Archive of SID

تجمع ماده خشک و تولید متابولیت‌های سازگار در شش ژنوتیپ نخود تحت سطح مختلف رطوبت خاک

مریم ثمن، علی سپهری* و گودرز احمدوند

همدان، دانشگاه بوعلی سینا، دانشکده کشاورزی، گروه زراعت

تاریخ دریافت: ۸۸/۱/۲۰ تاریخ پذیرش: ۸۸/۱۲/۸

چکیده

تنش خشکی بعد از بیماریها دومین عامل کاهش دهنده عملکرد گیاه نخود (*Cicer arietinum* L.) محسوب می‌شود. به منظور بررسی اثرات تنش خشکی بر کل ماده خشک تولیدی، ماده خشک دانه، توانایی حفظ کلروفیل، محتوای رطوبت نسبی، تجمع پرولین و کربوهیدراتهای محلول در شرایط تنش خشکی در شش ژنوتیپ نخود، آزمایشی در سال ۱۳۸٦ در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه بوعلی سینا اجرا گردید. طرح آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی با سه تکرار انجام گرفت که در آن رژیم آبیاری در سه سطح ۱۰۰، ۵۰ و ۲۵ درصد رطوبت قابل استفاده خاک و شش ژنوتیپ نخود شامل آرمان، جم، هاشم،آزاد، ILC482 و ILC1799 در نظر گرفته شد. نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد ماده خشک کل، ماده خشک دانه، محتوای کلروفیل و محتوای رطوبت نسبی ژنوتیپهای مورد آزمایش با کاهش آب قابل استفاده خاک از ۱۰۰ به ۵۰ و ۲۵ درصد به طور معنی‌داری کاهش یافت. تأثیر کمبود رطوبت قابل استفاده خاک بر کاهش محتوای کلروفیل a بیشتر از کلروفیل b بود. با کاهش رطوبت قابل استفاده خاک از ۱۰۰ به ۵۰ و ۲۵ درصد، به ترتیب محتوای کلروفیل a گیاهان به طور متوسط حدود ۳۱ و ٤۳ درصد کاهش نشان داد. در محدوده فوق کاهش کلروفیل b به ترتیب در حدود ۱٦ و ۳۸ درصد بود. تنش کمبود آب سبب افزایش غلظت پرولین و کل کربوهیدراتهای محلول گردید، به‌گونه‌ای که محتوای پرولین و کل کربوهیدراتهای محلول در سطح ۲۵ درصد آب قابل استفاده خاک به ترتیب تا حد ۳۲ و ۲ برابر افزایش یافت. تجمع پرولین تا حد زیادی متفاوت از روند انباشت کل کربوهیدراتهای محلول و همچنین تغییرات کل ماده خشک تولیدی و محتوای رطوبت نسبی بود.

واژه‌های کلیدی: نخود، تنش خشکی، عملکرد، متابولیتهای سازگار

* نویسنده مسئول، تلفن: ۰۹۱۸۸۱۵٤۱۹۷ پست الکترونیکی:sepehri110@yahoo.com

مقدمه

نخود (*Cicer arietinum* L.) سومین گیاه مهم حبوبات بعد از لوبیا و سویا است که در جنوب آسیا، خاورمیانه و شرق آفریقا به‌طور گسترده‌ای کشت می‌شود. عمده مناطق تولید نخود در نقاط خشک و نیمه خشک قرار دارند و حدود ۹۰ درصد از نخود جهان در شرایط دیم تولید می‌شود. در این شرایط تنش خشکی از مهم ترین عوامل کاهش دهنده عملکرد این گیاه به حساب می‌آید (۳۳). تنش خشکی یکی از رایج‌ترین تنشهای محیطی است که حدود ٤۵ درصد از اراضی کشاورزی جهان در معرض آن قرار دارند و بعد از بیماریها دومین عامل محدود کننده عملکرد در گیاه نخود محسوب می‌شود (۱۲، ۳٦).

مکانیسمهای تحمل خشکی خصوصاً در شرایط تنش شدید، شامل فرآیندهایی در سطح سلول است که از مهم ترین آنها می توان به تنظیم اسمزی اشاره نمود. تنظیم

www.SID.ir

Archive of SID

اسمزی عبارت است از کاهش پتانسیل اسمزی سلول به دنبال تجمع مواد آلی و غیر آلی (۲۵). به منظور حفظ تعادل اسمزی در شرایط تنش، نوع خاصی از مولکولهای آلی نظیر پرولین، قندهای محلول، پلی‌الها، ترهالوز و ترکیبات آمونیومی چهار واحدی مانند گلایسین بتائین وآلانین بتائین در سیتوپلاسم تجمع می‌یابند. از آنجا که تجمع این ترکیبات در مقادیر زیاد مانع کارکرد طبیعی سلول نیست، به آنها متابولیتهای سازگار گفته می‌شود (۳۵). پرولین به عنوان یکی از ترکیبات مؤثر در این فرآیند، اسید آمینه‌ای است که به‌طور طبیعی در بسیاری از گیاهان عالی وجود دارد و معمولاً غلظت آن در واکنش به تنشهای محیطی افزایش می‌یابد (۱٦). علی رغم اینکه در بسیاری از گیاهان عالی نظیر برنج (۱٦)، گندم (۲۷) و یونجه (۳۱) بین مقاومت به تنش و تجمع پرولین همبستگی معنی داری مشاهده شده است، اما این رابطه همیشه برقرار نیست. مثلاً در مطالعه‌ای که توسط لاتس و همکاران (۱۹۹۹) انجام گرفت در ارقام حساس به شوری برنج در مقایسه با ارقام متحمل، مقادیر بیشتری از پرولین تجمع یافت (۲۲). پرماچاندارا و همکاران (۱۹۹۵) و ساندرسن و سادهاکاران (۱۹۹۵) نیز تجمع مقادیر زیادی از پرولین را در گیاهان حساس به خشکی گزارش نموده‌اند (۲۹ و ۳۸).

به گزارش سانچز و همکاران (۲۰۰٤) تجمع قندهای محلول در شرایط تنش در کاهش پتانسیل اسمزی بسیاری از گونه‌های زراعی نقش تعیین‌کننده دارد (۳٤). به نظر می‌رسد قندهای محلول در شرایط تنش کمبود آب به دو صورت (یک ترکیب اسمزی و یک حفاظت کننده اسمزی) عمل می‌کنند (۱۱). به عنوان یک ترکیب اسمزی، افزایش غلظت قندهای محلول با تنظیم اسمزی و حفظ فشار آماس همبستگی معنی‌داری نشان می‌دهد. درحالی که قندهای محلول در نقش حفاظت کننده اسمزی از طریق تشکیل پیوند هیدروژنی با دنباله‌های قطبی پلی‌پپتیدها و گروههای فسفات فسفولیپید از پروتئینها و غشاهای سلولی حفاظت می‌کنند (۱۳). در مطالعه‌ای بر روی دو واریته حساس و مقاوم گندم دوروم، مشاهده شد که افزایش کربوهیدراتهای محلول در مقایسه با پرولین شاخص مناسب‌تری برای نشان دادن پتانسیل مقاومت به خشکی است. زیرا پرولین تحت خشکی کمتر افزایش یافت و میزان افزایش آن در هر دو واریته حساس و مقاوم یکسان بود (۱۸). سانچز و همکاران (۱۹۹۸) در مطالعه خود بر روی چهل و نه ژنوتیپ نخودفرنگی گزارش کردند که غلظت قندهای محلول درگیاهان در معرض تنش در مقایسه با گیاهان شاهد بسته به ژنوتیپ بین ۱/۵ تا ۷ برابر افزایش می‌یابد (۳۵). کرپسی و جلیبا (۲۰۰۰) نیز با بررسی ٤ رقم گندم نان متفاوت از نظر مقاومت به خشکی گزارش نمودند که غلظت کربوهیدراتهای محلول در ارقام مقاوم به خشکی بیشتر از ارقام حساس افزایش یافت (۲۰). آنها دریافتند که میزان افزایش غلظت کل کربوهیدراتهای محلول در آب شاخص مناسبی برای تعیین مقاومت به خشکی محسوب می‌شود و نوع قند (گلوکز، ساکارز یا فروکتانها) اهمیت زیادی ندارد.

در گیاهان زراعی مختلف گزارشهای متفاوتی در رابطه با تأثیر تنش خشکی بر غلظت کلروفیل ارائه شده است. اما به نظر می‌رسد حفظ کلروفیل برگ و دوام فتوسنتز در شرایط تنش خشکی یکی از شاخصهای فیزیولوژیکی مقاومت به تنش باشد (۳۰). مانیوانام و همکاران (۲۰۰۷) ضمن بررسی تأثیر تنش خشکی بر رشد و تغییرات بیوشیمیایی پنج رقم آفتابگردان مشاهده نمودند که مقدار کلروفیل در واحد سطح برگ گیاهان در معرض تنش افزایش و غلظت کلروفیل a، کلروفیلb و کل محتوای کلروفیل این گیاهان در مقایسه با گیاهان شاهد کاهش یافت (۲۳). نایار و گوپتا (۲۰۰٦)گزارش نمودند که تنش کمبود آب در گیاه ذرت و گندم مقدارکلروفیل را به‌طور معنی داری کاهش می‌دهد (۲٦). در بین روشهای مختلفی که برای تعیین وضعیت آب گیاه در شرایط تنش وجود دارد، محتوای رطوبت نسبی یکی از مناسب‌ترین روشها است (۲۸). به‌گونه‌ای که متین و همکاران (۱۹۸۹) توانستند

www.SID.ir

Archive of SID

تنها براساس این پارامتر ارقام مقاوم به خشکی جو را از ارقام حساس تفکیک نمایند (۲٤). قابلیت حفظ RWC بالا در پتانسیل آب پایین ممکن است نشان‌دهنده استحکام بیشتر دیواره سلولی و توانایی آن برای تحمل آسیبهای ناشی از اتلاف آب بافت‌ها باشد. در اغلب موارد حفظ محتوای رطوبت نسبی در شرایط تنش با کل ماده خشک تولیدی و ماده خشک دانه همبستگی مثبتی نشان می‌دهد (۱۷، ۳۹).

