Archive of SID

بررسی تحمل سرما در تعدادی از ارقام برنج با استفاده از صفات مورفولوژیک و فیزیولوژیک در مرحله گیاهچه‌ای

طاهره هدایت‌خواه[۱]، مسعود دهداری[۲*] و رضا امیری‌فهلیانی[۳]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۸/۱۹ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۲/۲۳)

چکیده

تنش سرما یکی از مهم‌ترین تنش‌های محیطی تأثیرگذار بر رشد برنج به‌ویژه در نواحی معتدل و مرتفع می‌باشد. در مطالعه حاضر تأثیر دماهای مختلف شامل شاهد (۲۵)، ۵ و ۱۰ درجه سانتی‌گراد به‌عنوان عامل اصلی بر ۱۲ رقم برنج (شامل چمپا یاسوج، گرده، لنجان عسکری، کامفیروز، کوهسار، شفق، دم‌سیاه ممسنی، دولار، غریب، حسن سرایی، موسی طارم و ۳۰۴) به‌عنوان عامل فرعی به‌صورت اسپلیت پلات در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۳ تکرار مورد بررسی قرار گرفت. طبق نتایج تجزیه واریانس اثر دما، رقم و برهمکنش آنها بر کلیه صفات اندازه‌گیری شده معنی‌دار گردید که نشان‌دهندهٔ وجود تنوع بین ارقام مورد مطالعه می‌باشد. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که میانگین کلیه صفات مورفولوژیکی اندازه‌گیری شده در حالت تنش نسبت به عدم تنش، کاهش یافتند. بررسی ضرایب همبستگی ژنوتیپی و فنوتیپی صفات مورد ارزیابی در شرایط تنش سرما و بدون تنش و مقادیر شدت تنش صفات نشان داد که صفات مرتبط با اندام هوایی مانند وزن تر و خشک و ارتفاع اندام هوایی، صفات مناسبی جهت انتخاب غیر مستقیم ارقام متحمل در شرایط تنش سرما در مرحله گیاهچه‌ای می‌باشند. براساس تفکیک ارقام مورد مطالعه با استفاده از نمودار سه بعدی **STI**، **Ys** و **Yp** ارقام غریب و چمپا یاسوج به‌عنوان مناسب‌ترین ارقام برای کشت در شرایط تنش و بدون تنش سرما شناسایی شدند. اکثر ارقام مورد بررسی شامل گرده، لنجان عسکری، کامفیروز، کوهسار، دم‌سیاه ممسنی، ۳۰۴، موسی طارم و حسن سرایی ارقام حساس به سرما در مرحله گیاهچه‌ای بودند. با توجه به این نتایج تلاقی بین ارقام متحمل (غریب و چمپا یاسوج) و ارقام حساس می‌تواند منجر به تفکیک متجاوز و بهبود تحمل به سرما در برنامه‌های اصلاحی برنج گردد.

واژه‌های کلیدی: قندهای محلول، نشت الکترولیت و همبستگی ژنتیکی

۱، ۲ و ۳. به‌ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشیار و استادیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه یاسوج

*. مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: adehdari@yu.ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

دمای پائین یا تنش سرما یکی از مهم‌ترین تنش‌های محیطی تأثیرگذار بر رشد برنج به‌ویژه در نواحی معتدل و مرتفع می‌باشد (۲۸ و ۲۹). میزان خسارت ناشی از تنش سرما در برنج معمولاً به مرحله رشد، شدت سرما و طول دورهٔ سرما بستگی دارد (۹). متوسط دامنه دمایی برای جوانه‌زنی و رشد اولیه گیاهچه‌های برنج بین ۲۰ تا ۳۵ درجه سانتی‌گراد می‌باشد، تنش سرما در این زمان موجب جوانه‌زنی ضعیف، تأخیر در رشد گیاهچه‌ها و یا مرگ گیاهچه‌ها در خزانه و در نهایت عدم رسیدگی یکنواخت می‌گردد (۶ و ۲۸). در سال‌های اخیر نیز به‌نژادگران به‌طور موفقیت‌آمیزی از قدرت گیاهچه به‌عنوان معیار اصلی انتخاب جهت بهبود تحمل به تنش دمای پائین و بالا در برخی گیاهان استفاده کرده‌اند (۱). فارل و همکاران (۱۲) در آزمایشی بر روی گیاهچه‌های برنج یک تفاوت ۵ برابری در میانگین زیست‌توده گیاهچه بین تیمارهای دمای کم و زیاد مشاهده کردند. سلیمانی و همکاران (۲۶) نیز کاهش معنی‌داری در قدرت گیاهچه‌های تعدادی از ارقام برنج بر اثر تنش دمای پائین مشاهده کردند. دمای پائین می‌تواند مراحل نموی و فتوسنتز برنج را تحت‌تأثیر قرار دهد و با کاهش میزان کربوهیدرات‌ها رشد آن را کاهش و در نتیجه به‌طور غیر مستقیم باعث کاهش عملکرد شود (۱۸). نتایج تحقیقات نایدو و همکاران (۲۰۰۵) نشان داده است که محافظت کننده های اسمزی به طور معنی داری تحمل نسبت به تنش دمای پائین را در برنج افزایش داده و می توانند رشد ریشه و توسعه اندام‌های هوایی را تا ۵۰ درصد در شرایط تنش دمای پائین (۱۰ و ۱۶ درجه سانتی گراد به ترتیب شب – روز) افزایش دهند (۱۸). اندازه‌گیری میزان نشت الکترولیت از بافت‌های تحت تنش سرما می تواند معیار قابل قبولی برای سنجش مقاومت به سرما باشد (۲۲). برای اولین بار دکستر و همکاران در سال ۱۹۳۲ از روش هدایت الکتریکی برای بررسی وضعیت تحمل به سرمای طوقه گندم در زمستان و در شرایط مزرعه استفاده کرده‌اند (۲۲). معیارهای مختلفی جهت گزینش ژنوتیپ‌ها براساس نمودشان در محیط‌های واجد یا فاقد تنش پیشنهاد شده است. فرناندز (۱۴) شاخص تحمل به تنش (STI) را به‌منظور تقسیم‌بندی ژنوتیپ‌ها در شرایط تنش و بدون تنش پیشنهاد نموده است. در شاخص تحمل تنش (STI) شدت تنش(SI) دخیل می باشد و هرچه مقدار این شاخص بالاتر باشد تحمل به تنش و پتانسیل عملکرد ژنوتیپ بالاتر است (۷). وضعیت تحمل به سرما در مراحل مختلف رشد برنج گزارش شده است، هم‌چنین بیان شده است که ارقام با قدرت بالای جوانه زنی و رشد گیاهچه، تحت شرایط دمای پایین در مراحل بعدی نیز نسبت به سرما متحمل‌تر می‌باشند (۹). با توجه به مطالعات اندکی که در خصوص تحمل به سرمای برنج در ایران صورت گرفته است و اهمیت موضوع، این تحقیق با هدف بررسی تحمل تنش به سرما در تعدادی از ارقام برنج و شناسایی ویژگی‌های مرتبط با تحمل به سرما در مرحله گیاهچه‌ای طراحی و اجرا گردید.

