



تغییرات محتوای یونی و میزان کربوهیدرات‌های محلول، کلروفیل و آب نسبی برگ ژنوتیپ‌های لوبیا سفید در شرایط تنش خشکی

مسعود زاده باقری^{۱*}، شورانگیز جوانمردی^۲، محمد مجتبی کامل منش^۳

۱- استادیار، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد شیراز، دانشکده علوم کشاورزی، گروه علوم باغبانی، استان فارس، ایران

۲- محقق دانشگاه آزاد اسلامی، واحد شیراز، استان فارس، ایران

۳- استادیار، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد شیراز، دانشکده علوم کشاورزی، گروه گیاه پزشکی، استان فارس، ایران

تاریخ دریافت: ۸۹/۰۸/۲۸ تاریخ پذیرش: ۸۹/۱۰/۰۹

چکیده

تنش‌های محیطی از مهم‌ترین عوامل کاهش دهنده عملکرد محصولات کشاورزی در سطح جهان محسوب می‌شوند. اغلب گیاهان در طول دوره رشد خود در معرض دوره‌های کمبود آب در خاک و اتمسفر قرار می‌گیرند. پاسخ گیاهان به کمبود آب پیچیده است و تغییراتی سازگار و یا مضر در گیاه به وجود می‌آورد که در شرایط مزرعه این پاسخ‌ها می‌تواند با هم و یا در خلاف هم اثرات تحمیل شونده تنش را کاهش دهد. به منظور بررسی برخی از این تغییرات، آزمایشی به صورت اسپلیت پلات در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در ۳ تکرار به اجرا درآمد که در آن آبیاری به عنوان عامل اصلی در دو سطح (آبیاری مطلوب و تنش خشکی) و ژنوتیپ‌های لوبیا سفید در سه سطح (دانشکده، شکوفا و G11867) در نظر گرفته شد که بر اساس شاخص‌های مورفولوژیکی به ترتیب به عنوان حساس، نیمه متحمل و متحمل دسته بندی شده بودند. در مرحله ۵۰٪ گل‌دهی نمونه برداری انجام شد و میزان قندهای محلول، محتوای نسبی آب، کلروفیل و عناصر سدیم و پتاسیم اندازه‌گیری گردید. نتایج آزمایش نشان داد که غلظت قندهای محلول، کلروفیل و یون پتاسیم در اثر تنش خشکی افزایش و محتوای نسبی آب و یون سدیم کاهش یافت. ژنوتیپ متحمل G11867 بیشترین میزان کلروفیل، قندهای محلول و یون سدیم را دارا بود. ژنوتیپ حساس دانشکده از بیشترین میزان یون پتاسیم و محتوای نسبی آب برگ برخوردار بود.

واژه‌های کلیدی: تنش خشکی، لوبیا سفید، قندهای محلول، محتوای نسبی آب برگ

* نگارنده مسنول (zadehbagheri@iaushiraz.ac.ir)

مقدمه

بقاء گیاه در شرایط محیطی سخت مستلزم توانایی آن در مقاومت به شرایط اسمزی شدید حاصل از خشکی می‌باشد. یکی از راهکارهای مناسب گیاهان در پاسخ به تنش خشکی افزایش مواد محلول و فعال اسمزی است که با حفظ خاصیت آگیری و تورژسانس سلول انجام فرایندهای متابولیسمی را از خطرات کمبود آبی ایمن می‌سازد که از جمله این ترکیبات می‌توان به کربوهیدرات‌هایی نظیر گلوکز، فرکتوز، ساکاروز و پلی‌ساکاریدها اشاره کرد. تنظیم اسمزی می‌تواند به وسیله تبدیل پلی‌ساکاریدها «نشاسته» به یکدیگر و یا الیگوساکاریدها «ساکاروز» به یکدیگر کنترل شود، زیرا پتانسیل اسمزی به تعداد مولکول‌های ماده بستگی دارد (Koch KE, 1996). قندهای ساخته شده در برگ‌ها ممکن است در برگ باقی مانده یا از طریق آوندهای آبکش به قسمت‌های دیگر گیاه (به صورت ساکاروز) منتقل گردند. (Ehdaie *et al.*, 2006). این قندها در تنفس، ساخت بافت‌های گیاهی، تنظیم اسمزی یا تبدیل مواد به صورت مواد ذخیره ای مصرف می‌شوند. انتقال مواد فتوسنتزی به خارج از برگ به وسیله کمبود آب کاهش می‌یابد ولی فرآیند نقل و انتقال مواد فتوسنتزی نسبت به فتوسنتز در مقابل تنش خشکی بسیار مقاوم‌تر است. تحت شرایط تنش خشکی ملایم ریشه‌ها قوی‌ترین رقیب برای کسب مواد آسیمیل قابل دسترس، مخصوصاً در رقم مقاوم می‌باشند و تنظیم اسمزی آن‌ها عمدتاً به علت افزایش پتاسیم است. دانه‌ها رقبای قوی‌تری برای کربن نسبت به ریشه‌ها می‌باشند، اما در خشکی نسبت به گیاهان آبیاری شده مواد کمتری وارد آنها شده، در نتیجه ذخایر در ساقه‌ها انباشته می‌گردد.

