

吴宏亚, 张伯桥, 汪尊杰, 等. 长江中下游冬麦区小麦品种主要性状的遗传多样性分析[J]. 江苏农业科学, 2014, 42(5): 67-72.

# 长江中下游冬麦区小麦品种主要性状的遗传多样性分析

吴宏亚<sup>1,2</sup>, 张伯桥<sup>2</sup>, 汪尊杰<sup>2</sup>, 程顺和<sup>1,2</sup>

(1. 扬州大学农学院/江苏省作物遗传生理重点实验室/教育部植物功能基因组学重点实验室, 江苏扬州 225009;

2. 江苏里下河地区农业科学研究所, 江苏扬州 225007)

**摘要:**长江中下游冬麦区是我国南方的主要麦作区。为了探讨该区小麦品种的变化趋势, 对 2004—2013 年间参加该区域试验的 73 份冬小麦新品系主要性状的遗传多样性进行了分析和比较。结果表明, 参试冬小麦新品系的主要性状存在广泛的遗传多样性, 且各性状的遗传多样性指数存在差异。农艺性状中, 株高 > 最高总茎数 > 基本苗 > 生育期; 产量性状中, 有效穗数 > 穗粒数 > 产量 > 千粒重。从不同年度来看, 2004—2005、2008—2009、2009—2010、2010—2011、2011—2012 年度的参试品系产量性状的遗传多样性指数平均高于农艺性状; 2005—2006、2006—2007、2007—2008、2012—2013 年度参试品系的产量性状的遗传多样性指数平均高于农艺性状。从遗传多样性指数年度变化趋势来看, 在农艺性状中, 生育期、株高的遗传多样性指数呈现明显的下降趋势, 基本苗呈现明显的上升趋势, 最高总茎数的变化不明显; 在产量性状中, 有效穗数、千粒重、产量的遗传多样性指数呈现明显的上升趋势, 穗粒数呈现明显的下降趋势。

**关键词:**长江中下游地区; 小麦; 冬麦区; 区域试验; 新品种; 遗传多样性指数; 产量性状; 农艺性状

**中图分类号:** S512.103 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2014)05-0067-06

小麦是长江中下游地区仅次于水稻的重要粮食作物。新中国成立以来, 该区小麦品种经历了 5~6 次更换, 这对保障我国粮食安全起到了十分重要的作用。但近十多年来小麦单产徘徊不前, 难以实现突破性的飞跃, 究其原因可能与种质资源的遗传多样性水平较低和品种遗传基础狭窄有关。为此, 国际玉米小麦改良中心(CIMMYT)的育种家最近围绕增加普通小麦遗传多样性采取了一系列措施, 如利用地方品种、利用野生种或人工合成新材料等<sup>[1]</sup>。由于不同区域的自然环境、品种改良目标和人们对产品的要求等方面存在较大差异, 小麦在不同区域内经过长期演变形成了相对独特的遗传特点。研究不同区域小麦种质资源的遗传特点和遗传差异, 有针对性地不同区域引进所需材料, 是改良本区域小麦品种和拓宽种质资源遗传基础的有效途径。不同时期的种质资源由于受育种目标和创造变异方法的改变及定向选择的影响, 种质资源的性状特点及遗传基础也会发生不同变化, 探明影响种质资源遗传多样性的因素, 有利于制定相应的育种策略, 并拓宽现有种质资源的遗传基础<sup>[2]</sup>。本研究对 2004—2013 年间国家冬小麦长江中下游组区域试验参试品系主要性状的遗传多样性进行了分析, 旨在了解该区小麦新品系主要农艺性状和产量性状表现, 为小麦品种选育提供指导信息。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

收稿日期: 2014-03-04

基金项目: 国家公益性行业(农业)科研专项(编号: 201203026)。

作者简介: 吴宏亚(1972—), 男, 江苏宝应人, 博士研究生, 副研究员, 主要从事小麦遗传育种研究。E-mail: yzwhy123@126.com。

通信作者: 程顺和, 研究员, 博士生导师, 中国工程院院士。E-mail: yzesh1939@126.com。

试验材料来自 2004—2013 年间国家冬小麦长江中下游组区域试验, 剔除每年的对照品种, 共有 33 家单位和个人提供的 73 个品系进行区域化品种比较试验(表 1)。

### 1.2 研究方法

试验地点分布在长江中下游地区的江苏、湖北、河南、安徽、浙江 5 省, 2004—2005、2005—2006、2006—2007、2007—2008、2010—2011、2011—2012 年度设 17 个试验点, 2008—2009、2009—2010 年度设 16 个试验点, 2012—2013 年度设 19 个试验点。每年度按照国家冬小麦长江中下游组区域试验方案的统一要求, 在各试验点进行种植试验及田间管理。

田间调查全生育期(d)、基本苗(万/hm<sup>2</sup>)、最高总茎数(万/hm<sup>2</sup>)、有效穗数(万/hm<sup>2</sup>)、收获前取样 10 株进行室内考种, 调查株高(cm)、穗粒数(粒/穗)、千粒重(g); 收获后晒干、扬净, 测定小区产量, 并折算单产(kg/hm<sup>2</sup>)。

