

国内部分玉米地方品种的品质与农艺性状的表型多样性分析

蔡一林¹, 刘志斋¹, 王天宇², 黎裕², 覃鸿妮¹, 王国强¹, 孙海艳¹, 王久光¹

(¹西南大学玉米研究所 农业部西南作物遗传改良与育种重点开放实验室, 重庆 400715

²中国农业科学院作物科学研究所, 北京 100081)

摘要:以 710 份玉米地方品种为材料, 采用随机区组设计, 研究了其在脂肪、蛋白质与淀粉等品质性状以及株高、穗长等农艺性状上的表型多样性, 分析了这些研究材料的表型多样性在地理来源上的分布。结果表明: (1) 平均油分含量 4.92%, 达到高油 3 2 和 1 等级的材料各 11、2 和 3 份, 地区间差异不显著; (2) 平均蛋白质含量 12.55%, 96% 的材料达到食用玉米 1 等级蛋白质含量, 地区间差异显著; (3) 平均淀粉含量 70.88%, 所有材料均未达高淀粉玉米品种审定标准; (4) 株高、穗位高和雄穗分枝数等 3 个植株性状的变异程度大, 地区间差异显著, 华南、西南和西北的植株高大, 雄穗发达, 而华北和东北的植株矮小, 雄穗分枝数较少; (5) 在 3 个果穗性状中, 变异程度大小依次是穗长、穗行数和穗粗, 地区间差异显著, 筛选到长穗、粗穗和多穗行材料各 5、1 和 3 份; (6) 不同地区和不同性状的多样性指数均有显著差异, 以华南、华东和西南玉米材料的多样性水平较高。所有研究材料的表型多样性分析结果显示这些材料的脂肪与蛋白质含量较高, 淀粉含量较低; 华南、华东和西南种质的多样性水平明显高于其他地区的种质。

关键词: 玉米; 地方品种; 品质; 表型多样性

Phenotypic Diversity Analysis of Quality and Agronomy Traits of Maize Landraces Selected from the Collection of China National Genebank

CAI Yi-lin¹, LIU Zhi-zhai¹, WANG Tian-yu², LI Yu², QIN Hong-ni¹, WANG Guo-qiang¹,
SUN Hai-yan¹, WANG Jiu-guang¹

(¹Key Laboratory of Crop Genetic Improvement and Breeding of Southwestern China, Agriculture Ministry of China Maize Research Institute of Southwest University, Chongqing 400715; ²Institute of Crop Sciences, Chinese Academy of Agricultural Sciences Beijing 100081)

Abstract 710 maize landraces selected from the collection of China National Genebank were planted according to the randomized block design to reveal the phenotypic diversity of quality and agronomy traits. The results showed: (1) Average oil content was 4.92%, meanwhile 11, 2 and 3 landraces were identified to reach the high oil level of class 3, 2 and 1 respectively. There was no significant difference among districts for oil content. (2) Average protein content was 12.55%, and 96% of landraces reached the protein content of class 1 of edible maize. There existed significant difference among districts for protein content. (3) Average starch content was 70.88%. No landraces reached the certificated standard of high starch maize variety. (4) Plant height, ear height and tassel branch appeared to be widely variant and significantly different among districts. The landraces from the south, southwest and northwest of China possessed stronger and higher plants and well developed tassels whereas the those from northern

收稿日期: 2009-12-05 修回日期: 2010-09-20

基金项目: 重庆市重大科技专项 (CSTC2007AA1022)

作者简介: 蔡一林, 教授, 博导, 研究方向为玉米遗传育种。E-mail: caiyilin1789@yahoo.com.cn

and northeastern China possessed relatively shorter and slimmer plants and fewer-branched tassels (5) Among 3 ear traits, the highest variation belonged to ear length followed by ear row number and ear diameter. Significant difference were existed among districts for these 3 traits. 9 landraces were identified according these 3 ear traits, of which, 5 presented the longest ear, 1 the widest diameter and 3 the largest row number (6) There existed significant difference among districts and traits for diversity indices. Landraces from the south, east and southwest of China possessed relatively higher diversity level. Results from the phenotypic diversity analysis suggested that the evaluated landraces appeared higher oil and protein content but lower starch content. Meanwhile, landraces from southern, eastern, and southwestern China showed relatively higher diversity level than those from the other regions of the country.

