

两个时期收集的云南水稻农家品种表型多样性比较

李金梅¹, 崔迪¹, 汤翠凤², 阿新祥², 余滕琼², 马小定¹,
张恩来², 刘昌文³ 徐福荣², 戴陆园², 韩龙植¹

(¹中国农业科学院作物科学研究所/国家农作物基因资源与基因改良重大科学工程/农业部作物种质资源与生物技术重点开放实验室, 北京 100081; ²云南省农业科学院生物技术与种质资源研究所, 昆明 650205; ³新疆兵团第三师四十六团, 喀什麦盖提县 844612)

摘要:本研究以两个时期(1980年、2007年)收集的来自云南15个州、市有代表性的601份水稻农家品种为试验材料,在云南西双版纳和海南三亚种植鉴定,调查记载了播抽历期、株高、穗长、有效穗数、每穗粒数、结实率、千粒重、谷粒长、谷粒宽、长宽比、穗抽出度、剑叶长和剑叶宽等13个农艺性状,并分析了两个不同时期收集群体间的表型和多样性指数差异。研究表明,在云南西双版纳和海南三亚,播抽历期、株高、每穗粒数、谷粒宽、长宽比、穗抽出度等6个性状的表型平均值在两个时期均表现为显著或极显著差异,而且播抽历期、每穗粒数、长宽比的均值表现为2007年收集的群体(简称G2群体)高于1980年收集的群体(简称G1群体),株高、谷粒宽、穗抽出度的均值表现为G1群体高于G2群体。在两种植地点两个群体的变异系数在两时期均不显著,多样性指数在云南种植地点有显著差异。对两个时期不同州、市的表型多样性分析发现,在两个种植地点,各州、市在两个时期的表型多样性指数差异不显著。对不同时期收集的籼、粳两亚群间多样性比较表明,两个群体中粳稻亚群的平均多样性指数均高于籼稻亚群;籼稻亚群的平均多样性指数在两个种植地点均是G2群体(1.845/1.867)高于G1群体(1.791/1.830),而粳稻亚群的平均多样性指数则相反。综上所述,近30年来云南水稻农家品种的表型变异在两个时期无显著差异,但总体表现为播抽历期变长,株高变矮,每穗粒数变多,谷粒长宽比变大,穗抽出度变短等趋势,表型性状的多样性指数也有增加的趋势。

关键词:云南地方稻种;表型性状;多样性

Comparative Phenotypic Diversity of Rice Landraces Collected in Two Periods in Yunnan, China

LI Jin-mei¹, CUI Di¹, TANG Cui-feng², A Xin-xiang², YU Teng-qiong², MA Xiao-ding¹,
ZHANG En-lai², LIU Chang-wen³, XU Fu-rong², DAI Lu-yuan², HAN Long-zhi¹

(¹Institute of Crop Sciences, Chinese Academy of Agricultural Sciences/Key Laboratory of Crop Germplasm Resources and Utilization, Ministry of Agriculture/The National Key Facility for Crop Gene Resources and Genetic Improvement, Beijing 100081;

²Institute of Biotech and Germplasm Resources, Yunnan Academy of Agricultural Sciences, Kunming 650205;
Sishiliutuan, Disanishi, Xinjiangbingtuan, Kashi Maigaitixian 844612)

Abstract: A total of 601 accessions of representative rice landraces from 15 prefectures of Yunnan in two different periods (1980 and 2007, respectively) were collected to dissect the phenotypic variation and the Shannon-Wiener diversity index (H') difference. Totally, thirteen agronomic traits were phenotyped in Xishuangbanna Yunnan and Sanya Hainan, i. e. days to heading, plant height, panicle length, panicle number per plant, spikelet number per panicle, seed setting rate, 1000-grain weight, grain length, grain width, ratio of length to width for grain, panicle exertion, flag leaf length and flag leaf width. Days to heading, plant height, spikelet number per panicle, grain width, ratio of length to width for grain and panicle exertion showed significant or even highly significant difference between the

收稿日期:2014-04-23 修回日期:2014-05-26 网络出版日期:2015-02-06

URL: <http://www.cnki.net/kcms/detail/11.4996.S.20150206.1651.026.html>

基金项目:国家科技攻关计划(2013BAD01B02-2);“973”计划(2010CB125904-5);国家作物种质资源保护项目(NB2012-2130135-25-01);国家科技基础条件平台;国际合作计划(PJ008685)

