

ارزیابی تاثیر شدت و مدت درجه حرارت های مختلف بر رشد گیاهچه ای

پنج رقم برنج

الهیار فلاح*، عضو هیات علمی موسسه تحقیقات برنج کشور (آمل)

محمد عبدی نژاد کشتلی، کارشناس ارشد زراعت دانشگاه آزاد واحد قائمشهر

حسین الیاسی، کارشناس ارشد زراعت موسسه تحقیقات برنج کشور (آمل)

چکیده

برای بررسی اثر سرما بر روی رشد گیاهچه ارقام برنج آزمایش گلخانه ای در معاونت موسسه تحقیقات برنج کشور در مازندران (آمل) در سال ۱۳۸۸ انجام شد. آزمایش به صورت اسپلیت پلات فاکتوریل با طرح پایه کاملاً تصادفی در ۳ تکرار، جهت بررسی تأثیر شدت دماهای مختلف (۱۰، ۱۳، ۱۶، ۳۲ درجه سانتیگراد) و مدت آن (۱، ۲، ۳، ۴، ۵ شبانه روز) روی ۵ رقم برنج (دیلیم، لاین ۸۴۳، طارم محلی، فجر، شیرودی) انجام شد. ارقام در پلات های اصلی و شدت و مدت دما بصورت فاکتوریل در پلات فرعی طراحی شدند. گیاهچه ها تا مرحله ۳-۲ برگی (۱۲-۸ روز) در شرایط معمول رشد قرار داده شده و سپس به اتاقک رشد انتقال داده و در تیمار دمای ۱۰، ۱۳، ۱۶ درجه سانتیگراد به مدت ۱، ۲، ۳، ۴ و ۵ شبانه روز نگهداری شدند. پس از پایان دوره سرمادهی از هر تکرار ۴ گیاهچه انتخاب و صفت های رشدی نظیر ارتفاع، وزن خشک کل گیاهچه (وزن خشک اندام هوایی + ریشه)، سطح برگ، شاخص حساسیت و رنگ برگ اندازه گیری گردید. نتایج نشان داد بین ارقام، شدت تنش، مدت تنش و اثر متقابل آنها برای کلیه صفات مورد بررسی در مرحله گیاهچه ای اختلاف معنی داری در سطح احتمال ۱٪ وجود داشت که نشان دهنده تأثیر شدت و مدت تنش سرما بر روی ارقام مورد بررسی می باشد. درجه حرارت پایین، رشد نشاها را به میزان ۱۰ تا ۵۰٪ در مقایسه با تیمار شاهد از نظر صفت های مختلف اندازه گیری شده کاهش داده است. درجه حرارت پایین (ده درجه سانتیگراد) تولید ریشه جدید و وزن خشک گیاهچه را کاهش داد که میزان کاهش ۶۰٪ در مقایسه با تیمار ۳۲ درجه سانتیگراد شده است. کاهش درجه حرارت باعث تغییر رنگ پهنک برگ شد و با بررسی رنگ برگ گیاهچه برنج بعد از قرار گرفتن در شرایط تنش سرما می توان نتیجه گرفت، گیاهچه هر رقمی که دارای رنگ برگ سبتری باشد میزان خسارت آن کمتر و نسبت به سرما تحمل بیشتری دارد. ارقام شیرودی و طارم محلی در مقایسه با سایر ارقام نسبت به تنش سرما متحمل تر بوده ولی رقم فجر حساستر بود.

واژه های کلیدی: سرما، گیاهچه برنج، رنگ برگ و شاخص حساسیت

* نویسنده مسئول: E-mail: afallah1@yahoo.com

مقدمه

درجه حرارت یکی از مهمترین عامل محیطی هست که روی رشد و نمو گیاهچه برنج موثر است (۲۵). دوفاکتور هوای سرد و آبیاری با آب سرد باعث ایجاد خسارت در برنج می شود (۱ و ۲). برنج یکی از گیاهان حساس به سرما است چون منشاء آن مناطق گرمسیری و نیمه گرمسیری می باشد (۱ و ۵). دمای پایین یکی از جدی ترین تنش هایی است که موجب کاهش رشد، پیچیدگی و پژمردگی برگهای گیاهچه برنج می شود (۸). در برنج تحمل سرما در مرحله رشد گیاهچه ای معمولاً به وسیله توانایی زنده ماندن گیاه در دوره ای از درجه حرارت پایین مشخص می شود و بیشترین علایمی که توسط گیاه برنج در این مرحله نشان داده شده شامل: کوتاه شدن گیاه، تغییر رنگ پهنک برگ، کاهش سطح برگ و کاهش رشد گیاه است (۱۲ و ۲۸). کاباکی و همکاران (۱۹۸۲) گزارش داده اند تنش دمایی در محدوده ۱۸-۱۲ درجه سانتی گراد در مرحله رشد گیاهچه ای بطور جدی بازدارنده رشد و متابولیسم خواهد شد. نایدو و همکاران (۲۰۰۵) مراحل جوانه زنی و رشد گیاهچه ای را مراحل بسیار حساس به تنش سرما در مورد گیاه برنج دانسته اند و گزارش کردند که دمای آب در طول استقرار گیاهچه در حدود ۱۰ درجه سانتی گراد، به طور معنی داری رشد و استقرار گیاهچه را کاهش داده است. گزارش شده که در مناطق سرد، اثر آبیاری با آب سرد در مزارع برنج علاوه بر ایجاد اختلال در جذب مواد غذایی گیاهچه ها، با سرد نمودن میکروکلیمای رشد گیاه، باعث طولانی تر شدن مراحل نمو گیاه می شود (۲۸). تحمل نسبی گیاه برنج در مرحله رشد گیاهچه ای در مقابل سرما یک صفت مفید برای تولید پایدار محصول در این گیاه است. لی (۲۰۰۱) گزارش کرد بررسی های ۳۰ ساله در کشور کره جنوبی نشان داده است که دمای بحرانی ارقام متداول برنج در کشور کره (تیپ ژاپونیکا) در ۱۰ درجه، گیاهچه ای ۱۳ سانتی گراد می باشد. هدف از انجام تحقیق بررسی تأثیر شدت و مدت تنش سرما بر رشد گیاهچه ای ارقام مختلف برنج، مقایسه ارقام در شرایط تنش سرما با شرایط نرمال و تعیین رقم متحمل و حساس به سرما می باشد.

