نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۷، شماره ۱، بهار ۱۳۹۲، ص. ۳۵-۲۷
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

Journal of Horticultural Science
Vol. 27, No. 1, Spring 2013, P. 27-35
ISSN: 2008 - 4730

بررسی اثرات تنش خشکی بر رشد و خصوصیات فیزیولوژیکی گیاه شوید (*Anethum graveolens* L.)

زهرا ستایش‌مهر[1*] - علی گنجعلی[2]

تاریخ دریافت: ۹۰/۹/۱۲
تاریخ پذیرش: ۹۱/۸/۲

چکیده

به منظور بررسی واکنش گیاه دارویی شوید به تنش خشکی در مرحله رشد رویشی آزمایشی در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار انجام شد. در این تحقیق صفات مورفوفیزیولوژیک گیاه شوید در شرایط آبکشت و در محیط تنش با پتانسیل‌های اسمزی شامل: صفر (شاهد)، ۱/۵-، ۲-، ۲/۵- و ۳- بار مورد بررسی قرار گرفت. نتایج آنالیز واریانس مشاهدات نشان داد که، تنش خشکی تاثیر معنی‌داری ($p\leq۰/۰۱$) بر ویژگی‌های ظاهری مانند طول ساقه، طول ریشه، سطح برگ و تعداد برگ داشت. مقایسه میانگین تیمارها نشان داد که، با افزایش تنش خشکی کلیه صفات فوق کاهش یافتند. همچنین تنش خشکی تاثیر معنی‌داری ($p\leq۰/۰۱$) بر میزان کلروفیل a، b و کل، کاروتنوئید، پروتئین‌های محلول، ترکیبات فنلی و عناصر پتاسیم، فسفر و کلسیم بخش هوایی و ریشه داشت. همچنین تنش خشکی تاثیر معنی‌داری بر نسبت کلروفیل a/b داشت ($p\leq۰/۰۵$). مقایسه میانگین تیمارها نشان داد که، با افزایش تنش، میزان کلروفیل، کاروتنوئید، پروتئین‌های محلول، غلظت عناصر پتاسیم، فسفر و کلسیم بافت و نسبت پتاسیم بخش هوایی به ریشه کاهش یافت، در حالی که میزان ترکیبات فنلی بخش هوایی و ریشه افزایش یافت. در این آزمایش نسبت طول ساقه به ریشه و نسبت پتاسیم بخش هوایی به ریشه تحت تاثیر تنش خشکی قرار نگرفتند ($p\leq۰/۰۵$). به طور کلی گیاه دارویی شوید به تنش خشکی توسط افزایش سطوح ترکیبات فنلی واکنش نشان می‌دهد.

واژه‌های کلیدی: صفات مورفولوژیکی، کلروفیل، پروتئین، ترکیبات فنلی

مقدمه

در میان فلور غنی ایران که بیش از ۷۵۰۰ گونه گیاهی را در بر می‌گیرد، تعداد زیادی از آنها را گیاهانی تشکیل می‌دهند که به دلایلی دارویی نامیده می‌شوند. با توجه به اثرات سوء داروهای شیمیایی و سنتزی، بشر از اواخر قرن بیستم رویکردی مثبت به سمت جایگزین کردن فرآورده‌های دارویی گیاهان به جای داروهای شیمیایی داشته است، به همین دلیل گیاهان دارویی از اهمیت اقتصادی بالایی برخوردارند (۵).

شوید با نام علمی (*Anethum graveolens* L.)، از خانواده جعفری یا چتریان (Apiaceae) گیاهی یکساله دارای برگ‌های سبز روشن و پر مانند است. میوه‌های شوید به صورت دانه‌های ریز، خشک و پهن، به رنگ قهوه‌ای کمرنگ و دارای باله‌های بسیار ظریفی می‌باشند (۲). شوید دارای مصارف غذایی و دارویی است که از مواد موثره آن در درمان درد معده، سرما خوردگی، سرفه، مشکلات ادراری، نفخ، تشنج و اسپاسم استفاده می‌شود(۳).

خشکی یکی از مهمترین تنش‌های غیر زیستی و عامل محدود کننده تولید موفقیت‌آمیز محصولات گیاهی در سراسر جهان محسوب شده و اثرات نامطلوبی بر رشد و نمو گیاه و سایر فرآیندهای متابولیکی دارد. تنش خشکی از طریق تاثیر بر برخی از فرآیندهای متابولیسمی باعث تغییر در رفتار و نهایتا" مقاوم‌سازی گیاه در مقابل برخی تنش‌ها می‌شود (۴۴). کاهش فشار تورژسانس می‌تواند اولین اثر ناشی از تنش خشکی باشد که سرعت رشد سلول و اندازه نهایی آن را متاثر ساخته و احتمالاً حساس‌ترین فرآیند سلولی به تنش است (۱۱). سازش گیاهان به تنش خشکی نتیجه تغییر بسیاری از مکانیزم‌های مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی است که منجر به تغییراتی در سرعت رشد گیاه، هدایت روزنه‌ای، سرعت فرآیند فتوسنتز، فعالیتهای آنزیمی و ... می‌شود. توانایی گیاهان برای سازش به تنش‌های محیطی بستگی به نوع، شدت و مدت تنش و همچنین

۱- مربی گروه زیست شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه زابل
(*-نویسنده مسئول: Email: Setayeshmehr.zahra@yahoo.com)
۲- استادیار گروه زیست شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه فردوسی مشهد

گونه گیاهی و مرحله وقوع تنش دارد (۴۴).

دو پاسخ مهم گیاه به تنش خشکی، کاهش سطح برگ و افزایش نسبت ریشه به ساقه[1] است. در تنش خشکی پاسخ برگ نسبت به ریشه و ساقه بیشتر است. قابلیت دسترسی به آب نقش مهمی در ساختار برگ دارد. کاهش تعداد و سطح برگ در شرایط تنش خشکی، سبب کاهش ناحیه سطحی تعرق، افزایش جذب آب از خاک و در نهایت مقاومت گیاه در برابر تنش می‌شود. کاهش سطح برگ می‌تواند ناشی از کاهش تقسیم سلولی و همچنین ریزش و پیری برگ باشد (۲۵ و ۳۴) و افزایش نسبت ریشه به ساقه عمدتا مربوط به کاهش بیشتر بیومس اندام هوایی نسبت به ریشه در شرایط تنش خشکی است. سیستم ریشه‌ای در جذب آب اهمیت زیادی دارد. سیستم‌های ریشه‌ای عمیق و گسترده قادرند رطوبت را از بخشهای زیرین خاک با کارایی بالاتر جذب نمایند. بنابراین توسعه سیستم ریشه‌ای، سبب افزایش کارایی جذب آب از خاک می‌شود. شواهد موجود حاکی از آن است که افزایش ABA در پتانسیل های پایین آب، اثرات متفاوتی بر رشد ریشه و اندام‌های هوایی دارد، به طوری که رشد اندام‌های هوایی را متوقف ساخته اما رشد ریشه تداوم می‌یابد (۱۴).

