اثـر تنش خشکی ناشی از پلی‌اتیلن گلایکول بر جـوانه‌زنی و رشـد گیاه‌چه ارقام گندم

مسعود بخشایشی قشلاق[۱]، حمدالله کاظمی‌اربط[۲] و داود صادق‌زاده اهری[۳]

چکیده

خشکی از تنش‌های بسیار مهـم در کاهش رشـد و تولید گیاهان می‌باشد. این مطالعه با هدف بررسی مراحل جوانه‌زنی و رشد گیاه‌چه‌های ژنوتیپ‌های گندم به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۸ ژنوتیپ (سرداری ۱۰۱، هما، زرین، آذر ۲، رصد، گاسگوژن، سایسون و مارتن) و ۴ سطـح تنش خشکی (صفر، ۲-، ۶- و ۱۰- بار) در ۳ تکـرار انجام شد. نتایج آزمایش نشان داد که اختلاف میان سطوح مختلف تنش در مـورد کلیه صفات اندازه‌گیری شده، به‌جز وزن‌تر ریشه‌چه، در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود (سطح احتمال ۱٪). با کاهش پتانسیل آب، درصد جوانه‌زنی، طـول ریشه‌چه، طول ساقه‌چه، طول کلئوپتیل، وزن‌های تر گیاه‌چه و ساقه‌چه کاهش یافتند. ژنوتیپ‌ها نیز در رابطه با کلیه صفات، بجز نسبت طول ریشه‌چه به طـول ساقه‌چه، وزن‌تر ریشه‌چه و نسبت وزن‌تر ریشه‌چه به وزن‌تر ساقه‌چه اختلاف معنی‌داری داشتند. هم‌چنین اثر متقابل رقم در سطوح تنش خشکی به‌جز صفات طول ساقه‌چه، وزن‌تر گیاه‌چه و وزن‌تر ساقه‌چه اختلاف غیر معنی‌داری داشتند. تحت شرایط تنش، رقم هما دارای طول ریشه‌چه و طول ساقه‌چه بلندتری بوده و نسبت به سایر ارقام دارای وزن‌تر گیاه‌چه و وزن‌تر و خشک ساقه‌چه بالاتری بود. در نهایت این رقم از تحمل بالاتـری نسبت به سایر ارقام برخوردار بود.

کلمات کلیدی: *تنش خشکی، گندم، رشد گیاهچه، پلی‌اتیلن گلایکول.*

Archive of SID

تاریخ دریافت: ۸۹/۷/۰۹ تاریخ پذیرش: ۹۰/۱۰/۳۰

۱- هنر آموز دانشکده فنی و کشاورزی مراغه، مدرس گروه علوم کشاورزی دانشگاه پیام نور و عضو باشگاه پژوهشگران جوان، تبریز، ایران (نویسنده مسئول).
E- mail: m.b2034@yahoo.com
۲- دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تبریز، گروه زراعت و اصلاح نباتات، تبریز، ایران.
۳- عضو هیئت علمی موسسه تحقیقات دیم کشور.

www.SID.ir

مقدمه و بررسی منابع علمی

در میان گیاهان زراعی، گندم نان غذای اصلی مردم بسیاری از کشورهای جهان را تشکیل می‌دهد. هم‌چنین گندم بیشترین سطح کشت و مقدار تولید را دارد. تنش‌های محیطی از قبیل تنش خشکی یکی از مهم‌ترین عوامل کاهش دهنده عملکرد و تولید محصولات زراعی در بسیاری از نقاط دنیا، به‌ویژه مناطق خشک و نیمه خشک مانند ایران محسوب می‌شوند (Khodabandeh, 2005). تنش خشکی از نظر هواشناسی، به‌عنوان یک دوره طولانی بدون باران تلقی می‌شود. هم‌چنین از نظر متخصص آبیاری، به مفهوم کاهش ذخایر آب‌های سطحی و زیرزمینی در اثر کاهش نزولات جوی می‌باشد (Kafi and Mahdavi Damghani, 2007). تاثیر خشکی تابع مدت زمان وقوع آن، مرحله رشد گیاه، رقم و گونه زراعی (ژنوتیپ)، نوع خاک و فعالیت‌های مدیریتی برای کاهش اثرات خشکی می‌باشد (Koocheki and Khajeh Hosseini, 2008). خشکی بسیاری از جنبه‌های متابولیسم و رشد گیاهان را تحت تاثیر قرار می‌دهد (De and Kar, 1994). مقابله یا تخفیف اثر تنش‌ها به‌عنوان راهکاری مفید در جهت افزایش عملکرد گیاهان، محسوب می‌شود (Goicochea et al., 1997). مقاومت گیاهان به خشکی نتیجه بسیاری از ویژگی‌های ظاهری و فیزیولوژیکی است و تنها معیار حقیقی مقاومت به خشکی قابلیت تحمل خشکی بدون وارد شدن صدمه به گیاه است (Koocheki, 1991).

