نشریه تولید گیاهان زراعی
جلد ششم، شماره سوم، پاییز ۹۲
۵۱-۶۹
http://ejcp.gau.ac.ir

اثر تنش غرقابی بر جوانه‌زنی و اجزای رشد هتروتروفیک گیاهچه گندم در دماهای مختلف

*مریم طهماسبی[۱]، سرا... گالشی[۲]، افشین سلطانی[۲] و حمیدرضا صادقی‌پور[۳]
[۱]دانشجوی سابق کارشناسی‌ارشد رشته زراعت دانشگاه علوم کشاورزی و منابع‌طبیعی گرگان، [۲]استاد گروه زراعت دانشگاه علوم کشاورزی و منابع‌طبیعی گرگان، [۳]استادیار گروه زیستشناسی دانشگاه گلستان
تاریخ دریافت: ۹۱/۸/۲۳ ؛ تاریخ پذیرش: ۹۲/۶/۱۴

چکیده

رشد هتروتروفیک گیاهچه در مراحل اولیه نمو حاصل پویا شدن و انتقال ذخایر بذر و کارآیی تبدیل ذخایر بذر انتقال یافته به بافت گیاهچه می باشد. این تحقیق به‌منظور بررسی اثر غرقابی در دماهای مختلف بر جوانه‌زنی و رشد گیاهچه بذر گندم (N۸۰۱۹) در قالب تجزیه مرکب با طرح پایه کاملاً تصادفی در ۴ سطح غرقاب (۰، ۲۴، ۴۸ و ۹۶ ساعت) و در ۳ سطح دما (۵، ۱۰ و ۲۰ درجه سانتی‌گراد) با ۴ تکرار انجام شد. نتایج نشان داد که سرعت و درصد جوانه‌زنی به‌طور معنی‌داری با افزایش غرقاب در هر سه دما کاهش یافت، ولی سرعت رشد گیاهچه تنها با افزایش طول دوره غرقاب کاهش معنی داری یافت. بعد از بررسی دو جزء رشد هتروتروفیک گیاهچه گندم ملاحظه شد که میزان استفاده ذخایر بذر به‌طور معنی‌داری کاهش ولی کارایی استفاده از ذخایر بذر تغییر معنی‌داری نداشت.

واژه‌های کلیدی: درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، غرقاب و کارایی تبدیل.

مقدمه

از نظر زیستی تنش عبارت است از هرگونه تغییر در شرایط محیطی که به کاهش و یا تغییر نامطلوب یک فرآیند منجر شود و به عبارت دیگر هرگونه تغییر در شرایط محیطی که عکس‌العمل گیاه را از حد مطلوب خارج سازد تنش گویند (کوچکی و همکاران، ۱۹۹۷). غرقابی به شرایطی گفته می‌شود که میزان

* مسئول مکاتبه: mary.tahmaseby@gmail.com

Archive of SID
www.SID.ir

آب در خاک به حدی افزایش یابد که از جریان اکسیژن در خاک ممانعت کند و میزان دی‌اکسید کربن در خاک افزایش یابد (کافی و همکاران، ۲۰۰۹). البته در برخی از خاک‌ها شرایط بی‌هوازی کامل به دلیل فعالیت میکروبی پایین و یا دماهای کم هرگز اتفاق نمی‌افتد (کافی و همکاران، ۲۰۰۹). شدت اثرات غرقابی بر رشد و تولید فراورده‌های فتوسنتزی به گونه‌ی گیاه، حتی ارقام زراعی در یک گونه، مرحله تکوین گیاه، ویژگی‌های خاک (مانند pH و میزان مواد آلی) و به ویژه دمای خاک بستگی دارد. چون با کاهش دما نیاز به اکسیژن برای تنفس کاهش می‌یابد، بنابراین، آسیب‌های ناشی از غرقابی در دماهای پایین در مقایسه با دماهای بالای خاک از شدت کمتری برخوردار است (بریسون و همکاران، ۲۰۰۲). جوانه‌زنی یکی از مهم‌ترین مراحل فنولوژیک گیاه است که تعیین کننده درجه موفقیت سیستم‌های زراعی می‌باشد (فورسلا و همکاران، ۲۰۰۰). مراحل جوانه‌زنی و سبز شدن گیاه و هنگامی‌که گیاه در مرحله رشد سریع است نسبت به غرقابی حساس‌تر است (بریسون و همکاران، ۲۰۰۲). بذور بسیاری از گیاهان عالی طی اولین مرحله جذب آب[1] و قبل از پاره شدن پوسته بذر شدت‌های مختلفی از شرایط بی‌هوازی را تجربه می‌کنند. طی ساعات اولیه جوانه‌زنی پوسته بذر به اکسیژن نفوذناپذیر بوده و به‌دلیل 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 (کندی و همکاران، ۱۹۹۲). عبدالباقی و همکاران (۲۰۰۹) نشان دادند که اثر غرقابی بر جوانه‌زنی بذور در کشت مستقیم برنج باعث مرگ و تأخیر در استقرار گیاهچه شد. اسماعیل و همکاران (۲۰۰۹) بیان کردند غرقابی موجب کاهش سرعت جوانه‌زنی و تأخیر در استقرار گیاهچه می‌گردد. با افزایش طول دوره غرقابی در گندم به‌علت افزایش هورمون اسید آبسزیک و کاهش اکسین طول کلئوپتیل کاهش یافت. جوانه‌زنی و رشد گیاهچه در مراحل اولیه به‌شدت تحت تأثیر عوامل محیطی به ویژه دما، رطوبت خاک (سیفلد و همکاران، ۲۰۰۲؛ سلطانی و همکاران، ۲۰۰۸؛ سلطانی و همکاران، ۲۰۰۶a) قرار می‌گیرند. ویوبکر و همکاران (۲۰۰۱) اثر متقابل دما و غرقابی را بر جوانه‌زنی سویا (*Glycine max*) مورد بررسی قرار دادند. نتایج تحقیق آن‌ها نشان داد که در دمای ۱۰ و ۱۵ درجه سانتی‌گراد، ۲ تا ۸ روز غوطه‌وری بذور سویا قبل از کاشت، اثر قابل توجهی روی جوانه‌زنی نداشت. اما در دمای ۲۵ و ۳۰ درجه سانتی‌گراد بسته به‌مدت زمان غوطه‌وری جوانه‌زنی کاهش یافت، همچنین آن‌ها گزارش کردند تنش غرقابی باعث

1- Imbibation

Archive of SID

www.SID.ir

افزایش یکنواختی در جوانه‌زنی سویا شد. رشد هتروتروفیک گیاهچه‌ها را می‌توان بر اساس دو جزء وزن ذخایر بذر انتقال یافته یا پویا شده و کارایی تبدیل ذخایر بذر انتقال یافته به بافت گیاهچه تقسیم کرد (سلطانی و همکاران، b ۲۰۰۶؛ سلطانی و همکاران، ۲۰۰۲؛ زینلی و سلطانی، ۲۰۰۱). تک لپه‌ای‌ها 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[1] 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 به‌علت تنفس می‌باشد (برتانی و برامبیلا، ۱۹۸۲). در کاهش مقدار استفاده از ذخایر بذر و کاهش کسر ذخایر انتقال یافته بذر به گیاهچه می‌تواند به‌دلیل کاهش هورمون جیبرلین و کاهش سنتز آنزیم‌های هیدرولتیک در فرآیند جوانه‌زنی باشد (سلطانی و همکاران، a ۲۰۰۶؛ سلطانی و همکاران، ۲۰۰۸).

