتیپ‌ها، نهال‌های یکساله‌ای بودند که از مناطق مختلف کشور جمع‌آوری شده و در کلکسیون مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی نگهداری می‌شدند، تهیه گردید. قطر گیاهچه‌ها حدود ۱ سانتی‌متر بود و پس از استقرار گیاهان، تیمارهای تنش بر روی آن‌ها اعمال گردید. برای انجام این آزمایش، گلدان‌هایی با قطر دهانه ۱۷ سانتی‌متر و ارتفاع ۱۵ سانتی‌متر انتخاب شدند. گلدان‌ها حاوی بستر کشت (۴۰ درصد رس، ۴۰ درصد خاک‌برگ و ۲۰ درصد ماسه) بودند. در ابتدا گیاهچه‌های ۶ ماهه محلب تهیه شده در گلدان کشت گردید و بعد از دو ماه رشد و نمو در گلخانه، تیمارهای آبیاری بر روی آن‌ها اعمال گردید.

## محاسبه رطوبت جهت اعمال تنش خشکی

با توجه به وزن گلدان، وزن فیلتر و وزن بستر کاشت مورد استفاده در هر گلدان، وزن نهایی گلدان برای هر تیمار در ظرفیت زراعی ۲۵، ۵۰ و ۷۵ درصد جداگانه محاسبه گردید. نحوه اعمال تیمارها، با توزین روزانه گلدان‌ها و اضافه نمودن آب مصرفی توسط هر گلدان تنظیم شد. جهت حذف اثر وزن رشد گیاه، تکرارهای اضافی برای هر تیمار، در نظر گرفته شد تا در فواصل دو هفته تخریب و وزن گیاه تخریب شده محاسبه و در میزان آب افزودنی اعمال گردد. برای دستیابی به میزان آب مورد نیاز جهت تأمین ظرفیت زراعی خاک مورد نظر در حد مطلوب ابتدا درصد رطوبت خاک برای وضعیت زراعی با فرمول زیر محاسبه گردید (عیسوند و شرفی، ۱۳۹۶):

$$100 \times \text{وزن خاک خشک شده در آون } 105 \text{ درجه به مدت } 48 \text{ ساعت} - \text{وزن خاک مرطوب پس از خروج آب تالی} = \text{وزن خشک}$$

## صفات مورد بررسی و اندازه‌گیری آن‌ها

به‌منظور بررسی اثر فاکتورها، میزان پرولین و کربوهیدرات برگ، درصد زنده‌مانی ژنوتیپ‌ها، تعداد برگ و ارتفاع نهال در فاکتورهای مورد آزمایش پس از دوره تنش (دو ماه بعد از شروع دوره تنش) اندازه‌گیری شد.

## اندازه‌گیری میزان پرولین

به‌منظور استخراج پرولین، ۰/۵ گرم برگ را با استفاده از ۵

محاسبه شد (اریگون<sup>۱</sup> و همکاران، ۱۹۹۲).

### اندازه‌گیری درصد زنده‌مانی ژنوتیپ‌ها، ارتفاع نهال‌ها و تعداد برگ

درصد زنده‌مانی ژنوتیپ‌ها به صورت مشاهده‌ای و با شمارش دقیق تعداد نهال‌های سبز (موفق) در هر تیمار تعیین گردید و ارتفاع نهال‌ها از طوقه گیاه تا بلندترین شاخه به وسیله خط‌کش مدرج اندازه‌گیری شدند (مردانی<sup>۲</sup> و همکاران، ۲۰۰۴). تعداد برگ نیز بر اساس تعداد برگ‌های باقی‌مانده اندازه‌گیری گردید.

### آنالیز آماری داده‌ها و نرم‌افزارهای مورد استفاده

تجزیه آماری داده‌ها به صورت تجزیه واریانس توسط نرم‌افزار JMP<sup>۸</sup> صورت گرفت. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون توکی در سطح احتمال ۱ درصد انجام شد. ترسیم نمودارها با نرم‌افزار Excel انجام گردید.

### نتایج و بحث

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر متقابل فاکتورهای خشکی و ژنوتیپ بر میزان پرولین و کربوهیدرات‌های محلول، درصد بقا، تعداد برگ و ارتفاع گیاهچه‌های محلب در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شده است (جدول ۱).