اولین مرحله در رشد و نمو گیاهان زراعی، مرحله جوانه‌زنی می‌باشد که شامل انتقال مواد ذخیره‌ای به محور جنین و شروع فعالیت‌های متابولیک و رشد آن استکه طی آن جنین به گیاه‌چه‌ای مستقل تبدیل می‌گردد (Almasouri et al., 2001). بنابراین، مرحله جوانه‌زنی بذر، یکی از مراحل حساس و مهمی است که می‌تواند با استقرار مطلوب گیاه‌چه‌ها در فرآیند تولید نقش مهمی ایفا نماید (Ungar, 1978; DeVilliers et al., 1994; Seefeldet et al., 2002). نتایج آزمایشات نشان داد، ژنوتیپ‌هایی که بتوانند در مرحله جوانه‌زنی واکنش مناسبی به تنش خشکی نشان دهند، در مرحله گیاه‌چه‌ای رشد بهتری داشته و سیستم ریشه‌ای قوی‌تری تولید می‌کنند (Emmerich and Hardegree, 1990).

بذر گندم برای جوانه‌زنی حدود ۶۰ -۵۰ درصد وزن خود، به آب نیاز دارد، هرچه میزان پروتئین بذر بیشتر باشد، آب بیشتری جذب خواهد کرد. ارقام مختلف گندم مقاومت متفاوتی نسبت به خشکی نشان می‌دهند. اصولاً گندم مقاومت نسبی زیادی به خشکی دارد و نیاز آبی آن نسبت به سایر محصولات زراعی کمتر است، به همین دلیل در مناطق نیمه خشک به طور موفقیت آمیزی کشت می‌شود (Karimi, 2003). در برنامه‌های اصلاح نباتات استفاده از گزینش‌های درون شیشه‌ای (invitro selection) از جمله روش‌های پر کاربرد در غربالگری ژرم‌پلاسما صلاحی و گزینش ژنوتیپ‌های متحمل به تنش

Archive of SID

www.SID.ir

خشکی است. در این میان بررسی‌های آزمایشگاهی به دلیل ارزانی و صرف زمان کمتر برای ارزیابی ژرم‌پلاسم اصلاحی مناسبند (Fischer et al., 2003; Amede et al., 2004).

یک روش پرکاربرد به منظور بررسی واکنش ژنوتیپ‌ها در شرایط تنش مصنوعی، استفاده از محلول پلی‌اتیلن گلایکول، می‌باشد. این ماده به دلیل داشتن وزن مولکولی بالا نمی‌تواند از دیواره سلولی عبور کند و به همین دلیل از آن برای تنظیم پتانسیل آب در آزمایش‌های جوانه‌زنی بذور استفاده می‌شود. پلی‌اتیلن گلایکول با وزن مولکولی بزرگ جهت ایجاد تنش خشکی در مقایسه با مولکول‌های کوچک‌تر از آن مناسب است زیرا درصد جوانه‌زنی بذور در محلول و در خاکی با همان پتانسیل آب تقریباً برابر است (Emmerich and Hardegree, 1990). آزمایشات مختلفی که با استفاده از این ماده روی گیاهان متفاوت انجام شده نشان داده است که با کاهش پتانسیل آب توسط پلی‌اتیلن گلایکول مدت زمان لازم برای جوانه‌زنی افزایش می‌یابد (De and Kar, 1994; Kiani et al., 1998; Gupta et al., 1993).

هدف از اجرای این تحقیق ارزیابی واکنش هشت رقم گندم به تنش خشکی و شناسایی متحمل‌ترین رقم به تنش خشکی در مرحله جوانه‌زنی و گیاهچه‌ای می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در آزمایشگاه فیزیولوژی دانشگاه آزاد اسلامی واحد مراغه اجرا گردید. هشت رقم گندم با نام‌های سرداری ۱۰۱، هما، رصد، آذر۲، زرین، گاسگوژن، مارتن و سایسون مورد مطالعه قرار گرفتند. این بررسی به صورت آزمایش فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار اجرا شد. فاکتور اول، شامل بذور ۸ رقم گندم و فاکتور دوم، ۴ سطح محلول‌پاشی اتیلن گلایکول ۶۰۰۰ با پتانسیل‌های مختلف (صفر، ۲-، ۶-، ۱۰- بار) بودند. برای تهیه محلول پلی‌اتیلن گلایکول ۶۰۰۰ با پتانسیل‌های مورد نظر از فرمول پیشنهادی میچل و کافمن (Michel and Kaufman, 1973) استفاده شد:

$$s= -(1.18\times10^{-2})\,C - (1.18\times10^{-4})\,C^2 + (2.67\times10^{-4})\,CT + (8.39\times10^{-7})\,C^2T\Psi$$

