مطالعه اثر تنش خشکی برخصوصیات چسبندگی نشاسته دانه ژنوتیپ‌های بومی و اصلاح‌شده برنج

سیده ارحامه فلاح شمسی*[۱]، همت‌اله پیردشتی[۱]، علی‌اکبر عبادی[۲]، مسعود اصفهانی[۳] و محمود رائینی[۱]
۱-به‌ترتیب دکتری زراعت و دانشیار گروه زراعت و استاد گروه آبیاری دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
۲ -استادیار و عضو هیات علمی موسسه تحقیقات برنج کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، رشت، ایران
۳ -استاد گروه زراعت، دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه گیلان
*پست الکترونیک نویسنده مسئول: a.fallahshamsi@stu.sanru.ac.ir

چکیده
به‌منظور مطالعه خصوصیات نشاسته دانه برنج در واکنش به تنش خشکی، آزمایش مزرعه‌ای روی ۱۶ ژنوتیپ بومی و اصلاح¬شده تحت دو شرایط بدون تنش و تنش خشکی (قطع آب در مرحله آغازش خوشه) در سه تکرار به صورت کرت خرد شده در موسسه تحقیقات برنج کشور–رشت در سال ۱۳۹۴ اجرا شد. پس از برداشت محصول، خصوصیات نشاسته، آمیلوز و نمره ژلاتینی شدن نمونه‌ها اندازه‌گیری شد. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثرتنش و رقم بر تمامی صفات کیفی معنی‌داری بود. تنش سبب کاهش معنی‌دار در صفات حداقل، حداکثر چسبندگی، چسبندگی نهایی و فروریختگی شد. برای صفات پسروی چسبندگی و زمان رسیدن به حداکثر چسبندگی هم در شرایط تنش مقدار کمتری از صفات ثبت گردید. از ارقام متحمل مقدار بالاتر حداقل، حداکثر چسبندگی، چسبندگی نهایی و فروریختگی و مقدار کمتر پسروی چسبندگی و زمان رسیدن به حداکثر چسبندگی نسبت به ژنوتیپ‌های حساس به دست آمد. نتایج نشان داد که تنش خشکی در زمان آغازش خوشه موجب تغییر کیفیت پخت (خصوصیات نشاسته) و سفت و خشک نشدن پس از پخت دانه می‌شود.

کلید واژه ها: آمیلوز، برنج، تنش، چسبندگی، خشکی، کیفیت دانه، نشاسته.

مقدمه
سالیانه تقریباً ۳۵ تا ۷۰ درصد از کالری مورد نیاز سه میلیارد نفر از جمعیت دنیا از طریق برنج تأمین می‌شود. یانگ و ژانگ (۲۰۱۰) گزارش نمودند برای تأمین نیاز غذایی جمعیت جهانی تا سال ۲۰۲۵ نیاز به افزایش ۶۰ درصد در تولید برنج می‌باشد. پیش‌بینی روند خشکسالی در ایران در ۳۰ سال آینده نیز حاکی از روند رو به رشد خشکسالی در کشور بوده و تأییدی بر وقوع تغییر اقلیم در منطقه است. در همین راستا پیش‌بینی شده است که طی سال‌های ۲۰۲۵، ۲۰۳۴، ۲۰۳۵ و ۲۰۳۹ در بیشتر نقاط کشور از جمله مناطق شمال‌شرق و شمال‌غرب، خشکسالی شدید و بسیار شدید حاکم شود (خزانه‌داری و همکاران، ۱۳۸۹). دانه در برنج مانند سایر غلات دارای اهمیت فوق العاده‌ای است و به‌صورت کیفیت تبدیل، کیفیت ظاهری دانه، کیفیت پخت، کیفیت غذایی و کیفیت خوراک ارزیابی می‌شود اما از نظر مصرف‌کننده، کیفیت برنج تا حدودی وابسته به خواص پخت، شکل ظاهری و طعم آن است

