تأثیر تنش خشکی مرحله زایشی بر ویژگی‌های جوانه‌زنی بذر ژنوتیپ‌های بومی و اصلاح‌شده برنج (*Oryza sativa*)

سیده ارحامه فلاح شمسی[۱]، همت‌اله پیردشتی[۲،*]، علی‌اکبر عبادی[۳]، مسعود اصفهانی[۴]، محمود رائینی[۵]

[۱] دانشجوی دکتری زراعت، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
[۲] دانشیار گروه زراعت، پژوهشکده ژنتیک و زیست‌فناوری کشاورزی طبرستان، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
[۳] استادیار و عضو هیئت علمی موسسه تحقیقات برنج کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، رشت
[۴] استاد گروه زراعت، دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه گیلان
[۵] استاد گروه آبیاری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
[*]پست الکترونیک نویسنده مسئول: h.pirdashti@sanru.ac.ir

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۶/۲۹؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۱۲/۲۱)

چکیده

به‌منظور بررسی اثر تنش خشکی در مرحله زایشی بر ویژگی‌های جوانه‌زنی بذر هفت ژنوتیپ برنج، آزمایشی در سال ۱۳۹۴ در دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری بر دو گروه از بذرهای حاصل از تیمار تنش و شرایط طبیعی اجرا گردید. نتایج مقایسه‌های گروهی نشان داد که در بین بذرهای حاصل از شرایط بدون تنش، ارقام بومی شاخص و سرعت جوانه‌زنی، درصد آب بافت گیاهچه، طول ساقه‌چه و وزن خشک ریشه‌چه کمتری از ارقام اصلاح‌شده داشتند؛ اما از بین بذرهای حاصل از تنش، شاخص و سرعت جوانه‌زنی ارقام بومی نسبت به ارقام اصلاح‌شده بیشتر بود. از بین بذرهای رقم حساس و متحمل حاصل از شرایط بدون تنش نیز شاخص، سرعت و درصد جوانه‌زنی رقم حساس نسبت به ارقام متحمل بیشتر بود. از سوی دیگر، از مقایسه بذرهای تنش دیده رقم حساس و متحمل مشخص گردید که تنش خشکی افزایش زمان تا ۱۰، ۵۰، ۹۰ و ۹۵ درصد جوانه‌زنی، درصد آب بافت گیاهچه و طول گیاهچه در رقم حساس نسبت به ارقام متحمل را در پی داشته است. در مجموع به‌نظر می‌رسد بروز تنش خشکی در مرحله زایشی بر ویژگی‌های جوانه‌زنی نسل بعد گیاه اثر معنی‌داری داشت هرچند نوع پاسخ بسته به میزان تحمل ژنوتیپ به تنش و منشأ ژنتیکی آن متفاوت بود.

واژه‌های کلیدی: بذر تنش دیده، جرمین، شاخص بنیه، ضریب آلومتریک

جنبه‌های نوآوری:

۱- بروز تنش خشکی در مرحله زایشی بر ویژگی‌های جوانه‌زنی بذر تولیدی برنج اثر معنی‌داری دارد.
۲- از بین بذرهای حاصل از تنش، شاخص و سرعت جوانه‌زنی ارقام بومی نسبت به اصلاح‌شده برنج بیشتر بود.
۳- تنش خشکی افزایش زمان جوانه‌زنی را در ارقام حساس نسبت به ارقام متحمل برنج در پی داشت.

مقدمه

برنج (*Oryza sativa* L.) مهم‌ترین منبع غذایی و تأمین‌کننده کالری در کشورهای آسیایی است که ۲۱ درصد انرژی و ۱۵ درصد پروتئین را برای مصرف‌کنندگان فراهم می‌کند، از این‌رو توجه به کمیت

و کیفیت آن حائز اهمیت است (زیبایی[1]، ۲۰۱۳). طبق گزارش وزارت جهاد کشاورزی، مازندران و گیلان به ترتیب با ۳۷ و ۲۸/۲ درصد از ۵۳۹ هزار هکتار سطح زیر کشت شلتوک در کشور، بیشترین سطح کشت برنج را دارا هستند و در مجموع ۶۳/۱ درصد از تولید شلتوک کشور متعلق به این دو استان ساحلی است. این امر در حالی است که بر اساس گزارش مرکز پایش و هشدار خشک‌سالی کشور در سال ۱۳۹۴ در دو استان گیلان و مازندران به ترتیب ۳۷/۹ و ۴۴/۹ درصد از اراضی این دو استان تحت تأثیر خشکی خفیف، ۱۹/۲ و ۴۴/۵ درصد خشکی متوسط و ۴/۸ و ۹/۳ درصد تحت خشکی شدید قرار داشته‌اند. همچنین این مرکز گزارش کرده است که حدود ۹۴ درصد از جمعیت استان گیلان و ۹۹/۷ درصد از جمعیت استان مازندران تحت تأثیر خشک‌سالی بودند. از سوی دیگر با توجه به روند رو به رشد خشک‌سالی در کشور در ۳۰ سال آینده گزارش شده است که طی سال‌های ۲۰۲۵، ۲۰۳۴، ۲۰۳۵ و ۲۰۳۹ در بیشتر نقاط کشور از جمله مناطق شمال شرق و شمال غرب، خشک‌سالی شدید و بسیار شدید روی خواهد داد (خزانه‌داری و همکاران، ۱۳۸۹).

در بین عوامل مختلف مؤثر بر تولید محصولات کشاورزی، بذر عامل اساسی برای کارایی عوامل دیگر به شمار می‌رود (آیلیوا [2] و همکاران، ۲۰۱۳)؛ بنابراین استفاده از بذرهای با کیفیت بالا می‌تواند بخشی از راهکار پیشگیرانه در برابر آفات و بیماری‌هایی باشد که با هزینه کم و همگام با حفاظت محیطی، افزایش عملکرد را در پی دارد (دیاز[3] و همکاران، ۱۹۹۸). بخش عمده بافت بذر در غلات آندوسپرم نشاسته‌ای است که نقش مهمی در فراهمی مواد مغذی، حفاظت از جنین و کنترل رشد آن از طریق ایجاد ممانعت مکانیکی طی توسعه و جوانه‌زنی بذر بازی می‌کند. جنین به آندوسپرم برای القا و تسریع تجزیه ذخایر دانه طی جوانه‌زنی پیام می‌دهد، در مقابل آندوسپرم نیز قادر است که پیام‌های محیطی را حس کرده و پیغام‌هایی برای تنظیم رشد جنین ارسال نماید. در حقیقت جوانه‌زنی پاسخ نظام‌مند دوطرفه بین آندوسپرم و جنین است (یان[4] و همکاران، ۲۰۱۴). این امر در حالی است که بررسی‌ها نشان می‌دهد که وزن تک‌دانه در غلات به علت کوتاه شدن دوره پر شدن دانه و تجمع کمتر ماده خشک در دانه‌های در حال رشد و یا نتیجه کاهش سرعت و مدت تجمع نشاسته در آندوسپرم تحت تنش خشکی کاهش می‌یابد (القوداه[5] و همکاران، ۲۰۱۱). همچنین نتایج اعمال تنش خشکی از سه روز پیش از خوشه‌دهی گیاه برنج به مدت چهار روز نشان داد که از بین پروتئین‌های استخراج‌شده از آندوسپرم دانه بین نمونه‌های تنش دیده و طبیعی، پروتئین *GBSS*[6] شناسایی شد که نقش بسیار مهمی در کیفیت و بیوسنتز نشاسته دارد و عامل بسیار مهم در تعیین کیفیت دانه برنج است (مشتاق[7] و همکاران، ۲۰۰۸). بر اساس مرور انجام‌شده توسط القوده و همکاران (۲۰۱۱) مشخص گردید که جوانه‌زنی استاندارد برای بذرهای برداشت‌شده تحت تنش از بذر گیاهان طبیعی پایین‌تر بود. تنش خشکی در آغاز پرشدن دانه درصد جوانه‌زنی بذر و وزن خشک گیاهچه را کاهش و هدایت الکتریکی شیرابه بذر گیاه سویا را افزایش می‌دهد (اسمیسیکلاس[8] و همکاران، ۱۹۹۲). تنش خشکی مرحله پر شدن دانه در سویا کاهش پنج درصدی جوانه‌زنی استاندارد، کاهش بنیه بذر، کاهش وزن خشک گیاهچه تا ۱۲ درصد و افزایش هدایت الکتریکی شیرابه بذر تا ۱۹ درصد را سبب شد (دورنباس و مولن[9]، ۱۹۸۵). تنش خشکی انتهایی پس از آغاز پر شدن دانه بر جوانه‌زنی استاندارد جو اثر نداشت، اما بنیه بذر به‌طور معنی‌داری کم شد. در بررسی خصوصیات جوانه‌زنی بذرهای گندم نان حاصل از تنش خشکی با استفاده از کلرید پتاسیم چهار درصد توسط بالکان[10] (۲۰۱۲) از ارقام نیمه متحمل جذب آب بیشتر و تعداد ریشه بیشتری در آزمون جوانه‌زنی ثبت گردید. نتایج عبدلی و سعیدی[11] (۲۰۱۲) نشان داد که تنش در شرایط

