



به‌زرعی کشاورزی

دوره ۱۹ ■ شماره ۱ ■ بهار ۱۳۹۶
صفحه‌های ۱۷۶-۱۶۳

اثر دما و شدت تشعشع بر عملکرد و اجزای عملکرد برنج در شرایط اقلیمی مازندران

ناهید فتحی^۱، همت‌اله پیردشتی^۲، مرتضی نصیری^۳، اسماعیل بخشنده^{۴*}

۱. کارشناس ارشد زراعت، بخش اصلاح و تهیه بذر، مؤسسه تحقیقات برنج کشور، آمل، ایران.
۲. دانشیار گروه زراعت، پژوهشکده ژنتیک و زیست‌فناوری کشاورزی طبرستان، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران.
۳. استادیار بخش اصلاح و تهیه بذر، مؤسسه تحقیقات برنج کشور، آمل، ایران.
۴. استادیار پژوهشکده ژنتیک و زیست‌فناوری کشاورزی طبرستان، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران.

تاریخ وصول مقاله: ۱۳۹۵/۰۲/۱۴

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۵/۰۳/۱۲

چکیده

به‌منظور بررسی اثر اقلیم‌های متفاوت محلی بر عملکرد و اجزای عملکرد دو رقم بومی و اصلاح شده برنج ('طارم هاشمی' و 'شیرودی') و کمی‌سازی روابط عملکرد و اجزای عملکرد با شدت تشعشع خورشیدی و دمای هوا در طول دوره رشد، سه آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار در سه منطقه بابلسر، آمل و پل سفید از شهرستان‌های استان مازندران در سال ۱۳۹۳ اجرا گردید. نتایج نشان داد که اثر اقلیم‌های متفاوت محلی بر برخی از صفات همچون عملکرد دانه، تعداد خوشه، وزن خوشه، طول خوشه، تعداد کل دانه در خوشه و تعداد دانه پر به طور آماری در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار گردید. مزارع پل سفید در کلیه صفات نسبت به مزارع آمل و بابلسر از مقادیر عددی پایین‌تری برخوردار بودند که علت آن را می‌توان به وقوع میانگین دمای هوا و شدت تشعشع خورشیدی پایین‌تر در طول دوره رشد برنج به خصوص در مرحله زایشی در این منطقه نسبت داد. کاهش میانگین دمای هوا و شدت تشعشع خورشیدی ناشی از افزایش ارتفاع از سطح آب‌های آزاد، باعث کاهش معنی‌دار عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک (۲۵-۱۰ درصد وابسته به رقم) در هر دو رقم شد. علاوه بر این، تأثیر کاهش میانگین دمای هوا بر عملکرد دانه بیشتر از شدت تشعشع خورشیدی بود. در مجموع، با استفاده از یافته‌های این مطالعه به‌خوبی می‌توان تغییرات عملکرد دو رقم برنج را در اقلیمی‌های متفاوت محلی مورد مطالعه را کمی‌سازی و همچنین کاهش احتمالی عملکرد برنج به دلیل تأخیر در کشت را نیز برآورد کرد.

کلیدواژه‌ها: اقلیم متفاوت محلی، برنج، تجزیه رگرسیون، دمای هوا، شدت تشعشع خورشیدی.

۱. مقدمه

برنج (*Oryza sativa* L.) غذای اصلی بیش از نیمی از مردم جهان می‌باشد و بعد از گندم به‌عنوان مهم‌ترین محصول زراعی در جهان محسوب شده است که در بیش از ۹۵ کشور دنیا کشت می‌گردد [۲۸]. با وجود این‌که برنج در محدوده وسیعی از شرایط آب و هوایی و ارتفاع از سطح دریا مورد کشت و کار قرار می‌گیرد، ولی این گیاه نسبت به تغییرات شرایط محیطی آسیب‌پذیر می‌باشد [۱]. نتایج مطالعات متعددی نشان داد که اگرچه پتانسیل رشد و عملکرد گیاهان به عوامل ژنتیکی وابسته است، ولی برای دستیابی به حداکثر پتانسیل تولید، متغیرهای محیطی از قبیل شرایط آب و هوا بر رشد و نمو و عملکرد محصولات زراعی به ویژه برنج تأثیرگذار می‌باشند [۳۱، ۲۰، ۱۵، ۱۳]. به‌طورکلی، در شرایط مشابه از نظر مدیریت زراعی و استفاده از ژنوتیپ یکسان، تنها شرایط اقلیمی منطقه میزان پتانسیل عملکرد ارقام را تعیین می‌کند [۳۰]. بنابراین، تحقیق و بررسی میزان تأثیرگذاری شرایط متفاوت اقلیمی بر رشد و عملکرد محصول زراعی به‌ویژه برنج امری ضروری است. ارتفاع از سطح دریا به عنوان یک پارامتر اقلیمی مهم در زراعت برنج محسوب می‌شود. زیرا با افزایش ارتفاع از سطح دریا دما و چگالی هوا کاهش، بارندگی و شدت تابش خورشیدی به خصوص اشعه فرابنفش افزایش می‌یابد که مجموع این عوامل بر رشد و عملکرد برنج تأثیر منفی می‌گذارند [۱۴].

دما و تشعشع خورشیدی دو پارامتر اقلیمی مهم جهت رشد گیاهان محسوب می‌شوند. دمای زیر ۲۰ درجه سانتی‌گراد قبل از مرحله ظهور خوشه منجر به افزایش عقیمی خوشه‌چه‌ها [۳۸، ۲۶] و دمای بالاتر از ۲۷ درجه سانتی‌گراد از طریق کاهش انتقال مواد فتوسنتزی از منبع به مخزن و تأثیرگذاری بر وزن دانه منجر به کاهش عملکرد

خواهد شد [۳۸، ۲۶]. محدوده دمایی مناسب مرحله پرشدن دانه برنج بین ۲۱/۷ تا ۲۶/۷ درجه سانتی‌گراد و در مرحله پنجه‌زنی ۲۸/۴ درجه سانتی‌گراد گزارش شده است [۳۳]. وقوع دماهای پایین در مرحله رویشی موجب کاهش درصد جوانه‌زنی و سرعت رشد گیاهچه، زرد شدن برگ‌ها، کاهش ارتفاع و پنجه‌زنی، افزایش طول دوره رشد و در برخی موارد باعث توقف رشد و مرگ گیاه خواهد شد [۲۷]. اما، در مرحله زایشی وقوع این‌گونه دماها به‌ویژه در مرحله آبستنی و خوشه‌دهی باعث افزایش طول دوره گلدهی، عقیمی گلچه‌ها، کاهش کارایی باروری، رشد ناقص بذر، کاهش وزن هزار دانه و در نهایت کاهش عملکرد خواهد شد [۲۷، ۱۲، ۹، ۴]. همچنین، وقوع دماهای بالا در مرحله زایشی، تنها دوره پر شدن دانه را کاهش داده و از این طریق بر عملکرد تأثیرگذار می‌باشد [۳۶].

