نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۹، شماره ۴ ، سال ۱۳۹۰، ص ۶۳۸-۶۳۱

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 9, No.4, 2012, p. 631-638

ارزیابی تأثیر تنش کمبود اکسیژن بر مؤلفه‌های جوانه‌زنی و رشد گیاهچه ۵ رقم گندم

فؤاد حسینی[1*]- سید عطاالله سیادت[2]- عبدالمهدی بخشنده[3] - عبدالنور چعب[4]

تاریخ دریافت: ۱۳۸۹/۲/۱۷
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۰/۷/۱۹

چکیده

به منظور بررسی رابطهٔ تنش کمبود اکسیژن بر مؤلفه‌های جوانه‌زنی و رشد گیاهچه گندم در شرایط آزمایشگاهی، مطالعه‌ای بر روی ۵ رقم گندم در آزمایشگاه در سال ۱۳۸۶ انجام شد. این آزمایش با آرایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار اجرا گردید. تیمارهای آزمایشی شامل ۵ رقم گندم (چمران، فلات، روشن، استار و شعله) به‌عنوان فاکتور اول و ۲ سطح اکسیژن (بذر با شرایط نرمال و بذر با شرایط تنش‌کمبود اکسیژن) به‌عنوان فاکتور دوم در هر یک از ارقام مذکور انجام گرفت. نتایج بدست آمده از این آزمایش نشان داد که تنش کمبود اکسیژن باعث کاهش درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، ضریب آلومتریک، شاخص بنیه بذر و سایر مولفه‌های جوانه‌زنی در ارقام مختلف گردید. بنابراین می‌توان از این آزمون به‌عنوان روشی مناسب جهت تعیین کیفیت توده‌های بذری مختلف در شرایط ماندابی استفاده نمود. در بین ارقام، رقم گندم روشن از نظر بسیاری از مؤلفه‌های جوانه‌زنی (مانند درصد جوانه‌زنی وسرعت جوانه زنی) بیش از ارقام چمران، فلات و استار به این نوع تنش مقاوم بوده است. در صورتیکه رقم چمران از نظر غالب شاخص‌های جوانه‌زنی جزو کلاس بذری ضعیف دسته‌بندی شد. در میان ارقام مورد آزمایش بیشترین ضرایب همبستگی مربوط به شاخص بنیه بذر با طول گیاهچه و وزن خشک ریشه‌چه و گیاهچه به ترتیب با ۰/۹۲ و ۰/۹۰ بود.

واژه‌های کلیدی: بنیه بذر، تنش کمبود اکسیژن، سرعت جوانه‌زنی، درصد جوانه‌زنی و گندم

مقدمه

بذر گندم یکی از نهاده‌های مؤثر در برآورد هزینه‌های تولیدگیاه گندم است. به همین دلیل تولید و کشت بذر مرغوب با در نظرگرفتن تراکم مطلوب اقتصادی در دستیابی به محصول مناسب در واحد سطح اهمیت فراوانی دارد. لذا می‌توان گفت کیفیت زراعی بذر به‌عنوان یکی عوامل مهمی که عملکرد گیاهان زراعی را تحت شرایط مزرعه‌ای تعیین می‌کند، می‌باشد (۲۸). مفهوم کیفیت بذر از سه جزء سلامت بذر، قابلیت زنده بودن بذر و قوه نامیه بذر که حاصل می‌شود تشکیل شده است. به همین علت استفاده از بذرهای قوی به دو صورت عمده می‌تواند باعث افزایش عملکرد گیاهان زراعی شود: اول درصد گیاهچه سبزشده از بذرهای قوی بیشتر از بذرهای تنش دیده و فرسوده است، و دوم سرعت رشد چنین گیاهانی بیشتر از گیاهان حاصل از بذرهای ضعیف می‌باشد (۸).

عوامل متعددی کیفیت بذر و رشد گیاهان زراعی را تحت تأثیر قرار می‌دهند که مطالعه اثر این عوامل امروزه مورد توجه پژوهشگران بذر قرار گرفته و از موضوعات مهم پژوهش در کشاورزی است. یکی از آزمون‌های اولیه که عموماً جهت تعیین کیفیت بذر مورد استفاده قرار می‌گیرد، آزمون قدرت بذر با استفاده از مجموعه‌ای از تنش‌هاست. که برای نخستین بار جهت بررسی قدرت بذر گندم ابداع شد و متعاقباً برای بررسی آزمون قدرت بذر ذرت به‌عنوان شاخصی از میزان حداقل دامنه ظهور گیاهچه ذرت در شرایط تنش‌زای خاک‌های مجارستان اصلاح گردیده و مورد استفاده قرار گرفت (۳۱).

روش اجرای این آزمون برخلاف سایر آزمون‌های متداول قدرت بذر فقط بر یک نوع تنش تمرکز ندارد. این آزمون شرایط تنش‌زای مختلف که یک توده بذر ممکن است در محیط مزرعه تحت تأثیر آن باشد را می‌سنجد (۱۳). این آزمون در ۱۰ سال گذشته در مجارستان برای شناسایی و تشخیص توده‌های بذر قوی و ضعیف از یکدیگر بطور گسترده‌ای مورد استفاده قرار گرفته و در مورد ذرت اجرای این آزمون منجر به دستیابی به تراکم‌های مطلوب بالاتر در مزرعه برای تولید بیشتر ذرت گردیده است (۱۶). بارلازابو و دولینکا (۱۶) نشان دادند که نتایج حاصل از اجرای این آزمون بر روی بذور مربوط به ۲

۱، ۲، ۳ و ۴- به ترتیب دانشجوی سابق کارشناسی ارشد زراعت، استادان و دانشجوی سابق کارشناسی ارشد گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان
(*- نویسنده مسئول:Email : Eng_foad@yahoo.com)

توده بذری گندم همبستگی بسیار قوی با ظهور گیاهچه در مزرعه در کشت بهاره و یا آزمون سرما دارد. همچنین آن‌ها پیشنهاد کردند که تحت شرایط مناسب کشت بذر در بهار درصد سبز مزرعه نزدیک به درصد جوانه‌زنی استاندارد می‌باشد ولی در صورت نامساعد بودن شرایط در هنگام کاشت، درصد سبز مزرعه به درصد گیاهچه‌های عادی مربوط به طبقه بذر قوی نزدیک‌تر می‌باشد و میزان ظهور گیاهچه در مزرعه بین این دو حد قرار می‌گیرد. بنابراین نتایج حاصل از این آزمون و ظهور گیاهچه در مزرعه همبستگی خوبی دارند البته در شرایطی که یک توده بذر میزان جوانه‌زنی بالا ولی قدرت ضعیفی (کمتر از ۴۸ درصد) داشته باشد میزان ظهور گیاهچه می‌تواند بشدت متغیر باشد. بگونه‌ای که در مجارستان از سال ۱۹۸۲ به بعد از نتایج حاصل از این آزمون برای تعیین قدرت توده‌های بذری و میزان بذر مصرفی استفاده شد (۱۳).