第一作者主要从事水稻遗传多样性分析。E-mail: lijnmeiat2008@163.com

通信作者:韩龙植,主要从事水稻种质资源研究。E-mail: hanlongzhi@caas.cn

two periods. In addition, days to heading, spikelet number per panicle, and ratio of length to width for grain of population collected from 2007 (named G2 population) were higher than that from 1980 (named G1 population). By contrast, the means of plant height, grain width, and panicle exertion from G2 population were higher. In these two planting places the coefficient of variations (CV) of the two populations showed non-significant difference, while the diversity index H' showed significant difference in Yunnan. In both planting places, the average H' of different prefectures or cities showed non-significant difference between G1 and G2. In the two subpopulations collected from these two periods, the H' (1.845/1.867) in 2007 was higher than in 1980 (1.791/1.830) in indica subpopulation, while it was higher in 1980 (1.898/1.888) than in 2007 (1.875/1.835) in japonica subpopulation. Japonica subpopulation was of higher H' than indica subpopulation in both periods and planting places. All these results indicated that the phenotypic variation of rice landrace varieties in 2007 was similar to in 1980. However, days to heading, spikelet number per panicle, and ratio of length to width for grain went up, while plant height, panicle exertion went down. In addition, the phenotypic diversity tended to be increasing.

Key words: Yunnan rice landraces; phenotypic traits; diversity

水稻是我国最重要的粮食作物之一,而且中国是全球水稻生产和消费大国。据统计,我国水稻种植面积约占世界水稻种植总面积的20%。近10多年来我国水稻育种发展进程较快,产量和品质等得到了较大的提高和改善,但水稻育种还没有重大的突破^[1]。积极开发和利用具有丰富遗传多样性的稻种资源是进一步提高水稻育种水平的重要途径之一。地方稻种被认为是非常有价值的遗传资源,其含有的遗传多样性可用于补充和丰富改良栽培品种的基因库^[2]。水稻地方品种是种质资源的重要组成部分,其中蕴藏着大量的抗病、抗逆、优质、高产等优异基因,在水稻产量的提高和品种选育中具有重要的利用价值。

云南是世界公认的亚洲栽培稻的遗传多样性中心之一^[3-7]。由于复杂的地理生态环境,垂直分布的立体气候,多样性的民族文化等的影响,云南省形成了举世瞩目的稻种资源多样性。云南省地方稻种资源中含有丰富的优异种质资源,例如抗白背飞虱、抗褐飞虱、抗白叶枯病、苗期耐旱、苗期耐盐等,而且越来越多的优异地方稻种已经应用于育种和生产中。L. Hei 等^[8]研究发现,云南省传统水稻品种的遗传多样性可用于病害管理,与栽培品种套作,可实现高产。红脚占、鬼衣谷、丽江新团黑谷等地方稻种资源在抗病虫等基因发掘中有效地得到利用^[9-11]。云南紫黑米资源不仅在育种中被用作骨干亲本,而且在食品和医药工业中具有潜在的利用价值^[12]。

目前,在水稻种质资源遗传多样性研究中采用分子标记技术是比较常用的研究方法,但表型多样性分析在评估种质遗传变异方面仍不可或缺。国内外关于作物表型多样性的研究已有很多报道。E.

Bechere 等^[13]从粒长、颖色等11个表型性状对来自埃塞俄比亚北部和中北部27个群体的2876份圆锥小麦(*Triticum turgidum* L.)地方品种进行了变异分析。P. J. Terzopoulos 等^[14]研究了34个希腊的番茄(*Solanum lycopersicum* L.)地方品种,针对叶型、果形等36个形态学性状进行了深入分析,结果表明希腊的番茄地方品种显著的表型变异有望应用于番茄品种改良。王述民等^[15]对224份小豆种质资源的形态多样性进行了研究鉴定,发现中国小豆种质资源具有丰富的形态多样性。陈碧云等^[16]对244份白菜型油菜地方品种的13个表型性状进行了分析,为中国白菜型油菜的形态分类及有效利用提供了理论依据。在水稻种质资源表型多样性研究方面,沈新平等^[17]对368份太湖地区晚粳稻地方种材料的植株及品质性状进行了分析与测定,结果表明种质间的性状均有极显著差异;陈雨等^[18]对高州野生稻8个居群的表型多样性分析表明,高野群体具有丰富的表型多样性;刘华招等^[19]利用表型性状对寒地早粳品种的遗传多样性进行了研究,发现株高、穗长、产量年际间、地区间变化大,易受环境的影响;结实率在年际间、地区间变化小,受环境影响小;刘维等^[20]对保存于广东省农业科学院水稻研究所国家种质野生稻圃的5个粤北普通野生稻居群174份进行表型多样性分析,发现粤北普通野生稻在表型性状上存在丰富的遗传变异。近10多年来,关于云南省地方稻种的表型多样性已有不少研究报道。曾亚文等^[21]、李自超等^[22]、杨忠义等^[23]分别对云南水稻地方品种的主要性状多样性分布、表型多样性、生态地理分布进行了研究,阐明了云南省稻种资源的多样性分布中心。徐福荣等^[24-25]对元阳哈尼梯