用 Excel 2010 软件计算平均值( $\bar{x}$ )、标准差( $\sigma$ )、变异系数(CV)、变幅、极大值、极小值和多样性指数, 并计算趋势线。根据平均数、标准差将材料分为 10 级, 从第 1 级( $X_i < -2\sigma$ )到第 10 级( $X_i \geq 2\sigma$ ), 每 0.5 $\sigma$  标准差为 1 级, 每一组的相对频率用于计算多样性指数。

利用 Shannon-Weaver 遗传多样性指数来衡量群体遗传多样性大小。Shannon-Weaver 遗传多样性指数  $H'$  计算公式<sup>[3]</sup>如下:

$$H' = - \sum_{i=1}^s p_i \ln p_i$$

其中  $p_i$  为某一性状第  $i$  级别内材料份数占总份数的百分比,  $\ln$  为自然对数<sup>[4]</sup>。

## 2 结果与分析

### 2.1 参试冬小麦新品系主要性状总体表现

对各区试点提供的 2004—2013 年间 73 份参试品系的

表 1 供试材料基本信息

品系名称	育成单位	年份	品系名称	育成单位	年份
宁 0078	江苏省农业科学院粮食作物研究所	2004—2005	扬 06—164	江苏里下河地区农业科学研究所	2008—2009、 2009—2010
荆 00—3	湖北省荆州市农业科学院	2004—2005、 2005—2006	扬辐麦 5242	江苏里下河地区农业科学研究所	2008—2009、 2009—2010
皖 9926	安徽省农业科学院作物研究所	2004—2005	扬麦 18	安徽皖垦种业有限公司	2008—2009
邯 6172	河北省邯郸市农业科学院	2004—2005	镇 06101	江苏丘陵地区镇江农业科学研究所	2008—2009
E008	江苏省农业科学院农业生物技术研究所	2004—2005、 2005—2006	扬 06G5	江苏里下河地区农业科学研究所	2009—2010、 2010—2011
扬 00—139	江苏里下河地区农业科学研究所	2004—2005	华麦 0480	江苏省大华种业集团有限公司	2009—2010、 2012—2013
镇 02168	江苏省丘陵地区镇江农业科学研究所	2004—2005、 2005—2006	华 2566	华中农业大学	2009—2010
13397	湖北农业科学院作物育种栽培研究所	2004—2005	镇 05185	江苏丘陵地区镇江农业科学研究所	2009—2010
郑麦 005	河南省农业科学院小麦研究所	2004—2005	扬 06G86	江苏里下河地区农业科学研究所	2009—2010
Y18	江苏省农业科学院农业生物技术研究所	2004—2005	鄂麦 519	湖北省农业科学院粮食作物研究所	2009—2010
CB033	中国农业科学院作物科学研究所	2004—2005	宁 6E125	江苏苏北农资有限公司	2009—2010
南农 04Y10	南京农业大学细胞遗传研究所	2005—2006、 2006—2007	太空 7 号	河南省农业科学院小麦研究所	2009—2010
宁 030119	江苏省农业科学院粮食作物研究所	2005—2006、 2006—2007	庆丰 188	江苏丰庆种业科技有限公司	2010—2011、 2011—2012
镇 02166	江苏丘陵地区镇江农业科学研究所	2005—2006、 2006—2007	镇 08066	江苏丘陵地区镇江农业科学研究所	2010—2011、 2011—2012
扬辐麦 0082	江苏里下河地区农业科学研究所	2005—2006	宁 05—450	江苏农业科学院农业生物技术研究所	2010—2011、 2011—2012
早丰 525	安徽省农业科学院作物研究所	2005—2006	扬 06G138	江苏里下河地区农业科学研究所	2010—2011、 2011—2012
鄂 25951	湖北省农业科学院粮食作物研究所	2005—2006	浩麦 1 号	福建超大现代种业公司	2010—2011、 2011—2012
襄麦 29	湖北省襄樊市农业科学院	2005—2006	扬辐麦 7091	江苏里下河地区农业科学研究所	2010—2011
丰抗 38	信阳丰源种业有限公司	2005—2006	宁 06103	江苏农业科学院农业生物技术研究所	2010—2011
扬 05G68	江苏里下河地区农业科学研究所	2006—2007、 2007—2008	南农 08Y611	南京农业大学	2010—2011
鄂 35264	湖北省农业科学院粮食作物研究所	2006—2007、 2007—2008	扬 08—4	江苏里下河地区农业科学研究所	2010—2011、 2011—2012
华 2152	华中农业大学	2006—2007	襄麦 27	湖北省襄樊市农业科学院	2010—2011、 2011—2012
3E158	江苏省农业科学院农业生物技术研究所	2006—2007、 2007—2008	襄麦 55	湖北省襄樊市农业科学院	2010—2011
丰抗 98	陈金平	2006—2007	宁丰 518	江苏丰庆种业科技有限公司	2011—2012、 2012—2013
南农 05Y628	南京农业大学	2006—2007	镇 09038	江苏丘陵地区镇江农业科学研究所	2011—2012
宁 0310	江苏省农业科学院粮食作物研究所	2006—2007、 2007—2008	宁 77147	江苏省农业科学院重点实验室	2011—2012
襄麦 48	湖北省襄樊市农业科学院	2006—2007、 2007—2008	西农 979	西北农林科技大学农学院	2011—2012
华 2459	华中农业大学	2007—2008、 2008—2009	扬 09—111	江苏里下河地区农业科学研究所	2012—2013
皖科 06229	安徽创新种业有限责任公司	2007—2008、 2008—2009	华麦 0722	江苏省大华种业集团有限公司	2012—2013
皖 0608	安徽省农业科学院作物研究所	2007—2008	镇 10216	江苏丘陵地区镇江农业科学研究所	2012—2013
5E007	江苏省农业科学院农业生物技术研究所	2007—2008	宁 0898	江苏省农业科学院农业生物技术研究所	2012—2013
南农 06Y86	南京农业大学	2007—2008、 2008—2009	宁丰 185	江苏丰庆种业科技有限公司	2012—2013
扬辐麦 3046	江苏里下河地区农业科学研究所	2007—2008	未来 97015	安徽未来种业有限公司	2012—2013
华麦 0460	江苏省大华种业集团有限公司	2008—2009、 2009—2010	亿麦 9 号	安徽绿亿种业有限公司	2012—2013
宁 0569	江苏中江业股份有限公司	2008—2009、 2009—2010	扬 08—6	江苏里下河地区农业科学研究所	2012—2013
宁 12—0726	江苏省农业科学院农业生物技术研究所	2008—2009、 2011—2012	06—135	光明种业有限公司	2012—2013
襄麦 78	湖北省襄樊市农业科学院	2008—2009			

