



تغییرات برخی از خصوصیات فیزیولوژیکی، بیوشیمیایی ارقام انتخابی بادام (*Prunus dulcis* Mill.) پیوند شده بر روی پایه‌های مختلف تحت تنش خشکی

عبدالباسط رنجبر^۱، علی ایمانی^{۲*}، سعید پیری پیر ایوانلو^۳ وحید عبدوسی^۱

^۱ گروه علوم باغبانی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران، ایران

^۲ موسسه تحقیقات باغبانی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

^۳ گروه علوم باغبانی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه آزاد اسلامی واحد ابهر، ایران

* Email: Imani_a45@yahoo.com

تاریخ پذیرش: ۹۷/۰۴/۲۰

تاریخ دریافت: ۹۶/۱۱/۱۳

چکیده

به منظور ارزیابی پاسخ ارقام انتخابی بادام پیوند شده بر روی پایه‌های مختلف تحت تنش خشکی ناشی از افزایش دور آبیاری آزمایشی در سال زراعی ۹۵-۱۳۹۴ در پژوهشکده میوه‌های معتدله و سردسیری کرج بصورت فاکتوریل در قالب طرح کامل تصادفی در سه تکرار و بصورت گلدانی اجرا شد. فاکتورها شامل رقم در پنج سطح (سوپرنووا، تگزاس، مارکونا، شکوفه و K13-40)، پایه در سه سطح (هیبریدهای هلو × بادام GF-677، GN-22 و دانهال بادام تلخ شماره حساس به خشکی ۳۲) و تنش خشکی در چهار سطح (دور آبیاری سه (شاهد)، پنج، ۱۰ و ۱۵ روز) بودند. نتایج نشان داد که اثر متقابل رقم × پایه × تنش خشکی بر پارامترهای کلروفیل فلورسانس (حداکثر (Fm)، متغیر (Fv) و متغیر به حداکثر (Fv/Fm))، نشت الکترولیت و محتوای نسبی آب برگ در سطح احتمال یک درصد و اثرات متقابل رقم × پایه برای کلروفیل b و a/b و نیز رقم × تنش خشکی برای a/b در سطح احتمال پنج درصد معنی دار بود. همچنین اثرات متقابل پایه × تنش خشکی برای همه صفات ارزیابی شده بجز a/b در سطح احتمال یک درصد معنی دار بود. تنش خشکی از طریق افزایش Fo و کاهش Fm موجب کاهش Fv شد و Fv/Fm را در ارقام حساس بر روی پایه‌های بذری و GN-22 از ۰/۸۲ به ۰/۶۷ کاهش داد. بطور کلی همه ارقام بر روی پایه GF-677 مقاومت بیشتری به تنش خشکی نشان دادند. ارقام سوپرنووا و شکوفه پیوند شده بر روی پایه GF-677 مقاوم‌ترین ترکیب‌های پایه-پیوندک بودند در حالیکه دیگر ترکیب‌های پایه - پیوندک نسبت به تنش خشکی حساس بودند.

کلیدواژه‌ها: رقم، کلروفیل، محتوای نسبی آب برگ، نشت الکترولیت، GN-22، GF-677.

مقدمه

مهم‌ترین خشک میوه‌های جهان و ایران است. در بسیاری از کشورها از جمله ایران تغییرات آب و هوایی شدید با ایجاد زمستان سرد و مرطوب و

بادام با نام علمی *Prunus amigdalus* Batch syn. *P. dulcis* Mil متعلق به خانواده گلسرخیان و یکی از

تابستان گرم و خشک موجب تغییرات و تنوع شدید دمایی و مخصوصاً تنش خشکی می‌شود [۵۰]. خشکی مخرب‌ترین تنش زیست محیطی مؤثر بر بهره‌وری محصولات کشاورزی است [۳۸]. بهره‌وری مناسب از آب برای گیاهان موضوعی کلیدی در مناطق نیمه خشک، که در آن تولید محصولات کشاورزی به استفاده از حجم زیادی از آب متکی می‌باشد، است [۳۰] و ارزیابی و شناسایی ارقام متحمل درختان میوه به ویژه بادام به تنش خشکی در این شرایط اهمیت بسیار زیادی دارد [۵۴]. از روش‌های جدید و مورد توجه برای کاهش اثرات تنش خشکی و استفاده مؤثر از آب، انتخاب گونه‌ها، ارقام و پایه‌های مقاوم به خشکی است [۱۹].

گیاهان روش‌هایی برای محافظت از ماکرومولکول‌های سلولی و غشاء خود دارند [۱۸]. یک گیاه ممکن است چندین راهکار برای سازگاری با تنش داشته باشد [۵۱]. برای تشخیص این روش‌ها و مقدار سازگاری گیاهان ارزیابی خصوصیات مختلف توصیه شده است. مثلاً مطالعه کلروفیل فلورسانس یک شاخص فیزیولوژیک معتبر برای تشخیص تغییرات القاء شده در دستگاه فتوسنتز می‌باشد [۲۴]. در بسیاری از گونه‌های گیاهی نسبت فلورسانس متغییر بر فلورسانس حداکثر در حدود $0/83$ است و مقادیر کمتر، نشانه تاثیر تنش بر گیاه است [۲۱، ۴۹]. مقدار Fv/Fm در بسیاری از مطالعات مرتبط با اثر تنش در گیاهان مورد استفاده قرار گرفته است. این پارامتر در تخمین و مطالعه کارایی فتوشیمیایی و میزان آسیب وارده به PSII در اثر تنش از قابلیت خوبی برخوردار است [۵]. ژنوتیپ‌های دارای Fv/Fm بالاتر، در شرایط تنش شدید کارایی فتوسنتزی بالاتری دارند [۱۶]. آب فراوان‌ترین جزء تشکیل دهنده سلول‌های زنده گیاهان

است. در گیاهان چوبی (درختان)، بیش از پنجاه درصد وزن تر بافت‌ها و اندام‌ها را آب تشکیل می‌دهد [۵۱]. کمبود دائم و یا موقت مقادیر آب، بیش از هر عامل محیطی دیگر مانع رشد و توسعه گیاه می‌شود [۴۶]. محتوای نسبی آب برگ تعیین کننده مهم فعالیت متابولیک و بقای برگ است [۳۴] پس ارقامی که در تنش خشکی بتوانند محتوای آب نسبی اندام‌های خود را در سطح بالاتری نگه‌دارند، می‌توانند به عنوان ارقام مقاوم‌تر معرفی گردند [۶]. اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد در بین گونه‌های مختلف بادام (*Prunus dulcis Mill.*) از نظر محتوای آب نسبی در اثر تیمار تنش خشکی مشاهده شد [۵۶]. گزارش شده است که تنش خشکی اثرات کاهشی متفاوتی بر محتوای نسبی آب برگ در ارقام مختلف بادام داشت بطوریکه مارکونا حساس اما سوپرنوا مقاوم بود [۷]. تیمار تنش خشکی، محتوای نسبی آب برگ در ژنوتیپ‌های بادام پیوند شده بر روی پایه GF-677 را تا ۲۳ درصد کاهش داد [۱۴]. در گزارشی دیگر تغییرات محتوای نسبی آب برگ در گیاهان شاهد بادام بین ۸۰ تا ۹۵ درصد، در گیاهان تحت خشکی ملایم ۷۳ تا ۹۵ درصد بود، اما در گیاهان بادام تحت تنش شدید این دامنه ۷۳ تا ۸۲ درصد بود [۳۹]. غلظت کلروفیل به عنوان یکی از عوامل اصلی تأثیرگذار بر ظرفیت فتوسنتز شناخته شده است [۲۱]. کاهش میزان کلروفیل برگ تحت تنش خشکی در تعداد زیادی از درختان میوه نظیر بادام [۳۷، ۵۶]، سیب [۲]، زیتون [۱۶] گزارش شده است. خشکی سبب پیری زودرس گیاهان تاز و زایگر [۵۲]، شکسته شدن کلروپلاست‌ها و کاهش میزان کلروفیل می‌گردد [۵۴]. گزارش شده است که رقم بادام تونو به نسبت رقم پرنسس دارای میزان کلروفیل بیشتری

مواد و روش‌ها

زمان، مکان، نوع طرح و مواد آزمایشی

این تحقیق در سال زراعی ۹۵-۱۳۹۴ در پژوهشکده میوه‌های معتدله و سردسیری کرج با طول جغرافیایی ۵۱ درجه شرقی، عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۴۸ دقیقه شمالی، ارتفاع از سطح دریا ۱۳۲۰ متر، میانگین دمای سالیانه ۱۳/۷ درجه سانتی‌گراد، متوسط بارندگی ۲۵۴/۵ میلی‌متر در سال به صورت فاکتوریل $5 \times 3 \times 4$ در قالب طرح کامل تصادفی و با سه تکرار انجام شد. فاکتور رقم در پنج سطح شامل K13-40، سوپرنوآ، تگزاس، مارکونا، شکوفه، فاکتور پایه در سه سطح شامل دانه‌های یک ساله بادام تلخ شماره ۳۲ و نهال‌های کشت بافتی هیبریدهای بادام \times هلو GF-677 و GN-22 تهیه شده از شرکت ایتا صدرا (استان فارس) و فاکتور تنش خشکی در چهار سطح آبیاری شامل دور آبیاری ۳ روز (شاهد)، ۵، ۱۰ و ۱۵ روز بودند. پایه‌ها در اسفند ماه ۱۳۹۴ پس از ضد عفونی ریشه با قارچ کش بنومیل به نسبت دو در هزار در گلدان‌های ۲۰ کیلوگرمی و در خاکی با بافت لومی (۶۷ درصد شن + ۳۴ درصد سیلت + ۲۰ درصد رس) کشت شدند. سپس در اواخر خرداد ماه سال ۱۳۹۵ ارقام مورد مطالعه با استفاده از پیوند جوانه چوب^۱ در ارتفاع ۱۵ سانتیمتری از سطح خاک گلدان روی پایه‌ها پیوند شدند و پس از رشد کافی پیوندک‌ها، در شهریور ماه ۱۳۹۵ اعمال تیمارهای خشکی به مدت ۱۵ روز ادامه یافت در این مدت نهال‌های شاهد هر ۳ روز یک بار آبیاری شدند.

