مجله علمی تنش‌های محیطی در علوم گیاهی
جلد (۱)، شماره (۱)، پاییز ۱۳۸۸

اثر تنش خشکی بر جوانه‌زنی، رشد، کارآیی جذب و محتوی نسبی آب برگ در گیاه جو بدون پوشینه

علیرضا باقری *

استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد اقلید

تاریخ دریافت: ۸۸/۴/۲۷ تاریخ پذیرش: ۸۸/۸/۱۴

چکیده

در بیشتر مناطق ایران رشد و عملکرد غلات به دلیل خشکی کاهش پیدا می‌کند. یکی از مناسب‌ترین گیاهان برای چنین شرایطی گیاه جو است. یکی از دلایل تولید کم ژنوتیپ‌های متحمل به تنش، عدم به کارگیری شیوه صحیح انتخاب ژنوتیپ‌ها بر اساس صفات زراعی و فیزیولوژیکی مرتبط با تحمل به تنش است. چهار ژنوتیپ جو بدون پوشینه (UH3 ، U46M ،EHM81-12 و CM67) در ایستگاه تحقیقات دانشگاه آزاد اسلامی واحد اقلید به مدت دو سال برای بررسی میزان تحمل آن‌ها به خشکی مورد بررسی قرار گرفتند. چهار تیمار (آبیاری پس از پتانسیل آب خاک به ۰/۵- (شاهد)، ۱/۵- ، ۳- و ۵- بار) به کار برده شدند. تیمارهای آزمایش در قالب طرح اسپلیت پلات بر پایه بلوک کاملاً تصادفی در سه تکرار اعمال شدند. تیمارهای خشکی در کرت‌های اصلی و ژنوتیپ‌های جو بدون پوشینه در کرت‌های فرعی قرار گرفتند. صفات اندازه‌گیری شده شامل انواع پتانسیل‌های آب، روابط آبی برگ، رشد و روابط آن بودند. آزمون جوانه‌زنی در تنش خشکی با حضور پلی اتیلن گلیکول انجام گرفت و در آن درصد جوانه‌زنی و رشد ساقه‌چه و ریشه‌چه اندازه‌گیری شدند. نتایج نشان داد که تعداد برگ درگیاه کاهش معنی‌دار در شرایط تنش داشت و نسبت سطح برگ حساسیت کمتری داشت. در بین ژنوتیپ‌ها، UH3 کمترین و GM67 بیشترین مقدار رشد را داشت و کاهش رشد با کاهش میزان آب موجود در برگ مرتبط بود. تنش موجب کاهش پتانسیل آب در برگ شد، همچنین محتوای نسبی آب برگ، کارآیی استفاده از آب، سرعت رشد مطلق، سرعت رشد نسبی، میزان اسیمیلاسیون خالص و شاخص سطح برگ (در نتیجه میزان رشد و تولید مواد فتوسنتزی)، درصد جوانه‌زنی و رشد گیاهچه را کاهش داد. در نهایت، تنش اثر کاهنده روی رشد و عوامل مؤثر در عملکرد داشت. در اثر تنش، نسبت سطح برگ ابتدا کاهش ولی با افزایش خشکی افزایش یافت. کاهش ابتدایی این ویژگی به دلیل کاهش سطح برگ و افزایش نهایی آن به دلیل کاهش شدیدتر وزن خشک کل اندام هوایی نسبت به برگ بود.

واژه‌های کلیدی: تنش خشکی، جو، جوانه‌زنی، رشد، محتوی نسبی آب.

---

* نگارنده مسئول (Aliagrono@Yahoo.Com)

Archive of SID
www.SID.ir

مقدمه

در گیاه جو بدون پوشینه، پوشینه‌ها در هنگام رسیدگی و برداشت از دانه جدا می‌شوند و به همین دلیل به آن جو لخت یا بدون پوشینه می‌گویند. ریشک‌ها در این گیاه پرپشت هستند و به همین دلیل دانه گرد و سنگین و تحمل به خشکی آن زیاد می‌باشد. همچنین این گیاه زودرس است و بنابراین به ماه‌های گرم سال برخورد نمی‌کند (Bhatty, 1999). مشخص شده که از نظر ویژگی‌های سنبله و دانه می‌توان ارقام برتر جو بدون پوشینه را انتخاب کرد. از جمله این صفات، قرار گرفتن عمودی سنبله روی ساقه و نبود ریزش دانه است (Rom and Singh, 1996). جوهای بدون پوشینه دو ردیفه میزان عملکرد بیشتری نسبت به جوهای بدون پوشینه شش ردیفه دارند (Sherchand and Yoshida, 1996).

گونه‌های *H.nudizeacritum* , *H.nudum* , *H.nudiparellelum* , *H.nudivulgare* , *H. nudierectu* ,*H.trifurcatum*

از گونه‌های جو بدون پوشینه می‌باشند (Penozzo and Eagle, 2000). این نوع جو در استان یزد، ۱۶۵ هکتار، در فارس ۲۴۱/۵ هکتار، در ایلام ۱۵۰/۲ هکتار، در کرمانشاه ۴۰/۲۵ هکتار و در سایر استان‌ها حدود ۱۰۳/۴ هکتار کشت می‌شود. میانگین عملکرد این گیاه از جو معمولی بیشتر است (۲/۴ تن در هکتار). علت اصلی کم بودن سطح زیر کشت این گیاه نبودن ارقام در دسترس و دانش بومی ضعیف کشاورزان در رابطه با کشت و کار آن است (Sherchand and Yoshida, 1996). جوانه زدن بذرهای جو به صورت پوشیده و دو قطبی است در حالی که در جو بدون پوشینه این گونه نیست (Bhatty, 1999). میزان تنفس ریشه در جو بدون پوشینه از جو معمولی کمتر است (Fukai and Cooper, 1995).

گوشوارک‌ها در گیاه جو کشیده و بلند هستند که در جو بدون پوشینه نیز چنین می‌باشد، با این تفاوت که ارتفاع آن‌ها بیشتر از گواشوارک‌های جو معمولی می‌باشد (Rom and Singh, 1996).

