



沉淀值在小麦品质育种上的应用研究

周济铭¹, 杜 璨¹, 冯 帆¹, 郑爱泉¹, 安成立²

(1. 杨凌职业技术学院, 陕西杨凌 712100; 2. 西北农林科技大学, 陕西杨凌 712100)

摘要 沉淀值是评价小麦品质的一个重要指标, 已成为小麦育种工作者重视和经常应用的一个品质指标。以育种实践及前人发表的论著为基础, 从沉淀值测定方法, 沉淀值与小麦的品质性状、品质改良和环境营养条件等方面加以分析论述, 探讨沉淀值在小麦品质育种中的作用, 以期为亲本选配、后代选择处理、品质鉴定等提供参考。沉淀值与其他小麦品质指标密切相关, 可作为衡量小麦品质的指标之一; 沉淀值常用测定方法包括 Zeleny 法和 SDS 法, 后者又分为常量测定和微量测定, 其中微量 SDS 测定更适合小麦育种过程中的后代品质分析。沉淀值遗传力大, 同时也受环境条件影响, 育种过程中应注意控制肥力水平, 以更好地反映基因型遗传效应。

关键词 小麦; 沉淀值; 品质育种; 品质性状

中图分类号 S512.1

文献标志码 A

文章编号 1004-1389(2019)08-1211-08

小麦是世界上重要的农作物之一^[1-2], 也是中国主要的粮食作物^[3-4]。通过几十年的选育改良, 中国小麦品质有了很大提升, 但与发达国家相比, 中国小麦加工品质尚有一定差距, 改良小麦加工品质已成为中国发展优质小麦的首要问题^[5]。沉淀值是评价小麦品质的一个重要指标, 其遗传力大, 遗传稳定性高, 已成为小麦育种工作者重视和经常应用的一个品质指标^[6-11]。关于沉淀值的研究已有大量报道, 为小麦高效选育优质品种提供理论基础^[12-14]。随着沉淀值测定方法的改进和完善, 尤其是微量 SDS 测定法的出现和应用, 给小麦优质育种早代材料的品质评价提供了条件, 为小麦优质新品种选育过程中沉淀值的应用提供依据, 本文从沉淀值测定方法、沉淀值与小麦的品质性状、品质改良、环境营养条件等方面加以分析论述, 探讨沉淀值在小麦品质育种中的作用, 为亲本选配、后代选择处理和品质鉴定等提供参考。

1 沉淀值与小麦品质性状相关分析

小麦品质性状较多, 分析目的不同, 其内容也不同。在小麦品质改良中关注的品质性状主要包括容质量、蛋白质含量、湿面筋含量、沉淀值、面团形成时间、稳定时间、吸水率、出粉率等^[15-20]。沉

淀值因其遗传特性成为一种重要的品质指标, 随着测定方法日趋成熟, 研究分析沉淀值与其他品质性状的相关性, 对小麦品质育种具有实践指导意义。研究表明, 沉淀值与面团形成时间、稳定时间等面团流变学特性均呈极显著正相关, 与小麦籽粒出粉率无显著相关^[5,7,12,21]。关于这一结论, 大多数研究者的认识较为一致。但沉淀值与其他小麦品质性状的关系, 研究者存在不同认识。部分研究表明, 沉淀值与小麦面团形成时间、稳定时间呈显著正相关^[5,12,22-23]; 与湿面筋含量、蛋白质含量显著正相关^[12,24-27], 与容质量呈负相关关系^[24-27], 与杨学举等^[5]、李宗智^[23]研究结果不同(表 1)。沉淀值与面包和面条的加工品质密切相关^[21,28-29], 与面包评分呈极显著正相关, 是影响面包品质的最重要参数^[30-31], 较高的沉淀值有利于提升面包加工品质^[21]。

2 沉淀值的不同测定方法比较分析

1947 年 Zeleng 首次提出用沉淀试验测定小麦的面包烘烤品质和小麦蛋白质品质, 形成 Zeleny 沉淀值测定法。目前, 国内和国外常用的沉淀值测定方法包括: Zeleny 沉淀值测定法、常量 SDS 沉淀值测定法和微量 SDS 沉淀值测定

收稿日期: 2019-02-21 修回日期: 2019-03-12

基金项目: 陕西省重点实验室项目(18JS120)。

第一作者: 周济铭, 男, 副教授, 主要从事农业生物技术研究。E-mail: zjmyl2006@163.com

表 1 沉淀值与小麦主要品质性状的相关性分析(相关系数)

Table 1 Correlation analysis between sedimentation value and main quality traits of wheat (Correlation coefficient)

蛋白质 质量分数/% Protein mass fraction	湿面筋 质量分数/% Wet gluten mass fraction	干面筋 质量分数/% Dry gluten mass fraction	面团形成时间/min Dough development time	稳定 时间/min Stability time	体积质量/ (g/L) Volume mass	吸水率/% Water absorption	出粉率/% Flouryield	文献 Reference
0.82**	0.79**	—	0.4300**	0.46**	-0.37**	0.35**	—	沈业松等 ^[24] Shen, <i>et al.</i>
0.7691**	0.4173*	—	0.7061**	0.3890*	-0.4057*	0.1319	-0.0549	曹莉 ^[27] Cao
0.9198**	0.9124**	—	0.6641**	0.5284*	—	-0.5515*	—	李桂萍等 ^[12] Li, <i>et al.</i>
0.2548	0.3462	0.0081	0.4825*	0.6867**	—	—	—	杨学举等 ^[5] Yang, <i>et al.</i>
0.6843**	0.6606**	0.5612*	0.9253**	0.6540**	0.3462	0.6557**	0.1870	王肇慈等 ^[25] Wang, <i>et al.</i>
0.8380**	0.8500**	—	0.6336*	0.8431**	—	0.3577	—	徐风等 ^[26] Xu, <i>et al.</i>
0.0762	-0.0494	—	0.6470*	0.8823**	0.0514	-0.0851	—	李宗智 ^[23] Li
0.5611*	0.4402	0.5503*	0.5524*	0.6317**	-0.3523	-0.2042	0.1452	兰静 ^[22] Lan

注：“*、**”分别表示同列数据在 0.05 和 0.01 水平上显著。“—”表示没有数值。

Note: “*” significant at $P < 0.05$, “**” significant at $P < 0.01$. “—” no data.

