دانشگاه گنبد کاووس
نشریه "تحقیقات کاربردی اکوفیزیولوژی گیاهی"
دوره ششم، شماره دوم، پاییز و زمستان ۹۸
http://arpe.gonbad.ac.ir

جوانه‌زنی و نمو گیاهچه گندم در پاسخ به تنش غرقابی

سارا پیردهقان[۱]، علی راحمی کاریزکی[۲*]، ابراهیم غلامعلی پورعلمداری[۳]، حسین صبوری[۴]
[۱]دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، گروه تولیدات گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبد کاووس
[۲،۳]استادیاران، گروه تولیدات گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبد کاووس
[۴]دانشیار، گروه تولیدات گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبد کاووس
تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۵/۳ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۹/۲۷

چکیده

مقدمه: گندم با سطح زیرکشت بیش از ۲۴۰ میلیون هکتار در جهان مهم‌ترین منبع غذایی و اقتصادی بیش از یک میلیارد انسان در کشورهای در حال توسعه است. غرقاب به‌عنوان تنش غیرزیستی و از خطرناک‌ترین رخدادهای طبیعی است؛ که فشار شدیدی را بر گیاهان ایجاد می‌کند؛ زیرا آب اضافه در محیط زندگی گیاه می‌تواند آن را از اکسیژن و دی‌اکسیدکربن محروم نماید؛ لذا پژوهش حاضر با هدف بررسی تأثیر تنش غرقابی در مراحل گیاهچه‌ای طراحی و اجرا گردید.

مواد و روش‌ها: به‌منظور بررسی تأثیر دوره‌های غرقابی بر جوانه‌زنی و نمو گیاهچه ارقام گندم استان گلستان آزمایشی در دی ماه سال ۱۳۹۵ در آزمایشگاه فیزیولوژی دانشگاه گنبد کاووس انجام گرفت. این آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در ۳ سطح غرقاب (صفر، ۴۸ و ۹۶ ساعت) و ۷ رقم گندم (آفتاب، آذر، کریم، کوهدشت، لاین ۱۷، سرداری و قابوس) در ۴ تکرار انجام شد.

نتایج: جداول نتایج تجزیه واریانس صفات مرتبط با جوانه‌زنی و رشد هتروتروفیک نشان دادند که اثر رقم و طول دوره غرقاب بر تمام صفات مورد مطالعه در سطح یک درصد معنی‌دار بودند؛ در حالی‌که اثر متقابل رقم و طول دوره غرقاب بر تمامی صفات به جز صفت درصد جوانه‌زنی در سطح احتمال یک درصد معنی‌داری بود. نتایج مقایسه میانگین نشان دادند که بهترین شروع مؤثر جوانه‌زنی در رقم کریم در تیمار شاهد مشاهده شد. پایان مؤثر جوانه‌زنی در سطح ۴۸ ساعت نسبت به سطوح دیگر سریع‌تر اتمام یافت. با افزایش سطوح تنش سرعت جوانه‌زنی بهبود یافت و دلیل بهبود را می‌توان به نقش هیدروپرایمینگ آب نسبت داد.

*نویسنده مسئول: alirahemi@yahoo.com

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2024-03-28]

بالاترین سرعت جوانه‌زنی در رقم آفتاب و در تیمار ۹۶ ساعت مشاهده شد. درصد جوانه‌زنی وگیاهچه نرمال با افزایش تنش غرقابی کاهش یافت؛ همچنین بالاترین درصد جوانه‌زنی را رقم کریم به خود اختصاص داد. بالاترین وزن خشک ریشه‌چه و پایین‌ترین وزن خشک ساقه‌چه در تیمار ۴۸ ساعت بدست آمد. همبستگی منفی بین طول ریشه‌چه و ساقه‌چه با وزن خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه در سطح تنش ۹۶ ساعت وجود داشت.

نتیجه‌گیری: نتایج نشان دادند که با افزایش سطوح تنش سرعت جوانه‌زنی افزایش و درصد جوانه‌زنی، گیاهچه نرمال، شروع مؤثر جوانه‌زنی و پایان مؤثر جوانه‌زنی کاهش یافت؛ در حالی‌که پایین‌ترین طول ساقه‌چه و بالاترین طول و وزن خشک ریشه‌چه در تنش ۴۸ ساعت مشاهده شد. به دلیل این‌که واکنش ارقام گندم در صفات مورد مطالعه در هر سطح تنش متفاوت بود، لذا نمی‌توان دقیق بیان کرد که کدام رقم برتر می‌باشد. بنابراین پیشنهاد می‌گردد که این آزمایش در شرایط مزرعه و با ارقام بیشتری تکرار گردد.

واژه‌های کلیدی: گندم، درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، غرقاب

مقدمه

گندم مهم‌ترین گیاه زراعی در ایران به‌شمار می‌رود که سطح زیر کشت آن بالغ بر نیمی از اراضی زیر کشت گیاهان زراعی (حدود ۶۸/۶ میلیون هکتار) است. گندم به‌دلیل اهمیت غذایی (منبع اصلی کربوهیدرات) و طیف نسبتا گسترده سازگاری به شرایط متفاوت آب و هوایی، در مقایسه با سایر گیاهان زراعی در سطح وسیع‌تری کاشته می‌شود (Siyadat *et al*., 2013).

از نظر زیستی تنش عبارت است از هر گونه تغییر در شرایط محیطی که به کاهش و یا تغییر نامطلوب یک فرآیند منجر می‌شود و به عبارتی دیگر هر گونه تغییر در شرایط محیطی که عکس‌العمل گیاه را از حد مطلوب خارج سازد می‌گویند (Koochaki *et al*., 1997). غرقاب به عنوان تنش غیرزیستی و از خطرناک‌ترین رخدادهای طبیعی است که در اثر عوامل متعددی از قبیل بارندگی‌های شدید، طغیان رودخانه‌ها، آبیاری بیش از حد همراه با زهکشی ضعیف خاک، وجود لایه‌های غیر قابل نفوذ در خاک، عدم وجود زهکش مناسب و سیلاب‌های بهاره ایجاد می‌شود که بهره‌وری طولانی مدت محصولات در مناطق بزرگ رو به رشد در جهان را کاهش می‌دهد (Denis *et al*., 2000; Kafi and Mahdavi Damghani, 2001; Ahmed *et al* 2013). حالت آب‌ماندگی از حالت غرقاب متفاوت است. غرقابی به شرایطی گفته می‌شود که آب در خاک به حدی افزایش یابد که از جریان اکسیژن در خاک ممانعت کند و میزان دی‌اکسیدکربن در خاک افزایش یابد یا به عبارت دیگر قسمتی از ساقه گیاه نیز در زیر سطح آب باشد، اما در صورتی که فقط منافذ بزرگ خاک اشباع از آب باشند، آب‌ماندگی اتفاق می‌افتد (Kafi *et al*., 2009). البته در برخی از خاک‌ها شرایط بی‌هوازی کامل به دلیل فعالیت میکروبی پایین و یا در دماهای کم هرگز اتفاق نمی‌افتد (Kafi *et al*., 2009). غرقابی فشار شدیدی را بر روی گیاهان ایجاد می‌کند زیرا آب اضافه در محیط زندگی گیاه می‌تواند آن را از اکسیژن و دی‌اکسیدکربن محروم نماید (Misheal *et al*, 2009).

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2024-03-28]

جوانه‌زنی بذر یک فاز حیاتی در چرخه زندگی گیاهان و تکثیر موفق آن‌ها است (Donohue *et al*., 2010) و یکی از مهم‌ترین مراحل فنولوژیک گیاه است که تعیین‌کننده درجه موفقیت سیستم‌های زراعی می‌باشد که در مراحل اولیه به شدت توسط عوامل ژنتیکی و محیطی مانند نور، آب، دما، خشکی و اکسیژن کنترل می‌شود (Varshney *et al*., 2011, Bewley *et al*., 2013). در مراحل جوانه‌زنی و سبز شدن گیاه نسبت به غرقابی حساس‌تر است (Brisson *et al*., 2002). اثر غرقابی بر جوانه‌زنی بذور در کشت مستقیم برنج باعث مرگ و تأخیر در استقرار گیاهچه می‌شود (Abdelbagi *et al*., 2009). در طی فرآیند جوانه‌زنی، بذر به‌عنوان یک واحد زایشی بقای تمام گونه‌ها را تضمین می‌کند، علاوه بر آن به‌دلیل نقش بذر در استقرار بوته، جوانه‌زنی به عنوان یک عامل کلیدی در کشاورزی نوین اهمیت خود را حفظ کرده است، داشتن سرعت و درصد جوانه‌زنی بالا سبب افزایش تعداد گیاهچه‌ها گردید و استقرار سریع و موفق گیاهچه‌ها در خاک نیز به رشد رویشی مناسب گیاهچه‌ها در مراحل بعدی زندگی کمک می‌کند (Ghaderifar *et al*., 2012).