(Nicolase *et al.*, 1985). در حالت کلی وقتی

که میزان قند پایین است، فتوسنتز، ذخائر و انتقال افزایش می‌یابد، در حالی که وجود قند بالا، رشد

گیاه و ذخیره‌سازی قندها را افزایش می‌دهد (Koch KE, 1996). کلروپلاست و رنگریزه‌های موجود در آن نیز از خشکی تأثیر می‌پذیرند. حفظ غلظت کلروفیل تحت تنش به ثبات فتوسنتز در این شرایط کمک می‌کند. به عنوان مثال، تنش خشکی سبب هیدرولیز پروتئین‌های تیلاکوئیدی و کاهش مقدار کلروفیل می‌گردد و عنوان شده است که تجزیه پروتئین‌های کلروپلاستی منبع با ارزشی جهت اشکال قابل تحرک نیتروژن به محض ورود به شرایط تنش است. در این راستا، می‌توان تجزیه کلروفیل را به عنوان یک مرحله مقدماتی در تخریب پروتئین‌ها در نظر گرفت (Sween *et al.*, 2003). در گیاهان زراعی گزارش‌هایی در رابطه با واکنش متفاوت کلروفیل به خشکی در ارقام حساس و مقاوم (Blum, 2005) و یا عدم تأثیر تنش خشکی بر غلظت کلروفیل ارائه شده است (Jung, 2004). به نظر می‌رسد که کاهش فتوسنتز تحت تنش تا حدی به واسطه کاهش غلظت کلروفیل است. در پژوه (Pessarkli 1999) اظهار داشت که دوام فتوسنتز و حفظ کلروفیل برگ تحت شرایط تنش از جمله شاخص‌های فیزیولوژیکی مقاومت به تنش است. مشخص شده است که پتاسیم نقش حیاتی در فتوسنتز دارد چون باعث افزایش مستقیم رشد، شاخص سطح برگ، جذب CO₂ و افزایش انتقال مواد فتوسنتزی به خارج برگ را تسهیل می‌کند (Cakmak, 2005). این فعالیت نتیجه تشکیل ATP بیشتر است که برای تجمع مواد فتوسنتزی در آوندهای آبکش لازم است. جذب و کده بندی* یون-ها نه تنها در هنگام رشد طبیعی، بلکه برای رشد در شرایط شوری و خشکی مهم می‌باشد، زیرا این دو تنش سبب اختلال در تقسیم بندی یون‌ها می‌شود

* - Compartentaion

** - Antiport

گرفت. پس از نمونه برداری کرت‌ها آبیاری شدند. کرت‌های فرعی شامل ۳ ژنوتیپ، مشتمل بر رقم حساس دانشکده، رقم نیمه متحمل شکوفا و ژنوتیپ متحمل G11867 بود که از مرکز ملی تحقیقات لوبیای خمین اخذ شدند. هر کرت شامل ۳ ردیف کشت به طول ۲/۵ متر بود و فاصله بوته از هم ۸ سانتی‌متر برای هر ۳ ژنوتیپ در نظر گرفته شد. بین هر دو کرت فرعی یک ردیف نکاشت و بین هر دو کرت اصلی نیز ۳ متر فاصله در نظر گرفته شد. کشت بذر در اواسط خرداد ماه انجام گرفت. کلیه عملیات داشت (کوددهی، آبیاری و مبارزه با علف‌های هرز، آفات و بیماری‌ها) بر اساس نیاز گیاه نیاز انجام شد. محتوای یون‌های پتاسیم و سدیم با استفاده از دستگاه فلیم فتومتر* مدل Jenway.pfp7 اندازه‌گیری شد (Kholgh, Khosh, 1999). سنجش کربوهیدرات‌ها طبق روش فنل - اسید سولفوریک با استفاده از دستگاه اسپکتروفوتومتر (مدل LABoMeD, INC. UVD-2960) صورت گرفت و بر حسب میلی گرم در هر گرم وزن خشک برگ گزارش شد. اندازه‌گیری میزان کلروفیل برگ‌ها با استفاده از دستگاه HansatechI SPAD- CL-10 در مرحله ۵۰٪ گل‌دهی لوبیا انجام گرفت. محتوای نسبی آب بر اساس روش Barrs & Weatherley (1962) برآورد گردید و از فرمول زیر برای محاسبه RWC استفاده شد.

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

FW: وزن تازه برگ

DW: وزن خشک برگ

TW: وزن اشباع برگ

که جزء اصلی برای کده‌بندی یون‌ها، ژن‌های مربوط به کانال‌های پادبر** سدیم-پتاسیم می‌باشد (Bohnert et al (1999). در میان عناصر غذایی، پتاسیم یکی از مهم‌ترین کاتیون‌های مورد نیاز گیاه می‌باشد که در مورد تجمع آن در هنگام تنش اسمزی نتایج زیادی گزارش شده است (Shabala, 2000; Kidambi et al., 1990). این کاتیون در تنظیم فشار اسمزی و کنترل روزنه‌ای نقش ایفا می‌کند (Shabala et al., 2000). ارتباط بین پتاسیم و تنش خشکی در برخی از گونه‌های گیاهی مورد ارزیابی قرار گرفته است. طبق اظهارات Yin & Vyn (2002)، قند و یون پتاسیم از مواد اسمزی مؤثر در گیاه می‌باشد که افزایش شدت تنش خشکی بر مقدار آنها می‌افزاید و این امر بیشتر در برگ‌های بالغ به چشم می‌خورد. ضمناً عنوان شده است که افزایش یون‌ها در برگ‌های تحت تنش ممکن است ناشی از افزایش جذب و یا کاهش انتقال در بخش‌های مختلف باشد.

با توجه به کشت وسیع لوبیا، بررسی ویژگی‌های آن به ویژه شناخت مکانیسم‌های مقاومت به خشکی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. هدف از این پژوهش مطالعه تغییرات کربوهیدرات‌های محلول، محتوای نسبی آب، محتوای کلروفیل و دو عنصر پتاسیم و سدیم در شرایط تنش و نقش آنها در مقاومت به خشکی می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در سال زراعی ۸۸-۱۳۸۷ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه آزاد اسلامی واحد شیراز به صورت اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی و در سه تکرار اجرا گردید. عامل اصلی شامل سطوح مختلف آبیاری (مطلوب و تنش خشکی) بود. جهت اعمال تنش، در مرحله ۵۰٪ گلدهی آبیاری قطع و در ۳۰٪ ظرفیت مزرعه که توسط تانسیموتر محاسبه شد، نمونه برداری از برگ بوته‌های لوبیا صورت

* - Phylum photometer

یون پتاسیم در ژنوتیپ های متحمل و نیمه متحمل پایین تر از ژنوتیپ حساس بوده است، می توان اظهار داشت، یون سدیم جایگزین یون پتاسیم شده است (شکل ۵). (Bohnert *et al* (1999 معتقد هستند که در هنگام تنش، میزان سدیم افزایش می یابد و برای جلوگیری از سمیت آن، گیاه سعی در خروج و یا به واکوئل فرستادن آن می نماید. تحت تنش خشکی محتوای یون های سدیم، پتاسیم و کلر افزایش نمی یابد بلکه، به برگ ها انتقال یافته و در آنجا تجمع می یابند (Slama *et al.*, 2006).

