

ارزیابی ویژگی‌های جوانه‌زنی ژنوتیپ‌های مختلف گندم در شرایط تنش اسمزی و هم‌بستگی آنها با سرعت سبزشدن و مقاومت به خشکی در شرایط مزرعه‌ای

محسن سعیدی، علی احمدی، کاظم پوستینی و محمدرضا جهانسوز^۱

چکیده

رطوبت خاک یکی از عوامل محدود کننده جوانه‌زنی، سبزشدن و استقرار گیاهان زراعی خصوصاً در شرایط دیم و در نهایت شکل‌گیری عملکرد در مناطق خشک و نیمه خشک (مانند ایران) است. در چنین مناطقی انتخاب ارقامی که علاوه بر مقاومت به خشکی در مرحله جوانه‌زنی و سبزشدن، پتانسیل عملکرد بالایی نیز داشته باشند از اهمیت فوق العاده‌ای برخوردار هستند. این بررسی در همین راستا و در سه سطح مزرعه‌ای، گلخانه‌ای و آزمایشگاهی و بر روی ژنوتیپ‌های مختلف گندم با سوابق اصلاحی متفاوت شامل: ارقام اصلاح شده داخلی در اثر عمل انتخاب (امید، سرداری، روشن)، ارقام اصلاح شده داخلی - خارجی در اثر عمل هیبریداسیون (آزادی، فلات، قدس) و چهار لاین (۳-۵۵۹۳/۲، ۳-۵۸۰۶، ۶-۶۴۵۲، ۷-۷۰۰۷/۲) انجام شد. براساس نتایج به دست آمده با کاهش پتانسیل اسمزی برخلاف درصد و سرعت جوانه‌زنی، بنيه جوانه‌زنی با سرعت و شیب زیاد در ژنوتیپ‌های مختلف شروع به کاهش نمود. در این شرایط و در پتانسیل اسمزی ۰/۸ - مگاپاسکال ژنوتیپ‌های امید، آزادی و ۳-۵۵۹۳/۲ بالاترین و ژنوتیپ‌های سرداری، ۳-۵۸۰۶ و فلات کمترین بنيه جوانه‌زنی را از خود نشان دادند. در پتانسیل اسمزی ۱/۶ - مگاپاسکال بنيه جوانه‌زنی همه ژنوتیپ‌های مورد بررسی به شدت کاهش یافت و در این سطح پتانسیل اسمزی تفاوت معنی‌داری بین ژنوتیپ‌های مختلف از نظر بنيه جوانه‌زنی دیده نشد. در بین صفات مورد مطالعه بنيه جوانه‌زنی بیشترین ضریب هم‌بستگی را با درصد سبزشدن از سطح مزرعه دارا بود و بین سایر خصوصیات جوانه‌زنی با عملکرد در سطح مزرعه ضریب هم‌بستگی معنی‌داری به دست نیامد. نتایج حاصل از مقایسه‌های گروهی نشان دادند که گروه ژنوتیپ‌های اصلاح شده داخلی دارای بنيه جوانه‌زنی بالاتری نسبت به دو گروه دیگر بود ولی تفاوت معنی‌داری بین آنها از نظر سرعت و درصد جوانه‌زنی دیده نشد.

واژه‌های کلیدی: گندم، عملکرد، جوانه‌زنی، بنيه، سرعت جوانه‌زنی

مقدمه

صورت خشکه‌کاری است (خصوصاً در شرایط کشت دیم)، از ویژگی‌های مناسب می‌باشد. لازمه این امر توان بالای استقرار گیاهچه است. مقاومت یا حساسیت به تنش خشکی در این

در اقلیم‌های خشک و نیمه خشک، دستیابی به پوشش گیاهی مناسب در اوائل فصل رشد خصوصاً در اراضی که کشت به

۱. به ترتیب دانشجوی دوره دکتری، استادیار، دانشیار و استادیار زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تهران

داشته باشد، عمق کاشت بین ۸ تا ۱۲ سانتی متر در نظر گرفته می شود. این در حالی است که در شرایط مطلوب رطوبتی عمق مناسب کاشت حدود ۲ تا ۴ سانتی متر می باشد (۲۴). عمق کم باعث سبزشدن غیر یک نواخت گیاه می گردد زیرا بذر معمولاً خیلی سریع خشک می شود و نمی تواند جوانه بزند. کاشت عمیق تر نیز باعث تأخیر در سبزشدن، افزایش خطر خسارت آفات و امراض به گیاهچه ها شده و اگر عمق کاشت خیلی زیاد باشد، گیاه را ضعیف می کند و ممکن است گیاه سبز نشود (۱۱). در ارتباط با کاشت عمقی بذر فیک و کوالست (۲۰) مشاهده کردند که کاشت بذر در عمق ۱۰ سانتی متری، سبزشدن گیاه را به اندازه ۴۰٪ کاهش داده است. به هر حال در برخی شرایط گرم و خشک کاشت عمقی تر بذر برای کاهش خسارت ناشی از خشک شدن سطحی خاک بر روی جوانه زنی ضرورت پیدا می کند. در مواردی که کاشت بذر قبل از بارندگی در خاک های خشک صورت می گیرد، عمق کاشت را عمیق تر از معمول می گیرند. زیرا این موضوع باعث می شود که با ریزش باران های سبک که برای رشد گیاهچه ها کافی نیست، بذر نتواند جوانه بزند. در چنین حالت هایی، طول کولتوپتیل از اهمیت وافری برخوردار بوده و یکی از مهم ترین فاکتورهای است که روی سبزشدن بذرها تأثیر می گذارد (۱۰، ۲۰ و ۲۶). کورنیش و هیند مارش (۱۴) نیز در این رابطه، هم بستگی بین اندازه بذر و طول کولتوپتیل و ایوانز و بات (۱۸) آثار آن را روی بنیه بذر مورد بررسی قرار داده اند.

۳. درصد، سرعت و بنیه جوانه زنی بالا تحت شرایط متنوع محیطی از خصوصیات مناسب بذور گیاهان زراعی جهت کشت خصوصاً در مناطق خشک و نیمه خشک می باشند. نتایج به دست آمده از اکثر تحقیقات صورت گرفته نشان می دهند که با کاهش سطوح پتانسیل اسمزی درصد (۱، ۷ و ۱۵)، سرعت و بنیه جوانه زنی (۴ و ۶) کاهش می یابند. امریچ و هاردگری (۱۷) کاهش درصد جوانه زنی تحت پتانسیل های اسمزی بالا (منفی تر) را به آثار سمی ترکیبات ایجاد کننده پتانسیل اسمزی و سپانلو و سیادت (۲) به کاسته شدن سطح تماس آب با بذرها و

خصوص نیز همانند بسیاری ویژگی های فیزیولوژیکی و مرفولوژیکی دیگر می تواند در ارقام و توده های مختلف بسیار متنوع باشد. از این رو مطالعه آنها امکان شناخت سازوکارهای فیزیولوژیکی و ژنتیکی مقاومت و حساسیت به تنش خشکی را فراهم می کند.

۱. مقاومت به خشکی در گونه های غیرزراعی به معنای بقا آنها در شرایط تنش تعریف می شود اما در گونه های زراعی بر اساس میزان عملکرد آنها ارزیابی می شود. لذا کمی کردن شاخص های مقاومت به خشکی باید بر اساس عملکرد دانه در شرایط خشک انجام شود (۲۱). شاخص های متعددی برای انتخاب ژنوتیپ ها بر مبنای عملکرد آنها در محیط های تنش و عدم تنش پیشنهاد شده است (۲۱). روزیل و هامبلین (۲۵) تحمل تنش (TI) (Tolerance Index) را به عنوان تفاوت بین عملکرد در شرایط تنش (Ys) (Stress Yield) و عدم تنش (Yp) (Potential Yield) و میانگین بهره وری (MP) (Mean Productivity) را به عنوان عملکرد متوسط Ys و Yp تعریف نمودند. فیشر و مورر (۲۱) نیز شاخص حساسیت به تنش (SSI) (Stress Susceptibility Index) را پیشنهاد نمودند. فرناندز (۱۹) برای شناسایی ژنوتیپ هایی که هم در شرایط تنش و هم در شرایط کنترل عملکرد بالایی دارند، از شاخص تحمل تنش (STI) (Stress Tolerance Index) و میانگین هندسی بهره وری (GMP) (Geometric Mean Productivity) استفاده نمود و هم بستگی بین GMP و STI را برابر یک گزارش کرد.