با توجه به پیچیدگی فرآیند مقاومت به خشکی، برخی محققین معتقدند ارزیابی گیاهان منحصراً براساس عملکرد روش مناسبی برای بررسی میزان مقاومت به خشکی نیست. لذا به نظر می‌رسد مطالعه عملکرد در شرایط تنش به همراه گزینش صفاتی که با یکی از مکانیسمهای مقاومت به خشکی نظیر اجتناب، تحمل و ... همبستگی داشته باشد پیشرفت سریع‌تری را حاصل نماید (۳۲). براین اساس در تحقیق حاضر، ضمن ارزیابی و مقایسه اثرات تنش خشکی بر کل ماده خشک تولیدی و نیز ماده خشک دانه شش ژنوتیپ مطرح نخود، ژنوتیپهای مورد بررسی از لحاظ شاخصهای فیزیولوژیک خصوصاً روند تجمع متابولیتهای سازگار کربوهیدراته (قندهای محلول) و پرولین و نیز توانایی حفظ کلروفیل a و b و محتوای رطوبت نسبی در شرایط تنش مورد بررسی قرار گرفته‌اند.

مواد و روشها

این تحقیق در سال ۱۳۸٦ در گلخانه آزمایشگاه فیزیولوژی گیاهان زراعی دانشکده کشاورزی دانشگاه بوعلی سینا انجام گرفت. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۳ تکرار اجرا گردید که در آن رژیم آبیاری در ۳ سطح و ژنوتیپهای مختلف نخود در ٦ سطح (شامل آرمان، جم، هاشم، آزاد، ILC482 و ILC1799) در نظر گرفته شد. سطوح مختلف آبیاری عبارت بودند از:

۱- حفظ رطوبت خاک در حد ۱۰۰ درصد آب قابل دسترس (شاهد) معادل پتانسیل آب ۰/۳۳- بار

۲- حفظ رطوبت خاک در حد ۵۰ درصد از آب قابل دسترس (تنش متوسط) معادل پتانسیل آب ۸- بار

۳- حفظ رطوبت خاک در حد ۲۵ درصد از آب قابل دسترس (تنش شدید) معادل پتانسیل آب ۱۷- بار

گلدانهای مورد استفاده از نوع پلاستیکی با قطر دهانه ۳۰ سانتیمتر بودند. پس از توزین گلدانهای خالی، به منظور جلوگیری از ریزش خاک و همچنین ایجاد زهکش مناسب از دو لایه کاغذ خشک کن در کف گلدانها استفاده شد. در نهایت پس از پر نمودن گلدانها با ۷کیلوگرم خاک خشک و ضدعفونی بذور با استفاده از قارچ‌کش مانکوزب، بذور در عمق ۳ سانتیمتر کشت شدند. آبیاری کلیه گلدانها در مرحله جوانه‌زنی و سبز شدن تا هنگام استقرار کامل گیاهچه‌ها درحد ظرفیت مزرعه (حفظ ۱۰۰ درصد رطوبت قابل دسترس) صورت گرفت. در این مرحله ضمن حذف بوته‌های اضافی، در هر گلدان ۵ بوته نگهداری گردید. طول دوره روشنایی ۱٤ ساعت در نظر گرفته شد و کمبود نور مورد نیاز گیاهان با ترکیبی از لامپهای فلورسنت و بخار سدیم تأمین شد. دمای گلخانه در شبانه روز بین ۱۵ تا ۲۵ درجه سانتی گراد متغیر بود. به منظور تعیین رابطه پتانسیل آب خاک و درصد رطوبت وزنی، با استفاده از دستگاه صفحه فشاری منحنی رطوبت خاک تهیه گردید (شکل۱). بدین ترتیب با مشخص بودن درصد رطوبت وزنی حد ظرفیت مزرعه و نقطه پژمردگی دائم، رژیمهای مختلف آبیاری با توزین روزانه گلدانها و اضافه نمودن آب مصرفی بر اثر تبخیر و تعرق اعمال شد.

به منظور سنجش میزان کلروفیل، پرولین، کربوهیدرات و محتوای رطوبت نسبی برگها، نمونه‌برداری از گیاهان در مرحله ۵۰ درصد گل دهی صورت گرفت. در پایان فصل رشد پس از برداشت بوته‌ها از سطح خاک میانگین کل ماده خشک تولیدی و ماده خشک دانه محاسبه گردید.

www.SID.ir

Archive of SID

برای اندازه‌گیری محتوای رطوبت نسبی در زمان ۵۰ درصد گل دهی، ۱۰ برگچه از جوان‌ترین برگهای کاملاً توسعه یافته بوته‌ها در هر گلدان جدا و پس از توزین و انتقال به ظروف حاوی آب مقطر، به مدت ۲٤ ساعت در تاریکی و دمای ٤ درجه سانتی گراد نگهداری شد (۳۵). پس از اندازه‌گیری وزن اشباع، برگچه‌ها به مدت ۲٤ ساعت درآون با دمای ۷۰ درجه سانتی گراد قرار گرفتند. در نهایت محتوای رطوبت نسبی برگ با استفاده از رابطه زیر محاسبه شد (۸):

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

RWC: رطوبت نسبی برگ FW: وزن تازه DW: وزن خشک TW: وزن اشباع

به منظور اندازه گیری پرولین طبق روش بیتز (۱۹۷۳) ۰/۵ گرم برگ تازه در ۱۰ میلی‌لیتر اسید سولفوسالیسیلیک ۳ درصد بوسیله هاون هموژن شده و عصاره حاصل صاف گردید. به ۲ میلی‌لیتر از این عصاره ۲ میلی‌لیتر اسید استیک گلاسیال و ۲ میلی‌لیتر معرف ناین هیدرین اضافه شد. سپس لوله‌ها در بن ماری با دمای ۱۰۰ درجه سانتیگراد قرار گرفتند. پس از گذشت ۱ ساعت به منظور پایان یافتن واکنش، لوله‌های آزمایش به ظرف محتوی آب یخ منتقل شدند. در پایان به هر یک از نمونه‌ها ٤ میلی‌لیتر تولوئن اضافه گردید و پس از آن میزان جذب نوری فاز بالایی نمونه‌ها با استفاده از دستگاه اسپکتروفوتومتر مدل Cary100در طول موج ۵۲۰ نانومتر اندازه‌گیری شد. با استفاده ازL-proline محلول‌های استاندارد با غلظت‌های ۱۰مختلف تهیه گردید و از تولوئن نیز به عنوان شاهد استفاده شد.در نهایت میزان پرولین نمونه‌ها با استفاده از رابطه زیر محاسبه گردید (۹):

(۰/۵مقدار نمونه برحسب گرم) × {($a_{۵۲۰}$ × ٤)/۱۱۵/۵} = میکرومول پرولین در هر گرم برگ تازه

$a_{۵۲۰}$ = میزان جذب در طول موج ۵۲۰ نانومتر برحسب میکروگرم در میلی‌لیتر (ppm)

به منظور اندازه گیری کربوهیدراتهای محلول پس از تهیه عصاره از ۰/۱ گرم نمونه برگ خشک با استفاده از اتانول ۸۰ درصد و حذف رسوبات آن توسط سولفات روی ۵ درصد و هیدروکسید باریوم ۰/۳ نرمال، به۲ میلی‌لیتر از عصاره به دست آمده ۱ میلی‌لیتر محلول فنل ۵ درصد و ۵ میلی‌لیتر سولفوریک اسید ۹۸ درصد اضافه گردید و پس از تثبیت رنگ قهوه‌ای مایل به زرد، میزان جذب نوری عصاره حاصله در طول موج ٤۸۵ نانومتر اندازه‌گیری شد. برای تهیه محلولهای استاندارد از گلوکز خالص و برای تهیه شاهد از آب مقطر استفاده شد (۱۵).