田两个不同时期种植的水稻地方品种进行了主要农艺性状鉴定评价与比较分析,发现元阳哈尼梯田农户当前种植的水稻地方品种有单一化和遗传多样性降低的趋势。但对于整个云南省农家地方稻种不同时期表型多样性的比较研究至今还未见系统的报道。本研究选取两个时期收集的来自云南15个州、市有代表性的601份农家品种稻种为试验材料,在云南和海南两地种植鉴定,对其株高、穗长等13个农艺性状进行调查记载,比较两个时期品种之间的表型变异,以期对云南水稻农家品种的有效保护和利用提供科学依据。

1 材料与方 法

1.1 试验材料

依据云南省各州、市材料的丰富程度,在充分考虑地方稻种地理分布及其多样性的基础上,兼顾各性状的多样性,共选取不同年代收集的地方稻种资源601份作为试验材料。其中,1980年收集的地方稻种(简称G1群体,由中国农业科学院作物科学研究所国家种质库提供)332份,2007年收集的地方稻种(简称G2群体,由云南省农业科学院生物技术种质资源研究所提供)269份,这些材料来自于云南省15个州、市的32个县(表1)。

1.2 试验方法

供试材料于2011年11月底在海南省三亚市中

国农业科学院作物科学研究所试验基地种植。于2012年7月中旬在云南省西双版纳农业科学院试验基地种植。每个地点2次重复,按照材料的编号顺序排列,每份材料种植1行,每行20株,单株栽插,株距10.0 cm,行距20.0 cm。施纯N 120 kg/hm²,田间管理遵循当地常规方法。

调查项目包括播抽历期、株高、穗长、有效穗数、每穗粒数、结实率、千粒重、谷粒长、谷粒宽、长宽比、穗抽出度、剑叶长、剑叶宽等13个农艺性状,调查方法遵循《水稻种质资源描述规范和数据标准》^[26]。

1.3 数据统计与分析

以在云南西双版纳和海南三亚调查的各农艺性状数据为基础数据,利用SAS 9.1.3软件计算性状均值、方差等基本参数。计算Shannon-Wiener多样性指数(H')前,先对数量性状进行质量化处理,参照王述民等^[15]的方法,进行10级分类,1级 $< X - 2\delta$,10级 $\geq X + 2\delta$,中间每级间差 0.5δ , δ 为标准差。每个性状的多样性指数计算公式为: $H' = - \sum P_i \ln P_i$ ($i = 1, 2, 3 \dots$),其中 H' 为Shannon-Wiener多样性指数, P_i 为某性状第 i 个级别的材料数占总材料数的百分比。利用SAS 9.1.3软件计算相关农艺性状的均值,并对均值进行标准化处理,采用欧氏距离UPGMA类平均法(unweighted pair-group method using arithmetic averages)进行聚类分析,绘制树状聚类图。

表1 供试材料来源和数量

Table 1 The origin and number of tested materials

州市 City	县 County	材料数 Number of samples				州市 City	县 County	材料数 Number of samples			
		1980年 In 1980		2007年 In 2007				1980年 In 1980		2007年 In 2007	
		籼稻 <i>indica</i>	粳稻 <i>japonica</i>	籼稻 <i>indica</i>	粳稻 <i>japonica</i>			籼稻 <i>indica</i>	粳稻 <i>japonica</i>	籼稻 <i>indica</i>	粳稻 <i>japonica</i>
普洱市	江城	10	8	9	2	大理州	剑川	1	6	0	8
	孟连	6	8	4	4		鹤庆	0	0	5	9
	澜沧	8	7	6	5	丽江市	宁蒗	1	6	0	1
	西盟	10	5	5	4	怒江州	泸水	4	4	9	4
	思茅	1	0	0	0	贡山	贡山	2	3	1	1
	景谷	0	0	6	2	楚雄州	大姚	4	7	3	3
德宏州	瑞丽	14	4	1	0	曲靖市	罗平	5	8	1	7
	陇川	10	6	7	5	保山市	腾冲	15	10	9	5
	盈江	7	7	6	6	玉溪市	玉溪	0	1	0	0
临沧市	永德	9	9	5	1	新平	新平	3	9	10	5
	沧源	6	9	7	7	元江	元江	0	2	13	6
红河州	屏边	6	9	2	5	迪庆州	香格里拉	0	0	1	2
	河口	4	0	4	2	德钦	德钦	0	0	0	1
	金平	12	5	5	1	文山州	麻栗坡	0	0	3	10
	元阳	8	5	9	0	西双版纳	勐腊	6	7	10	3
昭通市	巧家	6	4	2	3	纳州	勐海	15	10	7	6

