نشریه پژوهش‌های تولید گیاهی
جلد بیست و هشتم، شماره اول، ۱۴۰۰
۱-۱۵
http://jopp.gau.ac.ir
DOI: 10.22069/jopp.2021.14824.2324

اثر افزایش دمای هوا در مرحله پر شدن دانه بر میزان تبدیل و ضایعات برنج سفید در شرایط اقلیمی مازندران

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

[۱]دانشجوی دکتری زراعت، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری و کارشناس آزمایشگاه کیفیت بذر مؤسسه تحقیقات برنج کشور – معاونت مازندران، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، آمل، ایران،

[۲]استاد گروه زراعت، پژوهشکده ژنتیک و زیست‌فناوری کشاورزی طبرستان، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران،

[۳]استادیار زراعت، 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

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۱/۲۸؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۸/۲۷

چکیده

سابقه و هدف: کاهش کیفیت تبدیل دانه برنج در اثر تغییرات اقلیمی و افزایش جهانی دما هوا یکی از چالش‌های مهم در بسیاری از مناطق برنج‌خیز دنیا از جمله کشور ما محسوب می‌شود. تغییرات راندمان تبدیل صرف‌نظر از مدیریت زراعی به خصوصیات رقم و شرایط محیطی هر منطقه به‌خصوص دمای هوا در مرحله پر شدن دانه وابسته است. بنابراین، این مطالعه با هدف بررسی تأثیر منطقه محل کشت بر صفات مرتبط با تبدیل دانه در دو رقم برنج (طارم هاشمی و شیرودی) و رابطه بین این صفات با میانگین دمای هوا در طول دوره پر شدن دانه در سه منطقه آمل، بابلسر و پل‌سفید از استان مازندران اجرا شد.

مواد و روش‌ها: سه آزمایش به طور 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 ۲٤ متر بالاتر از سطح آب‌های آزاد) و پل‌سفید (با ارتفاع ٦۲۵ متر بالاتر از سطح آب‌های آزاد) روی دو رقم برنج طارم هاشمی و شیرودی در سال ۱۳۹۳ 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، همه صفات مورد مطالعه سه ماه بعد از برداشت در آزمایشگاه کیفیت بذر مؤسسه تحقیقات برنج آمل اندازه‌گیری گردید.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که اثر اقلیم‌های متفاوت محلی بر برخی از صفات همچون درصد راندمان تبدیل، دانه سالم، خرده و میزان گچی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار گردید. دانه برنج تولید شده در مزارع پل‌سفید از نظر همه صفات کیفی اندازه‌گیری شده نسبت به مزارع آمل و بابلسر از کیفیت تبدیل بالاتری برخوردار بودند. که علت آن را می‌توان به وقوع میانگین دمای هوا پایین‌تر در طول مرحله پر شدن دانه نسبت داد. به‌طور کلی، به ازای افزایش هر یک درجه سانتی‌گراد در میانگین دما هوا در ارقام طارم هاشمی و شیرودی راندمان تبدیل (۱/٤٦ و ۱/۰۳ درصد)، میزان دانه کامل (۳/۵۸ و ۳/۱۱ درصد) و درجه سفیدی (۱/۲۵ و ۱/٤۲ واحد) کاهش یافت. در مقابل، میزان خرده دانه به‌ترتیب ۲/٦۳ و ۲/۵۱ درصد و میزان گچی به‌ترتیب

* مسئول مکاتبه: nahidfathi21@yahoo.com

۱/٦٥ و ٤/٢٤ درصد افزایش نشان دادند. سود اقتصادی تبدیل به ازای هر یک درجه سانتی‌گراد افزایش دما، برای رقم 'شیرودی' و 'طارم هاشمی' به‌ترتیب ۱۲/۰۰۰/۰۰۰ و ۸۰۰۰/۰۰۰ ریال در هر هکتار کاهش یافت.

نتیجه‌گیری: از نتایج مطالعه حاضر می‌توان برای پیش‌بینی میزان ضایعات تبدیل دانه برنج و برآورد اثرات دما بر سود اقتصادی در شرایط اقلیمی مازندران استفاده نمود. بر اساس یافته‌های این مطالعه می‌توان تغییرات کیفیت دانه برنج به دما را در هر دو رقم 'طارم هاشمی' و 'شیرودی'، تحت شرایط اقلیم‌های متفاوت محلی مازندران برآورد نمود.

واژه‌های کلیدی: تجزیه رگرسیون، دانه برنج، راندمان تبدیل، میزان گچی

مقدمه

برنج (*Oryza sativa* L.) منبع اولیه درآمد حدود یک میلیارد نفر و غذای ثابت بیش از نیمی از مردم جهان محسوب می‌شود (٦). با توجه به روند افزایش جمعیت و تقاضای بازارهای جهانی، تولید این محصول تا سال ۲۰۳۵ میلادی باید ۳۵ درصد افزایش یابد (۷). علاوه بر خصوصیات رقم، عوامل محیطی مانند دمای هوا، خشکی، شوری و غلظت دی‌اکسیدکربن از جمله عوامل تأثیرگذار بر عملکرد و کیفیت برنج می‌باشند (۱۰). افزایش دمای محیط به‌خصوص در طی دوره پرشدن دانه به علت تأثیر بر ساختار ظاهری دانه برنج جهت بازارپسندی یک رقم بسیار تعیین‌کننده می‌باشد (۱۰). طبق پیش‌بینی مجمع بین‌المللی تغییر اقلیم در سال ۲۰۰۷، دمای هوا بین ۱/۸ تا ٤ درجه سانتی‌گراد (به طور متوسط ۰/۲ درجه سانتی‌گراد در هر دهه) تا پایان قرن ۲۱ افزایش خواهد یافت (۲). افزایش تدریجی دمای هوا موجب کاهش عملکرد محصولات کشاورزی به‌ویژه برنج خواهد شد (۱۹). عملکرد شلتوک و کیفیت تبدیل از عوامل تأثیرگذار بر امنیت غذایی و ارزش اقتصادی هستند که افزایش دما هوا به‌طور قابل‌توجهی مقدار این صفات را کاهش می‌دهد (۲۰). گزارش شده است که به‌ازای هر یک درجه سانتی‌گراد افزایش دما هوا عملکرد شلتوک بسته به رقم تا حدود ۱۰ درصد کاهش می‌یابد (۲۳).

به‌طورکلی، عملکرد شلتوک به تنهایی در انتخاب ارقام برنج مهم نیست، بلکه خصوصیات کیفی دانه از جمله ابعاد دانه، ظاهر، رنگ بافت و خصوصیات تبدیل نیز در تجارت و محبوبیت یک رقم برنج دخیل می‌باشند (۳۱). میزان استحصال برنج سفید از شلتوک (راندمان تبدیل) و خصوصیات فیزیکی دانه برنج به‌خاطر تأثیرگذاری بر میزان ضایعات، قیمت، بازارپسندی و درآمد نهایی تولید از جایگاه ویژه‌ای برخوردار است (۱۰). ظاهر عمومی دانه برنج شامل سفیدی، شفافیت و میزان گچی بودن است که بر کیفیت و بازارپسندی اثر می‌گذارد (۲٦). شفافیت یک ویژگی مطلوب و گچی بودن یک ویژگی نامطلوب برای کیفیت برنج محسوب می‌شود. هر چه میزان گچی بودن دانه بیشتر باشد، تمایل بازار برای خرید آن رقم کم‌تر می‌شود (۱۱). گرانول‌های نشاسته در نواحی گچی از تراکم کم‌تری برخوردار بوده و در هنگام تبدیل ضعیف و به راحتی شکسته می‌شوند. شرایط آب و هوایی نامطلوب مانند دمای بالا و تشعشع پایین در دوره پر شدن دانه بر میزان گچی بودن تأثیرگذار است (۱). هر تنشی در مزرعه در نهایت از ارزش اقتصادی نهایی (کیفیت تبدیل) می‌کاهد (۲۰). به‌طورکلی، افزایش دمای هوا می‌تواند علاوه بر کاهش عملکرد شلتوک قابل تبدیل، میزان دانه‌های گچی، ترک‌دار شدن دانه، شکل دانه، میزان دانه سالم و خرده که مرتبط با کیفیت تبدیل می‌باشند