(رحیم سروش و همکاران، ۱۳۸۶). نتایج بررسی اثر تنش کمبود آب بر کیفیت دانه سه رقم برنج در مرحله رسیدگی دانه نشان داد که از صفات خصوصیات تبدیل، خصوصیات کیفی و شاخص‌های پخت، راندمان تبدیل کل و مقدار پروتئین افزایش و میزان آمیلوز، نمره ژلاتینی شدن و ویسکوزیته طی تنش کاهش یافتند. اثر تنش بر راندمان تبدیل برنج قهوه‌ای و درصد برنج سالم معنی‌دار نبود (فوفانا و همکاران، ۲۰۱۰). تنش خشکی در مراحل زایشی و پر شدن دانه با تأثیر منفی بر بیان ژن Wx (ژن کدکننده آنزیم GBSS که برای سنتز آمیلوز در دانه ضروری است) باعث کاهش تجمع آمیلوز در آندوسپرم و در نهایت پایین بودن محتوای آمیلوز دانه برنج می‌شود و از این طریق بر کیفیت دانه برنج اثرگذار خواهد بود (لیو و همکاران، ۲۰۱۰). هرچند برای ارزیابی کیفیت پخت برنج معمولاً از شاخص‌هایی مانند میزان آمیلوز، درجه حرارت ژلاتینی شدن و قوام ژل استفاده می‌شود. در عین‌حال ارقامی وجود دارند که در عین تشابه از نظر شاخص‌های ذکر شده، کیفیت پخت متفاوتی از خود بروز می‌دهند که علت این امر خصوصیات چسبندگی نشاسته گزارش شده است و این تفاوت در کیفیت پخت را می توان با بررسی خصوصیات چسبندگی به خوبی مشاهده نمود.. اله‌قلی‌پور و همکاران (۱۳۸۹) گزارش کردند که بین ارقام محلی و اصلاح شده تفاوت بسیار معنی‌داری از نظر خصوصیات چسبندگی نشاسته وجود دارد. بنابراین ارزیابی ژنوتیپ‌ها از لحاظ پایداری صفات کیفی دانه، نیز همانند صفات کمی در شرایط تنش خشکی ضروری می‌باشد. از این رو آزمایشی به منظور بررسی اثر تنش خشکی بر خصوصیات نشاسته دانه ژنوتیپ‌های بومی و اصلاح شده برنج انجام پذیرفت.

مواد و روش‌ها

در این تحقیق ۱۶ ژنوتیپ برنج بومی و اصلاح شده (گوهر، علی‌کاظمی، پردیس، نعمت، ساحل، ندا، اهلمی طارم، پژوهش، جلودار، قایم، لاین ۸۳۱، درفک، کادوس، شیرودی، گیلانه و پویا) در شرایط مزرعه‌ای در معرض تنش خشکی قرار گرفتند. یک مزرعه برای شرایط شاهد (آبیاری از ابتدای دوره تا ۱۰ روز پیش از برداشت به‌صورت غرقاب و عمق آب سه تا پنج سانتی‌متر بالای سطح مزرعه) و مزرعه دیگر برای اعمال تنش خشکی و قطع آب از مرحله حداکثر پنجه‌دهی (مقارن با آغازش خوشه) برابر با مرحله سه کدبندی SES در نظر گرفته شد. آزمایش به‌صورت کرت خرد شده با طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا گردید که کرت اصلی عامل تنش شامل تنش خشکی و شاهد (بدون تنش خشکی) و عامل فرعی نیز ژنوتیپ در نظر گرفته شد. هر بلوک شامل ۱۷ کرت، ابعاد هر کرت ۱/۵×۱/۵ متر و فاصله بین کرت‌ها ۵۰ سانتی‌متر و فاصله کاشت ۲۵×۲۵ سانتی‌متر بود. در اطراف زمین تنش و بین قطعات دربرگیرنده ژنوتیپ‌های با دوره رسیدگی یکسان، زهکش‌هایی جهت خروج سریع آب در زمان بارش‌های احتمالی و جلوگیری از نشت آب از کرت‌های مجاور احداث شد. در انتهای دوره پس از برداشت محصول و تعیین عملکرد، ۱۴ شاخص تحمل و حساسیت به تنش محاسبه و تجزیه خوشه‌ای آن‌ها به روش گروه‌بندی UPGMA انجام شد. پس از برش‌دهی دندروگرام حاصل از آن، ژنوتیپ‌های مورد بررسی به دو گروه تفکیک شدند و تفاوت بین این دو گروه براساس لامبدای ویلکس حاصل از تجزیه تابع تشخیص معنی‌دار (۰/۰۰۱) و صحت گروه‌بندی ۱۰۰ درصد بود. گروه حساس به تنش شامل سه ژنوتیپ گوهر، علی‌کاظمی و پردیس بود و بقیه ژنوتیپ‌ها در گروه متحمل قرار گرفتند. پس از تبدیل شلتوک به برنج سفید، مقداری از برنج سفید با استفاده از آسیاب UD در حد ۱۰۰ مش آرد شدند. خصوصیات چسبندگی نشاسته با دستگاه رپیدویسکو آنالایزر (RVA-3D Model, Newport Scientific, Sydney, Australia) اندازه‌گیری و هفت عامل مهم منتج از منحنی چسبندگی، شامل حداکثر چسبندگی، حداقل چسبندگی، فروریختگی، چسبندگی نهایی، پس‌روی چسبندگی،