法^[10]。Zeleny 沉淀值测定法是国际谷物化学协会标准方法(简称 ICC 标准),也是美国谷物化学协会标准(简称 AACCC 标准),基本原理为:在规定的粉碎及筛分条件下将小麦籽粒制成试验面粉,将异丙醇制成弱酸性水溶液,再将面粉放入此溶液形成悬浮液,面粉中的蛋白质在异丙醇作用下发生水合反应,降低悬浮面粉的沉降速度,面粉的面筋质量愈好、含量愈高,面粉的沉降速度愈慢;经规定时间的振荡和静止后,测定面粉颗粒沉降形成的沉积物体积,体积越大,沉淀值越高^[22]。Axford 等于 1979 年提出沉淀值的另一种测定方法,即 SDS 沉淀值测定法^[22]。基本原理为:在规定的粉碎和筛分条件下,将小麦籽粒处理成试验样品,在规定温度条件下,制成 SDS 悬浮液,经规定时间的振摇和静置后,面筋在弱酸性条件下与表面活性剂 SDS 结合形成絮状沉积物,沉积物的体积数值即为 SDS 沉淀值(沉淀指数)。不同测定方法适用条件不同,Zeleny 沉淀值测定法主要用于小麦面粉沉淀值测定,样品用量一般为 3.2 g(含水量 14%)。SDS 沉淀值测定法可用于小麦面粉、全麦粉沉淀值测定,又分为常量和微量两种测定方法,常量 SDS 沉淀值测定法样品用量一般为全麦粉 6.0 g(含水量 14%)、小麦面粉 5.0 g(含水量 14%)(GB/T15685-1995);微量 SDS 沉淀值测定法样品用量一般为全麦粉或小麦面粉 1.0 g(CIMMYT 墨西哥国际玉米小麦改良中心

小麦工业品质试验方法^[32])。

李硕碧等^[33]研究认为:两种 SDS 法沉淀值测定结果与 Zeleny 法具有极显著直线相关关系,相关系数为 0.8116;Zeleny 沉淀值测定法受环境条件影响小,结果稳定可靠,SDS 沉淀值测定法对试验条件要求较高,测定结果易受温度、试剂和药品质量、样品放置时间等因素影响^[22,34-35]。SDS 沉淀值测定法测定结果可反映小麦籽粒蛋白质品质优劣,侧重衡量面筋质量^[21],实用性较强;微量 SDS 沉淀值测定法与常量 SDS 沉淀值测定法有很高的相关性($r = 0.988$),且试剂用量少,测定速度快,实用方便,降低分析成本并缩短分析时间,更适合小麦品质育种工作的需要^[22-33,35]。近年来,近红外光谱检测在小麦品质测定分析上的应用较为广泛,因其对小麦品质相关指标快速可靠的测定广受关注,且与 Zeleny 沉淀值测定、常量 SDS 沉淀值测定结果相关性较高,实践应用性强^[10,24],对遗传来源不同的品种(系)较为适用,而比较育种选择过程中遗传差异较小的姊妹系间沉淀值的差异时,更适合选用微量 SDS 沉淀值测定法。

3 沉淀值与小麦品质改良

3.1 小麦品种间沉淀值变化特点

研究分析沉淀值在小麦不同品种间的差异性对小麦品质改良亲本选配具有十分重要的指导性

义,关于这方面研究已有大量报道。王键等^[36]对 404 份小麦种质资源品质性状进行测定分析,结果显示国内小麦品种沉淀值低于国外引进品种。而张彩英等^[37]发现,国内小麦品种与国外引进品种间沉淀值无明显差异(平均值:国外引进品种 24.5 mL,国内品种 24.9 mL),但沉淀值变异系数相差较大(国外引进品种 43.3%,国内品种 31.2%);比较国内育成品种和农家品种沉淀值发现,育成品种沉淀值相对较高(育成品种 24.9 mL,农家品种 24.1 mL),不同地区育成品种沉淀值存在差异性。黑龙江、北京、宁夏等省市的农家品种沉淀值显著高于育成品种,国内品种高于国外引进品种^[37]。从南向北及从平原到高原,沉淀值有逐渐增高的趋势^[38],关中地区小麦品种沉淀值显著高于豫北及冀中地区^[39]。比较不同育成年代小麦品种的沉淀值发现,随着育成时间的增加,沉淀值呈现上升的趋势^[7,27,40-42],在育种过程中,小麦品质得到一定改良。沈业松等^[24]对黄淮海区 296 份小麦品种的品质进行研究,分析结果表明,面团形成时间变幅为 0.40~4.80 min,变异系数为 25.91%;面粉沉淀值变幅为 14.60~63.00 mL,变异系数为 24.49%;稳定时间变幅为 1.90~11.00 min,变异系数为 19.46%;在所有分析的品质性状中,沉淀值变异系数较大,籽粒体积质量变异系数为 1.74%、出粉率变异系数为 3.43%、面团吸水率变异系数为 4.19%,变异系数较小。曹颖妮等^[7]对河南省 2006—2016 年小麦区域试验 749 个参试品种(系)的品质性状进行研究分析,结果表明,沉淀值平均为 59.5 mL,变幅为 26.8~86.0 mL,沉淀值变异系数为 14.2%。彭绍峰等^[43]对黄淮北部地区 5 个不同地点 18 个小麦新品系的品质性状进行研究分析,结果表明,沉淀值平均值为 35.8 mL,沉淀值变异系数为 29.9%。

