پژوهش در میوه‌کاری
دوره اول، شماره اول، تابستان ۱۳۹۵ (ص ۸۸-۷۰)

اثر تنش خشکی بر صفات رشدی و فیزیولوژیکی نهال‌های آلبالوی رقم "میکرز"

تیمور جوادی*[۱] و مرجان جعفری[۲]

۱- استادیار میوه‌کاری، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه کردستان
۲- دانشجوی سابق کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۲/۵ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۴/۱)

چکیده

خشکی یکی از مهمترین عوامل محدودکننده رشد گیاهان است. با توجه به تغییرات آب و هوایی، باغات کشور در معرض خطر کم‌آبی قرار دارند. در این پژوهش عکس‌العمل نهال‌های آلبالوی رقم "میکرز" به سطوح مختلف تنش آبی مورد بررسی قرار گرفت. آزمایش به صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه سطح خشکی (شاهد، خشکی ۵- و ۱۰- بار) انجام شد. صفات رشدی مختلفی از قبیل رشد طولی شاخه، تعداد و سطح برگ و پارامترهای فیزیولوژیکی ازجمله محتوای نسبی آب برگ، پرولین و کربوهیدرات کل، کربوهیدرات محلول کل برگ، شاخص پایداری غشاء و مقدار کلروفیل برگ (a، b و کل) اندازه‌گیری شدند. نتایج نشان داد که تحت تأثیر تیمارهای خشکی، رشد طولی شاخه، تعداد و سطح برگ با افزایش شدت تنش به طور معنی‌داری کاهش یافت و اختلاف بین هر سه تیمار معنی‌دار بود. همچنین مقدار پرولین و کربوهیدرات محلول کل در مقایسه با شاهد افزایش یافت و کربوهیدارت کل در تیمار خشکی شدید نسبت به شاهد و تنش ملایم کاهش معنی‌داری نشان داد. محتوای نسبی آب برگ و کلروفیل (a، b و کل) در تیمارهای تنش آبی کاهش یافت. با توجه به یافته‌های پژوهش حاضر، به نظر می‌رسد که آلبالوی رقم "میکرز" با افزایش مقدار پرولین و کربوهیدرات‌های محلول کل برگ از اثرات سوء تنش آبی جلوگیری می‌کند.

کلمات کلیدی: کلروفیل، پرولین، آلبالو، کربوهیدرات محلول کل، تنش آبی

* نویسنده مسئول: Email: tjavadi@uok.ac.ir

مقدمه

در بسیاری از نقاط جهان تهیه آب برای محصولات باغبانی به خاطر محدودیت منابع آبی یا مصرف آب در بخش‌های دیگر محدود است. کمبود میزان آب در دسترس یکی از عوامل اقلیمی است که توزیع و پراکنش گیاهان را در سرتاسر دنیا مشخص می‌کند و ممکن است باعث تغییرات مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی در گیاهان گردد (هاشمی دزفولی و همکاران، ۱۳۷۴). به طور کلی خسارت جهانی ناشی از تنش آب بیشتر از تلفات ناشی از دیگر تنش‌ها می‌باشد. تنش آبی بوسیله قرارگیری گیاهان در معرض پتانسیل پایین آب در خاک بروز می‌کند. به استثنای مناطق دارای آب زیاد، گیاهان در طول چرخه زندگی خود در معرض درجات متفاوتی از تنش کمبود آب قرار می‌گیرند. ارتباط تنگاتنگی بین بهره‌وری استفاده از آب و مکانیسم سازش به تنش شدید خشکی وجود دارد. میزان صدمات ناشی از تنش خشکی در گیاه به فرایندهای بیولوژیکی، مولکولی و توانایی سازش‌پذیری گیاه به خشکی بستگی دارد و تنظیم اسمزی یک جنبه از توانایی سازش به خشکی را نشان می‌دهد (ژانگ[1] و همکاران، ۲۰۱۰). در تنظیم اسمزی، سلول‌های گیاهان، غلظت برخی یون‌ها (مانند پتاسیم، سدیم، کلر، کلسیم و نیترات) و یا برخی متابولیت‌ها نظیر اسیدهای آمینه (مخصوصاً پرولین)، قندها (بویژه مونوساکاریدها)، پلی‌آمین‌ها، ترکیبات آمونیومی چهارتایی (خصوصاً گلایسین بتائین) و اسیدهای آلی (عمدتاً سیترات و مالات) را در سیتوپلاسم خود افزایش می‌دهند. بدین ترتیب با کاهش پتانسیل اسمزی، فشار تورژسانس سلول‌ها حفظ شده و ادامه فعالیت‌های فیزیولوژیکی گیاه ممکن می‌گردد (لویت[2]، ۱۹۸۰). در درختان میوه از جمله سیب، مرکبات، هلو، انگور و گیلاس تنظیم اسمزی در پاسخ به تنش خشکی گزارش شده است. مطالعات قبلی نشان داده است که در تنظیم اسمزی درختان سیب و گیلاس، قند سوربیتول و در انگور قند گلوکز و فروکتوز دخالت دارند (وانگ و استوت[3]، ۱۹۹۲). تنش آبی در انگورفرنگی به طور معنی‌داری سبب کاهش پتانسیل اسمزی شده است (پاتاکاس[4] و همکاران، ۲۰۰۲). همچنین تنش خشکی در ارقام زیتون سبب افزایش قندهای محلول می‌گردد. اما، میزان افزایش در ارقام مختلف متفاوت می‌باشد (ارجی و همکاران، ۱۳۸۲).

آلبالو با نام علمی *Prunus cerasus* از تیره‌ی Rosaceae، بومی مناطق جنوب شرقی اروپا و غرب آسیا است (جلیلی‌مرندی، ۱۳۸۶). آلبالو از درختان میوه‌ی مناطق معتدله است و در مناطقی که دارای باران‌های زمستانه کافی و تابستان‌های خشک و خنک

1. Zang

2. Levitt
3. Wang and Stutte
4. Patakas

هستند به خوبی رشد می‌کند. آلبالو همانند دیگر درختان هسته‌دار دارای ریشه‌های سطحی بوده و آبیاری باید با دور کوتاه‌تر و به میزان کمتر انجام گیرد تا ریشه بتواند از حداکثر آب موجود استفاده کند (جلیلی‌مرندی، ۱۳۸۶). تحمل به خشکی پایه‌های آلبالو متفاوت است و پایه محلب در خاکهای خشک و نرم نسبت به مازارد مقاوم‌تر است (فلور[1] و همکاران، ۱۹۹۹). تنش آبی ناشی از کاربرد پلی‌اتیلن گلیکول در پایه Gisela5 آلبالو و گیلاس، سبب کاهش معنی‌دار وزن خشک شاخه، طول شاخه و محتوای نسبی آب برگ شده است (سیورتیپ[2] و همکاران، ۲۰۰۸). در نهال‌های گلابی با افزایش شدت تنش خشکی، میزان پرولین افزایش یافته و مقدار آن در ژنوتیپ‌های مختلف متفاوت بوده است (جوادی و همکاران، ۱۳۸۳). در مطالعه‌ی خشکی روی ارقام گلابی، تجمع قندهای محلول کل در برگ در تنش‌های شدید افزایش یافت و تجمع قندهای محلول در ابتدای تنش بیشتر از انتهای تنش بود (جوادی و همکاران، ۱۳۸۳).

