

青海省审定小麦品种的农艺性状多样性分析

李红琴^{1,2,3}, 刘宝龙^{1,3}, 刘登才^{1,3}, 张怀刚^{1,3}

(1. 中国科学院西北高原生物研究所, 青海西宁 810001; 2. 中国科学院研究生院, 北京 100039;
3. 中国科学院高原生物进化与适应重点实验室, 青海西宁 810001)

摘要: 为充分了解青海省小麦品种农艺性状在遗传改良中的演变及其多样性变化趋势, 对 1957 年以来审定的 66 个小麦品种的 10 个农艺性状进行考察。结果表明, 株高、穗长、小穗数、有效小穗数、有效分蘖、穗下节间长、穗粒数、穗粒重、千粒重、穗叶距等 10 个农艺性状的平均值分别为 92.82 cm、10.94 cm、20.62 个、19.76 个、7.19 个、38.88 cm、62.70 个、2.81 g、45.91 g 和 18.11 cm。这些农艺性状的变异系数在 8.81%~27.50% 之间, 多样性指数在 1.51~1.73 之间。品种表型多样性指数从 20 世纪 70 年代的 1.33 上升到现在的 1.88, 2000 年以后多样性指数增加缓慢。66 个品种可以聚为三个类群, 分别代表青海省的低位山旱地、中位山旱地和川水地三种不同生态类型的品种特征。

关键词: 小麦; 农艺性状; 多样性指数; 聚类分析

中图分类号: S512.4; S324

文献标识码: A

文章编号: 1009-1041(2011)06-1040-06

Analysis on Agronomic Trait Diversity in Wheat Cultivars Registered in Qinghai Province

LI Hong-qin^{1,2,3}, LIU Bao-long^{1,3}, LIU Deng-cai^{1,3}, ZHANG Huai-gang^{1,3}

(1. Northwest Institute of Plateau Biology, Chinese Academy of Sciences, Xining, Qinghai 810001, China; 2. Graduate School, Chinese Academy of Science, Beijing 100039, China; 3. Key Laboratory of Adaptation and Evolution of Plateau Biota, Chinese Academy of Sciences, Xining, Qinghai, 810001, China)

Abstract: In order to understand the trends of wheat breeding, and provide a reasonable proposal for wheat improvement in Qinghai province, 66 commercial cultivars, released during 1957 to 2009, were evaluated for 10 agronomic traits. The average values of plant height, ear length, spikelets per ear, effective spikelets per ear, effective tillers per plant, internode length under spike, kernels per spike, grain weight per ear, 1000-grain weight and distance of spike base to auricle of flag leaf were 92.82 cm, 10.94 cm, 20.62, 19.76, 7.19, 38.88 cm, 62.70, 2.81 g, 45.91 g and 18.11 cm, respectively. Their variation coefficient was between 8.81% and 27.50%, while phenotypic diversity index was from 1.51 to 1.73. Phenotypic diversity index of varieties increased from 1970s to the present, but it increased slowly after 2000, which indicated more new resources are still in need to be introduced for broadening the genetic base. The 66 cultivars could be clustered into three groups, representing three different types of dry-land ecosystem at an altitude of 2 000~2 500 m, dry-land ecosystem at an altitude of 2 400~2 700 m, and irrigated land in the valleys.

Key words: Wheat; Agronomic traits; Diversity index; Cluster analysis

遗传多样性是遗传信息的总和, 蕴藏在地球上植物、动物和微生物个体的基因中, 是生态系统

* 收稿日期: 2011-06-07 修回日期: 2011-07-25

基金项目: 中国科学院知识创新工程重要方向项目(KSCX3-EW-N-02); 中国科学院西部行动计划项目(KZCX2-XB3-05)。

作者简介: 李红琴(1981-), 女, 在读博士, 主要从事小麦分子育种研究。E-mail: lihongqin_00@126.com

通讯作者: 张怀刚(1962-), 男, 研究员, 博士, 博士生导师, 主要从事小麦遗传育种研究。E-mail: hgzhang@nwipb.cas.cn

多样性和物种多样性的基础^[1]。作物育种的发展导致作物遗传多样性降低,使作物改良的遗传基础变得愈来愈狭窄,同时也使得育种取得突破性进展变得十分困难^[2]。小麦是世界上最重要的粮食作物之一,要继续提高小麦的育种水平,就必须提高小麦育种基础材料的遗传多样性,因而对小麦的遗传多样性的研究就显得尤为重要^[3-5]。

