مجله علوم گیاهان زراعی ایران
دوره ۴۲، شماره ۱، ۱۳۹۰ (۱۳۱-۱۲۵)

ارتباط عملکرد دانه و میزان روغن بزرک با میزان کلروفیل، پرولین و کربوهیدرات‌های محلول برگ تحت رژیم های مختلف آبیاری

اعظم کدخدائی[1] و پرویز احسان زاده[2]*
۱، ۲، دانشجوی کارشناسی ارشد و دانشیار دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان
(تاریخ دریافت: ۸۸/۹/۴ - تاریخ تصویب: ۸۹/۱۰/۱)

چکیده

مطالعه واکنش‌های فیزیولوژیک ژنوتیپ‌های مختلف بزرک (*Linum ustitatissimum*) به تنش کمبود آب می‌تواند به شناسایی سازوکارهای مؤثر در مقاومت گیاه به این تنش کمک کند. در این راستا اثر تنش کم‌آبی بر غلظت کلروفیل، پرولین، کربوهیدرات‌های محلول برگ و عملکرد دانه شش ژنوتیپ بزرک به صورت آزمایش مزرعه‌ای در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه صنعتی اصفهان، با استفاده از سه رژیم آبیاری به صورت کرت‌های خردشده مورد بررسی قرار گرفت. سطوح تیمار آبیاری به عنوان فاکتور اصلی براساس آبیاری پس از تبخیر تجمعی از تشت تبخیر کلاس A به میزان ۷۰، ۱۱۵ و ۱۴۵ میلی‌متر و شش ژنوتیپ بزرک [C_1، C_2، C_3، B (بومی کردستان)، خراسان و ۳۳] به عنوان فاکتور فرعی بودند. علیرغم اینکه تنش کمبود آب باعث کاهش عملکرد دانه و مقدار کل کلروفیل ژنوتیپ‌های مورد ارزیابی شد، ولی منجر به افزایش غلظت پرولین و کربوهیدرات‌های محلول برگ آنها شد. در شرایط تنش شدید ژنوتیپ B با ۲۱۹۳ کیلوگرم در هکتار بیشترین عملکرد دانه را داشت. بیشترین کاهش میزان کلروفیل (۳۴ درصد) در سطح تنش شدید در ژنوتیپ C_1 مشاهده شد. بیشترین افزایش غلظت کربوهیدرات‌های محلول برگ به میزان ۹۳ درصد در ژنوتیپ B مشاهده شد. ژنوتیپ‌های C_1، C_2، C_3 و خراسان بیشترین و ژنوتیپ‌های B و ۳۳ کمترین افزایش میزان پرولین در شرایط تنش را داشتند. به نظر می‌رسد که نقش کربوهیدرات‌های محلول در مقایسه با پرولین و همچنین حفظ غلظت کلروفیل، در ایجاد تحمل به تنش کمبود آب در گیاه بزرک مؤثرتر باشد. احتمالاً مؤثرتر بودن کربوهیدرات‌های محلول در ایجاد تحمل به تنش کمبود آب مرتبط با نقش این ترکیبات در بهبود تنظیم اسمزی است.

واژه‌های کلیدی: بزرک، کمبود آب، کلروفیل، پرولین، کربوهیدرات‌های محلول.

مقدمه

بزرک (*Linum ustitatissimum*) در ایران یک گیاه زراعی تقریباً فراموش شده است که به صورت فرعی و پراکنده در نقاط مختلف کشت می‌شود Khajehpour, (1994). افزون بر تولید روغن از دانه آن که به طور میانگین دارای ۴۵-۴۰ درصد چربی است، کنجاله آن ۴۲-۴۶ درصد پروتئین داشته و می‌تواند به عنوان منبع پروتئینی در تغذیه دام به کار رود.

از آنجا که قسمت اعظم ایران دارای اقلیم خشک و نیمه‌خشک است، تعیین تحمل نسبی به تنش کمبود

* نویسنده مسئول: پرویز احسان‌زاده تلفن: ۰۹۱۳-۳۱۶۳۳۵۰ E-mail: ehsanp@cc.iut.ac.ir

Archive of SID
www.SID.ir

آب در گیاهان زراعی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. با ارزیابی ژنوتیپ‌هایی از هر گیاه که تحت شرایط کم‌آبی قادر به تولید عملکرد نسبتاً قابل قبولی باشند، می‌توان با اطمینان بیشتری آنها را در نواحی خشک و نیمه‌خشک کشت نمود. عملکرد و سایر خصوصیات زراعی و فیزیولوژیک بزرگ همانند دیگر گیاهان زراعی تحت اثر فاکتورهای محیطی از جمله تنش کمبود آب قرار می‌گیرد. واکنش گیاهان به تنش کم‌آبی به ماهیت کمبود آب وابسته است و می‌تواند به صورت پاسخ‌های فیزیولوژیک کوتاه‌مدت (پاسخ کوتاه‌مدت)، تطابق غیرقابل توارث با سطح مشخصی از تنش کم‌آبی (پاسخ میان‌مدت) و تطابق قابل توارث با خشکی (پاسخ بلندمدت) طبقه‌بندی شود (Pessarkli, 1999).