خشکی از ویژگی‌های بارز جغرافیای کشور ما است و از این پدیده‌ی طبیعی و غیرقابل تغییر راه فراری نیست. از طرفی مصرف منابع انرژی، آب و مواد غذایی به طور روز افزونی در جامعه افزایش می‌یابد. لذا اتخاذ روش‌هایی چون بهره‌برداری صحیح از آب موجود، به همراه استفاده از شیوه‌های صحیح زراعی از جمله کشت گیاهان مقاوم، بررسی واکنش‌های مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و متابولیکی و روابط مفید داخلی گیاهان در مقابله با تنش، انتقال صفت مقاومت به خشکی به ارقام حساس و پرمحصول و سایر مواردی که امکان توسعه‌ی هر چه بیشترکشت گیاهان در مناطق خشک را فراهم کند، موجب بالا رفتن عملکرد محصولات خواهد شد. لذا هدف از انجام این پژوهش، مطالعه تغییرات مرتبط با تنش خشکی در آلبالوی رقم "میکرز" میباشد. همچنین تغییر در صفات رویشی و بیوشیمیایی این رقم بعد از رهایی از تنش نیز بررسی می‌گردد.

مواد و روش‌ها

مواد گیاهی

نهال‌های یکساله آلبالوی رقم "میکرز" پیوند شده بر روی پایه محلب از نهالستان معتبر خریداری، و در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه کردستان در فروردین ۱۳۹۲ در فضای آزاد کشت گردیدند. پس از استقرار کامل در خاک، بلوک‌های گچی برای اندازه‌گیری رطوبت خاک جهت تعیین زمان آبیاری در اطراف نهال‌ها در عمق ۲۰ سانتی‌متری خاک کنار ریشه‌ها کار گذاشته شدند. نهال‌ها به مدت دو ماه تحت عملیات مناسب باغبانی قرار گرفته و در اوایل خرداد ماه سال ۱۳۹۲ تیمارهای تنش آبی اعمال گردیدند.

1. Flore
2. Sivritepe

طرح آزمایشی و تیمارهای تنش آبی

نهال‌ها در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تیمار و شش تکرار کشت شدند. هر واحد آزمایشی شامل دو نهال بود. تیمارهای تنش آبی اعمال شده در این آزمایش عبارت بودند از :

- تیمار شاهد: در این تیمار نهال ها یک روز در میان آبیاری کامل شدند.
- تیمار دوم: در این تیمار زمانی که پتانسیل آب خاک به ۵- بار رسید، گیاهان آبیاری شدند.
- تیمارسوم: در این تیمار زمانی که پتانسیل آب خاک به ۱۰- بار رسید، گیاهان آبیاری شدند.

نهال‌ها به مدت چهل روز تحت تنش قرار گرفتند و در انتهای این دوره نمونه‌گیری برای بررسی صفات مختلف انجام شد. به غیر از صفات رویشی و شاخص پایداری غشاء، سایر صفات بعد از آبیاری مجدد نیز اندازه‌گیری شدند. یعنی در اوج تنش از برگ‌ها نمونه‌گیری شد و ۲۴ ساعت بعد از آبیاری مجدد، برای بررسی سرعت ترمیم صفات و برگشت آنها به حالت طبیعی نیز نمونه‌گیری به عمل آمد.

صفات اندازه‌گیری شده

صفات رویشی

پارامترهای رشدی شامل رشد طولی شاخه‌ها و تعداد برگ‌ها در ابتدا و انتهای اعمال تیمارها اندازه‌گیری شدند. تفاوت بین انتها و ابتدای فصل برای این صفات محاسبه شد. برای اندازه‌گیری متوسط مساحت برگ‌ها در انتهای آزمایش، شش برگ از هر تکرار جدا شده و با استفاده از دستگاه سطح برگ‌سنج (leaf Area measurement system, Delta-T Devices LTD., England) مساحت آنها اندازه‌گیری و مساحت متوسط یک برگ گزارش گردید.

شاخص پایداری غشاء سلولی (نشت یونی)

به منظور تعیین شاخص پایداری غشاء سلولی برگها، ۰/۱ گرم از بافت تازه برگی با آب دوبار تقطیر شسته شد و در لوله‌های آزمایشی حاوی ۱۰ میلی‌لیتر آب دوبار تقطیر، قرار داده شدند. سپس لوله‌ها به مدت ۳۰ دقیقه در حمام آب ۴۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند و هدایت الکتریکی آنها پس از سرد شدن تا دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد با دستگاه هدایت سنج قرائت شد (C_1). سپس لوله‌ها به مدت ۲۰ دقیقه در دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد در داخل حمام آب گرم نگهداری شدند. سپس تا دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد سرد شدند و هدایت الکتریکی آنها مجدداً قرائت گردید (C_2). در نهایت شاخص پایداری غشاء با استفاده از فرمول زیر محاسبه شد (سایرام[1] و همکاران، ۲۰۰۲).

$$MSI = (1- C1/C2) \times 100$$

1. Sairam

شاخص پایداری غشاء = MSI

هدایت الکتریکی برگ پس از قرار گرفتن در معرض دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد C_1=

هدایت الکتریکی برگ پس از قرار گرفتن در معرض دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد C_2=

محتوای نسبی آب برگ

برای اندازه‌گیری محتوای نسبی آب برگ در دو زمان اوج تنش و ۲۴ ساعت پس از آبیاری یک برگ از هر تکرار جدا و با آب مقطر شسته شد تا ضایعات روی آن حذف شود. سپس آن را با کاغذ صافی خشک و هشت دیسک برگی به قطر یک سانتیمتر از برگ جدا شده و وزن آنها (وزن تر) یادداشت گردید (FW). سپس به مدت ۲۴ ساعت در داخل پتری‌دیش پر از آب مقطر در داخل یخچال در دمای چهار درجه قرار گرفتند و سپس بیرون آورده شدند و با کاغذ صافی خشک، و با ترازوی دیجیتالی با دقت ده هزارم وزن شدند. وزن آماس (TW) یادداشت و سپس در داخل آون در دمای ۶۵ درجه سانتیگراد به مدت ۴۸ ساعت خشک و وزن آنها یادداشت شد (DW). سپس با استفاده از فرمول زیر، محتوای نسبی آب برگ تعیین گردید (گالمز[1] و همکاران، ۲۰۰۷).

RWC= [(وزن خشک- وزن آماس)/(وزن خشک- وزن تر)]×۱۰۰

پرولین، کربوهیدرات کل و کربوهیدرات‌های محلول کل

برای اندازه‌گیری پرولین ۰/۵ گرم از مواد گیاهی تازه در ۱۰ میلی‌لیتر اسید سولفوسالیسیلیک آبکی سه درصد له و سپس به مدت پنج دقیقه با سرعت ۶۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفوژ شد. سپس دو میلی‌لیتر از محلول صاف شده با دو میلی‌لیتر معرف ناین هیدرین و دو میلی‌لیتر اسید استیک گلاسیال در یک لوله آزمایش به مدت یک ساعت در داخل حمام آب در دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد تا واکنش انجام گیرد. سپس واکنش در حمام یخ متوقف شد. پس از آن چهار میلی‌لیتر تولوئن به مخلوط واکنش اضافه و به مدت ۲۰ ثانیه هم زده شد. جذب قسمت رنگی حاوی تولوئن در طول موج ۵۲۰ نانومتر با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر (Analytik JENA مدل SPECIRD 210) قرائت شد (باتز[2] و همکاران، ۱۹۷۳). غلظت پرولین نمونه‌ها بر حسب میلی‌گرم بر گرم بافت تازه برگ با استفاده منحنی استاندارد تعیین شد.

