文章编号:1000-7601(2020)01-0290-05 **doi**:10.7606/j.issn.1000-7601.2020.01.37

甘肃冬小麦高分子量麦谷蛋白亚基组成及其品质现状分析

郑 琪[1],李 欣[2],任根深[1],李兴茂[3],张爱民[2]

(1.平凉市农业科学院,甘肃 平凉 744000;2.植物细胞与染色体工程国家重点实验室,中国科学院遗传与发育生物学研究所,北京 100101;3.甘肃省农业科学院旱地农业研究所,甘肃 兰州 730070)

摘 要:对近年来甘肃冬麦区新育成和引进的 72 份冬小麦新品种(系)的高分子量麦谷蛋白亚基(HMW-GS)进行了检测和品质评价。结果表明:HMW-GS 的组成中,*Glu-A*1 位点的 3 种亚基类型(Null、1、2*)均有分布;*Glu-B*1 位点主要存在 5 种亚基类型/组合,即 7+8、7+9、6+8、13+16、20x+20y;*Glu-D*1 位点存在 Null、2+12、5+10 三种亚基类型/组合;其中,优质亚基/组合 1、2*、13+16、5+10 出现的频率分别为 70.83%、2.78%、1.39%和 33.33%。近年来甘肃冬小麦品质改良育种工作成效显著,1 和 7+8 优质亚基频率明显提高,49 个新品种(系)以 1/7+8/2+12 亚基组合类型为主,占 44.90%;1/7+8/5+10 优质亚基组合类型在新品种(系)中较少(12.24%)。因此,进一步将 14+15,13+16 和 5+10 等优质亚基导入甘肃冬麦区主栽品种,培育优质小麦新品种(系)对甘肃陇东地区小麦品质改良具有重要意义。

关键词:冬小麦;高分子量谷蛋白亚基;品质现状;甘肃省

中图分类号:S512.1;S330 **文献标志码**:A

The composition of high-molecular-weight glutenin subunits in Gansu winter wheats and analysis of their quality status

ZHENG Qi[1], LI Xin[2], REN Genshen[1], LI Xingmao[3], ZHANG Aimin[2]

(1.*Pingliang Academy of Agricultural Sciences*, *Pingliang*, *Gansu* 744000, *China*;
2.*Institute of Genetics and Developmental Biology*, *Chinese Academy of Sciences*, *Beijing* 100101, *China*;
3. *Dryland Agriculture Institute*, *Gansu Academy of Agriculture Science*, *Lanzhou*, *Gansu* 730070, *China*)

Abstract: High-molecular-weight glutenin subunits (HMW-GS) is closely related to the processing quality of wheat flour. In this study, HMW-GS compositions of 72 varieties (lines) in Gansu were investigated and the quality of them was also evaluated. The results showed that these wheat varieties (lines) had three types of HMW-GS at the *Glu-A*1 locus, namely, Null, 1, and 2*.There were five types of HMW-GS at the *Glu-B*1 locus: 7+8, 7+9, 6+8, 13+16, and 20x+20y. At the *Glu-D*1 locus, three types of HMW-GS existed. They were Null, 2+12 and 5+10. The frequency of HMW-GS 1, 2*, 13+16, and 5+10 was 70.83%, 2.78%, 1.39% and 33.33%, respectively. In recent years, the improvement of Null and 7+9 subunits composition at *Glu-A*1 and *Glu-B*1 loci in Gansu winter wheat breeding is remarkable. The frequency of good processing quality subunits of 1 and 7+8 were obviously increased. The combination of 1/7+8/2+12 was the major type in new wheat varieties (lines), which accounted for 44.90%. The percentage of new varieties (lines) with high quality subunit combination of 1/7+8/5+10 was low, accounting for only 12.24%. Therefore, introducing good quality subunits, such as 14+15 and 13+16 at *Glu-B*1 locus and 5+10 at *Glu-D*1 locus into Gansu winter varieties was highly desirable. It is also important for bread quality improvement and release of new wheat varieties in wheat production areasin east of Gansu.

