مجله تنش های محیطی در علوم کشاورزی
جلد دوم، شماره اول، نیمه‌اول ۸۸
۸۵-۷۳

Environmental Stresses in Agricultural Sciences

بررسی تحمل به خشکی چهار ژنوتیپ گندم در مرحله جوانه‌زنی

احمد جعفرنژاد[۱]، قدیر طاهری[۲]، علی اکبر راه چمنی[۳]

۱- استادیار پژوهش ایستگاه تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی نیشابور

۲- استادیار گروه کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد نیشابور

۳- دانشجوی سابق کارشناسی ارشد گروه زراعت دانشگاه آزاد اسلامی واحد نیشابور

تاریخ دریافت: ۸۷/۱۱/۵؛ تاریخ پذیرش: ۸۸/۵/۵

چکیده

گندم مهم‌ترین گیاه زراعی کشور است که در مراحل مختلف نموی تحت تأثیر خشکی قرار می‌گیرد. دو مرحله مهم نموی، جوانه-زنی و دوره پرشدن دانه‌ها است. تأثیر تنش خشکی در مرحله جوانه‌زنی در همان فصل رشد و تنش خشکی دوره زایشی، در سال زراعی آینده، جوانه‌زنی را تحت تأثیر قرار می دهد. به منظور بررسی اثر تنش خشکی این دو مرحله، خصوصیات جوانه‌زنی بذر چهار ژنوتیپ پیشتاز، مرودشت، WS-82-9 و DN-11 در معرض پتانسیل آب صفر(شاهد)، ۰/۳-، ۰/۶-، ۰/۹- و ۱/۲- مگاپاسکال قرار گرفت. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار به صورت آزمایشگاهی در سال ۱۳۸۷ اجرا شد. نتایج نشان داد ژنوتیپ، سطوح پتانسیل آب و اثرات متقابل آنها، اثر بسیار معنی‌داری بر طول، وزن تر و وزن خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه داشت. با افزایش سطح تنش خشکی صفات مورد مطالعه به طور معنی‌داری کاهش یافت، ولی درصد کاهش در ساقه‌چه نسبت به ریشه‌چه بیشتر بود و این امر منجر به افزایش نسبت ریشه‌چه به ساقه‌چه شد. کاهش پتانسیل آب، سرعت و درصد جوانه‌زنی را به ترتیب ۷۷ و ۴۳ درصد کاهش داد. اگرچه تحمل به تنش خشکی در مرحله پرشدن دانه بنیه بذر را کاهش داد، ولی ارتباط مشخصی بین تحمل به تنش خشکی مرحله جوانه‌زنی و تحمل به تنش خشکی آخر فصل مشاهده نشد. در بین ژنوتیپ های مورد مطالعه، DN-11 و مرودشت در مرحله جوانه‌زنی به تنش خشکی متحمل، پیشتاز حد واسط و WS-82-9 لاین حساس بود.

***واژه‌های کلیدی*: تنش خشکی، سرعت جوانه‌زنی، درصد جوانه‌زنی، بنیه بذر**

مقدمه

آب فراوانترین ماده روی زمین است ولی کمبود آن مهم‌ترین عامل محدودکننده تولید محصولات کشاورزی به شمار می‌رود. آب از این جهت مهم است که اساسی-ترین ماده تشکیل دهنده ساختار گیاهی بوده و بر حسب گونه گیاهی و نوع بافت می‌تواند از ۸۰ تا ۹۰ درصد وزن گیاه متغیر باشد (میرمحمدی میبدی و قره‌یاضی، ۱۳۸۱). بنابراین خشکی اصلی‌ترین تنش غیرزیستی است که تولید محصول در مناطق خشک و نیمه خشک جهان را کاهش می‌دهد، لذا لزوم شناسایی و استفاده از ژنوتیپ‌های سازگار به شرایط خشکی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. اهدایی و وینز (۱۹۹۳) بیان نمودند استفاده از ارقامی که آب قابل دسترس را با کارایی بیشتری مصرف کرده و قادر به تحمل تنش خشکی باشند، یک هدف عمده برای افزایش تولید در محیط‌های مستعد خشکی می‌باشد. بدین منظور شناسایی صفات مرتبط با تحمل به خشکی می‌تواند در گزینش ژنوتیپ‌های سازگار به کار گرفته شود. تحمل به خشکی یک صفت کمی و پیچیده است که توسط تعداد زیادی ژن کنترل می‌شود. از این رو حساسیت

نگارنده پاسخگو: احمد جعفرنژاد، استادیار پژوهش ایستگاه تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی نیشابور؛ صندوق پستی ۵۸۷
تلفن: ۲۲۴۵۸۸-۰۵۵۱؛ پست الکترونیک: ajafarnzhad@yahoo.com

گیاهان نسبت به تنش رطوبتی در مراحل مختلف رشد یکسان نمی‌باشد. برخی محققین اعلام نمودند مرحله جوانه‌زنی وگیاهچه‌های جوان، به تنش خشکی حساس‌ترند و تفاوت‌های ژنتیکی این مراحل در برابر تنش، فرصت مفیدی برای به‌گزینی و درک شناخت صفات مناسب در تحمل به تنش خشکی می باشد (بلوم و همکاران، ۱۹۸۰).

هاردگری (۲۰۰۶) بیان نمود جوانه‌زنی به شروع انواع فعالیت‌های آنابولیکی و کاتابولیکی شامل تنفس، سنتز پروتئین و حرکت مواد غذایی ذخیره‌ای به جنین پس از جذب آب و ظهور گیاهک از بذر اطلاق می‌شود و اگر شرایط رطوبتی مناسب باشد جوانه‌زنی بذر به شدت به دما وابسته است. بنابراین در شرایط بهینه، پیش شرط جوانه‌زنی جذب آب به مقدار کافی می‌باشد. استقرار مناسب گیاهچه‌ها و اطمینان از عملکرد مناسب گیاهان زراعی به میزان زیادی بستگی به جوانه‌زنی یکنواخت، بهنگام و سریع دارد. قابلیت دسترسی بذر به آب با کاهش پتانسیل اسمزی و ماتریک کاهش یافته و باعث اختلال در جوانه‌زنی بذر می‌شود (گیل و همکاران، ۲۰۰۲؛ ویلنبورگ و همکاران، ۲۰۰۵). بلوم و همکاران(۱۹۸۰) نشان دادند بذور ژنوتیپ‌هایی که در مراحل جوانه‌زنی و گیاهچه‌ای از تحمل به تنش رطوبتی بالاتری برخوردار بودند، در مراحل بعدی نیز این قابلیت را بروز داده‌اند. هرچند نتایج برخی محققین مانند سعیدی و همکاران (۱۳۸۶) نشان داد استفاده از خصوصیات فیزیولوژیکی بذور گندم در مرحله جوانه‌زنی و سبز شدن نمی‌تواند ملاک مناسبی برای ارزیابی ژنوتیپ‌های متحمل به تنش خشکی باشد. در این راستا آزمایشاتی جهت بررسی اثر تنش خشکی طراحی می‌شودکه بذور ژنوتیپ‌های مورد نظر در معرض تنش خشکی قرار گرفته و ژنوتیپ‌های متحمل و برتر جهت بهره‌برداری در برنامه‌های به‌نژادی مورد استفاده قرار می‌گیرند.

به دلیل غیریکنواختی و عدم امکان کنترل عوامل محیطی در مزرعه، برای این قبیل ارزیابی‌ها اجرای تحقیقات آزمایشگاهی اهمیت ویژه‌ای پیدا نموده است. برای ایجاد محیط‌های مصنوعی کنترل پتانسیل آب، معمولا از مواد جامد با جرم مولکولی بالا که نقشی در تغذیه بافت‌ها نداشته و جذب گیاه نمی‌شوند، استفاده می‌شود. پلی‌اتیلن گلایکول (PEG) یکی از مواد با جرم مولکولی بالا است که به دلیل ایجاد محلولی با شرایط مشابه طبیعی، بیشترین کاربرد را در تحقیقات تحمل به خشکی آزمایشگاهی دارد. پلی اتیلن گلایکول ماده‌ای غیر سمی است که در بافت‌های گیاه نفوذ نمی-کند، لذا برعکس موادی همچون کلرید سدیم، مانیتول و ساکارز باعث صدمه به گیاه نمی‌شود (امریچ و هاردگری، ۱۹۹۰).

