Archive of SID

تنش‌های محیطی در علوم زراعی
Environmental Stresses in Crop Sciences
جلد دهم، شماره اول، بهار ۱۳۹۶
۴۵-۵۳
http://dx.doi.org/10.22077/escs.2017.530

# بررسی خصوصیات تحمل به خشکی در لاین گندم جهش‌یافته در مراحل جوانه‌زنی و گیاه بالغ

**شهربانو وکیلی بسطام[1]، سیده ساناز رمضانپور[2*]، حسن سلطانلو[2]، خلیل زینلی نژاد[3]، اعظم برزویی[4]**

۱. دکتری رشته‌ی کشاورزی هسته‌ای، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران.
۲. دانشیار گروه اصلاح نباتات و بیوتکنولوژی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران.
۳. استادیار گروه اصلاح نباتات و بیوتکنولوژی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران.
۴. عضو هیئت‌علمی پژوهشکده‌ی تحقیقات کشاورزی، پزشکی و صنعتی، پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای، کرج، ایران.

**تاریخ دریافت: ۹۴/۰۴/۰۵؛ تاریخ پذیرش: ۹۵/۰۴/۱۳**

**چکیده**

**امروزه کمبود آب یکی از چالش‌های مهم برای رشد گیاه در کل جهان محسوب می‌شود. استراتژی‌های زیادی برای اصلاح گیاهان به تنش خشکی به کار گرفته می‌شود، در این میان پرتوتابی رهیافت مناسبی برای بهبود سطح تنوع ژنتیکی در کوتاه‌مدت به نظر می‌رسد. این مطالعه برای تعیین پاسخ لاین جهش‌یافته‌ی T65588 (حاصل پرتوتابی گاما روی رقم طبسی) به تنش خشکی پی‌ریزی شده است. تعدادی از صفات در دو مرحله‌ی جوانه‌زنی و گیاه بالغ در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۳ تکرار موردبررسی قرار گرفتند. نتایج تجزیه واریانس در آزمایش جوانه‌زنی نشان داد که اثر تنش خشکی برای کلیه‌ی صفات و اثر ژنوتیپ برای نرخ جوانه‌زنی و طول ساقه‌چه و طول ریشه‌چه با احتمال یک درصد معنی‌دار بود. همچنین معنی‌دار شدن اثر متقابل تنش در ژنوتیپ در صفات نرخ جوانه‌زنی و طول ساقه‌چه و طول ریشه‌چه و وزن خشک ساقه‌چه نشان می‌دهد که عکس‌العمل ژنوتیپ‌ها نسبت به تغییرات پلی‌اتیلن گلیکول یکسان نبوده است. نتایج تجزیه واریانس صفات مربوط به نگهداری آب تفاوت بسیار معنی‌داری (۱ درصد) بین ژنوتیپ‌ها در کل صفات موردبررسی را نشان داد. اثر تنش خشکی برای صفات مقدار احتباس آب در برگ (ELWR) و محتوای نسبی آب (RWC) و همچنین اثر متقابل ژنوتیپ × تنش خشکی به‌غیراز محتوای نسبی آب (RWC) برای سایر صفات معنی‌دار بود. مقایسه میانگین در سطح آماری ۵ درصد نشان داد لاین جهش‌یافته‌ی T65588 در خصوصیات مربوط به جوانه‌زنی و همچنین صفات مربوط به نگهداری آب در گیاه بالغ نسبت به ژنوتیپ والدی طبسی در شرایط تنش خشکی برتری دارد.**

***واژه‌های کلیدی:*** **پلی‌اتیلن گلیکول، خشکی، خصوصیات جوانه‌زنی، مقدار احتباس آب در برگ.**

## مقدمه

پیش‌بینی افزایش جمعیت جهان به حدود ۸ میلیارد تا سال ۲۰۳۰، چالش‌های عمده‌ای را برای بخش کشاورزی در تأمین امنیت غذایی ایجاد می‌نماید (Smol, 2012). گندم یکی از غلات اصلی محسوب می‌شود که برای تغذیه‌ی بخش عظیمی از جوامع انسانی استفاده می‌شود. آرد گندم مهم‌ترین آرد مورد مصرف برای تولید نان در ایران است (Nour-Mohamadi et al., 2009). امروزه یکی از چالش‌های مهم برای رشد گندم در کل جهان کمبود آب است که منجر به کاهش عملکرد آن در بیش از ۷۰ درصد از زمین‌های زراعی گردیده است. در آینده‌ی نزدیک که فعالیت‌های کشاورزی به مناطق با حاصلخیزی کمتر برای پاسخ به نیازهای فزاینده‌ی غذایی بشر گسترش می‌یابند محدودیت آب اهمیت بیشتری خواهد یافت (Flexas et al., 2013; Foley et al., 2011). تاکنون استراتژی‌های زیادی برای اصلاح گیاهان به تنش خشکی ازجمله روش‌های انتخاب سنتی و مهندسی ژنتیک به کار گرفته شده است (Fleury

* نگارنده پاسخگو: سیده ساناز رمضانپور. پست الکترونیک: ramezanpours@gau.ac.ir .

www.SID.ir

Archive of SID



et al., 2010). در این میان پرتوتابی رهیافت مناسبی برای بهبود سطح تنوع ژنتیکی در کوتاه‌مدت به نظر می‌رسد. هوشمند و همکاران (Hooshmandpanah et al., 2010) از پرتوتابی گاما برای بهبود تحمل به تنش خشکی در گندم نان استفاده نمودند.