收稿日期:2019-01-14 **修回日期**:2019-07-23

基金项目:国家重点研发项目(2017YFD0101003);植物细胞与染色体工程国家重点实验室开放课题(PCCE-KF-2018-01);甘肃省生物育种专项(2019GAAS07)

作者简介:郑琪(1983-),男,甘肃镇原人,硕士研究生,副研究员,主要从事小麦育种工作。E-mail:plnkszq@163.com

通信作者:李欣(1982-),女,河北石家庄人,博士研究生,工程师,主要从事小麦遗传改良工作。E-mail:lixin@genetics.ac.cn
李兴茂,研究员,主要从事小麦遗传育种研究。E-mail:lxm759@163.com

Keywords: winter wheat; HMW-GS; quality; Gansu Province

高分子量麦谷蛋白亚基(HMW-GS)是小麦籽粒胚乳贮藏蛋白的重要组成部分,其亚基的组成和数量直接影响小麦品种的加工品质[1-3]。其中 Ax1、Ax2*、Bx7+By8、Bx13+ By16、Bx14+ By15 和 Dx5+Dy10 等亚基有较高的品质评分,是公认的优质亚基[4-9]。在小麦品质改良过程中,有目的选择携带这些优质亚基的材料做亲本,将编码这些优质亚基的基因导入目标品种中,是改良小麦加工品质的重要途径之一。

随着人们生活水平的不断提高,对于制作面包、糕点及饼干等专用强筋粉和弱筋粉的消费增长迅猛,但我国强筋小麦、弱筋小麦供给明显不足。胡学旭等[10]对 2006—2015 年中国小麦生产区 742 个小麦品种的品质性状进行测定,结果表明:强筋品种和弱筋品种所占比例分别为 12.6%和 2.0%,强筋小麦和弱筋小麦达标比例分别为 4.8%和0.4%。杨芳萍等[11]对甘肃省 4 个麦区 298 份小麦材料的面筋强度和糯蛋白基因(*Dx*5、*By*8、*By*9、$Bx7^{OE}$、1*B*/1*R* 和 *Wx*)的分布频率进行了分子标记检测,结果表明甘肃小麦品种(系)用于加工面包、馒头和面条的品质性状较差,并且面粉品质从甘肃西部到东南呈现逐渐变劣的趋势,大部分小麦品种(系)仅适宜于加工成普通馒头和面条。因此,充分利用引进的优质小麦种质资源改良本地区的小麦品质意义重大。本研究对甘肃省新引进和新育成的冬小麦品种(系)的 HMW-GS 组成进行了 SDS-PAGE 检测,分析比较了两者 HMW-GS 的变异类型和频率,并进行了品质评分比较,以期为该地区小麦品质遗传改良提供理论依据。

1　材料与方法

1.1　试验材料

供试材料来自于甘肃冬麦区的 72 份冬小麦品种(系)(表 1),其中,新育成品种(系)49 份(由甘肃省农科院和各地州市农科院提供),引进品种(系)23 份(由甘肃省农科院提供),以已知 HMW-GS 类型的中国春(N/7+8/2+12)和藁优 8901(1/7+8/5+10)为对照。