تنش‌های محیطی مهم‌ترین عوامل در کاهش عملکرد گیاهان زراعی به شمار می‌آیند و معمولاً موجب می‌شوند متوسط عملکرد گیاهان زراعی فقط ۲۰ـ۱۰ عملکرد پتانسیل آن‌ها باشد (Basra and Basra, 1999). با توجه به چنین شرایطی مطالعه عوامل تنش‌زا و تأثیر آن‌ها بر گیاهان و همچنین ارائه، ایجاد و توسعه روش‌های مقابله با تنش‌های محیطی به ویژه در شرایط کشور ما بسیار حیاتی به نظر می‌رسد (Blum and Sulivan, 1986). از نظر فیزیولوژی گیاهی، بروز خشکی سبب به وجود آمدن تنش‌های مختلف در محیط رشد گیاه می‌شود. ۵۰ ـ ۳۰ درصد کاهش عملکرد گیاهان در تنش خشکی به دلیل رطوبت نسبی پائین در محیط رشد گیاه اتفاق می‌افتد که نتیجه آن زیاد شدن تبخیر و تعرق، دمای زیاد و شدت نور خورشید می‌باشد. دمای زیاد ایجاد شده ناشی از تنش خشکی عامل افزایش تنفس، کاهش فتوسنتز و فعالیت آنزیمی در گیاه می‌باشد (Burke *et al.,* 1988). اولین واکنش نسبت به تنش خشکی، یک واکنش بیوفیزیکی است. در واقع با افزایش میزان تنش خشکی، دیواره سلولی چروکیده و سست می‌شود. با کاهش حجم سلول پتانسیل فشاری نیز کم می‌شود و در این شرایط توسعه سلولی که وابسته به پتانسیل فشاری است کاهش یافته که منجر به کاهش رشد می‌شود. مجموع این عوامل سبب کوچک شدن اندازه‌ی برگ و کاهش تعداد برگ در گیاه می‌شوند (Mathews *et al.,* 1984).

Van-de-Venter (2001) بیان کرد که در شرایط تنش، نتایج آزمون‌های جوانه‌زنی در

Archive of SID

www.SID.ir

آزمایشگاه با شرایط مزرعه همبستگی ندارد. همچنین مطالعه بنیه (ویگور[1]) بذر را بهترین روش برای بررسی اثرات تنش روی جوانه‌زنی دانست، وی معتقد بود بنیه بذر معیاری است برای اندازه‌گیری صفات فیزیولوژیکی بذر که قابلیت انبار کردن بذر و سبز شدن یکنواخت و سریع مزرعه و در نهایت عملکرد را تحت تأثیر قرار می‌دهد. یکی از بهترین روش‌های اندازه‌گیری بنیه بذر، اعمال تنش می‌باشد. درصد جوانه‌زنی و بنیه همیشه با هم ارتباط نزدیک ندارند و مبدأ بذر روی جوانه‌زنی آن نسبت به بنیه و سبز شدن اثر بیشتری دارد. تنش، میزان سبز شدن را بیشتر از جوانه‌زنی کاهش می‌دهد (Van-de- Venter, 2001).

Basu and Nautiyal (2004) اعلام کردند که برخی صفات فیزیولوژیک مانند سطح مخصوص برگ[2] ، راندمان مصرف آب[3] و توانایی ریشه در رسیدن به آب و شاخص برداشت، تحمل گیاه به تنش و میزان عملکرد را تحت تأثیر قرار می‌دهند. آن‌ها مدلی ارائه کردند که بر اساس آن عملکرد با حاصل ضرب تعرق در راندمان تعرق در شاخص برداشت برابر بود. هر چه SLA کمتر باشد آب بیشتری در برگ نگهداری می‌شود پس محتوای نسبی آب[4] بالاتر و گیاه متحمل‌تر است.

Richardson and Mccree (1985) اظهار داشتند که در سورگوم، شوری سبب افزایش راندمان نسبی استفاده از آب شد و هدر رفتن آب را کم کرد. Mizrahi (1982) اعلام کرد که خشکی خاک در گیاه سیب زمینی موجب کاهش رشد شد. Mehr *et al* (2000) در یک آزمایش گلخانه‌ای میزان جوانه‌زنی جو، گندم، نخود و خردل را در تنش خشکی بررسی کردند. جوانه‌زنی بذر جو در تنش خشکی بهتر از سایر گیاهان بود. همچنین رشد اولیه جو نیز از بقیه بیشتر بود. خشکی جذب نیتروژن و فسفر را کم کرد و عدم توازن بین عناصر جذب شده دلیل کاهش رشد اعلام شد. آن‌ها همچنین علائم سوختگی برگ را در تنش خشکی مشاهده کردند.

در اثر کمبود آب میزان فتوسنتز در گیاه کاهش می‌یابد که این امر به دلیل کاهش فعالیت آنزیم‌های فتوسنتزکننده است. در شرایط کمبود شدید آب ریشه چروکیده شده و چوب‌پنبه‌ای می‌شود و نیز در سطح برگ رسوب ایجاد می‌شود (Taize and Zeiger, 2006). هدف از اجرای این آزمایش بررسی تحمل ژنوتیپ‌های جو بدون پوشینه به تنش خشکی و مطالعه صفات مؤثر در تحمل به خشکی و همبستگی بین این صفات در این نوع جو بود.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در مزرعه کشاورزی، گلخانه و آزمایشگاه دانشگاه آزاد اسلامی واحد اقلید (طول جغرافیایی ۳۴ درجه و ۷ دقیقه و عرض جغرافیایی ۵۹ درجه و ۳ دقیقه) طی سال‌های ۱۳۸۴ و ۱۳۸۵ انجام گرفت. شهرستان اقلید از نظر اقلیم‌شناسی جزء مناطق کوهستانی با آب و هوای سرد و نیمه مرطوب می‌باشد. آزمایش در قالب طرح کرت‌های خرد شده بر پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجام شد. تیمارهای خشکی در کرت‌های اصلی و ژنوتیپ‌های جو بدون پوشینه در کرت‌های فرعی قرار گرفتند. چهار ژنوتیپ جو بدون پوشینه (CM67,EHM81,UHM7,UH3) از مؤسسه اصلاح و تهیه نهال و بذر تهیه شدند. تیمارهای تنش خشکی عبارت از: آبیاری بر اساس تخلیه رطوبت خاک در عمق ۲۰ سانتی‌متر تا bar ۰/۵ ،