مواد و روش‌ها

در این آزمایش تأثیر دماهای مختلف شامل شاهد (۲۵)، ۵ و ۱۰ درجه سانتی گراد به عنوان عامل اصلی بر ۱۲ رقم برنج (جدول ۱) به‌عنوان عامل فرعی به‌صورت اسپلیت پلات در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۳ تکرار در دانشگاه یاسوج در سال ۹۲ – ۱۳۹۱ مورد بررسی قرار گرفت. بذور ارقام پس از ضدعفونی سطحی به‌منظور جوانه‌دارشدن، در پتری‌دیش‌های حاوی مقداری آب مقطر قرار داده شدند و به انکوباتور با دمای ۲ ± ۲۵ درجه سانتی گراد و شرایط تاریکی منتقل گردیدند. پس از گذشت ۴۸ ساعت، بذور جوانه‌دار سالم انتخاب و در گلدان‌های کوچک با ارتفاع و قطر ۱۰ سانتی‌متر که حاوی خاک مزرعه برنج بودند کشت گردیدند. تعداد بذر کشت شده در هر گلدان نیز ۱۲ تا ۱۵ عدد بود. به‌منظور اعمال تیمار دمایی مورد نظر در هر سطح دما، گلدان های مربوط به هر تیمار تا زمان رسیدن اکثر ارقام به مرحلهٔ ۳ – ۲ برگی (حدود ۷ تا ۸ روز پس از کشت در گلدان) در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد (شب و

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱. مشخصات ارقام مورد بررسی

ردیف	رقم	محل جمع‌آوری
۱	چمپا یاسوج	کهگیلویه و بویراحمد – یاسوج
۲	گرده	کهگیلویه و بویراحمد – لوداب
۳	لنجان عسکری	اصفهان – فلارد
۴	کامفیروز	فارس – کامفیروز
۵	کوهسار	مؤسسه برنج کشور (رقم اصلاحی مقاوم به سرما)
۶	شفق	مؤسسه برنج کشور (رقم اصلاحی مقاوم به سرما)
۷	دم‌سیاه ممسنی	فارس – نورآباد ممسنی
۸	دولار	آمریکا
۹	غریب	مؤسسه برنج کشور
۱۰	۳۰۴	مؤسسه برنج کشور
۱۱	حسن سرایی	مؤسسه برنج کشور
۱۲	موسی طارم	موسسه برنج کشور

روز)، دورهٔ نوری ۱۲ ساعت شب / روز و شدت نور ۹۵۰۰ لوکس نگهداری شدند. سپس دمای اتاقک‌های رشد دیگر به منظور اعمال تنش سرما کاهش یافت (۵ یا ۱۰ درجه سانتی‌گراد) و گلدان‌های حاوی بوته‌های یکنواخت به اتاقک‌های رشد مربوط منتقل شدند. پس از گذشت ۱۰ روز از اعمال تیمار دمایی مورد نظر صفات ارتفاع ساقه، ارتفاع اندام هوایی، طول ریشه، وزن تر و خشک اندام هوایی و ریشه، قندهای محلول کل و نشت الکترولیت به شرح زیر اندازه‌گیری شدند.

پس از خارج کردن سه بوته از هر گلدان و شست‌وشوی ریشه‌ها، ارتفاع ساقه، ارتفاع اندام هوایی، طول ریشه، وزن تر و خشک ریشه، وزن تر و خشک اندام هوایی هر سه بوته اندازه‌گیری گردید و میانگین صفات اندازه‌گیری شده به‌عنوان یک تکرار در نظر گرفته شدند. برای اندازه‌گیری قندهای محلول کل ابتدا عصاره الکلی از برگ‌ها به روش پاکوئین و لچاژر (۲۳) تهیه شد. جهت اندازه‌گیری قندهای محلول از روش ایریگوئن و همکاران (۱۹) و اسپکتروفتومتر (مدل AE-UB1606) استفاده شد. به‌منظور اندازه‌گیری میزان نشت الکترولیت‌ها مقداری از نمونه برگ تازه با وزن یکسان در قطعات مساوی برش داده شد و در لوله های آزمایش حاوی آب مقطر با حجم یکسان (۱۰ میلی لیتر) به‌صورت جداگانه قرار داده و در شرایط آزمایشگاه نگهداری شد. پس از گذشت ۲۴ ساعت هدایت الکتریکی هر نمونه با استفاده از دستگاه EC متر (مدل Cond720) اندازه‌گیری شد (EC1). به‌منظور اندازه‌گیری میزان نشت الکترولیت در اثر مرگ سلول، لوله‌های آزمایش در دستگاه بن‌ماری با دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۹۰ دقیقه قرار داده شدند و مجدداً پس از ۲۴ ساعت هدایت الکتریکی نمونه‌ها ثبت گردید (EC2). سپس درصد نشت الکترولیت‌ها با استفاده از رابطه (۱) محاسبه شد (۲۷). نشت الکترولیت مربوط به ارقام تحت تنش سرما پس از ۹ روز اندازه‌گیری شدند.