1.2　方　法

HMW-GS 提取参照张肖飞等[12]的方法,取一粒小麦种子磨粉,加入 800 μL 50%的异丙醇,65℃水浴 40 min,期间震荡 2~3 次,使面粉悬浮,12 000 r·min^{-1}离心 5 min,弃上清,重复以上步骤抽提 2 次后,向沉淀中加入 150 μL 麦谷蛋白提取液 A(50%异丙醇、0.08M Tris-HCl(pH=8.0)、1.4% 4-乙烯吡啶),震荡混匀,65℃水浴 50 min,12 000 r·min^{-1}离心 5 min,保留上清,再加入 150 μL 麦谷蛋白提取液 B(50%异丙醇、0.08M Tris-HCl(pH=8.0)、1% DTT),65℃水浴 30 min,离心取上清 200 μL,加等量上样缓冲液,99℃加热变性 5 min, 18 000 r·min^{-1}离心 5 min,作为 SDS-PAGE 上样液备用。SDS-PAGE 电泳参照张肖飞[12]的方法,制备聚丙烯酰胺分离胶(30 mL·gel^{-1})和浓缩胶(10 mL·gel^{-1}),取 10 μL 上样液点样,12 mA·gel^{-1}电泳 12 h;染色、脱色、图像扫描。

按照 Payne 等[13]和毛沛等[14]提出的标准进行 HMW-GS 的编码、命名和品质评分,部分稀有亚基组合类型命名参考刘会云等[15]HMW-GS 的 SDS-PAGE 图谱。

1.3　数据处理

利用 Excel 进行基本的统计分析。

2　结果与分析

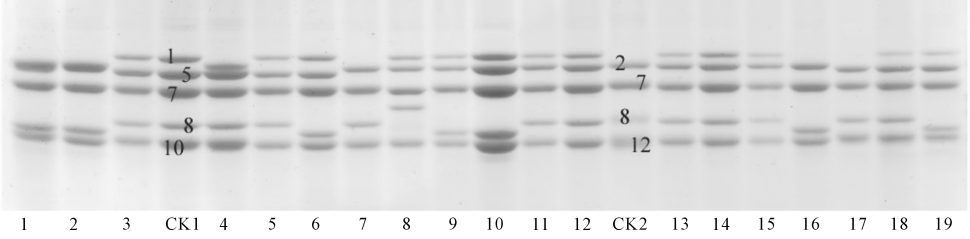
2.1　甘肃冬小麦品种(系)的 HMW-GS 组成及频率

HMW-GS 检测结果表明,72 份小麦品种(系)中存在 1、Null、2*、7+8、7+9、6+8、13+16、20x+20y、2+12 和 5+10 等 11 种亚基类型(图 1、表 1)。其中,在 *Glu-A*1 位点,1 亚基类型出现的频率最高,占 70.83%,Null 亚基出现的频率次之,为 26.39%,2* 亚基出现的频率最低,只占 2.78%;在 *Glu-B*1 位点,7+8 亚基类型出现的频率最高,占 56.94%,7+9 亚基类型占 38.89%,6+8、13+16 和 20x+20y 亚基类型出现的频率最低,均为 1.39%;在 *Glu-D*1 位点,2+12 亚基类型出现的频率最高,占 62.28%,5+10 亚基类型出现的频率为 33.33%(表 2)。

HMW-GS 在甘肃省新育成品系和引进材料中的组成和分布存在明显差异。1、7+8 和 2+12 亚基在新育成品系中出现的频率分别为 79.59%、61.22%和 79.59%,均高于引进材料(52.17%、47.83%和 34.78%);而 Null、7+9 和 5+10 亚基在新育成品系出现的频率分别为 20.41%、32.65%和 18.37%,均低于引进材料(39.13%、52.17%和 65.22%)。新育成品系中在 *Glu-A*1 位点未出现 2* 亚基类型,*Glu-B*1 位点出现了 6+8 和 20x+20y 等亚基类型,*Glu-D*1 位点出现了 Null 亚基类型。从亚基组合类型来看,72

份材料中共出现了 12 种亚基组合类型,其中引进材料亚基组合类型以 1/7+8/5+10、N/7+9/2+12 和 1/7+9/5+10 为主,频率分别为 26.09%、21.73% 和 17.39%,而育成品系中以 1/7+8/2+12 为主,占 44.90%,其次为 1/7+9/2+12,占 16.33%,1/7+8/5+10 和 N/7+9/2+12 出现的频率均为 12.24%(表 3)。