1- Vigour
2- Specific Leaf Area (SLA)
3- Water Use Efficiency (WUE)
4- Relative Water Content (RWC)

Archive of SID

www.SID.ir

آبیاری بر اساس رطوبت خاک ۱/۵ bar- ، آبیاری بر اساس پتانسیل آب خاک ۳ bar- و آبیاری در پتانسیل ۵ bar- بودند. این آزمایش به دو صورت مزرعه‌ای و آزمایشگاهی طی دو سال انجام گرفت. در مزرعه، اندازه‌ی کرت‌ها، ۴ × ۲ متر و فاصله‌ی ردیف‌های کاشت ۲۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. تراکم بوته در هر مترمربع ۵۰۰ بوته بود. در آزمایشگاه در شرایط دمای ۱۵ ^{o}C روز و ۷ ^{o}C شب بذرهای جو بدون پوشینه مورد آزمون جوانه‌زنی در تنش خشکی قرار گرفتند. برای ایجاد پتانسیل‌های متفاوت آبی و جوانه‌زنی در شرایط کمبود رطوبت از PEG-6000 استفاده شد (Chloupek *et al.*, 2003). تیمارهای آزمایش جوانه‌زنی عبارت بودند از پتانسیل‌های آب صفر، ۰/۵- ، ۱/۵- و ۳ bar- ۰ در هر پتری دیش به قطر ۹ سانتی‌متر، ۲۰ عدد بذر بر روی کاغذ صافی قرار گرفتند و پس از اضافه کردن مقدار ۱۰ میلی‌لیتر از محلول با غلظت‌های متفاوت پلی‌اتیلن گلیلکول در اتاقک رشد قرار داده شدند. چرخه ۱۴ ساعت روشنایی و ۱۰ ساعت تاریکی به صورت مداوم تا ۱۰ روز ادامه داشت. تعداد بذرهای جوانه زده، هر ۳ روز یک‌بار شمارش می‌شد و در نهایت طول ساقه و ریشه و وزن خشک آن‌ها اندازه‌گیری شد. برای جلوگیری از بیماری‌های قارچی در ابتدا به پتری دیش‌ها محلول قارچ‌کش مانکوزب ۴ در هزار به میزان ۳cc اضافه شد.

اندازه‌گیری‌های مرحله‌ی رویشی در مرحله‌ی پنجه‌دهی و انتهای مرحله‌ی ساقه‌دهی (ZGS=23,37) انجام شدند (Zadoks, 1983). پنج گیاه از هر کرت در آزمایش‌های مزرعه‌ای برداشت شده و برگ و ساقه آن‌ها جدا شده و پس از اندازه‌گیری سطح برگ با دستگاه اندازه‌گیری سطح برگ[1] وزن تر آن‌ها مشخص شد سپس به مدت ۲۴ ساعت در آب مقطر قرار گرفته و وزن اشباع آن‌ها نیز تعیین شد. پس از آن به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۰ ^{o}C قرار گرفته تا وزن خشک به دست آید. همچنین تعداد پنجه در گیاه اندازه‌گیری شد. اندازه‌گیری‌های مرحله‌ی زایشی نیز در انتهای مرحله‌ی گرده افشانی (ZGS = 67) انجام شد. پنج بوته در آزمایش‌های مزرعه‌ای برداشت شدند. برای هر مرحله، برگ، ساقه و سنبله آن‌ها جدا شد و اندازه‌گیری‌های سطح برگ، وزن تر، وزن اشباع و وزن خشک تک تک اندام‌ها جداگانه انجام گرفت.

محاسبه شاخص‌های رشد

سرعت رشد محصول (CGR)، سرعت رشد نسبی (RGR)، سرعت اسمیلاسیون خالص (NAR)، نسبت سطح برگ (LAR) و شاخص سطح برگ (LAI) به ترتیب از راه فرمول‌های زیر محاسبه شدند:

1- (LI-3000 Area Meter ,LI – Walzco, USA)

Archive of SID

www.SID.ir

$$CGR = \frac{\text{وزن گیاه در نمونه برداری اول - وزن گیاه در نمونه برداری دوم}}{\text{اختلاف زمانی بین درنمونه برداری}}$$

$$NAR = \frac{\text{لگاریتم نپر اختلاف دو اندازه گیری سطح برگ}}{\text{اختلاف بین دو سطح برگ}} \times \frac{\text{اختلاف وزن دو نمونه}}{\text{اختلاف زمان}}$$

یا

$$\frac{\text{اختلاف وزن}}{\text{اختلاف زمان}} \times \frac{1}{\text{سطح برگ}}$$

$$LAI = \frac{\text{سطح برگ}}{\text{سطح زمین}}$$

$$LAR = \frac{\text{سطح برگ}}{\text{وزن گیاه}}$$

اندازه‌گیری پتانسیل‌های آب، محتوای نسبی رطوبت برگ و راندمان استفاده از آب

پتانسیل آب برگ توسط دستگاه دیگ فشار[1] اندازه‌گیری شد. سپس نمونه‌ی برگ پرچم درون فریزر منجمد شد و در دمای اتاق قرار گرفت تا از حالت انجماد خارج شود و پس از آن درون سرنگ فشار قرار گرفت و شیره داخل برگ با فشار به بیرون کشیده شد. سپس توسط دستگاه اسمومتر فشار بخار[2] پتانسیل اسمزی یا ψ_s آن اندازه‌گیری شد. پتانسیل فشاری برگ از تفاضل بین پتانسیل آب و پتانسیل اسمزی به دست آمد. برای اندازه‌گیری میزان RWC ، برگ پرچم را در انتهای مرحله گلدهی (ZGS=67) برداشت کرده و وزن تر آن اندازه گیری شد و به مدت ۴۸ ساعت در آب مقطر خیسانده شده و وزن اشباع آن تعیین شد. سپس آن را در آون گذاشته و به مدت ۴۸ ساعت در دمای 70^{o} C نگهداری کرده تا وزن خشک به دست آمد. میزان محتوای نسبی آب برگ از فرمول زیر به دست آمد.

