



## ارزیابی تنوع ژنتیکی خصوصیات کمی و کیفی ژنوتیپ‌های گندم در رابطه با زیر واحدهای گلوتنین با وزن ملکولی بالا

معروف خلیلی<sup>۱</sup>، مریم رستمی تهرانی<sup>۲</sup> و محمد علی ابراهیمی<sup>۳</sup>

۱- دانشیار بخش کشاورزی، دانشگاه پیام نور، (نویسنده مسوول: makhalily@yahoo.com)

۲- دانش آموخته بیوتکنولوژی کشاورزی، دانشگاه پیام نور

۳- دانشیار بخش کشاورزی، دانشگاه پیام نور

تاریخ دریافت: ۹۶/۱۱/۳ تاریخ پذیرش: ۹۷/۱۰/۱۵

صفحه: ۱۲۶ تا ۱۳۲

### چکیده

به منظور ارزیابی تنوع ژنتیکی و خصوصیات کمی و کیفی ژنوتیپ‌های گندم در رابطه با زیر واحدهای گلوتنین با وزن ملکولی بالا، تعداد ۳۰ رقم و لاین امید بخش گندم از نظر تنوع آلی در مکان‌های ژنی کنترل‌کننده پروتئین گلوتنین به روش SDS-PAGE مورد ارزیابی قرار گرفت. الگوی بانندی پروتئین‌های گلوتنین استخراج شده از بذر ارقام و لاین‌ها حاکی از حضور سه زیر واحد در جایگاه ژنی Glu-A1، چهار زیر واحد در جایگاه Glu-B1 و دو زیر واحد در جایگاه Glu-D1 بود. در مکان ژنی Glu-A1 آللهای نول، ۱ در مکان ژنی Glu-B1، زیر واحدهای ۷+۸ و ۱۷+۱۸ و در مکان ژنی Glu-D1 زیر واحدهای ۵+۱۰ دارای بالاترین فراوانی بودند. در تحقیق حاضر ژنوتیپ‌های زرین، پیشگام، آذر، رسول، توس، ۲۶ و ۲۹ با امتیاز ژنومی ۱۰ به عنوان بهترین ژنوتیپ‌ها از لحاظ کیفیت نانوبی شناسایی شدند. بر اساس نتایج تجزیه رگرسیون داده‌ها آلل ۲ جایگاه ژنی Glu-A1، ۴۳ درصد از تغییرات درصد رطوبت دانه، آللهای ۲ جایگاه ژنی Glu-A1 و آلل ۵+۱۰ جایگاه ژنی Glu-D1 در مجموع ۵۲ درصد از تغییرات میزان پروتئین دانه، آلل ۵+۱۰ جایگاه ژنی Glu-D1، ۴۳ درصد از تغییرات عدد زنی، آلل ۷+۸ جایگاه ژنی Glu-B1، ۴۰ درصد از تغییرات میزان سختی دانه و آلل ۱۶+۱۳ مکان ژنی Glu-B1 ۳۸ درصد از تغییرات میزان نشاسته دانه را توجیه نمودند.

واژه‌های کلیدی: الکتروفوروز، زیر واحدهای گلوتنین (HMW)، SDS-PAGE، گندم

### مقدمه

گلوتنین با وزن ملکولی بالا و کیفیت نانوبی در گندم اظهار داشتند بیشترین فراوانی در مکان Glu-A1 مربوط به زیر واحد ۳\* (۴۱/۲۵٪) و در مکان Glu-B1 مربوط به زیر واحد ۷+۸ (۴۵٪) و در مکان Glu-D1 مربوط به زیر واحد ۵+۱۰ (۴۸/۷۵٪) بودند. همچنین بر اساس نتایج رگرسیون گام به گام مشاهده کردند که زیر واحدهای ۵+۱۰، ۱۷+۱۸ و ۷+۸ به ترتیب وارد مدل شده و ۳۱/۴ درصد از تغییرات ارتفاع رسوب را توجیه نمودند. حق پرست و همکاران (۳) در ارزیابی شاخص‌های مرتبط با کیفیت دانه در ژنوتیپ‌های پیشرفته گندم نان در شرایط دیم ۲۵ ژنوتیپ پیشرفته گندم نان را با رقم سرداری مقایسه کردند آن‌ها دریافتند ژنوتیپ‌های شماره ۱۱ (OK82282//BOW/NKT/3/F4105W2.1)، ۱۷ (hods\*3/Kavvko//Ghods\*3/kaz/kavko) با امتیاز ژنومی ۱۰ (حداکثر امتیاز) برترین ژنوتیپ‌ها بوده و ژنوتیپ شماره ۱۸ (ALMATY POLUKOVILIK) نیز با امتیاز ژنومی ۹ در رتبه بعدی قرار گرفت. قریشی و همکاران (۱۲) در بررسی ارتباط بین ترکیب آلی زیر واحدهای گلوتنین با وزن ملکولی بالا با صفات کیفی دانه در برخی از ارقام گندم نان در مجموع ۱۴ آلل و ۹ ترکیب آلی در گندم‌های نان مورد مطالعه تشخیص دادند آن‌ها همچنین گزارش کردند در مکان ژنی Glu-A1 فراوانی زیر واحد ۳\*، زیر واحد نول و زیر واحد ۱ به ترتیب ۵۲، ۳۶ و ۱۲ درصد بود در مکان ژنی Glu-B1 ترکیب‌های آلی ۸+۷ و ۱۳+۱۶ به ترتیب ۴۰ و ۸ درصد بیشترین و کمترین فراوانی را داشتند در مکان ژنی Glu-D1 نیز ۴۰ درصد ارقام دارای ترکیب آلی ۵+۱۰ و ۶۰ درصد بقیه دارای ترکیب آلی ۲+۱۲ بودند. یاسمین و همکاران (۲۰) در مطالعه تنوع ژنتیکی برای وزن گلوتنین با زیر واحد مولکولی بالا (HMW-GS) در توده بومی و ارقام تجاری گندم نان