جوانه‌زنی یک مرحله‌ی پیچیده و پویا در رشد و نمو گیاه است (Bewley and Black, 1994). گزارش‌های زیادی نشان داده است که در مرحله‌ی جوانه‌زنی بذر با واکنش خوب به تنش خشکی، رشد بهتری در مرحله‌ی گیاهچه‌ای خواهد داشت و سیستم ریشه‌ای قوی تولید خواهد نمود (Kochaki, 1989). ایجاد تنش خشکی با مواد اسمزی برای تولید پتانسیل‌های اسمزی مختلف یکی از مهم‌ترین روش‌ها برای مطالعه‌ی اثرات تنش خشکی در مرحله‌ی جوانه‌زنی محسوب می‌شود. در این میان پلی‌اتیلن گلیکول (PEG) به دلیل شباهت به شرایط محیطی به‌طور گسترده‌ای در بررسی‌های آزمایشگاهی مورداستفاده قرار می‌گیرد (Kaufman and Eckard., 1971). مطالعات نشان داده است که کمبود آب منجر به کاهش محتوای نسبی آب[1] (RWC) در برگ‌های گیاه می‌شود. مقادیر بالای RWC و مقادیر پایین اتلاف آب برگ[2] (RWL) به‌عنوان شاخص‌های مهم برای وضعیت آب پیشنهادشده‌اند (El_Tayeb et al., 2006; Gunes et al., 2008). محتوای نسبی آب (RWC) به‌عنوان نشانگر فیزیولوژیکی بالقوه برای تحمل به خشکی در خیلی از گیاهان زراعی مانند جو (*Hordium Vulgare* L.) (Martin, 1989)، آفتابگردان (*Halianthus annus* L.) (Rauf and Sadaqat, 2008)، نیشکر (*Saccharum officinarum* L.) (Silva, 2007)، گندم دوروم (*Triticum durum*) (Merah, 2001)، گندم (*Triticum aestivum* L.) و خویشاوندان وحشی آن (Farooq and Azam, 2002) معرفی شده است. هدف از این مطالعه تعیین پاسخ لاین گندم موتانت T65588 به تنش خشکی با بررسی تعدادی از صفات مورفولوژیکی گندم در مراحل جوانه‌زنی و صفات مربوط به نگهداری آب در گیاه بالغ است.

## مواد و روش‌ها

این مطالعه در دو آزمایش جداگانه در دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان پی‌ریزی شد: آزمون جوانه‌زنی در پاییز ۱۳۹۲ در پتری‌دیش در آزمایشگاه انجام شد و آزمایش مرحله‌ی گیاه بالغ در بهار ۱۳۹۳ در گلدان‌های پلاستیکی در گلخانه صورت گرفت. ژنوتیپ گندم «طبسی» به‌عنوان واریته‌ی حساس به خشکی و لاین موتانت آن "T65588" در این مطالعه مورداستفاده قرار گرفتند. لاین "T65588" در پژوهشکده‌ی تحقیقات کشاورزی پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای کرج با پرتوتابی گاما از رقم طبسی حاصل شده است. در کنار این دو ژنوتیپ، دو ژنوتیپ دیگر نیز به نام «کوهدشت» و «مروارید» به‌عنوان دو رقم زراعی متداول در استان گلستان در آزمایش مرحله‌ی جوانه‌زنی به کار گرفته شده‌اند. برای آزمایش اول پس از ضدعفونی بذرها با هیپوکلریت سدیم ۱٪ و آب‌کشی با آب مقطر، تعداد ۱۰ بذر در پتری‌دیش‌های ۹ سانتی‌متری کشت داده شدند و در اتاقک رشد (°C ۱±۲۰ و دوره‌ی ۱۲ ساعت روشنی/تاریکی) در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۳ تکرار قرار داده شدند. به‌منظور جلوگیری از تبخیر رطوبت پتری‌دیش‌ها توسط لایه‌ای از پارافیلم پوشانده شدند. تیمارهای تنش خشکی شامل ۰/۵- و ۱- مگاپاسکال و تیمار آب مقطر به‌عنوان شاهد بودند. مقدار PEG با وزن مولکولی ۶۰۰۰ برای هر پتانسیل اسمزی بر طبق فرمول مایکل و کافمن (۱۹۷۳) به‌صورت زیر محاسبه شد.

$$\text{پتانسیل آب} = -(1.18 \times 10^{-2})\,C - (1.18 \times 10^{-4})\,C^2 + (2.67 \times 10^{-4})\,CT + (8.39 \times 10^{-7})\,C^2T \qquad [۱]$$

C: غلظت پلی‌اتیلن گلیکول (gr/ kg)، T: دما ($^oC$).

برای برآورد صفات جوانه‌زنی، بذور با طول ریشه‌چه ۲ میلی‌متر به‌عنوان بذور جوانه‌زده ثبت شدند. بذرهای جوانه‌زده در فواصل زمانی مختلف به‌صورت روزانه به مدت ۷ روز شمارش شدند. برای هر واحد آزمایشی زمانی که پس از گذشت ۳ روز هیچ بذر دیگری جوانه نزد، اتمام شمارش در نظر گرفته شد. نرخ جوانه‌زنی بر اساس فرمول زیر محاسبه گردید (Maguire, 1962):

$$M = n1/t1 + n2/t2 + \ldots + n7/t7; \qquad [۲]$$

که در آن n1، n2، ....، n7 نشان‌دهنده‌ی تعداد بذرهای جوانه‌زده در زمان‌های t1، t2، ....، t7 (روز) هستند.