برای تعیین میزان کلروفیل برگ از روش آرنون (۱۹۷۵) استفاده گردید(٦).پس از هموژن نمودن ۰/۵ گرم برگ تازه در ۵ میلی‌لیتر استون ۸۰ درصد و صاف نمودن آن، به ۱ میلی‌لیتر از عصاره حاصل ۹ میلی‌لیتر استون ۸۰ درصد اضافه شد و میزان جذب محلول حاصل با استفاده از دستگاه اسپکتروفوتومتر در طول موجهای ٦٦۳ نانومتر برای کلروفیل a و ٦٤۵ نانومتر برای کلروفیل b تعیین گردید. میزان کلروفیل برگ با استفاده از روابط زیر به دست آمد:

(۱۰۰ × w) / v × ($a_{٦٦۳}$) ۱۲/۷ – ($a_{٦٤۵}$) ۲/٦۹ = میلی‌گرم کلروفیل a در هر گرم برگ تازه

(۱۰۰ × w) / v × ($a_{٦٦۳}$) ٤/٦۹ – ($a_{٦٤۵}$) ۲۲/۹ = میلی‌گرم کلروفیل b در هر گرم برگ تازه

$a_{٦٦۳}$ = میزان جذب در طول موج ٦٦۳ نانومتر

$a_{٦٤۵}$ = میزان جذب در طول موج ٦٤۵ نانومتر

v = حجم نهایی نمونه (۱۰ میلی‌لیتر)

w = وزن تر نمونه (۰/۵ گرم)

لازم به ذکر است که از استون ۸۰ درصد به عنوان شاهد استفاده گردید.

www.SID.ir

جدول ۱- تجزیه واریانس محتوای رطوبت نسبی، محتوای کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل a+b، پرولین و کل کربوهیدراتهای محلول

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات					
		محتوای رطوبت نسبی برگ	کلروفیل a	کلروفیل b	کلروفیل a+b	پرولین	کل کربوهیدراتهای محلول
مقدار آب قابل دسترس	۲	۸۳۲۷/۷۲**	۰/۰۲۲**	۰/۰۰۱**	۰/۰۳۵**	۱۳۸۷۸/۰۶**	۱۳۲۸۸/۵۰**
ژنوتیپ	۵	۶۱/۱۱**	۰/۰۰۳**	۰/۰۰۰۶**	۰/۰۰۶**	۱۶۶/۷۶**	۶۵۸/۸۰**
ژنوتیپ * مقدار آب قابل دسترس	۱۰	۳۷/۲۳**	۰/۰۰۰۸*	۰/۰۰۰۱ n.s.	۰/۰۰۱*	۱۲۶/۱۸**	۲۴۳/۵۱**
ضریب تغییرات	-	۵/۵۰	۱۴/۹۲	۱۵/۸۳	۱۵/۲۸	۱۲/۲۴	۶/۲۰

** معنی‌دار در سطح ۱ درصد * معنی‌دار در سطح ۵ درصد n.s. معنی‌دار نیست

جدول ۲- مقایسه میانگین محتوای رطوبت نسبی، کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل a+b، پرولین و کل کربوهیدراتهای محلول در سطوح مختلف تأمین رطوبت قابل استفاده

	محتوای رطوبت نسبی برگ (درصد)	کلروفیل a (میلی گرم در گرم وزن تر برگ)	کلروفیل b (میلی گرم در گرم وزن تر برگ)	کلروفیل a+b (میلی گرم در گرم وزن تر برگ)	پرولین (میکرومول در گرم وزن تر برگ)	کل کربوهیدراتهای محلول (میلی گرم در گرم وزن خشک برگ)
۱۰۰ درصد آب قابل دسترس	۸۱/۴۵a	۰/۱۶a	۰/۰۴۹a	۰/۲۱a	۱/۶۰b	۵۲/۹۹c
۵۰ درصد آب قابل دسترس	۷۱/۱۸b	۰/۱۱b	۰/۰۴۱a	۰/۱۶b	۵/۱۲b	۵۸/۸۸b
۲۵ درصد آب قابل دسترس	۴۰/۱۴c	۰/۰۹c	۰/۰۳۰b	۰/۱۲c	۵۱/۳۶a	۱۰۲/۷۲a

در هر ستون میانگینهای دارای حروف مشترک از نظر آماری در سطح ۱ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

جدول ۳- مقایسه میانگین محتوای رطوبت نسبی، محتوای کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل a+b، پرولین و کل کربوهیدراتهای محلول در ژنوتیپ‌های مختلف

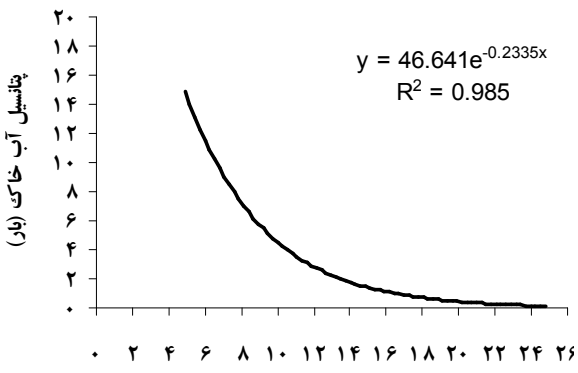
	محتوای رطوبت نسبی برگ (درصد)	کلروفیل a (میلی گرم در گرم وزن تر برگ)	کلروفیل b (میلی گرم در گرم وزن تر برگ)	کلروفیل a+b (میلی گرم در گرم وزن تر برگ)	پرولین (میکرومول در گرم وزن تر برگ)	کل کربوهیدراتهای محلول (میلی گرم در گرم وزن خشک برگ)
آرمان	۶۶/۷۱ab	۰/۱۲b	۰/۰۳ab	۰/۱۵b	۱۸/۸۸ab	۶۵/۱۲c
جم	۶۲/۲۰bc	۰/۱۳ab	۰/۰۳ab	۰/۱۷ab	۲۱/۹۰a	۶۴/۹۸c
هاشم	۶۵/۳۱ab	۰/۱۴a	۰/۰۴a	۰/۱۹a	۲۰/۱۸a	۷۳/۳۴b
آزاد	۶۷/۵۷a	۰/۱۱b	۰/۰۴a	۰/۱۵b	۱۱/۰۵b	۶۳/۴۸c
ILC482	۶۲/۱۷bc	۰/۰۹c	۰/۰۲b	۰/۱۱c	۲۱/۲۲a	۷۷/۲۸b
ILC1799	۶۱/۵۷c	۰/۱۳ab	۰/۰۵a	۰/۱۸ab	۲۲/۹۳a	۸۴/۹۷a

در هر ستون میانگینهای دارای حروف مشترک از نظر آماری در سطح ۱ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

Archive of SID
www.SID.ir

Archive of SID

تجزیه آماری داده‌های به دست آمده با استفاده از نرم افزار SAS انجام گرفت. میانگین صفات مورد مطالعه با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن مورد مقایسه قرار گرفتند. برای رسم نمودارها از نرم افزار Excel استفاده شد.



شکل ۱- منحنی رطوبت خاک مورد استفاده

نتایج و بحث

محتوای رطوبت نسبی برگ: نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان می‌دهد بین سطوح مختلف تأمین رطوبت خاک و ژنوتیپهای مختلف از نظر محتوای رطوبت نسبی برگ در سطح یک درصد تفاوت معنی‌دار است (جدول ۱). کاهش رطوبت قابل دسترس با کاهش محتوای رطوبت نسبی برگ همراه بود، کمترین محتوای رطوبت نسبی برگ معادل ٤۰/۱٤ درصد در سطح ۲۵ درصد آب قابل دسترس حاصل گردید (جدول ۲). کاهش محتوای رطوبت نسبی برگ در اثر تنش کمبود آب در مطالعه آنیا و هرزوگ (۲۰۰٤) در لوبیا چشم بلبلی و نیز بایگوری و همکاران (۱۹۹۹) بر روی نخودفرنگی گزارش شده است (۵ و ۷).

در بین ژنوتیپهای مورد بررسی، بیشترین محتوای رطوبت نسبی برگ به ترتیب به ژنوتیپهای آزاد، آرمان و هاشم اختصاص داشت که در یک گروه آماری قرار داشتند. کمترین محتوای رطوبت نسبی در ژنوتیپ ILC1799 مشاهده شد ولی تفاوت قابل ملاحظه‌ای با ژنوتیپهای ILC482 و جم نداشت (جدول ۳).

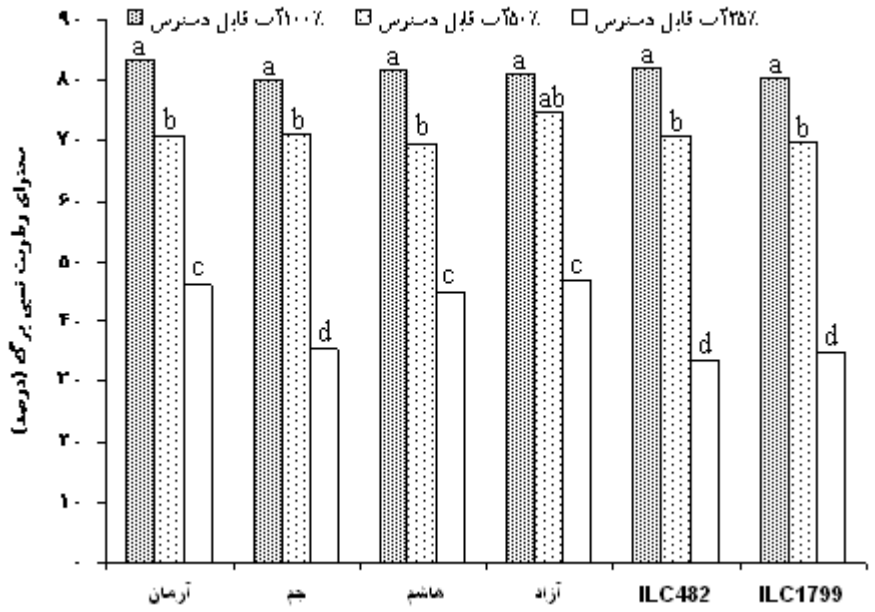
مقایسه میانگین برهمکنش سطوح مختلف آب قابل دسترس و ژنوتیپ (شکل ۲) نشان می‌دهد با کاهش مقدار آب قابل دسترس از ۱۰۰ به ۵۰ درصد، محتوای رطوبت نسبی برگ همه ژنوتیپها غیر از ژنوتیپ آزاد به‌طور معنی-داری کاهش یافته است. به عبارت دیگر کاهش رطوبت قابل دسترس در محدوده مذکور تأثیر معنی‌داری بر محتوای رطوبت نسبی برگ ژنوتیپ آزاد ایجاد نکرد. علاوه بر این در سطح ۲۵ درصد آب قابل دسترس، این ژنوتیپ به همراه ژنوتیپهای آرمان و هاشم دارای بالاترین محتوای رطوبت نسبی بود که نشان دهنده توانمندی ژنوتیپهای مذکور در حفظ محتوای رطوبت نسبی برگ در شرایط تنش رطوبتی می‌باشد. تنظیم اسمزی، افزایش میزان جذب آب از خاک از طریق توسعه ریشه‌ها و یا کاهش تعرق از جمله راههایی است که امکان حفظ رطوبت نسبی گیاه در شرایط تنش را برای گیاهان متحمل فراهم می‌کند (۳۹).