۲. ناکافی بودن رطوبت لازم جهت جوانه زنی در لایه های سطحی خاک و به دنبال آن تنش خشکی در مرحله گیاهچه ای یکی از عوامل مهم در عدم استقرار مطلوب گیاهچه ها در مناطق خشک می باشد. در چنین شرایطی توان خروج جوانه ها از عمق های بیشتر خاک همراه با تحمل خشکی در مرحله رشد گیاهچه از ویژگی های مهم مرتبط با استقرار مطلوب گیاهچه می باشد. در مناطق خشک، کشاورز سعی می کند بذر را در محیطی بکارد که رطوبت خاک برای سبزشدن بذر کافی باشد. در چنین شرایطی برای این که اطمینان بیشتری از استقرار گیاه

خشکی ژنوتیپ‌های مختلف به صورت طرح کرت‌های خرد شده در قالب بلوک‌های کامل تصادفی و در چهار تکرار در مزرعه دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران طرح‌ریزی شد. بافت خاک محل اجرای آزمایش، لومی‌رسی بود و بر اساس نتیجه آزمایش انجام شده روی خاک مقدار ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن در دو مرحله (زمان کاشت و گل‌دهی) به زمین داده شد و با توجه به بالا بودن مقدار فسفر و پتاسیم قابل جذب از دادن این دو عنصر به خاک چشم پوشی شد. مقدار بذر مصرفی نیز ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار در نظر گرفته شد.

رژیم رطوبتی (آبیاری معمولی و تنش آبی) به عنوان فاکتور اصلی و ۱۰ ژنوتیپ شامل: سرداری، امید، روشن (ارقام اصلاح شده با منشاء داخلی)، آزادی، فلات، قدس (ارقام اصلاح شده در اثر هیبریداسیون ژنوتیپ‌های داخلی و خارجی) و ۳-۲/۵۵۹۳، ۲-۶۴۵۲، ۳-۵۸۰۶ و ۶-۷۰۰۷/۲ (لاین‌های بومی) به عنوان فاکتور فرعی در نظر گرفته شدند. آخرین آبیاری هم‌زمان هر دو تیمار کنترل و تنش در مرحله اواخر ساقه‌روی انجام شد. پس از آن آبیاری تیمار شاهد براساس عرف منطقه انجام شد در حالی که تیمار تنش براساس پتانسیل آبی خاک و به کمک منحنی رطوبتی خاک مزرعه آزمایشی آبیاری گردید. پتانسیل آبی خاک بلافاصله قبل از آبیاری اول، دوم و سوم در تیمار تنش به ترتیب ۱/۰۰-، ۲/۵۱- و ۲/۶۰- مگاپاسکال بود. برای تعیین عملکرد نهایی دانه و عملکرد بیولوژیک، ۱/۵ متر از خطوط کاشت هر کرت در پایان آزمایش و پس از رسیدگی فیزیولوژیکی برداشت شد و با استفاده از عملکرد ژنوتیپ‌ها در شرایط کنترل و تنش رطوبتی شاخص‌های مقاومت به خشکی به شرح ذیل محاسبه شدند:

$$TOL = Y_S - Y_P \quad MP = \frac{Y_S + Y_P}{2} \quad STI = \frac{(Y_P * Y_S)}{(\bar{Y}_P)^2}$$

$$GMP = \sqrt{(Y_S * Y_P)} \quad SSI = \frac{1 - \left[\frac{Y_S}{Y_P} \right]}{SI} \quad SI = 1 - \left[\frac{\bar{Y}_S}{\bar{Y}_P} \right]$$

که Y_S و Y_P به ترتیب عملکرد و \bar{Y}_S و \bar{Y}_P میانگین عملکرد ژنوتیپ‌های مختلف تحت شرایط کنترل و تنش

پایین آوردن هدایت هیدرولیکی آب اطراف بذور مرتبط می‌دانند. در ارتباط با درجه حساسیت متفاوت خصوصیات فیزیولوژیکی و سرعت جوانه زنی به پتانسیل‌های اسمزی متفاوت عبدالبکی و آندرسن (۸) نشان دادند که سرعت جوانه زنی بیش از درصد جوانه زنی به تنش آبی حساس بوده و در پتانسیل‌های اسمزی بالاتر با شدت بیشتری نسبت به درصد جوانه زنی کاهش می‌یابد.

۴. وجود تنوع ژنوتیپی بین گونه‌های مختلف گیاهان زراعی باعث می‌شود تنوع فراوانی از نظر بروز خصوصیات فیزیولوژیکی تحت شرایط مختلف محیطی وجود داشته باشد. بررسی‌های صورت گرفته توسط عبدالبکی و آندرسن (۸)، سپانلو و سیادت (۲)، دی و کار (۱۵) نشان دهنده چنین تنوعی بین گونه‌های مختلف گندم از نظر خصوصیات درصد، سرعت و بنیه جوانه زنی تحت یک پتانسیل اسمزی خاص می‌باشد. همان طور که گفته شد کشت گندم در مناطق خشک و نیمه‌خشک (مانند ایران) خصوصاً در شرایط دیم عموماً با بروز تنش خشکی در مرحله جوانه‌زنی و سبز شدن و مراحل انتهایی فصل رشد همراه است. با توجه به مطالب ذکر شده هدف از اجرای این تحقیق بررسی و تعیین ژنوتیپ‌های مقاوم به خشکی در مرحله جوانه‌زنی و مراحل انتهایی فصل بوده است. از طرفی با توجه به اولویت کشت عمقی بذرها در چنین مناطقی در صورت حل نشدن مشکل کم آبی ژنوتیپ‌های مختلف، جهت تعیین بالاترین پتانسیل طول کولتوپتیل مورد بررسی قرار گرفتند و در پایان ضرایب هم‌بستگی بین صفات مورد مطالعه جهت تعیین بهترین ژنوتیپ‌ها که هم بتوانند شرایط تنش رطوبتی ابتدای فصل را تحمل کنند و هم در انتهای فصل رشد بالاترین عملکرد را داشته باشند مورد بررسی قرار گرفتند.

مواد و روش‌ها

این بررسی در سال ۱۳۸۰ و در قالب مجموعه‌ای از آزمایش‌های مزرعه‌ای، گلخانه‌ای و آزمایشگاهی انجام شد. آزمایش مزرعه‌ای به منظور بررسی عملکرد و مقاومت به

گلاپکول در اطراف بذرها می‌شد. در هر یک از پتری‌ها حدود ۹ میلی‌لیتر از محلول‌های مورد نظر ریخته شد. چند پتری بدون بذر نیز انتخاب شده و روزانه بازمینی شدند و کاهش وزن این پتری‌ها نشان دهنده میزان تبخیر آب از هر پتری بود بدین وسیله کمبود آبی که از طریق تبخیر ایجاد می‌شد جبران گردید و سعی شد تا پایان آزمایش از تغییرات محسوس در پتانسیل آبی جلوگیری شود. در مرحله بعد پتری‌ها درون انکوباتور مدل J.Kottermann-KG با دمای 20 ± 0.5 درجه سانتی‌گراد قرار داده شده و صفات زیر در فواصل زمانی معین اندازه‌گیری شدند.

درصد جوانه‌زنی

درصد جوانه‌زنی برای تمام پتری‌ها و نمونه‌های هر رقم یا توده در روز پایانی آزمایش (۱۳ روز) یادداشت شد.

سرعت جوانه‌زنی

تعداد بذرهاى جوانه زده از هر ژنوتیپ بعد از کاشت هر روز یک بار شمارش شدند. آخرین شمارش زمانی بود که سه روز پشت سرهم تغییری در جوانه‌زنی دیده نشد. در پایان آزمایش با استفاده از فرمول بیلچر و میلر (۱۲) که به عنوان شاخصی از جوانه‌زنی بذر استفاده می‌شود سرعت جوانه‌زنی تخمین زده شد.

$$R_s = \sum_{i=1}^n \frac{S_i}{D_i}$$

R_s = سرعت جوانه‌زنی (تعداد بذور جوانه زده در روز)،
 S_i = تعداد بذرهاى جوانه‌زده در هر شمارش D_i = تعداد روز تا شمارش i ام و n دفعات شمارش می‌باشد.

بنیه جوانه‌زنی

با استفاده از فرمول عبدالبکی و آندرسن (۸) بنیه بذرهاى ژنوتیپ‌های مختلف نیز محاسبه شد:

$$VI = \frac{\%Gr \times MSH}{100}$$

رطوبتی می‌باشند. SI (Stress Index) هم شاخص تنش می‌باشد و از طریق رابطه ذکر شده محاسبه می‌شود.

