

## بررسی تحمل تنش خشکی ژنوتیپ‌های جو در مرحله جوانه‌زنی با استفاده از پلی‌اتیلن گلایکول

رامبد عبیری<sup>۱</sup>، علیرضا زبرجدی<sup>۲\*</sup>، مختار قبادی<sup>۳</sup> و امیرکیوان کفاشی<sup>۴</sup>

<sup>۱</sup> کرمانشاه، دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرمانشاه، دانشکده کشاورزی

<sup>۲</sup> کرمانشاه، دانشگاه رازی، دانشکده کشاورزی، گروه زراعت و اصلاح نباتات

<sup>۳</sup> کرمانشاه، دانشگاه رازی، دانشکده کشاورزی، گروه پژوهشی بیوتکنولوژی مقاومت به خشکی

<sup>۴</sup> کرمانشاه، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی

تاریخ پذیرش: ۹۳/۹/۱۶

تاریخ دریافت: ۹۲/۱۰/۲۷

### چکیده

تنش خشکی از مهمترین عوامل ایجاد اختلال در رشد و نمو گیاهان به‌ویژه در مرحله جوانه‌زنی در مناطق خشک و نیمه خشک می‌باشد. جوانه‌زنی یکی از مهمترین مراحل رشد است که نیاز اولیه و اساسی برای داشتن تراکم مناسب در گیاه در مزرعه محسوب می‌شود. در این راستا جوانه‌زنی و رشد گیاهچه‌های ژنوتیپ‌های جو بصورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی با چهار تکرار مورد آزمون قرار گرفتند. فاکتور مورد بررسی براساس سطوح مختلف تنش خشکی (صفر، -۴، -۸، -۱۲، -۱۶ بار) به‌دست آمده از پلی‌اتیلن گلایکول که قابلیت صفر بار به عنوان شاهد و ژنوتیپ‌ها با ۲۰ سطح در نظر گرفته شدند. نتایج حاصل از تجزیه واریانس و مقایسه میانگین‌ها نشان داد که در بیشتر صفات مورد بررسی نظیر درصد جوانه‌زنی (FG)، شاخص سرعت جوانه‌زنی (PI)، بینه جوانه‌زنی (GSI)، طول ریشه‌چه (RL) و ساقه‌چه (SL)، وزن خشک ساقه‌چه و وزن تر ساقه‌چه تأثیر سطوح قابلیت، ژنوتیپ‌ها و اثر متقابل آنها معنی‌دار بوده و کاهش قابلیت موجب کاهش معنی‌دار این صفات گردید. همچنین بین شاخص‌های سرعت، درصد و بینه جوانه‌زنی همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود داشت، در نتیجه از طریق این صفات می‌توان نسبت به گزینش ارقام برتر اقدام کرد. در مجموع نتایج بیانگر وجود تنوع ژنتیکی قابل ملاحظه در بین ژنوتیپ‌ها بوده و با توجه به سه صفت فوق، ژنوتیپ شماره ۱۶ (Star/ plausout) به عنوان ژنوتیپ متحمل انتخاب شد.

واژه‌های کلیدی: پلی‌اتیلن گلایکول، جو، جوانه‌زنی، تنش خشکی

\* نویسنده مسئول، تلفن: ۰۸۳۱-۸۳۲۳۷۳۱، پست الکترونیکی: Zebarjadiali@yahoo.com

### مقدمه

قابلیت دسترسی به آب با کاهش قابلیت اسمزی و ماتریک (مکش) کاهش می‌یابد. قابلیت آب محیط، تأثیر مستقیم بر سرعت جذب آب و در نتیجه جوانه‌زنی گیاه دارد (۱۵، ۴). به‌منظور ایجاد محیط‌های مصنوعی کنترل قابلیت آب و ارزیابی تحمل خشکی در محیط کنترل شده، معمولاً از موادی با جرم مولکولی بالا مانند پلی‌اتیلن گلایکول استفاده شده است. این مواد بدلیل ایجاد محلول اسمزی با

جو زراعی متعلق به خانواده گندمیان است که بزرگ‌ترین خانواده گیاهان زراعی تک‌لپه‌ای می‌باشد (۹، ۱۳، ۲۲). جو زراعی (*Hordeum vulgare* L.) چهارمین غله جهان پس از گندم، ذرت و برنج است (۲۵). جوانه‌زنی یکی از مهمترین مراحل رشد است که اطلاع از آن نیاز اولیه و اساسی برای تعیین تراکم مناسب گیاه در مزرعه محسوب می‌شود (۱۵). آب یکی از عوامل اصلی فعال‌کننده جوانه‌زنی است و

برای ارزیابی تحمل خشکی در مرحله جوانه‌زنی روی گیاهان دیگر مانند گلرنگ (۲)، کلزا (۹)، سویا (۱۰)، عدس (۱۶)، آندروگرافیس (۳۲)، گندم (۲۶) و نخود (۱۸) انجام شده است. این تحقیق بمنظور بررسی و مطالعه صفات و شاخص‌های مربوط به جوانه‌زنی ژنوتیپ‌های مختلف جو تحت تنش خشکی و شناسایی ارقام متحمل برای مناطق خشک طراحی شد.

### مواد و روشها

تحقیق آزمایشگاهی روی ۲۰ ژنوتیپ جو (۱۸ ژنوتیپ پیشرفته و ۲ رقم) بشرح جدول ۱ بصورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی با چهار تکرار اجرا شد. فاکتورها شامل سطوح تنش خشکی در پنج سطح (شاهد یا آب مقطر، -۴، -۸، -۱۲، -۱۶ بار) و ژنوتیپ با ۲۰ سطح استفاده گردید.

بذرها ابتدا در الکل ۹۶٪ به مدت ۱۰ ثانیه، بعد از آن در محلول هیپوکلرید سدیم ۱۰٪ به مدت ۳۰ ثانیه ضد عفونی شدند. لازم به ذکر است که هر مرحله بسرعت و در محیطی آرام و بدون جریان هوا (زیر هود) انجام شد. بعد از ضد عفونی بذرها، از پتری دیش‌های پلاستیکی به قطر ۹ و ارتفاع ۲ سانتی‌متر استفاده شد. این پتری‌ها نیز قبلاً به وسیله محلول هیپوکلرید سدیم ضد عفونی شده بودند. کاغذهای صافی و استات سلولز نیز درون نایلون‌های پلاستیکی قرار داده شده و برای مدت یک ساعت در دمای ۱۲۰ درجه سانتی‌گراد و فشار یک اتمسفر به وسیله اتوکلاو استریل شدند. در داخل هر پتری دیش یک لایه کاغذ واتمن قرار داده شد. قابلیت‌های مورد نظر با استفاده از نمک پلی اتیلن گلیکول 6000 طبق فرمول میشل و کافمن (۲۸) در پنج سطح صفر (شاهد یا آب مقطر)، -۴، -۸، -۱۲، -۱۶ بار تهیه شد:

