



研究报告

Research Report

元阳梯田原位保护与种子库保存水稻地方品种的遗传多样性比较

唐有福^{1,2}, 白筱¹, 高东^{1,3}, 何霞红¹

1. 云南农业大学农业生物多样性应用技术国家工程中心, 昆明, 650201
2. 元阳县新街镇农业综合服务中心, 元阳, 662416
3. 深圳大学, 深圳, 518060

✉ 通讯作者: gaodong521@yahoo.com.cn; ✉ 作者

分子植物育种, 2013 年, 第 11 卷, 第 2 篇 doi: 10.5376/mpb.cn.2013.11.0002

这是一篇采用 Creative Commons Attribution License 进行授权的开放取阅论文。只要对本原作有恰当的引用, 版权所有人允许并同意第三方无条件的使用与传播。

引用格式(中文):

唐有福等, 2013, 元阳梯田原位保护与种子库保存水稻地方品种的遗传多样性比较, 分子植物育种(online), 11(2): 1008-1013 (doi: 10.5376/mpb.cn.2013.11.0002)

引用格式(英文):

Tang et al., 2013, Comparison of Genetic Diversity between *In-situ* and Seed Bank Conserved Rice Paddy Landraces in Yuanyang Terrace, Fenzi Zhiwu Yuzhong (online) (Molecular Plant Breeding), 11(2): 1008-1013 (doi: 10.5376/mpb.cn.2013.11.0002)

摘要 为评估元阳梯田原位保护与种子库保存水稻(*Oryza sativa* L.)地方品种的遗传多样性变异状况, 选用 24 对 SSR 引物对元阳哈尼梯田 3 个原位保护品种和对应的 3 个种子库保护品种进行遗传多样性比较分析。共检测到 70 个等位基因, 平均为 2.7, 变幅为 1~4, 原位保护聚群较种子库保护聚群多 8 个等位基因。原位保护聚群的各 SSR 位点等位基因数、有效等位基因数、位点多态信息含量和基因型多样性等指标均高于种子库保护聚群, 分别为 2.75>2.25 (*A*), 2.13>1.81 (*Ae*), 0.51>0.42(*PIC*), 0.84>0.62 (*H'*)。聚类分析显示, 供试 3 对水稻地方品种在 0.6610 的遗传相似性系数水平上聚在一起, 3 对原位和种子库保护聚群分别在 0.9600、0.9322 和 0.9288 的相似系数上两两聚在一起, 无交叉现象。结果暗示原位保护是维持种群遗传多样性的一种更好的方式。

关键词 哈尼梯田; 水稻地方品种; 微卫星标记; 原位保护; 种子库保存

Comparison of Genetic Diversity between *In-situ* and Seed Bank Conserved Rice Paddy Landraces in Yuanyang Terrace

Tang Youfu^{1,2}, Bai Xiao¹, Gao Dong^{1,3}, He Xiaohong¹

1. The National Center for Agricultural Biodiversity, Yunnan Agricultural University, Kunming, 650201, P.R., China
2. Agricultural Comprehensive Service Center of Xinjie Town, Yuanyang, 662416, P.R., China
3. Shenzhen University, Shenzhen, 518060, P.R., China

✉ Corresponding author, gaodong521@yahoo.com.cn; ✉ Authors

Abstract To evaluate the genetic variation between *in-situ* and seed bank conserved rice paddy landraces in Yuanyang terrace, the genetic diversity of 3 pair paddy rice landraces were analyzed by 24 SSR markers. The results showed that the mean alleles are 2.7 ranging from 1 to 4 of the detected total 70 alleles. Compared with the seed bank conserved samples, the *in-situ* conserved samples were higher in the number of alleles, average number of alleles, effective number of alleles, locus polymorphism information content, and genotype diversity, with *A* of 2.75>2.25, *Ae* of 2.13>1.81, *PIC* of 0.51>0.42, and *H'* of 0.84>0.62. An UPGMA dendrogram based on the cluster analysis of genetic similarity showed that 3 pair paddy rice landraces clustered with the similarity coefficients under 0.661. The similarity coefficients was 0.9600, 0.9322 and 0.9288 between Yuelianggu, Hongjiaolaojing and Baijiaolaojing pairs, respectively. The results showed that *in-situ* conservation is the better way for maintaining genetic diversity of populations of rice landraces.

