



研究报告

A Letter

元阳箐口村哈尼梯田水稻品种 SSR 遗传多样性分析

高东[✉], 李锐[✉], 杨木青[✉], 何霞红[✉]

云南农业大学农业生物多样性应用技术国家工程中心, 教育部农作物多样性与病害控制重点实验室, 植物病理重点实验室, 昆明, 650201

✉ 通讯作者: gaodong521@yahoo.com.cn; ✉ 作者

分子植物育种, 2011 年, 第 9 卷, 第 118 篇 doi: 10.5376/mpb.cn.2011.09.0118

收稿日期: 2011 年 09 月 23 日

接受日期: 2011 年 10 月 15 日

发表日期: 2011 年 11 月 28 日

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):

高东等, 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 (doi: 10.5376/mpb.cn.2011.09.0118)

引用格式(英文):

Gao et al., 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.1857-1863 (doi: 10.5376/mpb.cn.2011.09.0118)

摘要 云南元阳哈尼梯田是开展稻种资源有效保护、可持续发展研究的极佳农业生态系统。本研究收集该稻作系统箐口村的 119 份水稻材料进行了微卫星(SSR)分析。利用 12 对 SSR 供试引物, 平均每对引物检测出 3.9167 个等位基因。UPGMA 法构建的系统树显示, 119 份水稻材料遗传相似系数在 0.22~1.00 之间, 在 0.618 的相似水平上, 119 份水稻样品可分为 27 个亚群, 显示出这些地方品种具有丰富的遗传多样性。本研究结果暗示了水稻品种间遗传多样性是维系该系统持续、稳定的重要因素之一。

关键词 水稻; 微卫星标记; 遗传多样性; 哈尼梯田; 地方品种; 品种间

Rice Landraces' Genetic Diversity of Hani Terrace Wetland in Qingkou Village of Yuanyang County

Gao Dong[✉], Li Rui[✉], Yang Muqing[✉], He Xiaohong[✉]

The National Center for Agricultural Biodiversity, Ministry of Education Key Laboratory of Agricultural Biodiversity for Plant Disease Management, Key Laboratory of Plant Pathology, Yunnan Agricultural University, Kunming, 650201, P.R., China

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

Abstract The Hani terrace wetland, located in Yuanyang county, Yunnan province, is an ideal agro-ecosystem for the effective conservation and sustainable development of rice germplasm resources. To evaluate the intrinsic factors of Hani rice landraces' sustainable development, 119 rice (*Oryza sativa* L.) landraces were collected from Qingkou village in Yuanyang and were estimated the genetic diversity within them with 12 pairs of SSR primers, 3.9167 SSR alleles were revealed by per SSR marker. The genetic similarity coefficient among the 119 rice landraces varied from 0.22 to 1.00. UPGMA dendrogram shows that the 119 rice landraces separates 27 groups at the similarity coefficient level of 0.618. The results showed that the inter-varietal genetic diversity is one of the important factors for sustainable and stable development of Hani terrace wetland.

Keywords *Oryza sativa* L.; SSR; Genetic diversity; Hani terrace wetland; Landraces; Inter-varietal

研究背景

中国是亚洲栽培稻的起源地之一, 而云南是亚洲栽培稻的遗传多样性中心(Chang, 1976; Zeng et al., 2010)。云南元阳县地处哀牢山的南端(东经 102°27'~103°13', 北纬 22°49'~23°19'), 海拔高差悬殊, “一山分四季, 十里不同天”; 民族文化丰富, 世聚哈尼、彝、傣、苗、瑶、壮和汉族共七大民族; 农作物遗传多样性丰富, 特别以永续发展的梯田稻作“人工湿地”景观闻名于世(高东等, 2009a)。关于

构成元阳梯田景观的主体—水稻多样性的研究不多, 徐福荣等(2010a) 采用半问卷式和农村参与式评价方法对元阳梯田种植的稻作品种间多样性进行了研究; 高东等(2009b)以白脚老粳水稻地方品种为材料, 对其品种内遗传异质性进行了研究; 徐福荣等(2010b) 对元阳哈尼梯田中所种植的水稻地方品种的表型性状在 30 年间的变化进行了研究; 高东等(2010)对元阳哈尼梯田中目前所种植的水稻地方品种和现代品种的内部遗传异质性进行了比较