در سال‌های اخیر مؤسسات تحقیقاتی کشور که وظیفه اصلاح ارقام گندم را به عهده دارند، به دنبال تولید ارقام و ژنوتیپ‌هایی هستند که با قطع آبیاری در مرحله زایشی افت عملکرد آنها معنی‌دار نبوده و از ثبات عملکرد بالاتری نیز برخوردار باشند (نجفیان و همکاران، ۲۰۰۶). در این راستا دو لاین DN-11 و WS-82-9 که واجد این ویژگی هستند در سال‌های اخیر معرفی شده‌اند، ولی تاکنون تحقیقی در رابطه با اثر تنش خشکی بر خصوصیات جوانه‌زنی بذر آنها که در سال زراعی بعدی کشت می شوند، انجام نشده است. قطع آبیاری در این مرحله روش مرسومی است که در اکثر مزارع گندم کشور از جمله مزارع استان خراسان رضوی انجام می شود، زیرا کشاورزان آخرین نوبت‌های آبیاری گندم را به کشت‌های بهاره اختصاص می‌دهند. از این‌رو مزارع گندم با تنش خشکی آخر فصل مواجه می‌شوند (مروجی، ۱۳۸۷). از طرفی مناطق دارای اقلیم مدیترانه‌ای، همانند کشور ایران، به طور طبیعی در اواخر فصل رشد گندم با تنش خشکی و گرمایی مواجه می شوند. اثرات تنش رطوبتی که در زمان پرشدن دانه‌ها حادث می شود ممکن است بر بنیه و خصوصیات جوانه‌زنی بذر که در سال زراعی آینده کشت می‌شود، اثر منفی داشته باشد. ابهری و گالشی (۱۳۸۶) ارقام مختلف گندم را در مرحله گرده‌افشانی تا رسیدگی فیزیولوژیکی تحت تنش رطوبتی قرار داده و خصوصیات جوانه‌زنی بذور تولید شده را مورد بررسی قرار دادند.

نتایج آنها نشان داد، تنش خشکی آخر فصل موجب کاهش درصد و سرعت جوانه‌زنی شده و بنیه بذر را کاهش داد.

در پژوهش حاضر بذور چهار ژنوتیپ گندم مرودشت، پیشتاز، DN-11 و WS-82-9 در معرض پتانسیل‌های منفی آب قرار گرفته و برخی خصوصیات مرحله جوانه‌زنی آنها مورد بررسی قرار گرفت. دو لاین مذکور، متحمل به تنش خشکی آخر فصل هستند. بذر این لاین‌ها در شرایطی تولید می‌شود که مزرعه از مرحله ظهور سنبله (آغاز مرحله زایشی) تا زمان رسیدگی، به هیچ وجه آبیاری نمی‌شود. بنابراین هدف این تحقیق، بررسی اثر تنش خشکی بر خصوصیات جوانه‌زنی بذر چهار ژنوتیپ گندم در شرایط مختلف تولید بود.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در آزمایشگاه فیزیولوژی گیاهی دانشگاه آزاد اسلامی واحد نیشابور به صورت فاکتوریل با ۲۰ تیمار در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در سال ۱۳۸۷ انجام شد. بدین منظور بذور چهار ژنوتیپ گندم مرودشت، پیشتاز، WS-82-9 وDN-11 در معرض پتانسیل آب صفر (آب مقطر)، ۰/۳-، ۰/۶-، ۰/۹- و ۱/۲- مگاپاسکال قرار گرفتند. جهت ایجاد پتانسیل مورد نظر از پلی اتیلن گلایکول ۶۰۰۰(PEG 6000) و از روش میچل و کافمن (۱۹۷۳) استفاده شد.

بذور سالم و خالص گندم به طور تصادفی از توده بذر شمارش (بذور ارقام فوق در یک سال تولید شده بودند) و با محلول هیپوکلریت سدیم ۱۰ درصد به مدت دو دقیقه ضدعفونی شدند. سپس با آب مقطر شسته شده و در داخل ظروف پتری‌دیش استریل با قطر ۱۰ سانتیمتر قرار داده شدند. برای استریل کردن، پتری‌دیش‌ها به مدت ۲ ساعت در داخل اتوکلاو با دمای ۱۲۰ درجه سانتیگراد قرار داده شدند. در کف ظروف پتری، کاغذ صافی واتمن قرار گرفت و ۱۰ میلی لیتر از محلول مربوط به هر تیمار، به آنها اضافه شد. در هر پتری‌دیش ۱۰۰ عدد بذر هم اندازه قرار داده شد. سپس روی آن کاغذ صافی قرار گرفت و ظروف در دمای ۲۰ درجه سانتیگراد (دزایی، ۲۰۰۴) در داخل دستگاه ژرمیناتور با دقت ۱± درجه سانتیگراد قرار گرفتند. با شروع جوانه‌زنی، تعداد بذور جوانه زده، روزانه یادداشت شدند. بذوری جوانه زده تلقی شدند که طول ریشه چه آنها ۲ میلی متر یا بیشتر بود (ویلنبورگ و همکاران، ۲۰۰۵). تعداد جوانه های نرمال در هر تیمار با توجه به معیارهای ISTA ثبت گردید (انجمن بین‌المللی آزمون بذر، ۱۹۸۵). در آخرین روز جوانه زنی وزن تر، طول ساقه‌چه و ریشه‌چه اندازه‌گیری شد. سپس جهت تعیین وزن خشک، نمونه ها به تفکیک در داخل آون و در دمای ۷۰ درجه سانتیگراد به مدت ۲۴ ساعت قرار داده شده و پس از خشک شدن با ترازوی دارای دقت ۰/۰۰۱ گرم وزن شدند. طول دوره آزمایش جوانه‌زنی دو هفته بود ولی تیمارهایی که ۹۵ درصد جوانه‌زنی آنها زودتر انجام شد به عنوان آخرین روز جوانه‌زنی در نظر گرفته شده و توزین انجام می‌شد.

برای ارزیابی اجزای جوانه‌زنی در کلیه ترکیبات تیمار (ژنوتیپ و تنش خشکی) از برنامه Germin (سلطانی، ۱۳۷۹) استفاده شد. این برنامه سرعت جوانه‌زنی را به روش عکس زمان رسیدن به ۵۰ درصد حداکثر جوانه‌زنی محاسبه می‌نماید. بدین منظور، منحنی پیشرفت درصد جوانه‌زنی تجمعی در مقابل زمان از کاشت بذور(بر حسب روز) ترسیم شد و سپس از این منحنی‌ها زمان از کاشت بذر تا رسیدن به ۱۰ درصد (D10) و ۹۰ درصد (D90) حداکثر جوانه‌زنی با استفاده از روش درون‌یابی خطی محاسبه شدند. زمان تا شروع جوانه‌زنی (D10)، حداکثر مقدار جوانه-زنی (Gmax)، یکنواختی جوانه‌زنی (GU) و سرعت جوانه‌زنی (R50) به عنوان اجزای جوانه‌زنی شناخته شده‌اند (لطیفی و همکاران، ۱۳۸۳). D10 عبارت است از مدت زمان بر حسب روز از کاشت تا زمانی که درصد جوانه‌زنی تجمعی به ۱۰ درصد حداکثر خود برسد. از این زمان به بعد جوانه‌زنی به طور خطی افزایش خواهد یافت. هر چه مقدار D10 کوچکتر باشد، بدین معنی

است که جوانه‌زنی زودتر شروع شده است. یکنواختی جوانه‌زنی (GU) به صورت مدت زمانی که طول می‌کشد تا جوانه‌زنی از ۱۰ درصد حداکثر خود به ۹۰ درصد حداکثر خود برسد، تعریف می‌شود. هرچه مقدار این مدت زمان کمتر باشد نشاندهنده جوانه‌زنی یکنواخت‌تر (همزمان) بذور می‌باشد. R50 به صورت عکس زمان از کاشت تا زمانی که درصد جوانه‌زنی تجمعی به ۵۰ درصد حداکثر خود می‌رسد تعریف شده است.