عوامل محدود کننده فتوسنتز در تنش خشکی در دو گروه عوامل محدود کننده روزنه‌ای و غیر روزنه‌ای قرار می‌گیرند. از عوامل محدود کننده غیر روزنه‌ای می‌توان به کاهش و یا توقف سنتز رنگیزه‌های فتوسنتزی از جمله کلروفیل‌ها و کاروتنوئیدها اشاره کرد (۳۳). به نظر می‌رسد که کاهش غلظت کلروفیل به دلیل اثر کلروفیلاز، پراکسیداز و ترکیبات فنلی و در نتیجه تجزیه کلروفیل باشد (۴۰). کاهش محتوای کلروفیل a، b و کاروتنوئیدها با افزایش تنش خشکی در لوبیا و نیشکر گزارش شده است (۴۰ و ۴۵).

در گیاه تحت تنش خشکی، گونه‌های واکنشگر اکسیژن (پراکسید هیدروژن، سوپر اکسید و رادیکال هیدروکسیل) تجمع می‌یابند. گونه‌های اکسیژن از طریق پراکسیداسیون لیپیدها، تخریب پروتئین‌ها و ... ایجاد تنش ثانویه اکسیداتیو کرده که منجر به خسارات جدی به ساختارهای سلولی می‌شود (۳۸). یکی از مکانیسم‌های دفاع غیر آنزیمی برای مقابله با تنش اکسیداتیو القاء شده توسط خشکی در گیاهان، تجمع ترکیبات فنلی است. ترکیبات فنلی به عنوان گیرنده رادیکال‌های آزاد عمل کرده و سبب مقاومت گیاهان در برابر تنش‌های اکسیداتیو می‌شوند (۳۷).

تنش خشکی با تولید گونه‌های واکنشگر اکسیژن سبب اکسیداسیون اسیدهای آمینه به گروه‌های کربونیل و متعاقبا آسیب رساندن به پروتئین‌ها شده و پروتئین‌های تغییر شکل یافته تحت تاثیر پروتئازها واسرشت می‌شوند (۴۱). کاهش کل پلی‌زوم‌های اتصالی به غشا می‌تواند به عنوان عاملی برای مهار سنتز پروتئین در طی تنش خشکی مطرح باشد (۱۴). بررسی‌ها نشان می‌دهد که تجزیه و هیدرولیز پروتئین‌های تیلاکوئیدی موجود در کلروپلاست در شرایط تنش منبع با ارزشی برای اشکال قابل تحرک نیتروژن است (۲۸).

تنش خشکی جذب مواد غذایی بوسیله ریشه‌ها و انتقال این مواد به ساقه را کاهش می‌دهد که این کاهش به دلیل محدود شدن سرعت تعرق، آسیب رساندن به انتقال فعال و کاهش قابلیت نفوذ غشایی است. جذب مواد غذایی از محلول خاک با وضعیت آب خاک ارتباط دارد، به طوری که با کاهش رطوبت خاک جریان انتشاری مواد غذایی از خاک به سطح ریشه‌ها کاهش می‌یابد (۶). فاطمی و ایوانز (۱۶) با مطالعه تاثیر تنش خشکی بر جذب مواد غذایی (سدیم، فسفر و پتاسیم) گزارش کردند که دلیل کاهش جذب مواد توسط ریشه گیاهان در خاک خشک دسترسی کمتر گیاه به عناصر غذایی می‌باشد.

با توجه به اهمیت دارویی و غذایی گیاه شوید، بررسی و شناخت مجموعه خصوصیات مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی موثر در بهبود تحمل به خشکی گیاه از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. لذا آزمایش با هدف مطالعه خصوصیات مورفولوژیکی، تغییرات رنگیزه‌های فتوسنتزی مانند کلروفیل و کاروتنوئید، میزان پروتئین‌های محلول، ترکیبات فنلی و عناصر غذایی پتاسیم، فسفر و کلسیم در شرایط تنش خشکی انجام شد.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی اثرات تنش خشکی بر مرحله رویشی شوید، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار انجام شد. بذرهای گیاه شوید (توده بومی) پس از ضد عفونی با هیپوکلریت سدیم ۰/۵ درصد و شستشو با آب مقطر استریل، جهت جوانه‌زنی در سینی‌های پلاستیکی در محیط تاریک کشت شدند. گیاهچه‌ها در مرحله دو برگی به منظور ایجاد تطابق، به مدت ۲ الی ۳ روز در روشنایی نگاه داشته شدند. هر واحد آزمایشی در این مرحله از یک ظرف پلاستیکی به حجم ۱۰۰۰ میلی‌لیتر که حاوی محلول غذایی هوگلند[2] بود، تشکیل شد. سطوح مختلف تنش خشکی شامل صفر، ۱/۵-، ۲-، ۲/۵- و ۳- بار بوسیله پلی اتیلن گلایکول ۶۰۰۰ مطابق روش میچل و کافمن (۲۹) تهیه و در هر یک از ظرف‌ها ایجاد شد. ۷ عدد گیاهچه تقریباً هم اندازه و سالم انتخاب و به ظرف‌های حاوی محلول غذایی و پلی اتیلن گلایکول ۶۰۰۰ انتقال یافتند. ظروف از جنس پلی‌اتیلن (پلاستیک) انتخاب شدند که برای استقرار گیاهچه‌ها از حلقه‌های پلاستیکی و پنبه استفاده گردید. اکسیژن لازم برای تنفس ریشه‌ها از طریق پمپ‌های که بدین منظور طراحی شده

1- Root to Shoot (R/S)

۲- محلول هوگلند شامل ترکیبات $Ca(NO_3)_2$، KNO_3، $MgSO_4$، KH_2PO_4، Fe-EDTA و عناصر میکرو فاقد آهن (H_3BO_3، $MnCl_2$، $CuSO_4.4H_2O$، $ZnSo_4.7H_2O$، H_2Moo_4) می‌باشد.

بودند، استفاده شد. تعویض محلول‌ها هفته‌ای یک‌بار و هر ۴۸ الی ۷۲ ساعت آب تبخیر شده از ظروف با محلول غذایی ۱۰ درصد جایگزین شد. گیاهچه‌ها در فیتوترون با دمای ۲ ±۲۱ درجه سانتی‌گراد و دوره نوری ۱۶ و ۸ ساعت به ترتیب روشنایی و تاریکی رشد نمودند (شکل ۱).