در این معادله، ΨS = پتانسیل اسمزی مورد نظر بر حسب بار و C = غلظت ماده پلی‌اتیلن گلایکول ۶۰۰۰ (گرم در لیتر) و T = دمای محیط آزمایشی (۲۵ درجه سانتی‌گراد) است. به منظور جلوگیری از هر گونه آلودگی، به ویژه آلودگی‌های قارچی، کلیه وسایل آزمایشگاهی، ظروف پتری، کاغذهای صافی، استریل گردیدند. جهت ضدعفونی ظروف پتری و ابزار کار از الکل اتیلیک ۹۶٪، شعله آتش و اتوکلاو نمودن در دمای ۱۲۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲ ساعت استفاده گردید. هم‌چنین بذور نخست با محلول هیپوکلرید سدیم (محلول ۱۰ درصد به مدت ۱۰ دقیقه) ضدعفونی شده و سپس سه بار با آب مقطر آب‌کشی شدند.

Archive of SID

www.SID.ir

پس از آن با محلول قارچ‌کش بنومیل به نسبت دو در هزار به مدت ۳۰ ثانیه مجدداً ضدعفونی و سپس ۳ مرتبه با آب مقطر شستشو داده شدند. پانزده عدد بذر سالم از هر ژنوتیپ انتخاب و در داخل ظروف پتری و روی کاغذهای صافی قرار داده شدند. در هر ظروف پتری مقدار مناسبی از محلول (پلی‌اتیلن گلایکول ۶۰۰۰) ریخته شد و در دستگاه ژرمیناتور و در دمای ثابت ۱ ± ۲۵ درجه سانتی‌گراد و به مدت ۷ روز نگهداری شدند. در طول دوره آزمایش و هر دو روز یک‌بار سطح محلول (پلی‌اتیلن گلایکول ۶۰۰۰ و آب دی‌یونیزه) در ظروف کشت کنترل و ثابت نگهداشته شد. در هنگام شمارش بذر، بذرهایی جوانه‌زده تلقی شدند که طول ریشه‌چه آن‌ها حداقل ۲ میلی‌متر بود (Soltani et al., 2001; Seyed Sharifi and Seyed Sharifi, 2008).بعد از پایان روز هفتم، از تعداد گیاه‌چه‌های حاصل از بذور جوانه‌زده، از هر پتری ۱۰ نمونه به‌صورت تصادفی انتخاب و از صفات گیاه‌چه‌ای (درصد بذور جوانه‌زده، طول ریشه‌چه (cm)، طول ساقه‌چه (cm)، نسبت طول ساقه‌چه بر طول ریشه‌چه، طول کلئوپتیل (cm)، وزن تر گیاه‌چه (g)، وزن تر ریشه‌چه (g)، وزن تر و خشک ساقه‌چه (mg)، نسبت وزن تر ساقه‌چه به وزن تر ریشه‌چه) یادداشت برداری به عمل آمد.

داده‌های حاصل از یادداشت‌برداری صفات مختلف پس از میانگین‌گیری در نرم‌افزار EXCEL و پس از انجام آزمون نرمال بودن داده‌ها و خطاهای آزمایشی و هم‌چنین آزمون همسانی واریانس تیمارهای آزمایشی و در صورت لزوم تبدیل توانی انجام و تجزیه واریانس بر اساس موازین آماری آزمایش فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی تجزیه و تحلیل گردیدند. مقایسات میانگین به روش آزمون دانکن در سطح احتمال ۵٪ انجام شد. برای انجام تجزیه‌های آماری از نرم‌افزار MSTAT-C استفاده گردید.