بذور بسیاری از گیاهان عالی طی اولین مرحله جذب آب و قبل از پاره‌شدن پوسته بذر شدت‌های مختلفی از شرایط بی‌هوازی را تجربه می‌کنند، طی ساعات اولیه جوانه‌زنی پوسته بذر به اکسیژن نفوذناپذیر بوده و به دلیل تنفس شدید فعالیت الکل دهیدروژناز در آن‌ها افزایش یافته و تخمیر الکلی در آن‌ها فعال می‌باشد. بلافاصله پس از جوانه‌زنی و ظهور ریشه‌چه، تنفس هوازی القا شده و فعالیت الکل دهیدروژناز دچار زوال می‌شود (Kennedy *et al*, 1992). در شرایط غرقابی گیاهان تحت تنش هیپوکسی (کاهش اکسیژن به زیر سطح مطلوب) قرار گرفته و فعالیت متابولیکی متوقف شده و تولید ATP کاهش می‌یابد زیرا در دوره‌های کوتاه کمبود اکسیژن گلیکولیز در بسیاری از گیاهان تشدید شده و به صورت اثر پاستور[1] خود را نشان می‌دهد که میزان ATP تولید شده نسبت به شرایط هوازی پایین است (Mocquot *et al*., 1981). کاهش تولید ATP ذخیره انرژی برای رشد ریشه گیاه را محدود کرده بنابراین باعث کاهش رشد رویشی می‌گردد که می‌تواند روی جز اول رشد هتروتروفیک مؤثر باشد (Saglio *et al*., 1980).

رشد هتروتروفیک گیاهچه را می‌توان براساس دو جزء وزن ذخایر بذر انتقال یافته یا پویا شده وکارایی تبدیل ذخایر بذر انتقال یافته به بافت گیاهچه تقسیم کرد (Soltani *et al*., 2006 b). در تک‌لپه‌ای‌ها مثل گندم، در بخش اول هورمون جیبرلین از اسکوتلوم آزاد شده و پس از عبور از آندوسپرم به لایه آلورون می‌رسد و در آن‌جا سنتز آنزیم‌های هیدرولیک مثل آلفا آمیلاز، ریبونوکلئاز، اندوبتاگلوکاناز و فسفاتاز را تحریک می‌کند.این آنزیم‌ها به نوبه خود هیدرولیز مواد ذخیره‌ای (کربوهیدرات‌ها، چربی‌ها، پروتئین‌ها و ترکیبات فسفردار) را انجام می‌دهند. در بخش دوم فرآورده‌های تجزیه‌ای به کمک ATP تولید شده در سنتز بافت‌های گیاهچه به‌کار گرفته می‌شوند. در خلال جوانه‌زنی، وزن گیاهچه حاصله همیشه کمتر از وزن ذخایری است که پویا (هیدرولیز) شده‌اند و این به علت تنفس می‌باشد (Bertani and Brambella, 1982). رشد گیاهچه را می‌توان حاصل‌ضرب سه جز در نظر گرفت: ۱- وزن اولیه بذر ۲- نسبت تخلیه بذر یعنی وزن ذخایر پویا شده به کل وزن بذر ۳- کارایی تبدیل میلی‌گرم بافت گیاهچه تولید شده به ازای هر

۱- تولید انرژی از گلوکز در نبود اکسیژن طی فرآیند تخمیر

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2024-03-28]

میلی‌گرم ذخایر پویا شده (Zeinali and Soltani, 2000). طی تحقیقاتی توسط مالی وال (Maliwal, 2000) که اثر غرقاب بر جوانه‌زنی و رشد گیاهچه پنبه در بازه زمانی ۲۴ تا ۱۶۸ ساعت انجام گرفت نتایج یافته‌ها نشان داد که با افزایش دوره غرقاب جوانه‌زنی و طول ساقچه کاهش و طول ریشه‌چه افزایش یافت. این تغییرات ممکن است به دلیل کاهش در سرعت فعالیت‌های فیزیولوژیک مرتبط با جوانه‌زنی از قبیل آبنوشی و هیدرولیز کربوهیدرات‌های داخل بذر باشد که در نتیجه باعث تأخیر در کاهش سبز شدن گیاهچه‌ها می‌شود.

تنش غرقابی موجب کاهش سرعت جوانه‌زنی و تأخیر در استقرار گیاهچه می‌گردد با افزایش طول دوره غرقابی در گندم به علت افزایش هورمون اسید آبسیزیک و کاهش اکسین طول کلئوپتیل کاهش یافت (Ismail *et al*., 2009). در مطالعه‌ای توسط اشرف و گل‌زردی (Ashraf and Golzardi, 2013) افزایش طول دوره غرقاب تمامی صفات اعم از طول ریشه‌چه، ساقه‌چه، وزن تر گیاهچه، درصد و سرعت جوانه‌زنی را کاهش داد. درویش و همکاران (Darvish *et al*., 2013) نیز با بررسی اثر غرقاب بر خصوصیات بذر علف هرز جغجغه بیان کردند درصد جوانه‌زنی تحت شرایط شش روز غرقاب نسبت به شاهد کاهش پیدا کرد و تحت ۲۱ روز غرقاب متوقف گردید. تحقیقاتی که توسط طهماسبی و همکاران (Tahmasebi *et al*., 2013) بر اثر تنش غرقابی بر جوانه‌زنی و اجزای رشد هتروتروفیک گیاهچه گندم در دماهای مختلف انجام گرفت، نتایج آزمون نشان داد که سرعت و درصد جوانه‌زنی به‌طور معنی‌داری با افزایش غرقاب در هر سه سطح دمایی (۵، ۱۰ و ۲۰ درجه سانتی‌گراد) کاهش یافت، ولی سرعت رشد گیاهچه تنها با افزایش طول دوره غرقاب کاهش معنی‌داری یافت. در مطالعاتی توسط تیریاکیوگلو و همکاران (Tiryakioglu *et al*, 2015) در پاسخ گیاهچه‌های گندم نان به تنش غرقابی نتایج آزمون نشان داد که درگیاهچه‌های گندم تحت شرایط بی‌هوازی صفات وزن خشک ریشه، وزن خشک برگ، وزن خشک مخصوص برگ و وزن خشک کل معنی‌داری کمتری را داشتند؛ هم‌چنین تحقیقاتی که توسط پراکاش و همکاران (Prakash *et al*., 2016) بر جوانه‌زنی بذور و رشد گیاهچه بر روی هشت رقم برنج در ۵ سطح غرقابی انجام گرفت نتایج نشان داد که با افزایش سطح غرقاب کاهش چشم‌گیری در همه پارامترها مشاهده شده شد. درصد زنده ماندن و طول گیاهچه تحت شرایط غرقابی کاهش یافت اما به میزان بسیار پایین‌تر در ژنوتیپ‌های متحمل به غرقاب. ریشه، قسمت‌های هوایی و مواد خشک تولیدی کل در همه واریته‌ها در سطوح غرقابی بالاتر نسبت به سطوح غرقابی پایین‌تر کاهش بیشتری یافت.

از آنجا که استان گلستان از مناطق مهم تولید محصول گندم می‌باشد و به‌علت بارندگی و شرایط غرقابی حاکم بر این مزارع، خطر تنش غرقابی تهدیدی جدی می‌باشد بنابراین، شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل به غرقابی دارای اهمیت است. لذا هدف از این آزمایش اثر تنش غرقابی بر جوانه‌زنی و اجزا رشد هتروتروفیک ارقام گندم است.

مواد و روش‌ها

این آزمون در آزمایشگاه فیزیولوژی گیاهان زراعی دانشگاه گنبدکاووس در سال ۱۳۹۵ به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی بر روی ۷ رقم گندم دیم تهیه شده از مرکز تحقیقات کشاورزی گنبد کاووس انجام گرفت.

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2024-03-28]

تیمارهای مورد مطالعه شامل: طول دوره غرقابی (۰، ۴۸ و ۹۶ ساعت) و ارقام گندم (کریم، کوهدشت، لاین ۱۷، قابوس، آفتاب، آذر و سرداری) بودند. برای انجام آزمایش، بذور در دمای ثابت ۲۵ درجه سانتی‌گراد به ژرمیناتور برای اعمال تنش غرقابی منتقل شدند. بعد از پایان دوره غرقابی تیمارهای بذری هم‌زمان از ژرمیناتور خارج شدند. برای بررسی تأثیر غرقابی بر جوانه‌زنی بذور دو آزمایش انجام گرفته شد. در آزمایش جوانه‌زنی از هر تیمار ۴ تکرار ۳۰ بذری در داخل ۳ لایه حوله کاغذی و سپس در داخل ژرمیناتور با دمای ثابت ۲۵ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند (Soltani *et al*., 2008). بازدید از بذرها هر روز دو بار صورت گرفته شد. معیار بذور جوانه‌زده خروج ریشه‌چه به اندازه ۲ میلی‌متر یا بیش‌تر بود (Hampton and Tekrony, 1995).

برای محاسبه سرعت جوانه‌زنی و زمان تا شروع مؤثر جوانه‌زنی (یعنی مدت زمانی‌که طول می‌کشد تا جوانه‌زنی به ۱۰ درصد حداکثر خود برسد، D10)، زمان تا پایان موثر جوانه‌زنی (مدت زمانی‌که طول می‌کشد تا جوانه‌زنی از ۱۰ درصد حداکثر خود به ۹۰ درصد حداکثر خود برسد، D90) و یکنواختی جوانه‌زنی[1] (GU) از برنامه Germin (Soltani and Maddah Yazdi, 2010) استفاده شد.