[1]. Relative Water Content
[2]. Rate of Water Loss

www.SID.ir

Archive of SID



همچنین طول و وزن خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه نیز اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری این صفات پس از اتمام شمارش بذور، از هر پتری دیش ۶ نمونه بذر جوانه‌زده سالم به‌طور تصادفی انتخاب و میانگین آن‌ها به‌عنوان داده نهایی هر پتری دیش منظور گردید.

برای آزمایش مرحله‌ی گیاه بالغ تعداد ۶ بذر جوانه‌زده از ژنوتیپ‌های "T65588" و «طبسی» در گلدان‌های با قطر ۲۵ سانتی‌متر حاوی نسبت‌های مساوی خاک مزرعه، ماسه و خاک‌برگ در گلخانه کشت گردیدند. تعداد بوته‌ها در مرحله‌ی گیاهچه‌ای به ۳ گیاه در هر گلدان تنک گردید. آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۳ تکرار انجام شد. از شروع آزمایش گلدان‌ها دو بار در هفته تا نقطه‌ی اشباع خاک (آبیاری معمولی) آبیاری شدند. تیمار تنش خشکی در مرحله‌ی پنجه‌زنی با آبیاری تا ۵۰٪ ظرفیت زراعی اعمال گردید. گیاهان مربوط به تیمار شاهد در کل دوره‌ی آزمایش به‌صورت نرمال آبیاری شدند. صفات مرتبط به نگهداری آب در مرحله‌ی گرده‌افشانی موردراندازه‌گیری قرار گرفتند. تمام گیاهان موجود در هر گلدان برای اندازه‌گیری تمامی صفات مورداستفاده قرار گرفتند و از میانگین آن‌ها برای برآورد صفات استفاده گردید. برای اندازه‌گیری محتوای نسبی آب (RWC)، برگ‌های پرچم به قطعات ۲ سانتی‌متری بریده شدند و وزن گردیدند (FW). قطعات برگی به مدت ۲۴ ساعت در آب مقطر قرار گرفتند و مجدداً وزن شدند (TW). سپس برگ‌ها در آون ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت قرار داده شدند و مجدداً وزن آن‌ها به‌عنوان وزن خشک (DW) اندازه‌گیری گردید.

محتوای نسبی آب (RWC) به‌صورت زیر محاسبه شد (Ritchie et al.,1990):

$$RWC\% = (FW-DW)/(TW-DW) \times 100 \qquad [۳]$$

برای برآورد مقدار احتباس آب در برگ[3] (ELWR)، برگ‌های پرچم پس از توزین به مدت ۵ ساعت در دمای ۳۰ درجه‌ی سانتی‌گراد قرار داده شدند و مجدداً وزن آن‌ها اندازه‌گیری شد و سپس با استفاده از فرمول زیر ELWR محاسبه گردید:

ELWR = [۱-(وزن برگ‌ها پس از ۵ –وزن برگ‌های تازه)/(وزن برگ‌های تازه/ساعت) ×۱۰۰ [۴]

برای محاسبه‌ی نرخ اتلاف آب (RWL)، برگ‌های پرچم جمع‌آوری شد و وزن آن‌ها (W1) یادداشت گردید. برگ‌ها در ۳۰ $^{o}$C به مدت ۵ ساعت قرار گرفتند و سپس دوباره وزن شدند ((W2؛ و سپس به آون ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت منتقل شدند و دوباره وزن گردیدند (W3). RWL بر اساس فرمول یانگ و همکاران (Yang et al., 1991) محاسبه شد:

$$RWL = \left(\frac{W1 - W2}{W3}\right)\left(\frac{t1 - t2}{60}\right) \qquad [۵]$$

به ترتیب زمان t1 و t2، اندازه‌گیری W1 و W2 (به دقیقه) هستند.

آنالیز داده‌ها توسط نرم‌افزار SAS v9.1 انجام گردید. مقایسه میانگین صفات با آزمون چند دامنه‌ای دانکن و در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد. نمودارها توسط نرم‌افزار excel ترسیم گردیدند.

## نتایج و بحث

نتایج تجزیه‌ی واریانس نشان داد که خصوصیات جوانه‌زنی به‌شدت تحت تأثیر تیمار PEG قرار گرفتند (جدول ۱). اثر تنش خشکی برای کلیه صفات و اثر ژنوتیپ برای نرخ جوانه‌زنی و طول ساقه‌چه و طول ریشه‌چه با احتمال یک درصد و اثر ژنوتیپ برای وزن خشک ریشه‌چه با احتمال ۵ درصد معنی‌دار بودند. همچنین اثر متقابل تنش در ژنوتیپ در صفات نرخ جوانه‌زنی و طول ساقه‌چه و طول ریشه‌چه و وزن خشک ساقه‌چه معنی‌دار شد. نتایج تجزیه واریانس برش داده‌شده اثرمتقابل (جدول ۲) نشان داد که در شرایط بدون تنش ژنوتیپ‌ها در دو صفت طول ریشه‌چه و طول ساقه‌چه تفاوت معنی‌دار داشتند. ژنوتیپ‌ها در نرخ جوانه-زنی، طول ریشه‌چه و طول ساقه‌چه در هر دو تیمار ۰/۵- و ۱- مگاپاسکال با هم اختلاف معنی‌دار نشان دادند. همچنین در تیمار ۰/۵- مگاپاسکال در وزن خشک ساقه‌چه نیز بین ژنوتیپ‌ها اختلاف معنی‌دار دیده شد. معنی‌دار شدن اثر متقابل نشان می‌دهد که عکس‌العمل ژنوتیپ‌ها نسبت به تغییرات PEG یکسان نبوده است. مقایسه میانگین صفات با آزمون چند دامنه‌ای دانکن و در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد (شکل‌های ۱ تا ۵). به علت تفاوت بزرگ در میانگین صفات در تیمارهای مختلف، درصد نسبت میانگین در تیمارهای PEG به تیمار شاهد برای هر ژنوتیپ در شکل‌های ۱ تا ۵ آورده شده است. همچنین داده‌های دو