فقدان تشعشع خورشیدی کافی طی مراحل مختلف رشد برنج علاوه بر تأثیر بر طول دوره رشد در مرحله قبل از خوشه‌دهی موجب کاهش تعداد خوشه بارور شده و بعد از این مرحله موجب کاهش میزان فتوسنتز، کاهش تجمع ماده خشک و ظرفیت منبع، کاهش تعداد دانه پر، وزن هزار دانه و در نهایت کاهش عملکرد خواهد شد [۲۲]. همچنین، بسیاری از محققین اثر مثبت شدت تشعشع خورشیدی بر عملکرد دانه را گزارش نمودند [۳۷، ۲۰]. یکی از دلایل اصلی افزایش عملکرد در گیاه برنج در شدت تشعشع مطلوب افزایش کارایی فتوسنتز در برگ به‌ویژه برگ پرچم عنوان شده است [۵]. اگرچه بررسی اثر تغییر شرایط اقلیمی بر رشد و عملکرد گیاهان در محیط‌های کنترل‌شده مثل گلخانه و یا فیتوترون امری ساده و امکان‌پذیر می‌باشد. اما، ارزیابی این عوامل در شرایط اقلیمی واقعی (مزرعه) می‌تواند کمک بیشتری به درک اثر این عوامل بر رشد و عملکرد برنج نماید. بنابراین، هدف از

اثر دما و شدت تشعشع بر عملکرد و اجزای عملکرد برنج در شرایط اقلیمی مازندران

و برای آنالیز داده‌ها از روش تجزیه مرکب استفاده شد. در هر منطقه چهار مزرعه 'طارم هاشمی' و چهار مزرعه 'شیرودی' از بین کشاورزان پیشرو انتخاب شدند. نیاز پایه کودی شامل کودهای شیمیایی فسفر و پتاسیم برای هر منطقه و مزرعه به‌طور جداگانه و بر اساس نتایج آزمون خاک محاسبه و قبل از نشاءکاری اعمال شد. کود نیتروژن در تمامی مزارع به صورت تقسیطی و در سه مرحله قبل از کاشت، حداکثر پنجه‌زنی و خوشه‌دهی به صورت سرک مصرف شد. مدیریت زراعی در تمامی مزارع مطابق با عرف هر منطقه انجام شد. مبارزه با آفات، بیماری و علف‌های هرز در مواقع ضروری به صورت کنترل شیمیایی (آفات و بیماری) و دستی (علف‌هرز) انجام شد. داده‌های هواشناسی شامل حداکثر و حداقل درجه حرارت (درجه سانتی‌گراد)، رطوبت نسبی (درصد)، ساعت آفتابی و بارندگی (میلی‌متر) به صورت روزانه از نزدیک‌ترین ایستگاه هواشناسی سینوپتیک به مزارع جمع‌آوری گردید (جدول ۱). برای محاسبه تشعشع خورشیدی (مگاژول در مترمربع در روز) از برنامه Srad_calc استفاده شد [۳]. این برنامه از داده‌های ساعت آفتابی هر منطقه برای محاسبه تشعشع خورشیدی استفاده می‌نماید.

انجام پژوهش حاضر، بررسی تأثیر اقلیم‌های متفاوت محلی بر عملکرد و اجزای عملکرد دو رقم برنج ('طارم هاشمی' و 'شیرودی') و کمی‌سازی روابط بین عملکرد و اجزای عملکرد با متغیرهای محیطی از قبیل میانگین دمای هوا و شدت تشعشع خورشیدی در سه منطقه شامل شهرستان‌های آمل، بابلسر و پل سفید از استان مازندران می‌باشد.

۲. مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی ۱۳۹۳ در سه منطقه با ارتفاع متفاوت از سطح دریا در استان مازندران اجرا شد. مناطق مورد مطالعه شامل مزارع بابلسر (عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۴ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۲ درجه و ۴ دقیقه شرقی با ارتفاع ۲۱ متر پایین‌تر از سطح آب‌های آزاد)، آمل (عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۳ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۲ درجه و ۲ دقیقه شرقی با ارتفاع ۲۴ متر بالاتر از سطح آب‌های آزاد) و پل سفید (عرض جغرافیایی ۳۶ درجه شمالی و طول جغرافیایی ۵۳ درجه شرقی با ارتفاع ۶۲۵ متر بالاتر از سطح آب‌های آزاد) بودند. آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار اجرا

جدول ۱. میانگین دمای کمینه، بیشینه، رطوبت نسبی، تشعشع خورشیدی و مجموع بارندگی ماهانه در دوره آزمایش در مقایسه با

آمار بلند مدت ۱۰ ساله (۱۳۸۳-۱۳۹۳) مناطق مورد مطالعه

منطقه	دمای کمینه (°C)		دمای بیشینه (°C)		رطوبت نسبی (%)		بارندگی کل (mm)		تشفع خورشیدی (MJ m ⁻² d ⁻¹)	
	دوره	بلند	دوره	بلند	دوره	بلند	دوره	بلند	دوره	بلند
آمل	۱۹/۰	۱۸/۵	۲۸/۲	۲۶/۸	۷۶/۰	۷۷/۶	۲۷/۰	۲۹/۶	۱۸/۸	۱۷/۹
بابلسر	۲۰/۲	۱۹/۷	۲۶/۷	۲۶/۳	۷۶/۳	۷۷/۹	۲۹/۸	۴۱/۲	۲۰/۳	۱۹/۶
پل سفید	۱۵/۸	۱۴/۹	۲۷/۰	۲۴/۴	۶۶/۳	۷۰/۷	۳۸/۳	۳۷/۷	۱۸/۸	۱۷/۴

به‌زراعی کشاورزی

دوره ۱۹ ■ شماره ۱ ■ بهار ۱۳۹۶

به آمار بلند مدت ۰/۵، ۰/۵ و ۰/۹ درجه سانتی‌گراد و ۰/۹، ۰/۷ و ۱/۴ مگاژول در متر مربع در روز به ترتیب برای مناطق آمل، بابلسر و پل سفید بالاتر بودند. مجموع این عوامل باعث ایجاد شرایط مطلوب‌تر رشد گیاه برنج در منطقه پل سفید شد. مقایسه داده‌های آب و هوایی در مرحله رسیدگی نیز نشان داد که کمترین دمای کمینه با میانگین ۱۸/۵ درجه سانتی‌گراد و میزان شدت تشعشع خورشیدی ۱۹/۶ مگاژول در متر مربع در روز مربوط به منطقه پل سفید و بیشترین دماهای بیشینه با میانگین ۳۰/۴ درجه سانتی‌گراد مربوط به مزارع آمل بود. بیشترین میزان تشعشع خورشیدی نیز در مزارع بابلسر با میانگین ۲۲/۰۶ مگاژول در متر مربع در روز مشاهده شد.