تنش غرقاب موجب عدم تعادل هورمونی می‌شود و میزان جیبرلیک اسید و سیتوکنین سلول‌های گیاهی به‌طور معنی‌داری کاهش می‌یابد در حالی که آبسزیک‌اسید و اتیلن آن افزایش می‌یابد (کافی و همکاران، ۲۰۰۹). بارتا (۱۹۸۷) نشان داد که افزایش دوره غرقاب تاثیر معنی‌داری بر مقدار نشاسته در ریشه‌های یونجه و خلر نداشت. تحت شرایط غرقابی گیاهان تحت تنش هیپوکسی[2] (کاهش اکسیژن به زیر سطح مطلوب) قرار گرفته و فعالیت متابولیکی آن‌ها متوقف شده و تولید ATP کاهش می‌یابد زیرا در دوره‌های کوتاه کمبود اکسیژن گلیکولیز در بسیاری از گیاهان تشدید شده و به‌صورت اثر پاستور[3] خود را نشان می‌دهد که میزان ATP تولید شده نسبت به شرایط هوازی پایین است (ماکوت و همکاران، ۱۹۸۱). کاهش تولید ATP ذخیره انرژی برای رشد ریشه گیاه را محدود کرده بنابراین باعث کاهش رشد رویشی می‌گردد (ساگلیو و همکاران، ۱۹۸۰) که می‌تواند روی جزء اول رشد هتروتروفیک مؤثر باشد. به‌این ترتیب رشد گیاهچه‌های حاصل از بذور غرقاب شده ممکن است از طریق کاهش پویایی ذخایر بذر و یا کاهش کارایی تبدیل آن تهدید شود. از این رو این مطالعه با هدف بررسی اثر غرقابی در

1- Adenosine Three Phosphate
2- Hypoxia

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

Archive of SID

www.SID.ir

دماهای مختلف بر تخلیه دخایر بذر و رشد هتروتروفیک گیاهچه گندم و شناسایی جزء حساس رشد گیاهچه به تنش غرقابی بذور در دماهای مختلف، انجام شد.

مواد و روش‌ها

این مطالعه بر روی بذور گندم (رقم N۸۰۱۹) در آزمایشگاه تحقیقات بذر دانشکده علوم زراعی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان در قالب تجزیه مرکب (هر دما به‌عنوان یک مکان) با طرح پایه کاملا تصادفی در چهار تکرار در سال ۱۳۸۹ انجام شد. تیمارهای مورد مطالعه شامل: طول دوره غرقابی ۰، ۲۴، ۴۸ و ۹۶ ساعت و دما ۵، ۱۰ و ۲۰ درجه سانتی‌گراد بودند. برای انجام آزمایش، بذور در دماهای مختلف به انکوباتور برای اعمال تیمارهای غرقابی منتقل گردیدند. بعد از پایان دوره غرقابی بذور در هر دما، تیمارهای بذری هر دما هم‌زمان از انکوباتور خارج گردیدند. برای بررسی تأثیر غرقابی بر جوانه‌زنی بذور در هر دما، دو آزمایش انجام شد. در آزمایش جوانه‌زنی از هر تیمار ۴ تکرار ۵۰ بذری در داخل سه لایه حوله کاغذی قرار داده شدند و سپس در داخل انکوباتور با دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند (سلطانی و همکاران، ۲۰۰۶). بازید از بذرها هر روز دو بار صورت می‌گرفت و معیار بذور جوانه‌زده خروج ریشه‌چه به اندازه ۲ میلی‌متر یا بیشتر بود (هامپتون و تکرونی، ۱۹۹۵). برای محاسبه سرعت جوانه‌زنی و زمان تا شروع (یعنی مدت زمانی که طول می‌کشد تا جوانه‌زنی به ۱۰ درصد حداکثر خود برسد؛ D10)، تا میان مدت (یعنی مدت زمانی که طول می‌کشد تا جوانه‌زنی به ۵۰ درصد حداکثر خود برسد؛ D50)، زمان تا پایان (مدت زمانی که طول می‌کشد تا جوانه‌زنی به ۹۰ درصد حداکثر خود برسد؛ D90) و یکنواختی جوانه‌زنی (مدت زمانی که طول می‌کشد تا جوانه‌زنی از ۱۰ درصد حداکثر خود به ۹۰ درصد حداکثر خود برسد؛ GU) از برنامه Germin (سلطانی و مداح یزدی، ۲۰۱۰) استفاده شد.

برای آزمون رشد گیاهچه چهار تکرار ۳۰ بذری برای هر تیمار بذری به‌صورت جداگانه وزن شدند، که وزن تر اولیه بذر (ISTFW[1]) در نظر گرفته شد. سپس بذرها (۳۰ بذر وزن شده برای هر تیمار و تکرار) در داخل سه لایه حوله کاغذی به ابعاد ۴۵×۳۰ سانتی‌متر به‌مدت یک هفته در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند (هامپتون و تکرونی، ۱۹۹۵). بعد از ۷ روز، وزن خشک گیاهچه‌ها (SLDW[2])

1- Initial Seed Fresh Weight
2- Seedling Dry Weight

Archive of SID

www.SID.ir

و وزن خشک باقی‌مانده بذرها (FSDW[1]) محاسبه شدند. بقایای بذر و گیاهچه‌ها به‌مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند تا خشک شوند (هامپتون و تکرونی، ۱۹۹۵). در نهایت، مقدار استفاده از ذخایر بذر (SRUR[2])، کارایی استفاده از ذخایر بذر (SRUE[3]) و کسر ذخایر بذر مصرف شده (SURF[4]) بر اساس روابط ۱ تا ۳ محاسبه شدند (سلطانی، ۲۰۰۸):

(معادله ۱) وزن خشک باقی مانده بذر – وزن خشک اولیه بذر = مقدار استفاده از ذخایر بذر

(معادله ۲) مقدار استفاده از ذخایر بذر / وزن خشک گیاهچه = کارایی استفاده از ذخایر بذر

(معادله ۳) وزن خشک اولیه بذر / کارایی استفاده از ذخایر بذر = کسر ذخایر بذر مصرف شده

که ISDW[5] وزن خشک اولیه بذرها است که به کم کردن رطوبت بذر از وزن اولیه بذرها بدست می‌آید. دامنه ISDW برای بذرها در این آزمایش ۳۹/۳۶±۰/۳۴۳ میلی‌گرم بود. در نهایت داده‌های حاصل از این آزمایش در قالب تجزیه مرکب با طرح پایه کاملا تصادفی و میانگین‌ها نیز با استفاده از آزمون حداقل اختلافات معنی‌دار (LSD) در سطح ۵ درصد با استفاده از برنامه آماری SAS[6] (سلطانی، ۲۰۰۷) مورد تجزیه تحلیل و مقایسه قرار گرفتند و برای رسم شکل‌ها نرم‌افزار Excel مورد استفاده قرار گرفت.

نتایج و بحث

اثر غرقابی و دما بر درصد، سرعت جوانه‌زنی و وزن خشک گیاهچه: در جدول (۱) نتایج تجزیه واریانس طول دوره غرقابی و دما و همچنین اثرات متقابل آن‌ها در سطح ۵ و ۱ درصد نشان داده شده است. نتایج تجزیه واریانس (جدول ۱) نشان داد که اثر طول دوره غرقابی بر درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی و وزن خشک گیاهچه معنی‌دار بود. همچنین اثر دما بر درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی و وزن خشک گیاهچه و اثر متقابل طول دوره غرقابی و دما بر درصد، سرعت جوانه‌زنی و وزن خشک گیاهچه معنی‌دار بودند.