Key words Maize; Landrace; Quality; Phenotypic diversity

玉米自传入我国后,经过近 500年的种植,在复杂多样的生态环境和人工选择的双重作用下,形成了丰富多样的地方品种资源,积累了广泛的遗传变异。它们不仅为我国早期的玉米生产做出了直接贡献,而且对后来开展杂交育种奠定了遗传物质基础。因此,对这部分资源进行全面系统地研究是管理好、利用好这批资源的前提和关键。特别是在目前生产用杂交种种质基础狭窄的情况下,充分发掘这批地方品种的优异基因资源,对提高玉米育种水平具有重要的理论意义和现实意义^[1-3]。Li等^[4-5]根据品种的地理来源及表型多样性评价数据,构建了我国玉米地方品种的核心种质,通过对我国国家种质库中所收录的 13521 份地方品种进行表型多样性分析,发现来源于西南的地方品种表现出了较高的表型多样性水平。刘志斋等^[6]比较了我国玉米地方品种核心种质中所收录的 799 份地方品种在抽雄期、吐丝期、散粉-吐丝间隔期以及抽雄-散粉间隔期等 4 个花期相关性状上的表型多样性,结果表明在这几个性状上,西南地区的地方品种具有较高的表型多样性水平。朱志华等^[7]分析评价了 2003-2004 年全国 14 个省、市、自治区农业科研单位提供的当年繁种的 225 份地方品种的主要品质性状,结果表明粗脂肪、粗蛋白、粗淀粉平均含量分别为 4.77%、11.87%、70.03%。张晓芳^[8]对“十五”期间新收集、入国家种质库保存的 1380 份玉米种质资源主要品质进行了鉴定评价,得出粗脂肪、粗蛋白、粗淀粉平均含量分别为 4.34%、11.83%、68.80%。此外,研究人员分别对相关省份地方品种的分布及多样性进行了研究^[9-13]。晏庆久等^[14]、姚启伦等^[15]、张祖新等^[16]对三峡库区地方品种遗传潜势进行了分析。张建华等^[17]、张兰荣等^[18]分别对云南、吉林地方品种的品质性状进行了分析。

在前人对地方品种的鉴定评价及多样性研究中,农艺性状主要依据于品种提供者所提供的性状表现,而品质性状是依据于各农业科研单位提供的当年繁种的种子测定结果,所得数据因调查地点及种植地点的不同而不能相互比较。虽然有的研究者在同一条件下比较分析了地方品种的性状表现,但所用材料零星分散或具有地域性,不能形成对中国玉米地方品种资源的全面认识与了解。本研究以重庆为试验点,较全面地研究了国内玉米地方品种在脂肪、蛋白质等品质性状以及株高、穗长等农艺性状的表型多样性,并分析了不同来源的地方品种在这些性状的表型多样性水平上的差异,旨在为这些资源的高效管理和合理利用提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试的 710 份玉米地方品种收集于除台湾、香港、澳门以外的 30 个省市,涉及全国 7 个玉米生态区,包括华北区、东北区、华东区、华南区、华中区、西南区、西北区。所有材料来源于中国农业科学院作物科学研究所。

1.2 田间试验

田间试验于 2008 年在西南大学试验基地进行,随机区组设计,2 次重复,单行区,行长 4m,行距 1m,每行 10 穴,每穴 2 株,密度为 45000 株/hm²,田间管理与当地大田生产相同。分小区套袋混合授粉,成熟时分小区收获套袋授粉的果穗,晾晒。

1.3 性状测定

蜡熟期,于田间调查株高 (cm)、穗位高 (cm) 和一级雄穗分枝数。果穗收获晒干后,于室内测定穗长 (cm)、穗粗 (cm) 和穗行数。每小区果穗脱下的子粒混均,取样分析子粒的脂肪含量 (%)、蛋白质含量

(%) 和淀粉含量(%)。所有研究材料的品质性状均采用 FOSS公司生产的 NFRATEC 1255型近红外分析仪测定。

1.4 统计分析

1.4.1 性状均值分析 以每个品种 2次重复的平均值进行分析,计算每个性状的平均值,采用 DPS (V7.05)软件对各地区的性状平均值进行差异显著性检验。

1.4.2 性状变异分析 计算每个性状的变异系数,参照我国主要类型玉米品质检验项目及指标^[19],并结合生产实际,对地方品种的性状频率分布进行分析。

1.4.3 表型多样性分析 按所有材料的地理来源计算 3个品质性状与 6个农艺性状的 Shannon-W eaver多样性指数,即 $H' = -\sum P_i \ln P_i$ ^[20]。

