فصلنامه (علمی – پژوهشی)
زیست شناسی تکوینی
سال دهم، شماره ۳، تابستان ۱۳۹۷

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 ایواتلو[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 دریافت: ۹۶/۱۱/۱۳ تاریخ پذیرش: ۹۷/۰۴/۲۰

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 خشکی۳۲) 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 معنی‌دار بود.تنش خشکی از طریق افزایشFo 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 سوپرنوآ و شکوفه پیوند شده برروی 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

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

تابستان گرم و خشک موجب تغییرات و تنوع شدید دمایی و مخصوصا 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 [٥٤]. 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 ماکرومولکول-های 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. مثلا مطالعه کلروفیل فلورسانس یک شاخص فیزیولوژیک معتبر برای تشخیص تغییرات القاء شده در دستگاه فتوسنتز می‌باشد [٢٤]. در بسیاری از گونه‌های گیاهی نسبت فلورسانس متغییر بر فلورسانس حداکثر در حدود ۰/۸۳ است و مقادیر کمتر، نشانه تاثیر تنش بر گیاه است [۲۱، ٤۹]. 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]. ژنوتیب‌های دارای Fv/Fm بالاتر، در شرایط تنش شدید کارایی فتوسنتزی بالاتری دارند [١٦]. 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 [٤٦]. محتوای نسبی آب برگ تعیین کننده مهم فعالیت متابولیک و بقای برگ است [٣٤] پس ارقامی که در تنش خشکی بتوانند محتوای آب نسبی اندام‌های خود را در سطح بالاتری نگه‌دارند، می‌توانند به عنوان ارقام مقاوم‌تر معرفی گردند [٦]. 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 [٥٦]. گزارش شده است که تنش خشکی اثرات کاهشی متفاوتی بر محتوای نسبی آب برگ در ارقام مختلف بادام داشت بطوریکه مارکونا حساس اما سوپرنوآ 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 [١٤]. 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، ٥٦]، سیب [۲]، زیتون [١٦] گزارش شده است. خشکی سبب پیری زودرس گیاهان تایز و زایگر [٥٢]، شکسته شدن کلروپلاست‌ها و کاهش میزان کلروفیل می‌گردد [٥٤]. گزارش شده است که رقم بادام تونو به نسبت رقم پرنسس دارای میزان کلروفیل بیشتری

بود که اختلاف ارقام در این صفت را نشان می‌دهد [٥٤]. 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 [٧]. همچنین گزارش شده است که مقدار کلروفیل‌های a، b، ab یا کل و a/b در دانهال پسته تحت افزایش دور آبیاری کاهش یافت [٤٠].

اندازه‌گیری نشت الکترولیت هم روش مناسبی جهت برآورد سلامت غشاء پس از تنش‌های محیطی از قبیل خشکی است [٢٩]. افزایش نشت الکترولیت (EL) نشانه افزایش نفوذپذیری غشاء سلول است لذا تحمل تنش همراه با حفظ یکپارچگی غشاء سلولی است [٨]. 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 ٤٣ درصد افزایش یافت [٢٢] و در گیاهان میروبالان C ٢٩، از ٣٢/١٦ در شاهد به ٥٠/٨٨ درصد در گیاهان تحت تیمار تنش خشکی افزایش یافت [٨]. نتایج مشابهی در پایه انجیر نیز گزارش شده است [٦].

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 انجام‌شد 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.

مواد و روش‌ها

زمان، مکان، نوع طرح و مواد آزمایشی

این تحقیق در سال زراعی ٩٥-١٣٩٤ در پژوهشکده میوه‌های معتدله و سردسیری کرج با طول جغرافیایی ٥١ درجه شرقی، عرض جغرافیایی ٣٥ درجه و ٤٨ دقیقه شمالی، ارتفاع از سطح دریا١٣٢٠ متر، میانگین دمای سالیانه ١٣/٧ درجه سانتی‌گراد، متوسط بارندگی ٢٥٤/٥ میلی‌متر در سال به صورت فاکتوریل ٥ × ٣ × ٤ 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 دانهال‌های یک ساله بادام تلخ شماره ٣٢ و نهال‌های کشت بافتی هیبریدهای بادام × 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 ٣ روز (شاهد)، ٥، ١٠ و ١٥ روز بودند. پایه‌ها در اسفند ماه ١٣٩٤ پس از ضد عفونی ریشه با قارچ کش بنومیل به نسبت دو در هزار در گلدان‌های ٢٠ کیلوگرمی و در خاکی با بافت لومی (٤٦ درصد شن + ٣٤ درصد سیلت + ٢٠ درصد رس) کشت شدند. سپس در اواخر خرداد ماه سال ١٣٩٥ ارقام مورد مطالعه با استفاده از پیوند جوانه چوب[1] در ارتفاع ١٥ سانتیمتری از سطح خاک گلدان روی پایه‌ها پیوند شدند و پس از رشدِ کافیِ پیوندک‌ها، در شهریور ماه ١٣٩٥ اعمال تیمارهای خشکی به مدت ١٥ روز ادامه یافت در این مدت نهال‌های شاهد هر ٣ روز یک بار آبیاری شدند.

پارامترهای کلروفیل فروسانس

اندازه‌گیری پارامترهای مربوط به کلروفیل

[1] Chip buding

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 کلیپس‌های 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 کلیپس 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 وFO و نسبت Fv/Fm نیز محاسبه شد (١٤).