واند ونتر و همکاران (۳۲) گزارش کردند که این آزمون برای پیش‌بینی میزان ظهور گیاهچه در مزرعه و در دیمزارهای گندم در آفریقای جنوبی مناسبتر از آزمون جوانه‌زنی نبوده است. لذا این امر شاید از محدودیت‌های این آزمون باشد. از سوی دیگر گیل و دلوچ (۲۱) گزارش نمودند که آزمون جوانه‌زنی استاندارد می‌تواند یک شاخص نسبتاً دقیقی از کیفیت بذر باشد زیرا کیفیت پایین و نیز پیری توده بذری به شدت بر روی درصد جوانه‌زنی بذرها تأثیر گذاشته و می‌توان از آزمون جوانه‌زنی استاندارد برای تعیین دقیق تفاوت سطوح کیفیت هر یک از توده‌های بذری استفاده نمود (۱۹). بطورکلی در جوانه‌زنی بذرهای گیاهان زراعی درصد نهایی جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، شاخص قدرت بذر و طول گیاهچه اهمیت زیادی دارد و میزان حساسیت این اجزاء به تنش‌های محیطی از جمله کاهش اکسیژن در اثر زیادروی در آبیاری و ایجاد شرایط ماندابی یا بارندگی‌های شدید متفاوت می‌باشد. به همین خاطر این مطالعه با هدف بررسی آزمون قدرت بذر، رشد گیاهچه و سایر مؤلفه‌های جوانه‌زنی در شرایط تنش کمبود اکسیژن در آزمایشگاه و ارزیابی آن به‌عنوان انتخاب معیاری مناسب جهت پیش‌بینی پوشش سبز و استقرار ارقام مختلف گندم در مزرعه به کار گرفته شد.

مواد و روش‌ها

این مطالعه در سال ۱۳۸۶ در آزمایشگاه تکنولوژی بذر دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین (خوزستان) که در ۳۶ کیلومتری شمال شرقی شهرستان اهواز و در حاشیهٔ کارون با عرض جغرافیایی ۳۱ درجه و ۳۶ دقیقه شمالی و ارتفاع ۵۰ متر از سطح دریا واقع شده است، بصورت آرایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار اجرا شد. تیمارهای آزمایشی عبارت از: فاکتور اول شامل ۵ رقم گندم (چمران، فلات، روشن، استار و شعله) به‌عنوان فاکتور اول و ۲ سطح اکسیژن (بذر با شرایط نرمال و بذر با شرایط تنش‌کمبود اکسیژن) در هر یک از ارقام مذکور انجام گرفت.

جهت انجام آزمایش ابتدا پتری دیش‌های موردنیاز در آون بمدت ۴۸ ساعت در دمای ۲۰ درجه سانتیگراد استریل شدند. سپس بذور گندم توسط سدیم هیپوکلریت ۵ درصد، به مدت ۳۰ ثانیه ضدعفونی شدند و با آب مقطر در چند مرحله شستشو داده شدند. این عمل برای جلوگیری از حمله قارچ‌ها صورت گرفت. بعد از ضدعفونی بذور تعداد ۵۰ عدد بذر در چهار تکرار برای هر یک از ارقام مورد آزمایش بر روی کاغذ صافی به‌عنوان تیمارهای نرمال جدا و کنار گذاشته شد. سپس تعداد ۵۰ عدد بذر دیگر از همان ارقام در ظرف‌های جداگانه‌ای در ۲۰۰ میلی لیتر آب مقطر که حاوی ۰/۱۵ درصد کلر بود به‌عنوان تیمار تنش‌دیده خیس شدند (۱۳). ظرف‌ها بمدت ۴۸ ساعت در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد و ۴۸ ساعت در دمای ۲ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند. بعد از این مدت بذور خیسانده شده را از محلول خارج کرده و خشک نموده، سپس تعداد ۵۰ عدد بذر گندم از هر توده را برای کشت به روش بین کاغذ صافی (۳۰×۳۰) به فواصل مساوی روی خط مرکزی صفحه کاغذ صافی طوری قرار داده شد که ریشه‌چه به سمت پایین ورقهٔ کاغذ صافی رشد کند. کاغذهای صافی جوانه‌زده لوله شده (۴۰ عدد) و آن‌ها را در ظرف‌هایی بطور عمودی قرار داده شدند و ظرف‌ها را با کیسه‌های نایلونی پوشانده و درب ظرف با کش محکم مسدود شد. در نهایت ظروف مذکور را در ژرميناتور با دمای ۲۰ درجه سانتیگراد و دقت ۱± درجه سانتیگراد قرار داده شدند (۱۳). شمارش جوانه‌زنی گیاهچه‌ها از روز دوم آغاز و تا سیزده روز ادامه یافت. بنحویکه معیار جوانه‌زنی، خروج حداقل یک برگ لپه‌ای بود (۹). بنابراین روز آخر شمارش روزی بود که بمدت ۳ روز متوالی جوانه‌زنی ثابت شد. در روز آخر کاغذهای صافی را از ژرميناتور خارج کرده و میزان گیاهچه‌های جوانه‌زده را شمارش و سپس تعداد گیاهچه‌های نرمال و غیرنرمال مشخص شدند.