### تأثیر تنش خشکی و ژنوتیپ بر میزان پرولین

در بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه، تفاوت‌های معنی‌داری در میزان پرولین در سطوح مختلف تنش وجود داشت، به گونه‌ای که بیشترین میزان پرولین در ژنوتیپ DM-135 در آبیاری ۲۵ درصد ظرفیت زراعی و کمترین میزان پرولین در ژنوتیپ DM-146 در آبیاری ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی مشاهده شد (شکل ۱). ژنوتیپ‌های DM-69، DM-164 و DM-135 با مکانیسم افزایش میزان پرولین در برابر خشکی از خود مقاومت بیشتری نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها نشان دادند. افزایش میزان پرولین این ژنوتیپ‌ها در شرایط تنش خشکی می‌تواند ناشی از تجزیه بیشتر پروتئین‌ها باشد. به نظر می‌رسد که تجمع پرولین آزاد یک پاسخ متداول به تنش در گیاهان عالی باشد. این

میلی‌لیتر اتانول ۹۵ درصد در هاون چینی کوبیده و قسمت بالای محلول جدا گردید. عمل استخراج دو بار دیگر و هر بار با ۵ میلی‌لیتر اتانول ۷۰ درصد تکرار شد. سپس، محلول بدست‌آمده ده دقیقه در دستگاه سانتریفوژ (مدل Chermle Z230A، ساخت آلمان) با دور ۳۵۰۰ قرار داده شد. بعد از جدا نمودن فاز مایع از جامد، قسمت مایع برای استخراج پرولین استفاده شد. برای تعیین غلظت پرولین، ۱ میلی‌لیتر از عصاره الکلی فوق‌الذکر را با ۱۰ میلی‌لیتر آب مقطر رقیق نموده و ۵ میلی‌لیتر معرف نین هیدرین به آن اضافه شد. سپس، با افزودن ۵ میلی‌لیتر اسید استیک گلاسیال به آن و هم‌زدن به مدت ۴۵ دقیقه، در حمام آب جوش قرار گرفت. پس از خارج کردن نمونه‌ها از حمام آب جوش و خنک کردن آن‌ها، ۱۰ میلی‌لیتر بنزن به آن افزوده و با هم‌زدن مکانیکی مخلوط شدند تا پرولین وارد فاز بنزن شود. نمونه‌ها ۳۰ دقیقه به حال سکون رها و سپس منحنی کالیبراسیون با استفاده از ال-پرولین به‌عنوان استاندارد تهیه گردید و میزان جذب با دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۵۱۵ نانومتر اندازه‌گیری شد (جوادی و همکاران، ۱۳۸۳).

### اندازه‌گیری میزان کربوهیدرات‌های محلول

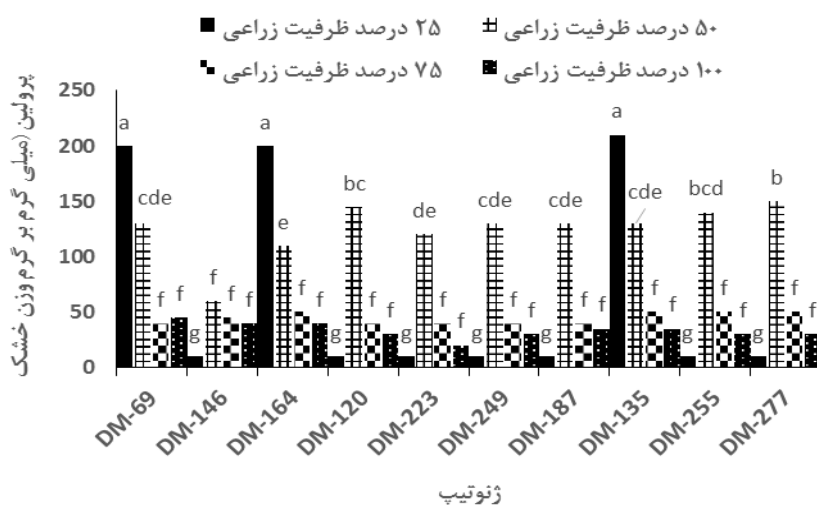
به‌منظور اندازه‌گیری کربوهیدرات‌های محلول، ۰/۵ گرم از بافت تازه برگ‌ها (برگ‌های توسعه یافته انتهایی) به‌همراه ۱۰ میلی‌لیتر اتانول ۹۶ درصد در داخل هاون چینی کوبیده و له شد. محلول به‌دست‌آمده در سانتریفوژ به مدت ۱۰ دقیقه با دور ۳۵۰۰ قرار داده شد. ۰/۱ میلی‌لیتر از عصاره الکلی تهیه شده، به کمک میکروپیپت به داخل لوله آزمایش ریخته شده و سه میلی‌لیتر آنترون تازه تهیه شده (۱۵۰ میلی‌گرم آنترون به‌همراه ۱۰۰ میلی‌لیتر اسید سولفوریک ۷۲ درصد، W/W) به آن افزوده شد. لوله‌های آزمایش را به مدت ۱۰ دقیقه در حمام آب جوش قرار داده تا ماده رنگی تشکیل گردد. پس از خنک‌شدن نمونه‌ها، میزان جذب آن‌ها در طول موج ۶۲۵ نانومتر با دستگاه اسپکتروفتومتر (مدل Carry 300، USA) اندازه‌گیری شد و سپس میزان جذب آن‌ها در طول موج ۶۲۵ نانومتر قرائت و با استفاده از منحنی استاندارد قندهای محلول، میزان قند گیاهان تعیین گردید و در نهایت میزان قندهای محلول برحسب DW  $g^{-1}$  mg