پارامترهای کلروفیل فرسانس

اندازه‌گیری پارامترهای مربوط به کلروفیل

بود که اختلاف ارقام در این صفت را نشان می‌دهد [۵۴]. گیاهانی که حساسیت بیشتری به خشکی دارند تحت شرایط خشک کمپلکس کلروفیل-پروتئین و لیپید آن‌ها ناپایدارتر می‌باشد و تشکیل پلاستیدهای جدید، کلروفیل‌های a، b و کاروتنوئید در آن‌ها کاهش می‌یابد [۷]. همچنین گزارش شده است که مقدار کلروفیل‌های a، b، ab یا کل و a/b در دانهال پسته تحت افزایش دور آبیاری کاهش یافت [۴۰].

اندازه‌گیری نشت الکترولیت هم روش مناسبی جهت برآورد سلامت غشاء پس از تنش‌های محیطی از قبیل خشکی است [۲۹]. افزایش نشت الکترولیت (EL) نشانه افزایش نفوذپذیری غشاء سلول است لذا تحمل تنش همراه با حفظ یکپارچگی غشاء سلولی است [۸]. افزایش نشت الکترولیت تحت افزایش تیمار خشکی در گیاهان مختلف گزارش شده است مثلاً با افزایش سطح تنش خشکی نشت الکترولیت در ژنوتیپ‌های حساس بادام تا ۴۳ درصد افزایش یافت [۲۲] و در گیاهان میروبالان C ۲۹، از ۳۲/۱۶ در شاهد به ۵۰/۸۸ درصد در گیاهان تحت تیمار تنش خشکی افزایش یافت [۸]. نتایج مشابهی در پایه انجیر نیز گزارش شده است [۶].

علی‌الرغم اهمیت روابط پایه-پیوندک در درختان بادام برای مواجهه با تنش‌های مختلف از جمله خشکی، در کشور نیمه خشک ایران، تحقیقات زیادی انجام نشده است. لذا پژوهش حاضر به منظور بررسی تاثیر کم آبیاری (تنش خشکی)، بر ارقام انتخابی بادام بر روی پایه‌های مختلف انجام شد تا مکمل تحقیقات اندک گذشته و شروعی برای معرفی ترکیب‌های پایه-پیوندک مقاوم به تنش خشکی به باغداران قبل از توسعه خودسرانه در مناطق بادام خیز کشور انجام گرفت تا از تحمیل هزینه‌های گزاف ممانعت گردد.

^۱ Chip budding

$$\text{Chlorophyll Total} = (\text{Chlorophyll a} + \text{Chlorophyll b}) \text{ (mg/g)} \quad (۳)$$

$$\text{Carotenoids} = 100(A470) - 3.27(\text{mg chl. a}) - 104(\text{mg chl. b})/227(\text{mg/g}) \quad (۴)$$

در روابط فوق، V: حجم محلول صاف شده. A: جذب نور در طول موج‌های ۶۶۳، ۶۴۵ و ۴۷۰ نانومتر. W: وزن تر نمونه (گرم) است.

محتوای نسبی آب برگ

روزهای سوم، پنجم، دهم و پانزدهم از اعمال تیمار دور آبیاری (تنش خشکی) شش عدد از برگ‌های کاملاً توسعه‌یافته و بدون دم‌برگ از گره پنجم، ششم و هفتم گیاه جدا و در محل توزین شدند (وزن تر). بلافاصله در ۱۵ میلی‌لیتر آب مقطر غوطه‌ور و بعد از ۲۴ ساعت نگهدار در یخچال و دمای ۴ درجه سانتیگراد، از آب مقطر خارج و بین دو لایه دستمال کاغذی آب سطحی آنها حذف و مجدداً توزین شدند (وزن تورژسانس). سپس به مدت ۴۸ ساعت درون پاکت‌های کاغذی در آون و در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد کاملاً خشک و دوباره وزن گردید (وزن خشک). در نهایت درصد محتوای آب نسبی (RWC) با استفاده از رابطه ۵ محاسبه شد [۴۱].

$$\text{RWC (\%)} = [(FW - DW) / (TW - DW)] \times 100 \quad (۵)$$

در این فرمول، FW= وزن تر برگ، DW= وزن خشک برگ و TW= وزن برگ در حالت اشباع است.
 نشأت الکترولیت

فلورسانس با نمونه‌گیری از دهمین برگ توسعه یافته از انتهای شاخه اصلی و در ساعت ۱۰ تا ۱۲ (حدود دو ساعت بعد از تابش خورشید به نهال‌ها انجام شد. به این صورت که ابتدا کلیس‌های دستگاه اندازه‌گیری فلورسانس کلروفیل (مدل، Hansatech Instrument ساخت انگلستان) به برگ‌ها وصل شدند بطوریکه قسمتی از برگ مورد نظر در کناره رگبرگ اصلی به مدت ۳۰ دقیقه در زیر کلیس و با اطمینان از بسته بودن دریچه آن در تاریکی قرار گرفت. سپس با استفاده از دستگاه اندازه‌گیری فلورسانس، Act.Light به برگ تابیده شد و مقدار FO و Fm قرائت شدند. مقدار Fv از تفاضل Fm و FO و نسبت Fv/Fm نیز محاسبه شد (۱۴).

میزان غلظت رنگدانه‌ها

به‌منظور اندازه‌گیری مقدار کلروفیل‌ها بر اساس روش [۳] ابتدا مقدار نیم گرم از ماده تر گیاهی (برگ تازه) در هاون چینی و با نیتروژن مایع خرد و سپس ۲۰ میلی‌لیتر استون ۸۰٪ به آن اضافه شده و با سرعت ۶۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۱۰ دقیقه سانتریفیوژ شد. سپس عصاره جدا شده فوقانی به بالن شیشه‌ای منتقل و یک سی‌سی از آن داخل کووت اسپکتروفتومتر ریخته شده و در طول موج‌های ۶۶۳، ۶۴۵ و ۴۷۰ نانومتر برای کلروفیل a، b و کاروتنوئیدها اندازه‌گیری شد سپس طبق روابط ۱، ۲ و ۳ مقدار کلروفیل a، b، کل و نسبت کلروفیل a/b نیز از تقسیم آنها محاسبه شد [۳]. همچنین مقدار کاروتنوئیدها بر اساس رابطه ۴ محاسبه گردید [۲۶].

$$\text{Chlorophyll a} = (19.3 \times A663 - 0.86 \times A645) V/100W \quad (۱)$$

$$\text{Chlorophyll b} = (19.3 \times A645 - 3.6 \times A663) V/100W \quad (۲)$$

داده‌های حاصل از اندازه‌گیری‌های مختلف وارد نرم افزار Excel شده و سپس با استفاده از نرم‌افزار SAS (نسخه ۹/۴)، تجزیه شد. مقایسه میانگین‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن و رسم نمودارها با نرم افزار Minitab (نسخه ۷/۳) انجام شد.

نتایج و بحث

محتوای رنگدانه‌ها

کلروفیل b

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۱) در ارتباط با کلروفیل b نشان داد که اثرات متقابل رقم × پایه در سطح پنج درصد همچین رقم × تنش خشکی و پایه × تنش خشکی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. برش‌دهی اثرات متقابل رقم × پایه (جدول ۲) نشان داد که بیشترین مقدار کلروفیل b در ترکیب پایه GF-677 با همه ارقام مورد ارزیابی حاصل شد و اختلاف معنی‌داری با هم نداشتند.

جهت تعیین میزان نشت الکتروولت (EL)، ۰/۵ گرم برگ از هر رقم و ژنوتیپ جداگانه وزن و در داخل وبال‌های شیشه‌ای ریخته شد و ۲۵ میلی لیتر آب مقطر به هر کدام اضافه گردید. نمونه‌ها پس از ۲۴ ساعت قرار گرفتن در شیکر با دمای ۲۴ درجه سانتی‌گراد و با سرعت ۱۲۰ دور در دقیقه میزان هدایت الکتریکی اولیه (LT)، آن‌ها به وسیله دستگاه EC متر دیجیتالی (مدل Metrohm 644) اندازه‌گیری شد. سپس نمونه‌ها به مدت یک ساعت در حمام بن ماری در دمای ۱۲۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت و مجدداً به مدت دو ساعت شیکر شدند و میزان هدایت الکتریکی نهایی (LO) آنها اندازه‌گیری و در نهایت درصد نشت یونی طبق رابطه ۶ محاسبه شد [۲۷].

$$EL = (LT/LO) \times 100 \quad (6)$$

تجزیه

جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس تاثیر کم آبیاری بر خصوصیات فیزیولوژیکی ارقام انتخابی بادام بروی پایه‌های مختلف

میانگین مربعات						درجه آزادی (df)	منابع تغییر S.O.V
نشت الکتروولت %EL	کلروفیل a/b mg/gFW	کلروفیل کل mg/gFW	کاروتنوئیدها mg/gFW	کلروفیل b mg/gFW	کلروفیل a mg/gFW		
۳/۶	۰/۱۲	۰/۰۵	۰/۰۰۱	۰/۰۱۳	۰/۰۵۹	۲	بلوک (تکرار)
۳۵۹۸/۰**	۰/۱۰۱**	۰/۱۷۴**	۰/۰۰۶**	۰/۰۷۳**	۰/۰۲۶**	۴	رقم
۱۲۰۰/۳**	۰/۱۱۲**	۲/۵۳۴**	۰/۰۵۷**	۰/۶۳۳**	۰/۶۳۵**	۲	پایه
۳۸۲۴/۳**	۰/۳۳۲**	۸/۵۴۸**	۰/۲۰۴**	۲/۰۹۳**	۲/۱۸۲**	۳	تنش خشکی
۴۶۹/**	۰/۰۳۴*	۰/۰۲۱ ns	۰/۰۰۱ ns	۰/۰۱۴*	۰/۰۰۲ ns	۸	رقم × پایه
۹۰/۶**	۰/۰۲۳ ns	۰/۰۸۲**	۰/۰۰۱*	۰/۰۲۶**	۰/۰۱۶*	۱۲	رقم × تنش خشکی
۹۸/۱**	۰/۰۳۵*	۰/۷۱۹**	۰/۰۱۸**	۰/۱۶۰**	۰/۲۲۰**	۶	پایه × تنش خشکی
۲۸/۲**	۰/۰۱۰ ns	۰/۰۱۴ ns	۰/۰۰۱ ns	۰/۰۰۴ ns	۰/۰۰۵ ns	۲۴	رقم × پایه × تنش خشکی
۵/۶۰۹	۰/۰۱۳	۰/۰۱۹	۰/۰۰۱	۰/۰۰۶	۰/۰۰۷	۱۱۸	خطا
۴/۳۳۵	۸/۷۶۴	۵/۹۹۹	۷/۵۵۷	۷/۵۳۸	۶/۵۹۸		ضریب تغییرات CV (%)

ns: عدم معنی‌دار. *: معنی‌دار در سطح ۰/۰۵. **: معنی‌دار در سطح ۰/۰۱.

