دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
پژوهشنامه اصلاح گیاهان زراعی

"مقاله پژوهشی"

تنوع ژنتیکی برخی خصوصیات زراعی و کیفیت دانه در ژنوتیپ‌های جهش‌یافته برنج

لیلا خزائی

محقق، موسسه تحقیقات برنج کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، رشت، ایران، (نویسنده مسوول: Leila_khazaie@yahoo.com)

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۱/۲۱ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۳/۱۱
صفحه: ۷۷ تا ۸۹

چکیده مبسوط

مقدمه و هدف: از روش‌های جهش‌زایی برای ایجاد تنوع ژنتیکی در بسیاری از گیاهان زراعی استفاده می‌شود و تعداد زیادی لاین‌های جهش‌یافته مفید از این طریق تولید شده است. بنابراین، این مطالعه با هدف ارزیابی خصوصیات زراعی و مقایسه عملکرد ژنوتیپ‌های جهش‌یافته برنج اجرا شد.

مواد و روش‌ها: ۴۱ ژنوتیپ جهش‌یافته حاصل از جهش‌زایی شیمیایی (EMS) در رقم محلی هاشمی به‌همراه چهار رقم شاهد هاشمی، آنام، TH2 و گیلانه در سال ۱۳۹۸ به‌صورت آزمایش آگمنت بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار در موسسه تحقیقات برنج کشور مورد بررسی قرار گرفتند. در این آزمایش صفات زراعی و کیفی شامل ارتفاع بوته، تعداد پنجه، طول خوشه، تعداد دانه پر، تعداد دانه پوک، وزن صد دانه، راندمان تبدیل، میزان آمیلوز، درجه ژلاتینی شدن و عملکرد دانه در کلیه‌ی ژنوتیپ‌ها اندازه‌گیری شد.

یافته‌ها: بر اساس نتایج، تنوع قابل ملاحظه‌ای در میان ژنوتیپ‌ها زمان گلدهی (روز تا ۵۰ درصد گلدهی)، ارتفاع بوته، طول خوشه، عملکرد دانه، درصد تبدیل و میزان آمیلوز وجود داشت و تفاوت موجود در میان ژنوتیپ‌ها و نیز تفاوت میان ژنوتیپ‌ها با شاهدها، در تمام موارد معنی‌دار بود ($p\leq0.05$). زمان گلدهی ۳۳ درصد از ژنوتیپ‌ها کمتر از ۸۳ روز بود. هم‌چنین، ۴۳ درصد از ژنوتیپ‌ها ارتفاعی کمتر از ۱۳۰ سانتی‌متر داشتند و عملکرد در ۳۰ درصد از آن‌ها بیش از ۵ تن در هکتار بود. نتایج نشان داد که ژنوتیپ‌های EM4-233 و EM4-83 با احتساب بیش از ۶ تن در هکتار از لحاظ عملکرد نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها برتری نشان دادند. تجزیه خوشه‌ای به‌روش Ward، ژنوتیپ‌های مورد مطالعه را در چهار گروه قرار داد.

نتیجه‌گیری: با توجه به صفات زودرسی، کیفیت دانه، عملکرد و سایر خصوصیات زراعی مطلوب، ژنوتیپ‌های جهش‌یافته EM4-83، EM4-233، EM4-29، EM4-106 و EM4-294 به‌عنوان ژنوتیپ‌های برتر انتخاب شدند.

واژه‌های کلیدی: آزمایش آگمنت، اتیل متان سولفونات، برنج، تنوع ژنتیکی، جهش

مقدمه

برنج مهمترین و اصلی‌ترین محصول غذایی در جهان است که تغذیه و معیشت بیش از نیمی از جمعیت جهان به آن وابسته است (۲۵،۳۶). تولید دو برابری برنج تا سال ۲۰۵۰، برای تغذیه بیش از ۹ میلیارد نفر در جهان ضروری است (۱،۲۶). این رشد هندسی جمعیت جهان، خواستار بهبود عملکرد این غله بسیار مهم شده است. بر این اساس، دانشمندان روش‌های مختلفی از جمله تغذیه، فیزیولوژی، به‌نژادی و نیز کنترل آفات و بیماریها را بررسی نموده‌اند که نتایج این بررسی‌ها نشان داد، اصلاح عملکرد از طریق صفاتی که وراثت‌پذیری بالایی دارند، بسیار موثر می‌باشد. بدین منظور، تغییر در سطح سلولی برای دستیابی به ویژگی‌هایی که باعث ارتقاء عملکرد دانه می‌شوند، مورد استفاده قرار گرفت. امروزه اساس اصلاح گیاهان بر تنوع ژنتیکی، انتخاب، ارزیابی، شناسایی و کلون کردن واریته‌های جدید است. تنوع ژنتیکی اساس فرایندهای تکاملی و به‌نژادی گیاهان را تشکیل می‌دهد که ایجاد و توسعه آن از طریق جهش یا دورگ گیری و به دنبال آن انتخاب ژنوتیپ‌ها امکان پذیر است (۱۱،۱۳). میزان جهش خودبخودی در گیاهان عالی بسیار پایین (10^{-5} تا 10^{-8}) است (۱۴). لذا القای جهش یک روش مهم برای افزایش فراوانی جهش به‌شمار می‌رود (۶،۱۸) و امکان مطالعات ژنومیک کارکردی و توسعه ژنوتیپ‌های جدید را فراهم می‌کند. بنابراین محصولات زراعی با محدودیت تنوع ژنتیکی، به جهش‌زایی یا القاء جهش به‌منظور ایجاد تنوع مطلوب و وراثت‌پذیر نیاز دارند (۲۴). استفاده از مواد جهش‌زای فیزیکی و شیمیایی می‌تواند برای توسعه و ترکیب ژن‌های جدید یا آلل‌هایی با اهمیت زراعی، بسیار مهم باشد و باعث سازگاری و پایداری بیشتر ژنوتیپ‌ها به شرایط آب و هوایی و خاک شود. مواد جهش‌زای شیمیایی، خصوصا اتیل متان سولفونات (EMS[1]) به‌دلیل کارایی بالا، سهولت استفاده، فراوانی بالای موتاسیون نقطه‌ای، برگشت ناپذیری و قابل استفاده بودن در هر ژنوتیپی، بیشتر مورد استفاده قرار می‌گیرد (۱۰،۳۰). القای جهش با افزایش تنوع و به‌دلیل دستیابی به ژنوتیپ‌هایی با صفات مهم زراعی و سازگار با شرایط محیطی مختلف می‌تواند به برنامه‌های به‌نژادی کمک کند (۲۷، ۱۸،۱۹،۳۳). تکنیک جهش برای بهبود تقریبا تمام صفات مهم زراعی، از تحمل به تنش‌های زنده (مانند شوری، سرما، اسیدیته و....) تا مقاومت به بیماری، از کیفیت غذایی تا بازارپسندی و از ساختمان گیاه تا پتانسیل محصول به‌کار گرفته شده است (۹،۳۵،۲۹). موتاسیون از طریق ایجاد تنوع ژنتیکی در ژنوم گیاهی و غنی سازی ژرم پلاسم گیاهی منجر به تولید لاین‌ها و ارقام برتر نسبت به لاین‌ها و ارقام مادری می‌گردد (۲). فن اصلاح از طریق جهش اخیرا به‌طور گسترده‌ای در اغلب گیاهان زراعی به‌منظور تولید و انتخاب لاین برتر استفاده می‌شود. تاکنون بیش از ۳۳۰۰ واریته جدید از طریق القای موتاسیون به‌دست آمده است که ۸۶۱ واریته آن لاین‌های جهش‌یافته برنج با خصوصیات زراعی مطلوب است که در بهبود امنیت غذایی در بعضی از کشورها نقش دارند. از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۰ در مجموع از ۲۴۱ لاین برنج موتانت آزاد شده علاوه بر اصلاح صفات زراعی دیگر، متحمل به تنش‌های غیر زنده نیز بوده‌اند (۲۰). مسئله‌ی اصلی در اصلاح موتاسیونی گیاهان، ضرورت تولید و ارزیابی جمعیت‌های بزرگ موتانت به‌منظور افزایش شانس شناسایی واریانت‌های مطلوب است. در واقع، ارزیابی‌های مزرعه‌ای در زمان غربال‌کردن جمعیت موتانت، مهم هستند (۱۲).

گزینش مشاهده‌ای ژنوتیپ‌های با ارزش بر اساس تجربیات به‌نژادگر عملا تحت شرایط محیطی در مزرعه انجام می‌شود و پس از خلوص ژنتیکی، لاین‌های انتخابی از نظر عملکرد و سایر

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2025-07-19]

[DOI: 10.52547/jcb.14.44.77]

خصوصیات کمی وکیفی و مقاومت به آفات و بیماری‌ها ارزیابی شده و پس از آزمایشات سازگاری، یک یا دو لاین پرمحصول و با کیفیت مطلوب معرفی می‌گردند (۵). اکثر واریته‌های مهم زراعی که در موسسه‌ی بین‌المللی تحقیقات برنج در فیلیپین معرفی شدند از همین روش اصلاحی انتخاب شدند (۲۱).

اولادسو و همکاران (۲۳) تنوع ژنتیکی ۴۵ ژنوتیپ موتانت برنج حاصل از موتاسیون فیزیکی رقم MR219 را از نظر مراحل رشدی، عملکرد و اجزاء عملکرد بررسی نمودند. نتایج مطالعه نشان داد که همه ژنوتیپ‌ها از نظر رشدی، عملکرد و اجزاء عملکرد تنوع مطلوبی دارند. همچنین بین صفات کمی و عملکرد آنها به‌جزء صفت تعداد پنجه ارتباط مثبت و معنی‌دار وجود داشت.

دالوز و همکاران (۶) نیز تاثیر ماده جهش‌زای شیمیایی EMS را بر روی صفات زراعی ۳۴۰ ژنوتیپ موتانت حاصل از رقم BRS Querencia بررسی نمودند. نتایج نشان داد که تنوع ژنتیکی مطلوبی بین خانواده‌های موتانت وجود داشت که نشان‌دهنده اثر ماده جهش‌زای EMS با غلظت ۱/۵ درصد بر روی صفات مورد بررسی بود. در میان صفات مورد مطالعه ارتفاع بوته بیشترین تنوع را در مقایسه با والد مادری نشان داد.در این تحقیق، لاین‌های جهش‌یافته مورد مطالعه در این آزمایش جزو ژنوتیپ‌های با عملکرد مطلوب، زودرس و با شکل مناسب دانه می‌باشند. هدف از اجرای این آزمایش ارزیابی اولیه ژنوتیپ‌های موتانت و مقایسه آن‌ها با ارقام شاهد و پیدا کردن ژنوتیپ‌های کیفی مناسب با عملکرد مطلوب، زودرسی، پاکوتاهی از میان ژنوتیپ‌های موجود برای مطالعات تکمیلی بوده است.

