نشریه تولید گیاهان زراعی
جلد دهم، شماره دوم، تابستان ۹۶
۱۴۱-۱۵۴
http://ejcp.gau.ac.ir

اثر دما در مرحله پر شدن دانه بر برخی صفات کیفی دانه برنج در شرایط اقلیمی مازندران

ناهید فتحی[۱]، همت‌اله پیردشتی[۲]، مرتضی نصیری[۳] و *اسماعیل بخشنده[۴]

[۱]کارشناس‌ارشد زراعت، مؤسسه تحقیقات برنج کشور معاونت مازندران، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، 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 معاونت مازندران، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، آمل، ایران،
[۴]استادیار پژوهشکده ژنتیک و زیست‌فناوری کشاورزی طبرستان، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۷/۳؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۱۰/۲۲

چکیده

سابقه و هدف: کیفیت دانه برنج یکی از عوامل مهم در قیمت‌گذاری و بازارپسندی آن توسط مصرف‌کنندگان محسوب می‌شود. توسعه و تولید ارقام با کیفیت بالا یکی از اهداف مهم در برنامه‌های اصلاحی است. کیفیت دانه برنج علاوه‌بر عوامل ژنتیکی به شدت تحت تأثیر عوامل محیطی از قبیل دما می‌باشد. اما تا به امروز مطالعات اندکی در مورد کمّی‌سازی اثر دما بر کیفیت دانه برنج ارقام بومی در کشور اجرا شده است. بنابراین، این آزمایش با هدف بررسی تأثیر اقلیم‌های متفاوت محلی بر برخی صفات کیفی دانه دو رقم بومی و اصلاح‌شده برنج (’طارم هاشمی‘ و ’شیرودی‘) و کمّی‌سازی روابط بین صفات کیفی با میانگین دمای هوا در طول دوره زایشی (از مرحله ۵۰ درصد گلدهی تا رسیدگی برداشت) در سه منطقه شامل شهرستان‌های آمل، بابلسر و پل‌سفید از استان مازندران اجرا شد.

مواد و روش‌ها: سه آزمایش به‌طور مجزا در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار در سه منطقه شامل بابلسر (با ارتفاع ۲۱ متر پایین‌تر از سطح آب‌های آزاد)، آمل (با ارتفاع ۲۴ متر بالاتر از سطح آب‌های آزاد) و پل‌سفید (با ارتفاع ۶۲۵ متر بالاتر از سطح آب‌های آزاد) در سال ۱۳۹۳ بر روی دو رقم ’طارم هاشمی‘ و ’شیرودی‘ اجرا گردید. عملیات کاشت، داشت و برداشت در هر یک از مناطق مطابق با عرف همان منطقه و در شرایط مطلوب مدیریتی انجام شد. همچنین، کلیه صفات کیفی برنج سه ماه بعد از برداشت در آزمایشگاه کیفیت بذر معاونت موسسه تحقیقات برنج کشور در مازندران (آمل) اندازه‌گیری گردید.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که اثر اقلیم‌های متفاوت محلی بر برخی از صفات همچون درصد آمیلوز، درصد پروتئین، دمای ژلاتینه شدن، قوام ژل و طول و عرض دانه بعد از پخت به‌طور آماری در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار گردید. دانه برنج تولید شده در مزارع پل‌سفید از نظر کلیه صفات کیفی اندازه‌گیری شده نسبت به مزارع آمل و بابلسر از کیفیت بالاتری برخوردار بودند که علت آن را می‌توان به وقوع میانگین دمای هوا پایین‌تر در طول مرحله زایشی برنج به‌ویژه مرحله پر شدن دانه در این منطقه نسبت داد. یک معادله خطی توانست تا به خوبی تغییرات صفات مورد مطالعه را در مقابل دما هوا توصیف کند. به‌طور کلی، به ازای افزایش هر یک درجه سانتی‌گراد در میانگین دمای هوا

*مسئول مکاتبه: bakhshandehesmail@gmail.com

در ارقام 'طارم هاشمی' و 'شیرودی' صفات کیفی مانند درصد آمیلوز دانه (به‌ترتیب ۱/۹ و ۰/۹ درصد)، طول دانه بعد از پخت (به‌ترتیب ۰/۳۳ و ۰/۱٤ میلی‌متر)، نسبت طویل شدن دانه (به‌ترتیب ۰/۰۵ و ۰/۰٤) و دمای ژلاتینه شدن (به‌ترتیب ۰/۹۸ و ۰/٤۷ درجه سانتی‌گراد) کاهش یافت. در مقابل، درصد پروتئین (به‌ترتیب ۰/۸ و ۰/٤ درصد)، عرض دانه بعد از پخت (به‌ترتیب ۰/۰٦ و ۰/۰۸ میلی‌متر) و قوام ژل (به‌ترتیب ۱۵/۲ و ۵/۲ میلی‌متر) افزایش نشان دادند.

نتیجه‌گیری: بر اساس یافته‌های این مطالعه به سادگی می‌توان تغییرات کیفیت دانه برنج در واکنش به دما را در هر دو رقم 'طارم هاشمی' و 'شیرودی' تحت شرایط اقلیم‌های متفاوت محلی مازندران کمّی‌سازی کرد.

واژه‌های کلیدی: اقلیم‌های متفاوت محلی، تجزیه رگرسیون، دانه برنج، دما صفات کیفی

مقدمه

دستیابی به عملکرد بالا یکی از اهداف مهم تولیدکنندگان می‌باشد. در بیشتر گیاهان، کیفیت محصول تولیدی از اهمیت بالایی برخوردار است. کیفیت دانه در برنج نیز از عوامل اصلی و تعیین‌کننده جهت بازارپسندی و فروش محصول محسوب می‌شود (۱۲). تجربیات نشان داده است که تولید محصول با هدف افزایش کمیّت بدون توجه به کیفیت با استقبال مصرف‌کنندگان روبرو نشده است. کیفیت دانه برنج تا حد زیادی به ویژگی‌های پخت، شکل، عطر و طعم آن بستگی دارد. به‌طور کلی، این خصوصیات را می‌توان به چهار دسته فیزیکی، شیمیایی، برنج پخته و ارزش غذایی تقسیم‌بندی کرد (۲۳). از جمله خصوصیات فیزیکی می‌توان به یکنواختی در اندازه و شکل دانه اشاره کرد که اولین عامل در تأیید کیفیت محصول محسوب می‌شود (۲۵). به‌عنوان مثال، بعضی از مصرف‌کنندگان دانه‌های برنج کوتاه و گرد را ترجیح داده و برخی دانه‌های متوسط و بعضی دیگر دانه‌های باریک و بلند را ترجیح می‌دهند (۲۵). از خصوصیات شیمیایی دانه برنج می‌توان به میزان آمیلوز، قوام ژل و دمای ژلاتینه شدن اشاره کرد. مقدار آمیلوز در نشاسته دانه برنج، نه تنها مسئول میزان نرمی یا سختی برنج پخته می‌باشد، بلکه بر میزان چسبندگی آن نیز تأثیرگذار است (۲۳). دانه‌های برنج بدون آمیلوز و یا با مقدار آمیلوز پایین (کمتر از ۱۰ درصد) مانند فوجی‌مینوری پس از پخت کاملاً چسبنده بوده و فاقد انبساط حجمی می‌باشند، اما دانه‌های برنج با مقدار آمیلوز متوسط (حدود ۲۵-۲۰ درصد) مانند گروه صدری پس از پخت دانه نرم بوده و تا ساعت‌ها پس از پخت حالت نرمی خود را حفظ می‌کنند و دانه‌های برنج با مقدار آمیلوز بالا (حدود ۳۳-۲۵ درصد) مانند رقم نعمت پس از پخت کاملاً از هم جدا بوده و بر اثر سرد شدن خشک و سخت می‌گردد (۸). قوام ژل نشان‌دهنده میزان حرکت ژل برنج پخته می‌باشد که در برنج به سه گروه قوام ژل سخت، متوسط و نرم تقسیم‌بندی می‌شود (۳). علاوه‌بر این، دمای ژلاتینه شدن نیز یک عامل مهم کیفیت برنج محسوب می‌شود که با مدت زمان پخت و ماهیت برنج پخته ارتباط دارد. در واقع، دمای موردنیاز برای این‌که گرانول‌های نشاسته به‌طور برگشت‌ناپذیری متورم شوند، دمای ژلاتینه شدن می‌نامند که معمولاً دامنه تغییرات آن از ۵۵ تا ۷۹ درجه سانتی‌گراد (مقیاس پخش در قلیا با نمره ۷-۲) می‌باشد (۸).

