یافته های نوین کشاورزی
سال یازدهم- شماره۳- بهار ۱۳۹۶

بررسی اثر تنش گرما بر کیفیت تبدیل دانه ارقام برنج در شمال خوزستان

عبدالعلی گیلانی، عضو هیات علمی بخش اصلاح و تهیه نهال و بذر، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان خوزستان، ایران
سیدعطا اله سیادت، استاد دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین، اهواز، ایران
سامی جلالی، کارشناس ارشد زراعت، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان خوزستان
کاوه لیموچی*، **دکترای زراعت، باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، واحد دزفول،دانشگاه آزاد اسلامی، دزفول، ایران**

چکیده

این پژوهش با هدف تعیین نقش تنش گرما بر کیفیت تبدیل دانه ارقام برنج در استان خوزستان طراحی و اجرا گردید. آزمایش با دو عامل تاریخ کاشت و رقم به صورت کرت‌های یکبار خرد شده، در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی و سه تکرار به مدت دو سال (۱۳۸۵ و۱۳۸۶) در مزرعه ایستگاه تحقیقات کشاورزی شاوور وابسته به مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان اجراء شد. سه تاریخ کاشت (۲/۱۵، ۳/۵ و ۳/۲۵) درکرت‌های اصلی و ۵ رقم برنج شامل ارقام هویزه و حمر (متحمل به گرما) عنبوری قرمز و چمپا (حساس به گرما) و رقم پرمحصول دانیال (نیمه متحمل به گرما) در کرت‌های فرعی قرار گرفتند. نتایج تجزیه مرکب نشان داد اثر متقابل بین رقم و تاریخ کاشت در تمامی صفات معنی دار بود. به عبارتی ارقام بسته به شرایط حرارتی واکنش متفاوتی داشتند. بیشترین طول دانه پس از پخت را تاریخ کاشت سوم و ارقام دانیال و عنبوری قرمز داشتند. نسبت طویل‌شدن دانه در تاریخ کاشت دوم و سوم و رقم عنبوری قرمز بیشتر بود. بالاترین میزان آمیلوز مربوط به تاریخ دوم و ارقام متحمل بود. اماکمترین قوام ژل را تاریخ کاشت دوم و رقم دانیال و بیشترین مقدار ر ارقام متحمل داشتند. دمای ژلاتینه شدن در تاریخ کاشت سوم بالاترین مقدار و ارقام دانیال و چمپا به ترتیب از بیشترین و کمترین میزان برخوردار بودند.

واژه های کلیدی: برنج، تنش گرما، دانه، کیفیت تبدیل

---

* نویسنده مسئول: kavehlimouchi@yahoo.com E-mail:
تاریخ دریافت مقاله: ۹۸/۰۱/۲۵ تاریخ پذیرش مقاله: ۹۸/۱۱/۱۶

مقدمه

برنج به عنوان یکی از محصولات استراتژیک، نقش مهمی در تغذیه مردم کشور ما دارد. براساس آمار موسسه بین‌المللی تحقیقات برنج، جمعیت ایران در سال۲۰۲۰ میلادی به ۱۳۰ میلیون نفر افزایش خواهد یافت که با مصرف سرانه ۳۳ کیلوگرم، نیاز سالیانه برنج نزدیک به ٤ میلیون تن خواهد بود (۲). بنابراین برای تامین تقاضای رو به رشد برنج ،افزایش۷۰-۷۵٪ در تولید کل کشور امری اجتناب ناپذیر است. اما علی رغم تلاش های همه جانبه درکشور برای افزایش عملکرد دانه به عنوان مهمترین و اولین هدف از برنامه های به نژادی و به زراعی برنج، بهبود در خصوصیات کیفی دانه آن به علت ارتقاء در شاخص ها و استانداردهای زندگی به عنوان یک اولویت امری ضروری می باشد. درصد استحصال برنج سفید از شلتوک (راندمان تبدیل) و خصوصیات فیزیکی دانه برنج به عنوان یکی از جنبه‌های کیفی، علاوه برنقش تغذیه ای به جهت تاثیرگذاری بر میزان ضایعات، قیمت و بازارپسندی برنج، میزان مقبولیت توسط مصرف کنندگان و درآمد نهایی از جایگاه ویژه ای برخوردار است. در این راستا علاوه بر خصوصیات ارقام، افزایش دمای محیط به خصوص در طی دوره رسیدگی و پرشدن دانه به علت تاثیر بر ساختار درونی و ظاهری دانه بسیار تعیین کننده می‌باشد. بر این اساس کاهش کیفیت دانه برنج در اثر تنش گرمایی ناشی از افزایش جهانی دما یکی از دغدغه‌ها و نگرانی‌های مهم در بسیاری از منا طق برنج خیز دنیا از جمله کشور ما محسوب می شود. زیرا تنش حرارتی در طی دوره شکل گیری و پر شدن دانه، عمدتاً منجر به تولید دانه‌های کوچک و بدشکل و کاهش تعداد دانه‌های کاملاً پر و وزن آنها می‌شود (۱۹). در سال‌های اخیر، دمای زیاد و غیرمعمول تابستان در غرب ژاپن باعث کاهش در کیفیت و تولید برنج گردید. به طوریکه، افزایش دانه‌های نارس با بخش سفید، ترک و شکاف عمیق روی سطح، همراه با دانه‌های لاغر و باریک از عوامل مهم کاهش درجه کیفی برنج معر فی گردیدند (١٦). در مناطق برنج‌خیز از ایالت آرکانزای آمریکا دمای بالای شب یکی از عوامل کاهش عملکرد برنج سالم می‌باشد (۸). دمای زیاد در طی مرحله پر شدن دانه باعث اثرات زیان‌آور بر عملکرد وکیفیت تولیدات گیاهی می‌شود، لذا دمای بیشتر از حد مطلوب رشد، نه تنها منجر به کاهش اندازه دانه در تمامی غلات اصلی مانند برنج، گندم، جو و ذرت می‌گردد بلکه کیفیت آسیاب آنها را نیز کاهش‌داد (۱۳). بین واریته‌های برنج زمانی که تحت یک دمای معین رسیدند، اختلافات روشنی از لحاظ گچی بودن دانه وجود داشت، به طوری که واریته‌های ژاپنی کوشیی بوکی و تنتاکاکو به عنوان ارقام محتمل به گرما، دانه‌های گچی کمتری در دمای زیاد داشتند. اما هات سوبوشی و ساسانی شیکی از ارقام حساس به گرما، دانه‌های به شدت گچی تولید نمودند (۱۸). با مطالعه بوته‌های برنج رقم نیپوه بار در شرایط تنش حرارتی مشخص گردید. گرمای زیاد باعث تولید دانه‌های سبک تر با ظاهر گچی و میزان آمیلوز پایین می‌شود. ولی در شرایط کنترل بیشتر دانه‌ها ظاهری شفاف داشتند، به‌علاوه در آندوسپرم دانه‌های گچی رسیده تحت تنش، گرانول‌های نشاسته