其中 P_i 为某性状第 i 级出现的频率。每个性状的观察值 (x) 分为 10级,1级为 $x < \bar{x} - 2\sigma$, 10级为 $x \geq \bar{x} + 2\sigma$, 中间每级相差 0.5σ , σ 为标准差。多样性指数的方差分析采用 DPS(V7.05)软件完成。

表 1 地方品种的基本特性

Table 1 Basic characteristics of landraces

性状	项目	供试材料平均	华北	东北	华东	华南	华中	西南	西北
Trait	Item	Average	North	North east	East	South	Central	Southwest	Northwest
油分 (%)	\bar{x}	4.92	5.11a	4.80a	5.01a	4.85a	4.89a	4.84a	4.88a
Oil	<i>cv</i>	15.45	25.44	13.33	9.15	9.69	7.36	10.96	8.40
蛋白质 (%)	\bar{x}	12.55	12.96ab	13.16a	12.58bc	12.08d	12.43cd	12.17cd	12.30cd
Protein	<i>cv</i>	8.45	8.95	7.75	7.63	6.46	7.56	7.31	8.46
淀粉 (%)	\bar{x}	70.88	70.52b	70.94ab	70.70ab	71.20a	70.72ab	71.07ab	71.01ab
Starch	<i>cv</i>	1.79	15.97	1.62	1.60	1.10	0.85	1.16	1.36
株高 (cm)	\bar{x}	230.00	204.57d	185.43e	213.94d	257.55ab	238.31c	266.75a	248.07bc
Plant height	<i>cv</i>	19.91	15.97	19.78	17.65	14.33	14.06	12.81	11.97
穗位高 (cm)	\bar{x}	101.33	80.53d	66.18e	93.83c	126.10a	110.69b	128.39a	111.32b
Ear height	<i>cv</i>	34.04	29.06	29.52	30.20	15.45	23.47	19.45	20.10
雄穗分枝数	\bar{x}	17.99	16.64d	15.05e	16.62d	19.11bc	17.68cd	20.83a	19.44ab
Tassel branch No	<i>cv</i>	22.73	22.84	24.98	23.71	16.33	18.16	16.23	18.36
穗长 (cm)	\bar{x}	14.56	14.12bc	13.72c	14.02bc	14.94ab	14.88ab	15.51a	14.69abc
Ear length	<i>cv</i>	16.07	16.57	18.15	13.20	11.31	15.26	16.12	16.95
穗粗 (cm)	\bar{x}	11.65	11.83a	10.99b	11.73a	11.72a	12.12a	11.61a	11.86a
Ear diameter	<i>cv</i>	10.47	10.90	10.83	9.46	10.75	8.66	9.73	10.29
穗行数	\bar{x}	12.86	12.75abc	12.38c	13.26ab	13.45a	12.52bc	12.70bc	12.92abc
Ear row No	<i>cv</i>	12.99	14.90	13.25	11.76	11.52	10.54	12.68	12.07

小写字母表示 5% 水平上的差异显著性,下同

Small letters represent the significant different at 5% level the same as below

2.2 性状变异及分布

为了进一步明确地方品种的利用价值,对各性状的变异系数 (CV) 及频率分布进行了分析 (表 1、表 2)。变异系数的大小表明,9个性状的变异

2 结果与分析

2.1 性状平均值

由于品种适应性差异,种植的 710份地方品种中,仅 414份 (华北 89份、东北 61份、华东 54份、华南 60份、华中 22份、西南 91份、西北 37份) 获得了完整数据,因此,所有分析都基于这 414份材料进行。

由表 1分析看出,西南、华南、西北地方品种的油分和蛋白质含量较低,淀粉含量较高,植株高大,雄穗发达,果穗较长。华北、华东、东北地方品种的油分和蛋白质含量较高,淀粉含量较低,植株矮小,雄穗欠发达,果穗较短。华中地方品种的油分、蛋白质和淀粉含量均较低,植株较高大,雄穗欠发达,果穗粗、较长。由此说明,随着地理位置由西向东,由南向北,地方品种的植株由高到矮,雄穗一级分枝数由多到少,果穗由长到短,油分和蛋白质含量由低到高,淀粉含量由高到低。

