

# 小麦几个品质指标的环境稳定性比较

孙家柱<sup>1,2</sup>, 尤明山<sup>1</sup>, 李保云<sup>1</sup>, 郭仁峻<sup>2</sup>, 尹峻玉<sup>2</sup>, 田立平<sup>2</sup>, 苏青<sup>2</sup>, 刘广田<sup>1</sup>

(1. 中国农业大学 农学与生物技术学院, 北京 100094; 2. 北京市农林科学院小麦中心, 北京 100089)

**摘要:** 研究证明: Zeleny 沉降值具有较好的环境稳定性, 即环境条件对不同基因型的作用相对一致, 并且这种相对稳定性水平至少要高于千粒重。相比之下, SDS 沉降值则更多地受到基因型和环境间互作的影响, 表现为环境稳定性相对较差, 实践中应根据研究的特点选择不同的测试方法。另外新推出的膨胀系数(SIG)法表现出了和 Zeleny 法几乎同样的环境稳定性, 并可以很好地区分品种、种植地点和密度差异对小麦品质的影响, 有必要对其进行进一步的研究。麦田基本苗密度从稀条播降至点播水平后几乎所有品质性状都得以改善。这说明密度是优质环境中重要的因素之一。另外淋雨导致的穗发芽对 Zeleny 沉降值的测定结果影响不明显, 但使 SDS 沉降值和膨胀系数的测定结果升高 7.1% 和 2.9%, 分别达到极显著和显著水平, 不过萌芽程度与 SDS 沉降值升高的程度并无明显的相关。同时, 在几个不同的品质指标中, 不同品种雨前和雨后测试结果的相关均达极显著水平( $r$  值在 0.9 左右), 说明品种间仍具可比性。在育种研究中不必因为淋雨和穗发芽而放弃原定的沉降值筛选计划, 当然此时采用 Zeleny 法测定更为稳妥, 不仅材料间可以相互比较, 测定结果在量值上也不必做校正。

**关键词:** 小麦; 品质; 沉降值; 膨胀系数; 环境稳定性

中图分类号: S512.1 文献标识码: A 文章编号: 1000-7091(2005)02-0053-06

## A Comparative Study on the Characteristic of a Few Wheat-quality Parameters in Different Growing Environments

SUN Jia-zhu<sup>1,2</sup>, YOU Ming-shan<sup>1</sup>, LI Bao-yun<sup>1</sup>,

GUO Ren-jun<sup>2</sup>, YIN Jun-yu<sup>2</sup>, TIAN Li-ping<sup>2</sup>, SU Qing<sup>2</sup>, LIU Guang-tian<sup>1</sup>

(1. College of Agronomy and Biotechnology, China Agricultural University, Beijing 100094, China;

2. Wheat Research Center, Beijing Municipal Academy of Agriculture Science, Beijing 100089, China)

**Abstract:** Sedimentation values varied significantly with growing site of wheat varieties, however, as the growing site changed, the relationship in between different genotypes was relatively stable when measured by Zeleny-Sedimentation test or by swelling index of glutenin test (SIG); but the result from SDS-Sedimentation test was easily affected by the interactions between genotypes and environments. Compared to the row planting, the adopting of dibble seeding strategy was helpful to improve wheat quality, this indicate the quality standards set for breeding nursery should be higher than that for commercial production. Sprout caused by continuous rain had no significant effect on Zeleny-Sedimentation value, but made SDS-Sedimentation value and SIG value get higher significantly, but sprout did not change the relations among different genotypes.

**Key words:** Wheat; Quality; Sedimentation value; Swelling index of glutenin; Influence of environment

品质检测是开展小麦品质育种的基本条件, 然而在影响品质的诸多因素中除了遗传的因素以外, 种植地点等环境因素的变化也会对品质产生很大的

影响<sup>[1,2]</sup>。尽管人们一般认为不同品种间的品质差异在不同条件下仍能比较稳定地表达出来<sup>[3]</sup>, 然而不同的品质指标因其评价品质的角度不完全相同,

收稿日期: 2004-09-12

作者简介: 孙家柱(1961-), 男, 山东龙口人, 博士, 副研究员, 主要从事小麦遗传育种工作。

所以对环境变化的反应也可能有差异。以沉降值为例,它受环境影响的程度往往因研究者和测试方法的不同而异,这种差异的原因是不同的品质指标程度不同地受到基因型和环境互作的影响,正确处理和利用这种影响是提高品质检测效率的重要一环。