1- Fragment Seed Dry Weight
2- Seed Reserve Use Rate
3- Seed Reserve utilization Efficiency
4- Seed Use Reserve Fraction
5- Initial Seed Dry Weight
6- Statistical Analysis System

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۱. تجزیه واریانس (درجه آزادی و مجموع مربعات) درصد و سرعت جوانه‌زنی و وزن خشک گیاهچه در سطوح مختلف غرقابی و دما

منابع تغییرات	درجه آزادی	درصد جوانه‌زنی	سرعت جوانه‌زنی	وزن خشک گیاهچه
دما	۲	۱۳۸۸/۵۴**	۰/۰۰۳۶۷**	۱۰/۳۸**
اشتباه ۱	۹	۶۷/۱۹^{ns}	۰/۰۰۰۱۷^{ns}	۶/۰۶^{ns}
طول دوره غرقابی	۳	۲۱۵۱/۵۶**	۰/۰۰۴۴۵**	۱۹۱/۰۱**
طول دوره غرقابی × دما	۶	۳۷۲۸/۱۲**	۰/۰۰۳۱۹**	۸/۲۹*
اشتباه ۲	۲۷	۲۶۴/۰۶	۰/۰۰۰۴۵	۲۲/۳۴
ضریب تغییرات (درصد)		۳/۲۷	۵/۶۳	۹/۱۴

*، ** و ^{ns} به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد، ۱ درصد و غیرمعنی‌دار

نتایج مقایسه میانگین (جدول ۲) نشان داد که در دمای ۵ درجه سانتی‌گراد آزمون درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی و وزن خشک گیاهچه تحت تأثیر افزایش طول دوره غرقابی قرار گرفتند، به‌طوری که با افزایش طول دوره غرقابی درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی و وزن خشک گیاهچه کاهش یافتند. تنها در آزمون رشد گیاهچه، در زمان‌های ۴۸ و ۹۶ ساعت غرقاب نمودن بذور میانگین رشد گیاهچه آن‌ها به‌ترتیب ۱۸/۷۵ و ۱۵/۴۶ میلی‌گرم بود که نسبت به زمان‌های ۰ و ۲۴ ساعت غرقاب کاهش یافت که این کاهش تفاوت معنی‌داری داشت. در دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد، میانگین سرعت جوانه‌زنی بذور در زمان‌های ۴۸ و ۹۶ ساعت غرقاب نمودن بذور به‌ترتیب ۰/۰۶۸۶ و ۰/۰۶۸۵ بود که نسبت به زمان‌های ۰ و ۲۴ ساعت غرقاب کاهش یافت که این کاهش تفاوت معنی‌داری داشت. در آزمون رشد گیاهچه، میانگین رشد گیاهچه آن‌ها نیز در زمان‌های ۴۸ و ۹۶ ساعت غرقاب نمودن بذور به‌ترتیب ۱۷/۷۵ و ۱۵/۶۰ میلی‌گرم بود که نسبت به زمان‌های ۰ و ۲۴ ساعت غرقاب کاهش یافت که این کاهش تفاوت معنی‌داری داشت. در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد، آزمون درصد جوانه‌زنی، میانگین درصد جوانه‌زنی بذور تنها در زمان ۹۶ ساعت غرقاب نمودن بذور به ۵۵ درصد رسید که نسبت به دوره‌های غرقابی ۰، ۲۴ و ۴۸ ساعت کاهش معنی‌داری یافت. در آزمون سرعت جوانه‌زنی، میانگین سرعت جوانه‌زنی بذور در زمان‌های مختلف غرقابی تفاوت معنی‌داری با یکدیگر داشتند که با افزایش طول دوره غرقابی میانگین سرعت جوانه‌زنی بذور کاهش یافت. در آزمون رشد گیاهچه، میانگین رشد گیاهچه با افزایش طول دوره غرقاب کاهش معنی‌داری یافت. بیشترین درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی و وزن خشک گیاهچه در

Archive of SID

www.SID.ir

تیمار شاهد (۰ ساعت غرقاب) و کم‌ترین آن در تیمار ۹۶ ساعت در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد مشاهده شد. طی مطالعه‌ای که اسماعیل و همکاران (۲۰۰۹) انجام دادند نیز با افزایش طول دوره غرقابی در گندم درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی و وزن خشک گیاهچه کاهش یافت، آن‌ها این کاهش را به‌دلیل بهم خوردن تعادل هورمونی و عدم توانایی گندم به دفع هورمون اسید آبسزیک و کاهش هورمون اکسین در حین جوانه‌زنی دانستند. ویوبکر و همکاران (۲۰۰۱) اثر متقابل دما و غرقابی را مطالعه کردند. تحقیق‌های آن‌ها نشان داد که در دمای ۱۰ و ۱۵ درجه سانتی‌گراد، ۲ تا ۸ روز غوطه‌وری بذور سویا قبل از کاشت، اثر قابل توجه‌ای روی جوانه‌زنی نداشت. اما در دمای ۲۵ و ۳۰ درجه سانتی‌گراد بسته به‌مدت زمان غوطه‌وری جوانه‌زنی کاهش یافت و زمانی که بذور به‌مدت ۴ روز در دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد در آب غوطه‌ور بودند، بیشترین کاهش جوانه‌زنی رخ داد. می‌توان نتیجه‌گیری نمود که با توجه به کاهش درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی و رشد گیاهچه در گندم در اثر افزایش طول مدت غرقابی (از ۰ به ۹۶ ساعت) و همچنین افزایش دما، می‌بایست تاریخ کشت این گیاه بر اساس زمان بارندگی و درجه حرارت‌های محیط و خاک تنظیم گردد تا از اثرات نامطلوب غرقابی و درجه حرارت‌های پایین بر سرعت و درصد جوانه‌زنی بذور جلوگیری به عمل آید.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۲. مقایسه میانگین درصد، سرعت جوانه‌زنی و وزن خشک گیاهچه در تیمارهای غرقابی در دماهای ۵، ۱۰ و ۲۰ درجه سانتی‌گراد به روش LSD در سطح احتمال ۵٪