همچنین برای اندازه‌گیری کربوهیدرات کل، ۰/۱ گرم از نمونه برگی وزن شد و با استفاده از ۵ سی سی HCL ۲/۵ نرمال در آون سائیده شد. سپس نمونه‌ها به مدت سه ساعت در داخل بن‌ماری در

1. Galmez

2. Bates

دمای ۱۰۰ درجه‌ی سانتی‌گراد قرار گرفتند. پس از سرد شدن، به نمونه پودر سدیم کربنات اضافه شد. اضافه کردن پودر تا زمانی ادامه یافت که با افزایش آن دیگر حباب تشکیل نشد و محلول حاصل تغییر رنگ دهد. با استفاده از آب مقطر حجم نمونه‌ها به ۱۰۰ سی‌سی رسانده و سپس به مدت ۵ دقیقه با سرعت ۶۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفوژ شدند. سپس، ۰/۵ سی‌سی از عصاره برداشته شد و با ۴ سی‌سی آنترون ۹۵٪ مخلوط گردید. سپس نمونه‌ها به مدت ۸ دقیقه در بن‌ماری ۱۰۰ حرارت داده شدند و پس از خنک کردن فالکون‌ها در آب سرد و رسیدن دمای نمونه‌ها به دمای محیط با استفاده از اسپکتروفتومتر (Analytik JENA مدل SPECIRD 210)، جذب نمونه‌ها در طول موج ۶۲۵ نانومتر قرائت گردید (هدج و هوفریتر[1]، ۱۹۶۲).

برای اندازه‌گیری کربوهیدرات‌های محلول کل ۰/۳ گرم از مواد گیاهی با استفاده از پنج میلی‌لیتر اتانول ۹۵ درصد در هاون چینی کوبیده و قسمت بالای محلول جدا گردید. سپس دو بار دیگر و هر بار با پنج میلی‌لیتر اتانول ۷۰ درصد استخراج انجام شد. محلول بدست آمده به مدت ۱۰ دقیقه با سرعت ۳۵۰۰ دور در دقیقه سانتریفوژ شد. پس از جدا کردن فاز مایع برای تعیین غلظت کربوهیدرات محلول، ۰/۱ میلی‌لیتر عصاره الکلی با سه میلی‌لیتر آنترون تازه تهیه شده (۱۵۰ میلی‌گرم آنترون + ۱۰۰ میلی‌لیتر سولفوریک اسید ۷۲ درصد) در یک لوله آزمایش مخلوط شد. سپس به مدت ۱۰ دقیقه در حمام آب جوش قرار داده شد تا واکنش انجام و رنگ ایجاد شود. سپس میزان جذب آن با اسپکتروفتومتر (Analytik JENA مدل SPECIRD 210) در طول موج ۶۲۵ نانومتر قرائت شد (پاکوین و لچاسور[2]، ۱۹۷۹). غلظت کربوهیدرات‌های کل و کربوهیدرات محلول کل بر حسب میلی‌گرم بر گرم بافت تازه برگ با استفاده از منحنی استاندارد تهیه شده از کلوکز تعیین گردید.

اندازه‌گیری کلروفیل a، b و کل

جهت تهیه نمونه برای اندازه‌گیری کلروفیل در زمان‌های اوج تنش و ۲۴ ساعت پس از آبیاری از هر تکرار نمونه برگی تهیه و در همان لحظه با استفاده از ازت مایع فریز شد و پس از انتقال به آزمایشگاه در فریزر ۵۰- تا زمان انجام آزمایش نگهداری شد. برای اندازه‌گیری میزان کلروفیل ۰/۲ گرم از نمونه برگی وزن شد بعد با استفاده از ۱۰ سی‌سی استون ۸۰٪ و ۰/۱ گرم منیزیم‌اکسید در داخل هاون چینی له شد. محلول بدست آمده به مدت ۵ دقیقه در دستگاه سانتریفوژ با سرعت ۵۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفوژ شد و سپس از فاز

1. Hedge and Hoferiter

2. Paquin and Lechasseur

رویی محلول برای تعیین میزان جذب در طول موج‌های ۶۶۳ و ۶۴۷ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفتومتر (Analytik JENA مدل SPECIRD 210) استفاده شد. سپس با استفاده از فرمول‌های زیر مقدار کلروفیل a ،b و کل محاسبه گردید.

$$Chl\ a = 12.25*A663 - 2.79 * A647$$
$$Chl\ b = 21.5 * A647 - 5.1 * A663$$
$$Chl(a+b) = Chl\ a + Chl\ b$$

Chl a = مقدار کلروفیل a
Chl b = مقدار کلروفیل b
A663 = عدد قرائت شده در مول موج ۶۶۳ نانومتر
A647 = عدد قرائت شده در مول موج ۶۴۷ نانومتر

تجزیه داده‌ها

داده‌های جمع‌آوری شده با استفاده از نرم‌افزار SAS تجزیه گردیدند. مقایسه میانگین‌ها نیز در سطح پنج درصد با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام گرفت.

نتایج

صفات رویشی و شاخص پایداری غشاء

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که خشکی تاثیر بسیار معنی‌داری بر پارامترهای رویشی شامل رشد طولی شاخه‌ها، تعداد برگ و میانگین سطح برگ داشته است (جدول ۱). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بین تیمارهای مختلف اختلاف معنی‌داری از نظر تاثیر بر صفات رشدی وجود دارد. کمترین مقدار رشد طولی شاخه، تعداد برگ و میانگین سطح برگ در تیمار خشکی ۱۰- بار و بیشترین مقدار مربوط به تیمار شاهد بود (جدول ۲).

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که خشکی اثر معنی‌داری بر شاخص پایداری غشاء دارد (جدول ۱). مقایسه میانگین‌ها نشان می‌دهد که بین تیمارها اختلاف معنی‌دار وجود دارد و با افزایش شدت تنش میزان پایداری غشاء کاهش پیدا کرد (جدول ۲). تیمار شاهد با ۶۱/۹۵ درصد بیشترین مقدار پایداری غشاء و تیمار خشکی شدید با ۵۱/۷۵ درصد کمترین مقدار پایداری غشاء را داشتند.

محتوای نسبی آب برگ

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تیمار تنش آبی تأثیر بسیار معنی‌داری بر محتوای نسبی آب برگ داشته است (جدول ۳). مقایسه میانگین‌ها نیز نشان داد که بیشترین میزان محتوای نسبی آب در تیمار شاهد مشاهده شد. در تیمارهای ۵- و ۱۰- بار محتوای نسبی برگ نسبت به شاهد کاهش یافت. بطوریکه این مقدار در تیمار ۵- بار ۸۳/۶۷ درصد و در تیمار ۱۰- بار کمترین مقدار (۷۹/۳۶ درصد) بود. ۲۴ پس از آبیاری، محتوای نسبی آب برگ در تیمارهای تحت تنش افزایش

جدول ۱- تجزیه واریانس تاثیر خشکی بر پارامترهای رشدی در آلبالو رقم "میکرز"

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات			
		رشد طولی شاخه	تعداد برگ	میانگین سطح برگ	شاخص پایداری غشاء
بلوک	۵	۱۵/۵۳ ns	۴۹۲/۴۵ ns	۸/۱۵ ns	۹۵/۹۹ ns
خشکی	۲	۶۹۲/۲۱ **	۴۶۸۴۲/۳۸ **	۲۰۱/۱۹ **	۱۷۶/۵۴ *
خطا	۱۰	۲۱/۴۱	۳۵۹/۳۲	۶/۰۱	۳۵/۹۶
ضریب تغییرات (٪)		۲۳/۷۸	۱۷/۹۹	۱۰/۲۶	۱۰/۷۵

ns ، * و ** به ترتیب غیرمعنی دار، معنی دار در سطح ۵ درصد و ۱ درصد

جدول۲- مقایسه میانگین‌های اثر خشکی بر صفات رویشی در آلبالو رقم "میکرز"

تیمار خشکی	رشد شاخه (cm)	تعداد برگ	میانگین سطح برگ (cm^2)	شاخص پایداری غشاء (٪)
شاهد	۳۲/۲۲a	۲۰۵/۸۳a	۳۰/۲۷a	۶۱/۹۵a
۵- بار	۱۹/۵۶b	۷۰/۶۷b	۲۲/۴۳b	۵۳/۶۵b
۱۰- بار	۸/۷۷c	۳۹/۶۷c	۱۸/۹۷c	۵۱/۷۵b

حروف مشابه نشان‌دهنده عدم تفاوت معنی‌دار بین میانگین‌ها برای هر صفت می‌باشد.