[1] Zibaee
[2] Ilieva
[3] Diaz
[4] Yan
[5] Alqudah
[6] *Granule-Bound Starch Synthase*
[7] Mushtaq
[8] Smiciklas
[9] Dornbos and Mullen
[10] Balkan
[11] Abdoli and Saeidi

مزرعه‌ای سبب کاهش در تمامی صفات جوانه‌زنی بذر گندم به‌جز نسبت ساقه‌چه به ریشه‌چه و میانگین زمان جوانه‌زنی گردید. از آزمایش انجام‌گرفته روی باقلا هم آشکار گردید که قطع آب در مرحله گلدهی و پر شدن دانه، کاهش درصد جوانه‌زنی، قوه نامیه، سرعت جوانه‌زنی و وزن خشک گیاهچه را به دنبال داشت (قاسمی گلعذانی[1] و همکاران، ۲۰۱۲). در مطالعه شاهی[2] و همکاران (۲۰۱۵) بر ارزیابی اثر اندازه بذر و تنش آبی بر ویژگی‌های جوانه‌زنی گندم مشاهده شد که بذرهای بزرگ بیشترین درصد جوانه‌زنی را داشتند و با کوچک شدن اندازه بذر میزان جوانه‌زنی کاهش یافت. طول ریشه‌چه، ساقه‌چه و گیاهچه و نیز وزن خشک آن‌ها در بذرهای بزرگ‌تر بیش از سایر بذرها (متوسط و کوچک) بود. با توجه به وقوع خشک‌سالی بر اساس پیش‌بینی‌های صورت گرفته در آینده در جهان و ایران و در نظر گرفتن این موضوع که کیفیت بذر عامل مهمی در تولید محصولات کشاورزی است و از سوی دیگر در ایران بخش زیادی از بذرهای استفاده‌شده برای کشت در هر فصل زراعی بذرهای خودمصرفی توسط کشاورزان است، هدف از انجام پژوهش حاضر ارزیابی اثر تنش کم‌آبی مرحله زایشی بر ویژگی‌های جوانه‌زنی بذر هفت ژنوتیپ بومی و اصلاح‌شده برنج در نظر گرفته شد.

مواد و روش‌ها

به‌منظور ارزیابی کیفیت بذر و ویژگی‌های جوانه‌زنی بذرهای برنج حاصل از رشد تحت تنش خشکی، آزمون جوانه‌زنی روی هفت ژنوتیپ بومی و اصلاح‌شده برنج علی کاظمی، اهلمی طارم، شیرودی، ندا، گیلانه، لاین ۸۳۱ و گوهر (جدول ۱) در آزمایشگاه تنش‌های محیطی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در سال ۱۳۹۴ انجام گرفت. برای آزمایش حاضر، از بذرهای آزمایش مزرعه‌ای اجراشده در سال زراعی ۱۳۹۴ در موسسه تحقیقات برنج کشور (رشت) استفاده گردید. آزمایش مزرعه‌ای در دو شرایط آبیاری سنتی (عمق پنج سانتی‌متر آب ایستابی روی سطح مزرعه) و شرایط تنش خشکی با قطع آبیاری از مرحله آبستنی[3] معادل با مرحله پنج کدبندی SES[4] (بی‌نام[5]، ۲۰۱۴) تا پایان دوره رشد گیاه اجرا شد. بذرهای حاصل از آزمایش مزرعه‌ای ابتدا با محلول هیپوکلریت سدیم پنج درصد به مدت ۳۰ ثانیه (جاوید و همکاران، ۱۳۹۰) ضدعفونی و سپس چندین مرتبه با آب مقطر شست و شو و هوا خشک شدند.

آزمون جوانه‌زنی

تعداد ده عدد بذر از هر ژنوتیپ در پتری‌دیش نه سانتی‌متری روی کاغذ صافی واتمن شماره یک قرار داده شد. سپس پنج میلی‌لیتر آب مقطر به هر پتری‌دیش اضافه و به‌منظور حفظ رطوبت درب پتری‌دیش با پارافیلم بسته و در ژرمیناتور در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۴ روز (جاوید و همکاران، ۱۳۹۰) نگهداری و پس از ۲۴ ساعت بذرهای جوانه‌زده به‌طور روزانه شمارش شدند.

بذری با حداقل دو میلی‌متر ریشه‌چه به‌عنوان بذر جوانه‌زده محسوب گردید (جاوید و همکاران، ۱۳۹۰؛ ایستا[6]، ۲۰۰۴). در ادامه، شاخص‌هایی مانند درصد جوانه‌زنی (رابطه ۱)، شاخص جوانه‌زنی (رابطه ۲)، شاخص بنیه گیاهچه (رابطه ۳) و انرژی جوانه‌زنی (رابطه ۴) محاسبه شدند.

همچنین، با استفاده از نرم‌افزار جرمین[7] (اکرم قادری و همکاران، ۱۳۸۷) صفات سرعت (R_{50}, h^{-1}) و یکنواختی جوانه‌زنی (GU, h) و زمان تا ۱۰ (D_{10})، ۵۰ (D_{50})، ۹۰ (D_{90}) و ۹۵ (D_{95}) درصد جوانه‌زنی (مدت زمانی که طول می‌کشد تا جوانه‌زنی به ترتیب به ۱۰، ۵۰ و ۹۵ درصد حداکثر خود برسد) محاسبه گردید که زمان تا درصدهای جوانه‌زنی ذکرشده از طریق درون‌یابی خطی منحنی پیشرفت جوانه‌زنی در مقابل زمان محاسبه و سرعت و یکنواختی جوانه‌زنی از رابطه‌های ۵ و ۶ به‌دست آمد.

[1] Ghassemi-Golezani
[2] Shahi
[3] Booting
[4] Standard Evaluation System
[5] Anonymous
[6] ISTA
[7] Germine

جدول ۱- ویژگی‌های ژنوتیپ‌های برنج مورد آزمایش

شماره	ژنوتیپ	ویژگی	منشأ	تحمل به تنش خشکی*
۱	علی کاظمی	بومی	گیلان	متحمل
۲	اهلمی طارم	بومی	مازندران	متحمل
۳	شیرودی	اصلاح‌شده	مازندران	متحمل
۴	ندا	اصلاح‌شده	مازندران	متحمل
۵	گیلانه	اصلاح‌شده	گیلان	متحمل
۶	لاین ۸۳۱	اصلاح‌شده	گیلان	متحمل
۷	گوهر	اصلاح‌شده	گیلان	حساس

فلاح شمسی و همکاران (۱۳۹۴) *

(رابطه ۱) مگوایر[1] (۱۹۶۲) $GP = (n/N) \times 100$

GP = درصد جوانه‌زنی

(رابطه ۲) مگوایر (۱۹۶۲) $GI = \sum n_t/t$

GI = سرعت جوانه‌زنی

(رابطه ۳) عبدالباکی و اندرسون[2] (۱۹۷۳)

$VI = GP \times PL$

VI = شاخص بنیه PL = طول گیاهچه

(رابطه ۴) آگاروال[3] (۲۰۰۳) $GE = n_{D_5}/N$

n_{D_5}/N

GE = انرژی جوانه‌زنی

(رابطه ۵) خلیلی‌اقدم و همکاران (۱۳۹۱)

$R_{50} = 1/D_{50}$

(رابطه ۶) خلیلی‌اقدم و همکاران (۱۳۹۱)

