

تنوع الی زیرواحدهای گلوتنین با وزن مولکولی پایین در مکان‌های *Glu-A3*، *Glu-B3* و *Glu-D3*

در گندم‌های نان بومی بهاره ایرانی

Allelic diversity of low molecular weight glutenin subunit at *Glu-A3*, *Glu-B3* and *Glu-D3* loci in Iranian spring bread wheat landraces

فاطمه شریعت^۱، سید ابوالقاسم محمدی^۲، مجید نوروزی^۳ و مصطفی ولی‌زاده^۴

چکیده

شریعت، ف. س. ا. محمدی، م. نوروزی و م. ولی‌زاده. ۱۳۹۴. تنوع الی زیرواحدهای گلوتنین با وزن مولکولی پایین در مکان‌های *Glu-A3*، *Glu-B3* و *Glu-D3* در گندم‌های نان بومی بهاره ایرانی. مجله علوم زراعی ایران. ۱۷(۱): ۸۷-۷۴.

در برنامه اصلاح گندم، کیفیت نانوائی یکی از اولویتهای مهم بوده و اصلاح ارقام پرمحصول با کیفیت نانوائی بالا بسیار حائز اهمیت است. در آزمایش حاضر، تنوع الی ژن‌های رمز کننده گلوتنین با وزن مولکولی پایین (LMW-GS) در ۱۵۴ گندم نان بهاره بومی ایرانی و رقم بهار چینی (Chinese Spring) با استفاده از آغازگرهای اختصاصی گروه مورد بررسی قرار گرفتند. برای مکان‌های *Glu-A3*، *Glu-B3* و *Glu-D3*، به ترتیب ۱۲، ۲ و ۹ آلل تکثیر شدند. در مکان ژنی *Glu-A3*، با استفاده از دو جفت آغازگر *Glu3A.2* و *Glu3A.3* به ترتیب ژن‌های زیرگروه رمز کننده پروتئین‌هایی با توالی انتهایی آمینی -MDTSCIP- و -METSCIP- تکثیر گردیدند. قطعه ۷۰۰ جفت بازی با ۴۵/۳ درصد و قطعه ۷۴۲ جفت بازی با ۰/۲ درصد به ترتیب بیشترین و کمترین فراوانی را داشتند. برای مکان ژنی *Glu-B3*، براساس جفت آغازگر *Glu3B.2* طراحی شده براساس ژن‌های زیرگروه رمز کننده پروتئین‌هایی با توالی انتهایی آمینی -METSHIPG-، دو قطعه ۴۴۰ و ۴۲۱ جفت بازی با فراوانی ۷۳/۲ درصد و ۲۶/۸ درصد تکثیر شدند. جفت آغازگرهای *Glu3D.2*، *Glu3D.3* و *Glu3D.4* طراحی شده به ترتیب بر اساس ژن‌های زیرگروه رمز کننده پروتئین‌هایی با توالی انتهایی آمینی -METSrv-، -METCIP- و -METSCIP- جهت تکثیر مکان *Glu-D3* استفاده شده و آلل ۷۰۰ جفت بازی با ۳۴ درصد و آلل ۵۸۹ جفت بازی با ۰/۷ درصد بیشترین و کمترین فراوانی را در این جایگاه داشتند. میزان اطلاعات چندشکلی از ۰/۰۹ تا ۰/۷۲ با میانگین ۰/۲۲ و تنوع ژنی یا هتروزیگوتی مورد انتظار از ۰/۱ تا ۰/۷۶ با متوسط ۰/۲۴ متغیر بود. برای بررسی رابطه تنوع الی ژن‌های LMW-GS گندم‌های بهاره ایران و مناطق آب و هوایی کشور، تجزیه واریانس مولکولی انجام شد. نتایج تجزیه واریانس مولکولی داده‌های حاصل از آغازگرهای اختصاصی LMW-GS، نشان داد که واریانس درون و بین گروهی به ترتیب ۸۷ و ۱۳ درصد واریانس کل مولکولی را تبیین کردند.

واژه‌های کلیدی: آغازگرهای اختصاصی گروه، تنوع ژنی، گندم نان و مکان ژنی.

مقدمه

در برنامه اصلاح گندم نان، کیفیت نانوائی یکی از اولویت‌های مهم بوده و ارقام جدید معرفی شده باید دارای کیفیت نانوائی قابل قبول باشند. تنوع محصولات نهایی که گندم در آنها استفاده می‌شود، به تولید ارقام با دامنه وسیعی از خصوصیات که کیفیت دانه را تحت تاثیر قرار می‌دهند، نیاز دارد. شناسایی خصوصیات کیفی که مورد نظر بازار گندم است، برای طراحی برنامه به‌نژادی به منظور تولید ارقامی که بالاترین استانداردهای کیفیت برای بازار را داشته باشند، ضروری می‌باشد (Arzani, 2001).

زیرواحد گلوتنین با وزن مولکولی پایین (LMW-GS) و زیرواحد گلوتنین با وزن مولکولی بالا (HMW-GS) اجزای مهم کمپلکس گلوتنین گندم هستند. این پروتئین‌ها توسط خانواده ژنی با تنوع بالا رمز می‌شوند (Gale, 2005). مکان‌های ژنی رمزکننده زیرواحدهای گلوتنین با وزن مولکولی پایین شناسایی شده در بازوی کوتاه گروه کروموزومی یک شامل *Glu-A3* در *AS1*، *Glu-B3* در *BS1* و *Glu-D3* در *DS1* می‌باشند (Singh and Shepherd, 1985). ژو و همکاران (Xu et al., 2006) گزارش کردند که LMW-GS در تشکیل پلی‌مرهای بزرگ گلوتنین و افزایش کشسانی خمیر نقش دارد. به دلیل اهمیت LMW-GS در کیفیت آرد و مشکلاتی که در شناسایی آن‌ها از طریق روش‌های موجود وجود دارد، طراحی و ایجاد نشانگرهای اختصاصی برای شناسایی ال‌های مختلف LMW-GS ضروری است (Gale, 2005). استفاده از آغازگرهای اختصاصی، روشی ساده و دقیق بوده و شناسایی ال‌ها را در هر مرحله از رشد گندم میسر می‌سازد (Si et al., 2012).

کلیه فرآورده‌های حاصل از آرد گندم نیازمند خمیری با کشش پذیری بالا می‌باشند، بنابراین اکثر اصلاح‌کنندگان به دنبال ارقام اصلاحی حاوی ال‌هایی از گلوتنین با وزن مولکولی پایین می‌باشند

و این موضوع به عنوان یک راهکار عمومی مورد پذیرش واقع شده است. بر اساس داده‌های موجود در بانک اطلاعاتی NCBI، تعداد کل ژن‌های شناسایی شده برای LMW-GS تاکنون ۲۲۵ می‌باشد. اطلاعات مرتبط با ساختار این ژن‌ها بر اساس مشخصات بیش از ۷۰ همسانه cDNA از ژن‌های LMW-GS گزارش شده در بانک اطلاعات، به دست آمده است (D'Ovidio and Masci, 2004). وان کمپنهاوت و همکاران (Van Campenhout et al., 1995) بر اساس داده‌های حاصل از توالی‌یابی DNA، سه جفت آغازگر اختصاصی بر اساس ژنوم گندم بهار چینی (Chinese Spring) برای شناسایی و تکثیر ژن‌های رمزکننده زیرواحدهای گلوتنین با وزن مولکولی پایین طراحی و جایگاه کروموزومی سه ژن رمزکننده LMW-GS را شناسایی کردند. آن‌ها گزارش کردند که استفاده از این آغازگرها می‌تواند در تفکیک ارقام گندم با کیفیت نانوائی متفاوت موثر باشد. لانگ و همکاران (Long et al., 2005) ۶۹ ژن شناخته شده رمزکننده گلوتنین‌های با وزن مولکولی پایین گندم را بر پایه نتایج حاصل از توالی انتهای آمینی آن‌ها به نه گروه تقسیم و برای هر گروه آغازگرهای اختصاصی طراحی کردند. بر اساس تجزیه فیلوژنتیکی ۶۹ ژن رمزکننده LMW-GS، ۳۰ ژن به مکان ژنی *Glu-A3*، ۱۷ ژن به مکان ژنی *Glu-B3* و ۲۲ ژن به مکان ژنی *Glu-D3* منتسب شدند.