بیشتر مردم ایران برنج‌های معطر، قلمی، با طویل شدن عالی، نرم و غیرچسبنده بعد از پخت را ترجیح می‌دهند. بنابراین، تولید و توسعه ارقام با کیفیت بالا یکی از موضوعات مهم در برنامه‌های اصلاحی برنج

در ایران به شمار می‌رود (۲۳). علاوه‌بر عوامل ژنتیکی، کیفیت برنج به شدت تحت تأثیر شرایط محیطی می‌باشد. به گونه‌ای که کیفیت برنج ممکن است از سالی به سال دیگر و از مزرعه‌ای به مزرعه دیگر متفاوت باشد (۱۲). مطالعات نشان داد که وقوع دماهای بالا در مرحله پر شدن دانه موجب افزایش دمای ژلاتینه شدن و کاهش گرانول‌های نشاسته دانه برنج شد (۳۰). همچنین، به ازای افزایش هر یک تا سه درجه سانتی‌گراد دما در طول دوره زایشی درصد آمیلوز دانه برنج یک درصد کاهش یافت (۲۹). به گزارش لیانگ و همکاران (۲۰۱۱) تأثیر عوامل محیطی از قبیل دما به‌همراه فتوپریود و رطوبت نسبی بر طول، عرض و نسبت طول به عرض دانه برنج در مقایسه با دمای ژلاتینه شدن، میزان آمیلوز و قوام ژل کمتر می‌باشد (۱۹). کروز (۱۹۸۹) همچنین بیان کرد که طویل شدن دانه برنج در مرحله زایشی تحت تأثیر دما قرار گرفت (٦). به‌طور کلی، تنش‌های غیرزنده مانند دمای بالا باعث محدودیت رشد و نمو گیاهان زراعی به‌ویژه غلات شده و بر عملکرد (٢٤) و کیفیت برنج تأثیرگذار می‌باشد (۱۲).

اگرچه بررسی اثر تغییر شرایط اقلیمی بر رشد و کیفیت محصول تولید شده توسط گیاهان در محیط‌های کنترل‌شده مثل گلخانه و یا فیتوترون امری ساده و امکان‌پذیر می‌باشد، اما ارزیابی آن در اقلیم‌های واقعی (شرایط مزرعه) می‌تواند کمک بیشتری به درک اثرات این عوامل کند (۱۲). از آنجایی که تا به امروز مطالعات در مورد کمّی‌سازی اثر دما بر کیفیت دانه برنج ارقام بومی و پرمحصول در کشور اجرا نشده است. بنابراین، این مطالعه با هدف بررسی تأثیر اقلیم‌های متفاوت محلی بر برخی صفات کیفی دانه دو رقم برنج (’طارم هاشمی‘ و ’شیرودی‘) و کمّی‌سازی روابط بین صفات کیفی با میانگین دمای هوا در طول دوره پر شدن دانه و در سه منطقه شامل شهرستان‌های آمل، بابلسر و پل‌سفید از استان مازندران اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال ۱۳۹۳ در سه منطقه از استان مازندران با ارتفاع متفاوت از سطح دریا اجرا شد. مناطق مورد مطالعه شامل بابلسر (عرض جغرافیایی ۳٦ درجه و ٤ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۲ درجه و ٤ دقیقه شرقی با ارتفاع ۲۱ متر پایین‌تر از سطح آب‌های آزاد)، آمل (عرض جغرافیایی ۳٦ درجه و ۳ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۲ درجه و ۲ دقیقه شرقی با ارتفاع ۲٤ متر بالاتر از سطح آب‌های آزاد) و پل‌سفید (عرض جغرافیایی ۳٦ درجه شمالی و طول جغرافیایی ۵۳ درجه شرقی با ارتفاع ٦۲۵ متر بالاتر از سطح آب‌های آزاد) بودند. آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار در هر منطقه اجرا و برای آنالیز داده‌ها از روش تجزیه مرکب استفاده گردید. در هر منطقه از مزارع کشاورزان پیشرو (معرفی‌شده توسط مرکز جهاد کشاورزی) آن منطقه استفاده شد. آزمایش روی ارقام ’طارم هاشمی‘ (کم‌محصول و با کیفیت دانه بالا) و ’شیرودی‘ (پرمحصول و با کیفیت دانه متوسط) انجام شد. هر دو رقم مورد مطالعه در سطح وسیعی از مزارع برنج شمال کشور مورد کشت و کار قرار می‌گیرند. نیاز پایه کودی شامل کودهای شیمیایی فسفره (سوپرفسفات تریپل) و پتاسه (سولفات پتاسیم) برای هر مزرعه در هر منطقه به‌طور جداگانه و بر اساس نتایج آزمون خاک محاسبه و قبل از نشاءکاری اعمال شد. کود نیتروژنه (اوره) در تمامی مزارع به صورت تقسیطی و در سه مرحله قبل از کاشت، حداکثر پنجه‌زنی و خوشه‌دهی به‌صورت 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 به‌صورت کنترل شیمیایی (آفات و بیماری) و دستی (علف‌هرز) انجام شد. داده‌های هواشناسی شامل دماهای بیشینه و کمینه (درجه سانتی‌گراد)، رطوبت نسبی (درصد)، ساعت آفتابی و بارندگی (میلی‌متر) به‌صورت روزانه از نزدیک‌ترین ایستگاه هواشناسی سینوپتیک به مزارع مورد مطالعه جمع‌آوری گردید (جدول ۱).

در مرحله رسیدگی کامل دو مترمربع از هر مزرعه با حذف اثر حاشیه‌ایی برداشت شد (کف‌بر) و شلتوک برنج از کاه جدا گردید. شلتوک‌ها برای اندازه‌گیری صفات کیفی بلافاصله به آزمایشگاه کیفیت بذر معاونت مؤسسه تحقیقات برنج کشور (آمل) منتقل شد. در آزمایشگاه شلتوک‌ها به مدت سه ماه در دمای اتاق نگهداری شدند (۸). پس از طی این دوره، رطوبت شلتوک با دستگاه رطوبت‌سنج اندازه‌گیری و در صورت بالا بودن رطوبت، شلتوک‌ها به مدت دو روز در دمای ٤٥ درجه‌سانتی‌گراد در درون دستگاه آون (Memmert، ساخت آلمان) قرار داده شدند تا رطوبت آن‌ها به ۱۱ درصد کاهش یافت. مقدار ۲۵۰ گرم شلتوک از هر نمونه برنج با استفاده از دستگاه پوست‌کن و سفیدکن (Satake، ساخت ژاپن) به برنج قهوه‌ای و در نهایت برنج سفید تبدیل شد. برای تعیین طول و عرض دانه برنج قبل از پخت، ۲۵ دانه سالم توسط دستگاه اندازه‌گیری دانه (Grain measure، ساخت ژاپن) با دقت ۰/۰۱ میلی‌متر اندازه‌گیری و میانگین آن‌ها برای هر تکرار ثبت گردید. طول و عرض دانه برنج بعد از پخت نیز از میانگین ۲۰ دانه برنج پخته شده محاسبه شد. نسبت طویل شدن دانه نیز از تقسیم طول برنج پخته به طول برنج خام برآورد گردید (۲). درصد آمیلوز با استفاده از روش کالرومتریک و توسط دستگاه اسپکتوفتومتر (مدل Cecil، ساخت آلمان) و در طول موج ٦۲۰ نانومتر (با تشکیل کمپلکس ید- نشاسته) اندازه‌گیری شد (۱۵). برای تعیین دمای ژلاتینه شدن دانه نیز از روش پخش در قلیا استفاده شد. هدف از این آزمون تعیین نمره ژلاتینه شدن دانه برنج در محلول هیدروکسید پتاسیم به‌مدت ۲۳ ساعت بود (۲۰).