کلروفیل: همان گونه که در جدول ۱ مشاهده می‌شود تأثیر سطوح مختلف آب قابل دسترس خاک و ژنوتیپ بر محتوای کلروفیل a، کلروفیل b و کلروفیل a+b گیاهان در سطح یک درصد معنی‌دار است. کاهش آب قابل استفاده با کاهش محتوای کلروفیل برگ گیاهان همراه بود، کمترین میزان کلروفیل در سطح ۲۵ درصد آب قابل استفاده به دست آمد. به طور کلی تأثیر منفی کاهش رطوبت قابل استفاده خاک بر محتوای کلروفیل a بیشتر از کلروفیل b بود. به‌گونه‌ای که با کاهش رطوبت قابل استفاده از ۱۰۰ درصد به ۵۰ و ۲۵ درصد، محتوای کلروفیل a گیاهان به-طور متوسط به ترتیب حدود ۳۱ و ٤۳ درصد کاهش نشان داد، این در حالی است که در محدوه فوق کاهش کلروفیل b به ترتیب در حدود ۱٦ و ۳۸ درصد بود (جدول ۲). کاهش میزان کلروفیل در اثر تنش کمبود آب توسط سبک دست نودهی و خیالپرست (۱۳۸٦)در مورد نخود، مانیوانام و همکاران (۲۰۰۷) در مورد آفتابگردان و نایار و گوپتا (۲۰۰٦) در مورد ذرت و گندم نیز گزارش شده است (۲، ۲۳ و ۲٦). تخریب کلروپلاستها و تجزیه کلروفیل در اثر

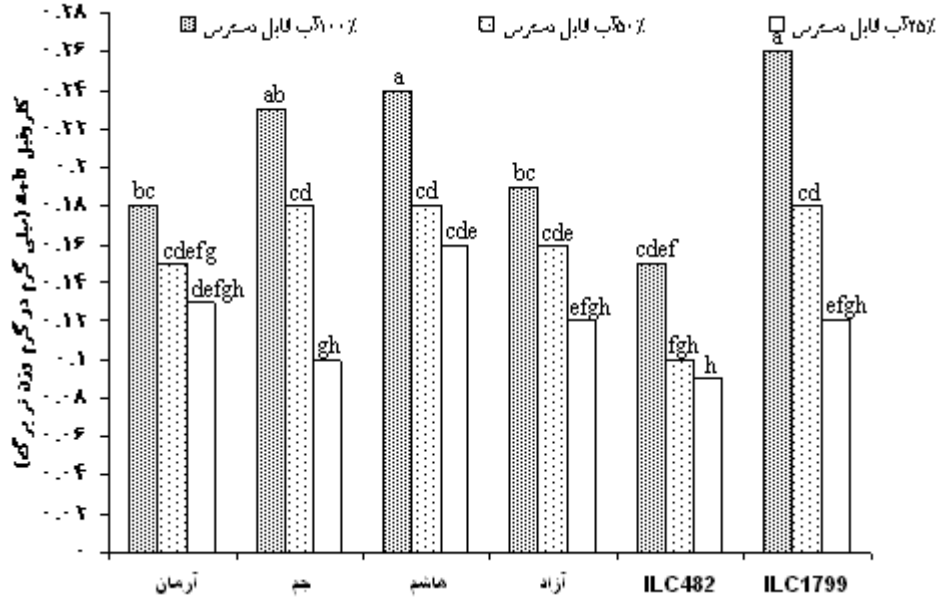
www.SID.ir

Archive of SID

فعالیت آنزیمهای کلروفیلاز و پراکسیداز از جمله عوامل مؤثر بر کاهش غلظت این رنگیزه در شرایط تنش کمبود آب محسوب می‌شود (۳۷).



شکل ۲- اثرات متقابل سطوح مختلف آب قابل استفاده و ژنوتیپ بر محتوای رطوبت نسبی برگ



شکل ۳- اثرات متقابل سطوح مختلف آب قابل استفاده و ژنوتیپ بر محتوای کلروفیل a+b

در بین ژنوتیپهای مورد بررسی کمترین مقدار کلروفیل a، کلروفیل b و کلروفیل a+b به ژنوتیپ ILC482 اختصاص داشت. بیشترین مقدار کلروفیل a در ژنوتیپ هاشم مشاهده شد اما تفاوت آن با ژنوتیپهای ILC1799 و جم معنی‌دار نبود. ژنوتیپ ILC1799 از بیشترین مقدار کلروفیل b برخوردار بود و به همراه ژنوتیپهای هاشم، آزاد، جم و آرمان در یک گروه آماری قرار گرفت. بیشترین مقدار کلروفیل a+b نیز در ژنوتیپ هاشم مشاهده گردید اما تفاوت معنی‌داری بین محتوای کلروفیل a+b این ژنوتیپ و ژنوتیپهای ILC1799 و جم وجود نداشت (جدول ۳).

www.SID.ir

Archive of SID

اثرات متقابل ژنوتیپ و سطوح مختلف آب قابل دسترس از لحاظ محتوای کلروفیل a و کلروفیل a+b در سطح ۵ درصد معنی‌دار بود. نحوه واکنش ژنوتیپهای مورد بررسی از نظر محتوای کلروفیل b در سطوح مختلف تأمین رطوبت تقریباً یکسان بوده و در نتیجه اثر متقابل ژنوتیپ و سطوح مختلف آب قابل استفاده خاک در مورد محتوای کلروفیل b معنی‌دار نگردید (جدول ۱).

کاهش رطوبت خاک از ۱۰۰ درصد آب قابل دسترس به ۲۵ درصد، با کاهش معنی‌دار مجموع کلروفیل (a+b) در گیاهان همراه بود. همان گونه که در شکل ۳ مشاهده می-شود در محدوده مذکور، بیشترین میزان کاهش محتوای کلروفیل a+b معادل ٥٦ درصد به ژنوتیپ جم اختصاص داشت. این در حالی است که محتوای کلروفیل a+b ژنوتیپ آرمان حدود ۲۷ درصد کاهش یافته و به نظر می-رسد این ژنوتیپ به همراه ژنوتیپهای هاشم و آزاد در مقایسه با سایر ژنوتیپهای مورد آزمایش از نظر حفظ مجموع محتوای کلروفیل در شرایط تنش موفق‌تر بوده است.

پرولین: تأثیر سطوح مختلف آب قابل استفاده خاک و ژنوتیپ بر مقدار پرولین در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). کاهش رطوبت قابل دسترس خاک منجر به تجمع پرولین در گیاه گردید. به طوری‌که بالاترین غلظت پرولین در سطح ۲۵ درصد رطوبت قابل استفاده و کمترین آن در سطح ۱۰۰ درصد رطوبت قابل استفاده مشاهده شد. کاهش رطوبت خاک از ۱۰۰ درصد آب قابل استفاده به ۵۰ درصد گرچه با افزایش غلظت پرولین همراه بود اما از نظر آماری تفاوت معنی‌داری بین غلظت پرولین در این دو سطح رطوبتی به دست نیامد (جدول ۲). افزایش غلظت پرولین در واکنش به تنشهای محیطی توسط محققان زیادی گزارش شده است، از جمله می‌توان به مطالعه قربانلی و نیاکان (۱۳۸٤) در سویا، دلاکردا و همکاران (۲۰۰۳) در سورگوم و سو و همکاران (۲۰۰۳) در برنج اشاره نمود (۳، ۱٤ و۱٦). تجزیه پروتئینها، کاهش فعالیت آنزیم پرولین اکسیداز و تشدید بیان ژن P5CS به عنوان مهم‌ترین عوامل مؤثر بر افزایش غلظت پرولین در شرایط تنش مطرح می-باشند (۳۸).

در بین ژنوتیپهای مورد بررسی، بالاترین غلظت پرولین به ژنوتیپ ILC1799 اختصاص داشت و بعد از آن به ترتیب ژنوتیپهای جم، ILC482، هاشم و آرمان قرار داشتند، اما تفاوت معنی‌داری بین این پنج ژنوتیپ مشاهده نشد و همگی در یک گروه آماری قرار گرفتند. کمترین مقدار پرولین در ژنوتیپ آزاد به دست آمد که به همراه ژنوتیپ آرمان در یک گروه قرار گرفت (جدول ۳).