在小麦种质资源遗传多样性评价过程中,农艺性状遗传多样性具有表现直观、便于识别、与生产直接相关等特点,得到了广泛应用^[6-8]。小麦育成品种由于具有较多符合生产要求的农艺性状,也成为小麦种质遗传多样性评价的重要对象。青海省地处青藏高原东北部,属高原大陆性气候,降水少,温差大,日照时间长,在此特殊生境下孕育了一些特殊的小麦种质资源。但是,目前对青海省小麦品种农艺性状遗传多样性研究报道较少^[9]。因此,本研究就青海省审定的66个小麦品种进行了农艺性状遗传多样性分析,期望能为青海省的小麦种质利用和遗传改良提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 材料

66个小麦品种是1957年至2009年青海省

审定的品种,现保存于中国科学院西北高原生物研究所农业研究中心(表1)。

1.2 试验方法

1.2.1 田间试验设计

试验材料于2010年3月种植于中国科学院西北高原生物研究所平安试验站,采用随机区组设计。每个品种设3个重复,每个重复种植2行,行长2 m,行距20 cm,每行30粒种子,常规田间管理。

1.2.2 农艺性状考察

收获时从每个重复的行中部选取有代表性的10个单株,考察单株有效分蘖、株高、穗长、穗下节间长、每穗小穗数、每穗有效小穗数、穗粒数、千粒重、穗粒重10个农艺性状。考察标准参见《小麦种质资源描述规范和数据标准》^[10],穗部性状均为主穗的性状。

1.3 遗传多样性分析

利用Microsoft Excel 2003软件计算供试材料的总体平均数(\bar{X})和标准差(σ),根据计算结果将所有材料划分为10级,按第1级 $[X_i < (\bar{X} - 2\sigma)]$ 到第10级 $[X_i > (\bar{X} + 2\sigma)]$,每0.5 σ 为一级,每一级的相对频率(P_i)用于计算多样性指数。多样性指数即Shannon-Weiner index (H')

表1 供试小麦品种及审定时间

Table 1 Wheat cultivars and their registered years

品种名称 Cultivar	审定年份 Registered year	品种名称 Cultivar	审定年份 Registered year	品种名称 Cultivar	审定年份 Registered year
阿勃	1957	青春 891	1994	高原 314	2001
高原 182	1969	柴春 901	1994	民和 665	2001
香农 3号	1970	高原 356	1994	高原 115	2001
墨波	1976	高原 158	1994	兰天 3号	2001
高原 506	1978	张春 811	1994	高原 142	2002
互助红	1979	青春 570	1996	乐麦 6号	2003
高原 338	1981	青春 254	1996	青春 144	2003
青农 524	1984	高原 V028	1997	宁春 26	2003
青农 469	1984	民和 853	1998	墨引 1号	2003
瀚海 304	1986	乐麦 5号	1998	墨引 2号	2003
高原 602	1987	高原 205	1998	互麦 14	2004
互麦 11	1988	高原 175	1998	甘春 20号	2004
互麦 12	1988	高原 913	1998	山早 901	2005
柴春 044	1988	高原 584	1999	源桌 3号	2005
青春 533	1988	高原 932	1999	互麦 15	2005
柴春 236	1988	民和 588	1999	通麦 1号	2005
新哲 9号	1988	高原 363	1999	青春 37	2005
柴春 018	1988	高原 448	1999	青春 38	2005
高原 466	1990	互麦 13	2000	青春 39	2005
高原 465	1990	青春 587	2000	曹选 5号	2007
青春 415	1993	高原 671	2000	高原 437	2008
东春 1号	1994	青春 952	2001	高原 412	2009