2 结果与分析

2.1 不同时期收集的云南水稻农家品种表型性状变异比较

不同时期收集的云南水稻农家品种在两个不同种植地点调查的 13 个表型性状的平均值、方差、变异系数、多样性指数和各性状平均值的差异显著性检验结果列于表 2、表 3。

2.1.1 云南西双版纳的表型变异 在所调查的 13 个表型性状中,播抽历期、每穗粒数、谷粒长、长宽比 4 个性状平均值均表现为 G2 群体高于 G1 群体,差异显著或极显著;株高、谷粒宽、穗抽出度等 3 个性状平均值均表现为 G2 群体低于 G1 群体,差异显著

或极显著。两个群体 13 个表型性状的变异系数的变化范围为 7.71% (播抽历期)~48.87% (穗抽出度)。除播抽历期、穗长、谷粒长、谷粒宽相对较小之外,其余性状变异系数均在 15% 以上,两群体的变异系数差异不显著。多样性指数 H' 的变化范围为 1.146 (长宽比)~2.090 (剑叶长),除长宽比的多样性指数相对较低之外,其余性状的多样性指数均在 1.700 以上,大多数都在 2.000 左右,G1 群体的平均值(1.956)低于 G2 群体(1.988),差异显著。G2 群体的播抽历期、株高、有效穗数、结实率、千粒重、谷粒长、谷粒宽、长宽比、剑叶宽等 9 个性状的多样性指数高于 G1 群体;穗长、每穗粒数、剑叶长、穗抽出度等 4 个性状的多样性指数低于 G1 群体。

表 2 不同时期收集的云南水稻农家品种 13 个农艺性状的表型变异比较(云南种植地点)

Table 2 Comparison of 13 agronomic traits of rice landraces collected in different periods(1980 and 2007) in Yunnan (planting in Yunnan)

性状 Traits	均值 ± 标准偏差 Mean ± SD	方差 Variance	变异系数(%) CV	多样性指数 H'
播抽历期(d) Days to heading	75.72 ± 5.84	34.100	7.71	2.004
株高(cm) Plant height	79.01 ± 7.99**	63.810	10.11	2.064
穗长(cm) Panicle length	134.48 ± 20.28	411.140	15.08	2.019
有效穗数 Panicles per plant	125.52 ± 20.13**	405.252	16.04	2.078
每穗粒数 Spikelets per panicle	25.06 ± 3.47	12.022	13.84	2.046
结实率(%) Seed setting rate	25.11 ± 3.11	9.649	12.37	2.005
千粒重(g) 1000-grain weight	7.03 ± 1.81	3.271	25.71	2.017
谷粒长(mm) Grain length	6.89 ± 1.67	2.798	24.29	2.066
谷粒宽(mm) Grain width	137.30 ± 52.90	2798.500	38.53	2.058
长宽比 Ratio of length to width for grain	148.51 ± 55.96*	3131.620	37.68	1.979
穗抽出度(cm) Panicle exertion	73.68 ± 13.84	191.414	18.78	1.920
剑叶长(cm) Flag leaf length	72.70 ± 11.29	127.420	15.53	2.000
剑叶宽(cm) Flag leaf width	28.66 ± 4.95	24.540	17.28	2.009
	28.37 ± 4.42	19.507	15.57	2.040
	8.58 ± 0.81	0.657	9.44	2.025
	8.77 ± 0.93**	0.872	10.64	2.080
	3.38 ± 0.33	0.109	9.75	2.049
	3.32 ± 0.35*	0.123	10.53	2.073
	2.57 ± 0.37	0.141	14.61	1.146
	2.68 ± 0.47**	0.225	17.70	1.316
	8.28 ± 3.05	9.274	36.78	2.079
	7.27 ± 3.55**	12.621	48.87	2.061
	31.92 ± 6.60	43.545	20.67	2.090
	32.06 ± 6.05	36.628	18.88	2.078
	1.57 ± 0.29	0.085	18.62	1.966
	1.54 ± 0.25	0.065	16.52	2.010