پروتئین‌های ذخیره‌ای دانه گندم به دلیل داشتن پلی مورفیسم و پایداری الگوی الکتروفوریتیک در مطالعاتی به منظور تعیین روابط خویشاوندی، تشخیص واریته‌ها و نیز ارزیابی کیفیت مورد بهره‌برداری قرار گرفته‌اند. در این میان پروتئین‌های ذخیره‌ای بذر از جمله گلوتنین‌ها به دلیل داشتن تنوع زیاد، آسان بودن استخراج و تجزیه الکتروفورزی به اجزاء تشکیل دهنده خود به عنوان یکی از بهترین نشانگرهای پروتئینی در شناسایی ارقام و تعیین کیفیت گندم نان به کار می‌روند. تشکیل پروتئین‌های گلوتنین با الکتروفوروز به روش SDS-PAGE با مطالعه چند شکلی‌های موجود در پروتئین‌های کلیدین می‌تواند برای پیش‌بینی کیفیت نانوبی ژنوتیپ‌های مختلف گندم بکار رود (۱۴). زیر واحدهای پروتئینی با وزن مولکولی بالا، توسط مکان ژنی Glu1 واقع بر روی بازوی بلند کروموزوم‌های گروه ۱، کد می‌شوند که هر مکان شامل دو ژن کدکننده برای تیپ زیر واحدی نوع X و تیپ زیر واحدی نوع Y می‌باشد (۱۷). به دلیل اینکه این دو زیر واحد (X و Y) ممکن است که در مکان ژنی Glu1 تظاهر نیابند (برای مثال، در مکان Glu-A1 ممکن است تیپ Y و یا هر دو تیپ X و Y بیان نشوند)، لذا تنها سه ژن از پنج ژن HMW-GS در گندم‌های هگزاپلوئید با کمک روش SDS-PAGE قابل شناسایی و بررسی است (۱۷،۵) تنوع آلی HMW-GS تأثیر مهمی بر روی کیفیت آرد دارد، برای مثال زیر واحدهای 1Ax، 2\*، 1Dy5 و 1Dy10 رابطه نزدیکی با کیفیت خمیر به خصوص استحکام آن دارند (۱،۷). ممدوح و همکاران (۶) اظهار کردند که پروتئین‌های ذخیره‌ای دانه به عنوان یک نشانگر مؤثر برای تعیین ژنوتیپ‌های با کیفیت بالا اثر مستقیم دارد. فاتحی و همکاران (۲) در مطالعه رابطه زیر واحدهای

پاکستان اظهار داشتند زیر واحدهای \*۳، ۱۰+۵ و ۱۸+۱۷ بیشترین اثر مثبت را در کیفیت نانوائی ارقام مورد بررسی نشان دادند. با توجه به موارد ذکر شده مطالعه حاضر به منظور ارزیابی تنوع ژنتیکی و خصوصیات کمی و کیفی ژنوتیپ‌های گندم در رابطه با زیر واحدهای گلوتین با وزن ملکولی بالا انجام گرفت.

### مواد و روش‌ها

در این مطالعه تعداد ۳۰ رقم و لاین امید بخش گندم از نظر تنوع آلی در مکان‌های ژنی کنترل‌کننده پروتئین گلوتین به روش SDS-PAGE مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفتند. صفات کمی شامل وزن هکتولتر و وزن هزاردانه پس از آسیاب کردن نمونه‌ها، صفات کیفی شامل میزان پروتئین، حجم رسوب زنی، سختی دانه، درصد رطوبت بذر، SDS رسوب با شاخص گلوتن و مقدار نشاسته بر اساس استانداردهای انجمن بین‌المللی علوم و تکنولوژی غلات (ICC) انجام گرفت. برای تعیین صفات میزان پروتئین آرد، حجم رسوب زنی، سختی دانه و میزان جذب آب از دستگاه NIR PERTEN 8600 استفاده شد.

برای استخراج پروتئین‌های گلوتین از بذر پس از جداسازی آندوسپرم، ابتدا با شستشوی چند مرحله در الکل پروتئین‌های گلیادین حذف و در نهایت با استفاده از بافر استخراج پروتئین‌های گلوتین جداسازی شد. برای این منظور آندوسپرم بذر هر کدام از ارقام به‌طور جداگانه در هاون چینی پودر گردید. مقدار ۵۰ میلی‌گرم از پودر به‌دست‌آمده به داخل تیوب ۱/۵ میلی‌لیتری انتقال داده شد و مراحل استخراج گلوتین بر اساس روش Van Den Broeck و همکاران (۱۹) انجام گرفت. برای آنالیز این نمونه‌ها مقدار ۲۲ میکرولیتر از پروتئین استخراج شده با ۸ میکرولیتر از بافر رنگی ساخته شده مخلوط و به مدت ۱۰ دقیقه در دمای ۹۵ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد و سپس وارد چاهک‌های ژل ساخته شده گردید و الکتروفورز اجرا گردید. برای اجرای الکتروفورز عمودی پروتئین‌های گلوتین از سیستم الکتروفورزی استاندارد پایا پژوهش و استفاده از اسپیسر ۱ میلی‌متری و شانه ۱۸ تایی استفاده شد. برای ساخت ژل مورد نیاز ابتدا تمامی محلول‌ها ساخته و قطعات شیشه‌ای و پلاستیکی دستگاه با آب مقطر و الکل شسته و با رعایت نکات ایمنی برای ساختن ژل همگن و مناسب استفاده شدند. در این مطالعه از ژل بالای ۵ درصد و ژل پایین ۱۰ درصد استفاده شد. پس از اتمام الکتروفورز، شیشه‌ها با احتیاط باز شده و ژل برداشته شد و به داخل ظرف حاوی ۲۰۰ میلی‌لیتر محلول رنگ‌آمیزی انتقال داده شد و به مدت ۲ ساعت بر روی شیکر قرار داده شد. پس از رنگ‌آمیزی، محلول کوماسی بلو تخلیه و پس از دو بار شستشو با آب مقطر مقدار ۲۰۰ میلی‌لیتر محلول رنگ بری به آن اضافه شد و به مدت ۲ ساعت بر روی شیکر قرار داده شد تا باند‌های مورد نظر با وضوح مناسب مشخص شوند. در نهایت ژل رنگ‌آمیزی شده با دقت ۶۰۰ dpi اسکن شده و ژل داخل پوشه پلاستیکی مخصوص تثبیت شد. تصاویر به دست آمده برای آنالیزهای آماری مورد استفاده قرار گرفت. جهت

