بررسی وضعیت رشد و نمو و تنظیم اسمزی در دو پایه بادام تحت چهار رژیم مختلف آبیاری

مهدیه غلامی و مجید راحمی

چکیده

کاهش در محتوای آب خاک در اقلیم‌های خشک و نیمه خشک یکی از عوامل محدود کننده رشد و تولید در این مناطق می‌باشد. کاهش در پتانسیل اسمزی در پاسخ به تنش آبی در اثر افزایش مواد قابل حل مکانیزمی است که با آن بسیاری از گیاهان با شرایط خشکی مقابله می‌کنند. در این مطالعه قلمه هیبرید هلو- بادام (GF677) و همین طور دانهال‌های آن به همراه دانهال بادام تلخ (۲۴ زرقان) درون گلدان و در شرایط گلخانه، تحت رژیم‌های آبیاری ۰، ۲، ۴ و ۸ روز به مدت ۹۶ روز قرار گرفتند. انتخاب دورهای آبیاری بر اساس درصد تخلیه مجاز رطوبتی صورت گرفت. پس از اتمام دوره از برگهای کاملاً گسترش یافته و جوان نمونه‌گیری و مقادیر پرولین، قندهای محلول، پتاسیم و سدیم و نقش آنها در کاهش پتانسیل اسمزی مورد بررسی قرار گرفت. همچنین اثر رژیم‌های آبیاری بر سطح برگ، تعداد برگ، طول ریشه و نسبت ریشه به شاخه بررسی شد. مشاهده شد میزان تجمع مواد قابل حل در میان پایه‌ها متفاوت بود. مقادیر قند، پتاسیم، پرولین در دانهال‌ها و قلمه GF677 با افزایش فواصل آبیاری به طور معنی‌داری افزایش یافتند و پتاسیم توانست نقش چشمگیری در کاهش پتانسیل اسمزی داشته باشد. در مقابل سدیم نتوانست در تنظیم اسمزی این پایه‌ها به طور مؤثر شرکت کند. اثر افزایش فواصل آبیاری بر متوسط سطح برگ معنی‌دار نبود. ولی باعث کاهش مقدار برگ تولیدی شد. در برابر طول ریشه و نسبت ریشه به ساقه در دانهال و قلمه GF677 به موازات افزایش فواصل آبیاری افزایش یافت و در دانهال بادام تلخ پس از افزایش تا دور ۴ روز در دور ۸ روز اندکی کاهش نشان داد. توانایی بهتر پایه‌های بذری و قلمه GF677 در تنظیم اسمزی نسبت به دانهال‌های بادام تلخ نشان می دهد امکان جایگزین کردن پایه‌های سنتی بادام تلخ که مقاومترین پایه‌ها به خشکی تصور می‌شوند با پایه‌های جدیدتر در ایران وجود دارد.

مقدمه

کمبود آب ویژگی اصلی کشاورزی در نواحی مدیترانه ای است که در آن کمبود آب در طـول دوره های بهار- تابستان باعث القای تنش خشکی می شود. درختان میوه در این شرایط می توانند زنـده بمانند چرا که آنها مستعد ایجاد تغییرات فیزیولوژیکی یا مورفولوژیکی هستند که آنها را قـادر مـی سازد تا از تکنیک های مختلفی برای متعادل کردن کاهش پتانسیل آب استفاده کننـد تـا بتواننـد فعالیت های متابولیکی را در پتانسیل آب کمتر حفظ کنند (Torrecillase و همکاران،۱۹۹۹).

مکانیزم کاهش پتانسیل اسمزی از طریق تجمع مواد قابل حل مکانیزمی است که به گیاهان اجازه گسترش سلولی، رشد، باز نگاه داشتن روزنه و ادامه اسیمیلاسیون CO_2 تحت شرایط تنش را می‌دهد. مواد حل شونده بسیاری ممکن است در تنظیم اسمزی شرکت کنند. مانند قندهای محلول (Wang و Stutte ،۱۹۹۲)، پرولین (Sarker و همکاران، ۲۰۰۲)، یون‌های سدیم و پتاسیم (Handa و همکاران، ۱۹۸۳) و ... .