ادامه جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس تاثیر کم آبیاری بر خصوصیات فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی ارقام بادام بر روی پایه‌های مختلف

میانگین مربعات					درجه آزادی (df)	منابع تغییر S.O.V
فلورسانس حداکثر Fm	فلورسانس حداقل Fo	فلورسانس متغیر به حداکثر Fv/Fm	دامنه فلورسانس Fv	محتوای آب نسبی %RWC		
۱۰۲۱/۴۱**	۸۸/۹۴	۰/۰۰۰۱	۶۳۷/۳۲	۲/۰۳	۲	بلوک (تکرار)
۴۶۰۱۷/۹۳**	۷۸۴/۰۲**	۰/۰۰۴۸**	۵۳۹۹۷/۰۵**	۷۳۴/۷۳**	۴	رقم
۱۰۷۵۳۶/۶۱**	۴۱۹۱/۶۱**	۰/۰۱۶۹*	۱۵۲۴۰۶/۶۷**	۲۴۷۵/۶۳**	۲	پایه
۵۱۷۶۲۳/۰۶**	۲۰۵۵۱/۴۰**	۰/۰۷۴۸**	۷۴۳۹۹۱/۲۹**	۱۱۱۰۴/۵۷**	۳	تنش خشکی
۴۴۰۵/۹۵**	۴۴/۲۲ns	۰/۰۰۰۳**	۴۴۴۵/۶۵**	۶۷/۳۳**	۸	رقم × پایه
۱۱۵۹۲/۰۹**	۱۵۲/۲۵**	۰/۰۰۱۱**	۱۲۸۴۴/۱۷**	۲۴۶/۵۲**	۱۲	رقم × تنش خشکی
۲۸۵۷۷/۹۳**	۱۳۲۲/۶۹**	۰/۰۰۵۳**	۴۱۷۶/۲۰**	۶۶۷/۳۹**	۶	پایه × تنش خشکی
۱۲۹۳/۵۷**	۷۵/۰۶*	۰/۰۰۰۲**	۱۴۶۰/۷۱**	۲۵/۴۷**	۲۴	رقم × پایه × تنش خشکی
۴۶۵/۷۵	۴۶/۳۵۷	۰/۰۰۰۱	۵۰۵/۴۰۱	۱۱/۱۵۷	۱۱۸	خطا
۱/۸۰۲	۲/۵۹۲	۱/۰۷۹	۲/۴۰۵	۴/۰۲۹		ضریب تغییرات CV (%)

ns: عدم معنی دار. *: معنی دار در سطح ۵٪. **: معنی دار در سطح ۱٪.

جدول ۲- برش‌دهی اثرات متقابل رقم × پایه بر برخی از خصوصیات بیوشیمیایی مورد ارزیابی در بادام

میانگین		عامل	
کلروفیل a/b mg/gFW	کلروفیل b mg/gFW	پایه	رقم
۱/۳۹ ab	۰/۹۰۸ fg	GN-22	
۱/۲۷ b	۱/۱۱۱ ac	GF-677	K13-40
۱/۳۵ ab	۰/۹۰۳ fg	بذری	
۱/۳۵ ab	۰/۹۲۹ eg	GN-22	
۱/۲۶ b	۱/۰۹۷ ac	GF-677	سوپرنوآ
۱/۳۴ ab	۰/۹۰۰ fg	بذری	
۱/۵۰ a	۰/۸۵۰ g	GN-22	
۱/۳۵ ab	۱/۰۵۱ abd	GF-677	تگزاس
۱/۳۶ ab	۰/۸۹۵ fg	بذری	
۱/۲۲ b	۱/۰۳۰ bce	GN-22	
۱/۲۳ b	۱/۱۵۰ a	GF-677	مارکونا
۱/۳۷ ab	۰/۹۰۷ fg	بذری	
۱/۲۹ b	۱/۰۲۳ ce	GN-22	
۱/۲۵ b	۱/۱۳۱ ab	GF-677	شکوفه
۱/۳۰ b	۰/۹۷۴ def	بذری	

حروف مشابه در هر ستون نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی دار بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن می‌باشد.

یافت. در دور آبیاری ۱۵ روز ارقام مارکونا و شکوفه دارای بیشترین (۰/۷۸۹ و ۰/۷۸۸) و رقم تگزاس کمترین (۰/۶۱۷) مقدار کلروفیل b بودند و به ترتیب

برش‌دهی اثرات متقابل رقم × تنش خشکی (جدول ۴) نشان داد که با افزایش سطح تنش خشکی مقدار کلروفیل b در همه ارقام ارزیابی شده، کاهش

۱۳۷۹) و از طرف دیگر به دلیل تبدیل پیش ماده تولید کلروفیل به موادی مانند پرولین (خالید و همکاران، ۲۰۱۰) موجب کاهش کلروفیل b در ارقام و پایه های حساس شد. این نتایج با نتایج محققانی مانند [۳۷، ۵۶] و [۲] که گزارش دادند تنش خشکی موجب کاهش کلروفیل b در بادام و سیب شد، مطابقت دارد.

مقاوم ترین و حساس ترین ارقام از نظر حفظ کلروفیل b در اثر تنش شدید خشکی بودند. اثرات متقابل پایه × تنش خشکی (جدول ۳) نشان داد که پایه GF-677 حداقل کاهش کلروفیل b را دارا بود هرچند که در دور آبیاری پنج روز دارای اختلاف معنی داری با دیگر پایه ها نبود. در تحقیق حاضر احتمالاً تنش خشکی از طرفی موجب تخریب کلروفیل (حیدری شریف آباد،

جدول ۳- برش دهی اثرات متقابل پایه × تنش خشکی بر خصوصیات فیزیولوژیکی بادام روی پایه های مختلف

میانگین		عامل				
کلروفیل کل mg/gFW	کلروفیل a/b mg/gFW	کاروتنوئید mg/gFW	کلروفیل a mg/gFW	کلروفیل b mg/gFW	تنش خشکی (روز)	پایه
۲/۶۴ ab	۱/۲۶ d	۰/۴۲۰ a	۱/۴۷ a	۱/۱۷ ab	۳	GN-22
۲/۶۰ ab	۱/۲۶ cd	۰/۴۰۹ a	۱/۴۵ a	۱/۱۵ ab	۵	
۲/۰۲ d	۱/۴۱ abc	۰/۳۲۷ c	۱/۱۷ bc	۰/۸۵ d	۱۰	
۱/۵۲ e	۱/۴۷ ab	۰/۲۳۰ d	۰/۹۰ d	۰/۶۲ e	۱۵	
۲/۶۵ a	۱/۲۴ d	۰/۴۱۹ a	۱/۴۷ a	۱/۱۹ a	۳	GF-677
۲/۶۴ ab	۱/۲۴ d	۰/۴۱۸ a	۱/۴۶ a	۱/۱۸ a	۵	
۲/۴۷ b	۱/۲۹ cd	۰/۳۹۶ a	۱/۳۹ a	۱/۰۸ b	۱۰	
۲/۲۵ c	۱/۳۱ cd	۰/۳۶۱ b	۱/۲۷ b	۰/۹۸ c	۱۵	
۲/۶۲ ab	۱/۲۶ cd	۰/۴۱۷ a	۱/۴۶ a	۱/۱۶ ab	۳	بدری
۲/۵۶ ab	۱/۲۷ cd	۰/۴۰۱ a	۱/۴۳ a	۱/۱۳ ab	۵	
۱/۹۰ d	۱/۳۳ bcd	۰/۳۳۱ bc	۱/۰۸ c	۰/۸۲ d	۱۰	
۱/۳۸ e	۱/۵۱ a	۰/۲۲۶ d	۰/۸۳ d	۰/۵۵ e	۱۵	

حروف مشابه در هر ستون نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی دار بر اساس آزمون چند دامنه ای دانکن می باشد.

