# رابطه بین زیر واحدهای گلوتنین با وزن مولکولی بالا با خصوصیات کیفی آرد در لاین‌های نوترکیب گندم

عبدالمجید رضائی*

## چکیده

*رابطه بین زیر واحدهای گلوتنین با وزن مولکولی بالا و خواص کیفی آرد، با استفاده از ۱۱۷ لاین نو ترکیب $F_V$ حاصل از روش تک بذر در تلاقی انزاوا اینیا (به ترتیب لاین‌های با ارزش نانوائی پائین و بالا) مورد مطالعه قرارگرفت. والدها در هر سه مکان ژنی GLU-۱ دارای آلل‌های متفاوت بودند. لاین‌های نوترکیب، برای ۸ ترکیب آللی ممکن، با استفاده از الکتروفورز باژل پلی اکریلامید طبقه بندی شدند. GLU-D۱ ، اکثر تغییرات مشاهده شده در ارتفاع رسوب، زمان اختلاط، مقاومت خمیر و درصد پروتئین را توجیه کرد. در مکان ژنی GLU-D۱ ، زیر واحدهای ۱۰+۵ بر ۱۲+۲ برتری نشان دادند. هر سه مکان ژنی، اثرات افزایشی معنی داری بر ارتفاع رسوب و مقاومت خمیر داشتند. اثرات افزایشی مکانی ژنی GLU-D۱ بر زمان اختلاط و درصد پروتئین نیز معنی دار بود. اثرات متقابل اپیستازی افزایشی به طور عمده منفی، و به استثناء $\alpha_{AB}$ و $\alpha_{AD}$ برای ارتفاع رسوب، معنی دار نبودند.*

**واژه‌های کلیدی** – *اثرات اپیستازی، ارتفاع رسوب SDS ، ژل پلی آکریلامید، میکسوگراف*

## مقدمه

تفاوت در خواص نانوائی ارقام مختلف گندم، به تنوع در کیفیت گلوتن آنها نسبت داده شده است (۶، ۱۵، ۱۷، ۱۹، ۲۱، ۲۲ و ۲۶). اجزای مختلف گلوتن سهم متفاوتی در ارزش نانوائی دارند، به طوری که گلیادین‌ها چسبندگی و گلوتنین‌ها کشش خمیر را باعث می‌شوند. این خصوصیات برای محبوس شدن گازهای حاصل در طی فرآیند خمیر و پخت، ضروری هستند (۱۳).

نتایج گزارشهای متعدد حاکی از ارتباط زیر واحدهای گلوتنین با وزن مولکولی بالا با خواص مطلوب نانوائی آرد است (۳، ۴، ۵، ۱۱، ۱۴، ۱۶، ۱۸، ۲۰، ۲۴، ۲۸ و ۲۹). این زیر واحدها با مکانهای ژنی GLI-A۱، GLU-B۱ و GLU-D۱ واقع برروی بازوی بلند کروموزم‌های همیولگ گروه ۱ کنترل می‌شوند. برای هر سه مکان ژنی تنوع آللی گزارش شده است (۲۵ و ۲۶). در الکتروفورز با ژل پلی آکریلامید[1] درحضور SDS[2]، هر آلل با یک یا دو باند، نوار یا زیر واحد مشخص می‌شود.

چندین روش آزمایشگاهی برای تعیین کیفیت آرد وجود دارد. از آن جمله می‌توان به اطلاعات حاصل از دستگاههای فارینوگراف[3]، میکسوگراف[4] و اکستنسیوگراف[5]، و آزمونهای رسوب زلنی[6] و SDS اشاره نمود (۱ و ۲). اثرات مثبت و منفی زیر واحدهای گلوتنین با وزن مولکولی بالا بر ارزشهای نانوائی آرد، که با این روشها سنجیده می‌شوند، گزارش شده است.

1- Polyacrilamid
2- Sodium dodecy sulphate
3- Farinograph
4- Mixograph
5- Extensiograph
6- Zeleny

* استاد گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان



[ Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2025-08-23 ]

[ DOR: 20.1001.1.24763594.1376.1.1.3.5 ]

کولستر و همکاران (۱۱) گزارش کردند که حدود ۳۰ تا ۷۹درصد از تنوع در خواص نانوائی گندم، با تنوع ژنتیکی در مکانهای ژنی GLU-۱ توجیه می‌شود. ارتباط بین وجود یک آلل و خواص نانوائی گندم، به ترکیبات آللی زیر واحدهای با وزن مولکولی بالا و اثر متقابل آنها نیز بستگی دارد. ترکیب زیر واحدهای *۲ و ۲+۱۲ با یکدیگر، در مقایسه با ترکیب زیر واحدهای نول و ۲+۱۲، کیفیت بالاتر نانوائی را سبب می‌شود (۱۵ و ۲۷). همچنین زیر واحدهای ۱۰+۵، در گندمهای با خواص نانوائی بالا و دارای خصوصیات مطلوب از نظر اختلاط آب و آرد، ارتفاع رسوب با SDS و حجم نان وجود دارند، و زیر واحدهای ۲ و ۱۲، در گندمهای با کیفیت پایین دیده می‌شوند (۱۲، ۲۳ و ۳۱). راجرز و همکاران (۲۹) گزارش کردند که زیر واحدهای جزء Y نقش مهمی در خواص نانوائی دارند. اما دقیقاً نمی توان مشخص کرد که کدام یک از دو جزء X یا Y در خواص کیفی مهمتر می‌باشند. همین مطالعه نشان داد که در صورت حذف باند ۱Dx یا ۱Dy، دوام گلوتن کاهش می‌یابد. این محققان همچنین گزارش کردند که حذف یک باند از مکان GLU-B۱ یا GLU-D۱، کاهش خواص نانوائی خمیر را سبب می‌گردد. آنها نشان دادند که حذف یک زیر واحد از مکان GLU-B۱ در مقایسه با GLU-D۱، به کاهش کمتری در کیفیت منجر می‌شود. این نشان می‌دهد که تنوع آللی در مکان GLU-B۱ نسبت به GLU-D۱، تأثیر چندانی در خواص کیفی ندارد. برنارد و داردوت (۴) گزارش کردند که باندهای *۲، ۱۰+۵ و ۹+۷ همبستگی مثبتی بادوام و چسبندگی گلوتن دارند. آنها همچنین به وجود همبستگی معنی دار بین چسبندگی خمیر و زیر واحدهای ۱، ۱۶+۱۳ و ۱۸+۱۷ اشاره نمودند. گراما و همکاران (۱۰) اظهار داشته‌اند که در مکان ژنی GLU-A۱، زیر واحد *۲ در مقایسه با زیر واحد ۱، و در مکان ژنی GLU-B۱، زیر واحدهای ۸+۷ نسبت به ۱۸+۱۷، و زیرواحدهای ۱۶+۱۳ نسبت به ۹+۷، نقش مهمتری در خواص کیفی دارند. این پژوهشگران به ارزش بالاتر زیر واحدهای ۱۰+۵، در مقایسه با ۲+۱۲ در مکان ژنی GLU-D۱ نیز پی بردند.