در اثر تنش خشکی، میزان کلروفیل در ژنوتیپ ها افزایش یافت (شکل ۶). میزان کلروفیل (۱۷/۹۲) در ژنوتیپ متحمل G11867 بیشتر از دو ژنوتیپ دیگر بود (شکل ۶ و ۷). افزایش محتوای کلروفیل در شرایط تنش خشکی به علت کاهش سطح برگ و کاهش اندازه سلول و تجمع کلروفیل در سطح کمتر برگ ها می تواند باشد. (Pessarkli (1999 بیان می دارد که دوام فتوسنتز و حفظ کلروفیل برگ تحت شرایط تنش از جمله شاخص های فیزیولوژیکی مقاومت به تنش است. حفظ کلروفیل برای انجام فتوسنتز تحت شرایط خشکی ضروری است (Chandrasekar *et al.*, 2000). در این مطالعه تنش خشکی سبب کاهش محتوای نسبی آب در سه ژنوتیپ لوبیا سفید شده است (شکل ۸). در شکل ۹ مشاهده می شود که ژنوتیپ حساس دانشکده بیشترین محتوای نسبی آب را دارا می باشد (۸۵/۱ درصد). میزان بالای محتوای نسبی آب ژنوتیپ ها می تواند ناشی از دو مورد باشد این ژنوتیپ ها با خصوصیتی که دارند با بستن روزنه های خود و تعرق کمتر در شرایط تنش خشکی محتوای نسبی آب خود را در سطح بالایی نگه می دارند و یا اینکه این ژنوتیپ ها به لحاظ داشتن سیستم ریشه ای قوی تر می توانند آب را از اعماق خاک جذب کرده و به اندام هوایی منتقل کنند و محتوای نسبی آب

کلیه تجزیه های آماری با استفاده از نرم افزار SAS انجام گردید. همچنین، مقایسه بین تیمارها بر اساس آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح ۵٪ انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج بدست آمده از تجزیه و تحلیل داده ها نشان داد که تغییرات محتوای یون پتاسیم برگ تحت تأثیر ژنوتیپ، پتانسیل آب و اثر متقابل این دو بوده و از نظر آماری معنی دار گردید (جدول ۱). با توجه به شکل ۱ مشاهده می شود که تنش خشکی اعمال شده در این آزمایش باعث افزایش محتوای یون پتاسیم شده است که این افزایش در ژنوتیپ حساس دانشکده به میزان ۷۷۶/۱۵ میلی گرم بر گرم وزن خشک در مقایسه با دیگر ژنوتیپ ها بیشتر است. افزایش یون پتاسیم در ژنوتیپ حساس را می توان ناشی از افزایش جذب و یا کاهش انتقال آن دانست (شکل ۲) و به این طریق به زندهمانی خود در شرایط تنش کمک کرده است. طبق نظر Sween *et al* (2003) تحمیل تنش خشکی بر ریشه گیاهان سبب تغییر سرعت جذب مواد معدنی و گردش آنها در پیکره گیاه شده که سبب تغییر pH شیر خام شده و این عامل انباشته شدن مواد معدنی از جمله پتاسیم را به دنبال دارد.

بر اساس جدول ۱ تغییرات میزان سدیم ژنوتیپ ها با یکدیگر از نظر آماری دارای اختلاف معنی دار بود (شکل ۳). مقایسه میانگین ژنوتیپ ها (شکل ۴) در شرایط تنش خشکی نشان داد که بیشترین میزان سدیم مربوط به ژنوتیپ های شکوفا (۲۳/۲ میلی گرم بر گرم وزن خشک) و G11867 (۲۳/۴ میلی گرم بر گرم وزن خشک) بود که اختلاف معنی داری به لحاظ آماری با یکدیگر نداشتند. طبق نظر Jaschks (1984) سدیم می تواند در برخی از فرآیندهای سلولی جانسین پتاسیم شود. در این آزمایش نیز دلیل اینکه میزان

بر این که دارای صفات سازگار به تنش بوده، عملکرد بالایی نیز داشته باشند. بنابراین یک صفت به تنهایی نمی‌تواند مبنای گزینش قرار بگیرد. (Bouteau *et al* (2001) با مطالعه اثر تنش خشکی بر جریان‌ات پتاسیم و آنیون‌های تارهای کشنده باقلا (*Phaseolus vulgaris*) نتیجه گرفتند که در شرایط کم آبی، ورود یون‌های پتاسیم سبب حفظ فشار تورژانس و توسعه و رشد سلول می‌شود. در شکل ۱۰ مشاهده می‌شود که هم‌زمان با بالا بودن محتوای کلروفیل در ژنوتیپ‌های نیمه متحمل و متحمل، محتوای نسبی آب پایین بوده که نشان می‌دهد در اثر تنش خشکی، اندازه سلول‌های برگ کاهش یافته و در نتیجه محتوای نسبی آب در این سلول‌ها کم شده و غلظت کلروفیل به دلیل استفاده بهینه از آب موجود بالا رفته است. در پژوهشی (Castrillo (1998) اظهار داشت که در رقم گوجه فرنگی مقاوم به خشکی، محتوای نسبی آب بالاتر بود، اما مقدار کلروفیل آن تحت تنش کاهش یافت و این درحالی است که در رقم حساس، تغییر معنی‌داری در غلظت کلروفیل مشاهده نشد. (Jing & Huang (2001) اظهار داشتند که محتوای نسبی آب برگ و محتوای کلروفیل با تداوم خشکی و گرما کاهش می‌یابند و مقدار کاهش در این صفات بسته به نوع گونه و مدت زمان تنش متفاوت است. با توجه به جدول مشاهده می‌شود که تنش خشکی باعث افزایش معنی‌دار قندهای محلول در برگ ژنوتیپ‌های لوبیا شده است. مواد فتوسنتزی پس از تولید در برگ به طرف مقصدهای مواد فتوسنتزی (دانه) انتقال می‌یابند، بنابراین تجمع کربوهیدرات‌های محلول در برگ در مرحله دوم معرف عدم انتقال آنها به این مقصدها بواسطه پایین بودن ظرفیت مقصد (دانه) و عدم نیاز دانه به کربوهیدرات‌های محلول یا بالا بودن قدرت برگ در تولید این ترکیبات و یا نیاز به کربوهیدرات‌های