برای محاسبه درصد جوانه‌زنی از رابطه (۱) استفاده شد:

$$PG=100(n/N) \qquad (۱)$$

که در آن، PG درصد بذور جوانه‌زده، n تعداد بذر جوانه‌زده و N تعدادکل بذرهای هر تیمار در پتری‌دیش بود.

برای نرمال شدن توزیع درصد جوانه‌زنی از تبدیل زاویه ای($a\sin\sqrt{x}$) استفاده شد(اسکات و همکاران، ۱۹۸۴). تجزیه واریانس داده‌ها با برنامه آماری MSTAT-C و میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد مورد مقایسه آماری قرار گرفتند.

نتایج و بحث

نتایج نشان داد تأثیر ژنوتیپ، تنش خشکی و اثرات متقابل آنها بر درصد جوانه‌زنی معنی‌دار بود (جدول ۱). بین ژنوتیپ‌ها، لاین‌های DN-11 و WS-82-9 به ترتیب از بیشترین و کمترین درصد جوانه‌زنی برخوردار بودند (جدول ۲). با کاهش پتانسیل آب از صفر به ۱/۲- مگاپاسکال جوانه‌زنی از ۹۲ به ۲۱ درصد تقلیل یافت. تنش رطوبتی اعمال شده بوسیله پلی اتیلن گلایکول احتمالاً از طریق کاهش سطح تماس آب با بذرها و پایین آوردن هدایت هیدرولیکی آب اطراف بذرها (سپانلو و سیادت، ۱۳۷۸)، کاهش جذب اکسیژن به وسیله محدود کردن مقدار اکسیژن محلول در محیط کشت (مکسال و راید، ۱۹۷۵) و یا انتشارپذیری کمتر پوسته بذر نسبت به آب در پتانسیل های اسمزی پایین‌تر(دی و کار، ۱۹۹۵) باعث کاهش جوانه‌زنی می‌شود. معنی‌دار بودن اثر متقابل نشان‌دهنده واکنش متفاوت ژنوتیپ‌ها به تغییرات پتانسیل آب بود. با این که تفاوت معنی‌داری بین درصد جوانه‌زنی ژنوتیپ‌ها در تیمار شاهد وجود نداشت، ولی با منفی‌تر شدن پتانسیل آب مقدار کاهش درصد جوانه‌زنی ژنوتیپ‌ها با یکدیگر متفاوت بود و میزان کاهش در ژنوتیپ‌های متحمل به مراتب کمتر از ژنوتیپ‌های حساس بود (جدول ۳). به طور مثال با کاهش پتانسیل آب از صفر به ۱/۲- مگاپاسکال، جوانه‌زنی WS-82-9 به میزان ۹۰ و مرودشت ۶۱ درصد کاهش یافت که نشاندهنده تفاوت جوانه‌زنی ژنوتیپ‌ها در تحمل به تنش خشکی بود.

هین (۱۹۸۷) بیان کرد حداقل رطوبت مورد نیاز برای جوانه‌زنی بذر گندم از ۳۵ تا ۴۵ درصد وزن خشک دانه متغیر است و اگر این مقدار رطوبت تأمین نشود، بذر قادر به جوانه‌زنی نمی باشد. برخی ژنوتیپ‌ها قادرند از واکنش‌های خاصی برای تعدیل اثرات تنش‌های محیطی استفاده نمایند. یکی از این عکس العمل‌ها تنظیم اسمزی است. بدین معنی که در طی مرحله جوانه‌زنی، بذر فعال با سنتز برخی مواد از قبیل قندها، غلظت شیره سلولی را افزایش داده و قادر است آب بیشتری را از محیط جذب نماید، در نتیجه سنتز و تجمع موادی شبیه مواد آلی، فرآیند تعدیل فشار اسمزی توسط گیاه انجام می‌گیرد. گیل و همکاران (۲۰۰۲) دریافتند هنگامی که بذر ژنوتیپ‌های مختلف سورگوم تحت تنش خشکی با مانیتول و شرایط نرمال رطوبتی قرار گرفتند درصد قندهای محلول به ویژه فروکتوز در جنین و آندوسپرم افزایش یافت، ولی درصد افزایش، در شرایط تنش خشکی بسیار بیشتر بود که نهایتاً منجر به افزایش وزن تر ریشه‌چه و ساقه‌چه ارقام متحمل‌تر به میزان چهار برابر ارقام حساس شد. بعلاوه درصد جوانه‌زنی ارقام متحمل به طور معنی‌داری بیشتر از ارقام حساس بود. نامبردگان بیان نمودند پتانسیل اسمزی با تعداد ملکول‌های حل شده درون سلول ارتباط مستقیمی دارد.

جدول۱. تجزیه واریانس صفات مختلف مرحله جوانه‌زنی ژنوتیپ های گندم در پتانسیل‌های متفاوت آب

منابع تغییر	درجه آزادی	طول ریشه‌چه	وزن تر ریشه‌چه	وزن خشک ریشه‌چه	طول ساقه‌چه	وزن تر ساقه‌چه	وزن خشک ساقه‌چه	نسبت ریشه‌چه به ساقه‌چه	درصد جوانه‌زنی	سرعت جوانه‌زنی	یکنواختی جوانه‌زنی	آغاز جوانه‌زنی
ژنوتیپ	۳	۱۵۵/۱**	۲۷۱۱۹۹/۶**	۷۱۲۴/۴**	۳۳/۳۶**	۲۵۰۳۵۸/۹**	۲۶۵۷/۶**	۰/۴۹۲**	۴۱۹/۱**	۰/۰۰۱ns	۰/۱۳۴ns	۱۲۴ns
پتانسیل آب	۴	۱۰۷۳/۴**	۳۶۲۲۰۱۷/۲**	۹۲۳۸۶/۶**	۸۵۵/۱۸**	۲۵۶۵۰۷۳/۸**	۲۹۷۳۱/۱**	۲/۰۴۵**	۴۵۲۱/۱**	۰/۰۴۶**	۱/۳۰۸**	۲/۵۲۵**
ژنوتیپ* پتانسیل آب	۱۲	۳۸/۳**	۸۷۱۳۷/۹**	۲۲۰۸/۹**	۱۵/۷۷**	۱۲۳۱۴۳/۶**	۱۴۶۳/۸**	۰/۵۶۲**	۱۱۲/۰**	۰/۰۰۳ns	۰/۱۷۲*	۰/۳۳۷ns
خطا	۴۰	۲/۸۵	۱۱۸۱/۰	۲۸/۵	۰/۸۷	۱۱۱۶/۲	۱۱/۹	۰/۰۲۰	۱۸/۷	۰/۰۰۱	۰/۰۷۳	۰/۲۴۸
ضریب تغییرات(٪)		۹/۴۱	۵/۳۹	۵/۲۱	۹/۱۲	۶/۵۱	۶/۲۳	۷/۶۰	۸/۹۱	۱۳/۲۶	۱۵/۲۴	۱۵/۲۵

*، ** و ns : به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد، یک درصد و غیرمعنی‌دار

جدول ۲- مقایسه میانگین صفات مختلف مرحله جوانه‌زنی ژنوتیپ های گندم در پتانسیل‌های متفاوت آب