را تحت‌تأثیر قرار دهد (۱۸). در فرایند تبدیل از شلتوک، دانه برنج سفید سالم و خرده به دست می‌آید. دماهای بالا در مرحله پر شدن دانه باعث کاهش میزان دانه سالم و افزایش میزان دانه خرده خواهد شد (٤). از طرفی، افزایش دمای هوا موجب افزایش درصد گچی آندوسپرم دانه شده که نتیجه آن افزایش میزان دانه خرده و کاهش نسبت برنج سالم به خرده در طول مراحل تبدیل می‌باشد (۸). در آزمایش دیگر گزارش شده است که تنش دمای بالا در مرحله پر شدن دانه صرف‌نظر از کاهش عملکرد ناشی از محدودیت فرآورده‌های فتوسنتزی و کوتاه شدن دوره پر شدن دانه، باعث کاهش کیفیت دانه برنج در ظاهر، درصد سفید شدن، افزایش میزان دانه‌های گچی و میزان بازیافت پایین‌تر برنج سالم می‌گردد (۱۰).

بنابراین، کاهش کیفیت تبدیل دانه برنج در اثر تنش گرمایی ناشی از افزایش جهانی دما یکی از دغدغه‌ها و نگرانی‌های مهم در بسیاری از مناطق برنج‌خیز دنیا از جمله کشور ما محسوب می‌شود. تلاش برای افزایش کیفیت دانه برنج و کاهش ضایعات آن در آینده امری اجتناب ناپذیر در کشور می‌باشد. اما مقدار تغییرات در این صفات صرف‌نظر از مدیریت زراعی به خصوصیات رقم (عوامل ژنتیکی) و شرایط محیطی هر منطقه وابسته بوده و می‌تواند از سالی به سال دیگر و از مزرعه‌ای به مزرعه دیگر متفاوت باشد (١٤). هم‌چنین علی‌رغم مطالعات زیاد در زمینه بررسی اثر دما بر کاهش عملکرد برنج، تحقیق و پژوهش انجام شده در رابطه با اثرات تغییر دما بر کاهش کیفیت تبدیل و عملکرد نهایی برنج سفید اندک می‌باشد. اگرچه بررسی اثر تغییر شرایط اقلیمی بر عملکرد کمی و کیفی 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 نماید (۱۵). بنابراین، این مطالعه با هدف بررسی تأثیر اقلیم منطقه محل کشت بر صفات تبدیل دانه در دو رقم برنج (طارم هاشمی و شیرودی) و رابطه بین این صفات با میانگین دمای هوا در طول دوره پر شدن دانه در استان مازندران اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی ۱۳۹۳ در سه منطقه در استان مازندران با ارتفاع متفاوت از سطح دریا اجرا شد. مناطق مورد مطالعه شامل مزارع بابلسر، آمل و پل‌سفید بودند. آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار در هر منطقه اجرا و برای تجزیه داده‌ها از روش تجزیه مرکب استفاده گردید. در هر منطقه از مزارع کشاورزان پیشرو (معرفی‌شده توسط مرکز جهاد کشاورزی) آن منطقه استفاده شد. ارقام مورد مطالعه طارم هاشمی (کم‌محصول و با کیفیت دانه بالا) و شیرودی (پرمحصول و با کیفیت دانه متوسط) بودند. هر دو رقم در سطح وسیعی از مزارع برنج شمال کشور مورد کشت و کار قرار می‌گیرند. نیاز پایه کودی شامل کودهای شیمیایی فسفر (سوپرفسفات تریپل) و پتاسیم (سولفات پتاسیم) برای هر مزرعه در هر منطقه به‌طور جداگانه و بر اساس نتایج آزمون خاک محاسبه و قبل از نشاءکاری اعمال شد (جدول ۱). میزان مصرف کود اوره در منطقه آمل، بابلسر و پل سفید به‌ترتیب ۱۰۰، ۱۱۰ و ۹۰ کیلوگرم در هکتار برای رقم طارم هاشمی و ۲۰۰، ۲۲۰ و ۱۸۰ کیلوگرم در هکتار برای رقم شیرودی بود. مصرف کود سوپر فسفات تریپل ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار برای رقم طارم هاشمی و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار برای رقم شیرودی در سه منطقه و ۵۰ کیلوگرم سولفات پتاسیم کیلوگرم برای هر دو رقم بوده است.

کود اوره در تمامی مزارع به‌صورت تقسیطی و در سه مرحله قبل از کاشت، حداکثر پنجه‌زنی و خوشه‌دهی به‌صورت سرک به میزان توصیه شده کودپاشی شد. نشاکاری با گیاهچه‌های پرورش یافته در خزانه در مرحله سه تا چهار برگی (۲۵ سانتی‌متری) با فاصله ۲۵×۲۵ سانتی‌متر برای رقم شیرودی و ۲۰×۲۰ برای رقم هاشمی به صورت سه بوته در هر کپه انجام شد. آفات، بیماری و علف‌های هرز در مواقع ضروری به‌صورت شیمیایی (آفات و بیماری) و دستی (وجین برای علف‌هرز) کنترل شدند. داده‌های هواشناسی شامل دماهای بیشینه و کمینه (درجه سانتی‌گراد)، رطوبت نسبی (درصد)، ساعت آفتابی و بارندگی (میلی‌متر) به‌صورت روزانه از نزدیک‌ترین ایستگاه هواشناسی هم‌دیدی به مزارع مورد مطالعه جمع‌آوری گردید (جدول ۲).

جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مناطق مورد آزمایش.

Table 1. Physicochemical properties of soil in studied regions.

منطقه Location	بافت خاک Soil texture	EC (dS/m)	pH	OC (%)	N (%)	P (mg/ kg)	K (mg/ kg)
آمل Amol	لومی رسی Clay loamy	0.64	7.2	1.8	0.183	10.9	231
بابلسر Babolsar	لومی رسی Clay loamy	0.62	7.2	2	0.204	8.5	231
پل‌سفید Polesefid	لومی رسی Clay loamy	0.58	7	1.6	0.178	9.9	215

جدول ۲- میانگین دمای کمینه، بیشینه، رطوبت نسبی، تشعشع خورشیدی و مجموع بارندگی سه منطقه آمل (۳۶ درجه و ۲۸ دقیقه شمالی و ۵۲ درجه و ۲۳ دقیقه شرقی با ارتفاع ۲۴ متر)، بابلسر (۳۶ درجه و ٤ دقیقه شمالی و ۵۲ درجه و ٤ دقیقه شرقی با ارتفاع ۲۱ – متر) و پل‌سفید (۳۶ درجه و ۲ دقیقه شمالی و ۵۳ درجه و ۳ دقیقه شرقی با ارتفاع ۶۲۵ متر) در دوره آزمایش (از مرحله ۵۰ درصد گلدهی تا رسیدگی برداشت) در مقایسه با آمار بلندمدت ۱۰ ساله (۱۳۹۳-۱۳۸۳) مناطق مورد مطالعه.