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 ٦٠٠٠ 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 ٦٦٣، ٦٤٥ و ٤٧٠ نانومتر برای کلروفیل a، b و کاروتنوییدها اندازه‌گیری شد سپس طبق روابط ۱، ۲ و ۳ مقدار کلروفیل a، b ، کل و نسبت کلروفیل a/b نیز از تقسم آنها محاسبه شد [۳]. همچنین مقدار کاروتنوییدها بر اساس رابطه ٤ محاسبه گردید [٢٦].

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

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

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

$$\text{Carotenoides} = 100(A470) - 3.27(mg\ chl.a) - 104(mg\ chl.b)/227(mg/g) \quad (٤)$$

در روابط فوق، V: حجم محلول صاف شده. A: جذب نور در طول موج‌های ٦٦٣، ٦٤٥ و ٤٧٠ 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 ٢٤ ساعت نگهدار در یخچال و دمای ٤ 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 ٤٨ ساعت درون پاکت‌های کاغذی در آون و در دمای۷۰ درجه سانتی‌گراد کاملاً خشک و دوباره وزن گردید (وزن خشک). در نهایت درصد محتوای آب نسبی (RWC) با استفاده از رابطه ۵ محاسبه شد [٤١].

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

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

نشت الکترولیت

جهت تعیین میزان نشت الکترولیت (EL)، ۰/۵گرم برگ از هر رقم و ژنوتیپ جداگانه وزن و در داخل ویال‌های شیشه‌ای ریخته شد و ۲۵ میلی لیتر آب مقطر به هرکدام اضافه گردید. نمونه‌ها پس از ۲٤ ساعت قرار گرفتن در شیکر با دمای ۲٤ 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 ٦ محاسبه شد [۲۷].

$$EL = (LT/LO) \times 100 \qquad (٦)$$

تجزیه

داده‌های حاصل از اندازه گیری‌های مختلف وارد نرم افزار Excel شده و سپس با استفاده از نرم‌افزار SAS (نسخه ۹/٤)، 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 همچنین 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.

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

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی (df)	میانگین مربعات					
		کلروفیل a mg/gFW	کلروفیل b mg/gFW	کاروتنوئیدها mg/gFW	کلروفیل کل mg/gFW	کلروفیل a/b mg/gFW	نشت الکترولیت ٪EL
بلوک (تکرار)	۲	۰/۰۵۹	۰/۰۱۳	۰/۰۰۱	۰/۰۵	۰/۱۲	۳/٦
رقم	٤	۰/۰۲٦**	۰/۰۷۳**	۰/۰۰٦**	۰/۱۷٤**	۰/۱۰۱**	۳۵۹۸/۰**
پایه	۲	۰/٦۳۵**	۰/٦۳۳**	۰/۰۵۷**	۲/۵۳٤**	۰/۱۱۲**	۱۲۰۰/۳**
تنش خشکی	۳	۲/۱۸۲**	۲/۰۹۳**	۰/۲۰٤**	۸/۵٤۸**	۰/۳۳۲**	۳۸۲٤/۳**
رقم× پایه	۸	/۰۰۲ ns	۰/۰۱٤*	۰/۰۰۱ ns	۰/۰۲۱ ns	۰/۰۳٤*	٤٦۹/**
رقم× تنش خشکی	۱۲	۰/۰۱٦*	۰/۰۲٦**	۰/۰۰۱*	۰/۰۸۲**	۰/۰۲۳ ns	۹۰/٦**
پایه× تنش خشکی	٦	۰/۲۲۰**	۰/۱٦۰**	۰/۰۱۸**	۰/۷۱۹**	۰/۰۳۵*	۹۸/۱**
رقم ×پایه× تنش خشکی	۲٤	۰/۰۰۵ ns	۰/۰۰٤ ns	۰/۰۰۱ ns	۰/۰۱٤ ns	۰/ ۰۱۰ ns	۲۸/۲**
خطا	۱۱۸	۰/۰۰۷	۰/۰۰٦	۰/۰۰۱	۰/۰۱۹	۰/۰۱۳	۵/٦۰۹
ضریب تغییرات CV (%)		٦/۵۹۸	۷/۵۳۸	۷/۵۵۷	۵/۹۹۹	۸/۷٦٤	٤/۷۳۵