یافت. اما، مقدار افزایش فقط در تیمار ۱۰- بار نسبت به اوج تنش از نظر آماری معنی‌دار بود (جدول ۴).

پرولین آزاد برگ

بر اساس نتایج حاصل از تجزیه واریانس، تنش آبی تاثیر بسیار معنی‌داری بر مقدار پرولین برگ داشته است (جدول ۳). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بین تیمارهای مختلف خشکی تفاوت معنی‌داری وجود دارد. اعمال تنش آبی سبب افزایش مقدار پرولین برگ گردید. به طوری‌که کمترین مقدار پرولین در تیمار شاهد بود و بین تیمارهای دیگر اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد ولی مقدار پرولین نسبت به تیمار شاهد بیشتر بود. ۲۴ ساعت بعد از آبیاری تیمارهای تنشی، تغییر معنی‌داری در مقدار پرولین برگ ایجاد نشد (جدول ۴).

کربوهیدرات محلول کل و کربوهیدات کل

بر اساس نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها، تنش خشکی تاثیر بسیار معنی‌داری بر مقدار کربوهیدرات‌های محلول کل برگ داشته است (جدول ۳). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که مقدار کربوهیدرات‌های محلول کل در تیمار تنش آبی ۱۰- بار در بالاترین حد بود و در بقیه تیمارها از نظر آماری تفاوت وجود نداشت و در یک سطح قرار گرفتند (شکل ۳). همچنین مقایسه میانگین‌ها نشان می‌دهد که آبیاری مجدد در تیمارهای خشکی ۵- بار و ۱۰- بار تغییر معنی‌داری در مقدار کربوهیدرات محلول کل نسبت به اوج تنش ایجاد نکرد (جدول ۴).

جدول ۳- تجزیه واریانس تاثیر خشکی بر پارامترهای فیزیولوژیکی در آلبالو رقم "میکرز"

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات			
		محتوای نسبی آب برگ	پرولین	کربوهیدرت محلول کل	کربوهیدرات کل
بلوک	۵	۱۰/۴۰ ns	۹۰/۰۷۸ ns	۵/۸۲ ns	۲/۶۱ ns
خشکی	۴	۱۵۱/۷۴ **	۲۸۹۶/۱۰ **	۱۹/۸۹ **	۴۷/۸۹ **
خطا	۲۰	۵/۰۰۲	۴۶/۹۸	۲/۹۶	۵/۲۳
ضریب تغییرات (٪)		۲/۶۲	۱۰/۹۱	۱۴/۸۶	۹/۶۲

ns ، * و ** به ترتیب غیرمعنی دار، معنی دار در سطح ۵ درصد و ۱ درصد

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که مقدار کربوهیدرات‌های کل برگ به طور معنی‌داری تحت تاثیر تنش خشکی قرار گرفت (جدول ۳). مقایسه میانگین داده ها نشان داد که مقدار کربوهیدرات‌های کل در تیمار شاهد، ۵- بار و پس از آبیاری مجدد در تیمار ۵- بار یکسان بود. مقدار کربوهیدرات کل در تنش آبی ۱۰- بار در کمترین مقدار بود. آبیاری مجدد در تیمارهای خشکی ۱۰- بار مقدار کربوهیدرات کل را نسبت به اوج تنش بهبود بخشید و اختلاف معنی‌داری با اوج تنش نشان داد (جدول ۴).

میزان کلروفیل a, b و کل

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده ها نشان می‌دهد که اثر تنش خشکی بر میزان کلروفیل a و کل در سطح احتمال یک درصد و بر میزان کلروفیل b در سطح احتمال پنج درصد معنی‌داری بوده است. (جدول ۵). مقایسه میانگین‌ها نشان می‌دهد که میزان کلروفیل a و کل با افزایش شدت تنش کاهش یافته است و کاهش میزان کلروفیل کل و a با شروع تنش آغاز شده است. به‌طوری که تیمار شاهد با ۱/۸ میلی‌گرم بر گرم برگ تازه کلروفیل a و ۲/۲۹ میلی‌گرم بر گرم برگ تازه کلروفیل کل بیشترین مقدار و تیمار خشکی ۱۰- بار با ۱/۱۱ میلی‌گرم بر گرم برگ تازه کلروفیل a و ۱/۴۷ میلی‌گرم بر گرم برگ تازه کلروفیل کل کمترین مقدار را داشته است و آبیاری مجدد تأثیر معنی‌داری بر هیچکدام از دو نوع کلروفیل فوق نداشته است و بهبودی در مقدار آنها مشاهده نشد (جدول ۶). مقدار کلروفیل b در تیمار شاهد در بالاترین حد (۰/۴۹ میلی‌گرم بر گرم برگ تازه) و تیمار ۵- و ۱۰- بار به ترتیب با ۰/۳۹ و ۰/۳۶ میلی‌گرم بر گرم برگ تازه کمترین مقدار کلروفیل b را داشتند و هر دو از نظر آماری با هم اختلاف نداشتند و در یک سطح قرار گرفتند و آبیاری مجدد تأثیر معنی‌داری بر کلروفیل b نداشته است و بهبودی در مقدار آن مشاهده نشد (جدول ۶).

جدول ۴- مقایسه میانگین‌های تاثیر تنش خشکی بر پارامترهای فیزیولوژیکی در آلبالو رقم "میکرز"

تیمار	محتوای نسبی آب برگ (%)	پرولین ($\mu mol.gr^{-1}$ FW)	کربوهیدرت محلول کل ($mg.gr^{-1}$ FW)	کربوهیدرات کل ($mg.gr^{-1}$ FW)
شاهد	۹۳/ ۱۰a	۲۴/۲۳۹c بار	۱۰/۰۲۱b	۲۵/۸۸a
۵- بار	۸۳/۶۷b	۷۱/۳۸۳ab	۱۰/۶۶۳b	۲۵/۳۲۷a
۲۴ ساعت پس از آبیاری تیمار ۵- بار	۸۶/۱۷b	۶۶/۱۴۷b	۱۰/۵۸۶b	۲۵/۷۸۹a
۱۰- بار	۷۹/۳۶c	۷۷/۰۱a	۱۴/۵۳۹a	۱۹/۳۹۶c
۲۴ ساعت پس از آبیاری تیمار ۱۰- بار	۸۴/۰۱b	۷۵/۳۲۹a	۱۲/۰۷۷b	۲۲/۴۰۳b

حروف مشابه نشان‌دهنده عدم تفاوت معنی‌دار بین میانگین‌ها برای هر صفت می‌باشد.