کاهش در پروتئین‌های غشایی خاص، افزایش در فعالیت آنزیم کلروفیلاز و پراکسیداز و اختلال در فعالیت آنزیم‌های مسئول سنتز کلروفیل از عوامل مؤثر در کاهش کلروفیل در شرایط تنش کم‌آبی ذکر شده‌اند. کاهش غلظت کلرفیل به میزان ۱۲ درصد و در مقابل تجمع پرولین تحت استرس کمبود آب در گیاه کلزا مشاهده شده است (نقل از Omidbaigi et al., 2001).

در شرایط تنش کمبود آب گیاه به منظور ادامه جذب آب، از طریق تجمع ترکیبات اسمزی از جمله پرولین و کربوهیدرات‌های محلول برگ، پتانسیل اسمزی خود را کاهش می‌دهد و یا به عبارت دیگر تنظیم اسمزی صورت می‌گیرد. افزایش غلظت پرولین در اثر ممانعت از تجزیه پرولین، جلوگیری از ورود پرولین به چرخه ساخت پروتئین و یا افزایش تجزیه پروتئین است که ممکن است با کاهش رشد همراه باشد (Bandurska & Stroinski, 2003). این محققین در آزمایش خود گزارش کردند که میزان پرولین در برگ‌های جو دو برابر افزایش نشان داد که نشان‌دهنده مقاومت به کم‌آبی است، و ارقام مقاوم میزان پرولین بیشتری داشتند. در مطالعه Fathian (2008) بر روی گیاه گلرنگ، میزان تجمع پرولین در رژیم آبیاری ۱۴۰ میلی‌متر تبخیر از تشت تبخیر کلاس A، ۱۸۰۴/۴ میکروگرم در گرم برگ به دست آمد و تنش کمبود آب منجر به افزایش ۸۳ درصدی در میزان پرولین برگ از سطح تنش ۸۰ به ۱۴۰ میلی‌متر تبخیر از تشت تبخیر کلاس A شد. در این آزمایش گزارش شده است که تجمع پرولین در اثر تنش خشکی تنها به تداوم رشد گیاه تا پایان دوره حیات گیاه کمک می‌کند و نقشی در جلوگیری از افت احتمالی عملکرد دانه ندارد. در مطالعه Liu et al. (2004) بر روی گیاه سویا، افزایش ۴۸ درصدی در غلظت قندهای هگزوز برگ همراه با تنش کمبود آب در برگ‌های سویا دیده شد. تجمع هگزوز در برگ‌های گیاه تحت چنین شرایطی ممکن است به حفظ تورژسانس نسبت داده شود و این قسمتی از استراتژی گیاه برای سازگار شدن به چنین تنشی می‌باشد. در مطالعه Kameli & Losel (1993) روی دو واریته حساس و مقاوم گندم دوروم مشاهده شد که افزایش کربوهیدرات‌های محلول در رقم مقاوم به کمبود آب شاخص مناسب‌تری، در مقایسه با پرولین، برای نشان دادن پتانسیل مقاومت به تنش کمبود آب است. در مطالعه Zajaç et al. (2005)، روی ارقام بزرگ گزارش شده است که میزان عملکرد دانه در سالی که شرایط دیم بوده نسبت به سالی که میزان بارش مناسب بوده، ۴۰ درصد کاهش نشان داده است.

مطالعه حاضر به منظور بررسی اثر تنش کمبود آب بر میزان کربوهیدرات‌های محلول، پرولین و کلروفیل برگ و همچنین ارتباط آنها با عملکرد دانه در شرایط تنش کمبود آب در شش ژنوتیپ بزرگ صورت گرفت.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی ۸۸-۱۳۸۷ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان واقع در لورک نجف‌آباد به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. مزرعه براساس طبقه‌بندی کوپن دارای اقلیم نیمه‌خشک خنک با تابستان‌های گرم و خشک می‌باشد و متوسط درجه حرارت سالیانه در این منطقه ۱۴/۵ درجه سانتی‌گراد و متوسط بارندگی سالیانه ۱۴۰ میلی‌متر می‌باشد.