عامل‌ها	طول ریشه‌چه (میلیمتر)	وزن تر ریشه‌چه (میلی‌گرم در پتری)	وزن خشک ریشه‌چه (میلی‌گرم در پتری)	طول ساقه‌چه (میلیمتر)	وزن تر ساقه‌چه (میلی‌گرم در پتری)	وزن خشک ساقه‌چه (میلی‌گرم در پتری)	نسبت ریشه چه به ساقه‌چه	درصد جوانه‌زنی	سرعت جوانه‌زنی	یکنواختی جوانه‌زنی	آغاز جوانه‌زنی
ژنوتیپ											
DN-11	۲۲/۳۳a	۸۲۴/۰a	۱۳۲/۷a	۱۱/۹۳a	۷۰۴/۱a	۷۵/۱a	۲/۱۰a	۶۳/۷a	۰/۲۹۲a	۱/۷۳a	۲/۶۸a
پیشتاز	۱۵/۱۳c	۵۰۳/۳c	۸۰/۶c	۸/۴۷d	۴۴۴/۱bc	۴۹/۱bc	۱/۶۵c	۵۲/۵b	۰/۲۹۲a	۱/۸۵a	۲/۵۹a
WS-82-9	۱۶/۰۱c	۶۰۹/۳b	۹۸/۶b	۹/۶۳c	۴۲۶/۷c	۴۶/۶c	۱/۸۶b	۴۶/۴c	۰/۲۷۴a	۱/۶۵a	۲/۴۶a
مرودشت	۱۸/۳۰b	۶۱۱/۸b	۹۸/۲b	۱۰/۸۱b	۴۷۶/۵b	۵۰/۳b	۱/۸۵b	۵۶/۷b	۰/۲۸۷a	۱/۸۵a	۲/۶۱a
سطوح پتانسیل آب											
شاهد(آب مقطر)	۲۸/۳۳a	۱۲۵۵/۰a	۲۰۱/۰a	۲۱/۵۰a	۱۱۹۶/۰a	۱۲۷/۸a	۱/۸۱b	۹۲/۰a	۰/۳۸۳a	۱/۷۶bc	۱/۹۵c
-۰/۳ MPa	۲۷/۰۸a	۱۱۹۹/۰b	۱۹۲/۴b	۱۶/۵۰b	۷۷۵/۳b	۸۴/۷b	۲/۱۱a	۷۷/۲b	۰/۳۰۲b	۲/۱۸a	۲/۳۰bc
-۰/۶ MPa	۱۴/۳۱b	۳۹۴/۲c	۶۴/۳c	۶/۹۲c	۳۱۱/۳c	۳۵/۳c	۱/۷۴b	۵۱/۵c	۰/۲۵۶c	۱/۹۸ab	۲/۸۰ab
-۰/۹ MPa	۱۳/۶۷b	۲۴۲/۱d	۳۹/۸d	۴/۶۸d	۱۷۳/۹d	۱۷/۷d	۲/۲۵a	۳۳/۴d	۰/۲۷۱bc	۱/۶۰cd	۲/۷۸ab
-۱/۲ MPa	۶/۳۳c	۹۴/۸e	۱۵/۱e	۱/۴۶e	۱۰۷/۸e	۱۰/۹e	۱/۴۳c	۲۱/۰e	۰/۲۱۹d	۱/۳۲d	۳/۱۱a

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون و برای هر عامل بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری ندارند

بین سرعت جوانه‌زنی ژنوتیپ‌ها با یکدیگر تفاوت معنی‌داری وجود نداشت، ولی تنش خشکی مقدار آن را در سطح یک درصد به طور معنی‌داری تغییر داد (جدول۱). با کاهش پتانسیل آب از سرعت جوانه‌زنی کاسته شد (جدول ۲). چنانچه جذب آب توسط بذر دچار اختلال شود و یا به کندی صورت گیرد فعالیت-های داخل بذر به آرامی صورت گرفته و مدت زمان خروج ریشه‌چه از بذر افزایش می‌یابد و به عبارتی سرعت جوانه‌زنی بذر کاهش پیدا می‌کند. بنابراین ژنوتیپ‌هایی که با سرعت بیشتری جوانه می‌زنند، فرصت بیشتری برای تکمیل رشد رویشی دارند.

تأثیر میزان پتانسیل آب برکاهش درصد جوانه‌زنی و سرعت جوانه‌زنی یکسان نبود، بدین معنی که در اثر تقلیل پتانسیل آب از سطح شاهد به ۱/۲- مگاپاسکال، جوانه‌زنی ۷۷ و سرعت جوانه‌زنی ۴۳ درصد کاهش یافت. بنابراین سرعت جوانه‌زنی نسبت به درصد جوانه-زنی از حساسیت کمتری به تنش رطوبتی برخوردار بود. سرعت جوانه‌زنی یکی از مؤلفه های مهم جوانه‌زنی است که نقش زیادی در استقرار گیاهچه‌ها در ابتدای فصل رشد دارد، ژنوتیپ‌هایی که از سرعت جوانه‌زنی پایینی برخوردارند به خوبی نمی‌توانند پوشش گیاهی سطح خاک را کامل نمایند و بخش زیادی از تشعشع خورشیدی را در اثر برخورد با زمین اتلاف می‌نمایند. بنابراین داشتن سرعت جوانه‌زنی بیشتر موجب پوشیده شدن سریع‌تر سطح زمین شده و این عامل می‌تواند به افزایش عملکرد منتهی شود.

اگرچه اثر متقابل سطوح مختلف پتانسیل آب و ژنوتیپ بر سرعت جوانه‌زنی از نظر آماری معنی‌دار نشد، ولی آزمون چند دامنه‌ای دانکن قادر به تفکیک تفاوت-ها شد (جدول ۳). بیشترین سرعت جوانه‌زنی به ترتیب مربوط به ژنوتیپ WS-82-9 در سطح شاهد (آب مقطر) وکمترین مقدار نیز در همین ژنوتیپ و در تنش رطوبتی ۱/۲- مگاپاسکال بود. فالاری(۱۹۹۴) بیان نمود مدت زمان جوانه‌زدن و همچنین سرعت جوانه‌زنی و میزان آن همبستگی زیادی با کیفیت بذر دارد. بنابراین هر چه مدت زمان جوانه‌زدن کمتر باشد، کیفیت بذر بالاتر خواهد بود. آزمایش وی نشان داد سرعت جوانه-زنی می‌تواند نشانگر بسیار خوبی از بنیهٔ بذر باشد. همان‌طوریکه قبلاً اشاره شد دو ژنوتیپ WS-82-9 و DN-11 برای تحمل به تنش خشکی آخر فصل اصلاح شده‌اند و در شرایطی بذر این ژنوتیپ‌ها تولید می‌شود که مرحله زایشی و پرشدن دانه‌ها، مصادف با تنش رطوبتی می‌باشد. این شرایط ممکن است بر کیفیت بذر تأثیرگذار باشد. کاپلند و مک‌دونالد (۱۹۹۵) بیان کردند یکی از مهمترین عوامل محیطی مؤثر در کاهش بنیه بذر، وقوع تنش رطوبت در طی نمو بذر می‌باشد. زیرا در اثر کمبود آب، انتقال مواد جذب شده از برگ‌ها به طرف دانه‌ها کاهش می‌یابد و چون تنش خشکی در این دوره همراه با گرما است، باعث چروکیده شدن دانه‌ها می‌شود. ولی آبیاری باعث افزایش درصد جذب مواد معدنی (بجز نیتروژن) شده و کیفیت بذر را بهبود می‌بخشد. بنابراین هر چند توان جوانه‌زنی به خصوصیات ژنتیکی ژنوتیپ‌ها بستگی دارد، ولی این توانایی تحت تأثیر شرایط محیطی قرار می‌گیرد. به نظر می‌رسد اگر شرایط رطوبتی مزرعه در زمان کشت نامناسب باشد، ژنوتیپ‌هایی که در زمان پرشدن دانه‌ها با تنش رطوبتی مواجه شده‌اند از سبز و بنیه گیاهچه‌ای پایین‌تری در ابتدای فصل برخوردار می‌باشند.