根据上述分析,本研究重点围绕 Zeleny 和 SDS 法两种沉降值性状的环境关系展开研究。另外对照性状除了几个常见的品质或农艺性状外还增加了膨胀系数(SIG, Swelling index of glutenin test)。SIG 是 Wang-C 等近年新发表的一种小麦品质评价指标<sup>[4~6]</sup>,据报道它与沉降值、面团流变学特性等多种品质指标密切相关。本文先初步比较其对品种和环境变化的敏感性,为其在优质育种中的进一步应用奠定基础。

## 1 材料和方法

### 1.1 试材及其种植

1.1.1 Zeleny 沉降值的环境稳定研究 采用两组品种进行,一个是混合品种组(含有多个优质材料),另一个是普通品种组(属丰产类品种)。混合组采用北京地区多点试验,包括 10 个品种,3 个地点,试验采用稀条播,3 行区,2 次重复,行长 3 m,行距 30 cm,株距 2.5 cm。普通品种组采用北京及周边地区多点试验,包括 10 个新品种(系),4 个地点(含北京 1 点),条播方式,小区面积 12 m<sup>2</sup>,3 次重复(折合基本苗 180 万/hm<sup>2</sup>)。

1.1.2 不同品质指标环境稳定性的比较研究 该多点试验布置在北京郊区的 4 个地点,试材和种植方式与上述混合组相同,但通过裂区设计安排了 2 个密度,即通过间苗处理使每个小区的基本苗形成稀、密两部分,密植部分株距大约 1 cm,稀植部分株距大约 5 cm,成熟后按小区和密度分别收获进行品质分析。

1.1.3 穗发芽对品质性状测定结果的影响 试验在亲本圃中进行,种植条件为稀条播,行长 3 m,行距 30 cm,株距 2.5 cm,常规管理。发芽处理是充分利用了 2001 年收获期间连续多日降雨这样的灾害天气,选择一批在品质和其他性状上有明显差异的亲本材料,同一份材料分别在雨前收一半,数天的连阴雨之后再收另一半,这样每个材料和每个指标测定值都有雨前和雨后一对数据可供比较。

### 1.2 沉降值的测定

采用两种微量沉降值测定方法,SDS 法沉降值

用 2 g 全麦粉(标准量 6 g),Zeleny 法沉降值用 1.07 g 面粉(标准量 3.2 g, AACC 方法 56-61A)<sup>[7,8]</sup>,除了试验本身的重复外,测试还重复 2 次取其均值。蛋白质、面筋和淀粉含量的测定采用近红外法。另外,在穗发芽研究中不同测定方法均采用面粉作材料。

### 1.3 膨胀系数和膨胀势的测定

膨胀系数(SIG)测定根据 Wang-C 等<sup>[6]</sup>的方法进行,只是为了操作方便采用了 5 倍于原方法的样品量和试剂量。主要步骤包括:200 mg 面粉中注入 3 mL 的蒸馏水,振荡散开;24 °C 下水浴,轻摇保温 20 min(期间振荡 2 次);加入 3 mL 的 SDS-乳酸液(见 AACC57-70, 2000 年版),再放回 24 °C 水浴锅中,轻摇 20 min;接着在 300×g(g 为标准重力)的条件下离心 5 min,弃去上清液称重,计算单位重量面粉所形成的湿面糊重,即 SIG 值。

膨胀势是采用微量法,主要步骤包括:向装有 0.25 g 面粉的离心管中加入 5 mL 的蒸馏水混匀,70 °C 水浴振荡 10 min;再移至电热恒温水浴锅 100 °C 煮 10 min;置入冷水中 5 min,而后用离心机 1700×g 离心 4 min;弃去上清液称重,最后计算出每克面粉形成的面糊重即膨胀势。

## 2 结果与分析

### 2.1 Zeleny 沉降值的环境稳定性及其与千粒重的对比

研究发现无论是普通品种还是优质品种,也无论是稀植还是密植,尽管材料的沉降值因种植地点而异,但各材料 Zeleny 沉降值的相对水平仍具有很好的稳定性,即材料间仍具有可比性。现以混合品种组的研究结果为例,详见表 1。

表 1 中“试点内均值(mL 或 g)”一行分别列出了各个试点内所有品种微量 Zeleny 沉降值和千粒重的平均值(测定值);另一行即“试点间相对值”行则是以所有点、所有品种的总平均值为 100% 计算出的各试点均值的相对值(%);此二行上面的各列数值则分别是以各试点内所有品种的平均值为 100% 计算出的某一品种在该试点内的相对值(%),这样处理的目的是便于比较特定品种在不同的地点相对位次的稳定性。从表 1 可以看出,混合组品种的 Zeleny 沉降值和千粒重在不同地点都表现出了比较好的相对稳定性。