در بررسی آزمایشگاهی، برای دستیابی به پتانسیل‌های اسمزی مختلف (صفر (شاهد)، 0.4 ، 0.8 ، 1.2 و 1.6 - مگاپاسکال (MPa))، حل کردن مقادیر مختلف پلی‌اتیلن‌گلاپکول (PEG 6000) 6000 توسط معادله بورلین و کافمن (۱۳) به صورت زیر انجام شد:

$$C^2 + \left(\frac{1}{18} \times 10^{-4} \right) C - \left(\frac{1}{18} \times 10^{-2} \right) C = \text{پتانسیل آبی } (\Psi) \text{ (به بار)}$$

$$CT + \left(\frac{1}{39} \times 10^{-7} \right) CT^2 + \left(\frac{2}{67} \times 10^{-4} \right) CT = \text{پتانسیل آبی } (\Psi) \text{ (به بار)}$$

در این فرمول c غلظت PEG 6000 برحسب گرم در کیلوگرم آب و T دما بر حسب درجه سانتی‌گراد است. بذرها ابتدا در الکل ۹۶٪ به مدت ۱۰ ثانیه، بعد از آن در محلول هیپوکلرید سدیم ۱۵٪ به مدت ۵۰ ثانیه ضدعفونی شدند. لازم به ذکر است که هر مرحله به سرعت و در محیطی آرام و بدون جریانات هوا (زیر هود) صورت گرفت. بعد از ضدعفونی بذرها، از پتری‌های پلاستیکی به قطر ۹ و ارتفاع ۲ سانتی‌متر استفاده شد. این پتری‌ها نیز قبلاً به وسیله محلول ۵۰ درصد هیپوکلرید سدیم ضدعفونی شده بودند. کاغذهای صافی و استات سلولز نیز درون نایلون‌های پلاستیکی قرار داده شده و برای مدت یک ساعت در دمای 120 درجه سانتی‌گراد و فشار یک اتمسفر به وسیله اتوکلاو استریل شدند و به منظور جلوگیری از تماس مستقیم ملکول‌های PEG با بذرها و اثرات سمیت احتمالی (۱۶ و ۲۲) داخل هر پتری ابتدا یک لایه کاغذ استات سلولز قرار داده شد، سپس یک لایه کاغذ صافی واتمن نیز روی کاغذ استات سلولز و لازم به ذکر است که کاغذ استات سلولز قطر بیشتری نسبت به قطر پتری داشت. در این شرایط لبه‌های کاغذ استات سلولز، جداره عمودی پتری را نیز پوشاند و کاغذ صافی داخل آن قرار گرفت. هر دو پتری به عنوان یک تکرار از یک تیمار در نظر گرفته شدند. بعد از قرار دادن بذرها درون پتری‌ها (۵۰ عدد در هر پتری)، محلول‌های آماده شده زیر لایه‌های استات سلولز ریخته شدند. لبه‌های بالا آمده کاغذ استات سلولز مانع جریان ملکول‌های پلی‌اتیلن

سبزشدن میسر گردید. سرعت سبزشدن طبق فرمول ارائه شده توسط بیلچر و میلر (۱۲) محاسبه شد.

نتایج و بحث

تجزیه واریانس و مقایسه میانگین عملکرد ژنوتیپ‌ها در مزرعه و در شرایط تنش نشان داد که ارقام آزادی و قدس بالاترین و لاین‌های ۶-۷۰۰۷/۲، ۶-۶۴۵۲، ۳-۲-۵۵۹۳ همراه با رقم امید پایین‌ترین عملکرد را به خود اختصاص داده بودند (جدول ۱). اگرچه بین ارقام از نظر عملکرد تحت شرایط عدم تنش تفاوت معنی‌داری دیده نشد، اما آزمون چند دامنه‌ای دانکن قادر به تفکیک ارقام مختلف از لحاظ عملکرد شد. به نوعی که ارقام آزادی و قدس بالاترین و لاین ۶-۷۰۰۷/۲ پایین‌ترین عملکرد دانه را دارا بودند. با توجه به این که بهترین شاخص‌های تعیین ارقام مناسب جهت مناطق خشک آنهایی هستند که بتوانند ژنوتیپ‌هایی را که در هر دو محیط تنش و شاهد رطوبتی عملکرد بالایی داشته‌اند را گزینش کنند (۱۹)، در این بررسی شاخص‌های تحمل تنش، میانگین هندسی بهره‌وری و بهره‌وری متوسط دارای این ویژگی بودند. بر این اساس از بین ژنوتیپ‌های انتخاب شده ارقام قدس، آزادی و روشن که دارای بیشترین Y_s و کمترین درصد تغییرات عملکرد دانه (به استثناء رقم روشن) در شرایط تنش رطوبتی نسبت به شرایط عدم تنش رطوبتی (شاهد) بودند به عنوان ژنوتیپ‌های مقاوم انتخاب شدند و با توجه به نتایج حاصله لاین‌های ۳-۲-۵۵۹۳، ۶-۶۴۵۲ و ۶-۷۰۰۷/۲ حساس‌ترین ژنوتیپ‌ها و ارقام فلات، امید و سرداری و لاین ۳-۵۸۰۶ نیز به عنوان ژنوتیپ‌های نیمه حساس تشخیص داده شدند (جدول ۱).

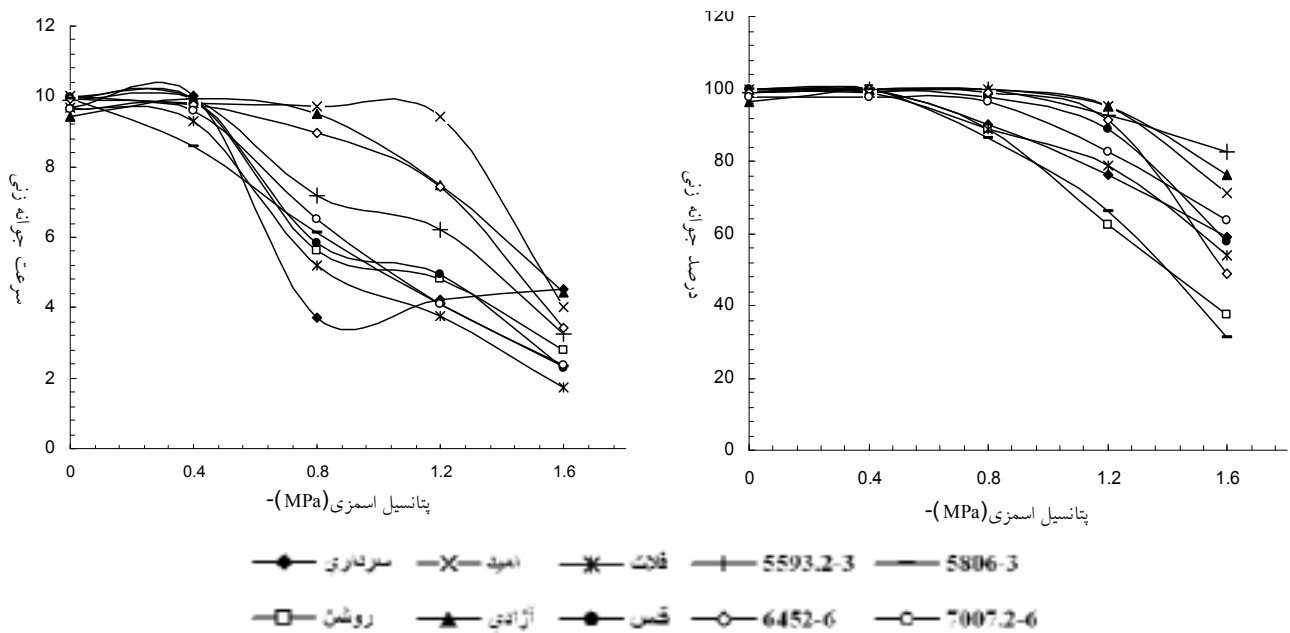
مقایسه میانگین آثار متقابل بین پتانسیل اسمزی و ژنوتیپ‌ها روی درصد جوانه زنی (شکل ۱) نشان داد که ژنوتیپ‌های مختلف در سطح اولیه تنش اسمزی (-0.4MPa) واکنش تقریباً یکسانی در مواجهه با تنش اسمزی نشان داده و افزایش جزئی در درصد جوانه زنی از خود نشان دادند. با کاهش پتانسیل اسمزی تا سطح -0.8MPa ژنوتیپ‌های

VI = شاخص بنیه بذر، $\%GR$ = درصد جوانه‌زنی و MSH = مجموع طول ساقه‌چه و ریشه‌چه. در پایان آزمایش وزن تر و خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه نیز با استفاده از ترازوی دیجیتالی SARTORIUS مدل BP310 با دقت 0.001 گرم اندازه‌گیری شد. قبل از انجام محاسبات آماری، با استفاده از نرم‌افزار Minitab نرمال بودن یا نبودن داده‌ها آزمون شد و آزمون همگنی واریانس‌ها بر روی داده‌ها انجام شد و در صورت نیاز تبدیل داده صورت گرفت. محاسبات آماری نیز با استفاده از نرم‌افزارهای SAS، MSTATC و SPSS انجام شدند.