اما در دور آبیاری ۱۰ و ۱۵ روز اختلاف معنی داری بین ارقام و شاهد بود. در دور آبیاری ۱۵ روز مقدار کلروفیل a در ارقام شکوفه و تگزاس به ترتیب ۲۷ درصد و ۳۷ درصد نسبت به شاهد کاسته شد و مقاوم ترین و حساس ترین ارقام بودند. بر اساس مقایسه میانگین های اثرات متقابل پایه × تنش خشکی (جدول ۳) در تیمار دور آبیاری ۱۰ روز بجز پایه GF-677 سایر پایه ها دارای اختلاف معنی داری بنسبت به شاهد بودند اما کلروفیل a دور آبیاری ۱۵ روز در همه پایه ها دارای کاهش معنی داری نسبت به شاهد بود. این نتایج با نتایج [۳۷، ۵۶ و ۲]، که گزارش دادند

کلروفیل a

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده ها (جدول ۱) در ارتباط با کلروفیل a نشان داد که اثرات متقابل رقم × تنش خشکی در سطح پنج درصد و پایه × تنش خشکی در سطح احتمال یک درصد معنی دار بود. برش دهی اثرات متقابل رقم × تنش خشکی (جدول ۴) نشان داد که با افزایش سطح تنش خشکی مقدار کلروفیل a در همه ارقام ارزیابی شده، کاهش یافت هرچند که در تنش ملایم با دور آبیاری ۵ روز اختلاف معنی داری با شاهد مشاهده نشد.

تنش خشکی موجب کاهش کلروفیل در ارقام بادام و سیب شد مطابقت دارد.

جدول ۴- برش‌دهی اثرات متقابل رقم × تنش خشکی بر خصوصیات فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی بادام روی پایه‌های مختلف

میانگین				عامل	
کلروفیل کل mg/gFW	کاروتنوئید mg/gFW	کلروفیل b mg/gFW	کلروفیل a mg/gFW	تنش خشکی (روز)	رقم
a2/62	a0/421	a1/16	ab1/47	3	K13-40
a2/61	ab0/417	a1/15	ab1/46	5	
de2/07	cde0/353	cd0/89	cdf1/19	10	
gh1/69	g0/261	ef0/70	g0/99	15	
a2/62	ab0/419	a1/18	ab1/45	3	سوپر نوآ
ab2/60	ab0/402	a1/16	ab1/44	5	
def2/04	df0/332	cd0/87	def1/16	10	
gh1/67	g0/264	ef0/69	g0/98	15	
a2/67	ab0/413	a1/18	a1/49	3	تگزاس
a2/62	ab0/406	a1/15	ab1/46	5	
ef1/92	ef0/318	de0/78	def1/14	10	
h1/56	g0/252	f0/62	g0/94	15	
a2/67	a0/427	a1/18	ab1/46	3	مارکونا
ab2/57	ab0/416	a1/15	ab1/42	5	
cd2/25	ac0/380	bc1/00	cd1/25	10	
fg1/81	fg0/299	de0/79	fg1/02	15	
a2/63	ab0/414	a1/17	ab1/46	3	شکوفه
ab2/60	ab0/406	a1/16	ab1/44	5	
bc1/37	bd0/373	ab1/05	bc1/32	10	
efg1/86	fg0/286	de0/79	efg1/07	15	

حروف مشابه در هر ستون نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن می‌باشد.

کلروفیل کل (b+a)

اثرات متقابل پایه × تنش خشکی (جدول ۳) تحت دور آبیاری ۱۰ روز فقط پایه GF-677 برتر بود و اختلاف معنی‌داری با شاهد نداشت. در تیمار دور آبیاری ۱۵ روز در همه پایه‌ها مقدار کلروفیل a نسبت به شاهد دارای کاهش معنی‌دار بود و با افزایش سطح تنش خشکی مقدار کلروفیل کل در همه ارقام کاهش یافت (جدول ۴). بر این اساس در دو آبیاری پنج روز اختلاف معنی‌داری با شاهد مشاهده نشد اما در دور آبیاری ۱۰ و ۱۵ روز همه ارقام با شاهد اختلاف

بر اساس نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۱) در ارتباط با کلروفیل کل (b+a) اثرات متقابل رقم × تنش خشکی و پایه × تنش خشکی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. برش‌دهی اثرات متقابل رقم × تنش خشکی نشان داد که تحت دور آبیاری ۱۵ روز در ارقام شکوفه و تگزاس به ترتیب ۲۷ درصد و ۳۷ درصد نسبت به شاهد کاسته شد و مقاوم‌ترین و حساس‌ترین ارقام بودند. بر اساس مقایسه میانگین‌های

بادام تلخ شماره ۳۲ و در دور آبیاری ۱۵ روز ۱/۵۱۱ و کمترین آن در پایه GF-677 و دور آبیاری پنج روز ۱/۲۳۵ میلی گرم بر گرم وزن تر برگ بود.

گزارش شده است که در پایه پسته کمترین مقدار کلروفیل a/b در دور آبیاری پنج روز و کمترین آن در دور آبیاری سه روز حاصل شد [۲۳]، که با نتایج تحقیق حاضر مطابقت دارد. همچنین گزارش شده است که مقدار کلروفیل برگ تحت شرایط تنش خشکی در انواع درختان میوه مانند بادام [۵۶]، سیب [۲]، زیتون [۱۶] و پسته [۴۰] کاهش یافت که با نتایج تحقیق حاضر مطابقت دارند. مشخص شده است که کلروفیل و پرولین از پیش ماده مشترک (گلوتامات) ساخته می شوند. کاهش محتوای رنگیزه‌ها، چه در اثر کاهش سرعت سنتز و چه در نتیجه تجزیه سریع تر آنها یکی از علائم آشکار تنش اکسیداتیو القاء شده توسط تنش خشکی می باشد [۴۸]. در شرایط خشکی میزان پرولین برگ افزایش می یابد که شاید یکی از دلایل کاهش میزان کلروفیل افزایش سنتز پرولین باشد [۲۳]. گزارش شده است که رقم سوپرنوا مقاوم اما مارکونا حساس به تنش خشکی بود [۷]، که با نتایج تحقیق حاضر منطبق نیست.

کاروتنوئیدها

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۱) نشان داد که اثرات متقابل رقم × تنش خشکی در سطح احتمال پنج درصد و پایه × تنش خشکی در سطح احتمال یک درصد برای کاروتنوئیدها معنی دار بود. بر اساس نتایج حاصل از برش دهی اثرات متقابل رقم × تنش خشکی (جدول ۴)، در تیمار دور آبیاری پنج روز مقدار کاروتنوئیدها در همه ارقام مورد ارزیابی اندکی یافت که با شاهد تفاوت معنی داری نداشت. اما در تیمار دور

معنی داری داشتند. برش دهی اثرات متقابل پایه × تنش خشکی (جدول ۳) نشان داد که پایه GF-677 کمترین کاهش کلروفیل کل را در اثر اعمال تنش خشکی دارا بود. ترتیب مقاومت پایه‌ها نسبت به تنش خشکی در حفظ کلروفیل عبارت بود از: $GN-22 < GF-677 < GN-22 < GN-22$ بذری. ترتیب حساسیت ارقام نسبت به افزایش سطح تنش خشکی در ارتباط با پایداری کلروفیل کل نیز عبارت بود از: $تگزاس < سوپرنوا < K13-40 < K13-40 < K13-40$ مارکونا < شکوفه. نتایج تحقیق حاضر با نتایج [۷] منطبق است. آنها اعلام نمودند گیاهانی که حساسیت بیشتری به خشکی دارند تحت شرایط خشک کمپلکس کلروفیل-پروتئین و لیپید آنها ناپایدارتر می باشد و تشکیل پلاستیدهای جدید، کلروفیل‌های a، b و کاروتنوئید در آنها کاهش می یابد. همچنین با نتایج [۵۳] که اعلام نمودند گیاهانی که حساسیت بیشتری به خشکی دارند تحت شرایط خشک تشکیل پلاستیدهای جدید، کلروفیل‌های a، b و کاروتنوئید در آنها کاهش می یابد، منطبق بود.

نسبت کلروفیل a به کلروفیل b، (a/b)

تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۱)، نشان داد که اثرات متقابل پایه × رقم و پایه × تنش خشکی برای نسبت کلروفیل a به کلروفیل b در سطح احتمال پنج درصد معنی دار بود. بر اساس نتایج حاصل از برش دهی اثرات متقابل رقم × پایه (جدول ۲)، بیشترین مقدار نسبت کلروفیل‌های a/b در ترکیب رقم تگزاس و پایه GN-22 (۱/۵ mg/g/FW) بود و کمترین آن در ترکیب رقم مارکونا و پایه GF-677 (۱/۲۳ mg/g/FW) حاصل شد. برش دهی اثرات متقابل پایه × تنش خشکی (جدول ۳) نشان داد که بیشترین مقدار نسبت کلروفیل‌های a/b در پایه بذری

آبیاری ۱۰ روز این کاهش در همه ارقام بجز مارکونا معنی‌دار بود. در تنش خشکی شدید (دور آبیاری ۱۵ روز) کاهش مقدار کاروتنوئیدها در تمام ارقام نسبت به شاهد معنی‌دار بود. مقایسه میانگین‌های حاصل از برش‌دهی اثرات متقابل پایه \times تنش خشکی نیز نشان داد که پایه GF-677 برترین پایه از نظر حفظ مقدار کاروتنوئیدها بود بطوریکه فقط در دور آبیاری ۱۵ روز دارای اختلاف معنی‌دار با شاهد بود. سایر پایه در دور آبیاری ۵ روز با شاهد اختلاف معنی‌دار نداشتند اما در دور آبیاری ۱۰ و ۱۵ روز با کاهش شدید مقدار کاروتنوئید مواجه شدند. بر اساس گزارش [۲۱]، در ژنوتیپ‌های مقاوم به خشکی مقدار رنگیزه‌ها، محتوای نسبی آب برگ و پایداری غشاء بطور معنی‌داری بیشتر بود. کاروتنوئیدها نقش مهمی در فتوسنتز از طریق رفع کمبود کلروفیل‌های سه گانه و اکسیژن مشتق شده از انرژی نورانی بازی می‌کنند [۲۱] کاروتنوئیدها همچنین مهارکننده یون‌های اکسیژن هستند [۲۱]. لذا ممکن است آسیب‌های ساختاری ناشی از تنش خشکی را کاهش دهند [۲۱، ۲۲]. پس بیشتر بودن کاروتنوئید در رقم متحمل مارکونا و پایه GF-677 می‌تواند غلظت بیشتر کلروفیل‌ها در برگ و آسیب ساختاری کمتر در آنها را توجیه کند [۲۲].