$$RWC = \frac{\text{وزن خشک برگ - وزن تر برگ}}{\text{وزن خشک برگ - وزن اشباع برگ}} \times 100$$

همچنین برای اندازه‌گیری راندمان یا کارآیی استفاده از آب، وزن خشک اندام هوایی اندازه‌گیری شد و این میزان بر کل آبی که به گیاه داده شده بود (میزان تبخیر و تعرق) تقسیم شد. قابل ذکر است راندمان استفاده از آب برای دانه نیز به دست آمد که برای این کار وزن خشک دانه تقسیم بر میزان تبخیر و تعرق گیاه شد. داده‌ها با نرم‌افزار آماری MSTAT-C تجزیه و تحلیل شده و مقایسات میانگین‌ها توسط روش دانکن در سطح احتمال ۵٪ صورت گرفتند.

1- PMS Instrument co,1002,Corvaliso
2- Wescor Slooc, Wescor, Inc, Logan, USA

Archive of SID

www.SID.ir

نتایج و بحث

روابط آب برگ در شرایط تنش خشکی

با افزایش خشکی محتوای نسبی آب برگ کاهش شدید نشان داد. بین ژنوتیپ‌ها نیز در این مورد تفاوت بود. خشکی میزان کارآیی استفاده از آب را به شدت کاهش داد. به طوری که کارآیی استفاده از آب برای عملکرد دانه از ۱/۸۳ در تیمار شاهد به ۰/۴۸۷۵ در تیمار bar ۵- و کارآیی استفاده از آب برای عملکرد بیولوژیک از ۴/۴۹۲ در تیمار شاهد به ۲/۹۶ در تیمار bar ۵- رسید.

اثر متقابل ژنوتیپ و خشکی معنی‌دار بود. بین ژنوتیپ‌ها نیز تفاوت وجود داشت. بیشترین کارآیی استفاده از آب در ژنوتیپ CM67 مشاهده شد (جدول ۱). خشکی پتانسیل آب برگ را به شدت (تا نزدیک به دو برابر) کاهش داد. در چنین شرایطی پتانسیل اسمزی هم کاهش یافت. اما پتانسیل فشاری فقط در تیمار شاهد کمتر از تیمار ۱/۵bar- و ۳bar- بود ولی با تیمار ۵bar- تفاوت معنی‌دار نبود. بین ژنوتیپ‌ها از لحاظ پتانسیل آب برگ تفاوت دیده نشد. اثر متقابل نیز فقط در برخی سطوح معنی‌دار شد (جدول ۳). در شرایط تنش شوری و خشکی پتانسیل اسمزی کم محلول خاک سبب کاهش آب بافت‌ها می‌شود در نتیجه آماس گیاه کم شده و پتانسیل آب بیشتر از پتانسیل اسمزی کاهش می‌یابد. میزان تحمل گیاه به روابط آبی برگ ارتباط دارد. میزان آب برگ و روابط آبی آن با عملکرد دانه و زمان نمونه‌برداری رابطه‌ی مستقیم دارد. در گیاه در شرایط تنش کاهش آب برگ و تغییر در روابط آبی آن قبل از تغییرهای یونی اتفاق می‌افتد(Munns and James, 2003). مشخص شده بین پتانسیل آبی، اسمزی و فشاری و تحمل به تنش رابطه مستقیم وجود دارد (Gueirier, 1995). گیاهان از راه کاهش پتانسیل اسمزی و ساخت محلول‌های آلی و معدنی و تجمع آن‌ها در سلول، تحمل نشان می‌دهند که به این تحمل تنظیم اسمزی می‌گویند در این شرایط پتانسیل آبی گیاه و اسمزی منفی‌تر شد و به دلیل جذب آب در شرایط افزایش املاح، پتانسیل فشاری افزایش می‌یابد (Rivelli *et al.,* 2002). این نتیجه با نتایج این آزمایش همخوانی دارد و مشخص شده است که توانایی گیاه در حفظ پتانسیل فشاری در شرایط تنش خشکی یکی از مهم‌ترین ارکان تحمل است (Heuer and Plaut, 1989).

Richardson and Mccree (1985) بیان نمودند در شرایط تنش میزان WUE کاهش می‌یابد.

Sairam and Srivastava (2001) اعلام کردند که در شرایط تنش میزان RWC نیز کاهش می‌یابد. Basu and Nautiyal (2004) اظهار داشتند که ژنوتیپ‌های متحمل، WUE و RWC بیشتری در شرایط تنش دارند و در کل تنش میزان این دو شاخص را کاهش می‌دهد. به طور کلی این نتیجه با نتایج این آزمایش همخوانی داشتند به طور کلی تنش سبب کاهش پتانسیل آب برگ می‌شود که این امر مقدار RWC را کم می‌کند. اما به دلیل تجمع املاح، میزان پتانسیل اسمزی کاهش بیشتری نسبت به پتانسیل آب برگ دارد که در نتیجه این عمل پتانسیل فشاری برای حفظ آماس برگ افزایش می‌یابد یا در حقیقت تنظیم اسمزی رخ می‌دهد. همان‌طور که مشخص شده تنظیم اسمزی در ژنوتیپ‌های حساس‌تر مانند UH3 بهتر صورت می‌گیرد. حال دلیل عملکرد پایین‌تر این ژنوتیپ، شاید این است که تنظیم اسمزی به واسطه افزایش املاحی مانند سدیم و کلر و کاهش پتاسیم و کلسیم صورت گرفته است. پس غلظت زیاد سدیم و کلر سبب ایجاد سمیت در گیاه شده و این سمیت میزان رشد و عملکرد را کم می‌کند. اما دلیل

Archive of SID

www.SID.ir

کاهش RWC در شرایطی که پتانسیل فشاری افزایش می‌یابد، ممکن است این باشد که اولاً RWCمرتبط با پتانسیل آب برگ است نه پتانسیل فشاری و ثانیاً افزایش پتانسیل فشاری با افزایش وزنی املاح همراه است که این امر صورت کسر RWC را کم می‌کند. همچنین این موضوع می‌تواند بیان کند که خصوصیات غشاء در شرایط تنش تغییر کرده و یا به غشاء خسارت وارد می‌شود.