شرایط مشابه طبیعی، اغلب برای تهیه قابلیت‌های مختلف آب و بررسی واکنش گیاهان به تنش خشکی در مطالعات جوانه‌زنی مورد ارزیابی قرار گرفتند (۱۶، ۲۰ و ۲۴). پلی-اتیلن گلیکول ماده‌ای غیر سمی است که در بافت‌های گیاه نفوذ نکرده و در نتیجه بعکس موادی همانند کلرید سدیم، مانیتول و ساکارز باعث صدمه به گیاه نشده است. آزمایش‌های متعددی بکمک پلی‌اتیلن گلیکول برای گزینش واریته‌های متحمل به خشکی روی جو، کلزا، یونجه یکساله و اسپرس با موفقیت انجام شده است (۱، ۶، ۹، ۷ و ۱۹). درصد، سرعت و بنیه جوانه زنی بالا تحت شرایط متنوع محیطی از خصوصیات مناسب بذرهای گیاهان زراعی برای کشت خصوصاً در مناطق خشک و نیمه خشک می‌باشد. نتایج بدست‌آمده از اکثر تحقیقات انجام شده نشان داد که با کاهش سطوح قابلیت اسمزی درصد جوانه‌زنی (۳ و ۱۴)، سرعت و بنیه جوانه زنی (۸ و ۱۱) کاهش یافت. امریچ و هاردگی (۲۳) کاهش درصد جوانه‌زنی تحت قابلیت‌های اسمزی بالا (منفی‌تر) را به آثار سمی ترکیبات ایجاد کننده قابلیت اسمزی و سپانلو و سیادت (۵) به کاسته شدن سطح تماس آب با بذرها و پایین آوردن هدایت هیدرولیکی آب اطراف بذرها مرتبط دانستند. در ارتباط با درجه حساسیت متفاوت خصوصیات فیزیولوژیکی و سرعت جوانه‌زنی به قابلیت‌های اسمزی متفاوت، عبدالبکی و آندرسن (۲۱) نشان دادند که سرعت جوانه‌زنی بیش از درصد جوانه‌زنی به تنش آبی حساس بوده و در قابلیت‌های اسمزی بالاتر با شدت بیشتری نسبت به درصد جوانه‌زنی کاهش یافت. قاسمی گلعدانی و همکاران (۲۷) با بررسی اثرات کمبود آب بر بنیه زیستی بذرهای ذرت و سورگوم نشان دادند که محدودیت آب تأثیر معنی‌داری روی بنیه بذر نداشته، در صورتی که ویرا و همکاران (۳۳) گزارش کردند که تنش کمبود آب روی بنیه بذرهای سویا تأثیر معنی‌داری داشت. آزمایش‌های بسیاری

$$\psi(\text{bar}) = -(1.18 \times 10^{-2})C - (1.18 \times 10^{-4})C^2 + (2.67 \times 10^{-4})CT + (8.39 \times 10^{-7})C^2T$$

جدول ۱- نام و شجره ژنوتیپ‌های جو مورد استفاده در آزمایش

| ردیف | نام و مشخصات                           | ردیف | نام و مشخصات  |
|------|--|------|---|
| ۱    | Walfajre / Miraj 1                     | ۱۱   | ASTRIX (C) /3 /MAL /OWB753328 – 5H- F1 /PEVGA /BOYER              |
| ۲    | Kmk / Rbr / Wa2196 – 68 / 3 / EBC (A)  | ۱۲   | RANNIY/ ROBUR   |
| ۳    | PiratI / Maita 1- 4 – 3094 – 2         | ۱۳   | CITA”S”/4/APM/RI/MANKER/3MASWI/BON /5/COPAL ”S”/6/DEIR ALLA       |
| ۴    | YEA 389.3 / YEA 475.4                  | ۱۴   | Srs/3/ Mari/ Aths*2 // Arizona 5908 / Aths                        |
| ۵    | ALGER / (CI 10117) / CHOYO             | ۱۵   | Giza121 / cio6248/ 4 /APM/ I B6S// 11012-2- /3/API/CM67//OS/APR/5 |
| ۶    | CERES // WI 2192 / EMIR/3/ KAROON      | ۱۶   | Star/ plaisout  |
| ۷    | ALGER / (CI 10117) / CHOYO             | ۱۷   | ROBUR/ MIRAJI   |
| ۸    | CERES // WI2192 / EMIR/ 3/ KAROON      | ۱۸   | L.527// PALLI BUM1908/8   |
| ۹    | WA2138 – 68 / ILL 62 – 19 / 3 /        | ۱۹   | WALFAJR   |
| ۱۰   | VICTORIA/BKFMagnelone1604/Lignec e 640 | ۲۰   | SARAROD 1   |

نتیجه نهایی در هر پلات آزمایشی ثبت گردید. تعداد بذر- های جوانه‌زده بعد از کاشت از هر ژنوتیپ، هر روز یکبار شمارش شدند. در پایان آزمایش با استفاده از فرمول بیلچر و میلر که به‌عنوان شاخصی از جوانه‌زنی بذر استفاده می- شود سرعت جوانه‌زنی تخمین زده شد.

$$\text{سرعت جوانه زنی} = \left( \frac{\text{تعداد بذرهای جوانه زده تا روز } t \text{ ام}}{\text{تعداد روز از شروع آزمایش}} \right) \times 100$$

بنیه جوانه‌زنی با استفاده از فرمول زیر بدست آمد:

$$\text{بنیه جوانه زنی} = \frac{\text{مجموع طول ریشه چه و ساقه چه} \times \text{درصد جوانه زنی}}{100}$$

**تجزیه و تحلیل های آماری:** کلیه محاسبات آماری شامل تجزیه واریانس، مقایسه میانگین‌ها، تعیین ضرایب همبستگی و روش‌های آماری چند متغیره و ... توسط نرم افزارهای آماری MSTAT-C، SPSS 16 و Mini Tab انجام شد.

### نتایج

**تجزیه واریانس:** نتایج تجزیه واریانس ساده صفات

در این رابطه  $\Psi$  قابلیت اسمزی بر حسب بار، T دما بر حسب درجه سانتی‌گراد و C مقدار PEG بر حسب گرم در کیلوگرم آب می‌باشد.

### درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی و بنیه جوانه‌زنی:

در این آزمایش از هر ژنوتیپ در چهار پتری دیش (چهار تکرار) بیست بذر مورد کشت قرار گرفت. بذرهای جوانه زده هر پتری‌دیش روزانه شمارش و ثبت شدند. تعداد جمع‌ی بذرهای جوانه‌زده در روز هفتم برای محاسبه درصد جوانه‌زنی نهایی مورد استفاده قرار گرفت. برای بدست آوردن درصد جوانه‌زنی از فرمول زیر استفاده شد (۳۰):

$$\text{درصد جوانه زنی} = \left( \frac{\text{تعداد بذرهای جوانه زده تا روز } t \text{ ام}}{\text{تعداد کل بذور جوانه زده}} \right) \times 100$$

در پایان آخرین روز آزمایش در هر پتری‌دیش تمام بذرهای جوانه‌زده مورد ارزیابی و اندازه‌گیری قرار گرفت و صفات تعداد ریشه‌چه، طول ساقه‌چه، طول ریشه‌چه، وزن تر ریشه‌چه، وزن خشک ریشه‌چه، وزن خشک ساقه- چه، اندازه‌گیری و ثبت شد. سپس میانگین حاصل از کل بذرهای جوانه‌زده در هر پتری‌دیش محاسبه و به‌عنوان

**سرعت جوانه‌زنی:** این صفت از جمله معیارهای مهم ارزیابی تحمل به خشکی است، به نحوی که ژنوتیپ‌های دارای سرعت جوانه‌زنی بالاتر از شانس بیشتری برای سبز شدن برخوردار هستند. با بررسی جدول مقایسه میانگین مشخص گردید که ژنوتیپ‌های با شماره ۱۶ (۱۳/۷)، ۷ و ۱۲ (۱۲/۵) و ۱۳ (۱۲/۱) در جدول مقایسه‌ها میانگین دارای بیشترین سرعت جوانه‌زنی بودند. لازم به ذکر است این ژنوتیپ‌ها با یکدیگر معنی‌دار نبوده و از لحاظ آماری در یک دسته و ژنوتیپ‌های شماره ۱۱ (۵/۹)، ۲۰ (۷/۶)، ۶ (۷/۸) و ۱۸ (۸/۱) دارای کمترین سرعت جوانه‌زنی بوده و در یک دسته قرار گرفتند (جدول ۳).