1. Irigoyen  
2. Mardani

جدول ۱- تجزیه واریانس تأثیر تنش خشکی بر ژنوتیپ‌های محلب

منابع تغییرات	درجه آزادی	میزان پرولین	میزان کربوهیدرات‌های محلول	درصد بقا	ارتفاع	تعداد برگ
ژنوتیپ	۹	۸۴۳۳/۵۸۹**	۱۳۸۶۵/۸۳۳**	۵۱۶/۶۳۶**	۴۷/۰۷۲**	۶۰/۷۹۴**
تنش خشکی	۳	۴۹۶۳۴/۵۳۳**	۸۶۸۹۵/۰۰۰**	۵۶۲۲۱/۲۲۳**	۲۲۷/۶۹۵**	۱۴۳۱/۶۶۹**
ژنوتیپ × تنش خشکی	۲۷	۷۵۳۳/۵۸۹**	۹۹۶۳/۰۵۶**	۳۹۵/۸۴۴**	۳/۸۸۳**	۱۳/۲۳۸**
خطای آزمایشی	۸۰	۰/۸۸۳	۰/۸۲۵	۰/۶۷۱	۱/۰۰۰	۱/۰۰۰
ضریب تغییرات (درصد)	---	۷/۹۱	۱۲/۳۸	۳/۹۲	۵/۷۷	۷/۰۹

\*\* معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد



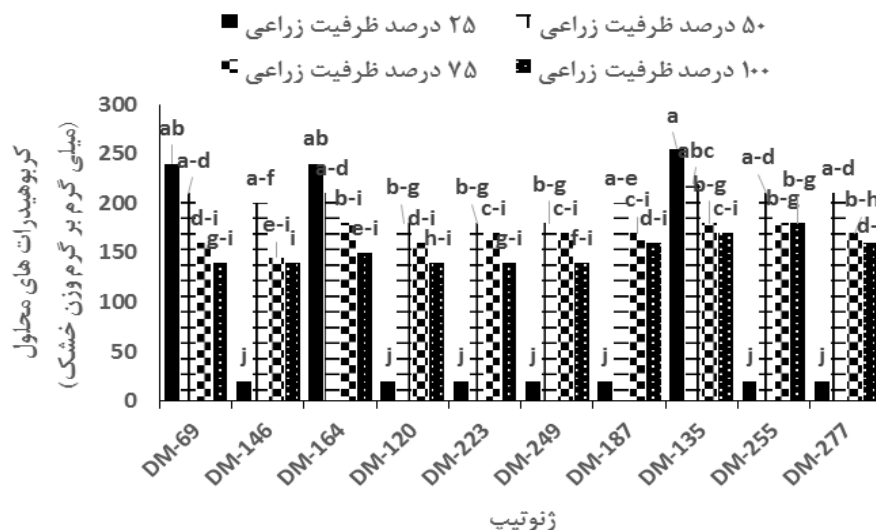
شکل ۱- تأثیر تنش خشکی بر میزان پرولین در ژنوتیپ‌های مختلف محلب. ستون‌های با حروف مشترک تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد بر اساس آزمون توکی ندارند.