$$\text{درصد نشت الکترولیت} = (EC1/EC2) \times 100 \quad (۱)$$

تجزیه آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.1 و مقایسه میانگین برهمکنش دما و رقم به‌صورت برش‌دهی و به روش LSmeans انجام گردید. ضرایب تنوع فنوتیپی و ژنوتیپی صفات مورد بررسی نیز با استفاده از روابط (۲ و ۳) برآورد

www.SID.ir

Archive of SID

گردید (۱۳):

$$CV_p = \frac{\sqrt{Vp}}{\mu} \times 100 \quad (۲)$$

$$CV_g = \frac{\sqrt{Vg}}{\mu} \times 100 \quad (۳)$$

در روابط فوق CV_P، CV_g، V_P، V_gو μ به‌ترتیب ضریب تنوع فنوتیپی، ضریب تنوع ژنوتیپی، واریانس فنوتیپی، واریانس ژنتیکی و میانگین هر صفت می‌باشند. اجزاء واریانس ژنتیکی، واریانس محیطی، واریانس فنوتیپی و وراثت‌پذیری عمومی صفات مورد بررسی در شرایط بدون تنش (دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد) و شرایط تنش سرمایی (۱۰ درجه سانتی‌گراد به‌عنوان سطح استاندارد تنش سرما) با استفاده از امید ریاضی میانگین مربعات حاصل از تجزیه واریانس صفات در قالب طرح کاملاً تصادفی محاسبه شدند. ضرایب همبستگی ژنوتیپی و فنوتیپی صفات نیز با استفاده از داده‌های خام مربوط به شرایط تنش و عدم تنش برآورد گردیدند (۱۴). شدت تنش (SI) برای کلیه صفات مورد مطالعه، و شاخص تحمل به تنش (STI) براساس صفت وزن خشک اندام هوایی با استفاده از روابط (۴ و ۵) محاسبه گردیدند (۱۴).

$$SI = 1 - \left(\frac{\overline{Ys}}{\overline{Yp}} \right) \quad (۴)$$

$$STI = \left(Yp \times Ys \right) / \overline{Yp}^2 \quad (۵)$$

در رابطه مذکور، $\overline{Ys}$، $\overline{Yp}$، Yp و Ys به‌ترتیب میانگین وزن خشک اندام هوایی ارقام در شرایط تنش سرما، میانگین وزن خشک اندام هوایی ارقام در شرایط بدون تنش، وزن خشک اندام هوایی رقم مورد نظر در شرایط بدون تنش و وزن خشک اندام هوایی رقم مورد نظر در شرایط تنش سرما می‌باشند.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که اثر دما، رقم و برهمکنش دما و رقم بر کلیه صفات اندازه‌گیری شده معنی‌دار بود (جدول ۲). بنابراین ارقام مورد بررسی از لحاظ صفات اندازه‌گیری شده واکنش‌های متفاوتی نسبت به سطوح دمایی مورد مطالعه داشتند. آمار توصیفی مربوط به ۹ صفت اندازه‌گیری شده در جدول ۳ ارائه شده است. بررسی میانگین ها نشان داد که میانگین کلیه صفات مورفولوژیکی اندازه‌گیری شده در حالت تنش (دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد) نسبت به عدم تنش (۲۵ درجه سانتی‌گراد) کاهش یافت. میانگین ارتفاع اندام هوایی کاهش ۷۲ درصدی نسبت به حالت عدم تنش را نشان داد. مقایسهٔ میانگین وزن تر اندام هوایی در حالت تنش نسبت به عدم تنش دمای پائین کاهش ۸۵ درصدی را نشان داد. میانگین صفات طول ریشه، وزن تر ریشه و وزن خشک ریشه به‌ترتیب ۳۶، ۶۳ و ۳ درصد کاهش نسبت به حالت عدم تنش نشان دادند. قربانی و همکاران (۱۵) نیز گزارش دادند که وزن خشک ریشه‌چه، طول ریشه‌چه و طول ساقه‌چه ارقام برنج نعمت و اوندا تحت تنش سرمای ۱۵ و ۱۰ درجه سانتی‌گراد با کاهش همراه بود. هم‌چنین نتایج بررسی پورامیر- دشت‌میان و همکاران (۲۴) نشان داد که تنش دمای پائین منجر به کاهش رشد ریشه و اندام هوایی در گیاهچه‌های برنج گردید، ولی اثر این تنش بر اندام هوایی شدیدتر از ریشه‌ها بود که مطابق با نتایج این پژوهش می‌باشد (جداول ۲ و ۳). معمولاً تنش دمای پائین هدایت هیدرولیکی ریشه را کاهش می‌دهد و از جذب آب توسط ریشه ها جلوگیری می کند. با توجه به اینکه ریشه اولین مکان برای جذب آب می باشد، انتظار می رود که با کاهش نفوذپذیری آب توسط ریشه بر اثر دمای پائین، هدایت روزنه ای، فتوسنتز، رشد و عملکرد گیاه نیز کاهش یابد (۴). تنش دمای پائین می تواند از طریق ممانعت از رشد و توسعه سلولی، رشد ریشه و اندام هوایی گیاه را تحت تأثیر قرار دهد (۲۴). میانگین نشت الکترولیت و قندهای محلول کل در سطح تنش نسبت به عدم تنش به‌ترتیب ۶۴ و ۷۱ درصد افزایش یافت. پورامیر- دشت‌میان و همکاران (۲۴) نیز افزایش ۶۷ درصدی نشت الکترولیت را در گیاهچه های برنج بر اثر تنش دمای پائین (۸ درجه سانتی‌گراد) گزارش دادند.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۲. میانگین مربعات منابع تغییر برای صفات اندازه‌گیری شده در بررسی تحمل به سرمای ارقام برنج در مرحله گیاهچه‌ای