گیاهچه‌ها پس از یک ماه رشد از گلدان ها خارج و ویژگی‌های ظاهری مانند طول ساقه، طول ریشه، نسبت طول ساقه به ریشه، سطح برگ و تعداد برگ اندازه‌گیری شد. برای این منظور قسمت‌های مختلف گیاه (ریشه، ساقه و برگ) از یکدیگر تفکیک شد. سطح سبز گیاه توسط دستگاه اندازه‌گیری سطح برگ و طول ریشه و ساقه با استفاده از خط کش اندازه گیری شد.

شکل ۱- نمایی کلی ازکشت هیدروپونیک در روز اول پس از انتقال گیاهچه‌ها

اندازه‌گیری محتوای کلروفیل و کارتنوئید

برای اندازه‌گیری کلروفیل و کارتنوئید از روش آرنون (۱۹۴۹) استفاده شد (۷). بدین ترتیب که ۰/۰۳ گرم برگ تر گیاه شوید با ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۰۱ گرم وزن و سپس در هاون چینی با استن به صورت تدریجی سائیده شد. در هر مرحله محلول شفاف رویی به بالن ژوژه ۲۵ میلی‌لیتری منتقل گردید. سپس حجم محلول با استن به ۲۵ میلی‌لیتر رسید. محلول حاصل سانتریفیوژ و جذب نوری در طول موج های ۴۸۰، ۵۱۰، ۶۴۵ و ۶۶۳ نانومتر بوسیله اسپکتروفتومتر UV/Vis مدل Jas.Co ۷۸۰۰ اندازه‌گیری شد. در نهایت مقدار کلروفیل و کارتنوئید برحسب میلی‌گرم در گرم بافت تر برگ از طریق فرمول‌های زیر محاسبه شد:

گرم بافت / {۱۲/۷(A۶۶۳) −۲/۶۹(A ۶۴۵)} ×V/W×۱۰۰۰ = میلی گرم کلروفیل a −۱

گرم بافت / {۲۲/۹(A۶۴۵) −۴/۶۸(A۶۶۳)} ×V/W×۱۰۰۰ = میلی گرم کلروفیل b −۲

گرم بافت / {۲۰/۲(A۶۴۵) −۸/۰۲(A۶۶۳)} ×V/W×۱۰۰۰ = میلی گرم کلروفیل کل −۳

گرم بافت / {۲۲/۹(A۶۴۵) −۴/۶۸(A۶۶۳)} ×V/W×۱۰۰۰ = میلی گرم کارتنوئید −۴

اندازه‌گیری میزان پروتئین‌های محلول

برای اندازه‌گیری میزان پروتئین از روش لوری استفاده شد (۲۶). در نهایت شدت رنگ بوسیله اسپکتروفتومتر با استفاده از آلبومین سرم گاوی به عنوان منحنی استاندارد در طول موج ۶۶۰ نانومتر اندازه‌گیری شد و نتایج براساس میلی‌گرم در گرم بافت خشک گیاه ارائه شد.

اندازه‌گیری میزان ترکیبات فنلی

سنجش ترکیبات فنلی با استخراج فنل‌های ریشه و بخش هوایی توسط اتانول و با استفاده از روش فولین سیوکالتو انجام شد (۳۹). در نهایت شدت رنگ بوسیله اسپکتروفتومتر با استفاده از کاتکول به عنوان منحنی استاندارد در طول موج ۷۲۵ نانومتر اندازه‌گیری و نتایج بر اساس میلی‌گرم در گرم بافت‌تر گیاه ارائه شد.

اندازه‌گیری میزان پتاسیم و کلسیم

برای اندازه‌گیری میزان پتاسیم و کلسیم، به مقداری بافت خشک ریشه و بخش هوایی اسید نیتریک غلیظ اضافه شد و بعد از حدود ۴۸ تا ۷۲ ساعت با استفاده از اجاق برقی، محلول‌ها تا دمای تبخیر حرارت داده شدند و در انتها میزان پتاسیم محلول توسط دستگاه نورسنج شعله‌ای مدل Corning و کلسیم محلول بوسیله دستگاه نورسنج شعله‌ای مدل Jenway.PFP7 اندازه‌گیری شد. با استفاده از تهیه محلول‌های استاندارد، غلظت عناصر پتاسیم و کلسیم در محلول بافت گیاهی تعیین و در نهایت درصد عناصر مزبور در بافت مورد نظر محاسبه شد.

اندازه‌گیری میزان عنصر فسفر

برای تعیین میزان فسفر ریشه و بخش هوایی، از روش کالرومتری یا رنگ سنجی استفاده شد و در نهایت جذب آن در طول موج ۷۳۰ نانومتر با استفاده از محلول‌های استاندارد فسفر در محدوده ۱۰۰-۱۰ppm اندازه‌گیری و نتایج بر اساس درصد فسفر در بافت مورد نظر محاسبه شد.

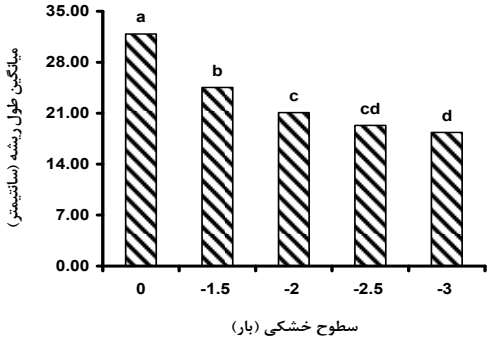
تجزیه و تحلیل آماری

مشاهدات پس از جمع‌آوری بوسیله نرم‌افزارهای MSTATC و JMP تجزیه واریانس شدند و میانگین‌ها توسط آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال خطای ۱ و ۵ درصد مقایسه شدند. نمودارها توسط نرم‌افزار Excel ترسیم شدند.

نتایج و بحث

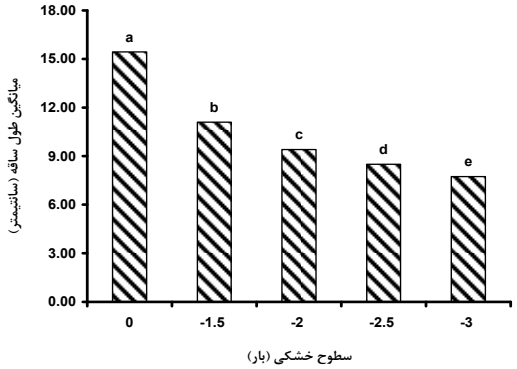
تفاوتهای معنی‌داری میان سطوح مختلف تنش خشکی از نظر طول ریشه وجود داشت. بیشترین میزان طول ریشه در تیمار شاهد و کمترین مقدار آن در پتانسیل ۳- بار مشاهده شد (شکل ۲). ویژگی داشتن ریشه‌های گسترده در گیاه علاوه بر اینکه یک خصوصیت ژنتیکی است، به شرایط محیطی رشد گیاه نیز وابسته است. کمبود آب نه تنها مانع توسعه ریشه شده، بلکه سبب چوب پنبه‌ای شدن و کاهش توانایی آن در جذب آب و عناصر غذایی نیز می‌گردد (۱).