为了对 Zeleny 沉降值和千粒重在地点间的稳

定性(或称平行性)有一个初步量化的概念,我们分别将沉降值和千粒重数据在 3 个地点间两两进行相关分析,结果多点沉降值间的平均相关系数相对较高为  $r=0.920$ ;同时对应千粒重的平均相关系数为  $r=0.879$ 。鉴于品种数目还不够多,这仅仅给我们一个初步的结论。

表 1 优质与高产混合品种组 Zeleny 沉降值和千粒重对环境变化的相对稳定性比较(2001 年,稀条播)

品种(系)名称 Variety names	各个试点内部沉降值的相对值(%) Relative value of Zeleny-SV* in growing site				各个试点内部千粒重的相对值(%) Relative value of 1000-grain weight in site			
	市良种场 Sunyi-F*	农科院 H. dian-F	香山农场 X. shan-F	三点平均 Mean	市良种场 Sunyi-F	农科院 H. dian-F	香山农场 X. shan-F	三点平均 Mean
京 9428 Jing 9428	129. 2	145. 0	120. 0	131. 4	128. 8	119. 5	122. 6	123. 6
中优 9507 Zhonyou 9507	125. 9	125. 2	122. 7	124. 6	119. 5	106. 8	110. 5	112. 3
高优 503 Gaoyou 503	118. 4	105. 4	126. 6	116. 8	85. 4	69. 7	82. 9	79. 3
5819	104. 2	104. 3	104. 4	104. 3	91. 5	98. 9	95. 5	95. 3
关东 107 Guandong 107	103. 7	98. 8	107. 9	103. 5	78. 9	85. 1	71. 9	78. 6
济南 17 Jinan17	95. 0	99. 7	101. 7	98. 8	91. 9	94. 8	84. 4	90. 3
京 411(选系) Jing 411	87. 5	88. 1	87. 7	87. 8	100. 4	103. 4	104. 4	102. 7
优繁 5 Youfan 5	83. 1	88. 3	88. 1	86. 5	86. 7	94. 4	91. 9	91. 0
京冬 8 号 Jingdong 8	88. 6	82. 4	78. 0	83. 0	112. 0	115. 4	120. 1	115. 8
农大 123 Nongda 123	64. 1	62. 4	62. 9	63. 1	104. 5	112. 0	115. 8	110. 8
试点内均值(mL, g) Site mean of M. value*	14. 1	11. 0	12. 9	12. 7	36. 6	33. 4	35. 0	35. 0
试点间相对值(%) Relative value of S. M*	111. 1	86. 4	101. 4	100. 0	104. 6	95. 4	100. 0	100. 0

注:SV, 沉降值 Note:SV, Sedimentation value; M. value, Measured value; S. M, Site-mean

对普通品种组做类似的分析同样发现,品种 Zeleny 沉降值的相对位次也具有较好的稳定性,而该试验中千粒重虽说其在地点间的变异幅度(88. 5%~105. 2%)比起 Zeleny 沉降值的变异幅度(90. 8%~107. 7%)并不小,也就是说不同的环境条件对材料的沉降值和千粒重都具有明显的影响,但是各个品种在不同地点千粒重的相对位次却远不及沉降值有规律,这至少说明在该试验条件下(普通品种、条播),Zeleny 沉降值的环境稳定性明显优于千

粒重。类似地将沉降值和千粒重在 4 个地点间的数据两两配对进行相关分析结果是,沉降值在不同地点间的平均相关系数为  $r=0.761$ (其中 2 个显著,4 个达极显著水平);而对应千粒重的平均相关系数仅为  $r=0.202$ (其中仅一个达显著水平)。究其原因,一方面这一批材料在品质上的遗传差异比较小;另一方面则可能与种植密度有关,在密植条件下产量三因素间的相互制约较大,使千粒重的遗传潜力难以充分发挥出来。