بافت خاک منطقه لومی‌رسی و جرم مخصوص ظاهری ۱/۳ گرم بر سانتی‌متر مکعب می‌باشد (جدول۱). ظرفیت زراعی و نقطه پژمردگی خاک به ترتیب ۲۵ و ۱۰ درصد وزنی می‌باشد (Lakzian, 1989). هدایت الکتریکی خاک ۱/۷ دسی‌زیمنس بر مترمربع و pH

Archive of SID

www.SID.ir

خاک حدود ۷/۵ می‌باشد. قابل ذکر آن که در طی فصل اجرای آزمایش منطقه فاقد بارندگی بود. رژیم آبیاری به عنوان فاکتور اصلی بر اساس آبیاری پس از تبخیر تجمعی از تشت تبخیر کلاس A به میزان ۷۰ (عدم تنش)، ۱۱۵ (تنش نسبی) و ۱۴۵ (تنش شدید) میلی‌متر (به ترتیب I_1، I_2 و I_3) بود. با توجه به اینکه میزان رطوبت در نقطه تخلیه مجاز برای بزرک ۶۰ درصد آب قابل استفاده می‌باشد (Lakzian, 1989). بنابراین با تعیین مقادیر بالاتری از تخلیه آب از خاک قبل از هر آبیاری، می‌توان سطوح تنش را اعمال کرد. برای اعمال رژیم‌های آبیاری، از اطلاعات تشت تبخیر، نمونه‌برداری از خاک و تعیین رطوبت وزنی قبل از هر آبیاری استفاده شد. به این ترتیب میزان تخلیه آب و مقدار آب مورد نیاز در هر آبیاری در تیمارهای مختلف محاسبه گردید. با داشتن میزان رطوبت وزنی در زمان ظرفیت مزرعه و نقطه پژمردگی دائم، میزان آب قابل استفاده محاسبه گردید (جدول ۲).

ژنوتیپ‌های بزرک به عنوان فاکتور فرعی شامل C_1 (لاین اصلاحی دیررس با تعداد انشعاب و کپسول زیاد)، C_2، (لاین اصلاحی با تعداد کپسول متوسط) C_3 (لاین اصلاحی دیررس با تعداد کپسول زیاد)، B (توده بومی کردستان با ارتفاع کم ولی دیررس)، خراسان (توده بومی خراسان با تعداد کپسول زیاد) و ۳۳ (لاین اصلاحی با ارتفاع زیاد) بود. بذور هر ژنوتیپ در شش ردیف به طول سه متر با تراکم کاشت حدود ۷۰۰ بذر در مترمربع و با فاصله ردیف‌های ۳۰ سانتی‌متر در ۶ فروردین کشت شدند.

اعمال رژیم‌های آبیاری پس از استقرار کامل بوته‌ها آغاز شد. حجم آب آبیاری در هر نوبت برای تمام کرت‌های اصلی یکسان در نظر گرفته شد. تا قبل از شروع گلدهی این میزان برای هر کرت اصلی (با این فرض که عمق نفوذ بخش اعظم ریشه تا ۳۰-۴۰ سانتی‌متر است) ۲۹۷۰ لیتر و برای پس از گلدهی (با این فرض که عمق نفوذ بخش اعظم ریشه تا ۶۰-۷۰ سانتی‌متر است) ۵۹۴۰ لیتر در نظر گرفته شد.

جدول ۱- مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش در لایه ۳۰ سانتی‌متری سطح خاک

شن	سیلت	رس	بافت	پتاسیم	فسفر	pH	نیتروژن کل	کرین آلی	هدایت الکتریکی
۱۶	۴۶	۳۸	لوم رسی	۲۶۵	۱۷	۷.۵	۰/۰۴۵	۰/۸۱	۱/۷

جدول ۲- مقایسه سطوح تیمار آبیاری از نظر رطوبت وزنی (درصد) و تخلیه آب از خاک (درصد) قبل از هر بار آبیاری

آبیاری	میزان تبخیر تجمعی از تشت تبخیر کلاس آ (میلی‌متر)	رطوبت وزنی خاک (درصد)	میزان تخلیه آب از خاک (درصد)
I_1	۷۰	۱۶	۶۰
I_2	۱۱۵	۱۳/۵	۷۶/۶
I_3	۱۴۵	۱۲	۹۰

میزان کلروفیل با دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج‌های ۶۶۳ و ۶۴۵ نانومتر در مرحله گرده‌افشانی با استفاده از روش آرنون (Farahy Ashtiani, 1988) اندازه‌گیری شد. جهت محاسبه غلظت کلروفیل‌های a، b و کل (بر حسب میلی‌گرم در گرم برگ تازه) به ترتیب از روابط ۱، ۲ و ۳ استفاده شد:

$$[chla](mgg^{-1})=\left[(12.7*Abs663)-(2.6*Abs645)\right]*mlAcctone/\ mg \quad (۱)$$

$$[chlb](mgg^{-1})=\left[(22.9*Abs645)-(4.68*Abs663)\right]*mlAcctone/mg \quad (۲)$$

$$[chltotal](mgg^{-1}) = [chla] + [chlb] \quad (۳)$$

در این روابط chla، chlb و chla+ chlb به ترتیب غلظت کلروفیل‌های a، b و کل و Abs645 و Abs663 عبارت از جذب در طول موج‌های ۶۴۵ و ۶۶۳ نانومتر می‌باشند.