تاناکا و همکاران (Tanaka et al., 2005) در بررسی تنوع ژنی زیرواحدهای گلوتنین با وزن مولکولی پایین در رقم گندم نان آسیایی با استفاده از آغازگرهای اختصاصی، چهار ال برای مکان *Glu-A3*، چهار ال برای مکان *Glu-B3* و یک ال برای مکان *Glu-D3* شناسایی کردند. در مطالعه تنوع الی زیرواحدهای گلوتنین با وزن مولکولی پایین در رقم تجاری گندم نان با استفاده از آغازگرهای اختصاصی، تنوع قابل ملاحظه‌ای در ارقام گندم نان ایران گزارش شده است

شد. برای استخراج DNA ژنومی، بذره‌های ژنوتیپ‌های گندم در گلدان‌های پلاستیکی کشت شده و در مرحله ۳-۴ برگ‌گی، نمونه‌های برگ‌گی از ۱۰ بوته برای هر ژنوتیپ برداشت شد. نمونه‌های برداشت شده در نیتروژن مایع منجمد و به آزمایشگاه منتقل و برای استخراج DNA و استفاده طولانی مدت در فریزر ۸۰- درجه سلسیوس نگهداری شدند. استخراج DNA ژنومی به روش CTAB (Saghai Maroof *et al.*, 1984) انجام شد. کیفیت و کمیت نمونه‌های DNA با استفاده از الکتروفورز ژل ۰/۸ درصد آگارز و اسپکتروفوتومتری تعیین شد.

تکثیر قطعات با استفاده از آغازگرهای اختصاصی ژن‌های رمزکننده گلوٲنین با وزن مولکولی پایین در حجم ۱۰ میکرولیتر با انجام شد که شامل ۰/۱۵ میکرولیتر آنزیم DNA polymerase Taq (با غلظت ۵ واحد در میکرولیتر)، ۰/۲ میکرولیتر مخلوط نوکلئوتیدها (با غلظت ۱۰۰ میلی مولار)، ۰/۴ میکرولیتر کلرید منیزیم (با غلظت ۱۰۰ میلی مولار)، یک میکرولیتر بافر PCR (با غلظت ۱۰ برابر)، ۰/۵ میکرولیتر از هر آغازگر پیش رو و آغازگر پس رو (با غلظت ۱۰ پیکومول در میکرولیتر)، دو میکرولیتر DNA ژنومی (با غلظت ۲۵ نانوگرم در میکرولیتر) و ۵/۲۵ میکرولیتر آب دیونیزه بود. چرخه‌های حرارتی شامل یک چرخه واسرشته‌سازی اولیه در دمای ۹۵ درجه سانتی گراد به مدت پنج دقیقه، ۳۵ چرخه با واسرشته‌سازی در دمای ۹۵ درجه سانتی گراد به مدت یک دقیقه، اتصال آغازگر در دمای اختصاصی به مدت یک دقیقه و بسط در دمای ۷۲ درجه سانتی گراد به مدت یک دقیقه و نهایتاً یک چرخه بسط نهایی به مدت هفت دقیقه در دمای ۷۲ درجه سانتی گراد بودند. اطلاعات مربوط به نام، مکان کروموزومی، توالی و دمای اتصال آغازگرها در جدول ۲ ارائه شده است. جداسازی محصولات تکثیر شده با استفاده از الکتروفورز ژل پلی‌آکرلامید چهار درصد و در دستگاه الکتروفورز Real time gel system

(Hoseinian *et al.*, 2010). تنهائیان و همکاران (Tanhaiyan *et al.*, 2009) با بررسی تنوع اللی مکان ژنی *Glu-B3* در ارقام گندم زراعی ایران با استفاده از جفت آغازگر اختصاصی طراحی شده توسط لانگ و همکاران (Long *et al.*, 2005) شش ال به طول ۵۵۰-۴۵۰ جفت باز گزارش نمودند. ارتباط بین تنوع اللی در *Glu-B3* با پارامترهای مربوط به کیفیت نانویی در این تحقیق، نشان داد که آغازگر اختصاصی قادر به شناسایی تنوع در مکان ژنی *Glu-B3* بوده و بین حضور الگوی باندی خاص و بعضی صفات مرتبط با کیفیت نانویی همبستگی وجود دارد.

با توجه به اهمیت کیفیت نانویی گندم به عنوان یکی از اولویت‌های اصلاحی مهم در طراحی برنامه به‌نژادی و با توجه به احتمال حضور ال‌های مفید و موثر در افزایش کیفیت نانویی در توده‌های بومی گندم نان، اهداف این تحقیق عبارت بودند از:

- بررسی تنوع اللی ژن‌های LMW-GS در ۱۵۴ گندم نان بهاره بومی با استفاده از آغازگرهای اختصاصی گروه مربوط به مکان ژنی *Glu-B3*، *Glu-A3* و *Glu-D3*.

- شناسایی تعداد ال‌های مختلف در هر مکان ژنی و تعیین طول تقریبی و فراوانی آن‌ها
- گروه‌بندی توده‌های بومی گندم بهاره ایران براساس تنوع اللی ژن‌های رمزکننده LMW-GS

مواد و روش‌ها

مواد گیاهی مورد استفاده در آزمایش حاضر متشکل از ۱۵۴ توده گندم بومی ایران با عادت رشدی بهاره جمع‌آوری شده از نقاط مختلف کشور بود که از بانک ژن مرکز بین‌المللی تحقیقات ذرت و گندم (CIMMYT) دریافت شدند. از گندم رقم بهار چینی (Chinese Spring) نیز به عنوان استاندارد استفاده شد (جدول ۱). این پژوهش در سال ۱۳۹۰ و در آزمایشگاه ژنومیکس و اصلاح نباتات مولکولی دانشگاه تبریز اجرا

