تحقیقات مهندسی صنایع غذایی/جلد۲٤ / شماره ٧٦ / بهار و تابستان/ ١٤٠٣ /ص ١-١٦

سایت مجله: https://fooder.areeo.ac.ir

نوع مقاله: پژوهشی

اثر دور آبیاری در سامانهٔ آبیاری قطره‌ای نواری بر ویژگی‌های کیفی برنج رقم محلی عنبربو در خوزستان

مریم رواقی[1*]، لیلا بهبهانی[2]، علی مختاران[3]، کبری تجددی طلب[4]، علیرضا قدس ولی[5]، عاصفه لطیفی[6]

۱ و ۲و ۳- به ترتیب استادیار پژوهشی؛ و محقق غیر هیات علمی؛ و استادیار پژوهشی، بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خوزستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اهواز، ایران.

٤- استادیار پژوهشی، موسسه تحقیقات برنج کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، رشت، ایران.

۵- دانشیار پژوهشی، بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، گرگان، ایران.

۶- استادیار پژوهشی، موسسه تحقیقات برنج کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، آمل، ایران.

تاریخ ارسال: ۱۴۰۱/۱۱/۳۰ **تاریخ پذیرش:** ۱۴۰۱/۱۲/۲۰

چکیده

برنج یکی از مهم‌ترین محصولات تابستانی در استان خوزستان است که در سال‌های اخیر و با توجه به محدودیت منابع آبی، کشت آن محدود شده است. آب مهم‌ترین عامل در تولید پایدار بیشتر محصولات کشاورزی است و تغییرات رطوبت خاک طی دورهٔ رشد می‌تواند علاوه بر ایجاد تغییراتی در عملکرد محصول، بروز تغییراتی را در ویژگی‌های فیزیکومکانیکی و کیفیت دانه موجب شود. با توجه به محدودیت منابع آبی در استان خوزستان، این پژوهش با هدف بررسی واکنش برنج رقم محلی عنبربو پس از کشت مستقیم در بستر خشک (خشکه‌کاری) و به‌کارگیری سامانه آبیاری قطره‌ای با سه تناوب آبیاری (یک روزه، دو روزه و سه روزه) اجرا شد. نمونه‌های تولید شده از نظر ویژگی‌های هندسی، ویژگی‌های ثقلی، ضریب‌های اصطکاک استاتیکی، مقاومت خمشی، راندمان تبدیل، درصد دانهٔ گچی، دمای ژلاتینه شدن دانه، درجه سفیدشدگی برنج، مقدار آمیلوز و پروتئین بررسی شدند. نتایج تحقیق نشان داد که افزایش فاصلهٔ آبیاری از یک روز به سه روز تأثیری منفی بر طول، مقاومت خمشی و وزن هزاردانه دارد. راندمان برنج سالم رقم محلی عنبربو در سفیدکن اصطکاکی (۲/۲۰±۶۲/۸۷ درصد) به طور معنی داری بیشتر از راندمان برنج سالم همان رقم در سفیدکن سایشی (۶/۵۳±۵۵/۲۲ درصد) است. از آن‌جا که برنج تولیدی در تمام تیمارها ویژگی‌های قابل قبولی داشت، تولید آن با توجه به کمبود آب توجیه‌پذیر است.

واژه‌های کلیدی: خشکه‌کاری، راندمان برنج سالم، کیفیت، محدودیت منابع آبی، ویژگی‌های فیزیکی

مقدمه

برنج با نام علمی *Oryza sativa* L. یکی از مهم‌ترین و قدیمی‌ترین غلات از خانوادهٔ گرامینه است که پس از گندم دومین غلهٔ مهم جهان به حساب می‌آید. دانهٔ برنج و فرآورده‌های به‌دست آمده از آن تقریباً ۴۰ درصد غذای مورد نیاز نیمی از مردم جهان را تشکیل می‌دهد. سطح زیر کشت برنج در دنیا معادل ۱۶۳/۱ میلیون هکتار با میانگین عملکرد ۴/۶ تن در هکتار است (USDA, 2020). این محصول در ایران سطح زیر کشتی حدود ۸۵۴/۹ هکتار و عملکردی حدود ۵/۳ تن در هکتار دارد (Anonymous, 2020).

آب مهم‌ترین عامل در تولید پایدار بسیاری از محصولات کشاورزی از جمله برنج است (Rabiei *et al.*, 2022). در قسمت‌هایی از آسیا مثل کشور ایران از یک سو تقاضا برای برنج بالا ست و از سوی دیگر، آب کمتری نسبت

نگارنده مسئول: Email : m.ravaghi@areeo.ac.ir

http://doi: 10.22092/FOODER.2023.360992.1355

© 2023,The Author(s). Published by Agricultural Engineering Research Institute. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

به دیگر کشورهای آسیایی مانند اندونزی، چین و تایلند در دسترس هست (Mazaheri and Abdolmanafi, 2018). آبیاری مورد استفاده برای آبیاری برنج در کشور استغراقی یا غرقابی است که استفاده از این روش موجب مصرف بیش از اندازهٔ آب و پایین بودن کارآیی آن می‌گردد. بنابراین، لازمهٔ کشت این محصول تامین آب و لازمهٔ تداوم کشت آن مدیریت صحیح آبیاری است که تنها با اتخاذ تمهیداتی بر پایهٔ یافته‌های علمی قابل کنترل خواهد بود. باتوجه به محدودیت منابع آب مصرفی، کشت مستقیم برنج به روش خشکه‌کاری یکی از روش‌های ارزشمند و توصیه شده برای کاهش آب مصرفی است. با این همه، عوامل محیطی و تنش‌هایی مانند کمبود آب مورد نیاز طی دوره رسیدن، روش کشت و غیره بر کیفیت برنج تأثیرگذار هستند. وقوع تنش در زمان پر شدن دانه، صرف‌نظر از کاهش عملکرد، می‌تواند باعث کاهش کیفیت به صورت زوال کلی شکل دانه، راندمان تبدیل، کیفیت پخت، افزایش درصد دانه‌های گچی، راندمان کمتر برنج سالم، تغییر در ساختمان آمیلوپکتین و سختی شود (Limouchi *et al.*, 2018). تحقیقات باندولین و کرپز (Bandonill and Corpuz, 2015) نشان داد روش‌های کشت نشایی و مستقیم بر مقدار آمیلوز برنج موثر است. اگرچه در هر دو روش کشت، برنج از نظر آمیلوز در ردهٔ متوسط قرار گرفت اما مقدار آمیلوز در کشت مستقیم (۲۲/۱۲ درصد) بیشتر بود تا در کشت نشایی (۲۱/۰۶ درصد). مقصود و همکاران (Maqsood *et al.*, 2013) مقدار آمیلوز بیشتری را در کشت نشایی نسبت به کشت مستقیم گزارش داده‌اند.

دمای بالا طی دورهٔ رسیدن، علاوه بر کاهش وزن دانه (Morita *et al.*, 2002)، موجب کاهش کیفیت آن می‌شود. وجود کربوهیدارت‌های همسان برای پر شدن نشاسته و جلوگیری از فضاهای خالی ضروری است. علاوه بر آن، پس از بیرون آمدن خوشه‌ها اگر دمای محیط به مدت ۱ تا ۱۰ روز بالا باشد می‌تواند باعث بروز ترک در دانه شود (Nagata *et al.*, 2004). فوفانا و همکاران (Fofana *et al.*, 2010) بر اساس تحقیقی اظهار کردند خشکی طی دورهٔ رسیدن می‌تواند عامل کمک کننده در کاهش دانه‌های ترک خورده و افزایش دانه‌های سالم باشد. ساکورای و همکاران (Sakurai *et al.*, 2006) نیز اثر مثبت کمبود آب طی دورهٔ رسیدن بر کیفیت برنج را نیز گزارش دادند.