منابع تغییر	درجه آزادی	ارتفاع ساقه	ارتفاع اندام هوایی	وزن تر اندام هوایی	وزن خشک اندام هوایی	طول ریشه	وزن تر ریشه	وزن خشک ریشه	نشت الکترولیت	قندهای محلول کل
دما	۲	۳۴۶**	۱۰۲۷**	۰/۱۶**	۰/۰۰۵**	۷۸۴**	۰/۰۹۷۱**	۰/۰۰۰۱**	۳۳۶۸۰**	۹۱۶۷**
خطای عامل اصلی	۶	۱/۴۰	۴/۵۲	۰/۰۰۰۱۵	۰/۰۰۰۰۰۹	۱/۴۷	۰/۰۰۰۹	۰/۰۰۰۰۲	۱۸۲	۸۰/۰
رقم	۱۱	۱۶/۶**	۱۶۰**	۰/۰۰۳۶**	۰/۰۰۰۱**	۷/۳۲**	۰/۰۱۰۸**	۰/۰۰۰۰۵**	۷۸۸**	۳۹۷*
دما × رقم	۲۲	۹/۴۸**	۹۹/۶**	۰/۰۰۲۳**	۰/۰۰۰۰۸**	۷/۹۱**	۰/۰۰۸۴**	۰/۰۰۰۰۳**	۶۶۵**	۳۵۴**
خطای عامل فرعی	–	۱۴/۰	۴/۴۹	۰/۰۰۰۲۳	۰/۰۰۰۰۱	۱/۷۲	۰/۰۰۰۴	۰/۰۰۰۰۱	۱۰۷/۶۴۱	۱۴۴
درجه آزادی خطای عامل فرعی[a]	–	۶۲	۶۲	۵۵	۵۳	۶۱	۵۲	۴۷	۵۲	۳۷
ضریب تغییرات (٪)	–	۱۷/۵	۱۰/۴۶	۲۴/۳۰	۲۷/۶۰	۱۵/۵۲	۲۴/۴۶	۲۶/۷۴	۲۰/۶۲	۲۷/۳۵
شدت تنش (SI)	–	۰/۵۰	۰/۷۲	۰/۸۵	۰/۷۲	۰/۳۶	۰/۶۳	۰/۳۳	۰/۶۴	۰/۷۱

* و ** به‌ترتیب نشان‌دهنده معنی‌دار بودن در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد می‌باشند. a دلیل تفاوت در خطای عامل فرعی وجود کرت گمشده در آزمایش می باشد.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۳. میانگین، کمینه، بیشینه، واریانس ژنتیکی، ضرایب تنوع ژنوتیپی و فنوتیپی و وراثت‌پذیری صفات مورد بررسی در شرایط تنش سرما و عدم تنش سرما

صفت	میانگین		کمینه		بیشینه		واریانس ژنتیکی		ضریب تنوع ژنوتیپی (٪)		ضریب تنوع فنوتیپی (٪)		وراثت‌پذیری عمومی (٪)	
	تنش	عدم تنش	تنش	عدم تنش	تنش	عدم تنش	تنش	عدم تنش	تنش	عدم تنش	تنش	عدم تنش	تنش	عدم تنش
ارتفاع ساقه (سانتی‌متر)	۵/۲۴	۱۰/۵۹	۲/۷	۲/۲۵	۱۰/۳۰	۱۶/۲۵	۱/۴۲۳	۱۷/۶۹۵	۲۲/۷۳	۳۹/۷۱	۳۱/۲۳	۴۰/۵۵	۵۲/۹۶	۹۵/۸۸
ارتفاع اندام هوایی (سانتی‌متر)	۱۱/۳۳	۴۱/۵۲	۷/۲	۶/۵	۱۹/۵۰	۵۲/۵۰	۲/۱۵۰	۲۰۵/۱۳۹	۱۲/۹۳	۳۴/۴۸	۲۱/۸۶	۳۵/۰۲	۳۴/۹۷	۹۶/۹۷
طول ریشه (سانتی‌متر)	۷/۰۸	۱۱/۰۹	۳/۳	۶/۲۵	۱۰/۵۰	۱۴/۳۳	۱/۱۴۰	۳/۹۲۵	۱۵/۰۷	۱۷/۸۵	۲۳/۱۷	۲۱/۳۲	۴۲/۳۱	۷۰/۰۹
وزن تر ریشه (گرم)	۰/۰۵۷	۰/۱۵۷	۰/۰۲۲	۰/۰۳۱	۰/۱۰	۰/۴۶	۰/۰۰۰	۰/۰۱۵	۲۸/۶۴	۷۸/۰۰	۳۳/۵۹	۸۰/۵۶	۷۲/۷۲	۹۳/۷۵
وزن تر اندام هوایی (گرم)	۰/۰۲۳	۰/۱۵۷	۰/۰۰۹	۰/۰۱۷	۰/۰۶۹	۰/۲۴	۰/۰۰۰	۰/۰۰۴	۳۶/۳۷	۴۲/۸۸	۵۴/۹۹	۴۴/۷۳	۴۳/۷۵	۹۱/۸۹
وزن خشک ریشه (گرم)	۰/۰۱۲	۰/۰۱۸	۰/۰۰۴	۰/۰۰۸	۰/۰۲۴	۰/۰۳	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۳۰/۴۲	۳۰/۷۶	۴۰/۲۵	۳۴/۵۴	۵۷/۱۴	۷۹/۳۱
وزن خشک اندام هوایی (گرم)	۰/۰۰۹	۰/۰۳۳	۰/۰۰۶	۰/۰۰۵	۰/۰۱۸	۰/۰۵	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۱۶/۹۷	۳۷/۹۲	۲۵/۶۶	۴۱/۴۰	۴۳/۷۵	۸۳/۹۲
نشت الکترولیت (درصد)	۵۲/۵۸	۱۸/۸۴	۱۳/۹۹	۱۰/۲۷	۹۹/۸۷	۳۳/۶۰	۵۴۰/۲۲۱	۸/۴۹۵	۴۴/۲۰	۱۵/۴۷	۵۳/۸۵	۳۳/۱۷	۶۷/۳۷	۲۱/۷۴
قندهای محلول کل (میلی‌گرم بر گرم وزن تر)	۸۰/۷۵	۲۳/۳۳	۴۹/۶۰	۱۱/۴۴	۹۶/۶۹	۸۱/۶۱	۵۸/۱۴۱	۲۷۶/۵۶۲	۹/۴۴	۱۷/۲۶	۱۴/۵۷	۷۵/۹۳	۴۲/۱۰	۸۸/۰۷