برای آزمون رشد گیاهچه برای هر تیمار ۴ تکرار ۳۰ بذری انتخاب و روی یک خط در داخل سه لایه حوله کاغذی واتمن به روش ساندویچ قرار گرفت و به منظور کاهش تبخیر آب حوله‌های کاغذی با نایلون فریزر پوشانده شدند؛ سپس حوله‌های کاغذی به حالت ایستاده در یک ظرف پلاستیکی قرار گرفتند و به مدت یک هفته در ژرمیناتور با دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. پس از یک هفته بذرها از داخل حوله‌های کاغذی خارج شده و سپس گیاهچه‌های نرمال با استفاده از تیغ اسکالپ (جراحی) از باقیمانده بذر (کوتیلیدون‌ها) به‌دقت جدا شدند و سپس طول گیاهچه و طول ریشه‌چه با استفاده از خط‌کش میلی‌متری اندازه‌گیری شد. در ادامه برای اندازه‌گیری وزن خشک، ریشه‌چه و ساقچه را جداگانه در داخل پاکت قرار داده و به آون با دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۲۴ ساعت انتقال یافت و سپس نمونه‌ها با کمک ترازوی با دقت ۰/۰۰۰۱ گرم توزین شدند (ISTA, 2018). تجزیه واریانس داده‌ها به‌رویه Proc Anova و مقایسه میانگین با کمک آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار LSD در سطح احتمال پنج درصد با نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۳ (Soltani, 2009) انجام شد، هم‌چنین برای رسم شکل‌ها از نرم‌افزار Excel 2017 استفاده شد.

نتایج و بحث

اثر تنش غرقابی بر صفات جوانه‌زنی: با توجه به جدول نتایج تجزیه واریانس اثر رقم و طول دوره غرقاب بر تمام صفات مورد مطالعه در سطح یک درصد معنی‌دار بودند؛ هم‌چنین اثر متقابل رقم و طول دوره غرقاب هم بر تمامی صفات به جز صفت درصد جوانه‌زنی در سطح یک درصد معنی‌داری را نشان داد (جدول ۱).

1- Germination uniformity

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2024-03-28]

جدول ۱- تجزیه واریانس (مجموع مربعات) صفات جوانه‌زنی ارقام گندم تحت شرایط تنش غرقابی

Table 1- Analysis of variance (SS) of germination traits of wheat cultivars under waterlogging stress conditions

منبع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی DF	شروع مؤثر جوانه‌زنی Effective start of germination	یکنواختی جوانه‌زنی Germination uniformity	سرعت جوانه‌زنی Germination speed
رقم Cultivar (C)	6	0.00209**	1047.37**	813.92**
غرقاب Waterlogging (W)	2	0.02150**	2382.85**	8074.81**
غرقاب × رقم C × W	12	0.00197**	2025.21**	632.57**
خطا Error	63	0.00146	684.54	65.63
ضریب تغییرات CV (%)		9.81	17.36	6.55

ns، * و **: به‌ترتیب عدم وجود اختلاف معنی‌دار و اختلاف معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد.

ns, * and **: non-significant difference, significant difference at the level of five and one percent probability, respectively.

ادامه جدول ۱- تجزیه واریانس (مجموع مربعات) صفات جوانه‌زنی ارقام گندم تحت شرایط تنش غرقابی

Table 1- Analysis of variance (SS) of germination traits of wheat cultivars under waterlogging stress conditions

منبع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی DF	پایان مؤثر جوانه‌زنی Effective germination end	درصد جوانه‌زنی Germination (%)	گیاهچه نرمال Normal seedlings
رقم Cultivar (C)	6	1884.59**	913.50**	289.30**
غرقاب Waterlogging (W)	2	8964.67**	149.73**	748.16**
غرقاب × رقم C × W	12	3550.76**	345.92ns	211.33**
خطا Error	63	596.23	1009.25	286.75
ضریب تغییرات CV (%)		9.00	4.63	8.30

ns، * و **: به‌ترتیب عدم وجود اختلاف معنی‌دار و اختلاف معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد.

ns, * and **: non-significant difference, significant difference at the level of five and one percent probability, respectively.

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2024-03-28]

براساس جدول برش‌دهی اثرات متقابل سطوح ارقام و غرقاب در هر سطح تنش غرقابی در سطح شاهد بین ارقام از نظر صفات یکنواختی جوانه‌زنی، شروع مؤثر و پایان مؤثر جوانه‌زنی در سطح یک درصد تفاوت معنی‌داری وجود داشت (جدول ۲). در سطح تنش ۴۸ ساعت تمامی صفات به جز صفت پایان مؤثر جوانه‌زنی و در سطح تنش غرقابی ۹۶ ساعت هم تمامی صفات در سطح یک درصد تفاوت معنی‌داری را نشان دادند (جدول ۲).

جدول ۲- برش‌دهی اثر متقابل (مجموع مربعات) صفات جوانه‌زنی ارقام گندم در هر سطح تنش غرقابی

Table 2- Slicing of interaction (SS) of germination traits of wheat cultivars at each level of waterlogging stress

سطوح تنش Stress levels	درجه آزادی DF	پایان موثر جوانه‌زنی Effective germination end	شروع موثر جوانه‌زنی Effective start of germination
شاهد Control	6	262.91**	368.62**
سطح ۴۸ Level 48	6	4.72^{ns}	471.50**
سطح ۹۶ Level 96	6	4767.66**	606.37**

ns، * و **: به‌ترتیب عدم وجود اختلاف معنی‌دار و اختلاف معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد.

ns, * and **: non-significant difference, significant difference at the level of five and one percent probability, respectively.

ادامه جدول ۲- برش‌دهی اثر متقابل (مجموع مربعات) صفات جوانه‌زنی ارقام گندم در هر سطح تنش غرقابی

Table 2- Slicing of interaction (SS) of germination traits of wheat cultivars at each level of waterlogging stress

سطوح تنش Stress levels	درجه آزادی DF	یکنواختی جوانه‌زنی Germination uniformity	سرعت جوانه‌زنی Germination speed	گیاهچه نرمال Normal seedlings
شاهد Control	6	368.57**	0.000233^{ns}	10.42^{ns}
سطح ۴۸ Level 48	6	360.49**	0.000649**	184.50**
سطح ۹۶ Level 96	6	2487.52**	0.003180**	305.71**

ns، * و **: به‌ترتیب عدم وجود اختلاف معنی‌دار و اختلاف معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد.

ns, * and **: non-significant difference, significant difference at the level of five and one percent probability, respectively.

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2024-03-28]

شروع و پایان مؤثر جوانه‌زنی: مطابق جدول مقایسه میانگین شروع مؤثر جوانه‌زنی در سطح عدم تنش در ارقام سرداری، قابوس، لاین ۱۷سریع‌تر و در رقم کریم دیرتر اتفاق افتاد؛ در سطح تنش ۴۸ ساعت بین اکثریت ارقام تفاوت چشم‌گیری مشاهده نشد و ارقام سرداری و آفتاب خیلی زود وارد فاز جوانه‌زنی شدند؛ هم‌چنین در سطح تنش ۹۶ ساعت بین ارقام سرداری، آفتاب، آذر و قابوس تفاوت معنی‌داری نبود؛ رقم لاین ۱۷ دیرتر و رقم کوهدشت زودتر از سایر ارقام جوانه‌زنی خود را آغاز کرده بود (جدول ۳).

جدول ۳- مقایسه میانگین صفات مرتبط با ارقام گندم در هر سطح تنش غرقابی

Table 3- Mean comparison of traits related to wheat cultivars at each level of waterlogging stress

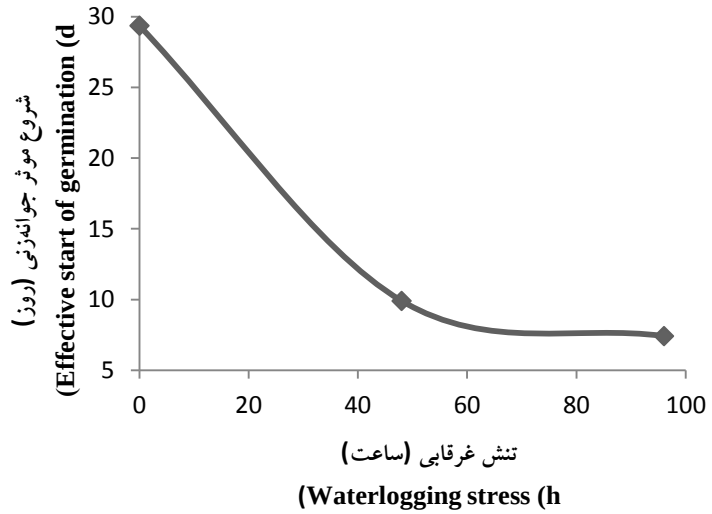
تنش Stress	رقم Cultivar	شروع مؤثر جوانه‌زنی Effective start of germination	پایان مؤثر جوانه‌زنی Effective germination	یکنواختی جوانه‌زنی Germination uniformity	سرعت جوانه‌زنی Germination speed	گیاهچه نرمال Normal seedlings
شاهد Control	Aftab	23.10b	54.35a	23.42a	0.023b	29.25a
	Azar	27.90d	46.26bc	19.23b	0.025ab	28.00a
	Ghabous	26.37e	45.29c	18.75b	0.030a	28.00a
	Karim	36.69a	49.71b	13.02c	0.023b	29.00a
	Kohdasht	30.02c	47.61bc	17.45bc	0.024ab	29.75a
	Line	26.44e	46.46bc	19.23ab	0.026ab	29.25a
	Sardari	26.05e	44.85c	18.27b	0.031a	29.00a
میانگین Average	-	29.36	47.79	18.48	0.026	28. 89
سطح ۴۸ Level 48	Aftab	3.91b	22.44a	18.45a	0.065a	27.50a
	Azar	12.11a	22.74a	10.73b	0.058	27.00a
	Ghabous	12.65a	23.56a	10.91b	0.054b	23..00b
	Karim	12.91a	22.76a	9.85b	0.056b	29.05a
	Kohdasht	11.89a	22.89a	10.99b	0.057b	27.75a
	Line	13.07a	22.94a	9.99b	0.056b	22.25b
	Sardari	3.09b	22.14a	18.32a	0.068a	28.50a
میانگین Average		9.91	22.78	12.74	0.059	26.5
سطح ۹۶ Level 96	Aftab	2.46d	21.98d	19.52d	0.081a	26.00a
	Azar	2.83d	22.73d	19.73d	0.064bc	22.50bc
	Ghabous	11.71ab	44.63b	34.28b	0.049e	20.50c
	Karim	12.67ab	30.20c	19.93d	0.055de	21.50c
	Kohdasht	6.56c	23.01d	16.42d	0.059cd	25.00b
	Line	13.28a	58.08a	44.54a	0.049e	15.00d
	Sardari	2.43d	22.94d	25.91c	0.070b	21.50c
میانگین Average		7.42	31.93	25.76	0.061	21.71

میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حرف مشترک می‌باشند، براساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

Means in each column fallowed by similar letters are not significantly different at the %5 probability level (LSD Test).