**درصد جوانه‌زنی:** جدول مقایسه میانگین‌ها نشان داد که ژنوتیپ‌های با شماره ۱۶ (۶۰/۲۰ درصد) و ۷ (۵۳/۷ درصد) دارای بیشترین مقدار (در یک گروه) و ژنوتیپ‌های با شماره ۱۱ (۲۸/۵ درصد)، ۵ (۳۱/۲ درصد)، ۱۸ (۳۱/۵ درصد)، ۲۰ (۳۵ درصد) و ۴ (۳۶/۷ درصد) دارای کمترین مقدار (عدم اختلاف معنی‌دار با یکدیگر) بودند (جدول ۳).

آزمایش جوانه‌زنی وجود تفاوت معنی‌دار در کلیه صفات را برای سطوح خشکی (فاکتور A) نشان داد (جدول ۲)، که وجود این اختلاف معنی‌دار بین ژنوتیپ‌ها برای صفات اندازه‌گیری شده حاکی از وجود تنوع ژنتیکی قابل ملاحظه در بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی در مرحله جوانه‌زنی از نظر تنش رطوبتی می‌باشد.

در زمینه اثر تنش خشکی بر ژنوتیپ‌ها و مقایسه ژنوتیپ‌ها بهنگام وقوع تنش خشکی، نتایج حاصل از جدول ۲ نشان می‌دهد که ژنوتیپ‌ها نسبت به سطوح مختلف قابلیت آب اعمال شده واکنش متفاوتی داشته‌اند. نتایج حاصل از جدول ۲ نشان داد برای صفت وزن تر ریشه‌چه بین ژنوتیپ‌ها هیچگونه اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد و برای صفت وزن تر ساقه‌چه نیز اختلاف ژنوتیپ‌ها در سطح ۵٪ بود. برای بقیه صفات بین ژنوتیپ‌ها اختلاف معنی‌داری در سطح ۱٪ مشاهده شد. همچنین اثر بر هم کنش بین ژنوتیپ‌ها در سطوح مختلف قابلیت اسمزی برای کلیه صفات بجز وزن تر ریشه‌چه و وزن خشک ریشه‌چه دارای اختلاف معنی‌دار در سطح ۱٪ بودند.

جدول ۲- میانگین مربعات اثر ژنوتیپ در سطوح مختلف تنش خشکی بر مؤلفه‌های جوانه‌زنی و برخی صفات مرتبط با آن در جو

| درجه آزادی       | وزن خشک             | وزن ریشه‌چه | تعداد ریشه‌چه | طول ساقه‌چه | طول ریشه‌چه | درصد جوانه‌زنی | سرعت جوانه‌زنی | بنیه جوانه‌زنی |
|------------------|---------------------|-------------|---------------|-------------|-------------|----------------|----------------|----------------|
| ۴                | ۰/۰۲۷**             | ۰/۰۲۲**     | ۱۰۳/۰**       | ۴۰۰/۷**     | ۱۴۹/۹۴**    | ۴۸۶۶۶/۹**      | ۳۰۱۹/۲**       | ۵۴۶/۸**        |
| ۱۹               | ۰/۰۰۳**             | ۰/۰۰۱*      | ۳/۶۸**        | ۵/۵۲**      | ۷/۱۹**      | ۱۰۵۵/۸**       | ۷۴/۴**         | ۶/۳**          |
| ۷۶               | ۰/۰۰۲ <sup>ns</sup> | ۰/۰۰۲**     | ۲/۱۰**        | ۶/۳۶**      | ۳/۲۷**      | ۱۹۱/۴**        | ۱۶/۵**         | ۵/۵**          |
| ۳۰۰              | ۰/۰۰۱               | ۰/۰۰۱       | ۰/۷۹۰         | ۱/۷۰۰       | ۱/۱۶        | ۱۰۹/۶۴         | ۷/۷۲           | ۱/۷۹           |
| ضریب تغییرات (%) | ۱۵/۴                | ۱۱/۷        | ۲۵/۸۱         | ۳۶/۸۷       | ۳۹/۵۰       | ۲۵/۳۳          | ۲۸/۷۲          | ۴۴/۷۸          |

ns، \* و \*\*: به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد

دارای بیشترین تعداد ریشه‌چه و ژنوتیپ‌های با شماره ۲۰ و ۵ (۲/۷۲ عدد) و ۱۸ (۲/۶۳ عدد) دارای کمترین تعداد ریشه‌چه بودند (جدول ۳).

**صفت تعداد ریشه‌چه در آزمون جوانه‌زنی:** ژنوتیپ‌های با شماره ۱۹ (۴/۱۷ عدد)، ۱۰ (۳/۹۴ عدد)، ۱۱ (۳/۹۲ عدد)، ۸ (۳/۸۳ عدد)، ۹ (۳/۸۲ عدد) و ۱۷ (۳/۷۹ عدد) ریشه‌چه