اثر آلل‌های موجود در کروموزوم‌های ۱A ، ۱B و ۱D بر میزان رسوب معنی دار گزارش شده است (۵، ۱۶، ۱۸ و ۲۰). آزمون رسوب به طور غیر مستقیم، خواص فیزیکی خمیر، شامل کشش، چسبندگی و تورم گلوتن در محیط اسیدی را نشان می‌دهد. متوسط سهم ژنوم‌های A و B در میزان رسوب، تقریباً یکسان و کمتر از سهم ژنوم D می‌باشد. کاریلو و همکاران (۵) گزارش کرده‌اند که سهم مکان ژنی GLU-D۱ در مقدار رسوب SDS به مراتب بیشتر از مکان ژنی GLU-A۱، و سهم این مکان ژنی بیشتر از GLU-B۱ می‌باشد. آنها همچنین بر اثرات منفی و معنی دار اپیستازی این مکانهای ژنی بر میزان رسوب تأکید کردند. در مکان ژنی GLU-A۱ سهم آلل‌های ۱ و *۲ بر مقدار رسوب به طور معنی داری بیشتر از سهم آلل نول می‌باشد (۵ و ۳۰). همچنین در مکان ژنی GLU-B۱، زیر واحدهای ۹+۷ سهم بیشتری نسبت به زیر واحدهای ۸+۷ و ۱۸+۱۷ دارند. در همین مکان ژنی، سهم مساوی آلل‌های ۸+۷ و ۱۸+۱۷ بر ارتفاع رسوب گزارش گردیده است. در مکان ژنی GLU-D۱، زیر واحدهای ۱۰+۵ سهم بالاتری در مقدار رسوب دارند. زیر واحدهای *۲، ۸+۷، ۹+۷ و ۱۰+۵ مقدار بیشتر رسوب و زیر واحدهای نول، ۸+۶ و ۲+۱۲ مقدار کمتر آن را سبب می‌شوند. زیر واحدهای ۱۸+۱۷ در مقایسه با زیر واحد ۱۲ نقش مهمتری در دوام خمیر دارند. همچنین سهم مکان GLU-D۱ در دوام خمیر بیشتر از GLU-B۱، و سهم GLU-B۱ بیشتر از GLU-A۱ می‌باشد (۱۴).

به طور کلی نقش میزان پروتئین در تعیین خواص کیفی آرد قابل توجه می‌باشد (۱۰ و ۲۵). به نحوی که برای یک ژنوتیپ خاص، بخش زیادی از تنوع در حجم نان و قابلیت کشش خمیر را می‌توان به تغییرات درصد پروتئین نسبت داد. همبستگی معنی داری بین درصد پروتئین آرد با زمان شکل گرفتن خمیر و مقاومت و قابلیت کشش خمیر و مقاومت آرد در برابر اختلاط با آب گزارش شده است. همچنین اثر قابل توجه میزان پروتئین برارزشهای کیفی، شامل عدد والیمتری، حجم نان و شاخص مقاومت فارینوگراف، در گزارشهای مختلف (۶ و ۲۵) مشاهده



[ Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2025-08-23 ]

[ DOR: 20.1001.1.24763594.1376.1.1.3.5 ]

می‌شود. تناقض در ترتیب اهمیت زیر واحدهای گلوتنین با وزن مولکولی بالا، که توسط محققین متعدد ارائه شده، به عوامل بسیاری نظیر زمینه‌های ژنتیکی متفاوت، اثرات اپیستازی و اثرات متقابل ژنوتیپ x محیط بستگی دارد (۲۳).

پاین و لاورنس (۲۷) براساس اهمیت زیر واحدها در خواص کیفی، امتیازهایی را به برخی از آنها اختصاص داده‌اند تا بتوان از آنها به عنوان شاخص در ارزیابی ارزش نانوائی ارقام گندم استفاده نمود. بر این اساس و با توجه به ترکیب زیر واحدها، به ارقام گندم امتیازهائی بین ۳ تا ۱۰ داده می‌شود.

با توجه به آنچه در این مقدمه بیان شد. این مطالعه با اهداف زیر طرح ریزی و انجام گردید:

۱- بررسی تنوع آللی برای زیر واحدهای گلوتنین با وزن مولکولی بالا در لاین‌های نو ترکیب گندم.

۲- تعیین رابطه بین خواص کیفی آرد و زیر واحدهای گلوتنین.

۳- تخمین اثرات افزایشی و اپیستازی آلل‌ها برخواص کیفی آرد.