کاهش میزان WUE نیز به دلیل افزایش دمای پوشش گیاهی در شرایط تنش خشکی و شوری و افزایش تبخیر مطابق با نتیجه Sairam and Srivastava (2001) و کاهش قدرت ریشه در جذب آب از خاک می‌باشد.

اثر خشکی بر رشد و شاخص‌های آن

خشکی سبب کاهش تعداد برگ شد و مقدار NAR در تنش خشکی نیز کاهش پیدا کرد. بین ژنوتیپ‌ها از لحاظ میزان NAR تفاوت نبود و اثر متقابل معنی‌دار شد. شاخص LAR ابتدا با افزایش خشکی تا ۳bar کم شد و پس از آن افزایش پیدا کرد (شکل‌های ۲،۱و۳). خشکی میزان شاخص‌های CGR و RGR را به شدت کاهش داد در بین ژنوتیپ‌ها ژنوتیپ UH3 کمترین مقدار RGR وCGR و ژنوتیپ CM67 بیش‌ترین مقدار را داشتند (شکل‌های ۲و۳). Nicolas *et al* (1994) اعلام کردند که در شرایط تنش تعداد برگ و سطح برگ کاهش می‌یابد. هرچه واریته حساس‌تر باشد کاهش سطح برگ آن بیش‌تر است (Eugene *et al*., 1994). سرعت رشد نسبی روش مناسبی برای مقایسه‌ی واریته‌ها در شرایط تنش است و در این رابطه در سرعت رشد مطلق (CGR) بهتر است (Cramer *et al*., 1991). این نسبت علاوه بر میزان رشد، به وزن ابتدایی و انتهایی گیاه در یک دوره مشخص رشد تأکید دارد. با این حال به دلیل سایه‌اندازی گاهی این نسبت نیز دچار اشکال می‌شود به همین دلیل محاسبه همزمان CGR و RGR رویکرد مناسب‌تری در زمان تنش را نشان می‌دهد. CGR حاصل عمل NAR است (فتوسنتز در واحد سطح برگ گیاه) و LAR (شاخص برگدار بودن گیاه) (Hunt, 1990 ; Huang and Redmann, 1995). مطالعات نشان داده‌اند که تنش سبب کاهش میزان رشد نسبی و مطلق می‌شود. برخی گفته‌اند که LAR کاهش می‌یابد و NAR ثابت (Cramer *et al*., 1991). نتایج این آزمایش نشان می‌دهد که RGR و CGR در شرایط تنش کم می‌شوند. NAR نیز کاهش نشان می‌دهد ولی میزان کاهش LAR بستگی به شدت تنش دارد. در واقع گیاه در شرایط تنش علاوه براین که سطح فتوسنتز کننده‌اش کم می شود (LAI) فتوسنتز در واحد سطح (NAR) آن نیز کاهش می‌یابد. ممکن است با افزایش میزان تنفس تا یک حد معین میزان LAR یا سهمی از تولیدات گیاه که صرف تولید برگ می‌شود کاهش می‌یابد. پس از آن حد معین گیاه بیش‌تر در برگ‌های خود سرمایه‌گذاری می‌کند تا کاهش NAR و LAR را جبران کند. تمامی ژنوتیپ‌های مورد مطالعه، حساسیت کمی به خشکی داشتند. اما از نظر پتانسیل تولید، ژنوتیپ CM67 بیش‌ترین پتانسیل تولید را داشت. زیرا در شرایط خشکی، بیش‌ترین سطح برگ، رشد، عملکرد و اجزاء عملکرد را داشت و کمترین میزان کاهش عملکرد در تنش را نشان داد.

Archive of SID

www.SID.ir

اثر تنش خشکی (محلول PEG) بر جوانه زنی و رشد ساقه چه و ریشه چه جو بدون پوشینه

خشکی سبب کاهش درصد جوانه‌زنی شد. بیش‌ترین درصد جوانه‌زنی را ژنوتیپ‌های UH3 و CM67 و کمترین مقدار را ژنوتیپ U46M داشتند. اثر خشکی روی رشد ساقه‌چه و ریشه‌چه نیز معنی‌دار بود. بین ژنوتیپ‌ها از نظر طول ساقه‌چه ریشه تفاوت وجود داشت و ژنوتیپ CM67 بیش‌ترین مقدار را داشت. از نظر وزن ساقه‌چه و ریشه‌چه نیز ژنوتیپ CM67 بیش‌ترین مقدار را داشت. خشکی موجب کاهش وزن ساقه‌چه و ریشه‌چه شد (جدول۱).

برخی محققان اعلام کردند که در شرایط تنش، رشد ساقه‌چه بیش‌تر از رشد ریشه‌چه و وزن بیش‌تر از طول کاهش می‌یابد (Shalheret *et al*., 1995). اما برخی معتقدند که تنش طول ریشه‌چه را بیش‌تر کم می‌کند ولی وزن آن را تغییر نمی‌دهد (Van-de-Venter, 2001). نتایج این آزمایش نشان می‌دهد که تنش خشکی رشد طولی ساقه‌چه و ریشه‌چه را کاهش دهد و بر وزن آن‌ها نیز مؤثر است.