的计算公式^[11]如下:

$$H' = -\sum P_i \ln P_i$$

式中 P_i 为某性状第 i 级别内材料份数占总份数的百分比, \ln 为自然对数。

1.4 聚类分析

利用 minitab15 软件对供试材料的欧氏距离进行计算,并基于最长距离法对其进行聚类。

2 结果与分析

2.1 农艺性状统计

66 个小麦品种的 10 个农艺性状,其株高、穗长、每穗小穗数、每穗有效小穗数、单株有效分蘖、穗下节间长、穗粒数、穗粒重、千粒重和穗叶距的平均值分别为 92.82 cm、10.94 cm、20.62 个、

19.76 个、7.19 个、38.88 cm、62.70 个、2.81 g、45.91 g 和 18.11 cm。总体而言,青海省的小麦株高偏高,超过 100 cm 的品种有 18 个,占供试材料的 27.27%,最高的品种高原 671 株高达 148.78 cm;千粒重较大,超过 45 g 的品种有 39 个,占供试材料的 59.09%,千粒重最高达到 56.23 g(高原 175)。

供试的 66 个小麦品种所考察的 10 个农艺性状变异系数在 8.81%~27.50%之间,变异系数最大的是穗叶距,变幅为 6.18~32.89 cm,最小的是每穗有效小穗数,变幅为 13.48~23.23 个。株高、穗长、每穗小穗数、单株有效分蘖、穗下节间长、穗粒数、穗粒重和千粒重的变异系数见表 2。

表 2 66 个小麦品种的主要农艺性状参数
Table 2 Analysis of agronomic traits in 66 wheat cultivars

性状 Trait	最大值 Maxim	最小值 Minimum	平均值 Average	极差 Range	标准差 S. D	变异系数 C. V/%
株高/cm	148.78	67.19	92.82	81.60	13.45	14.49
穗长/cm	17.37	7.73	10.94	9.63	1.68	15.36
每穗小穗数	24.43	14.69	20.62	9.75	1.99	9.65
每穗有效小穗数	23.23	14.38	19.76	8.85	1.74	8.81
单株有效分蘖	11.20	4.63	7.19	6.57	1.29	17.94
穗下节间长/cm	55.23	26.04	38.88	29.19	5.96	15.33
穗粒数	78.83	39.51	62.70	39.32	7.30	11.64
穗粒重/g	3.75	1.69	2.81	2.06	0.47	16.73
千粒重/g	56.23	31.61	45.91	24.61	5.77	12.57
穗叶距/cm	32.89	6.18	18.11	26.71	4.98	27.50

青海省 20 世纪 80 年代审定的小麦的株高较之前有所下降,而此后一直呈上升趋势(表 3);80 年代小麦的穗粒数最大,此后则持续减少;每穗小穗数和每穗有效小穗数自 1957 年起一直表现上升趋势。66 个青海省小麦品种的千粒重平均为 45.91 g,20 世纪 90 年代的千粒重最大为 46.95 g,2000 年以后略有下降,平均为 45.98 g,呈先升高后降低的趋势;穗长和穗粒重的变化趋势与千粒重一样,20 世纪 90 年代达到最大;穗叶距和穗下节间长整体呈下降趋势;单株有效分蘖在整个时期变化趋势不明显。整体上看,穗部性状及千粒重先上升后下降,株高则先下降后上升。

2.2 遗传多样性分析

66 个小麦品种考察的 10 个农艺性状之间的

多样性指数(Shannon-Weiner index)差异较小,在 1.51~1.73 之间,平均为 1.67,其中有效分蘖的多样性指数最低(表 4)。10 个农艺性状中,每穗小穗数、每穗有效小穗数、穗粒数、穗粒重、千粒重和穗叶距等 6 个农艺性状的多样性指数呈上升趋势,而株高、穗长、单株有效分蘖、穗下节长的多样性指数自 20 世纪 50 年代至 90 年代呈上升趋势,90 年代以后多样性指数有不同程度的降低,降低幅度在 0.01~0.24 之间。以 10 个农艺性状多样性指数的平均值表示品种多样性指数,自 20 世纪 50 年代开始,品种的多样性指数呈现出逐步上升的趋势,从 1.33 上升到 1.88。20 世纪 50—80 年代末品种多样性指数相对较低,90 年代品种多样性指数有大幅度提高,但 2000 年至今,品种