به طور کلی در آزمایش حاضر تنش خشکی مقدار رنگدانه‌های مختلف a ، b ، $(a+b)$ را کاهش داد بطوریکه مقدار کلروفیل a ، b ، کل $(a+b)$ و کاروتنوئیدها در اثر افزایش سطح تنش خشکی کاهش و نسبت کلروفیل‌های a/b افزایش یافت. همچنین اثرات متقابل پایه \times رقم \times تنش خشکی برای صفات محتوای نسبی آب برگ و نشت الکترولیت در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. در اثر افزایش دور آبیاری محتوای نسبی آب برگ کاهش و مقدار نشت الکترولیت

افزایش یافت. اختلاف معنی‌داری بین ترکیبات پایه-پیوندک مختلف در صفات فیزیولوژیک مورد ارزیابی در دور آبیاری پنج روز و شاهد مشاهده نشد. در دور آبیاری ۱۰ روز رقم K13-40 حساس بود و این حساسیت در دور آبیاری ۱۵ روز بیشتر شد در حالیکه ارقام شکوفه و مارکونا بیشترین تحمل را دارا بودند.

همچنین پاسخ ترکیب‌های ارقام و پایه‌های مختلف در تنش خشکی (دور آبیاری ۱۰ و مخصوصاً ۱۵ روز) متفاوت بود بطوریکه ترکیب‌های پایه \times ارقام مورد ارزیابی بر روی پایه بذری بادام تلخ شماره ۳۲، نسبت به ترکیب همان ارقام بر روی پایه GF-677 به تنش خشکی حساس‌تر بودند. نتایج تحقیق حاضر با گزارش [۲۲ و ۱] در ارتباط با مقاوم بودن پایه GF-677 مشابه بود. اما در ارتباط با رقم سوپرنوا که در تحقیق حاضر حساس به تنش خشکی و رقم مارکونا که مقاوم به تنش خشکی بودند، مخالف گزارش [۷] بود. نتایج تحقیق حاضر با گزارش [۷] که رقم سوپرنوا را متحمل گزارش نمودند مطابقت نداشت اما از نظر مقاومت بیشتر پایه GF-677 نسبت به تنش خشکی مشابه بود. کاروتنوئیدها و آنتوسیانین‌ها ممکن است به عنوان ترکیبات محافظت کننده نوری در برگ بادام و در سیستم تحمل به خشکی آن عمل کنند [۲۱]، که در تحقیق حاضر می‌تواند یکی از دلایل مقاومت ارقام و پایه‌های مورد ارزیابی از لحاظ کمک به حفظ کلروفیل‌ها به عنوان اجزای عملکردی بسیار مهم تحت تنش خشکی باشد.

نشت الکترولیت

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۱) نشان داد که اثرات متقابل رقم \times پایه \times تنش خشکی در ارتباط با صفت نشت الکترولیت در سطح احتمال یک درصد

صفت محتوای نسبی آب برگ نشان داد که اثرات ساده و متقابل دوگانه و سه گانه فاکتورها در سطح احتمال یک درصد معنی دار بود. بر اساس نتایج برش دهی اثرات متقابل رقم \times پایه \times تنش خشکی (جدول ۵)، بیشترین محتوای نسبی آب برگ در همه ترکیب های پایه-پیوندک در گیاهان شاهد مشاهده شد و در تیمار دور آبیاری پنج روز کاهش یافت اما اختلاف معنی داری با شاهد نداشت. در دور آبیاری ۱۰ روز همه ترکیب های پایه-پیوندک بجز شکوفه-GF-677 از لحاظ محتوای نسبی آب برگ دارای اختلاف معنی داری با شاهد بودند و در ترکیب رقم شکوفه - GF-677، ۵/۵۶ درصد اما در ترکیب رقم K13-40- بذری ۶۶ درصد کاهش یافت که به ترتیب مقاوم ترین و حساس ترین ترکیب پایه- پیوندک نسبت به تنش خشکی بودند. تفاوت ژنتیکی بین ارقام بادام تاثیر مستقیمی بر مقاومت آنها در طی تنش خشکی دارد. در مطالعه ای بر روی بادام مشخص شد که ارقام مورد مطالعه تفاوت قابل توجهی در توانایی حفظ سطح آب خود طی تنش شدید دارند بطوریکه رقم سوپرناو بالاترین و رقم تونو پایین ترین مقدار محتوای آب برگ را دارا بودند [۱]. گزارشاتی دیگر در درختان کائوچو [۵۳]، پایه میروبالان ۲۹C [۸]، پایه سیتروس [۱۹] و هیبرید هلو \times بادام GF-677 [۵۶]. گزارش شده است. که منطبق با نتایج تحقیق حاضر است.

معنی دار بود. بر اساس برش دهی اثرات متقابل سه گانه فاکتورها (جدول ۵)، در ترکیب ارقام مختلف روی پایه های مختلف، کمترین نشت الکترولیت در دور آبیاری سه روز (شاهد) مشاهده شد. با افزایش دور آبیاری مقدار نشت الکترولیت افزایش یافت بطوریکه اختلاف معنی داری بین پایه-پیوندک های مختلف با یکدیگر و با شاهد مشاهده شد. بیشترین مقدار نشت الکترولیت در ترکیب رقم K13-40 \times پایه بذری \times دور آبیاری ۱۵ روز (تنش خشکی شدید) مشاهده شد که نشان دهنده حساس بودن این ترکیب پایه-پیوندک به تنش خشکی است. همه ارقام بر روی پایه GF-677 تحمل بیشتری به خشکی نشان دادند. در دور آبیاری ۱۵ روز کم ترین نشت الکترولیت (۴۷/۲۵ درصد) و بیشترین مقدار آن (۷۹/۵۰۳) به ترتیب در ترکیب شکوفه-GF-677 و سپس K13-40-بذری مشاهده شد. بر اساس گزارش های متعدد با افزایش سطح تنش خشکی نشت الکترولیت در ارقام، گونه ها و پایه های مختلف مانند انجیر [۱۳]، پایه های مختلف سیب [۵۳]، پایه میروبالان C ۲۹ [۸] و در ارقام و ژنوتیپ های مختلف بادام [۱، ۲۰ و ۲۲] افزایش یافت که با نتایج تحقیق حاضر منطبق است.

محتوای نسبی آب برگ

نتایج تجزیه واریانس داده ها (جدول ۱) برای

جدول ۵- برش دهی اثرات متقابل رقم \times پایه \times تنش خشکی بر خصوصیات فیزیولوژیکی مورد ارزیابی در بادام

میانگین				عامل				
دامنه	فلورسانس متغیر به حد اکثر Fv/Fm	فلورسانس حداقل Fo	فلورسانس حد اکثر Fm	محتوای آب نسبی % RWC	تنش نشت پونی %EL	تنش خشکی (دور آبیاری) (روز)	رقم پایه	رقم
۱۰۴۴/۷ abd	۰/۸۰۴ abe	۲۴۵/۰ lmr	۱۲۹۸/۶۷ a	a۹۷/۰	ijq۴۴/۶	۳	GN-22	K13-40
۱۰۳۵/۳ abe	۰/۸۰۱ abe	۲۵۷/۳ jkr	۱۲۹۲/۶۷ abc	۹۶/۳ a	۴۵/۹hip	۵		
۸۳۰/۰ jkn	۰/۷۵۱ ijil	۲۷۵/۷ efl	۱۱۰۵/۶۷ kln	۶۴/۷jk	۵۴/۷ef	۱۰		