قوام ژل بر اساس قوام برنج سفید در هیدروکسید پتاسیم ۰/۲ نرمال به کمک روش پیشنهادی توسط کامپانگ (۱۹۷۳) اندازه‌گیری شد (۳). قوام ژل نشان‌دهنده میزان حرکت ژل برنج پخته می‌باشد که از طریق طول حرکت ژل در صفحه افقی به‌مدت نیم الی یک ساعت تعیین می‌شود (۸). برای اندازه‌گیری پروتئین دانه، ابتدا دانه برنج به کمک آسیاب (Fritch، ساخت آلمان) آرد شد و درصد نیتروژن توسط دستگاه NIR Component Analyze (ساخت ژاپن) اندازه‌گیری شد. در نهایت مقدار پروتئین دانه از طریق ضرب درصد نیتروژن اندازه‌گیری شده در ضریب ثابت ۵/۹۵ برآورد گردید (۲۲). میانگین دمای هوای روزانه هر یک از مزارع در طول مرحله زایشی، از میانگین‌گیری دمای هوای روزانه از مرحله گلدهی (۵۰ درصد گلدهی) تا مرحله رسیدگی برداشت به‌صورت جداگانه برای هر مزرعه محاسبه شد. تجزیه رگرسیون و تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS نسخه ۹/٤ 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.

جدول ۱- میانگین دمای کمینه، بیشینه، رطوبت نسبی، تشعشع خورشیدی و مجموع بارندگی سه منطقه (آمل، بابلسر و پل‌سفید) در دوره آزمایش (از مرحله ۵۰ درصد گلدهی تا رسیدگی برداشت) در مقایسه با آمار بلندمدت ۱۰ ساله (۱۳۹۳-۱۳۸۳) مناطق مورد مطالعه.

Table 1. Weather parameters including minimum and maximum air temperatures, relative humidity, solar radiation and rainfall for three sites (Amol, Babolsar and Polesefid) during the reproductive stage (from 50% of flowering to harvesting time) in comparison with a long term weather conditions (2004-2014).

منطقه Location	دمای کمینه (درجه سانتی‌گراد) Minimum temperature (°C)		دمای بیشینه (درجه سانتی‌گراد) Maximum temperature (°C)		رطوبت نسبی (درصد) Relative humidity (%)		مجموع بارندگی (میلی‌متر) Precipitation (mm)		تشعشع خورشیدی (مگاژول مترمربع روز) Solar radiation ($MJ\ m^{-2}\ d^{-1}$)	
	دوره آزمایش	بلند مدت	دوره آزمایش	بلند مدت	دوره آزمایش	بلند مدت	دوره آزمایش	بلند مدت	دوره آزمایش	بلند مدت
آمل Amol	22.6	21.8	30.9	29.4	75.0	77.6	27.0	29.6	20.8	18.8
بابلسر Babolsar	22.0	22.4	29.8	29.3	75.5	78.9	29.8	32.2	22.4	20.4
پل‌سفید Polesefid	19.2	18.2	27.3	26.1	68.1	71.3	34.1	37.7	19.8	18.4

نتایج و بحث

شرایط آب و هوایی: بررسی شرایط آب و هوایی سه منطقه در طول دوره زایشی برنج نشان داد که میانگین پارامترهای آب و هوایی دوره آزمایش نسبت به آمار بلندمدت کمی بالاتر بودند (جدول ۱). دمای بیشینه در سه منطقه آمل، بابلسر و پل‌سفید طی دوره آزمایش به‌ترتیب ۱/۵، ۰/۵ و ۱/۲ درجه سانتی‌گراد بالاتر نسبت به آمار بلندمدت بود که باعث کاهش اختلاف بین مناطق به‌ویژه منطقه پل‌سفید از نظر دمای بیشینه شد. الگوی مشابهی در دمای کمینه و شدت تشعشع خورشیدی نیز در سه منطقه مشاهده شد. مجموع این عوامل باعث ایجاد شرایط مطلوب‌تر رشد گیاه برنج در منطقه پل‌سفید و در طول دوره رشد زایشی شد. مقایسه داده‌های آب و هوایی نیز نشان داد که کمترین دمای کمینه با میانگین ۱۹/۲ درجه سانتی‌گراد و میزان شدت تشعشع خورشیدی ۱۸/٤ مگاژول در متر مربع در روز مربوط به منطقه پل‌سفید و بیشترین دماهای بیشینه با میانگین ۳۰/۹ درجه سانتی‌گراد مربوط به مزارع آمل بود. بیشترین میزان تشعشع خورشیدی در این مرحله نیز در مزارع بابلسر با میانگین ۲۲/٤ مگاژول در مترمربع در روز مشاهده شد.

کیفیت پخت ارقام تحت شرایط اقلیمی مازندران: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که صفات کیفی شامل درصد آمیلوز، دمای ژلاتینه شدن، درصد پروتئین، قوام ژل، نسبت طویل شدن، طول و عرض دانه بعد از پخت تحت تأثیر شرایط آب و هوایی منطقه مورد آزمایش قرار گرفتند (جدول ۲). بر اساس یافته‌ها، رقم 'طارم هاشمی' از نظر کلیه صفات کیفی نسبت به رقم 'شیرودی' برتری داشت. علت آن را می‌توان به ویژگی‌های ژنتیکی این رقم نسبت داد زیرا رقم 'طارم هاشمی' جزء ارقام برنج با کیفیت بالا محسوب می‌شود. طبق نتایج بالاترین کیفیت دانه برنج در هر دو رقم 'طارم هاشمی' و 'شیرودی' مربوط به مزارع پل‌سفید بود و بین مزارع آمل و بابلسر از این نظر اختلاف آماری معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۲).

در بین صفات کیفی درصد پروتئین و آمیلوز از جمله عوامل شیمیایی اصلی تأثیرگذار بر کیفیت پخت و خوراک برنج می‌باشند. در واقع درصد آمیلوز عامل اصلی تعیین‌کننده کیفیت ارقام برنج می‌باشد (١٤). این صفات به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر شرایط اقلیمی به‌ویژه دماهای پایین (ناشی از افزایش ارتفاع محل کشت از سطح آب‌های آزاد) در مرحله زایشی قرار می‌گیرند (١٤). در واقع، علت بهبود کیفیت پخت ارقام 'طارم هاشمی' و 'شیرودی' در مزارع پل‌سفید را می‌توان به وقوع دماهای پایین در مرحله زایشی در این منطقه نسبت داد (جدول ۱). زو و همکاران

(۲۰۱۰) گزارش کردند که با افزایش ارتفاع از سطح آب‌های آزاد کیفیت دانه برنج در ارقام متحمل به سرما کمتر از ارقام حساس به سرما تحت تأثیر ارتفاع محل کشت قرار می‌گیرد (۳۱). لیو و همکاران (۱۹۸٦) نیز بیان کردند که با افزایش ارتفاع دمای ژلاتینه شدن و قوام ژل در ارقام برنج ایندیکا کاهش و میزان آمیلوز افزایش خواهد یافت (۲۱). پاسخ صفات کیفی برنج به تغییرات ارتفاع از سطح آب‌های آزاد بسیار متغیر بوده که علت آن را می‌توان به توان سازگاری ارقام، موقعیت مکانی آزمایش و مدیریت در عملیات کاشت و داشت نسبت داد (۱۸). در حقیقت تأثیر ارتفاع محل کشت بر کیفیت پخت دانه برنج هنوز به درستی شناخته نشده و نیازمند مطالعات بیشتری در این زمینه است (۱۸).