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

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

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی (df)	محتوای آب نسبی ٪RWC	دامنه فلورسانس Fv	فلورسانس متغیر به حداکثر Fv/Fm	فلورسانس حداقل Fo	فلورسانس حداکثر Fm
				میانگین مربعات		
بلوک (تکرار)	۲	۲/۰۳	٦۳۷/۳۲	۰/۰۰۰۱	۸۸/۹٤	۱۰۲۱/٤۱**
رقم	٤	۷۳٤/۷۳**	۵۳۹۹۷/۰۵**	۰/۰۰٤۸**	۷۸٤/۰۲**	٤٦۰۱۷/۹۳**
پایه	۲	۲٤۷۵/٦۳**	۱۵۲٤۰٦/٦۷**	۰/۰۱٦۹*	٤۱۹۱/٦۱**	۱۰۷۵۳٦/٦۱**
تنش خشکی	۳	۱۱۱۰٤/۵۷**	۷٤۳۹۹۱/۲۹**	۰/۰۷٤۸**	۲۰۵۵۱/٤۰**	۵۱۷٦۲۳/۰٦**
رقم× پایه	۸	٦۷/۳۳**	٤٤٤۵/٦۵**	۰/۰۰۰۳**	٤٤/۲۲ns	٤٤۰۵/۹۵**
رقم× تنش خشکی	۱۲	۲٤٦/۵۲**	۱۲۸٤٤/۱۷**	۰/۰۰۱۱**	۱۵۲/۲۵**	۱۱۵۹۲/۰۹**
پایه× تنش خشکی	٦	٦٦۷/۳۹**	/٤۱۷٦/۲۰**	۰/۰۰۵۳**	۱۳۲۲/٦۹**	۲۸۵۷۷/۹۳**
رقم × پایه× تنش خشکی	۲٤	۲۵/٤۷**	۱٤٦۰/۷۱**	۰/۰۰۰۲**	۷۵/۰٦*	۱۲۹۳/۵۷**
خطا	۱۱۸	۱۱/۱۵۷	۵۰۵/٤۰۱	۰/۰۰۰۱	٤٦/۳۵۷	٤٦۵/۷۵
ضریب تغییرات CV (%)		٤/۰۲۹	۲/٤۰۵	۱/۰۷۹	۲/۵۹۲	۱/۸۰۲

ns: عدم معنی‌دار. *: 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

عامل		میانگین	
رقم	پایه	کلروفیل b mg/gFW	کلروفیل a/b mg/gFW
K13-40	GN-22	۰/۹۰۸ fg	۱/۳۹ ab
	GF-677	۱/۱۱۱ ac	۱/۲۷ b
	بذری	۰/۹۰۳ fg	۱/۳۵ ab
سوپرنوآ	GN-22	۰/۹۲۹ eg	۱/۳۵ ab
	GF-677	۱/۰۹۷ ac	۱/۲٦ b
	بذری	۰/۹۰۰ fg	۱/۳٤ ab
تگزاس	GN-22	۰/۸۵۰ g	۱/۵۰ a
	GF-677	۱/۰۵۱ abd	۱/۳۵ ab
	بذری	۰/۸۹۵ fg	۱/۳٦ ab
مارکونا	GN-22	۱/۰۳۰ bce	۱/۲۲ b
	GF-677	۱/۱۵۰ a	۱/۲۳ b
	بذری	۰/۹۰۷ fg	۱/۳۷ ab
شکوفه	GN-22	۱/۰۲۳ ce	۱/۲۹ b
	GF-677	۱/۱۳۱ ab	۱/۲۵ b
	بذری	۰/۹۷٤ def	۱/۳۰ b

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

برش‌دهی اثرات متقابل رقم × تنش خشکی (جدول ٤) نشان داد که با افزایش سطح تنش خشکی مقدار کلروفیل b در همه ارقام ارزیابی شده، کاهش یافت. در دور آبیاری ۱۵ روز ارقام مارکونا و شکوفه دارای بیشترین (۰/۷۸۹ و۰/۷۸۸) و رقم تگزاس کمترین (۰/٦۱۷) مقدار کلروفیل b بودند و به ترتیب

مقاوم‌ترین و حساس‌ترین 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 معنی‌داری با دیگر پایه‌ها نبود. در تحقیق حاضر احتمالاً تنش خشکی از طرفی موجب تخریب کلروفیل (حیدری شریف‌آباد، ۱۳۷۹) و از طرف دیگر به دلیل تبدیل پیش‌ماده تولید کلروفیل به موادی مانند پرولین (خالید و همکاران، ۲۰۱۰) موجب کاهش کلروفیل b در ارقام و پایه‌های حساس شد. این نتایج با نتایج محققانی مانند [۳۷، ٥٦] و [۲] که گزارش دادند تنش خشکی موجب کاهش کلروفیل b در بادام و سیب شد، مطابقت دارد.

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

عامل		میانگین				
پایه	تنش خشکی (روز)	کلروفیل b mg/gFW	کلروفیل a mg/gFW	کاروتنوئید mg/gFW	کلروفیل کل mg/gFW	کلروفیل a/b mg/gFW
GN-22	۳	۱/۱۷ ab	۱/٤۷ a	۰/٤۲۰ a	۲/٦٤ ab	۱/۲٦ d
	۵	۱/۱۵ ab	۱/٤۵ a	۰/٤۰۹ a	۲/٦۰ ab	۱/۲٦ cd
	۱۰	۰/۸۵ d	۱/۱۷ bc	۰/۳۲۷ c	۲/۰۲ d	۱/٤۱ abc
	۱۵	۰/٦۲ e	۰/۹۰ d	۰/۲۳۰ d	۱/۵۲ e	۱/٤۷ ab
GF-677	۳	۱/۱۹ a	۱/٤۷ a	۰/٤۱۹ a	۲/٦۵ a	۱/۲٤ d
	۵	۱/۱۸ a	۱/٤٦ a	۰/٤۱۸ a	۲/٦٤ ab	۱/۲٤ d
	۱۰	۱/۰۸ b	۱/۳۹ a	۰/۳۹٦ a	۲/٤۷ b	۱/۲۹ cd
	۱۵	۰/۹۸ c	۱/۲۷ b	۰/۳٦۱ b	۲/۲۵ c	۱/۳۱ cd
بذری	۳	۱/۱٦ ab	۱/٤٦ a	۰/٤۱۷ a	۲/٦۲ ab	۱/۲٦ cd
	۵	۱/۱۳ ab	۱/٤۳ a	۰/٤۰۱ a	۲/۵٦ ab	۱/۲۷ cd
	۱۰	۰/۸۲ d	۱/۰۸ c	۰/۳۳۱ bc	۱/۹۰ d	۱/۳۳ bcd
	۱۵	۰/۵۵ e	۰/۸۳ d	۰/۲۲٦ d	۱/۳۸ e	۱/۵۱ a