Keywords Hani terrace; *Oryza sativa* L. landraces; SSR marker; *In-situ* conservation; Seed bank conservation

收稿日期: 2013 年 01 月 09 日

接受日期: 2013 年 02 月 28 日

发表日期: 2013 年 04 月 15 日

基金项目: 本研究由国家重点基础研究发展计划(973 项目)课题(2011CB100406)资助

研究背景

稻种资源是水稻优良基因的载体, 蕴藏着包括抗病虫、抗逆、高产、优质及其他一些优良的性状基因(阮仁超等, 2001)。因此, 切实保护现有种质资



源的遗传多样性, 努力推进改良创新利用是当前乃至长远种质资源研究工作的主要内容, 也是实施农业可持续发展战略的重要举措。目前, 稻种质资源的保护方式有原位保护(*in-situ* conservation)和异位保护(*ex-situ* conservation)两种。原位保护是通过保护物种原生境, 在原生地保存其完整的遗传多样性和其固有的遗传进化途径(杨庆文等, 2003); 异位保护是将种质保存于其原产地以外的地方, 如种质库、种质圃等(杨庆文等, 2005)。异位保护导致自然进化的终止, 还可能产生遗传飘移和基因重组, 导致具潜在利用价值的基因受到破坏或丢失(杨庆文等, 2005)。为了评估原、异位保护的效果及其代表性, 以普通野生稻为代表开展了广泛的研究。李小湘等(2007)以 5 个保护居群和 3 个未保护居群为研究对象, 评价了普通野生稻自然居群的遗传多样性; 王家祥等(2009)以全国已建立的 15 个普通野生稻原生境保护居群和全国范围内随机选取的 15 个未保护居群为研究对象, 进行了中国普通野生稻原生境保护与未保护居群的遗传多样性比较。杨庆文等(2005)以江西省东乡县庵家山和水桃树 2 个野生稻保护居群和 1982 年从上述保护点取样并保存于江西农业科学院野生稻保存圃中的所有个体为研究对象, 评价了我国异位保存的普通野生稻能否代表原居群遗传多样性的完整性; 李小湘等(2006)用 48 对 SSR 引物对湖南江永普通野生稻异位保存和原位保存居群进行了遗传多样性分析; 余丽琴等(2007)以庵家山普通野生稻原、异位群体为研究对象, 比较了原、异位保存东乡野生稻主要农艺性状的变化。

有关地方稻种种子库保存遗传多样性变化的研究鲜有报道, 郑爱清等(2009)以保山地区 20 世纪 80 年代收集并保存于种质库中的 12 个水稻品种和目前仍在种植的对应 12 个水稻品种为研究对象, 分析了原位和种子库保存对水稻种质资源遗传多样性的影响。云南元阳梯田原位保护着丰富的地方稻种资源(高东等, 2009b)。但有关元阳梯田地方稻种资源原位保护和种子库保存的研究鲜有报道, 徐福荣等(2010; 2011)以 20 世纪 70 年代收集于元阳县, 现保存于种质库和当前种植的品种为材料, 研究了水稻地方品种表型多样性和遗传多样性的变化; 严红梅等(2012)以 20 世纪 70 年代种植的 6 个和近 10 年间种植的对应 6 个代表性水稻地方品种为研究对象, 揭示了元阳水稻地方品种 30 年的遗

传变异状况。本研究选取云南元阳哈尼梯田农户连续种植的 3 个地方品种, 以及 20 世纪 70 年代收集并保存于种子库的对应 3 个品种, 利用 SSR 标记分析其遗传多样性及等位基因变异, 旨在为制订水稻地方品种安全有效的保护措施提供参考。