مواد و روش ها

این تحقیق در سال ۱۳۸۸ در گلخانه معاونت موسسه تحقیقات برنج کشور و در قالب آزمایشی بصورت اسپلیت پلات فاکتوریل با طرح پایه کاملاً تصادفی در ۳ تکرار، جهت بررسی تأثیر شدت دماهای مختلف (۱۰، ۱۳، ۱۶، ۳۲ درجه سانتی گراد) و مدت آن (۱، ۲، ۳، ۴، ۵ شبانه روز) روی ۵ رقم برنج (دیلم، لاین ۸۴۳، طارم محلی، فجر، شیرودی) در مرحله رشد گیاهچه ای انجام شد. در این آزمایش ارقام در پلات های اصلی و شدت و مدت دما به صورت فاکتوریل در پلات فرعی طراحی شدند. ابتدا بذور با محلول هیپوکلرید سدیم ۱۰٪ به مدت ۱۰ دقیقه ضد عفونی و پس از جوانه دار شدن در دمای ۳۲ درجه سانتی گراد به اتاقک رشد منتقل شدند. تعداد ۳۰ عدد بذر در طول سینی های نشا برای هر رقم

در ۳ تکرار کاشته شده بود. خاک جعبه‌های نشا از مزرعه تهیه و سرند شد. کود طبق روش تهیه در آیری به میزان ۰/۵ - ۱ - ۰/۵ گرم در کیلوگرم خاک (به ترتیب N, P_2O_5, k_2O) به خاک اضافه شد (۹ و ۱۰). پس از این مرحله سینی‌های نشا را آبیاری کرده، به‌طوریکه جعبه‌های نشا بر روی کیسه های کفنی قرار داده شده و کیسه ها مرتباً خیس بودند. در این صورت سینی‌ها با استفاده از خاصیت مویینگی خاک، از زیر آبیاری شدند. پس از این مرحله گیاهچه‌ها تا مرحله ۲-۳ برگگی (۸-۱۲ روز) در شرایط معمول رشد قرار داده شده و سپس به اتاقک رشد انتقال داده و در تیمار دمایی ۱۰، ۱۳، ۱۶ درجه سانتیگراد به مدت ۱، ۲، ۳، ۴ و ۵ شبانه روز نگهداری شدند. پس از پایان دوره سرمادهی از هر تکرار ۴ گیاهچه انتخاب و صفت‌های رشدی نظیر ارتفاع، وزن خشک کل گیاهچه (وزن خشک اندام هوایی + ریشه) و سطح برگ اندازه‌گیری گردید. جهت انجام مقایسه، یک سینی نشا در دمایی (شاهد) درجه سانتی‌گراد نگهداری شد. شاخص حساسیت طبق فرمول فیشر محاسبه شد (۲۷).

$$SSI^{(1)} = \frac{1 - (YS / YP)}{1 - (\bar{YS} / \bar{YP})}$$

SSI = شاخص حساسیت، YS = عملکرد ژنوتیپ در شرایط تنش، SP = عملکرد ژنوتیپ در شرایط نرمال، \bar{YS} = میانگین عملکرد کلیه ژنوتیپ‌ها در شرایط تنش، \bar{YP} = میانگین عملکرد کلیه ژنوتیپ‌ها در شرایط نرمال. ارقام بر اساس شاخص حساسیت به سرما طبق فرمول فیشر به خیلی مقاوم (۰-۰/۵)، مقاوم (۰/۷۵-۰/۵)، نیمه مقاوم (۱-۰/۷۵)، نیمه حساس (۱-۱/۲۵)، حساس (۱/۵-۱/۲۵) و بسیار حساس (بیشتر از ۱/۵) تقسیم بندی می‌شود. داده‌های حاصل با استفاده از نرم‌افزار SAS آنالیز شدند و مقایسات میانگین و اثرات متقابل تیمارها با برنامه MSTAT-C و با آزمون چند دامنه دانکن و در سطح احتمال ۰/۵ صورت گرفت.

نتایج و بحث

در جدول (۱) تجزیه واریانس صفت‌های مورد بررسی ارقام مختلف برنج در آزمایش گیاهچه‌ای نشان داده شده است.