جدول ۵- تجزیه واریانس تاثیر تنش خشکی بر کلروفیل (a، b و کل) در آلبالوی رقم "میکرز"

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات		
		کلروفیل a	کلروفیل b	کلروفیل کل
بلوک	۵	۰/۰۲۴ns	۰/۰۰۳ns	۰/۰۳۳ ns
خشکی	۴	۰/۴۰۵**	۰/۰۳۳*	۰/۶۱۶**
خطا	۲۰	۰/۰۵۵	۰/۰۰۸	۰/۰۹۷
ضریب تغییرات (٪)		۱۶/۵۲	۲۰/۶	۱۶/۸۱

ns ، * و ** به ترتیب غیرمعنی دار، معنی دار در سطح ۵ درصد و ۱ درصد

جدول ۶- مقایسه میانگین‌های تاثیر تنش خشکی بر میزان کلروفیل a، b و کل در آلبالو رقم "میکرز"

تیمار خشکی	کلروفیل a ($mg.gr^{-1}$ FW)	کلروفیل b ($mg.gr^{-1}$ FW)	کلرفیل کل ($mg.gr^{-1}$ FW)
شاهد	۱/۸a	۰/۴۹ab	۲/۲۹a
۵- بار	۱/۴۲b	۰/۳۹bc	۱/۸۱bc
۲۴ ساعت پس از آبیاری در تیمار ۵- بار	۱/۵۱b	۰/۴۴ab	۱/۹۹ab
۱۰- بار	۱/۱۱c	۰/۳۶c	۱/۴۷c
۲۴ ساعت پس از آبیاری در تیمار ۱۰- بار	۱/۲۷bc	۰/۳۸bc	۱/۶۵bc

حروف مشابه نشان‌دهنده عدم تفاوت معنی‌دار بین میانگین‌ها برای هر صفت می‌باشد.

بحث

خشکی موجب کاهش رشد گیاهان می‌گردد. یکی از راه‌کارهای مهم گیاه در موقع مواجه با تنش خشکی، کاهش سطح و تعداد برگ می‌باشد. تنش خشکی بر توسعه سلول اثر می‌گذارد و کاهش تقسیم سلولی به دلیل اثرات کمبود آب بر فعالیت‌هایی از قبیل ساخت RNA، DNA و مواد دیواره سلولی می‌باشد (گرانیر و تاردیو[1]، ۱۹۹۹). برگ به عنوان واحد فتوسنتزی در گیاه نقش ویژه‌ای دارد. ژنوتیپ‌هایی با تعداد برگ بیشتر در شرایط تنش توان فتوسنتزی بالایی دارند امّا این موضوع با تعرق بیشتر گیاه در این شرایط در تقابل است (پالد[2] و همکاران، ۱۹۸۵). تغییر سطح برگ فرایند مهمی است که گیاهان تحت تنش خشکی از طریق آن کنترل خود

1. Granier and Tardieu
2. Palled

را برای استفاده از آب حفظ می‌کنند. نتایج این آزمایش نیز نشان داد که با افزایش شدت تنش خشکی مساحت برگ و تعداد برگ کاهش یافته است. سلول‌ها به دو شیوه افزایش تعداد سلول و افزایش حجم سلول رشد می‌کنند. اثر تنش آبی بر توسعه‌ی سلولی آشکارتر از تقسیم سلولی است زیرا بزرگ شدن سلول‌ها به دنبال فشار تورژسانس ناشی از جذب آب است. لذا هر گونه کاهش در مقدار آب موجب توقف رشد می‌شود (هسیاو[1]، ۱۹۷۳). سطح برگ به عنوان اولین مکانیسم دفاعی گیاه در برابر خشکی تغییر می‌کند (لوویت[2]، ۱۹۸۰). تنش خشکی یا کمبود آب باعث کاهش فشار تورژسانس شده و در نتیجه رشد را کاهش می‌دهد. کاهش صفات رشدی مشاهده شده در این آزمایش با نتایج کشت درون شیشه Giesla5 که به عنوان پایه برای آلبالو به‌کار می‌رود، مطابقت دارد (سیوریتپ[3] و همکاران، ۲۰۰۸). با افزایش فواصل آبیاری، رشد طولی، رشد قطری، وزن خشک شاخه و ریشه و سطح برگ در دانهال‌های حاصل از بذر توده‌های مختلف بادام کاهش یافت (موسوی و همکاران، ۱۳۸۸). کاهش سطح برگ و تعداد برگ در تنش خشکی که در این پژوهش مشاهده گردید با نتایج تحقیقات صورت گرفته بر روی توت‌فرنگی (گرانت[4] و همکاران، ۲۰۱۰)، انگور (عزیزی، ۱۳۸۷؛ رضایی، ۱۳۸۶) مطابقت دارد. همچنین کاهش ارتفاع گیاه تحت تأثیر تنش خشکی در سیب (تردر[5] و همکاران، ۱۹۹۷) و بادام (جرمنا[6]، ۱۹۹۷) نیز گزارش شده است که با نتایج این آزمایش مطابقت دارد.

محتوای نسبی آب برگ یک شاخص خوبی از وضعیت آبی گیاه است و در آزمایش‌های مقاومت به خشکی گیاهان استفاده می‌شود. کاهش در محتوای نسبی آب برگ تحت تاثیر خشکی منجر به بسته شدن روزنه‌ها و در نتیجه کاهش جذب دی‌اکسیدکربن می‌شود. به‌طوری‌که خشکی شدید می‌تواند وضعیت فیزیولوژیکی دستگاه فتوسنتزی را تغییر دهد. اندازه-گیری وضعیت آب گیاه به عنوان یک شاخص مهم در شناسایی پاسخ گیاه به تنش خشکی مطرح است. تقریباً یک درصد از کل آبی که ریشه جذب می‌کند برای مصرف گیاه استفاده می‌شود و بقیه آن بصورت بخار از گیاه خارج می‌شود. بنابراین افزایش محتوای آب گیاه به هر شکل ممکن است باعث بهبود رشد گیاه بخصوص در شرایط کم‌آبی شود (مهرابیان مقدم و همکاران، ۱۳۹۰). محتوای نسبی آب برگ بالاتر به معنی توانایی برگ در حفظ مقادیر بیشتری آب در شرایط تنش خشکی است. همبستگی مثبتی بین محتوای نسبی آب برگ و غلظت

1. Hsiao
2. Levitt
3. Sivritepe
4. Grant
5. Treder
6. Germana

کلروفیل، پروتئین و فعالیت رابیسکو مشاهده شده است (کاستریلو و تروجیلو، ۱۹۹۴). با توجه به نقش پروتئین و کلروفیل در حفظ فتوسنتز و مقاومت به خشکی، می‌توان از محتوای نسبی آب برگ به‌عنوان شاخصی در جهت مقاومت به خشکی استفاده کرد. به‌طوری‌که با افزایش شدت تنش مقدار آن کاهش پیدا می‌کند. کاهش محتوای نسبی آب برگ در اثر وجود مقدار کم آب قابل دسترس در محیط ریشه و کاهش میزان رطوبت نسبی موجود در هوا که تعرق را افزایش می‌دهد، رخ می‌دهد. بنابراین در شرایط خشکی طبیعی است که محتوای نسبی آب برگ کاهش پیدا کند. نتایج این آزمایش نیز نشان داد که با پیشرفت تنش خشکی، محتوای نسبی آب کاهش پیدا می‌کند. در کشت درون شیشه Giesla5 که به‌عنوان پایه برای آلبالو به کار می‌رود، محتوای نسبی آب برگ و کلروفیل در شرایط کم‌آبی به‌طور معنی‌داری کاهش یافت (سیوریتپ و همکاران، ۲۰۰۸). کاهش محتوای نسبی آب برگ در اثر شرایط کم آبی در گلابی (جوادی و بهرام نژاد، ۱۳۸۹) و انگور (رضایی، ۱۳۸۶) نیز گزارش شده است.

در شرایط خشکی کربوهیدرات‌های مرکب به کربوهیدرات‌های ساده تجزیه می‌شوند. تحت شرایط تنش تجزیه نشاسته و همچنین کاهش انتقال ساکارز به خارج از برگ‌ها منجر به افزایش کربوهیدرات‌های محلول می‌گردد. چنین فرایندی تحت کمبود کوتاه مدت و بلند مدت آب دیده شده است (پریرا و چاوس[1]، ۱۹۹۳). می‌توان استدلال کرد که انباشت قندهای محلول در شرایط تنش علاوه بر نقش‌های فیزیولوژیکی مهمی که از نظر تأمین انرژی و جلوگیری از مرگ حتمی ایفا می کنند، باعث کاهش پتانسیل اسمزی سلول شده و از طریق تنظیم اسمزی موجب بالاتر نگه داشتن میزان آب نسبی در ژنوتیپ متحمل به خشکی شده و به این ترتیب در سازوکار تحمل به خشکی نقش مهمی دارند. از این نظر نتایج به دست آمده با نتایج تحقیقات دیگر مطابقت دارد (جیانگ و هوانگ[2]، ۲۰۰۱).