پروتئین و آمیلوز از عوامل اصلی تاثیرگذار بر کیفیت برنج محسوب می‌شود (Adu-Kwarteng *et al.*, 2003; Futakuchi *et al.*, 2008). احمد و همکاران (Ahmed *et al.*, 2008) نشان دادند عوامل محیطی بر میزان سنتز آمیلوز تاثیرگذار است علاوه بر آن روش کشت، میزان مواد غذایی در دورهٔ رشد و شرایط آب و هوایی از عوامل دیگر تاثیر گذار بر میزان آمیلوز و کیفیت برنج هستند. همبستگی منفی بین آمیلوز و پروتئین برای نمونه‌های تحت استرس آبی نیز مشاهده شده است (Fofana *et al.*, 2010). علاوه بر آن، دمای ژلاتینی‌شدن و حداکثر ویسکوزیته نیز کاهش می‌یابد. این کاهش نشان دهنده ژلاتینی شدن سریع‌تر نمونه‌ها بوده‌است (WARDA, 1999).

آسیاب کردن فرآیند اعمال بارهای مکانیکی روی دانهٔ برنج برای حذف لایه‌های سبوس و جوانه است. آسیاب کردن برنج از چندین مرحله مختلف تشکیل شده است که هر یک باید به ترتیب و با موفقیت طی گردد تا انتظارات صنعت و مصرف کننده برآورده شود. درک اثر شرایط خشک‌کردن بر ویژگی‌های مکانیکی و جلوگیری از ایجاد ترک می‌تواند برای بهبود کیفیت آسیاب‌شدن مفید باشد. شکستگی دانهٔ برنج در فرآیند تبدیل یکی از بزرگ‌ترین مشکلات صنعت برنج است (Iguaz *et al.*, 2005). اثر تنش‌های واردشده بر ویژگی‌های کیفی برنج باید تعیین شود. شکستگی برنج تابع عوامل متعددی از قبیل میزان مقاومت آن در برابر بارهای مکانیکی و تنش‌های دمایی و رطوبتی است. درصد شکستگی برنج بر اثر ویژگی‌های مکانیکی آن شامل استحکام کششی، استحکام فشاری و

استحکام خمشی قابل پیش‌بینی است (Iguaz *et al.*, 2005; Sibenmorgen and Qin, 2005).

حسینیان و همکاران (Hoseinian *et al.*, 2008) گزارش دادند که در مقایسهٔ ارقام رابطه معنی‌داری بین درصد برنج خرد و تمامی ویژگی‌های مکانیکی وجود دارد به طوری که با افزایش مقاومت خمشی، درصد برنج خرد کاهش می‌یابد. البته این موضوع به نوع سفیدکن نیز بستگی دارد به نحوی که رابطهٔ مذکور در سفیدکن اصطکاکی نسبت به سفیدکن سایشی دارای ضریب تعیین بالاتری است. در سطوح رطوبتی مختلف، در سفیدکن اصطکاکی رابطه‌ای معنی‌دار بین درصد برنج خرد و ویژگی‌های مکانیکی، به‌خصوص نیروی شکست و تنش بیشینهٔ خمشی، وجود دارد ولی در سفیدکن سایشی این رابطه ضعیف‌تر بوده است. دلیل آن را می‌توان چنین بیان کرد که در سفیدکن سایشی نیروهای واردشده در حدی نیستند که بر مقاومت دانه‌های سالم غلبه کنند و در نتیجه برای هر رقم، تغییرات مقاومت خمشی تأثیر چندانی بر درصد برنج خرد در سفیدکن سایشی ندارند.

استان خوزستان در جنوب غربی ایران واقع شده‌است. در بازهٔ زمانی ۴۰ ساله، سطح زیرکشت برنج در این استان هر سال ۵۵ تا ۶۰ هزار هکتار بوده است. طی چند سال گذشته به‌دلیل ارزش افزوده و درآمد، سطح زیرکشت افزایش یافته است. دورهٔ رشد برنج در استان خوزستان در فصل گرم سال است و بنابراین در فرآیند کاشت تا برداشت، این محصول در معرض دمای بالا قرار دارد که باعث افزایش تبخیر و تعریق زیاد می‌شود و به همان نسبت میزان مصرف آب برنج نسبت به استان‌های دیگر بیشتر است و همین موضوع باعث می‌شود تا در سال‌های کم‌آب سطح زیرکشت کاهش یابد (Gilani, 2019). این پژوهش با هدف بررسی اثر تنش محیطی با کاهش مصرف آب و اثر تنش‌های مکانیکی حین آسیاب‌کردن برنج بر کیفیت رقم برنج عنبربو (عنبوری) در خوزستان اجرا شد.

مواد و روش‌ها

مواد

شهر اهواز مرکز استان خوزستان از نظر اقلیمی جزو مناطق خشک کشور به شمار می‌آید. جدول ۱، شاخص‌های دما، رطوبت نسبی و میزان ساعات آفتابی در دورهٔ کاشت برنج طی سال ۱۳۹۹ را نشان می‌دهد. با توجه به محدودیت شدید آب در استان خوزستان، کشت مستقیم بذر برنج در بستر خشک (خشکه‌کاری برنج) یکی از راهبردهای بالقوه درکاهش و مصرف بهینهٔ آب برای کشت این محصول ارائه شده است.

پژوهش حاضر در مزرعه تحقیقاتی ایستگاه اهواز واقع در مرکز تحقیقات، آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خوزستان، در سال ۱۳۹۹ طراحی و اجرا شد. این ایستگاه در مختصات "۱۹/۴ ′۱۸ °۳۱ عرض شمالی و "۱۰/۷ ′۳۸ °۴۸ طول شرقی در ارتفاع ۱۵ متر از سطح دریا واقع شده است. مزرعهٔ تحقیقاتی مذکور به‌دلیل داشتن بافت خاک رس و رسی سیلتی، آب شور زیرزمینی کم عمق (۱/۵ متری از سطح زمین) و شرایط آب و هوا، می‌تواند شاهدی از مزارع کشاورزی مرکزی، غرب و جنوب غرب استان خوزستان باشد. این مزرعه دارای سامانهٔ زهکشی زیرزمینی تنبوشه‌ای است که خروجی آنها به زهکش جمع‌کننده روباز وارد می‌شود. برنج عنبربو به روش خشکه‌کاری (کشت مستقیم بذر در محیط خشک) کاشته شد. این روش، نسبت به دو شیوهٔ رایج در کشور شامل کشت نشا و کشت مستقیم بذر در محیط مرطوب، به‌دلیل تفاوت اساسی در فرآیند بسترسازی از جمله حذف گل‌خرابی، مدیریت کاشت و آبیاری پس از آن، به‌خصوص از زمان کاشت تا پایان مرحلهٔ گیاهچه‌ای (۲۵-۳۰روز) و دوره رشد کوتاه‌تر می‌تواند یکی از استراتژی‌های بالقوه برای کاهش و مصرف بهینه آب پیشنهاد شود (Gilani *et al.*, 2016). قبل از کشت، به‌منظوریکسان کردن شرایط خاک، آبشویی در مزرعه اجرا شد. پس از نفوذ آب در زمین و خشک شدن نسبی خاک ،

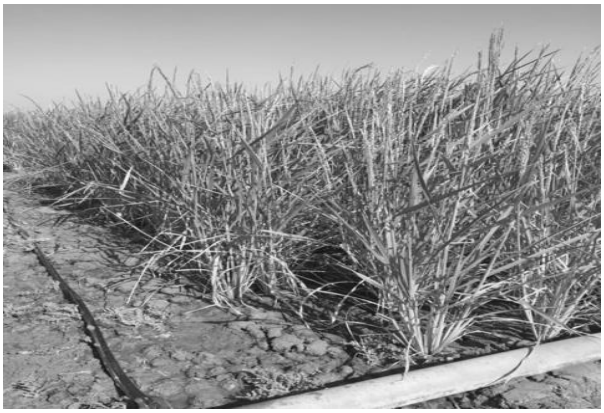
از مزرعه نمونهٔ خاک به صورت مرکب برداشته و کود مورد نیاز با توجه به آزمون خاک تعیین شد. با اجرای عملیات شخم و پس از افزودن کود پایه، به‌مقدار ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار سوپر فسفات تریپل و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم (طبق نتایج آزمون خاک) و دو نوبت دیسک‌زنی، مزرعه برای کاشت آماده شد. نیتروژن به‌مقدار ۱۲۰ و۱۵۰کیلوگرم در هکتار از منبع اوره به‌ترتیب برای ارقام به‌صورت ۴۰٪ پس از پایان مرحله گیاهچه‌ای و دو تقسیط ۳۰٪ در مراحل ابتدای ساقه رفتن و آبستنی استفاده شد. فسفر از منبع سوپرفسفات تریپل به‌میزان ۳۵ و ۵۰ کیلوگرم در هکتار، پتاسیم به‌میزان ۸۰ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار و روی به مقدار ۴۰ کیلوگرم در هکتار از منبع سولفات به‌ترتیب برای ارقام در زمان بذرپاشی مصرف شدند. عملیات زراعی برنج مطابق توصیهٔ کارشناسان برنج اجرا شد.