1 结果与分析

1.1 SSR 位点多态性信息

供试 24 对 SSR 标记共检测到 70 个等位基因(A), 各位点等位基因 1~4 个不等, 原位保护聚群较种子库保护聚群多 8 个等位基因。位点多态性信息比较结果表明, 在原地保护聚群中共检测出 66 个等位基因(表 1), 平均每位点 2.75 个; 有效等位基因(A_e)为 51.20 个, 平均每位点 2.13 个; 位点多态信息含量(PIC)变幅为 0.28~0.72, 平均为 0.51; 基因型多样性(H')变幅为 0.45~1.33, 平均为 0.84。在种子库保护聚群中共检测出 54 个等位基因, 平均每位点 2.25 个; 有效等位基因为 43.35 个, 平均每位点 1.81 个; 位点多态信息含量(PIC)变幅为 0.28~0.61; 平均为 0.42, 基因型多样性(H')变幅为 0.45~1.01, 平均为 0.62。结果显示, 原位保护聚群各 SSR 位点等位基因数、有效等位基因数、位点多态信息含量和基因型多样性等指标均高于种子库保护聚群。

1.2 聚群多态性信息

供试 24 对 SSR 标记在月亮谷原位和种子库聚群检测到的等位基因数为 3.46 对 1.54, 5 聚群变幅为 1.71~2.46 对 1~1.5; 有效等位基因数 1.23 对 1.08, 5 聚群变幅为 1.17~1.27 对 1~1.27; 多态性位点百分率为 95.83%对 33.33%, 5 聚群变幅为 58.33~75%对 0~33.33%; 香农指数为 0.31 对 0.11, 5 聚群变幅为 0.2~0.28 对 0~0.22。在白脚老粳聚群检测到上述参数对应为 3.04→1.33, 1.42~2.04→1.04~1.21; 1.53→1.01, 1.03~1.24→1~1.01; 91.67%→29.17%, 33.33~66.67%→8.33~16.67%; 0.49→0.02, 0.06~0.29→1.01~0.02。在红脚老粳聚群检测到上述参数对应为 3.17→1.21, 2.13~2.46→1~1.13; 1.76→1.03, 1.39~1.58→1~1.01; 87.5%→16.67%, 70.83~83.33%→0~12.5%; 0.59→0.04, 0.34~0.45→0~0.02。结果显示, 原位保护各聚群的等位基因数、有效等位基因数、多态性位点百分率和香农指数等指标均高于种子库保护各聚群(表 2)。

表 1 元阳原位与种子库保护水稻地方品种的 SSR 位点遗传参数

Table 1 The genetic parameter values of different SSR loci in *in-situ* and seed bank conserved rice landraces from Yuanyang

引物 Primer	染色体 Chro.	检测等位基因数			有效等位基因数		基因型多样性		位点多态信息含量	
		<i>A</i>			<i>Ae</i>		<i>H'</i>		<i>PIC</i>	
		原位	种子库聚群	差值	原位	种子库聚群	原位	种子库聚群	原位	种子库聚群
		聚群	Seed bank	D-value	聚群	Seed bank	聚群	Seed bank	聚群	Seed bank
		<i>In-situ</i>	pop.	<i>In-situ</i>	pop.	<i>In-situ</i>	pop.	<i>In-situ</i>	pop.	
		pop.		pop.		pop.		pop.		
RM14	1	3	2	1	2.57	1.39	1.01	0.45	0.61	0.29
RM84	1	4	2	2	3.60	2.00	1.33	0.69	0.72	0.50
RM208	2	2	2	0	2.00	2.00	0.69	0.69	0.50	0.50
RM211	2	3	2	1	2.00	1.80	0.87	0.45	0.50	0.44
RM16	3	3	3	0	2.00	2.00	0.87	0.87	0.50	0.50
RM231	3	3	2	1	2.00	1.80	0.87	0.64	0.50	0.44
RM280	4	3	2	1	2.57	1.39	1.01	0.45	0.61	0.29
RM335	4	3	2	1	2.00	1.39	0.87	0.45	0.50	0.28
RM164	5	3	2	1	2.57	1.39	1.01	0.45	0.61	0.29
RM289	5	2	2	0	1.39	1.39	0.45	0.45	0.28	0.28
RM225	6	3	2	1	2.00	1.80	0.87	0.64	0.50	0.44
RM253	6	2	3	1	1.80	2.57	0.64	1.01	0.44	0.61
RM7	7	3	3	0	2.57	2.57	1.01	1.01	0.61	0.61
RM234	7	3	2	1	2.00	1.80	0.87	0.64	0.50	0.44
RM25	8	3	2	1	2.00	1.80	0.87	0.45	0.50	0.44
RM210	8	3	3	0	2.57	2.57	1.01	1.01	0.61	0.61
RM215	9	3	2	1	2.00	1.39	0.87	0.45	0.50	0.28
RM219	9	3	3	0	2.00	2.00	0.87	0.87	0.50	0.50
RM222	10	2	2	0	1.39	1.39	0.45	0.45	0.28	0.28
RM228	10	3	3	0	2.57	2.57	1.01	1.01	0.61	0.61
RM206	11	2	2	0	1.80	1.80	0.64	0.45	0.44	0.44
RM224	11	3	2	1	2.00	1.39	0.87	0.45	0.50	0.28
RM17	12	2	2	0	2.00	1.39	0.69	0.45	0.50	0.28
RM19	12	2	2	0	1.80	1.80	0.64	0.45	0.44	0.44
合计		66	54	14	51.20	43.35	-	-	-	-
Total										
平均值		2.75	2.25	0.58	2.13	1.81	0.84	0.62	0.51	0.42
Mean										