مواد و روش‌ها

تعداد ۴۱ ژنوتیپ جهش یافته نسل M_5 حاصل از تیمار رقم محلی هاشمی با ماده شیمیایی جهش‌زای اتیل متان سولفونات به‌همراه رقم شاهد محلی هاشمی و سه رقم اصلاح شده گیلانه، آنام و TH_2 در قالب آزمایش آگمنت بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار در مزرعه تحقیقاتی موسسه تحقیقات برنج کشور در بهار ۱۳۹۸، مورد ارزیابی قرار گرفتند. برای اجرای آزمایش، لاین‌های موتانت به همراه شاهد هاشمی، آنام، TH2 و گیلانه در خزانه بذرپاشی شدند و نشاها در مرحله ۴-۳ برگی در زمین اصلی و در کرت‌هایی به ابعاد سه مترمربع کشت شدند. براساس این طرح، شاهدها در چهار تکرار به‌صورت تصادفی و تیمارهای غیرتکراری نیز در داخل بلوک‌ها و در بین ارقام شاهد قرار گرفتند.

نشاکاری تیمارها به‌صورت تک‌بوته و با فواصل بوته ۲۰×۲۰ سانتی‌متر انجام شد. قبل از نشاکاری و در طول دوره رویشی از کودهای اوره و سولفات پتاسیم به‌ترتیب به میزان ۲۰۰ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار استفاده شد. بدین ترتیب که تمامی کود پتاس و ۷۰ درصد کود اوره در مرحله نشاکاری و ۳۰ درصد کود ازته‌ی باقی‌مانده به‌صورت سرک در مرحله حداکثر پنجه‌زنی مصرف گردید. در طول رشد رویشی، عملیات داشت، شامل دوبار وجین دستی جهت مبارزه با علف‌های هرز مزرعه و دو مرحله سمپاشی با سم دیازینون ۱۰ و ۵ درصد بر علیه کرم ساقه‌خوار و همچنین آبیاری منظم غرقابی، صورت پذیرفت.

در طول فصل زراعی صفات ریخت شناسی و در پایان فصل عملکرد و اجزای عملکرد اندازه‌گیری شد. صفات مورد بررسی شامل روز تا ۵۰٪ گلدهی، ارتفاع بوته (سانتی‌متر) و تعداد پنجه موثر در زمان برداشت، طول خوشه (سانتی‌متر)، تعداد دانه‌ی پر و پوک، وزن هزار دانه (گرم)، طول و عرض دانه (میلی‌متر)، عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) در کرت، ضریب تبدیل (درصد) و خصوصیات کیفی دانه شامل میزان آمیلوز (درصد) به‌روش جولیانو (۱۵)، دمای ژلاتینه شدن به روش لیتل و همکاران (۱۷) بود. بررسی تیپ ظاهری بوته در مراحل مختلف رشدی انجام شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها، شامل تجزیه‌ی واریانس طرح آزمایش، تصحیح، مقایسه میانگین (آزمون LSD) ، تجزیه خوشه‌ای (روش وارد[1]) و گروه بندی براساس گستره صفات اندازه گیری شده لاین‌های موتانت با استفاده از نرم‌افزار $SAS_{9.2}$، $SPSS_{ver22}$ و اکسل نسخه 2013 انجام شد. لاین‌های منتخب در برنامه‌های تحقیقاتی تکمیلی در قالب آزمایشات مقدماتی عملکرد به‌صورت تکراردار مورد ارزیابی قرار خواهند گرفت.

نتایج و بحث

تجزیه واریانس چهار تیمار شاهد (جدول ۱) نشان داد که به‌جز تعداد پر دانه در خوشه اختلاف بین تیمارهای مورد مطالعه از نظر صفات تعداد روز تا ۵۰ درصد گلدهی، ارتفاع بوته، تعداد پنجه، طول خوشه، تعداد دانه پوک در خوشه، وزن صد دانه، طول دانه، عرض دانه، درصد تبدیل، عملکرد، میزان آمیلوز و دمای ژلاتینه شدن (GT) در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود، که دلالت بر تنوع زیاد بین تیمارهای مورد بررسی دارد. به‌علاوه، اختلاف بین لاین‌ها برای صفات تعداد روز تا ۵۰ درصد گلدهی، ارتفاع بوته، تعداد دانه پوک در خوشه، درصد تبدیل، عملکرد و میزان آمیلوز در سطح احتمال یک و پنج درصد معنی‌دار بود. با توجه به این‌که در بیشتر صفات، به‌جز ارتفاع بوته و طول خوشه، اثر بلوک معنی‌دار نشده است، لذا نتیجه می‌شود که زمین مورد استفاده برای آزمایش از یکنواختی نسبتا مناسبی برخوردار بوده است. بنابراین، کلیه‌ی داده‌های حاصل از تیمارها بدون اصلاح برای اثر بلوک و به‌طور مستقیم مورد تجزیه و تحلیل و مقایسه میانگین قرار گرفتند.

بر اساس نتایج، تنوع قابل‌توجهی در میان ژنوتیپ‌های مورد آزمایش از نظر صفات مورد اندازه‌گیری وجود داشت، به‌طوری که تفاوت میان ژنوتیپ‌ها با شاهدها در تمام موارد، به‌جز تعداد دانه‌ی پر و پوک در خوشه، معنی‌دار بود ($p\leq0.01$). با توجه به وجود اختلاف معنی‌دار بین ارقام شاهد و ژنوتیپ‌های موتانت در تمامی صفات (به‌غیر از تعداد دانه‌ی پر و پوک در خوشه)، مقایسه میانگین داده‌های مربوط به صفات مختلف بین لاین‌ها و رقم شاهد به روش LSD ($p\leq0.05$) انجام شد. مقادیر مربوط به هر یک از صفات اندازه‌گیری شده برای ژنوتیپ‌های موتانت و شاهدهای آزمایش به‌همراه شاخص حداقل اختلاف معنی‌دار به‌منظور امکان انجام انواع مقایسهٔ میانگین‌ها شامل ژنوتیپ‌ها با شاهدها، ژنوتیپ‌ها با یکدیگر و نیز شاهدها با یکدیگر، در جدول ۲ آمده است.

1- Ward method

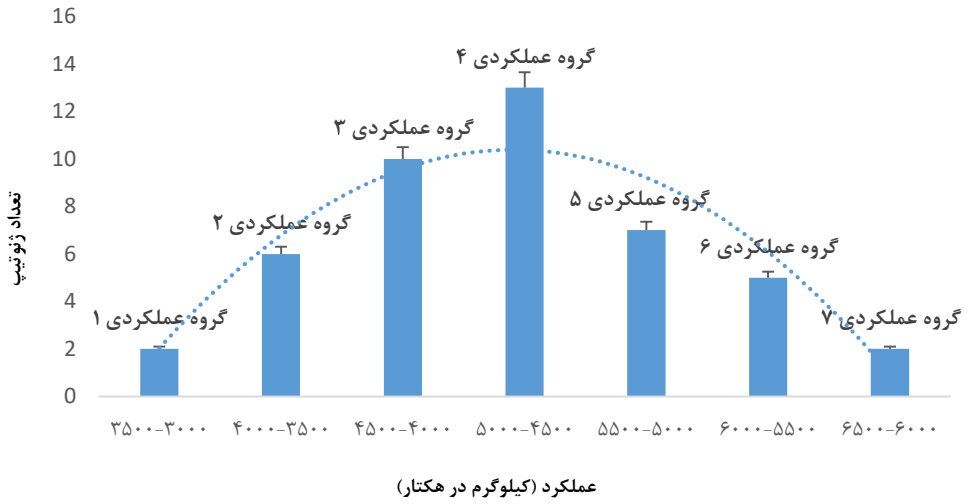
[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2025-07-19]
[DOI: 10.52547/jcb.14.44.77]

جدول ۱- تجزیه واریانس صفات مورفولوژیک و کیفیت پخت در ژنوتیپ‌های مورد مطالعه
Table 1. Variance analysis of morphological traits and cooking quality in studied genotypes

	درجه آزادی	زمان گلدهی	ارتفاع	تعداد پنجه	طول خوشه	تعداد دانه پر در خوشه	تعداد دانه پوک در خوشه	وزن صد دانه	طول دانه	عرض دانه	عملکرد	درصد تبدیل	دمای ژلاتینه شدن	میزان آمیلوز
بین لاین‌ها	۱	۸/۵۸*	۵۴/۷۸**	۰/۰۸ns	۰/۳۳ns	۱۲۱/۶ns	۳۶/۲*	۰/۰۲ns	۰/۱۶ns	۰/۰۲ns	۶۸۷۰۰۹/۰۵**	۳۳/۳۷**	۰/۰۷ns	۵/۳۶**
بین شاهدها	۱	۵۲/۱**	۱۶۸۰/۳**	۶/۰۲*	۳۱/۶۹**	۳/۰۸ns	۲۰/۰۳*	۰/۰۱ns	۱/۲۴*	۰/۰۱ns	۴۲۶۶۱/۶۸ns	۴۸**	۰/۳۴*	۹/۰۱**
شاهدها در لاین‌ها	۱	۴۱/۳**	۳۰۵۳/۴**	۱۶/۴**	۱۱۳/۳۴**	۵۰۸/۷ns	۸/۰۸ns	۱/۷۸**	۱/۶۴**	۱/۷۸**	۸۸۵۵۷۷/۹۸**	۱۹۳۱/۷۲**	۰/۷۴**	۸۸/۳۳**
تیمار	۴۴	۸/۶۹**	۲۵۸/۲**	۳/۰۲**	۸/۹۳**	۲۲۷/۹ns	۳۹/۵**	۱/۳۱**	۱/۲۵**	۱/۳۱**	۵۰۸۵۵۶/۹**	۴۷۶/۳۲**	۰/۱۳*	۶/۹۷**
بلوک	۳	۴/۳ns	۱۲/۱۷**	۱/۵۶ns	۲/۸۵**	۳/۴۳ns	۰/۸۵ns	۰/۰۳ns	/۰۴ns	۰/۰۳ns	۲۹۴۷۱/۷ns	۰/۵۱ns	۰/۰۵ns	۰/۱ns
خطا	۹	۱/۶۴	۱/۳۳	۰/۶۲	۰/۲۶	۱۶۷/۳۶	۴/۲	۰/۰۲	۰/۱۲	۰/۰۲	۶۰۰۰۹/۸	۰/۷۸	۰/۰۴	۰/۰۲
ضریب تغییرات (٪)		۱/۵۳	۰/۹۱	۴/۸۱	۱/۷۹	۷/۸	۱۲/۰۷	۵/۹۱	۳/۴۴	۵/۹۱	۵/۲۹	۱/۲۷	۵/۶۷	۰/۶۲

*،** به‌ترتیب: معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد و یک درصد، ns: غیر معنی‌دار