۳.۲. عملکرد دانه و اجزای عملکرد

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که عملکرد دانه و اجزای عملکرد شامل تعداد خوشه، وزن خوشه، طول خوشه، تعداد کل دانه در خوشه و تعداد دانه پر تحت تأثیر شرایط آب و هوایی منطقه مورد آزمایش قرار گرفتند (داده‌ها نشان داده نشد). رقم 'شیرودی' از نظر کلیه صفات نسبت به رقم 'طارم هاشمی' برتری داشت. علت آن را می‌توان به خصوصیات ژنتیکی رقم نسبت داد زیرا رقم 'شیرودی' جزء ارقام پرمحصول و رقم طارم جزء ارقام کم‌محصول برنج محسوب می‌شوند. بنابراین، برای ارائه بهتر نتایج در این مطالعه از روش برش فیزیکی بین ارقام استفاده شد. نتایج نشان داد بالاترین عملکرد شلتوک برای ارقام 'طارم هاشمی' و 'شیرودی' به ترتیب با میانگین ۴۳۲۵ و ۸۹۱۳ کیلوگرم در هکتار مربوط به مزارع آمل بود. اگرچه بین مزارع آمل و بابلسر اختلاف آماری معنی‌داری نیز وجود نداشت. اما مزارع پل سفید کمترین عملکرد شلتوک را نشان

در مرحله رسیدگی برداشت از هر یک از مزارع ۱۰ بوته به‌طور تصادفی انتخاب و کلیه صفات شامل تعداد خوشه، طول خوشه، وزن خوشه، تعداد کل دانه، تعداد دانه پر و پوک و وزن هزار دانه اندازه‌گیری شد. برای تعیین عملکرد دانه و بیولوژیک نیز در مرحله رسیدگی کامل سه مترمربع از هر تکرار برداشت و بعد از خرم‌نکوبی عملکرد با رطوبت ۱۴ درصد محاسبه شد. شاخص برداشت نیز از تقسیم عملکرد دانه به عملکرد بیولوژیک ضربدر صد محاسبه شد. داده‌های اقلیمی از روش میانگین‌گیری دماهای روزانه و یا شدت تشعشع خورشیدی از مرحله نشاء‌کاری تا مرحله رسیدگی برداشت به‌صورت جداگانه برای هر یک از مزارع محاسبه شدند. تجزیه رگرسیون و تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS (نسخه ۹/۱) و مقایسه میانگین‌ها نیز به روش حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال پنج درصد انجام گردید. ترسیم شکل‌ها به کمک نرم‌افزار سیگماپلات (نسخه ۱۱) انجام شد.

۳. نتایج و بحث

۳.۱. شرایط آب و هوایی

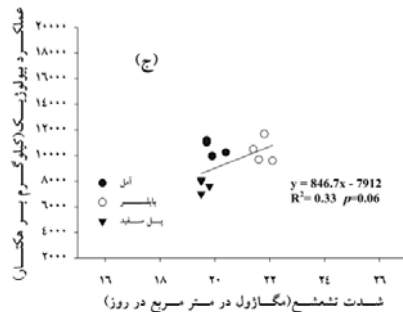
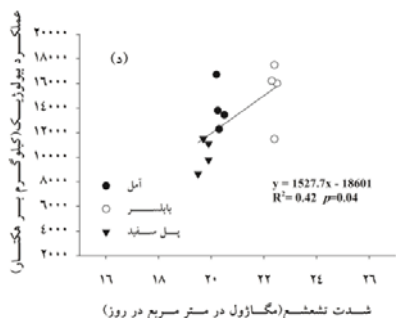
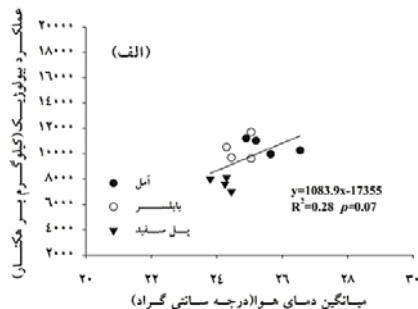
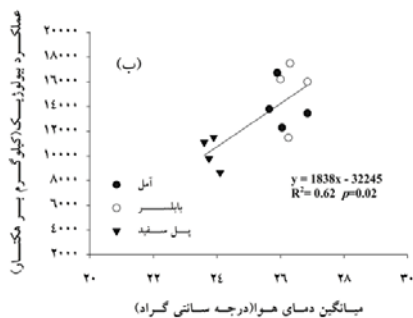
بررسی شرایط آب و هوایی سه منطقه طی دوره رشد برنج نشان داد که میانگین پارامترهای آب و هوایی دوره آزمایش نسبت به آمار بلند مدت به طور میانگین کمی بالاتر بودند (جدول ۱). دمای بیشینه در سه منطقه آمل، بابلسر و پل سفید طی دوره آزمایش به ترتیب ۱/۴، ۰/۴ و ۲/۶ درجه سانتی‌گراد بالاتر نسبت به آمار بلندمدت بود که باعث کاهش اختلاف بین مناطق به ویژه منطقه پل سفید از نظر دمای بیشینه شد. الگوی مشابهی در دمای کمینه و شدت تشعشع خورشیدی نیز در سه منطقه مشاهده شد. دمای کمینه و شدت تشعشع خورشیدی طی دوره آزمایش نسبت

صفت بیشتر تحت تأثیر عوامل ژنتیکی می‌باشد و اندازه دانه به وسیله اندازه پوسته محدود می‌شود [۳۹، ۳۸، ۲۵].

۳.۳. رابطه عملکرد بیولوژیک با میانگین دمای هوا و شدت تشعشع خورشیدی

تغییرات عملکرد بیولوژیک رقم 'طارم هاشمی' در مرحله رسیدگی در سه منطقه از ۷۰۰۰ تا ۱۱۷۰۰ و در رقم 'شیرودی' از ۸۶۰۰ تا ۱۷۵۰۰ کیلوگرم در هکتار متغیر بود. عملکرد بیولوژیک در مرحله رسیدگی رابطه مثبت و معنی‌داری با میانگین دما هوا داشت (شکل ۱). نتایج نشان داد که به ازای هر یک درجه افزایش میانگین دما هوا (وابسته به ارتفاع از سطح دریا)، عملکرد بیولوژیک رقم 'طارم هاشمی' ۱۰۸۴ و رقم 'شیرودی' ۱۸۳۸ کیلوگرم در هکتار افزایش یافت (شکل ۱ الف و ب). به طور کلی، وقوع دماهای پایین در مرحله رویشی موجب کاهش جذب ازت، کاهش سرعت جذب آب و مواد معدنی و انتقال آن به اندام‌های هوایی، کاهش فعالیت فتوسنتزی و در نهایت کاهش عملکرد بیولوژیک خواهد شد [۱۸ و ۲۸]. علاوه بر این، به ازای هر واحد افزایش در میزان شدت تشعشع خورشیدی، عملکرد بیولوژیک رقم 'طارم هاشمی' و 'شیرودی' به ترتیب ۸۴۶ و ۲۲۵۲ کیلوگرم در هکتار افزایش یافت (شکل ۱ ج و د). در گندم روابط مثبت و معنی‌دار بین عملکرد بیولوژیک با میانگین دما هوا و شدت تشعشع خورشیدی گزارش شد [۳۵]. افزایش شدت تشعشع خورشیدی در طول دوره رشد گیاه برنج موجب افزایش عملکرد بیولوژیک و کاهش آن باعث کاهش جذب انرژی لازم توسط برگ‌ها، کاهش فتوسنتز و تولید مواد فتوسنتزی شده که در نهایت کاهش عملکرد بیولوژیک در ارقام برنج را در پی خواهد داشت [۲۲].