大小依次为穗位高、雄穗分枝数、株高、穗长、油分含量、穗行数、穗粗、蛋白质含量、淀粉含量。总的来看,植株性状的变异最大,果穗性状次之,品质性状最小。

表 2 性状频率分布

Table 2 Frequency distribution of traits

性状 Trait	等级 Grade	观察值范围 Observation range	频次 Number	频率 (%) Frequency
油分 Oil	非高	< 5	258	62.32
	高标	5.0~5.9	140	33.82
	高 3	6.0~7.4	11	2.66
	高 2	7.5~8.4	2	0.48
	高 1	≥ 8.5	3	0.72
蛋白质 Protein	食 3	9.0~9.9	1	0.24
	食 2	10.0~10.9	16	3.86
	食 1	≥ 11.0	397	95.89
淀粉 Starch	非高	< 72.0	361	87.20
	高 3	72.0~73.9	53	12.80
	高 2	74.0~75.9	0	0
	高 1	≥ 76.0	0	0
株高 Plant height	矮	< 2.0	110	26.57
	中	2.0~2.49	165	39.86
	高	≥ 2.5	139	33.57
穗位高 Ear height	矮	< 50.0	20	4.83
	较矮	50~69.9	57	13.77
	适中	70~89.9	91	21.98
	较高	90.0~109.9	78	18.84
	高	≥ 110	168	40.58
雄穗分枝数 Tassel branch No	少	< 10.0	11	2.66
	较少	10.0~14.9	75	18.12
	中等	15.0~19.9	185	44.69
	较多	20.0~24.9	125	30.19
	多	≥ 25.0	18	4.35
穗长 Ear length	短	< 11.0	25	6.04
	较短	11.0~13.9	137	33.09
	中等	14.0~16.9	187	45.17
	较长	17.0~19.9	60	14.49
	长	≥ 20.0	5	1.21
穗粗 Ear diameter	细	< 8.49	3	0.72
	较细	8.5~10.49	53	12.80
	中等	10.5~12.49	250	60.39
	较粗	12.5~14.49	107	25.85
	粗	≥ 14.5	1	0.24
穗行数 Ear row No	少	< 12.0	92	22.22
	较少	12.0~13.9	191	46.14
	中等	14.0~15.9	112	27.05
	较多	16.0~17.9	16	3.86
	多	≥ 18	3	0.72

414份品种中,有 156份达高油玉米标准,其中高油 3 等级的 11 份,高油 2 等级的 2 份,高油 1 等

级的 3 份。全部品种的蛋白质含量较高,均达食用玉米 3 等级标准,有 95.89% 的品种达食用玉米 1 等级标准。全部品种的淀粉含量较低,只有 53 份达到 3 等级高淀粉玉米标准,但均未达到高淀粉玉米品种的审定标准(74%)。矮秆、中秆、高秆的分别占 26.57%、39.86%、33.57%。穗位矮、较矮、适中、较高、高的分别占 4.83%、13.77%、21.98%、18.84%、40.58%。雄穗分枝数少、较少、中等、较多、多的分别占 2.66%、18.12%、44.69%、30.19%、4.35%。果穗中等长度的 187 份,占 45.17%;较长的 60 份,占 14.49%;长的仅 5 份,占 1.21%。大多数品种具有中等果穗,占 60.39%,较粗的占 25.85%,粗的仅 1 份,占 0.24%。多数品种的穗行数较少,较多的和多的仅有 16 份和 3 份。

综上分析可以看出,部分地方品种的蛋白质含量高,油分含量较高,为高蛋白玉米、高油玉米育种提供了良好的种质基础。但淀粉含量较低,均未达到高淀粉玉米品种的审定标准,不能满足高淀粉玉米育种的需求。为此,在高淀粉玉米育种工作中,必须寻求新的种质资源,或改良现有地方品种资源。其他性状的变异程度较大,类型较多,可以根据不同育种要求,选择利用好这批地方品种资源。