به‌منظور سهولت مطالعه‌ی ژنوتیپ‌های مورد آزمایش، ژنوتیپ‌ها بر اساس گسترهٔ صفات اندازه‌گیری شده، گروه‌بندی شدند. به‌این ترتیب، ژنوتیپ‌ها بر اساس عملکرد دانه در هفت گروه عملکردی دسته‌بندی شدند (شکل ۱).
در میان این گروه‌ها، گروه عملکردی هفت شامل ۴/۵ درصد از کل تعداد ژنوتیپ‌های مورد بررسی (تعداد دو ژنوتیپ)، بالاترین مقادیر عملکرد دانه را دارا بودند. عملکرد دانه گروه عملکردی هفت از ۶۰۶۱ تا ۶۳۵۰ کیلوگرم در هکتار متغیر بود.ژنوتیپ‌های موتانت EM4-83 و EM4-233 به‌ترتیب عملکرد در این گروه قرار دارند. گروه عملکردی چهار شامل ۲۹ درصد از کل تعداد ژنوتیپ‌های مورد بررسی (تعداد ۱۳ ژنوتیپ) بزرگترین گروه عملکردی را دارا بودند که شاهدهای آنام، گیلانه و TH2 نیز در این گروه قرار دارند. همچنین در میان ژنوتیپ‌های گروه عملکردی پنج (تعداد شش ژنوتیپ موتانت) و شش (تعداد پنج ژنوتیپ موتانت)، هر یک با مقدار عملکرد بیشتر از ۵ تن در هکتار دارای تفاوت معنی‌دار با میانگین شاهدها (۴۴۳۵ کیلوگرم در هکتار) بودند. تفاوت میان ژنوتیپ‌های گروه پنج و شش عملکردی با شاهدها (جدول ۲) معنی‌دار بود. بر اساس نتایج، تفاوت بسیار معنی‌داری بین ژنوتیپ ها و ژنوتیپ ها با شاهدها از نظر عملکرد مشاهده شد. در میان کل ژنوتیپ‌های مورد بررسی، دو ژنوتیپ موتانت EM4-104 و EM4-22 با عملکرد ۳۲۱۰ و ۳۴۲۴ کیلوگرم در هکتار، از کمترین میزان عملکرد دانه برخوردار بودند. عملکرد دانه تابعی از اثرات متقابل اجزای عملکردی مختلف نظیر تعداد پنجه‌های بارور، تعداد سنبلچه در هرخوشه و وزن هزاردانه است (۷).



شکل ۱- گستره‌ی میزان عملکرد دانه در ژنوتیپ‌های مورد بررسی
Figure 1. Range of grain yield in the studied genotypes

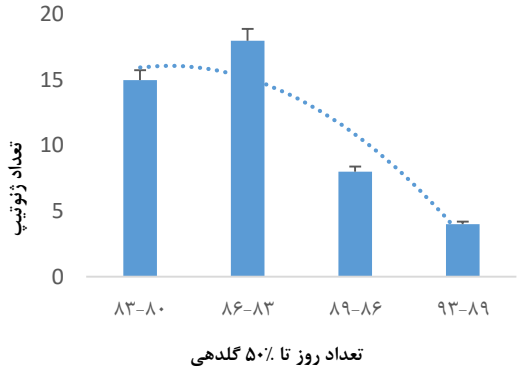
[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2025-07-19]
[DOI: 10.52547/jcb.14.44.77]

جدول ۲- صفات اندازه‌گیری شده در شاهدهای آزمایش و مقادیر LSD مربوط به مقایسات مختلف میان ژنوتیپ‌های موتانت و شاهدها
Table 2. Measured traits in trial controls and LSD values relation to different comparisons between mutant genotypes and controls

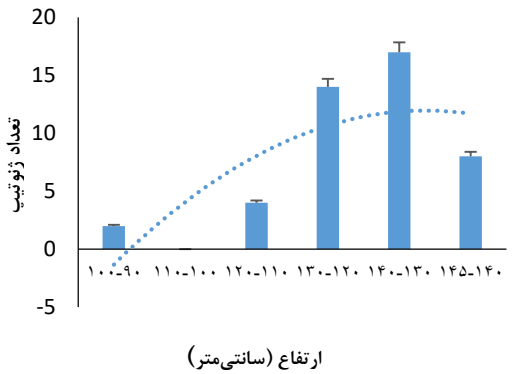
ژنوتیپ	زمان گلدهی (روز)	ارتفاع (سانتی‌متر)	تعداد پنجه	طول خوشه (سانتی‌متر)	تعداد دانه پر در خوشه	تعداد دانه پوک در خوشه	وزن صد دانه (گرم)	طول دانه (میلی‌متر)	عرض دانه (میلی‌متر)	عملکرد (کیلوگرم در هکتار)	درصد تبدیل (درصد)	دمای ژلاتینه شدن	میزان آمیلوز (درصد)
Hashemi	۸۲	۱۴۰	۱۷	۲۹/۵	۷۷	۷	۲/۴۷	۱۰/۵	۲/۴	۴۱۰۲	۷۷/۱۷	۳/۶	۲۲/۲
Anam	۸۰	۹۷	۱۷	۲۳/۶۳	۸۱	۱۲	۲/۴۱	۱۰/۶	۲/۲۳	۴۹۹۴	۶۳/۹۲	۳/۹۱	۲۵/۷
TH2	۸۲	۱۲۷	۱۷	۲۷/۵	۷۱	۵	۲/۶۷	۱۰/۰۳	۲/۲۹	۴۵۱۸	۸۱/۹۷	۳/۹۹	۲۲/۳
Gilaneh	۸۵	۹۸	۱۸	۲۴/۶۳	۶۷	۱۱	۲/۳۴	۹/۷	۲/۳۵	۴۷۲۴	۵۷/۰۲	۳/۵	۲۲
EM4-10	۸۷	۱۴۱	۱۵	۲۸/۵	۴۹	۲۴/۵	۲/۸۱	۹/۸	۲/۶	۳۷۶۰	۸۶/۶	۳/۵۸	۲۰/۴
EM4-104	۸۸	۱۱۰	۱۸	۲۵/۵	۸۳	۱۵	۲/۴۳	۱۰/۶۳	۲/۳۶	۳۲۱۰	۱۲/۹	۳	۲۴/۴
EM4-106	۸۴	۱۲۳	۲۰	۲۶/۵	۷۰	۶	۲/۶	۹/۹	۲/۴	۵۵۵۶	۸۳/۱	۳/۹۱	۲۲/۴
EM4-111	۸۵	۱۳۸	۱۵	۲۶/۵	۶۶	۵	۲/۷۵	۱۰	۲/۷	۳۹۴۲	۷۹/۲	۳/۲۵	۲۳/۴
EM4-112	۸۹	۱۳۹	۱۶	۳۱/۵	۹۳	۱۵	۲/۸۱	۱۰/۱	۲/۵	۳۶۹۸	۵۱/۱	۳/۰۸	۲۱/۷
EM4-122	۸۳	۱۳۶	۱۷	۲۹/۵	۶۴	۴	۳/۰۳	۱۰/۷	۲/۸	۵۱۴۸	۶۳/۸	۳/۳۳	۲۲/۵
EM4-145	۸۵	۱۳۵	۱۳	۳۰/۵	۷۹	۱۴/۵	۳/۱۴	۹/۵	۲/۶	۴۵۸۶	۸۳/۹	۳/۶۶	۲۲/۱
EM4-164	۸۵	۱۳۴	۱۶	۳۰/۵	۱۰۴	۹/۵	۳/۱۲	۱۰/۵	۲/۵	۴۹۱۳	۷۹/۱	۳/۶۶	۱۸/۲
EM4-166	۸۴	۱۴۶	۱۶	۲۶/۵	۶۵	۷	۲/۲۵	۹/۷	۲/۴	۳۷۴۶	۸۴/۵	۳/۸۳	۲۲/۸
EM4-177	۸۷	۱۳۸	۱۳	۳۱	۶۷	۷/۵	۲/۹۹	۱۰/۴	۲/۷	۵۳۹۸	۷۹/۳	۴	۱۸/۳
EM4-178	۸۸	۱۲۷	۱۴	۳۰	۶۰	۳/۵	۲/۹۷	۹/۷	۲/۷	۴۸۷۰	۸۴/۲	۳/۸۳	۱۹/۱
EM4-181	۹۰	۱۳۳	۱۶	۲۸	۶۶	۱۲/۵	۲/۹۷	۱۰/۱	۲/۱	۳۷۴۶	۸۳/۳	۳/۷۵	۲۲/۶
EM4-183	۸۹	۱۲۵	۱۶	۳۲	۷۶	۱۵/۵	۲/۶۹	۱۰	۲/۷	۴۴۰۸	۸۴/۰۴	۳/۵	۱۹/۵
EM4-184	۸۸	۱۳۱	۱۴	۳۳	۶۷	۱۱	۲/۹۶	۱۰/۱	۲/۴	۴۹۲۲	۲۱/۷	۳/۲۵	۱۹/۱
EM4-198	۸۳	۱۲۲	۱۶	۲۴/۵	۶۳	۱۱	۲/۴۱	۱۰/۴	۲/۳	۳۷۹۲	۸۲/۵	۴/۲۵	۲۲/۵
EM4-201	۹۳	۱۳۶	۱۸	۲۶	۷۳	۸/۵	۲/۹۱	۹/۷	۲/۵	۵۸۷۶	۶۸/۵	۳/۵	۱۹/۱
EM4-204	۸۲	۱۲۹	۱۷	۲۹/۵	۶۵	۳۴	۳/۱	۱۰/۵	۲/۷	۵۴۱۴	۷۷/۴	۳/۶۶	۱۹/۸
EM4-21	۸۶	۱۲۲	۱۲	۳۰	۸۶	۹	۲/۹۵	۹/۷	۲/۷	۴۶۲۴	۸۲/۶	۳/۵	۱۸
EM4-22	۸۲	۱۱۸	۱۶	۳۰/۵	۷۵	۷/۵	۲/۵۵	۱۰/۲	۲/۳	۳۴۲۴	۸۲/۷	۳/۵	۲۱/۱
EM4-223	۸۵	۱۳۸	۱۸	۲۸/۵	۱۰۳	۴/۵	۲/۹۹	۱۰	۲/۷	۴۳۳۵	۶۶/۳	۳/۴۱	۲۱/۹
EM4-224	۸۲	۱۳۳	۱۵	۲۹/۵	۶۵	۸	۲/۷۳	۹/۸	۲/۶	۴۳۵۰	۷۷/۸	۳/۵۸	۲۳/۵
EM4-229	۸۴	۱۳۴	۱۵	۳۰	۱۱۰	۱۵/۵	۳/۰۶	۱۰/۳	۲/۵	۴۹۶۴	۲۸/۱	۳/۱۶	۱۹/۹
EM4-233	۸۰	۱۲۸	۱۴	۳۰/۵	۸۲	۱۱/۵	۲/۸۷	۹/۷	۲/۷	۶۳۵۰	۷۴/۷	۳/۵۸	۲۰/۱
EM4-284	۸۱	۱۳۵	۱۶	۳۱	۷۵	۷	۲/۵۵	۱۰/۱	۲/۶	۵۳۶۴	۶۴/۱	۳/۵	۱۹/۹
EM4-29	۸۸	۱۲۹	۱۴	۳۲	۸۴	۶/۵	۲/۷۱	۹/۸	۲/۶	۵۵۹۶	۸۶/۵	۳/۲۵	۱۸/۵
EM4-294	۸۲	۱۲۷	۱۴	۳۱/۵	۹۰	۵/۵	۳/۲	۱۰	۲/۷	۵۵۲۸	۷۷/۲	۳/۳۳	۱۹/۹
EM4-297	۸۲	۱۲۵	۱۷	۲۸	۳۷	۷/۵	۲/۴۷	۱۰/۶	۲/۲۷	۴۷۶۸	۷۲/۱	۴/۱۶	۲۱/۴
EM4-298	۸۰	۱۴۱	۱۶	۳۱	۸۸	۳	۲/۵	۱۰/۲	۲/۶	۵۵۹۴	۷۸/۸	۳/۲۵	۰/۱۸
EM4-30	۸۲	۱۲۴	۱۷	۲۹/۵	۸۳	۵	۲/۴۷	۱۰/۲	۲/۳	۴۹۲۶	۸۱/۷	۳/۷۵	۰/۲۲
EM4-31	۸۶	۱۴۴	۱۸	۳۰	۹۰	۱۷	۲/۴۶	۱۰/۲	۲/۷	۵۰۷۲	۶۷/۶	۳/۲۵	۲۳/۱
EM4-32	۸۵	۱۲۹	۱۶	۲۹	۸۰	۴	۲/۹۹	۹/۷	۲/۳	۴۲۷۰	۷۶/۹	۳/۸۳	۱۹/۲
EM4-39	۸۳	۱۳۰	۱۸	۲۹	۵۹	۵/۵	۲/۴۳	۹/۶	۲/۶	۴۴۲۲	۷۷/۲	۳/۱۶	۱۷/۸
EM4-44	۸۳	۱۳۵	۱۷	۲۸/۵	۷۲	۶	۳/۰۱	۱۰	۲/۴	۴۰۸۲	۸۲/۵	۳/۱۶	۲۲/۹
EM4-57	۸۳	۱۴۵	۱۵	۲۹	۸۱	۸	۲/۷۵	۹/۴	۲/۷	۴۳۸۰	۷۷/۲	۳/۳۳	۲۲/۴
EM4-58	۸۰	۱۱۷	۲۰	۲۴/۵	۴۹	۱/۵	۲/۴۶	۹/۷	۲/۲	۴۸۱۴	۷۴/۲	۰/۴	۲۱/۳
EM4-61	۸۵	۱۴۱	۱۷	۲۷	۶۳	۱۹/۵	۲/۳۷	۹/۴	۲/۶	۳۷۰۰	۸۵/۹	۳/۰۸	۱۹/۶
EM4-83	۸۳	۱۳۹	۱۵	۳۳	۹۳	۱۲	۳/۱۸	۱۰/۵	۲/۸	۶۰۶۱	۷۹/۵	۳/۹۱	۱۸/۵
EM4-93	۸۲	۱۲۵	۱۶	۳۱/۵	۸۴	۹	۲/۹۳	۱۰/۱	۲/۵	۵۴۲۲	۷۹/۴	۳/۵	۱۷/۵
EM4-94	۸۲	۱۱۹	۱۶	۲۶	۶۷	۲/۵	۲/۸۹	۹/۸	۲/۴	۴۸۹۴	۶۹/۱	۳/۰۸	۱۷/۳
EM4-96	۸۵	۱۴۰	۱۹	۳۰/۵	۷۱	۵	۲/۷۸	۹/۷	۲/۵	۴۸۶۸	۷۹/۶	۳/۰۸	۲۱/۹
EM4-97	۸۳	۱۳۴	۱۵	۲۹	۷۵	۶	۲/۸	۱۰/۱	۲/۴	۴۴۱۶	۶۵/۱	۳	۰/۱۸
LSD(p≤0/05)	۲.۰۵	۱.۸۵	۱/۲۶	۰/۸۲	۲۰/۶۹	۳/۲۸	۰/۲۳	۰/۵۵	۰/۲۳	۳۰۳/۸	۱/۴	۰/۳۲	۰/۲۳