بررسی گلخانه‌ای به منظور مطالعه پتانسیل طول کولتوپتیل ژنوتیپ‌های مختلف گندم (ذکر شده در آزمایش‌های فوق الذکر)، در اعماق کاشت متفاوت در گلخانه گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران طرح ریزی شد. بررسی مذکور به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار و چهار عمق کاشت مختلف شامل: ۴، ۸، ۱۲ و ۱۶ سانتی‌متر انجام شد. به منظور مطابقت داشتن بیشتر نتایج این آزمایش با آزمایش‌های مزرعه‌ای خاک مورد نیاز جهت کاشت ژنوتیپ‌های مختلف از مزرعه تهیه شد. در ادامه به منظور از بین بردن سایر بذرهای احتمالی، خاک قبل از کاشت به مدت ۲۴ ساعت در دمای $100-80$ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد. سپس گلدان‌ها از این خاک پر شدند. هر گلدان برای یک ژنوتیپ خاص در یک عمق کاشت به عنوان یک واحد آزمایشی مدنظر قرار گرفت. به این ترتیب به هر بلوک ۴۰ گلدان و به هر کرت آزمایشی یک گلدان اختصاص داده شد. در هر گلدان نیز از هر رقم حدود ۲۰ عدد بذر کاشته شد. به محض کاشت بذرهای آبیاری گلدان‌ها به منظور شروع عمل سبزشدن انجام شد. آبیاری‌های بعدی بر حسب نیاز صورت گرفت. یادداشت برداری‌ها از روز سوم شروع شد و تا زمانی ادامه یافت که نتیجه سه یادداشت برداری متوالی یکسان بود و خروج گیاهچه از خاک ملاک سبزشدن در سطح خاک قرار گرفت. به این ترتیب محاسبه درصد و سرعت

جدول ۱. مقایسه میانگین عملکرد ژنوتیپ‌های مختلف گندم تحت تیمارهای شاهد و تنش رطوبتی و شاخص‌های مقاومت و حساسیت به خشکی. مقایسه میانگین‌ها به روش دانکن ($\alpha=0/05$) صورت گرفته و اعداد با حروف مشترک با هم تفاوت معنی‌دار ندارند.

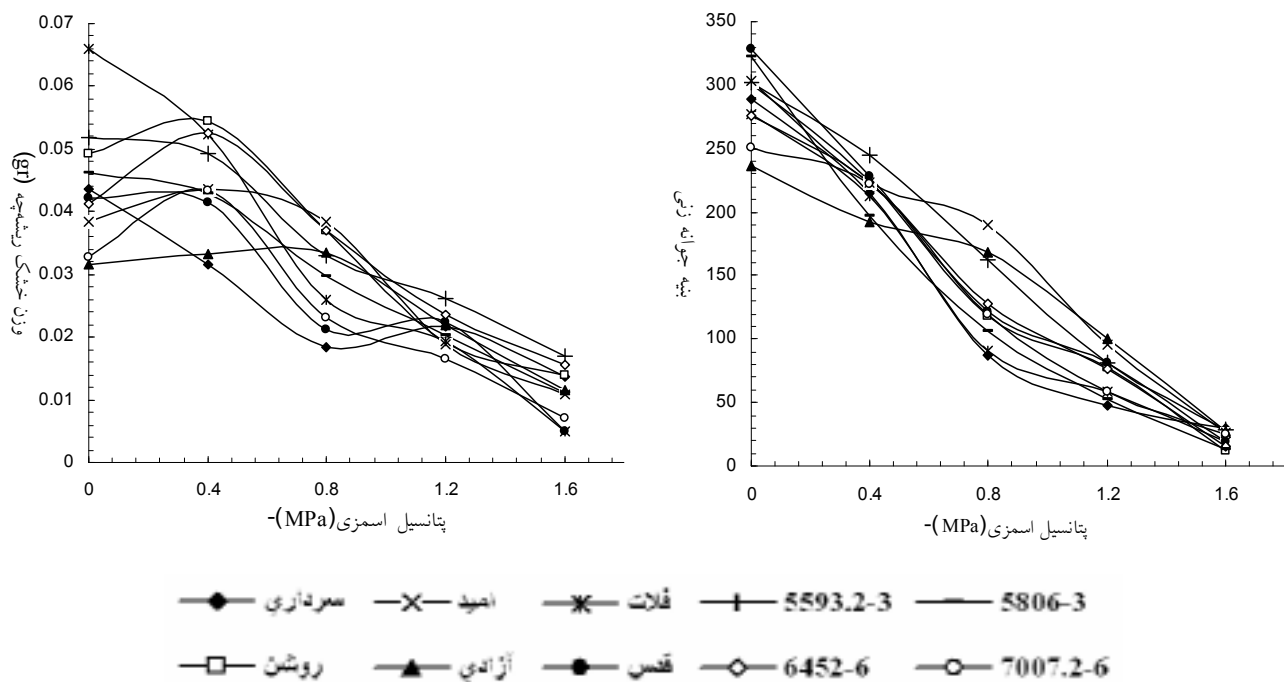
ژنوتیپ‌ها	Yp	Ys	TOL	SSI	MP	GMP	STI
سرداری	۵۰۷۵/۲ ^{ab}	۴۶۲۶/۸ ^{abc}	۴۴۸/۰۰ ^a	-۰/۰۸ ^a	۴۸۵۱/۱ ^{bc}	۴۷۷۴/۷ ^{bc}	۰/۸۳ ^{bc}
روشن	۶۰۹۱/۶ ^{ab}	۴۸۹۵/۶ ^{abc}	۱۱۹۶/۰۰ ^a	۱/۱۸ ^a	۵۴۹۳/۶ ^{ab}	۵۴۱۶/۷ ^{ab}	۱/۰۵ ^{ab}
امید	۵۲۳۲/۴ ^{ab}	۳۹۴۸/۴ ^c	۱۲۸۴/۰۰ ^a	۱/۳۴ ^a	۴۵۹۰/۴ ^{bc}	۴۴۸۳/۴ ^{bc}	۰/۷۳ ^{bc}
آزادی	۶۴۹۵/۶ ^a	۵۶۹۳/۲ ^a	۸۰۲/۰۰ ^a	۰/۴۰ ^a	۶۰۹۴/۳ ^a	۵۹۸۳/۱ ^a	۱/۲۸ ^a
فلات	۵۰۰۷/۲ ^{ab}	۴۱۴۱/۲ ^{abc}	۸۶۶/۰۰ ^a	۱/۰۰ ^a	۴۵۷۴/۲ ^{bc}	۴۵۰۴/۵ ^{bc}	۰/۷۵ ^{bc}
قدس	۶۳۶۲/۰۰ ^a	۵۶۱۱/۶ ^{ab}	۷۵۰/۰۰ ^a	۰/۶۸ ^a	۵۹۸۶/۸ ^a	۵۹۳۶/۷ ^a	۱/۲۸ ^a
۵۵۹۳/۲-۳	۴۷۶۲/۸ ^{ab}	۳۸۹۶/۸ ^c	۸۶۶/۰۰ ^a	۱/۱۰ ^a	۴۳۲۹/۹ ^c	۴۳۰۲/۱ ^{bc}	۰/۶۶ ^{bc}
۶۴۵۲-۶	۴۷۲۷/۲ ^{ab}	۳۸۹۴/۸ ^c	۸۳۲/۰۰ ^a	۱/۱۱ ^a	۴۳۱۰/۹ ^c	۴۲۸۵/۶ ^{bc}	۰/۶۵ ^c
۵۸۰۶-۳	۴۸۸۹/۲ ^{ab}	۴۱۶۰/۰۰ ^{abc}	۷۲۹/۰۰ ^a	۰/۹۵ ^a	۴۵۲۴/۶ ^{bc}	۴۵۰۲/۳ ^{bc}	۰/۷۳ ^{bc}
۷۰۰۷/۲-۶	۴۳۵۸/۸ ^b	۳۷۲۸/۴ ^c	۶۳۱/۰۰ ^a	۰/۴۶ ^a	۴۰۴۳/۶ ^c	۳۹۷۶/۴ ^c	۰/۵۸ ^c