دما (درجه سانتی‌گراد) طول غرقابی (ساعت)	۵	۱۰	۲۰	$LSD_{٫٠٥}$
	درصد جوانه‌زنی			
۰	۱۰۰/۰۰^{a}	۱۰۰/۰۰^{a}	۱۰۰/۰۰^{a}	۲/۶۱
۲۴	۱۰۰/۰۰^{a}	۱۰۰/۰۰^{a}	۱۰۰/۰۰^{a}	۲/۶۱
۴۸	۱۰۰/۰۰^{a}	۹۸/۷۵^{a}	۹۷/۵۰^{a}	۲/۶۱
۹۶	۹۸/۷۵^{a}	۹۸/۷۵^{a}	۵۵/۰۰^{b}	۲/۶۱
$LSD_{٫٠٥}$	۲/۱۸	۲/۱۸	۲/۱۸	
	سرعت جوانه‌زنی (ساعت)			
۰	۰/۰۸۳۳^{a}	۰/۰۸۳۳^{a}	۰/۰۸۳۳^{a}	۰/۰۰۳۴
۲۴	۰/۰۸۳۳^{a}	۰/۰۸۲۲^{a}	۰/۰۷۲۹^{bc}	۰/۰۰۳۴
۴۸	۰/۰۷۷۹^{ab}	۰/۰۶۸۶^{c}	۰/۰۵۸۸^{d}	۰/۰۰۳۴
۹۶	۰/۰۶۸۵^{c}	۰/۰۶۸۵^{c}	۰/۰۲۸۶^{e}	۰/۰۰۳۴
$LSD_{٫٠٥}$	۰/۰۰۳۵	۰/۰۰۳۵	۰/۰۰۳۵	
	وزن خشک گیاهچه (میلی‌گرم)			
۰	۱۲/۶۵۰۰^{a}	۱۲/۶۷۰۰^{a}	۱۲/۸۵۰۰^{a}	۰/۷۶۱۹
۲۴	۱۱/۲۲۰۰^{b}	۱۰/۵۷۰۰^{bc}	۹/۶۷۰۰^{cd}	۰/۷۶۱۹
۴۸	۹/۴۶۰۰^{cde}	۹/۸۵۰۰^{cd}	۸/۷۹۰۰^{de}	۰/۷۶۱۹
۹۶	۸/۲۷۰۰^{ef}	۷/۴۰۰۰^{f}	۵/۹۱۰۰^{g}	۰/۷۶۱۹
$LSD_{٫٠٥}$	۰/۶۵۶۶	۰/۶۵۶۶	۰/۶۵۶۶	

* میانگین‌های با حروف یکسان از نظر آماری در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

جدول (۳) ضرایب همبستگی بین حداکثر جوانه‌زنی، زمان تا ۹۰٪ حداکثر جوانه‌زنی، یکنواختی جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، درصد جوانه‌زنی، درصد گیاهچه نرمال، وزن خشک گیاهچه، میزان استفاده از ذخایر بذر، کارایی استفاده از ذخایر بذر و کسر ذخایر پویا شده بذر را نشان می‌دهد. ضریب همبستگی وزن خشک گیاهچه با اجزای میزان استفاده از ذخایر بذر، کارایی استفاده از ذخایر بذر و کسر ذخایر پویا شده بذر مثبت و معنی‌دار بود. کاهش وزن خشک گیاهچه می‌تواند به‌علت کاهش میزان پویایی

Archive of SID

www.SID.ir

ذخایر بذر و یا کاهش کارایی تبدیل ذخایر پویا شده باشد (سلطانی و همکاران، ۲۰۰۶). ضریب همبستگی بین سرعت جوانه‌زنی، درصد جوانه‌زنی و درصد گیاهچه نرمال با زمان تا ۱۰٪ حداکثر جوانه‌زنی و زمان تا ۹۰٪ حداکثر جوانه‌زنی منفی و معنی‌دار است، بدین معنی که با کاهش سرعت جوانه‌زنی، درصد جوانه‌زنی و درصد گیاهچه نرمال زمان تا ۱۰٪ حداکثر جوانه‌زنی و زمان تا ۹۰٪ حداکثر جوانه‌زنی افزایش می‌یابد. همچنین درصد گیاهچه نرمال با سرعت جوانه‌زنی و درصد جوانه‌زنی رابطه‌ای مثبت و معنی‌داری دارد و هرچه درصد و سرعت جوانه‌زنی افزایش یابد، درصد گیاهچه نرمال نیز افزایش می‌یابد (هامپتون و تکروی، ۱۹۹۵).

اثر غرقابی در دمای، ۱۰ و ۲۰ درجه سانتی‌گراد بر پارامترهای جوانه‌زنی و رشد گیاهچه

دمای ۵ درجه سانتی‌گراد: نتایج آزمایش نشان داد که تنش غرقاب در دماهای مختلف می‌تواند روی جوانه‌زنی بذرها تأثیر داشته باشد، ولی کاهش درصد جوانه‌زنی تجمعی در دمای بالا مشهودتر بود (شکل ۱)؛ چون با کاهش دما نیاز به اکسیژن برای تنفس کاهش می‌یابد (بریسون و همکاران، ۲۰۰۲)، احتمالا درصد جوانه‌زنی تجمعی با افزایش طول دوره غرقابی در دمای پایین به‌علت نیاز تنفسی کمتر نسبت به دمای بالا کمتر تحت تأثیر قرار گرفته است. یکنواختی جوانه‌زنی با غرقاب در دمای ۵ درجه سانتی‌گراد تغییر معنی‌داری نداشت (جدول ۴). اما سرعت جوانه‌زنی با افزایش دوره غرقابی بذرها به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. به‌طوری که تیمار شاهد بیشترین سرعت جوانه‌زنی را داشت، ولی به ازای هر ساعت افزایش در دوره غرقاب بذر، به میزان ۰/۰۰۰۰۵ کاهش یافت (جدول ۴). درصد جوانه‌زنی (خروج ریشه‌چه) بین تیمارهای غرقابی بذر تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۴)، ولی نتایج آزمایش رشد گیاهچه نشان داد که درصد گیاهچه‌های نرمال با افزایش دوره غرقابی کاهش معنی‌داری داشتند (جدول ۴). کاهش درصد گیاهچه‌های نرمال در شرایط غرقابی می‌تواند به‌دلیل فقدان اکسیژن لازم برای تنفس هوازی و در نتیجه افزایش تنفس غیر هوازی و تجمع اتانول و مواد سمی باشد (کندی و همکاران، ۱۹۹۲).

Archive of SID

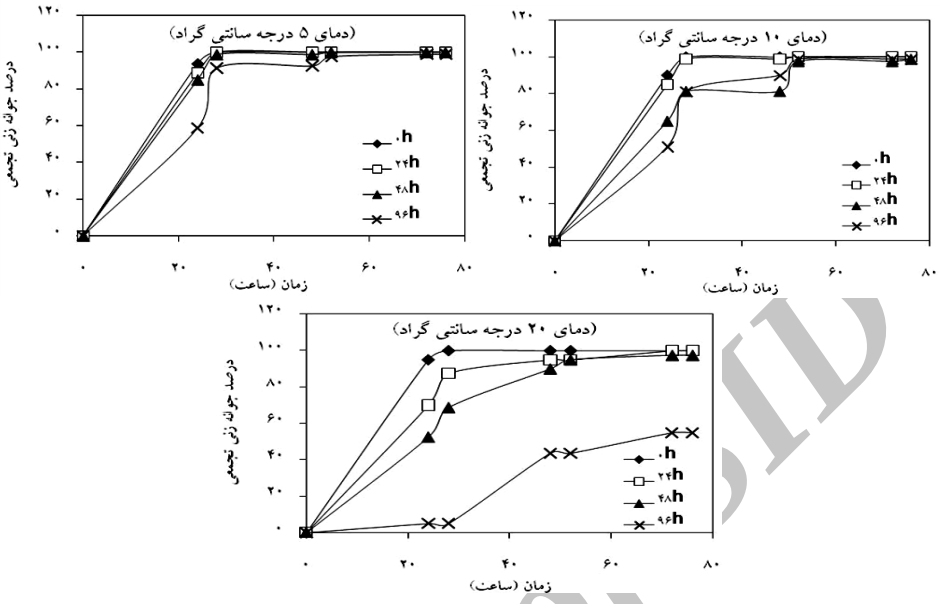
www.SID.ir

جدول ۳. ضرایب همبستگی بین زمان تا ۱۰٪ حداکثر جوانه‌زنی، زمان تا ۹۰٪ حداکثر جوانه‌زنی، یکنواختی جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، درصد جوانه‌زنی، درصد گیاهچه نرمال، وزن خشک گیاهچه، میزان استفاده از ذخایر بذر، کارایی استفاده از ذخایر بذر و کسر ذخایر پویا شده بذر