主要性状资料分析表明,参试品系全生育期为(205.86 ± 3.59)d,株高为(85.17 ± 5.10)cm,基本苗为(231.45 ± 6.3)万/hm<sup>2</sup>,最高总茎数为(974.55 ± 75.6)万/hm<sup>2</sup>;有效穗数为(473.4 ± 34.35)万/hm<sup>2</sup>,穗粒数为(38.30 ± 2.94)粒/穗,千粒重为(40.62 ± 3.19)g,产量为(6 286.05 ± 372.9) kg/hm<sup>2</sup>。参试品系的主要性状存在广泛的遗传多样性,且各性状的遗

传多样性指数存在差异。农艺性状中,株高>最高总茎数>基本苗>生育期;产量性状中,有效穗数>穗粒数>产量>千粒重(表 2)。总体来看,产量性状的遗传多样性指数平均(2.049 0)高于农艺性状(1.979 4),而产量性状间的遗传多样性指数差异较小。说明我国长江中下游地区冬小麦育种对产量性状的重视程度和选择力度高于农艺性状。

表 2 供试材料主要性状的平均表现(平均值)和多样性指数

性状	最小值	最大值	平均值	变异幅度	标准差	变异系数(%)	多样性指数
生育期(d)	199.00	213.00	205.86	14.00	3.59	1.75	1.916 1
株高(cm)	76.00	98.60	85.17	22.60	5.10	5.99	2.034 0
基本苗(万/hm <sup>2</sup> )	219.00	250.50	231.45	31.50	6.30	2.75	1.975 5
最高总茎数(万/hm <sup>2</sup> )	793.50	1213.50	974.55	420.00	75.60	7.76	1.991 9
有效穗数(万/hm <sup>2</sup> )	384.00	546.00	473.40	162.00	34.35	7.24	2.089 8
穗粒数(粒/穗)	30.80	45.10	38.30	14.30	2.94	7.67	2.045 8
千粒重(g)	31.38	48.30	40.62	16.92	3.19	7.85	2.027 8
产量(kg/hm <sup>2</sup> )	5 357.70	7 413.00	6 286.05	2 055.30	372.90	5.93	2.032 7

2.2 不同年份参试冬小麦新品系主要性状遗传多样性分析

2.2.1 不同年份参试冬小麦新品系主要性状遗传多样性指数 2004—2005 年度,参试冬小麦新品系全生育期为(210.72 ± 0.87) d,株高为(81.96 ± 2.75) cm,基本苗为(233.7 ± 2.4) 万/hm<sup>2</sup>,最高总茎数为(1 015.2 ± 83.7) 万/hm<sup>2</sup>;有效穗数为(501.3 ± 21.9) 万/hm<sup>2</sup>,穗粒数为(36.18 ± 1.66)粒/穗,千粒重为(38.06 ± 2.36) g,产量为(5 960.4 ± 244.35) kg/hm<sup>2</sup>。从遗传多样性指数来看,农艺性状中,株高>最高总茎数>基本苗>生育期;产量性状中,产量=千粒重>穗粒数>有效穗数(表 3)。总体来看,产量性状的遗传多样性指数(1.570 4)平均高于农艺性状(1.486 2)。