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2024-03-28]

با توجه به جدول مقایسات میانگین (جدول ۳) رقم آفتاب دیرتر و ارقام قابوس و سرداری زودتر در سطح شاهد جوانه‌زنی خود را به اتمام رساندند. در سطح تنش ۴۸ ساعت بین ارقام تفاوت معنی‌داری وجود نداشت و در سطح تنش ۹۶ ساعت رقم لاین ۱۷ دیرتر و ارقام آفتاب، آذر، سرداری و کوهدشت سریع‌تر این دوره را به پایان رساندند؛ هم‌چنین با افزایش مدت زمان غرقابی از صفر به ۹۶ ساعت در تمام ارقام شروع مؤثر جوانه‌زنی بهبود یافت (شکل ۱) به عبارتی دوره‌ی تنش غرقابی بیشتر سبب آبگیری و تسریع در وقایع اولیه مرتبط با جوانه‌زنی شد. پایان مؤثر جوانه‌زنی در سطوح تنش ۴۸ و ۹۶ ساعت نسبت به سطح عدم تنش سریع‌تر اتمام یافت. طی ساعات اولیه جوانه‌زنی پوسته بذر به اکسیژن نفوذناپذیر بوده و به دلیل تنفس شدید فعالیت الکل دهیدروژناز در آن‌ها افزایش یافته و تخمیر الکلی در آن‌ها فعال می‌باشد. بلافاصله پس از جوانه‌زنی و ظهور ریشه‌چه، تنفس هوازی القا شده و فعالیت الکل دهیدروژناز دچار زوال می‌شود، بررسی نتایج قوجق‌دردی و همکاران (Ghojoghdordi *et al.*, 2016) نشان داد که با افزایش مدت زمان غرقابی در تمام ارقام شروع موثر جوانه‌زنی بهبود یافت که با نتایج یافته‌های بدست آمده مطابقت داشت.



شکل ۱- رابطه شروع موثر جوانه‌زنی با تنش غرقابی
Figure 1- Relationship of effective start of germination with waterlogging stress

یکنواختی جوانه‌زنی: یکنواختی جوانه‌زنی عبارت است از فاصله‌ی زمانی که جوانه‌زنی از ۱۰ درصد به ۹۰ درصد حداکثر برسد، لذا هر چه یکنواختی جوانه‌زنی از نظر عددی کمتر باشد آن تیمار برتر است، به عبارتی بذور در دوره‌ی زمانی کوتاه‌تر جوانه می‌زنند. بر همین اساس نتایج مقایسه میانگین (جدول ۳) یکنواختی جوانه‌زنی بین ارقام نشان داد

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2024-03-28]

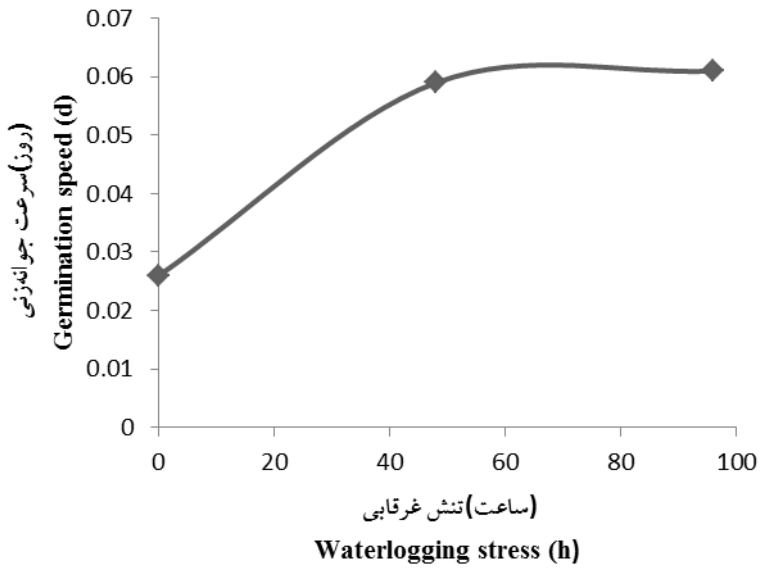
که در شرایط عدم تنش رقم آفتاب کم‌ترین و رقم کریم بالاترین یکنواختی را دارا بودند؛ هم‌چنین در سطح تنش ۴۸ ساعت ارقام آفتاب و سرداری کم‌ترین یکنواختی را داشتند و بین باقی ارقام تفاوت معنی‌داری از این نظر مشاهده نشد. در سطح تنش ۹۶ ساعت لاین ۱۷ کم‌ترین و رقم کوهدشت بیشترین یکنواختی را دارا بودند؛ در مجموع ارقام درسطح تنش ۹۶ ساعت یکنواختی جوانه‌زنی پایین‌تری و در سطح تنش ۴۸ ساعت بالاترین یکنواختی را نسبت به سطح عدم تنش داشتند. به عبارتی در سطح تنش ۴۸ ساعت غرقاب بهبود جوانه‌زنی مشاهده شد. با توجه به نتایج خادم‌پیر و همکاران (Khadempir *et al*., 2014) بهترین تیمار از نظر یکنواختی جوانه‌زنی تیمار ۲۵ درجه سانتی‌گراد و سطح شاهد بود و با افزایش سطوح تنش یکنواختی‌جوانه‌زنی ارقام کلزا کاهش یافت و با نتایج بدست آمده در سطح تنش ۴۸ ساعت در آزمایش انجام گرفته مطابقت ندارد که می‌تواند به علل مختلف اعم از نوع بذر و دمای انجام گرفته آزمایش باشد؛ هم‌چنین با توجه به گزارشات ویوبکر و همکاران (Wuebker *et al*., 2001) تنش غرقاب باعث افزایش یکنواختی جوانه‌زنی سویا شد.

سرعت جوانه‌زنی: براساس جدول مقایسات میانگین (جدول ۳) در شرایط عدم تنش بالاترین سرعت جوانه‌زنی در ارقام سرداری و قابوس و پایین‌ترین در ارقام آفتاب و کریم مشاهده شد و باقی ارقام تفاوت زیادی با یکدیگر نداشتند؛ هم‌چنین در ۴۸ ساعت تنش غرقاب بالاترین سرعت جوانه‌زنی در ارقام سرداری و آفتاب دیده شد و بین سایر ارقام تفاوت معنی‌داری نیست. در سطح تنش ۹۶ ساعت بالاترین سرعت جوانه‌زنی به رقم آفتاب و پایین‌ترین سرعت به رقم قابوس و لاین ۱۷ مربوط بود و سایر ارقام با یکدیگر تفاوت آشکار داشتند. رقم آفتاب از جمله ارقامی بود که در سطح عدم تنش پایین‌ترین سرعت و تحت شرایط تنش از سرعت جوانه‌زنی بالاتری برخوردار بود و بالعکس رقم قابوس تحت شرایط عدم تنش از سرعت جوانه‌زنی بالاتر و تحت شرایط تنش غرقاب ۹۶ ساعت سرعت جوانه‌زنی خود را به شدت کاهش داد؛ هم‌چنین رقم سرداری تحت شرایط تنش و عدم تنش از سرعت جوانه‌زنی مطلوب‌تر برخوردار بود؛ با این وجود با افزایش دوره تنش غرقابی از صفر به ۹۶ ساعت سرعت جوانه‌زنی بهبود یافت (شکل ۲) و دلیل بهبود سرعت جوانه‌زنی با افزایش دوره تنش را می‌توان به نقش هیدروپرایمینگ آب نسبت داد. لازم به ذکر است که پتانسیل ماتریک در بذر حدود ۴۰۰- مگاپاسکال است لذا تمایل جذب آب در بذر بسیار بالا است و به طور کلی جذب آب در بذر در دو مرحله صورت می‌گیرد؛ مرحله اول فیزیکی است و فرقی بین زنده بودن و نبودن بذر ندارد. بنابراین هرچه زمان ماندگاری بذر در آب افزایش یابد پوسته بذر نرم‌تر شده و بذر آماده فعالیت‌های سوخت و ساز (جذب اکسیژن) می‌گردد. البته زمان ۹۶ ساعت شاید برای ایجاد تداخل در جذب اکسیژن برای این آزمایش مدت زمان کمی باشد. لذا با خروج بذر از آب بلافاصله جذب اکسیژن آغاز می‌گردد و این امر سرعت جوانه‌زنی را بالا می‌برد. لازم به ذکر است اگر دوره تنش غرقابی افزایش یابد به احتمال بالا بذر دچار کمبود اکسیژن شده و جوانه‌زنی کاهش می‌یابد یا به عبارتی تعداد گیاهچه نرمال کم می‌شود (Galeshi *et al*., 2012).