www.SID.ir

Archive of SID

تنش سرمایی موجب آسیب رساندن به غشای سلولی و تغییر وضعیت غشاء از حالت کریستال مایع به حالت جامد – ژل می‌گردد. بنابراین اختلال در فعالیت غشاءهای سلولی در اثر تنش سرما باعث افزایش نشت محلول‌های سلولی نظیر پتاسیم، آمینواسیدها، کربوهیدرات‌ها و در مجموع الکترولیت‌های مختلف به خارج از سلول می‌شود (۲۲). بررسی مقدار حداقل صفات ارتفاع ساقه، ارتفاع اندام هوایی و وزن خشک اندام هوایی نشان می‌دهد که مقدار پارامترهای مذکور در شرایط عدم تنش سرما کمتر از شرایط تنش سرمایی می باشد. با توجه به اینکه مقادیر حداقل ذکر شده مربوط به رقم مقاوم به سرمای شفق می باشند، کمتر بودن مقادیر مذکور در شرایط بدون تنش سرمایی را می توان با توجه به این مطلب توجیه نمود که ارقام متحمل به سرما در برنج معمولاً دارای دورهٔ زندگی کوتاه و ارتفاع کم می‌باشند (۲۰).

بررسی واریانس ژنتیکی نشان داد که بیشترین مقدار این پارامتر در شرایط عدم تنش به صفات قندهای محلول کل (۲۷۶/۵۶۲) و ارتفاع اندام هوایی (۲۰۵/۱۳۹) و در شرایط تنش سرما به صفات نشت الکترولیت (۵۴۰/۲۲۱) و قندهای محلول کل (۵۸/۱۴۱) تعلق داشت. بیشترین و کمترین ضریب تنوع ژنوتیپی در شرایط تنش سرما به ترتیب مربوط به نشت الکترولیت (۴۴/۲۰) و قندهای محلول کل (۹/۴۴) و در شرایط عدم تنش مربوط به وزن تر ریشه (۷۸) و نشت الکترولیت بود. بالا بودن ضریب تنوع ژنوتیپی صفات موجب افزایش توانایی اصلاح گر در انتخاب این صفات خواهد شد (۳). در بین صفات اندازه‌گیری شده در شرایط تنش، صفت قندهای محلول کل کم ترین (۱۴/۵۷) و صفت وزن تر اندام هوایی بیشترین (۵۴/۹۹) ضریب تنوع فنوتیپی را به خود اختصاص دادند. در حالت عدم تنش کمترین و بیشترین ضریب تنوع فنوتیپی به‌ترتیب مربوط به صفات طول ریشه (۲۱/۳۲) و وزن تر ریشه (۸۰/۵۶) بود. به طورکلی ضرایب تنوع فنوتیپی کلیه صفات مورد بررسی هم در شرایط تنش و هم در شرایط عدم تنش بیشتر از ضرایب تنوع ژنوتیپی بود که می‌تواند نشان دهندهٔ دخالت اثر محیط باشد (۵).

بالاترین میزان وراثت‌پذیری عمومی در شرایط عدم تنش در ارتفاع اندام هوایی (۹۶/۹۷ درصد) و ارتفاع ساقه (۹۵/۸۸ درصد) و کمترین مقدار آن (۲۱/۷۴ درصد) در صفت درصد نشت الکترولیت مشاهده گردید. پائین بودن وراثت پذیری عمومی درصد نشت الکترولیت می تواند نشان دهندهٔ نقش بیشتر محیط در کنترل این صفت باشد (۱۶). پائین بودن واریانس ژنتیکی این صفت (۸/۴۹) نیز این مطلب را تأیید می کند. در شرایط تنش سرما، وراثت پذیری عمومی تمامی صفات اندازه‌گیری شده به‌جز نشت الکترولیت کمتر از شرایط بدون تنش بود و صفات وزن تر ریشه و قندهای محلول کل به‌ترتیب بیشترین (۷۲/۷۲ درصد) و کمترین (۴۲/۰۱ درصد) وراثت‌پذیری عمومی را به خود اختصاص دادند. عبدالخلیک و همکاران (۱) نیز وراثت‌پذیری عمومی پائینی برای بیشتر صفات مرتبط با گیاهچه‌های برنج نظیر وزن تر و خشک گیاهچه و محتوای کلروفیل در شرایط تنش دمای پائین مشاهده کردند. توارث‌پذیری پائین مشاهده شده در شرایط تنش را می‌توان با توجه به کنترل پلی‌ژنیک واکنش به دمای پائین در مراحل ابتدایی رشد برنج توضیح داد که توسط تحقیقات متعددی تأیید شده است (۸). مطالعات مختلف در برنج به‌منظور بررسی تنوع ژنوتیپ‌های مختلف حاکی از وجود تنوع گسترده از نظر صفات زراعی مختلف در این ژنوتیپ ها می باشد. آگاهی و همکاران (۳) در بررسی تنوع وراثتی صفات مهم زراعی در برخی ارقام برنج وراثت پذیری عمومی بالایی برای صفات مورد ارزیابی گزارش دادند و اعلام کردند که مقدار این مشخصه از ۷۲ درصد برای صفت عملکرد دانه در بوته تا ۹۹ درصد برای صفات طول خوشه و ارتفاع بوته متغیر بود. بالا بودن وراثت‌پذیری بعضی از صفات مانند ارتفاع ساقه، ارتفاع اندام هوایی، وزن تر ریشه و وزن تر اندام هوایی را می‌توان با عدم برآورد برهمکنش ژنوتیپ × محیط و کنترل صفات مذکور به‌وسیله ژن های دارای اثر افزایشی مرتبط دانست. هم‌چنین