با فضای بزرگ هوا در بین آنها به صورت ناپایدار و سست در کنار هم قرار گرفتند. اما دانه‌های نیمه شفاف توسط تعداد زیادی از گرانول‌های نشاسته پر شده بودند (۷). با توجه به اینکه در نیم سده‌ی گذشته دمای شبانه، روزانه و شبانه‌روزی در کشور به ترتیب با آهنگ حدود سه، یک و دو درجه در هر صد سال افزایش داشته است و در مجموع آب و هوای ایران به سمت اقلیمی گرمتر و کم بارش پیش می‌رود (٤). کیفیت پخت، خوردن، ظاهر دانه و خصوصیات آسیاب و تغذیه‌ای اجزای کیفی را در دانه برنج تشکیل می‌دهند. کیفیت پخت و خوردن بیشتر توسط میزان آمیلوز[۱] (AC) دمای ژلاتینی شدن[۲] (GT) و قوام ژل[۳](GC) دانه نشاسته ای تعیین می‌شوند اما ویژگی ظاهری بیشتر بوسیله شکل دانه (طول، عرض، نسبت طول و عرض) و میزان گچی بودن آندوسپرم تعریف می‌شود (١٤). تنش حرارتی در طی پر شدن دانه صرفنظر از کاهش عملکرد ناشی از محدودیت اسمیلات و کوتاه شدن دوره پر شدن دانه، باعث کاهش در کیفیت آن به صورت زوال کلی در ظاهر دانه، سفید کردن و کیفیت پخت، درصد بیشتر دانه‌های گچی، میزان بازیافت پایین‌تر برنج سالم، تغییر ساختمانی در آمیلوپکتین، دمای ژلاتینی بیشتر، قوام ژل، چسبندگی و انعطاف سخت تر شد (۱۹). مرحله شیری از پر شدن دانه حساس ترین فاز به درجه حرارت زیاد است که منجر به تولید دانه‌های گچی می‌شود همچنین سطح بیان ژن‌های مربوط به آنزیم‌های درگیر در متابولیسم نشاسته یا کربوهیدرات و انتقال دهنده‌ها به میزان ۸۹٪ از شاهد کاهش یافت وآمیلو پکتین در دانه‌های رسیده در دمای زیاد در مقایسه با شاهد سرشار از زنجیره‌های جانبی بلند و متوسط بود (۱۸). دمای ژلاتینی شدن (GT) دمایی است که دانه‌های نشاسته به طور غیرقابل‌برگشت حالت کریستالی شان را طی پخت از دست می‌دهند و مهم ترین خصوصیت کیفی مربوط به پخت دانه‌های برنج است (۱۱). براساس آخرین یافته‌ها تعداد کمی از اسیدهای آمینه ضروری در ژن نشاسته سینتاز[٤] IIa (SSIIa) باعث اختلاف در ساختار آمیلوپکتین و GT بین برنج ژاپنیکا و ایندیکا می‌شوند (۱۷). می توان گفت میزان کاهش در کیفیت دانه برنج و افزایش ضایعات آن در آینده و در سطح کشور امری اجتناب ناپذیر است اما سهم نسبی آن بسته به خصوصیات رقم و شرایط محیطی هر منطقه صرف نظر از مدیریت مزرعه ای می تواند متفاوت باشد. لذا به نظر می رسد در مناطقی مانند استان خوزستان به دلیل تابستان‌های بسیار گرم‌وخشک و طولانی، وزش بادهای غربی ـ جنوب غربی به شدت گرم و با رطوبت نسبی کم یا باد شمال در تمام دوره رشد برنج میزان و شدت این خسارت در کیفیت دانه برنج و افزایش ضایعات آن به مراتب بیشتر از سایر مناطق برنج خیز کشور باشد. بنابراین افزایش سطح دانش و آگاهی نسبت به اثرات خسارت زای تنش گرما کاملا ضروری است. این پژو هش با هدف تحقق این مهم و در جهت کاهش اثرات سوء درجه حرارت بالا طراحی گردید.