由此可见,近年来甘肃省新育成小麦品种(系)在 *Glu-A*1 位点对 Null 亚基的改良有明显进展,*Glu-B*1 位点 7+8 优质亚基类型出现的频率有明显提高,但 *Glu-D*1 位点的 5+10 优质亚基类型和优质亚基组合类型 1/7+8/5+10 出现的频率明显低于引进材料。



注:1:喀山 26;2:喀山 27;3:喀山 28;CK1:藁优 8901;4:喀山 29;5:抗病 R138;6:科遗 12-6105;7:兰航 122;8:兰考矮特早;9:兰天 01-368;10:临优 8161;11:灵选 6;12:陇麦 838;CK2:中国春;13:陇育 0825;14:陇中 6 号;15:陇紫麦 1 号;16:宁麦 12;17:泰山 9819;18:乌 44;19:乌 51。

Note: 1: Kashan 26; 2: Kashan 27; 3: Kashan 28; CK1: Gaoyou 8901; 4: Kashan 29; 5: Resistant R138; 6: Keyi 12-6105; 7: Lanhang 122; 8: Lankao Aitezao; 9: Lantian 01-368; 10: Linyou 8161; 11: Lingxuan 6; 12: Longmai 838; CK2: Chinese spring; 13: Longyu 0825; 14: Longzhong 6; 15: Longzimai 1; 16: Ningmai 12; 17: Taishan 9819; 18: Wu 44; 19: Wu 51

图 1 部分参试小麦品种(系)SDS-PAGE 图谱

Fig.1 SDS-PAGE patterns of some wheat varieties (lines)