多样性指数尽管有所上升但幅度不大,仅比 20 世纪 90 年代上升了 0.02。

表 3 青海省不同年代小麦品种的农艺性状表现
Table 3 Agronomic traits of wheat cultivars of Qinghai province in different periods

性状 Trait	年代 Period			
	1957—1979	1980—1989	1990—1999	2000—2009
株高/cm	92.44	89.27	92.10	95.15
穗长/cm	9.51	10.33	11.57	11.01
每穗小穗数	18.94	20.20	20.84	21.01
每穗有效小穗数	18.02	19.47	19.96	20.13
单株有效分蘖	7.13	7.50	6.50	7.63
穗下节间长/cm	40.31	37.49	39.63	38.56
穗粒数	55.71	64.31	63.43	62.96
穗粒/g	2.28	2.90	2.91	2.82
千粒/g	43.57	45.03	46.95	45.98
穗叶距/cm	19.99	18.15	18.14	17.63

表 4 不同时期小麦品种农艺性状的多样性指数(H')
Table 4 Genetic diversity index (H') of agricultural traits of wheat cultivars in different periods

性状 Trait	年代 Period				
	1957—1979	1980—1989	1990—1999	2000—2009	平均值 Average
株高/cm	1.33	1.56	1.89	1.65	1.61
穗长/cm	1.24	1.55	1.91	1.79	1.62
每穗小穗数	1.33	1.63	1.90	1.95	1.70
每穗有效小穗数	1.33	1.68	1.85	1.95	1.70
单株有效分蘖	1.01	1.42	1.82	1.78	1.51
穗下节间长/cm	1.24	1.70	1.91	1.90	1.69
穗粒数	1.33	1.79	1.77	1.98	1.72
穗粒重/g	1.56	1.58	1.73	1.94	1.70
千粒重/g	1.33	1.55	1.95	1.99	1.70
穗叶距/cm	1.56	1.70	1.82	1.85	1.73
平均值	1.33	1.62	1.86	1.88	1.67

2.3 聚类分析

基于最长距离法,利用 minitab15 软件对供试材料的欧氏距离进行计算,并进行聚类分析。在欧氏距离为 58.72 处,可将所有供试材料分为 3 大类群,其中高原 671 被单独划分为一类,其株高 148.78 cm,穗长 11.69 cm,穗叶距 32.89 cm、穗下节间长 55.23 cm,千粒重 50.89 g,均高于另外两大类群;其余 65 个小麦品种被分为两大类群,分别包含 31 个和 34 个小麦品种。两类群间的性状差异较大,第一类群的株高、穗长、穗叶距、每穗小穗数、每穗有效小穗数、穗下节间长和穗粒

数平均值都高于第二类群;第一类群的有效分蘖数、穗粒重和千粒重的平均值分别为 7.07 个、2.76 g 和 44.15 g,低于第二类群的 7.26 个、2.88 g 和 47.36 g(图 1)。在聚类分析过程中,具有较近亲缘关系的品种大多被聚为一类,如乐麦 5 号和乐麦 6 号均是从阿勃中系统选育而成的,青春 415 是用 γ 射线辐射阿勃干种子,从突变体中选育而成,因而他们都被聚在第一大类群中。值得注意的是,青春 38 和青春 39 具有很近的亲缘关系,他们均是以加拿大红麦 Consensus 为母本,青春 38 的父本是冬麦 W03702 \times W97208 的

