

2006—2015 年中国小麦质量年度变化

胡学旭, 孙丽娟, 周桂英, 吴丽娜, 陆伟, 李为喜, 王爽, 杨秀兰, 宋敬可, 王步军

(中国农业科学院作物科学研究所/农业部谷物产品质量安全风险评估实验室(北京), 北京 100081)

摘要: 【目的】中国小麦由强筋小麦、中强筋小麦、中筋小麦和弱筋小麦 4 种类型构成, 分析近 10 年来各类型小麦年度质量变化, 探讨小麦生产质量现状、存在的问题和解决方法, 为小麦生产、科研、购销和加工等环节提供必要的参考。【方法】对 2006—2015 年中国小麦生产区 742 个小麦品种 7 561 份样品的容重、蛋白质含量、湿面筋含量、沉淀指数和面团流变学特性进行测定, 分析各类型小麦年度比例和 8 个主要品质性状年度变化。【结果】小麦品种结构有所改善, 但达标样品比例较低。从品种比例看, 强筋品种、中强筋品种、中筋品种和弱筋品种比例分别为 12.6%、16.7%、68.7%和 2.0%, 年度间保持稳定。从样品比例看, 强筋小麦、中强筋小麦、中筋小麦和弱筋小麦样品比例分别为 21.0%、16.9%、49.4%和 3.8%; 各类型小麦样品比例年度间变化差异较大, 年度间强筋小麦和中筋小麦呈此消彼长趋势, 中强筋小麦呈缓慢增加趋势, 弱筋小麦呈下降趋势。从达标样品比例看, 各类型小麦达标比例较低, 强筋小麦、中强筋小麦、中筋小麦和弱筋小麦达标比例分别为 4.8%、4.6%、25.0%和 0.4%。中国小麦总体质量表现为中筋小麦水平, 容重、蛋白质含量和湿面筋含量年度间变化趋势不明显, 沉淀指数、粉质和拉伸参数呈小幅下降趋势。强筋小麦、中强筋小麦和中筋小麦品质性状年度间保持相对稳定, 沉淀指数、粉质和拉伸参数变化趋势基本相同; 弱筋小麦近年来蛋白质含量、湿面筋含量和沉淀指数年度平均值增加, 品质下降。不同类型小麦品质性状差异较大, 容重年度平均值大小依次为中强筋小麦 > 强筋小麦 > 中筋小麦 > 弱筋小麦, 蛋白质含量和湿面筋含量年度平均值大小依次为强筋小麦 > 中筋小麦 > 中强筋小麦 > 弱筋小麦, 沉淀指数、粉质和拉伸参数年度平均值大小依次为强筋小麦 > 中强筋小麦 > 中筋小麦、弱筋小麦; 年度平均值变幅不同, 其中沉淀指数、粉质和拉伸参数年度平均值变幅大小依次为强筋小麦 > 中强筋小麦 > 中筋小麦、弱筋小麦。【结论】中国小麦品种结构有所改善, 各类型小麦达标比例较低, 小麦质量有较大提升空间。应通过选育和推广高产优质专用小麦品种、合理增加现有各类型优质小麦品种面积和加大政策扶持力度等途径, 优化品种结构, 提高小麦质量。

关键词: 小麦; 品质; 蛋白质含量; 品种; 湿面筋含量

Variations of Wheat Quality in China From 2006 to 2015

HU Xue-xu, SUN Li-juan, ZHOU Gui-ying, WU Li-na, LU Wei, LI Wei-xi, WANG Shuang,
YANG Xiu-lan, SONG Jing-ke, WANG Bu-jun

(Institute of Crop Sciences, Chinese Academy of Agricultural Sciences/Laboratory of Quality and Safety Risk Assessment for Cereal Products(Beijing), Ministry of Agriculture, Beijing 100081)

Abstract: 【Objective】In this paper, the authors intended to give an overview of wheat quality with strong gluten, medium-strong gluten, medium gluten and weak gluten in wheat producing regions of China in recently 10 years, and to discuss the problems and solutions for wheat quality. 【Method】A total of 7 561 samples of 742 wheat cultivars were collected from wheat producing regions of China in 2006–2015, and the variety structure was summed up, and testing weight, protein content, wet gluten content, sedimentation volume, and dough rheological properties were determined. 【Result】The testing results showed that wheat variety structure had some improvement which the proportion of wheat cultivars with strong gluten (12.6%), medium-strong gluten (16.7%),

收稿日期: 2016-03-31; 接受日期: 2016-06-01

基金项目: 农业技术试验示范专项经费 (2130106-2-15)

联系方式: 胡学旭, Tel: 010-82109620; E-mail: huxu@caas.cn. 通信作者王步军, Tel: 010-82105798; E-mail: wangbujun@caas.cn

medium gluten (68.7%) and weak gluten wheat(2.0%) remained stable in years, and the proportion of each type of wheat samples reached 21.0%, 16.9%, 49.4% and 2.0%, respectively, while the proportion of wheat samples with each type reaching the standards was less (4.8%, 4.6%, 25.0%, and 0.4%, respectively). Each type of wheat samples varied among years, i.e., the proportion of strong gluten wheat and weak gluten wheat declined, while the medium gluten wheat and medium-strong gluten wheat increased in recent years. The medium gluten wheat is qualified as the relatively high protein quantity and low protein quality, but the sedimentation volume and dough rheological properties decreased slightly in years. The quality of wheat cultivars with strong gluten, medium-strong gluten and medium gluten remained stable, which the trends of sedimentation volume and dough rheological properties were similar, while the weak gluten wheat declined in quality due to the mean value of protein content, wet gluten content and sedimentation volume increased. There were distinct differences among the four types in quality, which the mean value of testing weight declined from medium strong gluten to strong gluten, and to medium gluten and weak gluten, protein content and wet gluten content declined from strong gluten to medium gluten, and to medium-strong gluten and weak gluten, sedimentation volume and dough rheological properties declined from strong gluten to medium-strong gluten, and to medium gluten and weak gluten. The change in average of quality traits among the four types was also different, of which the change range of sedimentation volume and dough rheological properties declined from strong gluten to medium-strong gluten, and to medium gluten and weak gluten.

【Conclusion】 Chinese wheat variety structure had some improvement, and the proportion of different types reaching the standards was less, which indicated there was much room for improvement of quality. In order to improve the quality of wheat by optimizing the structure of variety, it should increase the quality of breeding high-yielding wheat varieties and promotion efforts, optimize the regional distribution of approved varieties, and intensify policy support and so on.