表 1 72 份甘肃冬小麦品种(系)的 HMW-GS 组成

Table 1 HMW-GS composition of 72 winter wheat varieties (lines) from Gansu

编号 Number	品种(系)名称 Variety (line)	亚基组合 Subunit type	编号 Number	品种(系)名称 Variety (line)	亚基组合 Subunit type
1	8133	1/7+9/2+12	37	陇鉴 116 Longjian 116	1/7+8/5+10
2	0879	1/7+8/2+12	38	陇鉴 117 Longjian 117	1/6+8/5+10
3	0906-19	N/7+9/2+12	39	陇麦 079 Longmai 079	1/7+9/2+12
4	938	N/7+9/2+12	40	陇麦 479 Longmai 479	1/7+8/2+12
5	C14	1/7+9/2+12	41	陇麦 491 Longmai 491	N/20x+20y/N
6	E40-2	1/7+9/2+12	42	陇麦 844 Longmai 844	1/7+9/2+12
7	E4-8	1/7+8/2+12	43	陇麦 847 Longmai 847	1/7+9/2+12
8	E80-1	1/7+8/2+12	44	陇育 0825 Longyu 0825	1/7+8/2+12
9	E81-12	1/7+8/2+12	45	陇育 4 号 Longyu 4	N/7+9/2+12
10	E85-2	N/7+9/2+12	46	陇中 6 号 Longzhong 6	1/7+8/2+12
11	F108-11	1/7+8/2+12	47	陇紫麦 1 号 Longzimai 1	1/7+8/2+12
12	F2-6	N/7+9/2+12	48	陇紫麦 2 号 Longzimai 2	1/7+8/2+12
13	F79	1/7+8/2+12	49	西平 1 号 Xiping 1	1/7+8/2+12
14	G102-2	1/7+8/2+12	50	3249	N/7+9/2+12
15	G16	N/7+8/2+12	51	藁优 8901 Gaoyou 8901	1/7+8/5+10
16	G32-2	1/7+8/2+12	52	喀山 14 Kashan 14	N/7+9/5+10
17	G35-9	1/7+9/2+12	53	喀山 15 Kashan 15	1/7+8/5+10
18	G55-6	1/7+8/2+12	54	喀山 16 Kashan 16	1/7+9/5+10
19	G95-2	1/7+8/2+12	55	喀山 16210 Kashan 16210	2*/7+8/5+10
20	G95-4	1/7+8/2+12	56	喀山 23 Kashan 23	1/7+9/5+10
21	观 136 Guan 136	N/7+9/5+10	57	喀山 24 Kashan 24	N/7+9/2+12
22	抗病 R138 Resistant R138	1/7+8/5+10	58	喀山 25 Kashan 25	N/7+9/5+10
23	兰航 122 Lanhang 122	N/7+8/2+12	59	喀山 26 Kashan 26	N/7+9/2+12
24	兰天 01-368 Lantian 01-368	1/7+9/2+12	60	喀山 27 Kashan 27	N/7+9/2+12
25	兰天 722 Lantian 722	1/7+8/2+12	61	喀山 28 Kashan 28	1/7+8/5+10
26	临优 8161 Linyou 8161	1/7+9/2+12	62	喀山 29 Kashan 29	2*/7+8/5+10
27	灵选 6 号 Lingxuan 6	1/7+8/2+12	63	科遗 12-6105 Keyi 12-6105	1/7+9/5+10
28	陇鉴 101 Longjian 101	1/7+8/5+10	64	兰考矮特早 Lankao Aitezao	1/13+16/2+12
29	陇鉴 107 Longjian 107	N/7+9/2+12	65	宁麦 12 Ningmai 12	N/7+9/2+12
30	陇鉴 108 Longjian 108	1/7+8/2+12	66	普冰 151 Pubing 151	1/7+9/2+12
31	陇鉴 110 Longjian 110	1/7+8/2+12	67	普冰 322 Pubing 322	1/7+8/2+12
32	陇鉴 111 Longjian 111	1/7+8/5+10	68	普冰 9946 Pubing 9946	1/7+8/5+10
33	陇鉴 112 Longjian 112	1/7+8/5+10	69	泰山 9819 Taishan 9819	N/7+8/5+10
34	陇鉴 113 Longjian 113	N/7+8/2+12	70	乌 44 Wu 44	1/7+8/5+10
35	陇鉴 114 Longjian 114	1/7+8/2+12	71	乌 51 Wu 51	1/7+9/5+10
36	陇鉴 115 Longjian 115	1/7+8/5+10	72	中国春 Chinese spring	N/7+8/2+12

注:编号 1~49 为新育成品种(系),编号 50~72 为新引进品种(系)。

Note: Number 1 to 49 are new varieties (lines), and number 50 to 72 are introduced varieties (lines).

2.2　甘肃冬小麦品种(系)HMW-GS 等位变异分析

72 份材料的 HMW-GS 变异类型共有 11 种,其中引进材料的变异类型有 7 种,育成材料变异类型有 10 种(表 2)。在 *Glu-A*1 位点,育成品系只有 1 和 N 两种亚基变异类型,与引进材料相比缺少 2* 亚基变异类型;育成品系 1 亚基出现的频率为 79.59%,高于引进材料。在 *Glu-B*1 位点,育成品系 HMW-GS 的变异类型有 7+8、7+9、6+8、13+16、20x+20y 等 5 种,引进材料只有 7+8、7+9 两种,且育成品系中 7+8 优质亚基出现的频率为 61.22%。在 *Glu-D*1 位点,育成品系优质变异类型 5+10 亚基出现的频率(18.37%)明显低于引进材料(65.22%),而普通亚基 2+12 变异类型出现的频率偏高(79.59%)。结果表明,近年来甘肃冬小麦育种工作对 *Glu-A*1 和 *Glu-B*1 位点 N 和 7+9 亚基的改良成效显著,1 和 7+8 优质亚基频率明显提高,但 *Glu-B*1 和 *Glu-D*1 位点的 14+15、13+16 和 5+10 等优质亚基的频率还是偏低,有待进一步改良。