طی بررسی‌هایی که توسط طهماسبی و همکاران (Tahmasebi *et al*., 2013) بر جوانه‌زنی و رشد هتروتروفیک گیاهچه گندم در دماهای (۵، ۱۰ و ۲۰ درجه سانتی‌گراد) انجام گرفت نتایج نشان داد که سرعت و درصد جوانه‌زنی و

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2024-03-28]

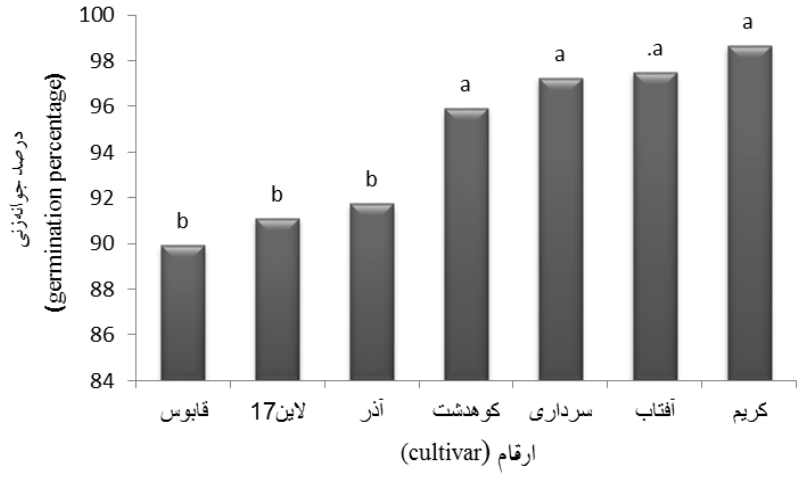
وزن خشک گیاهچه نرمال با افزایش سطوح غرقاب (صفر، ۲۴، ۴۸ و ۹۶ ساعت) در سه سطح دمایی (۵، ۱۰ و ۲۰ درجه سانتی‌گراد) کاهش یافت.کاهش سرعت جوانه‌زنی را می‌توان به اختلافات دما نسبت داد. از آنجایی که هدف از این آزمایش ایجاد محدودیت اکسیژن بود، لذا آزمایش ذز شرایط مطلوب دمایی اجرا شد. بنابراین شاید دلیل اختلاف نتایج آزمایش به‌دلیل شرایط دمایی آزمایش باشد. همچنین سلامتی و همکاران (Salamati *et al*., 2010) در تحقیقی اثر دوره مختلف غرقابی و دماهای مختلف را بر قدرت جوانه‌زنی و رشد گیاهچه پنبه مورد ارزیابی قرار دادند؛ آن‌ها بیان داشتند دما و غرقاب اثر متقابل معنی‌داری بر سرعت جوانه‌زنی دارند به‌طوری‌که با افزایش مدت غرقاب سرعت جوانه‌زنی کاهش پیدا می‌کند این کاهش سرعت جوانه‌زنی در اثر دوره غرقاب به دلیل حساسیت بسیار بالا بذر پنبه نسبت به غرقاب است. ویوبکر و همکاران (Wuebker *et al*., 2001) اثر متقابل دما و غرقاب را مورد مطالعه قرار دادند. تحقیقات آنان نشان داد که در دمای ۱۰ و ۱۵ درجه سانتی‌گراد، ۲ تا ۸ روز غوطه وری بذور سویا قبل از کاشت، اثر قابل توجهی روی جوانه‌زنی نداشت. اما در دمای ۲۵- ۳۰ درجه سانتی‌گراد بسته به مدت زمان غوطه‌وری جوانه‌زنی کاهش یافت و زمانی‌که بذور به مدت ۴ روز در دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد در آب غوطه‌ور بودند، بیشترین کاهش جوانه‌زنی رخ داد که با نتایج بدست آمده مطابقت ندارد.



شکل ۲- رابطه‌ی سرعت جوانه‌زنی با طول دوره‌ی تنش غرقابی
Figure 2- Relationship of germination speed with duration of waterlogging stress

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2024-03-28]

درصد جوانه‌زنی و گیاهچه نرمال: با توجه به شکل ۳ نتایج نشان داد که رقم کریم از بالاترین و رقم قابوس از پایین‌ترین درصد جوانه‌زنی برخوردار بود و بین ارقام کریم، آفتاب، سرداری و کوهدشت تفاوت بارزی وجود نداشت. نتایج مقایسه میانگین سطوح غرقاب نشان داد که افزایش سطوح تنش تأثیر ناچیزی بر درصد جوانه‌زنی داشت (شکل ۴).



شکل ۳- رابطه بین درصد جوانه‌زنی و ارقام

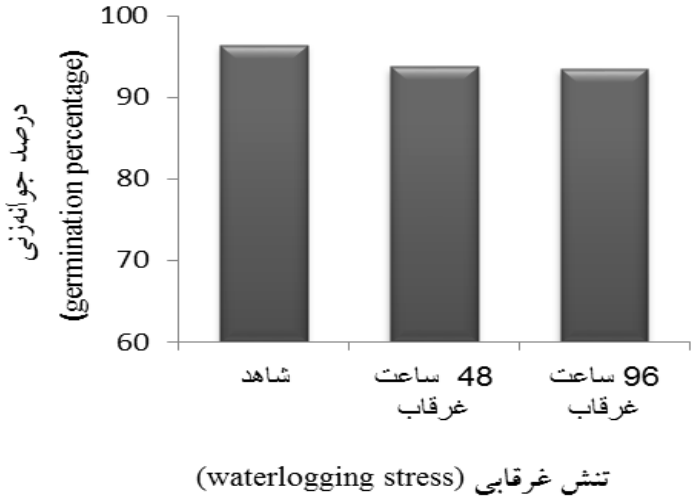
Figure 3- Relationship of germination percentage and cultivar

(Means in each column fallowed by similar letters are not significantly different at the %5 probability level)

با توجه به مقایسه میانگین گیاهچه نرمال ارقام گندم در سطح عدم تنش تفاوت معنی‌دار وجود نداشت و در سطح تنش ۴۸ ساعت بین اکثریت ارقام تفاوت معنی‌دار مشاهده نشد و پایین‌ترین گیاهچه نرمال مربوط به لاین ۱۷ بود و همین‌طور در سطح تنش ۹۶ ساعت رقم آفتاب بالاترین و لاین ۱۷ پایین‌ترین گیاهچه نرمال را دارا بود. لاین ۱۷ در سطوح عدم تنش بالاترین گیاهچه نرمال و تحت شرایط تنش پایین‌ترین گیاهچه نرمال را داشت (جدول ۳). گیاهچه نرمال با افزایش سطوح تنش غرقابی کاهش یافت (شکل ۵).

درصد جوانه‌زنی یکی از از پارامترهای مهم جوانه‌زنی است؛ اما از روی این پارامتر نمی‌توان یکنواختی جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی و گیاهچه‌ی نرمال را اندازه‌گیری کرد؛ زیرا ممکن است که یک توده‌ی بذری از درصد جوانه‌زنی بالایی برخوردار باشند؛ اما سرعت جوانه‌زنی، یکنواختی جوانه‌زنی و گیاهچه‌ی نرمال یایین‌تری داشته باشند.

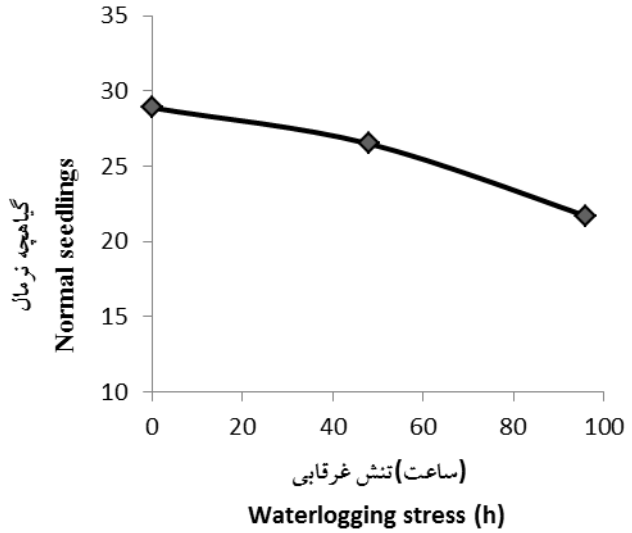
[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2024-03-28]



شکل ۴- رابطه درصد جوانه‌زنی با دوره‌های تنش غرقابی

Figure 4- Relationship of germination percentage with duration of waterlogging stress

(Means in each column fallowed by similar letters are not significantly different at the %5 probability level)



شکل ۵- رابطه بین گیاهچه‌ی نرمال و تنش غرقابی

Figure 4- Relationship of between normal seedling and waterlogging stress

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2024-03-28]

همان‌طور که جوانه‌زنی در سه مرحله صورت می‌گیرد، بذرها در مرحله دوم و سوم به کمبود اکسیژن حساس‌تر هستند؛ بنابراین شاید بذور جوانه بزنند؛ اما رشد گیاهچه به دلیل کمبود اکسیژن طبیعی نخواهد بود؛ بنابراین چون معیار بررسی جوانه‌زنی خروج ریشه‌چه به اندازه‌ی دو میلی‌متر می‌باشد؛ پس منطقی‌است بیان کنیم که درصد جوانه‌زنی معیار مناسبی برای تعیین گیاهچه‌های نرمال نیست. کاهش درصد گیاهچه نرمال در شرایط غرقابی می‌تواند به‌دلیل فقدان اکسیژن لازم برای تنفس هوازی و در نتیجه افزایش تنفس غیرهوازی و تجمع اتانول و مواد سمی باشد (Kennedy *et al.*, 1992).