خود را در سطح بالا حفظ نمایند. کاهش پتانسیل آب مانع از تقسیم سلولی، رشد اندام، فتوسنتز خالص، و سنتز پروتئین شده و تعادل هورمونی بافت‌های اساسی گیاه را تغییر می‌دهد. به خوبی مشخص شده است که طی تنش‌هایی چون خشکی محتوای نسبی آب، پتانسیل آب برگ و پتانسیل اسمزی سلول‌ها کاهش می‌یابد، و در گروه‌های حساس نسبت به گروه‌های مقاوم میزان کاهش محتوای نسبی آب، بالاتر است (Atteya, 2003; Chandrasekar *et al.*, 2000; Maq *et al.*, 2006; Pettigrew, 2004). در این آزمایش نیز مشاهده می‌شود که کاهش محتوای نسبی آب در ژنوتیپ حساس دانشکده (۶۷/۸ درصد) نسبت به شرایط نرمال بیشتر از دو ژنوتیپ دیگر است و علی‌رغم بالا بودن محتوای نسبی آب ژنوتیپ حساس در شرایط نرمال، اما کاهش چشمگیری در شرایط تنش در خصوص این صفت نشان می‌دهد (شکل ۹). این موضوع در حالی است که دو ژنوتیپ دیگر اختلاف کمتری نسبت به شرایط نرمال از لحاظ محتوای نسبی آب نشان می‌دهند. در این ژنوتیپ چنانچه در شکل ۲ مشاهده می‌شود محتوای یون پتاسیم نیز از میزان بالایی برخوردار است که احتمال بسته شدن روزنه‌ها در نتیجه افزایش یون پتاسیم بواسطه نقش آن در کنترل روزنه‌ای و در نتیجه حفظ محتوای نسبی آب را قوت می‌بخشد. در سال‌های اخیر، هیچ مطالعه‌ای وجود ندارد که در آن بسته شدن روزنه‌ها به طور چشمگیری عملکرد را افزایش داده باشد. در واقع، بسته شدن روزنه‌ها منجر به تحمل خشک شدن خاک می‌شود، به نحوی که محصول به تنش‌های شدید متحمل می‌شود و عملکرد به صورت قابل توجهی کاهش می‌یابد. هرچند که محتوای نسبی آب بالا یک واکنش سازگاری به تنش خشکی می‌باشد ولی از آنجائی که در شرایط تنش هدف افزایش عملکرد است، ژنوتیپ‌هایی مهم می‌باشند که علاوه

مقیاس سلولی، گیاه آثار مضر تنش را با افزایش متابولیسم و تنظیم اسمزی از طریق تجمع مواد آلی و معدنی در سلول های خود کاهش می دهد و فشار تورژسانس سلول خود را منظم می کند (Siddique *et al.*, 2000). در این تحقیق تنش آبی سبب کاهش محتوای نسبی آب در همه ژنوتیپها گردید. اختلاف در میزان این صفت ممکن است نشان دهنده تفاوت بین ژنوتیپها برای جذب آب از خاک و یا توانایی هدرروی آب از طریق روزنهها و یا اختلاف در توانایی گیاهان برای تجمع و تنظیم اسمزی برای حفظ تورژسانس بافت و افزایش فعالیت های فیزیولوژیکی باشد و همچنین محتوای نسبی آب بالا، توانایی گیاهان را برای تنظیم اسمزی و حفظ رشدشان تحت شرایط تنش آبی نشان می دهد (Shamsi, 2010). یکی دیگر از دلایل این مسئله، می تواند افزایش ذخایر آبی گیاه بوسیله استخراج زیاد آب در نواحی ریشه و یا افزایش طول ریشه برای افزایش ذخیره آب است (Rahimi *et al.*, 2010). محتوای قند و یون پتاسیم از مواد اسمزی مؤثر در گیاه لوبیا می باشند و افزایش شدت تنش خشکی بر مقدار آنها می افزاید و این امر بیشتر در برگها به چشم می خورد. پتانسیل کل آب گیاه در هنگام دوره خشکی ملایم نیز توسط تنظیم اسمزی حفظ می شود (Ingram & Bartles, 1996). در این روش گیاه از طریق جذب یون های معدنی از محیط خارجی مانند افزایش میزان تجمع پتاسیم در اندام های هوایی و یا از طریق سنتز زیاد مواد حل شونده سازگار که به عنوان اسمولیت عمل می کنند، صورت می گیرد (Ingram & Bartles, 1996); (Shabala *et al.*, 2000). نوع ماده حل شونده در گونه ها و ژنوتیپ های مختلف، متفاوت است. باید به این نکته نیز توجه داشت که تغییر در جریان یونی سریع تر ایجاد می شود (در حد چند دقیقه)، در حالی