جدول ۱: تجزیه واریانس صفت‌های مورد بررسی ارقام مختلف برنج در آزمایش گیاهچه‌ای

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات			
		ارتفاع	سطح برگ	وزن خشک اندام هوایی	وزن خشک ریشه
رقم	۴	۳۵/۸ **	۰/۲ **	۹۸/۷ **	۵۲/۲ **
خطای a	۸	۰/۲	۰/۰۰۲	۰/۲	۰/۰۰۸
شدت دما	۳	۹۵۸/۹ **	۸/۹ **	۱۸۹۱/۸ **	۴۰۴/۳ **
مدت دما	۴	۸۲/۶ **	۰/۹ **	۲۲۵/۷ **	۴۳/۱ **
شدت × مدت	۱۲	۲۶/۶ **	۰/۵ **	۵۵/۱ **	۱۲/۸ **
رقم × شدت	۱۲	۴۱/۱ **	۰/۲ **	۳۷/۹ **	۴/۷ **
رقم × مدت	۱۶	۵/۷ **	۰/۰۲ **	۳/۶ **	۳/۴ **
رقم × شدت × مدت	۴۸	۳/۷ **	۰/۰۱ **	۴ **	۳/۲ **
خطای b	۱۹۰	۰/۴	۰/۰۰۳	۰/۴	۰/۰۴
ضریب تغییرات (%)		۳/۱	۴/۱	۴/۱	۳/۷

**،* : به ترتیب اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪ و ۵٪

همان‌طور که نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان می‌دهد اثر رقم، شدت دما، مدت دما و اثرات متقابل‌شان، در مورد صفت‌های مورد بررسی (ارتفاع گیاهچه، سطح برگ، وزن خشک اندام هوایی و ریشه و وزن خشک کل گیاهچه) در آزمایش گیاهچه‌ای اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۱٪ وجود دارد. این بدان معنی است که ارقام مختلف در سطوح مختلف شدت‌های (۱۰، ۱۳، ۱۶، ۳۲ درجه سانتی‌گراد) دمایی و مدت‌های (۱، ۲، ۳، ۴، ۵ شبانه‌روز) دمایی، از نظر صفت‌های مورد بررسی تفاوت قابل ملاحظه‌ای دارند. نتایج به دست آمده با نتایج تحقیق بری در سال ۲۰۰۰ اعلام کرد که تیمار دمایی پایین روی گیاهچه‌های برنج، ارتفاع گیاهچه، وزن خشک اندام هوایی و ریشه را کاهش می‌دهد، مطابقت دارد. در جدول ۲ مقایسه میانگین تیمارهای آزمایشی روی صفت‌های مورد بررسی در آزمایش گیاهچه‌ای نشان داده شده است. نتایج حاصل از مقایسه میانگین تیمار رقم روی صفت‌های مختلف رشدی مرحله گیاهچه‌ای برنج در سطوح مختلف شدت‌ها و مدت‌های دمایی نشان داد که بین ارقام در مورد تمام صفت‌های مورد بررسی اختلاف معنی‌دار وجود داشت که این فرق به دلیل تفاوت ژنتیکی و نیاز حرارتی متفاوت ارقام با یکدیگر می‌باشد (۱۴). در مجموع ارقام طارم محلی و شیرودی با کمترین اختلاف نسبت به شاهد، میزان تحمل خوبی در شرایط تنش سرما نشان دادند. نتایج حاصل از مقایسه میانگین تیمار شدت دما روی صفت‌های مختلف رشدی مرحله گیاهچه‌ای برنج در سطوح مختلف ارقام و مدت‌های دمایی نشان داد که کاهش درجه حرارت موجب کاهش معنی‌دار کلیه صفت‌های مورد بررسی شد.

جدول ۲: مقایسه میانگین تیمارهای آزمایشی روی صفت‌های مورد بررسی در آزمایش گیاهچه‌ای

تیمار آزمایشی	ارتفاع (cm)	سطح برگ (cm ²)	وزن خشک اندام هوایی (mg)	وزن خشک ریشه (mg)	وزن خشک کل گیاهچه (mg)
رقم					
دیلم	۲۰/۹c	۱/۴ a	۱۵/۵ b	۶/۲ a	۲۱/۷ b
لاین ۸۴۳	۱۹/۹ d	۱/۳b	۱۳/۲ e	۴/۹ c	۱۸/۱ d
طارم محلی	۲۱/۱ c	۱/۲ c	۱۳/۹ c	۳/۹ d	۱۷/۸ d
فجر	۲۱/۴ b	۱/۴ a	۱۳/۶ d	۴/۹ c	۱۸/۵ c
شیرودی	۲۲/۱ a	۱/۳ b	۱۶/۱ a	۵/۹ b	۲۲ a
شدت دما (درجه سانتی گراد)					
۱۰	۱۷/۲d	۱d	۸/۵ d	۲/۹ d	۱۱/۴ d
۱۳	۲۰/۴ c	۱/۲ c	۱۴/۱ c	۴/۲ c	۱۸/۳ c
۱۶	۲۱ b	۱/۳b	۱۴/۵b	۵/۲b	۱۹/۷ b
۳۲	۲۵/۹ a	۱/۸ a	۲۰/۸ a	۸/۴ a	۲۹/۲ a
مدت دما (شبهانه روز)					
۱	۱۹/۶d	۱/۱e	۱۲/۳e	۴/۲e	۱۶/۵e
۲	۲۰/۶c	۱/۲d	۱۳/۳d	۴/۷d	۱۸d
۳	۲۰/۸c	۱/۳c	۱۳/۹c	۴/۸c	۱۸/۷c
۴	۲۲b	۱/۴b	۱۵/۵b	۵/۸b	۲۱/۳b
۵	۲۲/۵a	۱/۵a	۱۷/۲a	۶/۲a	۳۲/۴a

اعداد در هر ستون که حداقل دارای یک حرف مشترک باشند فاقد اختلاف معنی دار در سطح ۵٪ با روش دانکن می باشند