Archive of SID

www.SID.ir

میزان پرولین تجمع یافته در گیاه با استفاده از اسپکتروفتومتر در طول موج ۵۲۰ نانومتر و با توجه به منحنی استاندارد حاصل از غلظت‌های مختلف پرولین در مرحله ۵۰ درصد کپسول‌دهی، برحسب میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ محاسبه شد (Bates et al., 1973).

غلظت کربوهیدرات‌های محلول به وسیله اسپکتروفتومتر در طول موج ۵۳۵ نانومتر و با توجه به منحنی استاندارد حاصل از غلظت‌های مختلف گلوگز در مرحله ۵۰ درصد کپسول‌دهی نمونه‌های برگ بالغ فعال تعیین گردید (Siosemardeh, 1998).

برای اندازه‌گیری ماده خشک در واحد سطح چهار ردیف میانی از هر کرت مورد استفاده قرار گرفت. به این صورت که با رعایت حاشیه از طرفین بوته‌های چهار ردیف وسط از هر کرت برداشت و عملکرد ماده خشک در واحد سطح محاسبه گردید. عملکرد دانه در هکتار نیز پس از رسیدگی فیزیولوژیک با برداشت دانه چهار ردیف میانی از هر کرت با رعایت حاشیه از طرفین، کوبیدن و بوجاری و سپس توزین به دست آمد. محاسبات آماری با نرم‌افزار آماری SAS و مقایسه میانگین ها نیز با استفاده از آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار در سطح ۵٪ صورت گرفت.

نتایج و بحث

نتایج نشان داد که تأثیر رژیم آبیاری بر عملکرد دانه بزرک معنی‌دار گردید (جدول ۳). تنش کم‌آبی منجر به کاهش معنی‌داری در عملکرد دانه ژنوتیپ‌های بزرک شد. سطح آبیاری I_1 نسبت به سطح I_3 حدود ۳۶ درصد تولید عملکرد دانه بیشتری داشت (جدول ۴). ضمن آن که ژنوتیپ‌های C_2 و B کاهش کمتری را در عملکرد دانه نشان دادند و ژنوتیپ ۳۳ در حد متوسط قرار داشت، ژنوتیپ‌های C_1، C_3 و خراسان بیشترین کاهش عملکرد دانه را نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها داشتند (جدول۵). بنابراین ظاهراً ژنوتیپ‌های اخیر ثبات کمتری را نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها از نظر عملکرد دانه در شرایط متفاوت رطوبتی داشته و به عنوان ارقام حساس‌تر به خشکی شناخته شدند.

تأثیر رژیم آبیاری بر غلظت پرولین معنی‌دار گردید (جدول ۳). تنش کمبود آب میانگین غلظت پرولین برگ را در همه ژنوتیپ‌ها به طور معنی‌داری افزایش داد (جدول ۵). Girousse et al. (1996) گزارش کردند در بزرک با تشدید تنش خشکی، میزان پرولین تا صد برابر میزان آن در گیاهان شاهد (آبیاری مناسب) افزایش یافت. همچنین آستانه آب برگ برای تجمع پرولین ۱۵- تا ۱۷- بار بود. ژنوتیپ‌های C_1، C_3 و خراسان با وجود افزایش مقدار پرولین، نمود مناسبی از لحاظ عملکرد تحت تنش نشان ندادند. اما ژنوتیپ B که تحت تنش کم‌آبی کاهش کمتری در عملکرد داشت و به عنوان ژنوتیپ مقاوم‌تر شناخته شد تجمع معنی‌دار پرولین را نشان نداد. Kulshreshtha et al. (1987) گزارش کردند که در برگ‌های بالغ تحت شرایط تنش کمبود آب تجزیه پروتئین‌ها باعث کاهش غلظت آنها و در نتیجه افزایش اسیدهای آمینه آزاد از جمله پرولین می‌شود. اگر چه کمبود آب منجر به افزایش تجمع پرولین شد، عملکرد نهایی تحت اثر کمبود آب کاهش معنی‌داری نشان داد. بنابراین می‌توان گفت که تجمع پرولین بیشتر به تداوم بقاء و رشد گیاه تا پایان دوره حیات گیاه کمک می‌کند. در این آزمایش با اینکه عملکرد دانه با مقدار پرولین همبستگی (r=-۰/۵۵) معنی‌داری را نشان نمی‌دهد (داده‌ها نشان داده نشده‌اند)، با این حال این همبستگی منفی است و نشان‌دهنده مؤثر نبودن میزان پرولین در مقاومت به تنش کم‌آبی و در نتیجه ثبات عملکرد می‌باشد.