1.3 遗传聚类

供试 3 对水稻地方品种在 0.6610 的遗传相似性系数水平上聚在一起，3 对原位和种子库保护聚群分别在 0.9600、0.9322 和 0.9288 的相似系数上两两聚在一起，无交叉现象，但不同品种的遗传相似性不同，月亮谷相似性最高，白脚老粳相似性最低(图 1)。

2 讨论

开展原、异位保存或保护与未保护野生稻遗传多样性比较的研究较多(李小湘等, 2006; 2007; 王家祥等, 2009; 杨庆文等, 2005; 余丽琴等, 2007), 有

关地方稻种原、异位保存遗传多样性比较的研究较少(郑爱清等, 2009; 严红梅等, 2012), 可见业界对野生稻较重视, 而对地方稻种重视不够。地方稻种资源具有育成品种所遗失的优异种质, 是水稻育种、起源和进化研究不可缺失的过渡材料(何玉忠等, 2012), 是长期自然选择和人工选择的宝贵资源, 更应积极、有效保护。

本研究结果表明, 原生境保护有利于丰富地方稻种的遗传多样性, 作物在与环境互动进程中发生的遗传变异对丰富其遗传多样性和生态适应性起着不可或缺的作用。因此, 对于地方稻种遗传资源

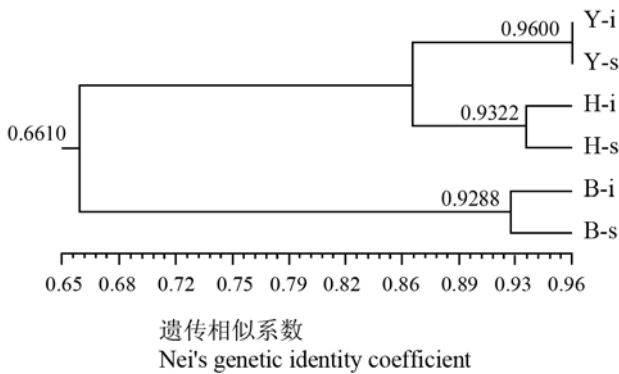


图1 元阳地方稻种原位和种子库保护群体聚类图
注: Y-i: 月亮谷原位保护聚群; Y-s: 月亮谷种子库保护聚群;
H-i: 红脚老粳原位保护聚群; H-s: 红脚老粳种子库保护聚群;
B-i: 白脚老粳原位保护聚群; B-s: 白脚老粳种子库保护聚群
Figure 1 Dendrogram of Yuanyang rice landraces *in-situ* and seed bank conserved populations

Note: Y-i: Yuelianggu *in-situ* conserved population; Y-s: Yuelianggu seed bank conserved population; H-i: Hongjiaolaojing *in-situ* conserved population; H-s: Hongjiaolaojing seed bank conserved population; B-i: Baijiaolaojing *in-situ* conserved population; B-s: Baijiaolaojing seed bank conserved population

表2 相同品种在不同保存群体中的遗传多样性参数比较

Table 2 Comparison of the gene diversity parameters of the same variety in different conservation population