Table 2. Weather parameters including minimum and maximum air temperatures, relative humidity, solar radiation and rainfall for three sites (Amol (36.28 °N, 52.23°E, +24m), Babolsar (36.04 °N, 52.04°E, -21m) and Polesefid (36.2 °N, 53.03°E, +625m)) during the reproductive stage (from 50% of flowering to harvesting time) in comparison with a long time weather conditions (2004-2014).

منطقه Location	دمای کمینه Minimum temperature (°C)		دمای بیشینه Maximum temperature (°C)		رطوبت نسبی Relative humidity (%)		مجموع بارندگی Precipitation (mm)		تشعشع خورشیدی Solar radiation (MJ m^{-2} d^{-1})	
	دوره آزمایش During of experiment	بلندمدت Long time	دوره آزمایش During of experiment	بلندمدت Long time	دوره آزمایش During of experiment	بلندمدت Long time	دوره آزمایش During of experiment	بلندمدت Long time	دوره آزمایش During of experiment	بلندمدت Long time
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

در مرحله رسیدگی کامل، دو مترمربع از هر مزرعه با حذف اثر حاشیه‌ای 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 به‌مدت سه ماه در دمای اتاق نگهداری شدند (۸). پس از طی این دوره، رطوبت شلتوک با دستگاه رطوبت‌سنج (Kett، ساخت ژاپن) اندازه‌گیری و در صورت بالا بودن رطوبت، شلتوک‌ها به‌مدت دو روز در دمای ٤٥ درجه سانتی‌گراد در درون دستگاه آون (Memmert، ساخت آلمان) قرار داده شدند تا رطوبت آن‌ها به ۱۱ درصد کاهش یافت. مواد خارجی، کاه و کلش و دانه پوک از نمونه‌ها جدا شد. سپس 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. وزن برنج قهوه‌ای، برنج سفید، پوسته و سبوس برنج توسط ترازو با دقت ۰/۰۰۱ گرم توزین گردید. راندمان تبدیل (میزان برنج سفیدی که از مقدار مشخصی شلتوک به‌دست می‌آید) از تقسیم وزن برنج سفید (مجموع دانه کامل و خرده) به وزن شلتوک اولیه (داده شده به دستگاه پوست‌کن) و درجه تبدیل، معیار اندازه‌گیری لایه سبوس برداشته شده از برنج قهوه‌ای، از تقسیم وزن برنج سفید به برنج قهوه‌ای محاسبه شد. درصد پوسته و سبوس نیز از نسبت وزن پوسته و وزن سبوس به وزن شلتوک اولیه برآورد شد. پس از جداسازی دانه‌های خرده و کامل در ۵۰ گرم نمونه برنج سفید و توزین آن با ترازوی حساس مقدار برنج کامل و خرده نیز اندازه‌گیری شد. دانه‌های کوچک‌تر از سه چهارم دانه کامل به عنوان خرده در نظر گرفته شدند. درصد برنج کامل و خرده به‌ترتیب از تقسیم وزن برنج کامل و خرده بر میزان شلتوک اولیه محاسبه گردیدند (۱۱).

برای تعیین درصد گچی یا میزان شکم‌سفیدی دانه، از هر تکرار ۲۰ گرم نمونه تهیه و به چهار قسمت مساوی (پنج گرم) تقسیم شد. در هر چهار قسمت دانه‌های گچی جدا شده، وزن شده و با تقسیم آن بر وزن کل هر قسمت (پنج گرم) درصد گچی آن محاسبه گردید (۲۷). در واقع آن دسته از دانه‌هایی که حدود ۵۰ درصد دانه کامل نقاط گچی داشتند به‌عنوان دانه گچی در نظر گرفته شدند. اندازه‌گیری میزان سفیدی نیز با استفاده از دستگاه سفیدسنج (مدل C-100 شرکت Kett ساخت ژاپن) انجام شد که میزان سفیدی نمونه‌ها به‌صورت عدد توسط این دستگاه نشان داده می‌شود. جهت تعیین میانگین دمای هوای روزانه هر یک از مزارع در طول مرحله زایشی، از روش میانگین‌گیری دمای هوای روزانه از مرحله گلدهی (۵۰ درصد گلدهی) تا مرحله رسیدگی برداشت به‌صورت جداگانه استفاده گردید. برآورد میزان ضایعات و درآمد نیز بر اساس رابطه پیشنهاد شده توسط لانینگ و همکاران (۲۰۱۱) $[pmill = (p1 \times ynchr) + (p2 \times (ychr + ybk))]$ انجام شد. که در آن pmill، سود حاصل از تبدیل، p1 و p2 به‌ترتیب قیمت نمونه سالم (بدون دانه گچی و دانه خرده) و نمونه همراه با دانه گچی و خرده، ynchr، عملکرد نمونه سالم، ychr، عملکرد نمونه گچی و ybk، عملکرد دانه خرده می‌باشند (۱۸). نرمال بودن توزیع داده‌ها با استفاده از آزمون کولموگروف- اسمیرونوف انجام 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 و شکل‌ها به کمک نرم‌افزار سیگماپلات نسخه ۱۱ ترسیم شد.

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 ۲). 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 گردید. 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 مترمربع 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 نیز در مزارع بابلسر با میانگین ۲۲/٤ مگاژول در مترمربع در روز مشاهده شد.

تغییرات پارامترهای تبدیل ارقام تحت شرایط اقلیم محلی مازندران: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که پارامترهای تبدیل شامل راندمان تبدیل، درصد سبوس، درصد برنج کامل و خرده، درصد دانه‌های گچی و درجه سفیدی تحت‌تأثیر شرایط آب و هوایی مناطق مورد آزمایش به خصوص دما هوا (ناشی از افزایش ارتفاع محل کشت از سطح آب‌های آزاد) در مرحله پر شدن دانه قرار گرفتند (جدول ۳). بین دو رقم نیز از نظر تمامی صفات مورد مطالعه تفاوت معنی‌داری وجود داشت که علت آن را می‌توان به خصوصیات ژنتیکی رقم نسبت داد، زیرا رقم شیرودی جزء ارقام اصلاح‌شده و رقم طارم هاشمی جزء ارقام محلی برنج محسوب می‌شوند. اما اثر متقابل رقم بر منطقه تنها در دو صفت درصد پوسته و درصد گچی به‌ترتیب در سطح احتمال پنج و یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۳). بیش‌ترین میزان درصد پوسته مربوط به رقم طارم هاشمی بابلسر و کم‌ترین آن مربوط به رقم شیرودی پل سفید هم‌چنین بیش‌ترین میزان دانه گچی نیز مربوط به رقم شیرودی مزارع بابلسر و کم‌ترین آن مربوط به رقم هاشمی مزارع پل سفید بود (داده نشان داده نشده است). مزارع منطقه پل‌سفید کم‌ترین میزان گچی و دانه خرده و هم‌چنین بیش‌ترین مقدار دانه کامل و راندمان تبدیل را بین سه منطقه مورد مطالعه داشت. در هر سه منطقه، رقم طارم هاشمی نیز (با ۵/۸ و ۲/۹ درصد به‌ترتیب دانه خرده و دانه گچی) شرایط بهتری نسبت به رقم شیرودی (با ۱۰/۲ و ۱۱/۷ درصد به‌ترتیب دانه خرده و دانه گچی) نشان داد (جدول ٤). دمای بالا در مرحله پر شدن دانه باعث کاهش میزان دانه کامل و افزایش میزان دانه خرده برنج می‌شود (٤). به‌عبارتی دیگر، افزایش دمای هوا در مرحله پر شدن دانه با تأثیر بر میزان گچی آندوسپرم دانه، میزان دانه خرده نسبت به برنج کامل را افزایش داد (۸). طبق نتایج این مطالعه بهترین مقدار پارامترهای تبدیل 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. بهبود صفات تبدیل در مزارع پل‌سفید را می‌توان به وقوع دماهای پایین در مرحله زایشی در این منطقه نسبت داد.