بین زمان آغاز جوانه‌زنی ژنوتیپ‌ها تفاوت معنی-داری وجود نداشت، ولی تنش خشکی زمان آغاز جوانه-زنی را به صورت معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد افزایش داد (جدول ۱). با کاهش پتانسیل آب، جوانه‌زنی با تأخیر بیشتری آغاز شد (جدول۲). کاهش پتانسیل آب تا ۰/۶- مگاپاسکال به طور معنی‌داری این مؤلفه را کاهش داد ولی پس از آن تأثیر معنی‌داری در به تأخیر انداختن جوانه‌زنی نداشت (جدول ۳). بر اساس نتایج این آزمایش، حد بحرانی پتانسیل آب برای تأثیر در آغاز جوانه‌زنی، ۰/۶- مگاپاسکال بود. با افزایش تنش خشکی، قدرت جذب آب توسط بذور کاهش یافته و مدت زمان مورد نیاز برای جذب آب افزایش می‌یابد و در نتیجه آغاز فرآیندهای جوانه‌زنی به تأخیر افتاده و

بعلاوه در آن اختلال نیز ایجاد می‌شود (گیل و همکاران،۲۰۰۲).

اثر متقابل ژنوتیپ و تنش خشکی بر زمان آغاز جوانه‌زنی تأثیر معنی‌داری نداشت ولی آزمون دانکن تفاوت بین اثرات متقابل را آشکار نمود (جدول ۳). سریعترین و کندترین زمان آغاز جوانه‌زنی به ترتیب در ژنوتیپ DN-11 در تیمار شاهد (۱/۸۸ روز) و مرودشت در پتانسیل آب ۱/۲- مگاپاسکال (۳/۵۶ روز) ثبت شد.

برخی محققین مانند لارسن و آندرسن (۲۰۰۴) گزارش کردند بذور ریزتر گندم و برنج بخصوص در شرایط کمبود رطوبت محیط، سریعتر از بذور درشت‌تر جوانه زدند که دلیل آن جذب سریعتر آب توسط بذور ریزتر و جوانه‌زنی زودتر بود. آنها اعلام نمودند گرچه بذور درشت‌تر جوانه‌زنی را آهسته‌تر شروع نمودند ولی تعداد گیاهچه‌های نهایی آنها بیشتر بود. ویلنبورگ و همکاران(۲۰۰۵) اعلام کردند جوانه‌زنی بذور بزرگتر یولاف زراعی از بذور کوچکتر در شرایط تنش رطوبتی سریع‌تر آغاز شده و درصد جوانه‌زنی نهایی آنها نیز بیشتر از بذور ریزتر بود. نامبردگان این ویژگی را به بنیه و قدرت بالاتر بذور درشت نسبت دادند. در بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی این آزمایش، وزن هزاردانه WS-82-9 و DN-11 (به ترتیب ۴۵ و ۳۹ گرم) بیشتر از پیشتاز و مرودشت (به ترتیب ۳۸ و ۳۵ گرم) بود. این دو لاین همچنین جوانه‌زنی را زودتر از بقیه ژنوتیپ‌ها آغاز نمودند. بنابراین بالا بودن وزن هزار دانه نقش مثبتی در جوانه‌زنی سریع‌تر داشت که این موضوع، با نتایج ویلنبورگ و همکاران(۲۰۰۵) مطابقت داشت.

بین یکنواختی جوانه‌زنی ژنوتیپ‌های مورد مطالعه، تفاوت آماری معنی‌داری وجود نداشت، ولی پتانسیل آب و اثر متقابل پتانسیل آب و ژنوتیپ در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). یکنواختی جوانه‌زنی در حقیقت طول فاز خطی در منحنی درصد تجمعی جوانه‌زنی در مقابل زمان را نشان می‌دهد. هر قدر طول این مرحله کوتاهتر باشد، حاکی از جوانه‌زنی همزمان بذور است. برعکس، طولانی بودن این مرحله نشان می‌دهد که بذور به طور همزمان جوانه نزده‌اند، بلکه جوانه‌زنی آنها در دوره زمانی بیشتری صورت گرفته است (لطیفی و همکاران، ۱۳۸۳). زمانی که بذور جوانه‌زنی یکنواختی ندارند، بوته های سبز شده از نظر اندازه با یکدیگر تفاوت زیادی داشته و انحراف واریانس بوته‌ها از میانگین افزایش می‌یابد یعنی جمعیت گیاهی دارای بوته‌های بزرگ و کوچک است. این عامل باعث غیریکنواختی و افزایش رقابت درون گونه‌ای می‌شود (سیلورتاون، ۱۹۸۲). نتیجه جالب توجه در بررسی این صفت، بیشتر بودن یکنواختی جوانه‌زنی در تنش‌های رطوبتی بالاتر بود (جدول ۲). به نظر می‌رسد چون تعداد کمتری از بذرها در تنش‌های شدیدتر رطوبتی جوانه زده‌اند و این بذرها احتمالا از بنیه بالاتری در بین بذرهای مورد آزمایش برخوردار بودند، لذا جوانه‌زنی آنها در یک محدوده زمانی کوتاهتری رخ داده است. این موضوع در اثرات متقابل نیز به وضوح مشاهده می‌شود (جدول ۳). جوانه‌زنی ژنوتیپ WS-82-9 در پتانسیل ۱/۲- مگاپاسکال حدود ۸ درصد بود و از بیشترین یکنواختی جوانه‌زنی نیز برخوردار بود. بنابراین در هنگام استفاده از این مؤلفه در تجزیه و تحلیل نتایج، باید درصد جوانه‌زنی نیز مدنظر قرار گیرد. وجود همبستگی مثبت و معنی‌دار بین درصد جوانه‌زنی و یکنواختی جوانه‌زنی ($r=۰/۵۴^{**}$) نیز مؤید این نکته است. به عبارت دیگر هر چه درصد جوانه‌زنی بالاتر باشد عدد مربوط به یکنواختی جوانه‌زنی نیز بالاتر است و بزرگتر بودن عدد نشان دهنده یکنواختی کمتر بذور جوانه زده می باشد.

تأثیر پتانسیل آب، ژنوتیپ و اثرات متقابل آنها بر طول، وزن تر و وزن خشک ریشه‌چه در سطح آماری یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). بیشترین و کمترین مقدار صفات مذکور، به ترتیب در ژنوتیپ DN-11 و رقم پیشتاز مشاهده شد (جدول۲). با توجه به همبستگی مثبت و بسیار معنی‌دار بین صفات مذکور، روند افزایش و یا کاهش آنها در بین تیمارهای مورد بررسی مشابه یکدیگر بود (جدول۴). یعنی ژنوتیپ‌هایی

که طول ریشه‌چه بیشتری داشتند، از وزن تر و وزن خشک بالاتری نیز برخوردار بودند. جوانه‌زنی صفتی است که با ظهور ریشه چه مرتبط می باشد. ریشه‌چه قبل از اندامهای دیگر گیاه از بذر آماس کرده بیرون می‌آید و در نتیجه قبل از اندام‌های دیگر در معرض تنش‌های محیطی قرار می‌گیرد. بنابراین اندازه طول ریشه‌چه معیار مناسبی برای گزینش ژنوتیپ‌های متحمل به تنش خشکی می باشد زیرا آنچه سبب کاهش طول ریشه‌چه می‌شود، محدود شدن تحرک ذخایر بذر در اثر کاهش پتانسیل آب می‌باشد (کاپلند و مک‌دونالد، ۱۹۹۵). یزدی صمدی و همکاران (۱۹۸۸) در یک آزمایش گلخانه‌ای دریافتند ارقام گندم متحمل به تنش خشکی در مراحل اولیه از رشد زیادتر ریشه برخوردار بوده و تعداد ریشه اولیه بیشتری داشتند.