رقم	پایه	تنش خشکی (دور آبیاری) (روز)	نشت پونی %EL	محتوای آب نسبی % RWC	میانگین			عامل
					فلورسانس حداکثر Fm	فلورسانس حداقل Fo	فلورسانس متغیر به حداکثر Fv/Fm	
دامنه فلورسانس Fv								
۶۸۵/۰ pg	۰/۶۹۸ nop	۲۹۶/۳ abe	۹۸۱/۳۳ pqr	۴۸/۸۱	۶۹/۵bcd	۱۵		
۱۰۴۰/۰ abe	۰/۸۰۱ abe	۲۵۷/۷ jkr	۱۲۹۷/۶۷ ab	۹۷/۴a	۴۱/۲lmq	۳		
۱۰۴۹/۷ abd	۰/۸۰۵ abe	۲۵۴/۳ lmr	۱۳۰۴/۰۰ a	۹۷/۳a	۴۱/۳lmq	۵	GF-677	
۹۶۷/۰ deg	۰/۷۹۸ abe	۲۴۷/۷ opr	۱۲۲۳/۶۷ bch	۸۸/۳abf	۴۳/۶jkq	۱۰		
۸۵۰/۰ jkm	۰/۷۴۹ ijil	۲۸۵/۰ bch	۱۱۳۵/۰۰ jkm	۷۸/۸fgi	۵۳/۳efh	۱۵		
۱۰۴۴/۰ abd	۰/۸۰۵ abe	۲۵۳/۳ lmr	۱۲۹۷/۳۳ ab	۹۵/۸a	۴۵/۰ijq	۳		
۱۰۳۵/۳ abe	۰/۸۰۲ abe	۲۵۵/۰ klr	۱۲۹۰/۳۳ abc	۹۱/۱abe	۴۶/۳ghp	۵	بذری	
۸۱۰/۰ lmo	۰/۷۳۹ ijim	۲۸۶/۰ abg	۱۰۹۶/۰۰ lmo	۶۴/۳k	۶۵/۲d	۱۰		
۶۳۲/۰ q	۰/۶۷۴ pq	۳۰۶/۳ abc	۹۳۸/۳۳ r	۴۴/۰۱	۷۹/۵a	۱۵		
۱۰۲۹/۷ abf	۰/۸۱۲ abd	۲۳۹/۰ qr	۱۲۶۸/۶۷ abf	۹۶/۴a	۴۳/۲jkq	۳		
۱۰۲۳/۷ abf	۰/۸۰۸ abd	۲۴۳/۳ qr	۱۲۶۷/۰۰ abf	۹۳/۰abe	۴۶/۹fgo	۵	GN-22	
۷۵۴/۰ nop	۰/۷۳۵ ijim	۲۷۲/۳ fgn	۱۰۲۶/۳۳ opq	۶۳/۰k	۵۲/۵efi	۱۰		
۶۵۴/۳ q	۰/۶۹۰ opq	۲۹۴/۳ abf	۹۴۸/۶۷ r	۴۷/۹۱	۷۳/۷abc	۱۵		
۱۰۳۸/۷ abe	۰/۸۱۲ abd	۲۴۰/۳ qr	۱۲۷۹/۰۰ abe	۹۶/۷a	۴۳/۰jkq	۳		
۱۰۲۵/۳ abf	۰/۸۰۷ abe	۲۴۵/۷ pqr	۱۲۷۱/۰۰ abe	۹۵/۰ab	۴۳/۵jkq	۵	GF-677	سوپر نرا
۹۶۴/۰ efh	۰/۷۹۱ abe	۲۵۴/۷ klr	۱۲۱۸/۶۷ cdh	۸۲/۰efh	۴۸/۷efm	۱۰		
۸۶۹/۷ ijil	۰/۷۶۲ fgi	۲۷۱/۰ fgo	۱۱۴۰/۶۷ ijim	۷۱/۳hik	۵۶/۶e	۱۵		
۱۰۳۷/۳ abe	۰/۸۱۳ abc	۲۳۹/۰ qr	۱۲۷۶/۳۳ abe	۹۶/۷a	۴۳/۱jkq	۳		
۱۰۲۷/۷ abf	۰/۸۱۰ abd	۲۴۰/۳ qr	۱۲۶۸/۰۰ abf	۹۴/۳abc	۴۴/۰jkq	۵	بذری	
۷۸۳/۰ mno	۰/۷۳۴ jkm	۲۸۳/۷ cdi	۱۰۶۶/۶۷ mno	۶۳/۳k	۶۶/۱cd	۱۰		
۶۵۲/۳ q	۰/۶۷۸ pq	۳۰۹/۳ a	۹۶۱/۶۷ qr	۵۰/۵۱	۷۲/۳abd	۱۵		
۱۰۳۴/۷ abe	۰/۸۱۲ abd	۲۴۰/۰ qr	۱۲۷۴/۶۷ abe	۹۶/۶a	۴۳/۷jkq	۳		
۱۰۱۹/۷ abf	۰/۸۰۵ abe	۲۴۶/۷ pqr	۱۲۶۶/۳۳ abf	۹۴/۴abc	۴۵/۰ijq	۵	GN-22	
۷۶۴/۷ no	۰/۷۳۲ klm	۲۸۰/۷ dej	۱۰۴۵/۳۳ nop	۶۲/۳k	۶۴/۹d	۱۰		
۶۴۳/۳ q	۰/۶۸۲ pq	۲۹۹/۳ abd	۹۴۲/۶۷ r	۴۴/۵۱	۷۲/۲abd	۱۵		
۱۰۲۹/۷ abf	۰/۸۰۸ abd	۲۴۴/۷ pqr	۱۲۷۴/۳۳ abe	۹۶/۵a	۴۱/۴lmq	۳		
۱۰۲۲/۰ abf	۰/۸۰۳ abe	۲۵۰/۰ nor	۱۲۷۲/۰۰ abe	۹۶/۱a	۴۱/۷klq	۵	GF-677	نگراس
۹۴۰/۳ ghi	۰/۷۷۹ efh	۲۶۷/۰ ghp	۱۲۰۷/۳۳ efj	۸۷/۳abf	۴۶/۱hip	۱۰		
۸۴۵/۷ jkm	۰/۷۵۶ hik	۲۷۳/۷ efm	۱۱۱۹/۳۳ kln	۷۷/۶fgi	۵۴/۷ef	۱۵		
۱۰۳۳/۳ abe	۰/۸۱۰ abd	۲۴۳/۰ qr	۱۲۷۶/۳۳ abe	۵۶/۰a	۴۲/۷klq	۳		
۱۰۲۷/۷ abf	۰/۸۰۵ abe	۲۴۹/۰ nor	۱۲۷۶/۶۷ abe	۹۳/۴abd	۴۶/۹fgo	۵	بذری	
۷۹۵/۰ lmo	۰/۷۳۴ jkm	۲۸۸/۷ abg	۱۰۸۳/۶۷ mno	۶۲/۷k	۶۷/۸abcd	۱۰		
۶۱۶/۷ q	۰/۶۶۷ q	۳۰۸/۳ ab	۹۲۵/۰۰ r	۱۴۶/۱	ab۷۴/۸	۱۵		
۱۰۳۳/۰ abe	۰/۸۱۴ ab	۲۳۶/۰ r	۱۲۶۹/۰۰ abf	a۹۷/۶	mnq۴۰/۷	۳	GN-22	مارکونا
۱۰۲۹/۰ abf	۰/۸۱۲ abd	۲۳۹/۰ qr	۱۲۶۷/۰۰ abf	۹۷/۲a	۴۲/۰klq	۵		
۹۵۲/۷ fgh	۰/۷۸۵ deg	۲۶۱/۳ ijq	۱۲۱۴/۰۰ dei	۸۲/۷deg	۴۹/۵efk	۱۰		

رقم پایه	تنش خشکی (دور آبیاری) (روز)	نشت پونی %EL	محتوای آب نسبی % RWC	میانگین			عامل
				فلورسانس حداکثر Fm	فلورسانس حداقل Fo	فلورسانس متغیر به حداکثر Fv/Fm	
GF-677	۱۵	۵۴/۴efg	۶۳/۱k	۱۱۰۶/۰۰ kln	۲۹۲/۰ abf	۰/۷۳۶ ijm	دامنه فلورسانس Fv
	۳	۳۹/۴noq	۹۷/۲a	۱۲۹۰/۶۷ abc	۲۴۰/۳ qr	۰/۸۱۴ ab	
	۵	۴۱/۳lmq	۹۷/۹a	۱۲۸۳/۶۷ abd	۲۴۲/۷ qr	۰/۸۱۱ abd	
	۱۰	۴۷/۱fgn	۹۱/۷abe	۱۲۴۵/۰۰ abg	۲۵۲/۳ lmr	۰/۷۹۷ abe	
	۱۵	۵۰/۹efj	۸۴/۲bcg	۱۱۹۶/۳۳ fgj	۲۵۷/۳ jkr	۰/۷۸۵ cdg	
	۳	۴۲/۱klq	۹۶/۷a	۱۲۷۹/۶۷ abe	۲۴۵/۰ pqr	۰/۸۰۹ abd	
	۵	۴۳/۷jkq	۹۴/۰abd	۱۲۷۵/۰۰ abe	۲۴۷/۷ opr	۰/۸۰۶ abe	
	۱۰	۵۲/۷efi	۷۷/۰fgi	۱۱۷۷/۰۰ ghk	۲۸۲/۳ dei	۰/۷۶۰ ghj	
	۱۵	۵۶/۲e	۶۵/۳jk	۱۰۸۹/۳۳ mno	۲۹۹/۳ abd	۰/۷۲۵ lmn	
	۳	۳۸/۳pq	۹۵/۱ab	۱۳۱۰/۳۳ a	۲۴۱/۰ qr	۰/۸۱۶ ab	
GN-22	۵	۴۱/۹lmq	۹۳/۸abd	۱۳۰۷/۰۰ a	۲۴۹/۰ nor	۰/۸۰۹ abd	
	۱۰	۴۷/۱fgn	۸۳/۳cdg	۱۲۶۵/۶۷ abf	۲۵۸/۰ jkr	۰/۷۹۶ abe	
	۱۵	۵۳/۸efh	۷۰/۵ijk	۱۱۳۳/۶۷ jkm	۲۹۳/۰ abf	۰/۷۴۲ ijl	
	۳	۳۷/۴q	۹۷/۶a	۱۳۱۴/۳۳ a	۲۳۹/۳ qr	۰/۸۱۸ a	
GF-677	۵	۳۸/۹opq	۹۶/۷a	۱۳۰۹/۳۳ a	۲۴۲/۳ qr	۰/۸۱۵ ab	
	۱۰	۴۴/۲jkq	۹۲/۰abe	۱۲۸۹/۳۳ abd	۲۵۱/۰ mnr	۰/۸۰۵ abe	
	۱۵	۴۷/۳fgn	۸۶/۳abg	۱۲۴۴/۰۰ abg	۲۶۲/۳ hiq	۰/۷۸۹ bcf	
	۳	۴۱/۷klq	۹۶/۴a	۱۲۷۲/۰۰ abe	۲۴۱/۰ qr	۰/۸۱۱ abd	
	۵	۴۲/۷klq	۹۲/۴abe	۱۲۶۲/۳۳ abf	۲۵۶/۰ klr	۰/۷۹۷ abe	
	۱۰	۴۸/۹efl	۸۳/۶cdg	۱۱۶۸/۳۳ hil	۲۷۸/۰ dek	۰/۷۶۲ fgi	
بذری	۱۵	۵۴/۴ef	۷۵/۷ghj	۱۰۵۲/۳۳ nop	۳۰۱/۳ abd	۰/۷۱۴ mno	

حروف مشابه در هر ستون نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی دار بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن می‌باشد.

پارامترهای کلروفیل فلورسانس

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که اثرات متقابل سه گانه رقم × پایه × تنش خشکی (جدول ۱) برای پارامترهای کلروفیل فلورسانس (Fm، Fv/Fm، و Fv) در سطح احتمال ۱٪ و برای Fo در سطح ۵٪ معنی دار بود لذا با برش دهی اثرات متقابل سه گانه نتایج زیر به دست آمد.