### تأثیر تنش خشکی و ژنوتیپ بر میزان کربوهیدرات‌های محلول

ژنوتیپ‌های محلب از نظر میزان کربوهیدرات‌های محلول در سطوح مختلف تنش با یکدیگر متفاوت بودند، به طوری که بیشترین میزان کربوهیدرات‌های محلول در ژنوتیپ DM-135 در آبیاری ۲۵ درصد ظرفیت زراعی به بیشترین مقدار خود (۲۶۰ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک) رسید، اگرچه ژنوتیپ‌های DM-69 و DM-164 در همان سطح تنش (۲۵ درصد ظرفیت زراعی) مقادیر ۲۴۰ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک را نشان دادند (شکل ۲). تحت شرایط تنش، افزایش نسبت ساکارز به نشاسته، تجزیه نشاسته و کاهش انتقال ساکارز به خارج از برگ‌ها

نتایج با گزارشات زاده باقری و همکاران (۱۳۹۳) و راهداری و حسینی<sup>۱</sup> (۲۰۱۲) که بیان نمودند، هنگامی که گیاهان به وسیله خشکی، شوری، دماهای پایین و سایر فاکتورهایی که باعث کاهش پتانسیل آب شیره سلولی می‌شوند تحت تأثیر قرار می‌گیرند، باید غلظت اسمولیت‌هایشان را افزایش دهند تا جذب آب تحت شرایط تنش ادامه پیدا کند که این افزایش منجر به حفظ تورم و کاهش خسارت غشا در گیاهان می‌شود، مطابقت دارد. جوادی و همکاران (۱۳۸۳)، نیز تأثیر ژنوتیپ در میزان تجمع پرولین را گزارش نموده‌اند.

1. Rahdari and Hoseini



شکل ۲- تأثیر تنش خشکی بر میزان کربوهیدرات‌های محلول در ژنوتیپ‌های مختلف محلب. ستون‌های با حروف مشترک تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد بر اساس آزمون توکی ندارند.

ژنوتیپ‌های مختلف محلب در سطوح مختلف خشکی، عکس‌العمل متفاوتی نشان دادند (جدول ۱)، به طوری که ژنوتیپ DM-135 در ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی بیشترین ارتفاع (۲۳ سانتی‌متر) و ژنوتیپ DM-277 در تیمار ۲۵ درصد ظرفیت زراعی کمترین ارتفاع (۵ سانتی‌متر) را دارا بودند (شکل ۴). با افزایش تنش خشکی، از ارتفاع گیاه کاسته شد که با نتایج موسوی و همکاران (۱۳۸۸) که بیان نمودند تنش خشکی در گیاه، سبب افزایش هورمون آبسزیک اسید و کاهش هورمون‌های ایندول استیک اسید و سائتوکینین می‌شود که ممکن است منجر به کاهش رشد نسبت به شرایط طبیعی شده و در نتیجه تاج درخت کوچک‌تر شود، مطابقت دارد. به علاوه، احمدی و باکر<sup>۲</sup> (۲۰۰۰) گزارش نمودند که در صورت عدم تأمین آب مورد نیاز به دلیل کاهش فشار تورژسانس سلول‌های در حال رشد و اثر بر طول سلول‌ها، رشد گیاه کم می‌شود.