上、下行数值分别表示 1980 年、2007 年收集的云南水稻农家品种的测定值,* : $P < 0.05$ 、** : $P < 0.01$ 。下同

The data in the upper and lower lines were the phenotypic characters of rice landraces collected in 1980 and 2007 in Yunnan, respectively. * : $P < 0.05$ 、** : $P < 0.01$. The same as below

表 3 不同时期收集的云南水稻农家品种 13 个农艺性状的表型差异比较(海南种植地点)

Table 3 Comparison of 13 agronomic traits of rice landraces collected in different periods(1980 and 2007) in Yunnan(planting in Hainan)

性状 Traits	均值 ± 标准偏差 Mean ± SD	方差 Variance	变异系数(%) CV	多样性指数 H'
播抽历期(d) Days to heading	94.79 ± 8.84	78.224	9.33	1.906
株高(cm) Plant height	97.92 ± 9.58**	91.795	9.78	1.989
穗长(cm) Panicle length	145.76 ± 20.54	421.714	14.09	2.003
有效穗数 Panicles per plant	133.24 ± 25.93**	672.570	19.46	2.059
每穗粒数 Spikelets per panicle	25.14 ± 3.25	10.571	12.93	1.941
结实率(%) Seed setting rate	24.32 ± 2.83**	8.035	11.64	2.017
千粒重(g) 1000-grain weight	6.75 ± 1.85	3.422	27.40	2.021
谷粒长(mm) Grain length	7.30 ± 2.49**	6.181	34.08	1.912
谷粒宽(mm) Grain width	133.44 ± 52.63	2769.510	39.44	1.990
长宽比 Ratio of length to width for grain	143.48 ± 46.47*	2159.850	32.39	2.066
穗抽度(cm) Panicle exertion	67.73 ± 14.80	219.018	21.85	1.972
剑叶长(cm) Flag leaf length	74.88 ± 14.32**	205.148	19.13	1.881
剑叶宽(cm) Flag leaf width	25.73 ± 6.67	44.519	25.93	1.738
长宽比 Ratio of length to width for grain	24.93 ± 4.70	22.051	18.84	2.002
穗抽度(cm) Panicle exertion	8.42 ± 0.93	0.862	11.03	2.051
剑叶长(cm) Flag leaf length	8.56 ± 0.96	0.918	11.20	2.093
剑叶宽(cm) Flag leaf width	2.57 ± 0.41	0.165	9.74	2.085
长宽比 Ratio of length to width for grain	3.23 ± 0.36**	0.130	11.15	2.072
穗抽度(cm) Panicle exertion	2.57 ± 0.41	0.165	15.82	1.218
剑叶长(cm) Flag leaf length	2.70 ± 0.53**	0.281	19.59	1.417
剑叶宽(cm) Flag leaf width	7.28 ± 4.32	18.468	59.34	2.054
长宽比 Ratio of length to width for grain	6.02 ± 4.40**	19.367	73.10	2.060
穗抽度(cm) Panicle exertion	37.75 ± 6.11	37.280	16.17	2.024
剑叶长(cm) Flag leaf length	36.13 ± 6.30**	39.668	17.43	2.089
剑叶宽(cm) Flag leaf width	1.70 ± 0.26	0.069	15.48	2.068
长宽比 Ratio of length to width for grain	1.76 ± 0.24**	0.059	13.76	2.062

2.1.2 海南三亚的表型变异 在所调查的 13 个性状中,播抽历期、有效穗数、每穗粒数、结实率、粒宽、长宽比、剑叶宽等 7 个性状平均值均表现为 G2 群体高于 G1 群体,差异显著或极显著;株高、穗长、剑叶长、穗抽度等 4 个性状平均值均表现为 G2 群体低于 G1 群体,差异极显著。两个群体 13 个表型性状变异系数的变化范围是 9.33% (播抽历期) ~ 73.10% (穗抽度)。除播抽历期、穗长、谷粒长、谷粒宽的变异系数相对较小之外,其余性状变异系数均在 15% 以上,两个群体的变异系数差异不显著。表型多样性指数 H' 的变化范围是 1.218 (长宽比) ~ 2.093 (谷粒长),除谷粒长宽比的值相对较低之外,其余性状的表型多样性指数均在 1.700 以上,大多数都在 2.000 左右,两个群体的表型多样性指数差异不显著。