تأثیر رژیم آبیاری بر غلظت کلروفیل معنی‌دار گردید (جدول ۳). تنش کم‌آبی باعث کاهش معنی‌دار غلظت کلروفیل شده است (جدول ۴). به نظر می‌رسد کاهش کلروفیل تحت تنش بواسطه اثرکلروفیلاز و در نتیجه تجزیه کلروفیل می‌باشد (Pessarkli, 1999). در آزمایش Shukry (2001) روی بزرک، تنش خشکی به کاهش قابل توجه در کل رنگدانه ها منجر شد، که نتیجه آن کاهش فتوسنتز گزارش شد. Mohsenzadeh et al. (2006) بیان کردند که کاهش در میزان کلروفیل a، کلروفیل b و کلروفیل کل در شرایط تنش در گیاه آفتابگردان می‌تواند در اثر تخریب کلروپلاست و کاهش در مقدار کلروفیل باشد. ژنوتیپ C_1 بیشترین میزان کاهش معنی‌دار کلروفیل را نشان داد. در ژنوتیپ C_2 غلظت کلروفیل تحت شرایط تنش کم‌آبی قرار نگرفت.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس عملکرد دانه، غلظت پرولین، کربوهیدرات محلول و غلظت کلروفیل کل در شش ژنوتیپ بزرک تحت رژیم‌های مختلف آبیاری

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات			
		عملکرد دانه	پرولین	کربوهیدرات محلول	کلروفیل کل
تکرار	۲	۳۲۳۳۸۸/۳	۱۲۸۵۵۹۵۲/۵	۴۰/۴۱	۰/۳۸۰
آبیاری	۲	۱۸۱۴۶۸۹/۳**	۲۱۴۵۱۴۸۳۵/۴**	۹۱۴۶/۷۷*	۱/۴۳۴*
خطا	۴	۵۴۸۵۶/۶	۸۴۰۹۹۵۷/۹	۷۱۸/۴	۰/۱۶۸
ژنوتیپ	۵	۱۵۸۶۴۹۰/۶**	۱۵۸۴۰۰۶۲/۶**	۹۲۸۰/۲**	۲/۵۸۰**
ژنوتیپ * آبیاری	۱۰	۱۲۵۰۱۲/۴۳*	۱۱۱۰۸۸۶۳/۹*	۵۵۸۳/۷**	۱/۳۱۹**
خطا	۳۰	۵۱۲۳۹/۲	۳۸۸۰۹۱۷	۳۲۳/۲	۰/۲۹۶
ضریب تغییرات (٪)		۱۶/۹	۲۸	۱۱/۲	۲۰

*و **به ترتیب اختلاف معنی‌دار در سطوح ۵ و ۱ درصد.

جدول ۴- مقایسه میانگین‌های عملکرد دانه، غلظت کلروفیل، کربوهیدرات محلول و پرولین در شش ژنوتیپ بزرک تحت رژیم‌های مختلف آبیاری

عامل آزمایشی	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	کلروفیل (میلی گرم در گرم وزن تر برگ بالغ فعال بزرک)	کربوهیدرات محلول	پرولین
آبیاری				
I_1	۱۶۸۶/۷^{a}	۳/۰۴^{a}	۱۳۴/۹^{b}	۲/۸۰^{b}
I_2	۱۲۳۴/۰^{b}	۲/۶۱^{b}	۱۷۹/۳^{a}	۹/۴۷^{a}
I_3	۱۰۷۴/۷^{b}	۲/۵۱^{b}	۱۶۳/۸^{a}	۷/۶۹^{a}
ژنوتیپ				
C_1	۱۲۹۴/۷^{b}	۳/۱۷^{a}	۱۴۹/۰^{c}	۶/۸۸^{ab}
C_2	۱۲۰۴/۲^{b}	۲/۸۹^{a}	۱۹۹/۲^{a}	۷/۶۰^{ab}
C_3	۷۷۳/۵^{c}	۳/۲۶^{a}	۱۷۷/۷^{b}	۷/۰۱^{ab}
B	۲۰۷۱/۹^{a}	۲/۸۷^{a}	۱۳۰/۱^{d}	۴/۲۹^{c}
خراسان	۱۲۷۷/۴^{b}	۲/۰۶^{b}	۱۱۷/۶^{d}	۸/۰۲^{a}
۳۳	۱۳۶۹/۲^{b}	۲/۰۵^{b}	۱۸۲/۳^{ab}	۶/۱۱^{bc}