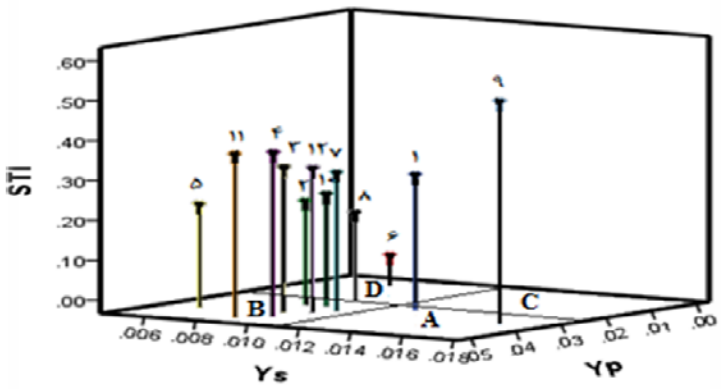
www.SID.ir

Archive of SID

تفاوت‌های ژنتیکی بین ارقام مورد بررسی را می‌توان به‌عنوان دلیل دیگری برای بالا بودن وراثت‌پذیری عمومی در نظر داشت (۲ و ۲۵). نتایج مربوط به برآورد ضرایب همبستگی فنوتیپی و ژنوتیپی میان صفات مورد مطالعه در شرایط عدم تنش سرما (۲۵ درجه سانتی‌گراد) نشان داد که اکثر همبستگی‌های ژنوتیپی برآورد شده غیر معنی‌دار بودند. همبستگی ژنوتیپی (r_g) و فنوتیپی (r_p) ارتفاع اندام هوایی و ارتفاع ساقه (r_g=۰/۴۳ و r_p =۰/۸۶)، ارتفاع اندام هوایی و طول ریشه (r_g =۰/۳۶ و r_p =۰/۶۶)، طول ریشه و ارتفاع ساقه (r_g=۰/۳۹ و r_p=۰/۴۵) و طول ریشه و وزن خشک ریشه (r_g=۰/۴۳ و r_p=۰/۶۵) مثبت و معنی‌دار بودند. بر این اساس می‌توان گفت با افزایش ارتفاع اندام هوایی، ارتفاع ساقه و طول ریشه افزایش می یابد و با افزایش طول ریشه، ارتفاع ساقه و وزن خشک ریشه افزایش می‌یابد که وجود چنین رابطه‌ای بین صفات مذکور طبیعی می‌باشد. بوستی و همکاران (۸) نیز همبستگی معنی‌داری بین صفات طول کلئوپتیل و طول ریشه‌چه گزارش دادند. همبستگی ژنوتیپی منفی و معنی دار بین نشت الکترولیت و طول ریشه (۰/۶۶ -) نشان می‌دهد که با افزایش طول ریشه درصد نشت الکترولیت کاهش می‌یابد. درصورتی‌که همبستگی فنوتیپی بین نشت الکترولیت و طول ریشه منفی، غیر معنی دار (۰/۲۲-) و کمتر از همبستگی ژنوتیپی بود. ساراوگی و همکاران (۱۹۹۷) علت به‌وجود آمدن چنین نتایجی را به اثرات محیطی نسبت می‌دهند که موجب می‌شوند همبستگی‌های فنوتیپی با اریب برآورد گردند (۳). همبستگی های ژنوتیپی و فنوتیپی میان صفات مورد ارزیابی در شرایط تنش سرما نیز نشان داد که همبستگی های ژنتیکی و فنوتیپی ارتفاع اندام هوایی و وزن تر ریشه (r_g= ۰/۷۷ و r_p=۰/۳۸)، ارتفاع اندام هوایی و وزن تر اندام هوایی (r_g= ۰/۷۵ و r_p=۰/۲۹) و ارتفاع اندام هوایی و وزن خشک اندام هوایی (r_g= ۱ و r_p =۰/۵۷) مثبت و معنی‌دار بودند. با توجه به رابطه مثبت و معنی‌دار میان صفات مذکور می توان گفت با افزایش ارتفاع اندام هوایی، وزن تر ریشه و وزن تر و خشک اندام هوایی نیز افزایش می یابد. در واقع در این شرایط صفت ارتفاع اندام هوایی می‌تواند صفت مناسبی به منظور انتخاب غیر مستقیم صفات ذکر شده باشد. سلیمانی و همکاران (۲۶)، عبدالخلیک و همکاران (۱) و فلاح و همکاران (۱۱) نیز پس از بررسی اثرات تنش دمای بالا و پائین بر گیاهچه های تعدادی از ژنوتیپ های برنج، صفت ارتفاع گیاهچه (اندام هوایی) را به‌عنوان مناسب‌ترین معیار انتخاب جهت ارزیابی تحمل گیاهچه های برنج و گزینش آنها تحت شرایط تنش سرما معرفی نمودند. وجود همبستگی مثبت و معنی‌دار بین وزن تر اندام هوایی و وزن تر ریشه (r_g=۰/۴۲ و r_p=۰/۴۶) و وزن خشک اندام هوایی و و وزن تر ریشه (r_g=۰/۶۶ و r_p=۰/۶۲) نیز تأیید کننده این مطلب می باشد. قدر مطلق ارزش همبستگی ژنوتیپی تعدادی از صفات از همبستگی فنوتیپی مربوطه بزرگ‌تر می‌باشد. ساراوگی و همکاران (۱۹۹۷) علت به‌وجود آمدن چنین نتایجی را به اثرات محیطی نسبت می‌دهند که موجب می‌شوند همبستگی‌های فنوتیپی با اریب برآورد گردند (۳). میان صفت طول ریشه و صفات وزن تر ریشه، وزن تر اندام هوایی و وزن خشک اندام هوایی نیز رابطه مثبت و معنی داری وجود داشت. به‌عبارت دیگر می توان نتیجه گرفت که با کاهش طول ریشه بر اثر تنش سرما، وزن تر ریشه و اندام هوایی و وزن خشک اندام هوایی کاهش می‌یابد. دای و همکاران (۱۹۸۹) نیز گزارش دادند که اثر تنش سرما بر فعالیت ریشه برنج به صورت کاهش در وزن خشک تولیدی مشخص شده است (۱۰). ساساکی (۱۹۷۴ و ۱۹۷۷) گزارش داد که گیاهچه های انتخاب شده با قدرت بالای جوانه زنی در شرایط تنش سرما در نسل اولیه در اوایل مرحله گیاهچه ای رشد خوب و قدرت ریشه دهی بالایی داشته‌اند (۱۷). همبستگی ژنوتیپی منفی و معنی‌دار نشت الکترولیت و وزن خشک اندام هوایی (r_g= -۰/۴۵) نشان می‌دهد که با افزایش وزن خشک اندام هوایی نشت الکترولیت کاهش می یابد. اگرچه همبستگی فنوتیپی بین دو صفت مذکور منفی، غیرمعنی‌دار و کوچک‌تر از همبستگی ژنوتیپی مربوطه بود (r_p= -۰/۰۴). دلیل چنین نتایجی به