1 Amylose Content
2 Gelatinization temperature
3 Gelatinization content
4 Starch synthase yene IIa

مواد و روش‌ها

این آزمایش با دو عامل تاریخ کاشت و رقم به صورت کرت های یک بار خرد شده و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار و کرت‌های ۳×٤ متری به مدت دوسال (۱۳۸۵ و۱۳۸٦) در مزرعه ایستگاه تحقیقات کشاورزی شاوور وابسته به مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان که در ۷۰ کیلومتری شمال اهواز حدفاصل دو رودخانه کرخه و کارون با عرض جغرافیایی ۳۱ درجه و ۵۰ دقیقه و طول جغرافیایی ٤۸ درجه و۲۸ دقیقه و ارتفاع ۳۳ متر از سطح دریا واقع شده است، اجرا گردید. خاک مزرعه دارای بافت رسی- لومی ، ۷ – pH = ۷/۵ ، هدایت الکتریکی۲/۵ میلی موس بر سانتیمتر و مقادیر نیتروژن، فسفر، پتاسیم و روی آن به ترتیب ۰/۰۹ درصد ، ۱۰-۱۲ ، ۱۲۰ و ۲/۵ قسمت در میلیون بود. عامل تاریخ کاشت با هدف اعمال درجه حرارت‌های متفاوت (جدول۱) در سه سطح (۲/۱۵، ۳/۵ و۳/۲۵) و ارقام شامل هویزه و حمر (متحمل) عنبوری قرمز و چمپا (حساس) و رقم پرمحصول دانیال (نیمه متحمل) به ترتیب در کرت‌های اصلی و فرعی قرارگرفتند. کودهای مورد نیاز براساس نتایج آزمون خاک و مقادیر توصیه شده مصرف شدند. عنصر نیتروژن از منبع اوره به مقدار ۲۰۰ و۳۰۰ کیلوگرم در هکتار به ترتیب برای ارقام بومی و رقم دانیال، فسفر به صورت فسفات آمونیم و عناصرپتاسیم و روی از منبع سولفات به میزان ۵۰ ، ۱۰۰ و٤۰ کیلوگرم در هکتار استفاده گردیدند. تمام مقادیر فسفر، پتاسیم، روی و ٤۰ درصد نیتروژن هم‌زمان با انتقال نشاها به زمین اصلی و بقیه نیتروژن در دو نوبت، ۳۰ درصدی در ابتدای ساقه رفتن و آبستنی به عنوان سرک‌های اول و دوم مصرف شدند. نشاها درسنین ۲۵-۳۰ روزه (مرحله ٤-۳ برگی) به تعداد ۵ بوته در هر کپه و به فواصل ۲۰×۲۰ و۲۵×۲۵ سانتیمتر به ترتیب برای ارقام بومی و دانیال کشت شدند. صفات مورد بررسی شامل: نسبت طویل شدن، درصد آمیلوز، غلظت ژل، دمای ژلاتینه شدن و درصد برنج قهوه ای بودند که به روش زیر مورد اندازه گیری قرار گرفتن.

جهت اندازه گیری دمای ژلاتینی شدن زمان لازم برای پخت بوسیله درجه حرارت ژلاتینه شدن مشخص می‌شود که برای تعیین آن از روش (۱۰) استفاده گردید ابتدا مقدار لازم از نمونه برنج به برنج سفید تبدیل شد پس از ریختن ۱۰cc محلول KOH ۱٪/۷ بر روی آنها نمونه‌ها به مدت ۲۳ ساعت در داخل انکوباتوری که روی $30^{\circ}C$ تنظیم شده بود گذاشته شدند (دو تکرار) پس از گذشت این مدت، میزان تاثیر KOH بر روی دانه‌ها اندازه‌گیری گردید. نمونه‌ها همراه با سه رقم شاهد به نام‌های CP231، IR36 و IR42 که به ترتیب دارای دمای ژلاتینه بالا، متوسط و پایین هستند (جدول ۲) مورد ارزیابی قرار گرفتند.

برای اندازه گیری غلظت ژل از روش کاگامپانک و همکاران (۱۹۷۳) استفاده گردید که بر اساس آن پیوستگی ژل به سه دسته تقسیم می‌شود. کلیه برنج‌هایی که حرکت ژل آنها بر روی صفحه مدرج میلی‌متری در طول لوله آزمایش ۳٦ میلی متر و یا کمتر از آن است ژل سخت، ۵۰-۳٦ میلی متر ژل متوسط، و بیشتر از ۵۰ میلی متر نیز نرم نامیده می‌شوند. برای اندازه‌گیری آمیلوز از دو روش شامل دستی