میزان کربوهیدرات کل در شرایط کمبود آب کاهش می‌یابد. از آنجایی که گیاه در فرآیند فتوسنتز کربوهیدرات‌ها را در برگ‌ها می‌سازد، لذا هر گونه کاهش در مقدار سطح برگ و میزان کلروفیل منجر به کاهش تولید آن می‌شود. عواملی که منجر به کاهش سطح برگ و کلروفیل شوند به‌طور غیرمستقیم باعث کاهش میزان عملکرد ماده‌ی خشک گیاه نیز می‌شوند. کاهش سطح برگ سبب کاهش جذب نور شده و در نهایت کاهش رشد گیاه را به دنبال دارد. بسته شدن روزنه‌ها در شرایط کم آبی برای جلوگیری از اتلاف آب، از ورود کربن دی‌اکسیدکربن که در سنتز کربوهیدرات مصرف می‌شود،

1. Pereira and Chaves
2. Jiang Y and Huang

به درون برگ جلوگیری و در نتیجه سنتز کربوهیدرات کاهش می‌یابد. نتایج این آزمایش نیز کاهش در میزان کربوهیدرات کل را نشان می‌دهد که با نتایج آزمایشی در مورد زیتون (چارتزولاکیس[1] و همکاران، ۱۹۹۹) و بادام (گومز و همکاران، ۲۰۰۶) مطابقت دارد. امروزه بررسی عکس‌العمل‌های بیوشیمیایی از جمله افزایش قندهای محلول برگ گیاهان در برابر تنش‌های خشکی برای تعیین گونه‌های مقاوم مورد توجه قرار گرفته است. با اینکه فتوسنتز در گیاه تحت تنش کم‌آبی کاهش می‌یابد، گیاه توسط مکانیسم‌هایی از جمله کاهش پتانسیل اسمزی، سلول را از کاهش مقدار آب محافظت می‌کند و با ایجاد پتانسیل اسمزی منفی‌تر منجر به جذب آب بیشتر در صورت کمبود شدید آب می‌شود. کاهش پتانسیل اسمزی در گیاهان توسط ترکیبات خاصی صورت می‌گیرد. این ترکیبات با ایجاد پیوند با پروتئین‌ها جایگزین مقدار آب هیدراته آنها می‌شوند و از تجزیه آنها جلوگیری می‌کنند و بدین وسیله شرایط کمبود آب را بهتر تحمل می‌کند. افزایش کربوهیدرات محلول کل در شرایط خشکی به‌دلیل تجزیه کربوهیدرات‌های پلیمری بزرگ از جمله نشاسته به کربوهیدرات‌های ساده‌تر و محلول نظیر گلوکز، فروکتوز و سوربیتول است. بعلاوه کاهش مصرف قند نیز عامل دیگری برای افزایش قند در سلول می‌باشد. همچنین کاهش رشد و توسعه سلول، موجب کاهش تبدیل کربوهیدرات‌های محلول به پلی‌ساکاریدهای ساختمانی نظیر سلولز و همی‌سلولز می‌شود (هاگنیا[2]، ۱۹۸۹). افزایش کربوهیدرات محلول کل در این آزمایش با نتایج تحقیقات انجام شده در مورد اثر تنش خشکی در گیاهان مختلف از جمله شوید (خاکشور مقدم و همکاران، ۱۳۹۰) و گلابی (جوادی و همکاران، ۱۳۸۳) مطابقت دارد.

پرولین پایدارترین اسیدآمینه است و شاید به همین دلیل بیش از سایر اسیدهای آمینه با شرایط مطلوب سلول مطابقت داشته و در شرایط نامساعد تجمع پیدا می‌کند (لویت، ۱۹۸۰). پرولین یکی از اسیدهای آمینه فعال در پدیده‌ی تنظیم اسمزی است که در ایجاد و حفظ فشار اسمزی درون گیاه نقش به‌سزایی دارد (مجیدی هروان، ۱۳۷۲). هر عاملی که باعث کاهش پتانسیل آبی شود، باعث تجمع پرولین می‌گردد. تجمع پرولین در شرایط خشکی اثرات زیستی متعددی دارد. هنگامی‌که پتانسیل آبی محلول خاک کاهش می‌یابد تولید پرولین آزاد افزایش می‌یابد که سبب افزایش فشار اسمزی شیره سلول می‌شود (کوزنتسو و شویابکوا، ۱۹۹۹). علل تجمع پرولین در گیاهان تحت تنش خشکی اکسیداسیون آن به گلوتامات و کاهش مصرف پرولین در ساخته شدن پروتئین‌ها (به خاطر توقف رشد

1. Chartzoulakis

2. Hagnia

گیاه) می‌باشد (استوارت، ۱۹۸۰). نتایج تحقیقات مختلف نشان می‌دهد که تجمع پرولین در تحمل شرایط خشکی مؤثر می‌باشد. گیاهان سازگار به خشکی برای مقابله با این تنش مقدار پرولین را افزایش می‌دهند. پرولین اسیدآمینه‌ای است که افزایش آن فراوان‌ترین و عمومی‌ترین پاسخی است که به محض ایجاد تنش مشاهده می‌شود. افزایش میزان پرولین با تنظیم اسمزی و حذف رادیکال‌های آزاد باعث جلوگیری از آسیب غشای تیلاکوئیدی، غشای کلروپلاست و حفاظت از فتوسیستم دو می‌شود. سطوح بالای پرولین، گیاه را قادر می‌سازد تا پتانسل آبی خود را پایین نگه دارد (والیودان و نگوین[1]، ۲۰۰۶). سه عامل مهم شامل تحریک سنتز، مهار تجزیه و جلوگیری از ورود پرولین برای سنتز پروتئین‌ها، در تجمع پرولین در شرایط تنش خشکی نقش دارند. علاوه بر تنظیم اسمزی، پرولین به‌عنوان یک محافظ در برابر تنش عمل می‌کند بدین ترتیب که به‌طور مستقیم با ماکرومولکول‌ها اثر متقابل داشته و از این طریق به حفظ شکل و ساختار طبیعی آنها تحت شرایط تنش کمک می‌کند. واضح نیست که آیا تجمع پرولین یک واکنش سازگاری به تنش آبی است یا این که یک تغییر بیوشیمیایی حاصل از آسیب تنش می‌باشد (ایریگوین[2] و همکاران، ۱۹۹۲). میزان پرولین در این آزمایش نیز افزایش داشته و در مقایسه با تیمار شاهد اختلاف معنی‌دار نشان داده است. درکشت درون شیشه Giesla5 که به‌عنوان پایه برای آلبالو به‌کار می‌رود مقدار پرولین به‌طور معنی‌داری افزایش نشان داده است (سیوریتپ و همکاران، ۲۰۰۸). افزایش میزان پرولین در گیاه گوجه‌فرنگی (آلیان[3] و همکاران، ۲۰۰۰) لوبیا و سورگوم (آل-کاریکی[4] و همکاران، ۱۹۹۶)، یونجه (آخوندی و همکاران، ۱۳۸۵) و نخود (مفاخری[5] و همکاران، ۲۰۱۰) در شرایط تنش خشکی گزارش شده است.