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۱. گروه‌بندی ارقام مورد مطالعه برنج با استفاده از نمودار سه بعدی STI، Ys و Yp.

Yp = میانگین وزن خشک اندام هوایی (گرم) هر رقم در شرایط بدون تنش، Ys = میانگین وزن خشک اندام هوایی (گرم) هر رقم در شرایط تنش سرما. اعداد داخل شکل نشان‌دهنده شماره ارقام می‌باشند (جدول ۱).

اثرات محیطی مربوط می‌شود. در برنج نیز تفاوت‌های موجود در میزان نشت محلول ها از نمونه های برگ ارقام مختلف تحت تنش سرما با مقادیر متفاوت مقاومت به سرما در این گیاه همبستگی داشته است (۲۱). به‌طور کلی بررسی ضرایب همبستگی ژنوتیپی و فنوتیپی کلیهٔ صفات مورد ارزیابی در شرایط تنش سرما و بدون تنش نشان می‌دهد صفات مرتبط با اندام هوایی مانند وزن تر و خشک و ارتفاع اندام هوایی، صفات بسیار مناسبی جهت انتخاب غیرمستقیم ارقام متحمل به سرمای برنج در مرحله گیاهچه‌ای می‌باشند.

تفکیک ارقام مورد مطالعه براساس نمودار سه بعدی STI، Yp و Ys و نواحی چهارگانهٔ تعریف شده توسط فرناندز (۱۴) در شکل ۱ نشان داده شده است. ارقام غریب و چمپا یاسوج در ناحیه A واقع شدند. براساس گروه‌بندی فرناندز این ارقام دارای وزن خشک اندام هوایی مناسبی هم در شرایط تنش سرما و هم در شرایط بدون تنش سرما می‌باشند بنابراین نسبت به سایر ارقام مورد بررسی به‌عنوان مناسب ترین ارقام شناسایی شدند. اکثر ارقام مورد بررسی شامل گرده، لنجان عسکری، کامفیروز، کوهسار، دم‌سیاه ممسنی، ۳۰۴، موسی طارم و حسن سرایی در ناحیه B واقع شدند. بر این اساس می توان نتیجه گرفت که این ارقام حساس به سرما می‌باشند و وزن خشک اندام هوایی مناسبی در شرایط تنش سرمایی ندارند و برای کشت در مناطقی که احتمال وقوع سرما در مراحل ابتدایی رشد برنج وجود دارد مناسب نمی‌باشند. هیچ‌یک از ارقام در ناحیه C قرار نگرفتند. ارقام دولار و شفق نیز در ناحیه D قرار گرفتند. بنابراین این ارقام وزن خشک اندام هوایی نامطلوبی در هر دو شرایط دارند.

به طورکلی ارقام مورد بررسی از لحاظ کلیه صفات اندازه‌گیری شده واکنش‌های متفاوتی نسبت به سطوح دمایی مورد مطالعه داشتند که می‌تواند نشان دهندهٔ تنوع ژنتیکی بین ارقام مورد مطالعه باشد. ارقام غریب و چمپا یاسوج نیز به‌عنوان مناسب‌ترین ارقام هم درشرایط تنش سرما و هم بدون تنش سرما شناسایی شدند. با توجه به نتایج حاصل از این پژوهش پیشنهاد می شود ارتباط بین تحمل به سرما در مرحله گیاهچه ای با سایر مراحل رشدی برنج با ارزیابی سایر صفات مورفولوژیک و فیزیولوژیک مورد بررسی قرار گیرد. صفات مرتبط با اندام هوایی مانند وزن تر و خشک و ارتفاع اندام هوایی، بیشترین تأثیر را از سرما داشتند، بنابراین می‌توان از صفات مذکور به‌عنوان معیارهای تحمل به سرما در برنامه‌های اصلاحی استفاده نمود.