در هر ستون و برای هر عامل آزمایشی، میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند بر اساس آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) و در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

سایر ژنوتیپ‌ها کاهش غیرمعنی‌داری را در میزان کلروفیل نشان دادند (جدول ۵). Pessarkli (1999) بیان می‌کند که دوام فتوسنتز و حفظ کلروفیل در برگ تحت شرایط تنش از جمله شاخص های فیزیولوژیک مقاومت به تنش است. پایداری کلروفیل در ژنوتیپ C_2 نشان می‌دهد که تنش کمبود آب تأثیر چندانی بر غلظت کلروفیل گیاه نداشته و این خصوصیت به گیاه کمک می‌کند تا در مقابل تنش مقاومت کند و این مقدار پایدار کلروفیل منجر به حفظ نسبی ثبات در فتوسنتز و در نهایت عملکرد دانه شود.

تأثیر رژیم آبیاری بر غلظت کربوهیدرات‌های محلول معنی‌دار گردید (جدول۳). مقدار کربوهیدرات‌های محلول از ۱۶۹/۳۲ در سطح آبیاری I_3 به ۱۳۴/۹۱ میلی‌گرم در گرم برگ بالغ گیاه در سطح آبیاری I_1 کاهش نشان داد (جدول ۴)، که ممکن است با نقش این ترکیبات در تنظیم اسمزی مرتبط باشد. در مطالعه مزرعه‌ای بر روی سه رقم نخود، افزایش در کل قندهای محلول، بویژه هگزوزها گزارش شده است، که علت آن کاهش نشاسته به عنوان ماده تولیدی اصلی فتوسنتزی بیان شده است (Basu et al., 2007). در مطالعه HongBo et al. (2006)، افزایش میزان قندهای محلول به عنوان شاخص فیزیولوژیک مهم در تنظیم اسمزی و مقاومت به خشکی در گندم گزارش شده است. در مطالعه Travaglia et al. (2007)، ثابت شده است که افزایش ABA در اثر کمبود آب منجر به افزایش کربوهیدرات‌های محلول و انتقال آنها به دانه گندم شده

Archive of SID

www.SID.ir

است که در نهایت منجر به افزایش وزن هزار دانه، تعداد دانه در خوشه و عملکرد دانه نسبت به ژنوتیپ‌های فاقد این خصوصیت شده است. Zehang et al. (2005) در مطالعه بر روی سویا، افزایش غلظت کربوهیدرات‌های محلول به میزان ۹۰ درصد در اثر تنش خشکی را گزارش کرد. اگر چه گزارش مکتوب در مورد وضعیت کربوهیدرات محلول در بزرک موجود نیست، ولی نتایج به دست آمده در مورد سایر گیاهان زراعی با نتایج آزمایش حاضر سازگاری دارد. به نظر می‌رسد که در آزمایش حاضر، هر دو سطح تنش متوسط و شدید منجر به افزایش قابل توجه در میزان کربوهیدرات محلول برگ ژنوتیپ‌های بزرک در مرحله ۵۰ درصد کپسول‌دهی شده است. بیشترین افزایش در میزان کربوهیدرات‌های محلول در سطح I_3 در رقم B و کمترین میزان افزایش و حتی کاهش در رقم C_1 دیده می‌شود (جدول ۵). با توجه به این که ژنوتیپ B به عنوان ژنوتیپ مقاوم به خشکی شناخته شد، بیشترین میزان افزایش کربوهیدرات‌های محلول به منظور ایجاد تنظیم اسمزی در این ژنوتیپ، در شرایط تنش کم‌آبی نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها امری دور از انتظار نبود.

جدول ۵- میانگین‌های اثرات متقابل عملکرد دانه، غلظت پرولین، کلروفیل کل و کربوهیدرات محلول شش ژنوتیپ بزرک تحت رژیم‌های مختلف آبیاری