نتایج این تحقیق نشان داد که با افزایش تنش خشکی از میزان کلروفیل کاسته می‌شود. کاهش غلظت کلروفیل بواسطه اثر کلروفیلاز و پراکسیداز در نتیجه تجزیه کلروفیل می‌باشد که این نیز می‌تواند بر میزان ماده‌ی خشک تولیدی گیاه اثر بگذارد. از طرف دیگر، تنش خشکی باعث ایجاد اختلال در سیستم‌های آنزیمی کاهش دهنده فعالیت اکسیژن فعال و افزایش پراکسیداسیون چربی‌ها و در نتیجه خسارت به غشای سلولی و تخریب رنگدانه‌ها نیز می‌گردد (بلاورز[6]، ۱۹۸۹). خشکی باعث شکسته شدن کلروپلاست‌ها و کاهش میزان کلروفیل می‌شود. گیاهانی که حساسیت بیشتری

1. Valliyodan and Nguyen
2. Irigoyen
3. Alian
4. Al-Karaki
5. Mafakheri
6. Blowers

به خشکی دارند، کمپلکس کلروفیل–پروتئین و لیپید آنها ناپایدار می‌باشد. در اثر خشکی، تشکیل پلاستیدهای جدید کلروفیل a، b و کاروتن کاهش می‌یابد و نسبت کلروفیل a به کلروفیل b تغییر می‌کند (لاولر و کونیک[1]، ۲۰۰۲). بنابراین همان‌طور که مشاهده شد در این آزمایش میزان کلروفیل کاهش پیدا کرده (جدول ۶) که با نتایج آزمایشات مختلف از جمله در بلوط ایرانی (ذوالفقاری و همکاران، ۱۳۹۰) و زیتون (ارجی و همکاران، ۱۳۸۲) مطابقت دارد.

نتیجه‌گیری کلی

نتایج این پژوهش نشان داد که تنش خشکی سبب کاهش صفات رویشی آلبالوی رقم میکرز 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 گردید. شاخص پایداری غشاء سلول نیز در اثر تنش خشکی کاهش یافت. محتوای نسبی آب برگ و مقدار کربوهیدرات کل در اثر تنش خشکی کاهش یافتند . در اثر آبیاری مجدد در انتهای تنش۵- بار این صفات به حالت اولیه برگشتند اما ۲۴ ساعت بعد از آبیاری مجدد تیمار ۱۰- بار این صفات بهبود یافتند اما به سطح تیمار شاهد نرسیدند. مقدار کربوهیدرات محلول کل فقط در تیمار ۱۰- بار افزایش یافت و ۲۴ ساعت بعد از آبیاری مجدد به سطح شاهد رسید. مقدار پرولین با افزایش شدت تنش افزایش یافت و بیشترین مقدار آن در تیمار ۱۰- بار مشاهده گردید. آبیاری مجدد نیز تاثیری بر بهبود مقدار پرولین در هیچکدام از تیمارهای تنشی نداشت. مقدار کلرفیل a، b و کل در اثر تنش خشکی کاهش یافتند. لذا به نظر می‌رسد آلبالوی رقم میکرز با کاهش اندازه و تعداد برگ و افزایش مقدار رولین و کربوهیدرات محلول کل تنش خشکی را تحمل می‌کند.

1. Lawlor and Cornic

منابع

اخوندی، م.، صفرنژاد، ع، و لاهوتی، م. ۱۳۸۵. اثرتنش خشکی برتجمع پرولین وتغییرات عناصر در یونجه یزدی، نیکشهری و رنجر(*Medicago sativa* L.). علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی،۱۰(۱): ۱۵۶-۱۷۴.

ارجی، ع.، ارزانی، ک، و ابراهیم زاده، ح. ۱۳۸۲. مطالعه کمی پرولین و کربوهیدرات‌های محلول در پنج رقم زیتون تحت تنش خشکی. زیست شناسی ایران، ۱۶ (۴): ۴۷-۵۹.

دلیل، ب، و قاسمی گلعذانی، ک. ۱۳۹۰. اثر محدودیت آب بر محتوای نسبی آب و غشای سلولی در برگ های ذرت. دومین کنفرانس ملی فیزیولوژی گیاهی ایران. ۹-۸ اردیبهشت. یزد. ص ۲۰۵.

جلیلی‌مرندی، ر. (۱۳۸۶) میوه کاری. انتشارات جهاد دانشگاهی دانشگاه ارومیه. ۲۵۱ صفحه.

جوادی، ت.، ارزانی، ک، و ابراهیم‌زاده ح. ۱۳۸۳. بررسی میزان کربوهیدرات‌های محلول و پرولین در نه ژنوتیپ گلابی آسیایی. زیست شناسی ایران، ۱۷ (۴): ۳۶۹-۳۸۷.

جوادی، ت، و بهرام‌نژاد، ب. ۱۳۸۹. محتوای نسبی آب و تبادلات گازی سه ژنوتیپ وحشی گلابی در شرایط تنش آبی. علوم باغبانی(علوم و صنایع کشاورزی)، ۲۴ (۲): ۲۲۳-۲۳۳.

خاکشور مقدم، ز.، لاهوتی، م، و گنجعلی، ع. ۱۳۹۰. بررسی اثرات تنش خشکی ناشی از پلی اتیلن گلایکول بر جوانه‌زنی و خصوصیات مورفوفیزیولوژیک گیاه شوید. نشریه علوم باغبانی.۲۵: ۱۸۵-۱۹۳.

ذوالفقاری، ر.، نظری، م، و فیاض، پ. ۱۳۹۰. بررسی عملکرد راندمان کوانتومی فتوسیستم II (Fv/Fm) و میزان کلروفیل نهال‌های گونه بلوط ایرانی تحت تنش کمبود آب. دومین کنفرانس ملی (انجمن) فیزیولوژی گیاهی ایران. ۹-۸ اردیبهشت. یزد. ص ۲۰۷.

رضایی، ط. ۱۳۸۶. بررسی برخی مشخصه‌های فیزیولوژیکی پنج رقم انگور جهت انتخاب رقم متحمل به خشکی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه همدان. ۶۱ صفحه.

عزیزی، ح. ۱۳۸۷. تأثیر تنش خشکی بر خصوصیات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی سه رقم انگور. پایان نامه کارشناسی‌ارشد. دانشگاه ارومیه. ۶۵ صفحه.

مجیدی هروان، ا. ۱۳۷۲. مکانیزم فیزیولوژیکی مقاومت به تنگناهای محیطی. چکیده مقالات اولین کنگره زراعت و اصلاح نباتات ایران، دانشگاه تهران.۱۳۴-۱۳۳.

موسوی، س ا.، تاتاری، م.، محنت‌کش، ع م. و حقیقی، ب. ۱۳۸۸. پاسخ رشد رویشی دانهال‌های جوان پنج رقم بادام به تنش کم آبی. مجله به نژادی نهال و بذر.۲۵ (۴): ۵۵۱-۵۶۷.

مهرابیان‌مقدم، ن.، آروین، م.، خواجویی نژاد، ج غ. و مقصودی، ک. ۱۳۹۰. اثر اسید سالیسیلیک بر رشد و عملکرد علوفه و دانه ذرت در شرایط تنش خشکی در مزرعه. مجله به زراعی نهال و بذر.۲۷ (۱): ۴۱-۵۵.

هاشمی دزفولی، ا.، کوچکی، ع، و بنایان اول، م. ۱۳۷۴. افزایش عملکرد گیاهان زراعی. انتشارات جهاد دانشگاهی دانشگاه مشهد. ۲۸۷ صفحه.

Alian, A., Altan, A. and Heuer, B. 2000. Genotypic difference in salinity and water stress tolerance of fresh market tomato cultivar. Plant Science, 152: 59- 65.

Al-Karaki, R.N., Clark, R.B., and Sullivan, C.Y. 1996. Phosphorus nutrition and water stress effects on proline accumulation in sorghum and bean. Journal of Plant Physiology, 148: 745-7551.