جدول ۱- اسامی ژنوتیپ‌های گندم مورد استفاده در آزمایش

Table 1. Wheat genotype names

ردیف				ردیف				ردیف			
Number	Erea	منطقه	GID	Number	Erea	منطقه	GID	Number	Erea	منطقه	GID
1	Sanandaj1	۱- مستاج	187462	53	Birjand9	۹- بیرجند	188166	105	Sabzvar18	۱۸- سبزوار	373777
2	Kermanshah1	۱- کرمانشاه	187469	54	Arak2	۲- اراک	188230	106	Yazd7	۷- یزد	373778
3	Gazvin1	۱- قزوین	187472	55	Gilane-Gharb4	۴- گیلان غرب	188238	107	Ghoochan13	۱۳- قوچان	373795
4	Shah-Abad1	۱- اسلام آباد غرب	187475	56	Gazvin8	۸- قزوین	188239	108	Tabas4	۴- طبس	373808
5	Kerend1	۱- کرد	187481	57	Gorgan2	۲- گرگان	188243	109	Tabas5	۵- طبس	2436888
6	Saveh1	۱- ساوه	187485	58	Sanandaj4	۴- مستاج	188246	110	Esfahan16	۱۶- اصفهان	373676
7	Gazvin2	۲- قزوین	187488	59	Sanandaj5	۵- مستاج	188254	111	Saghez3	۳- سقز	2436889
8	Hamedan1	۱- همدان	187515	60	Mahidasht2	۲- ماهیدشت	188255	112	Sabzvar19	۱۹- سبزوار	2436902
9	Gorgan1	۱- گرگان	187518	61	Sanandaj6	۶- مستاج	188259	113	Shiraz8	۸- شیراز	2436907
10	Neishabour2	۲- نیشابور	187550	62	Malayer3	۳- ملایر	188269	114	Shiraz9	۹- شیراز	2436908
11	Dastjerd1	۱- دستجرد	187551	63	Toyserkan2	۲- تویرکان	188280	115	Maragheh2	۲- مراغه	147443
12	Bojnourd3	۳- بجنورد	187583	64	Torbat-Heidari2	۲- تربت حیدریه	188290	116	Iran46	۴۶- ایران	188983
13	Feridan1	۱- فریدان	187585	65	Sabzvar6	۶- سبزوار	188324	117	Iran47	۴۷- ایران	189069
14	Semirom1	۱- سمرق	187631	66	Sabzvar7	۷- سبزوار	188325	118	Iran49	۴۹- ایران	188983
15	Ghoochan2	۲- قوچان	187636	67	Sabzvar9	۹- سبزوار	188330	119	Iran50	۵۰- ایران	189069
16	Birjand3	۳- بیرجند	187637	68	Bojnourd6	۶- بجنورد	188332	120	Tehran1	۱- تهران	147499
17	Shiraz2	۲- شیراز	187664	69	Kashmar3	۳- کاشمر	188338	121	Birjand11	۱۱- بیرجند	187566
18	Shiraz3	۳- شیراز	187665	70	Yazd5	۵- یزد	188339	122	Sarakhs2	۲- سرخس	187976
19	Fasa1	۱- فسا	187676	71	Sabzvar13	۱۳- سبزوار	188355	123	Iran51	۵۱- ایران	188982
20	Shiraz5	۵- شیراز	187686	72	Sabzvar14	۱۴- سبزوار	188363	124	Iran52	۵۲- ایران	189428
21	Ardabil1	۱- اردبیل	187699	73	Ardakan3	۳- اردکان	188368	125	Zanjan3	۳- زنجان	283104
22	Shiraz7	۷- شیراز	187742	74	Mashhad7	۷- مشهد	188370	126	Shahrood5	۵- شاهرود	283300
23	Mashhad2	۲- مشهد	187787	75	Mashhad10	۱۰- مشهد	188383	127	Semnan3	۳- سمنان	283321
24	Torbat-Jam2	۲- تربت جام	187793	76	Sabzvar15	۱۵- سبزوار	188384	128	Kerman5	۵- کرمان	284067
25	Zanjan2	۲- زنجان	187810	77	Bojnourd8	۸- بجنورد	188412	129	Zahedan1	۱- زاهدان	284078
26	Mashhad3	۳- مشهد	187814	78	Bojnourd10	۱۰- بجنورد	188418	130	Zahedan2	۲- زاهدان	284083
27	Sanandaj3	۳- مستاج	187818	79	Hamedan4	۴- همدان	188425	131	Zahedan3	۳- زاهدان	284101
28	Naghadheh1	۱- نغده	187838	80	Tabas2	۲- طبس	188441	132	Zahedan4	۴- زاهدان	284104
29	Borujerd2	۲- بروجرد	187848	81	Shahre-Kord4	۴- شهرکرد	188444	133	Esfahan18	۱۸- اصفهان	284138
30	Mahabad1	۱- مهاباد	187853	82	Hashi-Rood2	۲- هشتروند	188449	134	Esfahan19	۱۹- اصفهان	284151
31	Mahabad2	۲- مهاباد	187855	83	Arak3	۳- اراک	373467	135	Esfahan20	۲۰- اصفهان	284251
32	Ghoochan5	۵- قوچان	187856	84	Hamedan5	۵- همدان	373482	136	Esfahan21	۲۱- اصفهان	284368
33	Ghoochan6	۶- قوچان	187857	85	Tabas3	۳- طبس	373485	137	Esfahan22	۲۲- اصفهان	284369
34	Mashhad4	۴- مشهد	187858	86	Torbat-Jam8	۸- تربت جام	373571	138	Shahre-Kord7	۷- شهرکرد	373522
35	Fooman1	۱- فومن	187863	87	Gorgan3	۳- گرگان	373672	139	Mashhad14	۱۴- مشهد	375175
36	Bojnourd4	۴- بجنورد	188025	88	Semnan2	۲- سمنان	373674	140	Shahre-Kord8	۸- شهرکرد	375560
37	Bojnourd5	۵- بجنورد	188026	89	Mashhad13	۱۳- مشهد	373682	141	Mashhad15	۱۵- مشهد	375564
38	Dareh-Gaz2	۲- دره گر	188027	90	Shirvan3	۳- شیروان	373716	142	Mashhad16	۱۶- مشهد	375566
39	Ghoochan7	۷- قوچان	188028	91	Dareh-Gaz3	۳- دره گر	373726	143	Mashhad17	۱۷- مشهد	375567
40	Sarakhs1	۱- سرخس	188029	92	Ghoochan12	۱۲- قوچان	373730	144	Mashhad18	۱۸- مشهد	375570
41	Shahrud1	۱- شاهرود	188037	93	Ghasrehirin3	۳- قصر شیرین	373733	145	Mashhad19	۱۹- مشهد	375583
42	Ghoochan8	۸- قوچان	188051	94	Malayer4	۴- ملایر	373743	146	Kerman7	۷- کرمان	375679
43	Shahrud2	۲- شاهرود	188055	95	Mahi-Dasht3	۳- ماهی دشت	373745	147	Kerman8	۸- کرمان	375681
44	Shahrud3	۳- شاهرود	188067	96	Gazvin10	۱۰- قزوین	373754	148	Kerman9	۹- کرمان	375687
45	Najaf-Abad2	۲- نجف آباد	188076	97	Varamin2	۲- ورامین	373756	149	Kerman10	۱۰- کرمان	375698
46	Shah-Abad3	۳- اسلام آباد غرب	188086	98	Gilane-Gharb5	۵- گیلان غرب	373758	150	Kerman11	۱۱- کرمان	375720
47	Mashhad6	۶- مشهد	188095	99	Hamedan6	۶- همدان	373759	151	Esfahan23	۲۳- اصفهان	375905
48	Shah-Abad4	۴- اسلام آباد غرب	188105	100	Esfahan15	۱۵- اصفهان	373760	152	Esfahan24	۲۴- اصفهان	375961
49	Gazvin6	۶- قزوین	188113	101	Neishabour8	۸- نیشابور	373764	153	Yazd8	۸- یزد	376010
50	Sabzvar4	۴- سبزوار	188122	102	Ghasrehirin4	۴- قصر شیرین	373769	154	Tehran2	۲- تهران	2437268
51	Ghoochan9	۹- قوچان	188125	103	Shah-Abad7	۷- اسلام آباد غرب	373770	155	Ch	بهاره جتی	
52	Torbat-Jam6	۶- تربت جام	188136	104	Kashmar4	۴- کاشمر	373773				

۱: کد شناسایی در CIMMYT

مدل GS-3000 کمپانی Corbett robotics انجام شد. چاهک‌های ابتدا و انتهای ژل نشانگر وزن مولکولی با برای تعیین اندازه نسبی قطعات تکثیر شده در اندازه قطعات ۱۰۰ تا ۱۰۰۰ جفت باز استفاده شد.