结合两个种植地点的表型变异可以看出,云南水稻农家品种具有丰富的表型多样性,而且近 30 年来,其表型多样性有增加的趋势。

2.2 两个时期收集群体的不同地理来源、不同亚群间表型多样性比较

依据 601 份云南水稻农家品种的表型鉴定数据,按照不同地理来源和不同亚群进行了表型多样性指数分析(图 1)。

2.2.1 云南西双版纳的表型多样性 就不同地理来源而言,在 G1 群体中,红河市的平均多样性指数最高,达到 1.812,其次是普洱(1.810)、西双版纳(1.781)、德宏(1.799)、临沧(1.777);大理、丽江、曲靖和楚雄的平均多样性指数较低,依次为 1.064、1.120、1.390、1.433。在 G2 群体中,普洱市的平均多样性指数最高,达到 1.888,其次是临沧(1.838)、红河(1.823)、西双版纳(1.791);昭通、迪庆、曲靖、楚雄的平均多样性指数较低,依次为 1.044、1.093、1.113、1.221。各州、市在两个时期间的多样性指数差异不显著。

就不同亚群而言,G2 群体籼稻亚群的平均多样性指数(1.845)高于 G1 群体(1.791);而 G2 群体粳稻亚群的平均多样性指数(1.875)低于 G1 群体(1.898)。由此可见,在两个不同时期收集的群体中,均是粳稻亚群的平均多样性指数高于籼稻亚群。

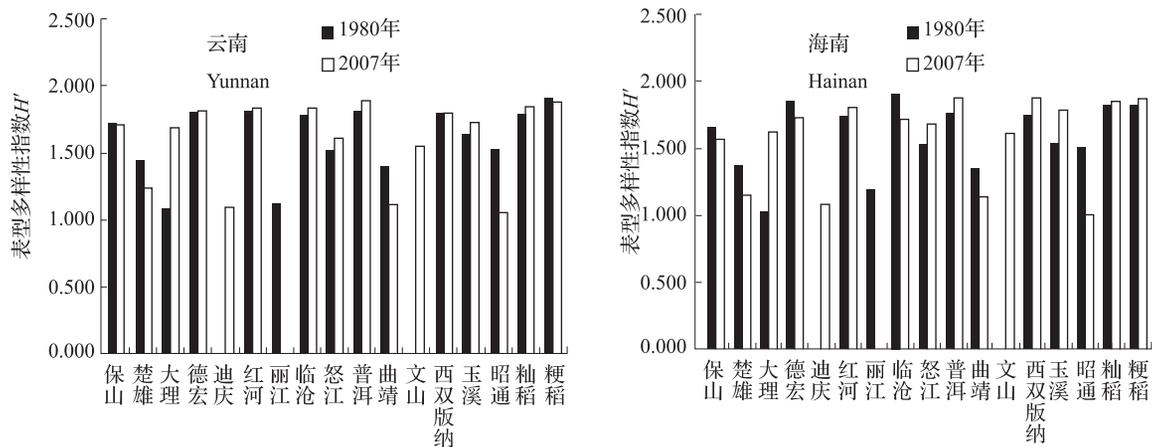


图1 种植在云南和海南的两个时期收集群体不同州(市)、不同亚群的平均表型多样性指数比较

Fig. 1 Comparison of the average Shannon-Weaver information index of different cities and subgroups of planting in Yunnan and Hainan

2.2.2 海南三亚的表型多样性 就不同地理来源而言,在G1群体中,临沧市的平均多样性指数最高,达到1.928,其次是德宏(1.871)、普洱(1.785)、西双版纳(1.766)、红河(1.753);大理、丽江、曲靖、楚雄的平均多样性指数最低,依次为1.032、1.186、1.347、1.378。在G2群体中,普洱市的平均多样性指数最高,达到1.890,其次是西双版纳(1.883)、红河(1.814)、玉溪(1.802)、德宏(1.739)、临沧(1.735);昭通、迪庆、曲靖、楚雄的平均多样性指数最低,依次为1.004、1.083、1.141、1.156。各州、市在两个时期的多样性指数差异不显著。

就不同亚群而言,G2群体籼稻亚群的平均多样性指数(1.867)高于G1群体(1.830);而G2群体粳稻亚群的平均多样性指数(1.835)低于G1群体(1.888)。在两个时期收集的群体中,粳稻亚群的平均多样性指数均高于籼稻亚群。