表 2 通过相关系数比较不同品质指标对种植地点的相对稳定性

Tab. 2 Comparison of relative stability of quality parameters by means of correlation coefficients of measured values among different growing sites				
计算相关的两个地点 Couples of growing sites for r value	蛋白质含量 Protein content	SDS 沉降值 SDS-SV	Zeleny 沉降值 Zeleny-SV	膨胀系数 SIG*
北京农科院—北京良种场(1-2)*	0. 751	0. 847	0. 928	0. 891
北京农科院—农大试验站(1-3)	0. 829	0. 900	0. 934	0. 915
北京农科院—小汤山示范区(1-4)	0. 876	0. 836	0. 920	0. 927
北京良种场—农大试验站(2-3)	0. 834	0. 948	0. 954	0. 937
北京良种场—小汤山示范区(2-4)	0. 844	0. 622	0. 910	0. 877
农大试验站—小汤山示范区(3-4)	0. 940	0. 634	0. 914	0. 903
两两地点间相关系数的平均值 Mean of r value from 6 couples of site	0. 846	0. 798	0. 927	0. 908

注:表中所列相关系数均达极显著水平(1%)

Note: All the correlation coefficients(r value)in this table are significant at 1% level; SIG, Swelling index of glutenin test; Four different growing sites; 1-Haidian fam; 2-Sunyi farm; 3- Nongda station farm; 4-Changping fam

2.2 不同品质指标对种植地点的相对稳定性比较

相关系数是反映两组数据变化平行性的指标之一,为了将不同品质指标对种植地点的相对稳定性与 Zeleny 沉降值的稳定性作一下对比,现将 4 个不同地点种植的 10 个材料、2 个密度、2 次重复的子粒样本分别用几种方法进行品质测试,测定结果按品种和密度对应排列后,4 个地点两两配对,分别计算相关系数并汇总平均,结果见表 2。从表 2 可以看出,测试结果在不同地点间的平行性以 Zeleny 法最好, SIG 次之,相比之下 SDS 法测试结果的相对稳定性较差。

2.3 种植密度对不同品质指标的影响

为了探讨种植密度对不同品质指标的影响,并与影响品质的其他因子进行对比,本研究通过多因素方差分析,用不同的品质指标比较了本试验条件下密度、种植地点和品种等因子对品质的影响力,即各因子的不同水平导致品质差异的显著性程度,统计结果列入表 3。

从表 3 不难看出,不同品种和不同地点间各品质指标都表现出显著的差异,说明遗传型和种植地点对各品质指标的测定结果都有明显的影响,但这里要特别指出的是,基本苗密度也对多个品质指标具有显著的作用。与常见的饱满度下降、千粒重降低导致沉降值升高的情况不同,本试验中密度加大在降低千粒重的同时还使 SDS 沉降值、Zeleny 沉降值和 SIG 等品质指标显著降低,这从另一个角度进

一步深化了小麦品质形成的环境关系。

表 3 密度、种植地点和品种差异对不同品质指标影响力的显著性水平比较

Tab. 3 Effect of different factors including plant stand, growing site and genotype on different quality parameters			
品质指标 Quality parameters	密度间 差异水平 Sig. of plant stand	地点间差 异显著水平 Sig. of growing site	品种间差 异水平 Sig. of genotype
SDS 沉降值 SDS-SV	0.007	0.000	0.000
Zeleny 沉降值 Zeleny-SV	0.000	0.000	0.000
膨胀系数(面粉) SIG	0.000	0.000	0.000
蛋白质含量 Protein content	0.013	0.000	0.000
淀粉含量 Starch content	0.777	0.000	0.000
湿面筋含量 Wed gluten content	0.047	0.000	0.000
千粒重 1000-grain weight	0.000	0.018	0.000
出粉率 0.075 Flour yield	0.022	0.001	

2.4 淋雨和穗发芽对不同品质指标的影响

为了从宏观上探讨了发芽对若干品质指标的影响,将 30 个亲本材料按萌芽程度分成 5 组,将其对应的测定结果进行汇总求平均,结果列于表 4,从表 4 可以看出。

表 4 不同品种(系)的穗发芽程度对两种沉降值和膨胀系数测定结果的影响(2001 年)

Tab. 4 Effects of seed sprouting on the testing result of SDS-SV, Zeleny-SV and SIG								
萌动、萌芽率均值 及其变异范围(%) Rate of sprouted seed	膨胀势(g/g) Swelling power		Zeleny 沉降值(mL) Zeleny-SV		SDS 沉降值(mL) SDS-SV		膨胀系数 SIG	
	雨前 BRH	淋雨后 ARH	雨前 BRH	淋雨后 ARH	雨前 BRH	淋雨后 ARH	雨前 BRH	淋雨后 ARH
0.00	9.81	7.93	10.72	10.66	27.32	28.84	4.76	4.86
2.13(1.3~2.8)	9.50	6.67	9.27	9.71	27.11	28.53	4.57	4.90
5.10(4.5~6.5)	9.19	4.06	9.93	10.32	27.90	29.00	4.68	4.91
10.02(9.0~11.0)	9.25	1.60	8.90	8.76	22.72	25.16	4.27	4.34
28.38(18.0~49.8)	8.61	1.44	9.02	8.52	21.62	24.35	4.40	4.29
各组平均 Group mean	9.26	4.39	9.54	9.59	25.42	27.23	4.54	4.67