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌های آزمایشی نشان داد که تنش خشکی تاثیر معنی‌داری بر طول ساقه داشت، به طوری که با افزایش سطوح خشکی طول ساقه کاهش یافت (شکل ۳). کاهش طول ساقه در جعفری با افزایش تنش خشکی مشاهده شده است (۳۵). تنش خشکی سبب کاهش فشار آماس و در نتیجه کاهش رشد و توسعه سلول‌ها می‌شود (۱۱). کاهش سطح برگ و متعاقب آن کاهش فتوسنتز می‌تواند به عنوان عوامل محدود کننده رشد ساقه در طی تنش مطرح باشد (۱۱). میرحسینی ده‌آبادی (۱۹۹۴) اظهار داشت که گیاهان تحت تنش خشکی شدید نسبت به تیمار شاهد دارای شاخه‌های کوچکتری بودند و رشد ساقه‌ها و شاخه‌های آن‌ها نیز آهسته‌تر بود. علت این امر سوخت و ساز کم‌تر و سطح برگ کم‌تر در واحد طول ساقه عنوان شده است (۳۰).

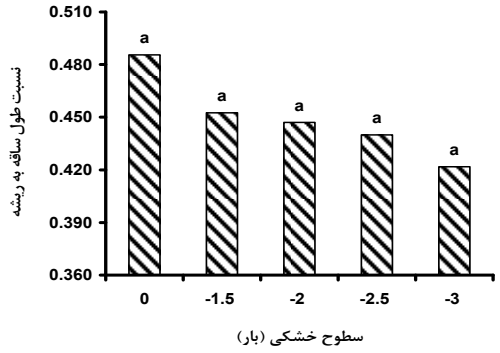


شکل ۲- میانگین طول ریشه در سطوح مختلف تنش خشکی (ستون‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند، مطابق آزمون دانکن تفاوت معنی‌داری ندارند (p≤۰/۰۵))

نتایج تجزیه واریانس مشاهدات نشان داد که تنش خشکی تاثیر معنی‌داری بر نسبت طول ساقه به ریشه نداشت (شکل ۴). شواهد موجود حاکی از آن است که افزایش ABA در پتانسیل‌های پایین آب اثرات متفاوتی بر رشد اندام هوایی و ریشه دارد، به طوری که رشد اندام‌های هوایی را متوقف ولی رشد ریشه تداوم می‌یابد (۱۴). در هنگام پسابیدگی، اکسپانسین ها[1] (خانواده‌ای از پروتئین‌های ضروری در شل شدن دیواره سلولی القاء شده با اسید) در ناحیه راسی ریشه بیش از حد بیان شده و نقش مهمی را در رشد و طویل شدن ریشه دارند (۹).



شکل ۳- میانگین طول ساقه در سطوح مختلف تنش خشکی (ستون‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند، مطابق آزمون دانکن تفاوت معنی‌داری ندارند (p≤۰/۰۵))



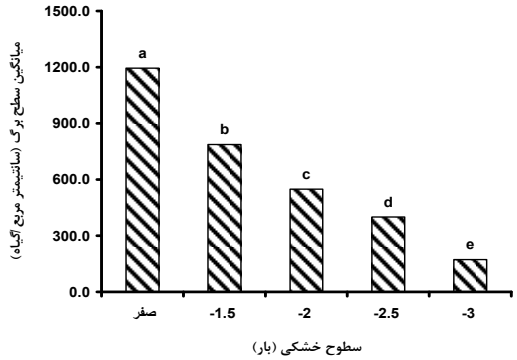
شکل ٤- میانگین نسبت طول ساقه به ریشه در سطوح مختلف تنش خشکی (ستون‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند، مطابق آزمون دانکن تفاوت معنی‌داری ندارند (p≤۰/۰۵))

نتایج تجزیه واریانس مشاهدات نشان داد که تنش خشکی تاثیر معنی‌داری بر سطح برگ داشت، به طوری که کاهش سطح برگ در پتانسیل ۳- بار نسبت به شاهد به میزان ۸۵/۵ درصد بود (شکل ۵). کاهش سطح برگ در شرایط تنش خشکی در سایر بررسی‌ها نیز گزارش شده است (۱۲ و ۲۲). کابوسلی و همکاران (۱۲) بیان نمودند که کاهش سطح برگ در گیاه برنج، راهبردی برای بهبود تحمل به خشکی است. احتمالا کاهش سطح برگ به دلیل کاهش محتوای نسبی آب و متعاقبا کوچک شدن اندازه سلول‌ها، کاهش تقسیم سلول‌های مریستمی و در نتیجه کند شدن رشد برگ، توقف تولید برگ، تسریع پیری و متعاقب آن ریزش برگ‌ها می‌باشد (۲۵ و ۳۴).

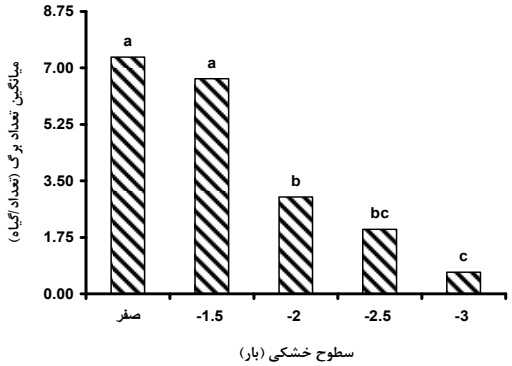
نتایج مربوط به تعداد برگ نشان داد که این صفت تحت تاثیر تنش خشکی قرار می‌گیرد. مقایسه میانگین سطوح مختلف تنش

1 - Expansins

خشکی نشان داد که با کاهش پتانسیل آب، تعداد برگ کاهش یافت (شکل ۶). به نظر می‌رسد که خشکی روی تشکیل سلول‌های اولیه برگ و تمایز آن‌ها تاثیر گذاشته و سبب کاهش تعداد برگ می‌شود (۲۵). خورانا و سینگ (۲۳) نشان دادند که کاهش سطح و تعداد برگ در اثر افزایش تنش خشکی سبب کاهش اتلاف آب و تعرق و متعاقب آن افزایش مقاومت گیاهان در برابر خشکی می‌شود. ریزش و متعاقب آن کاهش تعداد برگ در شرایط تنش خشکی یک سازش مورفولوژیکی و عاملی برای انتشار مجدد مواد غذایی در گیاه است (۳۲).