جدول ۲- مشخصات آغازگرهای اختصاصی گروه، برای تکثیر ژن‌های رمزکننده گلوتنین‌های با وزن مولکولی پایین

Table 2. Group-specific primers properties for amplification of LMW-GS genes

نام آغازگر Marker	توالی ۵'-۳' Sequence (5'-3')	مکان کروموزومی Chromosome location	دمای اتصال (°C) Annealing temperature(°C)
Glu3A.2	AGTGCCATTGCGCAGATGAAT AACGGATGGTTGAACAATAGA	1AS	54.8
Glu3A.3	ATGGAGACTAGCTGCATCC CTGCAAAAAGGTACCCCTTTT	1AS	62
Glu3B.2	CCTAGCTTGGAGAAACCATT CAAGATAGATGGCTGAATAG	1BS	51
Glu3D.2	ATGGAGACTAGCCGCGTCCCT TGACCTAGCAAGACGTTGCGA	1DS	64
Glu3D.3	ATGGAGACTAGATGCATCCCT AGATTGGATGGAACCCCTGAAC	1DS	56
Glu3D.4	ATGGAGACTAGCTGCATCT CTGCAAAAAGGTACCCCTGTA	1DS	62

از نرم‌افزار GenALEx 6 (Peakall and Smouse, 2006) انجام شد. گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها بر اساس داده‌های حاصل از ژن‌های LMW-GS با الگوریتم Neighbor-Joining و ضریب فاصله Jukes-Cantor در نرم‌افزار MEGA 5.05 (Tamura *et al.*, 2011) انجام گرفت.

نتایج و بحث

برای بررسی تنوع اللی ژن‌های LMW-GS در گندم‌های بهاره بومی از نه جفت آغازگر اختصاصی طراحی شده توسط لانگ و همکاران (Long *et al.*, 2005) برای نه گروه ژنی طبقه‌بندی شده براساس توالی اسید آمینی حفاظت شده انتهای آمینی پروتئین آن‌ها استفاده شد. از مجموع نه جفت آغازگر دو، یک و سه جفت آغازگر به ترتیب مربوط به مکان ژنی *Glu-A3*، *Glu-B3* و *Glu-D3* در ژنوتیپ‌های مورد مطالعه تکثیر نشان دادند.

۱- تنوع اللی در مکان ژنی *Glu-A3*

برای تکثیر ژن‌های زیر گروه مکان *Glu-A3* از دو

تجزیه آماری

الگوی نواری حاصل از جفت آغازگرها به صورت صفر (عدم وجود نوار) و یک (وجود نوار) امتیازدهی شدند. تعداد ال‌ها و فراوانی اللی در هر مکان ژنی و هر جفت آغازگر نیز برآورد شد. برای تعیین قدرت تمایز نشانگر، پارامترهای میزان اطلاعات چندشکلی (PIC) (Botstein *et al.*, 1980) و شاخص تنوع ژنی نی (H) (Nei, 1973) یا هتروزیگوتی مورد انتظار با استفاده از روابط زیر توسط نرم‌افزار PowerMarker V3.25 (Liu and Muse, 2005) محاسبه گردید.

$$PIC = 1 - \sum p_i^2 - \sum p_i^2 p_j^2 \quad (1)$$

$$H = 1 - \sum p_i^2 \quad (2)$$

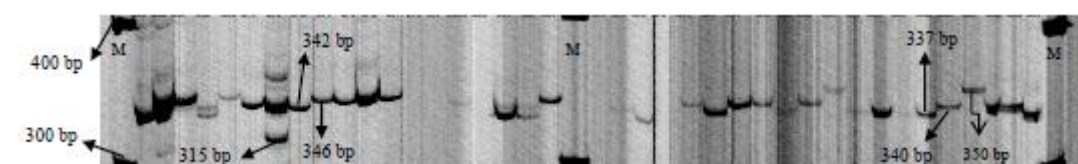
p_i و p_j به ترتیب فراوانی ال نام و زام هستند.

گندم‌های بهاره ایران بر اساس مناطق آب و هوایی کشور به شش گروه شامل مناطق سرد، کوهستانی، معتدل، گرم، خشک و ناشناخته تقسیم و تجزیه واریانس مولکولی (AMOVA) (Excoffier *et al.*, 1992) تفکیک واریانس مولکولی کل به واریانس ژنتیکی درون و بین گروهی با استفاده

کوتاه کروموزوم 1A قرار دارند، هفت ال شناسایی شد (شکل ۱). در رقم بهار چینی قطعه‌ای با استفاده از این جفت آغازگر تکثیر نشد. قطعات تکثیری دارای اندازه ۳۵۸، ۳۵۰، ۳۴۶، ۳۴۲، ۳۴۰، ۳۳۷ و ۳۱۵ جفت باز به ترتیب با فراوانی ۲/۲، ۷، ۴/۱۷، ۴۰، ۳/۱۶، ۲/۱۵ و ۹/۱ درصد بودند. قطعه ۳۴۲ جفت بازی با فراوانی ۴۰ درصد بیشترین و قطعه ۳۱۵ جفت بازی با فراوانی ۹/۱ درصد کمترین فراوانی را در بین قطعات تکثیر شده به خود اختصاص دادند (شکل ۲). لانگ و همکاران (Long *et al.*, 2005) با استفاده از این جفت آغازگر در ۲۷ گندم دیپلوئید سه ال با اندازه‌های ۳۲۰، ۳۴۰ و ۳۵۰ جفت باز را شناسایی نمودند. هفت ال تکثیر شده در این مطالعه تنوع الی بالای ژن‌های گلوٹنین با وزن مولکولی پایین گندم‌های بومی ایران را نشان می‌دهد.

جفت آغازگر اختصاصی گروه، شامل Glu3A.2 و Glu3A.3 استفاده شد. با استفاده از این دو جفت آغازگر در مجموع، ۱۲ ال در مکان *Glu-A3* تکثیر شدند. قطعه ۷۰۰ جفت بازی با ۴۵/۳ درصد و قطعه ۷۴۲ جفت بازی با ۰/۲ درصد بیشترین و کمترین فراوانی را داشتند. تاناکا و همکاران (Tanaka *et al.*, 2005) در بررسی تنوع ژنی زیرواحدهای گلوٹنین با وزن مولکولی پایین در ۲۳۳ رقم گندم نان آسیایی با استفاده از آغازگرهای اختصاصی چهار ال برای مکان *Glu-A3* شناسایی کردند و ال ۵۵۴ جفت بازی با فراوانی ۶۱ درصد بالاترین فراوانی را داشت.