تعداد روز تا ۵۰ درصد گلدهی در بین ژنوتیپ‌های مورد آزمایش، از ۸۰ روز تا ۹۳ روز متغیر بود و بر این اساس آن‌ها در چهار دسته طبقه‌بندی شدند (شکل ۲). نتایج نشان داد که از نظر صفت تعداد روز تا ۵۰ درصد گلدهی، ژنوتیپ موتانت EM4-201 با ۹۳ روز و ژنوتیپ موتانت EM4-181 با ۹۰ روز دیررس‌ترین ژنوتیپ‌های تحت مطالعه بودند. تفاوت نمونه‌ها و شاهدهای آزمایش، همچنین نمونه‌ها با یکدیگر، از نظر تعداد روز تا ۵۰ درصد گلدهی، معنی‌دار بود ($p\leq0/05$). در میان ژنوتیپ‌های مورد بررسی در گروه عملکردی هفت، تعداد روز از سبزشدن تا گلدهی، از ۸۰ تا ۸۳ روز متغیر بود، به‌طوری که تفاوت معنی‌داری بین ژنوتیپ‌ها در این گروه مشاهده شد ($p\leq0/05$). در این گروه عملکردی ژنوتیپ‌های EM4-83 و EM4-233 هر یک با ۸۰ و ۸۳ روز، کمترین تعداد روز از کاشت تا گلدهی را نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها دارا بودند. در میان کل ژنوتیپ‌های مورد بررسی، ژنوتیپ‌های موتانت EM4-204، EM4-284، EM4-93، EM4-294 و EM4-298 به‌ترتیب ۸۲، ۸۰، ۸۲، ۸۲ و ۸۱ روز کمترین تعداد روز تا ٪ ۵۰ گلدهی را به خود اختصاص دادند که از نظر عملکردی نیز در گروه‌های عملکردی پنج و شش قرار دارند. والد هاشمی از نظر تعداد روز تا ٪۵۰ درصد گلدهی در گروه اول قرار دارد، ولی از نظر عملکردی در گروه سه قرار گرفته است. گیاهان زودرس چرخه زندگی کوتاهی دارند، بنابراین به‌عنوان یک ویژگی مثبت برای اصلاح برنج در نظر گرفته می‌شود. ارقام زودرس برای نواحی با دوره بارش کم مناسب هستند، زیرا مرحله رشد رویشی سریعتری دارند و می‌توانند با علف‌های هرز رقابت کنند. در نتیجه هزینه‌های کنترل علف‌هرز را کاهش داده و مصرف آب کمتری دارند (۱۶). اصلاح برای زودرسی یکی از اهداف اساسی در برنامه‌های اصلاحی است و اصلاح برای چنین صفاتی در برنج، به‌طور غیرمستقیم موجب صرفه‌جویی در مصرف آب و ذخیره آن می‌گردد. ارتفاع بوته در پایان فصل رشد در میان ژنوتیپ‌های مورد آزمایش، از ۹۷ تا ۱۴۵ سانتی‌متر متغیر بود و بر این اساس، آن‌ها در سه دسته طبقه‌بندی شدند (شکل ۳).

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2025-07-19]
[DOI: 10.52547/jcb.14.44.77]



شکل ۲- گستره تعداد روز تا ۵۰٪ گلدهی در ژنوتیپ‌های مورد بررسی
Figure 2. Range of numbers of days to 50% flowering in the studied genotypes



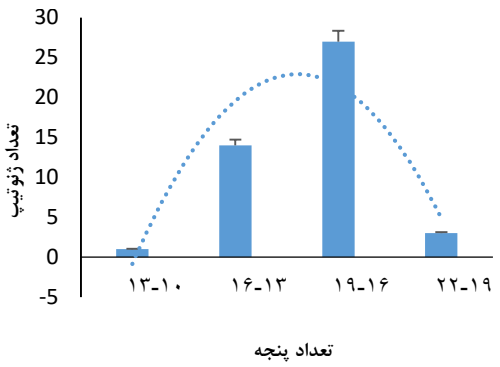
شکل ۳- گستره میزان ارتفاع در ژنوتیپ‌های مورد بررسی
Figure 3. Range of height in the studied genotypes

تفاوت ژنوتیپ‌ها و شاهدهای آزمایش، همچنین ژنوتیپ‌ها با یکدیگر، از نظر ارتفاع بوته، معنی‌دار بود ($p\leq0/05$). در میان ژنوتیپ‌های مورد بررسی در گروه عملکردی پنج، ارتفاع بوته از ۱۲۵ تا ۱۴۴ سانتی‌متر متغیر بود، به‌طوری که تفاوت میان ژنوتیپ‌های این گروه عملکردی، معنی‌دار بود. در این گروه، ژنوتیپ موتانت EM4-298 با ۱۴۴ سانتی‌متر بیشترین ارتفاع بوته و ژنوتیپ EM4-93 با ۱۲۵ سانتی‌متر از کمترین ارتفاع بوته برخوردار بودند. همچنین در گروه عملکردی شش، ژنوتیپ موتانت EM4-106 با ۱۴۴ سانتی‌متر بیشترین ارتفاع بوته و ژنوتیپ EM4-298 با ۱۴۱ سانتی‌متر از کمترین ارتفاع بوته برخوردار بودند. در ارقام محلی که به‌دلیل ارتفاع زیاد دچار ورس یا خوابیدگی می‌شوند، کاهش ارتفاع بوته اهمیت زیادی دارد. به طور کلی برنامه های اصلاح گیاهان زراعی به انتخاب گیاهان پاکوتاه گرایش دارد، زیرا گیاهان پابلند با ساقه نازک پتانسیل عملکرد پایینی دارند و حساستر به ورس می‌باشند (۲۲). در نتیجه، به‌نژادگر با انتخاب این بوته‌ها در نسل‌های بعدی، می‌تواند به لاین‌های مقاوم به خوابیدگی دست یابد و همچنین ظرفیت کودپذیری را افزایش دهد. هریس و همکاران (۸) نیز موتانت‌های زودرس با عملکرد بالا را در جمعیت جهش‌یافته حاصل از دو برنج محلی خوش کیفیت گزارش کردند. کاهش ارتفاع و زودرسی دو صفت مفید اصلاحی برای اصلاح ارقام محلی است که از ژنوتیپ‌های جهش‌یافته می‌توان برای دست‌یابی به لاین‌های زودرس و پاکوتاه استفاده نمود. در میان کل ژنوتیپ‌های مورد بررسی، ژنوتیپ‌های موتانت EM4-104، EM4-58، EM4-22، EM4-94 و رقم آنام و گیلانه به‌ترتیب با ۱۱۰، ۱۱۷، ۱۱۸، ۱۱۹، ۹۷ و ۹۷ سانتی‌متر از کمترین میزان ارتفاع بوته برخوردار بودند که به‌ترتیب با عملکردهایی معادل ۳۲۱۰، ۴۸۱۴، ۳۴۲۴ و ۴۸۹۴ کیلوگرم در هکتار در گروه‌های عملکردی یک و چهار قرار داشتند و ژنوتیپ‌های موتانت EM4-31، EM4-57، EM4-166 و رقم هاشمی به‌ترتیب ۱۴۴، ۱۴۵، ۱۴۶ و ۱۴۰ سانتی‌متر از بیشترین میزان ارتفاع بوته برخوردار بودند و در گروه‌های عملکردی دو، سه و پنج قرار داشتند.