توانایی تنظیم اسمزی از طریق تجمع مواد قابل حل برای گونه‌های زیادی برای مثال عناب (Clifford و همکاران ۱۹۹۸)، انگور (Patakas و همکاران، ۲۰۰۲)، گیلاس و آلبالو (Ranney و همکاران، ۱۹۹۱)، هلو (Rieger و همکاران، ۲۰۰۳)، سیب (Wang و Stutte،۱۹۹۲)، سیترنج (Perez-Perez و همکاران، ۲۰۰۷) و بادام(Matos و همکاران، ۲۰۰۴) گزارش شده است.

کاهش در پتانسیل اسمزی سلول در اثر تجمع مواد حل شونده باعث جذب آب بیشتر به داخل سلول می‌شود و فشار تورگر را حفظ می‌کند و حفظ فشار تورگر اجازه می‌دهد فرایندهای وابسته به تورگر مانند رشد با وجود کاهش پتانسیل آب برگ ادامه یابد (Liu و Stutzel،۲۰۰۲).

در این پژوهش ضمن بررسی میزان تحت تأثیر قرار گرفتن برخی پارامترهای رشد از کاهش محتوای آب در دسترس، مقادیر مواد قابل حل نیز در پایان دوره تنش خشکی در دانهال و قلمه GF677 که به تازگی استفاده از آن به عنوان پایه برای بادام در ایران رو به افزایش است؛ مطالعه شده و از بذر پایه بادام تلخ نیز برای مقایسه میزان تحمل به خشکی استفاده گردیده است.

مواد و روش‌ها

این آزمایش بر روی قلمه‌های GF677 و دانهال‌های آن با تهیه بذر پس از گرده‌افشانی در شرایط ایزوله و همین طور دانهال های بادام تلخ (۲۴ زرقان) انجام شد. بذور پس از اتمام سرمادهی و همین طور قلمه های ریشه دار داخل گلدان های ۲۰ لیتری کشت شدند و در شرایط گلخانه با آب کافی پرورش داده شدند.

پس از رشد کافی گلدان های با گیاهان یکنواخت انتخاب و به ۴ گروه و در هر گروه ۸ گلدان تقـیم شدند. گروه اول هر روز آبیاری و محتوای آب آن به FC رسانده می شد. گروه های دوم، سوم و چهارم به ترتیب در فواصل زمانی ۲، ۴ و ۸ روز تا رسیدن به حد FC آبیاری می شدند. کل دوره خشکی تا ۹۶ روز ادامه یافت. میانگین دمای حداقل و حداکثر در طی دوره آزمایش به ترتیب ۱۶ و ۳۶ درجه سانتی گراد و میانگین رطوبت نسبی ۶۴٪ تعیین شد.
آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۴ تیمار و ۸ تکرار انجام شد.

تعداد برگ قبل و بعد از دوره خشکی محاسبه شد. اندازه گیری سطح برگ بر روی ۲۰ برگ انتهایی و با دستگاه اندازه‌گیری سطح برگ مدل Delta-T Devices ساخت کشور انگلستان اندازه‌گیری و میانگین آنها منظور گردید. اندازه گیری طول ریشه با استفاده از دستگاه Delta-T SCAN image analysis (نرم افزار Windows) انجام شد.

اندازه گیری پرولین به روش کلریمتریک با استفاده از اسید نایین هیدرین مطابق روشی که توسط Bates و همکاران (۱۹۷۳) در طول موج ۵۲۰ nm اندازه‌گیری شد.

کربوهیدرات محلول با استفاده از روش Dubois و همکاران (۱۹۵۶) و تغییرات آن Buysee and Mercks (1993) اندازه گیری شدند. جذب آن با استفاده از اسپکتروفتومتر در طول موج ۴۹۰ nm قرائت شد.

مقادیر Na^+ و K^+ توسط دستگاه فلم فتومتر به دست آمد.