شکل ۱. مقایسه میانگین اثرات متقابل بین سطوح پتانسیل اسمزی و درصد و سرعت جوانه‌زنی

۵۵۹۳/۲-۳، آزادی و امید کمترین شیب کاهش را تا سطح اسمزی ۱/۶ MPa- از خود نشان دادند. پنج ژنوتیپ باقی‌مانده نیز با شیب کاهش متوسط تا سطح پتانسیل اسمزی ۱/۶ MPa- بین ۵۵ تا ۶۵٪ جوانه زنی از خود نشان دادند. تنش رطوبتی اعمال شده به وسیله پلی اتیلن گلیکول احتمالاً از طریق

۵۵۹۳/۲-۳، آزادی، امید، فلات و قدس کاهش معنی‌داری از لحاظ درصد جوانه زنی نشان ندادند اما بقیه ژنوتیپ‌ها با شیب تندی شروع به کاهش درصد جوانه زنی کردند به نوعی که ژنوتیپ‌های روشن و ۵۸۰۶-۳ در پتانسیل اسمزی ۱/۶ MPa- کمترین درصد جوانه زنی را نشان دادند و ژنوتیپ‌های



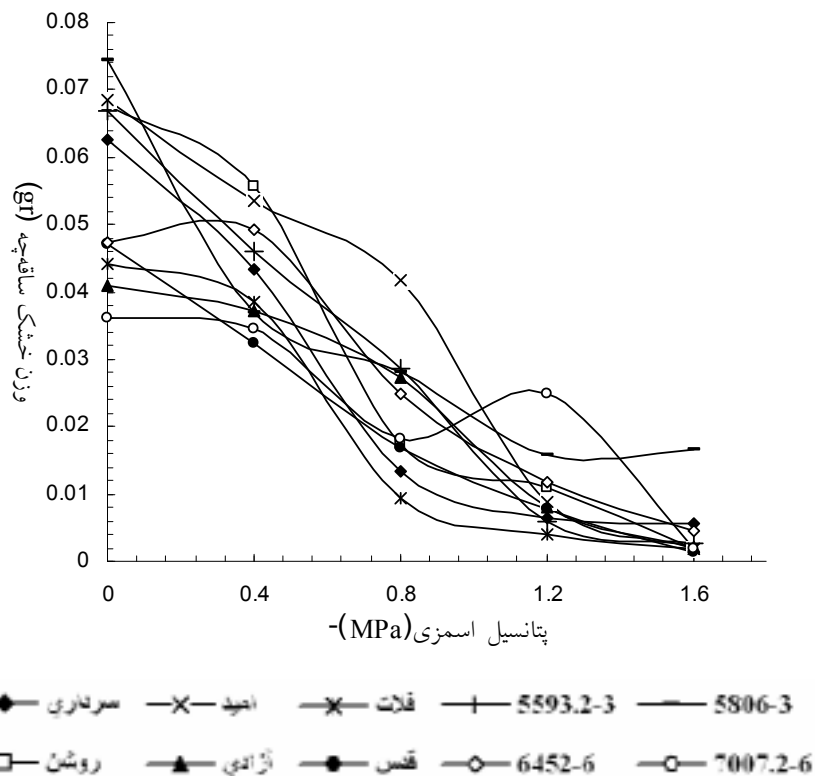
شکل ۲. مقایسه میانگین اثرات متقابل بین سطوح پتانسیل اسمزی با بنیه جوانه‌زنی و وزن خشک ریشه‌چه

۰/۴- تا سطح ۰/۸MPa- بیشترین شیب کاهش سرعت جوانه زنی را داشت، با کاهش بیشتر پتانسیل اسمزی سرعت جوانه زنی آن شیب مثبت پیدا کرد به‌نوعی که در پتانسیل اسمزی ۱/۶MPa- همراه با دو ژنوتیپ آزادی و امید بالاترین سرعت جوانه زنی را از خود نشان دادند و ژنوتیپ ۳-۵۸۰۶ از همان سطح اولیه تنش اسمزی سرعت جوانه زنی آن کاهش نشان داد و همراه با سه ژنوتیپ فلات، قدس و روشن کمترین سرعت جوانه زنی را در سطح پتانسیل اسمزی ۱/۶MPa- از خود نشان دادند. دو رقم آزادی و سرداری که بالاترین سرعت جوانه زنی را در سطح پتانسیل اسمزی ۱/۶MPa- داشتند به‌ترتیب بالاترین و پایین‌ترین سرعت جوانه زنی را در پتانسیل اسمزی ۰/۸MPa- به خود اختصاص دادند.

بنیه جوانه زنی یکی دیگر از خصوصیات مهم جوانه زنی است که در این بررسی اثر متقابل بین پتانسیل اسمزی و ژنوتیپ‌ها روی آن معنی دار شده است. با مراجعه به شکل ۲. مشاهده می‌شود که ژنوتیپ‌های مختلف با هم در شرایط عدم تنش (آب مقطر) نیز تفاوت معنی‌دار داشته‌اند به نوعی که

کاهش سطح تماس آب با بذرها و پایین آوردن هدایت هیدرولیکی آب اطراف بذرها (۲)، کاهش جذب اکسیژن به وسیله محدود کردن مقدار اکسیژن محلول در محیط کشت (۲۳) و یا انتشارپذیری کمتر پوسته بذور نسبت به آب در پتانسیل‌های اسمزی پایین‌تر (۱۵) باعث کاهش جوانه زنی در این شرایط می‌شود. به هر حال در تحقیق حاضر به منظور حذف یا کاهش هرگونه آثار سمی PEG از کاغذ استات سلولز استفاده شد به این ترتیب از ایجاد آثار سوء تماس مستقیم PEG با بذرها جلوگیری شد.

شکل ۱ نشان‌دهنده اثرات متقابل بین پتانسیل اسمزی و ژنوتیپ‌ها روی سرعت جوانه زنی است. همان‌طور که در این شکل مشاهده می‌شود در سطح اولیه تنش اسمزی اکثر ژنوتیپ‌ها به‌جز دو ژنوتیپ فلات و ۳-۵۸۰۶ سرعت جوانه‌زنی‌شان همگام با افزایش درصد جوانه زنی تحریک شد. در ادامه با کاهش پتانسیل اسمزی، ژنوتیپ‌ها با شیب‌های کاهشی یا افزایشی متفاوت سرعت جوانه زنی به پتانسیل اسمزی واکنش نشان دادند. به‌طور مثال ژنوتیپ سرداری که از



شکل ۳. مقایسه میانگین آثار متقابل بین سطوح مختلف پتانسیل اسمزی با وزن خشک ساقه چه

ریشه چه و ساقه چه (شکل های ۲ و ۳) مشخص کرد که ژنوتیپ های مورد بررسی در سطوح اولیه اعمال تنش اسمزی نسبت به سطوح بالایی تنش اسمزی تنوع بیشتری از نظر این صفات داشتند. این مسأله خصوصاً در مورد وزن خشک ریشه چه بارز بود. در مورد وزن خشک ریشه چه در پتانسیل اسمزی صفر (آب مقطر) ژنوتیپ فلات بالاترین و ژنوتیپ های ۶-۷۰۰۷/۲ و آزادی پایین ترین وزن خشک ریشه چه را دارا بودند. در تعدادی از ژنوتیپ ها از جمله روشن، ۶-۶۴۵۲ و ۶-۷۰۰۷/۲ با کاهش پتانسیل اسمزی تا -0.4MPa وزن خشک ریشه چه افزایش پیدا کرد و بعد از آن سیر نزولی نشان داد. وزن خشک ریشه چه در ژنوتیپ سرداری از همان سطح اولیه با شیب تندتری نسبت به دیگر ژنوتیپ ها کاهش پیدا کرد به نوعی که در پتانسیل اسمزی -0.8MPa کمترین وزن خشک ریشه چه را دارا بود. در سطح پایانی تنش اسمزی هم تفاوتی بین ژنوتیپ ها دیده نشد. واکنش وزن خشک ساقه چه به

