تجزیه ژنتیکی و هتروزیس برای پارامترهای چسبندگی در برنج (*Oryza sativa* L.) با استفاده از طرح تلاقی کارولینای شمالی (NCIII)

علیرضا حقیقی حسنعلیده[1]، عزت‌اله فرشادفر[2] و مهرزاد اله‌قلی‌پور[3,*]

۱- دانش‌آموخته دکتری، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده علوم و مهندسی کشاورزی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه رازی، کرمانشاه

۲- استاد، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده علوم و مهندسی کشاورزی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه رازی، کرمانشاه

۳- استادیار، مؤسسه تحقیقات برنج کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، رشت

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۵/۲۱ – تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۹/۱۵)

چکیده

این پژوهش به‌منظور برآورد اثرات ژنی، وراثت‌پذیری، هتروزیس و شناسایی روش‌های مناسب به‌نژادی جهت بهبود پارامترهای چسبندگی برنج، طی سال‌های ۹۵-۱۳۹۳ در مؤسسه تحقیقات برنج کشور انجام گرفت. نتاج به‌دست‌آمده از طرح تلاقی کارولینای شمالی III به‌همراه والدین آن‌ها در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه آزمایشی مؤسسه تحقیقات برنج کشور کشت گردیدند. بررسی تجزیه واریانس پارامترهای چسبندگی نشان داد که اثر ماده‌ها، اثر نرها و اثر متقابل بین نرها و ماده‌ها برای همه پارامترهای مورد بررسی به‌استثنای حداکثر چسبندگی معنی‌دار بود. بررسی پارامترهای ژنتیکی نشان داد که ویژگی‌های چسبندگی تحت تأثیر آثار افزایشی و غیرافزایشی ژن‌ها قرار دارند. سهم آثار غیرافزایشی در کنترل ژنتیکی حداکثر چسبندگی بیشتر از آثار افزایشی بود، درحالی‌که برای فروریختگی چسبندگی، چسبندگی نهایی و پسروی چسبندگی، سهم آثار افزایشی بیشتر بود. مقادیر بالای برآورد وراثت‌پذیری عمومی نشان داد که بروز پارامترهای چسبندگی بیشتر تحت تأثیر آثار ژنتیکی است. با توجه به وجود آثار غیرافزایشی و برآورد وراثت‌پذیری خصوصی پایین در صفت حداکثر چسبندگی، استفاده از برنامه‌های اصلاحی مبتنی بر تلاقی جهت بهبود این صفت، امیدبخش خواهد بود. برای سایر پارامترهای چسبندگی، برآورد وراثت‌پذیری خصوصی بالا بود. لذا، استفاده از برنامه‌های به‌نژادی مبتنی بر انتخاب جهت بهبود این صفات، امیدبخش می‌باشد. بررسی هتروزیس نسبی بر اساس میانگین والدین نشان داد که دامنه هتروزیس از ۳/۷۳- تا ۱/۹۳ درصد، از ۵/۵۱ تا ۲۱/۳۳ درصد، از ٤/٥٧- تا ١/٢٦ درصد و از ٢٦/٠٤- تا ٩/٣٦ درصد، به‌ترتیب برای صفات حداکثر چسبندگی، فروریختگی، چسبندگی نهایی و پسروی چسبندگی وجود داشت.

واژگان کلیدی: برنج، پارامترهای چسبندگی، طرح تلاقی کارولینای شمالی، هتروزیس

* نویسنده مسئول، آدرس پست الکترونیکی: **m.allahgholipour@areeo.ac.ir**

[Downloaded from pgr.lu.ac.ir on 2025-05-13]

[DOR: 20.1001.1.23831367.1398.6.2.9.1]

[DOI: 10.29252/pgr.6.2.129]

مقدمه

برنج مهم‌ترین محصول غذایی در جهان و منبع غنی از کالری است (Nasiri *et al.*, 2019). دستیابی به عملکرد بالا یکی از اهداف مهم تولیدکنندگان می‌باشد. در بیشتر گیاهان، کیفیت محصول تولیدی از اهمیت بالایی برخوردار است. کیفیت دانه در برنج از عوامل اصلی و تعیین‌کننده بازارپسندی و فروش محصول محسوب می‌شود (Huang *et al.*, 2013). کیفیت برنج یک صفت نسبی است که با توجه به سلیقه مصرف‌کنندگان تعریفی که از آن می‌شود متفاوت است (Rahimsouroush *et al.*, 2007). کیفیت دانه برنج تا حد زیادی به ویژگی‌های پخت، شکل، عطر و طعم آن بستگی داشته و این خصوصیات را می‌توان به چهار دسته فیزیکی، شیمیایی، برنج پخته و ارزش غذایی تقسیم‌بندی کرد (Rahimsouroush *et al.*, 2007). عوامل متعددی بیانگر کیفیت دانه برنج می‌باشند اما کیفیت پخت و خوراک مهم‌تر است که ناشی از عوامل فیزیکی و شیمیایی می‌باشد (Ramezanpour *et al.*, 2015). نشاسته ماده غذایی اصلی دانه‌ی برنج است که به دو جزء آمیلوز و آمیلوپکتین تقسیم می‌شود. عموماً ۳۶-۱ درصد نشاسته اندوخته شده در دانه‌ی برنج را آمیلوز و بقیه را ترکیب آمیلوپکتین با ساختار مولکولی شاخه‌ای تشکیل می‌دهد (Juliano, 1985). در گذشته، صفاتی مانند عملکرد دانه، تیپ بوته و مقاومت به امراض و خوابیدگی بیشتر مورد توجه به‌نژادگران بوده است که بر این اساس ارقامی مانند خزر، سپیدرود، کادوس، درفک و گوهر در استان گیلان و ارقام ندا، نعمت، فجر، شفق و شیرودی در استان مازندران معرفی شده‌اند که به‌دلیل ضعف خصوصیات کیفی در رقابت با ارقام بومی توفیق چندانی نداشته‌اند و با استقبال کمی در بازار مواجه بوده‌اند؛ درحالی‌که ارقام محلی سطح زیادی از اراضی شالیکاری ایران را به خود اختصاص می‌دهند (Allahgholipour *et al.*, 2012). وجود شاخص‌های متفاوت جهت ارزیابی کیفیت، سلیقه‌های متنوع مصرف‌کنندگان، پیچیدگی و تحت تأثیر محیط بودن صفت، نبود ابزار و امکانات مناسب برای ارزیابی دقیق خصوصیات مرتبط با کیفیت دانه و از همه مهم‌تر وجود ارتباط منفی بین عملکرد و کیفیت دانه از عوامل محدودکننده و عدم موفقیت در جهت دستیابی به ارقام پر محصول کیفی با طول دوره رشد مناسب به‌حساب می‌آید (Allahgholipour and Rabeie, 2017). در ایران، ارقام اصلاح‌شده‌ای که تاکنون معرفی شده‌اند از نظر خصوصیات کیفی مشابه ارقام محلی هستند، اما کیفیت پخت آن‌ها بسیار پایین‌تر از ارقام محلی است. (Allahgholipour *et al.*, 2012)؛ بنابراین پارامترهای مذکور به‌تنهایی نمی‌توانند نشان‌دهنده کیفیت پخت در ارقام مختلف برنج باشند. ویژگی‌های چسبندگی دانه‌های نشاسته با استفاده از دستگاه رپیدویسکوآنالایزر اندازه‌گیری می‌شوند (AACC, 1995) و نقش مهمی را در تعیین کیفیت خوراک و چگونگی کیفیت پخت برنج بازی کرده و به‌عنوان یک اختلاف ثانویه مهم در ارقام دارای میزان آمیلوز مشابه تلقی می‌شوند (Shu, 1996). به‌طورکلی، ویژگی‌های مهم و مرتبط با چسبندگی شامل حداکثر چسبندگی، فروریختگی، چسبندگی نهایی و پسروی چسبندگی است که توصیف‌کننده منحنی درجه حرارت ژلاتینی شدن در زمان پخته شدن هستند (Wu *et al.*, 2001). هتروزیس پدیده پیچیده‌ای است که به‌صورت گسترده‌ای به‌وسیله روابط بین ژن‌ها و آلل‌های متعدد کنترل می‌شود. تحقیقات نشان داده که روابط بین آللی ژنوم‌های والدین منجربه تغییر برنامه‌ریزی ژن‌هایی می‌شود که باعث افزایش قدرت رشد و مقاومت به تنش‌ها هستند (Chen, 2013). در واریته‌های اصلاحی با عملکرد بالا در گیاهان زراعی، اصلاح‌کنندگان اغلب با مشکل انتخاب والدین و تلاقی‌ها روبرو هستند (Sarker *et al.*, 2002). در هر برنامه اصلاحی آگاهی از نوع عمل ژن‌های کنترل‌کننده توارث صفات اهمیت فراوانی دارد (Gholizadeh *et al.*, 2018). اطلاع از اثر اصلی ژن درون جمعیت اصلاحی درواقع کلید و راهنمای انتخاب روش اصلاحی است که منتج به انتخاب واریته‌هایی با عملکرد بالا می‌گردد. به‌علاوه اگر عمل ژن‌ها به‌صورت افزایشی