در بررسی اثرات متقابل مشاهده شد، بین صفات طول، وزن تر و وزن خشک ریشه‌چه ژنوتیپ‌ها در پتانسیل آب صفر(تیمار شاهد) تفاوت معنی‌داری وجود داشت (جدول ۳). به طور مثال طول ریشه‌چه DN-11 و مرودشت به ترتیب حدود ۳۸ و ۲۴ میلیمتر بود که بیانگر تفاوت‌های ژنتیکی ژنوتیپ‌ها در شرایط غیرتنش می‌باشد. ولی با افزایش سطح تنش خشکی درصد کاهش این صفات در ژنوتیپ‌ها با یکدیگر متفاوت بود. به طور مثال طول ریشه‌چه ژنوتیپ‌های پیشتاز و WS-82-9 با کاهش پتانسیل آب از صفر به ۱/۲- مگاپاسکال به ترتیب ۶۳ و ۸۷ درصد کاهش یافت. بنابراین عکس العمل ژنوتیپ‌ها در شرایط تنش رطوبتی با یکدیگر متفاوت بود. افزایش سطح تنش خشکی، وزن خشک ریشه‌چه را نسبت به طول ریشه‌چه به میزان بیشتری کاهش داد. بنابراین هر واحد طول ریشه‌چه وزن کمتری داشته و ریشه‌چه‌ها نازک تر شده بودند. در شرایط تنش خشکی ریشه‌ها نازک‌تر شده که این عامل باعث می‌شود سطح تماس بیشتری جهت جذب آب ایجاد شود. داخیل و همکاران (۱۹۹۳) نیز بیان کردند تنش خشکی وزن ریشه را در گندم کاهش داد، ولی تعداد ریشه به طور قابل ملاحظه‌ای کاهش نیافته بود.

پتانسیل آب، ژنوتیپ و اثرات متقابل آنها طول، وزن تر و وزن خشک ساقه‌چه را در سطح آماری یک درصد به طور معنی‌داری تحت تأثیر قرار داد (جدول ۱). ژنوتیپ‌هایDN-11 و پیشتاز به ترتیب دارای بیشترین و کمترین مقادیر مربوط به این صفات بودند. با توجه به همبستگی بسیار بالا و معنی‌داری که بین این صفات وجود داشت (جدول۴)، روند تغییرات آنها کاملاً مشابه یکدیگر بود. افزایش سطح تنش خشکی مقادیر این صفات را به طور معنی‌داری کاهش داد (جدول ۲). تنش خشکی، طول ساقه‌چه را نسبت به وزن تر و وزن خشک آن بیشتر کاهش داد، زیرا در شرایط تنش خشکی تقسیم سلولی انجام شده ولی طویل شدن سلول‌ها رخ نمی‌دهد. هیاسو و اکوودو (۱۹۷۴) بیان نمودند رشد سلول‌ها نسبت به کمبود آب از حساسیت بسیار بالایی برخوردار است و حتی با کاهش جزئی در قابلیت دسترسی به آب، سرعت رشد سلول کاهش می‌یابد، زیرا فشار تورمی (تورژسانس) که نیروی لازم برای افزایش طول سلول‌ها را تأمین می-نماید، به حد کافی وجود ندارد.

خصوصیات ریشه‌چه و ساقه‌چه به طور یکسان تحت تأثیر تنش خشکی قرار نگرفت. بدین ترتیب که تنش خشکی طول، وزن تر و وزن خشک ساقه‌چه را بیشتر از ریشه‌چه کاهش داد. این امر موجب افزایش نسبت وزن خشک ریشه‌چه به ساقه‌چه شد (جدول ۲). بعلاوه درصد کاهش وزن خشک ساقه‌چه بیشتر از وزن خشک ریشه‌چه بود. در نتیجه ساقه‌چه، نسبت به ریشه‌چه اندام حساس‌تری به تنش خشکی بود. سعیدی و همکاران (۱۳۸۶) بیان نمودند ژنوتیپ‌های مختلف، در 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 ایجاد می نمایند. مرجانی و همکاران(۱۳۸۵) نیز عنوان کردند طول ساقه‌چه به تغییر پتانسیل خشکی حساسیت بسیار بالایی داشته و می‌تواند مثل ریشه‌چه پارامتر بسیار مناسبی جهت ارزیابی تحمل به خشکی باشد.

جدول ۳. مقایسه میانگین اثر متقابل ژنوتیپ و پتانسیل آب برخی صفات مرحله جوانه‌زنی گندم