شرکت مواد قابل حل به صورت جداگانه در پتانسیل اسمزی بر اساس وزن خشک نسبی در حالت اشباع و با استفاده از رابطه وانت هوف به صورت زیر محاسبه شد: (Nobel, 1974)

$$\pi\Psi(MPa) = RDW \times C\ (mg.Kg^{-1}\ dry\ w.t) \times 1/MW\ (g.mol) \times 0.002437\ (m^3.MPa.\ mol^{-1})$$

که در آن RDW برابر است با (وزن خشک – وزن در حالت اشباع / وزن خشک)، C ، غلظت مواد حل شونده و MW ، وزن مولکولی آنهاست. دما نیز c ° ۲۰ در نظر گرفته شد.

برای تجزیه و تحلیل داده ها از نرم افزار هایSPSS وExcel استفاده شد و از ANOVA برای مقایسه تفاوت میانگین ها استفاده گردید. میانگین‌ها توسط آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد مقایسه شدند.

نتایج

در دانهال GF677 تعداد برگ تولیدی در تیمار دور ۲ روز بیشترین و در تیمار ۴ روز کمترین بود گرچه تعداد پایین برگ در تیمار ۴ و ۸ تفاوت معنی‌داری نداشت. در قلمه‌ها کمترین مقدار برگ در تیمار ۸، بیشترین و در دور ۰ روز مشاهده شد. در حالی که در دانهال‌های بادام تلخ تیمار ۲ روز بیشترین میزان برگ تولیدی را به خود اختصاص داد. متوسط سطح برگ گرچه در تیمارهای مختلف تفاوت معنی‌داری را در هر سه پایه مورد مطالعه از خود نشان نداد، ولی در کلیه تیمارها بیشترین سطح برگ متعلق به تیمار ۰ بود که با افزایش فاصله آبیاری متوسط سطح برگ کاهش یافت. قطر ۵,۰۱ میلی‌متر در تیمار شاهد دانهال GF677 در مقایسه با قطر ۲,۳۲ میلی‌متر در دانهال بادام تلخ، تفاوت در قدرت رشد این دو پایه را نشان می‌دهد. برخلاف رشد رویشی در اندام‌های هوایی، رشد ریشه با افزایش فاصله آبیاری بهبود یافت به طوری که افزایش فاصله آبیاری از ۰ به ۸ روز باعث افزایش ۲۴۷ درصدی در دانهال GF677، ۲۰۴ درصدی قلمه‌ها و ۱۲۹ درصدی دانهال‌های بادام تلخ شد. اما روند افزایشی طول ریشه در قلمه‌ها و دانهال‌های بادام تلخ تا دور ۴ روز متوقف شد و در دور ۸ روز اندکی کاهش یافت گزچه که معنی‌دار نبود. نسبت ریشه به شاخه در دانهال‌های GF677 گرچه با افزایش فاصله آبیاری افزایش یافت ولی تفاوت‌ها معنی‌دار نبود. اما در قلمه و همچنین دانهال‌های بادام تلخ به موازات افزایش فاصله آبیاری این نسبت افزایش یافت.

میزان پرولین نیز با افزایش فاصله آبیاری افزایش یافت. این افزایش در دانهال‌های بادام تلخ معنی‌دار نبود ولی میزان افزایش در دانهال و قلمه GF677 با افزایش دور از ۰ به ۸ روز افزایش یافت. مقادیر پتاسیم در هر سه پایه به طور معنی‌داری در هر سه پایه به ازای افزایش فواصل آبیاری به طور معنی‌داری افزایش یافت. گرچه در دانهال‌های GF677 مقدار پتاسیم در