جدول ۱- شاخص‌های دما، رطوبت نسبی و میزان ساعات آفتابی در دورهٔ کاشت برنج.

Table 1- Indices of temperature, relative humidity and the number of sunshine hours during rice growth.

ماه Month	دما (درجه سلسیوس) Temperature (°C)			رطوبت نسبی (٪) Relative humidity (%)			ساعات آفتابی Sunshine hours
	حداقل Min.	حداکثر Max.	متوسط Avg.	حداقل Min.	حداکثر Max.	متوسط Avg.	
اردیبهشت Apr./May	19.7	35.9	27.8	18	63.9	40.9	255.3
خرداد May/Jun.	26.7	45.9	36.3	6.7	32.2	19.9	354.1
تیر Jun./Jul.	28.9	47.6	38.3	7.3	37.1	22.2	360.1
مرداد Jul./Aug.	28.8	47.4	38.1	10.3	50.8	30.6	350.8
شهریور Aug./Sept.	25.6	44.8	35.2	14.1	45.5	29.8	334.2
مهر Sept./Oct.	19.9	39.5	29.7	14.2	63.8	39	291.6
آبان Oct./Nov.	14.7	31.5	23.1	25.7	82.4	54	229.1
میانگین Avg.	23.5	41.8	32.7	13.8	53.8	33.8	310.7

سه روش آبیاری شامل هر روز= I_1، یک روز درمیان یا هر دو روز= I_2، هر سه روز= I_3 به عنوان تیمار اعمال شد. حجم آب کاربردی برای هر سه دور آبیاری با توجه به ساعات آبیاری مقداری ثابت بود. . سامانهٔ آبیاری قطره‌ای نواری(تیپ) در این طراحی، شامل نوارهایی با دبی روزنه ۲ لیتر بر ساعت و فاصله روزنه‌های ۲۰ سانتی‌متری از همدیگر بودند. نوارهای قطره‌ای روی لوله رابط (مانیفولد) با فاصلهٔ ۶۰ سانتی‌متری از همدیگر قرار داشتند. برنامهٔ مبارزه با آفات، بیماری‌ها و علف‌های هرز در مواقع ضروری به صورت کنترل شیمیایی (آفات و بیماری) و دستی (علف هرز) دنبال شد. شکل ۱، مزرعهٔ آزمایشی برنج را در زمان رسیدن کامل نشان داده است. داده‌های هواشناسی شامل دما، رطوبت نسبی و ساعات آفتابی از ایستگاه کشاورزی اهواز جمع‌آوری شد. در پایان فصل نمونه‌هایی از هریک از ارقام که دستی برداشت و خرمن‌کوبی شده بودند، برای آزمون‌های کیفی به آزمایشگاه منتقل شد.



شکل ۱- مزرعهٔ برنج در زمان رسیدن کامل محصول.

Figure 1-Paddy field in maturity stage of the crop.

شلتوک‌های برداشت شده از مزرعه با دمای ۱ ± ۴۳ درجه سانتی‌گراد خشک شدند (ASAE Standard, 2001b) تا رطوبت نهایی برای تبدیل با سیستم سایشی (Satake, Japan) به ۱۲- ۱۱ درصد و برای تبدیل با سفیدکن اصطکاکی (NipponSharyio, Japan) به ۹ درصد برسد (Hasheminasab *et al.*, 2008).

روش‌ها

ویژگی های فیزیکی

در ابتدا مواد خارجی و دانه‌های شکسته با دست جدا شدند. میزان رطوبت پایهٔ هر نمونه با خشک کردن حدود ۱۰ گرم نمونه در آون با دمای ۲±۱۰۳ درجه سلسیوس تا رسیدن به رطوبت ثابت تعیین شد (ASAE Standard, 2001b). به منظور بررسی تأثیر رطوبت بر ویژگی‌های فیزکی، نمونه‌هایی با رطوبت‌های مختلف تهیه شد. بدین منظور، در یک کیسه پلی‌اتیلنی آب مقطر به نمونه اضافه شد و پس از تکان دادن کیسه برای پخش آب، کیسه دوخت شد. نمونه به مدت حداقل یک هفته برای توزیع یکنواخت رطوبت در محیط یخچال ۵ درجه سلسیوس قرار داده شد. پیش از هر آزمایش، دمای نمونه‌های تهیه شده باید تا دمای اتاق افزایش یابد. آزمایش‌های ویژگی‌های فیزیکی دانه‌ها شامل ویژگی‌های هندسی، ثقلی، ضریب‌های اصطکاک استاتیکی در ۵ سطح رطوبتی اجرا شد (Çalişir *et al.*, 2005; Sacilik *et al.*, 2003).

ویژگی‌های هندسی

برای تعیین ویژگی‌های هندسی، ۱۰۰ دانه به صورت تصادفی انتخاب و سه بعد اصلی آن شامل قطر بزرگ (طول)، قطر متوسط (عرض) و قطر کوچک (ضخامت) با استفاده از کولیس دیجیتال (Guanglu, China) با دقت ۰/۰۱ میلی‌متر اندازه‌گیری شد.

میانگین حسابی و هندسی قطر و کرویت دانه در هر سطح رطوبتی به ترتیب با استفاده از رابطه‌های زیر محاسبه شد (Mohsenin, 1970):

$$D_a = (L + W + T)/3 \quad (۱)$$

$$Dg = (LWT)^{1/3} \quad (۲)$$

$$\phi = (LWT)^{\frac{1}{3}}/L \quad (۳)$$

مساحت سطح دانه‌ها با استفاده از تشابه هندسی با جسم کره‌ای شکل با همان قطر میانگین هندسی و کاربرد رابطه زیر تعیین شد (McCabe *et al.*, 1986):

$$S_M = \pi Dg^2 \quad \text{رابطهٔ (۴)}$$

مساحت تصویر دانه‌ها با استفاده از رابطهٔ زیر محاسبه گردید (Bilanski *et al.*, 1962).

$$A = (\pi LL_1)/4 \quad (۵)$$

$$L1 = (L + W)/2 \quad (۶)$$

در این رابطه‌ها، A مساحت تصویر به میلی‌متر مربع؛ L، طول دانه به میلی‌متر؛ L_1، میانگین طول؛ T، ضخامت و W عرض دانه میلی‌متر است.

ویژگی‌های ثقلی

وزن هزار دانه با توزین ۱۰۰ دانهٔ شمارش شده تعیین گردید. حجم دانه‌ها در سطوح رطوبتی مختلف با استفاده از روش جابه‌جایی مایع تعیین شد. ۱۰ دانه وارد بورت حاوی تولوئن شد و حجم تولوئن جابه‌جا شده یادداشت گردید. رابطهٔ محاسباتی تعیین حجم واقعی هر نمونه و دانسیته با استفاده از روش استاندارد پیکنومتری در زیر آورده شده‌اس (Mohsenin, 1970):

$$V = \frac{M_{td}}{\rho_t} = \frac{(M_t - M_p) - (M_{pts} - M_{ps})}{\rho_t} \quad (۷)$$

$$\rho_t = \frac{M_{ps} - M_p}{V_p} \quad (۸)$$

در این رابطه‌ها، M_t ، وزن پیکنومتر حاوی تولوئن؛ M_p، وزن پیکنومتر؛ M_{pts}، وزن پیکنومتر حاوی تولوئن و نمونه؛ M_{ps}، وزن پیکنومتر و نمونه؛V_p، حجم پیکنومتر است.