[Downloaded from pgr.lu.ac.ir on 2025-05-13]
[DOR: 20.1001.1.23831367.1398.6.2.9.1]
[DOI: 10.29252/pgr.6.2.129]

باشد می‌تواند انتخاب لاین‌ها در سطوح مختلف اصلاحی در گیاهان خودگشن مؤثر باشد، به‌دلیل آنکه اثرات افزایشی قابلیت انتقال از یک نسل به نسل دیگر را دارند (Torres and Geraldi, 2007). کامستاک و رابینسون در سال‌های ١٩٤٨ و ١٩٥٢ سه طرح تحت عنوان طرح‌های شماره یک، دو و سه کارولینای شمالی به‌وجود آوردند. در هر یک از این طرح‌ها دو پارامتر مهم ژنتیکی واریانس ژنتیکی افزایشی و واریانس غالبیت برآورد می‌شود. وجود اثرات مادری در طرح شماره سه کارولینای شمالی نقشی ندارد زیرا در این طرح نرها انتخاب می‌شوند. از آن‌جایی‌که لینکاژ در اثر تلاقی برگشتی در این طرح شکسته می‌شود، لذا برآورد متوسط درجه غالبیت و وراثت‌پذیری دارای دقت بیشتری نسبت به طرح‌های یک و دو کارولینای شمالی می‌باشد. این طرح قدرتمندترین طرح در طرح‌های کارولینای شمالی است (Acquaah, 2012). طرح‌های کارولینای شمالی که از آن‌ها به‌عنوان طرح‌های نتاج دو والدی نیز یاد می‌گردد، توسط محققین متعددی در برنامه‌های اصلاحی گیاهان به‌کار برده می‌شوند (You *et al*., 2012; Tarinejad *et al*., 2015; Behzadi *et al*., 2017). الهقلی‌پور و همکاران (Allahgholipour *et al*., 2010) بیان کردند که خصوصیات چسبندگی نشاسته به‌عنوان یک شاخص مناسب جهت ارزیابی کیفیت پخت ارقام برنج قابل توصیه است. گراویوس و وب (Gravois and Webb, 1997) با بررسی وراثت‌پذیری صفات چسبندگی در برنج بیان کردند که پارامترهای چسبندگی تحت کنترل عمل افزایشی ژن‌ها هستند. الهقلی‌پور و همکاران (Allahgholipour *et al*., 2012) در تحقیقی به‌منظور بررسی پارامترهای چسبندگی در برنج گزارش کردند که سهم واریانس افزایشی برای کلیه خصوصیات چسبندگی بیشتر از اثر غالبیت بود. کلیه والدین از نظر خصوصیات چسبندگی در دامنه اطمینان به‌دست آمده قرار نداشته و از لحاظ کیفیت پخت و خوراک مناسب نبودند. جین–سانگ و همکاران (Jin-Song *et al*., 2006) گزارش کردند که فروریختگی و پسروی چسبندگی بیشتر تحت کنترل آثار ژنتیکی و اثرات افزایشی ژن‌ها هستند و روش‌های به‌نژادی مبتنی بر انتخاب جهت بهبود این صفات مفید می‌باشد. جین و همکاران (Jin *et al*., 2004) نیز اثر افزایشی ژن‌ها را در کنترل ژنتیکی صفات حداکثر چسبندگی، فروریختگی، چسبندگی نهایی و پسروی چسبندگی مؤثر می‌دانند. الهقلی‌پور و ربیعی (Allahgholipour and Rabeie, 2017) با بررسی پارامترهای چسبندگی در برنج بیان کردند که برای دو صفت حداکثر چسبندگی و فروریختگی سهم واریانس افزایشی ژن‌ها بسیار بیشتر از واریانس غیرافزایشی بود. درحالی‌که برای دو صفت چسبندگی نهایی و پسروی چسبندگی این مطلب صادق نبود. با توجه به مطالب فوق این تحقیق جهت برآورد اثرات ژنی، وراثت‌پذیری، هتروزیس و شناسایی روش‌های مناسب اصلاحی جهت بهبود پارامترهای چسبندگی در برنج انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال‌های ٩٥-١٣٩٣ در مؤسسه تحقیقات برنج کشور واقع در رشت انجام گرفت. دو رقم دیلمانی و گیلانه با توجه به نتایج حاصل از پژوهشی با استفاده از نشانگرهای ریزماهواره (Allahgholipour *et al*., 2014)، جهت تلاقی به روش طرح سوم کارولینای شمالی انتخاب شدند. در سال اول، دو لاین طارم دیلمانی و گیلانه و جمعیت F_2 حاصل از تلاقی آن‌ها، جهت تلاقی به روش طرح سوم کارولینای شمالی کشت شد. از دو لاین موردنظر به‌عنوان والد مادری و از تک بوته‌های F_2 به‌عنوان والد پدری استفاده شد. در سال دوم، نتاج به‌دست‌آمده از طرح تلاقی کارولینای شمالی شماره سه به‌همراه والدین آن‌ها در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با ٣ تکرار در مزرعه آزمایشی مؤسسه تحقیقات برنج کشور به‌صورت تک نشاء کشت گردیدند. کرت‌های آزمایشی به مساحت ١٢ مترمربع در نظر گرفته شد و کشت نشاهای برنج به فواصل ٢٠×٢٠ سانتی‌متر از یکدیگر انجام گرفت. کلیه مراقبت‌های لازم طی رشد و نمو گیاهان از قبیل آبیاری، کود دهی، وجین، مبارزه با