#### تأثیر تنش خشکی و ژنوتیپ بر تعداد برگ

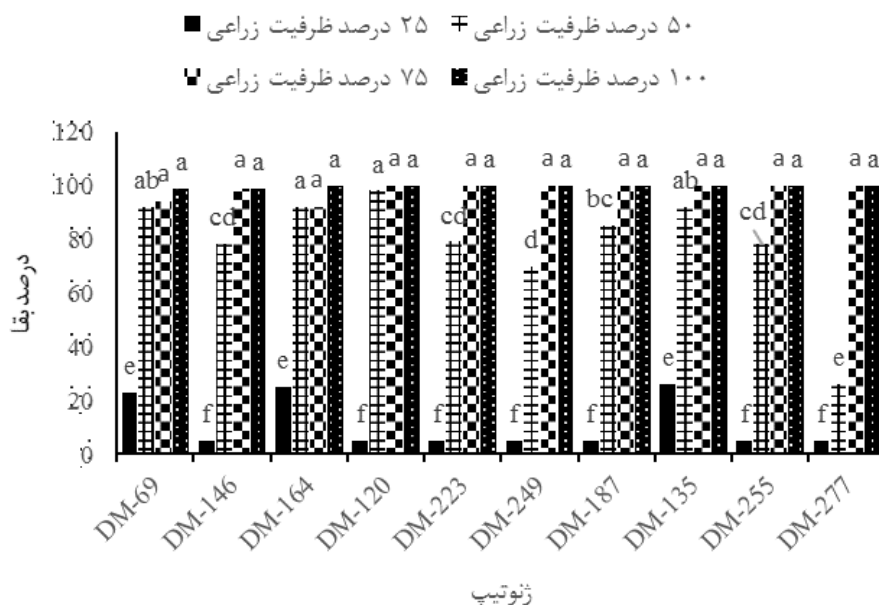
تفاوت‌های معنی‌داری در ژنوتیپ‌های محلب از لحاظ تعداد برگ در سطوح مختلف خشکی مشاهده شد (جدول ۱)، به طوری که بیشترین تعداد برگ (۲۳ عدد) مربوط به ژنوتیپ‌های DM-69 و DM-164 در تیمار ۱۰۰ درصد

منجر به افزایش کربوهیدرات‌های محلول می‌گردد. این نتایج با نتایج جوادی و همکاران (۱۳۸۳) در گلابی آسیایی مطابقت دارد. هم‌چنین، پاگتر<sup>۱</sup> و همکاران (۲۰۰۵) گزارش کردند که قندهای محلول به عنوان محافظت‌کننده‌های اسمزی در پاسخ به تنش‌های محیطی تجمع می‌یابند و تعیین میزان قندهای محلول ممکن است روشی مفید در انتخاب گونه‌های مقاوم به شوری و خشکی باشد.

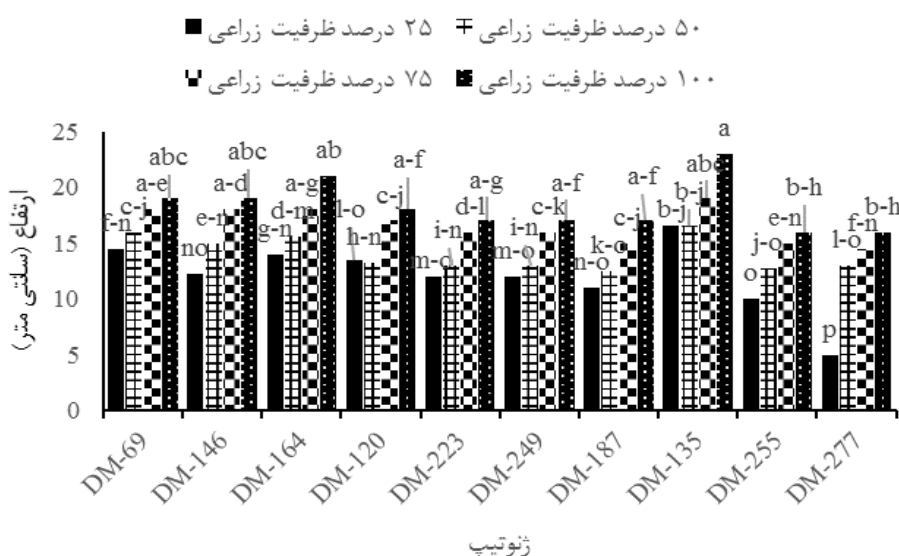
#### تأثیر تنش خشکی و ژنوتیپ بر درصد بقا

ژنوتیپ‌های محلب در سطوح مختلف خشکی، از نظر درصد بقا، تفاوت معنی‌داری با یکدیگر داشتند (جدول ۱)، به طوری که در تیمارهای ۷۵ و ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی، بالاترین درصد بقا (۹۹ درصد) را دارا بودند. با افزایش میزان خشکی، درصد بقا در ژنوتیپ‌های محلب کاهش یافت (شکل ۳). از آنجائی که ژنوتیپ‌های DM-135، DM-164 و DM-69 به طور معنی‌داری در سطح خشکی ۲۵ درصد ظرفیت زراعی، درصد بقای بالاتری نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها داشتند؛ به عنوان ارقام مقاوم‌تر به خشکی در این آزمایش معرفی می‌گردند.