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

کلروفیل a

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها (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 معنی‌دار بود. برش‌دهی اثرات متقابل رقم × تنش خشکی (جدول ٤) نشان داد که با افزایش سطح تنش خشکی مقدار کلروفیل a در همه ارقام ارزیابی شده، کاهش یافت هرچند که در تنش ملایم با درو آبیاری ۵ روز اختلاف معنی‌داری با شاهد مشاهده نشد.

اما در دور آبیاری ۱۰ و ۱۵ روز اختلاف معنی‌داری 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 مقاوم‌ترین و حساس‌ترین ارقام بودند. بر اساس مقایسه میانگین‌های اثرات متقابل پایه × تنش خشکی (جدول ۳) در تیمار دور آبیاری ۱۰ روز بجز پایه GF-677 سایر پایه‌ها دارای اختلاف معنی‌داری بنسبت به شاهد بودند اما کلروفیل a دور آبیاری ۱۵ روز در همه پایه‌ها دارای کاهش معنی‌داری نسبت به شاهد بود. این نتایج با نتایج [۳۷، ٥٦ و ۲]، که گزارش دادند

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

جدول ٤- برش‌دهی اثرات متقابل رقم × تنش خشکی بر خصوصیات فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی بادام روی پایه های مختلف

عامل		میانگین			
رقم	تنش خشکی (روز)	کلروفیل a mg/gFW	کلروفیل b mg/gFW	کاروتنوئید mg/gFW	کلروفیل کل mg/gFW
K13-40	۳	ab۱/٤۷	a۱/۱٦	a۰/٤۲۱	a۲/٦۲
	۵	ab۱/٤٦	a۱/۱۵	ab۰/٤۱۷	a۲/٦۱
	۱۰	cdf۱/۱۹	cd۰/۸۹	cde۰/۳۵۳	de۲/۰۷
	۱۵	g۰/۹۹	ef۰/۷۰	g۰/۲٦۱	gh۱/٦۹
سوپرنوآ	۳	ab۱/٤۵	a۱/۱۸	ab۰/٤۱۹	a۲/٦۲
	۵	ab۱/٤٤	a۱/۱٦	ab۰/٤۰۲	ab۲/٦۰
	۱۰	def۱/۱٦	cd۰/۸۷	df۰/۳۳۲	def۲/۰٤
	۱۵	g۰/۹۸	ef۰/٦۹	g۰/۲٦٤	gh۱/٦۷
تگزاس	۳	a۱/٤۹	a۱/۱۸	ab۰/٤۱۳	a۲/٦۷
	۵	ab۱/٤٦	a۱/۱۵	ab۰/٤۰٦	a۲/٦۲
	۱۰	def۱/۱٤	de۰/۷۸	ef۰/۳۱۸	ef۱/۹۲
	۱۵	g۰/۹٤	f۰/٦۲	g۰/۲۵۲	h۱/۵٦
مارکونا	۳	ab۱/٤٦	a۱/۱۸	a۰/٤۲۷	a۲/٦۷
	۵	ab۱/٤۲	a۱/۱۵	ab۰/٤۱٦	ab۲/۵۷
	۱۰	cd۱/۲۵	bc۱/۰۰	ac۰/۳۸۰	cd۲/۲۵
	۱۵	fg۱/۰۲	de۰/۷۹	fg۰/۲۹۹	fg۱/۸۱
شکوفه	۳	ab۱/٤٦	a۱/۱۷	ab۰/٤۱٤	a۲/٦۳
	۵	ab۱/٤٤	a۱/۱٦	ab۰/٤۰٦	ab۲/٦۰
	۱۰	bc۱/۳۲	ab۱/۰۵	bd۰/۳۷۳	bc۱/۳۷
	۱۵	efg۱/۰۷	de۰/۷۹	fg۰/۲۸٦	efg۱/۸٦

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

کلروفیل کل (b+a)

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 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 ٤). بر این اساس در درو آبیاری پنج روز اختلاف معنی‌داری با شاهد مشاهده نشد اما در دور آبیاری ۱۰ و ۱۵ روز همه ارقام با شاهد اختلاف

معنی‌داری داشتند. برش‌دهی 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: GF-677 > GN-22 > بذری. ترتیب حساسیت ارقام نسبت به افزایش سطح تنش خشکی در ارتباط با پایداری کلروفیل کل نیز عبارت بود از: تگزاس> سوپرنوآ > 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 می‌باشد و تشکیل پلاستیدهای جدید، کلروفیل‌های a، b و کاروتنوئید در آن‌ها کاهش می‌یابد. همچنین با تایج [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 می‌یابد، 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 معنی‌دار بود. بر اساس نتایج حاصل از برش‌دهی 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. برش‌دهی اثرات متقابل پایه × تنش خشکی (جدول ۳) نشان داد که بیشترین مقدار نسبت کلروفیل‌های a/b در پایه بذری بادام تلخ شماره ۳۲ و در دور آبیاری ۱۵ روز ۱/۵۱۱ و کمترین آن در پایه GF-677 و دور آبیاری پنج روز ۱/۲۳۵میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ بود.