علاوه براین آزمایش، در روز چهارم یک آزمون مشاهداتی دیگری انجام گرفت، و در این آزمون کاغذ صافی محتوی بذور جوانه‌زده که تنش بر آن‌ها وارد شده بود را از دستگاه ژرميناتور خارج کرده و میزان جوانه‌زنی بذور را با شمارش تعداد بذور جوانه‌زده تعیین نموده، و متوسط طول گیاهچه عادی سبزشده را با اندازه‌گیری طول ۵ گیاهچه از هر تودهٔ بذری مشخص گردید. پس از آن میانگین طول گیاهچه‌های مزبور در ضریب ۰/۲۵ ضرب شد، و توده ارقام موردنظر براساس دسته‌بندی قدرت توده بذر (۱۳) بصورت ذیل تقسیم شدند:

توده بذر دارای گیاهچه‌های نرمال قوی: ۱۰۰-۸۰ درصد گیاهچه‌های عادی قوی (کلاس A).

توده بذر دارای قدرت متوسط: ۷۹-۴۸ درصد گیاهچه‌های عادی قوی (کلاس B).

توده بذر دارای قدرت ضعیف: کمتر از ۴۸ درصد گیاهچه‌های

عادی قوی (کلاس C).

اندازه‌گیری طول ریشه‌چه، ساقه‌چه و وزن خشک گیاهچه: در پایان آزمون جوانه‌زنی تعداد ده گیاهچه بصورت تصادفی از هر رقم انتخاب و سپس اندازه‌گیری طول ریشه‌چه وساقه‌چه، وزن خشک ریشه‌چه، ساقه‌چه و گیاهچه انجام شد.

سرعت جوانه‌زنی[1]: سرعت جوانه‌زنی بذرها با استفاده از روش ماگوئر (۱۹۶۲) محاسبه شد (رابطه ۱).

$$G.R. = \sum_{i=1}^{n} \frac{N_i}{T_i} \quad (۱)$$

N_i: تعداد بذرهای جوانه‌زده در هر روز، T_i: تعداد روز که از روز اول تا روز چهاردهم پس از کشت است.

شاخص قدرت بذر[2]: این شاخص از حاصل ضرب درصد جوانه‌زنی نهایی (درصد جوانه‌زنی در روز هفتم) در طول گیاهچه محاسبه شد (۱۴).

ضریب آلومتریک[3]: ضریب آلومتری بین قسمت‌های هوایی و ریشه ارقام براساس وزن خشک آن‌هاست و معمولاً ضریب آلومتری در این قسمت‌ها کم است. افزون براین برخی از منابع از این ضریب به‌عنوان نمایانگر نوعی از تحمل به تنش خشکی یاد نموده‌اند. اگر چه نسبت بین قسمت‌های هوایی و ریشه تحت کنترل ژنتیکی است ولی بطور شدیدی تحت تاثیر محیط هم می‌باشد (۱۱). ضریب آلومتریک نیز از فرمول زیر محاسبه شد (رابطه ۲):

$$\text{ضریب آلومتریک} = \frac{\text{وزن خشک ساقه‌چه}}{\text{وزن خشک ریشه‌چه}} \quad (۲)$$

در پایان آزمایش، داده‌های بدست آمده از این آزمون به کمک نرم‌افزار SAS و روش موسوم به برش‌دهی فیزیکی[4] استفاده شد. چون که بکارگیری شیوه متداول تجزیه موجب پوشیده ماندن اختلافات ارقام در شرایط تنش می‌شود، ضمناً تفاوت بزرگ واریانس خطا (میان شرایط نرمال و کمبود اکسیژن) باعث نقض فرضیات جدول تجزیه واریانس نیز می‌گردد (۶). برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون کمترین اختلاف معنی‌داری (LSD, α= ٪۵) استفاده شد.

نتایج و بحث

نتایج آزمون مشاهداتی که در روز چهارم آزمایش انجام گرفت در جدول ۱ آورده شده است. همانطور که ملاحظه می‌شود هیچکدام از ارقام مورد آزمون در کلاس توده بذر قوی قرار نمی‌گیرند. تنها رقم روشن در کلاس توده بذری متوسط قرار گرفت. که با توجه به بذر نرمال قوی این رقم می‌توان نتیجه گرفت که رقم روشن دارای کیفیت بذری متوسط می‌باشد. در حالیکه ارقام استار، فلات، شعله و چمران همگی در کلاس بذری ضعیف قرار گرفتند. سعیدی و همکاران (۵) در ارزیابی ویژگی‌های جوانه‌زنی چند ژنوتیپ گندم در شرایط تنش اسمزی مشاهده کردند که رقم روشن نسبت به ارقام آزادی، فلات و قدس از سرعت سبزشدن بالاتری برخوردار می‌باشد. بدیهی است که این نتایج تکمیل‌کننده نتایج اصلی این ارزیابی بوده و نتایج آزمون‌های دیگر را تایید نمود. مضافاً نتایج تجزیه و تحلیل صفات اندازه‌گیری شده در آزمون‌های آزمایشگاهی مشخص نمود که درصد جوانه‌زنی نهایی، سرعت جوانه‌زنی، شاخص بنیه بذر، ضریب آلومتریک، طول ریشه‌چه، ساقه‌چه، گیاهچه، وزن خشک ریشه‌چه و گیاهچه بطور معنی‌داری تحت تأثیر تنش کمبود اکسیژن قرار گرفتند، که این موضوع نشان دهندهٔ ضرورت تامین اکسیژن و اجتناب از ایجاد شرایط غرقابی در این مرحله از رشد گیاه است. در صورتی‌که در صفت وزن خشک ساقه‌چه اختلاف معنی‌داری میان ارقام گندم در عکس‌العمل به تنش دیده نشد (جدول ۲). اما در شرایط نرمال اکسیژن بجز در سه صفت وزن خشک ریشچه، ساقه‌چه و گیاهچه در سایر پارامترهای اندازه‌گیری شده، بین ارقام مختلف تفاوتی معنی‌داری دیده شد (جدول ۲).