تیمار ۲ نسبت به ۰ به طور معنی‌داری کاهش یافت ولی مجدداً با افزایش فاصله آبیاری مقدار پتاسیم افزایش یافت.در قلمه‌های GF677 و دانهال‌های بادام تلخ میزان افزایش پتاسیم در تیمار دور ۸ نسبت به ۰ ۲,۹ و ۸,۵ درصد افزایش نشان داد. مقادیر سدیم در قلمه‌های GF677 و دانهال‌های بادام تلخ در سطوح ۲ و ۴ روز نزدیک به صفر بود و تنها در تیمار ۸ روز اندکی افزایش نشان داد که این افزایش در قلمه‌ها معنی‌دار نبود. در دانهال‌های GF677 گرچه در سطوح پایین نیز سدیم وجود داشت ولی اختلاف مقادیر آن بین تیمارها معنی‌دار نبود. میزان قندهای محلول در دانهال‌های GF677 از ۲۱۱,۶ میلی‌گرم در گرم وزن خشک در تیمار دور ۰ به ترتیب به ۲۶۴,۴ و ۲۴۹,۶ میلی گرم در گرم وزن خشک در تیمارهای دور ۴ و ۸ افزایش یافت. در قلمه‌ها نیز افزایش فواصل آبیاری مقدار قندهای محلول را از ۱۹۰,۸ در تیمار شاهد به ۲,۱۹ در تیمار ۴ روز و ۲۳۰,۹۸ میلی گرم در گرم وزن خشک در تیمار ۸ رساند. دانهال‌های بادام تلخ نیز گرچه با فواصل آبیاری افزایش در میزان قند را نشان دادند ولی تفاوت‌ها از نظر آماری معنی‌دار نبود. در جدول ۱ اثر غلظت‌های مواد حل شونده در کاهش پتانسیل اسمزی در تیمار ۰ و ۸ روز در په پایه مورد مطالعه نمایش داده شده است. مشاهده می‌شود که در هر سه پایه پتاسیم و در درجه بعد قندهای محلول نقش مؤثری در کاهش پتانسیل اسمزی داشته‌اند.

بحث

رشد رویشی در ریشه در اغلب موارد با افزایش تنش خشکی به طور معنی‌دار افزایش یافت. Verslues و همکاران (۲۰۰۶) بیان کردند مکانیزم هایی که رشد ریشه را در پتانسیل آب پایین تحریک می کند مانند تنظیم اسمزی در نقاط رشد ریشه ها، با اجازه نفوذ ریشه ها به اعماق باعث جذب بیشتر آب می شوند. Pinheiro و همکاران (۲۰۰۴) گزارش کردند کلون های مقاوم قهوه با سیستم ریشه ای عمیق تر بهتر قادر به حفظ وضعیت آب برگ خود بودند. همچنین ریشه های عمیق تر می توانند کارایی مصرف آب را در شرایط خشکی افزیش دهند (Jordan و همکاران ۱۹۸۳). نسبت ریشه به ساقه با افزیش شدت خشکی افزیش یافت. Atkinson و همکاران (۱۹۹۹) عقیده دارند افزایش در نسبت ریشه به شاخه ممکن است در اثر افزایش مقدار ریشه، کاهش در طول ریشه، کاهش در میزان توسعه برگ ها و یا افزایش در ریزش برگ ها باشد که به جز مورد آخر سایر موارد در این آزمایش صدق می کرد. Behboudian و Mills (۱۹۹۷) افزایش نسبت ریشه به ساقه را شاخصی از مقاومت به کمبود آب در خاک می دانند و عقیده دارند این پدیده در اثر حساسیت و کاهش رشد بیشتر شاخه ها نسبت به ریشه ها ایجاد می شود. افزایش نسبت ریشه به ساقه نه تنها پتانسیل جذب آب را افزایش می دهد بلکه تقاضای تعرق را در واحد طول ریشه کاهش خواهد داد.

پرولین علاوه بر اینکه بر افزایش محتوای مواد حل شونده در سلول نقش دارد در عین حال تجمع آن در تحمل به آبزدایی نیز مؤثر است و می‌تواند از پروتئین‌ها و ساختارهای غشا محافظت کند (Verslues و همکاران ۲۰۰۶). نقش آن به عنوان یک زداینده گروه‌های اکسیژن