品种 Variety	等位基因数 <i>A</i>		有效等位基因数 <i>A_e</i>		多态性位点百分率(%) <i>P</i> (%)		香农指数 <i>I</i>	
	原位聚群 <i>In-situ</i> pop.	种子库聚群 Seed bank pop.	原位聚群 <i>In-situ</i> pop.	种子库聚群 Seed bank pop.	原位聚群 <i>In-situ</i> pop.	种子库聚群 Seed bank pop.	原位聚群 <i>In-situ</i> pop.	种子库聚群 Seed bank pop.
YLG-1	2.04	1.04	1.18	1.00	58.33	4.17	0.22	0.00
YLG-2	2.46	1.00	1.22	1.00	75.00	0.00	0.28	0.00
YLG-3	2.29	1.08	1.22	1.00	75.00	8.33	0.27	0.01
YLG-4	1.71	1.50	1.17	1.27	62.50	33.33	0.20	0.22
YLG-5	1.96	1.13	1.27	1.00	62.50	8.33	0.27	0.01
YLG-pop.	3.46	1.54	1.23	1.08	95.83	33.33	0.31	0.11
BJLJ-1	2.04	1.21	1.24	1.01	66.67	16.67	0.29	0.02
BJLJ-2	1.42	1.04	1.03	1.00	33.33	4.17	0.06	0.01
BJLJ-3	1.71	1.08	1.07	1.01	54.17	8.33	0.12	0.02
BJLJ-4	2.04	1.08	1.15	1.01	66.67	8.33	0.23	0.02
BJLJ-5	1.83	1.13	1.14	1.01	54.17	12.50	0.20	0.02
BJLJ-pop.	3.04	1.33	1.53	1.01	91.67	29.17	0.49	0.02
HJLJ-1	2.08	1.08	1.47	1.00	70.83	8.33	0.40	0.01
HJLJ-2	2.21	1.13	1.54	1.01	79.17	12.50	0.45	0.02
HJLJ-3	2.46	1.13	1.49	1.01	83.33	8.33	0.43	0.02
HJLJ-4	2.33	1.04	1.58	1.00	79.17	4.17	0.42	0.01
HJLJ-5	2.13	1.00	1.39	1.00	70.83	0.00	0.34	0.00
HJLJ-pop.	3.17	1.21	1.76	1.03	87.50	16.67	0.59	0.04
合计 Total	40.38	20.75	23.68	18.45	-	-	5.57	0.56

的保护, 应着重进行原生境保护, 鼓励当地农民种植地方稻种或创造多样性种植模式(Zhu et al., 2003), 种子库只能作为一种补充保护手段。研究表明, 异位保存野生稻群体的遗传多样性只有原位群体的 71.1%, 且多数情况下仅为原位群体聚类图的一个小分枝(杨庆文等, 2005; 余丽琴等, 2007)。对元阳地方品种, 建议主要采用原位保护, 以 10 年为间隔, 补充收集地方稻种, 补充和丰富种子库, 以备利用和开发。

3 材料与方法

3.1 材料

选用元阳梯田长期连续栽种的代表水稻地方品种月亮谷、白脚老粳和红脚老粳为供试材料, 分为两类, 原位保护品种和种子库保存品种。原位保护品种为 2011 年在元阳收集的当前仍在栽种的月亮谷、白脚老粳和红脚老粳个 5 份; 种子库保存品种取自种子库, 是 20 世纪 70 年代收集保存于种质资源库的 3 个对应水稻地方品种。分别编号为

YLG-1~5-*in situ*, BJLJ-1~5-*in situ*, HJLJ-1~5-*in situ*;
YLG-1~5-seed bank, BJLJ-1~5-seed bank, HJLJ-1~5-seed
bank。