	زمان تا ۱۰٪ حداکثر جوانه‌زنی	زمان تا ۹۰٪ حداکثر جوانه‌زنی	یکنواختی جوانه‌زنی	سرعت جوانه‌زنی	درصد جوانه‌زنی	درصد گیاهچه نرمال	وزن خشک گیاهچه	میزان استفاده از ذخایر بذر	کارایی استفاده از ذخایر بذر	کسر ذخایر پویا شده بذر
زمان تا ۱۰٪ حداکثر جوانه‌زنی	۱									
زمان تا ۹۰٪ حداکثر جوانه‌زنی	۶۹/۰**	۱								
یکنواختی جوانه‌زنی	۰۷۸/۰ns	۷۷/۰**	۱							
سرعت جوانه‌زنی	-۸۴/۰**	-۹۱/۰**	-۵۲/۰**	۱						
درصد جوانه‌زنی	۰-/۹۲**	-۷۱/۰**	۱۶/۰ ns	۸۴/۰**	۱					
درصد گیاهچه نرمال	-۸۱/۰**	-۰/۷۰**	-۲۵/۰ ns	۷۸/۰**	۷۹/۰**	۱				
وزن خشک گیاهچه	۵۵/۰**	-۰/۶۸**	-۰/۴۶**	۷/۰**	۵۲/۰**	۷۵/۰**	۱			
میزان استفاده از ذخایر بذر	-۰/۳۶*	-۵۲/۰**	-۰/۳۹**	۵۸/۰**	۳۸/۰**	۵۲/۰**	۸۱/۰**	۱		
کارایی استفاده از ذخایر بذر	-۰/۴۳**	-۰/۳۷**	-۰/۱۳ns	۳۴/۰*	۳۹/۰**	۵۶/۰**	۰/۵۰**	۰-/۰۹ns	۱	
کسر ذخایر پویا شده بذر	-۳۶/۰*	-۵۲/۰**	-۳۹/۰**	۵۸/۰**	۳۸/۰**	۵۲/۰**	۸۱/۰**	۱**	-۰۹/۰ns	۱

*، ** و ns به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد، ۱ درصد و غیرمعنی‌دار

www.SID.ir



شکل ۱. تأثیر غرقابی بذر در دماهای ۵، ۱۰ و ۲۰ درجه سانتی‌گراد بر درصد جوانه‌زنی تجمعی تیمارهای شاهد، ۲۴ ساعت دوره غرقابی، ۴۸ ساعت دوره غرقابی و ۹۶ ساعت دوره غرقابی.

نتایج آزمایش رشد گیاهچه نیز نشان داد که، وزن خشک گیاهچه با افزایش دوره غرقاب به‌طور معنی‌داری کاهش یافت، به‌طوری که بیشترین میزان وزن خشک به تیمار شاهد (۱۲/۶۵ میلی‌گرم) و کم‌ترین آن (۸/۲۷ میلی‌گرم) به تیمار ۹۶ ساعت در شرایط غرقابی که در دمای ۵ درجه سانتی‌گراد قرار داشتند، تعلق داشت (جدول ۴).

میزان کاهش وزن خشک گیاهچه‌ها به ازای هر ساعت قرارگیری در دمای ۵ درجه سانتی‌گراد ۰/۰۵۲ میلی‌گرم بود (جدول ۴). با توجه به این که ضریب همبستگی وزن خشک گیاهچه با اجزای میزان استفاده از ذخایر بذر، کارایی استفاده از ذخایر بذر و کسر ذخایر پویا شده بذر مثبت و معنی‌دار بود (جدول ۳)، کاهش وزن خشک گیاهچه می‌تواند به‌علت کاهش میزان پویایی و ذخایر بذر و یا کاهش کارایی تبدیل ذخایر پویا شده باشد (سلطانی و همکاران، ۲۰۰۶). در این مطالعه با افزایش دوره غرقاب، میزان استفاده از ذخایر بذر کاهش معنی‌داری پیدا کرد، که میزان این کاهش به ازای هر ساعت قرارگیری در دمای ۵ درجه سانتی‌گراد برای هر بذر ۰/۰۹۷ میلی‌گرم بود (جدول ۴).

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۴. تأثیر تنش غرقابی در دمای ۵ درجه سانتی‌گراد بر یکنواختی جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، درصد جوانه‌زنی، در صد گیاهچه نرمال، وزن خ شک گیاهچه، میزان استفاده از ذخایر بذر، کارایی استفاده از ذخایر بذر و کسر ذخایر پویا شده بذر در قالب تجزیه رگر سیون ساده خطی: مقادیر شیب خط رگر سیون (b)، عرض از مبدأ (a)، سطح معنی‌دار بودن (Pr>F)، ضریب تبیین (R^2)، میانگین تیمار شاهد (M) و میانگین ۹۶ ساعت غرقابی (m)

صفت	M	m	a	b	Pr>F	R^2
یکنواختی جوانه‌زنی (ساعت)	۱۹/۲۰	۲۲/۸۰	۱۸/۵۲۲±۱/۱۰۶	۰/۰۳۹±۰/۰۲	۰/۰۷۰۸	۰/۲۱
سرعت جوانه‌زنی (در ساعت)	۰/۰۸	۰/۰۸	۰/۰۸۴±۰/۰۰۱	−۰/۰۰۰۵±۰/۰۰۰۲	۰/۰۱۱۴	۰/۳۸
درصد جوانه‌زنی(خروج‌ریشه‌چه)	۱۰۰/۰۰	۹۸/۸۰	۱۰۰/۲۵±۰/۴۶۱	−۰/۰۱۳±۰/۰۰۸	۰/۱۳۲۳	۰/۱۵
درصد گیاهچه نرمال[a]	۱۰۰/۰۰	۸۶/۳۰	۹۹/۲۵±۱/۹۷۷	−۰/۱۴۵۸±۰/۰۳۵۹	۰/۰۰۱۲	۰/۵۴
وزن خشک گیاهچه (میلی‌گرم)	۱۲/۶۷۵	۸/۲۷	۱۲/۳۲۱±۰/۳۳۱	−۰/۰۵۲±۰/۰۰۶	<۰/۰۰۰۱	۰/۸۴
میزان استفاده از ذخایر بذر (میلی‌گرم در هر بذر)	۲۴/۷۵	۱۵/۴۶	۲۴/۲۲۲±۰/۸۱۹	−۰/۰۹۷±۰/۰۱۴	<۰/۰۰۰۱	۰/۷۵
کارایی استفاده از ذخایر بذر (میلی‌گرم در هر بذر)	۰/۵۱۲۳۳	۰/۵۳۵۹	۰/۵۱۷±۰/۰۳۰۷	−۰/۰۰۰۲±۰/۰۰۰۵	۰/۶۷۵	۰/۰۱۲
کسر ذخایر پویا شده بذر (میلی‌گرم بر میلی‌گرم)	۰/۶۴۶۲۱	۰/۴۰۳۶	۰/۶۳۲±۰/۰۲۱	−۰/۰۰۲۴±۰/۱۰۰۳	<۰/۰۰۰۱	۰/۷۵