[3]. Excised Leaf Water Retention

www.SID.ir

Archive of SID



صفت طول ریشه‌چه و طول ساقه‌چه در پتانسیل ۰/۵- و ۱- مگاپاسکال (که در شرایط بدون تنش با هم اختلاف معنی-دار داشتند) نسبت به کنترل تصحیح شدند تا اثر تیمار پلی‌اتیلن گلیکول مشخص گردد. با کاهش پتانسیل آب و افزایش سطوح خشکی، تمام صفات شامل نرخ جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه، طول ساقه‌چه، وزن خشک ریشه‌چه و وزن خشک ساقه‌چه به‌طور معنی‌داری کاهش یافتند (شکل‌های ۱ تا ۵). مطالعات گذشته نشان داده است که با کاهش پتانسیل اسمزی کاهش معنی‌داری در نرخ جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه و ساقه‌چه در گندم دیده شده است (Jajarmi, 2012). چنانچه جذب آب توسط بذر دچار اختلال گردد و یا جذب به‌آرامی صورت گیرد، فعالیت‌های متابولیکی جوانه‌زنی در داخل بذر به‌آرامی انجام خواهد شد و درنتیجه مدت‌زمان

**جدول ۱. تجزیه واریانس صفات نرخ جوانه‌زنی (GR)، طول ریشه‌چه (RL)، طول ساقه‌چه (LP)، وزن خشک ریشه‌چه (RDW) و وزن خشک ساقه‌چه (PDW) در ژنوتیپ‌های گندم در شرایط تنش خشکی.**

**Table 1. Analysis of variance of traits for germination rate (GR), radicle length (RL), length of Plumule (LP), radicle dry weight (RDW) and plumule dry weight (PDW) of wheat genotypes under drought stress conditions.**

| منابع تغییر<br>Source of variation | df | Mean square میانگین مربعات<br>نرخ جوانه‌زنی<br>Germination rate | طول ریشه‌چه<br>Radicle length | طول ساقه‌چه<br>Length of Plumule | وزن خشک ریشه‌چه<br>Radicle dry weight | وزن خشک ساقه‌چه<br>Plumule dry weight |
|---|---|---|---|---|---|---|
| تیمار تنش<br>Stress treatment | 2 | 0.14** | 410.58** | 690.9** | 0.02** | 0.042** |
| ژنوتیپ<br>Genotype | 3 | 0.13** | 28.49** | 54.26** | 0.0005* | 0.0003ns |
| تیمار تنش × ژنوتیپ<br>Stress treatment× genotype | 6 | 0.005** | 2.71* | 2.67** | 0.00036ns | 0.00065* |
| خطا<br>Error | 24 | 0.0012 | 0.96 | 0.41 | 0.0001 | 0.00025 |
| C.V% | | 15.27 | 17.63 | 10.21 | 14.13 | 14.9 |

ns: غیر معنی‌دار، *و **:به ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد.

ns: Non–significant and *&** significant at 5 & 1% probability level, respectively.

**جدول ۲. برش دهی اثر متقابل ژنوتیپ‌های گندم در تیمارهای مختلف پلی‌اتیلن گلیکول برای نرخ جوانه‌زنی (GR)، طول ریشه‌چه (RL)، طول ساقه‌چه (LP)، وزن خشک ریشه‌چه (RDW) و وزن خشک ساقه‌چه (PDW).**

**Table 2. The sliced analysis of variance for germination rate (GR), radicle length (RL), length of Plumule (LP), radicle dry weight (RDW) and plumule dry weight (PDW) of wheat genotypes in each level of water stress induced by PEG**

| تیمارPEG<br>PEG treatments | df | Mean square میانگین مربعات<br>نرخ جوانه‌زنی<br>germination rate (GR) | طول ریشه‌چه<br>radicle length (RL) | طول ساقه‌چه<br>length of Plumule (LP) | وزن خشک ریشه-چه<br>radicle dry weight (RDW) | وزن خشک ساقه‌چه<br>plumule dry weight (PDW) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Control | 3 | 0.017ns | 13.66** | 34.78** | 0.0007ns | 0.00016ns |
| -0.5Mpa | 3 | o.078** | 17.16** | 13.51** | 0.001ns | 0.001* |
| -1Mpa | 3 | 0.035** | 3.10* | 11.32** | 0.0007ns | 0.00003ns |