3.2 DNA 提取及 PCR 产物检测

供试材料经表面消毒、浸种、发芽、水培 15 d, 随机选取 10 株剪取嫩叶, 参照高东等(2010)的 CTAB 法提取 DNA, 测定 DNA 浓度。PCR 反应体系(20 μ L)含 1 \times Buffer, 0.2 mmol/L dNTP (每一成分均为 0.2 mmol/L), 1 μ mol/L SSR 引物, 50 ng 模板 DNA 及 1 U *Taq* 酶。扩增程序为: 94 $^{\circ}$ C 2 min; 94 $^{\circ}$ C 40 s, 55 $^{\circ}$ C 30 s, 72 $^{\circ}$ C 40 s, 36 个循环; 72 $^{\circ}$ C 延伸 10 min。扩增结果检测采用 6%聚丙烯酰胺变性凝胶电泳及银染法(高东等, 2009a)。

3.3 数据统计

按基因型统计 SSR 扩增带型, 并建立相应的数据库(高东等, 2011)。采用 POPGENE(Yeh et al., 1999)软件计算等位基因位点数(A), 遗传相似系数, 有效等位基因位点数($A_e=1/\sum(pi)^2$), 多态性信息量($PI_C=1-\sum(pi)^2$), 基因型多样性($H'=-\sum Pi \ln Pi$)。式中 P_i 为第 i 个多态位点上的基因频率。NTSYS 程序(Rohlf, 1997)软件完成参试材料间欧氏距离计算, 采用非加权平均数(UPGMA), 依据遗传相似系数绘制树状聚类图。

作者贡献

高东为本研究的构思者及负责人, 试验设计和试验研究的执行人; 唐有福参与样品采集, 试验设计与分析, 及论文初稿的写作; 何霞红和白筱参与数据分析及论文修改。全体作者都阅读并同意最终的文本。

致谢

本研究由国家重点基础研究发展计划(973 项目)课题(2011CB100406)资助。

参考文献

- Gao D., Du F., and Zhu Y.Y., 2009a, Low-background and high-resolution contracted silver-stained method in polyacrylamide gels electrophoresis, *Yichuan* (Hereditas), 31(6): 668-672 (高东, 杜飞, 朱有勇, 2009a, 低背景、高分辨率 PAGE 简易银染法, *遗传*, 31(6): 668-672)
- Gao D., Wang Y.Y., He X.H., Li C.Y., and Zhu Y.Y., 2009b, Intra-varietal heterogeneity and implications of Baijiaolaojing rice landraces in Yuanyang county, Yunnan, *Fenzi Zhiwu Yuzhong* (Molecular Plant Breeding), 7(2): 283-291 (高东, 王云月, 何霞红, 李成云, 朱有勇,

2009b, 元阳白脚老粳水稻地方品种内遗传异质性及意义, *分子植物育种*, 7(2): 283-291)