برای اندازه‌گیری دانسیتهٔ توده، نمونه از داخل قیفی با فاصله ۱۵ سانتی‌متر داخل ظرفی با حجم ۵۰۰ سانتی‌متر مکعب ریخته شد. نمونه باید از سطح ظرف سر ریز شود. با استفاده از یک تیغهٔ فلزی یا شیشه‌ای و با حرکت زیگزاگ (۵ مرتبه) سطح ماده در داخل ظرف با سطح ظرف مماس شد. باید توجه داشت که نمونه به هیچ وجه فشرده نشود.

تخلخل مقدار فضای خالی بین ذرات ماده موجود در توده است که از رابطهٔ زیر محاسبه می‌شود (Singh and Goswami, 1996; Mohsenin, 1986):

$$\varepsilon = \left(1 - \rho_b / \rho_p\right) \times 100 \quad (۹)$$

در این رابطه، ε، تخلخل بر حسب درصد؛ ρ، دانسیتهٔ توده بر حسب کیلوگرم بر متر مکعب؛ و ρ_p، دانسیتهٔ ذره یا جامد بر حسب کیلوگرم بر متر مکعب است.

ضریب‌های اصطکاک استاتیکی

ضریب‌های اصطکاک استاتیکی دانه‌ها در سطوح رطوبتی مختلف و روی مواد ساختمانی مختلف شامل چوب، آلومینیم، شیشه و ورق آهن گالوانیزه تعیین شد. برای این منظور از استوانه‌ای به قطر ۶۰ میلی‌متر و ارتفاع ۵۰ میلی‌متر که بدون سر و کف است استفاده شد. این استوانه روی صفحات مورد نظر قرار گرفت و با مقدار معینی از برنج پر شد به گونه‌ای که این استوانه با سطح ساختمانی مورد نظر تماس نداشته باشد. یک طرف سطح اصطکاکی با استفاده از سیستم پیچ و مهره به تدریج به سمت بالا کشیده شد تا استوانهٔ حاوی نمونه شروع به سر خوردن کند. ضریب اصطکاک استاتیکی از رابطهٔ زیر محاسبه شد:

$$\mu = \tan\alpha \quad (۱۰)$$

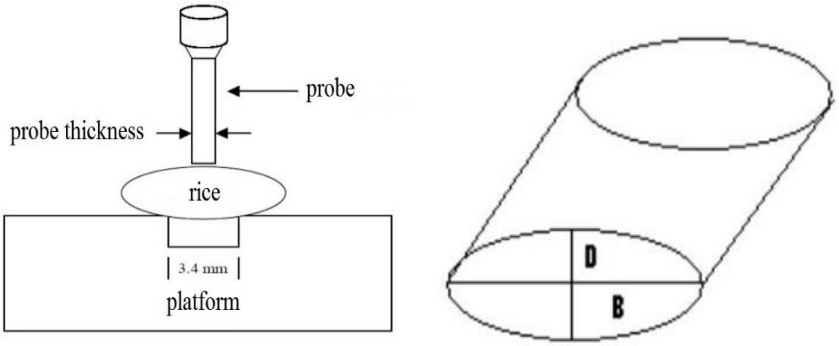
سختی و مقاومت خمشی

مقاومت مکانیکی دانه ها با استفاده از دستگاه سختی سنج تعیین گردید. از هر نمونه خشک شده ۲۰ عدد شلتوک به‌طور تصادفی انتخاب شد. به منظور جلوگیری از آسیب مکانیکی پوست اولیه، هر شلتوک با دست خارج گردید. پس از اندازگیری طول و عرض برنج قهوه ای (شکل ۲) توسط کولیس، حداکثر نیروی خمش (Brookfield texture analyzer, USA) تعیین شد و مقاومت خمشی بر اساس رابطه‌های های زیر محاسبه شد (ASAE Standard, 2001a):

$$\sigma = \frac{FLC}{4I} \quad (۱۱)$$

$$I = 0.049\ B * D^3 \quad (۱۲)$$

در رابطه‌های بالا، σ، مقاومت خمشی (پاسکال)؛ F، حداکثر نیروی خمش (کیلوگرم نیرو)؛ L، فاصلهٔ بین دو نگهدارنده (متر)؛ C، نصف ضخامت D (متر)؛ و B، ضخامت دانه (متر) است.



شکل ۲- طرح‌وارهٔ آزمون سه نقطه‌ای خمشی (چپ) و دانهٔ برنج (راست).

Figure 2- Scheme of three pont bend test (left) and rice kernel (Right).

راندمان تبدیل و راندمان برنج سفید سالم

وزن برنج سفید به‌دست آمده به وزن شلتوک بر حسب درصد اندازه‌گیری و به عنوان راندمان تبدیل گزارش شد. برای تعیین راندمان برنج سفید سالم نیز نسبت وزن برنج سفید سالم (دارای طول بیش از سه چهارم طول برنج کامل) به وزن شلتوک اندازه‌گیری و بر حسب درصد گزارش شد.

درصد دانه گچی

پنج گرم برنج سفید سالم و دانه‌هایی که بیش از ۵۰ درصد سطح آنها به رنگ مات و آردی بود به عنوان دانهٔ گچی جدا شد. نسبت وزن دانه گچی به وزن کل بر حسب درصد به عنوان درصد دانهٔ گچی محاسبه شد.

دمای ژلاتینه شدن دانه

برای تعیین دمای ژلاتینه‌شدن دانه از آزمون پخش در قلیا استفاده شد (Little *et al.*, 1958). در این روش، ۶ دانهٔ برنج در پلیتی حاوی ۱۰ میلی‌لیتر پتاس ۱/۷ درصد به مدت ۲۳ ساعت در دمای ۳۰ درجه سلسیوس نگهداری شد. به‌نمونه‌ها بر اساس حل‌شدن دانه در محلول قلیایی امتیاز از ۱ تا ۷ بر مبنای پخش کامل ۷ و بدون تغییر ۱ شماره داده شد. شمارهٔ ۱ تا ۳ دمای ژلاتینه‌شدن بالای ۷۵ درجه سلسیوس ، شمارهٔ ۴ و ۵ دمای ژلاتینه‌شدن ۷۰ تا ۷۵ درجه سلسیوس و شماره ۶ و ۷ دمای ژلاتینه زیر ۷۰ درجه سلسیوس دارند.

درجهٔ سفیدشدگی برنج

درجهٔ سفیدی با دستگاه سفیدی‌سنج (Model C-100, Japan) اندازه‌گیری شد. این دستگاه سفیدی جسم استاندارد را ۸۷/۳ نشان داد. این عدد به عنوان شاخص تنظیم دستگاه مشخص شد. هرچه برنج سفیدتر باشد عدد بالاتر و به سفیدی جسم استاندارد نزدیک‌تر است.

آمیلوز

میزان آمیلوز به روش رنگ‌سنجی بر اساس تشکیل کمپلکس رنگی ید با نشاسته در طول موج ۶۲۰ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفومتر (PD303, Japan) تعیین شد (Juliano, 1971).

پروتئین

مقدار پروتئین پس از آرد کردن برنج و اندازه‌گیری مقدار نیتروژن به روش کلدال (AACC, 1995) با در نظر گرفتن ضریب ۵/۹۵ محاسبه شد.

تجزیه و تحلیل آماری

این پروژه در قالب بلوک کاملاً تصادفی اجرا شد و نتایج به صورت میانگین±انحراف معیار گزارش شد. تأثیر دور آبیاری در سامانه قطره‌ای نواری روی خصوصیات فیزیکی، سختی و پارامترهای کیفی مختلف با استفاده از روش آنالیز واریانس (ANOVA) تعیین گردید و مقایسه میانگین با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح آماری ۵ درصد با بکارگیری نرم افزار (SAS, 2001) انجام شد.

نتایج و بحث

ویژگی های فیزیکی

برای طراحی مناسب ماشین‌آلات و فرآیندهای مورد استفاده در مرحله برداشت، حمل و نقل و نگهداری محصولات کشاورزی و تبدیل آنها به مواد غذایی و خوراک دام، دانستن ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی آنها ضروری است؛ در اینجا این ویژگی‌ها شامل ویژگی‌های هندسی، ثقلی و ضرایب اصطکاک استاتیکی بررسی می‌شوند.