دادند. بین مناطق از نظر صفاتی همچون وزن دانه در خوشه و تعداد کل دانه در خوشه اختلاف معنی‌داری وجود داشت. مزارع پل سفید کمترین مقدار این صفات را دارا بودند. همچنین بین مناطق بابلسر و آمل از نظر این صفات اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (داده‌ها نشان داده نشد). بیشترین تعداد خوشه در رقم 'شیرودی' متعلق به مزارع بابلسر و کمترین آن مربوط به مزارع پل سفید بود، در حالی که بین مناطق از نظر تعداد خوشه در رقم 'طارم هاشمی' تفاوت معنی‌دار وجود نداشت (داده‌ها نشان داده نشد). علت کاهش عملکرد و اجزای عملکرد در مزارع پل سفید را می‌توان به وقوع دماهای پایین در مرحله زایشی (گرده‌افشانی و پر شدن دانه) به همراه شدت تشعشع خورشیدی پایین‌تر در این مرحله نسبت داد (جدول ۱). مجموع این عوامل باعث کاهش ۲۶ درصدی تعداد دانه پر، ۲۰ درصدی تعداد کل دانه، ۷ درصدی طول خوشه، ۱۷/۶ درصدی تعداد خوشه، ۲۴ درصدی وزن خوشه و ۲۹ درصدی عملکرد دانه در مزارع پل سفید گردید. عملکرد نهایی برنج در یک بوته نیز از حاصلضرب تعداد خوشه در بوته، تعداد خوشه‌چه بارور در هر خوشه و میانگین وزن دانه تعیین می‌گردد که همه این صفات به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر شرایط اقلیمی در طول دوره رشد متأثر از ارتفاع محل کشت از سطح آب‌های آزاد قرار می‌گیرند [۲۹]. محققین دیگری نیز گزارش کردند که تعداد خوشه مؤثر، تعداد دانه در خوشه، سرعت دانه‌بندی و نیز عملکرد دانه برنج با افزایش ارتفاع از سطح دریا کاهش یافت [۴۰، ۱۴]. همچنین، اثر تغییر شرایط اقلیمی به‌ویژه دما بر تعداد خوشه در بوته مثبت و معنی‌دار گزارش شد [۴۱]. به طور کلی، وزن هزار دانه تحت تأثیر شرایط اقلیمی متفاوت از نظر دما و شدت تشعشع خورشیدی قرار نمی‌گیرد، زیرا این



شکل ۱. رابطه بین عملکرد بیولوژیک با میانگین دما هوا ('طارم هاشمی'، الف) و 'شیرودی' (ب)) و شدت تشعشع خورشیدی ('طارم هاشمی'، ج) و 'شیرودی' (د)) در مرحله رسیدگی. اعداد در محورهای افقی متفاوت می‌باشند.

نتایج این مطالعه، پاسخ هر دو رقم به تغییرات دما بیشتر از تغییرات شدت تشعشع خورشیدی بود. علاوه بر این، رقم 'شیرودی' نیز نسبت به رقم 'طارم هاشمی' نیز به تغییرات دما و شدت تشعشع خورشیدی پاسخ مثبت بیشتر نشان داد. به ازای هر واحد کاهش دما در دماهای کمتر از ۲۲ درجه سانتی‌گراد و یا افزایش دما در دماهای بالاتر از ۳۲ درجه سانتی‌گراد، عملکرد برنج حدود ۱۰ الی ۱۵ درصد کاهش یافت [۲۰]. همچنین، به ازای افزایش هر یک مگاژول در متر مربع در روز شدت تشعشع خورشیدی عملکرد برنج ۴۰۰ کیلوگرم در هکتار افزایش نشان داد [۲۰]. افزایش عملکرد دانه برنج در دوره زایشی در محدوده دمایی بین ۲۲ تا ۲۸ درجه و محدوده شدت تشعشع بین ۱۴ تا ۲۲ مگاژول در متر مربع در روز نیز

۴.۳. رابطه عملکرد دانه با میانگین دمای هوا و شدت تشعشع خورشیدی

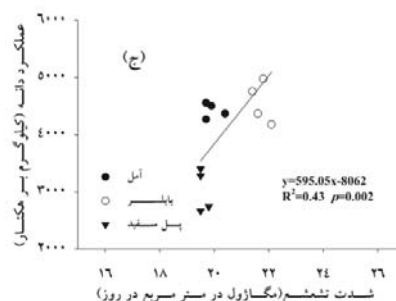
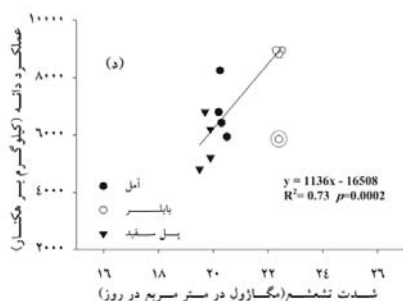
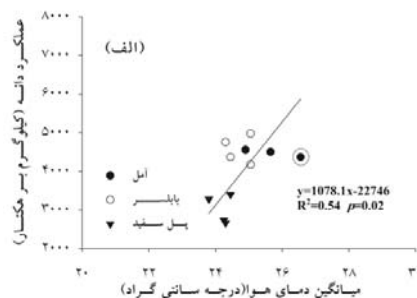
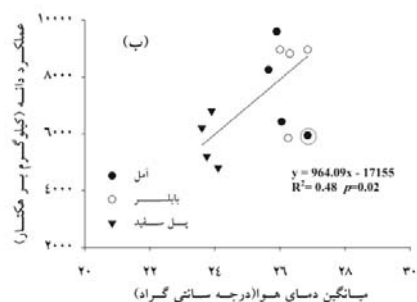
عملکرد دانه برنج بین ۲۵۰۰ تا ۸۵۰۰ کیلوگرم در هکتار متغیر بود (وابسته به رقم). بین عملکرد دانه و میانگین دمای هوا رابطه خطی مثبت و معنی‌داری وجود داشت (شکل ۲ الف و ب). به طوری که به ازای هر واحد افزایش میانگین دما هوا، عملکرد رقم 'طارم هاشمی' و 'شیرودی' به ترتیب ۱۰۷۸ و ۹۶۴ کیلوگرم در هکتار افزایش یافت (شکل ۲ الف و ب). همچنین، روابط مشابهی بین عملکرد دانه و شدت تشعشع خورشیدی وجود داشت و به ازای هر واحد افزایش در شدت تشعشع خورشیدی، عملکرد رقم 'طارم هاشمی' و 'شیرودی' به ترتیب ۵۹۵ و ۱۱۳۶ کیلوگرم در هکتار افزایش یافت (شکل ۲ ج و د). مطابق

هوا، تعداد خوشه در رقم 'طارم هاشمی' ۱/۱ عدد و در رقم 'شیرودی' ۳/۲ عدد افزایش یافت (شکل ۳ الف و ب). وقوع دماهای پایین در مرحله زایشی برنج موجب تولید پنجه بارور کمتر و در نهایت تعداد خوشه کمتر خواهد شد [۴۱]. نتایج مشابهی در برنج در رابطه با اثرات دما و تعداد خوشه در بوته گزارش شده است [۸]. رابطه تعداد خوشه در بوته رقم 'طارم هاشمی' در مقابل شدت تشعشع خورشیدی از لحاظ آماری معنی دار نبود (شکل ۳ ج). بنابراین، رقم 'طارم هاشمی' از نظر این صفت کمتر تحت تأثیر شرایط آب و هوایی مناطق آزمایش قرار گرفت. اما در رقم 'شیرودی' نیز بین تعداد خوشه در بوته و شدت تشعشع خورشیدی رابطه مثبت و معنی داری وجود داشت. در این رقم به ازای هر واحد افزایش در شدت تشعشع خورشیدی، تعداد خوشه ۳/۷۲ عدد افزایش یافت (شکل ۳ د).