آنالیز آماری نتایج مرتبط با الگوی بانندی پروتئین گلوتین ارقام گندم مورد مطالعه وارد نرم‌افزار Excell و فراوانی هر کدام از زیر واحدهای شناسایی شد. برای بررسی ارتباط بین خصوصیات کیفی بذر (صفات رطوبت، درصد پروتئین، عدد زنی، درصد نشاسته و سختی دانه) و داده‌های ملکولی از آزمون همبستگی پیرسون با استفاده از نرم‌افزار SPSS انجام شد. همچنین تمام صفات تجزیه رگرسیون به روش Stepwise به کمک نرم‌افزار SPSS انجام شد. به طوری که صفات کیفی به‌عنوان متغیر تابع و داده‌های مولکولی (۱ و ۰) به‌عنوان متغیر ثابت وارد مدل رگرسیونی شدند.

### نتایج و بحث

#### شناسایی زیر واحدهای HMW گلوتین

در این مطالعه الگوی بانندی پروتئین‌های گلوتین استخراج شده از بذر ارقام و لاین‌های امید بخش گندم مورد مطالعه با استفاده از SDS-PAGE حاکی از حضور سه زیر واحد در جایگاه ژنی Glu-A1، چهار زیر واحد در جایگاه Glu-B1 و دو زیر واحد در جایگاه Glu-D1 بود (جدول ۱). نیکوسرشت و همکاران (۱۰) در مطالعه ارزیابی کیفیت نانوائی ارقام و لاین‌های گندم نان با استفاده از آزمایش ارتفاع رسوب SDS و زیر واحدهای سنگین گلوتین تعداد ۵۷ لاین پیشرفته گندم آبی مناطق معتدل کشور را مورد بررسی قرار دادند. آن‌ها در مکان ژنی Glu-A1 سه زیر واحد در مکان ژنی Glu-B1 پنج زیر واحد و در مکان ژنی Glu-D1 دو زیر واحد شناسایی کردند. در مکان ژنی Glu-A1 آل‌های نول، ۱ و \*۲ به ترتیب دارای فراوانی‌های ۲۰، ۴۶/۶۶ و ۳۳/۳۳ درصد بود. پایین بودن فراوانی آل نول که از ارزش کیفی کمتری برخوردار است در بین ارقام و لاین‌های امیدبخش قابل انتظار می‌باشد؛ بنابراین جهت بهبود خواص نانوائی باید ژنوتیپ‌هایی گزینش شوند و یا به‌عنوان والد جهت تلاقی‌های بعدی در نظر گرفته شوند که در مکان ژنی Glu-A1، یکی از دو آل ۱ و \*۲ را داشته باشند. در مکان ژنی Glu-B1 زیر واحدهای ۸+۷ و ۱۸+۱۷ دارای بیشترین فراوانی (۳۳/۳۳ درصد) بود. زیر واحد ۹+۷ با فراوانی، ۲۳/۳۳ در رتبه بعدی قرار گرفت در بین زیر واحدهای مکان ژنی Glu-B1 زیر واحدهای ۱۶+۱۳ از کمترین فراوانی (۱۰ درصد) برخوردار بود. در مکان ژنی Glu-D1 زیر واحدهای ۱۰+۵ دارای فراوانی بیشتری (۵۳/۳۳ درصد) بوده و زیر واحد ۱۲+۲ هم دارای فراوانی ۴۶/۶۶ درصد می‌باشند. در تحقیق مشابه صیفی و همکاران (۱۶) در بررسی چندشکلی ارقام گندم نان ایرانی از لحاظ واحدهای سنگین گلوتین بیشترین فراوانی در مکان ژنی Glu-A1 مربوط به زیر واحد نول (۸۱/۸۱ درصد) در مکان ژنی Glu-B1 مربوط به زیر واحد ۸+۷ (۴۸/۴) و در مکان Glu-D1 مربوط به زیر واحد ۱۲+۲ (۶/۶۶ درصد) بود.

فاتحی و همکاران (۲) اظهار داشتند بیشترین فراوانی در مکان Glu-A1 مربوط به زیر واحد \*۲ (۴۱/۲۵٪) و در مکان Glu-B1 مربوط به زیر واحد ۸+۷ (۴۵٪) و در مکان Glu-D1 مربوط به زیر واحد ۱۰+۵ (۴۸/۷۵٪) بودند. بر اساس نتایج جدول ۲ مشاهده شد در بین ۳۰ ژنوتیپ مورد

### همبستگی بین صفات و داده‌های ملکولی

در بررسی حاضر ضریب همبستگی بین رطوبت دانه و آلل<sup>\*</sup> ۳ زیر واحد Glu-A1 مثبت و معنی‌دار بود. همبستگی بین درصد پروتئین دانه و آلل<sup>\*</sup> ۵+۱۰ زیر واحد Glu-D1 و آلل<sup>\*</sup> ۳ زیر واحد Glu-A1 مثبت و معنی‌دار و با آلل<sup>\*</sup> ۲+۱۲ همین زیر واحد منفی و معنی‌دار بود (جدول ۴). در حالی که همبستگی عدد زنی با زیر واحد ۵+۱۰ و معنی‌دار بود. ضریب سختی دانه با آلل<sup>\*</sup> ۷+۸ زیر واحد Glu-B1 همبستگی مثبت و معنی‌داری داشت. ضریب همبستگی نشاسته نیز با زیر واحد ۱۳+۱۶ مثبت و معنی‌دار بود.