گزارش شده‌است 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 [۵٦]، سیب [۲]، زیتون [۱٦] و پسته [٤۰] کاهش یافت که با نتایج تحقیق حاضر مطابقت دارند. مشخص شده است که کلروفیل و پرولین از پیش ماده مشترک (گلوتامات) ساخته می‌شوند. کاهش محتوای رنگیزه‌ها، چه در اثر کاهش سرعت سنتز و چه در نتیجه تجزیه سریع‌تر آنها یکی از علائم آشکار تنش اکسیداتیو القاء شده توسط تنش خشکی می‌باشد [٤۸]. در شرایط خشکی میزان پرولین برگ افزایش می‌یابد که شاید یکی از دلایل کاهش میزان کلروفیل افزایش سنتز پرولین باشد [۲۳]. گزارش شده است که رقم سوپرنوآ مقاوم اما مارکونا حساس به تنش خشکی بود [۷]، که با نتایج تحقیق حاضر منطبق نیست.

کاروتنوییدها

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 معنی‌دار بود. بر اساس نتایج حاصل از برش‌دهی اثرات متقابل رقم × تنش خشکی (جدول ٤)، در تیمار دور آبیاری پنج روز مقدار کاروتنوئیدها در همه ارقام مورد ارزیابی اندکی یافت که با شاهد تفاوت معنی‌داری نداشت. اما در تیمار دور

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 × 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 انژی 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 کاروتنویید 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 ختلف (a، b، (a+b) را کاهش‌داد بطوریکه مقدار کلروفیل a، b، کل (a+b) و کاروتنوییدها در اثر افزایش سطح تنش خشکی کاهش و نسبت کلروفیل‌های a/b افزایش یافت. همچنین اثرات متقابل پایه × رقم × 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 × 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 سوپرنوآ 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 سوپرنوآ را متحمل گزارش نمودند مطابقت نداشت اما از نظر مقاومت بیشتر پایه GF-677 نسبت به تنش خشکی مشابه بود. کاروتنوییدها 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 × پایه × تنش خشکی در ارتباط با صفت نشت الکترولیت در سطح احتمال یک درصد

معنی‌دار بود. بر اساس برش‌دهی اثرات متقابل سه گانه فاکتورها (جدول ۵)، در ترکیب ارقام مختلف روی پایه‌های مختلف، کمترین نشت الکترولیت در دور آبیاری سه روز (شاهد) مشاهده شد. با افزایش دور آبیاری مقدار نشت الکترولیت افزایش یافت بطوریکه اختلاف معنی‌داری بین پایه-پیوندک‌های مختلف با یکدیگر و با شاهد مشاهده شد. بیشترین مقدار نشت الکترولیت در ترکیب رقم K13-40 × پایه بذری × 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 کم‌ترین 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 گزارش‌های متعدد با افزایش سطح تنش خشکی نشت الکترولیت در ارقام، گونه‌ها و پایه‌های مختلف مانند انجیر [۱۳]، پایه‌های مختلف سیب [۵۳]، پایه میروبالان C ۲۹ [۸] و در ارقام و ژنوتیپ‌های مختلف بادام [۱، ۲۰ و ۲۲] افزایش یافت که با نتایج تحقیق حاضر منطبق است.

محتوای نسبی آب برگ

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۱) برای صفت محتوای نسبی آب برگ نشان داد که اثرات ساده و منقابل دوگانه و سه گانه فاکتورها در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. بر اساس نتایج برش‌دهی اثرات متقابل رقم × پایه × تنش خشکی (جدول ۵)، بیشترین محتوای نسبی آب برگ در همه ترکیب‌های پایه-پیوندک در گیاهان شاهد مشاهده شد و در تیمار دور آبیاری پنج روز کاهش یافت اما اختلاف معنی‌داری با شاهد نداشت. در دور آبیاری ۱۰ روز همه ترکیب‌های پایه-پیوندک بجز شکوفه--GF 677 از لحاظ محتوای نسبی آب برگ دارای اختلاف معنی‌داری با شاهد بودند و در ترکیب رقم شکوفه – GF-677، ۵/۵۶ درصد اما در ترکیب رقم K13-40-بذری ٦٦ درصد کاهش یافت که به ترتیب مقاوم ترین و حساس‌ترین ترکیب پایه- پیوندک نسبت به تنش خشکی بودند. تفاوت ژنتیکی بین ارقام بادام تاثیر مستقیمی بر مقاومت آنها در طی تش خشکی دارد. در مطالعه‌ای برروی بادام مشخص شد که ارقام مورد مطالعه تفاوت قابل توجهی در توانایی حفظ سطح آب خود طی تنش شدید دارند بطوریکه رقم سوپرنوا بالاترین و رقم تونو پایین‌ترین مقدار محتوای آب برگ را دارا بودند [۱]. گزارشاتی دیگر در درختان کائوچو[۵۳].، پایه میروبالان ۲۹C [۸].، پایه سیتروس [۱۹].و هیبرید هلو × بادام GF-677 [٥٦]. گزارش شده است . که منطبق با نتایج تحقیق حاضر است.