به طوری که طبق جدول (۲) ارتفاع گیاهچه در دمای ۱۰، ۱۳، ۱۶ درجه سانتی گراد به ترتیب ۱۹، ۲۱، ۳۴٪ نسبت به شاهد (۳۲ درجه سانتی گراد) کاهش، سطح برگ در دمای ۱۰، ۱۳، ۱۶ درجه سانتی گراد به ترتیب ۳۳، ۴۴ و ۲۸٪ نسبت به شاهد کاهش، وزن خشک اندام هوایی در دمای ۱۰، ۱۳، ۱۶ درجه سانتی گراد به ترتیب ۵۹، ۳۲، ۳۰٪ نسبت به شاهد کاهش، وزن خشک ریشه در دمای ۱۰، ۱۳، ۱۶ درجه سانتی گراد به ترتیب ۶۵، ۵۰، ۳۸٪ نسبت به شاهد، وزن خشک کل گیاهچه در دمای ۱۰، ۱۳، ۱۶ درجه سانتی گراد به ترتیب ۶۱، ۳۷، ۳۳٪ نسبت به شاهد کاهش یافت.

نتایج حاصل از مقایسه میانگین تیمار مدت دما روی صفت های مختلف رشدی مرحله گیاهچه ای برنج در سطوح مختلف ارقام و شدت های دمایی نشان داد که افزایش مدت زمان (شبهانه روز) موجب افزایش کلیه صفت های مورد بررسی شد. به طوری که طبق جدول (۲) ارتفاع گیاهچه از روز ۲ تا ۵ به ترتیب ۵، ۶، ۱۱، ۱۳٪ نسبت به روز اول افزایش، شاخص سطح برگ از روز ۲ تا ۵ به ترتیب ۸، ۱۵، ۲۱، ۲۷٪ نسبت به روز اول افزایش، وزن خشک اندام هوایی از روز ۲ تا ۵ به ترتیب ۸، ۱۲، ۲۱، ۲۸٪ نسبت به روز اول افزایش، وزن خشک ریشه از روز ۲ تا ۵ به ترتیب ۸، ۱۱، ۱۲، ۲۸٪ نسبت به روز اول افزایش، وزن خشک کل گیاهچه از روز ۲ تا ۵ به ترتیب ۸، ۱۲، ۲۳، ۲۹٪ نسبت به روز اول افزایش داشت.

در جدول ۳ اثر متقابل شدت و مدت دما روی صفت های مختلف رشدی ارقام مختلف برنج در آزمایش گیاهچه ای نشان داده شده است. نتایج اثر متقابل شدت و مدت دما روی صفت های مختلف رشدی ارقام مختلف برنج در آزمایش گیاهچه ای حاکی از آن است که روند افزایشی در کلیه صفت های مورد بررسی آزمایش گیاهچه ای با افزایش مدت زمان (شبانه روز) در کلیه درجه حرارتها دیده می شود. با کاهش درجه حرارت این روند افزایشی، اختلاف کمتری پیدا کرد که نشان داد دمای پایین تر رشد گیاهچه ها را به مقدار بیشتری کاهش داد که در تطابق با یافته شیمونوکه در سال ۲۰۰۷ اعلام کرد که درجه حرارت پایین می تواند استقرار و رشد نشاها را به میزان زیادی به تأخیر بیندازد قرار دارد. بطوریکه طبق جدول (۳) کمترین برهم کنش بین تیمارها مربوط به درجه حرارت ۱۰ درجه سانتیگراد و مدت زمان ۵ شبانه روز در کلیه صفت های مورد بررسی است.

در جدول ۴ اثر متقابل رقم و شدت دما روی صفت های مختلف رشدی ارقام مختلف برنج در آزمایش گیاهچه ای نشان داده شده است. نتایج اثر متقابل رقم و شدت دما روی صفت های مختلف رشدی ارقام مختلف برنج در آزمایش گیاهچه ای حاکی از آن است که با کاهش دما، صفت های مورد بررسی در کلیه ارقام در آزمایش گیاهچه ای کاهش معنی داری پیدا کردند و اختلاف معنی داری بین ارقام وجود داشت که در تطابق با یافته بری (۲۰۰۰) که اعلام کردند تیمار درجه حرارت پایین روی گیاهچه های برنج ارتفاع گیاهچه، وزن خشک اندام هوایی و ریشه را کاهش می دهد، قرارداد. به طوریکه طبق جدول (۴) کمترین برهم کنش بین تیمارها مربوط به رقم طارم محلی و درجه حرارت ۱۰ درجه سانتیگراد در کلیه صفت های مورد بررسی است. در جدول ۵ اثر متقابل رقم و مدت دما روی صفت های مختلف رشدی ارقام مختلف برنج در آزمایش گیاهچه ای نشان داده شده است. نتایج اثر متقابل رقم و مدت دما روی صفت های مختلف رشدی ارقام مختلف برنج در آزمایش گیاهچه ای حاکی از آن است که افزایش مدت زمان (شبانه روز) تنش موجب افزایش جزئی (نسبت به شاهد) اما معنی دار صفت های مورد بررسی در کلیه ارقام شد و اختلاف معنی داری بین ارقام وجود داشت. در واقع کاهش رشد گیاهچه ها در شرایط تنش سرما نسبت به شاهد اتفاق افتاد بطوریکه طبق جدول (۵) کمترین برهم کنش بین تیمارها مربوط به رقم هیبرید بهار ۱ و مدت زمان ۵ شبانه روز در کلیه صفت های مورد بررسی است.