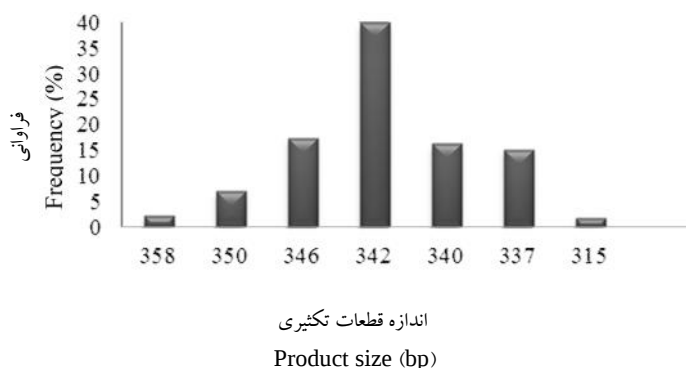
با استفاده از جفت آغازگر Glu3A.2 طراحی شده براساس ژن‌های زیرگروه رمزکننده پروتئین‌هایی با توالی انتهای آمینی-MDTSCIP که روی بازوی



شکل ۱- قطعات تکثیر شده توسط جفت آغازگر Glu3A.2 در تعدادی از ژنوتیپ‌های گندم بومی بهاره ایران
M: نشانگر وزن مولکولی ۱۰۰۰ جفت باز

Fig. 1. The amplification products using Glu3A.2 primer pairs in Iranian spring wheat landraces

M: DNA ladder marker 1000 bp

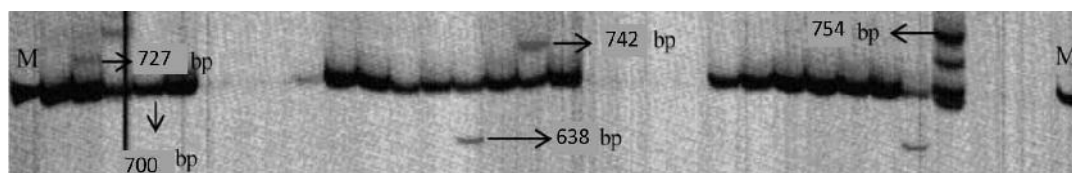


شکل ۲- فراوانی ال‌های تکثیر شده توسط جفت آغازگر Glu3A.2 در ژنوتیپ‌های گندم بومی بهاره ایران

Fig. 2. The frequency of amplified alleles using Glu3A.2 primer pairs in Iranian spring wheat landraces

با استفاده از جفت آغازگر Glu3A.3 طراحی شده براساس توالی ژن‌های زیرگروه رمزکننده پروتئین‌هایی با انتهای آمینی حفاظت شده METSHIP-1A، پنج ال در ژنوتیپ‌های بازوی کوتاه کروموزوم 1A، پنج ال در ژنوتیپ‌های مورد مطالعه تکثیر شدند (شکل ۳). قطعه ۷۵۴ جفت بازوی با ۰/۸ درصد، قطعه ۷۴۲ جفت بازوی با ۰/۴ درصد، قطعه ۷۲۷ جفت بازوی با ۲/۴ درصد، قطعه ۷۰۰ جفت بازوی با ۹۴/۸ درصد و قطعه ۶۳۸ جفت بازوی با ۱/۶ درصد مشاهده گردیدند. در بین قطعات تکثیری ال ۷۰۰ جفت بازوی با ۹۴/۸ درصد بیشترین و ال ۷۴۲ جفت بازوی با ۰/۴ درصد کمترین فراوانی را به خود

اختصاص دادند. رقم بهار چینی دارای ال ۷۰۰ جفت بازی بود. لانگ و همکاران (Long et al., 2005) یک قطعه ۶۸۰ جفت بازی را در بین ۲۷ نمونه گندم دیپلوئید گزارش کردند. لی و همکاران (Li et al., 2012) در مطالعه تنوع ژنتیکی ژن‌های LMW-GS در ۶۸ ژنوتیپ *Triticum turgidum* چینی، دو ال با اندازه‌های حدود ۷۰۰ و بزرگتر از ۷۰۰ جفت بازو به ترتیب با فراوانی ۹۸/۵ و ۱/۵ درصد گزارش کردند. حسینیان خوشرو و همکاران (Hoseinian et al., 2010) در بین ۶۲ ژنوتیپ تجاری گندم نان چهار ال با اندازه تقریبی ۵۰۰-۶۰۰ جفت بازو را شناسایی کردند.



شکل ۳- قطعات تکثیر شده توسط جفت آغازگر Glu3A.3 در تعدادی از ژنوتیپ‌های گندم بومی بهار ایران
M: نشانگر وزن مولکولی ۱۰۰۰ جفت بازو

Fig. 3. The amplification products using Glu3A.3 primer pairs in Iranian spring wheat landraces

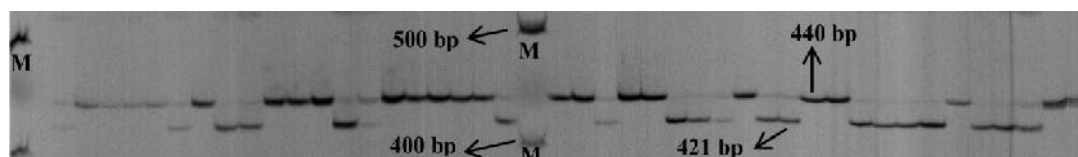
M: DNA ladder marker 1000 bp

دارند. لانگ و همکاران (Long et al., 2005) با استفاده از جفت آغازگر Glu3B.2 در لاین‌های دی تلوسومیک رقم بهار چینی، قطعه‌ای با اندازه ۴۵۰ جفت بازو تکثیر کردند. با توجه به اینکه در تحقیق حاضر از ژل آکرلامید استفاده شد که نسبت به الکتروفورز ژل آگارز مورد استفاده در آزمایش‌های قبلی، دقت بالایی در تعیین اندازه الی دارد، احتمالاً ال ۴۴۰ جفت بازی شناسایی شده، ال ۴۵۰ جفت بازی توسط محققان دیگر باشد. تنهایان و همکاران (Tanhaiyan et al., 2009) در مطالعه تنوع الی مکان ژنی *Glu-B3* در ۶۲ ژنوتیپ گندم زراعی ایران با استفاده از آغازگر Glu3B.2، چهار ال با محدوده تقریبی ۵۵۰-۴۵۰ جفت بازو گزارش نمودند.

۲- تنوع الی در مکان ژنی *Glu-B3*

در مکان ژنی *Glu-B3* فقط جفت آغازگر Glu3B.2 طراحی شده براساس ژن‌های زیرگروه رمزکننده پروتئین‌هایی با توالی حفاظت شده انتهای آمینی METSHIP-1A واقع در بازوی کوتاه کروموزوم 1B در ژنوتیپ‌های گندم بومی ایران تکثیر نشان داد. با استفاده از این جفت آغازگر دو قطعه تکثیر شد (شکل ۴). در رقم بهار چینی نیز ال ۴۴۰ جفت بازی مشاهده گردید. قطعه ۴۴۰ جفت بازی با ۷۳/۲ درصد، بیشترین و قطعه ۴۲۱ جفت بازی با ۲۶/۸ درصد، کمترین فراوانی را دارا بودند. ژائو و همکاران (Zhao et al., 2007) گزارش کردند که زیرواحدهای گلوٹنین با وزن مولکولی پایین در مکان *Glu-B3* تاثیر معنی‌داری روی کیفیت محصولات نهایی گندم

"تنوع الی زیرواحدهای گلوتنین با وزن مولکولی..."