[Downloaded from pgr.lu.ac.ir on 2025-05-13]
[DOR: 20.1001.1.23831367.1398.6.2.9.1]
[DOI: 10.29252/pgr.6.2.129]

آفـات و بیماری‌ها انجام شد. ژنوتیپ‌های مورد مطالعه پس از برداشت، بوجاری و تنظیم رطوبت دانه آن‌ها به ۱٤ درصد، در آزمایشگاه مؤسسه تحقیقات برنج کشور مورد تجزیه آزمایشگاهی قرار گرفتند. خصوصیات چسبندگی نشاسته نمونه‌های مورد مطالعه در برنج به‌وسیله چهار پارامتر حداکثر چسبندگی، فروریختگی، چسبندگی نهایی و پسروی چسبندگی با استفاده از دستگاه رپیدویسکوآنالایزر ارزیابی شدند (AACC, 1995). پارامترهای ژنتیکی طرح تلاقی کارولینای شمالی III بر اساس روابط زیر محاسبه گردید (Hallauer *et al.*, 2010):

$$\sigma_m^2[(M_3- M_1)/2r]=(1/8)\sum a^2=(1/4)\sigma_A^2$$

$$\sigma_{mp}^2[(M_2- M_1)/r]=(1/4)\sum a^2=\sigma_D^2$$

که در این روابط σ_m^2 برابر واریانس نرها، σ_{mp}^2 برابر واریانس اثر متقابل نرها با ماده‌ها، σ_A^2 برابر واریانس افزایشی، σ_D^2 برابر واریانس غالبیت، M_1، M_2 و M_3 به‌ترتیب میانگین مربعات خطای آزمایشی، میانگین مربعات اثر متقابل نرها با ماده‌ها و میانگین مربعات نرها می‌باشند (Hallauer *et al.*, 2010). همچنین میانگین درجه غالبیت و وراثت‌پذیری بر اساس روابط زیر محاسبه شد:

$$[(M_2- M_1)(M_3- M_1)]^{1/2}$$

$$h^2=4\sigma_m^2/(\frac{\sigma^2}{r}+\sigma_{mp}^2+4\sigma_m^2)$$

همچنین آزمون واریانس‌های افزایشی و غالبیت بر اساس روابط زیر انجام شد:

$$V(\hat{\sigma}_m^2)=\frac{1}{2^2r^2}\left[\frac{2M_3^{\,2}}{n+1}+\frac{2M_1^{\,2}}{(r-1)(2n-1)+2}\right]$$

$$V(\hat{\sigma}_D^2)=\frac{1}{r^2}\left[\frac{2M_2^{\,2}}{n+1}+\frac{2M_1^{\,2}}{(r-1)(2n-1)+2}\right]$$

$$V(\hat{\sigma}_A^2)=\frac{16}{4^2r^2}\left[\frac{2M_3^{\,2}}{n+1}+\frac{2M_1^{\,2}}{(r-1)(2n-1)+2}\right]$$

هتروزیس نسبی و آزمون معنی‌داری آن بر اساس میانگین والدین نیز بر اساس روابط زیر محاسبه گردید:

$$MPH=\left[\frac{F_1\text{-MP}}{MP}\right]\times 100$$

$$HD=\left[\frac{F_1\text{-Mean of }\textit{Deylamani}}{\text{Mean of }\textit{Deylamani}}\right]\times 100$$

$$HG=\left[\frac{F_1\text{-Mean of }\textit{Gilaneh}}{\text{Mean of }\textit{Gilaneh}}\right]\times 100$$

$$SE=\sqrt{2MSE/r}$$

که در این روابط MPH برابر هتروزیس نسبی بر اساس میانگین والدین، HD برابر هتروزیس نسبی بر اساس والد دیلمانی، HG برابر هتروزیس نسبی بر اساس والد گیلانه، MSE برابر میانگین مربعات خطا در جدول تجزیه واریانس، F_1 برابر میانگین نتاج، MP برابر میانگین والدین است (Hallauer *et al.*, 2010). برای تجزیه واریانس و برآورد میانگین مربعات لازم از نرم‌افزارهای SPSS (IBM Corp, 2011) و Excel استفاده شد.

نتایج و بحث

بررسی تجزیه میانگین مربعات طرح کارولینای شمالی (جدول ۱) نشان داد که برای صفت حداکثر چسبندگی، واریانس اثر نرها و اثر متقابل معنی‌دار بود، درحالی‌که اثر ماده‌ها معنی‌دار نبود؛ بنابراین، بین میانگین نتاج حاصل از F_2های مشترک از نظر صفت حداکثر چسبندگی اختلاف معنی‌دار وجود دارد. میانگین نتاج حاصل از والد مشترک گیلانه با میانگین نتاج حاصل از والد مشترک دیلمانی اختلاف معنی‌دار نداشت و ژنوتیپ‌های F_2 در تلاقی با ژنوتیپ‌های دیلمانی و گیلانه برای صفت حداکثر چسبندگی واکنش متفاوتی داشتند. برای صفات فروریختگی، چسبندگی نهایی و پسروی چسبندگی، نتایج تجزیه واریانس نشان داد که بین میانگین نتاج حاصل از F_2 های مشترک اختلاف معنی‌دار وجود دارد و میانگین نتاج حاصل از والد مشترک گیلانه با میانگین نتاج حاصل از والد مشترک دیلمانی اختلاف معنی‌دار داشت و ژنوتیپ‌های F_2 در تلاقی با ژنوتیپ‌های دیلمانی و گیلانه برای این صفات، واکنش متفاوتی داشتند.

[Downloaded from pgr.lu.ac.ir on 2025-05-13]
[DOR: 20.1001.1.23831367.1398.6.2.9.1]
[DOI: 10.29252/pgr.6.2.129]

جدول ١- تجزیه واریانس پارامترهای چسبندگی در برنج به‌روش تلاقی کارولینای شمالی III

Table 1. Analysis of variance of viscosity parameters in rice through NCIII

منابع تغییر S.O.V.	درجه آزادی d.f	میانگین مربعات Mean square			
		حداکثر چسبندگی Peak viscosity	فروریختگی چسبندگی Breakdown viscosity	چسبندگی نهایی Final viscosity	پسروی چسبندگی Setback viscosity
بلوک Block	2	13.61^{ns}	78.29^{ns}	22.31^{ns}	27.93^{ns}
مادهها (p) Females (p)	1	53.42**	100.49**	100.79**	67.49**
نرها (m) Males (m)	14	58.58^{ns}	2533.2**	258.11**	524.97**
مادهها × نرها m × p	14	69.98**	66.55**	80.56**	52.03**
خطا Error	58	18.46	16.32	15.02	12.48

^{ns}، * و ** به ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال ٥ و ١ درصد

^{ns}, * and **: Non-significant, significant at 5% and 1% probability levels, respectively