درجه حرارت چسبندگی برحسب واحد RVU و مدت زمان لازم برای رسیدن به حداکثر چسبندگی برحسب دقیقه ثبت گردید. آمیلوز دانه به روش جولیانو (۱۹۷۱) و نمره ژلاتینی شدن به روش لیتل و همکاران (۱۹۸۵) نیز اندازه‌گیری شدند. به‌منظور تجزیه آماری ابتدا آزمون نرمال بودن توزیع خطاهای آزمایشی داده‌ها و در صورت نیاز تبدیل داده انجام شد و تجزیه واریانس و مقایسه میانگین بین دو گروه متحمل و حساس بااستفاده از نرم‌افزار SAS صورت گرفت.

نتایج و بحث

براساس نتایج تجزیه واریانس اثر تنش (به جز آمیلوز و زمان ژلاتینی شدن) و اثر متقابل تنش و رقم بر تمامی صفات کیفی معنی‌دار بود (جدول ارائه نشد). نتایج جدول ۱ نشان می‌دهد که اختلاف بین دو گروه ژنوتیپ‌ها در شرایط بدون تنش از نظر صفت محتوای آمیلوز معنی‌دار بود که گروه دوم درصد آمیلوز بالاتری داشت. نمره ژلاتینی شدن دو گروه در هر دو شرایط با هم اختلاف معنی‌داری داشت به صورتی که مقدار بالاتر از گروه اول ثبت شد. اما تنش تأثیری بر نمره ژلاتینی شدن دو گروه نداشت. نتایج مقایسه میانگین حاکی از آنست که از نظر تمامی صفات مربوط به خصوصیات نشاسته به جز زمان رسیدن به حداکثر چسبندگی تنها در شرایط بدون تنش بین دو گروه اختلاف معنی‌داری مشاهده شد. اما برای صفت زمان رسیدن به حداکثر چسبندگی دو گروه در هر دو شرایط تنش و بدون تنش اختلاف معنی‌داری با هم داشتند. برای گروه متحمل مقادیر بالاتری از صفات حداکثر چسبندگی، حداقل چسبندگی، فروریختگی و چسبندگی نهایی و مقدار کمتر پسروی چسبندگی و زمان رسیدن به حداکثر چسبندگی ثبت شد. تنش کاهش صفات فروریختگی، چسبندگی نهایی، پسروی چسبندگی و زمان رسیدن به حداکثر چسبندگی را در هردو گروه سبب شد. اما برای صفات حداکثر و حداقل چسبندگی تنها در گروه متحمل کاهش مشاهده شد (جدول ۱). فلاح شمسی و همکاران (۱۳۹۲) گزارش کردند تنش کمبود آب در تغییر کیفیت دانه و خصوصیات پخت ۱۵ ژنوتیپ بومی و اصلاح‌شده برنج اثرگذار بود. در آزمایش آن‌ها کاهش محتوای آمیلوز دانه در ارقام بومی و کاهش درجه حرارت ژلاتینی شدن و قوام ژل در ارقام اصلاح شده چشمگیرتر بود. حداکثر چسبندگی نشان‌دهنده حداکثر قدرت جذب آب توسط دانه‌های نشاسته و حداکثر تورم دانه‌های نشاسته در سرعت و درجه حرارت ثابت و مشابه است (اله‌قلی‌پور و همکاران، ۱۳۸۹؛ شو و همکاران، ۱۹۹۸؛ شو، ۱۹۹۶؛ پانوزو