درصد جوانه‌زنی نهایی و سرعت جوانه‌زنی

نتایج مقایسه میانگین ارقام نشان داد که در شرایط نرمال اکسیژن رقم استار و شعله با ۹۸/۶ و ۸۵/۳ درصد بترتیب دارای بیشترین و کمترین درصد جوانه‌زنی بودند. این در حالیست که، در شرایط تنش کمبود اکسیژن این دو رقم به‌ترتیب با جوانه‌زنی ۶۲ و ۵۳ درصد در یک گروه آماری قرار گرفتند و رقم برتر در این شرایط رقم روشن با جوانه‌زنی ۸۹ درصد بود (جدول۲). این امر بخوبی حاکی از تفاوت ذاتی (ژنتیکی) بین ارقام در شرایط مناسب و کمبود اکسیژن است. بگونه‌ای که هر کدام از ارقام در شرایط نرمال و تنش عکس‌العمل‌های متفاوتی از خود نشان دادند. هر چند که در اجرای این آزمایش پی بردن به چگونگی عکس‌العمل و وجود تفاوت بین ارقام متفاوت گندم مورد نظر نبوده است اما وجود تفاوت و تنوع در واکنش و عکس‌العمل ارقام به این صفات در کمک به ارزیابی دقیقتر رابطه بین آزمون‌های آزمایشگاهی و چگونگی ظهور و استقرار بوته‌های جوان در مزرعه می‌تواند موثر واقع شود.

بطورکلی نتایج این آزمون نشان داد که رقم روشن علی‌رغم اینکه در شرایط نرمال از این نظر پس از ارقام استار و چمران قرار گرفت، اما در شرایط تنش با اختلاف ۵/۶ درصدی نسبت به شرایط نرمال از سایر ارقام برتر بود. بعبارت بهتر رقم روشن از پایداری نسبی بیشتری در شرایط تنش نسبت به ارقام استار، چمران، فلات و شعله (بترتیب ۳۷، ۴۳/۸، ۳۳/۷ و ۳۷/۵ درصد) برخوردار بود.

1-Germination rate
2-Seed vigor index
3-Allometric coefficient
4-Physical slicing

جدول ۱- نتایج آزمون مشاهداتی قدرت گیاهچهٔ توده‌های متفاوت بذری گندم براساس دسته‌بندی همپتون و تکرونی

رقم	جوانه‌نزده (٪)	نرمال متوسط (٪)	نرمال قوی (٪)	غیرنرمال (٪)	کلاس
روشن	۱۰/۶	۲۶/۶	۵۴/۶	۸	B
چمران	۴۵/۳	۱۷/۳	۲۴	۱۳/۳	C
شعله	۴۵/۳	۱۷/۳	۲۸	۹/۳	C
فلات	۴۰	۱۳/۳	۳۷/۳	۹/۳	C
استار	۳۹/۳	۱۱/۳	۴۲	۷/۳	C

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس آزمون‌ها و صفات اندازه‌گیری شده در سطوح نرمال و تنش کمبود اکسیژن.

منابع تغییرات	df	میانگین مربعات								
		درصد جوانه‌زنی	سرعت جوانه‌زنی	شاخص بنیه	ضریب آلومتر یک	طول			وزن خشک	
						ریشه‌چه	ساقه‌چه	گیاهچه	ساقه‌چه	گیاهچه
شرایط نرمال اکسیژن										
رقم	۴	۸۸/۰۰۰$^{\times}$	۴۳/۱۲۹$^{\times\times\times}$	۴۲/۴۸۹$^{\times}$	۰/۱۹۸$^{\times}$	۲۶/۵۰۴$^{\times}$	۱۰/۴۲۷$^{\times}$	۵۴/۵۸۶$^{\times}$	۰/۰۰۰۰۴^{ns}	۰/۰۰۰۰۹^{ns}	۰/۰۰۰۱^{ns}
خطا	۱۰	۱۴/۹۳۳	۶/۹۲۱	۹/۷۷۰	۰/۰۳۷	۱/۸۴۷	۱/۸۶۸	۹/۷۱۵	۰/۰۰۰۰۴	۰/۰۰۰۰۴	۰/۰۰۰۱
شرایط تنش کمبود اکسیژن										
رقم	۴	۶۴۶/۹۳۳$^{\times}$	۹۹/۱۵۱$^{\times}$	۴۰۱/۴۴^{ns}	۰/۰۸۹^{ns}	۱۴/۷۸۴$^{\times}$	۲۹/۵۴۸$^{\times}$	۲۷/۷۱۲^{ns}	۰/۰۰۰۳$^{\times\times\times}$	۰/۰۰۰۱^{ns}	۰/۰۰۰۷^{ns}
خطا	۱۰	۱۷۰/۴۰۰	۱۸/۳۴۷	۱۶/۹۰۲	۰/۰۲۶	۲/۸۳۰	۵/۳۲۳	۱۲/۱۲۳	۰/۰۰۰۰۲	۰/۰۰۰۰۷	۰/۰۰۰۱

ns ، $^{\times}$ و $^{\times\times\times}$ به ترتیب بیانگر عدم تفاوت معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۰/۱ درصد می‌باشد

اما نکته قابل مشاهده در این آزمون اینست که رقم چمران با وجود اینکه هم‌اکنون در استان خوزستان بیشترین سطح زیر کشت گندم آبی را تشکیل می‌دهد اما از نظر پایداری نسبی در جوانه‌زنی تحت شرایط تنش از دیگر ارقام ضعیفتر بود. نتایج حاصل از آزمون درصد جوانه‌زنی این مطالعه با نتایج کول گوپتا و همکاران(۲۹)، هالدر و همکاران(۲۴)، گوتیرز و همکاران (۲۳) مطابقت دارد.