جدول ۳- مقایسه میانگین صفات در آزمون جوانه‌زنی برای ژنوتیپ‌های مختلف جو

| شماره<br>ژنوتیپ | وزن خشک                |                      | تعداد               |                       | طول                  |                     | درصد                |           | سرعت      |           | بنیه<br>جوانه‌زنی |
|-----------------|------------------------|----------------------|---------------------|-----------------------|----------------------|---------------------|---------------------|-----------|-----------|-----------|-------------------|
|                 | ساقه‌چه                | ریشه‌چه              | ساقه‌چه             | ریشه‌چه               | ساقه‌چه              | ریشه‌چه             | جوانه‌زنی           | جوانه‌زنی | جوانه‌زنی | جوانه‌زنی |                   |
|                 | (gr)                   |                      | (cm)                |                       | (cm)                 |                     |                     |           |           |           |                   |
| ۱               | ۰/۰۰۱ <sup>de</sup>    | ۳/۲۳ <sup>bcd</sup>  | ۲/۱ <sup>cd</sup>   | ۲/۰ <sup>ef</sup>     | ۴۱/۵ <sup>cd</sup>   | ۹/۹ <sup>cde</sup>  | ۲/۴ <sup>bcd</sup>  |           |           |           |                   |
| ۲               | ۰/۰۰۲ <sup>bcd</sup>   | ۳/۴۹ <sup>abc</sup>  | ۲/۹ <sup>abcd</sup> | ۳/۴ <sup>abc</sup>    | ۴۳/۲ <sup>cd</sup>   | ۹/۲ <sup>de</sup>   | ۳/۴ <sup>abc</sup>  |           |           |           |                   |
| ۳               | ۰/۰۰۴ <sup>abc</sup>   | ۳/۷۱ <sup>ab</sup>   | ۳/۴ <sup>ab</sup>   | ۳/۵ <sup>ab</sup>     | ۴۵/۷ <sup>bc</sup>   | ۸/۶ <sup>de</sup>   | ۴/۱ <sup>a</sup>    |           |           |           |                   |
| ۴               | ۰/۰۰۲ <sup>cde</sup>   | ۳/۱۳ <sup>bcd</sup>  | ۲/۰ <sup>cd</sup>   | ۲/۱ <sup>ef</sup>     | ۳۶/۷ <sup>cdef</sup> | ۹/۱ <sup>de</sup>   | ۲/۳ <sup>cd</sup>   |           |           |           |                   |
| ۵               | ۰/۰۰۱ <sup>e</sup>     | ۲/۷۲ <sup>cd</sup>   | ۱/۸ <sup>d</sup>    | ۱/۸ <sup>f</sup>      | ۳۱/۲ <sup>ef</sup>   | ۸/۵ <sup>de</sup>   | ۱/۹ <sup>d</sup>    |           |           |           |                   |
| ۶               | ۰/۰۰۲ <sup>bcd</sup>   | ۳/۲۹ <sup>bcd</sup>  | ۳/۱ <sup>abc</sup>  | ۲/۹ <sup>abcde</sup>  | ۳۹/۰ <sup>cde</sup>  | ۷/۸ <sup>ef</sup>   | ۳/۳ <sup>abc</sup>  |           |           |           |                   |
| ۷               | ۰/۰۰۴ <sup>ab</sup>    | ۳/۴۷ <sup>abcd</sup> | ۲/۵ <sup>bcd</sup>  | ۲/۵ <sup>bcd</sup>    | ۵۳/۷ <sup>ab</sup>   | ۱۲/۵ <sup>ab</sup>  | ۲/۳ <sup>cd</sup>   |           |           |           |                   |
| ۸               | ۰/۰۰۲ <sup>bcd</sup>   | ۳/۸۳ <sup>ab</sup>   | ۲/۴ <sup>bcd</sup>  | ۲/۶ <sup>bcd</sup>    | ۴۲/۵ <sup>cd</sup>   | ۸/۹ <sup>de</sup>   | ۲/۸ <sup>bcd</sup>  |           |           |           |                   |
| ۹               | ۰/۰۰۳ <sup>abcde</sup> | ۳/۸۲ <sup>ab</sup>   | ۳/۲ <sup>abc</sup>  | ۳/۳ <sup>abcd</sup>   | ۴۳/۰ <sup>cd</sup>   | ۱/۹ <sup>de</sup>   | ۳/۵ <sup>abc</sup>  |           |           |           |                   |
| ۱۰              | ۰/۰۰۴ <sup>abcd</sup>  | ۳/۹۴ <sup>ab</sup>   | ۳/۰ <sup>abcd</sup> | ۳/۷ <sup>a</sup>      | ۴۱/۲ <sup>cd</sup>   | ۳/۹ <sup>de</sup>   | ۳/۲ <sup>abcd</sup> |           |           |           |                   |
| ۱۱              | ۰/۰۰۳ <sup>abcde</sup> | ۳/۹۲ <sup>ab</sup>   | ۳/۹ <sup>a</sup>    | ۳/۷ <sup>a</sup>      | ۲۸/۵ <sup>f</sup>    | ۵/۹ <sup>f</sup>    | ۲/۹ <sup>abcd</sup> |           |           |           |                   |
| ۱۲              | ۰/۰۰۲ <sup>bcd</sup>   | ۳/۳۴ <sup>abcd</sup> | ۳/۴ <sup>ab</sup>   | ۲/۷ <sup>abcdef</sup> | ۴۲/۰ <sup>cd</sup>   | ۱۲/۵ <sup>ab</sup>  | ۳/۵ <sup>abc</sup>  |           |           |           |                   |
| ۱۳              | ۰/۰۰۲ <sup>bcd</sup>   | ۳/۶۱ <sup>ab</sup>   | ۲/۵ <sup>bcd</sup>  | ۲/۳ <sup>def</sup>    | ۴۶/۰ <sup>bc</sup>   | ۱۲/۱ <sup>abc</sup> | ۳/۰ <sup>abcd</sup> |           |           |           |                   |
| ۱۴              | ۰/۰۰۳ <sup>abcde</sup> | ۳/۲۴ <sup>bcd</sup>  | ۲/۸ <sup>abcd</sup> | ۳/۴ <sup>abc</sup>    | ۴۱/۵ <sup>cd</sup>   | ۹/۳ <sup>de</sup>   | ۳/۳ <sup>abc</sup>  |           |           |           |                   |
| ۱۵              | ۰/۰۰۲ <sup>bcd</sup>   | ۳/۲۳ <sup>bcd</sup>  | ۲/۹ <sup>abcd</sup> | ۲/۳ <sup>def</sup>    | ۴۰/۷ <sup>cde</sup>  | ۱۰/۹ <sup>bcd</sup> | ۲/۸ <sup>bcd</sup>  |           |           |           |                   |
| ۱۶              | ۰/۰۰۲ <sup>bcd</sup>   | ۳/۵۰ <sup>abc</sup>  | ۲/۴ <sup>bcd</sup>  | ۲/۳ <sup>def</sup>    | ۶۰/۳ <sup>a</sup>    | ۱۳/۷ <sup>a</sup>   | ۳/۷ <sup>ab</sup>   |           |           |           |                   |
| ۱۷              | ۰/۰۰۳ <sup>abcde</sup> | ۳/۷۹ <sup>ab</sup>   | ۲/۶ <sup>bcd</sup>  | ۲/۴ <sup>cdef</sup>   | ۳۹/۲ <sup>cde</sup>  | ۸/۷ <sup>de</sup>   | ۲/۷ <sup>bcd</sup>  |           |           |           |                   |
| ۱۸              | ۰/۰۰۱ <sup>de</sup>    | ۲/۶۳ <sup>d</sup>    | ۲/۳ <sup>bcd</sup>  | ۱/۹ <sup>ef</sup>     | ۳۱/۵ <sup>ef</sup>   | ۸/۱ <sup>ef</sup>   | ۲/۲ <sup>cd</sup>   |           |           |           |                   |
| ۱۹              | ۰/۰۰۵ <sup>a</sup>     | ۴/۱۷ <sup>a</sup>    | ۲/۷ <sup>abcd</sup> | ۲/۶ <sup>bcd</sup>    | ۴۴/۰ <sup>cd</sup>   | ۱۱/۱ <sup>bcd</sup> | ۳/۲ <sup>abcd</sup> |           |           |           |                   |
| ۲۰              | ۰/۰۰۲ <sup>bcd</sup>   | ۲/۷۲ <sup>cd</sup>   | ۲/۸ <sup>abcd</sup> | ۲/۴ <sup>cdef</sup>   | ۳۵/۰ <sup>def</sup>  | ۷/۶ <sup>ef</sup>   | ۲/۵ <sup>bcd</sup>  |           |           |           |                   |

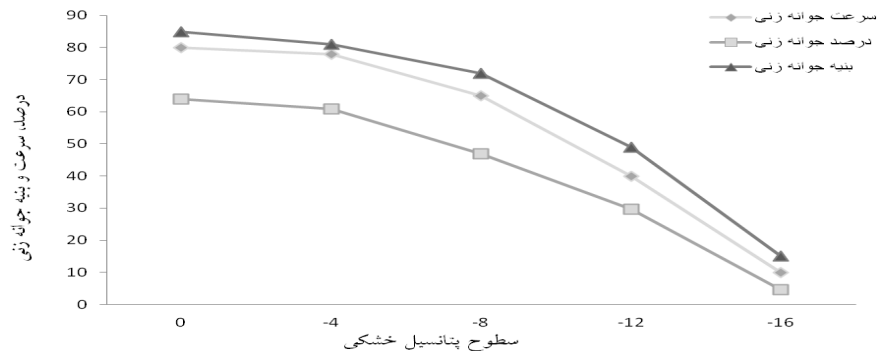
میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در هر ستون اختلاف معنی‌داری با هم ندارند.

۱۸، ۱، ۱۳ و ۴ دارای کمترین افزایش طول ریشه‌چه و ساقه‌چه بودند و ژنوتیپ با شماره ۱۱ بیشترین افزایش در زمینه طول ریشه‌چه و ساقه‌چه بود.