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس صفات مرتبط با کیفیت تبدیل مورد مطالعه در دو رقم شیرودی و طارم هاشمی تحت شرایط متفاوت محلی مازندران.

Table 3. The results of analysis of variance of traits related to the milling quality of the studied two varieties in Shiroudi and Tarom Hashemi under different local conditions of Mazandaran.

درجه سفیدی Whiteness	میزان گچی (٪) Chalkiness	برنج خرده (٪) Brocken grain	دانه کامل (٪) Whole grain	درجه تبدیل (٪) Milling degree	درصد سبوس Percent of bran	درصد پوسته Percent of husk	راندمان تبدیل (درصد) Recovery of milling	درجه آزادی Degree of freedom	منابع تغییرات Source of variation
15.02**	96.12**	44.29**	80.06**	0.06	3.42**	0.3	5.73**	2	منطقه Location
1.03	0.99	3.01	2.95	0.52	0.32	0.32	0.31	9	خطای بلوک در منطقه Block*location
77.40**	46.13**	108.37**	11.87*	7.15**	6.2**	10.67**	35.53**	1	رقم Variety
2.64	44.39**	4.35	6.75	2.24	0.32	0.81*	0.46	2	رقم*منطقه Variety*location
0.67	1.33	1.16	2.62	0.87	0.36	0.18	0.41	9	خطای کل Total error
1.38	15.79	15.32	2.63	1.07	5.94	2.08	0.92		ضریب تغییر (درصد) Coefficient of variation (%)

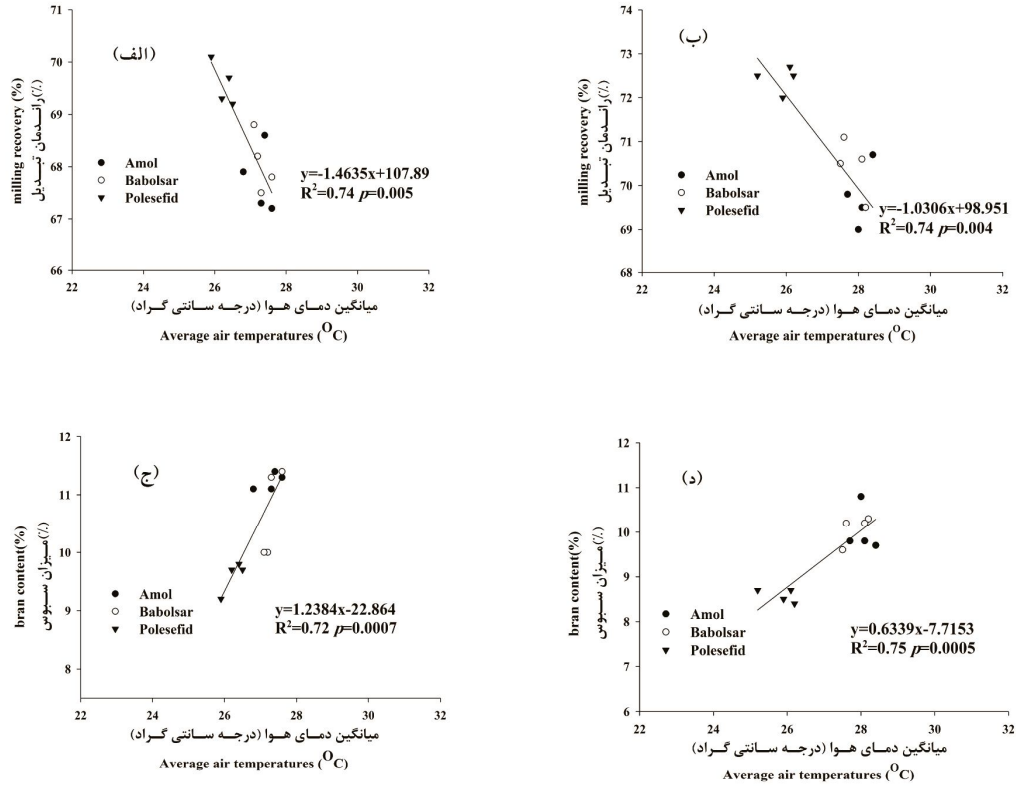
جدول ٤- مقایسه میانگین صفات مرتبط با کیفیت تبدیل مورد مطالعه در دو رقم شیرودی و طارم هاشمی تحت شرایط متفاوت محلی مازندران.

Table 4. Means comparison of traits related to the milling quality of the studied two varieties in Shiroudi and Tarom Hashemi under different local conditions of Mazandaran.

درجه سفیدی Whiteness	میزان گچی (٪) Chalkiness	برنج خرده (٪) Brocken grain	دانه کامل (٪) Whole grain	درجه تبدیل (٪) Milling degree	درصد سبوس Percent of bran	درصد پوسته Percent of husk	راندمان تبدیل (درصد) Recovery of milling		
55.46 b	8.52 b	8.57 b	60.87 b	86.86 a	10.04 a	20.37 a	69.25 b	آمل Amol	منطقه Location
55.67 b	9.98 a	10.07 a	58.67 c	86.90 a	10.5 a	20.72 a	68.75 b	بابلسر Babolsar	
57.77 a	3.39 c	5.42 c	64.96 a	86.70 a	9.32 b	20.46 a	70.40 a	پل سفید Polesefid	
54.62 b	11.68 a	10.17 a	60.64 b	87.32 a	9.57 b	19.8 b	70.06 a	طارم هاشمی Tarom hashemi	رقم Variety
57.99 a	2.92 b	5.84 b	62.33 a	86.25 b	10.58 a	21.17 a	68.33 b	شیرودی Shiroodi	