یکی دیگر از شاخص‌های اندازه‌گیری کیفیت بذر، سرعت جوانه‌زنی ارقام می‌باشد. هرچه ارقام بتوانند در مدت زمان کمتری، درصد جوانه‌زنی بیشتری داشته باشند یا به عبارت بهتر، از سرعت جوانه‌زنی بالاتری برخوردار باشند، دارای کیفیت بذر مطلوب‌تری و قدرت بذر بالاتری خواهند داشت. نتایج مقایسه میانگین آزمون‌ها و صفات اندازه‌گیری شده در این آزمایش در جدول ۳ آورده شده است. همانگونه که مشاهده می‌شود در شرایط نرمال اکسیژن رقم چمران با ۳۱/۸ روز بیشترین، و پس از آن ارقام استار و روشن، فلات و شعله در گروه آماری متفاوتی قرار گرفتند (جدول ۳). در صورتی که رقم روشن برخلاف شرایط نرمال آن که در گروه آماری دوم قرار گرفته بود در شرایط تنش در بالاترین سطح آماری قرار گرفت. بنظر می‌رسد این رقم در شرایط کمبود اکسیژن و با توجه به شوک وارده توانسته از طریق افزایش سرعت جوانه‌زنی خود ضمن برتری آن نسبت به شرایط عادی اکسیژن خودش، موجب برتری این رقم بر سایر ارقام در شرایط تنش شد. بنحوی که مابقی ارقام در این شرایط در یک گروه آماری قرار گرفتند. بالعکس رقم چمران علیرغم چیرگی در شرایط نرمال اکسیژن نسبت به سایر ارقام اما در شرایط تنش نتوانست همچنان این برتری خود را حفظ نماید لذا در این شرایط در کمترین سطح آماری قرار گرفت. احتمالاً مکانیزم (های) مقاومتی که باعث برتری رقم روشن در شرایط تنش گردیده در رقم چمران وجود نداشته است. این در حالیست که سرعت جوانه‌زنی (سرعت رویش) از عوامل مهم در بین خصوصیات مطلوب زراعی بذر بوده و پایین بودن آن در بذر باعث عدم یکنواختی تراکم گیاهان در مزرعه می‌شود (۱۲). زینلی و همکاران (۴) با بررسی اثر تنش شوری بر روی اجزاء جوانه‌زنی بذرهای کلزا گزارش نمودند که درصد نهایی جوانه‌زنی و سرعت جوانه‌زنی به ترتیب مقاوم‌ترین و حساس‌ترین جزء به تنش شوری هستند.

شاخص بنیه بذر

نتایج حاصل از تجزیهٔ واریانس این آزمون نشان داد، که در شرایط نرمال و استرس کمبود اکسیژن بین ارقام متفاوت گندم از نظر این پارامتر تفاوت معنی‌داری وجود دارد (جدول ۲). بنابراین می‌توان

نتیجه گرفت که تنش کمبود اکسیژن قدرت بذر ارقام مختلف گندم را با وجود تفاوتهای فیزیولوژیکی، فعالیتهای بیوشیمیایی، فرسودگی و حتی مکانیزم (های) مقاومت بشدت می‌تواند تحت تاثیر قرار دهد بگونه‌ای که ارقام متفاوت واکنش یکسانی را از خود بروز دادند. در کل مشاهدات حاصل از مقایسه میانگین این آزمون منتهی به این نتیجه شد، که ارقام روشن و چمران بترتیب با ۲۹/۹ و ۲۱ در شرایط نرمال و ۱۸/۱ و ۵/۷ در شرایط تنش بیشترین و کمترین شاخص بنیه را داشته باشند (جدول ۳). همچنین بین سایر ارقام در شرایط نرمال اختلاف معنی‌داری وجود داشت. در صورتیکه میان ارقام فلات، استار، چمران و شعله در شرایط تنش تفاوت معنی‌داری ملاحظه نشد و همگی در یک سطح آماری قرار گرفتند. این امر حاکی از اینست که این ارقام دارای قدرت مشابهی در این شرایط هستند. با این وجود رقم روشن با تفاوت ۳۹/۵ درصدی نسبت به شرایط نرمال بیشترین قدرت را در شرایط تنش از خود واکنش داد. بیات و ربیعی (۱) در آزمایشی با بررسی آزمون‌های مختلف قدرت بذر نظیر آزمون تنش سرمایی و پیری تسریع شده بر روی مولفه‌های جوانه‌زنی و رشد گیاهچه ۵ رقم کلزا گزارش کردند که ارقام مختلف کلزا از لحاظ درصد جوانه‌زنی و سرعت جوانه‌زنی و شاخص بنیه بذر در شرایط آزمون‌های مذکور دارای اختلاف معنی‌داری با یکدیگر بودند، که نتایج این آزمون‌ها مؤید نتایج این آزمایش میباشند.

ضریب آلومتریک

نتایج تجزیه واریانس این آزمایش مشخص نمود که ضریب آلومتریک ارقام مختلف بطور معنی‌داری در سطح آماری ۵ درصد تحت شرایط تنش و نرمال قرار گرفت (جدول ۲). بهمین خاطر ارقام متفاوت در این شرایط در گروه‌های آماری گوناگونی قرار گرفتند. رقم فلات بیشترین ضریب آلومتریک در شرایط نرمال با ۱/۲۸ را داشت، در صورتیکه در شرایط تنش رقم روشن تفاوت معنی‌داری را با سایر ارقام نشان داد بنحویکه این رقم نسبت به سایر ارقام برتر بود (جدول ۳). احتمالاً این امر ناشی از عکس‌العمل و رشد مناسب ساقه‌چه و ریشه‌چه این رقم در شرایط تنش کمبود اکسیژن بوده است. بدین‌ترتیب کمترین ضریب آلومتریک در شرایط نرمال مربوط به ارقام چمران و شعله (۰/۸۵ و ۰/۶۲) و در شرایط تنش به ارقام استار، فلات، شعله و چمران با ۰/۸۹، ۰/۷۸، ۰/۷۲ و ۰/۵۴ تعلق داشت.

طول و وزن خشک ریشه‌چه، ساقه‌چه و گیاهچه

همانطور که در جدول ۲ مشاهده می‌گردد میان ارقام گندم از نظر صفات وزن خشک ریشه‌چه، ساقه‌چه و گیاهچه در شرایط نرمال، و وزن خشک ساقه‌چه در شرایط تنش اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. در حالیکه برای سایر صفات در هر دو شرایط تفاوت معنی‌داری حداقل در سطح آماری ۵ درصد دیده شد. بنابراین این موضوع بخوبی بیانگر واکنش ارقام به شرایط مورد آزمایش بوده است. به‌همین دلیل هر کدام از صفات مزبور ارقام گندم در گروه‌های آماری گوناگونی قرار گرفتند (جدول ۳). به‌گونه‌ای که در شرایط تنش بزرگترین طول ریشه‌چه و گیاهچه به رقم روشن (۱۱/۳ و ۲۰/۲ سانتی‌متر)، و بزرگترین طول ساقه‌چه با ۱۹/۹ سانتی‌متر به رقم چمران مربوط بود. همچنین در این شرایط رقم روشن از نظر وزن خشک ریشه‌چه و گیاهچه نسبت به سایر ارقام برتری نشان داد. اما نکته قابل تاملی که در شرایط تنش دیده شد اینست که، رقم روشن بترتیب بزرگترین و کمترین طول ریشه‌چه و ساقه‌چه را (۱۱/۳ و ۸/۹ سانتی‌متر)، از آنِ خود نمود.