نتایج و بحث

درصد جوانه‌زنی بذر: نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۱) نشان داد که ارقام مورد آزمایش از نظر درصد جوانه‌زنی بذور و اثرات تنش خشکی در سطح احتمال ۱٪ به طور معنی‌داری متفاوت بودند ولی، اثر متقابل آن‌ها تفاوت‌های معنی‌داری را نشان ندادند. مطالعات انجام شده با استفاده از پلی‌اتیلن گلایکول بر روی گیاهان زراعی مختلف از جمله گندم و عدس حاکی از وجود تفاوت‌های معنی‌دار بین ژنوتیپ‌های مختلف است. این نتایج با گزارشات بعلبکی و همکاران (Baalbaki et al., 1990) و کافی و همکاران (Kafi et al., 2003) مطابقت داشت. معنی‌دار نشدن اثر متقابل رقم در تنش خشکی حاکی از واکنش یکسان ژنوتیپ‌های آزمایشی در سطوح مختلف تنش خشکی می‌باشد. بعلبکی و همکاران (Baalbaki et al., 1990) در ارقام گندم گزارش کردند که با افزایش سطوح خشکی درصد جوانه‌زنی بذر به‌طور معنی‌داری کاهش می‌یابد. رقم آذر ۲ با میانگین درصد جوانه‌زنی ۹۶٪ و رقم گاسگوژن با متوسط ۷۸٪ در بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه بیشترین و کمترین

Archive of SID

www.SID.ir

درصد جوانه‌زنی در سطح مختلف تنش القایی با پلی‌اتیلن گلایکول ۶۰۰۰ را به‌خود اختصاص دادند (جدول ۳). به‌طور کلی کاهش درصد جوانه‌زنی ارقام گندم در شرایط تنش خشکی بیانگر حساسیت این ارقام به تنش می‌باشد که این مورد توسط آبنوس (Abnos, 2001) نیز در مورد عدس گزارش شده است.

طول ریشه‌چه و طول ساقه‌چه: صفات طول ریشه‌چه و ساقه‌چه تحت تأثیر معنی‌دار سطوح تنش خشکی و ارقام گندم قرار گرفتند (سطح احتمال ۱٪)، ولی اثرات متقابل سطح تنش خشکی در ارقام در مورد طول ساقه‌چه در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود (جدول۱). کاهش پتانسیل اسمزی از صفر بار (شاهد) تا ۱۰- بار موجب کاهش معنی‌دار در طول ساقه‌چه ارقام گردید. کمترین طول ساقه‌چه در پتانسیل اسمزی ۱۰- بار (۱/۸ سانتی‌متر) مشاهده شد (جدول ۲). در شرایط تنش، میزان تجمع ماده خشک در بافت ساقه‌چه گیاه‌چه‌های متحمل افزایش می‌یابد و ارقامی که بتوانند در شرایط تنش رطوبتی طول ساقه‌چه خود را بیشتر افزایش دهند یا میزان کاهش طول ساقه‌چه در آن‌ها با افزایش تنش خشکی کم باشد، در مرحله گیاه‌چه‌ای در برابر تنش خشکی مقاوم به شمار می‌آیند (El-Sharkawi et al., 1989). رقم هما در میان ارقام با متوسط طول ساقه‌چه ۶/۷ سانتی‌متر بیشترین و رقم گاسگوژن با متوسط طول ساقه‌چه ۳/۲ سانتی‌متر کمترین طول ساقه‌چه را داشتند. میزان کاهش طول ریشه‌چه ارقام گندم در حد فاصل پتانسیل اسمزی صفر بار (شاهد) تا ۲- بار اختلاف چندانی نداشته و در پتانسیل اسمزی ۶- بار میزان طول ریشه‌چه افزایش یافته، ولی در محدوده ۱۰- بار پتانسیل اسمزی میزان طول ریشه‌چه کاهش یافت (جدول ۲).

یکی از دلایل افزایش طول ریشه‌چه در شرایط تنش جذب بیشتر آب جهت جوانه‌زنی است که این امر خود باعث افزایش فعالیت‌های متابولیکی در داخل بذر جهت جوانه‌زنی می‌شود (El-Sharkawi et al., 1989). از عوامل دیگر نوسانات طول ریشه‌چه می‌توان به تفاوت در تجمع ماده خشک در بافت‌های ذخیره‌ای ریشه‌چه ارقام مقاوم در شرایط تنش اشاره کرد. با توجه به کاهش محسوس طول ساقه‌چه و ریشه‌چه در محدوده تنش ۶- تا ۱۰- بار نسبت به سطوح دیگر پلی‌اتیلن گلایکول، به نظر می‌رسد محدوده مذکور برای انجام مطالعات در این زمینه قابل توصیه است. رقم هما، بیشترین طول ساقه‌چه (۶/۷ سانتی‌متر) و طول ریشه‌چه (۶/۴ سانتی‌متر) را در میان ارقام گندم مورد مطالعه در سطوح مختلف تنش خشکی به‌خود اختصاص داد (جدول ۳). رقم هما با دارا بودن ساقه‌های اولیه طویل‌تر نسبت به سایر ارقام، از نظر وزن خشک ساقه‌چه وضعیت برتری داشته و می‌توان چنین استنباط کرد که در گیاه‌چه‌های ارقام مذکور، رشد فقط از جهت طولی نبوده بلکه ماده خشک بیشتری در راستای رشد طولی ساقه اولیه در آن‌ها اندوخته گردیده است. رشد ریشه‌چه و ساقه‌چه بذر از اهمیت خاصی در تحمل به خشکی