注: BRH 样品雨前膨胀系数值; ARH 样品雨后膨胀系数值  
Note: BRH Sample harvested before continuous rain; ARH Sample harvested after continuous rain

首先,随着供试材料发芽程度的提高其膨胀势大幅度降低,这可以解释为其淀粉被水解所致。同时从数据比较中可知,有些材料淋雨后虽说外观上并无萌动迹象,但其膨胀势已有不同程度的损失。进一步比较发现,虽然某些材料的萌动率相近,但其

膨胀势损失的程度可以相差很大,这可能与各材料内源激素水平、休眠性和成熟度上的遗传差异有关。

其次,穗发芽对 Zeleny 和 SDS 法沉降值的影响明显不同。采用 Zeleny 法测定时雨前和雨后沉降值基本是一致的,虽个别量值互有高低,但看不出淋

雨和穗发芽对沉降值测定结果有什么规律性的影响。不过整体上看,淋雨和萌芽对于 SDS 法沉降值的测定结果却有明显的影响,本试验条件下穗发芽使 SDS 沉降值平均上升了 1.8 mL,大约升高了 7.1%,升高幅度因材料而异,与穗发芽程度相关不明显。

表 5 不同品种(系)雨前和雨后成对样品品质测定数据的相关和差异 T 测验

测定方法 Testing methods	收获时间 Time of harvest	平均值 Mean	标准差 S. D	相关系数 Cor coef-B &A	均值差的 T 值 T value	显著概率 Sig. of T
膨胀势(g/g)	雨前(BRH)	9.26	0.153	0.394 *	9.903	0.000
Swelling power	雨后(ARH)	4.39	0.532			
Zeleny 法(mL)	雨前(BRH)	9.54	2.308	0.912 **	-0.273	0.789
Zeleny-SV	雨后(ARH)	9.59	2.229			
SDS 法(mL)	雨前(BRH)	25.42	4.859	0.900 **	-4.602	0.000
SDS-SV	雨后(ARH)	27.23	4.164			
膨胀系数法	雨前(BRH)	4.54	0.624	0.894 **	-2.453	0.021
SIG	雨后(ARH)	4.67	0.623			

注: Cor coef-B &A 样品雨前值与雨后值的相关系数

Note: Cor coef B &A Correlation coefficient between BRH and ARH

首先,成对数据 T 测验结果说明,淋雨和穗发芽导致 SDS 沉降值和膨胀系数的测定结果偏高,差异分别达到极显著和显著水平,但对 Zeleny 测定结果无明显影响。

其次,无论对于 Zeleny 沉降值、SDS 沉降值还是膨胀系数,不同亲本材料雨前、雨后测试结果的相关都达到了极显著水平,说明淋雨的作用对各材料具有平行性,暗示着淋雨后不同材料间其沉降值等不同指标的相对高下都具有可比性。

第三,雨前雨后膨胀势结果的相关系数相对较低,其中的原因前面已经提及,即虽然宏观上说膨胀势测定结果与穗发芽程度有关,但相近的萌芽率下膨胀势降低的幅度却因基因型的不同差异很大。

3 结论和讨论

本研究证明,无论是普通品种还是优质品种,无论是稀植还是密植,尽管材料沉降值的整体水平因种植地点而异,但随地点的变化各品种 Zeleny 沉降值高低的相对位次具有较好的稳定性,并且其稳定性水平至少要高于千粒重。尤其在密植条件下,农艺性状之间可能发生相互牵制,导致某些性状在不同地点间的平行性远不如 Zeleny 沉降值稳定。鉴于此,无论在后代材料的多点鉴定还是在多点育种的过程中,只要对群体进行适当的局部控制,同时插入几个代表性的对照品种,是不难对所鉴定材料的品质水平做出基本定位的。当然这是根据 Zeleny