محلول در تنظیم اسمزی برگ است. افزایش محتوای قند ممکن است ناشی از کاهش نیاز به مواد فتوسنتزی به دلیل کاهش رشد باشد (Ehdaie *et al.*, 2006). بیشترین میزان قند مربوط به ژنوتیپ متحمل G11867 (۵۸۹/۱ میلی گرم بر گرم وزن خشک) بوده و کمترین میزان قند را رقم حساس دانشکده (۵۳۴/۱ میلی گرم بر گرم وزن خشک) دارا بوده است (شکل ۱۱). قندهای محلول به عنوان مصداقی از محافظین اسمزی هم می توانند منبعی برای کربن باشند و هم منبعی برای حفظ و نگهداری و رشد دوباره در بهبود گیاه باشند (Chaves *et al.*, 2002). همبستگی بین غلظت کربوهیدرات های محلول برگ و محتوای کلروفیل در سطح ۵٪ معنی دار بود ($r=0/51$)، بنابراین به نظر می رسد که تجمع کربوهیدرات های محلول برگ بواسطه غلظت بیشتر کلروفیل و توان فتوسنتزی بیشتر برگ می باشد. اما عکس این رابطه علیتی نیز ممکن است صادق باشد. به عبارت دیگر همبستگی مثبت بین غلظت کربوهیدرات های محلول برگ و کلروفیل ممکن است بواسطه نقش کربوهیدرات های محلول در حفظ کلروفیل باشد. (Martin *et al.* 1993) گزارش نمودند که ترکیباتی همانند کربوهیدرات های محلول در تنظیم اسمزی و مکانیسم های حفاظتی نقش دارند.

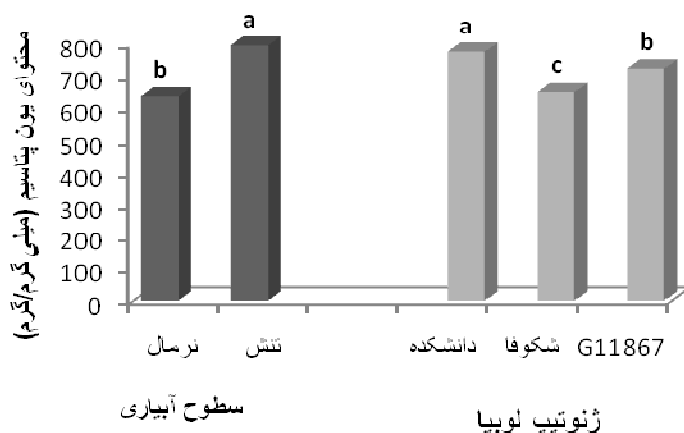
در مطالعه حاضر مشاهده می شود که تنش خشکی اثر بازدارندگی بر روی محتوای نسبی آب و محتوای یون سدیم دارد، اما غلظت قندهای محلول (شکل ۱۲)، محتوای کلروفیل و یون پتاسیم به طور قابل توجهی افزایش یافته است. تجمع بالای قندهای محلول و محتوای کلروفیل ژنوتیپ های لوبیا در شرایط تنش خشکی می تواند یک سازگاری برای تحمل خشکی باشد و به فرآیند تعدیل اسمزی وابسته باشد و در نتیجه به زنده مانی و تولید محصول در شرایط تنش خشکی کمک کند. در

بنابراین پیشنهاد می‌گردد که در مناطقی که کمبود آب اتفاق می‌افتد، کودهایی که در ترکیبات آنها یون پتاسیم وجود دارد استفاده گردد و همچنین شرایط اعمال تنش خشکی برای دیگر ژنوتیپ‌های تجاری مورد بررسی قرار گیرد.

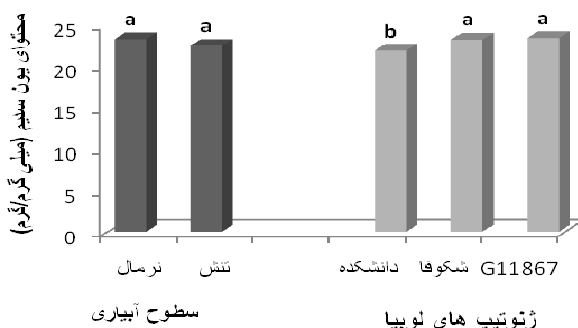
که سنتز بیوشیمیایی اسمولیت‌ها در طی چند ساعت و یا چند روز پس از تنش صورت می‌گیرد (Santos & Alejo, 1994). به طور کلی وجود یون پتاسیم باعث آرامش بیشتر گیاه در شرایط سخت خصوصاً تنش خشکی می‌شود، بنابراین افزایش یون پتاسیم در ژنوتیپ دانشکده کمک به زنده‌مانی آن در شرایط تنش خشکی کرده است.

جدول ۱ - تجزیه واریانس اثر آبیاری و ژنوتیپ بر صفات مورد بررسی

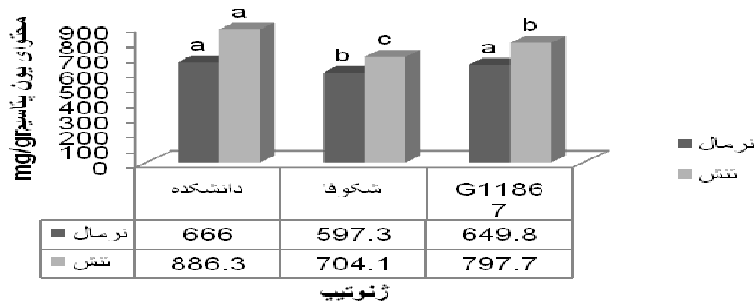
میانگین مربعات						
میزان قندهای محلول	محتوای کلروفیل	محتوای یون سدیم	محتوای یون پتاسیم	محتوای نسبی آب برگ	درجه آزادی	منابع تغییر
۴۸۲۶/۰۶	۶/۵۹	۲/۸۴	۱۲۶/۵۹	۰/۵۲۵	۲	بلوک
۱۰۸۳۴/۹*	۱۷۴/۱۶**	۲/۹۰	۱۱۲۸۶۰/۰**	۱۰۶۵/۸۳**	۱	آبیاری (A)
۶۱۷/۷۸	۲/۲۴	۱/۳۰	۲۹۳/۵۴	۳/۷۹	۲	اشتباه اصلی (E _a)
۴۷۲۲/۲*	۸۶/۸۰**	۴/۶۸**	۲۳۸۳۳/۱۹**	۴۳/۸۸*	۲	ژنوتیپ (B)
۳۶۲/۲۸	۴۴/۸۳*	۱۱/۷۴**	۴۹۶۰/۰۷**	۲۳/۹۶	۲	آبیاری × ژنوتیپ
۱۲۱۳/۲۸	۳۲/۷۶	۰/۴۳۴	۱۸۷/۸۵	۸/۷۱	۸	اشتباه فرعی (E _b)
۶/۲۴	۱۲/۴۸	۲/۸۸	۱/۹۱	۳/۹۹	ضریب تغییرات (درصد)