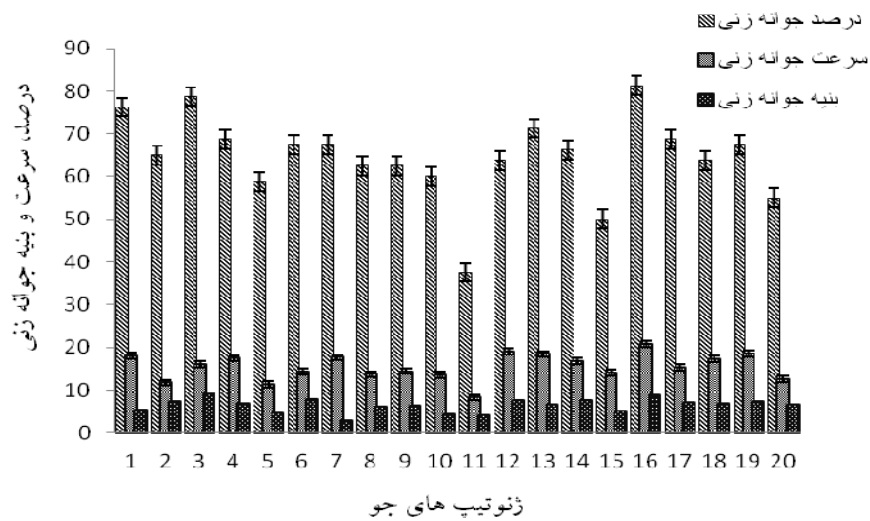
نمودارهای ۲ تا ۶ بیانگر عکس‌العمل متفاوت ژنوتیپ‌ها به تغییرات قابلیت اسمزی می‌باشد. بدین ترتیب که در قابلیت‌های متفاوت و برای صفات مختلف از جمله سرعت، درصد و بنیه جوانه‌زنی درجات مختلفی از هر یک از صفات مشاهده می‌گردد. کلیه ژنوتیپ‌های مورد بررسی برای سه صفت درصد، سرعت و بنیه جوانه‌زنی با افزایش قابلیت اسمزی روندی کاهشی را نشان دادند. ژنوتیپ شماره ۱۶ برای صفت درصد جوانه‌زنی در هر پنج سطح

صفت طول ساقه‌چه و ریشه‌چه در آزمون جوانه‌زنی: نتایج مقایسه میانگین‌ها (جدول ۳) نشان داد که ژنوتیپ شماره ۱۱ دارای بیشترین طول ساقه‌چه (۳/۹ سانتی‌متر) و ژنوتیپ شماره ۵ با طول ساقه‌چه ۱/۸ سانتی‌متر دارای کمترین مقدار این صفت بودند. همچنین بررسی صفت طول ریشه‌چه در جدول ۳ نشان داد که ژنوتیپ شماره ۱۱ و ۱۰ دارای بیشترین طول ریشه‌چه (۳/۷ سانتی‌متر) بودند که در شرایط تنش مقدار رشد بیشتری را برای طول ریشه‌چه داشتند و نیز ژنوتیپ شماره ۵ دارای کمترین طول ریشه‌چه (۱/۸ سانتی‌متر) بود. نکته مهم این است که با بررسی ستون‌های مربوط به طول ریشه‌چه و ساقه‌چه مشخص شد که در هر دو حالت ژنوتیپ‌های با شماره ۱۶،

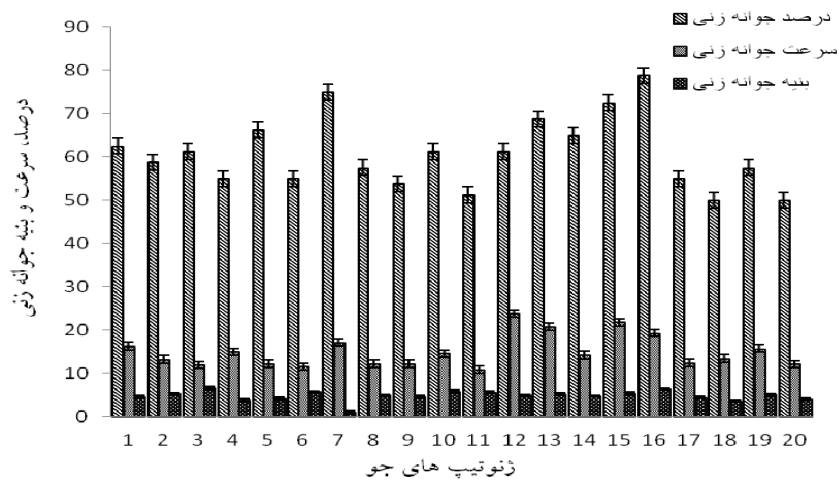
قابلیت اسمزی دارای بیشترین مقدار بود اما با افزایش درصد جوانه‌زنی متعلق به این ژنوتیپ بود. میزان خشکی دچار افت گردید ولی همواره بیشترین مقدار



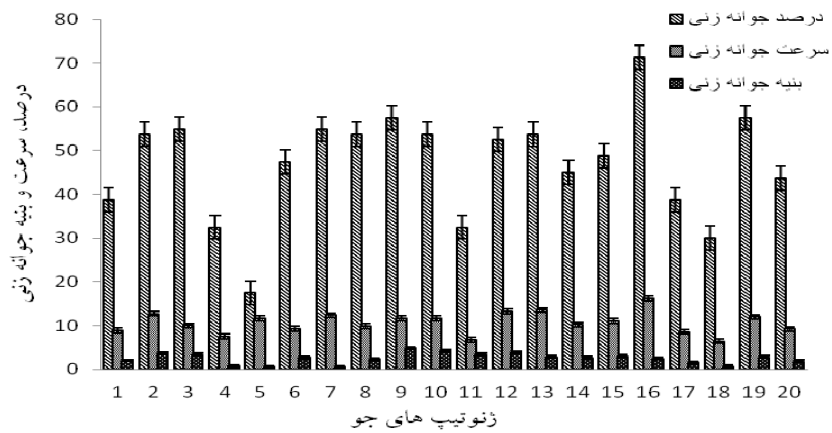
نمودار ۱- تغییرات میانگین سرعت، درصد و بنیه جوانه‌زنی



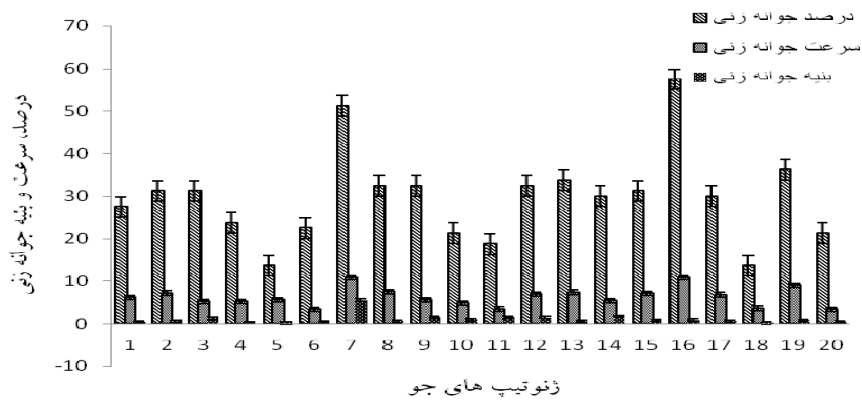
نمودار ۲- مقایسه میانگین درصد، سرعت و بنیه جوانه‌زنی ژنوتیپ‌های جو در قابلیت آبی شاهد



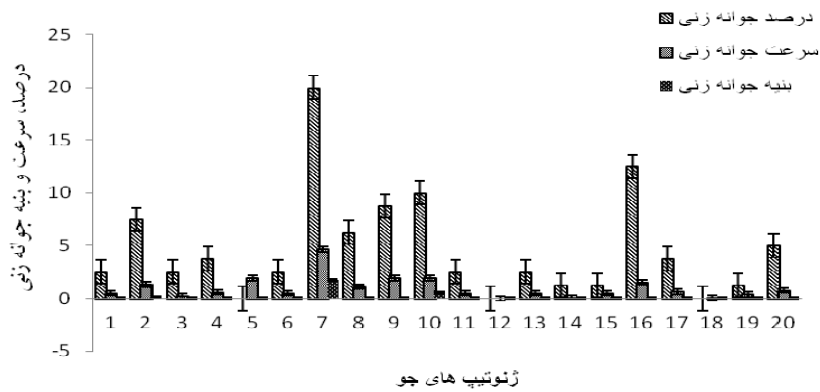
نمودار ۳- مقایسه میانگین درصد، سرعت و بنیه جوانه‌زنی ژنوتیپ‌های جو در قابلیت آبی ۴- بار