Key words: wheat; quality; protein content; cultivar; wet gluten content

0 引言

【研究意义】小麦是中国主要粮食作物之一,目前小麦产量已经满足国内消费需求,库存严重。各类型小麦品种品质对专用面粉及其食品加工有重要影响,研究近年来各类型小麦质量状况及变化,对调整小麦种植结构,提高小麦质量具有重要意义。**【前人研究进展】**“十五”以来,国家小麦生产以高产多抗为主向高产优质方向转变,小麦质量得以提升。小麦品质检测工作对了解生产区小麦质量起重要作用,20世纪80—90年代农业部曾组织有关单位进行了多次全国小麦品种品质检测,万富世等^[1]对1986年中国主要麦区生产品种品质进行了分析,探讨了优质面包小麦品质标准,针对小麦品质改良工作提出了相关建议。王晓燕等^[2-3]分别对1990年、1994年全国优选品种品质进行了分析,筛选出一批优质面包小麦品种。李鸿恩等^[4]对全国小麦种质资源材料品质进行分析,明确了小麦品质地理差异,并发现了一批优质资源。这些工作较为全面分析了2000年之前小麦主产区小麦品种品质状况,在此基础上制定了相关质量标准,为小麦质量工作奠定基础。自2002年起,农业部每年安排全国小麦品种品质检测工作。咎香存等^[5]对2003—2005年中国小麦品质检测数据进行分析,评价了强筋小麦、中筋小麦和弱筋小麦品质状况。齐琳娟等^[6]对中国2004—2011年5个主产省小麦蛋白质品质

进行分析,结果发现小麦质量性状在主产省间存在较大变化。此外,关二旗等^[7]对黄淮冬麦区部分区域小麦品种质量调查发现强筋小麦品种比例较低。班进福等^[8]对冀中小麦品质分析表明小麦品质明显受生态环境和遗传因素的影响。卢洋洋等^[9]对豫北小麦质量分析表明品质性状存在地区间和年际间差异。**【本研究切入点】**先前研究主要针对小麦总体质量状况进行分析,具有年度和区域局限性。中国小麦由强筋小麦、中强筋小麦、中筋小麦和弱筋小麦4种类型构成,对各品质类型小麦年度比例及其主要品质性状在年度间变化研究较少,尤其是近10年来小麦质量变化鲜见报道。**【拟解决的关键问题】**本研究以2006—2015年全国小麦生产区742个主要推广品种的7561份样品为材料,分析近10年来4种品质类型小麦质量变化,探讨小麦生产质量现状及存在的问题,提出改善中国小麦质量的建议,为小麦生产、科研、购销和加工等环节提供必要的参考。

1 材料与amp;方法

1.1 试验材料

供试材料为小麦生产区各县(区、市、农场)推广面积超过6667hm²的主栽小麦品种,样品采集采用田间和场院(仓库)两种抽样方式,其中田间抽样是在1个抽样单位(6667hm²左右)内抽1个混合样品。每个抽样单位分成4个区域,在每个区域中随机挑选

2 个不相邻的村庄，在每个村庄内选一个田块，在每个田块内按棋盘式选 5 个点取样，每点割取 3 行长 1 m 的成熟小麦，将 8 个田块的麦穗混合后脱粒即得到一个抽样单位内 1 个品种的混合样品；场院（仓库）抽

样是在小麦收获后从抽样单位内的农民场院或仓库中抽取小麦样品，同一品种进行混样，确保品种纯度的单一性和代表性。剔除降落数值低于 200 s 的样品后，2006—2015 年共采集样品 7 561 份、品种 742 个（表 1）。

表 1 2006—2015 年各类型小麦抽样情况（样品数量/品种数量）

Table 1 Sampling of wheat with different quality collected from 2006 to 2015 (Sample No./Variety No.)

品质区 Subregion	强筋小麦 Strong gluten wheat	中强筋小麦 Medium-strong gluten wheat	中筋小麦 Medium gluten wheat	弱筋小麦 Weak gluten wheat	总数 Total number
2006	369/26	122/26	336/135	74/7	901/194
2007	264/23	128/27	276/97	62/5	730/152
2008	269/29	171/34	494/161	36/2	971/226
2009	136/23	106/25	297/102	21/4	560/154
2010	139/24	155/36	441/159	14/3	749/222
2011	125/26	132/36	461/170	15/2	733/234
2012	134/30	128/44	456/164	23/4	741/242
2013	139/32	151/46	427/155	20/5	737/238
2014	100/26	139/43	428/155	19/3	686/227
2015	107/25	155/41	463/171	29/5	754/242

1.2 测定方法与数据处理

小麦样品经清选，去除杂质、不完善粒后，测定籽粒容重。籽粒经旋风磨磨粉获得全麦粉，测定降落数值、籽粒蛋白质含量等；经布勒实验磨（MLU202）磨粉获得出粉率为 65%—72% 的小麦面粉（硬质麦出粉率比软质麦平均高 4% 左右），测定湿面筋、沉淀指数、面团粉质特性和拉伸特性。其中容重采用 GB/T 5498—1985《粮食、油料检验-容重测定法》测定；降落数值采用 GB/T 10361—2008《谷物降落数值测定法》测定；籽粒蛋白质含量采用 NY/T 3—1982《谷物、豆类作物种子粗蛋白质测定法（半微量凯氏法）》测定；湿面筋含量采用 GB/T 14608—1993《小麦粉-湿面筋测定法》（洗面筋仪洗涤法）测定；沉淀指数采用 GB/T 21119—2007《小麦-沉淀指数测定-Zeleny 试验》测定；粉质仪参数采用 GB/T 14614—2006《小麦粉-面团的物理特性-吸水量和流变学特性的测定-粉质仪法》测定；拉伸仪参数采用 GB/T 14615—2006《小麦粉-面团的物理特性-流变学特性测定-拉伸仪法》测定。根据测定结果按照小麦品质分类标准、审定品种品质类型和生产上多年度质量表现，将供试材料分为强筋小麦、中强筋小麦、中筋小麦和弱筋小麦等 4 种类型。用 Microsoft Excel 2003 进行数据统计和作图软件对各年度 4 种品质类型小麦样品和品种进行统计分析。