یا اسپکتروفتومتری ارائه شده توسط جولیانو (۱۹۷۱) و دستگاه اتوآنالیزر استفاده شد. این مطالعه با روش اسپکتروفتومتری انجام شد. بر این اساس مقدار ۱۰۰ میلی‌گرم از آرد برنج در دو تکرار توزین شد و در داخل فلاسک‌های حجمی ۱۰۰ میلی‌لیتری قرار گرفتند. ابتدا ۱ میلی‌لیتر الکل اتیلیک ۹۵٪ و سپس ۹ میلی‌لیتر هیدروکسید سدیم نرمال به آن اضافه شد و برای حرارت‌دهی و پخت، نمونه‌ها به مدت ۱۰ دقیقه در حمام آب جوش گذاشته شدند. پس از ۱ ساعت نگهداری فلاسک‌های حاوی نمونه در دمای اطاق و سرد شدن، حجم آنها توسط آب مقطر به ۱۰۰ میلی‌لیتر رسید. سپس ۵ میلی‌لیتر از این محلول نشاسته‌ای در فلاسک‌های ۱۰۰ میلی‌لیتر ریخته شد و ۱ میلی‌لیتر اسیداستیک نرمال و ۲ میلی‌لیتر محلول ید (یدور پتاسیم ۲ گرم و ۰/۲ گرم ید در ۱۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر) به آن اضافه گردید و حجم نمونه توسط آب مقطر به ۱۰۰ میلی‌لیتر رسید فلاسک‌های بخوبی تکان داده شدند و پس از ۲۰ دقیقه میزان جذب توسط دستگاه اسپکترونیک ۲۰ و با طول موج ٦۲۰ نانومتر خوانده شد و با استفاده از منحنی استاندارد میزان آمیلوز نمونه‌ها مشخص گردید.

مقدار جذب نمونه × (۲۰) ضریب رقت × فاکتور اصلاحی = درصد آمیلوز

میزان طویل شدن دانه برنج بدون افزایش قطر آن، یک صفت مطلوب در ارقام با کیفیت عالی برنج محسوب می‌شود برای اندازه‌گیری آن از روش (۵) استفاده می‌شود.

برای این منظور ۲۵ دانه برنج سفید به مدت ۳۰ دقیقه در ۲۰ میلی‌لیتر آب مقطر خیسانده شدند و نمونه‌ها به مدت ۱۰ دقیقه در حمام آب گرم به دمای ثابت $98^{\circ}C$ منتقل گردیدند. سپس ۱۰ دانه انتخاب و طول آنها توسط دستگاه Photographic enlarger اندازه‌گیری شد. میزان طویل شدن دانه از تقسیم میانگین طول دانه‌های برنج پخته شده به خام بدست آمد.

لذا ابتدا نمونه‌ها پاک شدند و سپس به مدت ٢٤ ساعت در حرارت اتاق نگهداری گردیدند تا میزان رطوبت آنها قبل از سفید شدن به حد تعادل (۱۰-٪۱۲) برسد، باجدا سازی پوسته از یک نمونه ۱۲۵ گرمی شلتوک توسط ماشین پوست کنی برنج قهوه ای بدست آمد سپس وزن برنج قهوه ای و پوسته محاسبه و با استفاده از فرمول زیر درصد آنها تعیین گردید.

۱۰۰× وزن خشک/ وزن برنج قهوه ای = درصد برنج قهوه ای

۱۰۰× وزن شلتوک/ وزن پوسته= درصد پوسته

داده‌های حاصل از این پژوهش، با استفاده از نرم‌افزارهای MSTATC و MININTAB تجزیه شدند. مقایسه میانگین‌ها به روش دانکن در سطح احتمال ۵٪ انجام شد.

جدول ۱: میانگین حداقل و حداکثر درجه حرارت ماهیانه (کاشت تا برداشت) طی سال های زراعی ۱۳۸۵ و ۱۳۸٦ در ایستگاه تحقیقات کشاورزی شاوور

ماه	۱۳۸۵		۱۳۸٦	
	میانگین حداکثر (درجه سانتی گراد)	میانگین حداقل (درجه سانتی گراد)	میانگین حداکثر (درجه سانتی گراد)	میانگین حداقل (درجه سانتی گراد)
اردیبهشت	۳۹/۲	۲۰/۷	۳۹/۹	۲۱/۳
خرداد	٤٦/۳	۲٤/۸	٤٤	۲٤/۸
تیر	٤۷/۲	۲۷/٦	٤۸/۳	۲٦/٥
مرداد	٤٥	۳۰/۹	٤۷/۲	۲٥/٥
شهریور	٤۳/۱	۲۰/۹	٤۳/۲	۲۳/٥
مهر	۳٦/٤	۲۰/۲	۳٦/٥	۱٥/۲
. (آبان)	-	–	۳۲/۳	۱۰/٥
میانگین	٤۲/۹	٤۲/۲	٤۱/٦	۲۱

جدول۲: نحوه تاثیر محلول KOH ۱٪/۷ بر روی اندوسپرم برنج

درجه ارزیابی	نحوه تاثیر
۱	دانه‌ها تحت تاثیر KOH قرار گرفتند و گچی هستند
۲	دانه‌ها متورم شده اند
۳	دانه‌ها متورم شده اند لایه خارجی ناقص و یا باریک است
٤	دانه‌ها متورم شده اند لایه خارجی کامل و پهن است
٥	دانه‌ها شکافته و یا بندبند شده اند و لایه خارجی نیز کامل و عریض ا ست
٦	دانه‌ها پراکنده و حل شده اند و با لایه خارجی یکی گردیدند
۷	دانه‌ها به طور کامل حل شده و با هم آمیخته اند

میانگین نمرات به عنوان درجه حرارت ژلاتینه شدن نمونه مورد بررسی اعلام گردید.