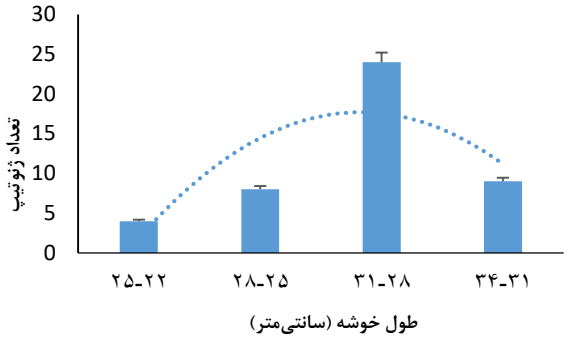
تعداد پنجه در بوته در میان ژنوتیپ‌های مورد آزمایش از ۱۲ تا ۲۰ عدد متغیر بود و بر این اساس، آن‌ها در چهار دسته طبقه‌بندی شدند (شکل ۴). تفاوت نمونه‌ها و شاهدهای آزمایش، همچنین شاهدها با یکدیگر، از نظر تعداد پنجه در بوته، معنی‌دار بود ($p\leq0/05$) و ژنوتیپ‌های موتانت EM4-58، EM4-96 و EM4-106 از بیشترین تعداد پنجه در بوته برخوردار بودند که در گروه‌های عملکردی چهار و شش قرار داشتند. اختلاف بین ژنوتیپ‌هایی که بیشترین تعداد پنجه در بوته را داشتند با گروه شاهد معنی‌دار نبود، درحالی که تعداد پنجه در بوته در بهترین شاهد (۱۸) نسبت به تعداد آن در ژنوتیپ‌هایی که کمترین تعداد پنجه در بوته (۱۲) را داشتند، به طور معنی‌داری بیشتر بود ($p\leq0/05$). در میان ژنوتیپ‌های مورد بررسی در گروه عملکردی شش و هفت، تعداد پنجه در بوته از ۱۴ تا ۲۰ متغیر بود که از این نظر، تفاوت میان آن‌ها معنی‌دار بوده است ($p\leq0/05$). در این دوگروه، ژنوتیپ‌های EM4-106 و EM4-201 به‌ترتیب با ۲۰ و ۱۸، بیشترین و ژنوتیپ‌های EM4-233، EM4-294 و EM4-29 از نظر تعداد پنجه در بوته کمترین مقدار را داشتند. مطالعات انجام شده توسط تنویر و همکاران (۳۱) نشان داد که تعداد پنجه در گیاه به دلیل این‌که دربرگیرنده دانه در خوشه می‌باشد، یکی از اجزای مهم عملکرد محسوب می‌شود. افزایش تعداد دانه پر در خوشه می‌تواند نقش موثری در انتقال کربوهیدرات‌ها از منبع به خوشه‌ها داشته و در نتیجه باعث افزایش عملکرد دانه شود. از طریق افزایش پنجه تا حد متعادل، می‌توان به محصول بیشتر و عملکرد بالاتری دست یافت (۲۳). البته تعداد پنجه زیاد با ایجاد مشکلاتی نظیر افزایش جمعیت آفات و بیماری‌ها و هم‌چنین افزایش تعداد پنجه‌های نازا و مصرف محصول فتوسنتزی گیاه، باعث کاهش عملکرد خواهد شد. نتایج نشان می‌دهد که تعداد پنجه‌های موثر و مولد، نقش مهم و تعیین‌کننده‌ای دارد که می‌تواند باعث افزایش تعداد دانه در هر خوشه شود.

مجموع طول خوشه در میان ژنوتیپ‌های مورد آزمایش، از ۲۳/۶ تا ۳۳ سانتی متر متغیر بود و بر این اساس، آن‌ها در چهار دسته طبقه‌بندی شدند (شکل ۵).

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2025-07-19]
[DOI: 10.52547/jcb.14.44.77]



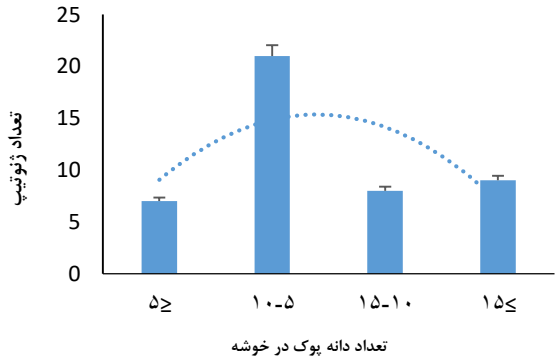
شکل ۴- گستره تعداد پنجه در ژنوتیپ‌های مورد بررسی
Figure 4. Range of number of tiller in the studied



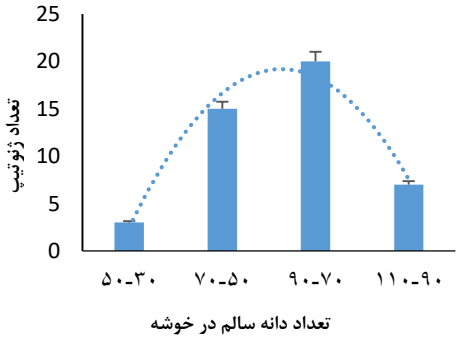
شکل ۵- گستره طول خوشه در ژنوتیپ‌های مورد بررسی
Figure 3. Range of panicle length in the studied genotypes genotypes

تفاوت ژنوتیپ‌ها و شاهدهای آزمایش، همچنین شاهدها با یکدیگر، از نظر مجموع طول شاخه، معنی‌دار بود ($p\leq0/05$). ژنوتیپ‌های موتانت EM4-33 و EM4-184 از بیشترین طول خوشه برخوردار بودند که در گروه‌های عملکردی چهار و هفت قرار داشتند. اختلاف بین ژنوتیپ‌هایی که بیشترین طول خوشه را داشتند با گروه شاهد معنی‌دار بود، به‌طوری که طول خوشه در بهترین شاهد (۲۹/۵) نسبت به طول آن در ژنوتیپ‌هایی که کمترین طول خوشه (۲۳/۶) را داشتند، به‌طور معنی‌داری بیشتر بود ($p\leq0/05$). در میان ژنوتیپ‌های مورد بررسی در گروه عملکردی شش و هفت، بیشترین طول خوشه به ژنوتیپ‌های موتانت EM4-29 و EM4-83 که معادل ۳۲ و ۳۳ سانتی‌متر بود که از نظر طول خوشه در گروه چهارم قرار داشتند. طول سنبله و تعداد دانه در سنبله نقش مهمی در عملکرد دانه دارند، به‌طور کلی با انتخاب ژنوتیپ‌های موتانت با طول سنبله‌ی زیاد می‌توان به عملکرد بیشتر دست یافت.

در مجموع تعداد دانه در خوشه در میان ژنوتیپ‌های مورد مطالعه، از ۳۷ تا ۱۱۰ عدد متغیر بود و بر این اساس، آن‌ها در ۴ دسته طبقه‌بندی شدند (شکل ۶). گروه سوم با ۴۴ درصد بیشترین تعداد ژنوتیپ‌ها را از نظر تعداد دانه در خوشه به‌خود اختصاص داده بود، به‌طوری که ژنوتیپ‌های موتانت EM4-93، EM4-233 و EM4-284 به‌ترتیب با ۸۴، ۸۲ و ۷۵ دانه‌ی سالم در خوشه در گروه عملکردی پنج و هفت در این گروه قرار دارند. بین ژنوتیپ‌های این گروه از نظر صفت عملکردی تفاوت معنی‌داری وجود داشت. ارقام شاهد هاشمی و TH2 نیز به‌ترتیب با ۷۷ و ۷۱ از نظر تعداد دانه سالم در خوشه در گروه سوم قرار گرفتند. تفاوت میان ژنوتیپ‌ها و شاهدهای آزمایش، همچنین ژنوتیپ‌ها با یکدیگر، از نظر تعداد دانه در خوشه، معنی‌دار نبود ($p\leq0/05$). در میان ژنوتیپ‌های مورد بررسی در گروه عملکردی ۶ و ۷، تعداد دانه در خوشه از ۷۳ تا ۹۳ متغیر بود. در این دو گروه، ژنوتیپ‌های EM4-294 و EM4-83 به ترتیب با ۹۰ و ۹۳ دانه‌ی سالم در خوشه، بیشترین و ژنوتیپ‌های EM4-106 و EM4-201 با 70 و 73 دانه سالم در خوشه، کمترین تعداد دانه‌ی سالم در خوشه را دارا بودند. ژنوتیپ‌های این گروه عملکردی از حیث این صفت، تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشتند. اختلاف بین ژنوتیپ‌های این گروه عملکردی با بهترین شاهد (هاشمی با تعداد ۷۷ دانه سالم در خوشه) معنی‌دار نبود. موتانت‌های دارای تعداد دانه پر بیشتر و همچنین ژنوتیپ‌های دارای دانه پوک کمتر، ژنوتیپ‌های مطلوب برای رسیدن به ارقام پرمحصول هستند. تعداد دانه پوک در ژنوتیپ‌های مورد بررسی از دو تا ۳۴ عدد در نوسان بود (شکل ۷).



شکل ۶- گستره‌ی تعداد دانه‌ی سالم در خوشه در ژنوتیپ‌های مورد بررسی
Figure 6. Range of number of filled grain per in in the studied genotypes

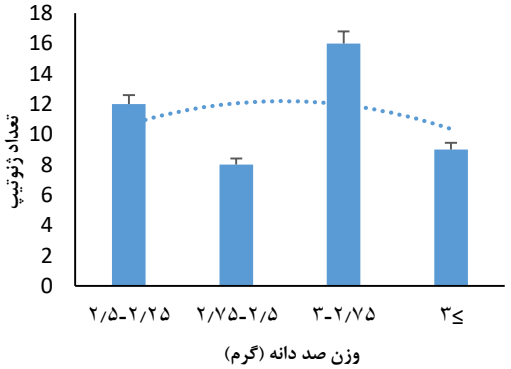


شکل ۷- گستره تعداد دانه پوک در خوشه در ژنوتیپ‌های مورد بررسی
Figure 7. Range of number of unfilled grain per panicle panicle the studied genotypes

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2025-07-19]
[DOI: 10.52547/jcb.14.44.77]

میانگین این صفت در تمامی لاین‌ها ۹/۷ و میزان اختلاف معنی‌دار ۳/۲۸ بود. تفاوت میان ژنوتیپ‌ها، همچنین شاهدها با یکدیگر، از نظر تعداد دانه پوک در خوشه، معنی‌دار بود (p≤0/05). کمترین تعداد دانه پوک را در بین ژنوتیپ‌های موتانت، EM4-294 با ۲ دانه پوک و بیشترین آن را EM4-204 با 34 دانه پوک دارا بودندکه هرچند با یکدیگر اختلاف معنی‌داری داشتند ولی هر دو با خود رقم هاشمی با تعداد هفت دانه پوک اختلاف معنی‌داری داشتند. در میان ژنوتیپ‌های مورد بررسی در گروه عملکردی شش و هفت، تعداد دانه پوک در خوشه از سه تا ۱۲ متغیر بود. در این دو گروه، ژنوتیپ‌های EM4-233 و EM4-83 با 12 دانه پوک در خوشه، بیشترین و ژنوتیپ EM4-298 با 3 دانه پوک در خوشه، کمترین تعداد دانه پوک در خوشه را دارا بودند. ژنوتیپ‌های این گروه عملکردی از حیث این صفت، تفاوت معنی‌داری با یکدیگر داشتند. اختلاف بین ژنوتیپ‌های این گروه عملکردی با ارقام شاهد معنی‌دار نبود.