Archive of SID

www.SID.ir

برخوردار است. بذور جوانه‌زده اگر در شرایط تنش خشکی از رشد ریشه‌چه و ساقه‌چه خوبی برخوردار باشند، می‌توانند استقرار بیشتر و سریع‌تری پیدا کنند و این امر در شرایط نامناسب محیطی تضمین کننده عملکرد بالاتری است.

نسبت طول ریشه‌چه به طول ساقه‌چه: نسبت طول ریشه‌چه به ساقه‌چه، تحت تأثیر معنی‌دار سطوح مختلف تنش خشکی در سطح احتمال ۱٪ قرار گرفت و در ضمن میان ارقام گندم و هم‌چنین اثر متقابل سطوح تنش خشکی در ارقام گندم از نظر آماری اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۱). مقایسه میانگین اثر سطوح تنش بر نسبت طول ریشه‌چه بر ساقه‌چه نشان داد که کمترین مقدار این نسبت در نتیجه تیمار شاهد (بدون تنش) حاصل گردید (۰/۶۰۲ سانتی‌متر) و پس از آن و با افزایش شدت تنش به سمت ۱۰- بار، نسبت مذکور به شدت افزایش یافته و به ۴/۲۴ سانتی‌متر رسیده است که افزایشی ۷۰٪ را نشان داد (جدول ۲). با افزایش شدت تنش خشکی، میزان کاهش در طول ساقه‌های اولیه به مراتب بیشتر از ریشه‌های اولیه بوده و گیاه‌چه‌ها با احساس تنش خشکی در محیط، از رشد رویشی ساقه‌چه‌های خود کاسته، بر رشد طولی ریشه‌های خود افزوده‌اند. ارقام سایسون و سرداری ۱۰۱ به ترتیب بیشترین و کمترین نسبت طول ریشه‌چه به طول ساقه‌چه را در میان ارقام مورد آزمایش به‌خود اختصاص دادند (جدول ۳).

طول کلئوپتیل و وزن تر گیاه‌چه: طول کلئوپتیل و وزن تر گیاه‌چه تحت تأثیر معنی‌دار سطوح تنش خشکی و ارقام گندم در سطح احتمال ۱٪ قرار گرفتند ولی اثرات متقابل تنش خشکی در ارقام گندم برای طول کلئوپتیل از نظر آماری غیرمعنی‌دار و برای وزن‌تر گیاه‌چه از نظر آماری در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار به دست آمد (جدول ۱). کاهش پتانسیل اسمزی از صفر بار (شاهد) تا ۲- بار با افزایش طول کلئوپتیل و کاهش وزن تر گیاه‌چه‌ای همراه بوده است. افزایش شدت تنش خشکی از ۲- بار به سمت ۱۰- بار موجب کاهش طول کلئوپتیل شده و هم‌چنین از پتانسیل اسمزی ۶- بار به سمت ۱۰- بار وزن‌تر گیاه‌چه‌ای کاهش یافت (جدول ۲). مقایسه میانگین‌های وزن تر گیاه‌چه‌ای ارقام گندم نشان داد که رقم هما با ۱/۷ گرم، بیشترین و رقم سایسون با ۱/۳ گرم، کمترین وزن تر گیاه‌چه را به‌خود اختصاص دادند هم‌چنین بیشترین طول کلئوپتیل مربوط به رقم آذر ۲ با ۳/۸ سانتی‌متر و کمترین طول کلئوپتیل مربوط به رقم سایسون ۲/۱ سانتی‌متر بودند (جدول ۳).

وزن تر ریشه‌چه: وزن تر ریشه‌چه تحت تأثیر معنی‌دار سطوح تنش خشکی و ارقام گندم و اثر متقابل خشکی در ارقام گندم قرار نگرفت (جدول ۱).