جدول ۳- مقایسه میانگین ارقام در هر سطح اکسیژن.

ارقام	درصد جوانه‌زنی	سرعت جوانه‌زنی	شاخص بنیه	ضریب آلومتریک	طول				وزن خشک	
					ریشه‌چه	ساقه‌چه	گیاهچه	ریشه‌چه	ساقه‌چه	گیاهچه
شرایط نرمال اکسیژن										
چمران	۹۷/۳ ab	۳۱/۸ a	۲۱/۰ b	۰/۸۵ bc	۸/۱ c	۱۱/۶ b	۲۱/۵ a	۰/۰۳۹ a	۰/۰۵۰ab	۰/۰۸۹ a
فلات	۹۰/۶ bc	۲۶/۲ bc	۲۸/۲ a	۱/۲۸ a	۱۶/۰ a	۱۳/۶ ab	۳۱/۰ a	۰/۰۳۵ a	۰/۰۴۷ab	۰/۰۸۲ a
روشن	۹۴/۶ ab	۳۰/۴ ab	۲۹/۹ a	۰/۹۹ ab	۱۴/۵ ab	۱۵/۸ a	۳۱/۷ a	۰/۰۳۹ a	۰/۰۵۱ a	۰/۰۹۱ a
استار	۹۸/۶ a	۳۰/۵ ab	۲۴/۷ ab	۱/۱۴ ab	۱۳/۴ b	۱۱/۵ b	۲۴/۹ b	۰/۰۴۰ a	۰/۰۳۸ b	۰/۰۷۸ a
شعله	۸۵/۳ c	۲۲/۷ c	۲۲/۴ b	۰/۶۲ c	۱۳/۷ ab	۱۴/۵ a	۲۶/۲ ab	۰/۰۴۵ a	۰/۰۵۱ a	۰/۰۹۷ a
شرایط تنش کمبود اکسیژن										
چمران	۵۴/۶ b	۱۶/۳ b	۸/۱b	۰/۵۹ c	۵/۴۹ c	۱۶/۹۵ a	۱۲/۹۹ b	۰/۰۲۳ b	۰/۰۴۰ab	۰/۰۶۷bc
فلات	۶۰/۰ b	۲۲/۳ b	۱۰/۷ab	۰/۷۸ abc	۸/۰ bc	۱۰/۲ b	۱۸/۲ ab	۰/۰۳۷ a	۰/۰۴۰ab	۰/۰۷۷ abc
روشن	۸۹/۳ a	۳۱/۷ a	۱۸/۱ a	۱/۰۳ a	۱۱/۳ a	۸/۹ b	۲۰/۲ b	۰/۰۴۲ a	۰/۰۵۱ a	۰/۰۹۴ a
استار	۶۲/۰ b	۲۱/۶b	۱۳/۷ab	۰/۹۴ a	۱۰/۰ ab	۱۰/۵ b	۲۰/۵ a	۰/۰۳۷ a	۰/۰۴۸ ab	۰/۰۸۶ ab
شعله	۵۳/۳ b	۱۹/۵ b	۱۰/۴b	۰/۷۲ bc	۷/۹ bc	۱۰/۹ b	۱۸/۸ ab	۰/۰۱۸ b	۰/۰۳۵ b	۰/۰۵۳ c

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند فاقد اختلاف آماری معنی‌دار می‌باشند (LSD, α=٪۵)

بهمین علت ضریب آلومتریک این رقم برخلاف سایر ارقام در شرایط تنش و نرمال (بترتیب ۱/۰۳ و ۰/۹۹) خیلی به هم نزدیک بود. بنابراین احتمال می‌رود که این رقم از این مکانیزم جهت تحمل استرس کمبود اکسیژن استفاده می‌نماید. به‌همین خاطر این رقم در بسیاری از مؤلفه‌های جوانه‌زنی برتر بود. سعیدی و همکاران (۵) در ارزیابی ویژگی‌های جوانه زنی چند ژنوتیپ گندم در شرایط تنش اسمزی مشاهده کردند که رقم روشن نسبت به ارقام آزادی، فلات و قدس از سرعت سبزشدن بالاتری برخوردار می‌باشد .در شرایط نرمال اکسیژن بجز طول ریشه‌چه، کوچکترین طول ساقه‌چه، گیاهچه و وزن خشک ساقه‌چه بترتیب به ارقام استار و چمران مربوط بود (جدول ۳). در حالی‌که در این شرایط صفات وزن خشک ریشه‌چه و گیاهچه در کلیه ارقام تفاوت معنی‌داری نشان نداد.

همبستگی صفات

ضرایب همبستگی بین آزمون‌ها و صفات مورد مطالعه در آزمایشگاه در جدول ۴ نشان داده شده است. همانطور که ملاحظه می‌شود بین درصد جوانه‌زنی بذر با سرعت جوانه‌زنی، شاخص بنیه بذر، ضریب آلومتریک، طول ریشه‌چه و گیاهچه، وزن خشک ریشه‌چه و گیاهچه در سطح آماری ۰/۱ درصد همبستگی مثبت، و با طول ساقه‌چه و وزن خشک ساقه‌چه همبستگی نشان داد. بدین معنی که با افزایش درصد جوانه‌زنی صفات نامبرده که شاخص‌هایی از کیفیت بذر می‌باشند نیز به استثنای طول ساقه‌چه و وزن خشک ساقه‌چه افزایش می‌یابند. علاوه براین بالاترین ضرایب همبستگی صفات با درصد جوانه‌زنی، با ۰/۸۶ به سرعت جوانه‌زنی و شاخص بنیه بذر متعلق بود ($p\leq\%0.1$). همچنین سرعت جوانه‌زنی با طول ساقه‌چه و وزن خشک ساقه‌چه عدم همبستگی، در صورتیکه با شاخص بنیه بذر، ضریب آلومتریک، طول ریشه‌چه و گیاهچه، وزن خشک ریشه‌چه و گیاهچه همبستگی مثبت وجود داشت (جدول ۴).