ژنوتیپ	پتانسیل آب	طول ریشه‌چه (میلیمتر)	وزن تر ریشه‌چه (میلی‌گرم در پتری)	وزن خشک ریشه‌چه (میلی‌گرم در پتری)	طول ساقه‌چه (میلیمتر)	وزن تر ساقه‌چه (میلی‌گرم در پتری)	وزن خشک ساقه‌چه (میلی‌گرم در پتری)	نسبت ریشه چه به ساقه‌چه	درصد جوانه‌زنی	سرعت جوانه‌زنی	یکنواختی جوانه‌زنی (روز)	آغاز جوانه‌زنی (روز)
DN-11	شاهد (آب مقطر)	۳۷/۵۰a	۱۵۲۷/۰a	۲۴۵/۱a	۲۷/۰۰a	۱۹۰۱/۰a	۲۰۳/۸a	۱/۲۰i	۹۳/۰a	۰/۳۸۴a	۱/۷۹cdefg	۱/۸۸h
	-۰/۳ MPa	۳۲/۱۷b	۱۵۵۵/۰a	۲۴۸/۳a	۱۸/۳۳d	۹۱۰/۳cd	۹۷/۵c	۲/۵۸a	۹۲/۰a	۰/۳۵۶a	۱/۷۷cdefg	۲/۰۸fgh
	-۰/۶ MPa	۲۰/۵۰fg	۵۶۷/۷f	۹۳/۷f	۷/۳۳gh	۳۵۳/۷g	۳۹/۰fg	۲/۳۴abcd	۶۶/۳de	۰/۲۴۷de	۱/۷۶cdefg	۳/۰۵abcd
	-۰/۹ MPa	۱۳/۱۷ij	۳۱۳/۷h	۵۱/۳h	۴/۸۳i	۲۲۴/۷hi	۲۲/۷ij	۲/۳۹abc	۴۲/۳fg	۰/۲۳۶e	۱/۸۵abcde	۳/۰۰abcde
	-۱/۲ MPa	۸/۳۳kl	۱۵۷/۳i	۲۵/۰i	۲/۱۷jk	۱۳۱/۳jk	۱۲/۵kl	۱/۹۹def	۲۵/۰hij	۰/۲۳۵e	۱/۴۶efg	۳/۴۰ab
پیشتاز	شاهد (آب مقطر)	۲۶/۸۳cd	۱۱۵۳/۰d	۱۸۴/۸d	۱۴/۵۰f	۹۷۸/۳bc	۱۰۸/۴b	۱/۷۱fg	۹۴/۳a	۰/۳۸۳a	۱/۷۷cdefg	۱/۹۷gh
	-۰/۳ MPa	۲۱/۸۳efg	۸۳۳/۳e	۱۳۲/۷e	۱۶/۸۳de	۷۶۰/۰e	۸۵/۷d	۱/۵۵gh	۷۹/۷bcd	۰/۳۰۳b	۲/۳۳ab	۲/۲۱efgh
	-۰/۶ MPa	۱۰/۳۳jkl	۳۰۲/۰h	۴۸/۳h	۵/۳۷hi	۲۶۲/۳h	۲۸/۳hi	۱/۷۰fg	۴۴/۳fg	۰/۲۵۳bcde	۲/۰۶abcd	۲/۷۴bcdefg
	-۰/۹ MPa	۹/۳۳jkl	۱۷۲/۷i	۲۸/۲i	۴/۱۷ij	۱۴۹/۰ijk	۱۵/۷jk	۱/۹۶ef	۲۸/۷ghij	۰/۲۷۶bcde	۱/۴۴efg	۲/۸۲abcdef
	-۱/۲ MPa	۷/۳۳kl	۵۵/۳j	۸/۹j	۱/۵۰k	۷۰/۷kl	۷/۳l	۱/۳۵hi	۱۵/۳jk	۰/۲۴۶de	۱/۶۳defg	۳/۱۹abc
WS-82-9	شاهد (آب مقطر)	۲۵/۳۳cde	۱۳۴۰/۰b	۲۱۶/۶b	۲۱/۱۷c	۸۹۱/۷d	۹۶/۴c	۲/۳۰abcde	۹۰/۰ab	۰/۳۸۶a	۱/۷۱defg	۱/۹۶gh
	-۰/۳ MPa	۲۸/۰۰c	۱۲۵۲/۰c	۲۰۱/۰c	۱۴/۷۳ef	۸۱۲/۷e	۸۷/۵d	۲/۳۳abcd	۷۷/۳cd	۰/۲۹۵bcd	۲/۳۴a	۲/۴۶defgh
	-۰/۶ MPa	۱۰/۵۷jk	۲۵۵/۳h	۴۳/۰h	۶/۴۰hi	۲۵۷/۷h	۳۲/۰gh	۱/۳۴hi	۳۷/۳ghi	۰/۲۵۱cde	۲/۰۴abcd	۲/۷۶bcdefg
	-۰/۹ MPa	۱۲/۸۳ij	۱۶۵/۳i	۲۶/۷i	۵/۰۳i	۱۲۶/۰jk	۱۲/۱kl	۲/۱۳cde	۲۲/۷ij	۰/۲۷۱bcde	۱/۲۹gh	۲/۹۶abcde
	-۱/۲ MPa	۳/۳۳m	۳۳/۳j	۵/۶j	۰/۸۳k	۴۵/۳l	۵/۲l	۱/۲۲i	۸/۳k	۰/۱۶۶f	۰/۸۹h	۲/۲۸defgh
مرودشت	شاهد (آب مقطر)	۲۳/۶۷def	۱۳۲۲/۰bc	۲۰۹/۶bc	۲۳/۳۲b	۱۰۱۳/۰b	۱۰۲/۸bc	۲/۰۲def	۹۰/۷ab	۰/۳۷۹a	۱/۷۷cdefg	۲/۰۰gh
	-۰/۳ MPa	۲۶/۳۳cd	۸۳۶/۰e	۱۳۵/۳e	۱۶/۱۰ef	۶۱۸/۰f	۶۸/۰e	۱/۹۹def	۵۹/۷ef	۰/۲۵۵bcde	۲/۲۵abc	۲/۵۳cdefgh
	-۰/۶ MPa	۱۵/۸۳hi	۴۵۱/۷g	۷۲/۲g	۸/۵۹g	۳۷۱/۷g	۴۱/۷f	۱/۵۸gh	۵۸/۰ef	۰/۲۷۲bcde	۲/۰۷abcd	۲/۶۳bcdefgh
	-۰/۹ MPa	۱۹/۳۳gh	۳۱۶/۷h	۵۳/۰h	۴/۶vi	۱۹۶/۰hij	۲۰/۳jk	۲/۵۲ab	۴۰/۰gh	۰/۳۰۰bc	۱/۸۲bcdef	۲/۳۴defgh
	-۱/۲ MPa	۶/۳۳lm	۱۳۳/۰i	۲۱/۰i	۱/۳۳k	۱۸۳/۷hij	۱۸/۶jk	۱/۱۵i	۳۵/۳ghi	۰/۲۲۸e	۱/۳۱fgh	۳/۵۶a

میانگین های دارای حروف مشابه در هر ستون و برای هر عامل بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

نبی زاده و همکاران (۱۳۸۶) چهل لاین گندم زمستانه را در شرایط تنش خشکی آزمایشگاهی مورد بررسی قرار داده و آنها را بر اساس صفات اندازه‌گیری شده در سه گروه متحمل، نیمه‌حساس و حساس قرار دادند. ارقام گروه متحمل از طول، وزن تر و وزن خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه و نسبت ریشه‌چه به ساقه‌چه بالاتری برخوردار بودند. نامبردگان نتیجه‌گیری کردند از این نسبت می‌توان برای ارزیابی تحمل به خشکی استفاده نمود، بدین ترتیب که نسبت بالاتر نشان دهنده تحمل به خشکی بالاتر می‌باشد.

نتایج این آزمایش نشان داد، شرایط نامناسب محیطی (تنش خشکی) در طی نمو بذر لاین‌های متحمل به تنش خشکی انتهای فصل، اثر نامطلوبی بر خصوصیات مرحله جوانه‌زنی دارد. بنابراین سطح تحمل در مراحل مختلف نموی با یکدیگر متفاوت می‌باشد. بدین معنی که شرایط تنش رطوبتی مرحله زایشی موجب می شود تکوین و بلوغ بذر در شرایط نامناسبی انجام شده و اثرات سوءآن در مرحله جوانه زنی بروز نماید. ولی در بین این ژنوتیپ‌ها ممکن است تنوع ژنتیکی مناسبی نیز مشاهده شود. به‌طور مثال بذر ژنوتیپ DN-11 در شرایطی مشابه لاین WS-82-9 تولید شده بود ولی از خصوصیات جوانه‌زنی مناسب تری برخوردار بود که از این تنوع می‌توان در برنامه‌های به‌نژادی جهت تولید ارقام دارای تحمل قابل قبول در مرحله جوانه‌زنی و مرحله رشد زایشی استفاده نمود.

جدول ۴. ضرایب همبستگی ساده بین صفات مختلف مرحله جوانه‌زنی ژنوتیپ‌های گندم

	طول ریشه‌چه	وزن تر ریشه‌چه	وزن خشک ریشه‌چه	طول ساقه‌چه	وزن تر ساقه‌چه	وزن خشک ساقه‌چه	درصد جوانه‌زنی	سرعت جوانه‌زنی	یکنواختی جوانه‌زنی	آغاز جوانه‌زنی
طول ریشه‌چه	۱									
وزن تریشه‌چه	۰/۹۴**	۱								
وزن خشک ریشه‌چه	۰/۹۴**	۰/۹۹**	۱							
طول ساقه‌چه	۰/۹۱**	۰/۹۶**	۰/۹۶**	۱						
وزن ترساقه‌چه	۰/۸۸**	۰/۹۰**	۰/۹۰**	۰/۹۴**	۱					
وزن خشک ساقه‌چه	۰/۸۹**	۰/۹۰**	۰/۹۰**	۰/۹۴**	۰/۹۹**	۱				
درصد جوانه‌زنی	۰/۸۹**	۰/۹۲**	۰/۹۲**	۰/۹۰**	۰/۸۸**	۰/۸۸*	۱			
سرعت جوانه‌زنی	۰/۷۸**	۰/۸۲**	۰/۸۲**	۰/۸۵**	۰/۸۲*	۰/۸۲*	۰/۸۷*	۱		
یکنواختی جوانه‌زنی	۰/۵۶**	۰/۴۸*	۰/۴۸*	۰/۴۶*	۰/۳۷ns	۰/۳۸ns	۰/۵۴**	۰/۳۱ns	۱	
آغاز جوانه‌زنی	-۰/۷۲**	-۰/۷۷**	-۰/۷۷**	-۰/۸۰**	-۰/۷۵**	-۰/۷۵**	-۰/۷۰**	-۰/۷۴**	-۰/۲۸ns	۱

*، ** و ns : به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد، یک درصد و غیرمعنی‌دار

منابع

ابهری، ع.، گالشی، س.، لطیفی، ن.، کلاته، م.، ۱۳۸۶. اثر تنش خشکی انتهایی بر بنیه بذر ژنوتیپ‌های گندم (*Triticum aestivum*). مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی. ج.۱۴، ص.۹۲-۸۱.