اسماعیل و همکاران (Ismail *et al*., 2009) دلیل کاهش درصد جوانه‌زنی با افزایش طول دوره غرقاب در گندم را عدم تعادل هورمونی و عدم توانایی گندم به دفع هورمون آبسیزیک و کاهش هورمون اکسین در حین جوانه‌زنی دانستند. در مطالعاتی توسط اشرف و گل‌زردی (Ashraf and Golzardi, 2013) افزایش طول دوره غرقاب باعث کاهش صفاتی اعم از طول ریشه‌چه، ساقه‌چه، وزن تر گیاهچه، درصد و سرعت جوانه‌زنی شد؛ هم‌چنین طهماسبی و همکاران (Tahmasebi *et al*., 2013) اظهار داشتند که با افزایش طول دوره غرقابی درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی و وزن خشک گیاهچه گندم کاهش یافت. درویش و همکاران (Darvish *et al*., 2013) نیز با بررسی اثر غرقاب بر خصوصیات بذر علف هرز جغجغه بیان داشتند که درصد جوانه‌زنی تحت شرایط شش روز غرقاب نسبت به شاهد کاهش پیدا کرد و تحت ۲۱ روز غرقاب نیز متوقف گردید.

نتایج خادم پیر و همکاران (Khadem pir *et al*., 2014) نشان دادند که دما و مدت تنش غرقاب و اثر متقابل آن‌ها اثر معنی‌داری بر روی حداکثر درصد جوانه‌زنی ندارند؛ بر این اساس سلامتی و همکاران (Salamati *et al*., 2010). بیان داشتند، این اثر نداشتن، ممکن است به دلیل پایین بودن دمای پایه کلزا برای جوانه‌زنی باشد و نیز این اثر نداشتن مدت غرقاب بر حداکثر جوانه‌زنی می‌تواند به دلیل مدت زمان کم غرقاب بودن بذرهای کلزا باشد که این مدت غرقاب می‌تواند باعث بهبود جوانه‌زنی شود. طبق نظریه ویوبکر و همکاران (Wuebker *et al*, 2001) کاهش گیاهچه‌های نرمال تحت تنش غرقابی، به علت آسیب درونی ساختار بذر (شامل شکستن ریشه‌چه، ساقه‌چه) می‌باشد؛ هم‌چنین ایشان طول دوره غرقابی طولانی را به علت فقدان اکسیژن، افزایش الکل سمی و دی‌اکسید کربن دلیلی بر افت جوانه‌زنی دانستند؛ هم‌چنین هامپتون و تکرونی (Hampton and Tekrony, 1995) بیان داشتند هر چه درصد و سرعت جوانه‌زنی افزایش یابد، درصد گیاهچه نرمال نیز افزایش می‌یابد.

اثر تنش غرقابی بر خصوصیات گیاهچه: نتایج تجزیه واریانس صفات مرتبط با رشد هتروتروفیک گیاهچه ارقام گندم نشان دادند که اثر تنش غرقابی، رقم و همچنین اثر متقابل رقم در غرقاب بر صفات مرتبط با رشد گیاهچه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شدند (جدول ۴).

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2024-03-28]

جدول ۴- تجزیه واریانس (مجموع مربعات) صفات مرتبط با رشد هتروتروفیک گیاهچه ارقام گندم تحت شرایط تنش غرقابی

Table 4- Analysis of variance (SS) of traits related to seedling heterotrophic growth of wheat cultivars under waterlogging stress condition

منبع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی DF	طول ریشه‌چه Root length	طول ساقه‌چه Stem length	طول ریشه‌چه به ساقه‌چه Root/Shoot
رقم Cultivar (C)	6	330.22**	16.26**	3.93**
غرقاب Waterlogging (W)	2	42.64**	169.54**	1.54**
غرقاب × رقم C × W	12	63.82**	115.95**	3.07**
خطا Error	63	66.05	61.53	0.70
ضریب تغییرات CV (%)		7.54	8.43	8.79

ns، * و **: به‌ترتیب عدم وجود اختلاف معنی‌دار و اختلاف معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد.

ns, * and **: non-significant difference, significant difference at the level of five and one percent probability, respectively.

ادامه جدول ۴- تجزیه واریانس (مجموع مربعات) صفات مرتبط با رشد هتروتروفیک گیاهچه ارقام گندم تحت شرایط تنش غرقابی

Table 4- Analysis of variance (SS) of traits related to seedling heterotrophic growth of wheat cultivars under waterlogging stress condition

منبع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی DF	وزن خشک ساقه‌چه Root dry weight	وزن خشک ریشه‌چه Stem dry weight
رقم Cultivar (C)	6	47.88**	153.64**
غرقاب Waterlogging (W)	2	20.15**	24.50**
غرقاب × رقم C × W	12	72.89**	50.05**
خطا Error	63	46.25	34.39
ضریب تغییرات CV (%)		11.85	12.07

ns، * و **: به‌ترتیب عدم وجود اختلاف معنی‌دار و اختلاف معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد.

ns, * and **: non-significant difference, significant difference at the level of five and one percent probability, respectively.

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2024-03-28]

برش‌دهی اثرات متقابل صفات رشد گیاهچه نشان داد که ارقام در تمامی سطوح تنش دارای اختلاف معنی‌دار بودند (جدول ۵).

جدول ۵- برش‌دهی اثر متقابل (مجموع مربعات) صفات مرتبط با رشد هتروتروفیک گیاهچه ارقام گندم در هر سطح تنش غرقابی
Table 2- Slicing of interaction (SS) of seedling heterotrophic growth of wheat cultivars at each level of waterlogging stress۰

سطوح تنش Stress levels	درجه آزادی DF	طول ساقه‌چه Stem length	طول ریشه‌چه Root length	طول ریشه‌چه به ساقه‌چه Root/Shoot
شاهد Control	6	27.46**	2.22**	22.66**
سطح ۴۸ Level 48	6	20.65**	1.82**	33.46**
سطح ۹۶ Level 96	6	26.43**	0.56**	50.33**

ns، * و **: به‌ترتیب عدم وجود اختلاف معنی‌دار و اختلاف معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد.

ns, * and **: non-significant difference, significant difference at the level of five and one percent probability, respectively.

ادامه جدول ۵- برش‌دهی اثر متقابل (مجموع مربعات) صفات مرتبط با رشد هتروتروفیک گیاهچه ارقام گندم در هر سطح تنش غرقابی

Table 2- Slicing of interaction (SS) of seedling heterotrophic growth of wheat cultivars at each level of waterlogging stress۰

سطوح تنش Stress levels	درجه آزادی DF	وزن خشک ساقه‌چه Root dry weight	وزن خشک ریشه‌چه Stem dry weight
شاهد Control	6	53.62**	108.34**
سطح ۴۸ Level 48	6	32.39**	127.75**
سطح ۹۶ Level 96	6	7.02**	49.40**

ns، * و **: به‌ترتیب عدم وجود اختلاف معنی‌دار و اختلاف معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد.

ns, * and **: non-significant difference, significant difference at the level of five and one percent probability, respectively.

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2024-03-28]

طول ریشه‌چه و ساقه‌چه: طبق نتایج مقایسه میانگین در شرایط عدم تنش غرقابی و تنش غرقابی ۴۸ ساعت ارقام آفتاب، قابوس و کریم بالاترین طول ریشه‌چه و رقم کوهدشت پایین‌ترین طول ریشه‌چه را داشتند و ارقام در سطح تنش ۴۸ ساعت نسبت به سطح عدم تنش رشد ریشه‌چه بیشتری داشتند، در حالی‌که در سطح تنش ۹۶ ساعت طول ریشه‌چه تمامی ارقام نسبت به سطوح دیگر کاهش‌یافته بود؛ به نحوی که کم‌ترین و بیشترین طول ریشه‌چه به ترتیب در رقم قابوس و سرداری مشاهده شد (جدول ۶)؛ در نتیجه رقم قابوس که در سطوح عدم تنش و تنش ۴۸ ساعت از بالاترین رشد ریشه‌چه برخوردار بود، در سطح تنش ۹۶ ساعت به پایین‌ترین رشد ریشه‌چه رسیده بود. این نتیجه بیان‌گر آن است که اگر رقمی در شرایط مطلوب از بازده بالاتری در یک صفت برخوردار باشد دلیل بر این نیست که آن رقم در شرایط تنش شدیدترهم برتر باشد.

هم‌چنین مقایسه میانگین طول ساقه‌چه در سطح عدم تنش و تنش ۴۸ ساعت غرقاب نشان دادند که بیشترین طول ساقه‌چه مربوط به رقم سرداری و کم‌ترین طول ساقه‌چه مربوط به لاین۱۷ و رقم قابوس بود؛ و در سطح تنش ۹۶ ساعت بالاترین طول ساقه‌چه در رقم آفتاب و کم‌ترین طول ساقه‌چه در رقم کوهدشت و لاین ۱۷ مشاهده شد. لاین ۱۷ در تمامی سطوح کم‌ترین طول ساقه‌چه را نشان داد. طول ساقه‌چه تا سطح تنش ۴۸ ساعت افزایش چشم‌گیری نداشته و در سطح تنش ۹۶ ساعت با اندکی افزایش همراه بود(جدول ۶). ریشه چه اولین جز از گیاهچه است که خارج می‌شود بنابراین سهم بیشتری از ذخیره مواد غذایی بذر به آن اختصاص داده می‌شود. تحقیقاتی که توسط پراکاش و همکاران (Prakash *et al*., 2016) بر جوانه‌زنی بذور و رشد گیاهچه بر روی هشت رقم برنج در ۵ سطح غرقاب انجام گرفته بود نشان دادند که با افزایش سطح غرقاب کاهش چشم‌گیری در همه پارامترها مشاهده شده بود، درصد زنده ماندن و طول گیاهچه تحت شرایط غرقابی کاهش یافت اما به میزان بسیار پایین‌تر در ژنوتیپ‌های متحمل به غرقاب؛ هم‌چنین ریشه، قسمت‌های هوایی و مواد خشک تولیدی کل در همه واریته‌ها در سطوح غرقابی بالاتر نسبت به سطوح غرقابی پایین‌تر کاهش بیشتری یافت.