نمودار ۴- مقایسه میانگین سرعت، درصد و بنیه جوانه‌زنی در ژنوتیپ‌های جو در قابلیت آبی ۸- بار



نمودار ۵- مقایسه میانگین سرعت، درصد و بنیه جوانه‌زنی در ژنوتیپ‌های جو در قابلیت آبی ۱۲- بار



نمودار ۶- مقایسه میانگین سرعت، درصد و بنیه جوانه‌زنی در ژنوتیپ‌های جو در قابلیت آبی ۱۶- بار

قابلیت‌های پائین، آب جذب نموده و به رشد خود ادامه دهند در مراحل بعدی نیز قادرند تنش را بهتر تحمل کنند. بطور کلی با افزایش تنش خشکی، همه صفات روند کاهشی داشته و از این نظر تفاوت معنی‌دار بین سطوح

در این تحقیق اثر متقابل ژنوتیپ با قابلیت‌های مختلف در کلیه موارد (بجز وزن تر و خشک ریشه‌چه) معنی‌دار شده است و این موضوع بیانگر این مطلب است که اثرات هر قابلیت بر روی هر ژنوتیپ بسیار متفاوت می‌باشد، بنابراین بنظر می‌رسد آن دسته از ژنوتیپ‌ها که قادرند در

تعداد ریشه‌چه دارای همبستگی مثبت و بالا و با صفات وزن تر ساقه‌چه، طول ریشه‌چه و طول ساقه‌چه دارای همبستگی متوسط اما مثبت و با سایر صفات دارای همبستگی ضعیف بود. صفت طول ریشه‌چه با وزن تر ساقه‌چه، تعداد ریشه‌چه و طول ساقه‌چه دارای همبستگی بسیار بالا و مثبت بود. صفت طول ساقه‌چه با هیچیک از صفات همبستگی بسیار بالایی نداشت اما با صفات وزن تر ساقه‌چه، وزن خشک ساقه‌چه و تعداد ریشه‌چه و وزن تر ریشه‌چه دارای همبستگی متوسط و با سایر صفات دارای همبستگی ضعیف اما معنی‌دار بود. صفات تعداد ریشه‌چه، وزن خشک ساقه‌چه، وزن خشک ریشه‌چه، وزن تر ساقه‌چه و وزن تر ریشه‌چه با یکدیگر دارای همبستگی مثبت اما بسیار ضعیف بودند (جدول ۴). با توجه به اینکه طول ریشه‌چه، طول ساقه‌چه و تعداد ریشه‌چه با شاخص سرعت جوانه‌زنی و شاخص تنش جوانه‌زنی همبستگی مثبت و معنی‌داری داشت، بنابراین می‌توان از طریق این صفات نسبت به انتخاب ژنوتیپ‌های متحمل‌تر اقدام کرد.

### بحث و نتیجه‌گیری کلی

با وقوع تنش اسمزی سرعت جوانه‌زنی، بنيه جوانه‌زنی، درصد جوانه‌زنی و صفات مربوط به وزن تر و خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه، طول ریشه‌چه و ساقه‌چه و تعداد ریشه‌چه کاهش معنی‌داری پیدا کردند. این نتایج با نتایج حاصل از تحقیق سایر محققان مطابقت دارد (۱۸ و ۶).

اثرات منفی کاهش قابلیت آب بر وزن خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه قبلاً گزارش شده است که نتایج این تحقیق را تأیید می‌کند (۳۱). در واقع عکس‌العمل‌های متفاوت ژنوتیپ‌های مورد آزمایش از نظر وزن خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه تحت تأثیر قابلیت‌های مختلف خصوصیات ژنتیکی بذرها است و با افزایش تنش خشکی قدرت جذب آب توسط بذرها کاهش یافته و آغاز فرایندهای جوانه‌زنی را علاوه بر اینکه به تأخیر می‌اندازد می‌تواند اختلال در آن ایجاد کند.

تنش وجود دارد. بطور کلی تأثیر تنش خشکی بر سرعت جوانه‌زنی و درصد جوانه‌زنی بیشتر از بقیه صفات بود. نمودار شماره ۱ بیانگر میزان کاهش در سطوح مختلف قابلیت اسمزی برای صفات سرعت، درصد و بنيه جوانه‌زنی در سطوح مختلف قابلیت اسمزی ۰، ۴، ۸، ۱۲- و ۱۶- بار می‌باشد. تأثیر تنش خشکی تا سطح ۴- بار بر سرعت و درصد جوانه‌زنی کمتر از سطوح دیگر بود و بیانگر این مطلب است که در مراحل اولیه با وجود کاهش رطوبت، جذب آب صورت گرفته و جوانه‌زنی انجام شده است، اما سطح قابلیت اسمزی بعدی بیشترین مقدار کاهش را بخصوص برای درصد جوانه‌زنی داشته که بیانگر این موضوع است که در این سطح بیشترین تنش به گیاه وارد شده و بیشترین میزان کاهش انجام شده است (با افزایش تنش خشکی درصد و سرعت جوانه‌زنی کاهش یافت). البته کاهش درصد جوانه‌زنی نسبت به سرعت جوانه‌زنی بسیار بیشتر بود. البته کاهش سرعت جوانه‌زنی ممکن است به قابلیت انتشار پوسته بذرها در قابلیت‌های بسیار منفی آب نسبت داد شود.

### همبستگی صفات در آزمون تنش جوانه‌زنی : بمنظور

بررسی همبستگی بین صفات مورد بررسی، ضرایب همبستگی کارل-پیرسون بین این صفات محاسبه شد. نتایج همبستگی بین صفات مختلف در آزمایش تست جوانه‌زنی نشان می‌دهد که صفت بنيه بذر با صفات طول ساقه‌چه، طول ریشه‌چه، درصد جوانه‌زنی و سرعت جوانه‌زنی دارای بیشترین میزان همبستگی بود. همچنین این صفت با صفات تعداد ریشه‌چه، وزن خشک ساقه‌چه و وزن تر ساقه‌چه دارای همبستگی مثبت اما متوسط و با صفات وزن تر ریشه‌چه و وزن خشک ریشه‌چه دارای همبستگی مثبت اما ضعیف بود. صفت سرعت جوانه‌زنی بیشترین همبستگی را با درصد جوانه‌زنی داشت. این صفت دارای همبستگی مثبت اما متوسط با وزن تر ساقه‌چه، تعداد ریشه‌چه، طول ریشه‌چه و طول ساقه‌چه بوده و با سایر صفات دارای همبستگی ضعیف بود. صفت درصد جوانه‌زنی نیز با صفت