شکل ۴- ال‌های تکثیر شده توسط جفت آغازگر Glu3B.2 در تعدادی از ژنوتیپ‌های گندم بومی بهاره ایران
M: نشانگر وزن مولکولی ۱۰۰۰ جفت باز

Fig. 4. The amplification products using Glu3B.2 primer pairs in Iranian spring wheat landraces

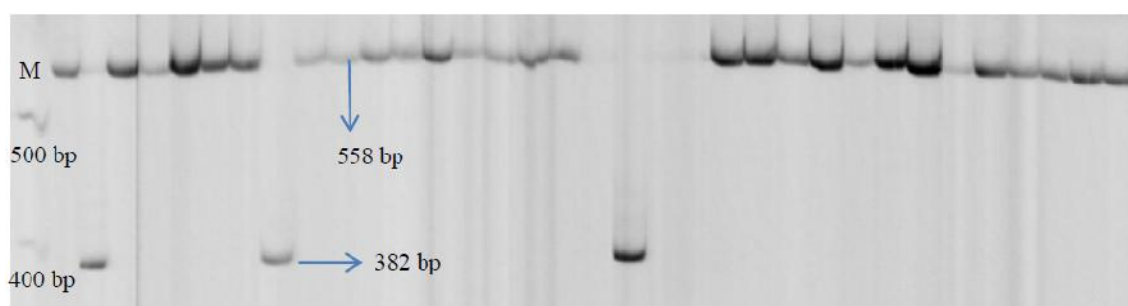
M: DNA ladder marker 1000 bp

جفت آغازگر تکثیر نشد. ال ۵۵۸ جفت بازی در ۱۳۳ ژنوتیپ و با ۹۲/۴ درصد تکثیر شد. در مجموع ۱۱ ژنوتیپ حامل ال ۳۸۲ بازی بودند و ۷/۶ درصد فراوانی را به خود اختصاص دادند. حسینیان خوشرو و همکاران (Hoseinian *et al.*, 2010) با استفاده از آغازگر Glu3D.2، چهار ال در محدوده ۳۵۰-۵۵۰ جفت باز در ۶۲ ژنوتیپ تجاری گندم نان گزارش کردند. لانگ و همکاران (Long *et al.*, 2005) در مطالعه ۲۷ گندم دیپلوئید *Ae. tauschii* قطعه ۵۴۰ جفت بازی را گزارش کردند.

۳- تنوع الی در مکان ژنی *Glu-D3*

برای تکثیر ژن‌های زیرگروه LMW-GS در مکان *Glu-D3* از سه جفت آغازگر Glu3D.2، Glu3D.3 و Glu3D.4 استفاده شد که در مجموع ۹ ال در این مکان تکثیر گردید.

جفت آغازگر Glu3D.2 طراحی شده براساس توالی ژن‌های زیرگروه رمزکننده پروتئین‌هایی با انتهای آمینی حفاظت شده METSRV- واقع در بازوی کوتاه 1D، دو قطعه با اندازه‌های ۵۵۸ و ۳۸۲ جفت باز در ژنوتیپ‌های گندم بهاره بومی تکثیر کرد (شکل ۵). در رقم بهار چینی قطعه‌ای با استفاده از این



شکل ۵- قطعات تکثیر شده توسط جفت آغازگر Glu3D.2 در تعدادی از ژنوتیپ‌های گندم بومی بهاره ایران
M: نشانگر وزن مولکولی ۱۰۰۰ جفت باز

Fig. 5. The amplification products using Glu3D.2 primer pairs in Iranian spring wheat landraces

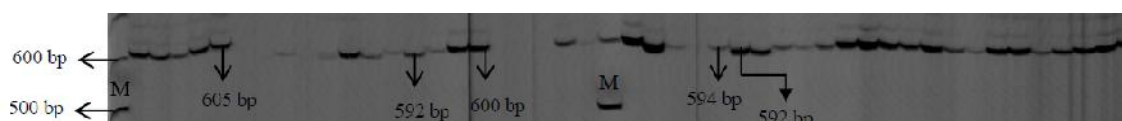
M: DNA ladder marker 1000 bp

کروموزوم 1D قرار دارند، شش ال تکثیر (شکل ۶). در رقم بهار چینی قطعه‌ای با استفاده از این جفت آغازگر تکثیر نشد.

با استفاده از جفت آغازگر Glu3D.3 طراحی شده براساس ژن‌های زیرگروه رمزکننده پروتئین‌هایی با توالی انتهای آمینی METCIP- که روی بازوی کوتاه

اللی زیرواحدهای گلوٲین با وزن مولکولی پایین در ۱۶ ژنوتیپ گندم تتراپلوئید بومی ایران گزارش شده است (Amini *et al.*, 2012). حسینان خوشرو و همکاران (Hoseinian *et al.*, 2010) با استفاده از آغازگر Glu3D.3، هفت ال در محدوده ۵۵۰-۶۵۰ جفت باز در ۶۲ ژنوتیپ تجاری گندم نان تکثیر کردند.

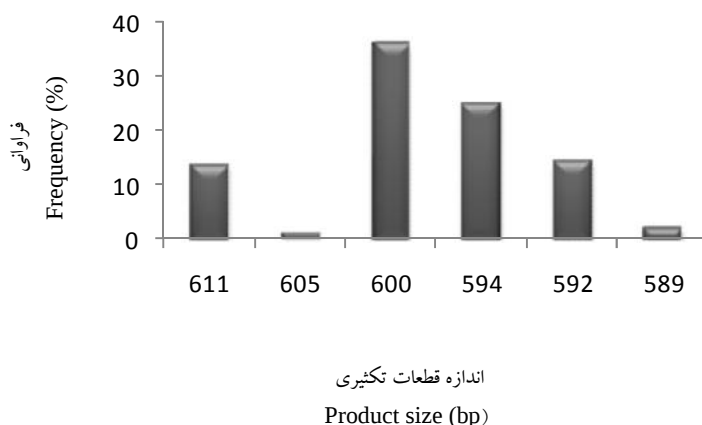
قطعات تکثیری دارای اندازه ۶۱۱، ۶۰۵، ۶۰۰، ۵۹۴، ۵۹۲ و ۵۸۹ جفت باز به ترتیب با فراوانی ۱۳/۵، ۹، ۳۶/۱، ۲۴/۸، ۱۴/۳ و ۲/۳ درصد بودند. در بین ال‌های تکثیر شده، قطعه ۶۰۰ جفت بازی با ۳۶/۱ درصد و قطعه ۵۸۹ جفت بازی با ۲/۳ درصد به ترتیب بالاترین و پایین‌ترین فراوانی را دارا بودند (شکل ۷). ال ۶۰۰ جفت بازی با فراوانی ۳۷/۵ درصد در مطالعه تنوع



شکل ۶- قطعات تکثیر شده توسط جفت آغازگر Glu3D.3 در تعدادی از ژنوتیپ‌های گندم بومی بهاره ایران
M: نشانگر وزن مولکولی ۱۰۰۰ جفت باز

Fig. 6. The amplification products using Glu3D.3 primer pair in Iranian spring wheat landraces

M: DNA ladder marker 1000 bp



شکل ۷- فراوانی ال‌های تکثیر شده توسط جفت آغازگر Glu3D.3 در ژنوتیپ‌های گندم بومی بهاره ایران

Fig. 7. The frequency of amplified alleles using Glu3D.3 primer pairs in Iranian spring wheat landraces

استفاده از جفت آغازگر Glu3D.4، حسینان خوشرو و همکاران (Hoseinian *et al.*, 2010) پنج ال با اندازه ۶۵۰-۷۵۰ جفت باز در ژنوتیپ‌های تجاری گندم نان شناسایی کردند.