大量研究表明,国内育成品种与国外引进品种间、国内不同小麦品种(系)间沉淀值存在较大的变异,在小麦品质改良亲本选配时,应重点考察沉淀值较高的品种(系)。

3.2 沉淀值遗传特点

关于沉淀值的遗传研究主要集中在遗传力上,研究结果显示,沉淀值的遗传力估算值在不同研究报告中变化较大,但大多数研究者认为沉淀值具有较高的遗传力。张晓科等^[44]研究表明,沉淀值遗传以基因的加性效应为主,其广义遗传力

和狭义遗传力较高,分别为 98.42%和 97.06%,吴禹^[14]有相同的研究发现;张彩英等^[45]对 30 个小麦品种的 11 个加工品质性状进行遗传分析,在 11 个指标中,沉淀值的广义遗传力为 83.7%,位于首位;李硕碧等^[13]认为沉淀值的遗传符合加性—显性模型,其遗传力为 87.28%;霍清涛等^[46]研究认为沉淀值遗传是以显性基因效应为主,沉淀值狭义遗传力约为 48.04%;而孔祥赫等^[47]研究表明,沉淀值易受环境条件影响,其狭义和广义遗传力分别为 16.8%和 30.5%。陈后庆等^[48]、刘广田等^[49]研究指出,SDS 沉淀值在杂种 F₂ 代种子间有显著遗传分离,存在极显著的细胞质效应,其遗传主要受三倍体的胚乳基因型控制,广义遗传力达到 98.75%,沉淀值同时受多基因加性效应和非加性效应的影响。

大多数研究者认为,沉淀值在不同杂交组合间杂种优势存在显著差异,但优势不强。刘建军等^[50]对冬小麦 20 个组合杂种 F₁ 代及其 9 个亲本沉淀值进行杂种优势分析,沉淀值的平均杂种优势较小,为 -0.32%,组合间变幅为 -33.88%~20.67%,组合间差异显著,不同亲本一般配合力效应大小差异明显。郝贵霞等^[51]利用不育系配制杂交种,对 30 个组合小麦籽粒品质性状杂种优势进行分析,发现沉淀值在大多数组合 F₁ 代表现为较强的负向优势,个别组合达到 -65.36%,在所有组合中,只有 2 个组合表现正向优势,变幅为 -65.36%~2.86%;李桂萍等^[52]对 6 个小麦品种(系)组配 F₁ 代籽粒品质性状进行杂种优势分析,结果表明,沉淀值优势平均值为 6.88%,变幅为 0.80%~9.28%;利用化杀制备 4 个小麦杂种 F₁ 代,并对杂种 F₁ 代、F₂ 代及其亲本的籽粒品质性状进行分析,沉淀值与中亲值、低亲值、高亲值均呈正相关,但不显著,与低亲值、中亲值的相关系数相对较大,沉淀值优势平均值为 -11.45%,优势变幅为 -15.35%~2.53%^[12]。亲本沉淀值一般配合力和特殊配合力与 F₁ 代表型间均呈极显著正相关,杂种后代沉淀值情况可以通过双亲沉淀值的平均表现加以分析预测^[49-50]。

3.3 沉淀值与小麦品质育种

通过沉淀值在不同品种间的变异特点及遗传力进行研究分析,认为沉淀值遗传是以加性效应为主,也存在一定的显性和上位作用,受多基因控制的小麦品质性状^[53-54]。同时研究也反映出沉淀

值的广义遗传力有较大变幅(30%~98%),这可能与试验材料、测定方法有关,总体认为沉淀值具有较高的遗传力^[6,9,13,46-49]。因此,在小麦品质育种中,沉淀值可以作为亲本选配、后代选择鉴定的一个重要指标。研究表明杂种一代的沉淀值与双亲沉淀值的平均值呈显著正相关,且受母本与低值亲本影响较大^[23,48-49]。因此,亲本选配时,在综合分析其他农艺性状的前提下,选择高沉淀值亲本作为母本,双亲沉淀值的均值要高。在杂交后代选择上,下一代取舍可参考上一代的沉淀值,同时也可依据亲本沉淀值的大小确定重点组合。在沉淀值测定上,早代单株选择时,由于种子量少,可用微量 SDS 法;晚代或品系测定时,可用常量 SDS 法和 Zeleny 法^[22,53]。赵振东等^[55]研究发现,杂交后代沉淀值的选择效果在各代间相关系数为: $r_{F_2 \sim F_3} = 0.3302^*$, $r_{F_3 \sim F_4} = 0.6907^{**}$, $r_{F_4 \sim F_5} = 0.6558^{**}$ (注:*、**分别表示在 0.05 和 0.01 水平上显著),选择效果逐代提高。因此,在后代处理时,早代以汰低汰劣为主,高代以优中选优为主,并结合重点组合开展。