$GU = D_{10} - D_{90}$

t: روز پس از کشت بذر، n_t: تعداد بذر جوانه‌زده در روز t، N: تعداد کل بذرها

آزمون گیاهچه‌ای

برای اندازه‌گیری ویژگی‌های گیاهچه‌ای به‌طور هم‌زمان با آزمون جوانه‌زنی در پتری‌دیش، کشت بذرهای برنج در کاغذ صافی انجام شد. بدین منظور ابتدا کاغذ صافی‌ها در دمای ۱۲۰ درجه و به مدت ۲۰ دقیقه اتوکلاو شدند. سپس بعد از مرطوب کردن کاغذ صافی، تعداد پنج بذر از هر ژنوتیپ در دولایه کاغذ صافی به ابعاد ۲۰ در ۳۰ سانتی‌متری در وسط کاغذ صافی در راستای یک خط قرار داده شد. پس از کشت بذر، کاغذهای پیچیده شده با قطر حدود چهار سانتی‌متر در کیسه‌های پلاستیکی گذاشته و جهت تأمین رطوبت کافی برای رشد به پلاستیک حاوی کاغذ صافی، مقدار سه میلی‌لیتر آب مقطر اضافه گردید. پس از بستن در کیسه‌های پلاستیکی کاغذ صافی‌ها در ژرمیناتور در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۴ روز نگهداری شدند (جاوید و همکاران، ۱۳۹۰؛ ایستا، ۲۰۰۴). در انتهای دوره برای اندازه‌گیری صفات گیاهچه‌ای از بذرهای رشد یافته در کاغذ صافی استفاده شد. ریشه‌چه و ساقه‌چه از بذر جدا و طول ریشه‌چه، ساقه‌چه و گیاهچه با خط‌کش و برحسب میلی‌متر اندازه‌گیری شدند. برای تعیین وزن‌تر و خشک ریشه‌چه، ساقه‌چه و گیاهچه، نمونه‌ها در آون ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت خشک‌شده و به‌وسیله ترازو با دقت ۰/۰۰۱ گرم وزن شدند. درصد آب بافت گیاهچه نیز از تفاضل وزن‌تر و خشک گیاهچه تقسیم بر وزن‌تر گیاهچه ضربدر ۱۰۰ محاسبه شد. برای محاسبه ضریب آلومتری نیز وزن خشک ریشه‌چه به وزن خشک ساقه‌چه تقسیم گردید. آزمون طبیعی بودن داده‌ها، تجزیه داده‌ها و مقایسات گروهی با نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۱ و مقایسه میانگین‌ها با آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال خطای پنج درصد صورت گرفت.

نتایج و بحث

بر اساس نتایج تجزیه واریانس، بین ژنوتیپ‌ها در تمامی صفات به‌جز درصد جوانه‌زنی، شاخص بنیه گیاهچه، انرژی گیاهچه و طول گیاهچه تفاوت

[1] Maguire
[2] Abdul-Baki and Anderson
[3] Agarwal

معنی‌داری ($P<0.01$) مشاهده شد. اعمال تنش خشکی در مرحله زایشی نیز جز صفات درصد جوانه‌زنی، شاخص بنیه گیاهچه، انرژی گیاهچه، یکنواختی جوانه‌زنی و طول ریشه‌چه، ساقه‌چه و گیاهچه بر سایر ویژگی‌های جوانه‌زنی اندازه‌گیری شده اثر معنی‌داری ($P<0.01$) داشت. برهمکنش ژنوتیپ و تنش خشکی مرحله زایشی نیز بر همگی صفات موردبررسی به‌جز درصد جوانه‌زنی، شاخص بنیه گیاهچه، انرژی جوانه‌زنی و طول ساقه‌چه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. اثر تنش خشکی آزمایش مزرعه‌ای نیز بر وزن هزار دانه معنی‌دار بود و کاهش حدود ۷ درصدی را به دنبال داشت (جدول نمایش داده نشد).

مقایسه میانگین برهمکنش تنش خشکی مرحله زایشی و ژنوتیپ نشان داد که بیشترین میزان صفت شاخص جوانه‌زنی از بذرهای رقم شیرودی رشد یافته در شرایط طبیعی و کمترین مقدار از اهلمی طارم حاصل از شرایط طبیعی به دست آمد. از بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی دو رقم شیرودی و علی کاظمی رشد یافته تحت شرایط طبیعی (به ترتیب ۰/۰۵۳ و ۰/۰۵۱ بذر در ساعت) بالاترین سرعت جوانه‌زنی و بذر لاین ۸۳۱ تنش دیده کمترین سرعت جوانه‌زنی را داشتند. بذرهای لاین ۸۳۱ تنش دیده یکنواختی جوانه‌زنی (حدود ۱۰ ساعت) کمتری نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها داشت. بیشترین مقدار یکنواختی جوانه‌زنی (حدود ۴ ساعت) از بذرهای تنش ندیده شیرودی ثبت شد. نتایج مقایسه میانگین نشان داد که کمترین مقدار برای صفات زمان تا ۱۰، ۵۰، ۹۰ و ۹۵ درصد جوانه‌زنی از بذرهای رقم شیرودی تنش ندیده مشاهده گردید. بیشترین زمان تا ۱۰ درصد جوانه‌زنی از بذرهای تنش ندیده رقم گوهر و بیشترین زمان برای رسیدن به ۵۰، ۹۰ و ۹۵ درصد جوانه‌زنی از بذرهای تنش دیده لاین ۸۳۱ به دست آمد. البته برای صفت زمان تا ۹۵ درصد جوانه‌زنی بذرهای رقم اهلمی طارم در هر دو شرایط تنش دیده و طبیعی و بذرهای تنش ندیده گیلانه در کنار لاین ۸۳۱ در یک گروه آماری (کلاس a) قرار داشتند. از بررسی میانگین درصد آب بافت گیاهچه برای ژنوتیپ‌ها آشکار شد که بیشترین مقدار این صفت از بذرهای تنش ندیده رقم گیلانه و بیشترین مقدار از اهلمی طارم تنش دیده و علی کاظمی طبیعی ثبت گردید. مقایسه بذرهای حاصل از شرایط طبیعی ژنوتیپ‌های مورد بررسی نشان داد که بیشترین شاخص جوانه‌زنی (۹/۵)، سرعت جوانه‌زنی (۰/۰۵۳ بذر در ساعت)، طول ریشه‌چه و گیاهچه (به ترتیب ۷/۳ و ۱۲/۹ سانتی‌متر) و کمترین یکنواختی جوانه‌زنی، زمان تا ۱۰، ۵۰، ۹۰ و ۹۵ درصد جوانه‌زنی (به ترتیب حدود ۱۳، ۱۹، ۲۸ و ۳۵ ساعت) و ضریب آلومتری (۰/۳۵) از رقم شیرودی به دست آمد. از بین بذرهای تنش دیده، برای بذر رقم علی کاظمی بیشترین شاخص جوانه‌زنی (۷/۵)، سرعت جوانه‌زنی (۰/۰۵۱ بذر در ساعت)، ضریب آلومتری (۳/۶) و طول ریشه‌چه و گیاهچه (به ترتیب ۷/۷ و ۱۰/۸ سانتی‌متر) و کمترین زمان تا ۱۰، ۵۰، ۹۰ و ۹۵ درصد جوانه‌زنی (به ترتیب حدود ۱۳، ۲۰، ۳۲ و ۴۰ ساعت) ثبت گردید. بذرهای رشد یافته در شرایط طبیعی رقم ندا بیشترین ضریب آلومتری را داشتند (جدول ۳). همچنین بذرهای تنش دیده رقم ندا بیشترین طول ریشه‌چه و طول گیاهچه را داشتند و از بذرهای تنش دیده اهلمی طارم و شیرودی کمترین طول ریشه‌چه و گیاهچه به دست آمد. از بذرهای تنش دیده لاین ۸۳۱ کمترین وزن‌تر و خشک ریشه‌چه، ساقه‌چه و گیاهچه و از بذرهای رشد یافته آن تحت شرایط طبیعی بیشترین وزن‌تر و خشک برای ریشه‌چه، ساقه‌چه و گیاهچه ثبت شد. وزن‌تر گیاهچه بذرهای تنش دیده رقم گیلانه نیز در سطح معنی‌داری یکسانی با بذرهای تنش ندیده رقم ۸۳۱ قرار گرفت (جدول ۲).