نتایج و بحث

نسبت طویل شدن دانه

نسبت طول پس از پخت دانه برنج به طول اولیه یکی از فاکتورهای موثر در ارزیابی کیفیت پخت و خوراک برنج می‌باشد. نتایج این پژوهش نیز مشخص نمود اثرات تاریخ کاشت، رقم، و اثر متقابل رقم و تاریخ کاشت در سطح یک درصد و اثر سال در سطح پنج درصد معنی‌دار است اما در سایر موارد اختلافی از نظر آماری مشاهده نشد (جدول۳).با توجه به مقایسه میانگین‌ها، بیشترین مقدار مربوط به تاریخ‌های کاشت دوم و سوم بود و در میان ارقام نیز رقم عنبوری قرمز از هر سه تاریخ کاشت بر سایرین برتری داشت اما بیشترین مقدار آن مربوط به تاریخ‌های دوم و سوم بوده است. نسبت طویل شدن در رقم

چمپا نیز قابل توجه بود و به موازات تغییر تاریخ کاشت از اول به سوم، میزان آن افزایش داشت(جداول ٤ و ٥). به‌نظر می‌رسد که در ارقام کیفی و حساس به گرمای استان، به ترتیب میزان پروتئین بیشتر و درصد آمیلوز کمتر، از دلایل این نتیجه‌گیری باشد. نتیجه بدست آمده با گزارش توسلی لاریحانی (۱۳۷٤) در مورد تفاوت بین ارقام برنج از نظر نسبت طویل شدن و مقادیر بیشتر آن در ارقام کیفی محلی مطابقت داشت.

درصد آمیلوز

بیش از ۹۰ درصد از اندوسپرم دانه برنج، نشاسته می‌باشد که از دو جزء آمیلوز و آمیلوپکتین تشکیل شده است. مقدار آمیلوز بین صفر تا ۳۳ درصد و آمیلوپکتین از ۵۷ تا ۹۹ درصد آندوسپرم را شامل می‌شوند. نتایج تجزیه‌مرکب نیز نشان داد اثرات ساده و اثرات متقابل دو و سه عامل بر میزان آمیلوز، در سطح یک درصد معنی‌دار می‌باشد (جدول۳). مقایسه میانگین‌ها مشخص نمود که بیشترین میزان آمیلوز مربوط به تاریخ کاشت دوم بود و رقم‌های متحمل به گرما (هویزه و حمر) بالاترین مقدار را داشتند. اما ارقام کیفی (چمپا و عنبوری قرمز) از کمترین میزان برخوردار بودند (جدول ٤). در اثر متقابل دو عامل، ضمن مقادیر کمتر ارقام چمپا و عنبوری قرمز در هر سه تاریخ کاشت، بیشترین مقدار مربوط به رقم هویزه در تاریخ کاشت اول و ارقام حمر و دانیال در تاریخ کاشت دوم بود (جدول ٥). با توجه به ساختار و ماهیت مولکول آمیلوز که یک ترکیب خطی از مولکول های گلوکز است وهمچنین تأمین منومر گلوکز از ساکارز طی فرآیند فتوسنتز بنابراین می‌توان گفت که به دلیل کاهش سطح بیان ژن های درگیر در متابولیسم نشاسته، کربوهیدرات‌ها، انتقال دهنده‌ها و افزایش بیان ژن های مربوط به آلفا-آمیلوز و کاهش فعالیت انتقال دهنده ساکارز توسط درجه حرارت زیاد، وزن دانه و میزان آمیلوز کم، گچی بودن افزایش یافته است. از طرفی به‌نظر می‌رسد که دمای زیاد باعث کاهش فعالیت بیان ژن آنزیم اتصال دهنده گرانول‌های نشاسته و نیز آنزیم شاخه‌زای آن می‌شود و بدین ترتیب میزان آمیلوز کاهش و طول زنجیره آمیلوپکتین افزایش می یابد. بنابراین شرایط مطلوب‌تر برای عمل فتوسنتز، انتقال ساکارز و تولید آمیلوز در تاریخ کاشت دوم و همچنین محدودیت این شرایط برای ارقام حساس به گرما از دلایل این نتیجه‌گیری می‌باشند. چون میزان آمیلوز نقش بسیار تعیین‌کننده‌ای در کیفیت پخت و خوراک برنج دارد. مقدار کم آن در برنج سبب می‌شود که برنج پس از پخت چسبنده و لعابدار گردد و انبساط حجمی پیدا نکند در حالی که مقدار زیاد آن موجب می‌گردد که برنج پس از پختن، سفت و خشک شود. بنابراین مقدار متوسط آن، بهترین میزان می‌باشد که در این حالت برنج پس از پخت نرم و مرطوب است و پس از سرد شدن سخت نمی‌شود اما مقدار آن صرف‌نظر از رقم کاملاً متاثر از درجه حرارت محیط به‌خصوص دما در طی دوره تکامل دانه و رسیدگی است. نتیجه بدست آمده با گزارشات جیانگ و همکاران (۲۰۰۳)، زکریا و

همکاران (۲۰۰۲) و هیر و موتو و همکاران (۲۰۰۷) در خصوص اثرات دمای زیاد در کاهش میزان آمیلوز و تولید دانه‌های گچی هم‌خوانی داشت.