بررسی میانگین پارامترهای چسبندگی در نتاج حاصل از طرح تلاقی کارولینای شمالی III (جدول ٢) نشان داد که میانگین حداکثر چسبندگی در تلاقی‌های مشترک با والد دیلمانی ٢٩٤/٨٧ و در تلاقی‌های مشترک با والد گیلانه ٢٩٢/٨١ بود. کمترین حداکثر چسبندگی در تلاقی F_2 No. 14 × دیلمانی (٢٨٤/٦) و بیشترین حداکثر چسبندگی در تلاقی F_2 No. 13 × دیلمانی (٣٠١/٩) دیده شد. میانگین فروریختگی در تلاقی‌های مشترک با والد دیلمانی ٨٣/٧٥ و در تلاقی‌های مشترک با والد گیلانه ٧٣/٥٩ بود. کمترین فروریختگی در تلاقی F_2 No. 1 × گیلانه (٦١/٣٩) و بیشترین فروریختگی در تلاقی F_2 No. 7 × دیلمانی (٩٠/١٩) وجود داشت. میانگین چسبندگی نهایی در تلاقی‌های مشترک با والد دیلمانی ٣٣٥/٧١ و در تلاقی‌های مشترک با والد گیلانه ٣٣٨/٤٢ بود. کمترین چسبندگی نهایی در تلاقی F_2 No. 15 × دیلمانی (٣٢٨/٤٥) و بیشترین چسبندگی نهایی در تلاقی F_2 No. 11 × گیلانه (٣٥٢/٢٢) دیده شد. میانگین پسروی چسبندگی در تلاقی‌های مشترک با والد دیلمانی ٤٠/٩٢ و در تلاقی‌های مشترک با والد گیلانه ٤٥/٢٩ بود. کمترین پسروی چسبندگی در تلاقی F_2 No. 7 × دیلمانی (٣٥/٧٨) و بیشترین پسروی چسبندگی در تلاقی F_2 No. 11 × گیلانه (٥٦/٢٩) وجود داشت. بررسی پارامترهای ژنتیکی ویژگی‌های چسبندگی در طرح تلاقی کارولینای شمالی III (جدول ٣) نشان داد که واریانس افزایشی و غالبیت برای تمامی پارامترهای چسبندگی معنی‌دار بود؛ بنابراین، این صفات تحت تأثیر آثار افزایشی و غیرافزایشی ژن‌ها قرار دارند. کاو و همکاران (Kuo *et al.*, 1997) نیز، با استفاده از روش تجزیه میانگین نسل‌ها نتایج مشابهی برای فروریختگی چسبندگی گزارش کردند.

برای صفت حداکثر چسبندگی، برآورد کوچک‌تر واریانس افزایشی نسبت به واریانس غالبیت، حاکی از سهم بیشتر آثار غیرافزایشی در کنترل ژنتیکی صفت حداکثر چسبندگی است. درحالی‌که برای پارامترهای فروریختگی چسبندگی، چسبندگی نهایی و پسروی چسبندگی، سهم آثار افزایشی در کنترل ژنتیکی این صفات، بیشتر از آثار غیرافزایشی بود. الهقلی‌پور و همکاران (Allahgholipour *et al.*, 2012) نیز نتایج مشابهی برای صفت حداکثر چسبندگی گزارش کردند. همچنین، نتایج مشابهی برای صفات چسبندگی نهایی و پسروی چسبندگی توسط الهقلی‌پور و ربیعی (Allahgholipour and Rabeie, 2017) و باو و ژیا (Bao and Xia, 1999) گزارش شده است. در تمامی پارامترهای مورد بررسی درجه غالبیت بزرگ‌تر از یک بود. لذا، می‌توان به‌وجود فوق غالبیت اشاره کرد.

[Downloaded from pgr.lu.ac.ir on 2025-05-13]

[DOR: 20.1001.1.23831367.1398.6.2.9.1]
[DOI: 10.29252/pgr.6.2.129]

جدول ۲- میانگین پارامترهای چسبندگی در نتاج حاصل از طرح تلاقی کارولینای شمالی III

Table 2. Means for viscosity parameters in NCIII mating design progenies

تلاقی‌ها Crosses	حداکثر چسبندگی Peak viscosity	فروریختگی چسبندگی Breakdown viscosity	چسبندگی نهایی Final viscosity	پسروی چسبندگی Setback viscosity
F_2 No. 1 × *Deylamani*	293.39	87.81	333.17	39.78
F_2 No. 2 × *Deylamani*	294.08	77.03	341.5	47.42
F_2 No. 3 × *Deylamani*	297.36	87.83	335.83	38.47
F_2 No. 4 × *Deylamani*	300.06	85.64	339.06	39
F_2 No. 5 × *Deylamani*	288.44	79.83	333.44	45
F_2 No. 6 × *Deylamani*	291.94	88.5	328.53	36.58
F_2 No. 7 × *Deylamani*	301.25	90.19	337.03	35.78
F_2 No. 8 × *Deylamani*	300.25	81.42	342.42	42.17
F_2 No. 9 × *Deylamani*	286.64	80.37	334	47.36
F_2 No. 10 × *Deylamani*	291.19	85.49	332.94	38.48
F_2 No. 11× *Deylamani*	298.69	72.02	342.8	45.51
F_2 No. 12 × *Deylamani*	301.34	86.48	333.62	38.22
F_2 No. 13 × *Deylamani*	301.9	85.25	339.55	38.07
F_2 No. 14 × *Deylamani*	284.6	79.53	333.28	45
F_2 No. 15 × *Deylamani*	291.85	88.89	328.45	36.91
F_2 No. 1 × *Gilaneh*	295.83	61.39	352.11	56.28
F_2 No. 2 × *Gilaneh*	294.47	74.56	336.44	41.97
F_2 No. 3 × *Gilaneh*	289.89	76.58	333.33	43.44
F_2 No. 4 × *Gilaneh*	293.39	69.94	341.06	47.67
F_2 No. 5 × *Gilaneh*	290.28	74.47	334.33	44.06
F_2 No. 6 × *Gilaneh*	294.89	79.31	339.31	44.42
F_2 No. 7 × *Gilaneh*	288.94	69.44	336.67	47.72
F_2 No. 8 × *Gilaneh*	291.17	76.14	331.92	40.75
F_2 No. 9 × *Gilaneh*	297.83	78.84	343.1	45.27
F_2 No. 10 × *Gilaneh*	290.1	78.51	332.35	41.9
F_2 No. 11 × *Gilaneh*	297.24	62.56	352.22	56.29
F_2 No. 12 × *Gilaneh*	293.2	74.36	337.07	41.84
F_2 No. 13 × *Gilaneh*	296	74.66	339.49	42.74
F_2 No. 14 × *Gilaneh*	295.03	71.55	341.74	47.7
F_2 No. 15 × *Gilaneh*	290.52	74.82	335.29	44.15
LSD (5%)	7.02	6.60	6.33	5.77
میانگین تلاقی‌ها با والد دیلمانی Means of *Deylamany* crosses	293.82	80.28	336.43	42.7
میانگین تلاقی‌ها با والد گیلانه Means of *Gilaneh* crosses	294.13	77.48	337.71	43.22

جدول ۳- برآورد پارامترهای ژنتیکی برای ویژگی‌های چسبندگی در ژنوتیپ‌های برنج مورد بررسی طرح تلاقی کارولینای شمالی III

Table 3. Estimation of genetic parameters for viscosity characters in studied rice genotypes through NCIII mating design