شکل ۵- میانگین سطح برگ در سطوح مختلف تنش خشکی (ستون‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند، مطابق آزمون دانکن تفاوت معنی‌داری ندارند ($p\leq ۰/۰۵$))



شکل ٦- میانگین تعداد برگ در سطوح مختلف تنش خشکی (ستون‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند، مطابق آزمون دانکن تفاوت معنی‌داری ندارند ($p\leq ۰/۰۵$))

نتایج تجزیه واریانس مشاهدات نشان داد که تنش خشکی تاثیر معنی‌داری بر میزان کلروفیل a، b و کل داشت. نتایج مقایسه میانگین تاثیر سطوح مختلف تنش خشکی بر میزان کلروفیل، حاکی از کاهش میزان هر سه نوع کلروفیل با کاهش پتانسیل آب است (جدول ۱). درصد کاهش غلظت کلروفیل در پتانسیل ۳- بار نسبت به شاهد، ۴۵/۱ درصد در مورد کلروفیل کل، ۳۹/۶ درصد در مورد کلروفیل a و ۱۴/۳ درصد در مورد کلروفیل b است. کاهش میزان کلروفیل در شرایط تنش خشکی در سایر بررسی‌ها نیز گزارش شده است (۱۸، ۳۶ و ۴۳). اکسیائو و همکاران (۴۳) با اعمال تنش خشکی بر روی دو نژاد از *Populus cathayana* به مدت ۱۲ هفته و در شرایط گلخانه‌ای دریافتند که دلیل کاهش کلروفیل در شرایط تنش خشکی شدید، کندی سرعت سنتز و یا تجزیه سریع کلروفیل است. در ذرت دلیل کاهش محتوای کلروفیل در هنگام بروز تنش خشکی، کاهش کارآیی استفاده از کربن و افزایش تولید اتانول و لاکتات می‌باشد (۳۶). فینگر و همکاران (۱۸) با اعمال تنش خشکی بر میوه موز دریافتند که تنش، با افزایش تنفس و تولید اتیلن سبب فعالسازی آنزیم‌های مسیر کاتابولیسم کلروفیل (کلروفیلاز، پراکسیداز و لیپوکسیژناز) و متعاقب آن تجزیه کلروفیل و زرد شدن میوه موز می‌شود. از عوامل دیگر کاهش محتوای کلروفیل در هنگام مواجه گیاهان با تنش خشکی، تولید گونه‌های واکنش‌گر اکسیژن و متعاقب آن پراکسیداسیون لیپیدها و تخریب کلروفیل است(۴۳).

نتایج مشاهدات مربوط به نسبت کلروفیل a به b نشان داد که با افزایش تنش خشکی، این نسبت به صورت معنی‌داری کاهش یافت، با این حال اختلاف معنی‌داری در ارتباط با این صفت مشاهده نشد ($p\leq ۰/۰۱$). مقایسه میانگین سطوح مختلف تنش خشکی حاکی از کاهش نسبت کلروفیل a به b با کاهش پتانسیل آب است (جدول ۱). در تنش‌های خشکی و شوری، به دلیل حساسیت بیشتر کلروفیل a به تنش خشکی و شوری، کاهش محتوای کلروفیل a بیشتر از b است (۲۰). اشرف (۸) بیان نمود که در دو رقم بامیه تحت تنش خشکی، محتوای کلروفیل a کاهش یافت، در حالی که کلروفیل b بدون تغییر باقی ماند. بنابراین در هر دو رقم کاهش قابل توجهی در نسبت کلروفیل a به b دیده شد.

نتایج تجزیه واریانس مشاهدات نشان داد که تنش خشکی تاثیر معنی‌داری بر میزان کاروتنوئید داشت. با کاهش پتانسیل آب و افزایش سطوح خشکی، میزان کاروتنوئید کاهش یافت (جدول ۱). میزان کاروتنوئید در پتانسیل ۳- بار نسبت به شاهد ۷۳/۸ درصد کاهش داشت. نتو و همکاران (۳۳) تغییرات متابولیکی را عامل کاهش سطوح رنگیزه‌های فتوسنتزی در گیاه ذرت خوشه‌ای در شرایط تنش خشکی بیان نمودند. این محققان گزارش کردند که کاهش کارآیی استفاده از کربن و افزایش تولید اتانول و لاکتات سبب کاهش سنتز کاروتنوئیدها و کلروفیل ها می‌شود. همچنین اعمال تنش خشکی در مرحله زایشی گیاه، تسریع پیری برگ و تجزیه رنگدانه‌های فتوسنتزی را در پی داشت. کاهش محتوای کاروتنوئید در شرایط تنش خشکی در سایر بررسی‌ها نیز گزارش شده است (۳۶ و۴۰) .

نتایج تجزیه واریانس داده‌های آزمایشی نشان داد که تنش خشکی تاثیر معنی‌داری بر میزان پروتئین‌های محلول بخش هوایی و ریشه داشت.

جدول ۱- نتایج میانگین میزان کلروفیل وکارتنوئید برگی تحت تاثیر سطوح مختلف تنش خشکی ناشی از PEG درشرایط آبکشت

پتانسیل (بار)	کلروفیل کل(میلی‌گرم در گرم بافت‌تر)	کلروفیل a (میلی‌گرم در گرم بافت‌تر)	کلروفیل b (میلی‌گرم در گرم بافت‌تر)	نسبت کلروفیل a به b	کارتنوئید (میلی‌گرم در گرم بافت‌تر)
صفر	۱/٦۳ a	۰/۹٦ a	۰/۳٥ a	۲/۷٤ a	۰/٤۲ a
-۱/٥	۱/٤٥ a	۰/۸۳a	۰/۳٤ a	۲/٥۷ ab	۰/۳۰ b
-۲	۱/۲٦ b	۰/۷۷b	۰/۳۳ b	۲/۳٦abc	۰/۲۳ c
-۲/٥	۰/۹۹ c	۰/٦۷c	۰/۳۰ c	۲/۱۹bc	۰/۱۹ c
-۳	۰/۸۹ c	۰/٥۸c	۰/۲۹ c	۱/۹۲c	۰/۱۱ d

در هر ستون میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک می‌باشند، مطابق آزمون دانکن تفاوت معنی‌داری ندارند (p≤۰/۰٥).