## مواد و روشها

### ژنوتیپ‌ها

ژنوتیپ‌های مورد بررسی، ۱۱۷ لاین نوترکیب حاصل از تلاقی ارقام انزا[1] و اینیا[2] در نسل $F_7$ بودند. نتاج حاصل از تلاقی بین انزا و اینیا که به ترتیب ارقامی با کیفیت نامطلوب و مطلوب می‌باشند، تا نسل $F_6$ به روش تک بذر[3] پیش برده شدند و در این نسل به صورت یکجا برای انجام ارزیابیهای زراعی و کیفی برداشت شدند.

### آزمایش مزرعه

والدها و ۱۱۷ لاین نوترکیب به صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی در ۳ تکرار، در پائیز ۱۳۷۲ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه کالیفرنیا در دیویس، تحت شرایط معمول زراعی منطقه کشت شدند. والدها در هر بلوک ۳ مرتبه تکرار گردیدند. هر کرت شامل یک ردیف کاشت به طول ۲/۸ متر و فاصله ۳۰ سانتیمتر از سایر ردیفها بود. تعداد روز تا ۵۰ درصد به خوشه رفتن، ارتفاع نهائی گیاه (سانتیمتر) و وزن ۲۰۰ دانه (گرم) برای هر کرت آزمایشی تعیین شد. وزن حجمی برای مخلوط بذر تکرارهای هر لاین نیز تعیین گردید.

### الکتروفورز و آزمونهای کیفی

ترکیب زیر واحدهای گلوتنین با وزن مولکولی بالا در والدها و لاین‌های نو ترکیب، به روش الکتروفورز با ژل پلی اکریلامید در حضور SDS (۹) و بر مبنای شماره گذاری پاین و لاورنس (۲۷) تعیین شد (شکل ۱). طبق این نامگذاری بر مبنای آلل‌ها و زیر واحدها (در پرانتز) ژنوتیپ انزا GLU-A۱c(null)، GLU-B۱b(۷+۸) و GLU-D۱a(۲+۱۲) و ژنوتیپ اینیا GLU-A۱a(۱)، GLU-B۱b(۱۳+۱۶) و GLU-D۱d(۵+۱۰) می‌باشد. در این مطالعه، در هر یک از سه ژنوم، برای کروموزوم‌های همیولوگ گروه ۱ برای آلل‌های انزا و اینیا، به ترتیب اندیس‌های ۱ و ۲ در نظر گرفته می‌شوند. بدین ترتیب برای آلل‌های مورد مطالعه، به هر لاین نوترکیب یکی از شماره‌های ۱۱۱، ۱۱۲، ۱۲۱، ۱۲۲، ۲۱۱، ۲۱۲، ۲۲۱ و ۲۲۲ اختصاص یافت. فراوانی لاین‌ها برای شماره‌های ژنوتیپی فوق، به ترتیب برابر با ۱۶، ۲۳، ۱۱، ۱۲، ۱۷، ۱۱، ۱۵ و ۱۲ بود.

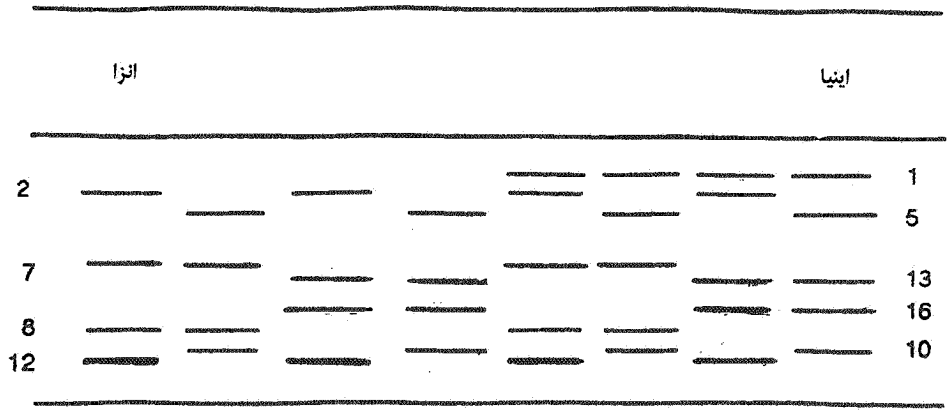
یک نمونه ۳۰ گرمی از بذور هر کرت تمیز، و با آسیاب یودی[4] آزمایشگاهی با غربال یک میلیمتری آرد شد. درصد پروتئین آرد بر مبنای ۱۴٪ رطوبت به طریق اسپکتروسکوپی و نور مادون قرمز تعیین گردید. از آزمون رسوب در حضور SDS به روش آکسفورد و همکاران (۳)، به عنوان معیاری از مقاومت گلوتن استفاده شد. در این روش، حلال مورد استفاده SDS با وزن‌حجمی ۹۱ درصدواسیدلاکتیک ۸۶درصدمی‌باشد. ازبهم‌زن مکانیکی و یک گرم آرد استفاده شد. حجم رسوب (میلی لیتر) پس از ۲۰ دقیقه در دمای آزمایشگاه (۲۵ درجه سانتیگراد) تعیین‌واندازه‌گیری ارتفاع رسوب هر نمونه ۴ مرتبه تکرار گردید.

1- Anza 2- Inia 3- Single seed decend 4- Udy



[ Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2025-08-23 ]

[ DOR: 20.1001.1.24763594.1376.1.1.3.5 ]




**شکل ۱- الگوی زیر واحدهای گلوتنین با وزن مولکولی بالا در ژل پلی اکریلامید در لاین‌های حاصل از تلاقی انزا × اینیا**

آزمون میکسوگراف به روش فینی و شوگرن (۸) برروی دو نمونه ۱۰ گرمی آرد از هر تکرار لاین‌ها انجام شد. بدین منظور، بذور به رطوبت یکنواخت ۱۵ درصد حجمی رسانیده شدند وسپس آرد گردیدند. درصد استخراج آرد همه نمونه‌ها بین ۷۷ تا ۷۹ درصد بود. فاصله زمانی شروع اختلاط تا نقطه اوج نمودار میکسوگراف (دقیقه)، به عنوان معیاری از حداکثر زمان اختلاط، و عرض نمودار میکسوگراف در ۲ دقیقه پس از نقطه اوج، به عنوان محکی از مقاومت خمیر تعیین شدند.