www.SID.ir

Archive of SID

منابع مورد استفاده

1. Abdelkhalik, A. F., E. M. R. Metwali, M. El-Adi, A. H. Abd El-Hadi and D. E. El-Sharnobi. 2010. Genotype-Environmental interactions for seedling vigor traits in rice (*Oryza sativa* L.) genotypes grown under low and high temperature conditions. *American- Eurasisn Journal of Agriculture and Environment Science* 8(3): 257- 267.
2. Abouzari-Gazafrodi, A., R. Honarnegad and M. H. Fotokian. 2008. The investigation of genetic diversity with morphological data hn rice varieties (*Oryza sativa* L.). *Pajouhesh and Sazandegi* 78: 110-117. (In Farsi).
3. Agahi, K., M. H. Fotokian and Z. Younesi. 2012. Study of genetic diversity and important correlation of agronomic traits in rice genotypes (*Oryza sativa* L.). *Iranian Journal of Biology* 25(1): 97-110. (In Farsi).
4. Ahamed, A., M. M. Hatano, J. I. Sakauari, H. Hayashi, Y. Hawamura and M. Uemura. 2012. Cold stress induced acclimation in rice by root specific aquaporins. *Plant and Cell Physiology* 53(8): 1445- 1456.
5. Allah-Gholipour, M., M. S. Mohammad-Salehi and A. A. Ebadi. 2004. An evaluation of genetic diversity and classification of rice varieties. *Iranian Journal of Agriculture Science* 35(4): 973-981. (In Farsi).
6. Andaya, V. C. and D. J. Mackill. 2003. Mapping of QTLs associated with cold tolerance during the vegetative stage in rice. *Journal of Experimental Botany* 54(392): 2579-2585.
7. Basafa, M. and M. Taherian. 2010. Evaluation of drought tolerance in Alfalfa (*Medicago sativa*) ecotypes using drought tolerance indices. *Journal of Environmental Stresses in Crop Sciences* 3(1): 69-81. (In Farsi).
8. Bosetti, F., C. Montebelli, A. D. November, H. P. Chamma and J. B. Pinheiro. 2012. Genetic variation of germination cold tolerance in Japanese rice germplasm. *Breeding Science* 62(3): 209- 215.
9. Cruz, R. P., R. A. Sperotto, D. Cargnelutti, J. M. Adamski, T. Freitasterra and J. P. Fett. 2013. Avoiding damage and achieving cold tolerance in rice plants. *Food and Energy Security* 96-119.
10. Dai, Q., B. S. Vergara and R. M. Visoeras. 1990. Amelioration of cold injury in rice (*Oryza sativa* L.): improving root oxidizing activity by plant growth regulators. *Philippines Journal of Crop Science* 15(1): 49- 54.
11. Fallah, A., M. T. Karbalaie and H. Elyasi. 2010. Quantitative assessment of damage to cold stress in different growth stages of the rice plant*. Rice Research Institue* (In Farsi).
12. Farrell, T. C., K. M. Fox, R. L. Williams, S. Fukai, R. F. Reink and L. G. Lewin. 2001. Temperature constraints to rice production in Australia and Laos: shared problem. *The Australian Centre for International Agricultural Research Procceding* 101: 129- 137.
13. Farshadfar, A. 1998. The Application of Quantitative Genetic in Plant Breeding. Taghebostan, Kermanshah. (In Farsi).
14. Fernandez, G. C. J. 1992. Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance. *In:* C. G. Kuo, (Ed.), Proceeding of the International Symposium on Adaptation of Vegetables and other Food Crops to Temperature and Water Stress, pp. 257-270.
15. Ghorbani, A., F. Zarinkamar and A. Fallah. 2011. Effect of cold stress on the anatomy and morphology of the tolerant and sensitive cultivar of rice during germination. *Journal of Cell and Tissue* 2(3): 235-244. (In Farsi).
16. Hamian, S., M. Moghaddam, S. A. Mohammadi, K. Ghasemi-Golezani, A. Heidari, E. Farajzadeh and A. Yousefi. 2012. Genetic variation for winter survival and related characteristics in barley genotypes. *Iranian Journal of Crop Science* 13(4): 743-759. (In Farsi)
17. Han, L. Z., Y. Y. Zhang, Y. L. Qiao, G. L. Cao, S. L. Zhang, J. H. Kim, H. J. Koh. 2006. Genetic and QTL analysis for low temperature vigor of germination in rice. *Acta Genetica Sinica* 33(11): 998- 1006.
18. Hassibi, P., M. Nabipour and F. Moradi. 2010. Study of some cryoprotectives role to induce low temperature tolerance in rice (*Oryza sativa* L.) seedlings. *Electronc Journal of Crop Production* 3(1): 39-56. (In Farsi).
19. Irigoyen, J. J., D. W. Emerich and M. Sanchez-Diaz. 1992. Water stress induced changes in concentrations of proline and total soluble sugars in nodulated alfalfa (*Medicago sativa*) plants. *Physiologia Plantarum* 84: 55- 60.
20. Lee, M. H. 2001. Low temperature tolerance in rice; the korean experience. Increased lowland rice in the mekong region edited by fukail and jaya basnayake. *The Australian Centre for International Agricultural Research Procceding* 101: 109-117.
21. Maybodi, A. M. and S. Esfahani. 2004. Aspects of Physiology and Breeding of Cold and Freezing Stresses Crops. Isfahan University of Technology. Isfahan. (In Farsi).
22. Nezami, A., J. Nabati, A. Borzooei, A. Kamandi, A. Masomi and M. Salehi. 2010. Evaluation of Freezing tolerance in barley (*Hordeum Vulgar* L.) cultivars at seedling stage under controlled conditions. *Journal of Environmental Stresses in Crop Sciences* 3(1):9-22. (In Farsi).
23. Paquine, R. and P. Lechasser. 1979. Observations surune method dosage la libre dans les de plants. *Canadian Journal of Botany* 57: 1851- 1854.
24. Pouramir-Dashtmian, F., M. Khajeh-Hosseini and M. Esfahani. 2014. Alleviating harmful effects of chilling stress on rice seedling via application of spermidine as seed priming factor. *African Journal of Agricultural Research* 9(18): 1412-1418.

www.SID.ir

Archive of SID

25. Sadeghi, S. M., S. Bidarigh and N. Mohammadian-Roshan. 2010. Evaluation of genetic diversity of local rice in Guilan province. *Journal of Biological Sciences* 1: 45-55. (In Farsi).
26. Soleymani, A. and M. H. Shahrajabian. 2012. Study of cold stress on the germination and seedling stage and determination of recovery in rice varieties. *International Journal of Biology* 4(4): 23- 30.
27. Teutonica, R. A., J. P. Palta and T. C. Osborn. 1993. In vitro freezing tolerance in relation to winter survival of rapeseed cultivars. *Crop Science* 33: 103-107.
28. Wang, C., J. Wang, F. Wang, Y. Bao, Y. Wu and H. Zhang. 2009. Genetic control of germination ability under cold stress in rice. *Rice Science* 16(3): 173-180.
29. Zhang, F., X. F. Ma, Y. M. Gao, X. B. Hao and Z. K. Li. 2014. Genome-wide response to selection and genetic basis of cold tolerance in rice (*Oryza sativa* L.). *Bio Med Central Genetic*s 1-14.

www.SID.ir