شاخص بنیه بذر با طول ساقه‌چه و وزن خشک ساقه‌چه همبستگی نداشت اما با طول گیاهچه و سایر صفات همبستگی مثبت و قوی ($p\leq\%0.1$) به بار آورد.هامپتون و تکرونی (۲۵) در آزمایشی نشان دادند که طول گیاهچه معیاری از بنیه گیاهچه است و در بسیاری از گونه‌های گیاهی، همبستگی بین طول گیاهچه و بنیه آن مشخص شده، بنابراین از آن به عنوان معیاری برای ارزیابی رشد گیاهچه و بنیه آن گیاه استفاده میشود.

ضریب آلومتریک فقط با طول ریشچه و گیاهچه همبستگی مثبت و معنی‌داری نشان داد. طول ریشچه با طول گیاهچه، وزن خشک ریشه‌چه و گیاهچه همبستگی قوی در سطح ۰/۱ درصد داشت. در این رابطه توکلی و همکاران (۲) با ارزیابی آزمون‌های مختلف قدرت بذر بر روی ۴ رقم یونجه گزارش نمودند که بین طول ریشچه و وزن خشک گیاهچه همبستگی قوی و مثبتی وجود داشت. همچنین بین طول گیاهچه با وزن خشک ریشه‌چه و گیاهچه، و وزن خشک ریشه‌چه با وزن خشک گیاهچه همبستگی مثبتی ملاحظه گردید. ولی طول ساقه‌چه و وزن خشک ساقه‌چه با هیچکدام از صفات همبستگی نشان نداد.

نتیجه‌گیری

نتایج بدست آمده حاکی از آنست که تنش کمبود اکسیژن بر روی شاخص‌های اندازه‌گیری شده، بویژه در راس آن‌ها درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، شاخص بنیه بذر و ضریب آلومتریک تأثیرگذار بوده و باعث کاهش این شاخص‌ها شده است. این امر نشان می‌دهد که می‌توان این آزمون را به‌عنوان آزمون راهنما، جهت تعیین کیفیت توده‌های بذری مختلف معرفی نمود.

جدول ٤- ضرایب همبستگی [(۱)] آزمون‌ها و صفات اندازه‌گیری شده.

	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰
۱) درصد جوانه‌زنی	۱									
۲) سرعت جوانه‌زنی	۰/۸۶ xxx	۱								
۳) شاخص بنیه بذر	۰/۸۶ xxx	۰/۶۸ xxx	۱							
۴) ضریب آلومتریک	۰/۴۷ xxx	۰/۴۶ xxx	۰/۵۹ xxx	۱						
۵) طول ریشه‌چه (سانتیمتر)	۰/۶۴ xxx	۰/۴۷ xxx	۰/۸۵ xxx	۰/۵۷ xxx	۱					
۶) طول ساقه‌چه (سانتیمتر)	-۰/۰۵ ns	۰/۲۹ ns	۰/۰۷ ns	-۰/۳۱ ns	-۰/۰۲ ns	۱				
۷) طول گیاهچه (سانتیمتر)	۰/۶۴ xxx	۰/۴۹ xxx	۰/۹۲ xxx	۰/۵۶ xxx	۰/۸۹ xxx	۰/۰۷ ns	۱			
۸) وزن خشک ریشه‌چه (گرم)	۰/۶۳ xxx	۰/۵۷ xxx	۰/۵۴ xxx	۰/۱۵ ns	۰/۵۴ xxx	-۰/۲۴ ns	۰/۴۶ xxx	۱		
۹) وزن خشک ساقه‌چه (گرم)	۰/۲۵ ns	۰/۲۰ ns	۰/۱۳ ns	۰/۱۲ ns	۰/۰۷ ns	-۰/۱ ns	۰/۰۴ ns	۰/۱۶ ns	۱	
۱۰) وزن خشک گیاهچه (گرم)	۰/۶۳ xxx	۰/۵۵ xxx	۰/۵۸ xxx	۰/۱۹ ns	۰/۵۸ xxx	-۰/۱۵ ns	۰/۵۳ xxx	۰/۹۰ xxx	۰/۲۳ ns	۱

۱- ns و xxx ضرایب به ترتیب بیانگر عدم همبستگی و همبستگی میان صفات اندازه‌گیری شده در سطح احتمال ۰/۱ درصد می‌باشد.

همچنین در بین ارقام آزمایشی رقم روشن در بین اکثر صفات مورد آزمون عملکرد بالایی بخود اختصاص داد. و در واکنش به تنش کمبود اکسیژن، کمترین کاهش را در بین اکثر صفات از خود نشان داد که این ویژگی‌ها نشان دهندهٔ کیفیت بالای بذر این رقم نسبت به ارقام چمران، فلات، استار و شعله بوده است. که این نتایج با نتیجه حاصل از آزمون مشاهداتی در روز چهارم هم مطابقت داشت (جدول ۱). در صورتی‌که کمترین مقاومت به شرایط تنش در اکثر صفات از آن رقم چمران و شعله بود.

منابع

۱- بیات، م.،ب. ربیعی.۱۳۸۷. تأثیر تنش سرمایی و پیری تسریع شده بر روی مولفه‌های جوانه زنی و رشد گیاهچه ۵ رقم کلزا.دهمین کنگره زراعت تهران- کرج . ص۵۶.

۲- توکلی‌کاخکی، ح ر.؛ع. بهشتی و ع.کوچکی ع.؛ ۱۳۸۴. ارزیابی آزمونهای قدرت بذر جهت تعیین کیفیت بذر یونجه. مجله پژوهش‌های زراعی ایران.۳ (۱): ۳۴-۲۵.