و مک کورنیک، ۱۹۹۳). بنابراین ارقامی که حداکثر چسبندگی بالایی داشته باشند، پس از پخت خشک و سخت می‌شوند. در حداقل چسبندگی نیز مانند حداکثر چسبندگی، دو عامل بازپخت و اتصال عرضی بسیار مهم و تعیین کننده می‌باشند، به‌طوری‌که هر چه این دو پدیده کمتر اتفاق بیفتد، میزان آمیلوز قابل حل بیشتر و شکستگی تدریجی و کند آمیلوپکتین بیشتر می‌شود و در نتیجه حداقل چسبندگی به کمترین مقدار خود می‌رسد و میزان فروریختگی که نشان‌دهنده کیفیت خوب پخت دانه‌های نشاسته است، افزایش می‌یابد. میزان فروریختگی در تعیین کیفیت نهایی پخت برنج تأثیر زیادی دارد و هرچه این میزان کمتر باشد نشان‌دهنده کیفیت نامناسب پخت رقم موردنظر است. چسبندگی نهایی که نشان‌دهنده متورم شدن مجدد دانه‌های نشاسته طی فرآیند سرد و گرم شدن نمونه‌هاست، با میزان آمیلوز رابطه مثبت و مستقیمی دارد هر چه میزان آمیلوز بیشتر باشد، مقدار چسبندگی نهایی بیشتر و دانه‌ها پس از پخت خشک و سفت می‌شوند (اله‌قلی‌پور و همکاران، ۱۳۸۹). در مقابل در صورت کم بودن میزان آمیلوز، مقدار چسبندگی نهایی به حداقل خود رسیده و دانه‌ها پس از پخت نرم و چسبنده می‌شوند. بنابراین ارقامی که میزان آمیلوز متوسطی دارند (حدود ۲۵-۲۰ درصد)، معمولاً دارای کیفیت پخت بهتری می‌باشند (اله‌قلی‌پور و همکاران، ۲۰۰۶). پسروی چسبندگی نیز فاصله بین حداقل چسبندگی و چسبندگی نهایی است و هرچه میزان آن در یک رقم بیشتر

جدول ۱- مقایسه میانگین خصوصیات نشاسته و صفات کیفی دانه ژنوتیپ های بومی و اصلاح شده برنج

گروه‌ها	آمیلوز (درصد)			نمره ژلاتینی شدن			حداکثرچسبندگی (RVU)			حداقل چسبندگی (RVU)		
	NS	WS	تغییرات درصد	NS	WS	تغییرات درصد	NS	WS	تغییرات درصد	NS	WS	تغییرات درصد
معنی‌داری	*	ns		**	**		**	ns		**	ns	
I	۲۴/۰	۲۵/۶	۶/۹	۷/۰	۷/۰	۰	۲۴۶/۴	۲۴۷/۷	۰/۵	۱۹۷/۰	۲۰۱/۴	۲/۲
II	۲۴/۸	۲۴/۶	-۰/۷	۵/۲	۵/۲	۰	۲۸۰/۲	۲۵۰/۷	-۱۰/۵	۲۲۵/۶	۲۰۱/۲	-۱۰/۸

گروه‌ها	فروریختگی (RVU)			چسبندگی نهایی (RVU)			پس‌روی چسبندگی (RVU)			زمان تا رسیدن به حداکثر چسبندگی (دقیقه)		
	NS	WS	تغییرات درصد	NS	WS	تغییرات درصد	NS	WS	تغییرات درصد	NS	WS	تغییرات درصد
معنی‌داری	**	ns		**	ns		**	ns		**	**	
I	۴۹/۴	۴۶/۳	-۶/۲	۲۹۷/۵	۲۸۵/۹	-۳/۹	۱۰۰/۵	۸۴/۵	-۱۵/۹	۶/۹	۶/۹	-۰/۳
II	۵۴/۶	۴۹/۴	-۹/۵	۳۲۱/۸	۲۹۲/۷	-۹/۰	۹۶/۲	۹۱/۵	-۴/۹	۶/۶	۶/۴	-۳/۱