تنش خشکی کاهش وزن دانه را در پی داشت که در همین زمینه کاهش حدود نه درصدی وزن هزار دانه برنج تحت تأثیر تنش کمبود آب توسط صفائی چائی‌کار و همکاران (۱۳۸۶) و کاهش ۱۵-۶ درصدی وزن هزار دانه برنج در شرایط ۴۰ درصد رطوبت ظرفیت زراعی خاک توسط زبیر[1] و همکاران (۲۰۰۷) گزارش شد. در آزمایش حاضر نیز همبستگی وزن دانه در آزمایش مزرعه‌ای و بیشتر صفات جوانه‌زنی مثبت و غیر معنی‌دار بود. بالاترین همبستگی با صفت درصد جوانه‌زنی مشاهده شد (داده‌ها نشان داده نشد) از طرفی ویرا[2] و همکاران (۱۹۹۲)، در آزمایشی روی سویا بیان کردند که

[1] Zubaer
[2] Vieira

جدول ۲- مقایسه میانگین ویژگی‌های جوانه‌زنی ژنوتیپ‌های برنج مورد آزمایش

ژنوتیپ	شرایط	شاخص جوانه‌زنی	سرعت جوانه‌زنی (برساعت)	یکنواختی جوانه‌زنی (ساعت)	زمان تا ۱۰ درصد جوانه‌زنی (ساعت)	زمان تا ۵۰ درصد جوانه‌زنی	زمان تا ۹۰ درصد جوانه‌زنی (ساعت)	زمان تا ۹۵ درصد جوانه‌زنی (ساعت)	درصد آب بافت گیاهچه	ضریب آلومتری
علی	NS	۷/۸۰bc	۰/۰۴۶abc	۶/۵۱c-f	۱۳/۹ed	۲۱/۸gh	۶۹/۰f	۸۲/۳cd	۲۶/۲f	۰/۲۰d
کاظمی	DS	۷/۵۴bc	۰/۰۵۱ab	۴/۲۷fg	۱۳/۵e	۱۹/۷gh	۳۱/۹i	۴۰/۱gf	۵۶/۲d	۳/۵۸b
اهلمی	NS	۲/۸۸h	۰/۰۱۵ef	۸/۷۷abc	۴۶/۵a	۶۵/۶bc	۱۲۵/۳b	۱۳۰/۷a	۷۶/۸ab	۱/۴۹c
طارم	DS	۳/۱۶gh	۰/۰۱۶def	۸/۲۶a-d	۴۶/۴a	۶۳/۴bc	۱۳۵/۳a	۱۴۶/۵a	۲۶/۵f	۰/۱۵d
شیرودی	NS	۹/۵۰a	۰/۰۵۳a	۳/۷۰g	۱۳/۳e	۱۸/۷h	۲۷/۶i	۳۴/۸g	۶۷/۵c	۰/۳۵d
	DS	۵/۳۸de	۰/۰۲۴d	۷/۱۴b-e	۱۵/۶ed	۴۴/۰e	۶۶/۵f	۶۹/۳de	۶۶/۸c	۰/۸۲cd
ندا	NS	۶/۷۵cd	۰/۰۳۷c	۶/۷۷b-e	۱۴/۲ed	۲۷/۹f	۶۱/۶gf	۶۷/۵de	۷۴/۴b	۱۳/۴۳a
	DS	۷/۳۹bc	۰/۰۴۳bc	۶/۳۴def	۱۴/۷ed	۲۴/۵gf	۵۴/۷g	۶۷/۲de	۵۶/۶d	۰/۴۵d
گیلانه	NS	۳/۵۷fgh	۰/۰۱۶def	۹/۰۰ab	۳۲/۴c	۶۵/۶bc	۱۳۶/۵a	۱۴۷/۳a	۷۹/۹a	۰/۴۷d
	DS	۴/۶۱efg	۰/۰۲۴de	۷/۴۵b-e	۳۱/۲c	۵۵/۱d	۸۱/۹e	۱۰۰/۸bc	۷۶/۸ab	۱/۴۹c
۸۳۱	NS	۴/۷۷ef	۰/۰۱۶def	۸/۵۹a-d	۱۷/۱d	۶۱/۷c	۹۳/۰d	۱۰۲/۲b	۴۲/۵e	۱/۴۲c
	DS	۳/۲۹fgh	۰/۰۱۳f	۱۰/۳۶a	۳۹/۵b	۸۶/۰a	۱۳۹/۱a	۱۴۶/۹a	۷۳/۲b	۰/۴۳d
گوهر	NS	۸/۳۹ab	۰/۰۴۹ab	۵/۶۲efg	۴۵/۲a	۲۰/۶gh	۵۴/۷ef	۴۵/۳h	۵۳/۷d	۰/۷۲cd
	DS	۳/۱۵gh	۰/۰۱۵ef	۷/۸۶b-e	۱۳/۷e	۶۷/۳b	۱۱۰/۰c	۱۳۷/۵a	۷۶/۹ab	۰/۳۱d

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال خطای یک درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.
NS: بدون تنش و DS: تنش خشکی

جدول ۲- (ادامه)

ژنوتیپ	شرایط	طول ریشه‌چه (سانتی‌متر)	طول گیاهچه (سانتی‌متر)	وزن‌تر ریشه‌چه (گرم)	وزن‌تر ساقه‌چه (گرم)	وزن‌تر گیاهچه (گرم)	وزن خشک گیاهچه (گرم)	وزن خشک ریشه‌چه (گرم)	وزن خشک ساقه‌چه (گرم)
علی	NS	۵/۲۵de	۱۰/۶۰bc	۰/۰۱۶de	۰/۰۱۶a	۰/۰۱۶de	۰/۰۱۲d	۰/۰۰۷efg	۰/۰۰۷efg
کاظمی	DS	۷/۷۰ab	۱۰/۸۳bc	۰/۰۱۸de	۰/۰۰۲fg	۰/۰۱۸de	۰/۰۰۸e	۰/۰۰۸e	۰/۰۰۸e
اهلمی	NS	۶/۱۷cd	۱۱/۴۰bc	۰/۰۵۳a	۰/۰۰۵d	۰/۰۵۳a	۰/۰۱۲cd	۰/۰۲۷ab	۰/۰۲۷ab
طارم	DS	۳/۷۴f	۸/۶۰c	۰/۰۱۶de	۰/۰۱۴b	۰/۰۱۶de	۰/۰۱۳c	۰/۰۰۷efg	۰/۰۰۷efg
شیرودی	NS	۷/۳۴bc	۱۲/۸۷ab	۰/۰۱۹cde	۰/۰۰۴e	۰/۰۱۹cde	۰/۰۰۶f	۰/۰۰۸e	۰/۰۰۸e
	DS	۳/۵۴f	۸/۳۰c	۰/۰۱۳e	۰/۰۰۳fg	۰/۰۱۳e	۰/۰۰۴gh	۰/۰۰۷efg	۰/۰۰۶efg
ندا	NS	۴/۹۲def	۱۰/۷۷bc	۰/۰۱۲e	۰/۰۰۲g	۰/۰۱۲e	۰/۰۰۳h	۰/۰۰۶gf	۰/۰۰۶fg
	DS	۸/۸۲a	۱۵/۳۳a	۰/۰۳۵b	۰/۰۰۱h	۰/۰۳۵b	۰/۰۱۵b	۰/۰۱۷c	۰/۰۱۹c
گیلانه	NS	۴/۹۱def	۱۰/۹۳bc	۰/۰۲۴cd	۰/۰۰۳f	۰/۰۲۴cd	۰/۰۰۵fg	۰/۰۱۳d	۰/۰۱۳d
۸۳۱	DS	۴/۳۱ef	۸/۵۳c	۰/۰۵۲a	۰/۰۰۵d	۰/۰۵۲a	۰/۰۱۲cd	۰/۰۲۶b	۰/۰۲۶b
گوهر	NS	۴/۳۹ef	۹/۴۳bc	۰/۰۵۸a	۰/۰۱۴b	۰/۰۵۸a	۰/۰۳۲a	۰/۰۲۹a	۰/۰۲۹a
	DS	۵/۴۰de	۱۱/۳۷bc	۰/۰۱۱e	۰/۰۰۲g	۰/۰۱۱e	۰/۰۰۳h	۰/۰۰۶g	۰/۰۰۵g
	NS	۴/۹۱def	۱۱/۹۰abc	۰/۰۲۸bc	۰/۰۰۷c	۰/۰۲۸bc	۰/۰۱۳cd	۰/۰۱۶c	۰/۰۱۴d
	DS	۵/۳۹de	۱۳/۳۰ab	۰/۰۱۵de	۰/۰۰۳fg	۰/۰۱۵de	۰/۰۰۳gh	۰/۰۰۷efg	۰/۰۰۷efg

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال خطای یک درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.
NS: بدون تنش و DS: تنش خشکی

تنش خشکی از طریق تأثیر مستقیم بر متابولیسم بذر، باعث کاهش جوانه‌زنی و بنیه بذور برداشت‌شده از شرایط تنش شد که این کاهش در بذرهای کوچک معنی‌دار بود.