جدول ۴- ضرایب همبستگی بین صفات مختلف ژنوتیپ‌های جو در آزمون جوانه‌زنی تحت تنش

| صفات            | وزن تر  | وزن تر  | وزن خشک | وزن خشک | تعداد   | طول     | طول     | درصد      | سرعت جوانه-زنی | بنیه جوانه‌زنی |
|-----------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|-----------|----------------|----------------|
|                 | ریشه‌چه | ساقه‌چه | ریشه‌چه | ساقه‌چه | ریشه‌چه | ساقه‌چه | ریشه‌چه | جوانه‌زنی | زنی            | زنی            |
| وزن تر ریشه‌چه  | ۱       |         |         |         |         |         |         |           |                |                |
| وزن تر ساقه‌چه  | ۰/۴۷۵** | ۱       |         |         |         |         |         |           |                |                |
| وزن خشک ریشه‌چه | ۰/۶۶۸** | ۰/۲۹۴** | ۱       |         |         |         |         |           |                |                |
| وزن خشک ساقه‌چه | ۰/۴۵۵** | ۰/۶۳۶** | ۰/۳۸۱** | ۱       |         |         |         |           |                |                |
| تعداد ریشه‌چه   | ۰/۵۹۷** | ۰/۶۴۱** | ۰/۴۴۱** | ۰/۶۳۲** | ۱       |         |         |           |                |                |
| طول ساقه‌چه     | ۰/۵۰۴** | ۰/۷۹۵** | ۰/۳۰۹** | ۰/۷۲۰** | ۰/۷۵۵** | ۱       |         |           |                |                |
| طول ریشه‌چه     | ۰/۵۴۶** | ۰/۸۰۶** | ۰/۳۷۲** | ۰/۷۲۲** | ۰/۸۳۴** | ۰/۹۰۹** | ۱       |           |                |                |
| درصد جوانه‌زنی  | ۰/۵۷۶** | ۰/۶۴۶** | ۰/۴۷۷** | ۰/۵۴۶** | ۰/۸۰۴** | ۰/۷۵۷** | ۰/۷۴۴** | ۱         |                |                |
| سرعت جوانه‌زنی  | ۰/۵۸۰** | ۰/۶۲۷** | ۰/۴۴۷** | ۰/۵۳۱** | ۰/۷۶۴** | ۰/۷۳۲** | ۰/۶۸۸** | ۰/۹۴۸**   | ۱              |                |
| بنیه جوانه‌زنی  | ۰/۵۳۲** | ۰/۷۹۴** | ۰/۳۵۴** | ۰/۶۸۲** | ۰/۷۵۱** | ۰/۹۵۱** | ۰/۸۹۱** | ۰/۸۴۸**   | ۰/۸۲۲**        | ۱              |

\*\* و \* : به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال یک و پنج درصد

زنی و طول ریشه‌چه و ساقه‌چه گزارش کردند، در حالیکه در پژوهش حاضر این همبستگی‌ها معنی‌دار شد.

افزایش شدت تنش خشکی، باعث کاهش در میزان آب قابل دسترس بذرها برای جوانه‌زنی شده و در نتیجه سرعت فرایندهای متابولیکی کاهش پیدا کرده و منجر به کاهش در مقدار اکثر صفات از جمله طول ریشه‌چه و ساقه‌چه، سرعت، بنیه و درصد جوانه‌زنی و ... می‌گردد. درصد جوانه‌زنی با صفت طول ریشه‌چه مرتبط است. ریشه‌ها قبل از اینکه اندام‌های دیگر گیاه از بذر بیرون آیند، سبز می‌شود، در نتیجه قبل از اندام‌های دیگر در معرض تنش-های محیطی قرار می‌گیرند. بنابراین، صفت طول ریشه‌چه معیار مناسبی برای گزینش ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی می‌باشد. با توجه به اینکه طول ساقه‌چه با سرعت جوانه-زنی، درصد جوانه‌زنی و بنیه جوانه‌زنی همبستگی مثبت و معنی‌داری دارد، می‌توان از طریق این صفت نسبت به انتخاب ژنوتیپ‌های متحمل‌تر اقدام کرد. نتایج حاصل از این آزمایش با نتایج آزمایش سایر محققان از جمله گوپتا و همکاران (۲۸)، که اثرات پلی‌اتیلن گلایکول را در غلظت-های مختلف به جوانه‌زنی نخود بررسی کرده و آن را

عکس‌العمل متفاوت درصد جوانه‌زنی ژنوتیپ‌ها به تنش خشکی را می‌توان به عوامل مختلف از جمله کاهش بیشتر جذب آب در ارقام حساس و همچنین تنوع ژنتیکی ژنوتیپ‌ها نسبت داد. اندازه بذر هم با توجه به اینکه می‌تواند از طریق سطح مخصوص اثر مستقیم بر جذب آب داشته باشد در این عامل دخیل می‌باشد (۱۸).

فخری و همکاران (۱۰) در آزمایشی که در مرحله جوانه زنی روی سویا و در سطوح مختلف قابلیت انجام دادند مشخص کردند، با افزایش تنش خشکی صفات اندازه‌گیری شده (طول ریشه‌چه، طول ساقه‌چه، سرعت جوانه‌زنی و درصد جوانه‌زنی) اندازه‌گیری شده کاهش معنی‌داری یافتند. لازم به ذکر است بین این صفات همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود داشت که با نتایج تحقیق حاضر همخوانی نشان می‌دهد. گراوندی و همکاران (۱۶) در گندم گزارش کردند بین درصد جوانه زنی با صفات سرعت جوانه زنی ( $r=0/09$ ) و بنیه بذر ( $r=0/65$ ) همبستگی معنی‌داری وجود دارد که این یافته‌ها با تحقیق حاضر همخوانی دارد. نامبردگان همبستگی غیر معنی‌داری را بین سرعت جوانه-

به‌عنوان روش مؤثری برای غربال کردن ارقام متحمل به خشکی معرفی کردند، مطابقت دارد.