2 结果

2.1 各类型小麦比例

2.1.1 品种比例年度变化 2006—2015 年 4 种类型的小麦品种保持相对稳定比例（图 1），其中强筋小麦品种占总品种量的 12.6%，品种比例年度间变化幅度为 4.8%，近 2 年来略有下降，2015 年达到最低值，为 10.3%；中强筋小麦品种占总品种量的 16.7%，

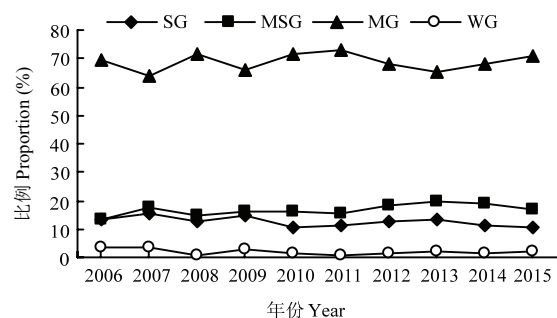


图 1 2006—2015 年强筋小麦 (SG)、中强筋小麦 (MSG)、中筋小麦 (MG) 和弱筋小麦 (WG) 品种比例

Fig. 1 Proportion of wheat varieties with strong gluten(SG), medium-strong gluten(MSG), medium gluten(MG) and weak gluten(WG) from 2006 to 2015

高于强筋小麦，品种比例年度间变化幅度为 5.9%，总体保持稳定比例；中筋小麦品种占总品种量的 68.7%，在 4 类小麦中比例最大，品种比例年度间变化幅度高于其他类型小麦，为 8.8%，总体保持相对稳定比例；弱筋小麦品种比例仅为 2.0%，年度间变化幅度为 2.8%。

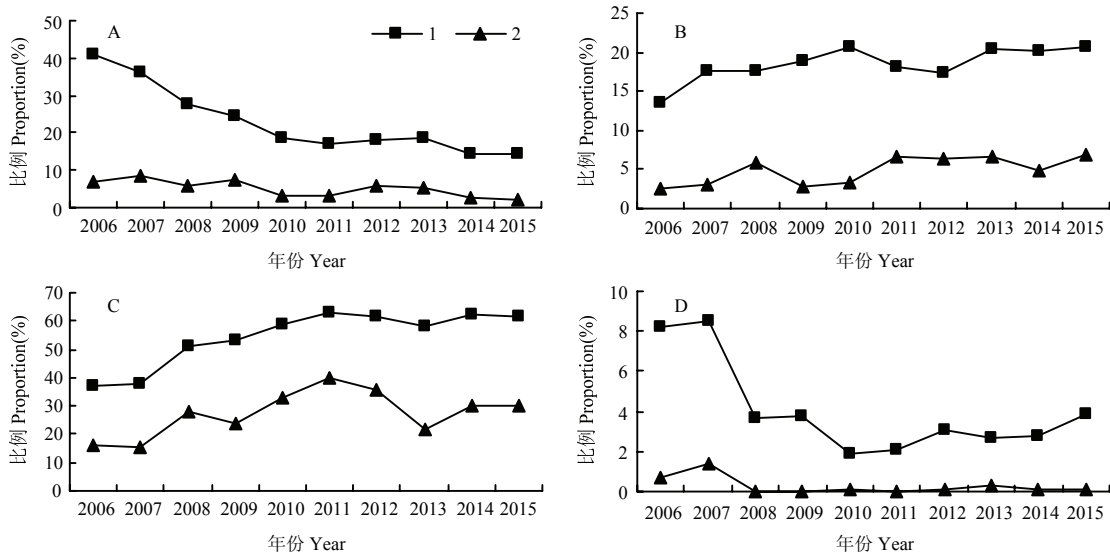
2.1.2 样品比例年度变化 2006—2015 年各类型小麦比例和变化趋势不同，反映了小麦生产品质类型结构变化。达标小麦比例统计结果表明，达到强筋小麦、中强筋小麦、中筋小麦和弱筋小麦标准^[10-13]的样品比例相对较低（图 2）。

强筋小麦样品比例占总样品量的 21.0%，年度间呈下降趋势，由 2006 年 41.0%降低到 2015 年 14.2%；强筋小麦达标比例较低，仅占总样品量的 4.8%，年度间呈减少趋势，由 2006 年 6.7%降低到 2015 年 2.0%。

中强筋小麦样品比例占总样品量的 16.9%，年度间呈增加趋势，由 2006 年 13.5%增加到 2015 年 20.6%；达到中强筋小麦标准的样品比例较低，仅占总样品量的 4.6%，年度间呈增加趋势，由 2006 年 2.4%增加到 2015 年 6.9%。

中筋小麦在各品质类型小麦中所占比例最大，平均为 49.4%，年度间呈增加趋势，由 2006 年 37.3%增加到 2015 年 61.4%；达到中筋小麦标准的样品仅占总样品量的 25.0%，年度间呈增加趋势，由 2006 年 16.0%增加到 2015 年 30.4%。

与其他品质类型小麦相比较，弱筋小麦比例最小，仅占总样品量的 3.8%，年度间呈先大幅减少后缓慢增加的趋势，由 2006 年 8%降低到 2015 年 3%；弱筋小麦达标比例更低，仅占总样品量的 0.4%左右，年度间呈减少趋势，由 2006 年 0.7%降低到 2015 年 0.1%。



1: 小麦样品年度比例 Annual proportion of wheat samples; 2: 小麦样品年度达标比例 Annual proportion of wheat samples meeting standard

图 2 2006—2015 年强筋小麦 (A)、中强筋小麦 (B)、中筋小麦 (C) 和弱筋小麦 (D) 样品比例

Fig. 2 Proportion of wheat samples with strong gluten(A), medium-strong gluten(B), medium gluten(C) and weak gluten(D) from 2006 to 2015

2.2 总体质量年度变化

2006—2015 年中国小麦各品质参数年度平均值变化幅度不大（图 3），其中容重总平均值 795 g·L⁻¹，年度平均值 789—800 g·L⁻¹，年度间平均值变化趋势不明显。籽粒蛋白含量总平均值 13.94%，年度平均值 13.60%—14.02%，年度间平均值变化趋势不明显。沉淀指数总平均值 32.6 mL，年度平均值 28.7—33.9 mL，

年度间平均值呈下降趋势。湿面筋含量总平均值 30.2%，年度平均值 29.4%—30.8%，年度间平均值变化趋势不明显。面团形成时间总平均值 3.8 min，年度平均值 3.4—4.0 min，年度间平均值呈下降趋势。稳定时间总平均值 5.9 min，年度平均值 4.4—6.8min，年度间平均值呈下降趋势。拉伸面积总平均值 75 cm²，年度平均值 65—87 cm²，年度间平均值呈下降趋势。