مقایسه میانگین سطوح مختلف تنش خشکی نشان داد که با کاهش پتانسیل آب، پروتئین‌های محلول بخش هوایی و ریشه کاهش یافت (جدول ۲). کاهش میزان پروتئین در پتانسیل ۳- بار نسبت به شاهد در مورد بخش هوایی ۵۸/۶ درصد و در مورد ریشه ۷۲ درصد بود. کاهش میزان پروتئین در سایر بررسی‌ها نیز گزارش شده است (۱۵ و ۳۱). محمد خانی و حیدری (۳۱) عامل کاهش میزان پروتئین-های محلول در گیاه ذرت تیمار شده با خشکی را افت شدید فرآیند فتوسنتز و متعاقب آن کاهش پیش‌ماده‌های تولید کننده پروتئین و در نهایت کاهش سنتز پروتئین‌ها بیان نمودند. برخی محققان رکود سنتز پروتئین‌ها را به کاهش تعداد پلی‌زوم‌های اتصالی به غشا نسبت داده-اند. احتمالا کاهش mRNA، تخریب و یا غیر فعال شدن ریبوزوم‌ها و کاهش سطح غشای سلولی سبب کاهش تعداد پلی‌زوم‌ها می‌شود (۱۵). فلر و همکاران (۱۷) گزارش کردند که تنش خشکی، بیان ژن-های کد کننده پروتئازهای درون سلولی را القا کرده و سبب تجزیه پروتئین‌ها و تحرک مجدد نیتروژن و متعاقب آن سنتز مواد محلول سازگاز می‌گردد (۱۷). از این رو به نظر می‌رسد که کاهش محتوای پروتئین تحت تنش خشکی با کاهش سنتز و افزایش فعالیت آنزیم-های تجزیه‌کننده پروتئین مرتبط باشد (۱۷) که این موضوع با یافته-های ما مطابقت دارد.

نتایج حاصل از تجزیه واریانس مشاهدات نشان داد که مقدار ترکیبات فنلی موجود در بخش هوایی و ریشه تحت تاثیر تنش خشکی قرار گرفتند. به طور کلی با افزایش تنش خشکی، ترکیبات فنلی بخش هوایی و ریشه افزایش یافت (جدول ۲). در شرایط تنش خشکی، به علت تضعیف سیستم ایمنی گیاه بادام زمینی (*Arachis hypogaea* L.)، مواد فنلی به همراه سایر آنزیمهای دفاعی در مقاومت علیه میکروارگانیسم‌ها افزایش می‌یابند (۲۴). از جمله مکانیسم‌های آنتی‌اکسیدانی گیاهان تحت تنش خشکی، افزایش سطوح ترکیبات فنلی است، چرا که این گونه ترکیبات به عنوان پالاینده‌های گونه‌های واکنش‌گر اکسیژن عمل کرده و در نتیجه سبب ثبات غشاهای سلولی و مانع از پراکسیداسیون لیپیدها می‌شوند (۱۳). تیان و لی (۲۰۰۶) در بررسی اثر تنش خشکی ناشی از پلی اتیلن گلایکول در گیاه گندم دریافتند که علت بالا رفتن سطوح ترکیبات فنلی، افزایش فعالیت و میزان آنزیم بیوسنتزی فنل‌ها (فنیل آلانین آمونیالیاز) است (۴۲). به نظر می‌رسد که کاهش محتوای پروتئین با افزایش ترکیبات فنلی همراه است (۱۰) که این موضوع با یافته‌های ما مطابقت دارد.

جدول ۲- نتایج میانگین میزان پروتئین و ترکیبات فنلی محلول بخش هوایی و ریشه تحت تاثیر سطوح مختلف تنش خشکی ناشی از PEG درشرایط آبکشت

پتانسیل (بار)	پروتئین بخش هوایی (میلی‌گرم در گرم بافت خشک)	پروتئین ریشه (میلی‌گرم در گرم بافت خشک)	ترکیبات فنلی بخش هوایی (میلی‌گرم در گرم بافت‌تر)	ترکیبات فنلی ریشه (میلی-گرم در گرم بافت‌تر)
صفر	۱۲۸/۰ a	۹٥/۳ a	۳/٤۱a	۲/۸۸a
-۱/٥	۱۰۷/۳ b	۷۱/٦ b	٤/۲٦b	۲/۹۱a
-۲	۹۳/۳ b	٦۰/۰ b	٥/۲۰c	۳/۰٤b
-۲/٥	٦۳/۳ c	۳٤/۰ c	٦/۱۳d	۳/۱۷c
-۳	٥۳/۰ c	۲٦/٦ c	٦/٦۸e	۳/۳۹d

در هر ستون میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک می‌باشند، مطابق آزمون دانکن تفاوت معنی‌داری ندارند (p≤۰/۰٥).

نتایج مشاهدات مربوط به پتاسیم بخش هوایی و ریشه نشان داد که تنش خشکی تاثیر معنی‌داری بر میزان پتاسیم داشت. با افزایش تنش خشکی، میزان پتاسیم در هر دو بخش ریشه و بخش هوایی کاهش یافت (جدول ۳)، به طوری که کاهش درصد پتاسیم در پتانسیل ۳- بار نسبت به شاهد در مورد بخش هوایی ۴۶/۷ درصد و در مورد ریشه ۳۸/۷ درصد بود. کوچنبوچ و همکاران (۲۳) دریافتند که کاهش محتوای آب خاک، سبب کاهش جذب پتاسیم توسط ریشه‌های پیاز شد. ظریف کتابی و همکارن (۴) گزارش کردند که تیمار خشکی بر چند گونه یونجه سبب کاهش تجمع پتاسیم در برگ شده است. دلیل این موضوع را کاهش جذب پتاسیم توسط ریشه اعلام نمودند. احتمالا علت کاهش پتاسیم در شرایط تنش خشکی، کاهش میزان حلالیت پتاسیم و متعاقبا کاهش جذب آن توسط ریشه‌های گیاه است. از طرف دیگر کلوئیدهای خاک با قدرت بیشتری پتاسیم را جذب می‌کنند و مانع جذب آن توسط ریشه می‌شوند (۲۷).

نتایج حاصل از تجزیه واریانس مشاهدات نشان داد که تنش خشکی تاثیر معنی‌داری بر نسبت پتاسیم بخش هوایی به ریشه نداشت. مقایسه میانگین سطوح مختلف تنش خشکی نشان داد که با کاهش پتانسیل آب، نسبت پتاسیم بخش هوایی به ریشه کاهش یافت (جدول ۳). اساگوو و همکاران (۳۴) با مطالعه تاثیر تنش خشکی بر *Ocimum gratissimum* دریافتند که میزان عناصر پتاسیم و کلسیم در برگ‌های گیاه کاهش یافت. آن‌ها علت این موضوع را حرکت این عناصر از برگ به ریشه پیشنهاد کردند، چون در این شرایط دو عنصر مذکور به عنوان محافظت کننده‌های اسمزی عمل کرده و سبب افزایش مقاومت گیاه به خشکی می‌شوند.

نتایج مشاهدات مربوط به میزان کلسیم بخش هوایی و ریشه موید آن است که تنش خشکی تاثیر معنی‌داری بر این دو صفت دارد. مقایسه میانگین سطوح مختلف تنش خشکی نشان داد که با کاهش پتانسیل آب و افزایش سطوح خشکی میزان این دو صفت کاهش یافت (جدول ۳). با کاهش رطوبت خاک، حرکت کلسیم از خاک به سطح ریشه کاهش می‌یابد، همچنین جذب کلسیم توسط گیاه عمدتا به سرعت تعرق بستگی دارد که در شرایط تنش خشکی، محدود شدن سرعت تعرق سبب کاهش جذب کلسیم می‌شود (۴۵). کاهش میزان کلسیم در شرایط تنش خشکی در گیاهان گندم (۹) و ذرت (۲۱) نیز گزارش شده است. اشرف (۹) دلیل پایین‌آمدن محتوای کلسیم در گیاه گندم را کاهش سرعت جذب کلسیم در طی تنش گزارش کرده است.