جدول ۵- برش‌دهی اثرات متقابل رقم × پایه × تنش خشکی بر خصوصیات فیزیولوژیکی مورد ارزیابی در بادام

عامل			میانگین					
رقم	پایه	تنش خشکی(دورآبیاری) (روز)	نشت پونی %EL	محتوای آب نسبی % RWC	فلورسانس حداکثر Fm	فلورسانس حداقل Fo	فلورسانس متغیر به حداکثر Fv/Fm	دامنه فلورسانس Fv
K13-40	GN-22	۳	ijq٤٤/٦	a٩٧/٠	١٢٩٨/٦٧ a	٢٤٥/٠ lmr	٠/٨٠٤ abe	١٠٤٤/٧ abd
		۵	٤٥/٩hip	٩٦/٣ a	١٢٩٢/٦٧ abc	٢٥٧/٣ jkr	٠/٨٠١ abe	١٠٣٥/٣ abe
		۱۰	٥٤/٧ef	٦٤/٧jk	١١٠٥/٦٧ kln	٢٧٥/٧ efl	٠/٧٥١ ijl	٨٣٠/٠ jkn

عامل			میانگین					
رقم	پایه	تنش خشکی(دورآبیاری) (روز)	نشت پونی %EL	محتوای آب نسبی % RWC	فلورسانس حداکثر Fm	فلورسانس حداقل Fo	فلورسانس متغیر به حداکثر Fv/Fm	دامنه فلورسانس Fv
		۱۵	٦٩/٥bcd	٤٨/٨l	٩٨١/٣٣ pqr	٢٩٦/٣ abe	٠/٦٩٨ nop	٦٨٥/٠ pg
		۳	٤١/٢lmq	٩٧/٤a	١٢٩٧/٦٧ ab	٢٥٧/٧ jkr	٠/٨٠١ abe	١٠٤٠/٠ abe
	GF-677	۵	٤١/٣lmq	٩٧/٣a	١٣٠٤/٠٠ a	٢٥٤/٣ lmr	٠/٨٠٥ abe	١٠٤٩/٧ abd
		۱۰	٤٣/٦jkq	٨٨/٣abf	١٢٢٣/٦٧ bch	٢٤٧/٧ opr	٠/٧٩٨ abe	٩٦٧/٠ deg
		۱۵	٥٣/٣efh	٧٨/٨fgi	١١٣٥/٠٠ jkm	٢٨٥/٠ bch	٠/٧٤٩ ijl	٨٥٠/٠ jkm
		۳	٤٥/٠ijq	٩٥/٨a	١٢٩٧/٣٣ ab	٢٥٣/٣ lmr	٠/٨٠٥ abe	١٠٤٤/٠ abd
		۵	٤٦/٣ghp	٩١/١abe	١٢٩٠/٣٣ abc	٢٥٥/٠ klr	٠/٨٠٢ abe	١٠٣٥/٣ abe
	بذری	۱۰	٦٥/٢d	٦٤/٣k	١٠٩٦/٠٠ lmo	٢٨٦/٠ abg	٠/٧٣٩ ijm	٨١٠/٠ lmo
		۱۵	٧٩/٥a	٤٤/٠l	٩٣٨/٣٣ r	٣٠٦/٣ abc	٠/٦٧٤ pq	٦٣٢/٠ q
		۳	٤٣/٢jkq	٩٦/٤a	١٢٦٨/٦٧ abf	٢٣٩/٠ qr	٠/٨١٢ abd	١٠٢٩/٧ abf
		۵	٤٦/٩fgo	٩٣/٠abe	١٢٦٧/٠٠ abf	٢٤٣/٣ qr	٠/٨٠٨ abd	١٠٢٣/٧ abf
	GN-22	۱۰	٥٢/٥efi	٦٣/٠k	١٠٢٦/٣٣ opq	٢٧٢/٣ fgn	٠/٧٣٥ ijm	٧٥٤/٠ nop
		۱۵	٧٣/٧abc	٤٧/٩l	٩٤٨/٦٧ r	٢٩٤/٣ abf	٠/٦٩٠ opq	٦٥٤/٣ q
		۳	٤٣/٠jkq	٩٦/٧a	١٢٧٩/٠٠ abe	٢٤٠/٣ qr	٠/٨١٢ abd	١٠٣٨/٧ abe
		۵	٤٣/٥jkq	٩٥/٠ab	١٢٧١/٠٠ abe	٢٤٥/٧ pqr	٠/٨٠٧ abe	١٠٢٥/٣ abf
سوپرنوآ	GF-677	۱۰	٤٨/٧efm	٨٢/٠efh	١٢١٨/٦٧ cdh	٢٥٤/٧ klr	٠/٧٩١ abe	٩٦٤/٠ efh
		۱۵	٥٦/٦e	٧١/٣hik	١١٤٠/٦٧ ijm	٢٧١/٠ fgo	٠/٧٦٢ fgi	٨٦٩/٧ ijl
		۳	٤٣/١jkq	٩٦/٧a	١٢٧٦/٣٣ abe	٢٣٩/٠ qr	٠/٨١٣ abc	١٠٣٧/٣ abe
		۵	٤٤/٠jkq	٩٤/٣abc	١٢٦٨/٠٠ abf	٢٤٠/٣ qr	٠/٨١٠ abd	١٠٢٧/٧ abf
	بذری	۱۰	٦٦/١cd	٦٣/٣k	١٠٦٦/٦٧ mno	٢٨٣/٧ cdi	٠/٧٣٤ jkm	٧٨٣/٠ mno
		۱۵	٧٢/٣abd	٥٠/٥l	٩٦١/٦٧ qr	٣٠٩/٣ a	٠/٦٧٨ pq	٦٥٢/٣ q
		۳	٤٣/٧jkq	٩٦/٦a	١٢٧٤/٦٧ abe	٢٤٠/٠ qr	٠/٨١٢ abd	١٠٣٤/٧ abe
		۵	٤٥/٠ijq	٩٤/٤abc	١٢٦٦/٣٣ abf	٢٤٦/٧ pqr	٠/٨٠٥ abe	١٠١٩/٧ abf
	GN-22	۱۰	٦٤/٩d	٦٢/٣k	١٠٤٥/٣٣ nop	٢٨٠/٧ dej	٠/٧٣٢ klm	٧٦٤/٧ no
		۱۵	٧٢/٢abd	٤٤/٥l	٩٤٢/٦٧ r	٢٩٩/٣ abd	٠/٦٨٢ pq	٦٤٣/٣ q
		۳	٤١/٤lmq	٩٦/٥a	١٢٧٤/٣٣ abe	٢٤٤/٧ pqr	٠/٨٠٨ abd	١٠٢٩/٧ abf
		۵	٤١/٧klq	٩٦/١a	١٢٧٢/٠٠ abe	٢٥٠/٠ nor	٠/٨٠٣ abe	١٠٢٢/٠ abf
نگراس	GF-677	۱۰	٤٦/١hip	٨٧/٣abf	١٢٠٧/٣٣ efj	٢٦٧/٠ ghp	٠/٧٧٩ efh	٩٤٠/٣ ghi
		۱۵	٥٤/٧ef	٧٧/٦fgi	١١١٩/٣٣ kln	٢٧٣/٧ efm	٠/٧٥٦ hik	٨٤٥/٧ jkm
		۳	٤٢/٧klq	٥٦/٠a	١٢٧٦/٣٣ abe	٢٤٣/٠ qr	٠/٨١٠ abd	١٠٣٣/٣ abe
		۵	٤٦/٩fgo	٩٣/٤abd	١٢٧٦/٦٧ abe	٢٤٩/٠ nor	٠/٨٠٥ abe	١٠٢٧/٧ abf
	بذری	۱۰	٦٧/٨bcd	٦٢/٧k	١٠٨٣/٦٧ mno	٢٨٨/٧ abg	٠/٧٣٤ jkm	٧٩٥/٠ lmo
		۱۵	ab٧٤/٨	l٤٦/١	٩٢٥/٠٠ r	٣٠٨/٣ ab	٠/٦٦٧ q	٦١٦/٧ q
		۳	mnq٤٠/٧	a٩٧/٦	١٢٦٩/٠٠ abf	٢٣٦/٠ r	٠/٨١٤ ab	١٠٣٣/٠ abe
مارکونا	GN-22	۵	٤٢/٠klq	٩٧/٢a	١٢٦٧/٠٠ abf	٢٣٩/٠ qr	٠/٨١٢ abd	١٠٢٩/٠ abf
		۱۰	٤٩/٥efk	٨٢/٧deg	١٢١٤/٠٠ dei	٢٦١/٣ ijq	٠/٧٨٥ deg	٩٥٢/٧ fgh