** و * به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد به روش LSD.

رابطه راندمان تبدیل و درصد سبوس با میانگین دمای هوا در مرحله زایشی: راندمان تبدیل یکی از عوامل مهم اثرگذار بر میزان درآمد کشاورز بوده و قابلیت دانه برنج به تبدیل و سفیدشدگی با کم‌ترین شکستگی را نشان می‌دهد (۳۱). محدوده تغییرات راندمان تبدیل در رقم طارم هاشمی در سه منطقه از ٦٧/٢ تا ٦٩/٣ درصد و برای رقم شیرودی از ٦٩ تا ٧٢/٥ درصد متغیر بود. راندمان تبدیل رابطه منفی و معنی‌داری با میانگین دما هوا در مرحله زایشی داشت (شکل ۱- الف و ب). نتایج نشان داد که به ازای هر یک درجه افزایش میانگین دما هوا (وابسته به ارتفاع از سطح دریا) در مرحله زایشی، راندمان تبدیل در رقم طارم هاشمی ١/٤٦ درصد و در رقم شیرودی ۱/۰۳ درصد کاهش یافت (شکل ۱-الف و ب). در مقابل، رابطه بین درصد سبوس و میانگین دمای هوا یک رابطه مثبت و معنی‌دار بود و به ازای هر واحد افزایش در میانگین دمای هوا، درصد سبوس در ارقام طارم هاشمی و شیرودی به‌ترتیب ١/٢٤ و ٠/٦٣ درصد افزایش یافت (شکل ۱-ج و د). عوامل زیادی بر راندمان تبدیل مؤثرند که می‌توان به دمای هوا در مرحله پر شدن دانه، رطوبت هوا در زمان برداشت و سختی دانه (ژنتیکی) اشاره کرد (۱). وقوع دماهای بالا در طی دوره پر شدن دانه از طریق ایجاد تنفس بالا و محدودیت تجمع فرآورده‌های فتوسنتزی باعث تولید دانه‌های لاغر، نابالغ و باریک، کاهش وزن، ترک‌دار شدن و افزایش درصد گچی دانه شده که می‌توانند از عوامل اصلی کاهش راندمان تبدیل باشند (٣٤). عملکرد و کیفیت تبدیل دو عامل تعیین‌کننده ارزش اقتصادی برنج از مزرعه به بازار می‌باشند (٣٤). مطابق با نتایج این مطالعه، سایر پژوهشگران گزارش نمودند که با افزایش دمای هوا راندمان تبدیل کاهش خواهد یافت (۲۵). به‌طورکلی، راندمان تبدیل ارقام مشابه در شرایط اقلیمی متفاوت ممکن است یکسان نباشد. نتایج گزارش‌های قبلی بیانگر آن است که تغییرات دمای هوا در ۳۰ روز پس از خوشه‌دهی به‌عنوان حساس‌ترین مرحله به دما بوده که موجب بیش‌ترین کاهش راندمان تبدیل در دانه خواهد شد (۳۳). به‌طور مشابه، پژوهشگران دیگری گزارش کردند که برنج‌های تولید شده در دماهای بالا به‌دلیل دارا بودن درصد دانه گچی بالاتر و شکستگی بیش‌تر، راندمان تبدیل کم‌تری داشتند (١٦).



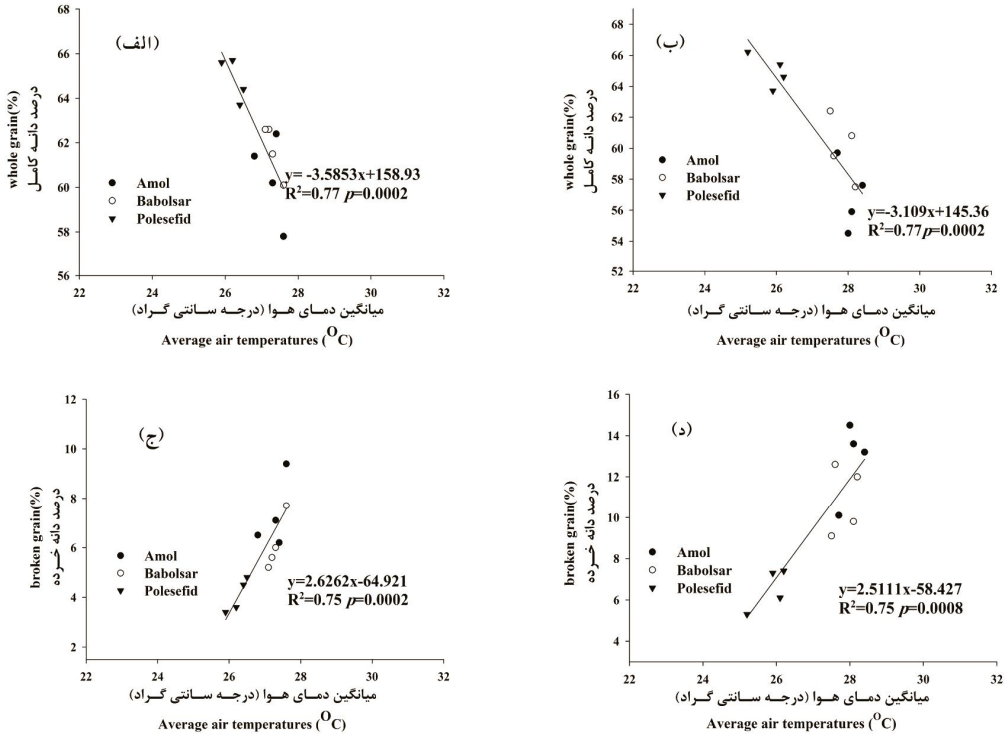
شکل ۱- رابطه بین راندمان تبدیل (طارم هاشمی (الف) و شیرودی (ب)) و درصد سبوس (طارم هاشمی (ج) و شیرودی (د)) با میانگین دمای هوا در طول دوره پر شدن دانه برنج (از مرحله ۵۰ درصد گلدهی تا مرحله رسیدگی برداشت). اعداد در محور عمودی متفاوت می‌باشد.

Fig. 1. Relationship between milling recovery ('Tarom Hashemi' (a) and 'Shiroudi' (b)) and bran percent with average air temperatures during rice grain filling stage (from 50% flowering stage to harvest maturity stage). Values in the y axes are different.

رابطه درصد دانه کامل و خرده با میانگین دمای هوا در مرحله زایشی: صرف‌نظر از شرایط فرآوری در کارخانه، تولید مقدار بیشتر دانه کامل و افزایش سهم آن در فرآیند تبدیل کاملاً تحت‌تأثیر خصوصیات رقم، شرایط محیطی در زمان پر شدن دانه، میزان گچی بودن دانه و برخی عملیات زراعی مانند مصرف کود نیتروژنه می‌باشد (۳۶). محدوده تغییرات میزان دانه کامل در سه منطقه از ٥٤/٥ تا ٦٦/٢ درصد (وابسته به رقم) متغیر بود. رابطه بین این صفت و میانگین دمای هوا یک رابطه خطی منفی و معنی‌داری بود (شکل ۲-الف و ب). به عبارت دیگر، وقوع دماهای پایین در مرحله زایشی (منطقه پل‌سفید) موجب افزایش درصد دانه کامل در ارقام مورد مطالعه شد.

نتایج بیانگر آن بود که به ازای هر واحد افزایش در میانگین دما هوا، درصد دانه کامل برنج ارقام طارم هاشمی وشیرودی به‌ترتیب ۳/٦ و ۳/۱ کاهش یافت (شکل ۲-الف و ب). علاوه بر این، درصد دانه خرده برای رقم طارم هاشمی بین ۳/٤ تا ۹/٤ درصد و در رقم شیرودی بین ٥/٥ تا ١٤/٥ درصد متغیر بود. به‌طور مشابه، برای توصیف این روابط نیز از یک معادله ساده خطی استفاده شد. مطابق نتایج رابطه معکوسی بین درصد دانه خرده و میانگین دما هوا (رابطه مثبت و معنی‌دار) نسبت به درصد دانه کامل مشاهده شد. به‌ازای هر واحد افزایش دما، درصد دانه خرده رقم طارم هاشمی ۲/٦۲ و رقم شیرودی ۲/٥۱ درصد افزایش یافت (شکل ۲-ج و د).