最大拉伸阻力总平均值 357 E.U, 年度平均值 319—433E.U, 年度间平均值呈下降趋势。总体上, 中国小麦表现为中筋小麦水平, 蛋白质数量性状在年度间变化不明显, 而蛋白质质量性状呈下降趋势。

2.3 各类型小麦年度质量

2.3.1 籽粒容重 容重与小麦出粉率有直接关系。不同品质类型小麦平均值依次呈中强筋小麦>强筋小麦>中筋小麦>弱筋小麦(图3), 分别为 799、796、794 和 790 g·L⁻¹。从年度变化幅度看, 2006—2015 年强筋小麦和中筋小麦年度平均值变化幅度不大, 中强筋小麦和弱筋小麦变幅较大。从年度变化趋势看, 强筋小麦和中筋小麦容重平均值变化趋势大致相同, 中强筋小麦和弱筋小麦与之不同, 可能与各类型小麦生产区气候有关^[14-17]。

2.3.2 籽粒蛋白质含量 不同品质类型小麦平均值依次呈强筋小麦>中筋小麦>中强筋小麦>弱筋小麦(图3), 分别为 14.31%、13.87%、13.76%和 12.38%。从年度变化幅度看, 弱筋小麦籽粒蛋白质含量平均值变幅最大, 其他类型小麦变幅相对较小。从年度变化趋势看, 强筋小麦、中强筋小麦和中筋小麦蛋白质含量平均值变化趋势大致相同, 年度间平均值大致持平, 而弱筋小麦年度平均值呈上升趋势。

2.3.3 面粉沉淀指数 沉淀指数是反映面包烘焙品质的重要指标。不同品质类型小麦平均值依次呈强筋小麦>中强筋小麦>中筋小麦>弱筋小麦(图3), 分别为 40.5、32.5、28.7 和 23.3 mL。从年度变化幅度看, 强筋小麦和弱筋小麦沉淀指数平均值变幅最大, 中强筋小麦和中筋小麦变幅相对较小。从年度变化趋势看, 强筋小麦沉淀指数平均值呈下降趋势, 表明近年来强筋小麦烘焙品质下降; 中强筋小麦和中筋小麦沉淀指数变化趋势相同, 年度间平均值大致持平; 而弱筋小麦年度平均值呈上升趋势, 主要与蛋白质含量和湿面筋含量平均值逐年增加有关, 导致弱筋小麦近年来质量下降。不同类型品种的差异呈缩小趋势。

2.3.4 湿面筋含量 不同品质类型小麦平均值依次呈强筋小麦>中筋小麦>中强筋小麦>弱筋小麦(图3), 分别为 30.7%、30.6%、29.2%和 26.2%, 与蛋白质含量高低顺序相同。从年度变化幅度看, 弱筋小麦湿面筋含量平均值变幅最大, 其他类型小麦变幅相对较小。从年度变化趋势看, 强筋小麦、中强筋小麦和中筋小麦湿面筋含量平均值差异较小, 年度间平均值大致持平; 而弱筋小麦年度平均值呈上升趋势, 与蛋