2.3　甘肃冬小麦品种(系)HMW-GS 的品质评分

按照 Payne 等[13] 和毛沛等[14] 提出的标准,根据亚基组合类型对甘肃冬小麦品种(系)进行品质评分。从表 3 的评分结果可以看出,72 份材料中,Payne 等[13] 品质评分在 1~10 分之间,所有材料平均得分 7.6 分,其中引进材料平均得分 8.0 分,新育成品系平均得分 7.4 分;所有材料中,品质评分在 5~10 分之间的材料占 98.61%,评分在 8 分以上的材料有 44 份,占 61.11%,评分 10 分的材料有 14 份,占19.44%。毛沛等[14] 评分结果显示,所有材料得分在 2~15 之间,平均得分 6.6 分,其中引进材料平均得分9.0分,新育成品系平均得分 5.5 分;所有材料中,品质评分在 12~15 分之间的材料有 15 份,占 20.83%,评 15 分的材料 2 份,只占 2.78%。根据 Payne 和毛沛的评分标准,一般含有 2*、1、7+8、13+16、5+10 等亚基类型的小麦材料评分较高,尤其是 *Glu-A*1、*Glu-B*1 和 *Glu-D*1 三个位点都有优质亚基出现时,评分更高,面粉加工品质更佳。本研究发现,在 2 种评分标准下,具有较高品质得分的亚基组合的品种(系)较少;引进的喀山 16210 和喀山 29 两份材料在 *Glu-A*1 位点含有 2* 优质亚基类型,兰考矮特早在 *Glu-B*1 位点含有 13+16 优质亚基类型,普冰 9946、泰山 9819、乌 44、乌 51、喀山 14 和喀山 23 等材料在 *Glu-D*1 位点含有 5+10 优质亚基,这些材料

表 2　72 份甘肃冬小麦品种(系)HMW-GS 的分布频率

Table 2　The frequency of HMW-GS in 72 winter wheat varieties (lines) from Gansu

基因位点 Locus	亚基 Subunit	全部品种(系) All variety (lines)		引进品种(系) Introduced variety (line)		育成品种(系) Bred variety (line)	
		品种(系)数 Number of variety (line)	频率 Frequency/%	品种(系)数 Number of variety (line)	频率 Frequency/%	品种(系)数 Number of variety (line)	频率 Frequency/%
*Glu-A*1	1	51	70.83	12	52.17	39	79.59
	N	19	26.39	9	39.13	10	20.41
	2*	2	2.78	2	8.70	0	0.00
*Glu-B*1	7+8	41	56.94	11	47.83	30	61.22
	7+9	28	38.89	12	52.17	16	32.65
	6+8	1	1.39	0	0.00	1	2.04
	13+16	1	1.39	1	2.04	0	0
	20x+20y	1	1.39	0	0.00	1	2.04
*Glu-D*1	2+12	47	65.28	8	34.78	39	79.59
	5+10	24	33.33	15	65.22	9	18.37
	N	1	1.39	0	0.00	1	2.04

表 3　72 份甘肃新品种(系)HMW-GS 组合类型、频率及评分

Table 3　HMW-GS composition and frequency of 72 winter wheat varieties (lines) from Gansu