NS: بدون تنش WS: تنش آبی گروه I : حساس گروه II : متحمل

باشد، نشان‌دهنده سخت شدن دانه‌ها پس از پخت بوده و از کیفیت نامناسبی برخوردار است. مدت زمان پخت نیز نشان‌دهنده زمان مورد نیاز جهت پخت نمونه و رسیدن به حداکثر چسبندگی است (اله‌قلی‌پور و همکاران، ۱۳۸۹). در نتیجه تنش با کاهش حداکثر چسبندگی منجر به نرم شدن دانه‌ها پس از پخت می‌گردد. کاهش حداقل چسبندگی طی تنش نیز کیفیت مناسب پخت رقم‌های مورد بررسی را به دنبال دارد. کاهش چسبندگی نهایی نیز سبب می‌شود دانه‌ها پس از پخت خشک و سفت نشوند. از سوی دیگر چون تنش اثر معنی‌داری روی زمان رسیدن به حداکثر چسبندگی نداشت زمان پخت ارقام طی تنش دستخوش تغییر نگردید.

پاندی و همکاران (۲۰۱۴) نیز گزارش کردند که دانه‌های حاصل از تنش، نمره ژلاتینی شدن و حداکثر چسبندگی کمتری دارند که با توجه به همبستگی بین نمره ژلاتینی شدن و مدت پخت، تنش مرحله رسیدگی منجر به کاهش مدت پخت می‌شود که کاهش زمان پخت از نظر صرفه‌جویی زمان و انرژی حائز اهمیت است. افزایش زمان رسیدن به حداکثر چسبندگی و مقدار فروریختگی در نمونه‌های تنش دیده نشان می‌دهد که تنش رطوبتی افزایش حجم دانه را پس از پخت القا می‌کند. تنش آبی گلدهی تا رسیدگی دانه منجر به افزایش قدرت آماس، حداقل چسبندگی، حداکثر چسبندگی، فروریختگی گرانولی در هر دو ژنوتیپ برنج مورد مطالعه توسط گواناراتنه و همکاران (۲۰۱۱) شد. در مجموع تنش کاهش معنی‌دار صفات حداقل، حداکثر چسبندگی، چسبندگی نهایی و فروریختگی را سبب شد. برای صفات پسروی چسبندگی و زمان رسیدن به حداکثر چسبندگی هم در شرایط تنش مقدار کمتری از صفات ثبت گردید. همچنین در این آزمایش ارقام متحمل مقدار بالاتر حداقل، حداکثر چسبندگی، چسبندگی نهایی و فروریختگی و مقدار کمتر پسروی چسبندگی و زمان رسیدن به حداکثر چسبندگی به دست آمد که نشان می‌دهد تنش خشکی در زمان آغازش خوشه موجب تغییر کیفیت پخت (خصوصیات نشاسته) و نرم شدن دانه‌ها پس از پخت و سفت نشدن پس از پخت می‌شود.

منابع

اله‌قلی پور، م.، ربیعی، ب.، عبادی، ع. ا.، حسینی م.، و یکتا، م. ۱۳۸۹. خصوصیات چسبندگی نشاسته: شاخص‌های جدید جهت ارزیابی کیفیت پخت ارقام برنج (*Oryza sativa* L.). مجله علوم زراعی ایران. ۱۲ (۲): ۱۵۱-۱۴۰.

خزانه‌داری، ل.، کوهی، م.، زابل عباسی ف. و قندهاری، ش. ۱۳۸۹. بررسی روند خشکسالی در ایران طی ۳۰ سال آینده ۲۰۳۹-۲۰۱۰، چهارمین کنفرانس منطقه‌ای تغییر اقلیم، تهران، سازمان هواشناسی کشور، https://www.civilica.com/Paper-RCCC04-RCCC04_007.html

رحیم سروش، ح.، ب. ربیعی، م. نحوی و م. قدسی. ۱۳۸۶. مطالعه برخی از صفات زراعی کیفی و پایداری عملکرد ژنوتیپ‌های برنج. پژوهش و سازندگی در زراعت و باغبانی. ۷۵ : ۲۵-۳۲.