### تجزیه رگرسیون داده‌های کیفی و مولکولی

در مطالعه حاضر برای تمام صفات تجزیه رگرسیون به روش Stepwise انجام شد. در مدل مورد نظر صفات بررسی شده به‌عنوان متغیر تابع و داده‌های مولکولی (۱ و ۰) به‌عنوان متغیر ثابت وارد مدل رگرسیونی شدند. با توجه به صفات وارد شده به مدل، باندهایی که مقدار R<sup>2</sup> بالایی داشتند مورد بحث و بررسی قرار گرفتند. درصد رطوبت دانه: نتایج تجزیه رگرسیون داده‌ها نشان داد بین آلل<sup>\*</sup> ۳ جایگاه ژنی Glu-A1 و درصد رطوبت دانه ارتباط معنی‌دار از لحاظ آماری در سطح ۵٪ مشاهده شد آلل مذکور ۴۳ درصد از تغییرات درصد رطوبت دانه را در مطالعه حاضر تبیین نمودند. چنانچه درصد رطوبت دانه متغیر وابسته (y) و آلل<sup>\*</sup> ۳ متغیر ثابت (x) باشد معادله خط رگرسیون به‌صورت زیر برآزش می‌شود (جدول ۵).

$$y = 0.10 + 0.17x$$

### درصد پروتئین دانه

بر اساس نتایج جدول تجزیه رگرسیون گام به گام آلل‌های<sup>\*</sup> ۳ جایگاه ژنی Glu-A1 و آلل<sup>\*</sup> ۵+۱۰ جایگاه ژنی Glu-D1 اثر معنی‌داری بر تغییرات میزان پروتئین دانه نشان دادند. به‌طوری که آلل‌های ذکر شده توانستند در مجموع ۵۲ درصد از تغییرات میزان پروتئین دانه را توجیه نمایند (جدول ۶). چنانچه درصد پروتئین دانه متغیر وابسته (y) و اثر آلل‌های<sup>\*</sup> ۲ و ۵+۱۰ متغیرهای مستقل در نظر گرفته شوند معادله خط رگرسیون به صورت زیر قابل برآزش بود.

$$y = 11.65 + 1.05x_1 + 1.3x_2$$

بنابراین می‌توان اظهار داشت که جایگاه و مکان ژنی کنترل‌کننده صفت پروتئین دانه ارتباط بسیار نزدیکی با مکان‌های دو ژن Glu-A1 و Glu-D1 دارد. رضایی (۱۵) رابطه بین کیفیت آرد و زیر واحدهای گلوتئین با وزن مولکولی بالا را با استفاده از لاین‌های هموزیگوت تصادفی حاصل از تلاقی بین ۵ واریته با ارزش نانوائی کم و زیاد و دارای آلل‌های مختلف در ۳ لوکوس کنترل‌کننده پروتئین ذخیره‌ای گندم توسط روش SDS-PAGE مورد مطالعه قرار داد.

### عدد زنی

بر اساس نتایج تجزیه رگرسیون گام به گام داده‌ها بین آلل<sup>\*</sup> ۵+۱۰ جایگاه ژنی Glu-D1 و میزان تغییرات عدد زنی رابطه مثبت و معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد وجود داشت به‌طوری‌که مکان ژنی مذکور ۴۳ درصد از تغییرات عدد زنی را

بررسی ۹۰ زیر واحد سنگین گلوتئین مشاهده شد که بیشترین تعداد با درصد فراوانی ۱۷/۷۸ درصد به زیر واحد ۵+۱۰ مکان ژنی Glu-D1 اختصاص داشت بعد از زیر واحد مذکور دو زیر واحد ۱ از مکان ژنی Glu-A1 و ۲+۱۲ از مکان ژنی Glu-D1 در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند. کمترین درصد فراوانی در بین زیر واحدهای مورد بررسی (۳/۳۳ درصد) به زیر واحد ۱۳+۱۶ مکان ژنی Glu-B1 اختصاص داشت. با توجه به اینکه فراوانی بیشتر ترکیب ۲+۱۲ نسبت به ۵+۱۰ با کیفیت ضعیف‌تر همبستگی دارد بنابراین گزینش ارقام و لاین‌هایی که دارای زیر واحد ۵+۱۰ هستند جهت بهبود خواص کمی و کیفی در نسل‌های آینده توصیه می‌شود. در بررسی ارتباط بین زیر واحدهای سنگین گلوتئین و استحکام گلوتن مشاهده شد که جایگاه ژنی Glu-D1 مهم‌ترین مکان ژنی است که در آن زیر واحد ۵+۱۰ دارای ارزش بالایی در این ارتباط است در خصوص نقش مکان ژنی Glu-D1 به‌خصوص برتری ترکیب آللی ۵+۱۰ نسبت به ۱۲+۲ گزارش‌های زیادی وجود دارد (۸). رجبی هشتجین و همکاران (۱۳) در ارزیابی صفات مرتبط با کیفیت پخت در ژنوتیپ‌های گندم دوروم و نان گزارش کردند در زیر واحدهای سنگین گلوتئین، مکان ژنی 1 Glu-A در ارقام فلات و ایگل به ترتیب آلل یک<sup>\*</sup> ۳، آلل<sup>\*</sup> ۲ در سه ژنوتیپ Wc-45505، Wc-3122، Kc-525 و برای مکان ژنی Glu-B1 در رقم فلات آلل ۹+۷ و در رقم ایگول و Verinac آلل ۱۷+۱۸ وجود داشت و همچنین در ژنوتیپ‌های (TN-12595، TN-12567) آلل‌های ۸+۷ را مشاهده نمودند.