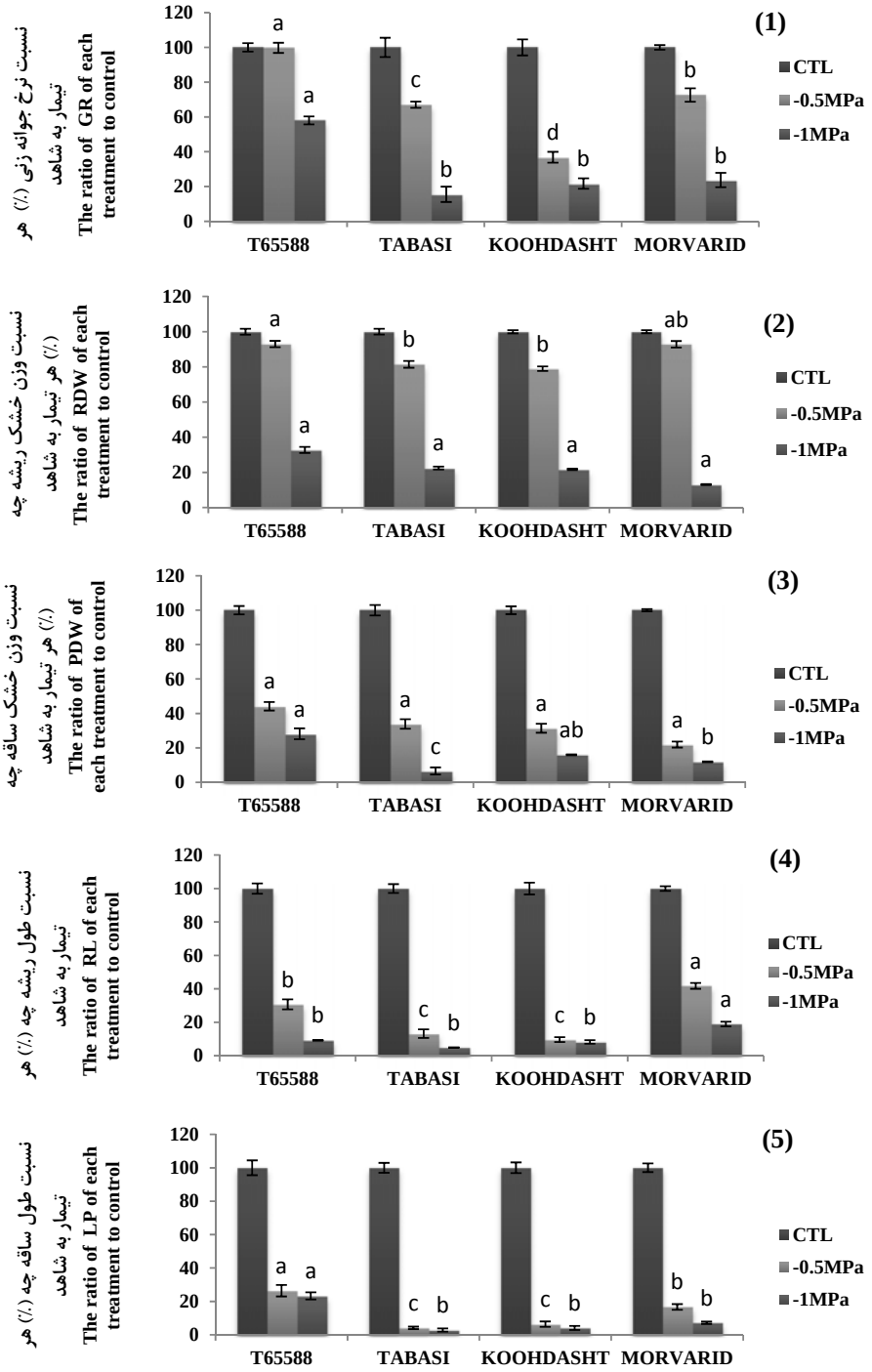
ns: غیر معنی‌دار، *و **:به ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد

ns: Non–significant and *&** significant at 5 & 1% probability level, respectively.

www.SID.ir

Archive of SID






**شکل‌های ۱ تا ۵. مقایسه میانگین صفات مرتبط با جوانه‌زنی در شرایط تنش خشکی حاصل از PEG در چهار ژنوتیپ مختلف گندم. درصد نسبت میانگین هر تیمار PEG به میانگین تیمار شاهد برای هر ژنوتیپ در شکل آورده شده است. میانگین صفات برای تیمار شاهد ۱۰۰٪ در نظر گرفته شده است. حروف متفاوت روی ستون‌ها نشان‌دهنده‌ی تفاوت میانگین ژنوتیپ‌ها بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵٪ می‌باشند. مقادیر میله‌های روی میانگین‌ها نشان‌دهنده دامنه خطای معیار میانگین ((SE هستند.**

**Figs. 1-5. Mean comparison of germination related parameters of 4 wheat genotypes under water stress levels induced by PEG. Percent of ratio of each PEG treatment to control drown in graph. The mean of traits for control treatment of each genotype considered 100%. Different letters on the columns show significant differences between mean of genotypes ($p< 0.05$). Error bars represent the range of SE for each mean.**

www.SID.ir

Archive of SID



خروج ریشه‌چه از بذر افزایش‌یافته و لذا سرعت جوانه‌زنی کاهش می‌یابد (De and Kar, 1994). به نظر می‌رسد یکی از دلایل کاهش طول ساقه‌چه در شرایط تنش، کاهش یا عدم انتقال مواد غذایی از لپه‌ها به جنین باشد (Takel, 2000). ماکار و همکاران (Macar et al., 2009) در بررسی اثر تنش خشکی ناشی از پلی‌اتیلن گلیکول بر جوانه‌زنی و رشد گیاهچه‌های نخود دریافتند که با افزایش پتانسیل آب طول ساقه‌چه و ریشه‌چه به‌صورت معنی‌داری کاهش می‌یابد.