ویژگی‌های هندسی

نتایج تجزیهٔ واریانس ویژگی‌های هندسی شامل ابعاد محوری (طول، عرض و ضخامت)، میانگین حسابی و هندسی قطر، سطح جانبی، مساحت تصویر یا سایه‌نگار و ضریب کرویت دانهٔ شالی در جدول ۲ آورده شده‌است. تأثیر دور آبیاری بر ویژگی‌های هندسی مانند طول، ضریب کرویت و مساحت تصویر در سطح آماری ۵ درصد معنی‌دار بود ولی بر عرض، ضخامت، میانگین حسابی و هندسی و سطح جانبی دانهٔ شلتوک اثر معنی‌داری (P>۰/۰۵) نداشت. افزایش فاصلهٔ آبیاری باعث کاهش معنی‌دار طول دانه شد. به نظر می‌رسد بسته شدن روزنه‌های برگ در اثر تنش کم-آبی و کاهش تولید مواد پرورده باعث کاهش طول شده‌است. از آنجا که عرض و ضخامت دانه تغییر معنی‌داری نداشت با کاهش طول دانه، کرویت افزایش و مساحت تصویر کاهش معنی‌داری (P<۰/۰۵) داشت.

جدول ۲- مقایسهٔ میانگین ویژگی‌های هندسی دانهٔ شلتوک تحت تاثیر روش آبیاری.*

Table 2- Comparison of mean values of paddy rice geometric properties under the influence of irrigation. method*

منبع Source	طول (میلی‌متر) Length (mm)	عرض (میلی‌متر) Width (mm)	ضخامت (میلی‌متر) Thickness (mm)	میانگین حسابی قطر(میلی‌متر) Arithmetic mean diameter (mm)	میانگین هندسی قطر(میلی‌متر) Geometric mean diameter (mm)	سطح جانبی (سانتی‌متر مربع) Surface area (cm^2)	ضریب کرویت Sphericity	مساحت تصویر (میلی‌متر مربع) Image area (mm^2)
I1	7.86±0.03^{a}	2.48±0.01^{a}	2.37±0.01^{a}	4.24±0.01^{a}	3.58±0.01^{a}	0.40±0.00^{a}	45.74±0.16^{b}	32.00±0.24^{a}
I2	7.76±0.04^{b}	2.51±0.01^{a}	2.38±0.01^{a}	4.22±0.01^{a}	3.59±0.01^{a}	0.41±0.00^{a}	46.34±0.16^{a}	31.38±0.21^{a}
I3	7.70±0.04^{b}	2.51±0.01^{a}	2.38±0.01^{a}	4.20±0.02^{a}	3.57±0.02^{a}	0.40±0.00^{a}	46.58±0.21 ^{a}	31.67±0.22 ^{b}

*I1,I2,I3 = به ترتیب آبیاری هر روز، یک روز در میان، هر سه روز؛ در هر ستون، میانگین های دارای حروف یکسان اختلاف معنی‌دار در سطح ۵٪ ندارند.

*I1, I2, I3 refer to irrigation intervals of every 1, 2 and 3 day/days, respectively. Means with similar letters within the same column are not significant at 5% level.

ویژگی‌های ثقلی

مقایسه میانگین ویژگی‌های ثقلی دانهٔ برنج عنبربو شامل وزن هزاردانه، دانسیتهٔ واقعی و توده، حجم و درصد تخلخل در جدول ۳ آورده شده است. وزن هزار دانه در برنج یکی از پایدارترین اجزای عملکرد برنج است (Taghizade *et al.*, 2008). نتایج تحقیق نشان داد روش آبیاری بر وزن هزار دانه تأثیر معنی‌دار (P<۰/۰۵) دارد. بیشینهٔ وزن هزار دانه با میانگین ۱۷/۴۹ گرم در روش آبیاری هر روز البته بدون اختلاف معنی‌دار (P<۰/۰۵) با روش آبیاری هر سه روز (با میانگین ۱۵/۶۱ گرم) مشاهده شد. وزن واقعی دانه و تجمع نشاسته در آن متأثر از شرایط دورهٔ رسیدن به‌خصوص دما و رطوبت خاک است. با وجود این به نظر می‌رسد دور آبیاری اثر معنی داری (P>۰/۰۵) بر ویژگی‌های ثقلی به‌جز بر وزن هزاردانه نداشت. کاوسی و یزدانی Kavoosi and Yazdany (2020) نیز در بررسی اثر دور آبیاری غرقابی بر عملکرد برنج رقم هاشمی به این نتیجه رسیدند که وزن هزار دانه و شاخص برداشت در دو تیمار غرقاب دایم و آبیاری با دور ۵ روز تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند اما با افزایش زمان دور آبیاری وزن هزاردانه و عملکرد کاهش می‌یابد.

جدول ۳- مقایسهٔ میانگین ویژگی‌های ثقلی دانهٔ شلتوک مورد آزمایش تحت تاثیر روش آبیاری.*

Table 3- Comparison of mean values of paddy rice gravimetrical properties under the influence of irrigation method.*

منبع Source	وزن هزار دانه (گرم) weight of thousand grain (g)	دانسیتهٔ توده (کیلوگرم برمترمکعب) bulk density (kg/m^3)	دانسیتهٔ دانه (کیلوگرم بر مترمکعب) True density (kg/m^3)	حجم (سانتی‌متر مکعب) Volume (cm^3)	تخلخل (درصد) Porosity (%)
I1	17.49±0.58[a]	522.56±6.71[a]	772.94±40.28[a]	0.2±0.0[a]	30.98±3.47[a]
I2	15.42±0.25[b]	514.89±4.05[a]	1534.66±585.97[a]	0.2±0.0[a]	35.07±10.51[a]
I3	15.61±0.95[ab]	516.00±7.95[a]	844.97±37.87[a]	0.2±0.0[a]	38.08±2.47[a]

*I1,I2,I3 = به ترتیب آبیاری هر روز، یک روز در میان، هر سه روز؛ در هر ستون، میانگین های دارای حروف یکسان اختلاف معنی‌دار در سطح ۵٪ ندارند.

*I1, I2, I3 refer to irrigation intervals of every 1, 2 and 3 day/days, respectively. Means with similar letters within the same column are not significant at 5% level.

ضریب‌های اصطکاک استاتیکی

نتایج تجزیهٔ واریانس ضریب‌های اصطکاک ایستایی دانهٔ شالی مورد آزمون در برابر سطوح ساختمانی مختلف از جمله چوب، شیشه، آهن گالوانیزه، و آلومینیم در جدول ۴ آورده شده است. روش آبیاری به‌جز ضریب اصطکاک روی سطح شیشه روی ضریب اصطکاک دیگر سطوح ساختمانی تأثیر معنی‌دار (P>۰/۰۵) نداشت.

جدول٤- مقایسهٔ میانگین ویژگی‌های اصطکاک ایستایی دانهٔ شلتوک مورد آزمایش تحت تاثیر روش آبیاری.*

Table 4- Comparison of mean values of paddy rice static frictional characteristics under the influence of irrigation method.*

تیمار Treatment	ضریب اصطکاک ایستایی Static friction coefficient			
	آلومینیم Aluminium	آهن گالوانیزه Galvanized iron	چوب Wood	شیشه Glass
I1	0.38±0.01[a]	0.36±0.01[a]	0.36±0.01[a]	0.35±0.01[b]
I2	0.38±0.01[a]	0.37±0.01[a]	0.34±0.01[a]	0.38±0.01[a]
I3	0.37±0.01[a]	0.37±0.01[a]	0.34±0.01[a]	0.39±0.01[a]

*I1,I2,I3 = به ترتیب آبیاری هر روز، یک روز در میان، هر سه روز؛ در هر ستون، میانگین های دارای حروف یکسان اختلاف معنی‌دار در سطح ۵٪ ندارند.

*I1, I2, I3 refer to irrigation intervals of every 1, 2 and 3 day/days, respectively. Means with similar letters within the same column are not significant at 5% level.