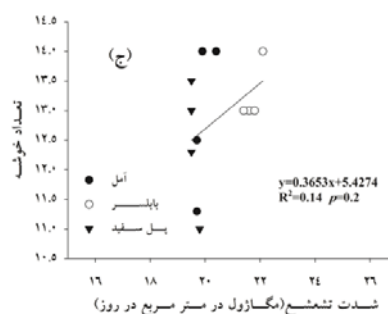
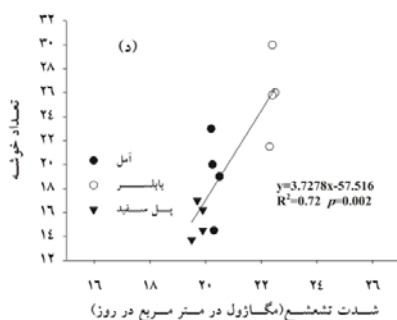
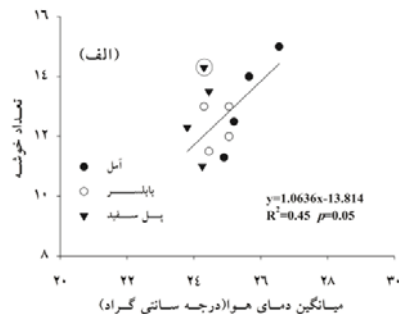
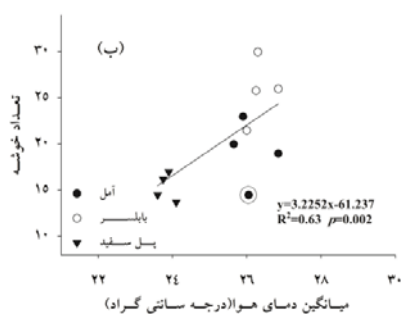
گزارش شده است [۸]. وقوع دماهای پایین از طریق تأثیر بر برخی از اجزای عملکرد از قبیل تعداد خوشه، تعداد کل دانه در خوشه، تعداد دانه پر در خوشه و طول خوشه نیز کاهش عملکرد را در پی خواهد داشت [۱۰]. از طرفی گزارش شده است که به ازای هر یک واحد کاهش دما از ۲۶ درجه سانتی گراد (دمای پایه) عملکرد برنج ۶ درصد کاهش یافت و علت آن نیز به تأثیر دما و شدت تشعشع خورشیدی بر اجزای عملکرد از قبیل تعداد دانه در بوته، تعداد خوشه در بوته و طول خوشه نسبت داده شد [۲۵].

۳.۵. رابطه تعداد خوشه در بوته با میانگین دمای هوا و شدت تشعشع خورشیدی

تغییرات تعداد خوشه در بوته در سه منطقه برای رقم 'طارم هاشمی' از ۱۱ تا ۱۵ و برای رقم 'شیرودی' از ۱۳/۷ تا ۳۰ عدد متغیر بود. طبق نتایج با افزایش هر واحد میانگین دما



شکل ۲. رابطه بین عملکرد دانه با میانگین دما هوا ('طارم هاشمی' (الف) و 'شیرودی' (ب)) و شدت تشعشع خورشیدی ('طارم هاشمی' (ج) و 'شیرودی' (د)) در مرحله رسیدگی. اعداد در محورهای افقی و عمودی متفاوت می‌باشند. از نقاطی که با دایره نشان داده شدند در برازش معادله استفاده نشده است.



شکل ۳. رابطه بین تعداد خوشه با میانگین دما هوا ('طارم هاشمی' (الف) و 'شیرودی' (ب)) و شدت تشعشع خورشیدی ('طارم هاشمی' (ج) و 'شیرودی' (د)) در مرحله رسیدگی. اعداد در محورهای افقی و عمودی متفاوت می‌باشند. از نقاطی که با دایره نشان داده شدند در برازش معادله استفاده نشده است.

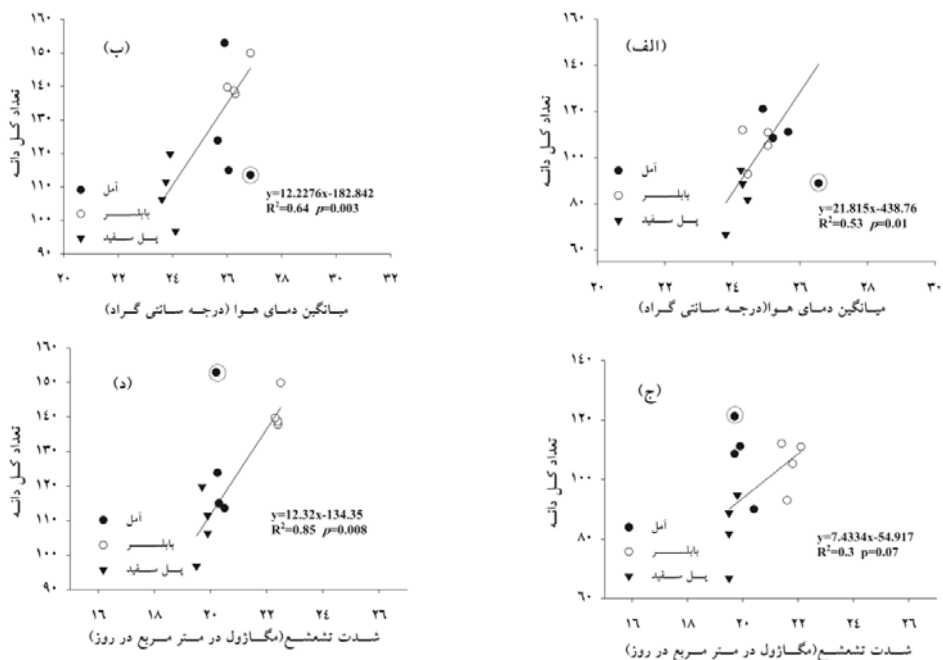
میانگین دما هوا و شدت تشعشع خورشیدی بود. به طوری که، به ازای هر واحد افزایش میانگین دما هوا، تعداد کل دانه در خوشه در رقم 'طارم هاشمی' ۲۱/۸۱ عدد و در رقم 'شیرودی' ۱۲/۲۳ عدد افزایش نشان داد (شکل ۴ الف و ب). در گندم نیز رابطه خطی و مثبت بین حداقل دمای هوا و تعداد کل دانه مشاهده شد [۳۵]. همچنین، رابطه بین شدت تشعشع خورشیدی و تعداد کل دانه در بوته نیز خطی بود و به ازای هر مگاژول در متر مربع در روز افزایش در شدت تشعشع خورشیدی، تعداد کل دانه در رقم 'طارم هاشمی' ۷/۴۰ عدد و رقم 'شیرودی' ۱۲/۳۲ عدد افزایش یافت (شکل ۵ ج و د). وقوع دماهای پایین در مرحله گلدهی موجب افزایش عقیمی گلچه‌ها و کاهش تعداد دانه در خوشه خواهد شد [۳۷]. شدت تشعشع خورشیدی اثر مثبتی بر تعداد دانه کل در برنج داشت [۱۱].