وزن تر و خشک ساقه‌چه: وزن تر و خشک ساقه‌چه ارقام گندم در محیط‌های مختلف تنش‌دار، تفاوت‌های آماری معنی‌داری به ترتیب در سطح احتمال ۱٪ و ۵٪ داشتند که حاکی از وجود تنوع

Archive of SID

www.SID.ir

در بین ارقام مذکور است. هم‌چنین اثر ساده سطح تنش القایی توسط پلی‌اتیلن گلایکول بر وزن تر و خشک ساقه‌چه و اثر متقابل سطح تنش خشکی در ارقام بر وزن تر ساقه‌چه در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بودند ولی، اثر متقابل سطح تنش خشکی در ارقام گندم بر وزن‌خشک ساقه‌چه از نظر آماری معنی‌دار نبود (جدول ۱). افزایش شدت تنش خشکی، موجب کاهش وزن تر ساقه‌چه ارقام مورد آزمایش گردید. هم‌چنین وزن خشک ساقه‌چه در مواجهه با تنش خشکی القایی توسط پلی‌اتیلن گلایکول ۶۰۰۰، از تیمار بدون تنش خشکی (صفر بار) به تیمار ۶- افزایش یافت ولی از تیمار ۶- به سمت تیمار ۱۰- با کاهش وزن خشک ساقه‌چه همراه بود (جدول ۲). این امر حاکی از افزایش مقدار مواد خشک گیاه‌چه در مواجهه با تنش خشکی می‌باشد. بیشترین وزن تر و خشک ساقه‌چه مربوط به رقم هما به ترتیب با ۱/۱ گرم و ۴/۲ میلی‌گرم می‌باشد (جدول ۳) و این می‌تواند حاکی از توانایی رشد این رقم در محیط‌های تنش‌دار باشد.

نسبت وزن تر ریشه‌چه به وزن تر ساقه‌چه:

صفت وزن تر ریشه‌چه به وزن تر ساقه‌چه بطور معنی‌داری تحت تأثیر سطوح مختلف تنش خشکی القایی پلی‌اتیلن گلایکول در سطح احتمال ۱٪ قرار گرفت ولی، در رابطه با ارقام و اثر متقابل سطوح تنش خشکی در ارقام تفاوت معنی‌داری مشاهده نگردید (جدول ۱). افزایش شدت تنش خشکی از تیمار شاهد (بدون تنش) به سمت تنش ۲- بار موجب افزایش به نسبت وزن تر ریشه‌چه به وزن تر ساقه‌چه شد اما، در حد فاصل سطح تنش ۲- بار به سطح تنش ۶- بار این نسبت کاهش پیدا کرد. هم‌چنین از حد فاصل ۶- تا ۱۰- بار مجدداً با افزایش نسبت وزن تر ریشه‌چه به وزن تر ساقه‌چه همراه بود (جدول ۲). این یافته‌ها نشان داد که، با افزایش شدت تنش خشکی، میزان آب موجود در ریشه و ساقه‌های اولیه گیاهان دچار افت می‌شوند. رقم سایسون با داشتن نسبت وزن تر ریشه‌چه به وزن تر ساقه‌چه برابر ۰/۰۷ در میان ارقام مورد آزمایش بیشترین مقدار را به خود اختصاص داد (جدول ۳) و این افزایش متناسب با افزایش نسبت طول ریشه‌چه به طول ساقه‌چه بود.

سپاسگزاری

نگارندگان از ریاست محترم دانشگاه آزاد اسلامی واحد مراغه و معاونت‌پژوهشی، مسئولین آزمایشگاه دانشگاه آزاد اسلامی واحد مراغه و تمامی اساتید و دوستانی که در اجرای این تحقیق نقش داشته‌اند تشکر و قدردانی می‌نمایند.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۱- تجزیه واریانس تاثیر سطوح مختلف تنش خشکی پلی‌اتیلن گلایکول بر صفات جوانه‌زنی و رشد گیاهچه ارقام گندم

Table 1- Analysis of variance of different levels of PEG on germination and seedling traits of wheat