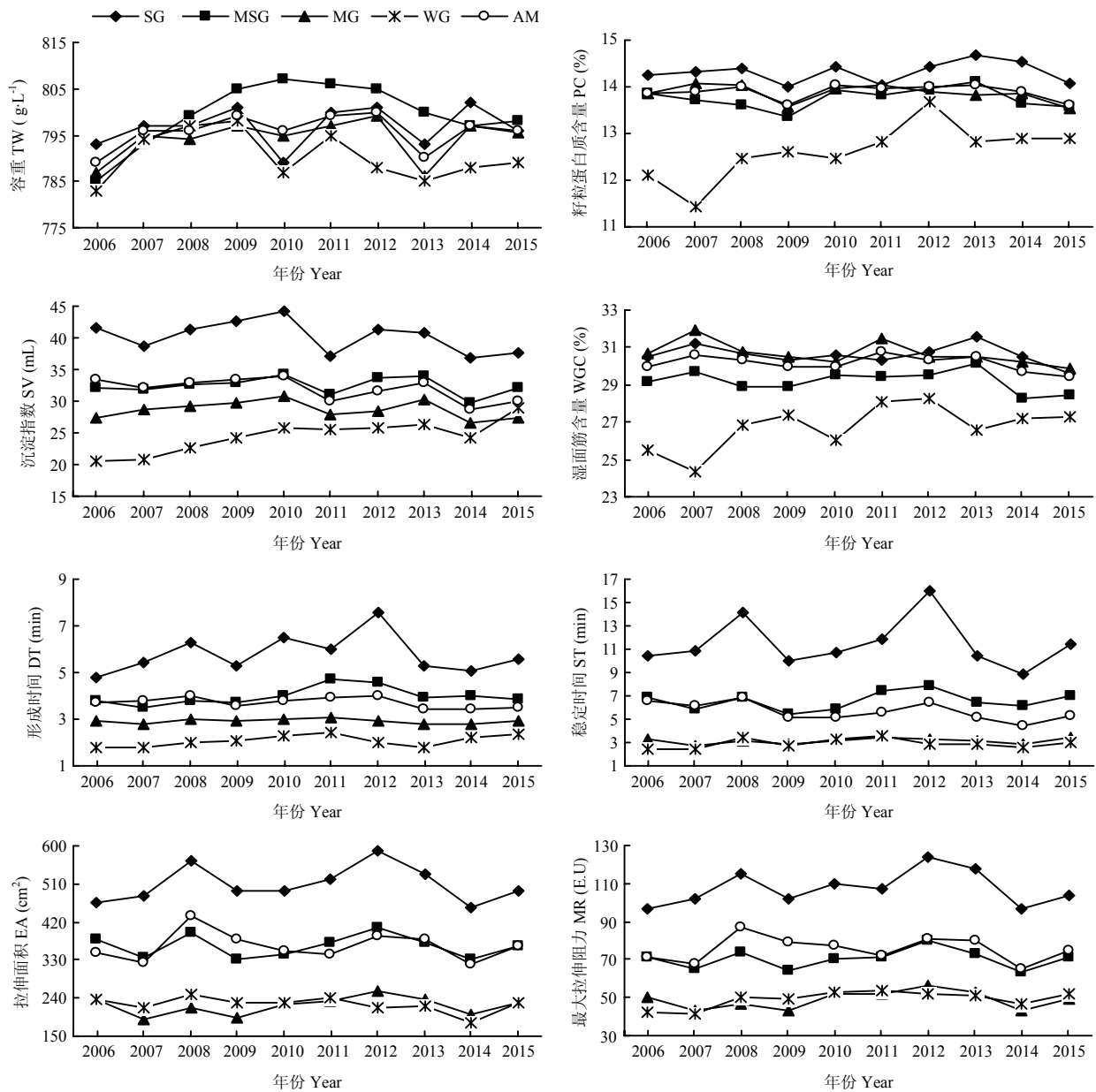
白质含量年度变化趋势相同, 不同类型品种的差异也呈缩小趋势。

2.3.5 形成时间 面团形成时间是小麦面粉从加水到曲线峰值所需的时间。不同品质类型小麦平均值依次呈强筋小麦>中强筋小麦>中筋小麦>弱筋小麦(图3), 分别为 5.7、4.0、2.9 和 2.0 min, 表明形成时间总平均值与面筋强度呈正相关。从年度变化幅度看, 强筋小麦形成时间平均值变幅最大, 其次为中强筋小麦和弱筋小麦, 中筋小麦变化幅度最小, 表明形成时间年度平均值变化幅度与面筋强度呈正相关。从年度变化趋势看, 各类型小麦形成时间平均值变化趋势相同, 年度间平均值大致持平。

2.3.6 稳定时间 稳定时间是反映面团耐揉性的重要品质参数, 是判别小麦品种品质类型的重要指标。不同品质类型小麦平均值依次呈强筋小麦>中强筋小麦>中筋小麦>弱筋小麦(图3), 分别为 11.5、6.6、3.2 和 2.8 min。从年度变化幅度看, 强筋小麦稳定时间平均值变幅最大, 其次为中强筋小麦, 中筋小麦和弱筋小麦绝对值没有明显差异且变化幅度最小, 表明稳定时间年度平均值变化幅度与面筋强度呈正相关。从年度变化趋势看, 各类型小麦稳定时间平均值变化趋势相同, 年度间平均值大致持平。

2.3.7 拉伸面积 拉伸面积是反映面筋强度的重要品质参数。不同品质类型小麦平均值依次呈强筋小麦>中强筋小麦>中筋小麦>弱筋小麦(图3), 分别为 107、70、49 和 47 cm²。从年度变化幅度看, 强筋小麦拉伸面积平均值变幅最大, 其次为中强筋小麦, 中筋小麦和弱筋小麦变化幅度最小, 表明拉伸面积年度平均值变化幅度与面筋强度呈正相关。从年度变化趋势看, 各类型小麦拉伸面积平均值变化趋势相同, 年度间平均值大致持平。与稳定时间相似, 中筋小麦和弱筋小麦绝对值也没有明显差异。

2.3.8 最大拉伸阻力 最大拉伸阻力是反映面筋强度的重要品质参数。不同品质类型小麦平均值依次呈强筋小麦>中强筋小麦>弱筋小麦>中筋小麦(图3), 分别为 506、364、226 和 224 E.U, 其中弱筋小麦最大拉伸阻力平均值高于中筋小麦, 可能与品种构成有关。从年度变化幅度看, 强筋小麦最大拉伸阻力平均值变幅最大, 其次为中强筋小麦, 中筋小麦和弱筋小麦变化幅度最小。从年度变化趋势看, 各类型小麦最大拉伸阻力平均值变化趋势相同, 年度间平均值大致持平。中筋小麦和弱筋小麦绝对值也没有明显差异。



TW: 容重 Testing weight; PC: 蛋白质含量 Protein content; SV: 沉淀指数 Sedimentation volume; WGC: 湿面筋含量 Wet gluten content; DT: 形成时间 Development time, ST: 稳定时间 Stability time; EA: 拉伸面积 Extension area; MR: 最大拉伸阻力 Max. resistance

图3 2006—2015年各类型小麦年度质量

Fig. 3 Annual quality of wheat with strong gluten(SG), medium-strong gluten(MSG), medium gluten(MG), weak gluten(WG) and annual mean (AM) from 2006 to 2015

3 讨论

3.1 小麦品种结构有所改善

中国小麦品种品质改良起步较晚,自20世纪80年代开始已经进行了近30年,各地利用优质亲本材料选育出了一些优质小麦品种,以中筋小麦为主逐步发

展到强筋、中强筋、中筋和弱筋4种类型小麦。从分析结果看,2006—2015年强筋品种、中强筋品种、中筋品种和弱筋品种比例分别达到了12.6%、16.7%、68.7%和2.0%,小麦品种结构得到改善。目前各主产省主推品种虽然更新换代,但传统育种方法依然延续了原有骨干亲本的遗传特性^[18-21],遗传背景趋于狭窄,

育成品种以中筋品质为主。此外，中国小麦优质种质资源较少^[22-23]，成为品质育种的短板，应加强国内优质种质资源收集和利用，引进国外优质育种材料，改善中国小麦品种品质。

3.2 各类型小麦年度变化趋势各异

2002 年国家开始实施小麦良种补贴政策，强筋小麦和弱筋小麦在生产上得到扶持，刺激了优质专用小麦的发展，强筋小麦和弱筋小麦比例有所提高。从各类型小麦比例看，2006 年以来，强筋小麦和中筋小麦比例呈此消彼长趋势，尤其自 2009 年之后，强筋小麦一直保持着较低比例，并呈下降趋势；中强筋小麦呈缓慢增加趋势；中筋小麦比例最大，呈增加趋势；弱筋小麦比例最小。小麦生产、粮食收贮、市场交易和生产政策等是导致各类型小麦比例变化的主要因素。2009 年之前的小麦良种补贴政策，促进了中国优质强筋小麦和优质弱筋小麦的发展，小麦种植面积和小麦市场比重较大，但同时优质不高产、质量不稳定、优质不优价、混收混贮等问题限制了优质小麦的发展，导致 2006—2009 年强筋小麦和弱筋小麦比例逐年下降。2009 年之后随着国家粮食生产政策的调整，进一步加剧了强筋小麦比例下降，而高产中筋小麦呈逐年增加趋势。这一趋势如果持续下去，对中国小麦整体质量不利。