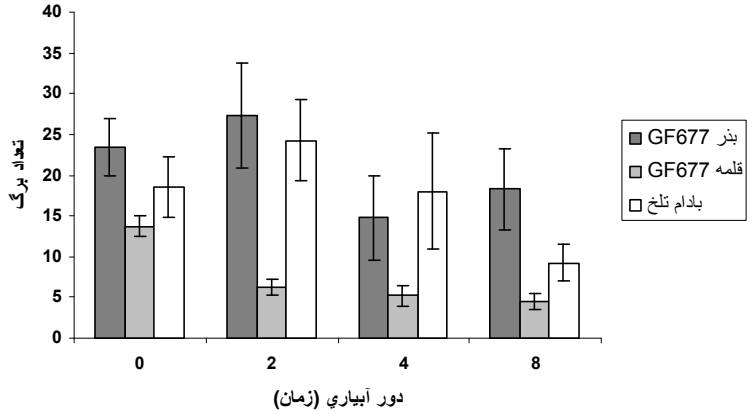
فعال در شرایط تنش به تازگی توسط Reddy و همکاران (۲۰۰۴)، Turkan و همکاران (۲۰۰۵) و Verslues و همکاران (۲۰۰۶) مطرح شده است. بنا به نظر Levitt (۱۹۸۰)، تجمع پرولین در اثر غیر فعال شدن مکانیزم‌های طبیعی از جمله کاهش در مصرف و سنتز پروتئین‌ها در اثر خشکی ناشی می شود. در حالی که Reddy و همکاران (۲۰۰۴) بیان می‌کنند تجمع پرولین در اثر غیر فعال شدن تجزیه آن و همین طور فعالیت بیوسنتزی آن طی خشکی می‌باشد.

در این پژوهش همان طور که مشاهده می شود یون‌های سدیم تقریباً نقشی در افزایش غلظت مواد محلول و کاهش پتانسیل اسمزی نداشتند. در عوض یون پتاسیم توانست در هر سه پایه به طور معنی‌داری با افزایش شدت خشکی افزایش یابد و همین طور که مشاهده می‌شود بیشترین نقش را در کاهش پتانسیل اسمزی داشته باشد. تولید مقادیر کافی اسمولیت‌های آلی از نظر متابولیکی گران است و رشد گیاه را با مصرف مقادیر قابل توجهی کربن که می‌تواند برای رشد استفاده شود، محدود می‌کند. جذب و تجمع مقادیر بالا و کافی یون‌ها از خاک روشی مقرون به صرفه‌تر از حیث هزینه انرژی است.

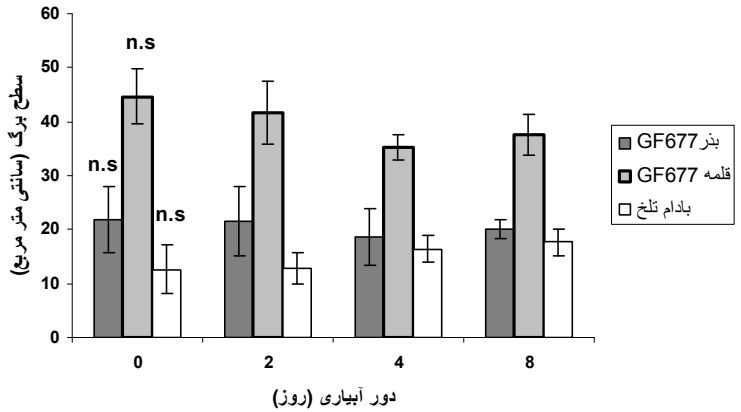
خشکی از دو طریق می‌تواند باعث افزایش میزان قند شود: کاهش در رشد در اثر کاهش رطوبت (Levitt ۱۹۸۰ ، و Rieger et al. 2003) و اثر بر آنزیم‌هایی همچون نیترات ردوکتاز، α- آمیلاز و ریبونوکلئاز و ... (Salisburg و Ross ،۱۹۹۲). Matos و همکاران (۲۰۰۴) بیان می‌کنند علاوه بر حفظ فشار تورگر و به دنبال آن ادامه فعالیت‌های فتوسنتزی، قندهای محلول همچنین می‌توانند در حفاظت و سلامت پروتئین ها و غشاهای سلولی طی آبزدایی نیز نقش داشته باشند.