2.3 多样性水平

从各性状的表型多样性指数来看,华北地方品种的油分与淀粉多样性指数最小,东北地方品种的油分多样性指数与华北相近,而其株高与穗行数的多样性指数与华中相似,均低于其他地区品种。在本研究分析的 9 个性状上,西南地方品种的株高、穗位高、雄穗分枝数以及穗长等 4 个性状具有较大的表型多样性指数,而华中地方品种在 9 个性状上的表型多样性指数均较低(表 3)。

表型多样性指数平均值的分析结果显示,油分的表型多样性指数最小,显著低于另 8 个性状,这 8 个性状的表型多样性指数之间则差异不显著;从 7 个地区的分析结果来看,华中地方品种在 9 个性状上的表型多样性指数最小,显著低于华南、华东、西南以及西北等 4 个地区的地方品种,而与华北、东北的差异则不显著;除华中外的 6 个地区在所分析的 9 个性状表型多样性指数上尽管也表现出一定的差异,但差异均不显著(表 3)。

表 3 多样性指数比较

Table 3 Comparison of diversity indices

性状 Trait	华北 North	东北 Northeast	华东 East	华南 South	华中 Central	西南 Southwest	西北 Northwest	平均 Average
油分 Oil	1.45	1.54	2.00	1.92	1.81	1.82	2.07	1.80b
蛋白质 Protein	2.04	2.06	2.05	2.08	1.78	1.96	2.04	2.00a
淀粉 Starch	1.70	1.98	2.05	2.05	1.79	1.98	1.99	1.94a
株高 Plant height	2.07	1.85	2.05	2.08	1.86	2.05	2.01	2.00a
穗位高 Ear height	2.10	2.03	1.96	2.02	1.90	2.06	1.94	2.00a
雄穗分枝数 Tassel branch No	2.03	2.02	1.95	2.01	1.86	2.06	1.98	1.99a
穗长 Ear length	2.00	2.04	2.06	1.97	1.96	2.08	1.90	2.00a
穗粗 Ear diameter	1.98	2.01	1.97	1.99	1.85	1.98	1.90	1.95a
穗行数 Ear row No	2.05	1.89	1.92	1.95	1.71	1.98	1.99	1.93a
平均 Average	1.94ab	1.93abc	2.00a	2.01a	1.83bcd	2.00a	1.98a	-

3 讨论

地方品种是玉米在对我国复杂地理气候条件的长期适应过程中所形成的一类重要遗传资源,其中蕴藏着极为丰富的遗传变异,对我国玉米的品种改良与科学研究都具有重要意义。对这些资源的表型性状进行全面系统的鉴定与评价,是其高效利用的基础^[21],所以不同研究者分别对不同来源地方品种资源进行了产量及产量构成因素的评价^[22],并对我国玉米地方品种核心种质的花期相关性状进行了系统报道^[6]。然而,关于我国玉米地方品种资源在品质及株高等农艺性状上的系统评价报道则相对较少。本研究供试材料均来自我国玉米地方品种,有效揭示出了这些研究材料在所评价的3个品质性状以及株高、穗位高等6个农艺性状上的多样性以及这些性状的多样性在不同来源材料之间的分布特性,对于我国玉米地方品种在品质改良等方面的应用,具有参考和指导意义。

3个品质性状中,油分含量的表型多样性指数最小,地区间差异不显著,表明所分析的414份地方品种的油分含量比较一致。鉴定出11份材料达高油3等级标准、2份达高油2等级标准以及3份达高油1等级标准,为高油玉米育种提供了优异基因资源。蛋白质含量的多样性指数较高,地区间差异显著,表现为南低北高。414份材料中,有397份材料达到食用玉米1等级蛋白质含量,说明玉米地方品种的蛋白质含量高,为高蛋白玉米育种提供了丰富的遗传资源。与蛋白质含量的变化不同,淀粉含

量的多样性指数较低,表现为南高北低,所有材料均未达到高淀粉玉米品种的审定标准,将严重制约高淀粉玉米品种的培育。为此,今后应加强高淀粉玉米资源的创制。

从414份地方品种的品质分析来看,蛋白质含量呈现北高南低的现象,很可能是由于北方比南方具有较充足的光照和较肥沃的土壤造成的。分析材料中表现高蛋白质含量,较高的油分含量和较低的淀粉含量,可能是由于长期人工选择的结果。因为在我国玉米地方品种的种植历程中,基本都是收获籽粒作为食用为目的,农户更倾向留种品质好、口感佳的资源,从而导致了地方品种的高蛋白质、高油分和低淀粉。这种推测与谢和霞等^[23]对广西玉米地方品种考察的结果是一致的。