2005—2006 年度,参试冬小麦新品系全生育期为(206.08 ± 1.48) d,株高为(87.02 ± 4.18) cm,基本苗为(233.7 ± 1.8) 万/hm<sup>2</sup>,最高总茎数为(973.8 ± 58.05) 万/hm<sup>2</sup>;有效穗数为(477.45 ± 32.25) 万/hm<sup>2</sup>,穗粒数为(37.36 ± 2.99) 粒/穗,千粒重为(40.09 ± 3.42) g,产量为(5 980.2 ± 125.55) kg/hm<sup>2</sup>。从遗传多样性指数来看,农艺性状中,基本苗>株高>最高总茎数>生育期;产量性状中,穗粒数>有效穗数>产量=千粒重(表 3)。总体来看,产量性状的遗传多样性指数(1.739 8)平均高于农艺性状(1.700 6)。

2006—2007 年度,参试冬小麦新品系全生育期为(204.08 ± 1.13) d,株高为(89.61 ± 6.26) cm,基本苗为(225.15 ± 1.8) 万/hm<sup>2</sup>,最高总茎数为(907.95 ± 92.4) 万/hm<sup>2</sup>;有效穗数为(447.9 ± 34.5) 万/hm<sup>2</sup>,穗粒数为(39.09 ± 3.86) 粒/穗,千粒重为(43.64 ± 3.16) g,产量为(6 441.75 ± 178.35) kg/hm<sup>2</sup>。从遗传多样性指数来看,农艺性状中,生育期>株高>最高总茎数>基本苗;产量性状中,产量>千粒重>有效穗数=穗粒数(表 3)。总体来看,产量性状的遗传多样性指数(1.613 8)平均高于农艺性状(1.517 7)。

2007—2008 年度,参试冬小麦新品系全生育期为(209.35 ± 1.34) d,株高为(86.63 ± 5.73) cm,基本苗为(227.4 ± 2.4) 万/hm<sup>2</sup>,最高总茎数为(928.35 ± 45.45) 万/hm<sup>2</sup>;有效穗数为(466.35 ± 33.45) 万/hm<sup>2</sup>,穗粒数为(37.05 ± 3.19) 粒/穗,千粒重为(43.11 ± 3.17) g,产量为(6 619.05 ± 136.05) kg/hm<sup>2</sup>。从遗传多样性指数来看,农艺

性状中,最高总茎数>基本苗>株高>生育期;产量性状中,有效穗数=千粒重=产量>穗粒数(表 3)。总体来看,产量性状的遗传多样性指数(1.610 2)平均高于农艺性状(1.570 4)。

2008—2009 年度,参试冬小麦新品系全生育期为(203.91 ± 1.04) d,株高为(88.99 ± 1.96) cm,基本苗为(225.15 ± 3.00) 万/hm<sup>2</sup>,最高总茎数为(940.35 ± 3.45) 万/hm<sup>2</sup>;有效穗数为(436.2 ± 26.25) 万/hm<sup>2</sup>,穗粒数为(39.36 ± 3.37) 粒/穗,千粒重为(41.95 ± 3.17) g,产量为(6 210.6 ± 223.35) kg/hm<sup>2</sup>。从遗传多样性指数来看,农艺性状中,株高=基本苗>最高总茎数>生育期;产量性状中,产量>有效穗数>千粒重>穗粒数(表 3)。总体来看,产量性状的遗传多样性指数(1.657 2)平均高于农艺性状(1.648 2)。

2009—2010 年度,参试冬小麦新品系全生育期为(209.74 ± 3.57) d,株高为(84.17 ± 3.48) cm,基本苗为(228.6 ± 3.45) 万/hm<sup>2</sup>;有效穗数为(459.45 ± 18.75) 万/hm<sup>2</sup>,穗粒数为(37.85 ± 2.18) 粒/穗,千粒重为(40.04 ± 2.23) g,产量为(6 204 ± 288.6) kg/hm<sup>2</sup>。从遗传多样性指数来看,农艺性状中,基本苗>株高>生育期(缺最高总茎数);产量性状中,有效穗数=产量>穗粒数>千粒重(表 3)。总体来看,产量性状的遗传多样性指数(1.7334)平均高于农艺性状(1.538 3)。

2010—2011 年度,参试冬小麦新品系全生育期为(204.75 ± 2.18) d,株高为(83.18 ± 4.01) cm,基本苗为(239.25 ± 10.2) 万/hm<sup>2</sup>,最高总茎数为(995.7 ± 70.5) 万/hm<sup>2</sup>;有效穗数为(502.95 ± 25.5) 万/hm<sup>2</sup>,穗粒数为(41.53 ± 1.91) 粒/穗,千粒重为(38.65 ± 2.00) g,产量为(6 880.8 ± 288.15) kg/hm<sup>2</sup>。从遗传多样性指数来看,农艺性状中,最高总茎数>基本苗>生育期>株高;产量性状中,有效穗数>产量>千粒重>穗粒数(表 3)。总体来看,产量性状的遗传多样性指数(1.748 2)平均高于农艺性状(1.597 1)。

2011—2012 年度,参试冬小麦新品系全生育期为(200.92 ± 0.90) d,株高为(85.50 ± 5.30) cm,基本苗为(235.65 ± 3.75) 万/hm<sup>2</sup>,最高总茎数为(1 035.6 ± 63.9) 万/hm<sup>2</sup>;有效穗数为(491.85 ± 29.7) 万/hm<sup>2</sup>,穗粒数为(38.22 ± 1.71) 粒/穗,千粒重为(38.88 ± 1.57) g,产量为