3.3 总体质量为中筋水平，呈下降趋势

中国小麦总体质量表现为中筋小麦水平^[2,4,24]，各品质性状年度平均值在窄幅范围内波动，其中容重、蛋白质含量和湿面筋含量年度间变化趋势不明显，而反映蛋白质质量性状的沉淀指数、形成时间、稳定时间、拉伸面积、最大拉伸阻力年度平均值呈下降趋势。各类型小麦样品比例年度间变化，是造成总体质量变化的主要原因。从各类型小麦品种质量和年度比例看，除弱筋小麦蛋白质含量、沉淀指数和湿面筋含量呈增加趋势外，其他类型小麦品质性状年度平均值以及品种比例年度间保持相对稳定，表明各类型小麦品种年度质量和比例变化不是影响总体质量变化的因素。而各类型小麦样品比例变化，尤其强筋小麦和中筋小麦的变化是导致总体质量下降的主要原因。中国小麦生产以分散种植模式为主，粮食收购存在混收混贮等问题，中筋小麦比例持续增加对中国小麦商品质量不利。

3.4 中国小麦质量有较大提升空间

本研究结果表明，虽然中国品种结构有所改善，但各类型小麦达标比例较低，存在同一类型不同品种

间品质差异较大以及同一品种品质性状间量质不协调等问题。中国强筋小麦平均质量虽然与美国硬红冬小麦^[25]相差不大，但品种之间烘焙品质（面包体积、面包评分）差异较大，这与各品种高分子量谷蛋白亚基和低分子量谷蛋白亚基组成有关^[26-27]，育种者应注重选择优质亚基亲本，改良和选育强筋品种，提高品种品质。此外受环境因素影响^[28-30]，同一品种不同年份、不同地区品质差异较大，主要表现为品质性状间量质不协调，应根据强筋品种特性在适宜生产区域推广种植。中筋小麦蛋白质含量和湿面筋含量平均值较高而稳定时间、拉伸面积和最大拉伸阻力平均值较低，达到中筋小麦标准的样品比例较小，这主要与中国目前各主产省 20%—60%推广品种携带 1BL/1RS 易位有关^[22,31]，导致面筋强度下降^[26,32]，达标小麦比例不高。目前来自黑麦品种 *Petkus* 的抗病基因已失去抗性^[33]。育种者应淘汰该易位系为亲本选育新品种，或通过缺失、沉默 ω -黑麦碱基因等途径改良 1B/1R 易位系^[34-36]，提高中筋品种品质。近年来，弱筋小麦蛋白质含量和湿面筋含量持续增加，而蛋白质质量性状（除沉淀指数外）平均值年度间呈持平趋势，这主要与小麦生产注重提高单产、轻质量有关。生产管理部门应根据土壤类型等因素合理划分种植区域，科学耕作栽培措施，提高弱筋小麦品质。

目前，中国小麦产量虽然已经满足国内消费的需求，但质量不高，库存严重，按照“十三五”供给侧改革要求，未来 5 年亟需调结构，提质量。长远看，选育和推广稳产优质专用小麦品种是提升中国小麦整体质量的品种基础。近期看，按产量和品质需求科学划分生产区域，合理增加现有各类型优质小麦品种面积，实行优质优价政策，确保稳产同时，优化品种结构，提高小麦质量。近年来随着食品多样化消费带动市场对优质专用小麦需求增加，部分地区出现了订单生产、专收专贮和优质优价等新模式，市场需求变化将有力推动优质专用小麦的发展。为促进小麦生产量质协调发展，应逐步完善小麦品质检测和评价体系，为中国小麦产业发展提供必要的质量信息和技术支持。

4 结论

近 10 年来，中国小麦品种结构有所改善，仍以中筋品种为主，强筋品种、中强筋品种、中筋品种和弱筋品种比例分别达到 12.6%、16.7%、68.7%和 2.0%，年度间保持相对稳定。样品达标比例较低，各类型小麦样品比例年度间差异较大，强筋小麦和中筋小麦呈

此消彼长趋势,中强筋小麦呈缓慢增加趋势,弱筋小麦比例最小。总体质量表现为中筋小麦水平,受强筋小麦和中筋小麦比例变化影响,蛋白质质量性状年度间呈窄幅下降趋势。强筋小麦、中强筋小麦和中筋小麦品种质量性状年度间保持相对稳定,变化趋势基本相同;弱筋小麦蛋白质数量性状和沉淀指数呈增加趋势,质量下降。各类型小麦蛋白质质量性状年度平均值及变幅大小依次为强筋小麦>中强筋小麦>中筋小麦、弱筋小麦。中国小麦有较大提升空间,应通过选育和推广高产优质专用小麦品种、科学划分生产区域、合理增加现有各类型优质小麦品种面积等途径,优化品种结构,提高小麦质量。