غلظت یا قوام ژل

قوام ژل معیار مناسبی از چسبناکی (ویسکوزیته) ژل در برنج سفید است که نرمی برنج را پس از پختن تعیین می‌کند و آزمونی حساس، ساده و سریع برای تعیین خواص و کیفیت خوراکی برنج است در این بررسی مشخص شد اثرات سال، تاریخ کاشت، رقم و اثرات متقابل عوامل در سطح یک درصد معنی‌دار می‌باشد (جدول ۳). با توجه به مقایسه میانگین‌ها، علی رغم این که کمترین قوام ژل مربوط به تاریخ کاشت دوم بود اما هر سه تاریخ کاشت قوام ژل متوسط (٦۰-٤۱ میلی متر) داشتند. در بین ارقام، دانیال و سپس رقم‌های چمپا و عنبوری‌قرمز از کمترین میزان برخودار بودند در حالی که ارقام متحمل به گرمای هویزه و حمر بیشترین مقدار را داشتند (جدول ٤). با توجه به طبقه‌بندی دانه‌ها از نظر قوام ژل، دانه رقم دانیال پس از پخت سریع‌تر از سایر ارقام سفت و سخت می‌شود که صفت نامطلوبی است. در اثر متقابل دو عامل، در هر سه تاریخ کاشت بیشترین میزان از قوام ژل مربوط به ارقام هویزه و حمر بود اما در تاریخ کاشت دوم مقدار آن در هر دو رقم مزبور کاهش داشت. بیشترین و کمترین میزان مربوط به رقم حمر در تاریخ‌های اول و سوم و رقم دانیال در تاریخ‌های دوم و سوم بود (جدول ۵). اگر چه تفاوت ارقام از نظر میزان آمیلوز می‌تواند یکی از دلایل این نتیجه‌گیری باشد اما به‌نظر می‌رسد که حتی ارقام با میزان آمیلوز یکسان ممکن است، قوام ژل متفاوتی داشته باشند زیرا علاوه بر میزان آمیلوز، میزان پروتئین و لیپید نیز از عوامل تاثیرگذار بر قوام ژل هستند و به علت میزان بالای لیپید در لایه خارجی دانه برنج، درجه سفید کردن نیز یک فاکتور مهم و موثر بر قوام ژل می‌باشد و برنج‌های حاوی پروتئین زیاد، سخت‌تر بوده و قوام ژل را تحت تاثیر قرار می‌دهند. همچنین برنج پخته شده با قوام ژل سخت، سریع تر از برنج دارای قوام ژل نرم، سفت و سخت می‌شود و هر چه برنج دیرتر سفت شود، نرم‌تر و خوشمزه‌تر است.

دمای ژلاتینی شدن

نتایج این پژوهش نیز نشان داد اثرات سال، تاریخ کاشت، رقم و اثرات متقابل رقم، تاریخ کاشت با سال و اثر هم زمان سه عامل در سطح یک درصد معنی‌دار می‌باشد (جدول ۳). مقایسه میانگین‌ها مشخص نمود که بیشترین دما برای ژلاتینی شدن مربوط به تاریخ کاشت سوم بود و در میان ارقام، دانیال و چمپا به ترتیب بیشترین و کمترین مقدار را داشتند (جدول ٤). در اثر متقابل دو عامل، در هر سه شرایط دمایی، رقم دانیال از مقدار بیشتری برخوردار بود و سایر ارقام نیز در تاریخ کاشت سوم مقدار بالاتری داشتند

(جدول ۵).با توجه به این که دمای زیاد، به‌خصوص در دوره رسیدگی برنج باعث افزایش دمای ژلاتینی می‌شود اما نتایج به دست آمده نشان می‌دهد که در دمای کمتر، مقدار دمای ژلاتینی شدن افزایش داشته است. به‌نظر می‌رسد علی رغم نقش آمیلوز در فرآیند ژلاتینی شدن، اما به‌دلیل درصد یکسان آمیلوز در تاریخ‌های اول و سوم، تفاوت حاصله تا حدودی می‌تواند صرف‌نظر از اثرات دمایی مربوط به تغییر در نسبت آمیلوز و آمیلوپکتین باشد زیرا محلول آمیلوز آسان تر از محلول آمیلوپکتین به صورت ژل در می آید و حتی ممکن است برنج های با آمیلوز یکسان، دمای ژلاتینی شدن متفاوتی داشته باشند. این تفاوت در برنج های واکسی (مومی) که دارای دمای ژلاتینی شدن بالاتری هستند به خاطر تفاوت در اندازه مولکول آمیلوپکتین، و ترکیب نشاسته‌ای آن‌ها است که تماماً از آمیلوپکتین تشکیل یافته و فقط ۲-۱ درصد آمیلوز دارند. همچنان که در میان ارقام دیده می‌شود. رقم‌های هویزه و حمر با داشتن درصد آمیلوز یکسان، دمای ژلاتینی شدن کمتر، زمان پخت کوتاه تر و مقاومت کمتری را در برابر پختن دارند.