### تجزیه و تحلیل

صفات اندازه‌گیری شده برمبنای کرت و میانگین صفات اندازه‌گیری شده روی چند نمونه، مورد تجزیه واریانس قرار گرفتند. تنوع ژنتیکی بین لاین‌های نوترکیب در هر زیر واحد گلوتنین با وزن مولکولی بالا، برای هر صفت تعیین شد، و با استفاده از خطای تجزیه واریانس مورد آزمون آماری قرار گرفت. تنوع ژنتیکی بین والدها در تجزیه جداگانه‌ای تعیین گردید. واریانس بین لاین‌های نوترکیب به مقایسه‌های مستقل با یک درجه آزادی برای ۳ مکان ژنی تفکیک شد (۵ و ۳۰) تا اثرات ژنتیکی افزایشی ( $\alpha_D$ ،$\alpha_B$ ،$\alpha_A$)، افزایشی × افزایشی ($\alpha_{AD}$، $\alpha_{AB}$ ،$\alpha_{BD}$)، و افزایشی × افزایشی × افزایشی ($\alpha_{ABD}$) برای هر مکان ژنی، و اثرات متقابل آنها تعیین گردد.

## نتایج و بحث

تعداد لاین‌های نوترکیب برای هر زیر واحد گلوتنین متفاوت بود (جدول ۱)، اما برمبنای آزمون کای اسکور ($\chi^2$ = ۸/۰۵)، فراوانیهای مشاهده شده از نظر آماری اختلاف معنی داری با فراوانیهای موردانتظار درهرزیر واحدنداشتند. این نتیجه حاکی از تفکیک تصادفی ۸ ترکیب ممکن بین زیرواحدهای گلوتنین می‌باشد.

اختلاف بین دو والد، از نظر درصد پروتئین، ارتفاع رسوب ، SDS، ارتفاع بوته و تعداد روز تا به خوشه رفتن معنی دار بود. زیر واحدهای مختلف گلوتنین اثر معنی داری برخصوصیات زراعی نداشتند (جدول ۱). همچنین، همبستگی معنی داری بین خصوصیات کیفی و زراعی مشاهده نشد. بنابراین، در این مقاله تنها نتایج حاصل از بررسی صفات کیفی ارائه می‌شوند.

اکثر خصوصیات کیفی همبستگی بسیار معنی داری را با یکدیگر نشان دادند. ضرایب همبستگی بین ارتفاع رسوب با SDS، زمان اختلاط، مقاومت خمیر و درصد پروتئین به ترتیب برابر با $^{**}$۰/۴۵، $^{**}$۰/۴۹ و $^{**}$۰/۴۹ بود. زمان اختلاط و مقاومت خمیر نیز با ضریب $^{**}$۰/۵۴ همبستگی داشتند، ولی درصد پروتئین با مقاومت خمیر و زمان اختلاط همبستگی



[ Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2025-08-23 ]

[ DOR: 20.1001.1.24763594.1376.1.1.3.5 ]

[ DOR: 20.1001.1.24763594.1376.1.1.3.5 ] [ Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2025-08-23 ]



**جدول ۱- مقایسه[1] میانگینهای صفات زراعی و کیفی برای هر یک از زیر واحدهای گلوتنین با وزن مولکولی بالا، والدها و لاین‌های نوترکیب.**

| زیر واحد گلوتنین | | | اندیس ژنوتیپ | تعداد لاین | ارتفاع رسوب (میلی‌لیتر) | زمان اختلاط (دقیقه) | مقاومت خمیر (سانتیمتر) | مقدار پروتئین (درصد) | وزن حجمی (هکتولیتر) | ارتفاع گیاه (سانتیمتر) | تاریخ به خوشه رفتن (روز) | وزن ۲۰۰ دانه (گرم) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| A۱ | B۱ | D۱ | | | | | | | | | | |
| ۱ | ۱۳+۱۶ | ۵+۱۰ | ۲۲۲ | ۱۲ | ۹۳/۸۸ab | ۳/۵۴a | ۱/۶۸c | ۱۷/۱۵ab | ۴۱/۶ | ۶۹/۲۷ | ۳۳/۸۱ | ۷/۶۰ |
| ۱ | ۱۳+۱۶ | ۲+۱۲ | ۲۲۱ | ۱۵ | ۷۶/۹۹c | ۲/۶۷b | ۱/۵۱d | ۱۶/۵۱ab | ۴۲/۵ | ۷۰/۱۰ | ۳۳/۴۴ | ۶/۰۶ |
| ۱ | ۷+۸ | ۵+۱۰ | ۲۱۲ | ۱۱ | ۹۹/۴۱a | ۳/۴۱ab | ۱/۸۴a | ۱۷/۲۱a | ۴۱/۷ | ۶۹/۶۱ | ۳۱/۲۲ | ۶/۰۹ |
| ۱ | ۷+۸ | ۲+۱۲ | ۲۱۱ | ۱۷ | ۸۷/۱۳c | ۲/۵۶bc | ۱/۶۵c | ۱۶/۷۱ab | ۴۱/۱ | ۶۸/۲۲ | ۳۲/۸۴ | ۶/۱۶ |
| ۰ | ۱۳+۱۶ | ۵+۱۰ | ۱۲۲ | ۱۲ | ۸۷/۷۱abc | ۳/۷۱a | ۱/۷۵b | ۱۶/۰۶b | ۴۲/۴ | ۶۷/۳۷ | ۳۲/۶۴ | ۵/۸۳ |
| ۰ | ۱۳+۱۶ | ۲+۱۲ | ۱۲۱ | ۱۱ | ۶۰/۹۲d | ۲/۲۳c | ۱/۳۴f | ۱۶/۳۵ab | ۴۲/۳ | ۶۵/۵۸ | ۳۵/۸۲ | ۵/۶۹ |
| ۰ | ۷+۸ | ۵+۱۰ | ۱۱۲ | ۲۳ | ۸۳/۹۶bc | ۳/۳۰b | ۱/۶۹c | ۱۶/۷۱ab | ۴۲/۱ | ۷۰/۰۷ | ۳۴/۹۶ | ۵/۹۳ |
| ۰ | ۷+۸ | ۲+۱۲ | ۱۱۱ | ۱۶ | ۶۳/۸۰d | ۲/۲۵c | ۱/۴۶e | ۱۶/۶۹ab | ۴۱/۷ | ۶۹/۷۵ | ۳۴/۰۸ | ۵/۹۵ |
| خطای‌استاندارد[2] | | | | | ۲/۸۰ | ۰/۱۴ | ۰/۰۵ | ۰/۲۲ | - | ۱/۶۶ | ۰/۸۷ | ۰/۷۸ |
| انزا | | | | | ۵۹/۲۹A | ۲/۶۴A | ۱/۶۰A | ۱۶/۰۰B | ۴۰/۴ | ۷۳/۴۳A | ۴۱/۱۴A | ۵/۸۵A |
| اینیا | | | | | ۸۸/۰۰B | ۳/۰۰A | ۱/۷۰A | ۱۷/۱۱A | ۳۵/۹ | ۶۷/۷۱B | ۳۳/۴۳B | ۵/۷۳A |
| لاین‌های‌نوترکیب | | | | | ۸۰/۱۵ | ۲/۹۴ | ۱/۶۲ | ۱۶/۷۸ | ۴۱/۹ | ۶۸/۸۸ | ۳۳/۸۰ | ۶/۱۳ |