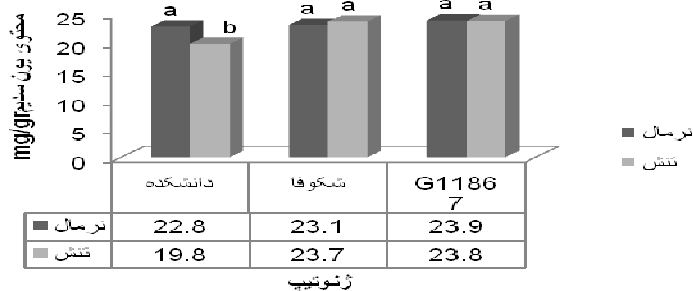
شکل ۱- تغییرات یون پتاسیم در ژنوتیپ‌های مختلف لوبیا سفید و شرایط



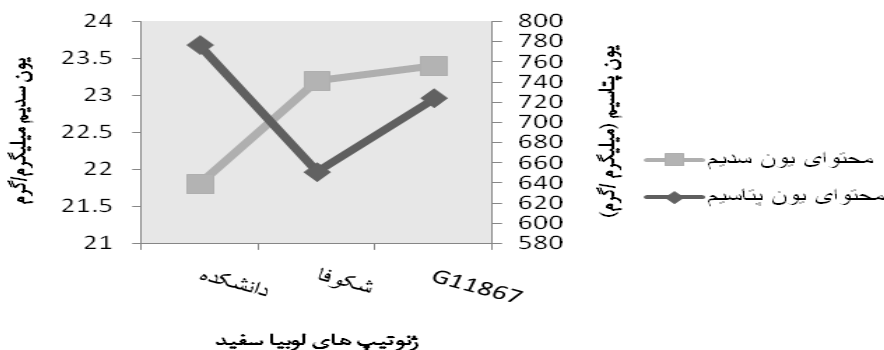
شکل ۲- مقایسه ژنوتیپ های لوبیا سفید از نظر یون پتاسیم (mg/gr).



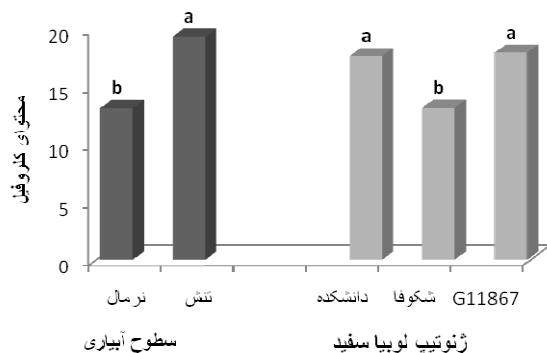
شکل ۳- تغییرات یون سدیم در ژنوتیپ های مختلف لوبیا سفید و شرایط



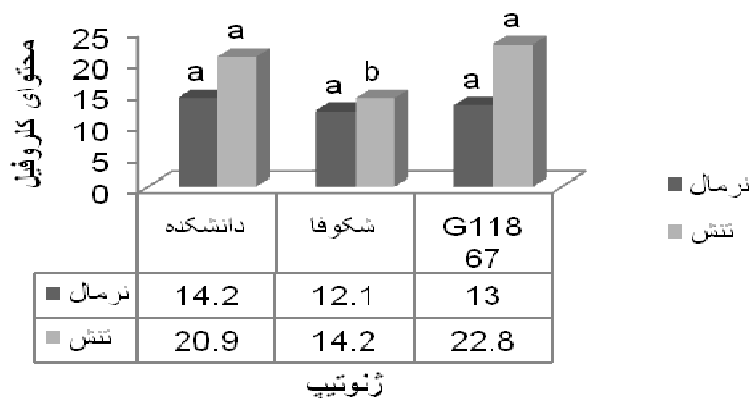
شکل ۴- مقایسه ژنوتیپ های لوبیا سفید از نظر یون سدیم (mg/gr)



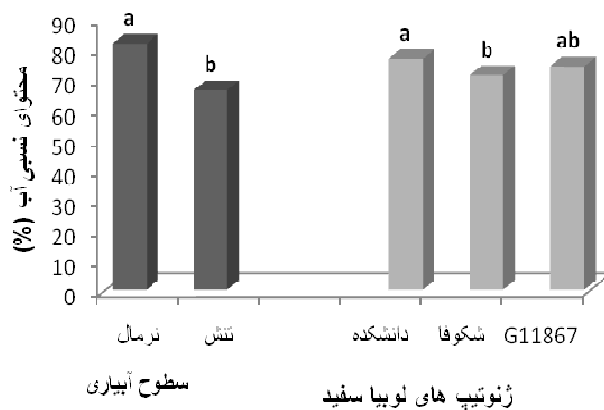
شکل ۵- مقایسه ژنوتیپ های لوبیا سفید از نظر میزان یون سدیم و یون پتاسیم