پس از شناسایی زیر واحدهای پروتئینی HMW گلوتئین ارقام گندم مورد بررسی، امتیاز نانوائی آن‌ها بر اساس امتیاز تعلق گرفته به هرکدام از این زیر واحدهای پروتئینی و بر اساس روش پنی و همکاران (۱۱) برآورد گردید و نتایج آن در جدول ۳ نشان داده شده است. در ارزیابی ۳۰ ژنوتیپ مورد بررسی گندم از لحاظ ارزش نانوائی مشاهده شد ژنوتیپ‌های زرین، پیشگام، آذر، رسول، توس، ۲۶ و ۲۹ با امتیاز ژنومی ۱۰ به‌عنوان بهترین ژنوتیپ‌ها از لحاظ کیفیت نانوائی شناسایی شدند. در این بین ژنوتیپ طبسی با امتیاز ژنومی ۵ و ژنوتیپ‌های امید و شعله هر دو با امتیاز ژنومی ۷ به‌عنوان ضعیف‌ترین ژنوتیپ از لحاظ ارزش نانوائی شناسایی شد. با توجه به نتایج مطالعه حاضر می‌توان اظهار داشت که دو لاین امیدبخش شماره ۲۶ و ۲۹ کیفیت لازم برای گزینش برای برنامه‌های آینده را دارا می‌باشند. حق پرست و همکاران (۳) در ارزیابی شاخص‌های مرتبط با کیفیت دانه در ژنوتیپ‌های پیشرفته گندم نان در شرایط دیم ۲۵ ژنوتیپ پیشرفته گندم نان را با رقم سرداری مقایسه کردند آن‌ها دریافتند ژنوتیپ‌های شماره ۱۱ (OK82282//BOW/NKT/3/F4105W2.1)، ۱۷ (hods\*3/Kavvko//Ghods\*3/kaz/kavko) با امتیاز ژنومی ۱۰ برترین ژنوتیپ‌ها بودند ژنوتیپ شماره ۱۸ (ALMATY POLUKOVILIK) نیز با امتیاز ژنومی ۹ در رتبه بعدی قرار گرفت. امتیاز ژنومی رقم زراعی سرداری برابر ۸ بود.

۸) نشان داد تغییرات مقدار صفت مذکور به صورت معنی داری به آلل ۱۳+۱۶ مکان ژنی Glu-B1 وابسته است به طوری ۳۸ درصد از تغییرات میزان نشاسته دانه توسط مکان ژنی مذکور توجیه می شود (جدول ۴-۱۷ و ۴-۱۸). چنانچه میزان نشاسته دانه متغیر وابسته (y) و آلل ۱۳+۱۶ متغیر ثابت (x) باشد معادله خط رگرسیون به صورت رابطه زیر برآزش می شود.

$$y = ۰.۰۱۸x + ۰.۶۷$$

بر اساس نتایج مطالعه حاضر ژنوتیپ های زرین، پیشگام، آذر، رسول، توس، ۲۶ و ۲۹ بالاترین امتیاز کیفیت نانوائی را کسب کردند. چنانچه مشاهده شد دو لاین امیدبخش ۲۶ و ۲۹ از کیفیت نانوائی مشابه ارقام پر محصول برخوردار هستند بنابراین پیشنهاد می توان از این دو ژنوتیپ ها به عنوان والدین جهت دیگر برنامه های اصلاحی استفاده شود. در این تحقیق بین داده های ملکولی و داده های کیفی رابطه مثبت و معنی داری وجود داشت بنابراین از خصوصیات کیفی می توان جهت گزینش به کمک مارکر<sup>۱</sup> استفاده نمود.

در تحقیق حاضر توجیه نمود (جدول ۷). چنانچه عدد زلنی متغیر وابسته (y) و آلل ۵+۱۰ متغیر ثابت (x) باشد معادله خط رگرسیون به صورت برآزش می شود.

$$y = ۰.۲۴x + ۰.۵۴$$

نجفیان و همکاران (۹) برای بررسی رابطه بین کیفیت آرد و زیر واحدهای گلوئین دارای وزن مولکولی بالا و ارزش نانوائی گندم نان، ۱۵۴ لاین به نژادی گندم که برای ارزش نانوائی انتخاب شده بودند را با استفاده از روش SDS-PAGE الکتروفورز کردند، آن ها نتیجه گرفتند که اثر مکان های ژنی سه گانه Glu-A1، Glu-B1 و Glu-D1 در تغییر حجم رسوب زلنی و حجم رسوب SDS از نظر آماری معنی دار است و برای این دو صفت زیر واحدهای ۱، ۲\* بهتر از نول و زیر واحدهای ۱۰-۵ بهتر از ۱۲+۲ بود.