درصد دانه کامل تعیین‌کننده کیفیت تبدیل یک رقم محسوب می‌شود (۳۳). دانه‌های گچی، ترک‌دار و نابالغ مقاومت کم‌تری به مراحل پوست‌کنی داشته و دانه خرده بیش‌تری تولید می‌کنند (۱). میزان دانه کامل به عوامل ژنتیکی (رقم)، عملیات زراعی در مراحل تولید، شرایط محیطی در زمان پر شدن دانه، زمان برداشت، مراحل خشک کردن دانه و فرآیند تبدیل در کارخانه وابسته است (۲٤). وجود رابطه منفی بین درصد برنج کامل و افزایش دمای محیط در مرحله پر شدن دانه به اثبات رسیده است (۲۹). به طور مشابه، پژوهشگران دیگری گزارش کردند که با افزایش ارتفاع محل کشت از سطح دریا، به‌دلیل کاهش دما درصد برنج کامل افزایش می‌یابد (۳۰). هم‌چنین افزایش دما در محدوده ۲۳ تا ۳۰ درجه سانتی‌گراد میزان دانه کامل را کاهش می‌دهد (۳). وقوع دماهای بالا در مرحله پر شدن دانه به همراه تشعشع طولانی‌مدت از طریق افزایش میزان گچی شدن و ترک‌دار کردن دانه‌ها باعث کاهش درصد دانه کامل و افزایش درصد دانه خرده خواهند شد (۱۷ و ۲۲). در مقابل، طول دانه، فشردگی بیش‌تر سلول آندوسپرمی به‌همراه فضای کوچک‌تر هوا بین سلول‌ها و وجود ترکیبات پروتئینی بیش‌تر در دانه‌های غیرگچی در دماهای پایین کاهش درصد دانه خرده را به همراه دارد (۱٤). به‌عبارت دیگر، در زمان وقوع دماهای بالا در مرحله پر شدن دانه، گرانول‌های نشاسته در مناطق گچی دانه نسبت به مناطق شفاف سخت نبوده و از تراکم کم‌تری برخوردار هستند، در نتیجه در این قسمت‌ها مولکول‌های هوا قرار گرفته و طی مراحل تبدیل ممکن است راحت‌تر خرد گردند (۱۳).

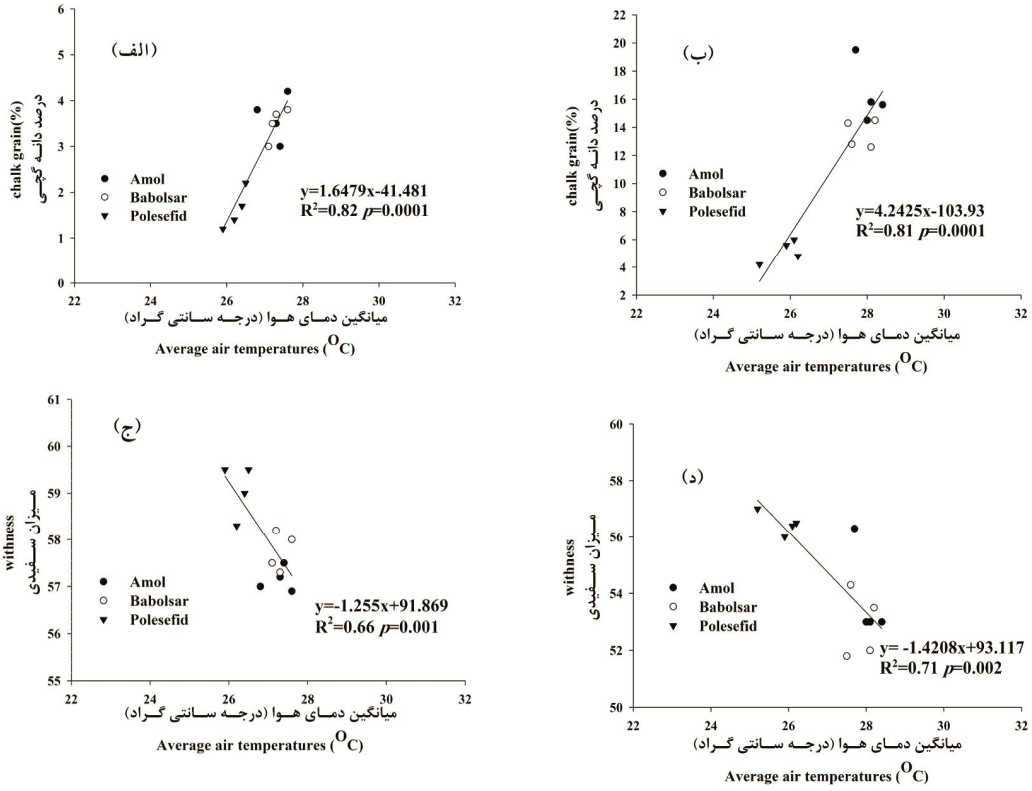


شکل ۲- رابطه بین درصد دانه کامل (طارم هاشمی (الف) و شیرودی (ب)) و درصد دانه خرده (طارم هاشمی (ج) و شیرودی (د)) با میانگین دما هوا در طول دوره پر شدن دانه برنج (از مرحله ۵۰ درصدگلدهی تا مرحله رسیدگی برداشت). اعداد در محور عمودی متفاوت می‌باشد.

Fig. 2. Relationship between whole grain ('Tarom Hashemi' (a) and 'Shiroudi' (b)) and broken grain percent with average air temperatures during rice grain filling stage (from 50% flowering stage to harvest maturity stage). Values in the y axes are different.

رابطه میزان گچی دانه و میزان سفیدی با میانگین دمای هوا در مرحله زایشی: میزان گچی شدن و میزان سفیدی دانه تحت‌تأثیر مناطق مورد آزمایش قرار گرفت و اختلافات در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار گردید. افزایش دما باعث افزایش درصد گچی دانه و کاهش میزان سفیدی دانه شد (شکل ۳). تغییرات درصد دانه گچی در رقم طارم هاشمی از ۱/۲ تا ٤/۲ درصد و در رقم شیرودی از ٤/۲ تا ۱۹/۵ درصد متغیر بود. طبق نتایج، افزایش هر واحد میانگین دما هوا باعث افزایش درصد گچی در رقم طارم هاشمی ۱/٦۵ درصد و در رقم شیرودی ٤/۲٤ درصد شد (شکل ۳–الف و ب). میزان سفیدی دانه نیز با هر واحد افزایش دما روند کاهشی داشته و در رقم طارم هاشمی ۱/۲ واحد و در رقم شیرودی ۱/٤ واحد کاهش یافت (شکل ۳–ج و د). در مجموع، اثر دما بر صفات درصد گچی و میزان سفیدی دانه در رقم طارم هاشمی کم‌تر از رقم شیرودی بود. کیفیت ظاهری دانه بر مبنای محتوای آندوسپرم و میزان گچی بودن آن تعیین می‌شود (۳۵). گچی بودن دانه در سه گروه یعنی شکم‌سفیدی، پشت‌سفیدی و مرکزسفیدی تقسیم شده و هر چه میزان گچی دانه بیش‌تر باشد از میزان بازارپسندی نمونه‌ها کاسته می‌شود (٢٤). درصد گچی علاوه بر کاهش ارزش ظاهری دانه، راندمان تبدیل را نیز کاهش می‌دهد (٢٤). پژوهشگران بیان نمودند با افزایش ارتفاع محل کشت از سطح دریا و کاهش دما، میزان گچی شدن دانه کاهش می‌یابد (٦).