- Gao D., Li R., Yang M.Q., and He X.H., 2011, Rice landraces' genetic diversity of hani terrace wetland in Qingkou village of Yuanyang county, *Fenzi Zhiwu Yuzhong* (online) (Molecular Plant Breeding), Vol.9 No.118 pp.1857-186 (高东, 李锐, 杨木青, 何霞红, 2011, 元阳箐口村哈尼梯田水稻品种 SSR 遗传多样性分析, *分子植物育种* (online) Vol.9 No.118 pp.1857-1863)
- Gao D., Mao R.Z., and Zhu Y.Y., 2010, Comparative analysis of intra-varietal heterogeneity between rice landraces and improved varieties, *Fenzi Zhiwu Yuzhong* (Molecular Plant Breeding), 8(3): 432-438 (高东, 毛如志, 朱有勇, 2010, 水稻地方品种与改良品种内部遗传异质性的比较分析, *分子植物育种*, 8(3): 432-438)
- Gao D., Wang Y.Y., He X.H., Li C.Y., and Zhu Y.Y., 2009b, Intra-varietal heterogeneity and implications of Baijiaolaojing rice landraces in Yuanyang county, Yunnan, *Fenzi Zhiwu Yuzhong* (Molecular Plant Breeding), 7(2): 283-291 (高东, 王云月, 何霞红, 李成云, 朱有勇, 2009b, 元阳白脚老粳水稻地方品种内遗传异质性及意义, *分子植物育种*, 7(2): 283-291)
- He Y.Z., Gao D., He X.H., and Yu L., 2012, Screening polymorphic SSR markers between Yuelianggu in Yuanyang terrace and sequenced variety Nipponbare, *Fenzi Zhiwu Yuzhong* (online) (Molecular Plant Breeding), Vol.10 No.11 pp.1087-1091 (何玉忠, 高东, 何霞红, 余磊, 2012, 元阳梯田月亮谷与测序水稻日本晴多态性 SSR 标记筛选, *分子植物育种* (online) Vol.10 No.11 pp.1087-1091)
- He Y.Z., Gao D., He X.H., and Yu L., 2012, Screening polymorphic SSR markers between Yuelianggu in Yuanyang terrace and sequenced variety Nipponbare, *Fenzi Zhiwu Yuzhong* (online) (Molecular Plant Breeding), Vol.10 No.11 pp.1087-1091 (何玉忠, 高东, 何霞红, 余磊, 2012, 元阳梯田月亮谷与测序水稻日本晴多态性 SSR 标记筛选, *分子植物育种* (online) Vol.10 No.11 pp.1087-1091)
- Li X.X., Wang S.H., Duan Y.H., Yu L.P., Huang H.M., Li W.H., Sun G.H., and Liu Y., 2007, Comparative studies on the genetic diversity between conserved and non-conserved *Oryza rufipogon* populations, *Zhiwu Yichuan Ziyuan Xuebao* (Journal of Plant Genetic Resources), 8(4): 379-386 (李小湘, 王淑红, 段永红, 余丽琴, 黄海明, 李卫红, 孙桂华, 刘勇, 2007, 普通野生稻保护和未保护居群遗传多样性的比较, *植物遗传资源学报*, 8(4): 379-386)
- Li X.X., Zhan Q.C., Wei X.H., Duan Y.H., Chen Z.W., and Liu Y., 2006, SSR diversity of *in-situ* conserved *Oryza*