References

- [1] 万富世,王光瑞,李宗智. 我国小麦品质现状及其改良目标初探. 中国农业科学, 1989, 22(3): 14-21.
WAN F S, WANG G R, LI Z Z. A preliminary approach on present situation and objectives of improvement of wheat quality in China. *Scientia Agricultura Sinica*, 1989, 22(3): 14-21. (in Chinese)
- [2] 王晓燕,李宗智,张彩英,于光华,王乐凯,万富世,王光瑞. 全国小麦品种品质检测报告. 河北农业大学学报, 1995, 18(1): 1-9.
WANG X Y, LI Z Z, ZHANG C Y, YU G H, WANG L K, WAN F S, WANG G R. A report of evaluation of quality of wheat varieties in China. *Journal of Hebei Agricultural University*, 1995, 18(1): 1-9. (in Chinese)
- [3] 王晓燕,卢少源,荣广哲,张彩英. 第三次全国面包小麦品种(系)品质分析. 河北农业大学学报, 1997, 20(2): 1-5.
WANG X Y, LU S Y, RONG G Z, ZHANG C Y. The third analysis on the quality of bread wheat varieties (lines) in China. *Journal of Hebei Agricultural University*, 1997, 20(2): 1-5. (in Chinese)
- [4] 李鸿恩,吴秀琴,李宗智. 我国小麦种质资源主要品质特性鉴定结果及评价. 中国农业科学, 1995, 28(5): 29-37.
LI H E, WU X Q, LI Z Z. Determination and evaluation on the main quality characters of wheat germplasm resources in China. *Scientia Agricultura Sinica*, 1995, 28(5): 29-37. (in Chinese)
- [5] 咎香存,周桂英,吴丽娜,王爽,胡学旭,陆伟,王步军. 我国小麦品质现状分析. 麦类作物学报, 2006, 26(6): 46-49.
ZAN X C, ZHOU G Y, WU L N, WANG S, HU X X, LU W, WANG B J. Present status of wheat quality in China. *Journal of Triticeae Crops*, 2006, 26(6): 46-49. (in Chinese)
- [6] 齐琳娟,胡学旭,周桂英,王爽,李静梅,陆伟,吴丽娜,陆美斌,孙丽娟,杨秀兰,宋敬可,王步军. 2004-2011年中国主产省小麦蛋白质品质分析. 中国农业科学, 2012, 45(20): 4242-4251.
QI L J, HU X X, ZHOU G Y, WANG S, LI J M, LU W, WU L N, LU M B, SUN L J, YANG X L, SONG J K, WANG B J. Analysis of wheat protein quality in main wheat producing areas of China from 2004 to 2011. *Scientia Agricultura Sinica*, 2012, 45(20): 4242-4251. (in Chinese)
- [7] 关二旗,魏益民,张波,郭进考,张国权,刘彦军,罗勤贵,班进福. 黄淮冬麦区部分区域小麦品种构成及品质性状分析. 中国农业科学, 2012, 45(6): 1159-1168.
GUAN E Q, WEI Y M, ZHANG B, GUO J K, ZHANG G Q, LIU Y J, LUO Q G, BAN J F. Study on the quality properties of wheat and variety composition in the northern regions of Henan. *Scientia Agricultura Sinica*, 2012, 45(6): 1159-1168. (in Chinese)
- [8] 班进福,刘彦军,郭进考,魏益民,张国丛,彭义峰,郭家宝. 2009年冀中小麦品质状况分析. 中国粮油学报, 2011, 26(3): 5-10.
BAN J F, LIU Y J, GUO J K, WEI Y M, ZHANG G C, PENG Y F, GUO J B. Analysis on the farinograph parameters of wheat in central Hebei in 2009. *Journal of the Chinese Cereals and Oils Association*, 2011, 26(3): 5-10. (in Chinese)
- [9] 卢洋洋,张影全,刘锐,赵酒林,杨春玲,盛坤,董昀,侯军红,魏益民. 豫北小麦籽粒质量性状空间变异特征. 麦类作物学报, 2014, 34(4): 495-501.
LU Y Y, ZHANG Y Q, LIU R, ZHAO J L, YANG C L, SHENG K, DONG J, HOU J H, WEI Y M. Spatial variability analysis of grain quality parameters of wheat grown in Northern Henan. *Journal of Triticeae Crops*, 2014, 34(4): 495-501. (in Chinese)
- [10] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局. 中华人民共和国国家标准: GB/T 17892-1999. 优质小麦—强筋小麦. 北京: 中国标准出版社, 1999.
General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the People's Republic of China. National Standard of the People's Republic of China: High Quality Wheat-Strong Gluten Wheat. GB/T 17892-1999. Beijing: Standards Press of China, 1999. (in Chinese)
- [11] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局. 中华人民共和国国家标准: GB/T 17893-1999. 优质小麦—弱筋小麦. 北京: 中国标准出版社, 1999.
General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the People's Republic of China. National Standard of the People's Republic of China: High Quality Wheat-Weak Gluten Wheat. GB/T 17893-1999. Beijing: Standards Press of China, 1999. (in Chinese)
- [12] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局. 中华人民共和国国家标准: GB/T 17320-2013. 小麦品种品质分类. 北京: 中国标准出版社, 1999.