(5 923.05 ± 207.45) kg/hm<sup>2</sup>。从遗传多样性指数来看,农艺性状中,基本苗>株高>最高总茎数>生育期;产量性状中,有效穗数=产量>穗粒数>千粒重(表 3)。总体来看,产量性状的遗传多样性指数(1.856 6)平均高于农艺性状(1.433 7)。

2012—2013 年度,参试冬小麦新品系全生育期为(203.36 ± 0.67) d,株高为(79.73 ± 2.45) cm,基本苗为(233.1 ± 3.75) 万/hm<sup>2</sup>,最高总茎数为(992.25 ± 56.85)

万/hm<sup>2</sup>;有效穗数为(473.55 ± 20.55) 万/hm<sup>2</sup>,穗粒数为(37.85 ± 1.97) 粒/穗,千粒重为(41.57 ± 2.62) g,产量为(6 341.7 ± 172.2) kg/hm<sup>2</sup>。从遗传多样性指数来看,农艺性状中,基本苗>最高总茎数>株高>生育期;产量性状中,有效穗数>产量>千粒重>穗粒数(表 3)。总体来看,产量性状的遗传多样性指数(1.688 7)平均高于农艺性状(1.562 7)。

表 3 不同年份供试材料主要性状的平均表现和多样性指数

年度	性状	平均值 ± 标准差	多样性指数	年度	性状	平均值 ± 标准差	多样性指数
2004—2005	生育期	210.72 ± 0.87	1.263 7	2009—2010	生育期	209.74 ± 3.57	1.075 1
	株高	81.96 ± 2.75	1.720 2		株高	84.17 ± 3.48	1.676 2
	基本苗	233.7 ± 2.4	1.366 7		基本苗	228.6 ± 3.45	1.863 7
	最高总茎数	1 015.2 ± 83.7	1.594 2		最高总茎数	—	—
	有效穗数	501.3 ± 21.9	1.294 5		有效穗数	459.45 ± 18.75	1.863 7
	穗粒数	36.18 ± 1.66	1.641 7		穗粒数	37.85 ± 2.18	1.660 9
	千粒重	38.06 ± 2.36	1.672 6		千粒重	40.04 ± 2.23	1.545 4
	产量	5 960.4 ± 244.35	1.672 6		产量	6 204.0 ± 288.6	1.8637
2005—2006	生育期	206.08 ± 1.48	1.389 7	2010—2011	生育期	204.75 ± 2.18	1.473 5
	株高	87.02 ± 4.18	1.846 2		株高	83.18 ± 4.01	1.424 1
	基本苗	233.7 ± 1.8	1.893 8		基本苗	239.25 ± 10.2	1.583 3
	最高总茎数	973.8 ± 58.05	1.672 6		最高总茎数	995.7 ± 70.5	1.907 3
	有效穗数	477.45 ± 32.25	1.720 2		有效穗数	502.95 ± 25.5	1.820 1
	穗粒数	37.36 ± 2.99	1.893 8		穗粒数	41.53 ± 1.91	1.676 2
	千粒重	40.09 ± 3.42	1.672 6		千粒重	38.65 ± 2.00	1.704 6
	产量	5 980.2 ± 125.55	1.672 6		产量	6 880.8 ± 288.15	1.791 8
2006—2007	生育期	204.08 ± 1.13	1.672 6	2011—2012	生育期	200.92 ± 0.90	1.198 8
	株高	89.61 ± 6.26	1.641 7		株高	85.50 ± 5.30	1.473 5
	基本苗	225.15 ± 1.80	1.288 3		基本苗	235.65 ± 3.75	1.748 2
	最高总茎数	907.95 ± 92.40	1.468 1		最高总茎数	1 035.6 ± 63.9	1.314 4
	有效穗数	447.9 ± 34.5	1.546 6		有效穗数	491.85 ± 29.7	1.907 3
	穗粒数	39.09 ± 3.86	1.546 6		穗粒数	38.22 ± 1.71	1.820 1
	千粒重	43.64 ± 3.16	1.641 7		千粒重	38.88 ± 1.57	1.791 8
	产量	6 441.75 ± 178.35	1.720 2		产量	5 923.05 ± 207.5	1.907 3
2007—2008	生育期	209.35 ± 1.34	1.121	2012—2013	生育期	203.36 ± 0.67	0.759 5
	株高	86.63 ± 5.73	1.594 2		株高	79.73 ± 2.45	1.672 6
	基本苗	227.4 ± 2.4	1.720 2		基本苗	233.10 ± 3.75	2.019 8
	最高总茎数	928.35 ± 45.45	1.846 2		最高总茎数	992.25 ± 56.85	1.798 7
	有效穗数	466.35 ± 33.45	1.641 7		有效穗数	473.55 ± 20.55	1.893 8
	穗粒数	37.05 ± 3.19	1.515 7		穗粒数	37.85 ± 1.97	1.294 5
	千粒重	43.11 ± 3.17	1.641 7		千粒重	41.57 ± 2.62	1.720 2
	产量	6 619.1 ± 136.05	1.641 7		产量	6 341.7 ± 172.2	1.846 2
2008—2009	生育期	203.91 ± 1.04	1.294 5				
	株高	88.99 ± 1.96	1.767 8				
	基本苗	225.15 ± 3.00	1.767 8				
	最高总茎数	940.35 ± 33.45	1.468 1				
	有效穗数	436.2 ± 26.25	1.720 2				
	穗粒数	39.36 ± 3.37	1.468 1				
	千粒重	41.95 ± 3.17	1.672 6				
	产量	6 210.6 ± 223.35	1.767 8				