توانایی کمتر پایه دانهالی بادام تلخ در تنظیم اسمزی می‌تواند از فتوسنتز کمتر در این پایه ناشی شده باشد (Proebsting و همکاران، ۱۹۸۹) چرا که تنظیم اسمزی بستگی زیادی به فتوسنتز برای تولید مواد سازگار دارد و با کم بودن آن تنظیم اسمزی مختصر است (Kramer و Boyer ،۱۹۹۵) و گر نه افزایش پتاسیم (بدون نیاز به انرژی) همچون دو پایه دیگر به صورت معنی‌داری با افزایش خشکی افزایش یافت. در کنار توانایی تنظیم اسمزی برای قلمه‌های GF677 تحت تأثیر قرار نگرفتن پارامترهای رشد در آن و همچنین نسبت بالاتر ریشه به شاخه در آن نشان دهنده این است که قلمه‌های GF677 در مقایسه با دانهال‌های آن بهتر توانسته‌اند با کمبود آب در خاک مقابله کنند.

الف)

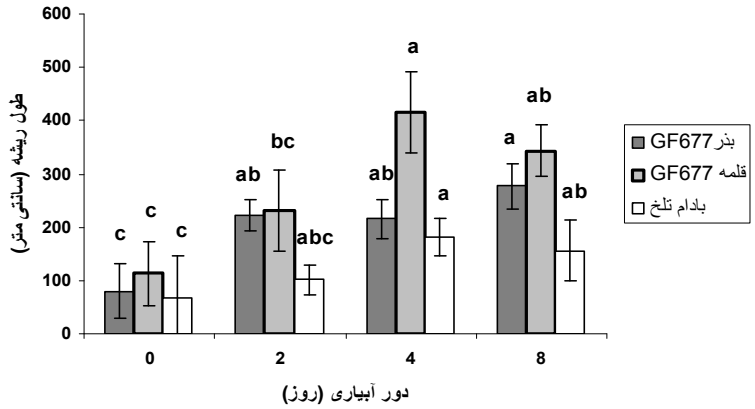


ب)

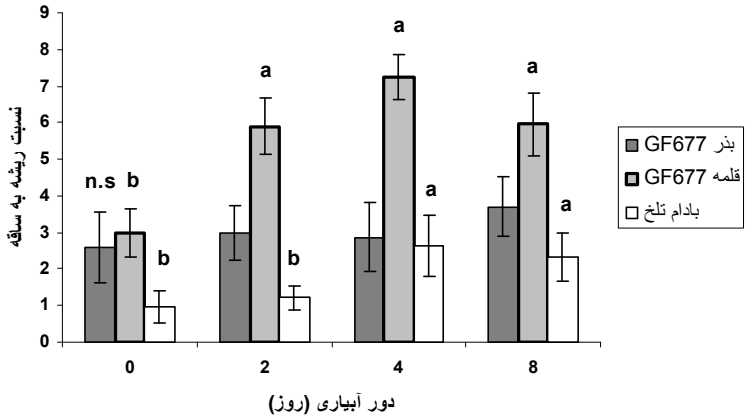


شکل ۱: اثر رژیم‌های مخلف آبیاری بر توسعه برگها الف) تعداد و ب) متوسط سطح برگ. بارهای عمودی S.D میانگین است

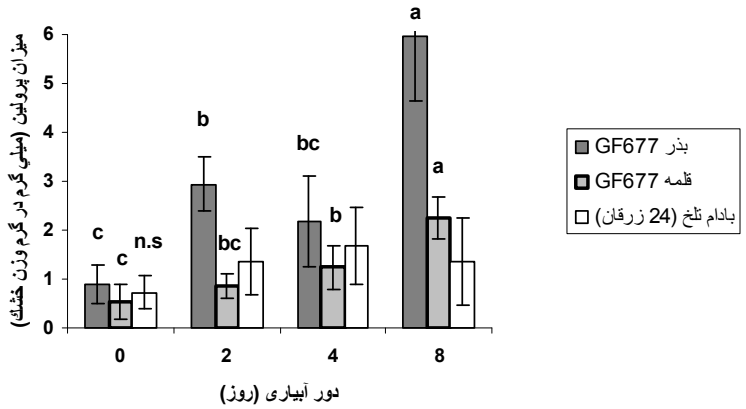
الف)