ژنوتیپ های ۶-۷۰۰۷/۲ و آزادی پایین ترین و ژنوتیپ های قدس و ۳-۵۸۰۶ بالاترین بنیه جوانه زنی را در این سطح داشته اند. با کاهش پتانسیل اسمزی برخلاف صفات درصد و سرعت جوانه زنی این صفت به سرعت و با شیب زیاد در ژنوتیپ های مختلف شروع به کاهش کرد. اگر چه ژنوتیپ ها با شیب های متفاوت کاهش بنیه جوانه زنی را در پاسخ به کاهش پتانسیل های اسمزی نشان دادند. در این شرایط در پتانسیل اسمزی -0.8MPa ژنوتیپ های امید ۳-۵۵۹۳/۲ و آزادی بیشترین و ژنوتیپ های سرداری، ۳-۵۸۰۶ و فلات کمترین بنیه جوانه زنی را از خود نشان دادند و در پتانسیل اسمزی -1.6MPa همه ژنوتیپ ها با کاهش شدید بنیه جوانه زنی تقریباً در یک سطح قرار گرفتند و بنیه جوانه زنی آنها از حدود 25° تا 34° واحد در شرایط عدم تنش رطوبتی به حدود 50° واحد بنیه جوانه زنی در پتانسیل اسمزی -1.6MPa کاهش یافت. بررسی اثرات متقابل بین پتانسیل اسمزی و وزن خشک

جدول ۲. مقایسه میانگین طول ریشه‌چه و ساقه‌چه در سطوح مختلف پتانسیل اسمزی در محلول‌های PEG. اعداد به دست آمده برای طول ریشه‌چه و ساقه‌چه میانگین ۵ عدد بذر جوانه زده هستند مقایسه میانگین‌ها به روش دانکن ($\alpha=0/05$) صورت گرفته است.

پتانسیل اسمزی (Mpa)	طول ریشه‌چه (cm)	طول ساقه‌چه (cm)
۰	۱۶/۷۰ ^a	۱۲/۶۰ ^a
۰/۴	۱۴/۷۳ ^b	۷/۲۳ ^b
-۰/۸	۹/۷۰ ^c	۳/۸۹ ^c
-۱/۲	۷/۲۴ ^d	۱/۴۰ ^d
-۱/۶	۳/۸۷ ^e	۰/۲۹ ^e

جدول ۳. مقایسه میانگین طول ریشه‌چه و ساقه‌چه ژنوتیپ‌های مختلف گندم در تست جوانه‌زنی در محلول‌های PEG. اعداد به دست آمده برای طول ساقه‌چه و ریشه‌چه میانگین طول ریشه‌چه و ساقه‌چه ۵ عدد بذر جوانه‌زده هستند مقایسه میانگین‌ها به روش دانکن ($\alpha=0/05$) صورت گرفته و اعداد با حروف مشترک با هم تفاوت معنی‌دار ندارند.

ژنوتیپ‌های مختلف	طول ریشه‌چه (cm)	طول ساقه‌چه (cm)
سرداری	۹/۵۹ ^a	۴/۸۱ ^{bc}
روشن	۱۰/۴۸ ^a	۵/۴۰ ^{bc}
امید	۱۰/۸۷ ^a	۶/۴۴ ^a
آزادی	۹/۹۳ ^a	۵/۰۶ ^b
فلات	۱۰/۱۱ ^a	۴/۰۳ ^c
قدس	۱۱/۱۳ ^a	۴/۹۵ ^{bc}
۵۵۹۳/۲-۳	۱۱/۰۹ ^a	۵/۷۳ ^{ab}
۶۴۵۲-۶	۱۰/۳۴ ^a	۴/۶۴ ^{bc}
۵۸۰۶-۳	۱۰/۱۳ ^a	۵/۱۷ ^{bc}
۷۰۰۷/۲-۶	۹/۸۱ ^a	۴/۵۵ ^{bc}

قرار گرفتند. نتایج به‌دست آمده از مقایسه میانگین صفات طول ریشه‌چه و ساقه‌چه (جدول ۲ و ۳) نشان دادند اگر چه صفت طول ریشه‌چه به صورت معنی‌داری تحت تأثیر سطوح پتانسیل اسمزی کاهش یافت اما ژنوتیپ‌های مختلف در این شرایط با هم تفاوت معنی‌داری نداشتند و به عبارتی حساسیت یکسانی را در مواجهه با تنش رطوبتی از خود نشان دادند. در مورد صفت طول ساقه‌چه ژنوتیپ‌ها با هم تفاوت معنی‌دار داشته و در این شرایط ژنوتیپ‌های امید و ۵۵۹۳/۲-۳ بلندترین و ژنوتیپ

پتانسیل اسمزی متنوع تر از وزن خشک ریشه‌چه بود. در این رابطه در آب مقطر ژنوتیپ‌های ۵۸۰۶-۳ و ۷۰۰۷/۲-۶ به ترتیب بالاترین و پایین‌ترین وزن خشک ساقه‌چه را دارا بودند. در پتانسیل‌های اسمزی -۰/۸MPa، -۱/۲MPa و -۱/۶MPa ژنوتیپ‌های امید، ۷۰۰۷/۲-۶ و ۵۸۰۶-۳ به ترتیب بیشترین وزن خشک ساقه‌چه، در پتانسیل اسمزی -۰/۸MPa ژنوتیپ فلات پایین‌ترین وزن خشک ساقه‌چه و در سطح -۱/۶MPa ژنوتیپ ۷۰۰۷/۲-۶ بیشترین وزن خشک معنی‌دار ساقه‌چه را با بقیه ژنوتیپ‌ها داشت و بقیه ژنوتیپ‌ها نیز در یک سطح پایین‌تر

جدول ۴. مقایسه میانگین گروه‌های مختلف (اصلاح شده داخلی، اصلاح شده داخلی خارجی، لاین‌ها) برای درصد جوانه‌زنی عادی و غیرعادی، سرعت جوانه‌زنی و بنیه جوانه‌زنی بذور. مقایسه میانگین‌ها به روش دانکن ($\alpha=0/05$) صورت گرفته و اعداد با حروف مشترک با هم تفاوت معنی‌دار ندارند.

گروه‌های مختلف	درصد جوانه‌زنی عادی	درصد جوانه‌زنی غیرعادی	سرعت جوانه‌زنی	بنیه جوانه‌زنی بذور
اصلاح شده داخلی	۸۵/۱۵ ^a	۱۳/۶۰ ^a	۷/۲۱ ^a	۱۴۹/۴۱ ^a
اصلاح شده داخلی خارجی	۸۸/۶۵ ^a	۷/۹۰ ^b	۶/۸۹ ^a	۱۴۴/۱۲ ^b
لاین‌ها	۸۶/۶۵ ^a	۱۱/۹۰ ^{Ab}	۶/۶۹ ^a	۱۴۵/۲۳ ^{ab}

جوانه‌زنی به تنش آب حساسیت نشان داده و همانند اکثر صفات جوانه زنی از همان سطوح اولیه اعمال تنش رطوبتی کاهش می‌یابد. نتایج به‌دست آمده از جدول ضرایب هم‌بستگی (جدول ۵) نیز این مطلب را تأیید می‌کنند. زیرا در همه موارد ضرایب هم‌بستگی معنی‌دارتری بین سرعت جوانه زنی با صفات ذکر شده وجود دارد. به نظر می‌رسد بنیه جوانه زنی حتی از سرعت جوانه زنی نیز حساسیت بیشتری نسبت به تنش اسمزی داشته (شکل‌های ۱ و ۲) و از همان سطوح اولیه تنش اسمزی با شیب تندتری شروع به کاهش می‌کند. جدول ضرایب هم‌بستگی نیز ضرایب معنی‌دارتری بین این صفت و سایر خصوصیات مطلوب جوانه زنی نشان می‌دهند. در همین ارتباط عبدی (۴) نیز این صفت را در ارزیابی خصوصیات جوانه زنی برتر از دیگر خصوصیات معرفی کرد.

با توجه به این که یکی از اهداف اصلی این آزمایش بررسی روند تغییرات ایجاد شده در خصوصیات جوانه زنی گروه‌های مختلف گندم نان با زمینه متفاوت اصلاحی بوده است، مقایسه گروهی انجام شده است. نتایج به‌دست آمده از مقایسه میانگین گروه‌ها (جدول ۴) از لحاظ صفت بنیه جوانه‌زنی نشان دادند که ژنوتیپ‌های گروه اصلاح شده داخلی نسبت به ژنوتیپ‌های گروه اصلاح شده داخلی خارجی بنیه جوانه‌زنی بالاتری داشته و تفاوت بین آنها معنی‌دار بود اما تفاوت بین ارقام اصلاح شده داخلی با لاین‌ها معنی‌دار نبود. ژنوتیپ‌های گروه اصلاح شده داخلی خارجی اگرچه در سطح مزرعه در شرایط تنش رطوبتی عملکرد بالاتری را تولید نمودند (جدول ۱) ولی در مرحله

فلات کوتاه‌ترین طول ساقه چه را دارا بودند. به نظر رسید حساسیت طول ریشه چه به تنش رطوبتی در ژنوتیپ‌های مورد بررسی کمتر از طول ساقه چه بوده و طول ساقه چه با شدت بیشتری نسبت به طول ریشه چه در مواجهه با تنش رطوبتی کاهش پیدا کرد. ژنوتیپ‌های مختلف جهت تطابق بیشتر با شرایط تنش رطوبتی مقدار بیشتری ماده غذایی به ریشه‌ها اختصاص داده و از این طریق سطح تماس بیشتری را جهت جذب آب و در نهایت مقاومت بیشتر به تنش رطوبتی به وجود می‌آورند (۹).