جدول۳: ادامه خلاصه تجزیه مرکب (میانگین مربعات) مربوط به خصوصیات کیفی دانه برنج

منابع تغییرات	درجه آزادی	نسبت طویل شدن	درصد آمیلوز	غلظت ژل	دمای ژلاتینه شدن	درصد برنج قهوه ای
سال	۱	۰/۱۲۲*	۱۱/۳۲۱**	۱۸۰۷/۲۳۲**	۱/۸۰۱**	۰/۰۷۵
تکرار(سال) خطای(a)	٤	۰/۰۱۸	۰/۷۸۷	۲۵/٤۱۰	۰/۰۵٦	۰/۲۱۲
تاریخ کاشت	۲	۰/۱۷٤**	٤۱/٦۷۹**	٤۰۰/۳۵۱**	۲/٤٦۸**	۱٦/۳۹۹**
تاریخ کاشت × سال	۲	۰/۰۱۳	۱۰/٤۷٤**	۲۲۹/۳۹۵**	۰/۲۹۲*	۲/٦۷۵
خطای مرکب(b)	۸	۰/۰۱۸	۰/۷٤۷	٦/۲۳۲	۰/۰۵۳	۰/۸۳۵
رقم	٤	۰/٦۰۹**	۱٤۵/۵۰۵**	۸۹۱۵/۲۸۷**	۳۵/۵۹٤**	۱۱/۱۱۰**
رقم × سال	٤	۰/۰۱۲	٤/٦۵۱**	٦۳۸/۳٤٦**	۱/۳۸۵**	۱/٤۷۱*
رقم× تاریخ کاشت	۸	۰/۰۳۸**	۲٤/۱٤۲**	۵٤/۱۰۸**	۰/٤۵٤**	۲/٦۵۹**
رقم× تاریخ کاشت × سال	۸	۰/۰۱۰	۸/۲٦۹**	۱۷۵/۲٤۷**	۰/۱٦۲**	۰/۵۱۳
خطای مرکب(c)	٤۸	۰/۰۱۲	۱/۱٦۹	٤۸/۵٦۰	۰/۰٤۳	۰/٤۰۱
ضریب تغییرات(٪)		۵/۷٤	٤/۸٤	۱۲/۱۲	٤/۵۵	۰/۸۲

بدون علامت غیرمعنی‌دار ، * و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح ۵٪ و ۱٪

جدول ٤: ادامه مقایسه میانگین دوساله مربوط به خصوصیات کیفی دانه برنج

عامل آزمایش	نسبت طویل شدن (میلی متر)	درصد آمیلوز	غلظت ژل (میلی متر)	دمای ژلاتینه شدن	درصد برنج قهوه ای
تاریخ کاشت					
۲/۱۵	۱/۸٤٤b	۲۱/٤۳b	٦۰/۲٤a	٤/۳۳۳b	۷٦/۲٤b
۳/۵	۱/۹۵۱a	۲۳/٦۸a	۵۳/۳۵b	٤/٤۳۷b	۷۷/۲۹a
۳/۲۵	۱/۹۹۲a	۲۱/۹٤b	۵۸/۹۰a	٤/۸۷٤a	۷۷/٦٦a
رقم					
هویزه	۱/۹۵۰a	۲٤/٦٤a	۷٦/٦۱b	٤/۱٦۹c	۷٦/۹۹bc
حمر	۱/٦۸۲a	۲٤/٦۲a	۸۵/۸۱a	٤/٤٦۲b	۷۸/۲۲a
عنبوری قرمز	۱/۱٦٤c	۲۰/٤۰c	٤۳/۲۲c	٤/٦٦۵d	۷۷/۳٦b
چمپا	۲/۰۲۱b	۱۸/۳۳d	٤٦/٤٦c	۳/٤۷۹e	۷٦/۵۷cd
دانیال	۱/۸۲۷c	۲۳/۷٦b	۳۵/۳۹d	٦/۹٦٤a	۷٦/۱۷d

وجود حروف غیر مشابه در هر ستون، با آزمون دانکن به منزله اختلاف معنی دار در سطح ۵٪ می باشد

جدول ۵: ادامه مقایسه میانگین دوساله مربوط به خصوصیات کیفی دانه برنج در تیمارهای آزمایش

اثر متقابل		نسبت طویل شدن (میلی متر)	درصد آمیلوز	غلظت ژل (میلی متر)	دمای ژلاتینه شدن	درصد برنج قهوه ای
تاریخ کاشت	رقم					
	هویزه	۱/۹۰۵de	۲٦/۳۰a	۷۷/٦۷bc	۳/۸۱۷ef	۷۵/۸۵cd
	حمر	۱/۷۱۰f	۲۳/۵۹b	۸۷a	٤/۰۳۸de	۷۷/۵۸b
۲/۱۵	عنبوری قرمز	۲/۰۰۳b-d	۱۸/٦۲d	٤۷/۱۷de	۳/۳۸۳gh	۷٦/٦۰c
	چمپا	۱/۸۸۰de	۱٤/۵۳e	٤۷/۵۳de	۳/۵۳۷g	۷۵/۲۰d
	دانیال	۱/۷۲۲f	۲٤/۱۲b	٤۱/۸۳e	٦/۸۹۲a	۷۵/۹۵cd
	هویزه	۱/۹٤۵cd	۲٤/٤۷b	۷۱/۳۳c	٤/۳۰c	۷۷/٦۰b
	حمر	۱/٦۸۸f	۲٦/۳۸a	۸۳/۷۵ab	٤/۱٦۷cd	۷۸/۸۰a
۳/۵	عنبوری قرمز	۲/۲۳۵a	۲۱/۵۰c	۳۸/٦۷ef	۳/٤۵۰gh	۷۷/۵۵b
	چمپا	۲/۰۹۸b	۲۰/۲۷c	٤۰/۸۳ef	۳/۲٦۷h	۷٦/۱۵c
	دانیال	۱/۷۸۷ef	۲۵/۷۸a	۳۲/۱۷f	۷a	۷٦/۳۳c
	هویزه	۲b-d	۲۳/۱۵b	۸۰/۸۳ab	٤/۳۹۲c	۷۷/۵۳b
	حمر	۱/٦٤۸f	۲۳/۹۰b	۸٦/٦۷a	۵/۱۸۲b	۷۸/۲۷ab
۳/۲۵	عنبوری قرمز	۲/۲۵۳a	۲۱/۸۳c	٤۳/۸۳de	٤/۱٦۲cd	۷۷/۹۳b
	چمپا	۲/۰۸۳bc	۲۰/۲۰c	۵۱d	۳/٦۳۳fg	۷۸/۳۷ab
	دانیال	۱/۹۷۳b-d	۲۱/۳۸c	۳۲/۱۷f	۷a	۷٦/۲۲c