بررسی اثرات متقابل مقدار آب قابل دسترس و ژنوتیپهای مختلف نشان می‌دهد که در سطح ۲۵ درصد رطوبت قابل استفاده بین محتوای پرولین ژنوتیپهای مورد بررسی تفاوت معنی‌داری وجود دارد، اما در دو سطح ۵۰ و ۱۰۰ درصد رطوبت قابل دسترس تفاوت بین ژنوتیپها از نظر محتوای پرولین معنی‌دار نیست. با کاهش رطوبت قابل استفاده خاک از ۱۰۰ به ۵۰ درصد محتوای پرولین ژنوتیپ ILC1799 بیشتر از سایر ژنوتیپها افزایش نشان داد، به‌گونه-ای که غلظت پرولین این ژنوتیپ در سطح ۵۰ درصد آب قابل دسترس حدوداً ۵ برابر غلظت پرولین در گیاهان شاهد بود. کمترین میزان افزایش محتوای پرولین در محدوده فوق به ژنوتیپ آرمان اختصاص داشت. میزان افزایش غلظت پرولین در سطح ۲۵ درصد رطوبت قابل دسترس در ژنوتیپهای مختلف بین ۲۳ تا ۳۷ برابر متغیر بود. بیشترین و کمترین افزایش غلظت پرولین در این سطح به ترتیب درژنوتیپهای هاشم و آزاد مشاهده شد (شکل ٤).

کل کربوهیدراتهای محلول: غلظت کل کربوهیدراتهای محلول به‌طور بسیار معنی‌داری تحت تأثیر مقدار آب قابل استفاده و ژنوتیپ قرار گرفت. اثرات متقابل ژنوتیپ و مقدار آب قابل استفاده نیز در سطح آماری یک درصد

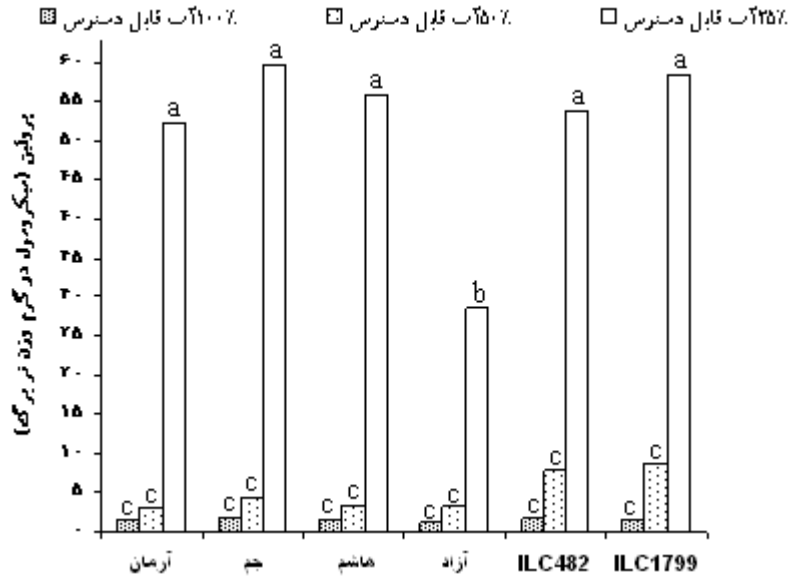
www.SID.ir

Archive of SID

معنی‌دار بود (جدول ۱). با کاهش رطوبت خاک مقدار کربوهیدراتهای محلول افزایش نشان داد. به طوری که بیشترین غلظت کربوهیدراتهای محلول در سطح ۲۵ درصد آب قابل استفاده به دست آمد (جدول۲). تجمع قندهای محلول نظیر ساکارز، گلوکز و فروکتوز با مقاومت به خشکی در گیاهان ارتباط بسیار نزدیکی دارد. افزایش غلظت این ترکیبات در شرایط تنش، با کاهش پتانسیل اسمزی سلول امکان جذب آب و ادامه فرآیندهای فیزیوژیک گیاه را فراهم می‌آورد. از سوی دیگر قندهای محلول از طریق تشکیل پیوند هیدروژنی با دنباله‌های قطبی پلی‌پپتیدها و گروههای فسفات فسفولیپید از پروتئینها و غشاهای سلولی حفاظت می‌کنند (۱۳). انباشت قندها تحت تنش خشکی ممکن است ناشی از کاهش انتقال از برگ، مصرف کمتر این ترکیبات و یا هیدرولیز نشاسته باشد (۱۹).

در بین ژنوتیپهای مورد بررسی، بالاترین غلظت قندهای محلول در ژنوتیپ ILC1799 به دست آمد و بین مقدار کربوهیدراتهای محلول ژنوتیپ های آزاد، جم و آرمان تفاوت معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۳).

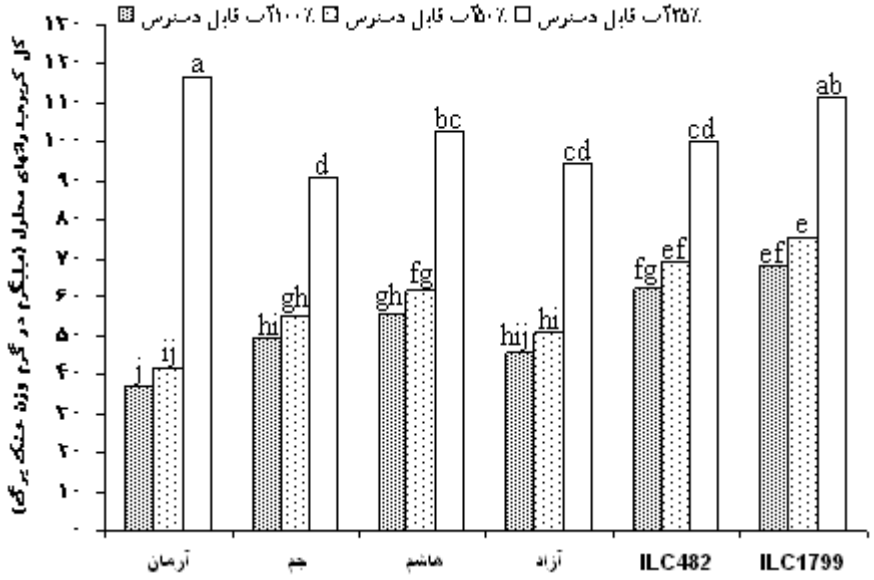
بررسی اثرات متقابل ژنوتیپ و سطوح مختلف آب قابل استفاده نشان داد گرچه با کاهش مقدار آب قابل دسترس از ۱۰۰ به ۵۰ درصد غلظت کربوهیدراتهای محلول افزایش یافت، اما در هیچیک از ژنوتیپ‌ها اختلاف معنی‌داری در این دو سطح رطوبتی مشاهده نشد. با کاهش رطوبت قابل استفاده خاک از ۱۰۰ به ۲۵ درصد غلظت کل کربوهیدراتهای محلول بین ۱/٦ تا ۳ برابر افزایش یافت. بیشترین میزان افزایش غلظت قندهای محلول در ژنوتیپ آرمان مشاهده شد و بعد از آن ژنوتیپ آزاد (با افزایش غلظت حدود ۲ برابر) قرار داشت. ژنوتیپ های هاشم و جم از این لحاظ مشابه عمل نمودند، به‌طوری‌که غلظت کل کربوهیدراتهای محلول هر دو ژنوتیپ در سطح ۲۵ درصد رطوبت قابل استفاده حدوداً ۱/۸ برابر گیاهان شاهد بود. در محدوده فوق کمترین میزان افزایش غلظت قندهای محلول به ژنوتیپ‌های ILC482 و ILC1977 اختصاص داشت (شکل ۵).



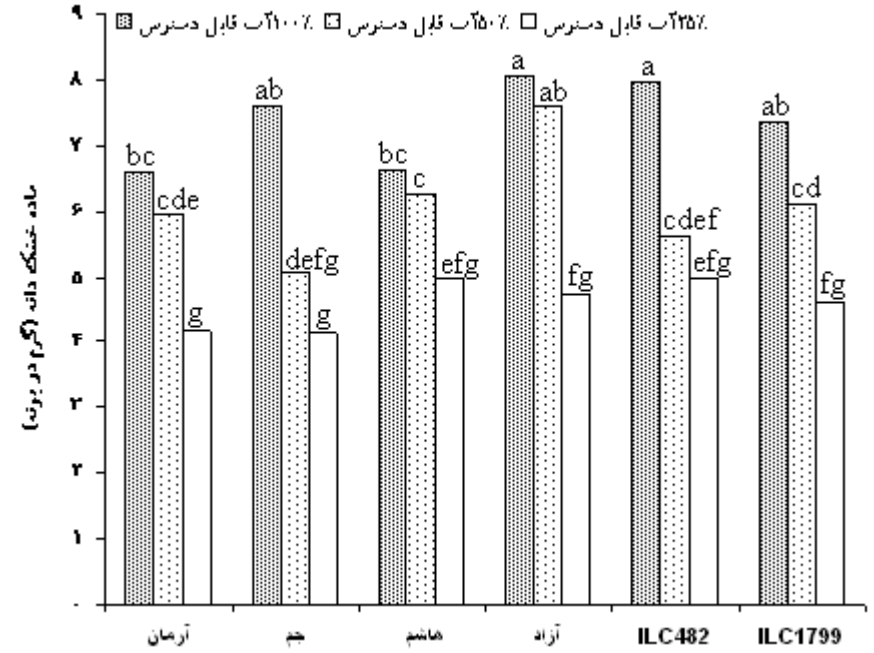
شکل ٤- اثرات متقابل سطوح مختلف آب قابل استفاده و ژنوتیپ بر محتوای پرولین

www.SID.ir

Archive of SID



شکل۵- اثرات متقابل سطوح مختلف آب قابل استفاده و ژنوتیپ بر محتوای کل کربوهیدراتهای محلول



شکل٦- اثرات متقابل سطوح مختلف آب قابل استفاده و ژنوتیپ بر ماده خشک دانه

ماده خشک کل: همان گونه که در جدول ٤ مشاهده می-شود تأثیر سطوح مختلف آب قابل دسترس و ژنوتیپ بر کل ماده خشک تولیدی در سطح یک درصد معنی دار است. بیشترین مقدار ماده خشک با تأمین ۱۰۰ درصد آب قابل استفاده و کمترین آن در شرایط ۲۵ درصد آب قابل استفاده به ترتیب با مقادیر ۱۵/۱۱ و ۱۰/۷۹ گرم در بوته به دست آمد. کاهش رطوبت قابل دسترس خاک از ۱۰۰ به ۵۰ درصد تأثیر چندانی در کاهش ماده خشک نداشت زیرا اختلاف این دو سطح آبیاری معنی دار نبود (جدول ۵). کاهش وزن اندامهای هوایی و تولید فرآورده‌های فتوسنتزی در نتیجه محدودیت آب توسط انوار و همکاران(۲۰۰۳) ولپورت و همکاران (۲۰۰٦) نیز گزارش شده است (٤ و۲۱).