#### تأثیر تنش خشکی و ژنوتیپ بر ارتفاع



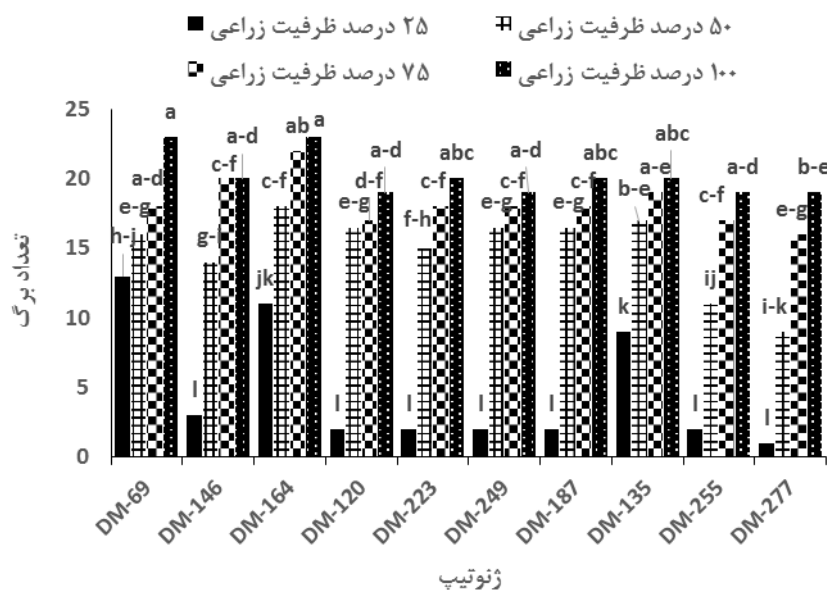
شکل ۳- تأثیر تنش خشکی بر درصد بقای ژنوتیپ‌های مختلف محلب. ستون‌های با حروف مشترک تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد بر اساس آزمون توکی ندارند.



شکل ۴- تأثیر تنش خشکی بر ارتفاع ژنوتیپ‌های مختلف محلب. ستون‌های با حروف مشترک تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد بر اساس آزمون توکی ندارند.

گزارش نمودند که در شرایط تنش خشکی، فرآیندهای فیزیولوژیک گیاه مختل شده و منجر به تغییرات ریخت شناسی در گیاه می‌شود. البته، بسته به شدت و دوره تنش، گسترش ساقه گیاهان، تعداد و سطح برگ کاهش یافته و بالطبع، سطح فتوسنتزکننده گیاه نیز کاهش می‌یابد.

ظرفیت زراعی و کمترین تعداد برگ (۱ عدد) مربوط به ژنوتیپ DM-277 در تیمار ۲۵ درصد ظرفیت زراعی بود (شکل ۵). با افزایش تنش خشکی، از تعداد برگ پایه‌های محلب کاسته شد که این نتایج با گزارشات جوادی و همکاران (۱۳۸۳) در گلابی آسیایی و ضرابی و همکاران (۱۳۸۹) در زیتون مطابقت دارد. همچنین، امیری ده احمدی و همکاران (۱۳۹۱) و انجام و همکاران (۲۰۱۱)



شکل ۵- تأثیر تنش خشکی بر تعداد برگ ژنوتیپ‌های مختلف محلب. ستون‌های با حروف مشترک تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد بر اساس آزمون توکی ندارند.

### نتیجه‌گیری کلی

بیشتری در میزان پرولین، کربوهیدرات‌های محلول، درصد بقاء، ارتفاع و تعداد برگ نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها از خود نشان دادند، لذا با توجه به بحران کم آبی در کشور، این ژنوتیپ‌ها که در برابر خشکی مقاوم‌تر می‌باشند، قابل توصیه‌اند. ژنوتیپ DM-277 در شرایط تنش خشکی، تحمل کمتری نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها داشت و بنابراین، به‌عنوان حساس‌ترین ژنوتیپ معرفی شد.