#### میزان نشاسته

نتایج جدول تجزیه رگرسیون گام به گام داده ها زمانی که میزان نشاسته به عنوان متغیر وابسته در نظر گرفته شد (جدول

جدول ۱- ترکیب زیر واحدهای HMW گلوئین ژنوتیپ های مختلف گندم مورد مطالعه

Table 1. The composition of the subunits of the HMW glutenin in various wheat genotypes

Glu-D1		Glu-B1		Glu-A1	نام رقم	Glu-D1		Glu-B1		Glu-A1	نام رقم
Y	X	Y	X			Y	X	Y	X		
۱۰	۵	۹	۷	2*	C-84-1	۱۲	۲	۱۸	۱۷	1	سرداری
۱۲	۲	۸	۷	N	C-84-2	۱۲	۲	۹	۷	N	طیسی
۱۲	۲	۱۸	۱۷	1	C-84-3	۱۰	۵	۱۷	۱۸	N	اروم
۱۲	۲	۱۸	۱۷	1	C-84-4	۱۲	۲	۸	۷	1	زارع
۱۰	۵	۹	۷	1	C-84-5	۱۲	۲	۸	۷	2*	میهن
۱۲	۲	۱۸	۱۷	2*	C-84-6	۱۰	۵	۸	۷	2*	زرین
۱۲	۲	۸	۷	2*	C-84-7	۱۰	۵	۱۷	۱۸	2*	پیشگام
۱۲	۲	۸	۷	1	C-84-8	۱۰	۵	۱۶	۱۳	2*	آذر
۱۰	۵	۹	۷	1	C-84-9	۱۲	۲	۱۷	۱۸	1	بزوستایا
۱۲	۲	۸	۷	1	C-84-10	۱۰	۵	۹	۷	N	امید
۱۰	۵	۱۸	۱۷	1	C-84-11	۱۰	۵	۹	۷	N	شعله
۱۲	۲	۸	۷	2*	C-84-12	۱۲	۲	۱۸	۱۷	1	فلات
۱۰	۵	۹	۷	2*	C-84-13	۱۰	۵	۸	۷	1	رسول
۱۰	۵	۱۶	۱۳	1	C-84-14	۱۰	۵	۸	۷	1	توس
۱۰	۵	۱۶	۱۳	N	C-84-15	۱۲	۵	۱۸	۱۷	2*	پیشناز

جدول ۲- فراوانی آلل های پروتئین گلوئین در ژنوتیپ های مختلف گندم مورد ارزیابی

Table 2. Frequency of protein glutenin alleles in different wheat genotypes

Glu-D1		Glu-B1			Glu-A1				آلل
2+12	5+10	13+16	17+18	7+9	7+8	2*	1	N	
۱۴	۱۶	۳	۱۰	۷	۱۰	۱۰	۱۴	۶	تعداد ژنوتیپ
۴۶/۴۶	۵۲/۲۳	۱۰	۳۳/۳۳	۲۳/۲۳	۳۳/۳۳	۳۳/۳۳	۴۶/۴۶	۲۰	فراوانی

جدول ۳- امتیاز نانوائی ژنوتیپ‌های مورد بررسی

Table 3. Bakery rating of the studied genotypes

نام رقم گندم	امتیاز آلی	امتیاز ژنوم	نام رقم گندم	امتیاز آلی	امتیاز ژنوم
سرداری	2+3+3	۸	C-84-1	4+2+3	۹
طیسی	2+2+1	۵	C-84-2	4+3+1	۹
اروم	4+3+1	۸	C-84-3	2+3+3	۸
زارع	2+3+3	۸	C-84-4	2+3+3	۸
میهن	2+3+3	۸	C-84-5	4+2+3	۹
زرین	4+3+3	۱۰	C-84-6	2+3+3	۸
پیشگام	4+3+3	۱۰	C-84-7	2+3+3	۸
آذر	4+3+3	۱۰	C-84-8	2+3+3	۸
بزوستایا	2+3+3	۸	C-84-9	4+2+3	۹
امید	4+2+1	۷	C-84-10	2+3+3	۸
شعله	4+2+1	۷	C-84-11	4+3+3	۱۰
فلات	2+3+3	۸	C-84-12	2+3+3	۸
رسول	4+3+3	۱۰	C-84-13	4+2+3	۹
توس	4+3+3	۱۰	C-84-14	4+3+3	۱۰
پیشناز	2+3+3	۸	C-84-15	4+3+1	۸