در آزمایشی مشابه نیز بین شدت تشعشع خورشیدی و تعداد خوشه همبستگی مثبتی وجود داشت [۸] و در شدت نورهای پایین تعداد خوشه در برنج کاهش می‌یابد [۱۱]. کاهش شدت تشعشع موجب کاهش تعداد پنجه و سطح برگ بوته و در نهایت کاهش تولید ماده خشک لازم برای تولید خوشه می‌شود [۴۲].

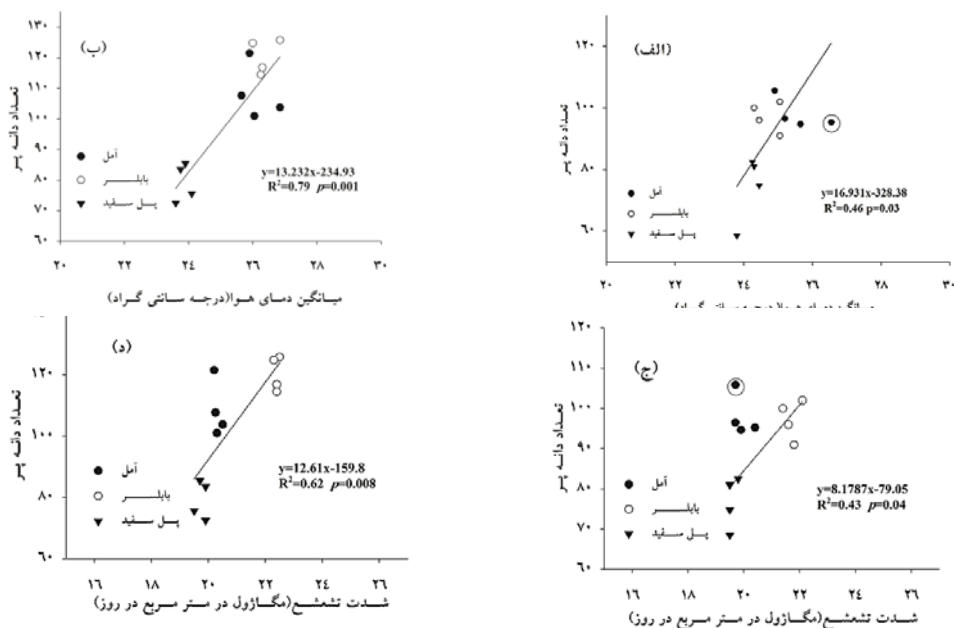
۳.۶. رابطه تعداد کل دانه در خوشه با میانگین دمای هوا و شدت تشعشع خورشیدی

تعداد کل دانه در خوشه برای رقم 'طارم هاشمی' در محدوده ۱۲۱/۲-۶۶/۸ عدد و برای رقم 'شیرودی' در محدوده ۱۵۰-۹۶/۸ عدد متغیر بود. نتایج حاکی از وجود یک رابطه مثبت و معنی‌داری بین تعداد کل دانه در بوته با

اثر دما و شدت تشعشع بر عملکرد و اجزای عملکرد برنج در شرایط اقلیمی مازندران



شکل ۴. رابطه بین تعداد کل دانه در خوشه با میانگین دما هوا ('طارم هاشمی' (الف) و 'شیرودی' (ب)) و شدت تشعشع خورشیدی ('طارم هاشمی' (ج) و 'شیرودی' (د)) در مرحله رسیدگی. اعداد در محورهای افقی و عمودی متفاوت می‌باشند. از نقاطی که با دایره نشان داده شدند در برازش معادله استفاده نشده است.



شکل ۵. رابطه بین تعداد دانه بر سر در خوشه با میانگین دما هوا ('طارم هاشمی' (الف) و 'شیرودی' (ب)) و شدت تشعشع خورشیدی ('طارم هاشمی' (ج) و 'شیرودی' (د)) در مرحله رسیدگی. اعداد در محورهای افقی و عمودی متفاوت می‌باشند.

نشان داد (شکل ۵ الف و ب). وقوع دمای پایین در مرحله کرده افشانی گیاه برنج موجب کاهش شدید تعداد دانه پر خواهد شد [۱۸]. به طور مشابه، وقوع دماهای پایین در مرحله زایشی برنج باعث ایجاد اختلال باروری گلچه‌ها شده و بر تعداد گلچه‌های بارور اثرگذار می‌باشد [۳۴]. دمای پایین باعث تجزیه مواد فتوسنتزی شده که بر کمیت و کیفیت عملکرد تأثیر گذاشته و یا با تغییر رابطه منبع و مخزن موجب کاهش میزان دانه پر در خوشه خواهد شد [۳۴]. نتایج این مطالعه همچنین نشان داد که تعداد دانه پر در خوشه ارقام 'شیرودی' و 'طارم هاشمی' تحت تأثیر شدت تشعشع خورشیدی قرار گرفتند و یک رابطه خطی مثبت و معنی‌دار بین آن‌ها وجود داشت. به عبارتی، به ازای هر یک مگاژول در متر مربع در روز افزایش شدت تشعشع خورشیدی تعداد دانه پر در رقم 'طارم هاشمی' ۸/۱۷ عدد و در رقم 'شیرودی' ۱۳/۲۳ عدد افزایش یافت (شکل ۷ ج و د). در برنج تعداد دانه پر در خوشه به مقدار فعالیت منبع و اندازه مخزن و یا قابلیت گلچه‌ها در جذب کربوهیدرات و انتقال مواد فتوسنتزی از برگ بستگی دارد [۳۴]. در نتیجه، وقوع دماهای پایین و کاهش شدت تشعشع خورشیدی از طریق تأثیرگذاری بر تولید و انتقال مواد فتوسنتزی از برگ‌ها به گلچه‌ها بر تعداد دانه پر اثر می‌گذارند [۲۴]. علاوه بر این، کاهش تشعشع خورشیدی از مرحله کاشت تا مرحله آبتنی موجب کاهش تعداد خوشه بارور، تعداد دانه در خوشه و در مرحله خوشه‌دهی موجب کاهش دانه-بندی و کاهش عملکرد دانه شد [۱۶].