۱- در هر ستون میانگینهائی که حداقل دارای یک حرف مشترک می‌باشند از نظر آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد فاقد اختلاف معنی دار هستند.

۲- با فرض ۱۵ لاین برای هر زیر واحد گلوتنین

جدول ۲- میانگین مربعات هر زیر واحد گلوتنین و اثرات متقابل آنها برای صفات کیفی

| منابع تغییر | ارتفاع رسوب | زمان اختلاط | مقاومت خمیر | درصد پروتئین |
|---|---|---|---|---|
| GLU-A۱ | ۸۹۴۴/۵** | ۰/۰۸ | ۰/۱۹* | ۱/۸۲ |
| GLU-B۱ | ۱۶۰/۲ | ۰/۵۹ | ۰/۲۱* | ۰/۱۷ |
| GLU-D۱ | ۳۷۴۵۲/۲** | ۳۱/۴۲** | ۱/۶۳** | ۱۴/۶۱** |
| GLU-A۱×GLU-B۱ | ۲۸۹/۳ | ۰/۰۶ | ۰/۱۲ | ۰/۶۶ |
| GLU-A۱×GLU-D۱ | ۲۷۲/۰ | ۰/۸۸ | ۰/۰۹ | ۱/۸۰ |
| GLU-B۱×GLU-D۱ | ۳۵/۳ | ۰/۳۷ | ۰/۰۴ | ۳/۷۰* |
| GLU-A۱xGLU-B۱×GLUD-D۱ | ۶۲۶/۴* | ۰/۲۸ | ۰/۰۷ | ۱/۴۰ |
| داخل ژنوتیپ‌ها | ۱۱۷/۷ | ۰/۲۸ | ۰/۰۳ | ۰/۷۳ |

* و **: به ترتیب معنی دار در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد

نداشت. بنابراین، به نظر می‌رسد که ارتفاع رسوب با SDS، معیار مناسبی برای پیش بینی خواص و ارزش نانوائی گندم باشد. راست و همکاران (۳۰) و نیز برخی از محققان دیگر (۷،۴ و ۱۳) با بررسی لاین‌های نوترکیب گندم با درصد پروتئین پائین‌به نتایج مشابهی دست یافته‌اند.

اثرات اصلی آلل‌های مختلف در مکان ژنی GLU-D۱، بر تمام صفات مورد بررسی معنی دار بود (جدول ۲). همچنین اثرات متقابل آنها با آلل‌های مکانی ژنی GLU-B۱ برای درصد پروتئین، و اثر متقابل آنها با آلل‌های هر دو مکان ژنی دیگر برای ارتفاع رسوب، از نظر آماری معنی دار بود (جدول ۲). اثرات اصلی آلل‌ها در مکان ژنی GLU-A۱ بر مقاومت خمیر و ارتفاع رسوب، به ترتیب در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد معنی دار بود. آلل‌های مکانی ژنی GLU-B۱، تنها بر مقاومت خمیر اثر معنی‌دار داشتند.

جدول ۱ میانگین لاین‌ها در ترکیبهای ۸ گانه از زیر واحدهای گلوتنین با وزن مولکولی بالا را برای صفات مورد بررسی نشان می‌دهد. در بین زیر واحدهای مطالعه شده، تنوع آللی در مکان ژنی GLU-D۱ اثرات بارزی بر خواص کیفی داشت. میانگینهای درصد پروتئین، زمان اختلاط، مقاومت خمیر و ارتفاع رسوب، برای لاین‌هائی که زیر واحدهای ۵ و ۱۰ را داشتند به طور معنی داری بیشتر از لاین‌های واجد زیر واحدهای ۲ و ۱۲ بود. نتایج مشابهی توسط ون گلدر و همکاران (۳۱)، پوگنا و همکاران (۲۸)، کولستر و همکاران (۱۲) و راجرز و همکاران (۲۹) گزارش شده است.