در گزارشی دیگر مشاهده شد که درصد جوانه‌زنی، قوه نامیه، سرعت جوانه‌زنی و وزن خشک گیاهچه بذرهای باقلا در اثر قطع آب مرحله گلدهی و پر شدن دانه کاهش یافت (قاسمی گلعذانی و همکاران، ۲۰۱۲). در همین زمینه، ارزیابی اثر اندازه بذر و تنش آبی بر بذرهای گندم نشان داد که بیشترین درصد جوانه‌زنی از بذرهای بزرگ به دست آمد و با کوچک شدن اندازه بذر میزان جوانه‌زنی کاهش یافت. طول ریشه‌چه، ساقه‌چه و گیاهچه و نیز وزن خشک آن‌ها در بذرهای بزرگ‌تر بیش از سایر بذرها (متوسط و کوچک) بود. سرعت جوانه‌زنی بذرهای کوچک بیشتر بود که احتمالاً به سبب نیاز کمتر به جذب آب در قیاس با سایرین بوده است. نیاز به جذب آب بیشتر در بذرهای بزرگ احتمالاً منجر به‌صرف زمان بیشتر برای جوانه‌زنی و در نهایت کاهش سرعت جوانه‌زنی گردید (شاهی و همکاران، ۲۰۱۵). ارزیابی خصوصیات جوانه‌زنی بذرهای گندم حاصل از تنش کمبود آب طی مراحل رشدی گیاه نشان داد که کاهش در تمامی صفات جوانه‌زنی جز نسبت ساقه‌چه به ریشه‌چه و میانگین زمان جوانه‌زنی از این بذرها حاصل گردید (عبدلی و سعیدی، ۲۰۱۲). به همین سبب به نظر می‌رسد بخشی از دلایل پاسخ ژنوتیپ‌های برنج از نظر ویژگی‌های جوانه‌زنی به اثرپذیری وزن دانه از تنش خشکی مرحله زایشی مرتبط باشد.

توجه به نتایج مقایسات گروهی (جدول ۳) نشان می‌دهد که در بین بذرهای رشد یافته تحت شرایط طبیعی (بدون تنش) ارقام بومی شاخص جوانه‌زنی (۱/۲۵)، سرعت جوانه‌زنی (۰/۰۰۴ بذر در ساعت)، درصد آب بافت گیاهچه (۱۲/۱ درصد) و طول ساقه‌چه (۰/۵ سانتی‌متر) کمتری نسبت به ارقام اصلاح‌شده داشتند. وزن خشک ریشه‌چه ارقام بومی تنش ندیده نیز کمتر از ارقام اصلاح‌شده تنش ندیده بود؛ اما وزن خشک گیاهچه تفاوتی باهم نداشتند. صفات روز تا ۱۰، ۵۰، ۹۰ و ۹۵ درصد جوانه‌زنی در ارقام بومی بیشتر از ارقام اصلاح‌شده حاصل از شرایط طبیعی بود. با توجه به‌سرعت جوانه‌زنی کمتر ارقام بومی در برابر ارقام اصلاح‌شده (جدول ۴) طولانی‌تر شدن زمان برای رسیدن به درصدهای ذکرشده جوانه‌زنی مورد انتظار خواهد بود. وزن‌تر ریشه‌چه، ساقه‌چه و گیاهچه و نیز وزن خشک ساقه‌چه ارقام بومی بیشتر از ارقام اصلاح‌شده بود. مقایسه بذرهای تنش دیده ارقام بومی و اصلاح‌شده نشان داد که شاخص جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، زمان تا ۱۰ درصد جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه و وزن خشک ساقه‌چه و گیاهچه ارقام بومی نسبت به ارقام اصلاح‌شده بیشتر بود. برای سایر صفات اندازه‌گیری شده شامل زمان تا ۵۰، ۹۰ و ۹۵ درصد جوانه‌زنی، درصد آب بافت گیاهچه، طول ساقه‌چه و وزن‌تر ریشه‌چه، ساقه‌چه و گیاهچه و وزن خشک ریشه‌چه مقدار کمتری از ارقام بومی نسبت به ارقام اصلاح‌شده ثبت شد. مقایسه بذرهای تنش دیده با بذرهای تنش ندیده ارقام اصلاح‌شده نشان داد که در اثر تنش خشکی مرحله زایشی صفات شاخص جوانه‌زنی، وزن‌تر و خشک ریشه‌چه، ساقه‌چه و گیاهچه کاهش یافتند. از طرفی، تنش خشکی باعث شد که صفات روز تا ۱۰، ۵۰، ۹۰ و ۹۵ درصد جوانه‌زنی، درصد آب بافت گیاهچه و ضریب آلومتری در بذرهای تنش دیده نسبت به بذرهای تنش ندیده افزایش یابند. برای صفات سرعت جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه و ساقه‌چه، وزن‌تر ریشه‌چه و ساقه‌چه تغییری بین ارقام تنش دیده و تنش ندیده مشاهده نشد. در مورد ارقام بومی تنش خشکی مرحله زایشی سبب شد تا نسبت به بذرهای تنش ندیده زمان رسیدن به ۱۰، ۵۰، ۹۰ و ۹۵ درصد جوانه‌زنی، وزن‌تر و خشک ریشه‌چه، ساقه‌چه و گیاهچه کاهش یابد. از سایر صفات موردبررسی تغییر معنی‌داری از لحاظ آماری به دلیل رشد در شرایط تنش مشاهده نگردید (جدول ۳).

بر اساس نتایج مقایسات گروهی مشخص شد زمانی که بذرها از شرایط بدون تنش به دست آمده باشند، رقم حساس شاخص جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، درصد جوانه‌زنی، وزن‌تر ریشه‌چه و وزن خشک گیاهچه بیشتری نسبت به ارقام متحمل داشتند در حالی که از نظر صفات زمان تا رسیدن به ۱۰، ۵۰، ۹۰ و ۹۵ درصد جوانه‌زنی، ضریب آلومتری، طول ریشه‌چه و ساقه‌چه، وزن‌تر ریشه‌چه و ساقه‌چه مقدار کمتری برای این ارقام در قیاس با ارقام متحمل ثبت شد. از سوی دیگر از

مقایسه بذرهای تنش دیده رقم حساس و متحمل مشخص گردید که تنش خشکی مرحله زایشی سبب افزایش زمان تا رسیدن به ۱۰، ۵۰، ۹۰ و ۹۵ درصد جوانه‌زنی، درصد آب بافت گیاهچه و طول گیاهچه در رقم حساس نسبت به ارقام متحمل گردید. در حالی که شاخص جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، ضریب آلومتری، طول ریشه‌چه و وزن‌تر و خشک ریشه‌چه، ساقه‌چه و گیاهچه کمتری نسبت به ارقام متحمل داشتند. از طرفی مقایسه ارقام متحمل نشان داد که تنش مرحله زایشی سبب گردید که ارقام متحمل حاصل از شرایط تنش خشکی مرحله زایشی شاخص جوانه‌زنی، زمان تا ۹۰ درصد جوانه‌زنی، درصد آب بافت گیاهچه، طول ریشه‌چه و وزن‌تر و خشک ساقه‌چه کمتری نسبت به زمانی که بذرهای تحت شرایط طبیعی رشد یافته‌اند داشته است؛ اما زمان تا ۱۰، ۵۰ و ۹۵ درصد جوانه‌زنی بذرهای تنش دیده بیشتر از ارقام متحمل حاصل از شرایط شاهد بود. مقایسه بین رقم حساس تنش دیده و رقم حساس رشد یافته در شرایط شاهد حاکی از آن است که تنش خشکی مرحله زایشی بر بذرهای حاصله اثر افزایشی از نظر صفات زمان تا ۱۰، ۵۰، ۹۰ و ۹۵ درصد جوانه‌زنی و درصد آب بافت گیاهچه و اثر کاهشی بر وزن‌تر و خشک ریشه‌چه، ساقه‌چه و گیاهچه داشته است (جدول ۴).

نتایج جوانه‌زنی بذرهای گندم نان رشد یافته در شرایط تنش خشکی که با استفاده از کلرید پتاسیم چهار درصد اعمال گردید نشان داد ارقام متحمل درصد جوانه‌زنی، طول کلئوپتیل، طول گیاهچه، وزن‌تر ساقه‌چه و وزن خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه بالاتری نسبت به رقم حساس و نیمه‌متحمل داشتند. در حالی که بالاترین میانگین زمان جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه و وزن‌تر ریشه‌چه از رقم حساس به تنش به دست آمد. برای بذرهای تنش ندیده (شاهد) تعداد ریشه، طول کلئوپتیل، طول گیاهچه، وزن‌تر و خشک گیاهچه و وزن‌تر و خشک ریشه‌چه بیشتری از بذرهای تنش دیده ثبت گردید. در مقابل بذرهای تنش دیده مقدار جذب آب بالاتر و درصد جوانه‌زنی بالاتری نسبت به شاهد داشتند که علت این امر را اثرات مخرب تنش خشکی بر اندازه بذر گندم نان گزارش کردند (بالکان، ۲۰۱۲). بر طبق آزمایشی که روی گیاه برنج آپلند تحت شرایط دیم[1] و آبیاری بارانی انجام شد مشخص گردید که سیستم آبیاری بارانی بر تعداد بذر جوانه‌زده در روز پنجم و سرعت جوانه‌زنی بذرهای حاصل هیچ اثری نداشت اما بنیه بذر تحت تأثیر قرار گرفت و در هر دو شرایط دیم و آبیاری، بنیه بذر کاهش یافت (کروسیول[2] و همکاران، ۲۰۱۲). مطالعه انجام‌شده روی گیاه جو نیز مشخص کرد که تنش خشکی انتهای دوره، بر بنیه بذر بیشتر از جوانه‌زنی استاندارد اثرگذار بود و سبب کاهش جوانه‌زنی پس از پیری تسریع شده بذر گردید، هرچند تنش اثری بر جوانه‌زنی استاندارد نداشت (ثمره و القوداه[3]، ۲۰۱۱). از سوی دیگر آرونا[4] (۲۰۱۳) با بررسی اثر قطع آب پس از کامل شدن ظهور خوشه روی صفات جوانه‌زنی سه رقم برنج نریکا[5] و یک رقم باسماتی گزارش کرد که قطع آب بر صفات جوانه‌زنی روی کاغذ صافی، طول گیاهچه و بنیه گیاهچه اثر معنی‌داری نداشت.