نتایج حاصل از تجزیه واریانس مشاهدات نشان داد که فسفر بخش هوایی و ریشه تحت تاثیر تنش خشکی قرار گرفتند، به طوری که با کاهش پتانسیل آب، این دو صفت کاهش یافتند (جدول ۲). در شرایط تنش خشکی، کاهش سرعت انتشار فسفر از خاک به سطح ریشه نسبت به سایر عناصر غذایی بیشتر است، چرا که یون فسفات به ذرات رس چسبیده و کمتر در دسترس ریشه گیاه قرار می‌گیرد (۲۷). بررسی‌ها در مورد گیاه سویا در شرایط تنش خشکی نشان داده است که توانایی جذب فسفر توسط ریشه‌های این گیاه ضعیف می‌باشد، دلیل این موضوع کاهش قابلیت تحرک فسفر در خاک‌هایی با محتوای پایین آب است، چرا که محتوای آب خاک بر واکنش‌های تجزیه‌ای و فعالیت‌های بیولوژیکی آن تاثیر گذار است (۲۷). هدیدی (۱۹) دریافت که با کاهش پتانسیل آب ناشی از حل شدن پلی اتیلن گلایکول در آب، جذب فسفر توسط ریشه گیاه لوبیا کاهش می‌یابد، وی دلیل این امر را ممانعت پلی اتیلن گلایکول از جذب و انتقال فسفر در آوندها و ساقه بیان کرد.

با توجه به نتایج بدست آمده از این تحقیق در رابطه با گیاه شوید می‌توان نتیجه‌گیری کرد که کشت گیاه شوید در شرایط تنش شدید خشکی (۲/۵- و ۳- بار) به دلیل عملکرد پایین پیکر رویشی، اقتصادی و قابل توصیه نمی‌باشد. همچنین در این آزمایش، گیاه شوید از افزایش سطوح ترکیبات فنلی به عنوان مکانیسم آنتی‌اکسیدان برای مقاومت در برابر تنش خشکی استفاده می‌کند.

جدول ۳- نتایج میانگین میزان عناصر پتاسیم، فسفر و کلسیم بخش هوایی و ریشه تحت تاثیر سطوح مختلف تنش خشکی ناشی از PEG در شرایط آبکشت

پتانسیل (بار)	درصد پتاسیم بخش هوایی	درصد پتاسیم ریشه	نسبت پتاسیم بخش هوایی به ریشه	درصد فسفر بخش هوایی	درصد فسفر ریشه	درصد کلسیم بخش هوایی	درصد کلسیم ریشه
صفر	۹/۳۳ a	۷/۵۲ a	۱/۲٤ a	۱/۲۰ a	۱/٤۹ a	۲/۸۲ a	۱/۰۲ a
-۱/۵	۷/٦۷ b	٦/٦۵ b	۱/۲۱ a	۰/۸٦ b	۱/۰۱ b	۲/۵۲ b	۰/۹٤ a
-۲	۷/۲۱ b	٦/۰۲ c	۱/۲۰ ab	۰/٦۸ c	۰/۷۸ c	۱/۹۷ c	۰/۷٤ b
-۲/۵	٦/۰۳ c	۵/۳۹ d	۱/۱۲ ab	۰/۵۷ cd	۰/٦۳ cd	۱/۳٦ d	۰/٦۷ b
-۳	٤/۸۵ d	٤/٦۱ e	۱/۰۸ b	۰/٤۵ d	۰/٤۹ d	۰/۸۱ e	۰/٤۷ c

در هر ستون میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک می‌باشند، مطابق آزمون دانکن تفاوت معنی‌داری ندارند ($p\leq ۰/۰۵$).

واضح است که اطلاعات بیشتر در رابطه بـا واکـنش گیاهـان بـه تنش خشکی لازم است و یافته‌های به دسـت آمـده از ایـن مطالعـات می‌تواند منجر به شناسایی و تولید گیاهان مقاوم به خشکی گردد.

منابع

۱- دلخوش ب.، شیرانی‌راد ا.ح.، نورمحمدی ق. و درویش ف. ۱۳۸۵. تاثیر تنش خشکی بر عملکرد مقدار کلروفیل ارقام کلزا. مجله علمی و پژوهشی علوم کشاورزی. ۲: ۳۶۶-۳۵۹.

۲- صفایی خرم م.، جعفرنیا ف.س. و خسرو شاهی س. ۱۳۸۷. مهمترین گیاهان دارویی جهان. انتشارات مجتمع آموزش کشاورزی سـبز ایـران. ۴۴۲ صفحه.

۳- قاسمی م. ۱۳۸۲. خواص درمانی میوه ها و سبزیجات. نشر تیهو. ۱۰۴ صفحه.

۴- ظریف کتابی ح. و کوچکی ع. ۱۳۷۹. تاثیر تنش خشکی بر رشد و برخی خصوصیات چند گونه یونجه یکساله در شـرایط گلخانـه. مجلـه علـوم و صنایع کشاورزی. ۱۴: ۵۸-۴۹.

۵- نجفی ف. ۱۳۸۰. اثر رژیم های مختلف آبیاری و تراکم بر کمیت و کیفیت گیاه دارویی اسفرزه. پایان نامـه کارشناسـی ارشـد زراعـت، دانشـکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد.

6- Arndt S.K.K., Clifford S.C., Wanek W., Jones H.G. and Popp M. 2001. Physiological and morphological adaptations of the fruit tree *Ziziphus rotundifolia* in response to progressive drought stress. Tree Physiology, 21: 705-715.

7- Arnon D.T. 1949. Copper enzymes in isolation chloroplast phenoloxidase in *Beta vulgaris*. Plant Physiology, 24: 1-15.

8- Ashraf M. and Naz F. 1994. Responses of some arid zone grasses to K deficiency. Acta physiology Plant, 16: 69-80.

9- Bartels D. and Sunkar R. 2005. Drought and salt tolerance in Plants. Critical Reviews in Plant Sciences. 24: 23-10.

11- Bhatt R.M. and Srinivasa-Rao N.K. 2005. Influence of pod load on response of okra to water stress. Indian Journal Plant Physiology, 10: 54-59.

12- Cabuslay G.S., Ito O. and Alejar A.A. 2002. Physiological evaluation of responses of rice (*Oryza sativa* L.) to coater deficit. Plant Science, 163: 815-827.