عامل آزمایشی		عملکرد دانه	پرولین	کلروفیل	کربوهیدرات محلول
		(کیلوگرم در هکتار)	(میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ بالغ فعال بزرک)		
ژنوتیپ	آبیاری				
C_1	۷۰	۱۸۹۰/۲^{abc}	۲/۲۲^{c}	۳/۹۴^{a}	۱۴۱/۳^{fg}
C_2	۷۰	۱۲۶۲/۵^{ef}	۲/۷۸^{c}	۲/۵۳^{bcde}	۲۰۵/۰^{c}
C_3	۷۰	۱۳۴۲/۶^{de}	۲/۴۲^{c}	۲/۸۷^{bc}	۱۲۵/۵^{gh}
B	۷۰	۲۱۹۳/۵^{a}	۳/۰۲^{i}	۳/۲۶^{ab}	۸۹/۳^{i}
خراسان	۷۰	۱۷۵۳/۹^{bc}	۲/۸۳^{c}	۲/۹۷^{bc}	۷۹/۶^{i}
۳۳	۷۰	۱۶۷۷/۵^{cd}	۳/۵۳^{c}	۲/۶۵^{bcd}	۱۶۸/۶^{def}
C_1	۱۱۵	۱۰۶۶/۵^{ef}	۸/۴۹^{ab}	۲/۹۶^{bc}	۱۷۹/۰^{cd}
C_2	۱۱۵	۱۲۴۰/۹^{ef}	۹/۶۷^{ab}	۳/۴۱^{ab}	۱۸۴/۳^{cd}
C_3	۱۱۵	۵۹۵/۸^{g}	۱۱/۲۱^{a}	۴/۰۰^{a}	۲۶۴/۹^{a}
B	۱۱۵	۲۰۷۸/۷^{ab}	۶/۹۰^{b}	۲/۷۵^{bc}	۱۲۸/۷^{gh}
خراسان	۱۱۵	۱۱۹۳/۲^{ef}	۱۰/۶۸^{ab}	۰/۸۶^{f}	۱۶۹/۹^{def}
۳۳	۱۱۵	۱۲۲۹/۱^{ef}	۹/۸۶^{ab}	۱/۶۵^{ef}	۱۴۸/۹^{efg}
C_1	۱۴۵	۹۲۷/۳^{fg}	۹/۹۳^{ab}	۲/۶۱^{bcd}	۱۲۶/۷^{gh}
C_2	۱۴۵	۱۱۰۹/۱^{ef}	۱۰/۳۵^{ab}	۲/۷۲^{bcd}	۲۰۸/۳^{bc}
C_3	۱۴۵	۳۸۲/۰^{h}	۷/۴۰^{b}	۲/۹۱^{bc}	۱۴۲/۷^{efg}
B	۱۴۵	۱۹۴۳/۳^{abc}	۲/۹۶^{c}	۲/۶۱^{bcd}	۱۷۲/۳^{de}
خراسان	۱۴۵	۸۸۵/۱^{fg}	۱۰/۵۴^{ab}	۲/۳۴^{cde}	۱۰۳/۵^{hi}
۳۳	۱۴۵	۱۲۰۱/۰^{ef}	۴/۹۵^{cb}	۱/۸۴^{de}	۲۲۹/۵^{b}

در هر ستون میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند براساس آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار در سطح‌احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

نتیجه‌گیری که می‌توان از نتایج آزمایش حاضر داشت آن است که با تشدید محدودیت رطوبت کاهش در میزان کلروفیل برگ نقش مهمی در کاهش عملکرد دانه بزرک دارد. با عنایت به افزایش غلظت پرولین در برگ بزرک تحت تنش کم‌آبی، همانطور که در برخی گیاهان دیگر نیز دیده شده است میزان پرولین برگ بیش از آنکه معیاری از مقاومت به خشکی این گیاه دانه روغنی باشد، معیاری از شدت تنش خشکی است. حتی غلظت کمتر اسید آمینه فوق ممکن است معیار مناسبی برای انتخاب ژنوتیپ‌های بزرک جهت مقاومت به خشکی باشد. ممکن است سازوکار مقاومت به تنش حاضر در ژنوتیپ‌های به نسبت مقاوم بزرک متفاوت باشد. مقاومت ژنوتیپ B احتمالاً به دلیل تنظیم اسمزی قوی‌تر ناشی از افزایش بیشتر کربوهیدرات‌های محلول در این ژنوتیپ

Archive of SID

www.SID.ir

می‌باشد. برعکس، مقاومت ژنوتیپ C_2 احتمالاً به دلیل حفظ غلظت کلروفیل این ژنوتیپ تحت شرایط کم‌آبی و در نتیجه حفظ سطح فتوسنتز و عملکرد دانه می‌باشد.

سپاسگزاری

هزینه‌های این تحقیق توسط دانشگاه صنعتی اصفهان تأمین شده که موجب سپاسگزاری است.