از آن‌جا که تنش، محتوای رطوبتی سلول را کم می‌کند و می‌تواند روی ساخت پروتئین‌ها و ترشح هورمون‌هایی مثل جیبرلیک اسید اثر بگذارد؛ سبب کاهش جوانه می‌شود و مشخص شده که تنش خشکی میزان جوانه‌زنی را از راه کاهش فعالیت آنزیمی کم می‌کنند (Cramer *et al*., 1991). رشد کم بافت‌های اولیه گیاهچه در تنش خشکی به دلیل کاهش پتانسیل آب سلول‌های در حال رشد می‌باشد. همچنین گیاه برای حفظ شرایط رطوبتی خود مجبور است تنظیم اسمزی انجام دهد و برای این امر انرژی متابولیکی خود را برای تولید مواد حد واسط و یا تجمع املاحی صرف می‌کند که ممکن است برای گیاه ایجاد سمیت کنند. بنابراین در نهایت رشد اندام‌های هوایی کم می‌شود. تنش، رشد طولی را بیش‌تر از وزن اندام‌های اولیه کاهش می‌دهد و این ارتباط مستقیم با پتانسیل آب دارد. زیرا رشد فقط در شرایط فراهم بودن آب و حفظ پتانسیل آب انجام می‌گیرد که تحت تنش کاهش می‌یابد. همچنین رشد ریشه چه بیش‌تر از ساقه‌چه کاهش می‌یابد زیرا ریشه‌چه زودتر از بذر خارج می‌شود و مدت زمان بیش‌تری در معرض شرایط نامساعد ناشی از تنش قرار می‌گیرد.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۱– داده‌های هواشناسی سال ۱۳۸۵ و ۱۳۸۶ شهرستان اقلید (به‌ترتیب از بالا به پایین)

ماه	دما (درجه سانتی‌گراد)			بارندگی (میلی‌متر)
	میانگین	حداکثر	حداقل	
فروردین	۱۰/۹	۱۷/۷	۴/۱	۳/۷
اردیبهشت	۱۵/۴	۲۳	۷/۸	۱
خرداد	۱۸/۱	۲۶/۵	۹/۶	۱/۶
تیر	۲۴/۴	۳۲/۵	۱۶/۲	۰
مرداد	۲۱/۷	۳۰	۱۳/۴	۰/۵
شهریور	۲۰/۹	۲۹/۴	۱۲/۳	۰
مهر	۱۶/۳	۲۳/۴	۹/۱	۰
آبان	۸/۷	۱۵/۲	۲/۲	۱۴/۸
آذر	۷	۱۴	۰	۱
دی	۰	۵	-۵	۱۳۶/۳
بهمن	-۲	۰/۸	-۴/۸	۳۱/۴
اسفند	۱۲/۴	۱۰/۸	۱/۹	۲۸/۶
جمع	۱۵۳/۶	۲۲۸/۳	۶۶/۸	۲۱۸/۹
میانگین	۱۲/۸	۱۹	۵/۶	۱۸/۲

ماه	دما (درجه سانتی‌گراد)			بارندگی (میلی‌متر)
	میانگین	حداکثر	حداقل	
فروردین	۹/۵	۱۵	۳/۹	۶۰
اردیبهشت	۱۵/۹	۲۱/۳	۱۰/۵	۸/۵
خرداد	۱۹/۹	۲۷/۵	۱۲/۲	۰
تیر	۲۱/۴	۲۸/۸	۱۴	۱۴
مرداد	۱۳/۴	۳۱/۷	۱۵/۱	۰
شهریور	۲۰/۲	۲۸	۱۲/۴	۰
مهر	۱۴/۹	۲۲/۸	۶/۸	۰
آبان	۱۰/۳	۱۶/۶	۴	۰/۱
آذر	۵	۸/۷	۱/۳	۱۹۹
دی	/۴	۵/۵	-۶/۳	۱۲۴/۷
بهمن	۴/۳۵	۱۰/۷	-۲	۴۳/۵
اسفند	۱۰/۹	۱۷/۳	۴/۵	۵۳/۵
جمع	۱۵۵/۱	۲۳۳/۹	۷۶/۴	۵۰۳/۳
میانگین	۱۲/۹	۱۹/۵	۶/۴	۴۱/۹

Archive of SID

www.SID.ir

جدول۲– درصد جوانه زنی و طول و وزن ساقه‌چه و ریشه‌چه در شرایط خشکی جو بدون

رقم	میزان خشکی bar	جوانه‌زنی٪	طول ریشه‌چه Cm	طول ساقه‌چه Cm	وزن ریشه‌چه mg/plant	وزن ساقه‌چه mg/plant
UH3	۰/۵	۹۳ a	۴/۲۱ a	۱/۸ a	۱۴/۷ a	۱۸/۵ a
	۱/۵	۸۶ ab	۳/۱۱ b	۱/۵ b	۱۳/۸ a	۱۹/۲ ab
	۳	۸۱b	۳/۱ b	۱/۴ b	۱۳/۱ b	۱۶/۴ b
	۵	۵۵ c	۱/۱۶ c	۰/۸۴ c	۱۰/۰ c	۱۱/۸ c
U46M	۰/۵	۹۶ a	۳/۳۱ a	۳/۲ a	۱۴/۵ a	۱۷/۴ a
	۱/۵	۸۸ ab	۱/۱۴ c	۱/۹ b	۱۳/۶ b	۱۶/۹ b
	۳	۸۲ b	۲/۱۳ b	۱/۳ c	۹/۹ c	۹/۷ c
	۵	۶۲ c	۰/۹ d	۰/۷۲ d	۶/۷ d	۸/۰ d
EHM81-12	۰/۵	۹۷ a	۳/۱۶ a	۳/۸ a	۱۳/۵ a	۱۸/۵ a
	۱/۵	۸۸ a	۲/۱۶ b	۳/۵ a	۱۲/۳ b	۱۶/۹ b
	۳	۸۰ b	۱/۱۱ c	۲/۹ b	۱۱/۰ c	۱۱/۳ c
	۵	۵۹ c	۰/۷۷ d	۱/۲ c	۷/۹ d	۸/۹ d
CM67	۰/۵	۹۷ a	۵/۰۱ a	۱/۸ a	۱۶/۰ a	۲۱/۶ a
	۱/۵	۸۹ a	۴/۳۱ ab	۱/۵ b	۱۵/۹ a	۱۹/۱ ab
	۳	۷۹ b	۳/۱۱ b	۱/۴ b	۱۲/۹ b	۱۶/۸ b
	۵	۵۹ c	۲/۱۸ c	۰/۸۴ c	۱۱/۲ b	۱۱/۲ c

اعداد هر ستون با حروف متفاوت در سطح ۱٪ با هم اختلاف معنی‌دار دارند.