عامل			میانگین					
رقم	پایه	تنش خشکی(دورآبیاری) (روز)	نشت پونی %EL	محتوای آب نسبی % RWC	فلورسانس حداکثر Fm	فلورسانس حداقل Fo	فلورسانس متغیر به حداکثر Fv/Fm	دامنه فلورسانس Fv
شکوفه	GF-677	۱۵	۵٤/٤efg	٦۳/۱k	۱۱۰٦/۰۰ kln	۲۹۲/۰ abf	۰/۷۳٦ ijm	۸۱٤/۰ klo
		۳	۳۹/٤noq	۹۷/۲a	۱۲۹۰/٦۷ abc	۲٤۰/۳ qr	۰/۸۱٤ ab	۱۰۵۰/۳ abd
		۵	٤۱/۳lmq	۹۷/۹a	۱۲۸۳/٦۷ abd	۲٤۲/۷ qr	۰/۸۱۱ abd	۱۰٤۱/۰ abe
		۱۰	٤۷/۱fgn	۹۱/۷abe	۱۲٤۵/۰۰ abg	۲۵۲/۳ lmr	۰/۷۹۷ abe	۹۹۲/۷ cdg
		۱۵	۵۰/۹efj	۸٤/۲bcg	۱۱۹٦/۳۳ fgj	۲۵۷/۳ jkr	۰/۷۸۵ cdg	۹۳۹/۰ hi
	بذری	۳	٤۲/۱klq	۹٦/۷a	۱۲۷۹/٦۷ abe	۲٤۵/۰ pqr	۰/۸۰۹ abd	۱۰۳٤/۷ abe
		۵	٤۳/۷jkq	۹٤/۰abd	۱۲۷۵/۰۰ abe	۲٤۷/۷ opr	۰/۸۰٦ abe	۱۰۲۷/۳ abf
		۱۰	۵۲/۷efi	۷۷/۰fgi	۱۱۷۷/۰۰ ghk	۲۸۲/۳ dei	۰/۷٦۰ ghj	۸۹٤/۷ hij
		۱۵	۵٦/۲e	٦۵/۳jk	۱۰۸۹/۳۳ mno	۲۹۹/۳ abd	۰/۷۲۵ lmn	۷۹۰/۰ mno
	GN-22	۳	۳۸/۳pq	۹۵/۱ab	۱۳۱۰/۳۳ a	۲٤۱/۰ qr	۰/۸۱٦ ab	۱۰٦۹/۳ ab
		۵	٤۱/۹lmq	۹۳/۸abd	۱۳۰۷/۰۰ a	۲٤۹/۰ nor	۰/۸۰۹ abd	۱۰۵۸/۰ abc
		۱۰	٤۷/۱fgn	۸۳/۳cdg	۱۲٦۵/٦۷ abf	۲۵۸/۰ jkr	۰/۷۹٦ abe	۱۰۰۷/۷ abg
		۱۵	۵۳/۸efh	۷۰/۵ijk	۱۱۳۳/٦۷ jkm	۲۹۳/۰ abf	۰/۷٤۲ ijl	۸٤۳/۷ jkm
	GF-677	۳	۳۷/٤q	۹۷/٦a	۱۳۱٤/۳۳ a	۲۳۹/۳ qr	۰/۸۱۸ a	۱۰۷۵/۰ a
		۵	۳۸/۹opq	۹٦/۷a	۱۳۰۹/۳۳ a	۲٤۲/۳ qr	۰/۸۱۵ ab	۱۰٦۷/۰ ab
		۱۰	٤٤/۲jkq	۹۲/۰abe	۱۲۸۹/۳۳ abd	۲۵۱/۰ mnr	۰/۸۰۵ abe	۱۰۳۳/۳ abe
		۱۵	٤۷/۳fgn	۸٦/۳abg	۱۲٤٤/۰۰ abg	۲٦۲/۳ hiq	۰/۷۸۹ bcf	۹۸۱/۷ cdg
	بذری	۳	٤۱/۷klq	۹٦/٤a	۱۲۷۲/۰۰ abe	۲٤۱/۰ qr	۰/۸۱۱ abd	۱۰۳۱/۰ abe
		۵	٤۲/۷klq	۹۲/٤abe	۱۲٦۲/۳۳ abf	۲۵٦/۰ klr	۰/۷۹۷ abe	۱۰۰٦/۳ abg
		۱۰	٤۸/۹efl	۸۳/٦cdg	۱۱٦۸/۳۳ hil	۲۷۸/۰ dek	۰/۷٦۲ fgi	۸۹۰/۳ hik
		۱۵	۵٤/٤ef	۷۵/۷ghj	۱۰۵۲/۳۳ nop	۳۰۱/۳ abd	۰/۷۱٤ mno	۷۵۱/۰ op