پارامترهای ژنتیکی جفت آغازگرها

ال شایع، اللی است که بیشترین فراوانی را در بین ال‌های تکثیر شده توسط یک جفت آغازگر دارد. میانگین این شاخص برای جفت آغازگرهای چند

توسط جفت آغازگر Glu3D.4 طراحی شده براساس ژن‌های زیرگروه رمزکننده پروتئین‌هایی با توالی انتهای آمینی -METSCIS یک قطعه با اندازه ۷۰۰ جفت باز در گندم‌های بهاره ایران تکثیر شد. در این جایگاه دو ال با اندازه‌های ۷۰۰ و ۷۵۰ جفت بازی را در مطالعه تنوع اللی زیرواحدهای گلوٲین با وزن مولکولی پایین در ۱۶ ژنوتیپ گندم تتراپلوئید بومی ایران گزارش شده است (Amini *et al.*, 2012). با

لانگ و همکاران (Long et al., 2008) تنوع طولی ژنهای کنترل کننده گلوٹنینهای با وزن مولکولی پایین را در ۷۱ ژنوتیپ گندم توسط آغازگرهای اختصاصی مطالعه و تنوع بالایی را در ناحیه تکراری ژنهای LMW-GS گزارش کردند. میزان شاخص تنوع ژنی نی در گونههای وحشی *T. urartu* و *T. boeoticum* به ترتیب ۰/۸۱ و ۰/۷۸ بدست آمد. از تنوع ژنتیکی می توان در جهت بهبود تولید خمیر حاصل از گندمهای نان استفاده نمود.

شکل ۰/۸ و در محدوده ۰/۳۶ برای جفت آغازگر Glu3D.3 و ۰/۹۵ برای جفت آغازگر Glu3A.3 بود. حداقل و حداکثر PIC به ترتیب مربوط به آغازگر Glu3A.3 (۰/۰۹) و Glu3D.3 (۰/۷۲) با میانگین ۰/۲۲۴ برآورد شد. تنوع ژنی با میانگین ۰/۲۴ و در دامنه ۰/۱ برای جفت آغازگر Glu3A.3 تا ۰/۷۶ برای جفت آغازگر Glu3D.3 متغیر بود. میزان هتروزیگوتی مشاهده شده از ۰/۰۱ برای جفت آغازگر Glu3D.3 تا ۰/۱۸ برای جفت آغازگر Glu3A.2 با متوسط ۰/۰۵ برآورد شد (جدول ۲).

جدول ۳- پارامترهای ژنتیکی برآورد شده برای جفت آغازگرهای چند شکل در ژنوتیپهای گندم بومی ایران

Table 3. Genetic parameters estimated for polymorphic primer paires in Iranian spring wheat landraces

نام آغازگر Marker	فراوانی الل شایع Major allele frequency	تنوع ژنی Gene diversity	میزان اطلاعات چند شکلی PIC	هتروزیگوسی مشاهده شده Heterozygosity
Glu3A.2	0.38	0.77	0.74	0.13
Glu3A.3	0.93	0.13	0.13	0.14
Glu3B.2	0.72	0.4	0.32	0.16
Glu3D.2	0.91	0.17	0.16	0.07
Glu3D.3	0.3	0.79	0.76	0.01
میانگین Mean	0.65	0.45	0.42	0.1

انجام داده اند.

گروه بندی ژنوتیپها با استفاده از داده های حاصل از جفت آغازگرهای اختصاصی

برای گروه بندی ژنوتیپهای مورد مطالعه از الگوریتم Neighbor-Joining و ضریب فاصله Jukes-Cantor استفاده شد. با توجه به اعداد Bootstrap، بیشترین تمایز بین گروهها در محل برش دندروگرام با دو گروه اصلی و چهار زیر گروه ایجاد شد (شکل ۸). با توجه به شکل و نحوه قرارگیری ژنوتیپ هادر زیر گروهها عدم وجود رابطه بین تنوع الی ژنهای LMW-GS و شرایط آب و هوایی در گندمهای بومی را تایید می کند. به عنوان مثال، ژنوتیپهای شهرکرد-۴، ورامین-۲، کرمان-۷ و زاهدان-۳ در یک گروه قرار گرفتند که به ترتیب به مناطق کوهستانی، معتدل،

تجزیه واریانس مولکولی بر اساس داده های

آغازگرهای اختصاصی ژنهای LMW-GS

برای بررسی رابطه تنوع الی ژنهای LMW-GS گندمهای بهاره ایران و مناطق آب و هوایی کشور، تجزیه واریانس مولکولی انجام شد. بدین ترتیب که ابتدا ژنوتیپها بر اساس منطقه جمع آوری به شش گروه شامل مناطق سرد، کوهستانی، معتدل، گرم، خشک و ناشناخته تقسیم شدند. نتایج تجزیه واریانس مولکولی داده های حاصل از آغازگرهای اختصاصی LMW-GS نشان داد که واریانس درون و بین گروهی به ترتیب ۸۷ و ۱۳ درصد واریانس کل مولکولی را تبیین کردند. این نشان داد که کیفیت نانوائی تابع شرایط آب و هوایی نیست و زارعین در هر منطقه علاوه بر گزینش برای عملکرد بالا، گزینش برای کیفیت نانوائی مطلوب را نیز



Fig. 8. Genotype grouping of Iranian spring wheat landraces based LMW-GS specific primers and using Neighbor-joining method and Jukes-Cantor distance

گرم و خشک تعلق دارند. در مطالعه تنوع زیرواحدهای گلوتنین با وزن مولکولی پایین برای ۲۳ جمعیت از *Aegilops triuncialis* با روش SDS-PAGE گروه‌بندی نشان داد که تنوع در زیر واحدهای گلوتنین از توزیع جغرافیایی تبعیت نمی‌کند (Ghavebazu et al., 2011).

بر اساس نتایج این تحقیق به نظر می‌رسد که از تنوع وسیع موجود در داخل جمعیت‌های آزمایش حاضر می‌توان به عنوان منابع ژنتیکی مناسب برای اصلاح خصوصیات کیفی گندم نان استفاده کرد.