Archive of SID

www.SID.ir

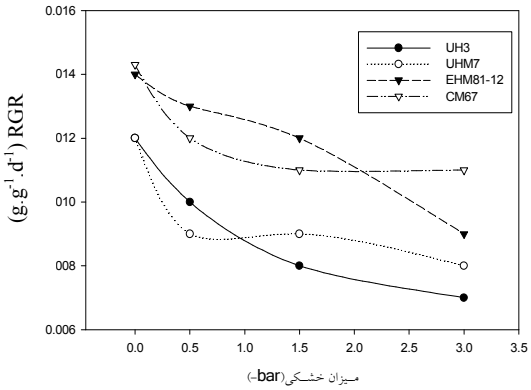
جدول۳ – اثر خشکی بر محتوای آب و روابط آبی در گیاه جو بدون پوشینه

رقم	میزان خشکی bar	RWC %	WUE B ($g.Lit^{-1}$)	WUE G ($g.Lit^{-1}$)	پتانسیل آب برگ MPa	پتانسیل اسمزی MPa	پتانسیل‌فشاری MPa
UH3	۰/۵	۷۵/۰ a	۳/۸۸ a	۱/۶۳۳ a	۰/۹۳ d	۱/۷۳۰ d	۲/۸۵۳ b
	۱/۵	۶۰/۰ b	۳/۴۴ a	۱/۳۶۷ b	۱/۴۰ c	۱/۸۱۰c	۳/۱۵۳ a
	۳	۵۵/۳۳ b	۳/۰۵ a	۰/۷۱۷ c	۱/۵۰ b	۲/۳۶۰b	۲/۸۸۰ b
	۵	۴۵/۶۷ c	۲/۷۶ b	۰/۴۰۳ d	۲/۱۳ a	۲/۹۳۰ a	۲/۹۸۰ b
U46M	۰/۵	۷۸/۰۰a	۴/۱۳ a	۱/۷۶۷ a	۰/۸۷ d	۱/۸۲۰ b	۲/۸۳۳ b
	۱/۵	۶۲/۶۷ b	۳/۶۴ b	۱/۴۱۷ b	۱/۳۷c	۲/۲۲۰ a	۳/۰۷۰ a
	۳	۵۵/۶۷bc	۳/۰۵ c	۰/۸۱۶ c	۱/۳۳ b	۲/۳۴۰ a	۳/۱۰۳ a
	۵	۴۸/۳۳ c	۳/۰۰ c	۰/۴۳۴ d	۲/۲۳ a	۱/۶۹۰ c	۲/۷۱۷ b
EHM81-12	۰/۵	۸۵/۰۰ a	۴/۸۴ a	۱/۹۰ a	۰/۷۸c	۱/۷۷۰ b	۲/۷۳۷ c
	۱/۵	۶۵/۳۳ b	۳/۷۰ b	۱/۵۰ b	۱/۲۹ b	۲/۱۳۷ a	۳/۰۱۰ ab
	۳	۵۶/۶۷ c	۳/۳۰ c	۰/۸۸ c	۱/۶۰ ab	۲/۲۰۰ a	۳/۲۷۰ a
	۵	۵۰/۰۰ c	۲/۸۰ d	۰/۴۷ d	۲/۴۳ a	۱/۳۴۷ c	۳/۰۷۰ b
CM67	۰/۵	۸۷/۰۰ a	۴/۹۲ a	۲/۰۳ a	۰/۸۲ c	۱/۹۹۰ b	۲/۸۰۳ c
	۱/۵	۷۰/۶۷ b	۳/۷۶ ab	۱/۶۷ b	۱/۱۰۱bc	۲/۲۳۳ a	۲/۹۴ b
	۳	۵۷/۳۳ c	۳/۵۱ b	۰/۹۹ c	۱/۴۳ b	۲/۲۶۷ a	۳/۱۳۳ a
	۵	۴۹/۰۰ d	۲/۸۷ c	۰/۴۸ d	۲/۱۶ a	۲/۳۳۷ a	۳/۰۸۳ ab

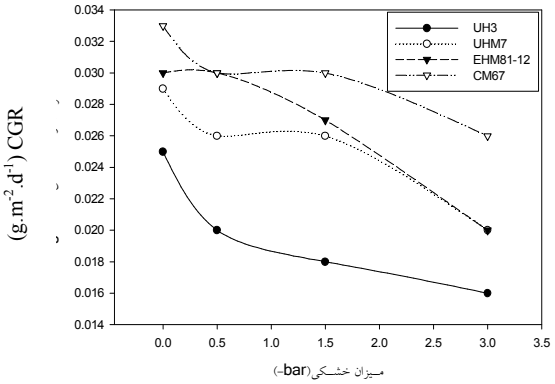
اعداد هر ستون با حروف متفاوت در سطح ۱٪ با هم اختلاف معنی‌دار دارند.

Archive of SID

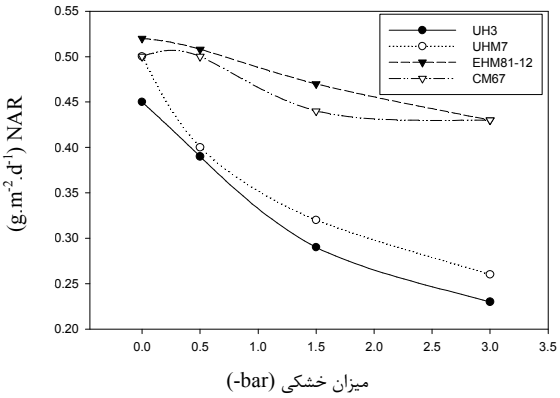
www.SID.ir



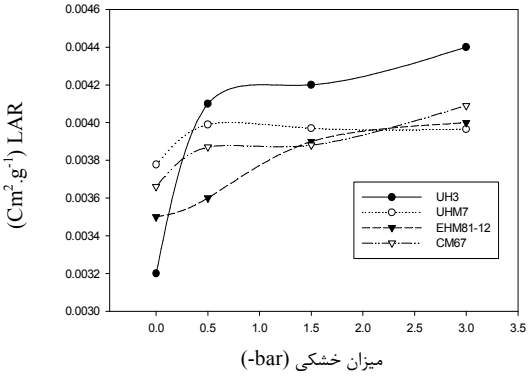
شکل۱– اثر تنش خشکی روی میزان RGR در ژنوتیپ‌های مختلف جو بدون پوشینه



شکل۲– اثر خشکی بر CGR در ژنوتیپ‌های مختلف جو بدون پوشینه



شکل۳– اثر تنش خشکی روی میزان NAR در ژنوتیپ‌های مختلف جو بدون پوشینه



شکل۴– اثر تنش خشکی روی میزان LAR در ژنوتیپ‌های مختلف جو بدون پوشینه

www.SID.ir

منابع

Basra. A. S. and R. K. Basra. 1999. Mechanisms of environmental stress resistance in plants. 2nd Edn. Cambridge university Press. pp 10-101.