منابع تغییر	Sov	درجه آزادی df	میانگین مربعات (MS)								
			طول ریشه‌چه PRL	طول ساقه‌چه PSL	نسبت طول ریشه‌چه به طول ساقه‌چه PRL/PSL	طول کلئوپتیل CL	وزن تر گیاه‌چه SFW	وزن تر ریشه‌چه PRF	وزن تر ساقه‌چه PSF	نسبت وزن تر ریشه‌چه به وزن تر ساقه‌چه PRF/PSF	وزن خشک ساقه‌چه PSD	درصد جوانه‌زنی بذر GS
رقم	cultivar	7	6.89**	16.9**	2.65 ^{ns}	4.87**	0.17**	0.001 ^{ns}	0.103**	0.001 ^{ns}	3.78*	473.83**
خشکی	drought	3	12.8**	196.35**	62.44**	14.58**	0.77**	0.003 ^{ns}	0.604**	0.006**	7.67**	2010.24**
رقم × خشکی	drought×variety	21	2.1 ^{ns}	4.58**	1.78 ^{ns}	0.31 ^{ns}	0.08**	0.001 ^{ns}	0.028**	0.001 ^{ns}	1.65 ^{ns}	160.76 ^{ns}
خطا	Error	64	1.46	1.92	3.3	0.46	0.036	0.001	0.011	0.001	1.46	100.46

ns ,*,**: به ترتیب غیر معنی دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد و یک درصد.

ns,,*: Non -significant Significant at 5 and 1% probability level, respectively.**

جدول ۲ - مقایسه میانگین‌های صفات مورد بررسی متاثر از سطوح مختلف تنش خشکی

Table 2- Comparison of the mean levels of traits affected by drought

سطوح تنش خشکی	PEG (bar)	طول ریشه‌چه PRL (cm)	طول ساقه‌چه PSL (cm)	نسبت طول ریشه‌چه به طول ساقه‌چه PRL/PSL	طول کلئوپتیل CL (cm)	وزن تر گیاه‌چه SFW (g)	وزن تر ساقه‌چه PSF (g)	نسبت وزن تر ریشه‌چه به وزن تر ساقه‌چه PRF/PSF	وزن خشک ساقه‌چه PSD (mg)	درصد جوانه‌زنی بذر GS
۰	0	5.1 b	8.6 a	0.602 c	3.37 a	1.66 a	1.18 a	0.04 b	2.85 b	94.44 a
-۲	-2	4.9 b	4.8 b	1.11 bc	3.43 a	1.43 b	0.909 b	0.07 a	3.42 ab	88.33 b
-۶	-6	6 a	3.8 b	1.87 b	3.16 a	1.45 b	0.902 b	0.062 a	4.07 a	93.89 ab
-۱۰	-10	4.2 c	1.8 c	4.24 a	1.78 b	1.22 c	0.822 c	0.076 a	3.99 a	95.56 a

میانگین‌های با حروف غیر مشترک در هر ستون دارای تفاوت معنی‌دار در سطح پنج درصد هستند.

Means followed by non-similar letters in each column are significantly different at p=5%.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۳ - مقایسه میانگین های مولفه‌های جوانه‌زنی و رشد گیاهچه در ارقام مختلف گندم

Table 3- Comparison of germination and seedling growth characteristics in different wheat cultivars

درصد جوانه‌زنی بذر GS	وزن خشک ساقه‌چه PSD (mg)	وزن تر ساقه‌چه PSF (g)	وزن تر گیاه‌چه SFW (g)	طول کلئوپتیل CL (cm)	طول ساقه‌چه PSL (cm)	طول ریشه‌چه PRL (cm)	cultivars	ارقام
94.44 a	3.9 ab	1 a	1.5 b	3.4 ab	5 bc	4.9 bc	Sardari 101	سرداری ۱۰۱
88 ab	4.2 a	1.1 a	1.7 a	3.7 a	6.7 a	6.4 a	Homa	هما
94 a	3.8 ab	1 a	1.5 b	3.1 bc	4.1 cd	4.6 c	Rasad	رصد
96 a	2.5 c	0.8 b	1.4 b	3.8 a	6 ab	5.8 ab	Azar2	آذر ۲
89 ab	3.7 ab	0.9 b	1.3 b	2.5 cd	3.9 cd	4.7 c	Zarin	زرین
78 c	4 ab	1 a	1.4 b	2.4 d	3.2 d	4 c	Gascogene	گاسگوژن
81 bc	3 bc	0.8 b	1.3 b	2.1 d	4 cd	4.7 c	Sayson	سایسون
87 ab	3.5 ab	1 a	1.5 b	2.6 cd	5.1 bc	5.1 bc	Marten	مارتن

میانگین‌های با حروف غیرمشترک در هر ستون دارای تفاوت معنی‌دار در سطح پنج درصد هستند.

Means followed by non-similar letters in each column are significantly different at p=5%.