با توجه به نتایج تحقیق حاضر، ژنوتیپ‌های محلب از نظر میزان پرولین و کربوهیدرات‌های محلول، درصد بقاء، ارتفاع و تعداد برگ تفاوت معنی‌داری با یکدیگر داشتند. افزایش تنش خشکی سبب افزایش میزان پرولین و کربوهیدرات‌های محلول و هم‌چنین، سبب کاهش درصد بقاء، ارتفاع و تعداد برگ شد. ژنوتیپ‌های DM-135، DM-164 و DM-69 تحت شرایط تنش خشکی، افزایش

### منابع

- امیری ده‌احمدی، س.ر.، رضوانی‌مقدم، پ. و احیایی، ح.ر. ۱۳۹۱. تأثیر تنش خشکی بر برخی خصوصیات مورفولوژیکی و عملکرد سه گیاه دارویی شوید (*Anethum graveolens*)، گشنیز (*Corianderum Sativum*) و رازیانه (*Foeniculum vulgare*) در شرایط گلخانه. نشریه پژوهش‌های زراعی ایران، ۱۰: ۱۱۶-۱۲۴.
- جوادی، ت.، ارزانی، ک. و ابراهیم‌زاده، ح. ۱۳۸۳. بررسی میزان کربوهیدرات‌های محلول و پرولین در نه ژنوتیپ گلابی آسیایی (*Pyrus Serotina* Rehd.) تحت تنش خشکی. مجله زیست‌شناسی ایران، ۱۷(۴): ۱۹-۱.
- جوادی، ت. و جعفری، م. ۱۳۹۵. اثر تنش خشکی بر صفات رشدی و فیزیولوژیکی نهال‌های آلبالوی رقم "میکرز". پژوهش در میوه‌کاری، ۱۱(۱): ۷۰-۸۸.
- زاده باقری، م.، جوانمردی، س.ه.، علیزاده، ا. و کامل‌منش، م.م. ۱۳۹۳. اثر تنش خشکی بر عملکرد دانه و برخی ویژگی‌های فیزیولوژیک ژنوتیپ‌های مختلف لوبیا قرمز. مجله اکوفیزیولوژی گیاهی، ۶(۱۸): ۱-۱۱.
- ستایش‌مهر، ز. و گنجعلی، ع. ۱۳۹۲. بررسی اثرات تنش خشکی بر رشد و خصوصیات فیزیولوژیکی گیاه شوید (*Anethum graveolens* L.). نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)، ۲۷(۱): ۲۷-۳۵.