جدول ۴- ضرایب همبستگی بین صفات کیفی مورد ارزیابی

Table 4. Correlation coefficients between qualitative characteristics

	GluD		Glu-B1				Glu-A1		
	2+12	5+10	13+16	17+18	7+9	7+8	N	2*	1
رطوبت دانه	۰/۱۶ <sup>NS</sup>	۰/۱۶ <sup>NS</sup>	۰/۰۵ <sup>NS</sup>	۰/۱۰ <sup>NS</sup>	۰/۱۹ <sup>NS</sup>	-۰/۰۶ <sup>NS</sup>	-۰/۱۳ <sup>NS</sup>	۰/۴۳ <sup>**</sup>	-۰/۳۹ <sup>NS</sup>
درصد پروتئین	-۰/۳۷ <sup>*</sup>	۰/۳۷ <sup>*</sup>	-۰/۰۹ <sup>NS</sup>	۰/۱۹ <sup>NS</sup>	۰/۱۶ <sup>NS</sup>	-۰/۱۰ <sup>NS</sup>	-۰/۱۲ <sup>NS</sup>	۰/۴۴ <sup>**</sup>	-۰/۰۷ <sup>NS</sup>
عدد زنی	۰/۰۴ <sup>NS</sup>	۰/۴۳ <sup>*</sup>	-۰/۰۳ <sup>NS</sup>	۰/۰۶ <sup>NS</sup>	-۰/۱۲ <sup>NS</sup>	۰/۱۵ <sup>NS</sup>	-۰/۳۱ <sup>NS</sup>	۰/۳۴ <sup>NS</sup>	-۰/۰۷ <sup>NS</sup>
سختی دانه	۰/۰۳ <sup>NS</sup>	۰/۰۳ <sup>*</sup>	۰/۰۴ <sup>NS</sup>	-۰/۲۱ <sup>NS</sup>	۰/۰۵ <sup>NS</sup>	۰/۴۰ <sup>*</sup>	-۰/۰۵ <sup>NS</sup>	۰/۰۸ <sup>NS</sup>	-۰/۰۹ <sup>NS</sup>
نشاسته	۰/۲۵ <sup>NS</sup>	۰/۲۹ <sup>NS</sup>	۰/۳۸ <sup>*</sup>	-۰/۲۴ <sup>NS</sup>	۰/۰۳ <sup>NS</sup>	-۰/۰۳ <sup>NS</sup>	۰/۳۴ <sup>NS</sup>	۰/۱۰ <sup>NS</sup>	-۰/۱۴ <sup>NS</sup>
درصد جذب آب	۰/۱۵ <sup>NS</sup>	۰/۲۱ <sup>NS</sup>	-۰/۰۳ <sup>NS</sup>	۰/۰۱۲ <sup>NS</sup>	-۰/۱۷ <sup>NS</sup>	۰/۰۲ <sup>NS</sup>	۰/۰۲ <sup>NS</sup>	-۰/۱۰ <sup>NS</sup>	-۰/۰۶ <sup>NS</sup>
وزن هزار دانه	۰/۳۴ <sup>NS</sup>	۰/۳۴ <sup>NS</sup>	-۰/۰۹ <sup>NS</sup>	-۰/۲۳ <sup>NS</sup>	۰/۱۴ <sup>NS</sup>	۰/۰۲ <sup>NS</sup>	۰/۱۲ <sup>NS</sup>	۰/۱۰ <sup>NS</sup>	۰/۰۶ <sup>NS</sup>

NS و \* و \*\* به ترتیب عدم معنی داری و معنی داری در سطح ۵ و ۱ درصد آمار

جدول ۵- نتایج رگرسیون گام به گام اثر آلل‌های مورد بررسی بر درصد رطوبت دانه

Table 5. Results of stepwise regression analysis of the effect of alleles on grain moisture content

جایگاه ژنی	B	انحراف معیار	Beta (استاندارد)	ضریب (R <sup>2</sup> )	P
عدد ثابت	۸/۲۲	۰/۱۰	-	-	۰/۰۰
Glu-A1 <sub>۳</sub>	۰/۴۲	۰/۱۷	۰/۴۲	۰/۴۳	۰/۰۲

جدول ۶- نتایج رگرسیون گام به گام اثر آلل‌های مورد بررسی بر درصد پروتئین دانه

Table 6. Results of stepwise regression analysis of the effect of alleles on grain protein content

جایگاه ژنی	B	انحراف معیار sd	Beta (استاندارد)	ضریب (R <sup>2</sup> )	P
عدد ثابت	۱۱/۶۵	۰/۳۵	-	-	۰/۰۰
Glu-D1	۵+۱۰	۰/۴۳	۰/۳۹	۰/۳۷	۰/۰۲۲
Glu-A1	۲ <sup>-</sup>	۰/۴۶	۰/۳۶	۰/۵۲	۰/۰۲۲

جدول ۷- نتایج رگرسیون گام به گام اثر آلل‌های مورد بررسی بر عدد زنی

Table 7. Results of stepwise regression analysis of the effect of alleles on Zeleny number

جایگاه ژنی	B	انحراف معیار sd	Beta (استاندارد)	ضریب (R <sup>2</sup> )	P
عدد ثابت	۵۰/۲۵	۰/۶۱	-	-	۰/۰۰
Glu-D1	۲/۵۱	۱/۰۶	۰/۴۰	۰/۴۰	۰/۰۲۶

جدول ۸- نتایج رگرسیون گام به گام اثر آلل‌های مورد بررسی بر میزان نشاسته

Table 8. Results of stepwise regression analysis of the effect of alleles on Starch content

جایگاه ژنی	B	انحراف معیار sd	Beta (استاندارد)	ضریب (R <sup>2</sup> )	P
عدد ثابت	۶۸/۱۹	۰/۴۳	-	-	۰/۰
Glu-B1	۳/۰۱	۱/۳۸	۰/۳۸	۰/۳۸	۰/۰۳