وجود حروف غیر مشابه در هر ستون، با آزمون دانکن بمنزله اختلاف معنی دار در سطح ۵٪ می باشد

درصد برنج قهوه ای

این پارامتر که بیان کننده نسبت وزن برنج قهوه ای به شلتوک می باشد یکی از جنبه های کیفیت تبدیل در برنج است که صرف نظر از شرایط و فرآیند فرآوری می‌تواند تحت تاثیر خصوصیات رقم و شرایط محیطی تغییر کند. نتایج این پژوهش نشان داد اثرات تاریخ کاشت، رقم و اثر متقابل رقم و تاریخ کاشت در سطح یک درصد و اثر متقابل رقم و سال در سطح پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). مقایسه میانگین ها مشخص نمود کمترین درصد برنج قهوه ای را تاریخ کاشت اول داشت. با توجه به درصد پوسته بیشتر در شرایط تنش، دست یابی به نتیجه مزبور منطقی است در میان ارقام نیز، رقم حمر به دلیل کمترین درصد پوسته از بیشترین میزان برنج قهوه ای برخوردار بود (جدول ٤). در اثر متقابل دو عامل نیز در هر سه تاریخ کاشت رقم حمر بر سایر ارقام برتری داشت و بیشترین مقدار نیز مربوط به تاریخ کاشت دوم بود (جدول ۵).

منابع

۱- **توسلی لاریجانی، ف. ۱۳۷٤.** تکنیک های مدرن ارزیابی کیفیت برنج. مؤسسه تحقیقات برنج کشور- معاونت مازندران. صفحه ۵۹.

۲- **عرفانی، ر. ۱۳۷٤.** بر رسی اثرات ازت و تاریخ کاشت (نشاکاری) بر روی رشد و عملکرد برنج. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشکده کشا ورزی، دانشگاه تربیت مدرس. صفحه ۱۱۲.

۳- **مرادی، ف. ۱۳۷۳.** بررسی اثر زمان برداشت بر میزان شکستگی ۳ رقم برنج در خوزستان. گزارش نهایی مرکز تحقیقات کشاورزی استان خوزستان. صفحه ۱۵.

٤- **مسعودیان، ا. ۱۳۸۳.** بررسی روند دمای ایران در نیم سده ی گذشته. مجله جغرافیا و توسعه. دانشگاه اصفهان. شماره ۳: ۸۹-۱۰٦

5- Azeez, M. A. and Shafi, M. 1966. Quality in rice . Department of Agriculture West Pakistan Technical Bulletin No: 13. p:50.

Cagampang , C. B., Perez, C. M. and Juliano, B. O. 1973. Angel consistency test for eating quality of rice Sci. food. Agric. 24: 89-94.

6- 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 Physiology. 144: 258-277.

7- Jodari, F. and Linscombe, S. D. 1996. Grain fissuring and milling yields of rice cultivars as influenced by environmental conditions. Crop Sci. 36:1496-1502.

8- Juliano, B. O. 1971. Asimplified assay for milled rice amylose. Cereal Sci. Today. 16: 334-338, 340-360.

9- Little, R. R., Hider, G. B. and Dawson, E. H. 1958. Differential effecte of dilute alkali on 25 varienties of milled white rice. Cereal Chem. 35: 111-126.

10- Parker, R. and Ring, S. G. 2001. Aspects of the physical chemistry of starchjournal of Cereal Science. 34: 1-17.

11- Peng, S., Garcia, F. V., Laza, R. C., Sanico, A. L., Visperas, R. M. and Cassman, K.G. 1996. Increased nitrogen use efficiency using a chlorophyll meter in high-yielding irrigated rice. Field Crops Res. 47: 243-252.

12- Peng, S., Huang, J., Shehy, J. E. and Vispearas, R. M. 2004. Rice yields decline with higher night temperature from global warming. Proc.Natl.Acad.SC:USA. 101 : 71 -75.

13- Tan, Y. F., Xing, Y. Z., Li, J. X., Yu, S. B., Xu, C. G. and Zhang, Q. 2000. Theor. Appllo Genet. 101:823-829.

14- 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.
15- Terashima, K., Saito, Y., Sakai, N., Watanabe, T., Ogata, T. and Akita, S. 2001. Effect of high aid temperature in Summer of 1999 on ripening and grain quality of rice. Jpn.Crop Sci. 70: 449-458 (In Japanese with English summary).
16- Umemoto, T., Yano, M., Satoh, H., shomura, A. and Nakamura, Y. 2002. Mapping of a gene responsible for the difference in amylopectin structure between Japanica type and Indica-type rice varieties. Theoretical and Applied Genetics. 104: 1-8.
17- Zakaria, S., Matsuda, T., Tajima, S. and Nitta, Y. 2002. Effeect of high temperature at ripening stage reserve accumulation in seed in some rice cultivars. Plant Prod . Sci. 5: 160-168.
18- Zhu, Q. S., Zhang, Z. J., Yang, J. C. and Cao, X. Z. 1997. Source – Sink characteristics related to the yield in inter subspecific hybrid rice Sci. Agric. Sin. 30: 52-59 (In Chinese with English abstract).