株高、穗位高和雄穗分枝数3个植株性状的变异大,类型多,地区间差异显著。总的趋势是华南、西南的植株高大,雄穗发达,华北、东北的植株矮小,雄穗分枝较少。出现这种现象的原因,一方面与不同来源地方品种的自身遗传差异有关,另一方面是由于地理气候因素所致。3个果穗性状中,穗长的变异程度最大,穗行数的变异程度次之,穗粗的变异程度最小,地区间均有显著差异。414份材料中,仅筛选到长穗材料5份,粗穗材料1份,多穗行材料3份。由此看出,我国现有玉米地方品种在大穗型资源上有所欠缺,在后续的引种与种质入库的工作中,应加强这方面资源的考察与收集入库。

不同地区品种的多样性指数有显著差异,总的趋势是南方高于北方,这与南方复杂的生态环境有

关。今后,应重点加强南方资源的研究与利用,特别是西南、华南玉米育种更应如此。

参考文献

- [1] 佟屏亚. 中国玉米种质资源的整理与成就 [J]. 中国种业, 2001(3): 7-8
- [2] 刘纪麟. 玉米育种学(第二版) [M]. 北京: 中国农业出版社, 2001: 152-155
- [3] Ruiz de Galarreta J I Alvarez A. Morphological classification of maize landraces from northern Spain [J]. Genet Res Crop Evol 2001, 48: 391-400
- [4] Li Y, Shi Y S, Wang T Y. Establishment of a core collection for maize germplasm preserved in Chinese National Genebank using geographic distribution and characterization data [J]. Genet Res Crop Evol 2004, 51: 845-852
- [5] Li Y, Shi Y S, Wang T Y. A phenotypic diversity analysis of maize germplasm preserved in China [J]. Maydica 2002, 47: 107-114
- [6] 刘志斋, 郭荣华, 石云素, 等. 中国玉米地方品种核心种质花期相关性的表型多样性研究 [J]. 中国农业科学, 2008, 41(6): 1591-1602
- [7] 朱志华, 李为喜, 刘三才, 等. 玉米种质资源主要品质性状鉴定与评价 [J]. 中国种业, 2007(6): 29-31
- [8] 张晓芳. 玉米种质资源品质性状的鉴定与评价 [J]. 玉米科学, 2006, 14(1): 18-20
- [9] 乔治军, 张效梅, 畅建武. 山西玉米种质资源遗传多样性分析和利用研究 [J]. 山西农业科学, 2006, 34(3): 28-30
- [10] 伍少云, 孙荣, 奉有璧. 云南省玉米地方种质资源类型及其品种的地理和生态分布 [J]. 西南农业学报, 2004, 17(增): 1-6
- [11] 吴高龄, 徐尚忠. 湖北省玉米地方品种的因子分析 [J]. 遗传, 1997, 19(3): 26-29
- [12] 曾学礼, 张祖新. 对湖北省 20 个玉米地方品种的数量性状分析与聚类分析 [J]. 湖北农业科学, 2001(5): 35-38
- [13] 魏凯, 许先凤, 杜何为, 等. 湖北省玉米地方品种遗传多样性的表型评价 [J]. 长江大学学报: 自然科学版, 2008, 5(2): 4-9
- [14] 晏庆久, 霍仕平, 张建, 等. 三峡库区玉米地方品种产量性状的遗传势分析 [J]. 杂粮作物, 2001, 2(5): 1-3
- [15] 姚启伦, 戴玄, 李昌满, 等. 三峡库区玉米地方品种特异性状的筛选及其研究 [J]. 西北农林科技大学学报, 2004, 32(5): 49-52, 56
- [16] 张祖新, 郑用琰, 李建生, 等. 三峡库区 10 个玉米地方品种的遗传势 [J]. 华中农业大学学报, 1997, 13(5): 449-454
- [17] 张建华, 杨晓洪, 张金渝, 等. 云南糯玉米地方品种的籽粒淀粉的研究 [J]. 西南农业学报, 2006(9): 543-547
- [18] 张兰荣, 李卫东, 金明华. 吉林省玉米地方品种的化学成分的研究 [J]. 吉林农业科学, 1989(4): 54-56
- [19] 郭庆法, 王庆成, 汪黎明. 中国玉米栽培学 [M]. 上海: 上海科学技术出版社, 2004, 265-266
- [20] Poole RW. An introduction to quantitative ecology [M]. New York McGraw-Hill 1974
- [21] 李凤艳, 张兴华, 张仁和. 玉米优异地方种质资源的筛选与评价 [J]. 植物遗传资源学报, 2003, 4(3): 225-227