ابهری و گالشی (۱۳۸۶) گزارش کردند که تنش خشکی قبل از گرده‌افشانی تا مرحله برداشت و بعد از گرده‌افشانی تا مرحله برداشت چهار ژنوتیپ گندم بر درصد جوانه‌زنی پس از تسریع پیری و رشد گیاهچه و همچنین حداکثر جوانه‌زنی اثر کاهشی داشته و زمان تا شروع جوانه‌زنی و رسیدن به ۱۰ درصد حداکثر جوانه زنی آن نسبت به شاهد را افزایش داده است.

همچنین تنش خشکی در مرحله پر شدن دانه در سویا نیز درصد جوانه‌زنی استاندارد و وزن خشک گیاهچه را به ترتیب ۵ و ۱۲ درصد کاهش داد. بین کاهش کیفیت بذر با کاهش وزن تک بذر نیز همبستگی مشاهده شد (دورنبوس[6] و همکاران، ۱۹۸۹). یک اثر مهم کمبود آب روی دریافت مواد مغذی توسط ریشه و انتقال به ساقه است که ترکیب شیمیایی بذر را تغییر می‌دهد. هرچند پاسخ گونه‌های گیاهی و ژنوتیپ‌های مختلف یک گونه متفاوت است اما به‌طور کلی تنش رطوبتی افزایش در نیتروژن و کاهش در فسفر را سبب

[1] Rainfed
[2] Crusciol
[3] Samarah and Alqudah
[4] Aruna
[5] NERICA (New Rice for Africa)
[6] Dornbos

جدول ۳- مقایسه میانگین گروهی صفات موردبررسی در آزمایش بین ارقام بومی و اصلاح‌شده

گروه‌ها	شاخص جوانه‌زنی	سرعت جوانه‌زنی (بر ساعت)	زمان تا ۱۰ درصد جوانه‌زنی (ساعت)	زمان تا ۵۰ درصد جوانه‌زنی (ساعت)	زمان تا ۹۰ درصد جوانه‌زنی (ساعت)	زمان تا ۹۵ درصد جوانه‌زنی (ساعت)	درصد آب بافت گیاهچه	ضریب آلومتری
(۱)	(-۱/۲۵)**	(-۰/۰۰۴)**	(+۱۱/۹۲)**	(+۴/۸۲)**	(+۲۴/۳۵)**	(+۲۵/۲۱)**	(-۱۲/۱۲)**	(+۰/۱۶)**
(۲)	(+۰/۵۹)**	(+۰/۰۰۹)**	(+۰/۹۰۶)**	(-۱۳/۸۰)**	(-۶/۸۵)**	(-۱۱/۰۳)**	(-۲۸/۷۸)**	(-۱/۴۳)**
(۳)	(-۱/۸۳)*	(-۰/۰۱۰)^{ns}	(+۱۰/۸۷)**	(+۱۶/۴۹)**	(+۱۷/۶۴)**	(+۲۳/۰۴)**	(+۶/۴۷)**	(+۲/۶۱)**
(۴)	(+۰/۰۱)^{ns}	(+۰/۰۰۳)^{ns}	(-۰/۱۴۳)**	(-۲/۱۳)**	(-۱۳/۵۷)*	(-۱۳/۲۰)*	(-۱۰/۱۹)**	(+۱/۰۲)^{ns}
گروه‌ها	طول ریشه‌چه (سانتی‌متر)	طول ساقه‌چه (سانتی‌متر)	وزن‌تر ریشه‌چه (گرم)	وزن‌تر ساقه‌چه (گرم)	وزن‌تر گیاهچه (گرم)	وزن خشک ریشه‌چه (گرم)	وزن خشک ساقه‌چه (گرم)	وزن خشک گیاهچه (گرم)
(۱)	(+۰/۴۱۴)^{ns}	(-۰/۴۹)**	(+۰/۰۰۲)**	(+۰/۰۰۳)**	(+۰/۰۰۷)*	(-۰/۰۰۲)**	(+۰/۰۰۵)**	(+۰/۰۰۰۴)**
(۲)	(+۰/۲۲۶)*	(-۰/۹۶)^{ns}	(-۰/۰۰۵)**	(-۰/۰۰۵)**	(-۰/۰۰۹)**	(-۰/۰۰۲)**	(+۰/۰۰۶)**	(+۰/۰۰۳)**
(۳)	(+۰/۱۹۸)^{ns}	(+۰/۰۴)^{ns}	(-۰/۰۰۲)^{ns}	(-۰/۰۰۱)^{ns}	(-۰/۰۰۳)^{ns}	(-۰/۰۰۱)**	(-۰/۰۰۳)**	(-۰/۰۰۴)**
(۴)	(+۰/۰۱۰)^{ns}	(-۰/۴۳)^{ns}	(-۰/۰۰۹)**	(-۰/۰۱۰)**	(-۰/۰۱۸)**	(-۰/۰۰۱)**	(-۰/۰۰۲)**	(-۰/۰۰۱)**

**،* و ns به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال خطای یک و پنج درصد و عدم معنی‌داری

◦ اعداد داخل پرانتز نشان‌دهنده افزایش (+) یا کاهش (-) خصوصیات موردمطالعه است.

(۱) ارقام بومی تنش ندیده در برابر ارقام اصلاح‌شده تنش ندیده- (۲) ارقام بومی تنش دیده در برابر ارقام اصلاح‌شده تنش دیده- (۳) ارقام اصلاح‌شده تنش دیده در برابر ارقام اصلاح‌شده تنش ندیده- (۴) ارقام بومی تنش دیده در برابر ارقام بومی تنش ندیده

می‌شود (فاروق[1] و همکاران، ۲۰۰۸). گزارش شده که آبیاری بر محتوای مواد معدنی بذر گندم موثر بود و کاهش ۲۱ درصدی نیتروژن و افزایش فسفر، پتاسیم، کلسیم و منیزیم به ترتیب ۵۵، ۳۵، ۱۵۵ و ۳۲ درصدی را منجر گردید (اکرم قادری و همکاران، ۱۳۸۶). مطالعه اثر تنش خشکی بر برخی ترکیبات غذایی دانه برنج نیز نشان داد که مقادیر لیگنوسریک اسید و مس در گونه وحشی برنج به ترتیب حدود ۱۲/۶ و ۳۹/۵ کاهش یافت در حالی که در گیاهان متحمل به خشکی، مس و پتاسیم به ترتیب ۱۱۳/۳-۸۸/۱ و ۱۱/۹-۱۰/۴ درصد افزایش یافت (نام[2] و همکاران، ۲۰۱۴).

همچنین نام و کیم[3] (۲۰۱۵) گزارش کردند که تنش خشکی افزایش میزان متیونین، فنیل آلانین، لینولئیک اسید، لینولنیک اسید، کلسیم، پتاسیم و ویتامین ب و آ در دانه برنج و کاهش محتوای لینوسریک اسید را در پی دارد. از سوی دیگر ترکیب بذر بر میزان جذب آب توسط بذر به‌عنوان مرحله ضروری برای آغاز جوانه‌زنی اثرگذار است (اکرم قادری و همکاران، ۱۳۸۶). کاهش مواد معدنی در بذر با رشد ضعیف بذر و گیاهچه در مزرعه نیز همراه است (ابهری و گالشی، ۱۳۸۶). همچنین بین ارقام بومی و اصلاح‌شده نیز از نظر ترکیبات درون بذر تفاوت وجود دارد. در همین راستا گزارش شده که ارقام جدید گندم در جهتی اصلاح شده است که درصد پروتئین، روغن و کربوهیدرات آن‌ها در مقایسه با ارقام قدیمی‌تر بیشتر است (اکرم قادری و همکاران، ۱۳۸۶).