4 沉淀值与小麦环境营养条件的相关分析

通过对沉淀值遗传力的研究现状分析,大多数研究者认为沉淀值具有较高的广义遗传力,说明沉淀值的遗传主要受基因型控制,遗传较为稳定,环境因素对其影响较小,部分研究者认为沉淀值受环境影响较大^[56-57]。在小麦品质育种过程中,协调小麦品质性状与产量性状间的关系、各品质性状间的关系是育种工作的主要任务,研究探讨环境营养因素与沉淀值的关系有一定实践指导意义。赵秀兰^[58]对 3 个蛋白质含量不同的春小麦品种品质性状与氮磷水平关系进行研究分析,认为磷素处于中等施用水平,配以定量增加施用氮肥,3 个品种中高蛋白品种沉淀值降低,低蛋白品种沉淀值有升高趋势,在低肥力条件下,氮磷肥单因素增施对沉淀值作用较大,在高肥力条件下,影响效应小;李青常等^[59]对 2 个沉淀值差异显著的小麦品种进行品质分析,发现随氮肥施用量的增加,2 个品种 SDS 沉淀值均有上升趋势;宋美丽^[60]研究认为,随着氮肥追肥比例的增加,小麦沉淀值升高,增施氮钾肥可促进沉淀值增加,当氮磷钾肥以 9:4:6 的比例配施时,沉淀值可达到最高值;赵秀兰^[61]认为随着氮肥水平增加,不同

品质春小麦品种的沉淀值反应不同,强筋高蛋白品种、弱筋低蛋白品种表现出下降的趋势,而中筋高蛋白品种明显增加;随着磷肥水平增加,高蛋白品种沉淀值普遍提高,而低蛋白品种则降低。冬小麦品种随着氮肥水平增加,沉淀值普遍升高,磷水平增加,沉淀值变化的规律性不明显;目前关于钾肥与沉淀值关系的研究报道较少;氮、磷、钾素平衡配方施用是形成较高沉淀值的关键。

5 结语

综上所述,沉淀值作为小麦品质性状指标之一,具有重要的衡量作用,随着测定方法的不断改进完善,其具有经济实用、快速、适应面相对广泛的特点,在小麦品质改良应用上也具有一定优势。沉淀值与面筋含量、蛋白质含量、面团形成时间、稳定时间等多项品质指标之间呈显著正相关,与籽粒角质率、籽粒吸水率均呈显著正相关^[7,24,26-27]。这有利于通过沉淀值测定分析判断其他重要品质性状,也有利于协调小麦各品质性状间的关系。

常用沉淀值测定方法有 Zeleny 法、常量 SDS 法和微量 SDS 法,大量研究表明这些方法间具有极显著的直线相关关系,有利于依据条件不同而选择不同的测定方法^[22,33-35,62]。Zeleny 法和常量 SDS 法样品用量大,适用于品种或品系的品质分析,微量 SDS 法更适合育种后代的品质分析,尤其是系谱法处理后代时,但 SDS 法易受温度、试剂及药品质量、样品放置时间等因素影响。

小麦不同类型种质资源之间、不同品质品种之间的沉淀值均存在广泛变异,国内育成品种沉淀值的变异系数低于国外引进品种^[38];沉淀值广义遗传力大,遗传稳定性高,对狭义遗传力,研究者间结论差异较大;大多数研究结果显示沉淀值在不同杂交组合间杂种优势存在显著差异,但优势不强,且亲本沉淀值一般配合力和特殊配合力与 F_1 代表型间均呈极显著正相关,建议在小麦品质改良时,选择高沉淀值亲本及早代进行沉淀值选择。沉淀值主要受基因型控制,但小麦环境营养条件也影响沉淀值表现,建议在小麦品质改良时,试验地肥力水平要适当,尤其要适当控制氮、钾水平,使沉淀值测定结果更能反映基因型遗传效应。

参考文献 Reference:

- [1] BECHE E, BENIN G, DASILVA C L, *et al.* Genetic gain in

- yield and changes associated with physiological traits in Brazilian wheat during the 20th century [J]. *European Journal of Agronomy*, 2014, 61: 49-59.
- [2] SHIFERAW B, SMALE M, BRAUN H J, *et al.* Crops that feed the world 10. Past successes and future challenges to the role played by wheat in global food security [J]. *Food Security*, 2013, 5(3): 291-317.
- [3] 贾筱智, 郭亚军, 许立. 我国小麦生产技术进步率的测算及分析——基于随机前沿分析方法[J]. *广东农业科学*, 2013, 40(2): 192-196.
- JIA X ZH, GUO Y J, XU L. Calculation and analysis of technical development rate of Chinese wheat production——Based on the stochastic frontier analysis method [J]. *Guangdong Agricultural Sciences*, 2013, 40(2): 192-196.
- [4] 朱科学, 朱振, 周惠明. 小麦胚的稳定化、生理活性及在食品工业中的应用[J]. *粮油加工*, 2006(8): 78-80, 84.
- ZHU K X, ZHU ZH, ZHOU H M. Stabilization, physiological activity of wheat germ and its application in food industry [J]. *Cereals and Oils Processing*, 2006(8): 78-80, 84.
- [5] 杨学举, 荣广哲, 卢桂芬. 优质小麦重要性状的相关分析[J]. *麦类作物学报*, 2001, 21(2): 35-37.
- YANG X J, RONG G ZH, LU G F. Correlation analysis of important characters of high-quality wheat [J]. *Journal of Triticeae Crops*, 2001, 21(2): 35-37.
- [6] HERNANDEZ ZJE, FIGUEROA JDC, RAYAS-DUARTE P, *et al.* Influence of high and low molecular weight glutenins on stress relaxation of wheat kernels and the relation to sedimentation and rheological properties [J]. *Journal of Cereal Science*, 2012, 55(3): 344-350.
- [7] 曹颖妮, 余大杰, 赵光华, 等. 2006—2016 年河南省小麦区域试验品种(系)的品质性状分析[J]. *麦类作物学报*, 2018, 38(8): 893-899.
- CAO Y N, YU D J, ZHAO G H, *et al.* Quality character analysis of wheat varieties (Lines) in Henan regional tests from 2006 to 2016 [J]. *Journal of Cereal Science*, 2018, 38(8): 893-899.
- [8] 谢科军. 黄淮南片地区小麦品种(系)高分子量蛋白亚基组成及其与品质间的关系[D]. 郑州: 河南农业大学, 2016.
- XIE K J. The composition of high molecular weight glutenin subunits of wheat varieties (lines) in the south of Huanghuai region and their relationship with quality [D]. Zhengzhou: Henan Agricultural University, 2016.
- [9] 王光瑞. 中国小麦品质现状及其产业化浅析[M]. 北京: 中国农业出版社, 2002: 152-161.
- WANG G R. Analysis on the Status Quo of Chinese Wheat Quality and Its Industrialization [M]. Beijing: China Agriculture Press, 2002: 152-161.
- [10] SUN L J, LIU M L, XU L L, *et al.* Wheat sedimentation value determination based on near infrared spectroscopy [C]. Guangzhou: Advanced Materials Research, 2013: 996-1000.
- [11] 高欣, 李学军, 张莉, 等. 黄淮南片小麦区试品种沉降值的测定及优质区划研究[J]. *西北农业学报*, 2005, 14(4): 44-47.
- GAO X, LI X J, ZHANG L, *et al.* The wheat sedimentation testing and good regionalization studying in the south of Huanghuai area [J]. *Acta Agriculturae Boreali-occidentalis Sinica*, 2005, 14(4): 44-47.
- [12] 李桂萍, 张根生, 巴青松, 等. 杂种小麦品质性状的性状相关和主成分分析[J]. *浙江农业学报*, 2016, 28(9): 1447-1453.
- LI G P, ZHANG G SH, BA Q S, *et al.* Correlation analysis and principal component analysis on quality traits in hybrid wheat [J]. *Acta Agriculturae Zhejiangensis*, 2016, 28(9): 1447-1453.
- [13] 李硕碧, 裴阿卫, 李必运. 小麦品质性状的遗传及选择方法研究[J]. *作物学报*, 2002, 28(6): 816-820.
- LI SH B, PEI A W, LI B Y. Study on inheritance and selection method of wheat qualities [J]. *Acta Agronomica Sinica*, 2002, 28(6): 816-820.
- [14] 吴禹. SDS 沉淀值在小麦亲本选配及后代选择上的应用[J]. *麦类作物学报*, 2006, 26(1): 52-56.
- WU Y. Study on the utilization of SDS-sedimentation value in wheat quality improvement [J]. *Journal of Triticeae Crops*, 2006, 26(1): 52-56.
- [15] 姚金保. 中国小麦品质育种现状、存在问题及改良策略[J]. *南京农专学报*, 2000, 16(2): 7-10.
- YAO J B. Status and problem of wheat quality breeding and its improvement strategy in China [J]. *Journal of Nanjing Agricultural Technology College*, 2000, 16(2): 7-10.
- [16] 魏益民, 张波, 关二旗, 等. 中国冬小麦品质改良研究进展[J]. *中国农业科学*, 2013, 46(20): 4189-4196.
- WEI Y M, ZHANG B, GUAN E Q, *et al.* Advances in study of quality property improvement of winter wheat in China [J]. *Scientia Agriculturae Sinica*, 2013, 46(20): 4189-4196.
- [17] 何中虎, 晏月明, 庄巧生, 等. 中国小麦品种品质评价体系建立与分子改良技术研究[J]. *中国农业科学*, 2006, 39(6): 1091-1101.
- HE ZH H, YAN Y M, ZHUANG Q SH, *et al.* Establishment of quality evaluation system and utilization of molecular methods for the improvement of Chinese wheat quality [J]. *Scientia Agriculturae Sinica*, 2006, 39(6): 1091-1101.
- [18] 赵乃新, 王乐凯, 程爱华, 等. 面包烘焙品质与小麦品质性状的相关性[J]. *麦类作物学报*, 2003, 23(3): 33-36.
- ZHAO N X, WANG L K, CHENG A H, *et al.* Correlation between baking quality and wheat quality parameters [J]. *Journal of Triticeae Crops*, 2003, 23(3): 33-36.
- [19] 胡学旭, 孙丽娟, 周桂英, 等. 2000—2015 年北部、黄淮冬麦区国家区试品种的品质特征[J]. *作物学报*, 2017, 43(4): 501-509.
- HU X X, SUN L J, ZHOU G Y, *et al.* Quality characteristics of winter wheat varieties tested in national trials in