جدول ۳: اثر متقابل شدت و مدت دما روی صفت های مختلف رشدی ارقام مختلف برنج در آزمایش گیاهچه ای

وزن خشک کل گیاهچه (mg)	وزن خشک ریشه (mg)	وزن خشک اندام هوایی (mg)	سطح برگ (cm ²)	ارتفاع (cm)	مدت (شبه روز)	شدت (سانتی گراد)
۱۰ p	۲/۵ k	۷/۵ n	۱ j	۱۶/۹ m	۱	۱۰
۱۱ o	۲/۵ k	۸ m	۱ j	۱۷/۱ m	۲	۱۰
۱۱/۵ n	۳ j	۸/۵ l	۱ j	۱۷/۱ m	۳	۱۰
۱۲/۱ m	۳ j	۸/۷ l	۱ j	۱۷/۲ m	۴	۱۰
۱۲/۳ m	۳/۶ i	۹/۶ k	۱/۱ i	۱۷/۷ l	۵	۱۰
۱۴/۷ l	۳/۶ i	۱۱/۱ j	۱/۱ i	۱۷/۷ l	۱	۱۳
۱۶/۱ k	۳/۷ i	۱۲/۴ i	۱/۲ h	۲۰/۳ j	۲	۱۳
۱۸/۱ i	۳/۹ h	۱۴/۲ g	۱/۳ g	۲۰/۶ ij	۳	۱۳
۲۰/۹ g	۴/۸ g	۱۶/۱ e	۱/۳ g	۲۱ hi	۴	۱۳
۲۱/۴ f	۴/۹ fg	۱۶/۵ e	۱/۳ g	۲۲/۵ e	۵	۱۳
۱۷/۵ j	۴/۸ g	۱۲/۷ hi	۱/۲ h	۱۹/۶ k	۱	۱۶
۱۷/۹ ij	۴/۹ fg	۱۳ h	۱/۲ h	۲۰/۴ j	۲	۱۶
۱۹/۶ h	۵ f	۱۴/۶ fg	۱/۳ g	۲۱/۳ gh	۳	۱۶
۲۰/۵ g	۵/۵ e	۱۵ f	۱/۳ g	۲۱/۷ fg	۴	۱۶
۲۳ e	۵/۶ e	۱۷/۴ d	۱/۴ f	۲۲/۱ ef	۵	۱۶
۲۳/۶ d	۶ d	۱۷/۶ d	۱/۵ e	۲۳/۸ d	۱	۳۲
۲۵/۶ c	۷/۳ c	۱۸/۳ c	۱/۶ d	۲۴/۱ d	۲	۳۲
۲۵/۹ c	۷/۴ c	۱۸/۵ c	۱/۷ c	۲۴/۸ c	۳	۳۲
۳۱/۳ b	۹/۴ b	۲۱/۹ b	۲ b	۲۶/۶ b	۴	۳۲
۳۹ a	۱۱/۶ a	۲۷/۴ a	۲/۴ a	۳۰ a	۵	۳۲

اعداد در هر ستون که حداقل دارای یک حرف مشترک باشند فاقد اختلاف معنی دار در سطح ۰.۵٪ با روش دانکن می باشند

شاخص حساسیت

نتایج حاصل از تعیین شاخص حساسیت به تنش سرما برای ارتفاع گیاهچه در ۵ رقم مورد بررسی نشان داد ارقام از نظر حساسیت به تنش سرما در ۴ گروه خیلی مقاوم، نیمه مقاوم (۲ رقم)، نیمه حساس و حساس قرار گرفتند. رقم طارم محلی با شاخص حساسیت (۰/۳۲) در گروه خیلی مقاوم، رقم دیلم با شاخص حساسیت (۱/۲) در گروه نیمه حساس و رقم فجر با شاخص حساسیت (۱/۲۸) در گروه حساس قرار گرفتند. در گروه نیمه مقاوم لاین ۸۴۳ و رقم شیرودی هر دو با شاخص حساسیت (۰/۹۶) قرار داشتند.

جدول ۴: اثر متقابل رقم و شدت دما روی صفت های مختلف رشدی ارقام مختلف برنج در آزمایش گیاهچه ای

رقم	شدت (سانتی گراد)	ارتفاع (cm)	سطح برگ (cm ²)	وزن خشک اندام هوایی (mg)	وزن خشک ریشه (mg)	وزن خشک کل گیاهچه (mg)
دیلم	۱۰	۱۵/۳ l	۱/۰ i	۸/۲ n	۳/۵ k	۱۱/۷ n
دیلم	۱۳	۲۰/۲ g	۱/۴ e	۱۵/۳ g	۵/۰ h	۲۰/۳ i
دیلم	۱۶	۲۱/۳ ef	۱/۴ e	۱۵/۷ g	۶/۵ e	۲۲/۲ g
دیلم	۳۲	۲۷/۱ b	۱/۹ b	۲۲/۸ a	۱۰/۰ a	۳۲/۸ a
لاین ۸۴۳	۱۰	۱۶ k	۱ i	۸/۱ n	۲/۵ m	۱۰/۶ o
لاین ۸۴۳	۱۳	۱۹/۱ i	۱/۲ g	۱۲/۱ jk	۳/۵ k	۱۵/۶ l
لاین ۸۴۳	۱۶	۲۰/۳ g	۱/۲ g	۱۲/۸ hi	۴/۹ h	۱۷/۷ j
لاین ۸۴۳	۳۲	۲۴/۵ c	۱/۹ b	۱۹/۶ d	۸/۶ c	۲۸/۲ d
طارم محلی	۱۰	۱۹/۷ h	۱/۰ i	۸/۹ m	۲/۶ m	۱۱/۵ n
طارم محلی	۱۳	۲۰/۹ f	۱/۲ g	۱۳/۱ h	۳/۲ l	۱۶/۳ k
طارم محلی	۱۶	۲۱/۵ e	۱/۳ f	۱۶/۲ f	۳/۸ j	۲۰ l
طارم محلی	۳۲	۲۲/۵ d	۱/۶ d	۱۷/۵ e	۵/۹ f	۲۳/۴ e
فجر	۱۰	۱۷/۵ j	۱/۰ i	۷/۶ o	۲/۵ m	۱۰/۱ p
فجر	۱۳	۱۹/۷ h	۱/۲ g	۱۲/۰ k	۴/۲ l	۱۶/۲ k
فجر	۱۶	۲۰/۲ g	۱/۳ f	۱۲/۵ ij	۴/۸ h	۱۷/۳ j
فجر	۳۲	۲۸/۲ a	۲/۱ a	۲۲/۳ b	۸ d	۳۰/۳ c
شیرودی	۱۰	۱۷/۵ j	۱/۱ h	۹/۶ l	۳/۵ k	۱۳/۱ m
شیرودی	۱۳	۲۱ f	۱/۱ h	۱۶/۲ f	۵/۲ g	۲۱/۴ h
شیرودی	۱۶	۲۲/۹ d	۱/۳ f	۱۷/۱ e	۵/۸ f	۲۲/۹ f
شیرودی	۳۲	۲۷/۱ b	۱/۸ c	۲۱/۶ c	۹/۳ b	۳۰/۹ b