References

منابع مورد استفاده

- Amini, M., J. Ahmadi, M. Nagaviand R. Hosseini. 2012. Allelic diversity of low-molecular-weight glutenin subunit genes in tetraploid genotypes of Iranian wheat using specific markers. Proceeding of 12th Iranian Genetics Congress, 22-24 May, Shahid Beheshti University, Iran (In Persian).
- Arzani, A. 2001. Breeding Field Crops (2th Ed.). Isfahan University Press. (In Persian).
- Botstein, D., R. L. White, M. Skolnick and R. W. Davis. 1980. Construction of a genetic linkage map in man using restriction fragment length polymorphisms. Am. J. Human Genet. 32: 314-331.
- D'Ovidio, R. and S. Masci. 2004. The low-molecular-weight glutenin subunits of wheat gluten. J. Cereal Sci. 39: 321-339.
- Gale, K. R. 2005. Diagnostic DNA markers for quality traits in wheat. J. Cereal Sci. 41: 181-192.
- Ghavebazu, F., R. Asgharizakaria and S. Jahanbakhsh. 2011. The study of diversity glutenin subunits in *Agilops triuncialis* using SDS-PAGE. Proceeding of 1th National Conference on Economic Resolutions in the field of Agriculture and Natural Resources. Plant. 15-16 Dec., Qom, Iran. (In Persian).
- Excoffier, L., Smouse, P. and Quattro, J.M. 1992. Analysis of molecular variance inferred from metric distances among DNA haplotypes: application to human mitochondrial DNA restriction data. Genetics, 131: 479-491.
- Hoseinian-Khoshru. H., M. Behamta, M. Hassani and M. Omid. 2010. Allelic variation of low-molecular-weight glutenin subunits genes in commercial genotypes Iranian bread wheat using specific markers. Iran. J. Field Crop Sci. 41: 345-354. (In Persian with English abstract).
- Li, W., Z. Gao, Y. M. Wei, Z. E. Pu, G. Y. Chen, Y. X. Liu, H. P. Chen, X. J. Lan and Y. L. Zheng. 2012. Genetic variations of m-type LMW-GS genes and their associations with dough quality in *Triticum turgidum* ssp. *Turgidum* landraces from China. Afr. J. Agric. Res. 7: 2025-2033.
- Liu, K. and S. V. Muse. 2005. PowerMarker: Integrated analysis environment for genetic marker data. Bioinformatics, 21: 2128-2129.
- Long, H., Z. Huang, Y. M. Wei, Z. H. Yan, Z. C. Ma and Y. L. Zheng. 2008. Length variation of i-type Low-molecular-weight glutenin subunit genes in diploid wheats. Russ. J. Genet. 44: 429-435.
- Long, H., Y. M. Wei, Z. H. Yan, B. Baum, E. Nevo and Y. L. Zheng. 2005. Classification of wheat low-molecular-weight glutenin subunit genes and its chromosome assignment by developing LMW-GS group-

- specific primers. Theor. Appl. Genet. 111: 1251-1259.
- Nei, M. 1973.** Analysis of gene diversity in subdivided populations. Proc. Nat. Acad. Sci. USA, 70: 3321-3323.
- Peakall, R. and P. E. Smouse. 2006.** GENALEX 6.4: Genetic analysis in Excel: Population genetic software for teaching and research. Mol. Ecol. Notes, 6: 288-295.
- Saghai Maroof, M. A., K. Solaiman, R. A. Tprgensen and R. W. Allard. 1984.** Ribosomal DNA spacer-length polymorphism in barely: Mendelian inheritance, chromosomal location and population dynamics. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America 81: 8014-8018.
- Si, H., Y. Gao, F. Liu, Z. Li and M. Chuanxi. 2012.** Distribution of low-molecular-weight glutenin subunit *Glu-B3* alleles in minicore collections of Chinese wheat germplasms. Austr. J. Crop Sci. 9: 1390-1394.
- Singh, N.K. and K. W. Shepherd. 1985.** The structure and genetic control of a new class of disulphide-linked proteins in wheat endosperm. Theor. Appl. Genet., 71: 79-92.
- Tamura, K., J. Dudley, M. Nei and S. Kumar. 2011.** MEGA 5: Molecular evolutionary genetics analysis (MEGA) software, version 5.0. Mol. Biol. Evol. 24: 1596-1599.
- Tanaka, H., S. Toyoda and H. Tsujimoto. 2005.** Diversity of low-molecular-weight glutenin subunit genes in Asian common wheat (*Triticum aestivum* L.). Breed. Sci. 55: 349-354.
- Tanhaiyan, A., F. Shahriari, S. H. Marashi and E. Dehghan. 2009.** Study of allelic variation at *Glu-B3* locus of the Iranian bread wheat cultivars by using ALP molecular marker. Iran. J. Field Crops Res. 7: 367-374. (In Persian with English abstract).
- Van Campenhout, S., S. J. Vander, L. Sagi and G. Volckaert. 1995.** Locus-specific primers for LMW glutenin genes on each of the group1 chromosomes of hexaploid wheat. Theor. Appl. Genet. 91: 313-319.
- Xu, H., R. J. Wang, X. Shen, Y. L. Zhao, G. L. Sun, H. X. Zhao and A. G. Guo. 2006.** Functional properties of a new low-molecular-weight glutenin subunit gene from a bread wheat cultivar. Theor. Appl. Genet. 113: 1295-1303.
- Zhao, X. L., X. C. Xia, Z. H. He, Z. S. Lei, R. Appels, Y. Yang, Q. X. Sun and W. Ma. 2007.** Novel DNA variations to characterize low molecular weight glutenin *Glu-D3* genes and develop STS markers in common wheat. Theor. Appl. Genet. 114: 451-460.

Allelic diversity of low molecular weight glutenin subunit at *Glu-A3*, *Glu-B3* and *Glu-D3* loci in Iranian spring bread wheat landraces

Shariat, F¹, S. A. Mohammadi², M. Norouzi³ and M. Valizadeh⁴

ABSTRACT

Shariat, F., S. A. Mohammadi, M. Norouzi and M. Valizadeh. 2015. Allelic diversity of low molecular weight glutenin subunit at *Glu-A3*, *Glu-B3* and *Glu-D3* loci in Iranian spring bread wheat landraces. *Iranian Journal of Crop Sciences*. 17(1):74 -87. (In Persian).

Baking quality is one of the most important priorities in bread wheat breeding programs. Therefore, breeding of high yielding cultivars with high baking quality is very important. In the present study, allelic diversity of low-molecular-weight glutenin genes was analyzed in 154 Iranian spring bread wheat landraces and Chinese Spring variety using group-specific primers. In *Glu-A3*, *Glu-B3* and *Glu-D3* loci, in total 12, 2 and 9 alleles, were amplified, respectively. In *Glu-A3* locus, using two primer pairs Glu3A.2 and Glu3A.3 gene sub-groups coding proteins with the N-terminal sequences of MDTSCIP- and METSCIP- was amplified. The fragment of 700-bp length with 45.3% and fragment with size of 742-bp with 0.2% showed maximum and minimum frequency in this locus. In *Glu-B3* locus, using Glu3B.2 primer pair designed based gene on sub-groups coding proteins with the N-terminal sequence of METSHIPG-, two fragments of 440 and 421-bp with frequency of 73.2 and 26.8%, were amplified, respectively. The Glu3D.2, Glu3D.3 and Glu3D.4 primer pairs designed, based on gene sub-groups coding proteins with the N-terminal sequences of METSRV-, METCIP- and METSCIP-, were used to amplify *Glu-D3* locus. The 700-bp allele with 34% and 589-bp allele with 0.7% showed maximum and minimum allele frequency in this locus. The PIC value ranged from 0.09 to 0.72 with an average of 0.22 and gene diversity or expected heterozygosity was in the range of 0.1 to 0.76 and mean value of 0.24. Molecular analysis of variance for allele diversity of LMW-GS genes showed that the variances within groups and between groups were 87 and 13%, respectively.

Keywords: Gene diversity, Gene locus, Group-specific primers and Bread wheat.

Received: December, 2014 Accepted: February, 2015

1- Former MSc. Student, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Iran

2- Professor, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Iran

3- Assistan Prof., Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Iran
(Corresponding author)(Email: norouzi@tabrizu.ac.ir)

4- Professor, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Iran