[1] Farooq
[2] Nam
[3] Nam and Kim

جدول ۴- مقایسه میانگین گروهی صفات موردبررسی در آزمایش بین ارقام متحمل و حساس

گروه‌ها	شاخص جوانه‌زنی	سرعت جوانه‌زنی (بر ساعت)	زمان تا ۱۰ درصد جوانه‌زنی (ساعت)	زمان تا ۵۰ درصد جوانه‌زنی (ساعت)	زمان تا ۹۰ درصد جوانه‌زنی (ساعت)	زمان تا ۹۵ درصد جوانه‌زنی (ساعت)	درصد جوانه‌زنی	درصد آب بافت گیاهچه	ضریب آلومتری
(۱)	(+۲/۵۱)**	(+۰/۰۱۸)**	(-۹/۲۸)**	(-۲۲/۹۹)**	(-۴۰/۱۸)**	(-۳۹/۴۶)**	(+۴/۴۴)*	(-۷/۵۱)^{ns}	(-۰/۰۰۹)**
(۲)	(-۲/۰۸)**	(-۰/۰۱۳)**	(+۷/۵۹)**	(+۱۸/۴۶)**	(+۲۵/۰۹)**	(+۴۲/۳۸)**	(+۶/۱۱)^{ns}	(+۱۷/۴۹)**	(-۳/۰۰۲)**
(۳)	(-۰/۶۵)**	(-۰/۰۰۲)^{ns}	(+۰/۲۸)**	(+۵/۲۴)^{ns}	(-۰/۶۰۰)**	(+۰/۹۹)**	(-۱/۶۷)^{ns}	(-۱/۸۶)**	(+۲/۵۸۵)^{ns}
(۴)	(-۵/۲۴)^{ns}	(-۰/۰۳۳)^{ns}	(+۳۳/۵۱)**	(+۴۶/۶۹)**	(+۶۴/۶۷)*	(+۸۲/۸۳)*	(۰/۰۰۰)^{ns}	(+۲۳/۱۴)**	(-۰/۴۰۸)^{ns}
گروه‌ها	طول ریشه‌چه (سانتی‌متر)	طول ساقه‌چه (سانتی‌متر)	طول گیاهچه (سانتی‌متر)	وزن‌تر ریشه‌چه (گرم)	وزن‌تر ساقه‌چه (گرم)	وزن‌تر گیاهچه (گرم)	وزن خشک ریشه‌چه (گرم)	وزن خشک ساقه‌چه (گرم)	وزن خشک گیاهچه (گرم)
(۱)	(-۰/۵۸)**	(-۰/۳۲)*	(+۰/۹۳)^{ns}	(+۰/۰۰۱)**	(-۰/۰۰۱)**	(-۰/۰۰۳)*	(۰/۰۰۰)**	(۰/۰۰۰)**	(+۰/۰۰۱)**
(۲)	(-۰/۱۹)**	(+۱/۶۱)^{ns}	(+۲/۷۹)**	(-۰/۰۰۴)**	(-۰/۰۰۵)**	(-۰/۰۰۹)*	(-۰/۰۰۴)**	(-۰/۰۰۲)**	(-۰/۰۰۶)**
(۳)	(+۰/۰۹)^{ns}	(-۰/۳۷)^{ns}	(-۰/۴۹)^{ns}	(-۰/۰۰۳)^{ns}	(-۰/۰۰۳)*	(-۰/۰۰۶)^{ns}	(۰/۰۰۰)**	(-۰/۰۰۳)**	(-۰/۰۰۲)^{ns}
(۴)	(+۰/۴۸)^{ns}	(+۱/۵۶)^{ns}	(+۱/۳۷)^{ns}	(-۰/۰۰۸)**	(-۰/۰۰۶)**	(-۰/۰۱۳)**	(-۰/۰۰۴)**	(-۰/۰۰۵)**	(-۰/۰۰۹)**

**،* و ns به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال خطای یک و پنج درصد و عدم معنی‌دار

◦ اعداد داخل پرانتز نشان‌دهنده مقدار افزایش (+) یا کاهش (-) خصوصیات موردمطالعه است.

(۱) رقم حساس تنش ندیده در برابر ارقام متحمل تنش ندیده- (۲) رقم حساس تنش دیده در برابر ارقام متحمل تنش دیده- (۳) ارقام متحمل تنش دیده در برابر ارقام متحمل تنش ندیده- (۴) رقم حساس تنش دیده در برابر رقم حساس تنش ندیده

نتیجه‌گیری

چنانچه از نتایج آزمایش حاضر آشکار شد تنش خشکی مرحله زایشی بر ویژگی‌های جوانه‌زنی بذرهای حاصل اثرگذار است. در بین بذرهای حاصل از شرایط بدون تنش ارقام بومی علی کاظمی و اهلمی طارم شاخص و سرعت جوانه‌زنی، درصد آب بافت گیاهچه، طول ساقه‌چه و وزن خشک ریشه‌چه کمتری از ارقام اصلاح‌شده داشتند؛ اما از بین بذرهای حاصل از تنش خشکی مرحله زایشی شاخص و سرعت جوانه‌زنی، زمان تا ۱۰ درصد جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه و وزن خشک ساقه‌چه و گیاهچه ارقام بومی نسبت به ارقام اصلاح‌شده بیشتر بود. بر اساس مقایسه بذرهای رقم حساس و متحمل حاصل از شرایط بدون تنش شاخص، سرعت و درصد جوانه‌زنی، وزن‌تر ریشه‌چه و وزن خشک گیاهچه رقم حساس نسبت به ارقام متحمل بیشتر بود. از سوی دیگر از مقایسه بذرهای تنش دیده رقم حساس و متحمل مشخص گردید که بذرهای تنش دیده رقم حساس شاخص و سرعت جوانه‌زنی، ضریب آلومتری، طول ریشه‌چه و وزن‌تر و خشک ریشه‌چه، ساقه‌چه و گیاهچه کمتری نسبت به ارقام متحمل دارند. از این‌رو به نظر می‌رسد که تغییرات صورت گرفته در درون بذر و تفاوت ژنتیکی بین ژنوتیپ‌ها منجر به تفاوت ویژگی‌های جوانه‌زنی بین بذور حاصل از تنش خشکی مرحله زایشی و بذور رشد یافته در شرایط بدون تنش گردید.

سپاسگزاری

بدین‌وسیله از موسسه تحقیقات برنج کشور در رشت و پژوهشکده ژنتیک و زیست‌فناوری کشاورزی طبرستان، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری به جهت مساعدت و همکاری طی اجرای این پژوهش قدردانی می‌شود.

منابع

ابهری، ع. و گالشی، س. ۱۳۸۶. اثر تنش خشکی انتهایی بر بنیه بذر ژنوتیپ‌های گندم (*Triticum aestivum*). مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی، ۱۴(۳): ۷-۱.

اکرم قادری، ف.، سلطانی، ا.، سلطانی، ا.، و میری، ع.ا. ۱۳۸۷. تأثیر پرایمینگ بر واکنش جوانه‌زنی به دما در پنبه. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی، ۱۵: ۵۱-۴۴.

اکرم قادری، ف.، کامکار، ب. و سلطانی، ا. ۱۳۸۶. علوم و تکنولوژی بذر. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۵۱۲ صفحه.

جاوید، ح. اصفهانی، م. و صبوری، ص. ۱۳۹۰. اثر سه روش خرمن‌کوبی بر ترک‌خوردگی دانه، جوانه‌زنی بذر و رشد گیاهچه برنج (*Oryza sativa* L.) رقم هاشمی. مجله به‌زراعی نهال و بذر، ۲۷(۱): ۷۲-۵۷.

خزانه‌داری، ل.، کوهی، م.، زابل‌عباسی، ف.، قندهاری، ش. و ملبوسی، ش. ۱۳۸۹. بررسی روند خشک‌سالی در ایران طی ۳۰ سال آینده (۲۰۱۰-۲۰۳۹). چهارمین کنفرانس منطقه‌ای تغییر اقلیم. ۲۹ آذر-۱ دی. ایران. تهران.

خلیلی‌اقدم، ن.، سلطانی، ا.، لطیفی، ن. و قادری‌فر، ف. ۱۳۹۱. تأثیر شرایط محیطی بر بنیه بذر سویای نواحی مختلف ایران. مجله الکترونیک تولید گیاهان زراعی، ۵(۴): ۱۰۴-۸۷.

صفائی چائی‌کار، ص.، ربیعی، ب.، سمیع‌زاده لاهیجی، ح. و اصفهانی، م. ۱۳۸۶. ارزیابی تحمل ژنوتیپ‌های برنج به تنش خشکی انتهای فصل. مجله علوم زراعی ایران، ۹: ۳۳۱-۳۱۵.