پارامترهای ژنتیکی Genetic parameters	حداکثر چسبندگی Peak viscosity	فروریختگی چسبندگی Breakdown viscosity	چسبندگی نهایی Final viscosity	پسروی چسبندگی Setback viscosity
واریانس افزایشی Additive variance	23.3**	56.11**	57.18**	36.67**
واریانس غالبیت Dominance variance	34.34**	33.49**	43.69**	26.37**
میانگین درجه غالبیت Average degree of dominance	1.72*	1.09*	1.24*	1.2*
وراثت‌پذیری عمومی Broad sense heritability	0.76	0.85	0.87	0.83
وراثت‌پذیری خصوصی Narrow sense heritability	0.31	0.53	0.49	0.49

ns، * و ** به ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

ns, * and **: Non-significant, significant at 5% and 1% probability levels, respectively

[Downloaded from pgr.lu.ac.ir on 2025-05-13]
[DOR: 20.1001.1.23831367.1398.6.2.9.1]
[DOI: 10.29252/pgr.6.2.129]

هم‌چنین، مقادیر بالای برآورد وراثت‌پذیری عمومی در پارامترهای چسبندگی مورد مطالعه نشان داد که آثار ژنتیکی سهم بیشتری از آثار محیطی در بروز این صفات دارد. نتایج مشابهی توسط باو و همکاران (Bao *et al*., 2004) گزارش شد. برآورد وراثت‌پذیری خصوصی در صفت حداکثر چسبندگی پایین بود و گویای وجود آثار غیرافزایشی در کنترل ژنتیکی این صفت است. برای سایر پارامترهای چسبندگی مورد مطالعه، برآورد وراثت‌پذیری خصوصی، بالا بود که مؤید ایفای نقش آثار افزایشی در کنترل ژنتیکی این صفات است. نتایج مشابهی توسط جین-سانگ و همکاران (Jin-Song *et al*., 2006) برای صفات فروریختگی و پسروی چسبندگی گزارش شده است. باو و ژیا (Bao and Xia, 1999) نیز، استفاده از روش‌های اصلاحی مبتنی بر انتخاب را برای بهبود پارامترهای چسبندگی گزارش کردند.

بررسی هتروزیس نسبی بر اساس میانگین والدین، والد دیلمانی و والد گیلانه برای پارامترهای چسبندگی (جدول ٤ و ٥) نشان داد که برای صفت حداکثر چسبندگی، هتروزیس نسبی بر اساس میانگین والدین در دامنه‌ی ٣/٧٣- درصد در تلاقی F_2 No. 14 × دیلمانی و ١/٩٣ درصد در تلاقی F_2 No. 12 × دیلمانی بروز یافت.

جدول ٤- هتروزیس نسبی بر اساس میانگین والدین، هتروزیس نسبی بر اساس والد دیلمانی و هتروزیس نسبی بر اساس والد گیلانه برای صفات حداکثر چسبندگی و فروریختگی چسبندگی

Table 4. Relative heterosis through mid-parents, relative heterosis through parent *Deylamani* and relative heterosis through parent *Gilaneh* for peak viscosity and breakdown viscosity.

تلاقی‌ها Crosses	حداکثر چسبندگی Peak viscosity			فروریختگی چسبندگی Breakdown viscosity		
	MPH	HD	HG	MPH	HD	HG
F_2 No. 1 × *Deylamani*	-0.76^{ns}	1.1^{ns}	0.6^{ns}	16.49^{ns}	12.85^{ns}	51.97**
F_2 No. 2 × *Deylamani*	-0.53^{ns}	1.34^{ns}	0.84^{ns}	2.19^{ns}	-1^{ns}	33.32*
F_2 No. 3 × *Deylamani*	0.58^{ns}	2.47^{ns}	1.96^{ns}	16.53*	12.89*	52.02**
F_2 No. 4 × *Deylamani*	1.49^{ns}	3.4^{ns}	2.89^{ns}	13.62^{ns}	10.07^{ns}	48.22**
F_2 No. 5 × *Deylamani*	-2.43^{ns}	-0.6^{ns}	-1.1^{ns}	5.92^{ns}	2.61^{ns}	38.17**
F_2 No. 6 × *Deylamani*	-1.25^{ns}	0.6^{ns}	0.11^{ns}	17.41**	13.75*	53.17**
F_2 No. 7 × *Deylamani*	1.9**	3.81**	3.3**	19.66**	15.92**	56.11**
F_2 No. 8 × *Deylamani*	-3.04**	3.46*	2.95*	6.63*	4.64^{ns}	40.91**
F_2 No. 9 × *Deylamani*	1.56^{ns}	-1.23^{ns}	-1.71*	8.02^{ns}	3.3^{ns}	39.11**
F_2 No. 10 × *Deylamani*	-1.5^{ns}	0.35^{ns}	-0.15^{ns}	13.41*	9.87*	47.96**
F_2 No. 11× *Deylamani*	1.03*	2.93**	2.42**	-4.45^{ns}	-7.43^{ns}	24.66*
F_2 No. 12 × *Deylamani*	1.93*	3.84**	3.32**	14.74**	11.15**	49.68**
F_2 No. 13 × *Deylamani*	2.12^{ns}	4.04*	3.52*	13.1*	9.57*	47.55**
F_2 No. 14 × *Deylamani*	-3.73**	-1.93**	-2.41**	5.51*	2.21^{ns}	37.65**
F_2 No. 15 × *Deylamani*	-1.28**	0.57^{ns}	0.07^{ns}	17.93**	14.25**	53.85**
F_2 No. 1 × *Gilaneh*	-0.18^{ns}	1.94^{ns}	1.44^{ns}	-6.08^{ns}	-21.1*	6.25^{ns}
F_2 No. 2 × *Gilaneh*	-0.64^{ns}	1.47^{ns}	0.97^{ns}	14.07**	-4.18*	29.04**
F_2 No. 3 × *Gilaneh*	-2.18^{ns}	-0.1^{ns}	-0.6^{ns}	17.17*	-1.57^{ns}	32.55*
F_2 No. 4 × *Gilaneh*	-1^{ns}	1.1^{ns}	0.6^{ns}	7.01^{ns}	-10.1^{ns}	21.06^{ns}
F_2 No. 5 × *Gilaneh*	-2.05^{ns}	0.03^{ns}	-0.47^{ns}	13.94**	-4.28**	28.89**
F_2 No. 6 × *Gilaneh*	-0.5^{ns}	1.62^{ns}	1.12^{ns}	21.33*	1.93*	37.26*
F_2 No. 7 × *Gilaneh*	-2.5^{ns}	-0.43^{ns}	-0.92^{ns}	6.25^{ns}	-10.75^{ns}	20.19*
F_2 No. 8 × *Gilaneh*	-1.75*	0.33^{ns}	-0.16^{ns}	16.49**	-2.14^{ns}	31.78**
F_2 No. 9 × *Gilaneh*	0.49^{ns}	2.63**	2.12*	20.62**	1.33^{ns}	36.45**
F_2 No. 10 × *Gilaneh*	-2.11**	-0.03^{ns}	-0.53^{ns}	20.11**	0.9^{ns}	35.88**
F_2 No. 11 × *Gilaneh*	0.3^{ns}	2.43*	1.92*	-4.28^{ns}	-19.59**	8.28^{ns}
F_2 No. 12 × *Gilaneh*	-1.07^{ns}	1.04^{ns}	0.53^{ns}	13.76**	-4.43*	28.7**
F_2 No. 13 × *Gilaneh*	-0.12^{ns}	2*	1.5^{ns}	14.22**	-4.05*	29.21**
F_2 No. 14 × *Gilaneh*	-0.45^{ns}	1.67*	1.16^{ns}	9.47^{ns}	-8.04^{ns}	23.83*
F_2 No. 15 × *Gilaneh*	-1.97*	0.11^{ns}	-0.38^{ns}	14.47**	-3.84*	29.5**