همان گونه که اشاره شد تا سطوح میانی تنش اعمال شده درصد جوانه‌زنی (شکل ۱) تغییرات آنچنانی نداشته و مقدار آن بالاست. اما در این سطوح طول ریشه‌چه و ساقه‌چه و حتی وزن‌تر و خشک آنها برخلاف درصد جوانه‌زنی تغییرات زیادی نشان داده و در اکثر موارد تا سطوح میانی تنش اعمال شده ژنوتیپ‌ها کاهش شدیدی را از لحاظ این صفات نشان می‌دهند. با توجه به اهمیت این گونه صفات خصوصاً طول ساقه چه و ریشه چه برای سبزشدن و جذب آب می‌توان نتیجه گرفت که درصد جوانه‌زنی به تنهایی نمی‌تواند تمامی جنبه‌های جوانه‌زنی را روشن نماید و برای شناخت ویژگی‌های جوانه‌زنی استفاده از معیارهای مکمل همانند سرعت جوانه‌زنی و بنیه جوانه‌زنی ضروری می‌باشد. صفات سرعت و بنیه جوانه‌زنی توسط عده‌ای از محققین از جمله عبدالبکی و آندرسن (۸)، صفایی و غدیری (۳) و عبدی (۴) به کار گرفته شده‌اند. عبدالبکی و آندرسن (۸) در این ارتباط معتقدند که سرعت جوانه‌زنی بیش از درصد

جدول ۵. ضرایب هم‌بستگی بین صفات اندازه‌گیری شده برای ژنوتیپ‌های مختلف در سطوح متفاوت تنش خشکی در مرحله جوانه‌زنی. اعداد به دست آمده برای طول و وزن تر و خشک ساقه‌چه و ریشه‌چه میانگین طول و وزن ریشه‌چه و ساقه‌چه ۵ عدد بذر جوانه‌زده هستند.

وزن خشک ساقه‌چه (gr)	وزن تر ساقه‌چه (gr)	وزن خشک ریشه‌چه (gr)	وزن تر ریشه‌چه (gr)	طول ریشه‌چه (cm)	طول ساقه‌چه (cm)	سرعت جوانه‌زنی	بنیه جوانه زنی	درصد جوانه‌زنی غیرعادی	درصد جوانه‌زنی عادی
۱/۰۰	۰/۷۹**	۰/۵۲**	۰/۶۰**	۰/۷۴**	۰/۶۳**	۰/۷۲**	۰/۳۱*	۰/۵۳**	۱/۰۰
۱/۰۰	۰/۷۵**	۰/۶۴**	۰/۷۶**	۰/۸۵**	۰/۷۱**	۰/۷۸**	۰/۲۹*	۰/۵۴**	۰/۴۲**
۱/۰۰	۰/۷۵**	۰/۶۹**	۰/۷۳**	۰/۵۷**	۰/۸۹**	۰/۶۶**	۰/۹۰**	۰/۵۰**	۰/۶۲**
۱/۰۰	۰/۷۵**	۰/۶۹**	۰/۷۳**	۰/۵۷**	۰/۸۹**	۰/۶۶**	۰/۹۰**	۰/۵۰**	۰/۶۲**
۱/۰۰	۰/۷۵**	۰/۶۹**	۰/۷۳**	۰/۵۷**	۰/۸۹**	۰/۶۶**	۰/۹۰**	۰/۵۰**	۰/۶۲**
۱/۰۰	۰/۷۵**	۰/۶۹**	۰/۷۳**	۰/۵۷**	۰/۸۹**	۰/۶۶**	۰/۹۰**	۰/۵۰**	۰/۶۲**
۱/۰۰	۰/۷۵**	۰/۶۹**	۰/۷۳**	۰/۵۷**	۰/۸۹**	۰/۶۶**	۰/۹۰**	۰/۵۰**	۰/۶۲**
۱/۰۰	۰/۷۵**	۰/۶۹**	۰/۷۳**	۰/۵۷**	۰/۸۹**	۰/۶۶**	۰/۹۰**	۰/۵۰**	۰/۶۲**
۱/۰۰	۰/۷۵**	۰/۶۹**	۰/۷۳**	۰/۵۷**	۰/۸۹**	۰/۶۶**	۰/۹۰**	۰/۵۰**	۰/۶۲**
۱/۰۰	۰/۷۵**	۰/۶۹**	۰/۷۳**	۰/۵۷**	۰/۸۹**	۰/۶۶**	۰/۹۰**	۰/۵۰**	۰/۶۲**

** نشان‌دهنده معنی‌دار بودن در سطح ۰/۰۱ * نشان‌دهنده معنی‌دار بودن در سطح ۰/۰۵

جوانه‌زنی تحت شرایط تنش رطوبتی نسبت به دو گروه دیگر ضعیف‌تر بودند (جدول ۴). ارقام گروه اصلاح شده داخلی خصوصاً ارقام امید و روشن دارای درصد، سرعت و بنیه جوانه‌زنی بالایی در مرحله جوانه‌زنی می‌باشند (شکل ۱ و ۲) و نسبت به گروه اصلاح شده داخلی خارجی زمانی که احتمال بروز تنش رطوبتی در زمان کاشت وجود داشته باشد، کاشت آنها مطمئن‌تر به نظر می‌رسد و بین لاین‌ها و گروه اصلاح شده داخلی و خارجی تفاوت آشکاری از این نظر دیده نشد.

نتایج حاصل از جداول ضرایب هم‌بستگی بین صفات درصد، سرعت و بنیه جوانه زنی و وزن خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه با عملکرد تحت شرایط تنش و کنترل و شاخص‌های حساسیت و مقاومت به خشکی مانند: SSI, GMP و MP ارتباط معنی‌داری را نشان ندادند. عدم هم‌بستگی معنی‌دار بین این صفات به این صورت قابل توجیه است که عملکرد در مراحل بعد از جوانه زنی تحت تأثیر فاکتورهای شناخته و ناشناخته متعدد دیگر هم قرار می‌گیرد. در این شرایط به احتمال زیاد فاکتورهایی که در مراحل حساس شکل‌گیری عملکرد

خصوصاً مرحله گل‌دهی و کمی بعد و قبل از آن روی گیاه تأثیر می‌گذارند بیشترین هم‌بستگی معنی‌دار با عملکرد را خواهند داشت. بین سرعت و بنیه جوانه‌زنی با درصد جوانه‌زنی (جدول ۵) هم‌بستگی مثبت و معنی‌داری وجود داشت و در این بین هم‌بستگی بنیه جوانه‌زنی با درصد جوانه‌زنی از سرعت جوانه‌زنی بالاتر بود. بالاترین ضریب هم‌بستگی به دست آمده بین صفات بنیه جوانه‌زنی و طول ساقه‌چه (r=۰/۸۹) مشاهده شد. عبدالیکی و آندرسن (۸) و دی و کار (۱۵) نیز هم‌بستگی بالایی بین صفت طول ساقه‌چه با بنیه جوانه‌زنی به دست آوردند. جدول ضرایب هم‌بستگی هم‌چنین بین طول و وزن ریشه‌چه و ساقه‌چه هم‌بستگی مثبت و معنی‌دار نشان داد که موافق با یافته‌های صفایی و غدیری (۳) بود که هم‌بستگی مثبتی بین این صفات به دست آوردند.

به منظور بررسی ضرایب روابط هم‌بستگی بین خصوصیات جوانه زنی در پتانسیل‌های اسمزی متفاوت با خصوصیات سبز شدن در سطح مزرعه (جدول ۶)، تست جوانه زنی در

جدول ۶. روابط همبستگی بین درصد و سرعت سبزشدن از اعماق با تعدادی از صفات مورد مطالعه در سطح مزرعه و آزمایش تست جوانه‌زنی در آزمایشگاه با پلی اتیلن گلیکول (PEG).