مقاومت خمشی و سختی برنج

نتایج متاثر از اعمال تیمارهای مختلف دور آبیاری بر مقاومت خمشی شلتوک رقم عنبربو در جدول ۵ ارائه شده است. این نتایج نشان می‌دهند مقاومت خمشی در سطح ۵ درصد معنی‌دار است. مقایسه میانگین دورهای آبیاری (جدول ۵) نشان می‌دهد که دور آبیاری یک روزه بیشترین (۲۸/۰۱±۳/۴۰) و با افزایش دور آبیاری مقاومت خمشی کاهش معنی‌داری در سطح ۵ درصد دارد. کاهش مقاومت خمشی دانه از عوامل موثر در کاهش کیفیت محصول است. طی فرایند رشد، تقسیم سلول‌های اندوسپرم رابطه‌ای نزدیک با رطوبت دارد. با کاهش رطوبت دانه، تقسیم در سلول‌های اندوسپرم و بالطبع ذخیره‌شدن مواد پرورده کاهش می‌یابد. بدین ترتیب مقاومت دانه طی فرایند تبدیل کاهش و شکستگی دانه افزایش می‌یابد. به دلیل کاهش بازارپسندی، این مسئله باعث زیان اقتصادی می‌شود (Mobasher Amini *et al.*, 2016).

جدول ۵- مقایسهٔ میانگین مقاومت خمشی و سختی دانهٔ برنج مورد آزمایش تحت تاثیر روش آبیاری. *

Table 5- Comparison of mean values of rice bending strength and hardness under the influence of irrigation method.*

تیمار Treatment	سختی (کیلوگرم نیرو) Hardness (Kg.F)	مقاومت خمشی (مگاپاسکال) Bending strength (MPa)
I1	19.76±1.81[a]	28.01±3.40[a]
I2	19.09±2.13[a]	25.97±3.72[b]
I3	18.64±0.30[a]	26.21±0.68[b]

*I1,I2,I3 = به ترتیب آبیاری هر روز، یک روز در میان، هر سه روز؛ در هر ستون، میانگین های دارای حروف یکسان اختلاف معنی‌دار در سطح ۵٪ ندارند.

*I1, I2, I3 refer to irrigation intervals of every 1, 2 and 3 day/days, respectively. Means with similar letters within the same column are not significant at 5% level.

با افزایش زمان دور آبیاری مقادیر سختی کاهش می‌یابد گرچه نمونه‌ها تفاوت معنی‌داری در سطح ۵ درصد نشان نمی‌دهند.

راندمان تبدیل

راندمان تبدیل برنج عنبربو حاصل از اعمال تیمارهای مختلف دور آبیاری در جدول ۶ نشان داده است. نتایج تحقیق نشان داد بیشترین راندمان تبدیل مربوط به تیمار آبیاری هر روز (۶۶/۶۷±۳/۷۹) است و با افزایش فاصلهٔ زمانی آبیاری، راندمان تبدیل کاهش می‌یابد. با وجود این، اثر معنی‌داری بین نمونه‌ها در سطح ۵ درصد مشاهده نمی‌شود. همان‌طور که پیش‌تر نیز گفته شد، تنش گرمایی و کمبود آب با کاهش ذخیرهٔ مواد در اندوسپرم بر راندمان تبدیل موثر است (Aalaee Bazkiaei *et al.*, 2019).

جدول٦- مقایسهٔ میانگین آزمون تبدیل و کیفیت برنج رقم عنبربو*.

Table 5- Comparison of mean values of Anbarbo rice milling yield and quality.*

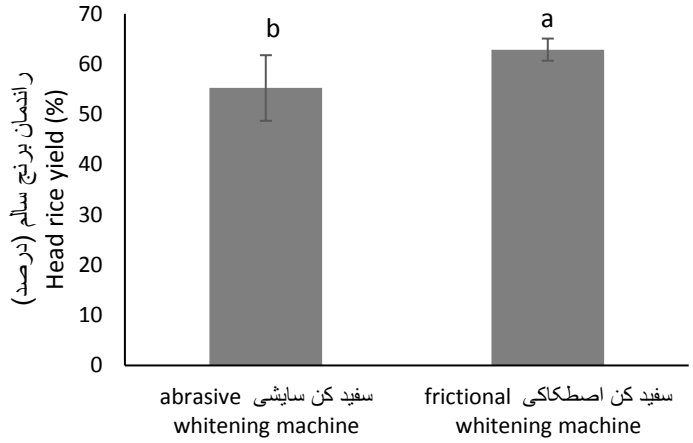
تیمار Treatment		راندمان تبدیل (درصد) Milling yield (%)	راندمان برنج سالم در سفیدکن سایشی (درصد) Head rice yield in abrasive whitening machine (%)	راندمان برنج سالم در سفیدکن اصطکاکی (درصد) Head rice yield in frictional whitening machine (%)	درصد گچی Chalkiness (%)	امتیاز آزمون پخش در قلیا Alkali spreading score	درجهٔ سفیدی Whiteness	آمیلوز (درصد) Amylose (%)	پروتئین (درصد) Protein (%)
I1		66.67±3.79^{a}	55.00±5.68^{a}	64.83±1.17^{a}	13.97±6.38^{a}	5.33±0.29^{a}	39.67±4.73^{a}	19.80±0.53^{a}	13.10±0.46^{a}
I2		64.67±6.51^{a}	58.68±4.73^{a}	61.00±2.60^{a}	22.33±9.71^{a}	5.00±0.00^{a}	37.00±3.61^{a}	18.87±0.21^{a}	13.23±0.25^{a}
I3		63.67±5.13^{a}	52.00±9.17^{a}	62.77±0.47^{a}	21.67±2.89^{a}	5.00±0.00^{a}	37.33±4.93^{a}	19.83±0.84^{a}	13.33±0.58^{a}

*I1,I2,I3 = به ترتیب آبیاری هر روز، یک روز در میان، هر سه روز؛ در هر ستون، میانگین های دارای حروف یکسان اختلاف معنی‌دار در سطح ۵٪ ندارند.

*I1, I2, I3 refer to irrigation intervals of every 1, 2 and 3 day/days, respectively. Means with similar letters within the same column are not significant at 5% level.

راندمان برنج سفید سالم

مطابق جدول ۶، دور آبیاری اثر معنی‌داری در سطح ۵ درصد بر راندمان برنج سالم در هر دو نوع سفیدکن سایشی و اصطکاکی ندارد. در عملیات تبدیل شلتوک به برنج سفید، لازم است ماشین‌های پوست‌کن و سفیدکن به گونه‌ای تنظیم شوند تا از وارد آوردن فشار بیش از حد به دانه جلوگیری شود. سفیدکن‌ها معمولاً به دو گروه سایشی و اصطکاکی تقسیم می‌شوند. جداسازی سبوس از برنج قهوه‌ای در سیستم سایشی در اثر تماس دانه با جداره دستگاه و در سیستم اصطکاکی در اثر تماس دانه‌ها با یکدیگر است. نتایج بررسی‌ها نشان داد راندمان برنج سالم در سفیدکن اصطکاکی به طور معنی‌داری بیشتر از سفیدکن سایشی در سطح ۵ درصد است (شکل ۳). این نتایج بایافته‌های هاشمی‌نسب و همکاران (Hasheminasab, *et al.*, 2008) و تجددی طلب و همکاران (Tajaddodi Talab *et al.*, 2012) همخوانی دارد. از سوی دیگر، در دامنهٔ رطوبتی بالاتر سبوس راحت‌تر از برنج قهوه‌ای جدا می‌شود. در این شرایط به دلیل چسبندگی کمتر سبوس به آندوسپرم در شلتوک‌های با رطوبت بالاتر جداسازی آسان‌تر است و سفیدکن سایشی، برنج شکسته شدهٔ کمتری تولید می‌کند (Tajaddodi Talab *et al.*, 2017).



شکل ۳- اثر روش سفید کردن بر درصد راندمان برنج سالم رقم عنبربو خوزستان.

Figure 3- Effect of whitening method on head rice yield of Anbarbo rice in Khuzestan province.