در شرایط تنش خشکی کاهش جذب آب توسط بذر، باعث کاهش سرعت فعالیت‌های متابولیکی بذر، کاهش ترشح هورمون‌ها و فعالیت آنزیم‌ها و درنتیجه اختلال در رشد گیاهچه (ریشه‌چه و ساقه‌چه) می‌گردد (Marjani et al., 2004). مقایسه میانگین نشان داد که در بین ۴ ژنوتیپ موردبررسی لاین جهش‌یافته‌ی T65588 کمترین میزان کاهش در نرخ جوانه‌زنی در تیمارهای PEG را دارا بود. در سایر صفات به‌غیراز طول ریشه‌چه برتری لاین جهش‌یافته‌ی T65588 نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها مشهود بود. در مورد صفت طول ریشه‌چه نیز لاین T65588 تنها در مقایسه با رقم مروارید میزان کاهش بیشتری در مورد این صفت از خود نشان داد، لیکن در مقایسه با ژنوتیپ والدی خود (طبسی) و رقم کوهدشت همچنان برتری لاین جهش‌یافته با کاهش کمتر طول ریشه‌چه در تیمارهای PEG مشاهده گردید. به‌طور کل نتایج نشان داد که لاین جهش‌یافته‌ی T65588 نسبت به واریته‌ی والدی خود (طبسی) در مورد تمام صفات موردبررسی در مرحله‌ی جوانه‌زنی شامل نرخ جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه و طول ساقه‌چه و وزن خشک ریشه‌چه و وزن خشک ساقه‌چه خصوصیات تحمل بیشتری به خشکی از خود نشان داده است.

نتایج تجزیه واریانس در آزمایش گلخانه‌ای تفاوت بسیار معنی‌داری بین ژنوتیپ‌ها در کل صفات موردبررسی را نشان داد. اثر تنش خشکی برای صفات ELWR و RWC و همچنین اثر متقابل ژنوتیپ × تنش خشکی به‌غیراز RWC برای سایر صفات معنی‌دار بود (جدول ۳). نتایج تجزیه واریانس برش داده‌شده اثرمتقابل (جدول ۴) نشان داد که در شرایط بدون تنش ژنوتیپ‌ها هیچ تفاوت معنی‌داری نداشتند لیکن در تیمار خشکی در دو صفت ELWR و RWL با هم اختلاف معنی‌دار نشان دادند.

مقایسه میانگین صفات در تیمار ۵۰٪ ظرفیت زراعی برای ژنوتیپ‌ها در شکل‌های ۶ تا ۸ نشان داده شده است. تنش خشکی صفات مربوط به نگهداری آب - RWC، RWL و ELWR- را به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر قرار داد و منجر به کاهش در RWL و افزایش در RWC و ELWR گردید (شکل‌های ۶ تا ۸). ارقامی که دارای RWC و ELWR بالا و RWL پایین هستند به‌عنوان ارقام مقاوم به خشکی شناخته می‌شوند (Geravandi et al., 2011).

**جدول ۳. تجزیه واریانس صفات مرتبط با نگهداری آب در دو ژنوتیپ گندم طبسی و لاین جهش‌یافته‌ی آن T65588 در شرایط تنش خشکی**

**Table 3. Analysis of variance for water-related traits of two wheat genotypes 'Tabasi' and it's mutant 'T65588' line under drought stress condition.**

| Source of variation منابع تغییر | df | Mean square میانگین مربعات | | |
|---|---|---|---|---|
| | | مقدار احتباس آب در برگ ELWR | محتوای نسبی آب RWC | نرخ اتلاف آب RWL |
| Stress treatment تنش خشکی | 1 | 253.08** | 279.3** | 10.68** |
| genotype ژنوتیپ | 1 | 795.07** | 128.26** | 27.06** |
| Stress × genotype ژنوتیپ خشکی×تنش | 1 | 30.53** | 2.20ns | 1.86ns |
| Error خطا | 8 | 22.34 | 17.77 | 0.21 |
| C.V | | 2.97 | 8.54 | 5.78 |

ns: غیر معنی‌دار، *و **:به ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد.

ns: Non–significant and *&** significant at 5 & 1% probability level, respectively.

www.SID.ir

Archive of SID



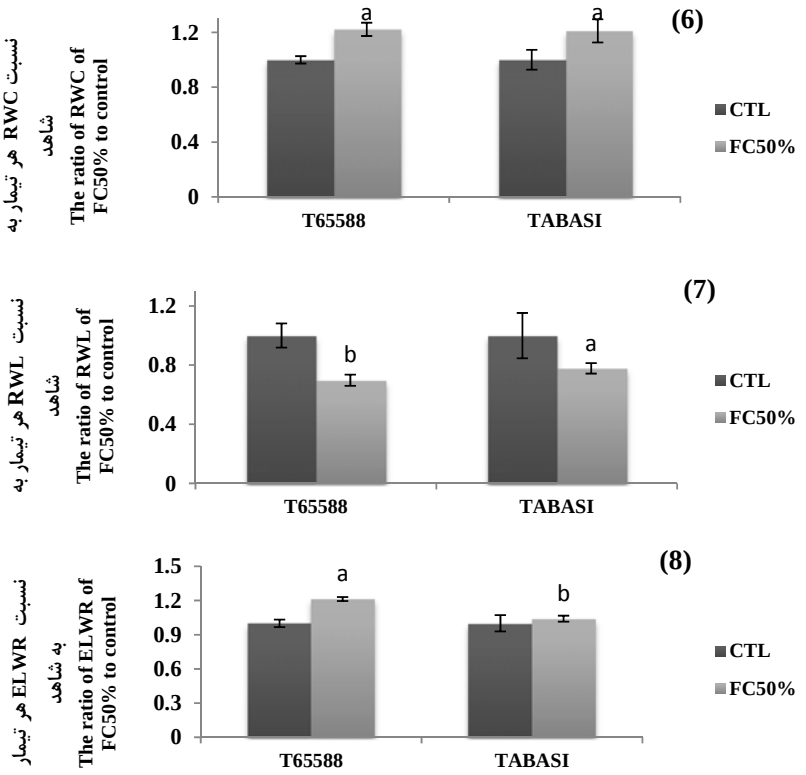
**جدول ۴. برش دهی اثر متقابل صفات مرتبط به نگهداری آب در ژنوتیپ طبسی و لاین T65588 در دو سطح بدون تنش و تنش ۵۰ درصد ظرفیت زراعی**