کلروفیل فلورسانس حداکثر (Fm)

برش دهی اثرات متقابل رقم × پایه × تنش خشکی

(جدول ۵) در مورد کلروفیل فلورسانس حداکثر در در برگ ارقام بادام سازگار شده به شرایط تاریکی نشان داد که در تیمار تنش خشکی (دور آبیاری ۵ روز) ترکیبات مختلف پایه-پیوندک اختلاف معنی داری با شاهد نداشتند. در تیمار تنش خشکی (دور آبیاری ۱۰ روز) اختلاف معنی دار بین ارقام پیوند شده بر روی پایه‌های مختلف مشاهده گردید بطوریکه ارقام شکوفه و مارکونا به ترتیب بر روی پایه GF-677 بیشترین مقدار Fm را داشتند (۱۲۸۶/۳۳، ۱۲۴۵) و با شاهد اختلاف معنی داری نداشتند. سایر ارقام نیز بر روی

در شاهد به مقدار (۰/۸۱۸) و کمترین آن در ترکیب سه گانه رقم تگزاس، پایه بذری و تنش شدید (دور آبیاری ۱۵ روز) مشاهده شد. در تنش دور آبیاری ۱۰ روز ارقام شکوفه و مارکونا با تحمل مناسب خشکی توانستند کارایی کوانتومی PSII خود را حفظ نمایند و با شاهد اختلاف معنی داری نداشتند اما در این سطح از تنش و دور آبیاری ۱۵ روز همه ارقام بر روی همه پایه‌ها با شاهد اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۱٪ داشتند.

در مجموع ترکیب ارقام بر روی پایه GF-677 تنش خشکی را بهتر تحمل نمود و پایه GN-22 و بذری در مقام دوم و سوم بودند. مومن پور و همکاران، ۲۰۱۵ چنین نتایجی را در مورد تنش خشکی گزارش نمودند. تنش‌های مختلف از جمله خشکی با کاستن از مصرف شدن محصولات زنجیره انتقال الکترون (NADPH و ATP) موجب افزایش فردوکسین احیاء و رادیکال‌های آزاد و در نتیجه تخریب پروتئین‌های غشاء تیلاکوئید می‌شود که در نتیجه آن انتقال الکترون از جایگاه پذیرنده فتوسیستم II و حداکثر عملکرد فتوسیستم II کاهش و فلورسانس کلروفیل افزایش می‌یابد [۳۶].

کلروفیل فلورسانس متغیر (Fv)

نتایج مقایسه میانگین‌ها و برش دهی اثرات متقابل رقم × پایه × تنش خشکی (جدول ۵)، نشان داد که Fv همه ارقام مورد ارزیابی بر روی پایه‌های مختلف با افزایش سطوح تنش خشکی، کاهش یافت. همه ارقام بر روی پایه GF-677 کمترین کاهش را از نظر مقدار کلروفیل فلورسانس متغیر Fv نشان دادند به طوری که ارقام شکوفه و مارکونا بر روی پایه GF-677 در دور آبیاری ۱۰ روز اختلاف معنی داری با شاهد نداشتند.

پایه GF-677 به نسبت دو پایه دیگر کمتر دچار کاهش مقدار Fm شدند هرچند اختلاف آنها با شاهد معنی دار بود. در اعمال تنش خشکی شدید (دور آبیاری ۱۵ روز) ترکیب پایه GF-677 و پیوندک شکوفه برترین ترکیب بود و اختلاف معنی داری با شاهد نداشت پس با توجه به نتایج مربوط به پایداری غشاء سلولی می‌توان گفت که این ترکیب توانست با حفظ ساختار دیواره سلولی، اثرات مخرب تنش را تحمل نماید.

کلروفیل فلورسانس حداقل (Fo)

بر اساس نتایج برش دهی رقم × پایه × تنش خشکی (جدول ۵)، مقدار Fo در برگ سازگار شده به شرایط تاریکی با افزایش سطح تنش خشکی در همه ترکیب‌های پایه-پیوندک افزایش یافت. در همه ارقام مورد ارزیابی روند میزان افزایش Fo به ترتیب بر روی پایه GF-677 سپس GN-22 و بعد دانهال بود. بیشترین مقدار این افزایش در تنش شدید و در همه ارقام بر روی پایه بذری ایجاد شد. در این پارامتر نیز ارقام شکوفه و مارکونا بر روی پایه GF-677 کمترین افزایش را داشتند و بیشترین افزایش Fo مربوط به ترکیب رقم سوپرنوا روی پایه بذری بود.

کارایی کوانتومی فتوسیستم II (Fv/Fm)

نتایج برش دهی اثرات متقابل رقم، پایه و تنش خشکی (جدول ۵) نشان داد که مقدار کارایی کوانتومی PSII در همه ترکیب‌های پایه و پیوندک ارتباط غیر مستقیم با تنش خشکی داشت بطوریکه با افزایش سطح تنش خشکی (دور آبیاری) مقدار Fv/Fm کاهش یافت. بیشترین کارایی کوانتومی فتوسیستم II در رقم شکوفه بر روی پایه GF-677 و

- rooting and nutrient concentration of explants of peach rootstock GF677. *Scientia Horticulturae*. 106(2): 268-272.
- [4] Arnon D.I. 1949. Copper enzyme in isolated chloroplast polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. *Plant Physiology*. 24:1-15.
- [5] Baker N. R. Rosenqvist, E. 2004. Applications of chlorophyll fluorescence can improve crop production strategies: an examination of future possibilities. *Journal of Experimental Botany*. 55: 1607-1621.
- [6] Bartels D., Sunkar R. 2000. Drought and salt tolerance in plants. *Critical Reviews in Plant Sciences*. 24:23-58.
- [7] Barzegar K, Yadollahi A, Imani A. Ahmadi N. 2012. Influences of severe water stress on photosynthesis, water use efficiency and proline content of almond cultivars. *Journal of Applied Horticulture*. 14(1): 33-39.
- [8] Bolat I., Dikilitas M., İkinci A., Ercisli S., Tonkaz T. 2016. Morphological, physiological, biochemical characteristics and bud success responses of *myrobolan 29 c plum* rootstock subjected to water stress. *Canadian Journal of Plant Science*. 96(3): 485-493.
- [9] Bota J., Flexas J. Medrano H. 2001. Genetic variability of photosynthesis and water use in Balearic grapevine cultivars. *Annals of Applied Biology*. 138: 353-361.
- [10] El Gharbi A., Triki H., Dumont H. 1989. Influence du mode de plantation sur le taux de mortalité, la vigueur et le rendement de deux variétés damandier (Achaak et Ksontini) plantées en région aride. *Options Méditerranéennes, Series A*. 5: 61-67.
- [11] Felipe A.J. 2009. *Felinem, Garnem and Monegro Almond×Peach Hybrid Rootstocks*. *Hortscience* 44(1):196-197.
- [12] Ghassemi-Golezani K., Lotfi R. 2015. The impact of salicylic acid and silicon on chlorophyll a fluorescence in mung bean under salt stress. *Russian Journal of Plant Physiology*. 62: 611-616.
- [13] Gholami M., Rahemi M., Rastegar S. 2012. Use of rapid screening methods for detecting drought tolerant cultivars of fig (*Ficus carica* L.). *Scientia Horticulturae*. 143: 7-14.
- [14] Grant O.M., Johnson A.W., Davies M.J., James C.M., Simpson D.W. 2010. Physiological and morphological diversity تحت تنش شدید دور آبیاری ۱۵ روز کمترین و بیشترین مقدار Fv به ترتیب مربوط به ترکیب رقم تگزاس بر روی پایه بذری (۶۱۶/۶۷) و ترکیب رقم شکوفه بر روی پایه GF-677 (۹۸۱/۶۷) بود.
- در آزمایش حاضر از لحاظ پارامترهای کلروفیل فلورسانس به طور کلی تنش خشکی موجب کاهش معنی داری در کارایی انتقال الکترون در چرخه فتوسنتزی فتوسیستم II در ترکیب‌های پایه-پیوندک حساس‌تر شد. یعنی با افزایش Fo کاهش Fm موجب کاهش Fv شد و Fv/Fm در ارقام حساسی مانند سوپرنوا، K13-40 بر روی پایه‌های بذری و GN-22 از ۰/۸۲ به ۰/۶۷ شد. این در حالی بود که ترکیب‌های پایه-پیوندک مقاوم تر (ارقام شکوفه و مارکونا بر روی پایه GF-677) دارای Fm، Fv و Fv/Fm یا کارایی فتوسنتز بالاتری در PSII بودند که با نتایج [۳۷] منطبق است. بر اساس نتایج تحقیق حاضر، ترکیب پایه GF-677 و ارقام (شکوفه و مارکونا) به عنوان برترین ترکیب پایه-پیوندک برای مقابله با تنش خشکی (بصورت گلدانی) قابل توصیه هستند اما برای استفاده در شرایط باغی تحقیق بیشتر تحت آن شرایط ضروری است.