اعداد در هر ستون که حداقل دارای یک حرف مشترک باشند فاقد اختلاف معنی دار در سطح ۰.۵٪ با روش دانکن می باشند

رنگ برگ

رنگ برگ تنها صفتی بود که در این تحقیق از طریق آزمون مشاهده ای مورد بررسی قرار گرفت و در سطوح مختلف ارقام، شدت ها و مدت های دمایی تغییرات قابل ملاحظه ای داشته است. در دمای ۳۲ درجه سانتی گراد (شاهد) کلیه ارقام دارای رنگ سبز تیره بودند. با کاهش دما از ۳۲ به ۱۶ درجه سانتی گراد، رنگ برگ کلیه ارقام به جز شیرودی و طارم محلی، به سبز روشن تبدیل شد. در دمای ۱۳ درجه سانتی گراد اختلافی با دمای ۱۶ درجه سانتی گراد به جز سوختگی جزئی نوک برگ های لاین ۸۴۳ و ارقام دیلم و فجر، دیده نشد. اما در دمای ۱۰ درجه سانتی گراد تنش سرما موثرتر بود و باعث تغییر رنگ برگ ارقام شیرودی و طارم محلی به سبز روشن و ایجاد حالت زردی و کلروز خفیف در لاین ۸۴۳

و ارقام دیلم و فجر شد. همچنین در ارقام حساس برگ پایینی و نزدیک سطح زمین از بین رفت و در نوک برگ‌های بالایی پیشرفت سوختگی دیده شد. در ارقام طارم محلی و شیروودی هم در نوک برگ سوختگی جزئی دیده شد. قابل ذکر است که طول مدت تنش بسیار موثر بوده، به طوری که در روزهای ابتدایی خسارت کمتر از روز ۴ و ۵ بود. به طور کلی برای صفت رنگ برگ گیاهچه می‌توان نتیجه گرفت که مقاومت ارقام شیروودی و طارم محلی برای صفت رنگ برگ بیشتر از کلیه ارقام بوده است.

جدول ۵: اثر متقابل رقم و مدت دما روی صفت‌های مختلف رشدی ارقام مختلف برنج در آزمایش گیاهچه‌ای

رقم	مدت (شبانۀ روز)	ارتفاع (cm)	سطح برگ (cm ²)	وزن خشک اندام هوایی (mg)	وزن خشک ریشه (mg)	وزن خشک کل گیاهچه (mg)
دیلم	۱	۲۰/۲ ij	۱/۳ d	۱۳/۸ h	۴/۷ l	۱۸/۵ i
دیلم	۲	۲۰/۶ ghi	۱/۳ d	۱۴/۴ fg	۵/۶ f	۲۰ g
دیلم	۳	۲۱ fgh	۱/۴ c	۱۴/۸ ef	۶/۱ d	۲۰/۹ f
دیلم	۴	۲۱/۱ efg	۱/۴ c	۱۶/۷ c	۷c	۲۳/۷ d
دیلم	۵	۲۲ bed	۱/۵ b	۱۷/۸ b	۷/۴ b	۲۵/۲ b
لاین ۸۴۳	۱	۱۸/۴ l	۱/۱ f	۱۱ m	۳/۶ l	۱۴/۶ p
لاین ۸۴۳	۲	۱۸/۸ kl	۱/۳ d	۱۲/۱ kl	۴/۴ j	۱۶/۵ m
لاین ۸۴۳	۳	۱۹/۳ k	۱/۳ d	۱۲/۲ kl	۴/۷ i	۱۶/۹ lm
لاین ۸۴۳	۴	۲۱/۶ de	۱/۴ c	۱۳/۹ gh	۵/۸ e	۱۹/۷ gh
لاین ۸۴۳	۵	۲۱/۹bcd	۱/۶ a	۱۶/۶ c	۵/۹ e	۲۲/۵ e
طارم محلی	۱	۱۹k	۱/۱ f	۱۱/۹ l	۳/۳ m	۱۵/۲ o
طارم محلی	۲	۲۰/۵ hij	۱/۲ e	۱۲/۲ kl	۳/۵ l	۱۵/۷ no
طارم محلی	۳	۲۰/۵ hij	۱/۲ e	۱۴ gh	۳/۶ l	۱۷/۶ jk
طارم محلی	۴	۲۲/۳ bc	۱/۳ d	۱۵/۲ e	۴ k	۱۹/۲ h
طارم محلی	۵	۲۳/۴a	۱/۴ c	۱۶/۳ c	۵ h	۲۱/۳ f
فجر	۱	۲۰/۱ ij	۱/۳ d	۱۱/۹ l	۴ k	۱۵/۹n
فجر	۲	۲۱/۵ def	۱/۳ d	۱۲/۶ jk	۴/۵ j	۱۷/۱ kl
فجر	۳	۲۱/۷d	۱/۴ c	۱۳/۳i	۴/۷i	۱۸ ij
فجر	۴	۲۱/۸cd	۱/۵ b	۱۴/۴ fg	۵/۳ g	۱۹/۷gh
فجر	۵	۲۲bcd	۱/۶ a	۱۵/۸ d	۵/۶ f	۲۱/۴ f
شیروودی	۱	۲۰j	۱/۲e	۱۳ ij	۴/۸i	۱۷/۸ j
شیروودی	۲	۲۱/۴def	۱/۲e	۱۴/۸ ef	۵h	۱۹/۸ g
شیروودی	۳	۲۲/۴ b	۱/۳d	۱۵/۸ d	۵/۴g	۲۱/۲f
شیروودی	۴	۲۳/۳ a	۱/۴c	۱۷/۵ b	۶/۹c	۲۴/۴c
شیروودی	۵	۲۳/۶ a	۱/۵ b	۱۹/۵ a	۷/۸ a	۲۷/۳ a