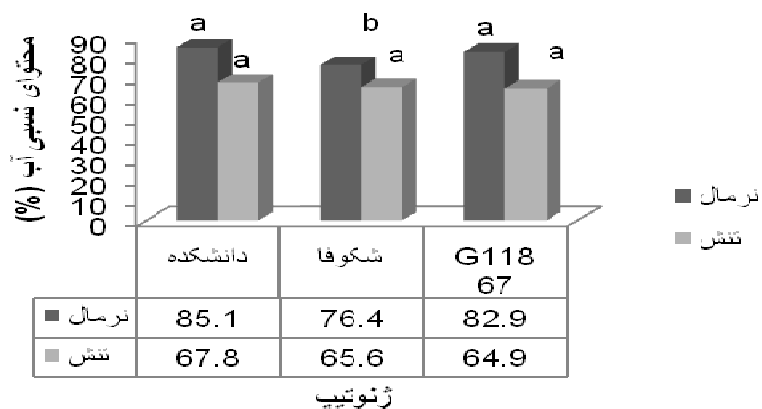
شکل ۶- تغییرات محتوای کلروفیل در ژنوتیپ‌های مختلف لوبیا سفید و شرایط



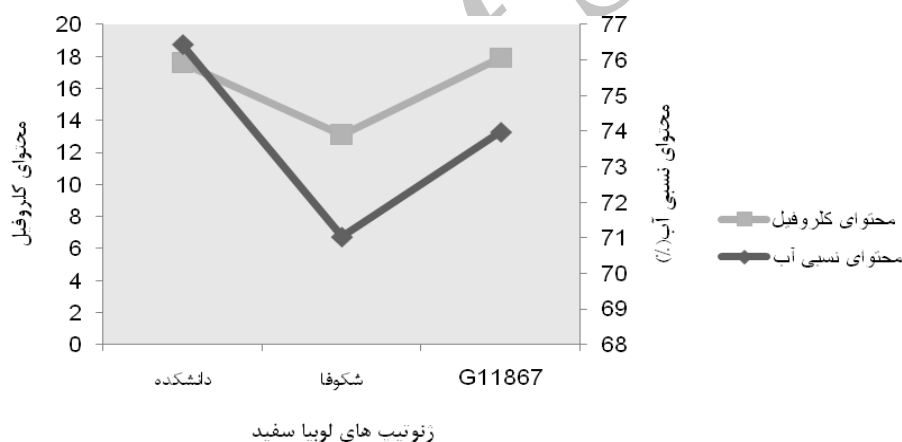
شکل ۷- مقایسه ژنوتیپ‌های لوبیا سفید از نظر محتوای کلروفیل



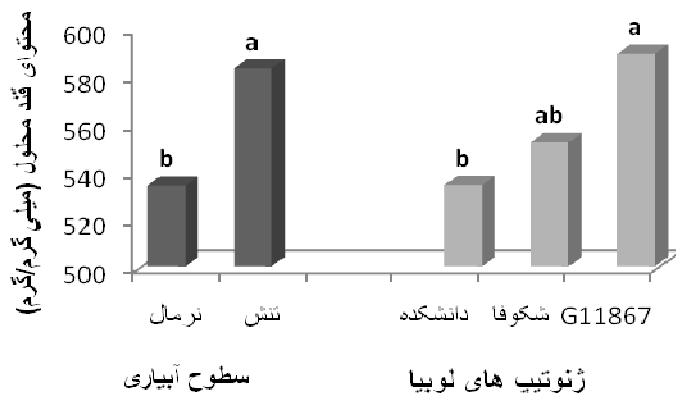
شکل ۸- تغییرات محتوای نسبی آب در ژنوتیپ‌های مختلف لوبیا سفید و شرایط



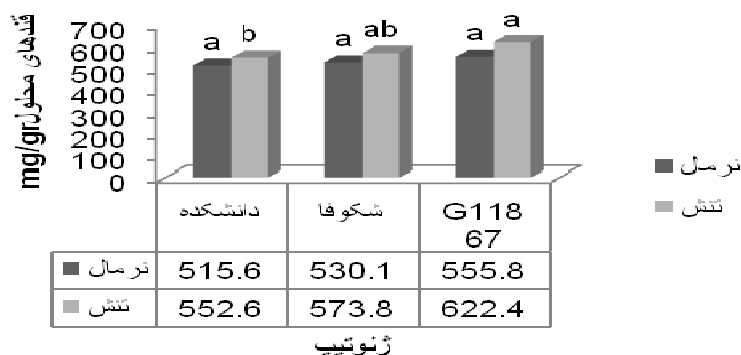
شکل ۹- مقایسه ژنوتیپ های لوبیا سفید از لحاظ محتوای نسبی آب



شکل ۱۰- مقایسه ژنوتیپ های لوبیا سفید از لحاظ محتوای نسبی آب و محتوای کلروفیل



شکل ۱۱- تغییرات قندهای محلول در ژنوتیپ های مختلف لوبیا سفید و شرایط



شکل ۱۲ - مقایسه ژنوتیپ‌های لوبیا سفید از نظر قندهای محلول

منابع

- abiotic stresses in plant. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 168: 521-530.
- Castrillo, M. and A.M. Calcargo .1998.** Effects of water stress and rewatering on Ribulose-1,5 biphosphate carboxylase activity, chlorophyll and protein contents in two cultivars of tomato. *J. of Horticultural Sci.* 646: 717-724.
- Chandrasekar, V., R.K. Sairam, and G.C. Srivastava .2000.** Physiological and biochemical responses of hexaploid and tetraploid wheat to drought stress. *J. Agron. Crop Sci.* 185: 219-227.
- Chaves, M.M., J.S. Pereira, J. Maroco, M.L. Rodrigues, C.P.P. Ricardo, M.L. Osorio, I. Carvalho, T. Faria, and C. Pinheiro .2002.** How plants cope with water stress in the field. Photosynthesis and growth. *Annals of Botany* 89: 907-916.
- Ehdaie, B., G.A. Alloush, M.A. Madore, and J.G. Waines .2006.** Genotypic variation for stem reserves
- Atteya, A.M .2003.** Alternation of water relations and yield of corn genotypes in response to drought stress. *Bulg. J. Plant Physiol.* 29: 63-76.
- Barrsu, H.D. and P.E. Weatherley .1962.** A re-examination of the relative turgidity technique for estimating water deficits in leaves. *Aust. J. Biol. Sci.* 15: 413-428.
- Blum, A .2005.** The mitigation of drought stress. www.plantstress.com/articles.htm.
- Bohnert, H.J., D.E Nelson, and R.G. Jensen .1999.** Adaptation to environmental stresses. *The Plant Cell* 7: 1099-1111.
- Bouteau, F., A. Dauphin, H.E. Maarouf, and J.P. Rona .2001.** Effect of desiccation on potassium and anion currents from young root hairs: Implication on tip growth. *Physiol Plant* 113: 79- 84.
- Cakmak, I .2005.** The role of potassium in alleviating detrimental effects of