- northern region and Yellow-Huai river valley winter wheat zone from 2000 to 2015 [J]. *Acta Agronomica Sinica*, 2017, 43(4): 501-509.
- [20] 张凌云,王智华,徐德芳. 新引进小麦材料的主要品质性状[J]. 西北农业学报, 2009, 18(3): 90-93.
ZHANG L Y, WANG ZH H, XU D F, *et al.* Analysis on main quality characters in new introducing wheat varieties [J]. *Acta Agriculturae Boreali-occidentalis Sinica*, 2009, 18(3): 90-93.
- [21] 马晓. 面包面条优质兼用型小麦蛋白质理化特性的研究[D]. 山东泰安: 山东农业大学, 2018.
MA X. Study on protein physicochemical properties of wheat cultivars with good processing quality for both bread and noodles [D]. Tai'an Shandong, Shandong Agricultural University, 2018.
- [22] 兰静. 不同沉降值测定方法与小麦品质特性间相关性的研究[J]. 麦类作物学报, 1998, 18(1): 27-29, 33.
LAN J. Study on the correlation between different settlement value determination methods and wheat quality characteristics [J]. *Journal of Triticeae Crops*, 1998, 18(1): 27-29, 33.
- [23] 李宗智. 冬小麦若干品质性状遗传及相关的研究[J]. 作物学报, 1990, 16(1): 8-18.
LI Z ZH. Study on inheritance and correlation of some quality characteristics in winter wheat [J]. *Acta Agronomica Sinica*, 1990, 16(1): 8-18.
- [24] 沈业松,王歆,顾正中,等. 296份黄淮麦区小麦品种资源在江苏淮北地区的品质分析[J]. 浙江农业学报, 2018, 30(10): 1617-1623.
SHEN Y S, WANG X, GU ZH ZH, *et al.* Quality analysis of 296 wheat varieties from the Huang-Huai wheat region planted in Huaibei area of Jiangsu [J]. *Acta Agriculturae Zhejiangensis*, 2018, 30(10): 1617-1623.
- [25] 王肇慈,袁健. 沉降值与小麦食用工艺品质的关系[J]. 粮食储藏, 1988(3): 50-56.
WANG ZH C, YUAN J. The relationship between sedimentation test and technical quality of wheat [J]. *Grain Storage*, 1988(3): 50-56.
- [26] 徐风,马传喜,谭蕴之. 面包小麦品质及其预测指标的研究[J]. 中国粮油学报, 1994, 9(2): 30-36.
XU F, MA CH X, TAN Y ZH. Study on the quality of bread wheat and its prediction index [J]. *Journal of the Chinese Cereals and Oils Association*, 1994, 9(2): 30-36.
- [27] 曹莉. 当前黄淮冬麦区小麦品质性状研究[D]. 陕西杨凌: 西北农林科技大学, 2001.
CAO L. Study on the quality of wheat varieties grown in the Huang-Huai winter wheat area [D]. Yangling Shaanxi: Northwest A&F University, 2001.
- [28] 马传喜,吴兆苏. 小麦胚乳蛋白质组分及高分子量麦谷蛋白亚基与烘烤品质的关系[J]. 作物学报, 1993, 19(6): 562-566.
MA CH X, WU ZH S. Effect of variation of protein fractions and HMW Glutenin subunits on SDS sedimentation volume in wheat varieties [J]. *Acta Agronomica Sinica*, 1993, 19(6): 562-566.
- [29] 张彩英,常文锁,孙惠贤. 我国北方冬小麦主要推广品种品质性状研究[J]. 西北植物学报, 2002, 22(5): 1176-1184.
ZHANG C Y, CHANG W S, SUN H X. Studies on quality characters of some commercial wheats from northern wheat-growing areas of China [J]. *Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica*, 2002, 22(5): 1176-1184.
- [30] 何中虎,夏先春,陈新民,等. 中国小麦育种进展与展望[J]. 作物学报, 2011, 37(2): 202-215.
HE ZH H, XIA X CH, CHEN X M, *et al.* Progress of wheat breeding in China and the future perspective [J]. *Acta Agronomica Sinica*, 2011, 37(2): 202-215.
- [31] CLARKE F R, CLARKE J M, AMES N A, *et al.* Gluten index compared with SDS-sedimentation volume for early generation selection for gluten strength in durum wheat [J]. *Canadian Journal of Plant Science*, 2010, 90(1): 1-11.
- [32] 李硕碧. CIMMYT小麦沉降值测定及面团特性评价方法[J]. 麦类作物学报, 1996(1): 32-34.
LI SH B. The methods of sedimentation value measurement and dough characteristics evaluation of wheat in CIMMYT [J]. *Journal of Triticeae Crops*, 1996(1): 32-34.
- [33] 李硕碧,郭俊伟,王小红,等. 小麦沉降值测定方法的评价研究[J]. 麦类作物学报, 1996(5): 40-41.
LI SH B, GUO J W, WANG X H, *et al.* Evaluation of the method for determination of wheat sedimentation value [J]. *Journal of Triticeae Crops*, 1996(5): 40-41.
- [34] MORRIS C F, PASZCZYNSKA B, BETTGE A D, *et al.* A critical examination of the sodium dodecyl sulfate (SDS) sedimentation test for wheat meals [J]. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 2007, 87(4): 607-615.
- [35] SEABOURN B W, XIAO Z H S, TILLEY M, *et al.* A Rapid, small-scale sedimentation method to predict bread-making quality of hard winter wheat [J]. *Crop Science*, 2012, 52(3): 1306-1315.
- [36] 王键,卢少源. 冬小麦种质资源品质及其他农艺性状的相关性分析和综合评价[J]. 河北农业大学学报, 1988, 11(3): 82-89.
WANG J, LU SH Y. Correlation analysis and comprehensive evaluation on quality and other agronomic characteristics of winter wheat germplasms [J]. *Journal of Hebei Agricultural University*, 1988, 11(3): 82-89.
- [37] 张彩英,李宗智,常文锁,等. 小麦种质资源沉降值的研究[J]. 中国粮油学报, 1992, 7(4): 14-18.
ZHANG C Y, LI Z ZH, CHANG W S, *et al.* Study on precipitation value of wheat germplasm resources [J]. *Journal of the Chinese Cereals and Oils Association*, 1992, 7(4): 14-18.
- [38] 张梅,隋新霞,孙治军,等. 生态环境对小麦品质性状的影响[J]. 吉林农业科学, 2006, 31(3): 23-25, 34.
ZHANG M, SUI X X, SUN ZH J, *et al.* The development of agriculture in Jilin Province calls for water-saving tech-