**Table 4. The sliced analysis of variance for water-related variables of Tabasi and T65588 in control and FC50% treatments.**

| تنش خشکی Drought stress | df | Mean square میانگین مربعات | | |
|---|---|---|---|---|
| | | مقدار احتباس آب در برگ ELWR | محتوای نسبی آب RWC | نرخ اتلاف آب RWL |
| Control | 1 | 256.99$^{ns}$ | 48.41$^{ns}$ | 7.37$^{ns}$ |
| FC50% | 1 | 586.61$^{**}$ | 82.04$^{ns}$ | 21.55$^{**}$ |

ns: غیر معنی‌دار، * و **:به ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد.

ns: Non–significant and *&** significant at 5 & 1% probability level, respectively.




**شکل‌های ۶ تا ۸. مقایسه میانگین صفات مرتبط با نگهداری آب در شرایط تنش خشکی در ژنوتیپ والدی طبسی و لاین جهش‌یافته‌ی T65588. درصد نسبت مقادیر در تیمار خشکی به تیمار شاهد برای هر ژنوتیپ در شکل آورده شده است. مقادیر صفات برای تیمار شاهد ۱۰۰٪ در نظر گرفته شده است. حروف متفاوت روی ستون‌ها نشان‌دهنده‌ی تفاوت میانگین دو ژنوتیپ بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵٪ می‌باشند. میله‌های روی میانگین‌ها نشان‌دهنده دامنه خطای معیار میانگین ((SE هستند.**

**Figs. 6-8. Mean comparison of water related traits of parental genotype "Tabasi" and mutant line "T65588" under drought stress. Percent of ratio of drougth treatment to control drown in graph. The mean of traits for control treatment of each genotype considered 100%. Different letters on the columns show significant differences between mean of genotypes (p< 0.05). Error bars represent the range of SE for each mean.**

www.SID.ir

Archive of SID



مقدار RWC در تیمار ۵۰٪ ظرفیت زراعی افزایش یافت، لیکن تفاوت بین لاین جهش‌یافته‌ی T65588 و رقم طبسی معنی‌دار نبود. RWC ارتباط نزدیکی با حجم سلول دارد، لذا این پارامتر می‌تواند توازن بین آب فراهم‌شده‌ی برگ و میزان تعرق را منعکس نماید (Farquhar et al., 1989). اسکانفلد و همکاران (۱۹۸۸) در شرایط تنش خشکی روند کاهشی در مقدار RWC در گندم را گزارش نمودند، لیکن در مطالعات آن‌ها بالاترین مقدار RWC در ژنوتیپ متحمل مشاهده شد. تنش خشکی منجر به کاهش حدود ۴۰٪ در RWL در لاین جهش‌یافته‌ی T65588 گردید ($p < 0.05$) که می‌تواند نشان‌دهنده‌ی مکانیسم‌های بازدارنده‌ی اتلاف آب تحت شرایط خشکی باشد. تحقیقات زیادی نشان داده‌اند که میزان پایین اتلاف آب (RWL) از برگ‌های جداشده به مقاومت به خشکی مرتبط است و می‌تواند به‌عنوان یکی از شاخصه‌های غربال در برنامه‌های اصلاحی کاربرد داشته باشد (Winter et al., 1988).

نتایج این تحقیق با یافته‌های گلستانی عراقی و اسد (Goletani Araghi and Asad, 1998) مطابقت دارد که کاهش در میزان RWL را در گندم در تنش خشکی گزارش نمودند. کاهش شدید در مقدار RWL در لاین جهش‌یافته و تفاوت معنی‌دار آن با رقم طبسی می‌تواند مؤید کارایی بیشتر مصرف آب در ژنوتیپ جهش‌یافته‌ی T65588 باشد.

طبق نتایج تنش خشکی منجر به افزایش ELWR گردید که این پدیده می‌تواند توسط مکانیسم‌های نگهداری آب تحت شرایط خشکی با پیچیدن برگ یا کاهش سطح برگ رخ داده باشد (Lonbani and Arzani, 2011). بر اساس پیشنهاد لنبانی و ارزانی (Lonbani and Arzani, 2011) در بین پارامترهای مرتبط به آب در گیاه ELWR می‌تواند بهترین مشخصه برای انتخاب غیرمستقیم عملکرد در گیاه باشد. این صفت وراثت پذیر است (Clarke and Townley-Smith, 1986) و در جمعیت‌های بزرگ به‌آسانی می‌توان آن را برآورد نمود (Dhanda and Sethi, 1998). مقدار افزایش در ELWR در لاین جهش‌یافته‌ی T65588 در مقایسه با واریته‌ی والدی آن (طبسی) بیشتر و معنی‌دار بود که می‌تواند مصداق دیگری برای ادعای برتری لاین جهش‌یافته در شرایط تنش خشکی باشد.

## منابع


Bewley, J.D., Black, M., 1994. Seeds, Physiology of Development and Germination. New York: Plenum Press. 445p.

Clarke, J.M., Townley-Smith, T.F., 1986. Heritability and relationship to yield of excised leaf water retention in durum wheat. Crop Science. 26, 289-292.

Dhanda, S.S., Sethi, G.S., 1998. Inheritance of excised-leaf water loss and relative water content in bread wheat (*triticum aestivum*). Euphytica. 104, 39-47.

De, F., Kar, R.K., 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.