منلی و همکاران (۱۷) با مطالعه عدد والوریمتری فارینوگراف، حداکثر ارتفاع اکستنسیوگرام، پایداری و استحکام خمیر برمبنای آلوئوگرام و زمان نقطه‌اوج میکسوگراف، گزارش نموده‌اند که زیر واحدهای ۱۰+۵ و ۱۲+۲، به ترتیب به طور مثبت و منفی با خواص کیفی آرد همبستگی معنی دار دارند. در این بررسی، ویژگیهای مطلوب آرد نظیر زمان طولانی اختلاط و مقاومت خمیر نیز با زیر واحدهای ۵ و ۱۰ در مکان ژنی GLU-D۱ مرتبط بود.

بنابر گزارش فینی و شوگرن (۸) خمیری با زمان اختلاط کوتاه ۱/۵ دقیقه ای، نسبت به خمیرهای با زمان اختلاط بیشتر (۲/۵ تا ۳ دقیقه)، قابلیت ارتجاع و کشش بیشتری دارد. به طور کلی، با افزایش زمان اختلاط تا ۴ یا ۵ دقیقه، قابلیت کشش خمیر کاهش می‌یابد، و پایداری، قابلیت ارتجاع و مقاومت آن افزایش پیدا می‌کند.

تنوع آللی در مکان ژنی GLU-B۱، در مقایسه با مکان ژنی GLU-D۱، و تا حدودی در قیاس با تنوع آللی در مکان ژنی



[ Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2025-08-23 ]

[ DOR: 20.1001.1.24763594.1376.1.1.3.5 ]

جدول ۳- اثرات افزایشی ($\alpha_A$، $\alpha_B$ و $\alpha_D$) و متقابل ($\alpha_{ABD}$، $\alpha_{BD}$، $\alpha_{AD}$ و $\alpha_{AB}$) ژن‌ها برمبنای میانگین خصوصیات لاین‌های نوترکیب حاصل از تلاقی انزاواینیا

| صفت | اثر ژن | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | $\alpha_A$ | $\alpha_B$ | $\alpha_D$ | $\alpha_{AB}$ | $\alpha_{AD}$ | $\alpha_{BD}$ | $\alpha_{ABD}$ |
| ارتفاع رسوب SDS | ۷/۶۳** | -۱/۸۵ | ۹/۵۱** | -۲/۰۷** | -۲/۲۲** | ۱/۰۴ | -۰/۲۵ |
| زمان اختلاط | ۰/۰۹ | ۰/۰۸ | ۰/۵۳** | -۰/۰۲ | -۰/۱۰ | ۰/۰۷ | -۰/۰۵ |
| مقاومت خمیر | ۰/۰۵** | -۰/۰۴** | ۰/۱۲** | -۰/۰۳ | -۰/۰۳ | ۰/۰۲ | -۰/۰۲ |
| درصد پروتئین | ۰/۱۰ | -۰/۰۳ | ۰/۲۳** | -۰/۰۳ | ۰/۰۵ | ۰/۱۰ | -۰/۰۷ |

* معنی دار در سطح احتمال ۱ درصد

GLU-A۱، اثر بارزی بر خواص کیفی نداشت. در مکان ژنی GLU-A۱، میانگین لاین‌های واجد زیر واحد ۱، در مقایسه با لاین‌های فاقد آن برای ارتفاع رسوب و مقاومت خمیر به طور معنی داری بیشتر بود (جدول ۱). این نتایج در توافق با یافته‌های گراما و همکاران (۱۰)، لاورنس و همکاران (۱۴) و پاین و همکاران (۲۴) است. میانگین لاین‌های واجد زیر واحدهای ۷ و ۸ از والد انزا برای مقاومت خمیر و ارتفاع رسوب، بیشتر از لاین‌های دارای زیر واحدهای گلوتنین ۱۳ و ۱۶ بود. برتری این زیر واحدها در سایر گزارشها (۵، ۶ و ۱۰) نیز به چشم می‌خورد.

به نظر می‌رسد که هیچ ژنوتیپی تمام صفات مطلوب کیفی را ندارد. به هر حال، دانگ و همکاران (۷) گزارش نموده‌اند که ژنوتیپ‌های مطلوب برای زمان اختلاط و مقاومت خمیر، زیر واحدهای مشابهی را در مکانهای ژنی GLU-B۱ و GLU-D۱دارند. طبق نتایج حاصل، انتخاب ژنوتیپ مطلوب برای مقاومت خمیر، ارتفاع رسوب و درصد پروتئین، که دارای زیر واحدهای ۱، ۸+۷ و ۱۰+۵ می‌باشد و برمبنای امتیاز بندی پاین و همکاران (۲۴) بالاترین امتیاز کیفی یعنی ۱۰ را خواهد داشت، از نظر زمان اختلاط نیز کاهشی را نشان نمی دهد. از طرفی، تولید ژنوتیپی با بالاترین زمان اختلاط، منجر به کاهش سایر خصوصیات کیفی می‌شود. بنابراین، انتخاب برمبنای زیر واحدهای گلوتنین برای ارتفاع رسوب، که روش نسبتاً سریعی هم می‌باشد، منجر به افزایش سایر صفات کیفی نیز می‌گردد.