در این آزمایش، وزن صد دانه در میان ژنوتیپ‌های مورد بررسی، از ۲/۲۵ تا ۳/۲ متغیر بود (شکل ۸). تفاوت میان ژنوتیپ‌ها و شاهدهای آزمایش، از نظر صفت وزن صد دانه، معنی‌دار بود (p≤0/05). در میان ژنوتیپ‌های مورد بررسی، ژنوتیپ‌های موتانت EM4-83 و EM4-294 بیشترین وزن صددانه برخوردار بودند که به‌ترتیب با عملکردهایی معادل ۶۰۶۱ و ۵۵۲۸ کیلوگرم در هکتار در گروه‌های عملکردی هفت و شش قرار می‌گیرند. تفاوت ژنوتیپ‌ها و شاهدهای آزمایش از



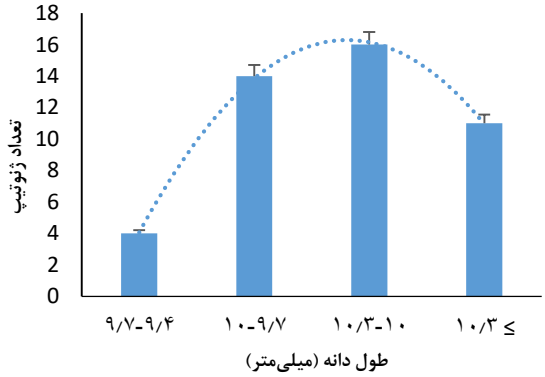
شکل ۸- گستره وزن صد دانه در ژنوتیپ‌های مورد بررسی
Figure 8. Range of 100 grain weight in thestudiedgenotypes

تفاوت ژنوتیپ‌ها و شاهدهای آزمایش و همچنین شاهدها با یکدیگر، از نظر طول دانه، معنی دار بود (p≤0/05). در میان ژنوتیپ‌های مورد بررسی در گروه عملکردی شش و هفت، طول دانه از ۹/۷ تا ۱۰/۵ متغیر بود. در این گروه، ژنوتیپ‌های EM4-298 و EM4-83 به‌ترتیب با 10/2 و 10/5 میلی‌متر، بیشترین و ژنوتیپ‌های EM4-233 و EM4-201 با 9/7 میلی‌متر، کمترین طول دانه را دارا بودند. ژنوتیپ‌های این گروه عملکردی از حیث این صفت، تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشتند. اختلاف بین ژنوتیپ‌های این گروه عملکردی با بهترین شاهد (آنام با طول دانه ۱۰/۷ میلی‌متر) معنی‌دار نبود.

در این آزمایش، عرض دانه در میان ژنوتیپ‌های مورد بررسی، از ۲/۱ تا ۲/۸ میلی‌متر متغیر بود (شکل ۱۰). تفاوت نظر وزن صد دانه، معنی‌دار بود (p≤0/05). گستره صفت وزن صد دانه در ژنوتیپ‌های گروه عملکردی شش و هفت (هفت ژنوتیپ موتانت بیشترین میزان عملکرد دانه) از ۲/۵ تا ۳/۲ گرم متغیر بود، به‌طوری که تفاوت میان ژنوتیپ‌ها در این گروه‌های عملکردی از نظر این صفت معنی‌دار بود. در این گروه‌های عملکردی، ژنوتیپ‌های موتانت EM4-83 و EM4-294، هر یک با میزان وزن صد دانه بالاتر از سه گرم، بیشترین مقدار وزن صد دانه را نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها دارا بودند. این دو ژنوتیپ در میان کل ژنوتیپ‌های مورد مطالعه نیز بیشترین میزان وزن صد دانه را داشتند و عملکرد آن‌ها به‌ترتیب ۶۰۶۱ و ۵۵۲۸ کیلوگرم در هکتار بود. برنامه‌های انتخاب برای افزایش وزن هزاردانه به‌عنوان یکی از اجزای اصلی عملکرد دانه می‌تواند نقش به‌سزایی در بهبود عملکرد دانه داشته باشد، لذا می‌توان از آن به‌عنوان معیار انتخاب غیرمستقیم در بهبود ژنتیکی عملکرد در برنامه‌های اصلاحی استفاده نمود و در انتخاب لاین‌های پرمحصول برنج کاربرد خواهد داشت.

در این دو گروه، اختلاف بین ژنوتیپ‌هایی که بیشترین وزن صد دانه را داشتند با بهترین شاهد (۲/۶۷ گرم) معنی‌دار بود، همچنین وزن صد دانه در بهترین شاهد نسبت به میزان آن در ژنوتیپ‌هایی که کمترین وزن صد دانه را در این گروه عملکردی دارا بودند، معنی‌دار بود (p≤0/05).

نتایج نشان داد که طول دانه در بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه، از ۹/۴ تا ۱۰/۷ میلی‌متر متغیر بود و بر این اساس آن‌ها در چهار دسته طبقه‌بندی شدند (شکل ۹).



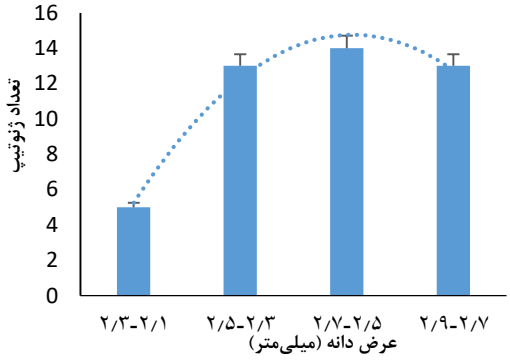
شکل ۹- گستره طول دانه در ژنوتیپ‌های مورد بررسی
Figure 9. Range of grain length in the studied genotypes

میان ژنوتیپ‌ها و شاهدهای آزمایش، از نظر صفت عرض دانه، معنی‌دار بود (p≤0/05). در میان ژنوتیپ‌های مورد بررسی، ژنوتیپ‌های موتانت EM4-83 و EM4-122 از بیشترین عرض دانه برخوردار بودند که به‌ترتیب با عملکردهایی معادل ۶۰۶۱ و ۵۱۴۸ کیلوگرم در هکتار در گروه‌های عملکردی هفت و پنج قرار می‌گیرند. گستره‌ی صفت عرض دانه در ژنوتیپ‌های گروه عملکردی شش و هفت (هفت ژنوتیپ موتانت با بیشترین میزان عملکرد دانه) از ۲/۴ تا ۲/۸ میلی‌متر متغیر بود، به‌طوری که تفاوت میان ژنوتیپ‌ها در این گروه‌های عملکردی از نظر این صفت با شاهدها معنی‌دار بود.

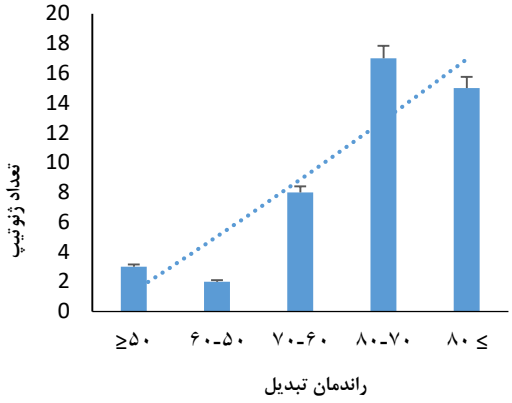
درجه تبدیل یکی از پارامترهای کیفی مربوط به خصوصیات ظاهری و فیزیکی دانه برنج است و نقش مهمی را در

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2025-07-19]
[DOI: 10.52547/jcb.14.44.77]

بازارپسندی و قیمت آن دارد. درصد تبدیل دانه در میان ژنوتیپ‌های مورد آزمایش، از ۱۳ درصد تا ۸۶ درصد متغیر بود و بر این اساس، آن‌ها در پنج دسته طبقه‌بندی شدند (شکل ۱۱). تفاوت ژنوتیپ‌ها و شاهدهای آزمایش، ژنوتیپ‌ها با یکدیگر و همچنین شاهدها با یکدیگر، از نظر درصد تبدیل دانه، معنی‌دار بود ($p\leq0/05$). در میان ژنوتیپ‌های مورد بررسی در گروه عملکردی شش و هفت، درصد تبدیل دانه از ۶۸ درصد تا ۸۶ درصد متغیر بود. در این گروه‌ها، ژنوتیپ‌های EM4-29 و EM4-106 به‌ترتیب با ۸۶/۵۳ و ۸۳/۰۹ درصد، بیشترین و ژنوتیپ EM4-201 با ۶۸/۴۹ درصد، کمترین درصد تبدیل دانه را دارا بودند. گروه‌های چهار و پنج شامل ۷۱ درصد از کل تعداد ژنوتیپ‌های مورد بررسی (تعداد ۳۲ ژنوتیپ) بزرگترین گروه از نظر درصد تبدیل دانه بودند که ارقام شاهد هاشمی و TH2 نیز در این گروه‌ها قرار دارند.