عملکرد بیوماس (g/m ²)	عملکرد دانه (g/m ²)	بنیه جوانه‌زدن تحت تنش خشکی (PEG)	سرعت جوانه‌زدن تحت تنش خشکی (PEG)	درصد جوانه‌زدن تحت تنش خشکی (PEG)	سرعت سبزشدن از اعماق مختلف کاشت	درصد سبزشدن از اعماق مختلف کاشت
۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰
۰/۶۶	۰/۵۲	۰/۷۶*	۰/۷۶*	۰/۷۴*	۰/۹۷**	۰/۹۹**
۰/۷۴*	۰/۵۵	۰/۷۶*	۰/۷۶*	۰/۷۴*	۰/۹۷**	۰/۹۹**
۰/۴۸	۰/۴۷	۰/۷۹*	۰/۷۹*	۰/۷۴*	۰/۹۷**	۰/۹۹**
۰/۷۳*	۰/۵۲	۰/۹۷**	۰/۹۷**	۰/۹۷**	۰/۹۷**	۰/۹۹**
۰/۷۵*	۰/۴۹	۰/۹۶**	۰/۹۶**	۰/۹۶**	۰/۹۶**	۰/۹۹**

** : نشان دهنده معنی‌دار بودن در سطح ۰/۰۱ * : نشان دهنده معنی‌دار بودن در سطح ۰/۰۵

سرعت سبزشدن در سطح مزرعه همانند خصوصیات جوانه‌زنی در آزمایشگاه همبستگی مثبت و معنی‌داری را بین آنها با عملکرد در شرایط تنش و کنترل و شاخص‌های حساسیت و مقاومت به خشکی در مزرعه نشان ندادند. نتایج حاصل از این بررسی نشان دادند که استفاده از خصوصیات فیزیولوژیکی بذور در مرحله جوانه‌زنی و سبزشدن نمی‌تواند ملاک مناسبی جهت تشخیص ژنوتیپ‌های مقاوم و یا حساس از لحاظ عملکرد اقتصادی در شرایط متغیر محیطی مزرعه باشند و در بین خصوصیات فیزیولوژیکی بررسی شده در تست جوانه‌زنی بنیه بذر ضریب همبستگی بالاتری با سایر خصوصیات جوانه‌زنی و سبزشدن از سطح مزرعه داشت و به عنوان بهترین شاخص جهت بررسی فرایند جوانه‌زنی شناخته شد.

محیط آزمایشگاه در پتانسیل‌های اسمزی متفاوت و همین‌طور تست سبزشدن در سطح مزرعه در عمق کاشت‌های متفاوت (داده‌ها در این مقاله ارائه نشده است) انجام شد. نتایج جدول ضرایب همبستگی نشان دادند که بین درصد، سرعت و بنیه جوانه‌زنی در آزمایشگاه با درصد و سرعت سبزشدن در مزرعه همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود دارد و در این میان همبستگی بنیه جوانه‌زنی با درصد و سرعت سبزشدن در سطح مزرعه به ترتیب با مقادیر $r = 0/934$ و $r = 0/963$ در بالاترین سطح بود. این مسأله نشان دهنده اهمیت بیشتر این صفت در تخمین درصد جوانه‌زنی در سطح مزرعه حتی نسبت به صفت سرعت جوانه‌زنی می‌باشد (۴ و ۸). لذا به نظر می‌رسد کاربرد این دو صفت در تخمین جوانه‌زنی در سطح مزرعه مفیدتر باشد. نتایج حاصل از جدول ضرایب همبستگی بین درصد و

منابع مورد استفاده

۱. رحیمیان‌مشهدی، ح. ۱۳۶۹. واکنش گندم در مقابل دمای بالا و تنش رطوبت. علوم و صنایع کشاورزی ۴ : ۳۷ - ۴۹.
۲. سپانلو، م. ق. و ح. سیادت. ۱۳۷۸. اثر تنش آبی بر خصوصیات جوانه‌زنی گندم. علوم خاک و آب ۱۳ : ۸۷ - ۹۷.
۳. صفایی، ه. و ح. غدیری. ۱۳۷۵. اثرات پتانسیل‌های مختلف اسمزی بر روی جوانه‌زدن و رشد گیاهچه شش رقم گندم (*Triticum aestivum* L.) در آزمایشگاه. علوم کشاورزی ایران ۲۷ (۲) : ۵۶-۵۹.

۴. 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.
۵. فرشادفر، ع. ۱۳۷۹. انتخاب برای مقاومت به خشکی در لاین‌های گندم. علوم و صنایع کشاورزی ۱۴: ۱۶۱-۱۷۱.
۶. قلمبران، م.ر. و ع. دین‌دار. ۱۳۷۷. بررسی قدرت جوانه‌زنی بذورگندم تحت تاثیر استرس آب ناشی از تغییرات پتانسیل اسمزی. چکیده مقالات پنجمین کنگره زراعت و اصلاح نباتات ایران، کرج، شهریور ۱۳۷۷.
۷. کمارعلیا، م.، ن.ا. خوش‌خلق‌سیما و م.ع. خلوک. ۱۳۷۷. بررسی شاخص‌های فیزیولوژیکی موثر جهت ارزیابی ارقام گندم مقاوم به خشکی. پنجمین کنگره زراعت و اصلاح نباتات ایران، کرج، شهریور ۱۳۷۷.
8. Abdul – baki , A.A. and J.D. Anderson .1970 . Viability and leaching of sugars from germinating barley. Crop Sci . 10: 31 – 34.
9. Aguirrezabal , L., E. Deleen and F. Tardieu .1994. Root elongation rate is accounted for intercepted PPFD and source-sink relations in field and laboratory grown sunflower. Plant Cell Environ. 7:443-450.
10. Allan , R.E. 1980. Influence of semi – dwarfism and Genetic background on stand establishment of wheat. Crop Sci. 20: 634 – 638 .
11. Arnon , I. 1972. Crop Production in Dry Regions. Leonard hill , London.
12. Belcher , E.W. and L. Miller .1974. Influence of substrate moisture level on the germination of sweetgun and pine seed. Proceeding of the Association of Official Seed Analysis. 65: 88 – 89.
13. Burlyn, E. and M.R. Kaufmann. 1973. The osmotic potential of polyethylene glycol 6000. Plant Physiol. 51: 914 – 916.
14. Cornish, P.S. and S. Hindmarsh .1988. Seed size influences the coleoptile length of wheat. Aust. J. Exp. Agric. 28: 521 – 523.
15. De, R. and R.K. Kar .1995. Seed germination and seedling growth of mungbean (*Vigna radiata*) under water stress induced by PEG 6000. Seed Sci. Technol. 23:301-308.
16. Douglas , A. , H. Johnson and H. Kay .1978. A Technique for assessing of seedling emergence under drought stress. Crop Sci. 18: 520 - 522.
17. Emmerich, W.E. and S.P. Hardegree .1991. Seed germination in polyethylene glycol solution: effect of filter paper exclusion and water vapor loss. Crop Sci 31:454-458.
18. Evans , L.E and G.M. Bhatt. 1977. Influence of seed size protein content and cultivar on early seedling vigation wheat. Can . J. Plant Sci. 57: 929 – 935.
19. Fernandez, G.C. 1992. Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance. Proceeding of an Sympo., Taiwan. 13-16 aug.
20. Fick , G.N and C.O. Qualset. 1976. Seedling emergence coleoptile length and plant hight relationships in crosses of dwarf and standard –height wheats. Euphytica 25: 679 – 684.
21. Fischer, R.A. and R. Maurer .1978. Drought resistance in spring wheat cultivars: I. Grain yield responses. Aust. J. Agric. Res. 29: 897-912.
22. Kaufmann , M.R. .1969. Effects of water potential on germination of lettuce, sunflower and citrus seeds. Can. J. Bot. 47: 1761 – 1764.
23. Mexal , J. and C.P.P. Reid .1975. Oxygen availability in polyethylene glycol solutions and its implications in plant – water relations. Plant Physiol. 55: 20 – 24.
24. Paulsen, G.M. 1987. Wheat stand establishment. PP. 387-389. In: E.G. Heyne (Ed.), Wheat and Wheat Imprortant. 2nd edition, American Soc. Exp. Agron., USA.
25. Rusielle, A.A. and J. Hamblin .1981. Theoretical aspects of selection for yields in stress and non-stress environments. Crop Sci. 21: 943-946.
26. Whan , B.R. 1976. The emergence of semi-dwarf and standard wheat and its association with coleoptile length. Aust. J. Exp. Agric. Anim. Husbandry16: 411 – 416.