Basu, M. S. and P.C. Nautiyal. 2004. Improving water use efficiency and drought tolerance in groundnut by trait based breeding programs in India. Indian farming. 54:24-27.

Bhatty, R. S. 1999. The potential of hull - less barley. Cereal Chem. 76:589-599.

Blum, A. and C. Y. Sulivan. 1986. The comparative drought resistance of landraces of sorghum and millet from dry and humid regions. Annals of Botany. 57:835-846.

Burke, J. J., J. R. Mahan, and J. L. Hatfeild. 1988. Crop-specific thermal kinetic windows in relation to cotton and wheat biomass production. Agron. J. 80:535-556.

Chloupek, O., P. Hrstkova, and D. Jurecka. 2003. Tolerance of barley seed germination to cold and drought – strees expressed as seed vigour. Plant breeding. 122: 199-203.

Cramer, G. R., E. Epstein, and A. Lauchli. 1991. Effect of sodium, potassium and calcium on salt – stressed barley. II. Element analysis. Physiol. Planta. 81:187-292.

Cramer, G. R., E. Epstein, and A. Lauchli. 1990. Effects of sodium, potassiumm and calcium on salt-stresses barley. I. Growth analysis. Physiol. Plant. 80: 83-88.

Eugene, V. M., M. L. Scott, E. Leland, and M. G. Catherine. 1994. Tiller development in salt-stressed wheat. Crop Sci. 34: 1594-1603.

Fukai, S. and M. Cooper. 1995. Development of drought resistant cultivar using physiomorphological traits in rice. Field crops Res. 40:67-86.

Gueirier, G. 1995. Osmotic adjustment in Lycropersicon pimpinellifoliumn and L. esculentum during short and long-term exposures to NaCl Physiol. Plantarum. 97:583-591.

Heuer, B., and Z. Plaut. 1989. Photosynthesis and osmotic adjustment of two sugar beet Cultivars grown under saline conditions. J. Exp. Bot. 40:437-440.

Huang, J. and R. E. Redmann. 1995. Responses of growth, morpology and anatomy, to salinity and calcium supply in cultivated and wild barley. Can. J. Bot. 73: 1859-1866.

Hunt, R. 1990. Basic growth analysis. Plant growth analysis or beginners. Academic Press, London.

Jagtap, V., S. Bhargava, P. Stredo, and J. Feirabend. 1998. Comparative effect of water, heat and light stresses on photosynthetic reactions in (*Sorghurm biocolor* L. Moench). J. Exp. Bot. 49:1715-1721.

Archive of SID

www.SID.ir

Mathews, M. A., E. Van-Volkenburg, and J. S.Boyer. 1984. Acclimation of leaf growth to low water potential in sunflower. plant. Cell Environ. 7:199-286.

Mehr, R. K., P. K. Prajith, D. H. Pandya, and A. N. Pandey .2000. Effect of salt on germination of seeds and growth of young plants of Hordeum vulgare , Triticum aestivum , Cicer arientinum and Brassica juncea . J. Agron. & Crop Sci. 185:209-217.

Mizrahi, y. 1982. Effect of salinity on tomato fruit ripening. Plant Physiol.69:966-970.

Munns, R. and R. A. James. 2003. Screening methods for salinity tolerance: a case stud with tetraploid wheat Plant & Soil 253: 201-218.80- 93.

Munns. R. 1993. Physiological processes limiting plant growth in saline soil: some dogmas and hypotheses. Plant Cell Environ. 16:15-24.

Ozturk, A. and F. Aydin. 2004. Effect of water stress at various growth stages on some quality characteristics of winter wheat. J. Agron. and crop Sci. 190:93-99.

Penozzo, J. F. and H. A. Eagle. 2000. Cultivar and environmental effects on quality characters in wheat. II. Protein Aus. J. Agric. Res. 51:629-636.

Richardson, S. G. and K. J. Mccree. 1985. Carbon balance and water relations of sorghum exposed to salt and water stress. Plant Physiol. 79: 1015-1020.

Rivelli, A. R., R.A. James, R. Munns, and A.G. Condon. 2002. Effects of salinity on water relations and growth of wheat genotypes with corresponding sodium uptake. Funct. Plant. 24:16-129.

Rom, M. and R. Singh. 1996. Genetics of some spikelet characters in hull-less barley. Rachis. 215:11-14.

Sairam, R. K. and G. C. Srivastava. 2001. Water stress tolerance of wheat (*Triticum aestivum* L.) Variations in hydrogen peroxide accumulation and antioxidant activity in tolerant and susceptible genotypes .J. Agron& Crop Sci. 186:63-70.

Seemann, N. I. R. and C. Critchley. 1985. Effect of salt stress on the growth, ion content, stomatal behavior and photosynthetic capacity of a salt sensitive species, *Phaseolus vulgaris* L. Planta. 164: 151-162.

Shalheret, J., M.G. Huck, and B. P. Schroeder. 1995. Root and shoot growth responses to salinity in maize and soybean. Agron. J. 87:512-516.

Sherchand, U. and M. Yoshida. 1996. Evaluation and characterization of hull-less barley germplasm in Nepal. Rachis 15:1-16.

Archive of SID

www.SID.ir

Taize, L. and E. Zeiger. 2006. Plant physiology. Sinauer associated Inc.4th Edn. p690.

Van-De-Venter, A. 2001. Seed vigor testing. ISTA new bull. 122:12-14.

Zadoks, J, C. 1983. An integrated disease and pest – managment scheme, EMPIRE, for Wheat. CIBA Foundation Symposium. 97:116-129.

Archive of SID

www.SID.ir