اعداد در هر ستون که حداقل دارای یک حرف مشترک باشند فاقد اختلاف معنی دار در سطح ۵٪ با روش دانکن می‌باشند

نتیجه گیری

با توجه به نتایج حاصل از جدول ها (تجزیه واریانس، مقایسات میانگین، اثرات متقابل برای کلیه صفت های مورد بررسی) و آزمون مشاهده ای رنگ برگ در آزمایش گیاهچه ای می توان نتیجه گرفت که بین ارقام، شدت تنش، مدت تنش و اثر متقابل شان برای کلیه صفات مورد بررسی در مرحله گیاهچه ای اختلاف معنی داری در سطح احتمال ۱٪ وجود دارد که نشان دهنده تأثیر شدت و مدت تنش سرما بر روی ارقام مورد بررسی می باشد. درجه حرارت پایین، رشد نشاها را به میزان ۱۰ تا ۵۰٪ در مقایسه با تیمار شاهد از نظر صفت های مختلف اندازه گیری شده کاهش داده است که این یافته با نتایج شیمونو (۲۰۰۷)، نایدو و همکاران (۲۰۰۵)، زیا (۲۰۰۴)، گایوکسی یونگ (۱۹۹۸)، کاباکی و همکاران (۱۹۸۲)، چونگ (۱۹۷۹) و همدانی (۱۹۷۹) مطابقت دارد. تنش سرما باعث کاهش ارتفاع به میزان ۳۳٪ و وزن خشک اندام هوایی گیاهچه به میزان ۶۰٪ در مقایسه با تیمار ۳۲ درجه سانتی گراد شده است که این یافته با نتایج بری (۲۰۰۰)، گایوکسی یونگ (۱۹۹۸)، همدانی (۱۹۷۹)، صلاح الدین و ورگارا (۱۹۷۴)، ایشیزوکا (۱۹۷۳) و اشراقی (۱۹۸۷) مطابقت دارد.

درجه حرارت پایین (ده درجه سانتی گراد) تولید ریشه جدید و وزن خشک آنرا کاهش داد که میزان کاهش ۶۰٪ در مقایسه با تیمار ۳۲ درجه سانتی گراد شده است این یافته با نتایج همدانی (۱۹۷۹)، ناگایی (۱۹۶۳) مطابقت دارد. دمای پایین باعث کاهش سطح برگ شد که این یافته با نتایج کویی (۲۰۰۵) و ایشیزوکا و همکاران (۱۹۷۳) مطابقت دارد. کاهش درجه حرارت باعث تغییر رنگ پهنک برگ شد و با بررسی رنگ برگ گیاهچه برنج بعد از قرار گرفتن در شرایط تنش سرما می توان نتیجه گرفت، گیاهچه هر رقمی که دارای رنگ برگ سبزتری باشد میزان خسارت آن کمتر و نسبت به سرما تحمل بیشتری دارد که این یافته مطابق با نتایج تحقیق لی (۲۰۰۱) و (۱۹۸۶)، چونگ (۱۹۷۹)، کانداو بیچل (۱۹۷۹)، همدانی (۱۹۷۹) و اشراقی (۱۹۸۷) است. از صفت های ارتفاع، وزن خشک اندام هوایی و ریشه در گیاه برنج می توان بعنوان شاخص در تعیین ارقام متحمل به سرما در مرحله گیاهچه ای استفاده نمود که این یافته با نتایج یانبی وزونگتون (۱۹۸۸)، صلاح الدین و ورگارا (۱۹۷۴)، مطابقت دارد. در بین ۵ رقم مورد بررسی، ارقام طارم محلی و شیرودی در مرحله گیاهچه ای نسبت به سرما دارای تحمل بیشتری بودند. چون این دورقم در مجموع دارای تغییر رنگ برگ کمتر و تولید ماده خشک بیشتری در مقایسه با سایر ارقام بودند. از نظر ارتفاع، رقم فجر با بیشترین شاخص حساسیت در برابر تنش سرما در آزمایش گیاهچه ای به عنوان رقم حساس، تعیین شد.