MPH، HD و HG: به ترتیب هتروزیس نسبی بر اساس میانگین والدین، هتروزیس نسبی بر اساس والد دیلمانی و هتروزیس نسبی بر اساس والد گیلانه

MPH, HD and HG: Relative heterosis through mid-parent, relative heterosis through parent *Deylamani* and relative heterosis through parent *Gilaneh*, respectively

^{ns}، * و ** به ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال ٥ و ١ درصد

^{ns}, * and **: Non-significant, significant at 5% and 1% probability levels, respectively

[Downloaded from pgr.lu.ac.ir on 2025-05-13]
[DOR: 20.1001.1.23831367.1398.6.2.9.1]
[DOI: 10.29252/pgr.6.2.129]

جدول ۵- هتروزیس نسبی بر اساس میانگین والدین، هتروزیس نسبی بر اساس والد دیلمانی و هتروزیس نسبی بر اساس والد گیلانه برای صفات چسبندگی نهایی و پسروی چسبندگی

Table 5. Relative heterosis through mid-parents, relative heterosis through parent *Deylamani* and relative heterosis through parent *Gilaneh* for final viscosity and setback viscosity

تلاقی‌ها Crosses	چسبندگی نهایی Final viscosity			پسروی چسبندگی Setback viscosity		
	MPH	HD	HG	MPH	HD	HG
F_2 No. 1 × *Deylamani*	-3.16**	-1.41^{ns}	-3.59**	-17.77^{ns}	-16.7^{ns}	-26.26*
F_2 No. 2 × *Deylamani*	-0.73^{ns}	1.05^{ns}	-1.18^{ns}	-1.98^{ns}	-0.7^{ns}	-12.1^{ns}
F_2 No. 3 × *Deylamani*	-2.38^{ns}	-0.63^{ns}	-2.82^{ns}	-20.47**	-19.43**	-28.68**
F_2 No. 4 × *Deylamani*	-1.44^{ns}	0.33^{ns}	-1.89*	-19.38^{ns}	-18.32^{ns}	-27.7*
F_2 No. 5 × *Deylamani*	-3.07^{ns}	-1.33^{ns}	-3.52^{ns}	-6.98^{ns}	-5.76^{ns}	-16.58^{ns}
F_2 No. 6 × *Deylamani*	-4.5**	-2.79**	-4.94**	-24.38**	-23.39**	-32.18**
F_2 No. 7 × *Deylamani*	-2.03**	-0.27^{ns}	-2.48**	-26.04**	-25.07**	-33.68**
F_2 No. 8 × *Deylamani*	-2.91**	1.32*	-0.92^{ns}	-2.09^{ns}	-11.69*	-21.83**
F_2 No. 9 × *Deylamani*	-0.46^{ns}	-1.17*	-3.35**	-12.83*	-0.81^{ns}	-12.2^{ns}
F_2 No. 10 × *Deylamani*	-3.22**	-1.48*	-3.66**	-20.46*	-19.42*	-28.67**
F_2 No. 11× *Deylamani*	-0.35*	1.44**	-0.8**	-5.92^{ns}	-4.69^{ns}	-15.64*
F_2 No. 12 × *Deylamani*	-3.02**	-1.28**	-3.46**	-20.99**	-19.95**	-29.14**
F_2 No. 13 × *Deylamani*	-1.3*	0.47^{ns}	-1.75*	-21.31^{ns}	-20.28^{ns}	-29.43*
F_2 No. 14 × *Deylamani*	-3.12^{ns}	-1.38^{ns}	-3.56^{ns}	-6.98^{ns}	-5.76^{ns}	-16.58*
F_2 No. 15 × *Deylamani*	-4.52**	-2.81**	-4.96**	-23.69**	-22.69**	-31.57**
F_2 No. 1 × *Gilaneh*	1.23^{ns}	4.19**	1.89*	9.34^{ns}	17.86*	4.32^{ns}
F_2 No. 2 × *Gilaneh*	-3.27*	-0.44^{ns}	-2.65^{ns}	-18.46**	-12.1*	-22.19**
F_2 No. 3 × *Gilaneh*	-4.17*	-1.36^{ns}	-3.54*	-15.59^{ns}	-9.02^{ns}	-19.47*
F_2 No. 4 × *Gilaneh*	-1.95**	0.92**	-1.31**	-7.39^{ns}	-0.17^{ns}	-11.64^{ns}
F_2 No. 5 × *Gilaneh*	-3.88**	-1.07**	-3.26**	-14.41*	-7.74*	-18.33*
F_2 No. 6 × *Gilaneh*	-2.45^{ns}	0.4^{ns}	-1.82^{ns}	-13.71^{ns}	-6.98^{ns}	-17.66^{ns}
F_2 No. 7 × *Gilaneh*	-3.21^{ns}	-0.38^{ns}	-2.58^{ns}	-7.28^{ns}	-0.06^{ns}	-11.53*
F_2 No. 8 × *Gilaneh*	-4.57**	-1.79**	-3.95**	-20.83**	-14.66*	-24.46**
F_2 No. 9 × *Gilaneh*	-1.36**	1.53**	-0.72**	-12.05*	-5.19^{ns}	-16.08*
F_2 No. 10 × *Gilaneh*	-4.45**	-1.66**	-3.83**	-18.59**	-12.24*	-22.32**
F_2 No. 11 × *Gilaneh*	1.26**	4.22**	1.92**	9.36^{ns}	17.88*	4.35^{ns}
F_2 No. 12 × *Gilaneh*	-3.09*	-0.26^{ns}	-2.46*	-18.72**	-12.38**	-22.44**
F_2 No. 13 × *Gilaneh*	-2.4**	0.46*	-1.77**	-16.96**	-10.48*	-20.76**
F_2 No. 14 × *Gilaneh*	-1.75**	1.12**	-1.11**	-7.33^{ns}	-0.11^{ns}	-11.58*
F_2 No. 15 × *Gilaneh*	-3.61**	-0.79^{ns}	-2.98**	-14.23**	-7.54**	-18.16**

MPH، HD و HG: به ترتیب هتروزیس نسبی بر اساس میانگین والدین، هتروزیس نسبی بر اساس والد دیلمانی و هتروزیس نسبی بر اساس والد گیلانه

MPH, HD and HG: Relative heterosis through mid-parent, relative heterosis through parent *Deylamani* and relative heterosis through parent *Gilaneh*, respectively

^{ns}، * و ** به ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

^{ns}, * and **: Non-significant, significant at 5% and 1% probability levels, respectively