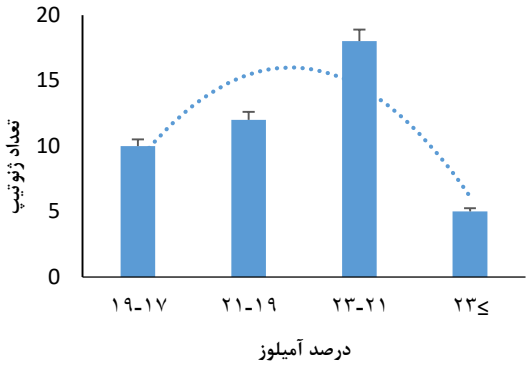
شکل ۱۰– گستره عرض دانه در ژنوتیپ‌های مورد بررسی
Figure 10. Range of grain width in the studied



شکل ۱۱– گستره راندمان تبدیل دانه در ژنوتیپ‌های مورد بررسی
Figure 11. Range of milling recovery in the studied genotypes genotypes

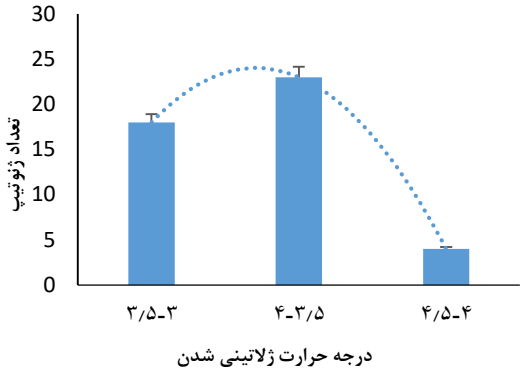
خصوصیات شیمیایی تعیین‌کننده کیفیت پخت هستند و همبستگی منفی یا مثبت با خصوصیات پخت دارند. دمای ژلاتینه شدن، زمان پخت مورد نیاز را نشان می‌دهد زیرا با زمان پخت ارتباط بالایی دارد (۴). همچنین بر میزان جذب آب و افزایش طول دانه تاثیر می‌گذارد (۳). آن‌ها همچنین گزارش داده‌اند که محتوی آمیلوز بالاتر، ساختار کریستالی کمتر و دمای ژلاتینی‌شدن پایین دارد. در این مطالعه، میزان آمیلوز در میان ژنوتیپ‌های مورد بررسی، از ۱۷ تا ۲۷ متغیر بود. تفاوت ژنوتیپ‌ها و شاهدهای آزمایش، ژنوتیپ‌ها با یکدیگر و همچنین شاهدها با یکدیگر، از نظر میزان آمیلوز، معنی‌دار بود ($p\leq0/05$). گستره صفت میزان آمیلوز در ژنوتیپ‌های گروه عملکردی شش و هفت (هفت ژنوتیپ موتانت بیشترین میزان عملکرد دانه) از ۱۸ تا ۲۲/۴ میلی‌متر متغیر بود، به‌طوری که تفاوت میان ژنوتیپ‌ها در این گروه‌های عملکردی از نظر این صفت با شاهدها معنی‌دار نبود. بیشتر ژنوتیپ‌های موتانت و همچنین شاهدها در گروه سوم از نظر میزان آمیلوز قرار گرفتند (شکل ۱۲). وو و همکاران (۳۴) برنج با محتوی آمیلوز بالا، دمای ژلاتینی شدن متوسط یا پایین است در حالی که برنج با محتوی آمیلوز پایین دمای ژلاتینی شدن بالا یا پایین است. توماس و همکاران (۳۲) گزارش داده‌اند که محتوی آمیلوز در تعیین کیفیت کلی پخت و کیفیت خوردن ارقام برنج نقش به‌سزایی دارد. حتی اگر کیفیت تحت تاثیر پروتئین‌ها، لیپیدها و آمیلوپکتین باشد. سینگ و همکاران (۲۹) علاوه براین اظهار داشتند که برنج با میزان آمیلوز متوسط ۲۰–۲۵ درصد بیشتر توسط مصرف‌کنندگان ترجیح داده می‌شود، زیرا پس از پخت، دانه دانه و نرم بوده و تا ساعت‌ها پس از پخت نیز نرم باقی می‌مانند. درجه حرارت ژلاتینی شدن در میان ژنوتیپ‌های مورد آزمایش، از ۳ تا ۴/۲۵ متغیر بود و بر این اساس، آن‌ها در سه دسته طبقه‌بندی شدند (شکل ۱۳).

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2025-07-19]
[DOI: 10.52547/jcb.14.44.77]



شکل ۱۲- گستره درصد آمیلوز دانه در ژنوتیپ‌های مورد بررسی

Figure 12. Range of amylose content in the studied genotypes



شکل ۱۳- گستره درجه حرارت ژلاتینی شدن در ژنوتیپ‌های مورد بررسی

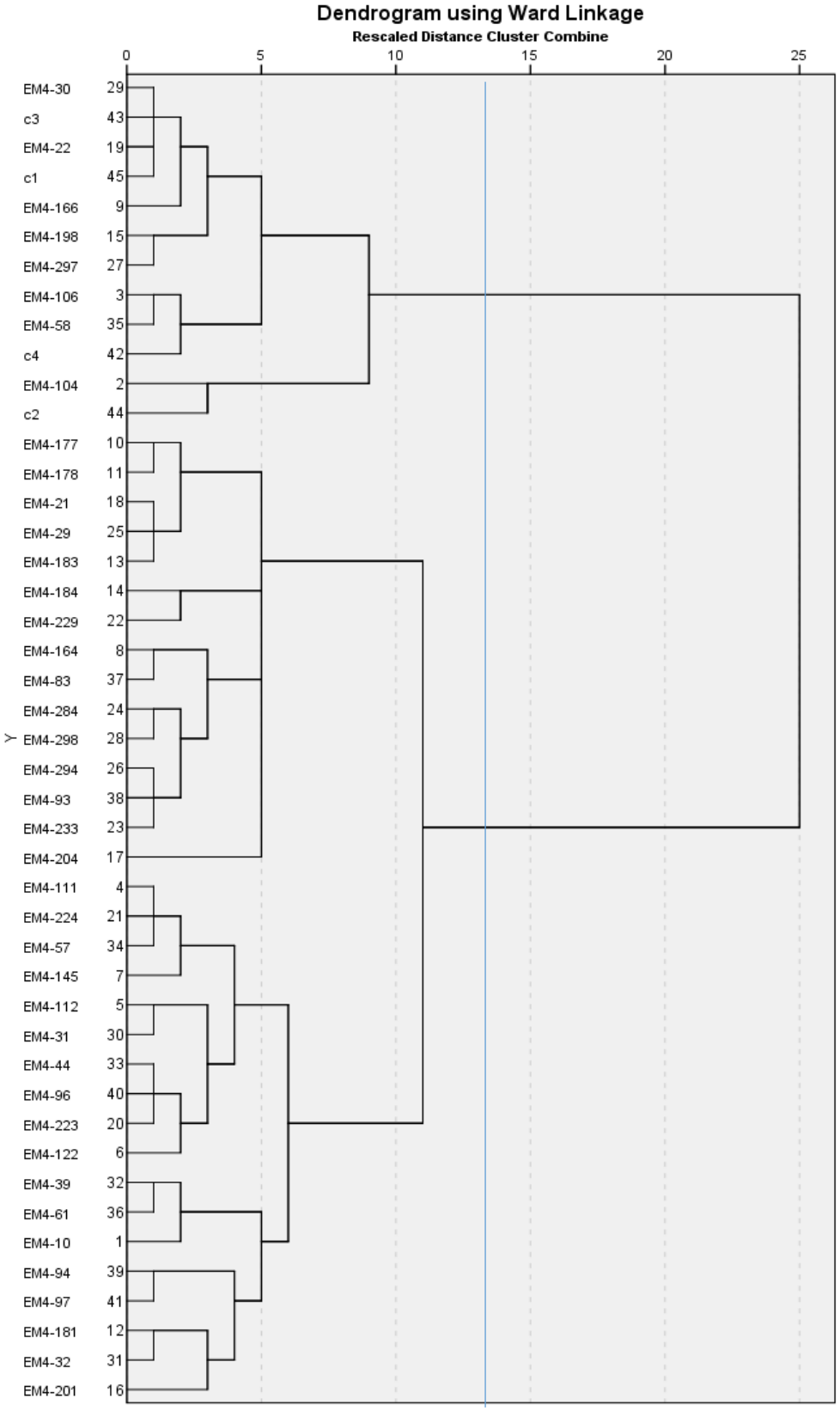
Figure 13. Range of gelatinization temperature in the studied genotypes

در میان ژنوتیپ‌های مورد بررسی در گروه عملکردی شش و هفت، درجه حرارت ژلاتینی شدن از ۳/۲۵ درصد تا ۳/۹۱ متغیر بود. در این گروه‌ها، ژنوتیپ‌های EM4-106 و EM4-83 با ۳/۹۱، بیشترین و ژنوتیپ EM4-29 و EM4-298 با 3/25، کمترین درجه حرارت ژلاتینی شدن را دارا بودند. برنج در بسیاری از کشورهای در حال توسعه یکی از غذاهای اصلی است و فرآیندهای کیفیت پخت برای اقتصاد و بازاریابی آن از اهمیت بالایی برخوردار است (۳).

نتایج حاصل از تجزیه خوشه‌ای (با استفاده از روش وارد) بر اساس خصوصیات زراعی و کیفی نشان داد که ژنوتیپ‌های مورد مطالعه در چهار خوشه مجزا قرار گرفتند (شکل ۱۴). تعداد هفت لاین موتانت (EM4-166، EM4-198، EM4-297، EM4-22، EM4-30، EM4-58 و EM4-106) با همراه ارقام هاشمی، گیلانه و TH2 در گروه اول و تعداد یک لاین موتانت (EM4-104) به همراه رقم آنام در گروه دوم قرار گرفتند. همچنین تعداد ۱۵ لاین موتانت (EM4-164، EM4-177، EM4-178، EM4-183، EM4-184، EM4-204، EM4-21، EM4-229، EM4-233، EM4-284، EM4-29، EM4-294، EM4-83، EM4-93 وEM4-298) به‌طور مجزا در گروه سوم و متفاوت از ارقام شاهد که از نظر میانگین صفات زراعی و کیفی در وضعیت مطلوبی هستند، قرار گرفته‌اند که این گروه صفات مطلوب مهم کمی و کیفی برای اصلاح در جهت افزایش عملکرد دانه را به همراه دارند که می‌توان در این گروه برای دست‌یابی به لاین‌های پرمحصول با ارتفاع کمتر، دانه بلند و زودرس تا میان‌رس در نسل‌های بعدی امیدوار بود. تعداد ۱۸ لاین موتانت (EM4-111، EM4-112، EM4-145، EM4-122، EM4-223، EM4-224، EM4-31، EM4-44، EM4-57، EM4-96، EM4-10، EM4-181، EM4-201، EM4-32، EM4-39، EM4-61، EM4-97 و EM4-94) نیز در گروه چهارم قرار گرفتند. با بررسی میانگین صفات مشخص شد که در ژنوتیپ‌های موتانت تغییرات قابل‌توجهی از نظر صفات مورد مطالعه وجود دارد که نشان‌دهنده نقش موثر ماده جهش‌زای شیمیایی در ایجاد تنوع ژنتیکی می‌باشد.