编号 Number	亚基组合类型 Subunit composition type	全部品种(系) All variety (line)		引进品种(系) Introduced varieties (lines)		育成品种(系) Bred varieties (lines)		*Gul*-1 品质评分 Quality score	
		品种(系)数 Number of variety (line)	频率/% Frequency	品种(系)数 Number of variety (line)	频率/% Frequency	品种(系)数 Number of variety (line)	频率/% Frequency	Payne 评分 (1987) Score	毛沛评分 (1992) Maopei score
1	1/7+8/2+12	23	31.94	1	4.35	22	44.90	8	5
2	1/7+8/5+10	12	16.67	6	26.09	6	12.24	10	13
3	1/7+9/2+12	9	12.5	1	4.35	8	16.33	7	3
4	1/7+9/5+10	5	6.94	4	17.39	1	2.04	9	11
5	1/6+8/5+10	1	1.39	0	0.00	1	2.04	8	11
6	1/13+16/2+12	1	1.39	1	2.04	0	0.00	5	3
7	N/7+8/2+12	3	4.17	1	4.35	2	4.08	6	4
8	N/7+8/5+10	1	1.39	1	4.35	0	0.00	8	12
9	N/7+9/2+12	11	15.28	5	21.73	6	12.24	5	2
10	N/7+9/5+10	3	4.17	2	8.70	1	2.04	7	10
11	N/20x+20y/N	1	1.39	0	0.00	1	2.04	1	4
12	2*/7+8/5+10	2	2.78	2	8.70	0	0.00	10	15

都可以作为改良甘肃冬小麦的 Null、7+9 和 2+12 等亚基类型的亲本材料加以利用。

3 讨 论

王红梅等[16]2010 年用 SDS-PAGE 检测了 196 份甘肃省冬小麦种质资源的 HMW-GS 组成,结果表明地方品种亚基组合类型以 N/7+8/2+12 为主,占 72.65%,而育成品种中 N/7+8/2+12 组合的频率已降低为 29.11%;其中 N/7+8/5+10 亚基组合的频率为 13.92%,比地方品种的 0.85%上升了13.07%。本研究中,育成品系亚基组合类型以 1/7+8/2+12 为主,占 44.90%,其次为 1/7+9/2+12,占16.33%,1/7+8/5+10 和 N/7+9/2+12 出现的频率均为 12.24%。与 2010 年相比,N/7+8/2+12 亚基组合类型由 2010 年的 29.11%降到了现在的 4.08%,1/7+8/2+12 由 2010 年的 3.80%上升到现在的 44.90%,1/7+8/5+10 由 2010 年的 5.06%上升到现在 12.24%。可见,近年来对 *Glu-A*1 位点的 Null 亚基和 *Glu-D*1 位点的 2+12 亚基的改良已见成效,但本研究中新育成品种(系)中 1/7+8/5+10 优质亚基组合频率(12.24%)还明显低于引进材料(26.09%),有待继续聚合优质亚基进行改良。

根据品质评分结果,无论是 Payne 评分标准得 10 分的材料,还是毛沛评分标准在 12~15 分之间的材料都是 6 份,占育成品种(系)的 12.24%,与育成材料中优质亚基组合 1/7+8/5+10 出现的频率一致。以上说明,甘肃育成小麦品种中单个品质优质基因频率较高,而优质基因组合的比例较低,这一结果与柳娜等[17] 2016 年对 104 份甘肃小麦品种主要品质基因的分子标记检测结果基本一致。

从等位变异位点来看,甘肃冬小麦新育成品种(系)*Glu-A*1 位点的 1 亚基出现的频率从 2010 年的 16.46%提高到现在的 79.59%,提高了 63.13%,Null 亚基频率从 2010 年的 69.62%降到现在的 20.41%,降低了 49.21%[17];在 *Glu-B*1 位点,2010 年 7+8、7+9 亚基频率分别为 59.49%、35.44%,本研究中 7+8、7+9 亚基频率分别为 61.22%、32.65%,两者前后变化均不明显,但本研究中亚基变异类型较少,尤其是 13+16、14+15 和 17+18 等优质亚基出现的频率很低[16];在 *Glu-D*1 位点,育成材料中 2+12 亚基频率为 79.59%,与我国黄淮南片(50.85%)相比偏高,5+10 亚基频率(18.37%)比我国黄淮南片(48.20%)和国外(73.50%)低很多[18]。这一结果说明甘肃冬小麦优质亚基改良方面已经有所进展,但与国内外相比还有一定差距。因此,将 14+15,13+16 和 5+10 等优质亚基导入甘肃冬麦区主栽品种,培育优质小麦新品种(系)对甘肃陇东地区小麦品质改良具有重要意义。

参 考 文 献:

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

[2] Payne P I, Nightingale M. A, Krattiger A. F, et al. The relationship between hmwglutenin subunit composition and the bread-making quality of British-Grown Wheat-Varieties[J]. Journal of the Science of Food and Agriculture,1987,40(1):51-65.