۴. نتیجه‌گیری

نتایج تحقیق حاضر نشان داد که اقلیم‌های متفاوت محلی (بر اساس ارتفاع از سطح آب‌های آزاد) بر عملکرد و اجزای عملکرد هر دو رقم 'طارم هاشمی' و 'شیرودی' به

به طور کلی، دوره بحرانی جهت مشخص شدن اندازه نهایی مخزن (تعداد کل دانه در خوشه و تعداد خوشه) در برنج ۲۰ الی ۳۰ روز قبل از گلدهی می‌باشد و دما با تأثیر بر میزان تجمع ماده خشک در ابتدای مرحله تشکیل خوشه و مرحله گلدهی بر تعداد کل دانه اثر می‌گذارد [۱۹]. از طرف دیگر تشکیل گلچه به شدت با جذب ازت و کربوهیدرات‌ها در اوایل دوره تشکیل خوشه ارتباط دارد و تنش دمایی با تأثیر نامطلوب بر میزان جذب ازت از طریق ریشه و شدت تشعشع پایین نیز از طریق کاهش فتوسنتز در برگ برنج موجب کاهش تعداد کل دانه در خوشه می‌شوند [۳۹]. علت اصلی کاهش فتوسنتز در برگ را می‌توان به جلوگیری از انتقال کربوهیدرات‌ها و مواد اولیه جهت فتوسنتز از آوند آبکش به برگ نسبت داد. از طرفی تداخل در فرایند انتقال و جذب مواد به خوشه در شرایط دمای پایین هوا بر میزان دانه‌بندی اثرگذار می‌باشد [۷]. افزایش ارتفاع محل کشت از سطح دریا در برنج باعث کاهش تعداد پنجه مؤثر در بوته، تعداد دانه در بوته و در نهایت کاهش عملکرد شد که علت آن به عقیمی گلچه‌ها، ضعف در باروری و اختلال در سرعت پر شدن دانه نسبت داده شده است [۱۷].

۳.۷. رابطه تعداد دانه پر در خوشه با میانگین دمای

هوا و شدت تشعشع خورشیدی

متوسط تعداد دانه پر در خوشه در سه منطقه برای رقم 'طارم هاشمی' بین ۱۰۲-۵۸/۵ عدد و در رقم 'شیرودی' بین ۱۲۶-۷۲/۵ عدد متغیر بود. نتایج نشان داد که بین میانگین دما هوا و تعداد دانه پر در خوشه رابطه مثبت و معنی‌دار در هر دو رقم وجود داشت (شکل ۵ الف و ب). با افزایش میانگین دما هوا، تعداد دانه پر در خوشه رقم 'طارم هاشمی' ۱۶/۹۳ عدد و رقم 'شیرودی' ۱۳/۲۲ عدد افزایش

منابع

1. خداینده ن (۱۳۸۹) زراعت غلات. انتشارات دانشگاه تهران. چاپ دهم. ۵۳۷ ص.
 2. سلطانی ا (۱۳۸۶) کاربرد نرم‌افزار SAS در تجزیه‌های آماری برای رشته‌های کشاورزی. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. چاپ دوم. ۱۸۲ ص.
 3. سلطانی ا و مداح و (۱۳۸۹) برنامه‌های کاربردی ساده برای آموزش و پژوهش در زراعت. انتشارات انجمن علمی بوم‌شناختی دانشگاه شهید بهشتی. ۸۰ ص.
 4. Ali M, Naylor R and Matthews S (2006) Distinguishing the effects of genotype and seed physiological age on low temperature tolerance of rice (*Oryza sativa* L.). *Experimental Agriculture Journal*. 42:337-349.
 5. Bandyopadhyay B (2013) Rice genotypes response to mid season stress on fertility and yield at high altitude. *Journal of Rice Research*. 6(1):32-49
 6. Cao S Q, Zhai H Q, Yang T N, Zhang R X and Kuang T Y (2001) Studies on photosynthetic rate and function duration of rice germplasm resources. *Chinese Journal Rice Science*, 15: 29-34.
 7. Cunxin L and Dehui L (1990) Final partitioning of the (14) CFED before and after heading of paddy rice grown at different altitude localities. *Acta Botanica Yunnanica*. 2-11
 8. Deng N, Ling X, Sun Y, Zhang C, Fahad S, Peng S, Cui K, Nie L, and Huang J (2015) Influence of temperature and solar radiation on grain yield and quality in irrigated rice system. *European Journal of Agronomy*. 64:37-46.
 9. Farrell T, Fox K, Williams R, and Fukai S (2006a) Genotypic variation for cold tolerance during reproductive development in rice: screening with cold air and cold water. *Field Crops Research*. 98:178-194.
- طور معنی‌داری تأثیرگذار بودند. اگرچه در برخی از صفات از قبیل تعداد دانه پوک، تعداد دانه نیمه‌پر، وزن هزار دانه و شاخص برداشت بین مناطق اختلاف معنی‌داری از لحاظ آماری وجود نداشت. کلیه صفات مورد بررسی در مزارع پل سفید نسبت به مزارع آمل و بابلسر از مقادیر عددی پایین‌تری برخوردار بودند که علت آن را می‌توان به خاطر وقوع میانگین دما هوای و شدت تشعشع خورشیدی پایین‌تر در طول دوره رشد برنج به خصوص در مرحله زایشی در این منطقه نسبت داد. همچنین یک معادله ساده خطی به خوبی توانست تا روابط بین صفات مورد بررسی و میانگین دما هوا (محدوده ۲۳ تا ۲۷ درجه سانتی‌گراد) و شدت تشعشع خورشیدی (محدوده ۱۹ تا ۲۳ مگاژول بر مترمربع در روز) را کمی‌سازی و توصیف نمایند. با کاهش میانگین دما هوا و شدت تشعشع خورشیدی کاهش معنی‌داری در عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک در هر دو رقم برنج مشاهده شد (۲۵-۱۰ درصد). تأثیر کاهش میانگین دمای هوا بر عملکردها بیشتر از شدت تشعشع خورشیدی بود و در میان ارقام، رقم 'شیرودی' نسبت به رقم 'طارم هاشمی' از حساسیت بیشتری نسبت به تغییر شرایط اقلیمی برخوردار بود. کاهش عملکرد دانه در ارقام مورد مطالعه بیشتر به خاطر کاهش اجزای عملکرد از قبیل تعداد خوشه، طول خوشه و تعداد دانه پر در خوشه بود. با استفاده از یافته‌های این مطالعه به خوبی می‌توان تغییرات عملکرد و اجزای عملکرد دو رقم برنج را در شرایط اقلیمی متفاوت محلی مورد مطالعه کمی‌سازی نمود.

تشکر و قدردانی

بدینوسیله از پژوهشکده ژنتیک و زیست‌فناوری کشاورزی طبرستان و دانشگاه علوم کشاورزی منابع طبیعی ساری به‌خاطر حمایت‌های مالی این مطالعه قدردانی می‌گردد.