REFERENCES

1. Bandurska, H. & Stroinski, A. (2003). ABA and proline accumulation in leaves and roots of wild (*Hordeum spontaneum*) and cultivated (*Hordeum vulgare* Maresi) barley genotypes under deficit water conditions. *Acta Physiologiae Plantarum*, 25, 55-61.
2. Basu, P. S., Berger, J. D., Turner, N. C., Chaturvedi, S. K., Ali, M. & Siddique, K. H. M. (2007). Osmotic adjustment of chickpea (*Cicer arietinum*) is not associated with changes in carbohydrate composition or leaf gas exchange under drought. *Annals of Applied Biology*, 150, 217-225.
3. Bates, L. S., Waldren, R. P. & Teare, L. D. (1973). Rapid determination of free proline for water-stress studies. *Plant and Soil*, 39, 205-207.
4. Ech, H. V. (1986). Effects of water deficits on yield, yield components, and water use efficiency of irrigated corn. *Agronomy Journal*, 78, 1035-1040.
5. Farahy Ashtiani, S. & Parvizian, S. (1988). *Chlorophyll experiments in plant physiology*. Tehran University Press. (In Farsi).
6. Fathian, S. (2008). *Physiological limitations to safflower photosynthesis under two different moisture regimes*. M. Sc. dissertation, Isfahan University of Technology, Iran. (In Farsi).
7. Girousse, C., Bournolille, R. & Bonnemain, J. L. (1996). Water deficit changes in concentrations of proline and some other amino acids in the phloem sap of alfalfa. *Plant Physiology*, 111, 109-115.
8. Hongbo, S., Zongsuo, L. & Mingan, S. (2006). Osmotic regulation of 10 wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes at soil water deficits. *Colloids and Surfaces*, 47, 132-139.
9. Kameli, A. & Losel, D. M. (1993). Carbohydrates and water status in wheat plants under water stress. *New Phytologist*, 125, 609-614.
10. Khajehpour, M. R. (1994). *Production of industrial crops*. Jahad Daneshgahi Press. Isfahan University of Technology. PP. 250. (In Farsi).
11. Kulshreshtha, S., Mishra, D. P. & Gupta, R. K. (1987). Changes in contents of chlorophyll, proteins and lipids in whole chloroplast and chloroplast membrane fractions at different leaf water potentials in drought resistant and sensitive genotypes of wheat. *Photosyntetica*, 21(1), 65-70.
12. Lakzian, M. (1989). A*n evaluation of evolution and characteristics of clay minerals of Khomainy-Shahr Soil Series of Lavark, Najaf-Abad, Isfahan, Iran.* M. Sc. dissertation, Isfahan University of Technology, Iran. (In Farsi).
13. Liu, F., Jensena, C. R. & Andersen, M. N. (2004). Drought stress effect on carbohydrate concentration in soybean leaves and pods during early reproduction development: its implication in altering pod set. *Field Crops Research*, 86, 1-13.
14. Mohan, M. M., Narayanan, S. L. & Ibrahim, S. M. (2000). Chlorophyll stability index (CSI): its impact on salt tolerance in rice. PP: 38-39. In: *Crop Management and Physiology*. IRRI, Makati, Philippines.
15. Mohsenzadeh, S., Malboobi, M. A., Razavi, K. & Farrahi-Aschtiani, S. (2006). Physiological and molecular responses of *Aeluropus lagopoides* (Poaceae) to water deficit. *Environmental and Experimental Botany*, 56, 314-322.
16. Omidbaigi, R. M., Tabatabaei, F. & Akbari, T. (2001). Effect of N-fertilizers and irrigation on the productivity (growth, seed yield, and active substances) of linseed. *Iranian Journal of Field Crop Science*, 32(1), 53-63. (In Farsi).
17. Pessarkli, M. (1999). *Handbook of plant and crop stress*. Marcel Dekker. Inc. PP. 697.
18. Shukry, W. M. (2001). Effect of soil type on growth vigour, water relations, mineral uptake and contents of fatty acids and protein of yielded seeds of *Linum usitatissimum*. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 4(12), 1470-1478.
19. Siosemardeh, A. (1998). *Effect of salt stress on ion changes of different plant organs and growth stages of three wheat cultivars*. M. Sc. dissertation, University of Tehran, Iran (In Farsi).
20. Travaglia, C., Cohen, A. C., Reinoso, H., Castillo, C. & Bottini, R. (2007). Exogenous abscisic acid increases carbohydrate accumulation and redistribution to the grains in wheat grown under field conditions of soil water restriction. *Journal of Plant Growth Regulation*, 26, 285-289.
21. Zając, T., Grzesiak, S., Kulig, B. & Poláček, M. (2005). The estimation of productivity and yield of linseed (*Linum usitatissimum* L.) using the growth analysis. *Acta Physiologia Plantarum*, 27, 549-558.
22. Zhang, M., Zhai, Z., Tian, X., Duan,L. & Li, Z. (2008). Brassinolide alleviated the adverse effect of water deficits on photosynthesis and the antioxidant of soybean (*Glycine max* L.). *Plant Growth Regulation*, 56, 257–264.

Archive of SID

www.SID.ir