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ٤- تجزیه واریانس ماده خشک کل و ماده خشک دانه

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات		
		ماده خشک کل	ماده خشک دانه	درصد انتقال ماده خشک تولیدی به دانه
مقدار آب قابل دسترس	۲	۸۹/۲۱**	۳٤/٥۲**	۱٥٤/۱۰*
ژنوتیپ	٥	۱۷/٦۹**	۱/۸۱**	٤۲/۳۳n.s.
ژنوتیپ * مقدار آب قابل دسترس	۱۰	۱/۰۲n.s.	۰/۹۹*	٥٤/۲۰n.s.
ضریب تغییرات	-	۱۱/۲۳	۱۰/۰۰	۱۳/٦۹

** معنی‌دار در سطح ۱ درصد * معنی‌دار در سطح ٥ درصد n.s. معنی‌دار نیست

جدول ٥- مقایسه میانگین ماده خشک کل و ماده خشک دانه در سطوح مختلف تأمین رطوبت قابل استفاده

رطوبت خاک	ماده خشک کل (گرم در بوته)	ماده خشک دانه (گرم در بوته)	درصد انتقال ماده خشک تولیدی به دانه
۱۰۰ درصد آب قابل دسترس	۱٥/۱۱A	۷/۳٦a	٤۹/۰۳ A
٥۰ درصد آب قابل دسترس	۱۳/۹۰A	٦/۱۱b	٤٤/۱٥ b
۲٥ درصد آب قابل دسترس	۱۰/۷۹B	٤/٦۰c	٤۳/۸۰ b

در هر ستون میانگینهای دارای حروف مشترک از نظر آماری در سطح ۱ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

جدول ٦- مقایسه میانگین ماده خشک کل و ماده خشک دانه در ژنوتیپ‌های مختلف

ژنوتیپ	ماده خشک کل (گرم در بوته)	ماده خشک دانه (گرم در بوته)	درصد انتقال ماده خشک تولیدی به دانه
آرمان	۱۲/۷۱b	٥/٥۷b	٤۳/٦٥ a
جم	۱۱/٤۸b	٥/٦۱b	٤۸/۱٤ a
هاشم	۱۳/۰٥b	٥/۹٦b	٤۷/٥۹ a
آزاد	۱٥/۷۷a	٦/۸۰a	٤۲/٦۲ a
ILC482	۱۳/۳۱b	٦/۱۹ab	٤٦/۳۰ a
ILC1799	۱۳/۲٦b	٦/۰۲ab	٤٥/٦٦ a

در هر ستون میانگینهای دارای حروف مشترک از نظر آماری در سطح ۱ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

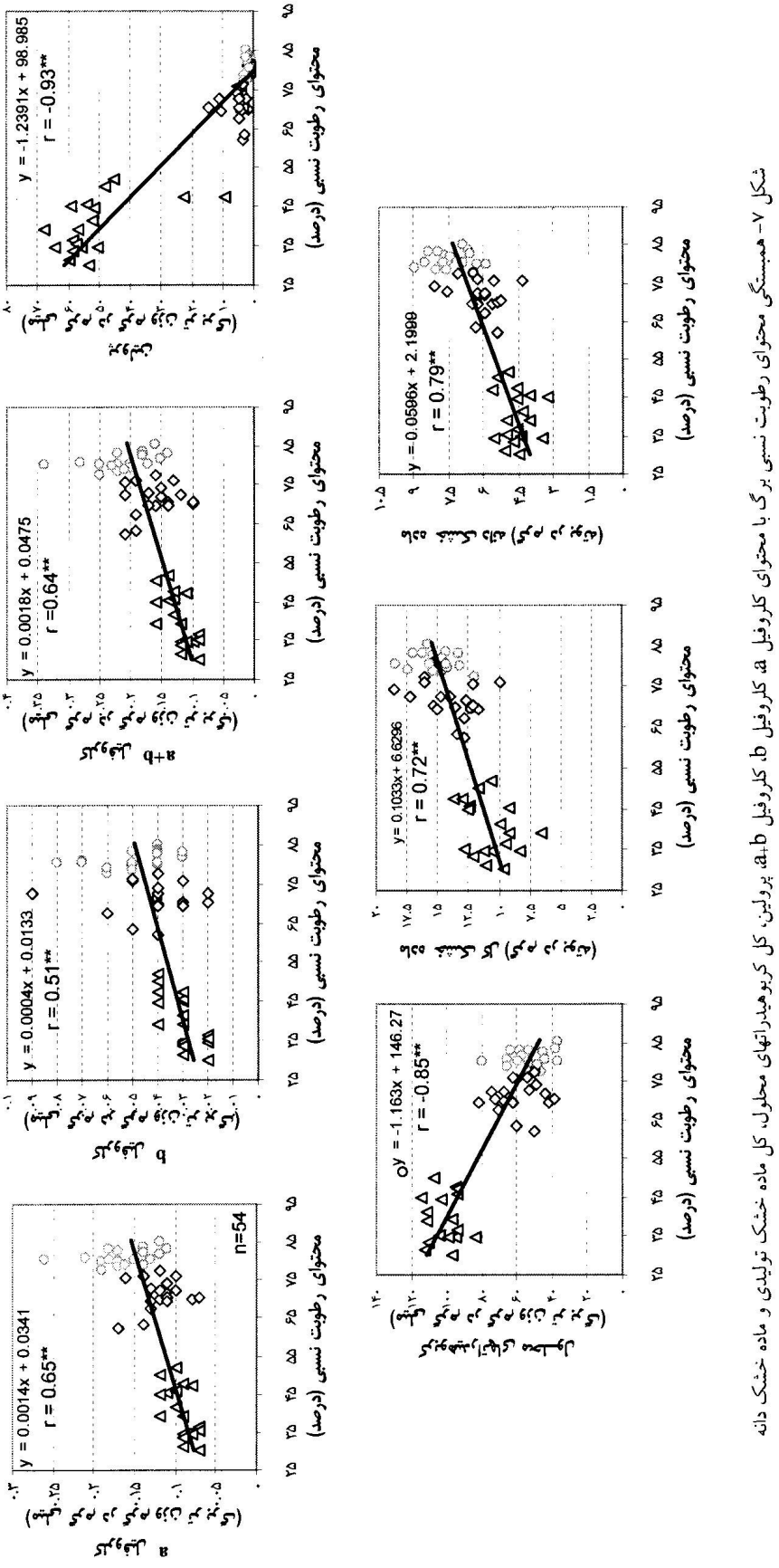
در بین ژنوتیپ‌های مختلف بیشترین مقدار ماده خشک کل به ژنوتیپ آزاد (۱٥/۷۷ گرم در بوته) اختصاص داشت. اما تفاوت بین کل ماده خشک ژنوتیپ‌های ILC482، ILC1799، هاشم، آرمان و جم هاشم معنی‌دار نبود و همگی در یک گروه آماری قرار گرفتند (جدول ٦).

ماده خشک دانه : براساس نتایج به دست آمده اثر سطوح مختلف آب قابل دسترس و ژنوتیپ بر ماده خشک دانه در سطح ۱ درصد معنی‌دار است (جدول ٤). بیشترین ماده خشک دانه با تأمین ۱۰۰ درصد آب قابل دسترس (معادل ۷/۳٦ گرم در بوته) حاصل شد. بعد از آن ٥۰ درصد آب قابل دسترس (٦/۱۱ گرم در بوته) و ۲٥ درصد آب قابل دسترس (٤/٦۰ گرم در بوته) قرار داشتند که به ترتیب نشان‌دهنده ۱۷ و ۳۷/٥ درصد کاهش نسبت به شرایط بدون تنش است (جدول ٥). کاهش عملکرد دانه نخود در اثر تنش خشکی توسط بهبودیان و همکاران (۲۰۰۱) قبلاً گزارش شده است (۱۰).

www.SID.ir

Archive of SID

در بین ژنوتیپ‌های مورد آزمایش بیشترین عملکرد دانه به ژنوتیپ آزاد اختصاص داشت و ژنوتیپ‌های ILC482، ILC1799، هاشم، جم و آرمان به ترتیب در رتبه بعدی قرار گرفتند (جدول ۵).