منابع

- [1] Akbarpour A., Imani A., Shahin F.Y. 2017. Physiological and morphological responses of almond cultivars under in vitro drought stress. *Journal of Nuts*. 8(1): 61-72.
- [2] Alizadeh A., Alizadeh V., Nassery L. Eivazi, A. 2011. Effect of drought stress on apple dwarf rootstocks. *Technical Journal of Engineering and Applied Sciences*, 1(3):86-94.
- [3] Antonopoulou C., Dimassi K., Therios I., Chatzissavvidis C., Tsirakoglou V. 2005. Inhibitory effects of riboflavin on in vitro

- of cultivated strawberry in response to water deficit. *ironmental and Experimental Botany*. 68: 264-272.
- [15] Griffiths M.E, Keith R.P., Orians C.M. 2006. Direct and indirect effects of salt spray and fire on coastal heath and plant physiology and community composition. *Rhodora*. 108:32-42.
- [16] Guerfel M., Baccouri O., Boujnah D., Chaibi W. Zarrouk M. 2009. Impacts of water stress on gas exchange, water relations, chlorophyll content and leaf structure in the two main Tunisian olive (*Olea europaea* L.) cultivars. *Scientia Horticulturae*, 119:257-263.
- [17] Isaakidis A., Sotiropoulos T., Almaliotis D., Therios I., Stylianidis D. 2004. Response to severe water stress of the almond *Prunus amygdalus*. 'Ferragnès' grafted on eight rootstocks. *New Zealand Journal Crop and Horticulture Sciences*. 32: 355–362.
- [18] Jangpromma N., Songsri P., Thammasirirak S., Jaisil P. 2010. Rapid assessment of chlorophyll content in sugarcane using a SPAD chlorophyll meter across different water stress conditions. *Asian Journal Plant Sciences*. a, 9: 368-374.
- [19] Jimenez S., Dridi J., Gutierrez D., Moret D., Irigoyen, J.J., Moreno M.A., Gogorcena Y. 2013. Physiological, biochemical and molecular responses in four *Prunus* rootstocks submitted to drought stress. *Tree Physiology*. 33: 1061-1075.
- [20] Ganji Arjenaki F., Jabbari R., Morshedi A. 2012. Evaluation of Drought Stress on Relative Water Content, Chlorophyll Content and Mineral Elements of Wheat (*Triticum aestivum* L.) Varieties. *International Journal of Agriculture and Crop Sciences*. 4(11)11: 726-729.
- [21] Karimi S., Yadollahi A., Arzani K., Imani A. Aghaalkhani M. 2015. Gas-exchange response of almond genotypes to water stress. *Photosynthetica*. 53(1): 29-34.
- [22] Khalid K.A., Silva J.A.T. da Cai W. 2010. Water deficit and polyethylene glycol 6000 affects morphological and biochemical characters of (*Pelargonium odoratissimum* L.). *Scientia Horticulturae*. 125(2): 159-166.
- [23] Khanizadeh S., DeEll J. 2002. Chlorophyll fluorescence: a new technique to screen for tolerance of strawberry flowers to spring frost. *Acta Horticulturae*. (ISHS), 567, 337-339.
- [24] Kirnak H., Kaya C., Tas I., Higgs D. 2001. The influence of water deficit on vegetative growth, physiology, fruit yield and quality in eggplants. *Bulgarian Journal of Plant Physiology*. 27(3-4): 34-46.
- [25] Lichtenthaler H.K. 1987. Chlorophylls and carotenoids: Pigments of photosynthetic biomembranes. *Methods in Enzymology*. 148:350-382.
- [26] Lutts S., Kinet J.M., Bouharmont J. 1995. Changes in plant response to NaCl during development of rice (*Oryza sativa* L.) varieties differing in salinity resistance. *Journal of Experimental Botany*. 46: 1843-1852.
- [27] Maxwell K., Johnson G.N. 2000. Chlorophyll fluorescence—a practical guide. *Journal of experimental botany*. 51(345), 659-668.
- [28] Medrano H., Escolana J.M., Bota J., Gulias J., Flexas J. 2002. Regulation of photosynthesis of 3C plants in response to progressive drought: stomatal conductance as a reference parameter. *Annual Botany*. 88: 895-905.
- [29] Medrano H., Magdalena T., Martorell S., Flexas J., Hernández E., Rosselló J., Pou A., Mariano J.E. Bota J. 2015. From leaf to whole-plant water use efficiency (WUE) in complex canopies: Limitations of leaf WUE as a selection target. *The Crop Journal*. 3: 220-228.
- [30] Mehta P., Jajoo A., Mathur S., Bharti S. 2010. Chlorophyll a fluorescence study revealing effects of high salt stress on Photosystem II in wheat leaves. *Plant Physiology and Biochemistry*. 48: 16-20.
- [31] Momenpour A., Imani A., Bakhshi D. 2015. Evaluation of salinity tolerance in some almond genotypes grafted on GF677 rootstock base on morphological characteristic and chlorophyll fluorescence. *Journal of Plant Process and Function Iran Society Of Plant Physiology*. 3(10): 9-28.
- [32] Mujdeci M., Senol H., Cakmakci T., Celikok P. 2011. The effects of different soil water matric suctions on stomatal

- resistance. Food Agriculture and Environment 9: 1027-1029.
- [33] Oner C., Gotz K.P., Ellmer F., Chmielewski F.M. Kaynak M.A. 2014. Determination of the relationship between water use efficiency, carbon isotope discrimination and proline in sunflower genotypes under drought stress. Australian journal of crop science. 8(2): 232-242.
- [34] Pedros R., Moya I., Goulas Y., Jacquemoud S. 2008. Chlorophyll fluorescence emission spectrum inside a leaf. Photochemical and Photobiological Sciences. 7: 498-502.
- [35] Peper F.I., Corcuera L.J., Alberdi M., Lusk C. 2007. Differential photosynthetic and survival responses to soil drought in two evergreen nothofagus species. Annals of forest Sciences. 64: 447-452.
- [36] Ranjbar-Fordoei A., Samson R., Van Damme P. 2006. Chlorophyll fluorescence performance of sweet almond (*Prunus dulcis* Mill.) D. Webb) in response to salinity stress. Photosynthetica. 44(4): 513-522.
- [37] Reyazul R.M., Mainassara Z.A., Sreenivasulu N., Richard T., Rajeev K.V. 2012. Integrated genomics, physiology and breeding approaches for improving drought tolerance in crops. Theor Appl Genet. 125:625-645.
- [38] Romero P., Botia P., Garcia F. 2004. Effects of regulated deficit irrigation under subsurface drip irrigation conditions on vegetative development and yield of mature almond trees. Plant and Soil. 260: 169-181.
- [39] Rostami Shahraji T., Hajimerzai A., Shabaian N. 2010. Physiological responses of Pistacia khinjuck (stocks) seedling to water stress. Indian Journal of Biology Technology. 1(2): 44-49.
- [40] Rouhi V., Samson R., Lemeur R. Van Damme, P. 2007. Photosynthetic gas exchange characteristics in three different almond species during drought stress and subsequent recovery. Environmental and Experimental Botany. 59:117-129.
- [41] Sairam R.K., Dharmar K., Chinnusamy V., Meena R.C. 2009. Water logging-induced increase in sugar mobilization, fermentation, and related gene expression in the roots of mug bean (*Vigna radiata*). Journal Plant Physiology. 6:602-616.
- [42] Sairam R.K., VeerabhadraRao K. Srivastava G.C. 2002. Differential response of wheat genotypes to long term salinity stress in relation to oxidative stress, antioxidant activity and osmolyte concentration. Plant Science. 163: 1037-1046.
- [43] Samandari Gikloo T., Elhami B. 2012. Physiological and morphological responses of two almond cultivars to drought stress and cycocel. International Research Journal of Applied and Basic Sciences. 3 (5): 1000-1004.
- [44] Schlemmer M.R, Francis D.D., Shanahan J.F., Schepers J.S. 2005. Remotely measuring chlorophyll content in corn leaves with differing nitrogen levels and relative water content. Agronomy Journal. vol. 97.
- [45] Shakeel A.A., Xiao-yu X., Long-chang W., Saleem M.F., Chen M., Wang L. 2011. Morphological, physiological and biochemical responses of plants to drought stress. African Journal of Agricultural Research. 6(9): 2026-2032.
- [46] Shokouhian A.A., Davarynejad GH., Tehranifar A., Rasoulzadeh A., Imani A. 2015. Evaluation the Effects of Water Stress and Effective. Microorganisms on Biochemical Properties of Almond Vegetative. Journal of Plant Research (IJOB). 28(3): 549-560.
- [47] Smirnoff N., 1993. The role of active oxygen in the response of plants to water deficit and desiccation. New Phytologist. 125:27-58.
- [48] Speth C., Jaspert N., Marcon C., Oecking C. 2010. Regulation of the plant plasma membrane H⁺-ATPase by its C-terminal domain: what we know for sure? European Journal of Cell Biology. 89: 145-151.
- [49] Stevens J., Senaratna T., Sivasithamparam K. 2006. Salicylic acid induces salinity tolerance in tomato (*Lycopersicon esculentum* cv. Roma): associated changes in gas exchange, water relations and membrane stabilisation. Plant Growth Regulation. v.49: 77-83.
- [50] Taiz L., Zeiger E. 2006. Plant physiology, 4th edition. Sinauer Associates, Inc.,

- publishers Sunderland, Massachusetts. USA. 690 p.
- [51] Taiz L., Zeiger E. 2010. Plant physiology 5th Ed. Sunderl. Sinauer Assoc. Treeby, M.T., Henriod, R.E., Bevington, K.B., Milan D.J., and Story, R. (2007). Irrigation management and Rootstock effect on Navel orange fruit quality. Agriculture Water Management. 9:24-32.
- [52] Wang L. 2014. Physiological and molecular responses to drought stress in rubber tree. Plant Physiology and Biochemistry. 83: 243-249.
- [53] Yadollahi A., Arzani K., Ebadi A., Wirthensohn M., Karimi S. 2011. The response of different almond genotypes to moderate and severe water stress in order to screen for drought tolerance. Scientia Horticulturae. 129:403-413.
- [54] Zhang J., Jia W., Yang J., Ismail A.M. 2006. Role of ABA integrating plant responses to drought and salt stresses. Field Crop Research. 97:111-119.
- [55] Zokae Khosroshahi M.r., Esna-Ashari M., Ershadi A., Imani A. 2014. Morphological Changes in Response to Drought Stress in Cultivated and Wild Almond Species. International Journal of Horticultural Science Technology. 1(1): 79-92.
- [56] Zokae Khosroshahi K. 2013. Investigation of drought tolerance in five Iranian almond species based on the important morphological and physiological markers. Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Doctor of Philosophy in Horticulture Faculty of Agriculture Department of Horticultural Sciences of bu- Ali Sina University. 159 PP.