a. حاصل از آزمایش رشد گیاهچه

همچنین با غرقاب بذر، کسر ذخایر انتقال یافته بذر به گیاهچه، به‌صورت تقریبا خطی کاهش یافت، به‌طوری‌که به ازای هر ساعت قرارگیری بذرها در دمای ۵ درجه سانتی‌گراد این کسر به میزان ۰/۰۰۲۴ میلی‌گرم بر میلی‌گرم کاهش پیدا کرد (جدول ۴). کاهش مقدار استفاده از ذخایر بذر و کاهش کسر ذخایر انتقال یافته بذر به گیاهچه می‌تواند به‌دلیل کاهش هورمون جیبرلین و کاهش سنتز آنزیم‌های هیدرولتیک در فرآیند جوانه‌زنی باشد (سلطانی و همکاران، ۲۰۰۶a؛ سلطانی و همکاران، ۲۰۰۸). اما کارایی استفاده از ذخایر بذر تحت تأثیر تیمارهای غرقاب بذر قرار نگرفت، هر چند روند رو به کاهش داشت (جدول ۴) از آن‌جایی که کارایی استفاده از ذخایر بذر حاصل نسبت وزن خشک گیاهچه به مقدار استفاده از ذخایر بذر است احتمالا میزان کاهش وزن خشک گیاهچه و مقدار استفاده از ذخایر در هر چهار سطح غرقابی تقریبا به یک میزان کاهش یافته و در نتیجه تأثیری بر کل نسبت که همان کارایی استفاده از ذخایر بذر است، نداشت.

دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد: غرقاب بذر در دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد نیز یکنواختی جوانه‌زنی و سرعت

Archive of SID

www.SID.ir

جوانه‌زنی با افزایش دوره غرقابی بذرها به‌ترتیب طور معنی‌داری افزایش و کاهش یافت. به‌طوری که تیمار شاهد کم‌ترین یکنواختی و بیشترین سرعت جوانه‌زنی را داشت، ولی به ازای هر ساعت افزایش در دوره غرقابی بذر به‌ترتیب به‌میزان ۰/۱۱۸۹ و ۰/۰۰۰۱۷ کاهش یافت (جدول ۵). تنش غرقابی در دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد باعث شد که مدت زمان افزایش جوانه‌زنی از ۱۰ درصد حداکثر خود به ۹۰ درصد حداکثر خود طولانی‌تر از این زمان برای تیمار شاهد شد، بنابراین زمان یکنواختی جوانه‌زنی نسبت به شاهد افزایش یافت. اسماعیل و همکاران (۲۰۰۹) بیان کردند غرقابی موجب کاهش سرعت جوانه‌زنی و تأخیر در استقرار گیاهچه گندم می‌گردد. درصد جوانه‌زنی (خروج ریشه‌چه) بین تیمارهای غرقابی بذر تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۵)، ولی نتایج آزمایش رشد گیاهچه نشان داد که، درصد گیاهچه‌های نرمال با افزایش دوره غرقابی کاهش معنی‌داری داشتند (جدول ۵).

جدول ۵. تأثیر تنش غرقابی در دماهای ۱۰ درجه سانتی‌گراد بر یکنواختی جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، درصد جوانه‌زنی، درصد گیاهچه نرمال، وزن خشک گیاهچه، میزان استفاده از ذخایر بذر، کارایی استفاده از ذخایر بذر و کسر ذخایر پویا شده بذر در قالب تجزیه رگرسیون ساده خطی: مقادیر شیب خط رگرسیون خط رگرسیون (*b*)، عرض از مبدأ (*a*)، سطح معنی‌دار بودن (*Pr>F*)، ضریب تبیین (R^2)، میانگین تیمار شاهد (*M*) و میانگین ۹۶ ساعت غرقابی (*m*).

صفت	M	m	a	B	Pr>F	R^2
یکنواختی جوانه‌زنی (ساعت)	۱۹/۲	۲۹/۱۶	۱۹/۵۱۵±۱/۴۷	۰/۱۱۸۹±۰/۰۲۶	۰/۰۰۰۶	۰/۵۸
سرعت جوانه‌زنی (در ساعت)	۰/۰۸	۰/۰۷	۰/۰۸۲±۰/۰۰۲۱	−۰/۰۰۰۱۷±۰/۰۰۰۰۳	۰/۰۰۰۶	۰/۵۸
درصد جوانه‌زنی (خروج ریشه‌چه)	۱۰۰	۹۸/۷۵	۱۰۰±۰/۶۴۸	−۰/۰۱۴۸±۰/۰۱۱۸	۰/۲۲۷۸	۰/۱۰
درصد گیاهچه نرمال[a]	۹۸/۸	۸۵	۹۹/۲۵±۱/۳۲۹	−۰/۱۴۵۸±۰/۰۲۴۱	<۰/۰۰۰۱	۰/۷۲
وزن خشک گیاهچه (میلی‌گرم)	۱۲/۶۷۵	۷/۴۰۷	۱۲/۳۲۱±۰/۳۳۱	−۰/۰۵۳۱±۰/۰۰۶	<۰/۰۰۰۱	۰/۸۴
میزان استفاده از ذخایر بذر (میلی‌گرم در هر بذر)	۲۴/۷۵	۱۵/۶	۲۴/۲۲۲±۰/۸۱۹	−۰/۰۹۸۲±۰/۰۱۴	<۰/۰۰۰۱	۰/۷۵
کارایی استفاده از ذخایر بذر (میلی‌گرم در هر بذر)	۰/۵۱۲۳۳	۰/۴۷۲۸۶	۰/۵۱۷±۰/۰۳۰۷	−۰/۰۰۰۲±۰/۰۰۰۵	۰/۶۷۵	۰/۰۱
کسر ذخایر پویا شده بذر (میلی‌گرم بر میلی‌گرم)	۰/۶۴۶۲۱	۰/۴۰۷۳	۰/۶۳۲±۰/۰۲۱	−۰/۰۰۲۵±۰/۱۰۰۳	<۰/۰۰۰۱	۰/۷۵

a. حاصل از آزمایش رشد گیاهچه

Archive of SID

www.SID.ir

نتایج آزمایش رشد گیاهچه در دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد نیز وزن خشک گیاهچه با افزایش دوره غرقاب به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. میزان کاهش وزن خشک گیاهچه‌ها به ازای هر ساعت قرارگیری در دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد ۰/۰۵۳۱ میلی‌گرم بود، که نسبت به غرقاب در دمای ۵ درجه سانتی‌گراد کاهش شدیدتری داشت (جدول ۵). بذرهای غرقاب شده در دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد نیز میزان استفاده از ذخایر بذر کاهش معنی‌داری پیدا کرد، که میزان این کاهش به ازای هر ساعت قرارگیری در دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد، برای هر بذر ۰/۰۹۸۲ میلی‌گرم بود (جدول ۵). با غرقاب بذر در دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد نیز کسر ذخایر انتقال یافته بذر به گیاهچه کاهش یافت، به‌طوری که به ازای هر ساعت قرارگیری بذرها در دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد این کسر به میزان ۰/۰۰۲۵ میلی‌گرم بر میلی‌گرم کاهش پیدا کرد (جدول ۵). اما کارایی استفاده از ذخایر بذر تحت تأثیر تیمارهای غرقاب بذر قرار نگرفت، هر چند همانند غرقاب در دمای ۵ درجه سانتی‌گراد روندی رو به کاهش داشت (جدول ۵).

دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد: غرقاب بذر در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد باعث شد که سرعت و درصد جوانه‌زنی با افزایش دوره غرقابی بذرها به‌طور معنی‌داری کاهش یافت (جدول ۶). به‌طوری که تیمار شاهد بیشترین سرعت و درصد جوانه‌زنی را داشت، ولی به ازای هر ساعت افزایش در دوره غرقابی بذر سرعت و درصد جوانه‌زنی به‌ترتیب به‌میزان ۰/۰۰۰۵۷ و ۰/۴۸۵۱ کاهش یافت (جدول ۶). همچنین نتایج آزمایش رشد گیاهچه نشان داد که، درصد گیاهچه‌های نرمال با افزایش دوره غرقابی کاهش معنی‌داری یابد (جدول ۶). احتمالا کاهش گیاهچه‌های نرمال تحت تنش غرقابی، به‌علت آسیب درونی ساختار بذر (شامل شکستن ریشه‌چه، ساقه‌چه) است (ویوبکر و همکاران، ۲۰۰۱) همچنین ایشان طول دوره غرقابی طولانی را به‌علت فقدان اکسیژن، افزایش الکل سمی و دی‌اکسید کربن دلیلی بر افت جوانه‌زنی دانستند.

نتایج آزمایش رشد گیاهچه در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد نیز وزن خشک گیاهچه با افزایش دوره غرقاب به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. میزان کاهش وزن خشک گیاهچه‌ها به ازای هر ساعت قرارگیری در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد ۰/۰۶۷ میلی‌گرم بود، که نسبت به غرقاب در دماهای ۵ و ۱۰ درجه سانتی‌گراد کاهش شدیدتری داشت (جدول ۶).

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۶. تأثیر تنش‌غرقابی در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد بر یکنواختی جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، درصد جوانه‌زنی، درصد گیاهچه نرمال، وزن خشک گیاهچه، میزان استفاده از ذخایر بذر، کارایی استفاده از ذخایر بذر و کسر ذخایر پویا شده بذر در قالب تجزیه رگرسیون ساده خطی: مقادیر شیب خط رگرسیون خط رگرسیون (b)، عرض از مبدأ (a)، سطح معنی‌دار بودن (Pr>F)، ضریب تبیین (R^2)، میانگین تیمار شاهد (M) و میانگین ۹۶ ساعت غرقابی (m).

صفت	M	m	a	B	Pr>F	R^2
یکنواختی جوانه‌زنی (ساعت)	۱۹/۰۲	۲۷/۲۵	۲۵/۱۵۵±۳/۴۰۸	۰/۰۵۹۵±۰/۰۶۱	۰/۳۵۳۲	۰/۰۶
سرعت جوانه‌زنی (در ساعت)	۰/۰۸	۰/۰۳	۰/۰۸۵۱±۰/۰۰۱۹	−۰/۰۰۰۵۷±۰/۰۰۰۰۳	<۰/۰۰۰۱	۰/۹۵
درصد جوانه‌زنی (خروج ریشه‌چه)	۱۰۰/۰۰	۵۵	۱۰۰/۸±۳/۸۷۲	−۰/۴۸۵۱±۰/۰۷۰۴	<۰/۰۰۰۱	۰/۷۷
درصد گیاهچه نرمال[a]	۹۸/۸	۳۷/۵	۱۰۸/۲۵±۶/۳۵۷	−۰/۶۵۷۷±۰/۱۱۵۶	<۰/۰۰۰۱	۰/۷۰
وزن خشک گیاهچه (میلی‌گرم)	۱۲/۸۵	۵/۹۱	۱۲/۱۵۶±۰/۴۴۵	−۰/۰۶۷±۰/۰۰۸	<۰/۰۰۰۱	۰/۸۳
میزان استفاده از ذخایر بذر (میلی‌گرم در هر بذر)	۲۵/۰۰	۱۵/۴۶	۲۳/۹۱۶±۰/۸۵۶	−۰/۱۰۱±۰/۰۱۵	<۰/۰۰۰۱	۰/۷۵
کارایی استفاده از ذخایر بذر (میلی‌گرم در هر بذر)	۰/۵۱۴۳۳	۰/۳۸۲۳	۰/۵۲±۰/۰۳۶	−۰/۰۰۱±۰/۰۰۰۶	۰/۱۰۷۲	۰/۰۲
کسر ذخایر پویا شده بذر (میلی‌گرم بر میلی‌گرم)	۰/۶۵۲۷۴	۰/۴۰۳۸۲	۰/۶۲۴±۰/۰۲۲	−۰/۰۰۲۵۹±۰/۰۰۰۴	<۰/۰۰۰۱	۰/۷۵

a. حاصل از آزمایش رشد گیاهچه

بذرهای غرقاب شده در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد نیز میزان استفاده از ذخایر بذر کاهش معنی‌داری پیدا کرد، که میزان این کاهش به ازای هر ساعت قرارگیری در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد، برای هر بذر ۰/۱۰۱ میلی‌گرم بود (جدول ۶). با غرقاب بذر در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد نیز کسر ذخایر انتقال یافته بذر به گیاهچه کاهش یافت، به‌طوری که به ازای هر ساعت قرارگیری بذرها در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد این کسر به میزان ۰/۰۰۲۵۹ میلی‌گرم بر میلی‌گرم کاهش پیدا کرد، اما کارایی استفاده از ذخایر بذر تحت تأثیر تیمارهای غرقاب بذر قرار نگرفت (جدول ۶). ویوبکر و همکاران (۲۰۰۱) گزارش کردند در طول جوانه‌زنی سویا تنش غرقابی باعث افزایش یکنواختی در جوانه‌زنی شد. اغلب مطالعات نشان می‌دهد بیشتر گیاهان زراعی نظیر جو، ذرت، چاودار، سورگوم و گندم حتی دوره بسیار کوتاه غرقابی را به سختی تحمل می‌کنند زیرا در شرایط غرقابی اکسیژن موردنیاز برای تنفس وجود ندارد (کندی و همکاران، ۱۹۹۲).

نتایج حاصل از غرقاب بذور در سه دمای ۵، ۱۰ و ۲۰ درجه سانتی‌گراد نشان داد که غرقاب در

Archive of SID

www.SID.ir

دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد اثر نامطلوب بیشتری بر کارکرد جوانه‌زنی بذرها داشت. مطالعات مختلفی در مورد تأثیر غرقاب بر روی جوانه‌زنی گیاهان مختلف صورت گرفته است. عبدالباقی و همکاران (۲۰۰۹) نشان دادند که اثر غرقابی بر جوانه‌زنی بذور در کشت مستقیم برنج باعث مرگ و تأخیر در استقرار گیاهچه شد. همچنین آن‌ها نشان دادند که در جوانه‌زنی بذور برنج تحت شرایط غرقاب غلظت نشاسته کاهش و در حالی‌که غلظت قند افزایش یافت، اما در ژنوتیپ‌های متحمل چنین اتفاقی بیشتر رخ داد.