فلاح شمسی، س.ا.، پیردشتی، ه.، عبادی، ع.ا.، اصفهانی، م. و رائینی، م. ۱۳۹۴. گروه‌بندی ژنوتیپ‌های برنج (*Oryza sativa* L.) تحت تنش کم‌آبی با استفاده از شاخص‌های تحمل و حساسیت. دومین همایش ملی تنش‌های محیطی در گیاهان. ۱۷-۱۸ اردیبهشت‌ماه. دانشگاه شهید باهنر کرمان.

Abdoli, M., and Saeidi, M. 2012. Effects of water deficiency stress during seed growth on yield and its components, germination and seedling growth parameters of some wheat cultivars. International Journal of Agriculture and Crop Sciences, 4(15): 1110-1118.

Abdul-Baki, A., and Anderson, J.D. 1973. Vigor determination in soybean seed by multiple criteria. Crop Science, 13: 630-633. https://doi.org/10.2135/cropsci1973.0011183X001300060013x

Agarwal, R.L. 2003. Seed technology. Publication Company Limited New Delhi, India. 550p.

Alqudah, A.M., Samarah, N.H., and Mullen, R.E. 2011. Drought stress effect on crop pollination, seed set, yield and quality. In Alternative farming systems, biotechnology, drought stress and ecological fertilisation. Springer Netherlands. 193-213. https://doi.org/10.1007/978-94-007-0186-1_6

Anonymous. 2014. Standard Evaluation System for Rice (SES). IRRI (International Rice Research Institute) Loss Banos, Leguna, Philippines.

Aruna, M.J. 2013. Effect of withholding irrigation water after complete heading on rice yield and seed quality in Mwea, Kirinyaga county-Kenya. Ph.D. Dissertation Department of Agricultural Science and Technology, Kenyatta University, NAIROBI.

Balkan, A. 2012. Effect of artificial drought stress on seed quality of bread wheat. Iranian Journal of Plant Physiology, 2(2): 403-412.

Crusciol, C.A.C., Toledo, M.Z., Arf, O., and Cavariani, C. 2012. Water supplied by sprinkler irrigation system for upland rice seed production. Bioscience Journal, 28(1): 34-42.

Diaz, C., Hossein, M., Merca, S., and Mew, T. 1998. Seed quality and effect on rice yield: finding from farmer participatory experiments in central Luzon, Philippine. Journal of Crop Science, 23(2): 111-119.

Dornbos, D.L., Mullen R.E., and Shibles, R.E. 1989. Drought stress effects during seed fill on soybean seed germination and vigor. Crop Science, 29(2): 476-480. https://doi.org/10.2135/cropsci1989.0011183X002900020047x

Dornbos, D.L., and Mullen, R.E. 1985. Soybean seed quality and drought stress intensity during development. Iowa Seed Science, 7: 9-11.

Farooq, M., Wahid, A., Kobayashi, N., Fujita, D., and Basra, S.M.A. 2008. Plant drought stress effects, mechanisms and management. Agronomy for Sustainable Development, 29: 185-212. https://doi.org/10.1051/agro:2008021

Ghassemi-Golezani, K., Lotfi, R., and Norouzi, M. 2012. Seed quality of soybean cultivars affected by pod position and water stress at reproductive stages. International Journal of Plant, Animal and Environmental Sciences, 3: 119-125.

Ilieva, V., Mitrev, S., Karov, I., Markova, N., and Todorovska, E. 2013. Seed quality and its importance in agricultural production and safety of agricultural products. In: International Conference "Quality and Competence 2013", 13-15 June 2013, Ohrid, Macedonia.

ISTA. 2004. International rules for seed testing. The International Seed Testing Association (ISTA), Zurich, Switzerland.

Maguire, J.D. 1962. Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigour. Crop Science, 2: 176-177. https://doi.org/10.2135/cropsci1962.0011183X000200020033x

Mushtaq, R., Katiyar, S., and Bennett, J. 2008. Proteomic analysis of drought stress-responsive proteins in rice endosperm affecting grain quality. Journal of Crop Science and Biotechnology, 11(4): 227-232.

Nam, K.H., and Kim, C.G. 2015. Effects of water stress on chemical composition of rice grains. CNU Journal of Agricultural Science, 42(1):1-5. https://doi.org/10.7744/cnujas.2015.42.1.001

Nam, K.H., Kim, D.Y., Shin, H.J., Nam, K.J., An, J.H., Pack, I.S., Park, J.H., Jeong, S.C., Kim, H.B., and Kim, C.G. 2014. Drought stress-induced compositional changes in tolerant transgenic rice and its wild type. Food Chemistry, 153: 145-150. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.12.051

Samarah, N., and Alqudah, A. 2011. Effects of late-terminal drought stress on seed germination and vigor of barley (*Hordeum vulgare* L.). Archives of Agronomy and Soil Science, 57(1): 27-32. https://doi.org/10.1080/03650340903191663

Shahi, C., Kiran Bargali, V., and Bargali, S.S. 2015. How seed size and water stress effect the seed germination and seedling growth in wheat varieties?. Current Agriculture Research Journal, 3(1): 60-68. https://doi.org/10.12944/CARJ.3.1.08

Smiciklas, K.D., Mullen, R.E., Carlson, R.E., and Knapp, A.D. 1992. Soybean seed quality response to drought stress and pod position. Agronomy Journal, 84: 166-170 https://doi.org/10.2134/agronj1992.00021962008400020008x

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 Science, 32: 471-475. https://doi.org/10.2135/cropsci1992.0011183X003200020037x

Yan, D., Duermeyer, L., Leoveanu, C., and Nambara, E. 2014. The functions of the endosperm during seed germination. Plant and Cell Physiology, 55(9): 1521-1533. https://doi.org/10.1093/pcp/pcu089

Zibaee, A. 2013. Rice: importance and future. Journal of Rice Research, 1(2): e102.

Zubaer, M.A., Chowdhury, A.K.M.M.B., Islam, M.Z., Ahmed, T., and Hasan, M.A. 2007. Effects of water stress on growth and yield attributes of Aman rice genotypes. International Journal of Sustainable Crop Production, 2: 25-30.

Iranian Seed Research, Vol: 4(1), 2017

Effect of Drought Stress at Reproductive Stage on Seed Germination Characteristics of Local and Improved Rice (*Oryza sativa*) Genotypes

Seyedeh Arhameh Fallah-Shamsi [1], Hemmatollah Pirdashti[2,*], Aliakbar Ebadi[3], Masoud Esfahani[4], Mahmood Raeini[5]

[1] *Ph.D. Student of Agronomy, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran*

[2] *Associate Professor, Department of Agronomy, Genetics and Agricultural Biotechnology Institute of Tabarestan, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran*

[3] *Assistant Professor at Rice Research Institute of Iran, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Rasht, Iran*

[4] *Professor, Faculty of Agricultural Sciences, University of Guilan, Guilan, Iran*

[5] *Professor, Department of Irrigation, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran*

[*]Corresponding author, E-mail address: h.pirdashti@sanru.ac.ir

(Received: 19.09.2016 ; Accepted: 11.03.2017)

Abstract

In order to study drought stress effect at the reproductive stage on seed germination characteristics of seven rice genotypes, an experiment was carried out at Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University in 2014. This study was conducted on drought-stressed seeds and seeds grown under normal conditions. The results of orthogonal mean comparison among non-stressed seeds showed that local genotypes had a lower germination index, germination rate, water percentage of seedling tissue, shoot length and root dry weight than the improved genotypes. Among stressed seeds, however, local genotypes had a higher germination index and germination rates than those of improved genotypes. Comparison of non-stressed seeds of susceptible and tolerant genotypes indicated that susceptible genotypes had a higher germination index, germination rate and germination percentage than tolerant genotypes. On the other hand, the comparison of the stressed seeds of susceptible and tolerant genotypes revealed that drought stress increased the time to 10, 50, 90 and 95% germination, water percentage of seedling tissue and plantlet length in susceptible genotypes, which were higher than those of tolerant genotypes. In conclusion, it seems that drought stress at reproductive stage has a significant effect on germination characteristics of the plant's following generation. However, their responses are different, depending on the level tolerance of the genotype to stress and genetic origin.

Keywords: Allometric coefficient, Drought stressed seeds, Germin, Vigor index

Highlights:

1- Drought stress at reproductive stage has a significant effect on germination characteristics of the following generation of the rice plant.
2- Among stressed seeds, local genotypes have a higher germination index and germination rates than those of the improved genotypes.
3- Drought stress increases the time of germination in susceptible genotypes, which is higher than that in the tolerant genotypes.