گچی شدن

مطابق جدول ۶، آبیاری هر روزهٔ برنج عنبربو باعث کاهش گچی‌شدن نمونه‌ها (۱۳/۹۷±۶/۳۸) شده و با افزایش فاصلهٔ آبیاری گچی‌شدن افزایش یافته است. نواحی گچی معمولاً تراکم نشاستهٔ مناسبی ندارند از این‌رو، به نظر می‌رسد افزایش فاصلهٔ زمانی آبیاری برنج باعث شده‌است تا تراکم نشاسته به درستی پیش نرود. با وجود این، به لحاظ آماری تأثیر معنی‌داری در سطح ۵ درصد مشاهده نمی‌شود. گچی‌شدن یکی از پارامترهای مهم در کیفیت محصول نهایی است. در این دانه‌ها بین گرانول‌های نشاسته حباب‌های بزرگ هوا قرار می‌گیرد و دانه سست و ناپایدار است (Limouchi *et al.*, 2018). دانه‌های گچی مقاومت کمتری در فرایند تبدیل نشان می‌دهند و کیفیت پخت بالایی ندارند. دانه‌های گچی ظاهر نامناسبی دارند و طی دورهٔ انبارداری نسبت به حشرات حساس‌تر هستند (Mobasher Amini *et al.*, 2016).

دمای ژلاتینه شدن دانه

دمای ژلاتینه‌شدن به دمای تورم برگشت‌ناپذیر گرانول‌های نشاستهٔ در معرض آب گفته می‌شود. این دما در محدودهٔ ۷۹-۵۵ درجه سلسیوس قرار دارد. بنا بر نظر محققان، برنجی که دمای ژلاتینه‌شدن بالاتری دارد گرانول‌های نشاسته بزرگ‌تری نیز دارد (Latifi *et al.*, 2018). از آنجا که دور آبیاری بر تقسیم سلولی و ذخیرهٔ مواد در اندوسپرم موثر است، افزایش فاصله بین آبیاری‌ها دمای ژلاتینه شدن را کاهش می‌دهد. بدین ترتیب آبیاری هر روزه با کسب امتیاز ۰/۲۹±۵/۳۳ در آزمون پخش در قلیا، مقادیر بالاتری نشان داده است. با این همه، تفاوت معنی‌داری بین نمونه‌ها در سطح ۵ درصد مشاهده نمی‌شود (جدول ۶).

درجهٔ سفیدشدگی برنج

درجه سفیدی یکی از پارامترهای موثر بر کیفیت تبدیل است. تجددی طلب و همکاران (Tajaddodi Talab *et al.*, 2017) نشان دادند که سیستم سفیدکن سایشی برتری قابل توجهی نسبت به سیستم اصطکاکی از نظر تولید برنج سالم بیشتر با درجه سفیدی بالاتر دارد. مطلوب‌بودن درجهٔ سفیدی برنج به شرایط بازار و ذائقهٔ مصرف‌کننده بر می‌گردد. نمونه‌های تولیدی از این نظر تفاوت معنی‌داری در سطح ۵ درصد نداشتند (جدول ۶).

آمیلوز

یکی از عوامل بسیار مهم در ارزیابی کیفیت برنج، که بر کیفیت پخت و ذائقه مصرف کنند گان تأثیر دارد، درصد آمیلوز آن است. درصد آمیلوز در ارقام برنج معمولاً بین صفر

تا ۳۳ درصد متغیر است. ارقام برنج از نظر مقدار آمیلوز به گروه واکسی (صفر درصد آمیلوز) و گروه غیر واکسی (کم آمیلوز: ۲۰-۱۰ درصد؛ متوسط آمیلوز: ۲۵-۲۰ درصد؛ پرآمیلوز: ۳۳-۲۵ درصد) تقسیم می‌شوند. با توجه به جدول ۳، برنج عنبربو در مرز بین کم آمیلوز و متوسط آمیلوز قرار می‌گیرد. تحقیقات نشان داده است تنش کم‌آبی در مرحلهٔ زایشی و پر شدن دانه باعث کاهش آمیلوز و افزایش لعاب آن در هنگام پخت می شود و دورهٔ تجمع آمیلوز را کوتاه‌تر و سریع‌تر می‌کند (Naseri *et al.*, 2010). از آنجا که تفاوت معنی‌داری (در سطح ۵ درصد) بین مقدار آمیلوز نمونه‌ها مشاهده نشد (جدول ۶)، تناوب آبیاری تا سه روز باعث نشده است تغییری در نرمی یا خشکی بافت برنج پخته شده داده شود.

پروتئین

تنش‌های محیطی از عوامل موثر بر میزان آنزیم پروتئین سنتتاز و مقدار پروتئین دانه است (Latifi *et al.*, 2018). با این همه، نتایج حاصل از بررسی پروتئین نمونه-های برنج عنبربو (جدول ۶) نشان می‌دهد که تغییر فاصلهٔ آبیاری تا سه روز تغییر معنی‌داری (در سطح ۵ درصد) ایجاد نکرده است.

نتیجه گیری

کمبود آب آبیاری از مسایل مهمی است که زراعت برنج را در دنیا خصوصاً ایران تحت تاثیر قرار داده است. یکی از راهکارهای جبران کمبود آب در زراعت، استفاده از روش آبیاری تناوبی است. با توجه به نتایج به-دست آمده در رقم عنبربو، به طور کلی می‌توان گفت بهترین نتایج در تیمار آبیاری هر روزه به‌دست آمده و تنش ناشی از کم‌آبیاری باعث کاهش طول دانه ، مقاومت خمشی و وزن هزار دانه شده است. به طور کلی، با تغییر دور آبیاری تا سه روز ،تغییر محسوسی در کیفیت به وجود نیامد؛ از این‌رو ملاک عمل بسته به شرایط آبی منطقه قابل تنظیم خواهد بود. از آنجا که برنج تولیدی در تمام تیمارها ویژگی-های قابل قبولی دارد، تولید غذای بیشتر با توجه به کمبود آب و با کمک روش‌های کم‌آبیاری توجیه‌پذیر است.

تعارض منافع

نویسندگان در خصوص انتشار مقاله ارائه شده به طور کامل از سوء اخلاق نشر، از جمله سرقت ادبی، سوء رفتار، جعل داده‌ها و یا ارسال و انتشار دوگانه پرهیز نموده‌اند و منافعی تجاری در این راستا وجود ندارد.

منابع

AACC. (1995). Determination of the pasting properties of rice with the rapid visco analyzer. American Association of Cereal Chemists, AACC method 61-02.01.

Aalaee Bazkiaei, P., Kamkar, B., Amiri, E., Kazemi, H., and Rezaei, M. (2019). Effect of planting date and irrigation intervals on yield and yield components of rice (*Oryza sativa* L.) in Rasht region. Iran. J. of Water Res. in Agric., 33(2), 283-297. (in Persian)

Adu-Kwarteng, E., Ellis, W.O., Oduro, I., and Manful, J. T. (2003). Rice grain quality: a comparison of local varieties with new varieties under study in Ghana. Food Control, 14, 507-514.

Ahmed, N., Maekawa, M., and Tetlow, J. (2008). Effect of low temperature on grain filling, amylose content, and activity of starch biosynthesis enzymes in endosperm of Basmati rice. Aust. J. Agric. Res., 59, 599-604.

Anonymous. (2020). Agricultural statistics. Agricultural Jahad Organization, 1-97. (in Persian)

ASAE Standard. (2001a). Compression test of food materials of convex shape. Amer. Soc Agric. Eng., 554-559.

ASAE Standard. (2001b). Moisture measurement-ungrounded grain and seeds. ASAE Standard, Amer. Soc. Agric. Eng., 567-568.

Bandonill, E. H., and Corpuz. G. (2015). Grain quality of irrigated low land rice varieties as affected by season and crop establishment. Philipp. J. of Crop Sci., 40, 74-77.

Bilanski, W. K., Collins, S. K., and Chu, P. (1962). Aerodynamic Properties of seed grains. Transaction of the American Society of Agricultural Engineers, 8(1), 49-52.

Çalişir, S., Marakoğlu, T., Öğüt, H., and Öztürk, Ö. (2005). Physical properties of rapeseed (*Brassica napus oleifera* L.). J. of Food Eng., 69(1), 61-66.