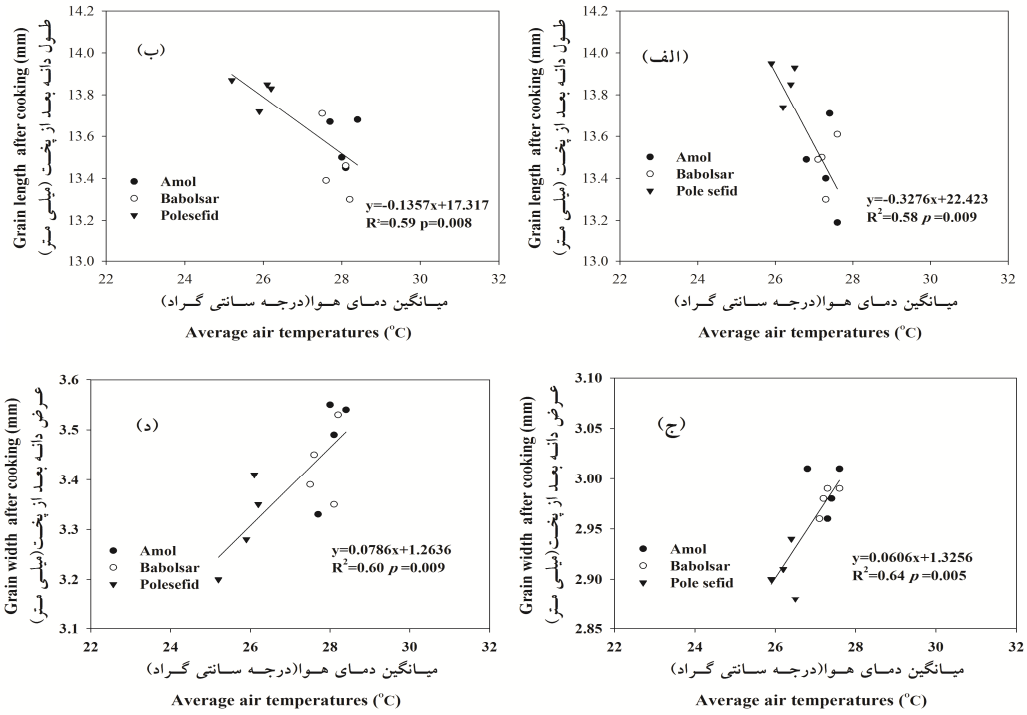
رابطه طول و عرض دانه بعد از پخت با میانگین دمای هوا در مرحله زایشی: طول دانه بعد از پخت در سه منطقه مورد مطالعه از ۱۲/٦ تا ۱٤/٤ میلی‌متر و عرض دانه بعد از پخت نیز از ۲/۹ تا ۳/۵۵ میلی‌متر (وابسته به رقم) متغیر بود (جدول ۲). طول دانه بعد از پخت رابطه منفی و معنی‌داری با میانگین دمای هوا در مرحله زایشی داشت (شکل ۱ الف و ب). نتایج نشان داد که به ازای هر یک درجه افزایش میانگین دمای هوا (وابسته به ارتفاع از سطح دریا) در مرحله زایشی، طول دانه بعد از پخت در رقم 'طارم هاشمی' ۰/۳۳ میلی‌متر و در رقم 'شیرودی' ۰/۱٤ میلی‌متر کاهش یافت (شکل ۱ االف و ب). در مقابل، رابطه بین عرض دانه بعد از پخت و میانگین دمای هوا یک رابطه مثبت و معنی‌دار بود و به ازای هر واحد افزایش در میانگین دمای هوا، عرض دانه بعد از پخت ارقام 'طارم هاشمی' و 'شیرودی' به‌ترتیب ۰/۰٦ و ۰/۰۸ میلی‌متر افزایش یافت (شکل ۱ ج و د). ازدیاد طول دانه بدون افزایش عرض پس از پخت باعث افزایش بازارپسندی و جلب رضایت مصرف‌کننده می‌شود (۲۵). طبق نتایج به‌دست آمده در این مطالعه، ارقام برنج تولیدشده در منطقه پل‌سفید دارای طول دانه بیشتر و عرض دانه کمتری بعد از پخت بودند که علت آن را می‌توان به‌خاطر شرایط اقلیمی مطلوب‌تر و دمای پایین‌تر در مرحله زایشی نسبت داد.

رابطه نسبت طویل شدن دانه با میانگین دمای هوا در مرحله زایشی: محدوده تغییرات نسبت طویل شدن دانه برنج در سه منطقه از ۱/۷ تا ۲/۱ (برای رقم 'طارم هاشمی' از ۱/۹ تا ۲/۱ و برای رقم 'شیرودی' از ۱/۷ تا ۱/۹) متغیر بود (جدول ۲). بین نسبت طویل شدن دانه و میانگین دمای هوا یک رابطه خطی منفی و معنی‌داری مشاهده شد (شکل ۲). بر این اساس، دماهای پایین در مرحله زایشی (منطقه پل‌سفید) موجب افزایش نسبت طویل شدن دانه در ارقام مورد مطالعه شد. نتایج حاکی از آن بود که به ازای هر واحد افزایش در میانگین دمای هوا نسبت طویل شدن دانه برنج رقم 'طارم هاشمی' و 'شیرودی' به‌ترتیب ۰/۰۵ و ۰/۰٤ کاهش یافت (شکل ۲ الف و ب). طبق نتایج، رقم 'شیرودی' نسبت به رقم 'طارم هاشمی' به تغییرات دما در مرحله پر شدن دانه حساسیت کمتری نشان داد. نسبت طویل شدن دانه تحت تأثیر ژنوتیپ و محیط به‌ویژه دما در دوره پر شدن دانه می‌باشد (٦). سو و همکاران (۱۹۸۳) گزارش کردند که شکل سلول‌های آندوسپرمی بعد از پخت در رقم باسماتی شش‌وجهی است که به‌صورت شانه عسل در کنار هم مرتب شدند، در حالی‌که در ارقام دیگر که طویل شدن کمتری دارند به شکل مستطیل در ستون‌های ۱۲-۱۰ تایی در کنار هم قرار گرفتند (۲٦). کروز و همکاران (۱۹۸۹) بیان کردند که وقتی میانگین دمای هوای شبانه روز در مرحله پر شدن دانه ۲۳ درجه سانتی‌گراد باشد بیشترین میزان طویل شدن دانه مشاهده شد (٦). علاوه‌بر این، برنج‌های باسماتی کشت‌شده در منطقه پنجاب نسبت طویل شدن بیشتری از برنج‌های باسماتی تولید شده در منطقه سند پاکستان نشان دادند که علت آن را وقوع دماهای پایین در مرحله پر شدن دانه گزارش کردند (۱٦).

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس و مقایسه میانگین صفات کیفی دانه برنج مورد مطالعه در دو رقم شیرودی و طارم هاشمی تحت شرایط اقلیمی متفاوت محلی مازندران.