در مقابل، دمای بالا در طول دوره پر شدن دانه باعث افزایش میزان گچی شدن دانه می‌شود (۱۲). افزایش دمای شب نیز موجب افزایش میزان گچی و کاهش شفافیت دانه می‌شود (۲۸). طبق نتایج پژوهشگران در دمای ۲۷ درجه سانتی‌گراد شکم‌سفیدی در دانه برنج مشاهده شد (۳۳). رابطه مستقیمی بین مقدار فراهمی مواد فتوسنتزی و گچی شدن دانه وجود دارد (۳۲). در مرحله پر شدن دانه وقوع دماهای بالا موجب کاهش انتقال مواد فتوسنتزی به دانه، کاهش میزان و تجمع آمیلوپلاست (مسئول اصلی سنتز و ذخیره نشاسته) و فعالیت آلفاآمیلاز شده که نتیجه آن تولید نشاسته کم‌تر می‌باشد (١٦). هم‌چنین، دماهای بالا علاوه بر کاهش تولید میزان نشاسته و تنفس بالا، در این شرایط، ذخیره مواد فتوسنتزی در گیاه را کاهش می‌دهد (۲۱). میزان سفیدی دانه ترکیبی از ویژگی‌های فیزیکی یک رقم و درجه تبدیل آن می‌باشد. رنگ برنج از نظر کیفیت مهم بوده و جهت پذیرش نمونه در بازار دارای اهمیت است (۲۵). نتایج بیانگر آن بود که با افزایش دما، میزان سفیدی دانه در ارقام مورد مطالعه کاهش یافت. دمای بالا در مرحله پر شدن دانه موجب ایجاد شکل و رنگ نامطلوب در دانه می‌گردد که علت آن را می‌توان به کاهش فعالیت آنزیمی در دوره پر شدن دانه، مصرف تولیدات فتوسنتزی در فرآیند تنفس و کاهش فعالیت مخزن نسبت داد (۳۲). با افزایش دما از ۲۳ تا ۳۰ درجه سانتی‌گراد میزان سفیدی در برنج کاهش خواهد یافت (١٤).



شکل ۳- رابطه بین درصد گچی دانه (طارم هاشمی (الف) و شیرودی (ب)) و میزان سفیدی (طارم هاشمی (ج) و شیرودی (د)) با میانگین دمای هوا در طول دوره پر شدن دانه برنج (از مرحله ۵۰ درصدگلدهی تا مرحله رسیدگی برداشت) اعداد در محور عمودی متفاوت می‌باشد.

Fig. 3. Relationship between chalkiness (Tarom Hashemi (a) and Shiroudi (b)) and whiteness with average air temperatures during rice grain filling stage (from 50% flowering stage to harvest maturity stage). Values in the y axes are different.

برآورد اثر دمای هوا بر میزان ضایعات و درآمد:

برنج در زمان تولید ممکن است دارای ضایعات بالایی باشد که عوامل متعددی مانند خصوصیات رقم (ژنتیک)، شرایط محیطی در دوره رشد، آب، خاک و مدیریت زراعی در افزایش ضایعات برنج تأثیرگذار هستند. بنابراین شناخت و تعیین میزان اثر هر یک از این عوامل می‌تواند راهگشای مشکلات عدیده در تولید برنج باشد. بر اساس مطالعات انجام شده در سال‌های اخیر میزان خرده برنج در حال افزایش و کیفیت تبدیل در حال کاهش است و این تغییرات زنگ خطری برای تولیدکنندگان برنج کشور محسوب می‌شود (۲۰). راندمان تبدیل (مجموع برنج کامل و برنج خرده)، عملکرد برنج سفید را نشان می‌دهد. قیمت برنج خرده در بازار ۳۵ درصد قیمت برنج کامل می‌باشد علاوه بر این میزان گچی شدن دانه از دو طریق یعنی کاهش ارزش برنج کامل از نظر ظاهری و کاهش نسبت دانه کامل به خرده در طول مراحل تبدیل بر قیمت نهایی برنج اثرگذار است (۱۸). در استان مازندران، متوسط عملکرد شلتوک در رقم طارم هاشمی و شیرودی به‌ترتیب چهار و شش تن می‌باشد. میزان راندمان تبدیل در هر یک از ارقام طارم هاشمی و شیرودی به‌ترتیب ٦٨ (۲۷۰۰ کیلوگرم در هکتار برنج سفید) و ۷۰ (٤۲۰۰ کیلوگرم در هکتار برنج سفید) درصد و میزان برنج کامل حدود ٦٠ درصد

برای هریک از ارقام (به‌ترتیب ۲٤۰۰ و ۳٦۰۰ کیلوگرم در هکتار) است.

با توجه به نتایج این مطالعه از محدوده دمای ۲٤ درجه سانتی‌گراد تا ۲۹ درجه سانتی‌گراد به‌ازای هر یک درجه سانتی‌گراد افزایش دمای هوا در مرحله پر شدن دانه وابسته به رقم میزان راندمان تبدیل یک تا دو درصد (۸۰-۳۰ کیلوگرم در هکتار)، میزان برنج کامل سه تا چهار درصد (۱٤۰-۷۰ کیلوگرم در هکتار) کاهش و میزان گچی یک تا چهار درصد (۱٤۰-۳۰ کیلوگرم در هکتار) افزایش یافت. بنابراین، می‌توان گفت حدود ۵ تا ۱۰ درصد (۳٦۰-۱۳۰ کیلوگرم در هکتار) کاهش کیفیت تبدیل به‌ازای هر یک درجه سانتی‌گراد افزایش دمای هوا در مرحله پر شدن دانه مشاهده شد. با توجه به آمار هواشناسی (جدول ۲) حدود سه درجه سانتی‌گراد تفاوت دمایی در مرحله پر شدن دانه بین مزارع پل‌سفید نسبت به مزارع آمل و بابلسر وجود داشت که نشان‌دهنده ۱۵ و ۳۰ درصد کاهش کیفیت تبدیل در این مزارع می‌باشد. بر اساس معادله برآورد اقتصادی و با فرض این که قیمت هر یک کیلوگرم برنج سالم طارم هاشمی و شیرودی در بازار به‌ترتیب ۹۵۰۰۰ و ٦۵۰۰۰ ریال باشد و از آنجایی‌که قیمت هر یک کیلو برنج خرده ۳۵ درصد برنج کامل (به‌ترتیب برای ارقام طارم هاشمی و شیرودی ۳۳۵۰۰ و ۲۲۵۰۰ ریال) بوده و دانه گچی نیز ارزش قیمت برنج کامل را تا ۲۵ درصد (به‌ترتیب برای ارقام طارم هاشمی و شیرودی ۲٤۰۰۰ و ۱٦۰۰۰ ریال) کاهش می‌دهد (۱۸). با محاسبه سود تبدیل برای هر دو رقم 'شیرودی' و 'طارم هاشمی' مشاهده شد که به‌ازای هر یک درجه سانتی‌گراد افزایش دما در مرحله پر شدن دانه، سود اقتصادی تبدیل برای رقم 'شیرودی' و 'طارم هاشمی' به‌ترتیب ۱۲/۰۰۰/۰۰۰ و ۸۰۰۰/۰۰۰ ریال در هر هکتار کاهش یافت.

نتیجه‌گیری کلی

نتایج مطالعه حاضر نشان داد که اقلیم‌های متفاوت محلی (با ارتفاع مختلف از سطح آب‌های آزاد) بر پارامترهای تبدیل هر دو رقم طارم هاشمی و شیرودی به‌طور معنی‌داری تأثیرگذار بود. افزایش میانگین دما هوا موجب کاهش معنی‌دار کیفیت تبدیل دانه در هر دو رقم برنج شد. در هر دو رقم، مزارع پل‌سفید نسبت به مزارع آمل و بابلسر از کیفیت تبدیل دانه بالاتری برخوردار بوده و ضایعات کم‌تری داشتند که علت آن را می‌توان به‌خاطر وقوع میانگن دما هوای پایین‌تر در طول دوره رشد برنج به‌خصوص 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 برآورد کند. علاوه بر این، به‌ازای هر یک درجه سانتی‌گراد افزایش دما، سود اقتصادی تبدیل برای رقم شیرودی و طارم هاشمی به‌ترتیب ۱/۲۰۰۰/۰۰۰ و ۸۰۰۰/۰۰۰ ریال در هر هکتار کاهش یافت. با استفاده از یافته‌های این مطالعه به خوبی می‌توان تغییرات کیفیت دانه ارقام طارم هاشمی و شیرودی هم‌چنین اثرات منفی دما بر ضایعات تبدیل را در شرایط اقلیمی متفاوت محلی استان مازندران (وابسته به دما) را برآورد نمود.