- rufipogon* populations in Jiangyong county of Hunan Province, 2006, *Zhongguo Shuidao Kexue* (Chinese Journal of Rice Science), 20(4): 361-366 (李小湘, 詹庆才, 魏兴华, 段永红, 陈祖武, 刘勇, 2006, 湖南江永普通野生稻原位和异位保存种质的 SSR 多样性差异, 中国水稻科学, 20(4): 361-366)
- Rohlf F.J., ed., 1997, NTSYS: numerical taxonomy and multi-variate analysis system, version 2.02a, Exeter Software Press, New York, USA, pp.33
- Ruan R.C., Chen H.C., You J.M., Jin T.Y., Zhang Z.Y., Yang Y.S., and Zhu Y.Q., 2001, Assessment, conservation and utilization on elite rice genetic resources in Guizhou, Yunnan Zhiwu Yanjiu (*Acta Botanica Yunnanica*), 23(S): 11-17 (阮仁超, 陈惠查, 游俊梅, 金桃叶, 张再兴, 杨玉顺, 朱玉琴, 2001, 贵州优异稻种遗传资源评价、保存与利用研究, 云南植物研究, 23(S): 11-17)
- Wang J.X., Chen Y.T., Huang J., Qiao W.H., Zhang W.X., and Yang Q.W., 2009, Comparison of genetic diversity between *in-situ* conserved and non-conserved *Oryza rufipogon* populations in China, *Zuowu Xuebao* (*Acta Agronomica Sinica*), 35(8): 1474-1482 (王家祥, 陈友桃, 黄娟, 乔卫华, 张万霞, 杨庆文, 2009, 中国普通野生稻 (*Oryza rufipogon* Griff.) 原生境保护与未保护居群的遗传多样性比较, 作物学报, 35(8): 1474-1482)
- Xu F.R., Dong C., Yang W.Y., Tang C.F., A X.X., Zhang E.L., Yang Y.Y., Zhang F.F., Dai L.Y., and Zhang H.S., 2011, Comparison of genetic diversity of rice landraces planted in two periods in Hani's terraced fields in Yuanyang County, Yunnan Province, China using microsatellite markers, *Zhongguo Shuidao Kexue* (Chinese Journal of Rice Science), 25(4): 381-386 (徐福荣, 董超, 杨文毅, 汤翠凤, 阿新祥, 张恩来, 杨雅云, 张斐斐, 戴陆园, 张红生, 2011, 利用微卫星标记比较云南元阳哈尼梯田两个不同时期种植的水稻地方品种的遗传多样性, 中国水稻科学, 25(4): 381-386)
- Xu F.R., Zhang E.L., Dong C., Dai L.Y., and Zhang H.S., 2010, Comparison of phenotypic traits of rice landraces, grown in two different periods in Hani's terraced fields in Yuanyang County, Yunnan, *Shengwu Duoyangxing* (*Biodiversity Science*), 18(4): 365-372 (徐福荣, 张恩来, 董超, 戴陆园, 张红生, 2010, 云南元阳哈尼梯田两个不同时期种植的水稻地方品种表型比较, 生物多样性, 18(4): 365-372)
- Yan H.M., Dong C., Zhang E.L., Tang C.F., A X.X., Yang W.Y., Yang Y.Y., Zhang F.F., and Xu F.R., 2012, Analysis of genetic variation in rice paddy landraces across 30 years as revealed by microsatellite DNA markers, *Yichuan* (*Hereditas* (Beijing)), 34(1):87-94 (严红梅, 董超, 张恩来, 汤翠凤, 阿新祥, 杨文毅, 杨雅云, 张斐斐, 徐福荣, 2012, 微卫星标记分析水稻地方品种 30 年的遗传变异, 遗传, 34(1): 87-94)
- Yang Q.W., Yu L.Q., Zhang W.X., Chen D.Z., Shi J.X., Ren J.F., and Miao H., 2005, Comparative studies on genetic diversities between *in-situ* and *ex-situ* conserved germplasm of *Oryza rufipogon*, *Zhongguo Nongye Kexue* (*Scientia Agricultura Sinica*), 38(6): 1073-1079 (杨庆文, 余丽琴, 张万霞, 陈大洲, 时津霞, 任军方, 苗晗, 2005, 原、异位保存普通野生稻种质资源的遗传多样性比较研究, 中国农业科学, 38(6):1073-1079)
- Yang Q.W., Zhang W.X., He D.X., Chen D.Z., Dai L.Y., Chen C.B., and Huang K.D., 2003, Studies on *in-situ* conservation methods of wild rice in China. *Zhiwu Yichuanziyuan Xuebao* (*Journal of Plant Genetic Resources*), 4(1): 63-67 (杨庆文, 张万霞, 贺丹霞, 陈大洲, 戴陆园, 陈成斌, 黄坤德, 2003, 中国野生稻原生境保护方法研究, 植物遗传资源学报, 4(1): 63-67)
- Yeh F.C., Yang R.C., and Boyle T., eds., 1999, POPGENE version 1.31, microsoft windows-based freeware for population genetic analysis, University of Alberta, Edmonton, Canada, pp.1-28
- Yu L.Q., Xu Q.L., Qiu B.Y., Xiong Y.Z., and Rao S.F., 2007, Comparative studies on the main agronomic characteristics between *in-situ* and *ex-situ* conserved wild rice populations in Dongxiang, *Zhiwu Yichuanziyuan Xuebao* (*Journal of Plant Genetic Resources*), 8(1): 99-101 (余丽琴, 徐巧玲, 邱兵余, 熊玉珍, 饶淑芳, 2007, 原、异位保存东乡野生稻主要农艺性状的比较研究, 植物遗传资源学报, 8(1): 99-101)
- Zheng A.Q., Li S.J., and Wang Y.Y., 2009, Estimating genetic diversity between *in-situ* and *ex-situ* conservation of rice varieties by SSR assay, *Yunnan Nongye Daxue Xuebao* (*Journal of Yunnan Agricultural University*), 24(5): 641-646 (郑爱清, 李赛君, 王云月, 2009, 原位和异位保护对水稻种质资源遗传多样性的影响, 云南农业大学学报, 24(5): 641-646)
- Zhu Y.Y., Wang Y.Y., Chen H.R., and Lu B.R., 2003, Conserving traditional rice through biodiversity management, *Bioscience*, 53(2): 158-162
[http://dx.doi.org/10.1641/0006-3568\(2003\)053\[0158:CTRVTM\]2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1641/0006-3568(2003)053[0158:CTRVTM]2.0.CO;2)