## سپاسگزاری

## منابع

- ۱- باقری، ع. و سرمدنیا، غ. ۱۳۷۰. بررسی امکان استفاده از پلی‌اتیلن گلایکول ۶۰۰۰ جهت مطالعه خشکی در گیاه اسپرس در مرحله جوانه‌زنی. مجله علوم و صنایع کشاورزی. ۵: ۹-۱۰.
- ۲- جمشید مقدم، م. و پورداد، س. س. ۱۳۸۵. ارزیابی ژنوتیپ‌های گلرنگ تحت شرایط تنش رطوبتی در شرایط کنترل شده و مزرعه. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. ۱۰ (۲): ۱۶۸-۱۵۵.
- ۳- رحیمیان‌مشهدی، ح. ۱۳۶۹. واکنش گندم در مقابل دمای بالا و تنش رطوبت. مجله علوم و صنایع کشاورزی. ۴: ۳۷-۴۹.
- ۴- رحیمیان‌مشهدی، ح. باقری، ع. و پاریاب، ا. ۱۳۷۰. اثر پتانسیل‌های مختلف حاصل از پلی‌اتیلن گلایکول و کلوروسدیم توأم با درجه حرارت بر جوانه‌زنی در توده‌های گندم دیم. مجله علوم و صنایع کشاورزی. ۵: ۴۵-۳۶.
- ۵- سپانلو، م. ق. و سیادت، ح. ۱۳۷۸. اثر تنش آبی بر خصوصیات جوانه‌زنی گندم. علوم خاک و آب. ۱۳: ۸۷-۹۷.
- ۶- شکاری، ف.، جوانشیر، ع.، شکیبا، م.، مقدم، م. و آلیاری، ه. ۱۳۷۹. تأثیر عمل پیش تیمار بر فرآیند جوانه‌زنی بذر کلزا در پتانسیل‌های پائین. خلاصه مقالات ششمین کنگره زراعت و اصلاح نباتات ایران.
- ۷- ظریف‌کتابی، ح. و کوچکی، ع. ۱۳۷۹. اثر پتانسیل‌های مختلف خشکی بر جوانه‌زنی و رشد گیاهچه چند گونه یونجه یک‌ساله. خلاصه مقالات ششمین کنگره زراعت و اصلاح نباتات ایران.
- ۸- عبدی، ن. ۱۳۷۹. بررسی تنوع و روند زوال نمونه‌های بذور برخی گونه‌های مرتعی در بانک ژن منابع طبیعی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد رشته مرتع‌داری، دانشکده کشاورزی. دانشگاه تهران.
- ۹- عبیری، ر.، زبرجدی، ع. ر.، قبادی، م.، کفاشی، ا. ک. و اتابکی، ن. ۱۳۹۱. شناسایی لاین‌های امید بخش و ارقام اصلاح شده جو متحمل به خشکی در شرایط کرمانشاه. ۴۳ (۱): ۱۷۵-۱۸۸.
- ۱۰- عندلیبی، ب.، زنگانی، ا. و حق‌نظری، ع. ۱۳۸۴. بررسی اثرات تنش خشکی بر شاخص‌های جوانه‌زنی رقم کلزا. مجله علوم کشاورزی ایران. ۳۶ (۲): ۴۵۷-۴۶۳.
- ۱۱- فخری، آ.، گالشی، س.، زینلی، ا. و عبدل‌زاده، ا. ۱۳۸۳. بررسی تحمل به خشکی ژنوتیپ‌های سویا در مرحله جوانه‌زنی. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی. ۱۱ (۲): ۱۴۹-۱۳۷.
- ۱۲- قلمبران، م. ر. و دین‌دار، ع. ۱۳۷۷. بررسی قدرت جوانه‌زنی بذور گندم تحت تأثیر استرس ناشی از تغییرات پتانسیل اسمزی. چکیده مقالات پنجمین کنگره زراعت و اصلاح نباتات ایران، کرج.
- ۱۳- کریمی، ه. ۱۳۷۵. گیاهان زراعی، انتشارات دانشگاه تهران.
- ۱۴- کمارعلیا، م.، خوش‌خلق‌سیما، ن. ا. و خلوق، م. ع. ۱۳۷۷. بررسی شاخص‌های فیزیولوژیکی مؤثر جهت ارزیابی ارقام گندم مقاوم به خشکی. پنجمین کنگره زراعت و اصلاح نباتات ایران، کرج.
- ۱۵- کوچکی، ع.، راشد‌محصل، م. ح.، نصیری‌محلای، م. و صدراآبادی، ر. ۱۳۷۶. مبانی فیزیولوژیکی رشد و نمو گیاهان زراعی (ترجمه). انتشارات بنیاد فرهنگی رضوی. ص، ۴۰۴.
- ۱۶- کیانی، م.، باقری، ع. و نظامی، ا. ۱۳۷۷. عکس‌العمل ژنوتیپ‌های عدس با استفاده از پلی‌اتیلن گلایکول ۶۰۰۰. علوم و صنایع کشاورزی. ۱۲ (۱): ۵۹-۳۹.
- ۱۷- گراوندی، م.، فرشادفر، ع. و کهریزی، د. ۱۳۸۹. ارزیابی تحمل خشکی در ژنوتیپ‌های پیشرفته گندم نان در شرایط مزرعه و آزمایشگاه. مجله به‌نژادی نهال و بذر. ۲۶ (۲): ۲۵۲-۲۳۳.
- ۱۸- مرجانی، ع.، فارسی، م. و رحیمی‌زاده، م. ۱۳۸۵. بررسی تحمل به خشکی ده ژنوتیپ نخود دیم در مرحله جوانه‌زنی با استفاده از پلی‌اتیلن گلایکول ۶۰۰۰. ویژه‌نامه علمی-پژوهشی علوم کشاورزی. ۱۲ (۱): ۲۹-۱۷.
- ۱۹- موسوی، ر.، قاسمی‌گل‌عذاری، ک.، کاظمی، ح. و ولیزاد، م. ۱۳۷۹. اثرات کمبود آب بر سرعت و دوره پر شدن دانه در دو رقم جو. خلاصه مقالات ششمین کنگره زراعت و اصلاح نباتات ایران.
- ۲۰- یاور، ن.، صادقیان، ی. و مصباح، م. ۱۳۸۰. استفاده از مانتیتول به عنوان عامل تنش خشکی در مرحله جوانه‌زنی بذر و رشد

۱۷ (۱): ۴۳-۳۷.

- 21- Abdul-Baki, A. A. and Anderson, J. D. 1970. Viability and leaching of sugars from germinating barley. *Crop Sci.* 10: 31- 34.
- 22- Bothmervon, R., Jacobsen, N., Baden, C., Jrgensen, R. B. and Laursen, L. I. 1991. An ecogeographical study of genus *Hordeum volgare*. International board for plant genetic Resources Roma. 127p.
- 23- Eemmerich, W. E. and Hhardegree, S. P. 1990. Polyethylene glycol solution contact effect on seed germination. *Agron. J.* 82: 1103- 1107.
- 24- Eemmerich, W. E. and Hhardegree, S. P. 1991. Seed germination in polyethylene glycol solution. Effect of filter paper exclusion and water vapor loss. *Crope Sci.* 31: 454- 458.
- 25- Forsrter. B. P., Ellism, R. P., Thomas, W. T. B., Newton, A. C., Tuberosa, R., EI – Enein, R. A., Bahri, M. H. and Bensalem, M. 2000. The development and application of molecular markers for abiotic stress tolerance in barley. *Journal of Experimental Botany.* 51( 342): 19 – 27.
- 26- Fernandez, G. and Johnston, M. 1995. Seed vigour testing in lentil, bean and chickpea. *Seed Sci. and Technol.* 23: 617-627.
- 27- Ghassemi G.K., Soltani, A. and A. Atarbashi. 1997. The effect of water limitation in the field on seed quality of maize and sorghum. *Seed Sci. and Technol.* 25: 321-323.
- 28- Gupta, A. K., Singh, J., Kaur, N. and Singh, R. 1991. Effect of polyethylene - glycol induced water deficit on germination of chickpea cultivars differing in drought tolerance. *Inter. Chick. News.* 24: 38- 39.
- 29- Michel, B. E. and Kaufman, M. R. 1973. The osmotic potential of polyethylene glycol 6000. *Plant Physiology.* 51: 914-916.
- 30- Scott, S.J., Jones, R.A. and Willams, W.A. 1984. Review of data analysis methods for seed germination. *Crop Sci.* 24: 1192-1199.
- 31- Srinvase, R. and Bhatt, R. M. 1990. Differential sensitivity to water stress of seed germination and seedling radical, growth in egg plant. (*Solanum melongena* L). *Gartenbauwissen Schaft.* 55: 41-44.
- 32- Talei, D., Valdiani, A., Maziah, M., Sagineedu, R.S. and Abiri, R. 2015. Salt stress-induced protein pattern associated with photosynthetic parameters and andrographolide content in *Andrographis paniculata* Nees. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry.* 79: 51-58.
- 33- Vieira, R.D., Tekrony D.M. and Egli, D.B. 1992. Effect of drought and defoliation stress in the field of soybean seed germination and vigor. *Crop Sci.* 32: 471-475.

## Investigation of drought tolerance of barley genotypes during germination stage using polyethylene glycol

Abiri R.<sup>1</sup>, Zebarjadi A.R.<sup>2,3</sup>, Ghobadi M.<sup>2,3</sup> and Kaivan Kafashi A.<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Plant Breeding Dept., Azad University, Kermanshah, I.R. of Iran

<sup>2</sup> Plant Breeding and Agronomy Dept., Faculty of Agriculture, Razi University, Kermanshah, I.R. of Iran

<sup>3</sup> Biotechnology for Environmental Stress Dept., Razi University, Kermanshah, I.R. of Iran

<sup>4</sup> Center of Research of Agriculture and Natural Resource, Kermanshah, I.R. of Iran

### Abstract

Drought stress is one of the most important factors in arid and semiarid regions which leads to disorder in growth and development of plants especially at germination stage. Germination is one of the most important stages of growth which is a basic requirement for determining optimum plant density in farm. For this purpose germination and plantlet growth of barley genotypes were tested as a factorial experiment via completely randomized design (CRD) with four replications. The factors were five levels of drought stress, including 0 (control), -4, -8, -12 and -16 Bar and 20 genotypes. Results of ANOVA and mean comparison were indicated that in most traits such as: germination percentage, germination rate, germination vigor, radical length, plumule length, plumule dry weight and plumule fresh weight, effect of potential levels, genotypes and their interactions were significant. Also, there were a positive and significant correlation among the germination percentage, germination rate and germination vigor traits. Thus we can selectee tolerant genotypes via these traits. In general, the results were represented that there were considerable genetic diversity among genotypes and according to above traits, genotype number 16 (Star/plaisout) was selected as tolerant genotype.

**Key words:** Polyethylene glycol, Barley, Germination, Drought stress