- nology on dry land farming [J]. *Journal of Jilin Agricultural Sciences*, 2006, 31(3): 23-25, 34.
- [39] 关二旗, 魏益民, 张波, 等. 黄淮冬麦区部分区域小麦品种构成及品质性状分析[J]. *中国农业科学*, 2012, 45(6): 1159-1168.
- GUAN E Q, WEI Y M, ZHANG B, *et al.* Analysis of the variety composition and quality properties of wheat in a part of the Yellow-Huai river zone [J]. *Scientia Agricultura Sinica*, 2012, 45(6): 1159-1168.
- [40] WURSCHEM T, LEISER W L, KAZMAN E, *et al.* Genetic control of protein content and sedimentation volume in European winter wheat cultivars [J]. *Theoretical and Applied Genetics*, 2016, 129(9): 1685-1696.
- [41] 胡卫国, 赵虹, 王西成, 等. 黄淮冬麦区小麦品种品质改良现状分析[J]. *麦类作物学报*, 2010, 30(5): 936-943.
- HU W G, ZHAO H, WANG X CH, *et al.* Quality improvement of winter wheat in Yellow and Huai river wheat zone [J]. *Journal of Triticeae Crops*, 2010, 30(5): 936-943.
- [42] 胡学旭, 孙丽娟, 周桂英, 等. 2000—2015 年国家黄淮和北部冬麦区域试验品种品质分析[J]. *中国农业科学*, 2016, 49(24): 4677-4686.
- HU X X, SUN L J, ZHOU G Y, *et al.* Quality variation of national tested varieties in northern winter wheat region and Yellow-Huai river valley winter wheat region from 2000 to 2015 [J]. *Scientia Agricultura Sinica*, 2016, 49(24): 4677-4686.
- [43] 彭绍峰, 马雯, 张媛菲, 等. 黄淮地区小麦品质性状特性分析[J]. *山西农业科学*, 2017, 45(11): 1743-1746.
- PENG SH F, MA W, ZHANG Y F, *et al.* Analysis of wheat quality traits in the north of the Huang-huai wheat region [J]. *Journal of Shanxi Agricultural Sciences*, 2017, 45(11): 1743-1746.
- [44] 张晓科, 魏益民, 付晓洁, 等. 陕西关中小麦全麦粉 SDS 沉淀值与膨胀体积的遗传研究[J]. *麦类作物学报*, 2004, 24(2): 27-30.
- ZHANG X K, WEI Y M, FU X J, *et al.* Studies on inheritance of wholemeal SDS sedimentation value and swelling volume in common wheat grown in Shaanxi central plain [J]. *Journal of Triticeae Crops*, 2004, 24(2): 27-30.
- [45] 张彩英, 李宗智. 冬小麦若干加工品质性状遗传变异及相关性的研究[J]. *河北农业大学学报*, 1989(3): 8-15.
- ZHANG C Y, LI Z ZH. Study on genetic variations and correlations of some processing quality characters in wheat [J]. *Journal of Hebei Agricultural University*, 1989(3): 8-15.
- [46] 霍清涛, 吕德彬, 崔党群, 等. 小麦主要品质性状的遗传模型研究[J]. *华北农学报*, 1996, 11(3): 8-14.
- HUO Q T, LÜ D B, CUI D Q, *et al.* Studies on the genetic model of main quality characters in wheat [J]. *Acta Agriculturae Boreali-Sinica*, 1996, 11(3): 8-14.
- [47] 孔祥赫, 张立平, 赵昌平, 等. 小麦籽粒主要蛋白质相关品质性状的遗传分析[J]. *安徽农业科学*, 2008, 36(20): 8518-8521, 8542.
- KONG X H, ZHANG L P, ZHAO CH P, *et al.* Genetic analysis of the grain quality traits related to main protein in wheat [J]. *Journal of Anhui Agricultural Sciences*, 2008, 36(20): 8518-8521, 8542.
- [48] 陈后庆, 孙长森, 丁永辉, 等. 杂种小麦 SDS 沉淀值和干、湿面筋含量的数量遗传分析[J]. *扬州大学学报(农业与生命科学版)*, 2005, 26(3): 58-61.
- CHEN H Q, SUN CH S, DING Y H, *et al.* Quantitative genetic analysis of SDS sedimentary value and gluten content in wheat hybrids [J]. *Journal of Yangzhou University(Agricultural and Life Science Edition)*, 2005, 26(3): 58-61.
- [49] 刘广田, 朱金宝, 张树榛. 普通小麦品质性状及其他农艺性状的研究 I. 杂种优势及配合力[J]. *北京农业大学学报*, 1989, 15(3): 259-266.
- LIU G T, ZHU J B, ZHANG SH ZH. Studies on quality and agronomic characters in *Triticum aestivum* L. I. Heterosis and combining ability [J]. *Acta Agriculturae Universitatis Pekinensis*, 1989, 15(3): 259-266.
- [50] 刘建军, 赵振东, 董进英. 冬小麦沉淀值的杂种优势和配合力分析[J]. *山东农业科学*, 1995(4): 10-12.
- LIU J J, ZHAO ZH D, DONG J Y. Analysis of heterosis and combining ability of winter wheat precipitation value [J]. *Shandong Agricultural Sciences*, 1995(4): 10-12.
- [51] 郝贵霞, 宋希云, 尤明山, 等. 杂种小麦籽粒品质性状的杂种优势[J]. *中国农业大学学报*, 1998, 3(3): 26-32.
- HAO G X, SONG X Y, YOU M SH, *et al.* Heterosis of grain quality characters of hybrid wheat [J]. *Journal of China Agricultural University*, 1998, 3(3): 26-32.
- [52] 李桂萍, 刘宏伟, 张改生, 等. 小麦籽粒品质性状的杂种优势和相关分析[J]. *西北植物学报*, 2003, 23(1): 82-85.
- LI G P, LIU H W, ZHANG G SH, *et al.* Heterosis and correlation analysis on some quality characters in wheat [J]. *Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica*, 2003, 23(1): 82-85.
- [53] LI Z X, SI H Q, XIA Y X, *et al.* Influence of low-molecular-wheat sodium dodecyl sulfate sedimentation volume and solvent retention capacity value [J]. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 2015, 95(10): 2047-2052.
- [54] RAM S, SHARMA S, SHARMA I. Allelic diversity of HMW and LMW glutenins in indian wheats and their relationship with sedimentation volume and mixograph parameters [J]. *Cereal Research Communications*, 2015, 43(3): 492-503.
- [55] 赵振东, 董进英, 刘建军. 沉淀试验在小麦品质育种中的应用[J]. *山东农业科学*, 1995(2): 13-16.
- ZHAO ZH D, DONG J Y, LIU J J. Application of sedimentation test in wheat quality breeding [J]. *Shandong Agricultural Sciences*, 1995(2): 13-16.
- [56] HRUSKOVA M, SKODOVA V, BLAZEK J. Wheat sedimentation values and falling number [J]. *Czech Journal*