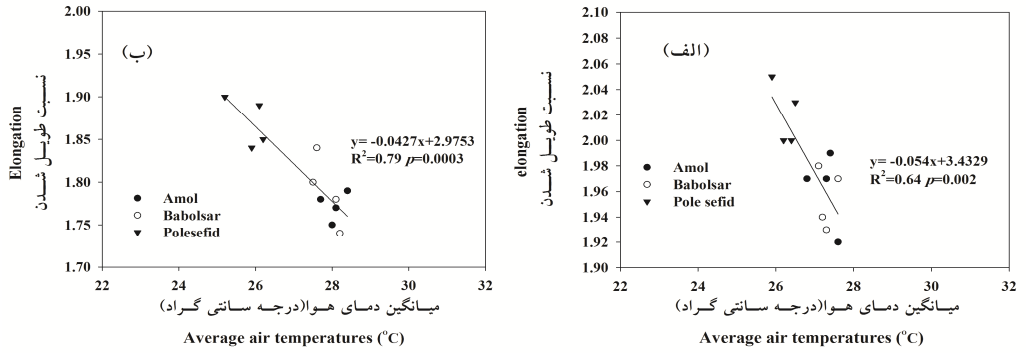
Table 2. Analysis of variance and comparison of means for studied grain quality traits in two different rice cultivars (cvs. 'Tarom Hashemi' and 'Shiroudi') under different local climates in Mazandaran Province.

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	عرض دانه قبل از پخت (میلی‌متر) Grain width before cooking (mm)	عرض دانه بعد از پخت (میلی‌متر) Grain width after cooking (mm)	طول دانه قبل از پخت (میلی‌متر) Grain length before cooking (mm)	طول دانه بعد از پخت (میلی‌متر) Grain length after cooking (mm)	نسبت طویل شدن دانه Elongation	مقدار آمیلوز (درصد) Amylose content (%)	قوام ژل (میلی‌متر) Gel consistency (mm)	دمای ژلاتینه شدن Gelatinization temperature	پروتئین دانه (درصد) Grain protein (%)
		آماره‌های توصیفی								
تعداد مشاهده (N)	-	24	24	24	24	24	24	24	24	24
حداقل (Min.)	-	1.93	2.88	6.62	12.61	1.66	17.10	42.00	3.10	5.95
حداکثر (Max.)	-	2.09	3.55	7.81	14.39	2.04	23.80	70.00	5.20	7.97
میانگین (Avg.)	-	1.98	3.21	7.22	13.51	1.88	20.10	55.00	3.94	6.97
انحراف‌معیار (Sd.)	-	0.04	0.25	0.37	0.40	0.10	2.09	8.20	0.61	0.59
		میانگین مربعات								
منطقه (Location)	2	0.0003^{ns}	0.03^{*}	0.02^{ns}	0.30^{**}	0.01^{*}	11.97^{**}	559.5^{**}	3.68^{**}	1.82^{**}
رقم (Cultivar)	1	0.01^{*}	1.20^{**}	2.72^{**}	0.01^{ns}	0.15^{**}	73.15^{**}	96.0^{*}	0.48^{**}	3.32^{**}
منطقه×رقم (C×L)	2	0.004^{ns}	0.004^{ns}	0.10^{**}	0.01^{ns}	0.0008^{ns}	0.04^{ns}	45.5^{ns}	0.06^{*}	0.10^{ns}
ضریب تغییر (درصد)		1.89	1.83	1.48	1.28	1.72	2.11	7.45	4.69	3.14
		مقایسه میانگین‌ها								
منطقه (Location)	آمل Amol	1.98 a	3.22 a	7.27 a	13.51 b	1.86 b	19.42 b	61.20 a	3.67 b	7.29 a
	بابلسر Babolsar	1.97 a	3.20 a	7.22 a	13.01 b	1.85 b	19.40 b	58.25 a	3.44 c	7.19 a
	پل‌سفید Polesefid	1.97 a	3.11 b	7.17 a	13.80 a	1.94 a	21.50 a	45.50 b	4.70 a	6.42 b
رقم (Cultivar)	طارم‌هاشمی Tarom Hashemi	2.00 a	2.97 b	6.88 b	13.56 a	1.95 a	18.37 b	57.00 a	4.08 a	7.34 a
	شیرودی Shiroudi	1.96 b	3.45 a	7.56 a	13.69 a	1.79 b	21.86 a	53.00 b	3.80 b	6.59 b



شکل ۱- رابطه بین طول دانه بعد از پخت (طارم هاشمی (الف) و شیرودی (ب)) و عرض دانه بعد از پخت (طارم هاشمی (ج) و شیرودی (د)) با میانگین دمای هوا در طول دوره پر شدن دانه برنج (از مرحله گلدهی تا مرحله رسیدگی برداشت). اعداد در محور عمودی متفاوت می‌باشد.

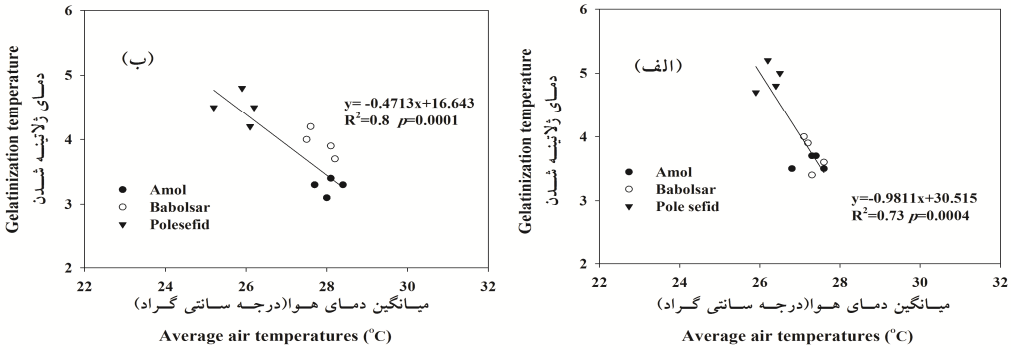
Figure 1. Relationship between grain length after cooking (‘Tarom Hashemi’ (a) and ‘Shiroudi’ (b)) and grain width after cooking (‘Tarom Hashemi’ (c) and ‘Shiroudi’ (d)) with average air temperatures during rice grain filling stage (from flowering stage to harvest). Values in the y-axes are different.

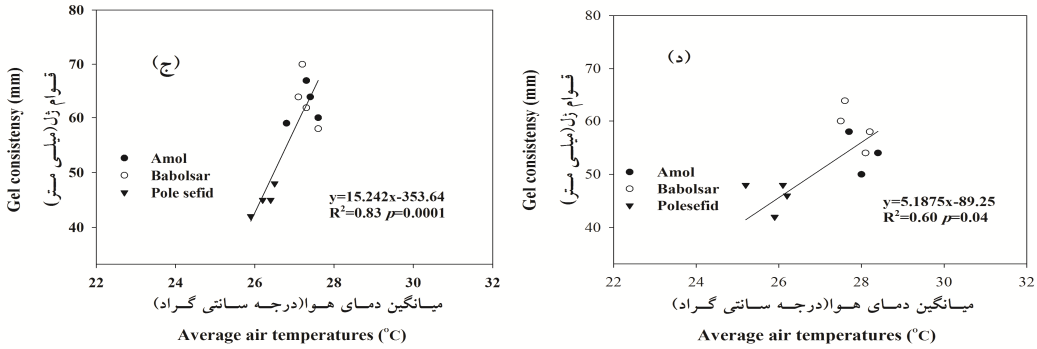


شکل ۲- رابطه بین نسبت طویل شدن دانه برنج با میانگین دمای هوا در طول دوره پر شدن دانه برنج (طارم هاشمی (الف) و شیرودی (ب)). اعداد در محور عمودی متفاوت می‌باشد.