[3] Rasheed A, Xia X, Yan Y, et al. Wheat seed storage proteins: Advances in molecular genetics, diversity and breeding applications [J]. Journal of Cereal Science,2014,60(1):11-24.

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

[5] León E, Marín S, Giménez M J, et al. Mixing properties and dough functionality of transgenic lines of a commercial wheat cultivar expressing the 1Ax1, 1Dx5 and 1Dy10 HMW glutenin subunit genes[J]. Journal of Cereal Science,2009,49(1):148-156.

[6] Mohan D, Gupta R K. Gluten characteristics imparting bread quality in wheats differing for high molecular weight glutenin subunits at Glu D1 locus[J].Physiology and Molecular Biology of Plants, 2015, 21(3): 447-451.

[7] Yasmeen F, Khurshid H, Ghafoor A. Genetic divergence for high-molecular weight glutenin subunits (HMW-GS) in indigenous landraces and commercial cultivars of bread wheat of Pakistan[J]. Genetics and Molecular Research,2015, 14(2):4829-4839.

[8] Liu H Y, Wang K, Xiao L L, et al. Comprehensive Identification and bread-making quality evaluation of common wheat somatic variation line AS208 on glutenin composition [J]. PLoS One, 2016, 11(1): e0146933.

[9] Moloi M J, Van Biljon A, Labuschagne M T. Effect of quantity of HMW-GS 1Ax1, 1Bx13, 1By16, 1Dx5 and 1Dy10 on baking qualityin different genetic backgrounds and environments[J]. LWT - Food Science and Technology,2017,78:160-164.

[10] 胡学旭,孙丽娟,周桂英,等. 2006—2015 年中国小麦质量年度变化[J]. 中国农业科学, 2016,49(16):3063-307.

[11] 杨芳萍,杨莉,郭莹,等. 甘肃小麦品种(系)面筋强度和糯蛋白基因分布规律研究[J]. 麦类作物学报, 2015, 35(7):933-939.

[12] 张肖飞. 小麦低分子量麦谷蛋白基因的鉴定和功能分析[D]. 北京:中国农业科学院, 2012.

[13] Payne P I, Corfield K G, Holt L M, et al. Correlations between the inheritance of certain high-molecular weight subunits of glutenin and bread-making quality in progenies of six crosses of bread wheat[J]. Journal of the Science of Food & Agriculture,1981,32(1):51-60.

[14] 毛沛,李宗智,卢少源. 小麦遗传资源 HMW 麦谷蛋白亚基组成及其与面包烘烤品质关系的研究[J]. 中国农业科学,1995,28(a01): 22-27.

[15] 刘会云,刘畅,王坤杨,等. 小麦高分子量麦谷蛋白亚基鉴定及其品质效应研究进展[J]. 植物遗传资源学报,2016,17(4):701-709.

[16] 王红梅,陈玉梁,厚毅清,等. 甘肃冬小麦品种资源高分子量谷蛋白亚基组成研究[J]. 农业现代化研究, 2010, 31(1):110-112.

[17] 柳娜,曹东,王世红,等. 104 份甘肃小麦品种主要品质基因的分子标记检测[J]. 西北农业学报, 2016, 25(3):353-360.

[18] 谢科军,朱保磊,孙家柱,等. 黄淮南片小麦高分子量谷蛋白亚基组成及其与品质的关系[J]. 麦类作物学报,2016,36(5):595-602.