- Kochert, G.** 1978. Carbohydrate determination by the phenol sulfuric acid method. In: Helebust, J.A. Craig, J.S. (ed): Hand book of Phycological Method . 56-97. Cambridge Univ. Press. Cambridge.
- Khosh Kholgh Sima, N.A.** 1999. Physiological, aspects of fodder production salt- affected solids. Doctoral thesis. Hiroshima. Japen.
- Ma, Q. Q., W. Wang, Y.H. Li, D.Q. Li, and Q. Zou.** 2006. Alleviation of photoinhibition in drought-stressed wheat (*Triticum aestivum*) by foliar applied glycinebetaine. J. Plant Physiol. 163: 165-175.
- Major, D.J., R. Baumeister, A. Toure, and S. Zhao.** 2003. Digital imaging and spectral techniques (Application to precision agriculture and crop physiology). ASA-CSSA-SSSA. Special Publication, Madison. USA.
- Martin, M., F. Miceli, J.A. Morgan, M. Scalet, and G. Zerbi.** 1993. Synthesis of osmotically active substrates in winter wheat leaves as related to drought resistance of different genotypes. J. Agric. Crop Sci. 171: 176-184.
- Nicolase, M.E., R.M. Gleadow, and M.J. Dalling.** 1985. Effect of postanthesis drought on cell division and starch accumulation in developing wheat grains. Ann. Bot. 66: 665-672.
- Pessarkli, M.** 1999. Hand Book of Plant and Crop Stress. Marcel Dekker Inc. 697.
- and mobilization in wheat: I. postanthesis changes in internode dry matter. Crop Sci. 46: 735- 746.
- Ingram, J. and D. Bartles.** 1996. The molecular basis of dehydration tolerance in plants. Ann. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol. 47: 377-403.
- Jaleel, C.A., P. Manivannan, A. Wahid, M. Farooq, R. Somasundaram, and R. Panneerselvam.** 2009. Drought stress in plants: a review on morphological characteristics and pigments composition. Int. J. Agric. Biol. 11: 100-105.
- Jeschks, W.D.** 1984. K⁺ Na⁺ exchange at cellular membranes, intracellular compartmentation, and salt tolerance. In: R.C. Staples, G.H. Toenniessen, eds. Salinity Tolerance in Plants. New York: Wiley, 37.
- Jing, Y. and B. Huang.** 2001. Osmotic adjustment root growth associated wheat drought reconditioning enhanced heat tolerance in Kentucky bluegrass. Crop Sci. 41: 1168-1173.
- Jung, S.** 2004. Variation in antioxidant metabolism of young and mature leaves of *Arabidopsis thaliana* subjected to drought. Plant Science, 166: 459- 466.
- Kidambi, S., P.A.G. Matches, and T.P. Bolger.** 1990. Mineral concentration in alfalfa and sainfoin as influenced by soil moisture level. Agron. J. 82: 229- 236.
- Koch, K.E.** 1996. Carbohydrate modulated gene expression in plants; Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol. 47: 509-540.

- bean mesophyll cells. *J. Exp. Bot.* 51: 1243 - 1253.
- Shamsi, K. 2010.** The effects of drought stress on yield, relative water content, proline, soluble carbohydrates and chlorophyll of bread wheat cultivars. *J. Animal & Plant Science.* 3: 1051-1060.
- Siddique, M.R.B., A. Hamid, and M.S. Islam .2000.** Drought stress effects on water relations of wheat. *Bot. Bull. Acad. Sin.*41:35-39.
- Sween. D.W., J.H. Long, and M.B. Kirkham .2003.** A signal irrigation to improve early maturing soybean yield and quality. *Soil. Sci. Soc. Am. J.* 67: 235-240.
- Tanaka, A. and R.Tanaka .2006.** Chlorophyll metabolism. *Plant. Bio.* 9: 248- 255.
- Yin, X. and T.Y. Vyn. 2002.** Soybean responses to potassium placement and tillage alternatives following no-till. *Agronomy Journal.* 94: 1367 -1374.
- Pettigrew, W. T. 2004.** Physiological consequences of moisture deficit stress in cotton. *Crop Sci.* 44: 1265-1272.
- Rahimi, A., S. Madah Hosseini, M. Pooryoosef, and I. Fateh. 2010.** Variation of leaf water potential, relative water content and SPAD under gradual drought stress and stress recovery in two medicinal species of *Plantago ovata* and *P. psyllium*. *J. Plant Ecophysiology.* 2: 53-60.
- Santos, M.S. and N.O. Alejo .1994.** Effect of water stress on growth, osmotic potential and solute accumulation in cultivars from chili pepper. *Plant Sci.* 96: 21- 29.
- Slama, I., D. Messedi, T. Ghnaya, A. Savoure, and C. Abdelly .2006.** Effects of water deficit on growth and proline metabolism in *Sesuvium portulacastrum*. *Environmental and Experimental Botany.* 56: 231-238.
- Shabala, S., O. Babourina, and L. Newman .2000.** Ion-specific mechanisms of osmo-regulation in