هتروزیس نسبی بر اساس والد دیلمانی در دامنه‌ی ۱/۹۳- درصد در تلاقی F_2 No. 14 × دیلمانی و ٤/٠٤ درصد در تلاقی F_2 No. 13 × دیلمانی وجود داشت. هتروزیس نسبی بر اساس والد گیلانه در دامنه‌ی ۲/٤۱- درصد در تلاقی F_2 No. 14 × دیلمانی و ۳/۵۲ درصد در تلاقی F_2 No. 13 × دیلمانی دیده شد. برای صفت فروریختگی، هتروزیس نسبی بر اساس میانگین والدین در دامنه‌ی ۵/۵۱ درصد در تلاقیF_2 No. 14 × دیلمانی و ۲۱/۳۳ درصد در تلاقی F_2 No. 6 × گیلانه بروز یافت. هتروزیس نسبی بر اساس والد دیلمانی در دامنه‌ی ۲۱/۱- درصد در تلاقی F_2 No. 1 × گیلانه و ۱۵/۹۲ درصد در تلاقی F_2 No. 7 × دیلمانی وجود داشت. هتروزیس نسبی بر اساس والد گیلانه در دامنه‌ی ۲۰/۱۹ درصد در تلاقی F_2 No. 7 × گیلانه و ۵٦/۱۱ درصد در تلاقی F_2 No. 7 × دیلمانی دیده شد. برای صفت چسبندگی نهایی، هتروزیس نسبی بر اساس میانگین والدین در دامنه‌ی ٤/۵۷- درصد در

[Downloaded from pgr.lu.ac.ir on 2025-05-13]
[DOR: 20.1001.1.23831367.1398.6.2.9.1]
[DOI: 10.29252/pgr.6.2.129]

تلاقی F_2 No. 8 × گیلانه و ١/٢٦ درصد در تلاقی F_2 No. 11 × گیلانه بروز یافت. هتروزیس نسبی بر اساس والد دیلمانی در دامنه‌ی ٢/٨١- درصد در تلاقی F_2 No. 15 × دیلمانی و ٤/٢٢ درصد در تلاقی F_2 No. 11 × گیلانه وجود داشت. هتروزیس نسبی بر اساس والد گیلانه در دامنه‌ی ٤/٩٦- درصد در تلاقی F_2 No. 15 × دیلمانی و ١/٩٢ درصد در تلاقی F_2 No. 11 × گیلانه دیده شد. برای صفت پسروی چسبندگی، هتروزیس نسبی بر اساس میانگین والدین در دامنه‌ی ٢٦/٠٤- درصد در تلاقی F_2 No. 7 × دیلمانی و ٩/٣٦ درصد در تلاقی F_2 No. 11 × گیلانه بروز یافت. هتروزیس نسبی بر اساس والد دیلمانی در دامنه‌ی ٢٥/٠٧- درصد در تلاقی F_2 No. 7 × دیلمانی و ١٧/٨٨ درصد در تلاقی F_2 No. 11 × گیلانه وجود داشت. هتروزیس نسبی بر اساس والد گیلانه در دامنه‌ی ٣٣/٦٨- درصد در تلاقی F_2 No. 7 × دیلمانی و ١١/٥٣- درصد در تلاقی F_2 No. 7 × گیلانه دیده شد. وو و همکاران (Wu *et al*., 2002) وجود اختلاف در میانگین‌ها و هتروزیس را بین هیبریدها و والدین آن‌ها برای پارامترهای چسبندگی گزارش کردند. نتایج مشابهی توسط لیو (Liu, 2013) گزارش شده است.

نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که تمامی صفات مورد بررسی تحت تأثیر آثار افزایشی و غیرافزایشی قرار دارند. با توجه به اهمیت بیشتر اثرات غیرافزایشی در کنترل ژنتیکی صفت حداکثر چسبندگی، روش‌های اصلاحی مبتنی بر انتخاب جهت بهبود این صفت مفید نخواهد بود و استفاده از روش‌های مبتنی بر تلاقی و انتخاب در نسل‌های پیشرفته امیدبخش می‌باشد. از طرف دیگر با توجه به اهمیت اثرات افزایشی در کنترل ژنتیکی صفات فروریختگی، چسبندگی نهایی و پسروی چسبندگی، می‌توان از روش‌های اصلاحی مبتنی بر انتخاب جهت بهبود این صفات استفاده نمود. بررسی هتروزیس ایجاد شده در نتاج و همچنین وجود پدیده فوق غالبیت در تمامی صفات مورد بررسی نشان‌دهنده توانایی بالقوه والدین در ایجاد هتروزیس و اهمیت پدیده فوق غالبیت در بروز برتری نتاج است.

References

AACC. (1995). *Determination of the Pasting Properties of Rice with the Rapid Visco Analyser. AACC Method 61-02. First Approval. 10-26-94. Approved Method of Analysis, 9th Edition*. Amer. American Association of Cereal Chemists, Saint Paul, Minnesota, USA.

Acquaah, G. (2012). *Principles of Plant Genetics and Breeding, 2nd Edition.* Wiley-Blackwell, Oxford, UK.

Allahgholipour, M. and Rabiei, B. (2017). Identification of heterotic combinations for paste viscosity properties of rice grain using GGE biplot method. *Cereal Research*, **6(3):** 367-383 (In Persian).

Allahgholipour, M., Farshadfar, E. and Rabiei, B. (2014). Molecular characterization and genetic diversity analysis of different rice cultivars by microsatellite markers. *Genetika*, **46:** 187-198.

Allahgholipour, M., Rabeie, B. and Yekta, M. (2012). Assessment of general and specific combining abilities of the starch paste viscosity properties in parental lines of hybrid rice. *Iranian Journal of Crop Sciences*, **13(1):** 178-193 (In Persian).

Allahgholipour, M., Rabeie, B., Ebadi, A., Hoseini, M. and Yekta, M. (2010). Starch viscosity properties: New criteria for assessment of cooking quality of rice (*Oryza sativa* L.) cultivars. *Iranian Journal of Crop Sciences*, **12(2):** 140-151 (In Persian).

Bao, J.S. and Xia, Y.W. (1999). Genetic control of paste viscosity characteristics in Indica rice (*Oryza sativa* L.). *Theoretical and Applied Genetics*, **98(6-7):** 1120-1124.

Bao, J., Kong, X., Xie, J. and Xu, L. (2004). Analysis of genotypic and environmental effects on rice starch. 1. Apparent amylose content, pasting viscosity, and gel texture. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **52(19):** 6010-6016.

[Downloaded from pgr.lu.ac.ir on 2025-05-13]
[DOR: 20.1001.1.23831367.1398.6.2.9.1]
[DOI: 10.29252/pgr.6.2.129]

Behzadi, Z., Abdoshahi, R. and Mohayeji, M. (2017). Study of genetic parameters in breeding population of Roushan × Mahdavi with North Carolina Design III. *Iranian Journal of Field Crop Science*, **48(1):** 243-251 (In Persian).

Chen, Z.J. (2013). Genomic and epigenetic insights into the molecular bases of heterosis. *Nature Reviews Genetics*, **14(7):** 471-482.

Gholizadeh, A., Dehghani, H. and Khodadadi, M. (2018). Estimation of genetic parameters, general and specific combining ability in iranian endemic coriander populations. *Plant Genetic Researches*, **5(1):** 19-38 (In Persian).