Figure 2. Relationship between grain elongation (‘Tarom Hashemi’ (a) and ‘Shiroudi’ (b)) with average air temperatures during rice grain filling stage. Values in the y-axes are different.

رابطه دمای ژلاتینه شدن و قوام ژل دانه با میانگین دمای هوا در مرحله زایشی: دمای ژلاتینه شدن و قوام ژل دانه تحت تأثیر مناطق مورد آزمایش قرار گرفت و اختلافات در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار گردید (جدول ۲). افزایش دما باعث کاهش میزان دمای ژلاتینه شدن و افزایش قوام ژل شد (شکل ۳). تغییرات دمای ژلاتینه شدن دانه در سه منطقه مورد مطالعه از ۳/۱ تا ۵/۲ درجه سانتی‌گراد (برای رقم 'طارم هاشمی' از ۳/٤ تا ۵/۲ درجه سانتی‌گراد و برای رقم 'شیرودی' از ۳/۱ تا ٤/۸ درجه سانتی‌گراد) متغیر بود. همچنین، محدوده تغییرات قوام ژل نیز در دو رقم 'طارم هاشمی' و 'شیرودی' از ٤۲ تا ۷۰ میلی‌متر متغیر بود (جدول ۲). طبق نتایج، افزایش هر واحد میانگین دمای هوا باعث کاهش دمای ژلاتینه شدن دانه در رقم 'طارم هاشمی' ۰/۹۸ درجه سانتی‌گراد و در رقم 'شیرودی' ۰/٤۷ درجه سانتی‌گراد شد (شکل ۳ الف و ب). در حالی‌که میزان قوام ژل با هر واحد افزایش دما روند افزایشی داشته و در رقم 'طارم هاشمی' ۱۵/۲ میلی‌متر و در رقم 'شیرودی' ۵/۲ میلی‌متر افزایش یافت (شکل ۳ ج و د). در مجموع، اثر دما بر صفات دمای ژلاتینه شدن دانه و قوام ژل در رقم 'طارم هاشمی' بیشتر از رقم 'شیرودی' بود. دمای ژلاتینه شدن با مدت زمان پخت و ماهیت برنج پخته ارتباط داشته اما با نرمی یا سختی بافت برنج پخته همبستگی ندارد (۲۵). مطابق با نتایج مطالعه حاضر، دمای ژلاتینه شدن تحت تأثیر شرایط محیطی بوده و با وقوع دماهای بالا در مرحله زایشی برنج مقدار آن افزایش می‌یابد (۷). قوام ژل شاخصی از بافت برنج پخته و تحت تأثیر شرایط محیطی است، در شرایطی که ارقام دارای مقدار آمیلوز یکسان باشند، ارقام با قوام ژل نرم، بافت برنج پخته بهتری دارند (۲۵). سو و همکاران (۲۰۰۸) در مطابقت با نتایج این مطالعه گزارش کردند که با افزایش ارتفاع محل کشت از سطح دریا میزان قوام ژل کاهش یافت که میزان تغییرات بر اساس نوع رقم متفاوت می‌باشد (۲٦).



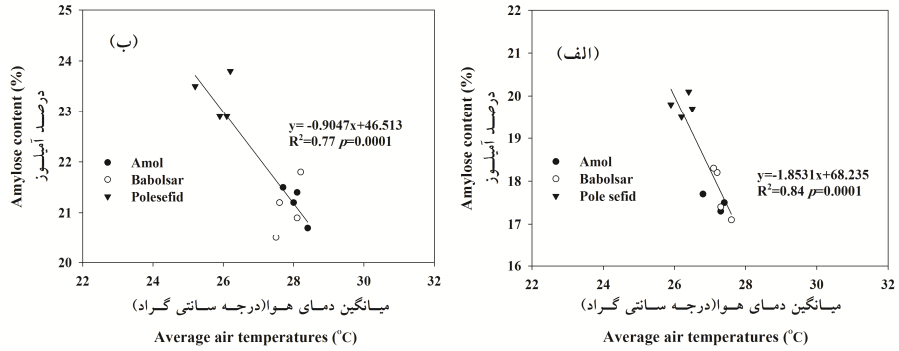


شکل ۳- رابطه بین دمای ژلاتینه شدن دانه (طارم هاشمی (الف) و شیرودی (ب)) و قوام ژل (طارم هاشمی (ج) و شیرودی (د)) با میانگین دمای هوا در طول دوره پر شدن دانه برنج. اعداد در محور عمودی متفاوت می‌باشد.

Figure 3. Relationship between gelatinization temperature ('Tarom Hashemi' (a) and 'Shiroudi' (b)) and gel consistency ('Tarom Hashemi' (c) and 'Shiroudi' (d)) with average air temperatures during rice grain filling stage. Values in the y-axes are different.

رابطه درصد آمیلوز دانه با میانگین دمای هوا در مرحله زایشی: درصد آمیلوز دانه تحت تأثیر شرایط آب و هوایی مناطق مورد مطالعه قرار گرفت (جدول ۲). میزان آمیلوز دانه در رقم 'طارم هاشمی' از ۱۷/۱ تا ۲۰/۱ درصد و در رقم 'شیرودی' از ۲۰/۵ تا ۲۳/۸ درصد متغیر بود (جدول ۲). نتایج حاکی از وجود یک رابطه منفی و معنی‌داری بین درصد آمیلوز دانه با میانگین دما هوا بود (شکل ٤). به طوری‌که، به ازای هر واحد افزایش میانگین دمای هوا، میزان آمیلوز در رقم 'طارم هاشمی' ۱/۹ درصد و در رقم 'شیرودی' ۰/۹ درصد کاهش یافت (شکل ٤ الف و ب). آمیلوز عامل اصلی و تعیین‌کننده کیفیت رقم بوده و تفاوت در میزان آن اساساً به نوع رقم و شرایط محیطی وابسته می‌باشد (۱). از جمله عوامل تأثیرگذار بر میزان آمیلوز دانه برنج می‌توان به موقعیت جغرافیایی منطقه کشت (عرض جغرافیایی و ارتفاع از سطح دریا)، شرایط آب و هوایی (دما، شدت تشعشع و بارندگی)، طول روز و عملیات زراعی اشاره نمود (٤). محققین گزارش کردند که وقوع دماهای پایین در طول دوره پر شدن دانه ناشی از افزایش ارتفاع محل کشت از سطح دریا موجب افزایش میزان آمیلوز برنج شد (۲۸ و ۱۸، ۱). علاوه‌بر این، نتایج سایر مطالعات نشان داد که وقوع دماهای بالا در طول دوره پر شدن دانه موجب کاهش میزان آمیلوز در ارقام مختلف برنج شد (۱۷ و ۲۷). سو و همکاران (۲۰۰۸) نیز بیان داشتند که افزایش ارتفاع از سطح دریا اثر ضعیفی بر میزان آمیلوز دانه برنج داشت که علت آن را می‌توان به‌خاطر سازگاری واریته‌ها با شرایط محیطی نسبت داد (۲٦). هو و همکاران (۲۰۱۲) در مطالعه‌ای ثابت کردند که بین کیفیت برنج و دمای بالا همبستگی منفی وجود داشت (۱۱). زنگ‌زون و همکاران (۲۰۰۵) گزارش کردند که دمای بالا در مرحله پر شدن دانه موجب کاهش آمیلوز شده به گونه‌ای که این میزان کاهش در ارقام مختلف متفاوت بود (۳۰). به‌طور کلی، سنتز و تجمع نشاسته در برنج توسط آنزیم‌های خاصی کاتالیز می‌شود. از جمله این آنزیم‌های می‌توان به آنزیم‌های سنتز نشاسته قابل‌حل، ایجادکننده انشعاب نشاسته، آدنوزین دی‌فسفوگلوکز پیروفسفریلاز و آنزیم