در این مطالعه، اثرات افزایشی مثبت و معنی دار آلل‌های مکان ژنی GLU-D۱، برای تمام صفات کیفی مشهود بود (جدول ۳). اثرات افزایشی آلل‌ها در مکان ژنی GLU-A۱ نیز برای ارتفاع رسوب و مقاومت خمیر معنی دار بود. اثرات افزایشی آلل‌ها در مکان ژنی GLU-B۱، به طور منفی بر همه صفات کیفی، جز مقاومت خمیر، اثر داشت. به استثنا $\alpha_{AB}$ و $\alpha_{AD}$ برای ارتفاع رسوب، هیچ یک از سایر اثرات متقابل اپیستازی افزایشی معنی دار نشدند، اگر چه برخی از آنها نسبتاً بالا و اکثر آنها منفی بودند. این نتایج نشان داد که می‌توان در بین نتاج حاصل از تلاقی انزا واینیا، لاین‌های نوترکیب با خواص نانوائی بالا یافت و مورد انتخاب قرار داد. طبق نتایج حاصل، خواص کیفی لاین نوترکیب دارای ژنوتیپ ۲۲۲ (جدول ۱)، بجز برای مقاومت خمیر، برتر از لاین والدی اینیا (والد برتر تلاقی) بود. همچنین، لاین نوترکیب دارای ژنوتیپ ۱۱۱، از نظر ارتفاع رسوب و درصد پروتئین، برتر از انزا با ترکیب مشابه از نظر زیر واحدهای گلوتنین بود.

اثرات اپیستازی بین آلل‌های کنترل کننده زیر واحدهای گلوتنین با وزن مولکولی بالا، قبلاً نیز گزارش شده است. پاین و همکاران (۲۴) نشان دادند که کاهش ارتفاع رسوب در اثر حذف آلل‌های مربوط به زیر واحدهای گلوتنین، به ترکیب زیر واحدهای باقیمانده بستگی دارد. کولستر و همکاران (۱۱)،وجود اثرات اپیستازی بین زیر واحدهای ۸+۷ و ۹+۷ در



[ Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2025-08-23 ]

[ DOR: 20.1001.1.24763594.1376.1.1.3.5 ]

مکان ژنی GLU-B۱، و زیر واحدهای ۱۰+۵ و ۱۲+۲ در مکان ژنی GLU-D۱ را برای رسوب زلنی و سایر خواص نانوائی گزارش نموده اند. طبق نتایج حاصل، در این بررسی نیز زیر واحدهای ۸+۷ در مکان ژنی GLU-D۱، نسبت به زیر واحدهای ۱۶+۱۳ در ترکیب با زیر واحد ۱ در مکان ژنی GLU-A۱، برای ارتفاع رسوب برتری داشتند (جدول ۱).

به طور خلاصه، نتایج این بررسی تاییدی بیشتر بر وجود رابطه مستقیم بین خواص کیفی آرد و برخی از زیر واحدهای گلوتنین با وزن مولکولی بالا بود. نتایج، حاکی از تأثیر بیشتر تنوع آللی در مکان ژنی GLU-D۱، بر ارزش نانوائی بودند. ارتفاع رسوب همبستگی بالائی را با خصوصیات گلوتنین مرتبط با کیفیت نشان داد. زیر واحدهای گلوتنین ۱۰+۵، در مقایسه با آلل‌های ۱۲+۲، و سایر زیر واحدهای مطالعه شده، باعث افزایش ارتفاع رسوب و قابلیت ارتجاع خمیر می‌شوند. احتمالاً این زیر واحدها به وسیله ژنهای اصلی کنترل می‌گردند، و می‌توان از آنها در برنامه‌های به نژادی سود جست. سایر زیر واحدها که از نظر ژنتیکی با آلل‌های موجود در کروموزوم‌های A۱ و B۱ کنترل می‌شوند، اثرات کمتری برخواص کیفی دارند، و می‌توان از آنها برای افزایش نسبی این صفات استفاده کرد.

## منابع مورد استفاده


1- American Association of Cereal Chemists. 1983. Approved Methods. AACC Inc., St. Paul, Min. USA.

2- Axford, D.W.E., E. E. McDermott, and D.G. Reduman. 1978. Small Scale tests of breadmaking quality. Milling Feed Fert. 16:18-20.

3- Axford, D.W.E., E. E. McDermott, and D.G. Reduman. 1979. Note on the sodium dodecyl sulphate test and breadmaking quality: Comparison with Pelshenke and Zeleny tests. Cereal Chem. 56: 582-584.

4- Branlard, G. and M. Dardevet. 1985. Diversity of grain protein and bread wheat quality. II. Correlation between high molecular weight subunits of glutenin and flour quality characteristics. J. Cereal Sci. 3: 345-354.

5- Carrillo, J.M., M. Rousset, C.O. Qualset, and D.D. Kasarda. 1990. Use of recombinant inbred lines of wheat for study of associations of high-molecular-weight glutenin subunit alleles to quantitative traits. 1. Grain yield and quality prediction tests. Theor. Appl. Genet. 79: 321-330.

6- Dong, H., T.S. Cox, R.G. Sears, and G.L. Lookhart. 1991. High molecular weight glutenin genes: Effect on quality in wheat. Crop Sci. 31: 974-979.

7- Dong, H., R.G. Sears, T.S. Cox, R.C. Hoseney, G.L. Lookhart and M.D. Shogren. 1992. Relationships between protein composition and mixograph and loaf characteristics in wheat. Cereal Chem. 69 : 132-136.

8- Finney, K.F., and D. Shogren. 1972. Ten-gram mixograph for determining and predicting functional properties of wheat flours. Bakers Digest, 46(3): 32-42.

9- Fullington, J.G., E.W. Cole, and D.D Kasarda. 1983. Quantitative sodium dodecyl sulfate polyacrylamide gel electrophoresis of total proteins extracted from different wheat varieties: Effects of protein content. Cereal Chem. 50 : 35-43.

10- Grama, A., D.S.C. Wright, P.J. Gressey, and T. Lindley. 1987. Hexaploid wild emmer wheat derivatives grown under New Zealand conditions. 1. Relationship between protein composition and quality parameters. N.Z.J. Agric. Res. 30: 35-43.




[ Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2025-08-23 ]

[ DOR: 20.1001.1.24763594.1376.1.1.3.5 ]

11- Kolster, P., C.F. Krechting, and M.W.J. Van Gelder. 1988. Variation in high molecular weight glutenin subunits of Triticum aestivum and T. turgidum spp. dicoccoides. Euphytica supplement: 141-145.

12- Kolster, P., F.A. Van Eeuwijk, and M.W.J. Van Gelder. 1991. Additive and epistatic effects of allelic variation at the high molecular weight glutenin subunit loci in determining the bread-making quality of breeding lines of wheat. Euphytica, 55: 277-285.

13- Lagudah, E.S., L.O'Brien, and G. M. Halloran. 1988. Influence of gliadin composition and high molecular weight subunits of glutenin on dough properties in an F3 population of a bread wheat cross. J. Cereal Sci. 7: 33-42.

14- Lawrence, G.J., F. Mac Ritchie, and C.W. Wrigley. 1988. Dough and baking quality of wheat lines deficient in glutenin subunits controlled by the GLU-A1, GLU-B1, and GLU-D1 loci. J. Cereal Sci. 7: 109-112.

15- Lawrence, G.J., H.J. Moss, K.W. Shepherd, and C.W. Wrigley. 1987. Dough quality of biotypes of eleven Australian wheat cultivars that differ in high-molecular-weight glutenin subunit composition. J. Cereal Sci. 6: 99-101.

16- Lorenzo, A., W.E. Kronstad, and L.C.E. Vieira. 1987. Relationship between high molecular weight glutenin subunits and loaf volume in wheat as measured by the sodium dodecyl sulfate sedimentation test. Crop Sci. 27: 253-257.

17- Manley, M., P.G. Randall, and A.E.J. McGill. 1992. The prediction of dough properties of South African wheat cultivars by SDS-PAGE analysis of HMW-glutenin subunits. J. Creal Sci. 15: 39-47.

18- Moonen, J.H.E., A. Scheepstra, and A. Graveland. 1982. Use of the SDS-sedimentation test and SDS-polyacrylamide gel electrophoresis for screening breeder's samples of wheat for breadmaking quality. Euphytica, 31: 677-690.

19- Moonen, J.H.E., A. Scheepstra, and A. Graveland. 1983. The positive effects of the high molecular weight subunits 3+10 and 2* of glutenin on the bread-making quality of wheat cultivars. Euphytica, 32: 735-742.

20- Odenbach, W., and El-S. Mahgoub. 1988. Relationships between HMW glutenin subunit composition and the sedimentation value in reciprocal sets of inbred backcross lines derived from two winter wheat crosses. pp 987-991. In: Miller T.E., and R.M.D. Koebner (Eds), Proc. 7th Int. Wheat Genet. Symp., Cambridge, England.

21- Payne, P.I., and K.G. Corfield. 1979. Subunit composition of wheat glutenin proteins, isolated by gel filtration in a dissociating medium. planta, 145: 83-88.

22- Payne, P.I., K.G. Corfield, and J.A. Blackman. 1979. Identification of a high molecular weight subumit of glutenin whose presence correlates with breadmaking quality in wheats of related pedigree. Theor. Appl. Genet. 55: 153-157.

23- Payne, P.I., K.G. Corfield, L. Holt, and J.A. Blackman. 1981. Correlations between the inheritance of certain high-molecular weight subunits of glutenin and breadmaking quality in progenies of six crosses of bread wheat. J. Sci. Food Agric. 32: 51-60.

24- Payne, P.I., L.M. Holt, K. Harinder, D.P. McCartney, and G.J. Lawrence. 1987. The use of near-isogenic lines with different HMW glutenin subunits in studying breadmaking quality and glutenin structure. pp



[ Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2025-08-23 ]

[ DOR: 20.1001.1.24763594.1376.1.1.3.5 ]

100-105. In: Lasztity, R.D., and F. Bekes (eds), Proc. 3rd Int. Workshop Gluten, Proteins, Budapest, Hungary. World Scientific, Singapore.

25- Payne, P.I., L.M. Holt, E.A. Jackson, and C.N. Law. 1984. Wheat storage proteins: Their genetics and their potential for manipulation by plant breeding. Philos. Trans. R. Soc. Lond. Ser. B. 304: 359-371.

26- Payne, P.I., L. Holt, and C.N. Law. 1981. structural and genetic studies on the high molecular weight subunits of wheat glutenin. l. Allelic variation in subunits amongst varieties of wheat (T. aestivum). Theor. Appl. Genet. 60: 229-236.

27- 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 the high-molecular-weight subunits of glutenin in hexaploid wheat. Cereal Res. Cummun. 11:29-35.

28- Pogna, N.E., A. Mellini, A. Beretta, and A. Dal Belin Peruffo. 1989. The high-molecular-weight glutenin subunits of common wheat cultivars grown in Italy. J. Genet. Breed. 43: 17-24.

29- Rogers, W.J., P.I. Payne, J. A. Seekings, and J. Sayers. 1991. Effect on breadmaking quality of X-type and Y-type high molecular weight subunits of glutenin. J. Cereal. Sci. 14: 209-221.

30- Rousset, M., J.M. Carrillo, C.O. Qualset, and D.D. Kasarda. 1992. Use of recombinant inbred lines of wheat for study of associations of high-molecular-weight glutenin subunit alleles to quantitative traits. 2. Milling and bread-baking quality. Theor. Appl. Genet. 83: 403-412.

31- Van Gelder, W.M.J., P. Kolster, J. Mesdag, and F.A. Van Eeuwijk. 1987. The relationship between high-molecular-weight glutenin sub- units, bread-making quality and yield of winter wheat. pp. 159-172. In: Biorghi, B. (ed), Agriculture. Hard wheat agronomic, technological, biochemical and genetic aspects. Commission of the European Communities, Luxambourg.

[ Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2025-08-23 ]

[ DOR: 20.1001.1.24763594.1376.1.1.3.5 ]