3 讨论

3.1 表型变异

本研究利用不同时期收集的601份水稻农家品种为研究对象,分析了两个时期收集的云南农家稻种间表型变异的差异。播抽历期、株高、每穗粒数、谷粒宽、长宽比、穗抽出度等6个性状在云南与海南均表现为显著或者极显著差异,而且播抽历期、长宽比的均值表现为G2群体高于G1群体,株高、粒宽、穗抽出度的均值表现为G1群体高于G2群体。整体表现为播抽历期变长、株高变矮、粒形变长、穗抽出度变短的趋势,这种变化趋势可能与近30年来因气候环境的变化而发生的自然选择和当地农民根据

需要而进行的人工选择有关。株高变矮、穗抽出度变短可以降低倒伏风险,播抽历期变长、穗粒数增加可使产量得到提高,谷粒长宽比变大可使稻米的外观得到改善。而且这种变化趋势与育种家的需求是一致的,因此农家品种可以保存更多育种家所需要的材料。D. Soleri等^[27]对美国亚利桑那州Hopi地区原、异地保护的2个玉米品种进行表型和物候性状分析,结果表明在两种保护方式下株高、穗部性状、生育期等均表现出显著差异。H. Q. Tin等^[28]对越南来自同一农场的7个水稻品种经6年和约20年的原、异地保护下农艺、抗逆性等性状进行比较,发现其生育期表现延长,子粒性状表现更整齐,但是抵抗干旱能力减弱。从变异系数看,播抽历期、谷粒长、谷粒宽的变异系数相对较小,说明这3个性状相对比较稳定;有效穗数、每穗粒数、穗抽出度变异系数相对较大,说明这些性状相对容易发生变异,这与孙建昌等^[29]对原位保存与异地保护两种保护方式下8个水稻地方品种群体内的表型性状变异的研究结果相一致。金伟栋等^[30]对823个太湖流域粳稻地方品种的19个农艺性状进行了研究,也得出了类似的结论。

3.2 表型多样性

本研究得出的结论是云南水稻农家品种在农家保护过程中积累了更多的表型多样性,这与孙建昌等^[29]的研究结果一致。农家保护是一个动态保护过程,地方品种被农民持续种植的过程中,对生态气候环境的适应性不断发生变化,品种间发生天然异交和自然突变,农民根据自己对产量、品质、抗性等方面的需求进行人工选择等,这些因素可能是2007

年收集的水稻农家品种群体的表型多样性大于1980年收集群体的主要原因。E. A. Veasey 等^[31]对巴西 Vale do Ribeira 地区的 74 份甘薯 (*Ipomoea batatas*) 的原、异地保护条件下的形态和物候性状进行了比较分析,发现农家保护维持了甘薯高水平的表型多样性,其结论与本文结论类似。云南省是一个多民族的省份,气候垂直分布明显。多样的气候环境、多样的民族文化、生活习惯促使农民在生产、生活中保留了许多地方品种。因此,地方稻种的保护应该主要依靠农家保护,种质库保存只是作为辅助手段。随着经济水平的发展,与环境相适应、与民族文化息息相关的地方稻种被保留下来,而其他的地方稻种则慢慢被淘汰。地方稻种的农家保护只靠农民自发进行已经不太现实,国家政策的扶持是保障更多的地方稻种实现农家保护的有效手段。

总体来说,近 30 年来农家保护比较好地维持和丰富了地方稻种的表型多样性,这种农家保护方式在地方稻种资源的保存中应给予高度重视和鼓励。为了有效保护利用云南水稻农家品种资源,今后在分子水平上有待进一步深入研究。