注:“—”表示该性状数据未采集;各性状单位,生育期为 d,株高为 cm,基本苗、最高总茎数、有效穗数均为万/hm<sup>2</sup>,穗粒数为粒/穗,为千粒重为 g,产量为 kg/hm<sup>2</sup>。

2.2.2 不同年份参试冬小麦新品系主要性状遗传多样性指数变化趋势 不同年份间,参试小麦品系主要性状的遗传多样性指数发生了明显的变化。在农艺性状中,生育期、株高的遗传多样性指数呈现明显的下降趋势(图 1、图 2),基本苗呈

现明显的上升趋势(图 3),最高总茎数的变化不明显(图 4);说明该区冬小麦育种对生育期和株高的控制较好,使其表现趋于一致,对基本苗的选择力度较大,使其遗传更加丰富,对最高总茎数的选择变化不大。在产量性状中,穗粒数的遗传

多样性指数呈现明显的下降趋势(图 5),有效穗数、千粒重、产量的遗传多样性指数呈现明显的上升趋势(图 6、图 7、图 8);说明该区冬小麦育种对穗粒数的控制较好,使其表现趋于一致,对有效穗数、千粒重、产量的选择力度较大,使其遗传更加丰富。

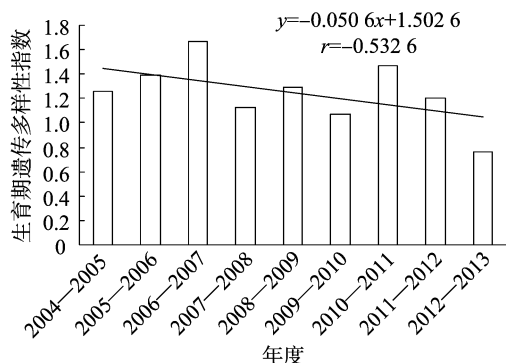


图1 参试品系生育期遗传多样性指数变化趋势

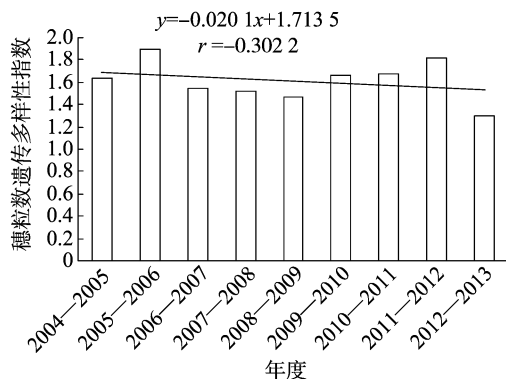


图5 参试品系穗粒数遗传多样性指数变化趋势

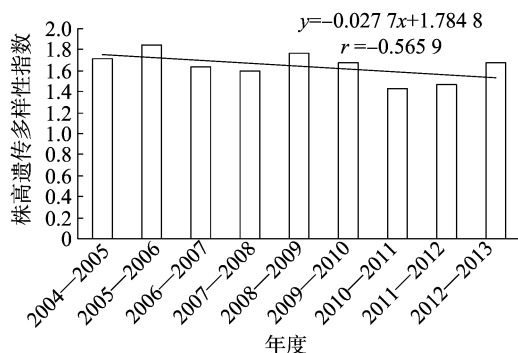


图2 参试品系株高遗传多样性指数变化趋势

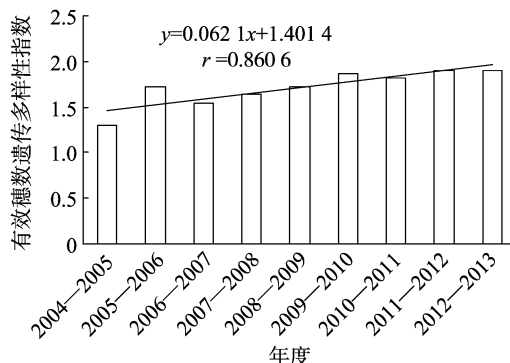


图6 参试品系有效穗数遗传多样性指数变化趋势

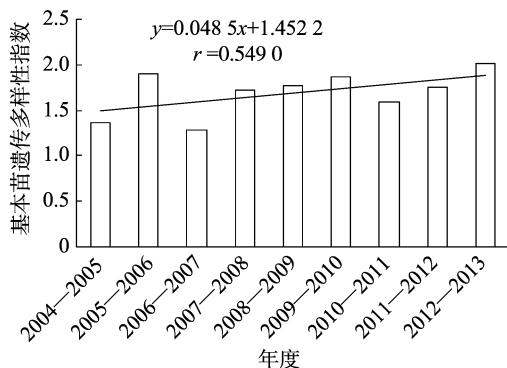


图3 参试品系基本苗遗传多样性指数变化趋势

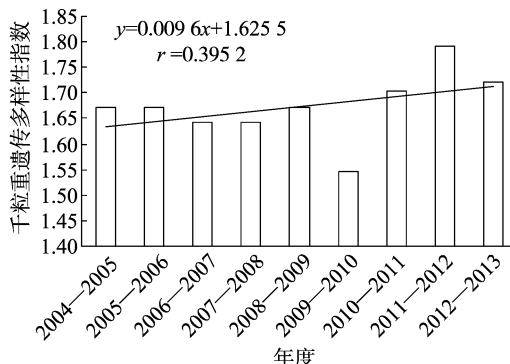


图7 参试品系千粒重遗传多样性指数变化趋势

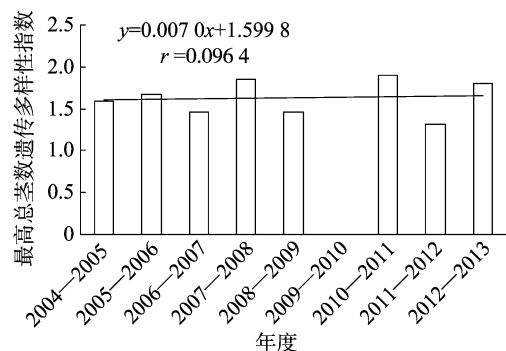


图4 参试品系最高总茎数遗传多样性指数变化趋势

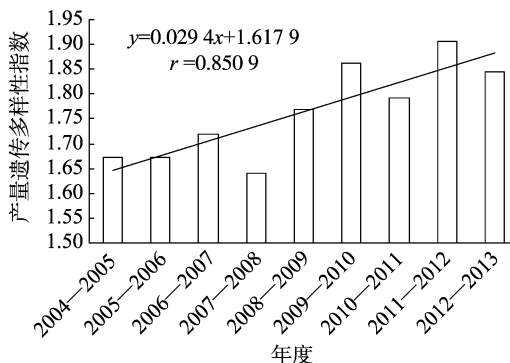


图8 参试品系产量遗传多样性指数变化趋势

### 3 结论与讨论

2004—2013 年间,我国长江中下游组区域试验参试冬小麦新品系的主要性状存在广泛的遗传多样性,且各性状的遗传多样性指数存在差异。总体来看,产量性状的遗传多样性指数高于农艺性状。从不同年份来看,我国长江中下游组区

域试验参试冬小麦新品种的主要性状的遗传多样性存在较大差异。2004—2005、2008—2009、2009—2010、2010—2011、2011—2012 年度的参试品系产量性状的遗传多样性指数平均高于农艺性状。说明我国长江中下游地区冬小麦育种对产量性状的重视程度和选择力度较强。这主要是由于我国人口众多,粮食安全问题突出,小麦育种长期以来均以提高产量为主要目标。