## منابع

1. Butow, B.J., P.W.Gras, R. Haraszi and F. Bekes. 2003. Effects of Different Salts on Mixing and Extension Parameters on a Diverse Group of Wheat Cultivars Using 2-g Mixograph and Extensigraph Methods. *Cereal Chemistry*, 79: 826-833.
2. Fatehi, F., M. Maleki, O. Salavat, M.R. Bihamta, A.S. Zali and A. HosseinZadeh. 2008. Determination of the relationship between high molecular weight glutenins and the quality of bakery products in bread wheat. *Journal of Crop Science*, 39(1): 52-43 (In Persian).
3. Hagh Parast, R., R. Rajabi, G.K. Najafian, R. Karim and M. Aghaie sarbarze. 2009. Evaluation of grain quality indicators in advanced bread wheat genotypes in dryland conditions. *Journal of Breeding Seedlings and Seeds*, 1(25): 328-315 (In Persian).
4. Keyhani, T., A.A. Shah Nejat Bushehr and M. Shrub. 2015. The molecular study of heavy glutenin subunits in bread wheat. *New Genetic*, 10(1): 99-106 (In Persian).
5. Lawrence, G.J. and K.W. Shepherd. 1981. Variation in gluten in protein Subunits of wheat. *Australian Journal of Biological Sciences Society*, 33: 221-233.
6. Mamdoh, R., G. Najafian, G.H. Mirfakhrai and H. Dehghani. 2009. Evaluation of bread making quality of wheat using SDS sedimentation volume and high molecular weight glutenin subunits. *Seed and Plant Improvement Journal*, 25(3): 373-383.
7. Marchylo, B.A., O.M. Lukow and J.E. Kruger. 1992. Quantitative variation in high molecular weight glutenin subunit 7 in some Canadian wheats. *Journal of Cereal Science*, 15: 29-37.
8. Mirali, N., M.I.E. Arabi and B. Safadi. 1999. High molecular weight glutenin subunits composition of Syrian grown bread wheat and its relationships with gluten strength. *Genetics and Breeding*, 53: 237-245.
9. Najafian, G. and A. Baghaei. 2011. Genetic diversity of high molecular weight glutenin subunits in parental cultivars and strains of wheat used in Iran's cold and temperate breeding programs. *Journal of Breeding Seedlings and Seeds*, 1(27): 321-305 (In Persian).
10. Nicoservesht, R., G. Najafian, R. Mirfakhahi and H. Dehghani. 2008. SDS subunits Evaluation of Bread Quality of Bread Wheat Cultivars and Lines by Using Sediment Height Test, *Journal of Seedling and Seed Bean Yeast*, 25(3): 383-373 (In Persian).
11. Payne, P.I. and G.J. Lawrence. 1983. Catalogue of alleles for the complex gene loci, Glu-A1, Glu-B1, and Glu-D1 which code for high-molecular-weight subunits of glutenin in hexaploid wheat. *Cereal Research Communications*, 12: 29-35.
12. Qorishi, P., S. Essello, M. Parsa and R. Ghaderi. 2014. The relationship between allelic composition of high molecular weight glutenin units with qualitative traits in some wheat cultivars. *Cereal Research*, 4(3): 192-209 (In Persian).
13. Rajabi Hashjin, M., M. Aghaei Sarabozha, M. Photokian and M. Mohammadi. 2013. Evaluation of Baking Quality Characteristics in Durum Wheat and Bread Genotypes. *Journal of Agricultural Technology Biotechnology*, 3(41): 41-33 (In Persian).
14. Ram, S., N. Jain, V. Dawar, R.P. Singh and J. Shoran. 2005. Analyses of Acid-PAGE Gliadin Pattern of Indian Wheats (L.) Representing Different Environments and Periods. *Crop science*, 45(4): 1256-1263.
15. Rezaei, A.M. 2007. Relationship between high molecular weight glutenin subunits with qualitative flavor characteristics in recombinant lines of wheat. *Agriculture and Natural Resources*, 1(1): 19-29 (In Persian).
16. Saifi, M., J. Ahmadi and M.H. Photokian. 2012. The polymorphism of bread wheat cultivars (*Triticum aestivum* L.) in terms of grain micronutrients and heavy gluten units. *Agronomy correction research*, 7(15): 96-104 (In Persian).
17. Shewry, P.R., N.G. Halford and A.S. Tathan. 1992. High molecular weight subunits of wheat glutenin. *Journal of Cereal Science*, 15: 105-120.
18. Shewry, P.R., A.S. Tatham, F. Baro, P. Barcelo and P. Lazeri. 2002. Biotechnology of breadmaking: Unravelling and manipulating the multi-protein gluten complex. *Biotechnology*, 13: 1185-1190.
19. Van Den Broeck, H.C., A.H. America, M.J. Smulders, D. Bosch, R.J. Hamer, L.J. Gilissen and I.M. Van der Meer. 2009. A modified extraction protocol enables detection and quantification of celiac disease-related gluten proteins from wheat. *Journal of Chromatography*, 877(10): 975-982.
20. Yasmeen, F., H. Khurshid and A. Ghafoor. 2015. Genetic divergence for high-molecular weight glutenin subunits (HMW-GS) in indigenous landraces and commercial cultivars of bread wheat of Pakistan. *Genetics and Molecular Research*, 14(2): 4829-4839.

## Evaluate the Genetic Diversity of Quantity and Quality of Wheat in Relation to High Molecular Weight Glutenin Subunits

Maroof Khalili<sup>1</sup>, Maryam Rostami Tehrani<sup>2</sup> and Mohammad Ali Ebrahimi<sup>3</sup>

1- Associate Professor Assistant Professor, Department of Agriculture, Payame Noor University,  
(Corresponding author: makhalily@yahoo.com)

2- Graduate of agricultural biotechnology Graduate of agricultural biotechnology, Payamme Noor University

3- Associate Professor Associate Professor, Department of Agriculture, Payamme Noor University

Received: January 23, 2018 Accepted: January 5, 2019

### Abstract

In order to evaluate the genetic diversity of quantity and quality of wheat, 30 varieties and lines of wheat were evaluated by SDS-PAGE method. The banding pattern of glutenin proteins extracted from seed indicated the presence of three subunits in the Glu-A1 gene site, four subunits at Glu-B1 and two subunits at the Glu-D1 site. In the Glu-A1 site, the alleles of the Null, in Glu-B1 site, sub units of 8 + 7 and 18 + 17 and in Glu-D1 site, subunits of 5 + 5 had the highest frequency. In this research, the genotypes of Zarin, Pishgham, Azar, Rasoul, Tous, 26 and 29 with genomic score of 10 were identified best genotypes in terms of baking quality. Based on regression analysis of data, allele 2\* of loci Glu-A1 explained 43% of the changes in moisture content, Alleles 2\* of Glu-A1 and allele 10 + 5 of Glu-D1 loci justified 52% of total seed protein variation. Alleles 10 + 5 of Glu-D1 locus, allocated 43 percent of Zeleny number variation. Allele 8 + 7 of Glu-B1 locus, showed 40% of hardness variation. Finally alleles 16 + 13 of Glu-B1 locus justified 38 percent of the starch content.

**Keywords:** Electrophoresis, Glutenin Subunits (HMW), SDS-PAGE, Wheat