杂交后代, 青春 39 的父本是冬麦 W03702 × W97148 的杂交后代, 但他们分别被聚在两个类群中。

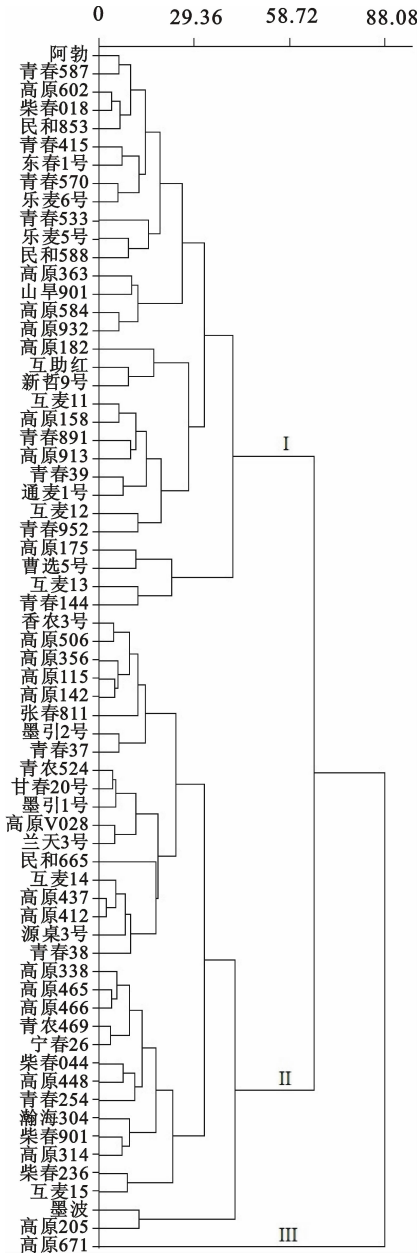


图 1 小麦品种基于农艺性状的聚类树状图

Fig. 1 Dendrogram of wheat cultivars based on agronomic traits

3 讨论

株高是小麦最重要的农艺性状之一, 与群体大小、生物学产量、经济产量和抗倒伏性有直接关系^[12]。茎秆过高, 植株抗倒伏能力差, 容易造成小麦减产, 在很多生态区降低株高已成为小麦育种的一个重要指标。因此, 很多省份小麦品种的

株高随品种育成年份的延后呈降低趋势, 例如河南省近二十年育成的半冬性小麦品种的株高平均每年降 0.19 cm^[13]; 河北省的小麦株高从 127.80 cm 下降至 53.13 cm^[14]。在本研究中, 青海省小麦品种的株高从 20 世纪 80 年代至今一直表现上升趋势, 可能是因为该区域生态环境特殊, 干旱少雨, 小麦不易倒伏, 同时抗旱性也要求株高要高于常规品种, 因此青海省小麦品种的株高变化趋势与其他地区有所差异。

青海省小麦种质资源的遗传多样性研究相对较少, 仅沈裕虎^[9]2002 年对 20 世纪 60—90 年代甘肃和青海省地方品种和育成品种的遗传多样性进行了分析, 结果表明, 甘肃和青海省小麦育成品种的遗传多样性总体上处于下降趋势。这与本研究结果有所差异, 很有可能是试验材料选择的差异造成的。青海省在 20 世纪 50—70 年代育成的小麦品种的遗传基础狭窄, 仅为 1.33。而在此之后品种多样性指数大幅度增加, 从 1.33 一直上升到 20 世纪 90 年代的 1.86。这可能是因为 90 年代育种水平提高, 同外界交流增多, 引进了较多的外地材料用于育种实践, 同时育种目标, 由之前单一的高产育种向产量、品质兼顾的综合育种转化, 促使多样化种质资源的利用, 因而育成品种的多样性指数持续上升。但是 2000 年至今, 品种多样性指数增加缓慢, 仅增长 0.02。广泛的遗传变异是选育突破性新品种的重要前提, 这就要求现阶段小麦育种工作应积极搜集国内外小麦品种及小麦的近缘物种并开展种质遗传评价与利用研究, 拓宽本省小麦的遗传基础。