Archive of SID
www.SID.ir

References منابع مورد استفاده

✓ Abnos, M. 2001. Physiological effects of water stress on the germination and seedling varieties of lentils. Master's Thesis in Agriculture, University of Mashhad Press. Pp: 147.

✓ Almasouri, M., J. M. Kinet, and S. Lutts. 2001. Effect of salt and osmotic stresses on germination in durum wheat (*Triticum durum Desf*). Plant and Soil. 231: 243- 254.

✓ Amede, T., P. Kimani., W. Ronno., L. Lunze, and M. Mbikay. 2004. Couping with drought: Strategies to improve genetic adaptaion of common bean to drought prone regions of Africa. CIATO Occasional Publication Series. No. 38. Pp: 39.

✓ Baalbaki, R. Z., R. A. Zurayk., S. N. Bleik, and A. Talhuk. 1990. Germination and seedling development of drought susceptible wheat under moisture stress. Seed Sci. and Techno. 17: 291- 302.

✓ De, F., and R. K. Kar. 1994. Seed germination and seedling growth of mung bean (*Vigna radiate*) under water stress induced by PEG 6000. Seed Science and Technology. 23: 301- 304.

✓ DeVilliers, A. J., M. W. Van Rooyrn., G. K. Theron, and H. A. Venter. 1994. Germination of three namaqualand pioneer species, as influenced by salinity, temperature and light. Seed Sci. and Techno. 22: 427- 433.

✓ El-Sharkawi, H. M., K. A. Farghali, and S. A. Sayed. 1989. Interactive effects of water stress, temperature and nutrients in seed germination of three desert plants. Academic Press of Egypt.

✓ Emmerich, W. E., and S. P. Hardegree. 1990. Polyethylen glycol solution contact effect on seed germination. Agronomy Journal. 82: 1103- 1107.

✓ Fischer, K., R. Lafitte., S. Fukai., G. Altin, and B. Hardy. 2003. Breeding rice for drought prone environments. Los Banos. IRRI. Phillippines. Pp: 98.

✓ Goicochea, N., M. C. Antolin, and D. M. Sanchez. 1997. Gas exchange is related to hormone balance in mycorrhizal or nitrogen-fixing alfalfa subjected to drought. Physiologia Plantarum. 100: 989- 997.

✓ Gupta, A. K., J. Singh., N. Kaur, and R. Singh. 1993. Effect of polyethylene glycol induced water stress on uptake introversion and transport of sugars in chickpea seedling. Plant Physiology and Biochemistry. 31: 743- 747.

✓ Kafi, M., and A. Mahdavi Damghani. 2007. Mechanisms of environmental stress resistance in plants. University of Mashhad Press. Pp: 467.

✓ Kafi, M., A. Nezami., H. Hosaini, and A. Masomi. 2003. Physiological effects of drought stress by polyethylene glycol on germination of lentil (*Lens culinaris* Medik.) genotypes. Journal of Agricultural Research. 3: 68- 80.

✓ Karimi, H. 2003. Wheat. University Press Center. Pp: 599.

✓ Khodabandeh, N. 2005. Cereals. University of Tehran Press. Pp: 537.

✓ Kiani, M., A. Bagheri, and A. Nezami. 1998. Reaction of lentil genotypes to drought stress during germination in PEG 6000. Journal of Agricultural Industry. 12: 42- 55.

✓ Koocheki, E. 1991. To farming and breeding in rainfed agriculture. University of Mashhad Press. Pp: 302.

✓ Koocheki, E., and M. Khajeh Hosseini. 2008. Modern agriculture. University of Mashhad Press. Pp: 712.

✓ Michel, B. E., and M. R. Kaufman. 1973. The osmotic potential of polyethylene glycol 6000. Plant Physiology. 51: 914- 916.

Archive of SID

www.SID.ir

✓ Seefeldet, S. S., K. K. Kidwell, and J. E. Waller. 2002. Base growth temperature, germination rates and growth response of contemporary spring wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars from the USA Pacific North West. Field Crops Res. 75: 45- 52.

✓ Seyed Sharifi, R., and R. Seyed Sharifi. 2008. Evaluation the effects of Poly ethylene glycol on germination and growth seedling carthamus cultivars. Iranian Journal of Biology. 21: 400- 410.

✓ Soltani, A., S. Galeshi., E. Zenali, and N. Latif. 2001. Germination seed reserve utilization and growth of chickpea as affected by salinity and seed size. Seed Sci. and Technol. 30: 51- 60.

✓ Ungar, I. A. 1978. Halophyte seed germination. Botanical Review. 44: 233- 264.

of SID