منابع

- 1- **Adair, C. R. 1988.** Testing rice seedling for cold water tolerance. *Crop Sci.* 8: 264-265.
- 2- **Ashraghi, A. 1987.** Effect of cold stress on growth and development of rice plant. Publication number 16 of Comprehensive plan for agricultural development, coastal zone of Caspian Sea. Publication of Mazandaran Rice Research Institute. 22p
- 3- **Babayain Jalodar, N., Nematzadeh, G. H., Karbalai, M. T. and Taeb, M. 1999.** Evaluation of agronomic traits in Mazandaran native rice. *Journal of Daneshvar. Agronomy Science.* Vol. 26: 15-26
- 4- **Bray, E. A. and Bailey, J. 2000.** Responses a biotic stress. In *Biochemistry & Molecular biology of plant.* (Buchanan society of plant physiology).
- 5- **Chung, G. C. 1979.** The rice cold tolerance program in Korea. Pages 7-20 in rice cold tolerance workshop. *Int. Rice res. Int. Manila. Philippines.*
- 6- **Fernandez, G. G. J. 1992.** Effective selection criteria for Assessing plant stress tolerance. *Symp. Asian vegetable Res and develop. Ctr., Shanhua, Taiwan.* P: 257-270.
- 7- **Guoxing, M. and Caiping, W. 1998.** Cold resistance of early rice seedling and the effect on cold resistance of different seed soaking treatments. *Zhe Jiang Nongreke xue No.1,* 5-7(ch).
- 8- **Hamedany, A. R. 1979.** Low temperature problems cold tolerance research activities for rice Inica. P: 39-48. In report of rice cold tolerance workshop. *Loss Banus, Philippines.*
- 9- **IRRI. 1996.** Standard Evaluation System for Rice. *Manila, Philippines.* 52. P.P.
- 10- **IRRI. 1983.** Rice test programs. Cold tolerance rice improvement in India. *Napal, Korea and Phillipinse. Los Banus, Phillipinse.* 16. P. P.
- 11- **Ishizuka, Y., Shimazaki, Y., Satake, T. and Nakayama, T. 1973.** Rice growing in a cool environment. *Food and Fert. Tech. Center., ASPAC, Taiwan.* 98. P.P.
- 12- **Kabaki, N. and Yoneyama, T. 1982.** Physiological mechanism of growth retardation in rice seedlings as affected by low temperature. *Jpn. J. Crop Sci.* 51:82-88.
- 13- **Kaneda, C. and Beacheal, H. M. 1989.** Resistance of Japonica Rice hybrids to low temperature. P: 541-545. In rice Breeding. *IRRI Los Banos Philippines.*
- 14- **Kazemiatabar, K. 2000.** Genetics of resistance and adaptation to cold stress in rice. 6th Iranian crop Scienc Congress. *Mazandaran Uni.* P 257
- 15- **Lee, M. H. 2001.** Low Temperature tolerance in Rice: The Korean Experience. *IRRI, PBGB.*
- 16- **Lee, T. M., Lur, H. S. and Chu, C. 1996.** Physiological and biochemical changes related to methyl jasmonate-induced chilling tolerance of rice seedlings. *Plant cell Environ.* 19:65-74.
- 17- **Nanda, J. S. and Seshu, D. V. 1979.** Breeding strategy for cold tolerant rices. Report of rice cold tolerance workshop. P. 91-92. In *IRIR. Los Banos, Pilippines.*
- 18- **Naidu, B., Thashida, G. and Shu, F. 2005.** Increasing cold tolerance in rice by selection for high polyamine and gibberellic acid content. A report of the rural industries research and development corporation. 21.p.
- 19- **Nandi, S., Ganguli, S. and Sen-mandi, S. 1995.** Seed technology for cold tolerance in rice. *Int. Rice Res. Notes.* 20(1):20-21.
- 20- **Radfar, H. 1994.** Evaluation of cold stress on germination and seedling stages of rice in Mazandaran area under control status. *M. Sc. Thesis. Azad Uni. Varamin Unit*
- 21- **Rutger, J. N. and Peterson, M. L. 1979.** Cold tolerance of rice in California. Report of RCTW. P: 101-107.
- 22- **Salahudin, A. B. M. and Vergara, B. S. 1974.** Criteria for screening rice cultivars resistant to low water temperature at seedling stage. *Sabyao. J.* 6: 151-156.
- 23- **Shimono, H., Okada, H., Kanda, E. and Arakawa, I. 2007.** Low temperature and induced sterility in rice: evidence for the effect of temperature before panicle initiation. *Field Crop Res.* 101:221-231.
- 24- **Shinozaki, K. and Seki, M. 2003.** Regulatory network of gene expression in the drought and cold stress response. *Curr. Opin. Plant Biology.* 6: 410-417.
- 25- **Vergara, B. S. and Visperas, R. M. 1971.** Effect of temperature on the physiology and morphology of the rice plant. *IRRI, Los Ban.* pp: 66.
- 26- **Yunbi, X. and Zongton, S. 1988.** Screening criterion for cold tolerance at the seedling stage. *IRRN.* 13(4):13-14.
- 27- **Yoshida, S., Cock, J. H. and Gomez, K. A. 1976.** Laboratory manual for physiological studies of rice. 3d ed. *International Research Institute, Los Banous, Philippines*
- 28- **Zia, A. M., Salim, M. and Aslam, M. 2004.** Effect of low temperature of irrigation water on rice growth and nutrient uptake. *Crop Sci.* 173: 22-31. *Banus, Philippines.* P: 83.