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

Blowers, M.H. 1989. Applications of chlorophyll fluorescence to study the penetration of herbicides into leaves. PhD thesis. University of Essex. Colchester. UK.

Castrillo, M. and Turujillo, I. 1994. Ribulose- 1,5-bisphosphate carboxylase activity and chlorophyll and protein content in two cultivares of French bean plants under water stress and rewatering. Photosythtica, 30: 175-181.

Chartzoulakis, K. Patakas, A. and Bosabalidis, A.M .1999. Changes in water relations, Photosynthesis and leaf anatomy induced by intermittent drought in two olive cultivars. Enviromental and Experimental Botany, 42: 113-120.

Flore, J.A and Desmond, R.L. 1999. Photoassemilate production and Distribution in cherry. HortScience, 34(6): 1015-1019.

Fokar, M. Blum, A. and Nguyen, H.T. 1998. Heat tolerance in spring wheat. II grain filling. Euphytica, 104: 9-15.

Galmes, J., Flexas, J., Save, R. and Medrano, H. 2007. Water relation and stomatal characteristics of Mediterranean plants with different growth forms and leaf habits: responses to water stress and recovery.Plant and Soil, 290:139-155.

Germana, C. 1997. Experiences on the response of almond plants (*Amygdalus communis* L.) to water stress. Acta Horticulturae, 449: 497-503.

Gomes, L.J., Coutinho, J.P., Galhano, V. and Cordeiro, V. 2006. Responses of five almond cultivars to irrigation: Photosynthesis and leaf water potential. Agricultural water Management, 83: 261-265.

Granier, C. and Tardieu, F. 1999. Water Deficit and spatial pattern of leaf development. Plant Physiology, 119: 609-620.

Grant, O.M., Johnson, A.W., Davies, M.J., James, C.M, and Simpson, D.W. 2010. Physiological and morphological diversity of cultivated strawberry (*Fragaria × ananassa*) in response to water deficit. Environmental and Experimental Botany, 68: 264-272.

Gross, J. 1991. Pigment in vegetables. Von Nostrand Reinhold. New York, 351p.

Hedge, J.E. and Hofreiter, B.T. (1962). In: R.L. Whistler and J.N. Be Miller, Carbohydrate Chemistry 17, Academic Press, New York.

Hsiao, T.C. 1973. Plant responses to water stress. Annual review of plant physiology, 24:519-570.

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 *(Medicgo sativa)* plants. Physiologia Plantarum, 84:55-60.

Jiang, Y. and Huang, B. 2001. Osmotic adjustment and root growth associated with drought pre-conditioning enhanced heat tolerance in Kentucky bluegrass. Crop Science, 41: 1168-1173.

Kuznetso, V.I, and Shevyakova, N.I. 1999. Proline under stress: Biologicalrole, metabolism, and regulation. Russian Journal of Plant Physiology, 46: 274-287.

Lawlor, D.W, and Cornic, G. 2002. Photosynthetic carbon assimilation and associated metabolism in relation to water deficits in higher plant. Plant, Cell and Environment, 25: 275-294.

Levitt, J. 1980. Responses of Plants to Environmental Stresses.2nd. ed. Vol-I and II. Academic Press, London.

Mafakheri, A., Siosemardeh, A., Bahramnejad, B. and Sohrabi, H. 2010. Effect of drought stress on yield, proline and chlorophyll contents in three chickpea cultivars. Austuralian Journal: crop science, 4:580-585.

Palled, Y.B., Chandrashekharaiah, A.M. and Radder, G.D. 1985. Response of Bengal gram to misture stress. Indian journal of agronomy, 30: 104-106.

Patakas, A. Nikolaou, N. Zioziou, E. Radoglou, K. and Noitsakis, B. 2002. The role of organic solute and ion accumulation in osmotic adjustment in drought- stressed grapevines. Plant Science, 163: 361-367.

Paquin, R. and Lechasseur, P. 1979. Observations surunemethode dosage de la proline libredans les extraits de plantes. Canadian Journal of Botany, 57: 1851-1854.

Pereira, J.S. and Chaves, M.M. 1993. Plant water deficits in mediteranian ecosystems. In: Water Deficits and Plant Growth. Eds. By Kozlowski, T. T. vol. IV. 237-251. Academic Press, New York.

Ranney, T.G., Bassuk, N.L. and Whitlow, T.H. 1991. Osmotic adjustment and solute contributes in leaves and roots of water-stressed cherry (*Prunus*) trees. Journal of the American Society for Horticultural Science, 116: 684-688.

Sairam, R.K., Veerabhadra, R.K. and Srivastava, G.C. 2002. Differential response of wheat genotype to long term salinity stress in relation to oxidative stress, antioxidant activity and osmolyte concentration. Plant Science, 163: 1037-1046.

Sivritepe, N. Erturk, U. Yerlikaya, C. Turkan, I. Bor, M. and Ozdemir, F. 2008. Response of the cherry rootstock to water stress induced in vitro. BiologiaPlantarum, 52: 573-576.

Stewart, C.R. 1980. The mechanism of abscisic acid–induced proline accumulation in barley leaves. Plant Physiology, 66: 230-233.

Treder, W. Konopacki, P. and Mika, A. 1997. Duration of water stress and its influence on the growth of nursery apple trees planted in containers under plastic tunnel conditions. Acta Horticultiral, 449: 541-544.

Valliyodan, B. and Nguyen, H.T. 2006. Understanding regulatory networks and engineering for enhanced drought tolerance in plants. Current Opinion in Plant Biology, 9: 1-7.

Wang, Z. and Stutte, G.W. 1992. The role of carbohydrates in active osmotic adjustment in apple under water stress. Journal of the American Society for Horticultural Science, 117: 819-823.

Zhang, J. Yao, Y. John, G.S., and David, C.F .2010. Influence of soil drought stress on photosynthesis, carbohydrates and the nitrogen and phosphorus absorb in different section of leaves and stem of Fuji/M.9 EML, a young apple seedling. African Journal of Biotechnology, 9: 5320-532.

Effects of drought stress on growth and physiological characteristics of Sour Cherry cv. "Mykrez" saplings

Taimoor Javadi*[1] and Marjan jafari[2]

1. Assistant Professors of Pomology, Faculty of Agriculture, University of Kurdistan, Iran
2. Former M.Sc. Student, Faculty of Agriculture, Urmia University, Iran

(Received: 24, April. 2016- Accepted: 21, June. 2016)

Abstract

Drought is one of the most important factors limiting plant growth. Due to climate changes, the orchards are at risk of drought stress in our country. In this study, we investigated the response of Sour cherry cv. "Mykrez" to different levels of water stress. A randomized complete block design experiment with three water stress treatments (control, -5 and -10 bar based on soil water tension) was performed. Growth traits, including growth rate of branches, number of leaves and leaf area and physiological parameters including leaf relative water content, proline and total carbohydrates, total soluble carbohydrates, membrane stability index and leaf chlorophyll content (a, b and total) were measured. The results showed that the growth of branches, number of leaves and leaf area were significantly decreased with increase in water stress level and there was a significant difference between the three treatments. Proline and total soluble carbohydrates were increased in – 5 bar and -10 bar drought stresses compared with the control. Total carbohydrates were significantly reduced in – 5 bar and -10 bar compared to control. RWC and chlorophyll (a, b and total) were decreased in water stress treatments. Based on the findings of this study, it seems that "Mykrez" Sour cherry cultivar increases leaf proline and total soluble carbohydrates content in order to overcome the adverse effects of water stress.

Key words: Chlorophyll, Proline, Sour cherry, Total soluble carbohydrate, Water stress

* Corresponding author: E-mail: tjavadi@uok.ac.ir