فلاح شمسی، س. ا.، اصفهانی، م.، قدسی، م. و سمیع‌زاده ح. ا. ۱۳۹۲. اثر تنش کمبود آب بر کمیت و کیفیت دانه ژنوتیپ‌های بومی و اصلاح شده برنج (*Oryza sativa* L.). اولین همایش ملی تنش‌های گیاهی غیرزیستی

Allahgholipour, M., A. J. Ali, F. Alinia, T. Nagamine and Y. Kojima. 2006. Relationship between rice grain amylose and pasting properties for breeding better quality rice varieties. Plant Breed. 125: 357-362.

Fofana, M., M. Cherif, B. Kone, K. Futakuchi and A. Audebert. 2010. Effect of water deficit at grain repining stage on rice grain quality. J. Agric. Biotechnol. Sustain. Develop., 100-107.

Gunaratne, A., Ratnayaka, U. K., Sirisena, N., Ratnayaka, J., Kong, X., Arachchi, L. V., & Corke, H. 2011. Effect of soil moisture stress from flowering to grain maturity on functional properties of Sri Lankan rice flour.Starch-Stärke, 63(5): 283-290.

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

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

Liu, D. H., J. L. Zhang, J. H. Cao, Z. H. Wang, C. Yu and D. M. Jin. 2010. The reduction of amylose content in rice grain and decrease of Wx gene expression during endosperm development in response to drought stress. J. Food, Agric. Environ., 8 (3&4) : 873-878.

Pandey, A., A. Kumar, D.S. Pandey and P.D. Thongbam. 2014. Rice quality under water stress. Indian Journal of Advances in Plant Research (IJAPR), 1(2):23-36.

Panozzo, J. F. and K. M. McCormic. 1993. The rapid visco analyzer as a test method of testing for noodle quality in a wheat-breeding program. J. Cereal. Sci. 7: 25-32.

Shu, Q. Y. 1996. Study on the cooking and eating quality of rice. Doctoral dissertation. Zhejiang Agricultural University, China, pp. 40-57.

Shu, Q. Y., D. X. Wu, Y. W. Xia, M. W. Gao and A. McClung. 1998. Relationship between RVA profile character and eating quality in Oryza sativa L. Sci. Agric. Sinica 31: 25-29.

Yang, J. and J. Zhang . 2010. Crop management technique to enhance harvest index in rice. J. Exp. Bot., 61(12) : 3177- 3189.

Study of drought stress effect on grain starch pasting properties of local and improved rice genotypes

S. A. Fallah-Shamsi [1*], H. Pirdashti[1], A. Ebadi[2], M. Esfahani[3] and M. Raeini[1]

1. Ph. D. of Agronomy and Associate professor, Dept. of Agronomy and Professor, Dept. of Irrigation, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran, respectively.
2. Assistant Professor at Rice Research Institute of Iran, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Rasht, Iran
3. Professor, Faculty of Agricultural Sciences, University of Guilan.

*Corresponding author email: a.fallahshamsi@stu.sanru.ac.ir

Abstract:
In order to study of grain starch properties under drought stress, an experiment was carried out on 16 local and improved rice genotypes in two condition (non stress and drought stress by withhoding water at panicle initiation stage). This experiment was performed based on split plot in three replication at rice research institute, Rasht, Iran, in 2015. After yield harvest, starch properties, amylose and gelatinization temperature were measured in samples. Analysis of variance showed that genotype and water stress interaction had significant effects on all traits. Stress decrease peak viscosity, minimum viscosity, final viscosity and breakdown significantly. Viscosity setback and pasting tempreture reduce also under drought condition. Tolerant genotypes had higher peak viscosity, minimum viscosity, final viscosity and breakdown and lower viscosity setback and pasting tempreture than other genotyes. Results showed that drought stress at panicle initiation stage changes cooking quality (starch properties) and rice after cooking does not firm and dry.

Keywords: Amylose, Drought, Grain quality, Rice, Starch viscosity properties, Stress