- [22] 宴庆久, 张建, 许明陆, 等. 三峡库区 72 份玉米地方品种产量性状的评价 [J]. 植物遗传资源学报, 2001, 2(1): 12-17
- [23] 谢和霞, 覃兰秋, 程伟东, 等. 广西玉米地方品种调查 [J]. 植物遗传资源学报, 2009, 10(3): 490-494
- [19] Bany M B, Phan J L, Noyer J L, et al Genetic diversity of the two cultivated rice species (*O. sativa* & *O. glaberrima*) in Maritime Guinea: evidence for interspecific recombination [J]. Euphytica 2007, 154: 127-137
- [20] Cheng X, Temnykh S, Xu Y, et al Development of a microsatellite framework map providing genome wide coverage in rice (*Oryza sativa* L.) [J]. Theor Appl Genet 1997, 95: 553-567
- [21] 罗小金, 贺浩华, 彭小松, 等. 利用 SSR 标记分析水稻亲本间遗传距离与杂种优势的关系 [J]. 植物遗传资源学报, 2006, 7(2): 209-214
- [22] Dellaportas S L, Wood J H, Hicks J B. A plant DNA miniprep preparation Version II [J]. Plant Mol Biol Rep 1983, 1(4): 19-21
- [23] Merik J, Cmokrak P. Comparison of genetic differentiation at marker loci and quantitative traits [J]. Evol Biol 2001, 14(6): 892-903
- [24] 魏兴华. 中国栽培稻地方种资源等位基因地理分布及遗传多样性保护研究 [D]. 杭州: 浙江大学, 2002
- [25] 程侃声, 王象坤, 卢义宣, 等. 云南省稻种资源的综合研究与利用——IX. 论亚洲栽培稻的籼粳分类 [J]. 作物品种资源, 1988(1): 1-5
- [26] Alonso L C, Fernandez Escobar J, Aguilar-Portero M. Hybrid rice varieties in southern Spain [M] // Ferrero A, V idotto E. Challenges and opportunities for sustainable rice-based production systems Italy Torino 2004: 260-264
- [27] 毛艇, 徐海, 郭艳华, 等. 利用 SSR 分子标记进行水稻籼粳分类体系的初步构建 [J]. 华北农学报, 2009, 24(1): 119-124
- [28] 朱玉琴, 阮仁超, 陈惠查, 等. 贵州引进稻种资源的评价、保存与利用 [J]. 种子, 2007, 26(1): 80-83
- [29] 李小湘, 黎用朝, 段永红, 等. 湖南引进水稻资源与栽培稻品种的 SSR 多样性 [J]. 云南农业大学学报, 2006, 21(增刊): 40-46
- [30] 朱文东. 引进日本优质水稻品种农艺性状综合评价 [J]. 江苏农业科学, 2009(1): 66-69
- [31] Wan J, Yamaguchi Y, Kato H, et al Two new loci for hybrid sterility in cultivated rice (*Oryza sativa* L.) [J]. Theor Appl Genet 1996, 92: 183-190
- [32] Wang G W, He Y Q, Xu C G, et al Fine mapping of *5-Du* a gene conferring wide compatibility for pollen fertility in inter-subspecific hybrids of rice (*Oryza sativa* L.) [J]. Theor Appl Genet 2005, 112: 282-287
- [33] 梁耀懋, 黎坤爱, 陆岗, 等. 水稻偏粳型广谱性强恢系种质 GR38 的创新和评价 [J]. 植物遗传资源学报, 2006, 7(4): 382-386
- [34] 张淮. 两系亚种间杂交粳稻的选育和栽培制种技术研究 [D]. 武汉: 华中农业大学植物科技学院, 2006

(上接第 30 页)