不同地区小麦各性状遗传多样性随育种进程发生变化。李志波等研究发现,河北省审定品种的多样性指数从 20 世纪 70 年代的 1.62 增加到目前的 1.89,遗传多样性呈现增大趋势<sup>[5]</sup>。本研究发现,我国长江中下游地区冬麦区 9 年间区域试验参试冬小麦新品种系中,在农艺性状中,生育期、株高的遗传多样性指数呈现明显的下降趋势,基本苗的遗传多样性指数呈现明显的上升趋势,最高总茎数的遗传多样性指数变化不明显;在产量性状中,有效穗数、千粒重、产量的遗传多样性指数呈现明显的上升趋势,穗粒数的遗传多样性指数呈现明显的下降趋势。说明该区冬小麦育种对生育期、株高、穗粒数的控制较好,使其表现趋于一致;对基本苗、有效穗数、千粒重、产量的选择力度较大,使其遗传更加丰富;对基本苗的选择变化不大。

不同地区小麦各性状遗传多样性存在较大的差异。国际上几个小麦主产国,小麦品种的遗传丰富度比较高<sup>[6-13]</sup>。国内小麦品种的亲缘关系较近,其亲本来源主要集中在有限的十几个骨干亲本上,遗传多样性较低。这种多样性水平的降低,育种过程中高强度的人为选择起到了重要影响<sup>[7]</sup>。另一方面,可能也反映出不同地域品种在遗传组成上的明显差异<sup>[14-16]</sup>。河南、河北、山东和陕西 4 省小麦的多样性指数分别为 1.83、1.82、1.73 和 1.62,平均值为 1.75<sup>[17]</sup>。在农艺性状和产量性状中,陕西省小麦品种株高、穗粒数、千粒重的遗传多样性指数分别为 3.00、2.00、1.97<sup>[18]</sup>;黄淮区小麦品种的株高、穗长、单位面积穗数、分蘖数、旗叶面积、抽穗度、第一节间长、千粒重的遗传多样性指数分别为 2.09、2.16、2.11、1.90、2.11、2.07、2.10、2.11<sup>[19]</sup>。说明不同地理来源的小麦种质资源表型性状存在较大差异,地理差异与遗传差异存在一定关系<sup>[20-22]</sup>。本研究发现,2004—2013 年间,长江中下游地区的湖北、安徽、江苏的小麦育种对产量性状的选择力度较强,其遗传多样性丰富。其他地区对农艺性状的选择力度较强。江苏参试品系的株高、基本苗、最高总茎数、有效穗数、穗粒数、千粒重、产量的遗传多样性指数均最高,安徽参试品系的株高、基本苗、最高总茎数、有效穗数、千粒重的遗传多样性指数均最低,其他地区的生育期、穗粒数、产量的遗传多样性指数均最低。说明长江中下游地区江苏省的冬小麦遗传变异丰富,并且该地区冬小麦育种中对生育期和株高进行了较好的控制;安徽省及其他地区冬小麦遗传变异狭窄,有待于进一步提高。