El_Tayeb, M.A., 2006. Differential Response of Two Viciafaba Cultivars to Drought: Growth, Pigments, Lipid, Peroxidation, Organic Solutes, Catalase, and Peroxi_dase Activity, Acta Agronomy. Hung. 54, 25–37.

Farquhar, G.D., Wong, S.C., Evans, J.R., Hubick, K.T., 1989. Photosynthesis and gas exchange. *In* H.G. Jones., Flowers, T.J., Jones, M.B., (eds), Plants under stress. Cambridge University Press, pp 47-69.

Farooq, S., Azam, F., 2002. Co-existence of salt and drought tolerance in *Triiceae*. Hereditas 135, 205-210.

Flexas, J., Niinemets, U., Galle, A., Barbour, M.M., Centritto, M., 2013. Diffusional conductances to CO as a target for increasing photosynthesis and photosynthetic water-use efficiency. Photosynthesis Research. 117, 1–3.

Fleury. D., efferies, S.J., Kuchel, H., Langridge, P., 2010. Genetic and genomic tools to improve drought tolerance in wheat. Journal of Experimental Botany 61(12): 3211-3222.

Foley, J.A., Ramankutty, N., Brauman, K.A., Cassidy, E.S., Gerber, J.S., Johnston,M., Mueller, N.D. 2011. Solutions for a cultivated planet. Nature. 478, 337–342.


www.SID.ir

Archive of SID



Golestani Araghi, S., Assad, M.T., 1998. Evaluation of four screening techniques for drought resistance and their relationship to yield reduction ratio in wheat. Euphytica. 103, 293–299.

Geravandia, M., E. Farshadfara., D. Kahrizi, 2011. Evaluation of some physiological traits as indicators of drought tolerance in bread wheat genotypes. Russian Journal of Plant Physiology. 58, 69–75.

Gunes, A., Inal, A., Adak, M.S., Bagci, E.G., Cicek, N., Eraslan, F., 2008. Effect of drought stress implemented at pre- or post-anthesis stage on some physiological parameters as screening criteria in chickpea cultivars. Russian Journal of Plant Physiology. 55, 59–67.

Hooshmandpanah, Z., Alamzadeh, A., Nakhoda, B., Kazemini, S.A and Heidari, B., 2010. Breeding of bread wheat cultivar "Shiraz" to tolerate drought stress using Gama irradiation. MSc dissertation, Faculty of Agriculture, University of Shiraz, Iran. [In Persian with English Summary].

Jajarmi, V., 2012. Effect of drought stress on germination indices in seven wheat cultivars (*T. aestivum* L.). Agronomy and plant Breeding. 8(4), 183-192.

Kaufman, M.R., Eckard, A.N., 1971. Evaluation of water stress control by polyethylene glycols by analysis of guttation. Plant Physiology. 47, 453-456.

Kouchaki, A., 1989. Aspects of drought tolerance in sorghum. Journal of Agricultural Science and Technology. 2(2), 81-77.

Lonbani, M., Arzani, A., 2011. Morpho-physiological traits associated with terminal drought stress tolerance in triticale and wheat. Agronomy Research. 9(1–2), 315–329.

Macar, T.K., Turan, O., Ekmekci, Y., 2009. Effects of water deficit induced by PEG and NaCl on chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars and lines at early seedling stages. G.U. Journal of Science. 22, 5-14.

Maguire, J.D., 1962. Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigour. Crop Science. 2, 176–177.

Marjani, A., Farsi, M., Rahimizadeh, M., 2004. Investigation of drought tolerance of ten pea genotypes in seedling stage using polyethylene glycol 6000. Journal of Agricultural Sciences. 12(1), 17-29.

Martin, M.A., Brown, J.H., Ferguson, H., 1989. RWC and leaf water potential differentiated drought tolerant and drought susceptible genotypes of barly. Agronomy Journal. 81, 100-105.

Merah, O., 2001. Potential importance of water status traits for durum wheat improvement under Mediterranean conditions. Journal of Agriculture Science. 137, 139-145.

Nour-Mohamadi G, Siadat A, Kashani A. 2009. Agronomy, Vol. 1: Cereal crops. Shahid Chamran University press. Iran-Ahwaz. 446 p.

Rauf, S., Sadaqat, H.A., 2008. Identification of physiological traits and genotypes combined to high achene yield in sunflower (*Helianthus annuus* L.) under contrasting water regimes. Australian Journal of Crop Science. 1, 23-30.

Ritchie, S.W., Nguyen, H.T., Holaday, A.S., 1990. Leaf water content and gas exchange parameters of two wheat genotypes differing in drought resistance. Crop Science. 30, 105–111.

Schonfeld, M.A., Johnson, R.C., Carver, B.F., Mornhinweg, D.W., 1988. Water relations in winter wheat as drought resistance indicators. Crop Science. 28, 526–531.

Silva, M.A., Jifon, J.L., Da Silva, J.A.G., Sharma, V., 2007. Use of physiological parameters as fast tools to screen for drought tolerance in sugarcane. Brazilian Journal of Plant Physiology. 19, 193-201.

Smol, J.P., 2012. Climate Change: A planet in flux. Nature. 483, S12–15.

Takel, A., 2000. Seedling emergence and growth of sorghum genotypes under variable soil moisture deficit. Agronomy Journal. 48, 95-102.

Winter, S.R., Musik, J.T., Porter, K.B., 1988. Evaluation of Screening Technique for Breeding Drought-resistant Winter Wheat. Crop Science. 28, 512-516.

Yang, R. C., Jana, S. J., Clark, M., 1991. Phenotypic diversity and associations of some potentially drought-responsive characters in durum wheat. Crop Science. 31, 1484–1491.

www.SID.ir