Gravois, K.A. and Webb, B.D. (1997). Inheritance of long grain rice amylograph viscosity characteristics. *Euphytica*, **97(1):** 25-29.

Hallauer, A.R., Carena, M.J. and Filho, J.B.M. (2010). *Quantitative Genetics in Maize Breeding, 6th Edition.* Springer, Iowa, USA.

Huang, R., Jiang, L., Zheng, J., Wang, T., Wang, H., Huang, Y. and Hong, Z. (2013). Genetic bases of rice grain shape: so many genes, so little known. *Trends in Plant Science*, **18(4):** 218-226.

IBM Corp. (2011). *IBM SPSS Statistics for Windows, Version 20.0*. Wadsworth Publishing Company, California, USA.

Jin, Z., Jiang, W., Chin, J. and Koh, H. (2004). Analysis on the combining ability of taste meter value and starch RVA properties in *Indica* rice. *Zuo wu xue bao*, **30(12):** 1210-1214.

Jin-Song, B.A.O., Sheng-Quan, S.H.E.N. and Ying-Wu, X.I.A. (2006). Analysis of genotype× environment interaction effects for starch pasting viscosity characteristics in *Indica* rice. *Acta Genetica Sinica*, **33(11):** 1007-1013.

Juliano, B.O. (1985). *Rice Chemistry and Technology, 2nd Edition.* American Association of Cereal Chemists, Incorporated Saint Paul, Minnesota, USA.

Kuo, Y.C., Webb, B.D. and Stansel, J.W. (1997). Genetic studies on amylose content and amylographic breakdown viscosity of milled rice by means of generation mean analysis. *Journal of Agricultural Research in China*, **46(2):** 99-115.

Liu, G.M. (2013). Heterotic analysis of starch viscosity properties in Indica hybrid rice. *Journal of Plant Genetic Resources*, **14(3):** 434-439.

Nasiri, E., Sabouri, A., Forghani, A. and Esfahani, M. (2019). Grouping of rice genotypes based on grain iron, zinc, manganese and protein and performance measurement of linked microsatellite markers. *Plant Genetic Researches*, **5(2):** 73-84 (In Persian).

Rahimsouroush, H., Rabeie, B., Nahvi, M. and Ghodsi, M. (2007). Study of some morphological, qualitative traits and yield stability of rice genotypes (*Oryza sativa* L.). *Pajouhesh and Sazandegi*, **75**: 25-32 (In Persian).

Ramezanpour, A., pirdashti, H., Pirdashti, H. and Bahari Saravi, S. (2015). Investigation of the quality traits and their relationship with grain yield in promising lines of rice (*Oryza sativa* L.). *Applied Field Crops Research*, **28(107):** 8-16 (In Persian).

Sarker, U., Biswas, P.S., Prasad, B. and Khaleque Mian, M.A. (2002). Heterosis and genetic analysis in rice hybrid. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, **5**: 1-5.

Shu, Q.Y. (1996). Study on the cooking and eating quality of rice. Ph.D. Thesis, Zhejiang Agricultural University, Zhejiang, China.

Tarinejad, A., Azizi, P., Rashidi, V. and Ghaffari, M. (2015). Heritability and genetic variance components in sunflower single cross hybrids. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*, **22(4.1):** 1-13 (In Persian).

Torres, E.A. and Geraldi, I.O. (2007). Partial diallel analysis of agronomic characters in rice (*Oryza sativa* L.). *Genetics and Molecular Biology*, **30:** 305-613.

Wu, D.X., Shu, Q.Y. and Xia, Y.W. (2001). Rapid identification of starch viscosity property of early Indica rice varieties with different apparent amylase content by RVA profile. *Chinese Journal of Rice Science*, **15(1):** 57-59.

[Downloaded from pgr.lu.ac.ir on 2025-05-13]
[DOR: 20.1001.1.23831367.1398.6.2.9.1]
[DOI: 10.29252/pgr.6.2.129]

Wu, D., Shen, S., Xia, Y. and Shu, Q. (2002). Development and characterization of a low starch viscosity rice mutant. *Cereal Research Communications*, **30:** 301-305.

You, S., Cao, Y., Jiang, K., Zheng, J., Wu, X., Zhang, T., Yang, L., Yang, Q., Wan, X., Luo, J. and Li, Z. (2012). Analysis of heterosis, combining ability and heritability of cadmium content in brown rice of three-line Indica hybrid rice. *Agricultural Science and Technology*, **13(11):** 2358-2362.

[Downloaded from pgr.lu.ac.ir on 2025-05-13]

[DOR: 20.1001.1.23831367.1398.6.2.9.1]

[DOI: 10.29252/pgr.6.2.129]

Genetic Analysis and Heterosis for Viscosity Parameters in Rice (*Oryza sativa* L.) through North Carolina III Mating Design

Alireza Haghighi Hasanalideh[1], Ezatollah Farshadfar[2] and Mehrzad Allahgholipour[3,*]

1- Former Ph.D. Student, Department of Production Engineering and Plant Genetics, Faculty of Agricultural Sciences and Engineering, Campus of Agriculture and Natural Resources, Razi University, Kermanshah, Iran
2- Professor, Department of Production Engineering and Plant Genetics, Faculty of Agricultural Sciences and Engineering, Campus of Agriculture and Natural Resources, Razi University, Kermanshah, Iran
3- Assistant Professor, Rice Research Institute of Iran, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Rasht, Iran

(Received: August 12, 2019 – Accepted: December 6, 2019)

Abstract

This study was conducted to evaluate the gene effects, heritability, heterosis and identification of appropriate breeding methods for improving rice viscosity parameters, during 2014-2016 at Rice Research Institute of Iran. The progeny obtained from the North Carolina III mating design with their parents were planted in a randomized complete block design with three replications. Analysis of variance for viscosity parameters revealed that the effect of females, male effect and interaction between males and females effect were significant for all parameters with the exception for peak viscosity. Evaluating of genetic parameters indicated that viscosity characters are affected by additive and non-additive effects of gene action. The share of non-additive effects in genetic control of peak viscosity had beyond additive gene action, while, the contribution of additive effects was greater for the breakdown viscosity, final viscosity and setback viscosity. High estimates of broad sense heritability revealed that the expression of viscosity parameters is more influenced by genetic effects. With regard to non-additive gene actions and low narrow sense heritability estimation in peak viscosity, using hybrid based programs would be promising to improve this trait. For other viscosity parameters, narrow sense heritability estimates were high. Therefore, the use of selection based programs to improve these traits is encouraging. Assessing of relative heterosis through mid-parents showed that heterosis ranged from -3.73 to 1.93%, 5.51 to 21.33%, -4.57 to 1.26% and -26.04 to 9.36%, for the peak viscosity, breakdown viscosity, final viscosity and setback viscosity, respectively.

Keywords: Rice, Viscosity parameters, North Carolina mating design, Heterosis

[*] **Corresponding Author, E-mail: m.allahgholipour@areeo.ac.ir**

[Downloaded from pgr.lu.ac.ir on 2025-05-13]

[DOR: 20.1001.1.23831367.1398.6.2.9.1]
[DOI: 10.29252/pgr.6.2.129]