حروف مشابه در هر ستون نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار 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 (۱۲۸٦/۳۳، ۱۲٤۵) و با شاهد اختلاف معنی داری نداشتند. سایر ارقام نیز بر روی

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 کم ترین افزایش را داشتند و بیشترین افزایش Fo مربوط به ترکیب رقم سوپرنوآ 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 (درور آبیاری) مقدار Fv/Fm کاهش یافت. بیشترین کارایی کوانتومی فتوسیستم II در رقم شکوفه بر روی پایه GF-677 و 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، ۲۰۱۵چنین نتایجی را در مورد تنش خشکی گزارش نمودند. تنش‌های مختلف از جمله خشکی با کاستن از مصرف شدن محصولات زنجیره انتقال الکترون (NADPH وATP) موجب افزایش فردوکسین احیاء و رادیکال‌های آزاد و در نتیجه تخریب پروتیین‌های غشاء تیلاکویید می‌شود که در نتیجه آن انتقال الکترون از جایگاه پذیرنده فتوسیستم II و حداکثر عملکرد فتوسیستم II کاهش و فلورسانس کلروفیل افزایش می‌یابد [۳٦].

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.

تحت تنش شدید دور آبیاری ۱۵ روز کم‌ترین و بیشترین مقدار Fv به ترتیب مربوط به ترکب رقم تگزاس بر روی پایه بذری (٦١٦/٦٧) و ترکیب رقم شکوفه بر روی پایه GF-677 (٩٨١/٦٧) بود.

در آزمایش حاظر از لحاظ پارامترهای کلروفیل فلورسانس به طور کلی تنش خشکی موجب کاهش معنی‌داری در کارایی انتقال الکترون در چرخه فتوسنتزی فتوسیستم II در ترکیب‌های پایه-پیوندک حساس‌تر شد. یعنی با افزایشFo و کاهش Fm موجب کاهش Fv شد و Fv/Fm در ارقام حساسی مانند سوپرنوآ، K13-40 بر روی پایه‌های بذری و GN-22 از ۰/۸۲ به ۰/٦٧ 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. Physiologycal and morphologycal 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 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., Ikinci 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 mortalite, la vigueur et le rendement de deux varieties damandier (Achaak et Ksontini) plantees en region aride. Options Mediterraneennes, 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

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 Hortic 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. Aghaalikhani 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 Iranin 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 Technologly. 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 BasicSciences. 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 integraiting plant responses to drought and salt stresses. Field Crop Research. 97:111-119.

[55] Zokaee 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 Horticurtural Science Technology. 1(1): 79-92.

[56] Zokaee 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.