سلطانی و همکاران (۲۰۰۲؛ ۲۰۰۶) و زینلی و سلطانی (۲۰۰۱) از مدل مشابه‌ای برای تجزیه تحلیل رشد گیاهچه نخود و گندم تحت تأثیر تنش‌های شوری و خشکی استفاده نموده‌اند، آن‌ها نشان دادند که کاهش رشد گیاهچه نخود در اثر شوری عمدتا به‌علت کاهش میزان تخلیه ذخایر بذر است و کارایی تبدیل ذخایر پویا شده فقط در تنش شدید شوری کاهش می‌یابد. در گندم سلطانی و همکاران (۲۰۰۶) و زینلی و سلطانی (۲۰۰۱) نشان دادند کاهش رشد گیاهچه در اثر تنش شوری و خشکی هر دو ناشی از کاهش تخلیه ذخایر بذر است و کارایی تبدیل تحت تأثیر تنش قرار نمی‌گیرد. بنابراین با توجه به نتایج آزمایشات تنش غرقابی می‌توان گفت که اثر این تنش به کارایی تبدیل ذخایر بذر گندم مشابه تنش شوری و خشکی بی‌تأثیر است. سلطانی (۲۰۰۸) در مطالعه‌ای که تأثیر زوال بذر بر واکنش رشد گیاهچه به تنش‌های محیطی در گندم انجام داد نیز از همین مدل برای بررسی رشد گیاهچه استفاده کرد.

نتیجه‌گیری نهایی

به‌طور کلی نتایج این تحقیق نشان داد که (۱) در اثر غرقاب بذر، رشد گیاهچه کاهش می‌یابد که این کاهش ناشی از محدود شدن تحرک ذخایر بذر و نه کاهش کارایی تبدیل ذخایر پویا شده بافت گیاهچه بود، (۲) همچنین با غرقاب بذر کارایی تبدیل ذخایر پویا شده کاهش یافت، ولی تأثیر آن به مقداری نبود که تأثیری در کاهش وزن خشک گیاهچه داشته باشد و (۳) در نهایت به‌دلیل این که افزایش دما اثر منفی بیشتری بر کارکرد بذرها (به‌خصوص بر درصد جوانه‌زنی) در طی جوانه‌زنی و رشد هتروتروفیک گیاهچه داشت، این چنین استنتاج شد که در شرایط غرقاب (مانداب) اگر دمای محیط کاهش یابد جوانه‌زنی و رشد هتروتروفیک گیاهچه کمتر از زمانی‌که دمای محیط بالا باشد خسارت می‌بینند. چون با کاهش دما نیاز به اکسیژن برای تنفس کاهش می‌یابد، بنابراین، آسیب‌های ناشی از غرقابی در دماهای پایین در مقایسه با دماهای بالای از شدت کمتری برخوردار است. پیشنهاد می‌شود برای نتیجه‌گیری قطعی آزمایش‌های بررسی شده، اندازه‌گیری هورمون‌های اسیدآبسزیک، هورمون جیبرلین و هورمون

Archive of SID

www.SID.ir

اتیلن و آنزیم‌های آلفا و بتا آمیلاز انجام شود و همچنین فعالیت آنزیم الکل دهیدروژناز و میزان اتانول اندازه‌گیری شود تا به‌طور قطعی مشخص شود که علت کاهش رشد گیاهچه در اثر غرقاب به‌علت کاهش این عوامل است.

منابع

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

2.Barta, A.L. 1987. Supply and partitioning of assimilates to roots of *Medicago sativa* L. and *Lotus corniculatus* L. under anoxia. Plant, Cell and Environ. 10:151-156.

3.Bertani, A. and Brambella, I. 1982. Effect of decreasing oxygen concentration on wheat roots. Growth and induction of anaerobic metabolism. Z. Pflanzenphysiol. 108: 283-288.

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

5.Forcella, F., Benech, R.L., Arnold, Sanchez, R., and Ghersa, C.M. 2000. Modeling seedling emergence. Field. Crop. Res. 67: 123-139.

6.Hampton, J.G. and Tekroy, D.M. 1995. Handbook of Vigor Test Methodes. The International seed testing association, Zurich.

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

8.Kaffi, M., Borzui, A., Salehi, M., Kamandi, A., Masumi, A. and Nabati, J. 2009. Environmental Stress Physiology in Plants. JDM press, Mashhad, Iran. 502 p.

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

10.Koochaki, A., Soltani, A. and Azizi, M. 1997. Physiologgical plant Ecology. JDM press, Mashhad, Iran. 271 p.

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

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

13.Seefeldt, S.S., Kidwell, K.K. and Waller, J.E. 2002. Base growth tempretures, germination rates and growth response of contemporary spring wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars from the US Pacific Northwest. Field Crops Res. 75: 47-52.

14.Soltani, A., Galeshi, S., Zeinali. E. and Latifi, N. 2002. Germination, seed reserve

Archive of SID

www.SID.ir

ultilization and seedling growth of chickpea as affected by salinity and seed size. Seed Sci. Technol. 30: 51-60.
15. Soltani, A., Robertson, M.J., Torabi, B., Yousefi-Daz., M. and Sarparast, R. 2006a. Modeling seedling emergence in chickpea as influenced by tempreture and sowing depth. Agric. For. Meteorol. 138: 156-167.
16. Soltani, A., Gholipoor, M. and Zeinali, E. 2006b. Seed reserve utilization and seedling growth of wheat as affected by drought and salinity. Env. Exp. Bot. 55: 195-200.
17. Soltani, A. 2007. Application of SAS in statistical analysis. JDM press, Mashhad, Iran. (In Persian, programs in English).
18. Soltani, A. 2008. Effects of seed deterioration on seedling growth responses to environmental stress in wheat. Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources. Master's thesis. 66 p.
19. Soltani, E., Kamkar, B., Galeshi, S., and Akram Ghaderi, F. 2008. The effect of seed deterioration on seed reserves depletion and heterotrophic seedling growth of wheat. J. Agric. Sci. Natur. Resour. 15: 1-5.
20. Soltani, A., and Maddah Yazdi, V. 2010. Simple Applications for Teaching and Research in Agriculture. Society of Ecological Agriculture. 80 p.
21. Wuebker, E.F., Mullen, R.E. and Koehler, K. 2001. Flooding and tempreture effects on Soybean germination. Crop Sci. 41: 1857-1861.
22. Zeinali, E., and Soltani, A. 2001. Effect of water deficit stress on heterotrophic seedling growth of wheat. J. Agric. Sci. Natur. Resour. 7: 113-30.

Archive of SID

www.SID.ir

EJCP., Vol. 6 (2): 51-69
http://ejcp.gau.ac.ir

The effect of waterlogging stress on germination and heterotrophic growth components of wheat seedling in different temperatures

***M. Tahmasebi[1], S. Galeshi[2], A. Soltani[2] and H. Sadeghipour[3]**
[1] M.Sc Student of Agronomy, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran, [2]Professor, Dept. of Agronomy, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran, [3]Biology, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran.
Received: 11/13/2012 ; Accepted: 09/05/2013

Abstract

Heterotrophic seedling growth has described as the product of the following dynamic and seed reserves transmition and the conversion efficiency of mobilized seed reserves to seedling tissue. This research was carried out to evaluate germination and seedling growth of wheat seed (N-80-19) in the form of combined analysis design with based on completely randomized design. Treatments consisted of 4 levels of waterlogging period (0, 24, 48 and 96 hour) and in 3 levels of tempreture (5, 10 and 20 ˚C) in four replications. Results indicated that percentage and rate of seed germination decreased with increasing waterlogging period under all tested tempretures; however, seedling growth rate decreased significantly only with increasing waterlogging period. Study of two components related to the heterotrophic growth of wheat seedling revealed that seed reserves utilization decreased significantly, while conversion efficiency of mobilized seed reserves did not affect significantly.

Keywords: Conversion efficiency, Germination percentage, Rate of seed germination, Waterlogging,

*Corresponding author; Email: mary.tahmaseby@gmail.com

Archive of SID
www.SID.ir