- 出版社, 2013.
- General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the People's Republic of China. National Standard of the People's Republic of China: Quality Classification of Wheat Varieties. GB/T 17320-2013. Beijing: Standards Press of China, 1999. (in Chinese)
- [13] 农业部种植业管理司. 中国小麦质量报告[R], 2014. Ministry of Agriculture of the People's Republic of China, Department of Crop Production. Annual Report of Wheat Quality in China [R], 2014. (in Chinese)
- [14] 张学林, 梅四伟, 郭天财, 王晨阳, 朱云集, 王永华. 遗传和环境因素对不同冬小麦品种品质性状的影响. 麦类作物学报, 2010, 30(2): 249-253. ZHANG X L, MEI S W, GUO T C, WANG C Y, ZHU Y J, WANG Y H. Effects of genotype and environment on winter wheat qualities. *Journal of Triticeae Crops*, 2010, 30(2): 249-253. (in Chinese)
- [15] 张艳, 何中虎, 周桂英, 王德森. 基因型和环境对我国冬播麦区小麦品质性状的影响. 中国粮油学报, 1999, 14(5): 1-5. ZHANG Y, HE Z H, ZHOU G Y, WANG D S. Genotype and environment effects on major quality characters of winter-sown Chinese wheats. *Journal of the Chinese Cereals and Oils Association*, 1999, 14(5): 1-5. (in Chinese)
- [16] 王格格, 张国权, 欧阳韶晖, 王新中. 优质小麦品种对栽培环境的品质适应性分析. 麦类作物学报, 2006, 26(2): 77-81. WANG G G, ZHANG G Q, OUYANG S H, WANG X Z. Quality adaptability of high-quality wheat cultivars to planting environment. *Journal of Triticeae Crops*, 2006, 26(2): 77-81. (in Chinese)
- [17] 兰涛, 潘洁, 姜东, 戴廷波, 曹卫星. 生态环境和播期对小麦籽粒产量及品质性状间相关性的影响. 麦类作物学报, 2005, 25(4): 72-78. LAN T, PAN J, JIANG D, DAI T B, CAO W X. Effects of eco-environments and sowing dates on the relationships between grain quality traits in winter wheat. *Journal of Triticeae Crops*, 2005, 25(4): 72-78. (in Chinese)
- [18] 李远, 赵檀, 王睿辉, 陈景堂, 刘桂茹, 温树敏, 谷俊涛. 河北省小麦品种基于 SSR 标记的遗传多样性研究. 河北农业大学学报, 2012, 35(4): 1-5. LI Y, ZHAO T, WANG R H, CHEN J T, LIU G R, WEN S M, GU J T. Genetic diversity of bread wheat in Hebei province, China based on microsatellite markers. *Journal of Hebei Agricultural University*, 2012, 35(4): 1-5. (in Chinese)
- [19] 王江春, 胡延吉, 余松烈, 王振林, 刘爱峰, 王洪刚. 建国以来山东省小麦品种及其亲本的亲缘系数分析. 中国农业科学, 2006, 39(4): 664-672. WANG J C, HU Y J, YU S L, WANG Z L, LIU A F, WANG H G. Relationship coefficient analysis among winter wheat varieties and their parents in Shandong province after liberation. *Scientia Agricultura Sinica*, 2006, 39(4): 664-672. (in Chinese)
- [20] 曹廷杰, 谢菁忠, 吴秋红, 陈永兴, 王振忠, 赵虹, 王西成, 詹克慧, 徐如强, 王际睿, 罗明成, 刘志勇. 河南省近年审定小麦品种基于系谱和 SNP 标记的遗传多样性分析. 作物学报, 2015, 41(2): 197-206. CAO T J, XIE J Z, WU Q H, CHEN Y X, WANG Z Z, ZHAO H, WANG X C, ZHAN K H, XU R Q, WANG J R, LUO M C, LIU Z Y. Genetic diversity of registered wheat varieties in Henan province based on pedigree and single-nucleotide polymorphism. *Acta Agronomica Sinica*, 2015, 41(2): 197-206. (in Chinese)
- [21] 杨子博, 顾正中, 周羊梅, 王安邦, 李立群, 李学军. 江苏淮北地区小麦品种资源遗传多样性的 SSR 分析. 麦类作物学报, 2014, 34(5): 628-634. YANG Z B, GU Z Z, ZHOU Y M, WANG A B, LI L Q, LI X J. Analysis of genetic diversity among wheat cultivars from Huaibei region of Jiangsu province using SSR markers. *Journal of Triticeae Crops*, 2014, 34(5): 628-634. (in Chinese)
- [22] 张学勇, 庞斌双, 游光霞, 王兰芬, 贾继增, 董玉琛. 中国小麦品种资源 Glu-1 位点组成概况及遗传多样性分析. 中国农业科学, 2002, 35(11): 1302-1310. ZHANG X Y, PANG B S, YOU G X, WANG L F, JIA J Z, DONG Y C. Allelic variation and genetic diversity at Glu-1 loci in Chinese wheat (*Triticum aestivum* L.) germplasms. *Scientia Agricultura Sinica*, 2002, 35(11): 1302-1310. (in Chinese)
- [23] 董永梅, 杨欣明, 柴守诚, 李洪杰, 李立会, 李秀全. 中国小麦代表性地方品种高分子量谷蛋白亚基组成分析. 麦类作物学报, 2007, 27(5): 820-824. DONG Y M, YANG X M, CHAI S C, LI H J, LI L H, LI X Q. HMW-GS composition in the representative wheat landraces from China. *Journal of Triticeae Crops*, 2007, 27(5): 820-824. (in Chinese)
- [24] 胡学旭, 周桂英, 吴丽娜, 陆伟, 武力, 李静梅, 王爽, 宋敬可, 杨秀兰, 王步军. 中国主产区小麦在品质区域间的差异. 作物学报, 2009, 35(6): 1167-1172. HU X X, ZHOU G Y, WU L N, LU W, WU L, LI J M, WANG S, SONG J K, YANG X L, WANG B J. Variation of wheat quality in main wheat-producing regions in China. *Acta Agronomica Sinica*, 2009, 35(6): 1167-1172. (in Chinese)
- [25] U.S. Wheat Associates. 2015 crop quality report [R]. <http://www.uswheat.org>.

- [26] DHALIWAL A S, MARES D J, MARSHALL D R. Measurement of dough surface stickness associated with 1B/1R chromosome translocation in bread wheats. *Journal of Cereal Science*, 1990, 12: 165-175.
- [27] HE Z H, LIU L, XIA X C, LIU J J, PEÑA R J. Composition of HMW and LMW glutenin subunits and their effects on dough properties, pan bread, and noodle quality of Chinese bread wheats. *Cereal Chemistry*, 2005, 82: 345-350.
- [28] BASSET L M, ALLAN R E, RUBENTHALER G L. Genotype × environment interaction on softwhite winter wheat quality. *Agronomy Journal*, 1989, 1: 955-960.
- [29] PETERSON C J, GRAYBOSCH R A, BAENZIGER P S, GROMBACHER A W. Genotype and environment effects on quality characteristics of hard red winter wheat. *Crop Science*, 1992, 32: 98-103.
- [30] BERGMAN C J, GUALBRTO D G, CAMPBELL K G, SORRELLS M E, FINNEY P L. Genotype and environment effects on wheat quality traits in a population derived from a soft by hard cross. *Cereal Chemistry*, 1998, 75: 739-737.
- [31] 周阳, 何中虎, 张改生, 夏兰琴, 陈新民, 高永超, 井赵斌, 于广军. 1BL/1RS 易位系在我国小麦育种中的应用. *作物学报*, 2004, 30(6): 531-535.
- ZHOU Y, HE Z H, ZHANG G S, XIA L Q, CHEN X M, GAO Y C, JING Z B, YU G J. Utilization of 1BL/1RS translocation in wheat breeding in China. *Acta Agronomica Sinica*, 2004, 30(6): 531-535. (in Chinese)
- [32] GRAYBOSH R A, PETERSON C J, HANSEN L E, MATTERN P J. Relationships between protein solubility characteristics, 1BL/1RS, high molecular weight glutenin composition, and end-use quality in winter wheat germ plasm. *Cereal Chemistry*, 1990, 67: 342-349.
- [33] SHI Z X, CHEN X M, LINE R F, LEUNG H, WELLINGS C R. Development of resistance gene analog polymorphism markers for the *Yr9* gene resistance to wheat stripe rust. *Genome*, 2001, 44: 509-516.
- [34] LUKASZEWSKI A J. Manipulation of the 1RS-1BL translocation in wheat by induced homoeologous recombination. *Crop Science*, 2000, 40: 216-225.
- [35] FU S, TANG Z, REN Z, ZHANG H. Transfer to wheat (*Triticum aestivum*) of small chromosome segments from rye (*Secale cereale*) carrying disease resistance genes. *Journal of Applied Genetics*, 2010, 51: 115-121.
- [36] 柴建芳, 王海波, 马秀英, 张翠绵, 董福双. ω-黑麦碱基因沉默对小麦 1B/1R 易位系加工品质的影响. *作物学报*, 2016, 42(5): 627-632.
- CHAI J F, WANG H B, MA X Y, ZHANG C M, DONG F S. Effect of ω-Secalin gene silencing on processing quality of wheat 1B/1R translocation line. *Acta Agronomica Sinica*, 2016, 42(5): 627-632. (in Chinese)

(责任编辑 李莉)