第三,整体而言,穗发芽也会使膨胀系数的测定结果升高,但幅度较小,平均只有 2.86%。在宏观探讨的基础上,为了定量地比较淋雨导致的穗发芽对几种品质指标的影响,我们在 4 种测试方法内进行了雨前、雨后成对数据的 T 测验,结果列于表 5,从表 5 可以看出。

沉降值得出的结论。

比较几个品质指标对环境的相对稳定性发现,Zeleny 沉降值表现最为稳定,即环境条件对不同基因型影响的程度相对一致,稳定性仅次于 Zeleny 沉降值的是膨胀系数,而环境对 SDS 沉降值的影响在一定程度上因品种而异,也就是说其测定结果还同时反映了基因型和环境间的特殊互作。稳定性好的检测方法可以减少品质多点鉴定中数据矛盾带来的麻烦,试验的选点和布局安排也可以相对简单一些。不过对于 SDS 沉降值,由于其对环境变化比较敏感,这对于评价品系的适应性特点,譬如品质性状具广泛适应性还是特殊适应性,也可能有其独到的价值。事实上,在长期的实践中一方面是 Zeleny 法一直作为品质检测的通用方法,另一方面 SDS 法也受到不少学者的推崇<sup>[9,10]</sup>。

关于优质形成的环境问题前人已多次肯定了氮肥施用、水分调节和温度调节对品质的影响,本研究结果又揭示了密度对品质的影响,说明密度是优质环境中重要的因素之一,密度降低可以使多个品质指标随之改善。这个结果至少部分地解答了为什么新品种从稀植的育种圃进入密植的大田生产时往往伴随品质水平的下降,这对于早代选择中品质标准的制定具有一定的指导意义。

从整体上看,淋雨和穗发芽对 Zeleny 沉降值的测定结果影响不明显,但使 SDS 沉降值和膨胀系数的测定结果显著升高。鉴于膨胀系数和 SDS 沉降

值所用试剂相似(均为 SDS 和乳酸,仅浓度稍有差异),根据膨胀系数因萌芽而升高的现象推测,吸涨能力的升高可能是芽麦样品 SDS 沉降值升高的原因之一。不同品种雨前和雨后样品的品质表现达极显著相关,几个品质指标都表现如此,说明品种间仍具有可比性。另外同一批材料的膨胀势测定结果显示,萌芽导致膨胀势降低的程度与基因型有关,但在大的趋势上仍与发芽程度关系密切。我们知道沉降值是品质筛选常用的指标之一,本研究结果认为,在育种研究中不必因为淋雨和穗发芽而放弃沉降值和膨胀系数的筛选计划,当然如果可能,采用 Zeleny 沉降值测定更为稳妥。

#### 参考文献:

- [1] Bassett L M, Allan R E, Rubenthaler G L. Genotype  $\times$  environment interactions on soft white winter wheat quality[J]. *Agronomy Journal*, 1989, 81(6): 955—960.
- [2] Wang Shao-zhong, Zhang Lian-hong. Studies on the ecology and regional pattern of wheat quality: I. Wheat quality and regional differences in Henan province[J]. *Journal of Henan Agricultural Sciences*, 1995, (10): 3—10.
- [3] 曹广才. 华北小麦[M]. 北京: 中国农业出版社, 2001. 209—210.
- [4] Wang C, Kovacs M I P. Swelling index of glutenin test: I. Method and comparison with sedimentation, gel-protein, and insoluble glutenin tests[J]. *Cereal Chemistry*, 2002, 79(2): 183—189.
- [5] Wang C, Kovacs M I P. Swelling index of glutenin test: II. Application in prediction of dough properties and end-use quality[J]. *Cereal Chemistry*, 2002, 79(2): 190—196.
- [6] Wang C, Kovacs M I P. Swelling index of glutenin test for prediction of durum wheat quality[J]. *Cereal Chemistry*, 2002, 79(2): 197—202.
- [7] 刘广田, 刘恩忠. 预测小麦杂种早代材料烘烤品质的微量 SDS 沉淀值测定法[J]. *作物杂志*, 1985, (4): 35—36.
- [8] 王明伟. 谷物品质测定与分析[M]. 北京: 中国商业出版社, 1997. 163—169.
- [9] Meppelink E K. The SDS sedimentation test a simple selection method in breeding wheat for baking quality[J]. *Zaadbelangen*, 1983, 37(4): 70—72.
- [10] Masoudi Nejad A, Yazdi Samadi B. Determining baking quality of Iranian wheat cultivars using SDS-sedimentation test[J]. *Iranian Journal of Agricultural Sciences*, 1999, 30(1): 25—34.