参考文献

- [1] 黎志康. 我国水稻分子育种计划的策略[J]. 分子植物育种, 2005, 3(5): 602-608
- [2] Frankel O H, Soule M E. Conservation and evolution [M]. New York: Cambridge University Press, 1981: 327
- [3] Chang T T. The origin, evolution, cultivation, dissemination and diversification of Asian and African rice [J]. Euphytica, 1976, 5: 425-441
- [4] Chang T T. The origins and early cultures of the cereal grains and food legumes [C]// The Origins of Chinese Civilization. London: University of California Press, 1982: 65-94
- [5] Nakagahra K. The differentiation, classification and center of genetic diversity of cultivated rice (*Oryza sativa* L.) by isozyme analysis [J]. Trop Agric Res Ser, 1978, 11: 77-82
- [6] Zeng Y W, Wang J J, Li X L, et al. Genetic variation of crop resources in Yunnan province, China [J]. Plant Genet Resour, 1998, 114: 40-42
- [7] 王象坤, 孙传清. 中国栽培稻的起源与演化研究专集 [C]. 北京: 中国农业出版社, 1996: 1-233
- [8] Hei L, Zhu Y Y, Revilla M I. Using genetic diversity to achieve sustainable rice disease management [J]. Plant Dis, 2003, 87: 1156-1169
- [9] 戴陆园, 叶昌荣, 徐福荣, 等. 云南稻种昆明小白谷耐冷性指
- [10] 朱永生. 云南稻三磅七十箩抗稻瘟病基因分析 [D]. 武汉: 华中农业大学, 2003
- [11] 刘新展, 赵明富, 何月秋, 等. 以丽江新团黑谷为遗传背景的抗稻瘟病基因累加系的选育及其抗性鉴定 [J]. 作物学报, 2007, 33(1): 20-24
- [12] 曾亚文, 陈勇, 戴陆园, 等. 云南紫香软米资源的研究与利用 [J]. 中国稻米, 1998(2): 7-8
- [13] Bechere E, Belay D, Mitiku D, et al. Phenotypic diversity of tetraploid wheat landraces from northern and north-central regions of Ethiopia [J]. Hereditas, 1996, 124: 135-172
- [14] Terzopoulos P J, Bebeli P J. Phenotypic diversity in Greek tomato (*Solanum lycopersicum* L.) landraces [J]. Sci Hort, 2010, 126: 138-144
- [15] 王述民, 曹永生, 胡家蓬. 我国小豆种质资源形态多样性鉴定与分类研究 [J]. 作物学报, 2002, 28(6): 727-733
- [16] 陈碧云, 许颀, 高桂珍, 等. 中国白菜型油菜种质表型多样性分析 [J]. 中国油料作物学报, 2012, 34(1): 25-32
- [17] 沈新平, 沈明星, 顾丽, 等. 太湖流域晚粳稻地方种资源的表型遗传多样性 [J]. 生态学报, 2007, 27(1): 189-196
- [18] 陈雨, 潘大建, 杨庆文, 等. 高州普通野生稻表型多样性分析 [J]. 农业资源与环境科学, 2008, 24(3): 362-368
- [19] 刘华招, 刘延, 王丽萍, 等. 用表型性状研究寒地旱粳品种(品系)的遗传多样性 [J]. 北方水稻, 2009, 39(5): 5-9
- [20] 刘维, 陈芬, 陈雨, 等. 粤北普通野生稻表型多样性研究 [J]. 广东农业科学, 2010(8): 21-24
- [21] 曾亚文, 李自超, 杨忠义, 等. 云南稻种主要性状多样性分布中心及其规律研究 [J]. 华中农业大学学报, 2000, 19(6): 511-517
- [22] 李自超, 张洪亮, 曾亚文, 等. 云南稻种资源表型遗传多样性的研究 [J]. 作物学报, 2001, 27(6): 832-837
- [23] 杨忠义, 苏艳, 曹永生, 等. 云南稻种资源多样性的生态地理分布研究 [J]. 植物遗传资源学报, 2008, 9(4): 475-479
- [24] 徐福荣, 张恩来, 董超, 等. 云南元阳哈尼梯田地方稻种的主要农艺性状鉴定评价 [J]. 植物遗传资源学报, 2010, 11(4): 413-417
- [25] 徐福荣, 张恩来, 董超, 等. 云南元阳哈尼梯田两个不同时期种植的地方品种表型比较 [J]. 生物多样性, 2010, 18(4): 365-372
- [26] 韩龙植, 魏兴华. 水稻种质资源描述规范和数据标准 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2006: 65-81
- [27] Soleri D, Smith S E. Morphological and phenological comparisons of two Hopi maize varieties conserved *in situ* and *ex situ* [J]. Econ Bot, 1995, 49: 56-77
- [28] Tin H Q, Berg T, Bjørnstad Å. Diversity and adaptation in rice varieties under static (*ex situ*) and dynamic (*in situ*) management. A case study in the Mekong Delta, Vietnam [J]. Euphytica, 2001, 122: 491-502
- [29] 孙建昌, 曹桂兰, 李亚非, 等. 水稻地方品种群体内的遗传多样性分析 [J]. 西北农林科技大学学报, 2011, 39(12): 145-152
- [30] 金伟栋, 洪德林. 太湖流域粳稻地方品种遗传多样性研究 [J]. 生物多样性, 2006, 14(6): 479-487
- [31] Veasey E A, Silva J R Q, Rosa M S, et al. Phenology and morphological diversity of sweet potato (*Ipomoea batatas*) landraces of the Vale do Ribeira [J]. Sci Agric (Piracicaba, Braz.), 2007, 4(64): 416-427