انتخاب یک ژنوتیپ برتر باید با در نظر گرفتن صفات مختلف زراعی در کنار عملکرد صورت گیرد. لذا برای ژنوتیپ‌های مورد بررسی با در نظر گرفتن میانگین صفات زراعی و کیفی در گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها خصوصا صفاتی از قبیل عملکرد، طول دوره رشد، ارتفاع بوته، خصوصیات مرتبط با کیفیت پخت، ژنوتیپ‌های موتانت EM83، EM233، EM29، EM106، EM294، EM298، EM284، EM201، EM204، EM177، EM122، EM93، EM229، EM184 و EM94 به‌عنوان ژنوتیپ‌های برتر برای آزمایشات تکمیلی و بررسی دقیق‌تر انتخاب شدند. لذا این ژنوتیپ‌ها باید برای کشت در سال‌های آتی و انجام آزمایشات مقدماتی و سازگاری مورد بررسی قرار گیرند.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2025-07-19]
[DOI: 10.52547/jcb.14.44.77]



شکل ۱۴- گروه‌بندی ژنوتیپ‌های مورد مطالعه بر اساس صفات زراعی و کیفی به روش وارد
Figure 14. Grouping of studied genotypes based on agronomic and quality traits by Ward method

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2025-07-19]
[DOI: 10.52547/jcb.14.44.77]

منابع

1. Arbelaez, J.D., L.T. Moreno, N. Singh, C.W. Tung, L.G. Maron, Y. Ospina, C.P. Martinez, C. Grenier, M. Lorieux and S. McCouch. 2015. Development and GBS-genotyping of introgression lines (ILs) using two wild species of rice, *O. meridionalis* and *O. rufipogon*, in a common recurrent parent, *O. sativa cv.* Curinga. Molecular Breeding, 35: 81.
2. Bagheri, N., N. Babaeian-Jelodar and E. Hasan-Nataj. 2008. Genetic diversity of Iranian rice germplasm based on morphological traits. Iranian Journal of Field Crops Research, 6(2): 235-243(In Persian).
3. Bhat, F.M. and C.S. Riar. 2017. Physicochemical, cooking, and textural characteristics of grains of different rice (*Oryza sativa* L.) cultivars of temperate region of India and their interrelationships. Journal of Texture Studies, 48(2): 160-17.
4. Bhattacharya, K.R. and C.M. Sowbhagya. 1972. An improved alkali reaction test for rice quality. International Journal of Food Science & Technology, 7(3): 323-331.
5. Bor, S. and Y. Luh. 1991. Rice production. Volume IVan Nostrand Reinhold. New York, 272 pp.
6. Da Luz, V.K., S.F.S. da Silveira, G.M. da Fonseca, E.L. Groli, R.G. Figueiredo, D. Baretta, et al. 2016. Identification of variability for agronomically important traits in rice mutant families. Bragantia, 75: 41-50.
7. Hassan G., N.U. Khan and Q.N. Khan. 2003. Effect of transplanting date on the yield and yield components of different rice cultivars under high temperature of D.I. Khan. Science Khyber, 16(2): 129-137.
8. Haris, A. and K. Jusoff. 2013. Gamma ray radiation mutant rice on local aged dwarf. Middle-East Journal of Scientific Research, 15(8): 1160-1164.
9. He, S., Y. Han, Y. Wang, H. Zhai and Q. Liu. 2009. In vitro selection and identification of sweet potato (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.) plants tolerant to NaCl. Plant Cell, Tissue and Organ Culture, 96: 69-74.
10. Henikoff, S. and L. Comai. 2003. Single-nucleotide mutations for plant functional genomics. Annual Review of Plant Biology, 54: 375-401.
11. Jalata, Z., A. Ayana and H. Zeleke. 2011. Variability, heritability and genetic advance for some yield and yield related traits in Ethiopian barley (*Hordeum vulgare* L.) landraces and crosses. International Journal of Plant Breeding and Genetics, 5: 44-52.
12. Jankowicz-Cieslak, J., T.H. Tai, J. Kumlehn and B.J. Till. 2016. Biotechnologies for Plant Mutation Breeding. Springer, 343 pp.
13. Jennings, P.R., W.R. Coffman and H.E. Kauffman. 1981. Mejoramiento de arroz. Cali: Centro Internacional de Agricultura Tropical.
14. Jiang, S.Y. and S. Ramachandran. 2010. Natural and artificial mutants as valuable resources for functional genomics and molecular breeding. International Journal of Biological Sciences, 6: 228-251.
15. Juliana, B.O. 1971. A Simplified assay for milled rice amylase. Cereal Science Today, 16: 334-338, 340-360.
16. Khush, G.S. 1995. Modern varieties-their real contribution to food supply and equity. GeoJournal, 35(3): 275-284.
17. Little, R., G.B.R. Hilder and E.H.D. Awson. 1958. Differential effect of dilute alkali on 25 varieties of milled white rice. Cereal Chemistry, 35: 111-129.
18. Maluszynski, M., K. Nichterlein, L. Van Zanten and S. Ahloowalia. 2000. Officially released mutant varieties - the FAO/IAEA Database (INIS-XA–291). International Atomic Energy Agency (IAEA): IAEA.
19. Martins, A.F., P.D. Zimmer, A.C. Oliveira, F.I.F. Carvalho, E.A. Vieira, M.F. Carvalho, L.F. Martins and F.S. Fonseca. 2005. Variabilidade para caracteres morfológicos em mutantes de arroz. Ciência e Agrotecnologia, 29: 1215-1223.
20. MVD. 2021. Mutant Variety Database, http://mvd.iaea.org.
21. Nahvi, M., M. Allahgholipour and M. Mohammad Salehi. 2002. Evaluation of yield stability of genotype of rice in different regions of Gilan province. Journal of plant and seed, 18: 1-12.
22. Ni, H., K. Moody, R.P. Robles, E.C. Paller and J.S. Lales. 2000. *Oryza sativa* plant traits conferring competitive ability against weeds. Weed Science, 48: 200-204.
23. Oladosu, Y., M.Y. Rafii, N. Abdullah, M. Abdul Malek, H.A. Rahim, G. Hussin, M.A. Latif and I. Kareem. 2014. The Scientific World Journal, Article ID 190531: 12 pp.
24. Parry, M.A.J., P.J. Madgwick, C. Bayon, K. Tearall, A. Hernandez-Lopez, M. Baudo, M. Rakszegi, W. Hamada, A. Al-Yassin, H. Ouabbou, M. Labhilili and A.L. Phillips. 2009. Mutation discovery for crop improvement. Journal of Experimental Botany, 60(10): 2817-2825.
25. Qian, Q., L.B. Guo, S.M. Smith and J.Y. Li. 2016. Breeding high-yield superior-quality hybrid super rice by rational design. National Science Review, 3: 283-294.
26. Ray, D.K., N.D. Mueller, P.C. West and J.A. Foley. 2013. Yield trends are Insufficient to Double Global Crop Production by 2050. Plos One, 8: e66428.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2025-07-19]

[DOI: 10.52547/jcb.14.44.77]

27. Serrat, X., R. Esteban, N. Guibourt, L. Moysset, S. Nogues and E. Lalanne. 2014. EMS mutagenesis in mature seed-derived rice calli as a new method for rapidly obtaining TILLING mutant populations. Plant Methods, 10: 1-14.
28. Shu Q.Y. and P.J.L. Lagoda. 2007. Mutation techniques for gene discovery and crop improvement. Mol Plant Breed, 5: 193-195.
29. Singh, N., L. Kaur. N.S. Sodhi and K.S. Sekhon. 2005. Physicochemical, cooking and textural properties of milled rice from different Indian rice cultivars. Food Chemistry, 89(2): 253-259.
30. Talebi, A.B., A.B. Talebi and B. Shahrokhifar. 2012. Ethyl methane sulphonate (EMS) induced mutagenesis in malaysian rice (cv. MR219) for lethal dose determination. American Journal of Plant Sciences, 3: 1661-1665.
31. Tanveer, U.H., A. Javaid, N. Shafaqat and A. Ahmad. 2009. Morpho-Physiological response of rice (*Oryza sativa* L.) varieties to salinity stress. Journal of Botany, 41(6): 2943-2956.
32. Thomas, R., W.A. Wan-Nadiah and R. Bhat. 2013. Physiochemical properties, proximate composition, and cooking qualities of locally grown and imported rice varieties marketed in Penang, Malaysia, International Food Research Journal, 20(3): 1345-1351.
33. Viana, V.E., C. Pegoraro, C. Busanello and A.C. de Oliveira. 2019. Mutagenesis in rice: the basis for breeding a new super plant. Frontiers in plant science, 10: 1326 pp.
34. Wu, K., A. Gunaratne, R. Gan, J. Bao, H. Corke and F. Jian. 2018. Relationships between cooking properties and physicochemical properties in brown and white rice. Starch - Stärke, 70(5): 1700167.
35. Zhang, A., Y. Liu, F. Wang, T. Li, Z. Chen, D. Kong, J. Bi, F. Zhang, X. Luo, J. Wang, J. Tang, X. Yu, G. Liu and L. Luo. 2019. Enhanced rice salinity tolerance via CRISPR/Cas9-targeted mutagenesis of the OsRR22gene. Mol Breeding, 39: 47-57.
36. Yang, J.C. and J.H. Zhang. 2010. Grain filling problem in Super rice. Journal of Experimental Botany, 61: 1-5.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2025-07-19]

[DOI: 10.52547/jcb.14.44.77]

Genetic Variation of Some Agronomic Characteristics and Grain Quality Traits of Rice Mutant Genotypes

Leila Khazai

Researcher, Country Rice Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Rasht, Iran, (Corresponding author: Leila_khazaie@yahoo.com)
Received: 10 February, 2022 Accepted: 1 June, 2022

Extended Abstract

Introduction and Objective: Mutagenesis techniques are used for induce genetic diversity in many crop plants and several desire mutant lines have been developed by mutagenesis. So, this study was conducted with the aim of evaluating agronomic traits and yield comparison of rice mutant genotypes.

Material and Methods: 41 mutant genotypes, resulted from chemical mutation of Hashemi local rice variety, with control cultivars Hashemi, Anam, TH2 and Gilaneh was studied in an augmented design based on a randomized complete block design with 4 replications, at the Rice Research Institute of Iran, Rasht, in 2019.In this study, agronomic and qualitative characteristics including flowering time, plant height, number of fertile tillers, panicle length, number of filled grains, number of unfilled grains, 100-grain weight, milling recovery, amylose content, mean gelatinization temperature and grain yield were assessed in all genotypes.

Results: Based on the results, there were considerable variations among genotypes in terms of flowering time (days to 50% of flowering), plant height, panicle length, grain yield, milling recovery and amylose content, and the differences among genotypes and as well as differences among genotypes with controls in all cases were significant ($p \leq 0.05$). Number of days from planting to flowering was less than 83 days in 33% of genotypes. Also, in 43% of lines, plant height was less than 130 cm and 30% of genotypes had yields higher than 5 t/ha. Results showed that mutant genotypes EM4-233 and EM4-233 had highest yields (more than 6 t/ha) and were superior to other genotypes. Cluster analysis by Ward method divided genotypes to four groups.

Conclusion: Regarding earliness, grain quality, yield traits and other desirable agronomic characteristics, mutant genotypes EM4-83, EM4-233, EM4-29, EM4-106 and EM4-294 were selected as superior genotypes.

Keywords: Augmented, Ethylemethane Solphonate, Genetic diversity, Mutation, Rice

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2025-07-19]

[DOI: 10.52547/jcb.14.44.77]