13- Chang, W.C., Kim, S.C., Hwang, S.S., Choi, B.K. and Kim, S.K. 2002. Antioxidant activity and free radical scavenging capacity between Korean medicinal plants and flavonoids by assay-guided comparison. Plant Science, 163: 1161-1168.

14- Creelman R.A., Mason H.S., Bensen R.J., Boyer J.S. and Mullet J.E. 1990. Water deficit and abscisic acid cause differential inhibition of shoot versus root growth in soybean seedlings. Plant Physiology, 92: 205-214.

15- Dhindsa R.S. and Clenland R.E. 1975. Water stress and protein synthesis. Plant Physiology, 55: 782-785.

16-Fatemy F. and Evans K. 1986. Effects of *Globodera rostochiensis* and water stress on shoot and root growth and nutrient uptake of potatoes. Revune Nematol, 9: 181-184.

17- Feller U. 2004. Proteolysis. In: Plant Cell Death Processes. Ed. Elsevier, 107-123.

18- Finger F.L., Puschmann R. and Barros R.S. 1995. Effects of water loss on respiration, ethylene production and ripening of banana fruit. Revista Brasileira De Fisiologia Vegtal, 7: 115-118.

19- Hadidi A. 1999. Germination and early growth of tea common bean cultivars as affected by water stress and seed size. Direct Agricultural Science, 26: 23-25.

20-Jaleel C.A., Manivannan P., Wahid A., Farooq M., Jasim H., Somasundaram R. and Pannerselvam R. 2009. Drought stress in plants: a review on morphological characteristics and pigments composition. International Journal of Agriculture and Biology, 11: 100-105.

21- Kaya C., Levant J. and David H. 2006. Effect of silicon and plant growth and mineral nutrition of maize grown under water stress conditions. Journal of Plant Nutrition, 29: 1469-1480.

22- Khurana E. and Singh J.S. 2000. Influence of seed size on seedling growth of *Albizia procera* under different soil water levels. Annals of Botany, 86: 1185-1192.

23- Kuchenbuch R., Claasen N. and Jungk A. 1986. Potassium availability in relation to soil moisture, II calculations by means of a mathematical simulation model. Plant and Soil, 95: 233-243.

24- Latha P., Sudhakar P. and Sreenivasula Y. 2007. Relationship between total phenol and aflatoxin production of peanut genotypes under end-of-season drought conditions. Acta Physiology Plant, 29: 563-566.

25- Lobato, A.K.S., Oliveira Neto C.F., Santos Filho B.G., Costa R.C.L., Cruz F.J.R., Neves H.K.B. and Lopes M.J.S. 2008. Physiological and biochemical behavior in soybean (*Glycine max* cv. Sambaiba) plants under water deficit. Australian Journal Crop Science, 2: 25-32.

26- Lowry O.H., Rosebrough N.J., Farr A.L. and Randall R.J. 1995. Protein measurement with the folin phenol reagent.

Journal Biology Chemistry, 193: 265-276.
27- Marschner H. 1995. Mineral Nutrition of Higher Plants. Academic Press. London, 549-561.
28. Martin B. and Torres N.A.R. 1992. Effects of water deficits stress on photosyntesis, its components and component limitations and on water use efficiency in wheat. Plant Physiology, 100: 733-739.
29- Michel B.F. and Kaufmann M.R. 1973. The osmotic potential of polyethylene glycol 6000. Plant Physiology, 57: 914-916.
30- Mir-Hosseni-Dehabadi S.R. 1994. The effect of water relation carbon isotope discrimination and shoot and root growth of sainfoin (*Onobrychis visifolia* Scope) and Lucerne (*Medicago sativa* L.). Ph.D. Thesis. Massey Universitiy. Newzealand, Pp. 364.
31- Mohammadkhani N. and Heidari R. 2008. Effects of drought stress on soluble proteins in two maize varieties. Turkish Biology, 32: 23-30.
32- Munne-Bosch S. and Alegre L. 2004. Die and let live: leaf senescence contributes to plant survival under drought stress. Funetional Plant Biology, 31: 203-216.
33- Oliviera-Neto C.F., Silva-Lobato A.K., Goncalves-Vidigal M.C., Costa R.C.L., Santos.Filho B.G., Alves G.A.R., Silva-Maia W.J.M., Cruz F.J.R., Neres H.K.B. and Santos Lopes M.J. 2009. Carbon compounds and chlorophyll contents in sorghum submitted to water deficit during three growth stages. Science and Technology, 7: 588-593.
34- Osuagwu G.G.E., Edeoga H.O. and Osuagwu A.N. 2010. The influence of water stress (drought) on the mineral and vitamin potential of the leaves *Ocimum gratissimum* L. Recent Research in Science and Technology, 2: 27-33.
35- Petropoulos S.A., Polissiou M.G. and Passam H.C. 2008. The effect of water deficit stress on the growth, yield and composition of essential oils of parsley. Science Horticultural, 115: 393-397.
36- Piekielek W.P. and Fox R.H. 1992. Use of a chlorophyll meter to predict sidedress nitrogen requirements for maize. Agronomy Journal, 84: 59-65.
37- Schaller, G. and Kieber, J. 2002. Ethylene. American Society Plant Biologists, 1-17.
38- Sharma, P. and Dubey, R.S. 2005. Drought induces oxidative stress and enhances the activities of antioxidant enzymes in growing rice seedlings. Plant Growth Regulation, 46: 209-221.
39- Shehab G.G., Ahmed O.K. and El-Beltagi H.S. 2010. Effects of various chemical agents for alleviation of drought stress in rice plants (*Oryza sativa* L.). Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca, 38: 139-148**.**
40- Silva M.A., Jifon J.L., Silva J.A.G. and Sharma V. 2007. Use of physiological parameters as fast tools to screen for drought tolerance in sugarcane. Brazilian Journal of Plant Physiology, 19: 193-201.
41- Takeda, T., Yokota, A. and Shigeoka, S. 1995. Resistance of photosynthesis to hydrogen peroxide in algae. Plant Cell Physiology, 36: 1089-1095.
42- Tian, X. and Y. Lei (2006). Nitric oxide treatment alleviates drought stress in wheat seedlings. Biologia Plantarum, 50 (4):775-778.
43- Xiao X., Xu X. and Yang F. 2008. Adaptive responses to progressive drought stress in two *Populus cothayana* populations. Silva Fennica, 42: 705-719.
44- Yordanov V. and Tsoev T. 2000. Plant responses to drought, acclimation and stress tolerance. Photosynthica, 38: 171-186.
45- Yu X., Du X. and Song L. 2007. Effects of water stress on the growth and ecophysiology of seedlings of the *Rhus typhina*. Scientia Silvge Sinicae, 43: 57-61.
46- Zayed M.A. and Zeid I.M. 1998. Effect of water and salt stresses on growth, chlorophyll, mineral ions and organic solutes contents, and enzymes activity in mung been seedlings. Biologia plantarum, 40: 51-356.