پیونددهنده گرانول‌های نشاسته (GBSS) اشاره کرد (۱). فعالیت این آنزیم‌ها تحت تأثیر دمای هوا در طول دوره پر شدن دانه می‌باشد (۱۳ و ۳۰). کاهش فعالیت آنزیم‌های سنتز نشاسته در شرایط دماهای پایین در مراحل اولیه دوره پر شدن دانه به اثبات رسیده است (۱). فعالیت این آنزیم تعیین‌کننده میزان ذخیره آمیلوز در بافت آندوسپرم می‌باشد (۱). هیرانو و سانو (۱۹۹۸) نیز گزارش کردند که کاهش میزان آمیلوز در ارقام ژاپونیکای برنج در دمای بالا به‌خاطر کاهش فعالیت آنزیم‌های سنتز نشاسته می‌باشد، اگرچه در دماهای بالا حساسیت آنزیم GBSS نسبت به بقیه آنزیم‌های سنتز نشاسته کمتر بود (۹). همچنین، آمیلوپلاست‌ها از جمله اندامک‌های مسئول سنتز و ذخیره گرانول‌های نشاسته در آندوسپرم بوده که فعالیت آن‌ها تحت تأثیر دما می‌باشد. به‌عبارتی، دمای بالا موجب کاهش میزان آمیلوپلاست بالغ و افزایش آمیلوپلاست نارس می‌گردد که نتیجه آن کاهش تولید میزان آمیلوز در دماهای نامطلوب خواهد بود (۵).

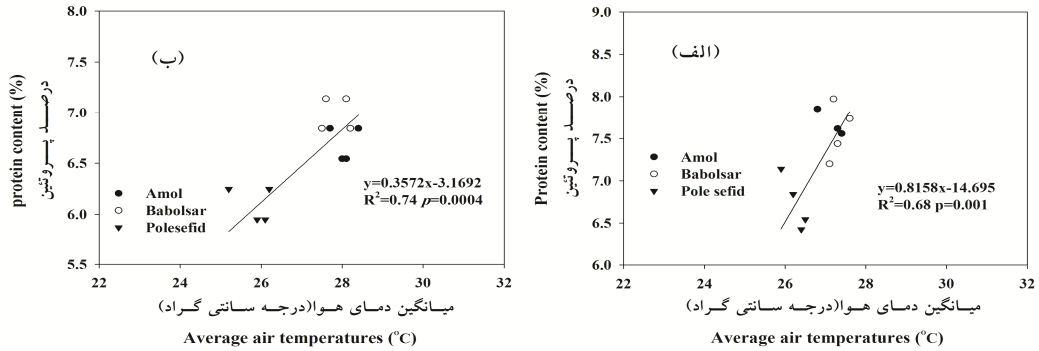


شکل ٤- رابطه بین درصد آمیلوز با میانگین دما هوا در طول دوره پر شدن دانه برنج (طارم هاشمی (الف) و شیرودی (ب)). اعداد در محور عمودی متفاوت می‌باشد.

Figure 4. Relationship between amylose content ('Tarom Hashemi' (a) and 'Shiroudi' (b)) with average air temperatures during rice grain filling stage. Values in the y-axes are different.

رابطه میزان پروتئین دانه با میانگین دمای هوا در مرحله زایشی: محدوده درصد پروتئین دانه در سه منطقه مورد مطالعه از ۵/۹ تا ۸ درصد (برای رقم 'طارم هاشمی' بین ۸-٦/٤ درصد و رقم 'شیرودی' بین ۷/۲-۵/۹ درصد) متغیر بود (جدول ۲). بین میانگین دمای هوا و درصد پروتئین دانه رابطه مثبت و معنی‌دار در هر دو رقم وجود داشت (شکل ۵ الف و ب). با افزایش هر یک درجه سانتی‌گراد میانگین دمای هوا، میزان پروتئین دانه در رقم 'طارم هاشمی' ۰/۸ درصد و رقم 'شیرودی' ۰/٤ درصد افزایش نشان داد (شکل ۵ الف و ب). نشاسته و پروتئین دو جزء اصلی آندوسپرم در تعیین کیفیت برنج می‌باشند و همه صفات کیفیت دانه شامل تبدیل، پخت، ظاهر و ارزش غذایی به میزان آمیلوز، پروتئین و واکنش این دو وابسته می‌باشد (١٤). واکنش نشاسته و پروتئین می‌تواند مانع ژلاتینه شدن نشاسته و از هم گسیختن ساختمان پروتئین هنگام پخت و افزایش ویسکوزیته برنج شود (۳۱). شرایط محیطی از عوامل تأثیرگذار بر میزان پروتئین ذخیره‌ای در آندوسپرم دانه برنج می‌باشد (۵). محققین بسیاری ثابت کردند که دمای بالا در طول دوره پر شدن دانه موجب افزایش درصد پروتئین دانه (۲۹ و ۱۰) و دمای پایین در مرحله پر شدن

دانه موجب کاهش درصد پروتئین دانه برنج خواهد شد (۱). دماهای بالا از طریق حرکت آمینواسیدها از ساقه و برگ‌ها به دانه و افزایش میزان آنزیم پروتئین سنتتاز موجب افزایش پروتئین دانه می‌شود (۱٤). علاوه‌بر این، ضیاء و همکاران (۱۹۹٤) اظهار داشتند که در شرایط دماهای پایین فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز کاهش یافته و تبدیل نیتروژن معدنی به آمینواسید و پروتئین کاهش خواهد یافت (۳۲).



شکل ۵- رابطه بین درصد پروتئین دانه با میانگین دما هوا در طول دوره پر شدن دانه برنج (طارم هاشمی (الف) و شیرودی (ب)). اعداد در محور عمودی متفاوت می‌باشد.

Figure 5. Relationship between protein content ('Tarom Hashemi' (a) and 'Shiroudi' (b)) with average air temperatures during rice grain filling stage. Values in the y-axes are different.

نتیجه‌گیری کلی

نتایج مطالعه حاضر نشان داد که اقلیم‌های متفاوت محلی (با ارتفاع مختلف از سطح آب‌های آزاد) بر صفات کیفی هر دو رقم 'طارم هاشمی' و 'شیرودی' به طور معنی‌داری تأثیرگذار بود. در هر دو رقم، منطقه‌ی پل‌سفید نسبت به دو منطقه آمل و بابلسر از کیفیت دانه بالاتری برخوردار بودند که علت آن را می‌توان به‌خاطر وقوع میانگین دمای هوای پایین‌تر در طول دوره رشد برنج به‌ویژه در مرحله پر شدن دانه در این منطقه نسبت داد. همچنین، یک معادله ساده خطی به خوبی توانست تا روابط بین صفات مورد بررسی و میانگین دما هوا در مرحله زایشی (محدوده ۲٤ تا ۲۹ درجه سانتی‌گراد) را کمّی‌سازی و توصیف کند. با افزایش میانگین دمای هوا کاهش معنی‌داری در کیفیت دانه در هر دو رقم برنج مشاهده شد. با استفاده از یافته‌های این مطالعه به خوبی می‌توان تغییرات کیفیت دانه ارقام 'طارم هاشمی' و 'شیرودی' را در شرایط اقلیمی متفاوت محلی (وابسته به دما) کمّی‌سازی کرد.