شکل ۷- همبستگی محتوای رطوبت نسبی برگ با محتوای کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل a+b، پروتئین، کل کربوهیدراتهای محلول، کل ماده خشک تولیدی و ماده خشک دانه

www.SID.ir

Archive of SID

اثرمتقابل آبیاری با ژنوتیپ نیز از لحاظ عملکرد دانه در سطح ۱ درصد معنی‌دار گردید که نشان می‌دهد عکس-العمل ژنوتیپ‌ها از نظر تولید دانه در سطوح مختلف تأمین رطوبت قابل دسترس یکسان نمی‌باشد. با کاهش رطوبت قابل استفاده خاک از ۱۰۰ به ۵۰ درصد، عملکرد اقتصادی ژنوتیپ‌های مختلف بین ۵ تا ۳۳ درصد کاهش یافت. بیشترین کاهش عملکرد دانه در این شرایط در ژنوتیپ جم مشاهده شد، به‌گونه‌ای که عملکرد اقتصادی گیاهان فوق الذکر حدود ۳۳ درصد کمتر از گیاهان بدون تنش بود. این در حالی است که در ژنوتیپ‌های آرمان، هاشم و آزاد هرچند که کاهش آب قابل دسترس از ۱۰۰ به ۵۰ درصد منجر به کاهش عملکرد اقتصادی گردید، اما تفاوتی از لحاظ آماری بین این دو سطح آبیاری در ژنوتیپ‌های مذکور ایجاد نشد و تنها در مورد ژنوتیپ‌های جم، ILC482 و ILC1799 کاهش رطوبت قابل دسترس از ۱۰۰ به ۵۰ درصد با کاهش معنی‌دار عملکرد همراه بود(شکل٦).

درصد انتقال ماده خشک تولیدی به دانه: درصد انتقال ماده خشک تولیدی به دانه نشان دهنده میزان مواد انتقال یافته و ذخیره شده در دانه نسبت به کل مواد تولید شده در دوران رشد رویشی و زایشی است. همان گونه که در جدول ٤ مشاهده می‌شود سطوح مختلف تأمین رطوبت خاک از نظر درصد انتقال تفاوت معنی‌داری نشان دادند. بیشترین درصد انتقال ماده خشک تولیدی در گیاهان بدون تنش مشاهده شد، به گونه‌ای که درصد انتقال در این گیاهان به طور متوسط حدود ٦ درصد بیشتر از گیاهان در معرض تنش شدید بود (جدول ۵). انوار و همکاران (۲۰۰۳) نیز با بررسی واکنش رشد و عملکرد نخود نسبت به تنش کمبود آب دریافتند شاخص برداشت در گیاهانی که آبیاری شده‌اند در مقایسه با گیاهان تحت تنش افزایش می‌یابد (٤). افزایش طول دوره رشد زایشی، دوام سطح برگ و توانایی تخصیص بخش بیشتری از مواد فتوسنتزی به دانه را می‌توان به عنوان عوامل مؤثر در افزایش این شاخص در این شرایط مطرح نمود.

همبستگی صفات: همان گونه که در شکل ۷ مشخص است همبستگی مثبت و معنی‌داری بین محتوای رطوبت نسبی برگ و غلظت کلروفیل وجود دارد. به گونه‌ای با کاهش محتوای رطوبت نسبی برگ محتوای کلروفیل a، کلروفیل b و کلروفیل a+b به طور معنی‌داری کاهش یافت. به اعتقاد ربیعی (۱۳۸۲) از آنجا که پرولین و کلروفیل هر دو از پیش ماده مشترکی به نام گلوتامات سنتز می‌شوند، افزایش غلظت پرولین در شرایط تنش کمبود آب می‌تواند از جمله عوامل مؤثر بر کاهش غلظت رنگدانه کلروفیل باشد (۱). در آزمایش حاضر بین محتوای کلروفیل و پرولین همبستگی منفی معنی‌داری مشاهده شد که مؤید این رابطه است.

بین مقدار پرولین و قندهای محلول با محتوای رطوبت نسبی برگ همبستگی منفی و معنی‌داری به دست آمد که نشان می‌دهد کاهش RWC برگ با افزایش غلظت این ترکیبات همراه بوده است. سانچز و همکاران (۲۰۰٤) نیز در مطالعه خود بر روی نخودفرنگی افزایش غلظت پرولین و کل کربوهیدراتهای محلول را در اثر کاهش RWC برگ گزارش نمودند (۳٤).

همبستگی محتوای رطوبت نسبی برگ با کل ماده خشک تولیدی و نیز ماده خشک دانه در سطح یک درصد معنی‌دار بود که بیانگر اهمیت این پارامتر در تعیین وضعیت آب گیاهان در شرایط تنش و نیز امکان برآورد میزان تحمل گیاهان در برابر آسیبهای ناشی از اتلاف آب بافتها با استفاده از آن می‌باشد. در مطالعه رامیرز و کلی (۱۹۹۸) و تئولات و همکاران (۱۹۹۷) نیز بین محتوای رطوبت نسبی گیاه و تسهیم ماده خشک ارتباط معنی‌داری به دست آمد که با نتایج حاصل از این تحقیق مطابقت دارد (۳۲، ۳۹).

نتیجه‌گیری کلی

با کاهش شدید آب قابل استفاده خاک، بیشترین افزایش در محتوای کربوهیدراتهای محلول در ژنوتیپ های آرمان و آزاد مشاهده شد که این موضوع را می‌توان با قابلیت تنظیم

www.SID.ir

Archive of SID

اسمزی این ژنوتیپ‌ها در شرایط کمبود آب مرتبط دانست. ارتباط بین افزایش غلظت قندهای محلول و نقش آن در کاهش پتانسیل اسمزی شیره سلولی تحت شرایط تنش خشکی توسط محققین زیادی مطرح شده است (۲۹ و ۳٤). تجمع قندهای محلول در شرایط تنش با کاهش پتانسیل اسمزی، امکان جذب آب و به دنبال آن حفظ فشار آماس سلول را فراهم می‌کند. نتایج حاصل از این پژوهش نشان می‌دهد ژنوتیپ‌هایی که بیشترین افزایش غلظت کربوهیدراتهای محلول را در تنش شدید (۲۵ درصد رطوبت قابل استفاده خاک) داشتند در مقایسه با سایر ژنوتیپ‌ها از محتوای رطوبت نسبی بالاتری برخوردار بودند، این موضوع می‌تواند تأییدی بر نقش تجمع قندها در ژنوتیپ‌های نخود در شرایط تنش و در نتیجه تنظیم اسمزی و حفظ محتوای رطوبت نسبی برگ باشد.

بررسی تجمع ماده خشک دانه گیاهان در شرایط تنش شدید نشان داد در بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی ژنوتیپ هاشم کمترین و ژنوتیپ جم بیشترین عکس العمل را نسبت به تنش خشکی داشته است. قابل ذکر است ژنوتیپ هاشم از نظر حفظ محتوای کلروفیل در شرایط تنش در مقایسه با ژنوتیپ جم موفق‌تر بوده به‌گونه‌ای که با کاهش رطوبت خاک از ۱۰۰ درصد آب قابل استفاده به ۲۵ درصد، بیشترین کاهش محتوای کلروفیل a+b در ژنوتیپ جم مشاهده شد و محتوای کلروفیل ژنوتیپ هاشم به مقدار کمتری کاهش نشان داد. لذا طبق نظر پسارکلی (۱۹۹۹) حفظ کلروفیل برگ و دوام فتوسنتز در شرایط تنش خشکی می‌تواند در تحمل گیاهان به تنش کمبود آب مؤثر باشد (۳۰).

مقایسه وضعیت تجمع پرولین و کل کربوهیدراتهای محلول در ژنوتیپهای مختلف حاکی از آن است که گرچه در تنش شدید میزان پرولین در تمام ژنوتیپها افزایش یافته است ولی تفاوتی بین ژنوتیپهای آرمان و هاشم با ژنوتیپی نظیر جم دیده نشد و حتی در ژنوتیپ آزاد مقدار تجمع پرولین نسبت به سایر ژنوتیپها کمتر بود. دلاکردا و همکاران (۲۰۰۳)، لاتس و همکاران (۱۹۹۹) و ساندرسن و سادهاکاران (۱۹۹۵) نیز رابطه‌ای بین تجمع مقادیر زیاد پرولین و مقاومت به خشکی مشاهده نکردند (۱۳، ۲۲ و ۳۷). لذا به نظر می‌رسد در بررسی نقش این اسید آمینه تحت شرایط تنش کمبود آب و میزان مشارکت آن در فرآیند تنظیم اسمزی مطالعات بیشتری لازم است.

قدردانی و تشکر: بدین وسیله از معاونت محترم پژوهشی دانشگاه بوعلی سینا و کلیه دست‌اندرکاران انجام این پژوهش در دانشکده کشاورزی دانشگاه بوعلی سینا و نیز جناب آقای دکتر صباغپور ریاست محترم مرکز تحقیقات کشاورزی دیم سرارود که در تأمین بذر ژنوتیپهای مختلف نهایت همکاری و مساعدت را به عمل آوردند تشکر و قدردانی می شود.

منابع

۱- ربیعی، و. ۱۳۸۲. "بررسی واکنش‌های فیزیولوژیکی و مورفولوژیکی برخی ارقام انگور در تنش خشکی". رساله دکتری رشته علوم باغبانی. دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران.