ب)

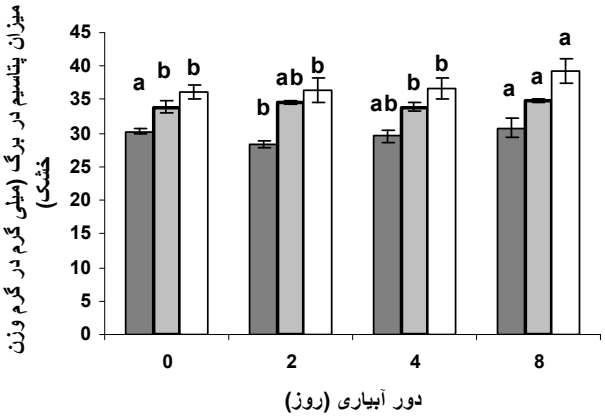


شکل ۲: اثر رژیم‌های مخلف آبیاری بر ریشه الف) طول ریشه و ب) نسبت ریشه به شاخه. بارهـای عمـودی S.D میـانگین



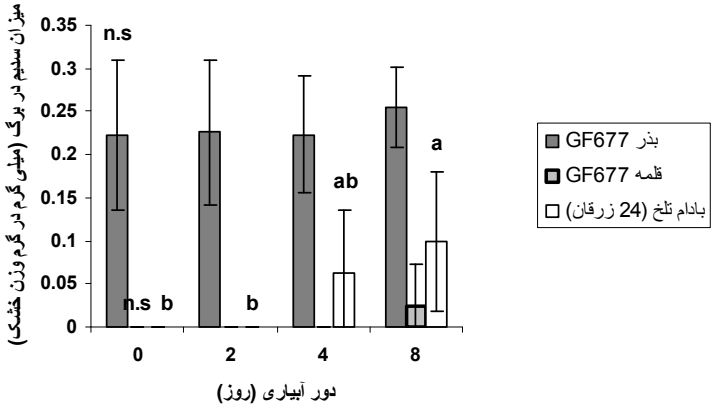
است.

شکل۳: اثر رژیم‌های مخلف آبیاری بر میزان پرولین برگ. بارهای عمودی S.D میانگین است.

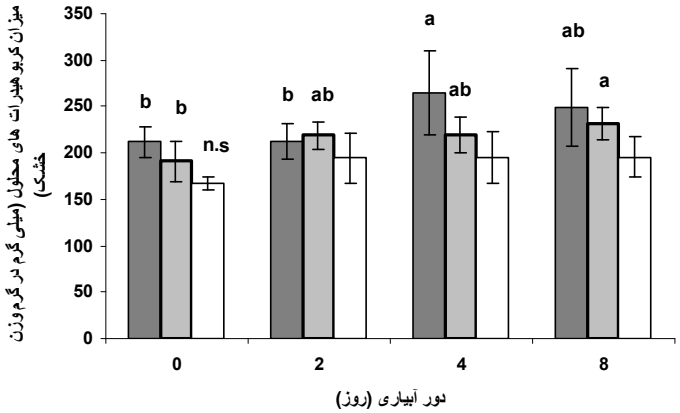


.

شکل۴: اثر رژیم‌های مخلف آبیاری بر میزان پتاسیم برگ. بارهای عمودی S.D میانگین است.



شکل۵: اثر رژیم‌های مخلف آبیاری بر میزان سدیم برگ. بارهای عمودی S.D میانگین است.



شکل۶: اثر رژیم‌های مخلف آبیاری بر میزان قندهای محلول برگ. بارهای عمودی S.D میانگین است.