سپاسگزاری

بدینوسیله از پژوهشکده ژنتیک و زیست‌فناوری کشاورزی طبرستان و معاونت مؤسسه تحقیقات برنج کشور در مازندران (آمل) به‌خاطر حمایت‌های مالی این مطالعه تشکر و قدردانی می‌گردد.

منابع

1.Ahmed, N., Maekawa, M., and Tetlow, I.J. 2008. Effects of low temperature on grain filling, amylose content, and activity of starch biosynthesis enzymes in endosperm of basmati rice. Crop Pasture Sci. 59: 599-604.

2.Azeez, M.A., and Shafi, M. 1966. Quality in Rice. Technology Bulletin, Department of Agriculture, West Pakistan. 13: 50p.

3.Cagampang, G.B., Perez, C.M., and Juliano, B.O. 1973. A gel consistency test for eating quality of rice. J. Sci. Food Agr. 24: 1589-1594.

4.Champagne, E.T., Bett, K.L., Vinyard, B.T., Webb, B.D., McClung, A.M., Barton, F.E., Lyon, B.G., Moldenhauer, K., Linscombe, S., and Kohlwey, D. 1997. Effects of drying conditions, final moisture content, and degree of milling on rice flavor. Cereal Chem. 74: 566-570.

5.Chen, M.H., Bergman, C., Pinson, S., and Fjellstrom, R. 2008. Waxy gene haplotypes: Associations with apparent amylose content and the effect by the environment in an international rice germplasm collection. J. Cereal Sci., 47: 536-545.

6.Cruz, N.d.l., Kumar, I., Kaushik, R.P., and Khush, G.S. 1989. Effect of temperature during grain development on stability of cooking quality components in rice. Japan. J. Breed. 39: 299-306.

7.Dhaliwal, Y.S., Nagi, H.P., Sidhu, G.S., and. Sekhon, K.S. 1986. Physicochemical, milling and cooking quality of rice as affected by sowing and transplanting dates. J. Sci. Food Agric. 37: 881-887.

8.Habibi, F. 2013. Experimental methods for measuring quality characteristic in rice grain. Rice Research Institute of Iran. Rasht. (In Persian)

9.Hirano, H.Y., Eiguchi, M., and Sano, Y. 1998. A single base change altered the regulation of the Waxy gene at the posttranscriptional level during the domestication of rice. Mol. Biol. Evol. 15: 978-987.

10.Hiromoto, Y., Hisrose, T., Kuroda, M., and Yamaguchi, T. 2007. Comprehensive expression profiling of rice grain filling related genes under high temperature using DNA microarray. Plant Physiol. 144: 258-277.

11.Ho, C., Yang, C., Hsiao, C., and Lai, M. 2012. Effect of climatic conditions during heading to harvest stage on quality of rice cultivar TNG 71. J. Tai. Agri. Res. 61: 222-240.

12.Huang, M., Jiang, L., Zou, Y., and Zhang, W. 2013. On-farm assessment of effect of low temperature at seedling stage on early-season rice quality. Field Crops Res. 141: 63-68.

13.Jiang, H., Dian, W., and Wu, P. 2003. Effect of high temperature on fine structure of amylopectin in rice endosperm by reducing the activity of the starch branching enzyme. Phytochem. 63: 53-59.

14.Jin, Z., Qian, C., Yang, J., Liu, H., and Jin, X. 2005. Effect of temperature at grain filling stage on activities of key enzymes related to starch synthesis and grain quality of rice. Rice Sci. 12: 261-266.

15.Juliano, B. 1971. A simplified assay for milled-rice amylose. Cereal Sci. Today. 16: 334-340, 360.

16.Khush, G.S., Paule, C., and De la Cruz, N.M. 1978. Rice grain quality evaluation and improvement at IRRI, Proceedings of the Workshop on Chemical Aspects of Rice Grain Quality, International Rice Research Institute, Los Banos, Philippines. Pp: 22-31.

17.Kim, J., Shon, J., Lee, C.K., Yang, W., Yoon, Y., Yang, W.H., Kim, Y.G., and Lee, B.W. 2011. Relationship between grain filling duration and leaf senescence of temperate rice under high temperature. Field Crops Res. 122: 207-213.

18.Li, J., and Yuan, J. 2012. Research progress in effects of different altitude on rice yield and quality in China. Greener J. Agr. Sci. 2: 340-344.

19.Liang, C.G., Chen, L.P., Yan, W., Jia, L., Xu, G.L., and Tian, L. 2011. High temperature at grain-filling stage affects nitrogen metabolism enzyme activities in grains and grain nutritional quality in rice. Rice Sci. 18: 210-216.

20.Little, R.R., Hilder, G.B., and Dawson, E.H. 1958. Differential effect of dilute alkali on 25 varieties of milled white rice. Cereal Chem. 35: 111-126.

21.Liu, J., Wang, Q., and Huang, X. 1986. Study on effect of altitude conditions on the quality of rice. Yunnan Agr. Sci. Technol. 5: 27-30.
22. Lopez, C.V.G., Garcia, M.D.C.C., Fernandez, F.G.A., Bustos, C.S., Chisti, Y., and Sevilla, J.M.F. 2010. Protein measurements of microalgal and cyanobacterial biomass. Bioresour. Technol. 101: 7587-7591.
23.Rahimsouroush, H., Rabiei, B., Nahvi, M., and Ghodsi, M. 2007. Study of some morphological, qualitative traits and yield stability of Rice genotypes (*Oryza Sativa* L.). Pajouhesh-va-Sazandegi. 20: 25-32. (In Persian)
24.Rezazadeh, M., Khodarahmpour, Z., and Gilani, A. 2016. Analysis of IRRI rice lines heat stress tolerant by multivariate statistical methods. Electron. J. Crop Prod. 9: 35-55. (In Persian)
25.Singh, R.K., Singh, U.S., and Khush, G.S. 2000. Aromatic rices. Oxford and IBH Publishing Co. Pvt. Lyd. New Delhi, Calcutta. 300p.
26.Su, Z., Liao, X., Zhao, G., Shi, R., Jiang, C., Zou, Q., and Dai, L. 2008. Analysis of grain qualities in Japonica rice (*Oryza sativa* L.) under different altitudes in highland region. Ecol. Environ. 17: 1157-1162.
27.Tanaka, K., Onishi, R., Miyazaki, M., Ishibashi, Y., Yuasa, T., and waya-Inoue, M. 2009. Changes in NMR relaxation of rice grains, kernel quality and physicochemical properties in response to a high temperature after flowering in heat-tolerant and heat-sensitive rice cultivars. Plant Prod Sci. 12: 185-192.
28.Umemoto, T., Nakamura, Y., and Ishikura, N. 1995. Activity of starch synthase and the amylose content in rice endosperm. Phytochemestry, 40: 1613-1616.
29.Yamakawa, H., Hirose, T., Kuroda, M., and Yamaguchi, T. 2007. Comprehensive expression profiling of rice grain filling-related genes under high temperature using DNA microarray. Plant Physiol. 144: 258-277.
30.Zhong, L.J., and Cheng, F.M. 2003. Varietal differences in amylose accumulation and activities of major enzymes associated with starch synthesis during grain filling in rice. Acta Agron. Sinica. 29: 452-456.
31.Zhu, Z.H., Kim, K.Y., Yuan, P.R., Zhao, G.Z., Su, Z.X., Shi, R., Zou, Q., Yang, S.J., and Dai, L.Y. 2010. RVA profile properties for cold tolerant and sensitive cultivars of Japonica rice at different altitudes in Highland region. Chin. J. Rice Sci. 24: 151-156.
32.Zia, M.S., Salim, M., Aslam, M., and Gill, M. 1994. Effect of low temperature of irrigation water on rice growth and nutrient uptake. J. Agr. Crop Sci. 173: 22-31.