وزن خشک ریشه‌چه و وزن خشک ساقه‌چه: نتایج مقایسه میانگین وزن خشک ساقه‌چه نشان دادند که در سطح عدم تنش ارقام آفتاب و سرداری بالاترین و لاین ۱۷ پایین‌ترین از نظر این صفت بودند؛ هم‌چنین در سطح تنش ۴۸ ساعت ارقام قابوس و کریم بیش‌ترین و رقم سرداری کم‌ترین وزن خشک ساقه‌چه را داشتند؛ و در سطح تنش ۹۶ ساعت غرقاب ارقام سرداری و آفتاب بالاترین و رقم آذر پایین‌ترین وزن خشک ساقه‌چه رادارا بودند و بین سایر ارقام تفاوت معنی‌داری وجود نداشت؛ هم‌چنین کمترین وزن خشک ساقه‌چه در سطح تنش ۴۸ ساعت نسبت به سطوح دیگر مشاهده شد (جدول ۶). رقم آفتاب و سرداری در سطوح عدم تنش و تنش ۹۶ بالاترین وزن خشک ساقه‌چه و رقم لاین ۱۷ در این دو سطح پایین‌ترین وزن خشک ساقه‌چه را داشتند. واکنش ارقام در سطوح تنش ۹۶ تقریبا مشابه سطح عدم تنش بود.

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2024-03-28]

جدول ۶- مقایسه میانگین صفات مرتبط با رشد گیاهچه‌ی ارقام گندم در هر سطح تنش غرقابی

Table 6- Comparison of mean of traits related to seedling growth of wheat cultivars at each level of waterlogging stress

تنش Stress	رقم Cultivar	طول ریشه‌چه Root length	طول ساقه‌چه Stem length	طول ریشه‌چه به ساقه‌چه Root/Shoot
شاهد Control	Aftab	15.47a	11.62bc	1.30
	Azar	14.48ab	12.45ab	1.16cd
	Ghabous	15.48a	9.18de	1.69a
	Karim	15.47a	10.37cd	1.49b
	Kohdasht	12.80c	11.48bc	1.11d
	Line	14.53ab	8.37e	1.74a
	Sardari	13.74bc	14.73a	0.94e
میانگین Average		14.56	11.17	1.34
سطح ۴۸ Level 48	Aftab	16.50a	11.63b	1.42c
	Azar	15.27ab	14.27a	1.07de
	Ghabous	16.13a	9.15d	1.76a
	Karim	16.69a	10.57bc	1.58b
	Kohdasht	13.56c	11.25b	1.21d
	Line	14.15bc	9.70cd	1.46bc
	Sardari	15.39ab	15.35a	1.00e
میانگین Average		15.38	11.70	1.35
سطح ۹۶ Level 96	Aftab	10.88bc	14.02a	0.77de
	Azar	11.74ab	11.97cd	0.98abc
	Ghabous	8.95d	13.90b	0.64e
	Karim	10.58bc	12.54bc	0.85cd
	Kohdasht	10.43bc	10.29e	1.02ab
	Line	9.67cd	10.68de	0.90bcd
	Sardari	13.41a	12.35c	1.09a
میانگین Average		10.80	12.25	0.89

میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حرف مشترک می‌باشند، براساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

Means in each column fallowed by similar letters are not significantly different at the %5 probability level (LSD Test).

با توجه به نتایج مقایسه میانگین (جدول ۶) وزن خشک ریشه‌چه در سطح عدم تنش بیش‌ترین این صفت مربوط به ارقام کریم و قابوس و کم‌ترین آن را رقم سرداری داشتند؛ هم‌چنین در سطح تنش ۴۸ ساعت بالاترین وزن خشک ریشه‌چه مربوط به رقم آفتاب و پایین‌ترین وزن خشک مربوط به رقم قابوس و لاین ۱۷ بود؛ و در سطح تنش ۹۶ ساعت هم بیشترین وزن خشک ریشه‌چه در رقم قابوس و کمترین در رقم آذر و لاین ۱۷ مشاهده شد؛ بنابراین ارقام

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2024-03-28]

قابوس و کریم در سطح عدم تنش و تنش ۹۶ ساعت بالاترین وزن خشک ریشه‌چه و لاین ۱۷ در سطوح تنش نسبت به عدم تنش از پایین‌ترین وزن خشک ریشه‌چه برخوردار بودند.

ادامه جدول ۶- مقایسه میانگین صفات مرتبط با رشد گیاهچه‌ی ارقام گندم در هر سطح تنش غرقابی

Table 6- Comparison of mean traits related to seedling growth of wheat cultivars at each level of waterlogging stress

تنش Stress	رقم Cultivar	وزن خشک ساقه‌چه Root dry weight	وزن خشک ریشه‌جه Stem dry weight
شاهد Control	Aftab	9.60a	5.97b
	Azar	8.20b	5.26bc
	Ghabous	6.70c	7.16a
	Karim	7.89bc	7.60a
	Kohdasht	7.74bc	6.21b
	Line	5.37d	5.49bc
	Sardari	9.51a	4.55c
میانگین Average		7.85	6.03
سطح ۴۸ Level 48	Aftab	5.91bc	8.99a
	Azar	5.25cd	8.12bc
	Ghabous	7.62a	6.57d
	Karim	7.60a	7.60cd
	Kohdasht	5.62bcd	7.84bc
	Line	6.57ab	6.76d
	Sardari	4.57d	8.79b
میانگین Average		6.16	7.81
سطح ۹۶ Level 96	Aftab	8.19a	4.93bc
	Azar	6.90b	3.50d
	Ghabous	8.10ab	6.47a
	Karim	7.38ab	5.02b
	Kohdasht	7.37ab	3.92cd
	Line	7.30ab	3.74d
	Sardari	8.30a	3.91cd
میانگین Average		7.64	4.49

میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حرف مشترک می‌باشند، براساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

Means in each column fallowed by similar letters are not significantly different at the %5 probability level (LSD Test).

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2024-03-28]

به طور کل نتایج نشان‌دهنده این موضوع می‌باشد که در هر سطح تنش ارقامی که وزن خشک ریشه‌چه‌ی بیشتری داشتند از وزن خشک گیاهچه‌ی کمتری برخوردار بودند. این نکته بیان‌گر آن است که بین وزن خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه رابطه عکس برقرار است. در رشد هتروتروفیک، گیاهچه از لحاظ مواد غذایی به خود وابسته است، پس هر اندازه رشد ریشه‌چه بیشتر باشد، مواد غذایی کمتری در اختیار ساقه‌چه قرار می‌گیرد؛ یا به عبارتی رشد ساقه‌چه کمتر می‌شود. هم‌چنین نتایج مقایسه میانگین نشان داد که نسبت طول ریشه‌چه به ساقه‌چه هم در سطح تنش ۴۸ ساعت نسبت به ۹۶ ساعت بالاتر بود و یا می‌توان گفت که سطح تنش ۹۶ ساعت نسبت به دو سطح دیگر از نظر این صفت پایین بود (جدول ۶). مهم‌ترین تأثیر تنش غرقابی افزایش تنفس بی‌هوازی است. در این شرایط به دلیل تأمین انرژی‌های مورد نیاز بافت ریشه سریعاً از کربوهیدرات تخلیه و بنابراین گرسنگی در ریشه حادث می‌شود (Jackson and Richard., 2003). غرقاب شدن از ساخت و جابجایی سیتوکینین‌ها و جیبرلین‌ها در بخش هوایی جلوگیری می‌کند، بنابراین محدود شدن این هورمون‌ها در رشد برگ و ساقه اثر می‌گذارد که در نهایت سبب کاهش وزن گیاهچه می‌گردد (Ismail *et al*., 2009).

کاهش وزن خشک گیاهچه با افزایش طول دوره غرقابی به‌دلیل به هم خوردن تعادل هورمونی و عدم توانایی گندم به دفع هورمون آبسیزیک و کاهش هورمون اکسین در هنگام جوانه‌زنی می‌باشد (Ismail *et al*, 2009). هم‌چنین کاهش وزن خشک گیاهچه می‌تواند به علت کاهش میزان پویایی ذخایر بذر و یا کاهش کارآیی تبدیل ذخایر پویا شده باشد (Soltani *et al*., 2006). نتایج مطالعات تیریاکیوگلو و همکاران (Tiryakioglu *et al*, 2015) در پاسخ گیاهچه‌های گندم نان به تنش غرقابی نشان دادند که درگیاهچه‌های گندم تحت شرایط بی‌هوازی صفات وزن خشک ریشه، وزن خشک برگ، وزن خشک مخصوص برگ و وزن خشک کل معنی‌داری کمتری را داشتند.