#### 参考文献:

- [1] Warburton M L, Crossa J, Franco J, et al. Bringing wild relatives back into the family: recovering genetic diversity in CIMMYT improved wheat germplasm[J]. *Euphytica*, 2006, 149(3): 289—301.
- [2] 程西永. 不同区域小麦种质资源遗传多样性研究[D]. 郑州:河南

南农业大学, 2010.

- [3] 田稼, 郑殿升. 中国作物遗传资源[M]. 北京: 中国农业出版社, 1994: 312—315.
- [4] Shannon C E, Weaver W. The mathematical theory of communication[M]. Chicago: The University of Illinois, 1949: 3—14.
- [5] 李志波, 王睿辉, 张茶, 等. 河北省小麦品种基于农艺性状的遗传多样性分析[J]. *植物遗传资源学报*, 2009, 10(3): 436—442.
- [6] Hao C Y, Wang L F, Zhang X Y, et al. Genetic diversity in Chinese modern wheat varieties revealed by microsatellite markers[J]. *Science in China: Series C—Life Sciences*, 2006, 49(3): 218—226.
- [7] Christiansen M J, Andersen S B, Ortiz R. Diversity changes in an intensively bred wheat germplasm during the 20th century[J]. *Molecular Breeding*, 2002, 9(1): 1—11.
- [8] Roussel V, Koenig J, Beckert M, et al. Molecular diversity in French bread wheat accessions related to temporal trends and breeding programmes[J]. *Theoretical and Applied Genetics*, 2004, 108(5): 920—930.
- [9] Parker G D, Fox P N, Langridge P, et al. Genetic diversity within Australian wheat breeding programs based on molecular and pedigree data[J]. *Euphytica*, 2002, 124(3): 293—306.
- [10] Fu Y B, Peterson G W, Richards K W, et al. Allelic reduction and genetic shift in the Canadian hard red spring wheat germplasm released from 1845 to 2004[J]. *Theoretical and Applied Genetics*, 2005, 110(8): 1505—1516.
- [11] Kim H S, Ward R W. Genetic diversity in Eastern U. S. soft winter wheat (*Triticum aestivum* L.) based on RFLPs and coefficients of parentage[J]. *Theoretical and Applied Genetics*, 1997, 94: 472—479.
- [12] Donini P, Law J R, Koebner R, et al. Temporal trends in the diversity of UK wheat[J]. *Theoretical and Applied Genetics*, 2000, 100(6): 912—917.
- [13] Figliuolo G, Mazzeo M, Greco I. Temporal variation of diversity in Italian durum wheat germplasm[J]. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 2007, 54(3): 615—626.
- [14] 王兰芬, Balfourier F, 郝晨阳, 等. 欧洲与东亚小麦品种遗传多样性的比较分析[J]. *中国农业科学*, 2007, 40(12): 2667—2678.
- [15] 刘三才, 郑殿升, 胡琳, 等. 新引进意大利小麦品种农艺和品质性状的评价[J]. *植物遗传资源学报*, 2003, 4(1): 43—46.
- [16] 董玉琛, 郝晨阳, 王兰芬, 等. 358 个欧洲小麦品种的农艺性状鉴定与评价[J]. *植物遗传资源学报*, 2006, 7(2): 129—135.
- [17] 任欣欣, 姚占军, 岳艳丽, 等. 黄淮海麦区四省份小麦品种的农艺性状及遗传多样性分析[J]. *华北农学报*, 2010, 25(1): 94—98.
- [18] 陈海燕, 王亚娟, 雒景吾, 等. 陕西省小麦地方品种主要性状的遗传多样性研究[J]. *麦类作物学报*, 2007, 27(3): 456—460.
- [19] 李勇超. 黄淮麦区小麦品种高分子量谷蛋白亚基组成及遗传多样性分析[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2006: 19.
- [20] 王淑英, 樊廷录, 李兴茂. 冬小麦抗旱种质资源遗传多样性研究[J]. *麦类作物学报*, 2008, 28(3): 402—409.
- [21] 沈裕璇, 王海庆, 黄相国, 等. 数量性状水平上甘、青两省春小麦品种间的遗传多样性现状及演变趋势[J]. *西北植物学报*, 2002, 22(5): 1056—1065.
- [22] 陈玉清, 郑有良, 魏育明. 四川主栽小麦品种 RAPD 标记遗传差异研究[J]. *四川农业大学学报*, 1999, 17(4): 354—361.