۳- حسینی، ح.، م. رضوانی مقدم. ۱۳۸۵.اثر تنش خشکی و شوری بر جوانه زنی اسفرزه. مجله پژوهش‌های زراعی ایران. (۱)۴: ۸۶-۷۳.

۴- زینلی، ا.، ا. سلطانی و س.گالیشی. ۱۳۸۱. واکنش اجزای جوانه‌زنی بذر به تنش شوری در کلزا. مجله علوم کشاورزی ایران. جلد ۳۳. شماره۱.

۵- سعیدی، م.، ع.احمدی.،ک. پوستینی وم ر. جهانسوز.۱۳۸۶. ارزیابی ویژگیهای جوانه زنی ژنوتیپهای مختلف گندم در شرایط تنش اسمزی و همبستگی آن‌ها با سرعت سبز شدن و مقاومت به خشکی در شرایط مزرعه ای . علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی.۲۸۱-۲۹۴: (۱)۱۱.

۶- سلطانی، ا. ۱۳۸۵. تجدیدنظر در کاربرد روش‌های آماری در تحقیقات کشاورزی. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۷۴ صفحه.

۷- صادقی، م. ، م. اصفهانی وع. مؤمنی. ۱۳۸۵. بررسی تاثیر زمان برداشت بر عملکرد دانه، اجزای عملکرد و میزان روغن چند رقم کلزا در استان گیلان. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه گیلان، دانشکده زراعت.۹۳ صفحه.

۸- قاسمی گلعذانی، ک.، ح .صالحیان.، ف.رحیمزاده خویی و م.مقدم .۱۳۷۵. اثر قدرت بذر بر سبزشدن گیاهچه وعملکرد دانه گندم. علوم کشاورزی و منابع طبیعی،۳: ۴۸-۵۴ .

۹- قرینه، م ح.،ک. قاسمی گلعذانی و ع م. بخشنده.، ۱۳۸۲.بررسی اکوفیزیولوژیکی تنش کمبود آب و مراحل رسیدگی برروی کیفیت بذر ارقام گندم دوروم و نان. پایان‌نامه دکتری دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز.۲۰۷ ص.

۱۰- کابلی، م م.، م صادقی م.؛۱۳۸۱. اثر تنش رطوبتی بر جوانه زنی سه گونه اسپرس. نشریه پژوهش و سازندگی. ۵۴:۲۱.

۱۱- کوچکی، ع و ح. سرمدنیا . ۱۳۷۲. فیزیولوژی گیاهان زراعی (ترجمه). انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. چاپ هشتم. ۴۰۰ صفحه.

۱۲- مظاهری،د و ن. مجنون‌حسینی. ۱۳۸۱. مبانی زراعت عمومی. انتشارات دانشگاه تهران. چاپ دوم. ۳۲۰ صفحه.

۱۳- همپتون، ج و د. تکرونی .۱۳۸۴. شیوه‌های ارزیابی قدرت بذر. (ترجمه از: دهقان شعار م.؛حمیدی آ.؛ مبصر ص) نشر آموزش کشاورزی.۱۹۳ص.

14- Agrawal, R. L., 2003. Seed technology. Pub. CO. PVT. LTD. New Delhi. India.

15- Barla Szabo, G., and B. Dolinka .1984a. Relations between biological quality and size of seed in maize hybrids .Nov emytermeles .33:501-506.

16- Barla Szabo. G.,and B. Dolinka .1984b.Complex stressing vigor test a new method for wheat and maize seeds. seed science and technology,18:721-729.

17- Begnamy, C. N., and A. L., Cortelazz. 1996.Cellular alterations during accelerated aging of French bean seeds, seed science and technology. 24:295-303.

18- Copeland, L. O.,and M. B., Macdonald. 1985. Seed Science and Technology. Macdonald publishing company. Newyork.U.S.A.

19- Elias, S. G., and L.o.,Copleland .1994. The effect of storage condition on canola(*Brassica napus* L.) seed quality. Seed Technology. 18(1): 21-29.

20- Ganguli.s.,and s. Sen-mandi .1990. Some Physiological difference between naturally and artificially aged wheat seeds. seed Science and technology. 18:507-514.

21- Gill, N. S., and J.C., Delouche .1973. Deterioration of seed corn during storage. Proc Assoc off Seed Anal. 63:33-50.

22- Gooding ,M. J., and W.P., Daies.1997. Wheat production and utilization, System, quality and environment. CAB international.

23- 23- Gutierrez ,G. f., J. Gruz Moreno .V, A Gonzalez-Hernandez and J. J., Vaz Quez-Ramos1993.Natural and artificial seed ageing in maize germination and DNA synthesis. Seed science Research. 3:279-285.

24- Halder.S., S.Kole and k.Gupta .1983. On the mechanism of sunflower seed deterioration under two different types of accelerated aging. Seed Science and technology. 11:331-339.
25- Hampton, J. G., and D. M., Tekrony .1995. Handbook of vigor test methods (3rd.ed.). International Seed Testing Association (ISTA). Zurich, Swirztland.
26- Hasstrup, P. L., P .E., Jourgenson and I.Poulsen.1993.Effect of seed vigor and Dormancy of field emergence ,development and grain yield of winter wheat and winter barley .Seed science and Technology.21:159-178.
27- ISTA, 1993. International rules for seed testing. Supplement top seed science and technology .211-288.
28- Kader .m., and s .c., Jutzi. 2004. Effect of thermal and salt treatment during imbibition on germination and seeding growth of sorghum at 42/19. agron crop science. 190:35-38.
29- Kole .s., and k.Gupta .1982. Biochemical changes in Safflower (*Carthamus tinctorius*) seeds under accelerated aging. Seed science and technology. 10:47-53.
30- Ram .c., P.Kumari., O.Singh., and R.k.,Sadana. 1989. Relationship between seed vigor tests and feild emergence in chickpea. seed science and technology. 17:169-173.
31- Szirtes.J.,and G.Barala scabo .1981.A method for the determination of vigor in winter wheat seed. norenytermeles. 6:493-500.
32- Vande Venter, H. A., G. Barla-Szabo., and S.G, Ybema.1993. Study of single and multiple stress seed vigor tests for undeteriorated seed lots of wheat. seed science and technology. 24:117-125.