- of *Food Sciences*, 2004, 22(2): 51-57.
- [57] 杨学举,周进宝,王永红. 优质小麦品质性状的环境变异研究[J]. 麦类作物学报, 2000, 20(3): 21-24.
YANG X J, ZHOU J B, WAN Y H. Study on variation of quality characters of high-quality wheat grown in different environment [J]. *Journal of Triticeae Crops*, 2000, 20(3): 21-24.
- [58] 赵秀兰. 春小麦品质性状形成动态及氮磷水平和气象要素对加工品质的效应[D]. 哈尔滨: 东北农业大学, 2003.
ZHAO X L. Dynamic formation of quality properties and the effect of nitrogen and phosphorus supply and meteorological factors on processing quality in spring wheat [D]. Haerbin: Northeast Agricultural University, 2003.
- [59] 李青常,王振林,张艳,等. 施氮水平对小麦面条加工品质的影响[J]. 中国农业科学, 2005, 38(2): 420-424.
LI Q CH, WANG ZH L, ZHANG Y, et al. Effect of nitrogen application rate on noodle-making quality of wheat [J]. *Scientia Agricultura Sinica*, 2005, 38(2): 420-424.
- [60] 宋美丽. ‘西农 979’品质性状的肥力效应及其调优高产技术研究[D]. 陕西杨凌: 西北农林科技大学, 2007.
SONG M L. Research the methods of influence quality and yield on bread wheat cultivate—‘Xinong979’ [D]. Yangling Shaanxi: Northwest A&F University, 2007.
- [61] 赵秀兰. 春小麦灌浆期籽粒沉淀值动态变化及氮磷肥与播期的影响[J]. 应用生态学报, 2006, 17(4): 4640-4646.
ZHAO X L. Effects of nitrogen and phosphorus fertilization and sowing date on dynamic changes of grain sedimentation value during grain filling stage of spring wheat [J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2006, 17(4): 4640-4646.
- [62] 张爱民,刘广田. 小麦面粉沉淀值的微量快速测定(简报)[J]. 北京农业大学学报, 1990, 16(1): 58, 64.
ZHANG A M, LIU G T. Rapid determination of the amount of wheat flour precipitated (brief) [J]. *Acta Agriculturae Universitatis Pekinensis*, 1990, 16(1): 58, 64.

Application of Sedimentation Value in Wheat Quality Breeding

ZHOU Jiming¹, DU Can¹, FENG Fan¹, ZHENG Aiquan¹ and AN Chengli²

(1. Yangling Vocational & Technical College, Yangling Shaanxi 712100, China;

2. Northwest A&F University, Yangling Shaanxi 712100, China)

Abstract Sedimentation value is an important indicator of wheat quality evaluation, and it has become a quality indicator which wheat breeders often used in practice. Based on the author's breeding practice and published documents, the present paper summarizes application of sedimentation value in wheat quality breeding from four aspects, including determination method of sedimentation value, relationships of sedimentation value with wheat quality traits, wheat quality improvement, and wheat nutritional environment conditions, which can be referred to the parental selection, progeny processing and quality identification of wheat breeding. The documents indicated that the sedimentation value is closely related to other wheat quality traits, and can be used as one of the indicators of wheat quality evaluation. The sedimentation value is measured commonly by Zeleny method and SDS method, and the latter includes constant determination and micro measurement. The micro SDS determination is more suitable for quality evaluation of offspring in wheat breeding. The sedimentation value has high heritability, and also affected by environmental conditions. During the breeding process, to determine the genotype genetic effect precisely, more attention should be paid to controlling the fertility level.

Key words Wheat; Sedimentation value; Quality breeding; Quality trait

Received 2019-02-21

Returned 2019-03-12

Foundation item The Key Laboratory Project of Shaanxi (No. 18JS120).

First author ZHOU Jiming, male, associate professor. Research area: agricultural biotechnology. E-mail: zjmyl2006@163.com

(责任编辑: 顾玉兰 Responsible editor: GU Yulan)