نتیجه‌گیری

نتایج نشان دادند که با افزایش سطوح تنش سرعت جوانه‌زنی افزایش و درصد جوانه‌زنی، گیاهچه نرمال، شروع مؤثر جوانه‌زنی و پایان مؤثر جوانه‌زنی کاهش یافت. با این حال تنش ۴۸ ساعت نسبت به سطوح عدم تنش و تنش ۹۶ ساعت از پایین‌ترین طول ساقه‌چه و بالاترین طول و وزن خشک ریشه‌چه برخوردار بود؛ که این قضیه را می‌توان به نقش هیدروپرایمینگ آب نسبت داد. با وجود اینکه واکنش ارقام در صفات مختلف در هر سطح تنش متفاوت بود و نمی‌توان دقیق بیان کرد که کدام رقم برتر می‌باشداز بین ارقام رقم سرداری به دلیل اینکه شروع و پایان مؤثر دیرتری داشت و بالاترین طول ساقه‌چه را داشت توصیه نمی‌شود و رقم آفتاب از سرعت و یکنواختی جوانه‌زنی خوبی برخوردار بود.

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2024-03-28]

منابع

Abdelbagi M.I., Ella E.S., Vergara G.V., Mackill D.J. 2009. Mechanisms associated with tolerance to flooding during germination and early seedling growth in rice (*Oryza sativa*). Annals Botany, 103: 197-209.

Ahmadi K., Gholizade H.A., Ebadzade H.R., Hosseinpor R., Hatami F., Fazli B., Kazamian A., Rafiei M. 2017. Agricultural statistics. First Volume of Crops, Ministry of Agriculture, Deputy Director of Planning and Economics, ICT Center.

Ahmed F., Rafii M.Y., Ismail M.R., Juraimi A.S., Rahim H.A., Asfaliza R., Latif M.A. 2012. Waterlogging tolerance of crops: breeding, mechanism of tolerance, molecular approaches, and future prospects. Bio-Med Research International, Volume 2013: 1-10.

Ashraf M.A., Golzardi F. 2013 Influence of flooding on germination behavior of two populations. 5th Iranian Weed Science Conference, University of Tehran, Karaj, 24-26 August, Pp: 1602-1604. (In Persian).

Bertani A., Brambella I. 1982. Effect of decreasing oxygen concentration on wheat roots: growth and induction of anaerobic metabolism. Zeitschrift für Pflanzenphysiologie, 108: 283-288.

Bewley J.D., Bradford K.J., Hilhorst H.W.M., Nonogaki H. 2013. Seeds: Physiology of Development, Germination and Dormancy. 3rd Edition, Springer, New York.

Brisson N., Rebiere B., Zimmer D., Renalt D. 2002. Response of the root system of winter wheat crop to waterlogging. Plant and Soil, 243: 43-55.

Darvish M., Chaman Abad MohammadDost H.R., Al Ebrahim M.T. 2012. Influence of flooding period on rattan germination characteristics. The 2end National Organic Farming Congress, Ardebil University Researcher, 22 p. (In Persian).

Dennis E.S., Doferus R., Ellis M., Rahman M., Wu Y., Hoeren F.U., Grover A., Ismond K.P., Good A.G., Peacock W.J. 2000. Mollecular strategies for improving waterlogging tolerance in plants. Journal of Experimental Botany, 51: 89-97.

Donohue K., Rubio de Casas R., Burghardt L., Kovach K., Willis C.G. 2010. Germination, post germination adaptation, and species ecological ranges. Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics, 41: 293-319.

Galeshi S., Torabi B., Rahemi Karizaki A., Soltani E. 2012. Seeds: Physiology of development and germination. Ayeneh Nama Press. 464 p. (In Persian).

Ghaderi-far F., AliMagham S. M. Rezaei Moghadam H., Haghighi M. 2012. Influence of environmental factors on seed germination and seedling emergence of rye (*Secale cereale* L.) as a volunteer plant in wheat fields. Journal of Crop Production, 5 (4): 121-134. (In Persian).

Ghojoghdordi A.A., Esmaili M.M., Sattarian A., Rahemi Karizaki A. 2016. Investigation of flooding stress on ecological and physiological traits in choenoplectus triqueter. Journal of Aquatic Ecology, 6 (1): 1-11. (In Persian).

Hampton J.G., Tekrony D.M. 1995. Handbook of Vigor Test Methods. The International Seed Testing Association, Zurich, 117 p.

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2024-03-28]

Ismail A.M., Ella E.S., Vergara G.V., Mackill D.J. 2009. Mechanisms associated with tolerance to flooding during germination and early seedling growth in Rice (*Oryza sativa*). Annals of Botany, 103: 197-209.

Jackson M.B., Richard B. 2003. Physiology, biochemistry and molecular biology of plant root systems subjected to flooding of the soil. Pp. 193-213. In: Kroon H.D., and Visser E.J.W. (ed.). In Root ecology. Springer Verlog, Berlin, 260 p.

Kafi M., Borzoii A., Kamandi A., Nabati J. 2009. Physiological and environmental stresses in plants. Ferdowsi University of Mashhad Publication, 235 p. (In Persian).

Kafi M., Mahdavi Damghani A. 2001. Mechanisms of environmental stress resistance in plants. Ferdowsi University of Mashhad Publication, 236 p. (In Persian).

Kennedy R.A., Rumpho M.E., Fox T.C. 1992. Anaerobic metabolism in plants. Plant Physiology, 100: 1-6.

Khadempir M., Galeshi S., Ghaderifar F., Mazlom M. 2014. Effect of sprouting stress on temperature and waterlogging (*Brasica napus* L.). Journal of Seed Research, 4(3). (In Persian).

Koochaki A., Soltani A., Azizi M. 1997. Physiological Plant Ecology. Jahad Daneshgahi Mashhad Press, 271 p. (In Persian).

Maliwal G.L. 2000. Effect of soil moisture and waterlogging on seed germination and seedling growth of cotton under Bhal condition. Indian Journal of Plant Physiology, 5 (2): 174-176.

Michael B.J., Kimiharu I. Osamu I. 2009. Evolution and mechanisms of plant tolerance to flooding stress. Annals of Botany, 103: 137-142.

Mocquot B., Prat C., Mouches C., Pradet P. 1981. Effect of anoxia on energy charge and protein synthesis in rice embryo. Plant Physiology, 68: 636-640.

Prakash M., Sunilkumar B., Sathiya Narayanan G., Gokulakrishnan J., Anandan R. 2016. Seed germination and seedling growth of rice varieties as affected by flooding stress. Indian Journal of Agriculture Research, 50 (3): 263-272.

Saglio P. H., Raymond P., Pradet A. 1980. Metabolic activity and energy charge of excised maize root tips under anoxia. Plant Physiology, 66: 1053-1057.

Salamati N., Galeshi S. 2010. Morphological and physiological characteristics of cotton in response to flooding and temperature effects. Abstracts of Articles Third International Seminar Pellets Edible Oilseeds and Oils, 14 p. (In Persian).

Singh R.P., Hodson D.P., Huerta-Espino J., Jin Y., Njau P., Wanyera R., Herrera-Foessel S.A., Ward R.W. 2008. Will stem rust destroy the world's wheat crop? Advances in Agronomy, 98: 271-309.

Siyadat S.A., Madhaj A., Esfahani M. 2013. Cereals. Mashhad University Press, 352 p. (In Persian).

Soltani A. 2009. The Use of SAS Software in Statistical Analysis. Jahad Daneshgahi Mashhad Press, 182 p. (In Persian).

Soltani A., Gholipoor M., Zeinali E. 2006b. Seed reserve utilization and seedling growth of wheat as affected by drought and salinity. Environmental Experimental Botany, 55: 195-200.

Soltani A., Maddah Yazdi V. 2010. Simple applications for teaching and research in agriculture. Society of Ecological Agriculture, 80 p.

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2024-03-28]

Soltani A., Robertson M.J., Torabi B., Yousefi-Daz M., Sarparast R. 2006. Modeling seedling emergence in chickpea as influenced by temperature and sowing depth. Agricultural and Forest Meteorology, 138: 156-167.

Soltani E., Kamkar B., Galeshi S., Akram Ghaderi F. 2008. The effect of seed deterioration on seed reserves depletion and heterotrophic seedling growth of wheat. Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources, 15: 1-5. (In Persian).

Tahmasebi M., Galeshi S., Sadeghipoor H. 2011. Morphological and physiological characteristics of wheat in response to the effects of flooding and temperature. Abstracts of Articles First Conference of Strategies to Achieve Sustainable Agriculture, Ahvaz. (In Persian).

Tahmasebi M., Galeshi S.A., Soltani A., Sadeghipour H.R. 2013. The effect of waterlogging stress on germination and heterotrophic growth components of wheat seedlings in different temperatures. Journal of Crop Production, 6 (3): 51-69. (In Persian).

Tiryakioglu M, Karanlik S, Arslan M. 2015. Response of bread- wheat seedling to waterlogging stress. Turkish Journal and Agriculture and Forestry, 39.

Varshney R.K., Bansal K.C., Aggarwal P.K., Datta S.K., Craufurd P.Q. 2011. Agricultural biotechnology for crop improvement in a variable climate: Hope or Hype? Trends Plant Science, 16 (7): 363-371.

Wuebker E.F., Mullen R.E., Koehler K. 2001. Flooding and temperature effects on Soybean germination. Crop Science, 41: 1857-1861.

Zeinali A., Soltani A. 2000. Effect of drought stress on wheat seedling growth heterotrophic. Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources, 7: 113-122. (In Persian).

[Downloaded from arpe.gonbad.ac.ir on 2024-03-28]