10. Farrell T, Fox K, Williams R, Fukai S, and Lewin L (2006b) Minimising cold damage during reproductive development among temperate rice genotypes. Genotypic variation and flowering traits related to cold tolerance screening. *Crop and Pasture Science*. 57:89-100.
11. Gbadamosi A, Daniel M M (2014) Effect of light intensity on growth and yield of a nigerian local rice variety-Ofada. *International Journal of Plant Research*. 4: 89-94.
12. Jiang W, Lee J, Chu S H, Ham T H, Woo M O, Cho Y I, Chin J H, Han L, Xuan Y, and Yuan D (2010) Genotype×environment interactions for chilling tolerance of rice recombinant inbred lines under different low temperature environments. *Field Crops Research*. 117:226-236.
13. Krishnan P, Ramakrishnan B, Reddy K. R, and Reddy V (2011) Chapter three-high-temperature effects on rice growth, yield, and grain quality. *Advances in Agronomy*. 111:87-206.
14. Li J, Yuan J (2012) Research progress in effects of different altitude on rice yield and quality in China. *Greener Journal of Agricultural Sciences*. 2:340-344.
15. Liu L, Zhu Y, Tang L, Cao W, and Wang E (2013) Impacts of climate changes, soil nutrients, variety types and management practices on rice yield in East China: A case study in the Taihu region. *Field Crops Research*. 149:40-48.
16. Liu Q, Cai J, Li T, and Zhang J (2007) Response of grain-filling properties and quality in rice to weak light during initial period of young spike. *Acta Agriculturae Universitatis Jiangxiensis*. 29:172-175.
17. Luo X, Zeng M, Zou Q, and Liang Z (1999) Study on the changes in ecological environment and hybrid rice development at different altitudes in Sichuan. *Chinese Journal of Applied And Environmental Biology* 5:142-146.
18. Nahar K, Hasanuzzaman M, and Majumder R. R (2009) Effect of low temperature stress in transplanted Aman rice varieties mediated by different transplanting dates. *Academic Journal of Plant Sciences*. 2:132-138.
19. Peng S, Khush G, and Cassman K (1994) Evolution of the new plant ideotype for increased yield potential, Breaking the yield barrier. Proceedings of a workshop on rice yield potential in favourable environments. International Rice Research Institute, Philippines. pp. 5-20.
20. Peng S, Huang J, Sheehy J. E, Laza R. C, Visperas R. M, Zhong X, Centeno G. S, Khush G. S, and Cassman K. G (2004) Rice yields decline with higher night temperature from global warming. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America. 101:9971-9975.
21. Peng s and Esmail m (2004) Physiological basis of yield and envierment advanced. Book *Physiology and biotechnology integration for plant breeding*. 3:84-140.
22. Qi-hua L, Xiu W, Bo-cong C, Jia-qing M and Jie G (2014) Effects of low light on agronomic and physiological characteristics of rice including grain yield and quality. *Rice Science*. 21(5): 243–251.
23. Sanchez B, Rasmussen A, and Porter J. R (2014) Temperatures and the growth and development of maize and rice: a review. *Global Change Biology*. 20:408-417.
24. Seyoum M, Alamerew S and Bantte K (2011) Evaluation of upland NERICA rice genotypes for grain yield and yield components along an altitude gradient in southwest Ethiopia. *Journal of Agronomy*. 10:105-111.
25. Sheehy J.E, Mitchell P, Allen L and Ferrer A.B (2006) Mathematical consequences of using

- various empirical expressions of crop yield as a function of temperature. *Field Crops Research*. 98:216-221.
26. Shimono H and Kanda E (2008) Does regional temperature difference before the panicle initiation affect the tolerance for low temperature-induced sterility in rice. *Plant Production Science*. 11:430-433.
27. Shimono H, Hasegawa T and Iwama K (2002) Response of growth and grain yield in paddy rice to cool water at different growth stages. *Field Crops Research*. 73:67-79.
28. Shimono H, Fujimura S, Nishimura T and Hasegawa T (2012) Nitrogen uptake by rice (*Oryza sativa* L.) exposed to low water temperatures at different growth stages. *Journal of Agronomy and Crop Science*. 198:145-151.
29. Shrestha S, Asch F, Dusserre J, Ramanantsoanirina A and Brueck H (2012) Climate effects on yield components as affected by genotypic responses to variable environmental conditions in upland rice systems at different altitudes. *Field Crops Research*. 134:216-228.
30. Shrestha S, Asch F, Brueck H, Giese M, Dusserre J and Ramanantsoanirina A (2013) Phenological responses of upland rice grown along an altitudinal gradient. *Environmental and Experimental Botany*. 89:1-10.
31. Singh R. P, Prasad P. V and Reddy K. R (2013) Impacts of changing climate and climate variability on seed production and seed industry. *Advances in Agronomy*. 118:49-110.
32. Sun Y Y, Sun Y J, Chen L, Xu H and Ma J (2012) Effects of different sowing dates and low-light stress at heading stage on the physiological characteristics and grain yield of hybrid rice. *Chinese Journal Applied Ecology*. 23(10): 2737-2744.
33. Tashiro T and Wardlaw I (1991) The effect of high temperature on the accumulation of dry matter, carbon and nitrogen in the kernel of rice. *Functional Plant Biology*. 18:259-265.
34. Thakur P, Kumar S, Malik J. A, Berger J. D and Nayyar H (2010) Cold stress effects on reproductive development in grain crops: an overview. *Environmental and Experimental Botany*. 67:429-443.
35. J, Garcia del Moral L and Royo C (2015) Daylength, temperature and solar radiation effects on the phenology and yield formation of spring durum wheat. *Journal of Agronomy and Crop Science*. 1-14.
36. Wang Y, Handoko J and Rimmington G (1992) Sensitivity of wheat growth to increased air temperature for different scenarios of ambient CO₂ concentration and rainfall in Victoria, Australia-a simulation study. *Climate Research*. 2:131-149.
37. Yoshida R, Kanno A, Sato T and Kameya T (1996) Cool-temperature-induced chlorosis in rice plants (I. Relationship between the induction and a disturbance of etioplast development). *Plant Physiology*. 110:997-1005.
38. Yoshida S (1981) Growth and development of rice plants In: *Fundamentals of rice crop science*. International Rice Research Institute (IRRI). 1-63
39. Yoshida S and Parao F (1976) Climatic influence on yield and yield components of lowland rice in the tropics. *Climate and Rice*. 471-494.
40. Yuan J, Ding Z and Cai G (2005) The factors influencing RVA profile of rice starch and their changes with altitudes in Panxi region. *Acta Agronomica Sinica*. 31:1611-1619.
41. Zada A (2014) Performance of different rice genotypes in the cold climatic region of

- Malakand division. Journal of Natural Sciences Research. 4:100-102.
42. Zhang B, Yamagishi J (2010) Response of spikelet number per panicle in rice cultivars to three transplanting densities. Plant Production Science. 13: 279–288.
43. Zhu P, Yang S. M, Ma J, Li S. X and Chen Y (2008) Effect of shading on the photosynthetic characteristics and yield at later growth stage of hybrid rice combination. Acta Agronomy Sine. 34(11): 2003-2009.