聚类分析将研究材料分为三个类群, 这三个类群分别与青海小麦种植区的生态条件相对应。青海东部小麦种植区分为三种类型区, 即: 川水地区, 位于湟水、黄河两个河谷的谷底, 海拔 1 700~2 300 m, 年平均气温 5.7~8.6℃, 作物生长季 > 0℃ 积温 2 434~3 401℃, 年降水量 254.2~361.5 mm, 有灌溉条件; 低位山旱地, 位于湟水、黄河河谷两岸的丘陵区, 海拔 2 000~2 500 m, 作物生长季 > 0℃ 积温 2 150~2 450℃, 年降水量 250~400 mm; 中位山旱地, 也位于湟水、黄河河谷两岸的丘陵区, 海拔在 2 400~2 700 m, 年平均气温 3℃ 以上, 作物生长季 > 0℃ 以上积温 1 724~2 400℃, 年降水量 400 mm 以上^[15]。青海西部柴达木绿洲农业区种植的小麦品种类型与东部川水地区相似。青海审定品种的第一类群多为植株

高、穗下节间长、分蘖少、穗粒数多的品种,适宜在降水较多的中位山旱地种植,也可在降水相对较多的低位山旱地种植;第二类群为植株较低、分蘖多、千粒重高的重穗型品种,需肥水多,适宜在有灌溉条件的川水地种植;第三类群只有一个品种高原671,该品种植株最高,根系发达,抗旱性较强,可在降水较少的低位山旱地种植。

本研究所考查的10个农艺性状均为数量性状,易受自然环境和人为因素的影响,仅通过农艺性状的直观考查,反映的信息较有限,难以详细准确地阐明其遗传变异,因而笔者正在利用SSR标记对这些品种进行分析,试图从表型及DNA两个层次来揭示青海省小麦品种的遗传变异及其演化趋势。

参考文献:

- [1] McNeely J 著,李文军译. 保护世界的生物多样性[M]. 北京: 中国科学技术出版社,1992:1-199.
- [2] Walsh J. Genetic vulnerability down on the farm[J]. *Science*, 1981,214:161-164.
- [3] Rawashdeh N K, Haddad N I, Ajlouni M M, *et al.* Phenotypic diversity of durum wheat (*Triticum durum* Desf.) from Jordan[J]. *Genetic Resources And Crop Evolution*. 2007,54(1): 129-138.
- [4] Routray P, Basha O, Garg M, *et al.* Genetic diversity of landraces of wheat (*Triticum aestivum* L.) from hilly areas of Uttaranchal, India[J]. *Genetic Resources And Crop Evolution*. 2007,54(6):1315-1326.
- [5] Merav Chatzav, Zvi Peleg, Levent Ozturk, *et al.* Genetic diversity for grain nutrients in wild emmer wheat: potential for wheat improvement[J]. *Annals of Botany*. 2010, 105(7): 1211-1220.
- [6] 郑威,洪美艳,孙东发. 长江流域小麦地方品种农艺性状多样性分析[J]. *麦类作物学报*. 2009,29(6):987-991.
- [7] Braneourt-Hulmel M, Doussinault G, Lecomte C, *et al.* Genetic improvement of agronomic traits of winter wheat cultivars released in France from 1946 to 1992[J]. *Crop Science*,2003,43(1):37-45.
- [8] Rakszegi M, Kisgyorgy B N, Tearall K, *et al.* Diversity of agronomic and morphological traits in a mutant population of bread wheat studied in the health grain program[J]. *Euphytica*, 2010,174(3):409-421.
- [9] 沈裕琥,王海庆,杨天育,等. 甘、青两省春小麦遗传多样性演变[J]. *西北植物学报*,2002,22(4):7-16.
- [10] 李秀全,李立会,杨欣明,等. 小麦种质资源描述规范和数据标准[M]. 北京:中国农业出版社,2006:8-29.
- [11] Weaver W. The mathematical theory of communication[M]. Chicago: The University of Illinois Press,1949:3-24.
- [12] 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.
- [13] 曹廷杰,赵虹,王西成,等. 河南省半冬性小麦品种主要农艺性状的演变规律[J]. *麦类作物学报*,2010,30(3):439-442.
- [14] 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.
- [15] 李思恭,唐明鑫,卢开定. 青海省种植业区划[M]. 西宁:青海人民出版社,1982:81-107.