سپاسگزاری

بدین‌وسیله از مسئولین و کارشناسان مؤسسه تحقیقات برنج کشور- معاونت مازندران (آمل) بابت کمک در اجرای این پژوهش صمیمانه تشکر و قدردانی می‌گردد.

منابع

1. Ambardekar, A.A., Siebenmorgen, T.J., Counce, P.A., Lanning, S.B. and Mauromoustakos, A. 2011. Impact of field-scale nighttime air temperatures during kernel development on rice milling quality. Field Crops Res. 122: 179-185.
2. Christensen, J.H., Hewitson, B., Busuioc, A., Chen, A. and Gao, X. 2007. Regional climate projections. In: Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Cambridge University Press.
3. Cooper, N.T.W., Siebenmorgen, T.J. and Counce, P.A. 2008. Effects of nighttime temperature during kernel development on rice physiochemical properties. Cereal Chem. 85: 276-282.
4. Counce, P.A., Bryant, R.J., Bergman, C.J., Bautista, R.C. and Wang, Y.J. 2005. Rice milling quality, grain dimensions and starch branching as affected by high night temperatures. Cereal Chem. 82: 645-648.
5. Dawe, D., Pandey, S. and Nelson, A. 2011. Emerging trends and spatial patterns of rice production. In: Rice in the Global Economy: Strategic Research and Policy Issues for Food Security International Rice Research Institute, Los Baños, Philippines.
6. 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. Eur. J. Agron. 64: 37-46.
7. FAO. 2002. World Agriculture: Towards 2015/2030 Summary Report. FAO, Rome, Italy.
8. Fitzgerald, M.A. and Resurreccion, A.P. 2009a. Maintaining the yield of edible rice in a warming world. Funct. Plant Biol. 36: 1037-1045.
9. Fitzgerald, M.A., McCouch, S.R. and Hall, R.D. 2009b. Not just a grain of rice; the quest for quality. Trends Plant Sci. 14: 133-139.
10. Gillani, A., Alami, K.H., Siadat, S.A. and Seied Nejad, M. 2012. Effect of heat stress on rice milling quality of rice varieties in Khozestan. Crop Plants Physiol. 4: 5-21. (In Persian)
11. Habibi, F. 2013. Experimental methods for measuring quality characteristic in rice grain. Rice Research Institute of Iran. Rasht. 27p. (In persian)
12. Hirai, Y., Yamadutan, D. and Tsuda, M. 2003. Effect of temperature at ripening period on dark respi percentage and dry matter production in rice comparison of the effects in the plants sown in pot at different time. Jpn Crop Sci. 72: 436-442.
13. 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.
14. Ho, C.H., Yang, C.M., Hsiao, C.H. and Lai, M.H. 2013. Effect of climatic conditions during heading to harvest stage on quality of rice cultivar TWG71 Taiwan. Agri Res. 41: 222-240.
15. 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.
16. Ishimaru, T., Horigane, A.K., Oda, M., Iwasawa, N. and San-oh, Y.A. 2009. Formation of grain chalkiness and changes in water distribution in developing rice caryopses grown under high-temperature stress. Cereal Sci. 50: 166-174.
17. Krishnan, P., Ramakrishnan, B., Reddy, K.R. and Reddy, V. 2011. Chapter three-high-temperature effects on rice growth, yield, and grain quality. Adv. Agron. 111: 87-206.
18. Lanning, S.B., Siebenmorgen, T.J., Counce, P.A., Ambardekar, A.A. and Mauromoustakos, A. 2011. Extreme nighttime air temperatures in 2010 impact rice chalkiness and milling quality. Field Crops Res. 124: 132-136.
19. Lobell, D.B., Banziger, M., Magorokosho, C. and Vivek, B. 2011. Nonlinear heat effects on African maize

as evidenced by historical yield trials. Nat Clim Change. 1: 42-45.
20. Lyman, N.B., Jagadish, K.S.V., Nalley, L.L., Dixon, B.L. and Siebenmorgen, T. 2013. Neglecting rice milling yield and quality underestimates economic losses from high-temperature stress. PLoS One. 8: e72157.
21. Morita, S., Shiratsuchi, H., Takanashi, J. and Fujita, K. 2004. Effects of high temperature on grain ripening in rice plants analysis of the effects of high night and high day temperatures applied to the panicle and other parts of the plant. Jpn J. Crop Sci. 73: 77-85. (In Japanese with English abstract)
22. Nagata, K., Takita, T., Yoshinaga, S., Terashima, K. and Fukuda, A. 2004. Effect of air temperature during the early grain-filling stage on grain fissuring in rice. Jpn. J. Crop Sci. 73: 336-342. (In Japanese with English abstract)
23. 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. Proc Natl Acad Sci. 101: 9971-9975.
24. Perdon, A.A., Siebenmorgen, T.J., Mauromoustakos, A., Griffin, V.K. and Johnson, E.R. 2001. Degree of milling effects on rice pasting properties. Cereal Chemistry. 78: 205-209.
25. Puri, S., Dhillon, B. and Singh, N. 2014. Effect of degree of milling (Dom) on overall quality of rice- A Review. Int. J. Adv. Biotechnol. Res. 5: 474-489.
26. Ruiten, V.H. 1985. Rice milling: An overview In: Rice Chemistry and Technology 2nd American Association of Cereal Chemists, Inc. St. Paul. Amsterdam. pp. 349-388.
27. Singh, N., Sodhi, N.S., Kaur, M. and Saxena, S.K. 2003. Physico-chemical, morphological, thermal, cooking and textural properties of chalky and translucent rice kernels. Food Chem. 82: 433-439.
28. Singh, R.K. and Singh, U.S. 2000. Aromatics rices India: Oxford Publishing Co.
29. Singh, R.K., Singh, U.S. and Khush, G. S. 2000. Aromatic rices. Oxford and publishing co. New Delhi.
30. 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.
31. Tashiro, T. and Wardlaw, I.F. 1999. The effect of temperathre on the accumulation of dry matter, carbon and nitrogen in the kernel of rice. Aust. J. Plant Physiol. 18: 259-265.
32. Tsukaguchi, T. and Iida, Y. 2008. Effects of assimilate supply and high temperature during grain-filling period on the occurrence of various types of chalky kernels in rice plants (*Oryza sativa* L.). Plant Prod. Sci. 11: 203-210.
33. Wakamatsu, K.I., Sasaki, O., Uezono, I. and Tanaka, A. 2007. Effects of high air temperature during the ripening period on the grain quality of rice in warm regions of Japan. Jpn. J. Crop Sci. 76: 71-78. (In Japanese with English abstract)
34. Wassmann, R., Jagadish, S.V.K., Heuer, S., Ismail, A., Redona, E., Serraj, R., Singh, R. K., Howell, G., Pathak, H. and Sumfleth, K. 2009. Climate change affecting rice production: the physiological and agronomic basis for possible adaptation strategies. Adv. Agron. 101: 59-122.
35. Yoshioka, Y., Iwata, H., Tabata, M., Ninomiya, S. and Ohsawa, R. 2007. Chalkiness in rice: Potential for evaluation with image analysis. Crop Sci. 47: 2113-2120.
36. Zakaria, S., Matsuda, T., Tajima, S. and Nitta, Y. 2002. Effect of high temperature at ripening stage on the reserve accumulation in seed in some rice cultivars. Plant Sci. 5: 160-168.