- ضرابی، م.م.، طلائی، ع.، سلیمانی، ع. و حداد، ر. ۱۳۸۹. نقش فیزیولوژیکی و تغییرات بیوشیمیایی شش رقم زیتون (*Olea europaeae* L.) در برابر خشکی. نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)، ۲۴(۲): ۲۳۴-۲۴۴.
- عیسوند، ح.ر. و شرفی، ا. ۱۳۹۵. اثرات اسموپرایمینگ بذر در دماهای مختلف، بر سبز شدن، رشد گیاهچه و درصد اسانس مرزه خوزستانی (*Satureja Khuzestanica* Jamzad) تحت تنش خشکی. نشریه علوم و فناوری بذر ایران، ۲: ۲۳-۳۵.
- گنجی‌مقدم، ا. و طلائی، ع. ۱۳۸۶. بررسی تنوع ژنتیکی در توده‌های جمع‌آوری شده محلب (*Prunus mahaleb* L.) با استفاده از خصوصیات مورفولوژیک. مجله نهال و بذر، ۲۲(۱): ۲۹-۴۱.
- موری، س.، امام، ی. و کریم‌زاده سورشجانی، ه.ا. ۱۳۹۱. ارزیابی مقاومت به خشکی انتهای فصل در ارقام گندم با استفاده از عملکرد، اجزای عملکرد و شاخص‌های کمی مقاومت به خشکی، تنش‌های محیطی در علوم زراعی، ۵(۱): ۱۹-۳۲.
- موسوی، ا.، تاتاری، م.، مهنّت‌کش، ی. و حقیقی، ب. ۱۳۸۸. پاسخ رشد رویشی نهال‌های بذری جوان پنج رقم بادام به تنش آب. مجله به‌نژادی نهال و بذر، ۲۵(۴): ۵۵۱-۵۶۷.
- نبوی‌کلات، س.م. و شریف‌الحسینی، م. ۱۳۸۸. ارزیابی تحمل به خشکی ارقام و لاین‌های جو به تنش خشکی انتهای فصل رشد. مجله علمی-پژوهشی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز، ۳(۹): ۵۵-۷۴.
- Ahmadi, A. and Baker, D.A. 2000. Stomatal and non-stomatal limitation of photosynthesis under drought stress conditions in wheat plant. *Journal of Agricultural Sciences*, 31(4): 825-813.
- Akça, Y. 2000. Meyve türlerinde kullanılan anaçlar. Tokat. DC: GOP Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları.
- Anjum, S.A., Xie, X., Wang, L., Saleem, M.F., Man, C. and Lei, W. 2011. Morphological, physiological and biochemical responses of plants to drought stress. *African Journal of Agricultural Research*, 6: 2026-2032.
- Ashkavand, P., Zarafshar, M., Tabari, M., Mirzaie, J., Nikpour, A., Bordbar, S.K., Struve, D. and Striker, G.G. 2018. Application of SIO<sub>2</sub> nanoparticles AS pretreatment alleviates the impact of drought on the physiological performance of *Prunus Mahaleb* (Rosaceae). *Boletin de la Sociedad Argentina de Botanica*, 53(2): 1-13.
- Erdem, T., Arin, L., Erdem, Y., Plot, S., Deveci, M., Okursoy, H. and Gultas, H.T. 2010. Yield and quality response of drip irrigated broccoli (*Brassica oleracea* L. var. italic) under different irrigation regimes, nitrogen applications and cultivation periods. *Agricultural Water Management*, 97: 681-688.
- Ganji Moghadam, E. and Khalighi, A. 2006. Genetic variation of mahaleb (*Prunus Mahaleb* L.) on some Iranian populations using morphological characters. *Journal of Applies Sciences*, 6 (3): 651-653.
- Güneş, A., Çiçek, N., İnal, A., Alpaslan, M., Eraslan, F., Güneri, E. and Güzelordu, T. 2006. Genotypic response of chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars to drought stress implemented at pre-and-post anthesis stages and its relations with nutrient uptake and efficiency. *Plant and Soil Environment*, 52: 368-376.
- Irigoyen, J.J., Emerich, D.W. and Sanchez-Diaz, M. 1992. Water stress induce changes in concentration of proline and total soluble sugar in nodulated alfalfa (*Medicago sativa*) plants. *Physiologia Plantarum*, 84: 55-60.
- Mardani, F., Yusefi, B., Maerufi, H., Ghasriyani, F. and Anvar Khanghi, M. 2004. Introduction of the most commonly used almond drought resistant (*Prunus dulcis* L.) genotypes for dryland farming in lowland areas of Kurdistan province. *Journal of Forest and Poplar Research of Iran*, 11(2): 6-10.
- Mishra, A.K. and Singh, V.P. 2010. A review of drought concepts. *Journal of Hydrology*, 391: 202-216.
- Ozyurt, I.K., Akca, Y. and Aydin, O. 2018. Determination of relationships between drought resistance parameters and irrigation regimes in *Prunus mahaleb* L. rootstocks. *International Journal of Crop Science and Technology*, 4(1): 32-37.
- Pagter, M., Bragato, C. and Brix, H. 2005. Tolerance and physiology responses of *phragmites australis* to water deficit. *Aquatic Botany*, 81: 285-299.

- Paquin, R. and Lechasseur, P. 1979. Observations sur une methode dosage de la proline libre dans les extraits de plantes. *Journal of Botany*, 57: 1851-1854.
- Rahdari, P. and Hoseini, S.M. 2012. Drought Stress: A Review. *Interernational Journal of Agronomy and Plant Production*, 3(10): 443-446.
- Sarker, B.C., Hara, M. and Uemura, M. 2005. Proline synthesis, physiological responses and biomass, yield of eggplants during and after repetitive soil moisture stress. *Scientia Horticulturae*, 103: 387-402.
- Schwarz, D., Rouphael, Y., Colla, G. and Venema, J.H. 2010. Grafting as a tool to improve tolerance of vegetable to abiotic stresses: Thermal stress, water stress and organic pollutants. *Scientia Horticulturae*, 127: 162-171.