سپانلو، م. ق.، سیادت، ح.، ۱۳۷۸. اثر تنش آبی بر خصوصیات جوانه‌زنی گندم. مجله علوم خاک و آب. ج.۱۳، ص.۹۷-۸۷.

سعیدی، م.، احمدی، ع.، پوستینی، ک.، جهانسوز، م. ر.، ۱۳۸۶. ارزیابی ویژگی‌های جوانه‌زنی ژنوتیپ‌های مختلف گندم در شرایط تنش اسمزی و هم بستگی آنها با سرعت سبز شدن و مقاومت به خشکی در شرایط مزرعه‌ای. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. ج.۱۱، ص.۲۹۳-۲۸۱.

سلطانی، ا.، ۱۳۷۹. Germin. نرم افزاری برای محاسبه مؤلفه‌های جوانه‌زنی و سبز شدن .دانشکده علوم زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی گرگان.

لطیفی، ن.، سلطانی، ا.، اسپانر. د.، ۱۳۸۳. تأثیر دما بر مؤلفه‌های جوانه‌زنی ارقام کلزا. مجله علوم کشاورزی ایران. ج.۳۵، ص.۳۲۱-۳۱۳.

مرجانی، ع.، فارسی، م.، رحیمی زاده، م.، ۱۳۸۵. بررسی تحمل به خشکی ده ژنوتیپ نخود دیم در مرحله جوانه‌زنی با استفاده از پلی اتیلن گلایکول ۶۰۰۰. مجله علوم کشاورزی. ج.۱، ص.۲۹-۱۷.

مروجی، س.، ۱۳۸۷. بررسی عکس العمل لاین‌های جدید متحمل به خشکی و ارقام گندم به مقادیر مختلف پتاسیم. پایان نامه کارشناسی ارشد زراعت، دانشگاه آزاد اسلامی واحد مشهد.

میرمحمدی میبدی، ع. م.، قره یاضی، ب.، ۱۳۸۱. جنبه های فیزیولوژیک و به‌نژادی تنش شوری گیاهان. چاپ اول، مرکز نشر دانشگاه صنعتی اصفهان.

نبی زاده، ا.، حیدری شریف آباد، ح.، نورمحمدی، ق.، ۱۳۸۶. ارزیابی تحمل به خشکی لاین‌های خالص گندم زمستانه در مراحل جوانه‌زنی و رشد رویشی. مجله علوم کشاورزی. ج.۱۳، ص.۶۷۸-۶۶۱.

Blum, A., Sinmena, B., Ziv, O., 1980. An evaluation of seed and seedling drought tolerance screening tests in wheat. Euphytica. 29, 727-736.

Copland, L.D., Mc Donald, M.B., 1995. Seed Science and Technology. Chapman and Hall, New York.

Dakheel, A.L., Naji, I., Mahalakshmi, V., Peacock, J.M., 1993. Morpho-physiological traits associated with adaptation of drum wheat to harsh Mediterranean environment. Aspects of Applied Biology. 34,297-306.

De, R., Kar, R.K., 1995. Seed germination and seedling growth of mungbeen (*Vigna radiata*) under water stress induced by PEG 6000. Seed Sci. Technol. 23,301-308.

Desai, B.B., 2004. Seeds Handbook. Marcel Dekker, Inc. New York.

Ehdaie, B., Waines. J.G., 1993. Variation in water use efficiency and its components in wheat. Crop Sci. 31, 1282-1288.

Eemmerich, W.E., Hardegree, S.P., 1990. Polyethylene glycol solution contact effect on seed germination. Agron. J. 82, 1103-1107.

Falleri, E., 1994. Effect of water stress on germination in six provenances of *pinus pinaster* Ait. Seed Sci. Technol. 22, 591-599.

Gill, P.K., Shama, A.D., Singh, P., Singh Bhullar, S., 2002. Osmotic stress-induced changes in germination, growth and soluble sugar content of *Sorghum bicolor* L. seeds. Bulg. J. Plant. 28, 12-25.

Hardegree, S.P., 2006. Predicting germination response to temperature. I. Cardinal-temperature models and sub-population specific regression. Ann. Bot. 97, 115-1125.

Heyne, H.G., 1987. Wheat and Wheat Improvement. ASA, Wisconsin.

Hiaso, T.C., Acevedo, E., 1974. Plant responses to water deficits, water use efficiency and drought resistance. Agric. Metrology. 14, 56-84.

International Seed Testing Association (ISTA). 1985. International rules for seed testing. Annexes. Seed Sci. Technol. 13, 356 – 513.

Larsen, S.U., Andreasen. C., 2004. Light and heavy seeds differ in germination percentage and mean germination thermal time. Crop Sci. 44, 1710-1720.

Mexal, J., Reid, C.P.P., 1975. Oxygen availability in polyethylene glycol solutions and its implications in plant –water relations. Plant Physiol. 55, 20-24.

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

Najafian, G., Nikooseresht, R., Ghandi, A., Jafarnezhad, A., 2006. An adapted hexaploid wheat line for late season moisture stress in the temperate zone of Iran. Proceeding of International Plant Breeding Symposium, Aug. 20-25, Mexico City, Mexico. pp,164-165.

Scott, S.J., Jones, R.A., Williams. W.A., 1984. Review of data analysis method for seed germination. Crop Sci.24, 1192-1199.

Silvertown, J.W., 1982. Introduction to Plant Population Ecology. Longman.

Willenborg, C.J., Wildeman, J.C., Miller, A.K., Rossnagel, B.G., Shirtliffe. S.J., 2005. Oat germination characteristics differ among genotypes, seed size and osmotic potentials. Crop Sci. 45, 2023-2029.

Yazdi Samadi, B., Abd Mishani, C., Limberg, P., 1988. Effects of soil moisture stress on root and shoot development of seven wheat cultivars. Iran Agric. Res. 8, 49-61.

The University of Birjand
Faculty of Agriculture

Environmental Stresses in Agricultural Sciences (ESAS)
Vol. 2(1): 73-85

Environmental Stresses in Agricultural Sciences

Study of drought tolerance in four wheat genotypes, at germination stage

A. Jafarnezhad[1*], G. Taheri[2], A.A. Rahchamanie[3]

1. Assistant professor, Agriculture and Natural Resources Research Station of Neishabour
2. Assistant professor, Islamic Azad University, Neishabour Branch
3. Former M.Sc.Student in Agronomy, Islamic Azad University, Neishabour Branch

Abstract

Wheat is the most important crop worldwide, which may experience drought stress germination and grain filling period. Effects of drought stress at these stages reveal at the same season and at the future crop season respectively. In order to evaluate the effects of drought stress on seed vigor, a laboratory experiment was conducted using a factorial arrangement in a randomized completely design with three replications during 2008. The factors consisted four genotypes (Pishtaz, Marvdasht, DN-11, and WS-82-9) and five water potential (zero, -0.3, -0.6, -0.9 and -1.2 MPa). Results showed that genotypes, drought stress levels and their interactions, have significant effects on length, fresh and dry weight of radicle and plumule, also with reducing water potential all measured traits were decreased, but this reduction, was greater in plumule than radicle. These different responses caused higher Root/Shoot ratio. Also germination percent decreased more than germination rate due to drought stress. Although tolerance to water stress at grain filling period somewhat decreased seed vigor, but there wasn't any relationship between drought tolerance at germination stage with terminal drought stress tolerate. Among these genotypes, Pishtaz and DN-11 tolerated to drought stress, Marvdasht and WS-82-9 were intermediate and sensitive to water stress at germination stage respectively.

Keywords: Drought stress, Germination rate, Germination percent, Seed vigor

.

Corresponding Author: Ahmad Jafarnezhad, Agriculture and Natural Resources Research Station of Neishabour, P.O.BOX: 587; Tel: 0551-224588; E-mail: ajafarnzhad@yahoo.com