۲- سبکدست نودهی، م. و خیالپرست، ف. ۱۳۸٦. بررسی برخی تغییرات بیوشیمیایی و فیزیولوژیکی مقاومت به خشکی در سه رقم نخود. مجله علمی کشاورزی. جلد ۳۰: ۷۱-۸۰

۳- قربانلی، م. و نیاکان، م. ۱۳۸٤. بررسی اثر تنش خشکی بر روی میزان قندهای محلول، پروتئین، پرولین، ترکیبات فنلی و فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز گیاه سویا رقم گرگان ۳. نشریه علوم دانشگاه تربیت معلم. جلد ۵: ۵۵۰-۵۳۷.

4- Anwar, M. R., Mckenzie, B. A. and Hill, G. D. 2003. The effect of irrigation and sowing date on crop yield and yield components of Kabuli chickpea (Cicer arietinum L.) in a cool-temperate subhumid climate. Journal of Agricultural Science 141: 259–271.

www.SID.ir

Archive of SID

5- Anyia, A. O. and Herzog, H. 2004. Water-use efficiency, leaf area and leaf gas exchange of cowpeas under mid-season drought. European Journal of Agronomy 20: 327–339.

6- Arnon, D. I. 1975. Physiological principles of dryland crop production". In: Gupta, U. S. (eds) "Physiological aspects of dryland farming. Oxford press. P. 3-14

7- Baigorri, H., Antolin, M. C. and Sanchez-Diaz, M. 1999. Reproductive response of two morphologically different pea cultivars to drought. European Journal of Agronomy 10: 119–128.

8- Barrs, H. D., and Weatherley, P. E. 1962. A re-examination of the relative turgidity technique for estimating water deficits in leaves. Australian Journal of Biological Science 15: 413-428.

9- Bates, L. S. 1973. Rapid determination of free proline for water-stress studies. Plant and Soil 39: 205–207.

10- Behboudian, M. H., Ma, Q., Turner, N. C. and Palta, J. A. 2001. Reactions of chickpea to water stress: yield and seed composition. Journal of the Science of Food andAgriculture 81: 1288–1291.

11- Bohnert, H. J., Nelson, D. E. and Jensen, R. G. 1995. Adaptation to environmental Stresses. Plant Cell 7: 1099-1111.

12-Bot, A. J., Nachtergaele, F. O. and Young, A. 2000. Land resource potential and constraints at regional and country levels. World Soil Resources Reports 90. Land and Water Development Division, FAO, Rome.

13- Crowe, J. H., Hoekstra, F. A. and Crowe, L. M. 1992. Anhydrobiosis. Annual Review plant Physiology 54: 579-599.

14- De-Lacerda, C. F., Cambraia, J., Oliva, M. A., Ruiz, H. A. and Prisco, J. T. 2003. Solute accumulation and distribution during shoot and leaf development in two sorghum genotypes under salt stress. Environmetal and Experimental Botany 49: 107–120.

15- Dubois M, Gilles K A, Hamilton J. K, Rebers P. A and Smith, F. 1956. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. Analytical Chemistry 28: 350–356.

16- Hsu, S. Y., Hsu, Y. T. and Kao, C. H. 2003. The effect of polyethylene glycol on proline accumulation in rice leaves. Journal of Plant Biology 46: 73–78.

17- Irigoyen, J. J., Emerich, D. W. and Sanchez-Diaz, M. 1992. Water stress induced changes in concentrations of praline and total soluble sugars in nodulated alfalfa (Medicago sativa) plants. Plant Physiology 84:55-60.

18- Kameli, A. and Losel, D. M. 1993. Carbohydrates and water status in wheat plants under water stress. New Phytologist 125: 609-614.

19- Kameli, A. and Losel, D. M. 1996. Growth and sugar accumulation in durum wheat plants under water stress. New Phytologist 132: 57-62.

20- Kerepesi, I. and Galiba, G. 2000. Osmotic and Salt Stress-Induced Alteration in Soluble Carbohydrate Content in Wheat Seedlings. Crop Science 40: 482-487.

21- Leport, L. Turner, N. C., Davies, S. L. and Siddique, K. H. M. 2006. Variation in pod production and abortion among chickpea cultivars under terminal drought. European Journal of Agronomy 24: 236–246.

22- Lutts, S., Majerus, V. and Kinet, J. M. 1999. NaCl effects on proline metabolism in rice (Oryza sativa) seedlings. Plant Physiology 105: 450–458.

23- Manivannan, P. Abdul Jaleel, C. Sankar, B., Kishorekumar, A. Somasundaram, R , Lakshmanan, G. M. A. and Panneerselvam, R. 2007. Growth, biochemical modifications and proline metabolism in Helianthus annuus L. as induced by drought stress. Colloids and Surfaces B: Biointerfaces 59: 141–149.

24- Matin, M. A., Brown, J. H. and Ferguson, H. 1989. Leaf water potential, relative water content, and diffusive resistance as screening techniques for drought resistance in barley. Agronomy Journal 81: 100–105.

25- Mullet, J. E. and Whitsitt, M. S. 1996. Plant cellular responses to water deficit. Journal of Plant Growth Regulation 20: 119–124.

26- Nayyar, H and Gupta, D. 2006. Differential sensitivity of C3 and C4 plants to water deficit stress: Association with oxidative stress and antioxidants. Environmental and Experimental Botany 58: 106-113.

27- Nayyar, H., Walia, D. P. 2003. Water stress induced proline accumulation in contrasting wheat genotypes as affected by calcium and abscisic acid. Journal of Plant Biology 46: 275–279.

28- Parsons, L. R. and Howe, T. K. 1984. Effects of water stress on the water relations of Phaseolus vulgaris and the drought resistant Phaseolus acutifolius. Plant Physiology 60: 197–202.

www.SID.ir

Archive of SID

29- Permachandra, G. S., Hahn, D. T., Rhodes, D. and Joly, R. J. 1995. Leaf water relations and solute accumulation in two grain sorghum lines exhibiting contrasting drought-tolerance. Journal of Experimental Botany 46: 1833-0841.

30- Pessarkli, M. 1999. Hand book of Plant and Crop Stress. Marcel Dekker Inc. PP. 697.

31- Petrusa, L. M.and Winicov, I. 1997. Proline status in salt tolerant and salt sensitive alfalfa cell lines and plants in response to NaCl. Plant Physiology and Biochemistry 35: 303–310.

32- Ramirez, V. P., Kelly, J. D. 1998. Traits related to drought resistance in common bean. Euphytica 99: 127–136.

33- Sabaghpour, S. H. 2004. Present status and future prospects of food legume in Iran. In: Gowda, C. L. L. and Pande, F. (eds) Role of legumes in crop diversification and poverty reduction in Asia. ICRISAT. P. 75-83.

34- Sanchez, F. J., De Andre, E. F. Tenorio, J. L. and Ayerbe, L. 2004. Growth of epicotyls, turgor maintenance and osmotic adjustment in pea plants (Pisum sativum L.) subjected to water stress. Field Crops Research 86: 81–90.

35- Sanchez, F. J., Manzanares, M., De Andres, E. F., Tenorio, J. L. and Ayerbe, L. 1998. Turgor maintenance, osmotic adjustment and soluble sugar and proline accumulation in 49 pea cultivars in response to water stress. Field Crops Research 59: 225–235.

36- Singh, K. B., Malhorta, R. S., Halila, M. H., Knights, E. J. and Verma, M. 1994. Current status and future sterategy in breeding chickpea for resistance to biotic and abiotic stressees. Euphytica 73: 137-149.

37- Smirnoff, N. 1995. Antioxidant systems and plant response to the environment In: Smirnoff, V. (ed). Environment and Plant Metabolism: Flexibility and Acclimation. BIOS Scientific Publishers, Oxford. P. 217-243.

38- Sundaresan, S. and Sudhakaran, P. R. 1995. Water stress-induced alternations in the proline metabolism of drought-susceptible and –tolerant cassava (Manihot esculenta) cultivars. Plant Physiology 94: 635-642.

39- Teulat, B., Monneveux, P., Wery, J., Borries, C., Souyris, I., Charrier, A., This, D. 1997. Relationships between relative water content and growth parameters under water stress in barley: a QTL study. New Phytologist 137: 99–107.

www.SID.ir

Archive of SID

Dry matter accumulation and compatile metabolites prouduction of six chickpea (*Cicer arietinum* L.) genotypes under different soil moisture

Saman M., Sepehri A. and Ahmadvand G.

Cultivation Dept., Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamadan, I.R. of IRAN

Abstract

Drought stress is the second important constraint of yield in chickpea after disease. In order to study the effects of drought on total dry weight, seed yield, chlorophyll content, relative water content and amount of proline and soluble sugars accumulation of 6 Kabuli chickpea genotypes including Arman, Jam, Hasham, Flip93-93 (Azad) , ILC482 and ILC1799, a experiment was conducted during the 2007 at experimental greenhouse of the agricultural faculty of Bu-Ali Sina University. The experiment was established using a factorial completely randomized design with three irrigation levels (100, 50 and 25% available water). Assessment of the results indicated that total dry weight, seed yield, chlorophyll content and relative water content were significantly decreased by reduction in available water from 100 to 50 and 25%. The detrimental effects of reduction in soil available water on chlorophyll a content was more than chlorophyll b. Reduction in available water from 100 to 50 and 25% decreased chlorophyll a content 31 and 43 percent, while the reduction of chlorophyll b content in that range was 16 and 38 percent, respectively. Water deficit stress caused an increase of proline and total soluble carbohydrates contents, so that their concentrations at 25% AW increased to 32 and 2 times, respectively. Proline accumulation was mainly different from changes in soluble sugars concentration, total dry weight and relative water content.

Keywords: Chickpea, Drought stress, Yeild, Compatible metabolites

www.SID.ir