جدول ۱: اثر مواد قابل حل در کاهش پتانسیل اسمزی

اثر در پتانسیل اسمزی (-MPa)		غلظت (mmol.kg^{-1}.d.w)		
۸ روز	شاهد	۸ روز	شاهد	ماده حل شونده
		بذر GF677		
$۹/۷۳ \times ۱۰^{-۳}$	$۷/۱ \times ۱۰^{-۳}$	۱۱/۰۹	۹/۷	سدیم
۰/۶۸ **	۰/۵۶	۷۷۶/۰۹	۷۷۶/۰۹	پتاسیم
۰/۲۱ *	۰/۱۵	۲۳۹/۲	۲۰۲/۸	قندهای محلول
$۴/۵ \times ۱۰^{-۲}$ **	$۵/۶ \times ۱۰^{-۳}$	۵۱/۹۳ *	۷/۷۶	پرولین

ادامه جدول ۱

		قلمه GF677		
سدیم	۰	۱/۰۵	۰	۹/۷ × ۱۰$^{-۴}$
پتاسیم	۸۸۲/۵۹	۸۹۵/۱۲ *	۰/۷۵	۰/۸۳ *
قندهای محلول	۱۸۲/۹	۲۲۱/۴*	۰/۱۶	۰/۲۱ **
پرولین	۴/۵۵	۱۹/۵ *	۳/۶ × ۱۰$^{-۳}$	۱/۸ × ۱۰$^{-۲}$ **
		بادام تلخ		
سدیم	۰	۴/۲۹ *	۰	۳/۷ × ۱۰$^{-۳}$
پتاسیم	۹۲۶/۴	۱۰۰۴/۷۵ *	۰/۷۹	۰/۸۸
قندهای محلول	۱۶۰/۲	۱۸۷/۶	۰/۱۴	۰/۱۶ *
پرولین	۶/۲۸	۱۱/۷۶	۵/۳ × ۱۰$^{-۳}$	۱/۰۳ × ۱۰$^{-۲}$

** و * تفاوت معنی‌دار نسبت به شاهد به ترتیب در سطح ۰،۰۱ و ۰،۰۵ (آزمون t، n=4).

منابع

1-Atkinson, C.H.J., Poloicarpo, M., Webster, A.D., Kuden, A.M., 1999. Drought tolerance of apple rootstocks: Production and partitioning of dry matter. Plant and Soil. 206: 223-235.

2-Behboudian, M.H., Mills, T.M., 1997. Deficit irrigation in deciduous orchards. pp. 105-131. *In:* Janick, J., Horticultural reviews. Vol. 21. John Wiley & Sons. Inc., New York. 279 p.

3-Jordan, W.R., Dugas, W.A., Shouse, P.J., 1983. Strategies for crop improvement for drought-prone regions. Agr. Water Mang. 7: 281-

4-Levitt, J, 1980. Responses of plant to environmental stresses. Vol. II. 2nd water, radiation, salt and other stress. Academic Press, New York. 607 p.

5-Liu, F., Stutzel, H., 2002. Leaf water relations of vegetable amaranth (*Amaranthus* spp.) in response to soil drying. Eur. J. Agron. 16(2): 137-150.

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

7-Ranney, T.G., Bassuk, N.L., Whitlow, T.H., 1991. Osmotic adjustment and solute constituents in leaves and roots of water-stressed cherry *(Prunus*) trees. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 116(4): 684-688.

8-Sarker, B.C., Hara, M., Uemura, M., 2005. Proline synthesis, physiological responses and biomass yield of eggplants during and after repetitive soil moisture stress. Scientia Hort. 103: 387-402.

9-Torrecillas, A., Galego, R., Perez-Pastor, A., Ruiz-Sanchez, M.C., 1999. Gas exchange and water relations of young apricot plants under drought conditions. J. Agri. Sci. 132: 445-452.

10-Zamani, Z., Taheri, A., Vezaei, A., Poustini, K., 2002. Proline content and stomatal resistance of almond seedlings as affected by irrigation intervals. Acta Hort. 591: 411-416.

11-Zayed, M.A., Zeid, I.M., 1998. Effect of water and salt stress on growth, chlorophyll, mineral ions and organic solutes contents, and enzyme activity in mung bean seedling. Biologia Plantatrum 40(3): 351-356.