Fofana, M., Cherif, M., Kone, B., Futakuchi, K., and Audebert, A. (2010). Effect of water deficit at grain ripening stage on rice grain quality. J. Agric. Biotechnol. and Sustain. Dev., 2, 100-107.

Futakuchi, K., Watanabe, H., and Jones, M. P. (2008). Relationship of grain protein content to other grain quality traits in interspecific *Oryza sativa* L. Oryza glaberrima Steud. Progenies. Agric. J., 3, 50-57.

Gilani, A. (2019). Rice production management in dry-bed seeding. Rice Research Institute of Iran, Report Number 41, 1-23. (in Persian)

Gilani, A., Absalan, S., and Jalali, S. (2016). Comparison of dry-bed seeding with current planting methods of rice cultivars for water input. Agricultural Research, Education and Extension Organization, Report Number 49802, 27. (in Persian)

Hasheminasab, S. M., Tabatabaeifar, S. A., Ghasemi Varnamkhasti, M., Minaei, S., and Alizadeh, M. R. (2008). Effects of milling machine type, variety and milling duration on rice breakage. degree of milling and whiteness index. Iran. J. Biosys. Eng., 39(1), 109-119. (in Persian)

Hoseinian, S. H., Sadeghi, M., Hemmat, A. (2008). Breakage percentage of Isfahan rice during milling operation and its relationship with rough rice mechanical properties. 5th Iranian national congress on biosystems engineering and mechanization, Mashad, Iran. (in Persian)

Iguaz, A., Rodriguez, M., and Virseda, P. (2005). Influence of handling and processing of rough rice on fissured and head rice yields. J. Food Eng., 77, 803-809.

Juliano, B. O. (1971). A simplified assay for milled rice amylose. Cereal Sci. Today, 12, 334-360.

Kavoosi, M., and Yazdany, M. R. (2020). Effect of irrigation interval and nitrogen fertilizer rate on grain yield and yield components of rice (*Oryza sativa* L.) cv. Hashemi. Iran. J. Crop Sci., 22(2), 168-182. (in Persian).

Latifi, A., Nouri, M. Z., and Habibi, F. (2018). Evaluation of physicochemical properties of rice varieties in two different regions of iran. Food Eng. Res., 17(1), 15-28. (in Persian).

Limouchi, K., Yarnia, M., Siyadat, S. A., Rashidi, V., and Guilani, A. (2018). Effects of the irrigation regimes on the physical grain characters of aerobic rice (*Oryza sativa* L.) genotypes in Khouzestan province. Environ. Stresses in Crop Sci., 11(2), 211-226. (in Persian)

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.

Maqsood, M., Shehzad, M. H., Ali, S. A., and Iqbal, M. (2013). Rice cultures and nitrogen rate effects on yield and quality of rice (*Oryza sativa* L.). Turk. J. of Agric. For., 37, 665-673.

Mazaheri, M., and Abdolmanafi, N. (2018). Report of the Islamic Council of Iran for the Assembly Asian assemblies (Managing water resources and water crisis. Infrastructure studies (water and environment group). (in Persian)

McCabe, W. L., Smith, J. C., and Harriott, P. (1986). Unit operations of chemical engineering. McGraw-Hill Publisher, New York.

Mobasher Amini, M., Alizadeh, M. R., Padasht, F., Elahinia, S. A., and Khodaparast, S. A. (2016). Effect of paddy discoloration on apparent quality, milling properties and grain bending strength. Iran. J. Biosys. Eng., 47(3), 561-568. (in Persian).

Mohsenin, N. N. (1986). Physical properties of plant and animal materials. New York, Gorden and Breach.

Morita, S., Shiratsuchi, H., Takanashi, J., and Fujita, K. (2002). Effect of high temperature on ripening in rice plants comparison of the effects of high night temperatures and high day temperatures. Jpn. J. Crop Sci., 71, 102–109.

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.

Naseri, R., Hatami, A., and Mahmoudian, L. (2010). Effect of water scarcity on amylose content of rice kernel. 11th Iranian Crop Science congress, Tehran, Iran. (in Persian)

Rabiei, Z., Mohammadian Roshan, N., Sadeghi, S. M., Amiri, E., and Doroudian, H. R. (2022). Effect of irrigation interval and nitrogen and potassium fertilizers on yield, yield components and some traits of Gilaneh rice. Iran. J. of Field Crops Res., 20(2), 217-228. (in Persian)

Sacilik, K., Öztürk, R., and Keskin, R. (2003). Some physical properties of hemp Seed. Biosys. Eng., 86, 191-198.

Sakurai, T., Furuya, K., and Futakuchi, K. (2006). Effects of industrial amassment on the improvement of efficiency and quality. a case study for rice milers in Ghana. In: Sonobe, T. and Sawada, Y. (Eds.) Market and economic development, Tokyo Keizai Shinpou Sya., Tokyo, 151-179.

Sibenmorgen, T. J., and Qin G. (2005). Relating rice kernel breaking force distributions to milling quality. Trans. ASAE, 48, 223-228.

Singh, K. K., and Goswami, T. K. (1996). Physical properties of cumin seed. J. Agric. Eng. Res., 64, 93-98.

Taghizade, M., Esfahani, M., Davatgar, N., and Madani, H. (2008). Effects of irrigation management and nitrogen fertilizer on yield and yield components of rice (*Oryza sativa* L.). New Findings in Agric., 2(4), 353-364. (in Persian)

Tajaddodi Talab, K., Ibrahim, M. N., Spotar, S., Talib, R. A., and Muhammad, K. (2012). Glass transition temperature, mechanical properties of rice and their relationships with milling quality. Int. J. Food Eng., 8 (3).

Tajaddodi Talab, K., Latifi, A., and Habibi, F. (2017). Effect of paddy moisture, drying air temperature and type of whitener on the whole kernel percentage and quality characteristics of the common rice cultivars in north of iran. Cereal Res., 6(4), 423-435. (in Persian)

USDA. (2020). United States of Department Agriculture. Foreign Agricultural Service, Office of Global Analysis, International Production Assessment Division, Washington, DC, USA.

WARDA. (1999). Laboratory Manual for Rice Grain quality Analysis. Bouaké (Côte d'Ivoire), 171.

Food Engineering Research/Vol.24/No.76/ Spring /2024/P: 1-16

Journal Home page: https://fooder.areeo.ac.ir/

Original Research

Effect of Drip Strips Irrigation Intervals on Quality Properties of Rice (*Oryza sativa* L.) cv. Anbarbo

M. Ravaghi*, L. Behbahani, A. Mokhtaran, K. Tajaddodi Talab, A. Ghodsvali, A. Latifi

*** Corresponding Author:** Assistant Professor, Agricultural Engineering Research Department, Khuzestan Agricultural and Natural Resources Research and Education center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Ahvaz, Iran.

Email: m.ravaghi@areeo.ac.ir

Received:19 February 2023 **Accepted**: 11 March 2023

http://doi: 10.22092/FOODER.2023.361561.1360

Abstract

Rice is one of the most important summer crops in Khuzestan province where its cultivation has been limited due to water scarcity in recent years. Water is the most important factor for sustainable production of many agricultural products and changes in soil moisture content during rice growth can affect yield, quality and mechanical properties of its kernel. Considering the severe water resource limitation, this research was conducted on the reaction of the common rice cultivar of this province (Anbarbo) after dry bed seeding and drip strips irrigation method with three different irrigation intervals (every 1, 2 and 3 day/days). Samples were gathered and tested for their geometric properties, gravimetric properties, coefficient of static friction, bending strength, milling yield, chalkiness, gelatinization temperature, whiteness, amylose and protein content. The Results showed that increasing in irrigation period from 1 day to three days could affect negatively on the length, bending strength and one thousand weight of rice. Friction-type milling system produced significantly higher head rice yield (62.87±2.2%) than abrasive-type milling system (55.22±6.53%) for Anbarbo rice. As the cultivated rice had acceptable properties in all treatments, its production can be explainable due to water scarcity.

Keywords: Dry bed seeding, Head rice yield, Physical properties, Quality, Water use efficiency.