研究。为解析元阳哈尼梯田长期、持续、稳定的大面积栽种多个水稻地方品种的机理, 以往研究主要集中在解析整个梯田系统水稻地方品种的多样性(徐福荣等, 2010a); 水稻地方品种多样性在元阳农业发展过程中的变化(徐福荣等, 2010b); 水稻地方品种和现代品种的内部遗传异质性与其适应性差异(高东等, 2010)等。对元阳以村寨为单位小生境内水稻地方品种多样性研究尚属空白。

水稻基因组 DNA 中存在 2~5 个核苷酸为重复单元的长达几十个核苷酸的序列, 称作微卫星(microsatellites)或简单重复序列(SSR)。重复序列两端是高度保守序列, 可据此设计引物。由于重复单位和重复数量有可能不同, 因而形成多态性。因此是检测个体间差异及品种间的遗传多样性的理想分子标记。本研究采用 SSR 分子标记评价了箐口村梯田稻作系统内收集的地方品种的遗传多样性, 旨在说明村寨内水稻品种间遗传多样性是维系整个梯田系统持续稳定的重要因素之一。

1 结果分析

1.1 SSR 标记等位基因的多态性

所筛选的 12 对 SSR 引物(RM220, RM208, RM16, RM335, RM289, RM253, RM234, RM210, RM219, RM228, RM206 和 RM235)均能扩增出清晰的条带, 没有零位点出现, 所有条带的分子量范围在 100~500 bp 内。每对引物检测到的等位基因数为 2~5, 平均为 3.9167; 有效等位基因数为

1.2317~3.8850, 平均为 2.6187; 香农指数为 0.3798~1.3719, 平均为 1.0063; 期望纯合度为 0.2543~0.8111, 平均为 0.4279; 期望杂合度为 0.1889~0.7457, 平均为 0.5721 (表 1)。

1.2 供试样品的聚类分析

根据 UPGMA 法(非加权平均数法)用遗传相似系数进行聚类分析, 结果表明, 所收集的 119 份水稻材料遗传相似系数在 0.22~1.00 之间, 表现为极高的遗传多样性水平(图 1)。

在所分析的 119 份水稻样品中, 水稻地方品种月亮谷在约 0.65 相似水平上聚在一起; 白脚老粳在约 0.63 相似水平上聚在一起; 红脚老粳在约 0.68 相似水平上聚在一起; 这三个品种是当地的主栽地方品种。红阳 3 号和红阳系列在约 0.83 的相似水平上聚在一起, 这是本研究特意收集的两份当地栽种的改良品种。

聚类图显示: 多数同名或谐音名的样品在各自不同的相似水平上聚在一起, 如阿楚车和啊祖车、车谷和车龙及车然、龙格和罗谷等等; 同时也有同名或谐音名的样品聚在其他类别当中, 如月亮谷有的聚在啊丕丕车类群当中, 白脚老粳聚在车谷类群当中等; 在 0.618 的相似水平上所有的 119 份水稻样品可分为 27 个亚群。

表 1 分析位点的遗传变异和杂合性

Table 1 Summary of genetic variation and heterozygosity statistics for researched loci

位点 Loci	检测到的等位基因数 <i>N_a</i>	有效等位基因数 <i>N_e</i>	香农指数 <i>I</i>	期望纯合度 <i>Exp_Hom</i>	期望杂合度 <i>Exp_Het</i>
RM220	4	1.9792	0.9076	0.5032	0.4968
RM208	3	2.9108	1.0831	0.3408	0.6592
RM16	5	1.2317	0.4522	0.8111	0.1889
RM335	4	3.4197	1.3070	0.2894	0.7106
RM289	2	1.5838	0.5553	0.6298	0.3702
RM253	4	2.9657	1.1231	0.3344	0.6656
RM234	4	2.1190	0.8314	0.4697	0.5303
RM210	4	3.4115	1.2978	0.2901	0.7099
RM219	4	3.8850	1.3719	0.2543	0.7457
RM228	3	1.8606	0.6890	0.5355	0.4645
RM206	5	3.5643	0.3798	0.2775	0.7225
RM235	5	2.4927	1.0778	0.3986	0.6014
Mean	3.9167	2.6187	1.0063	0.4279	0.5721
St. Dev	0.9003	0.8643	0.3197	0.1691	0.1691

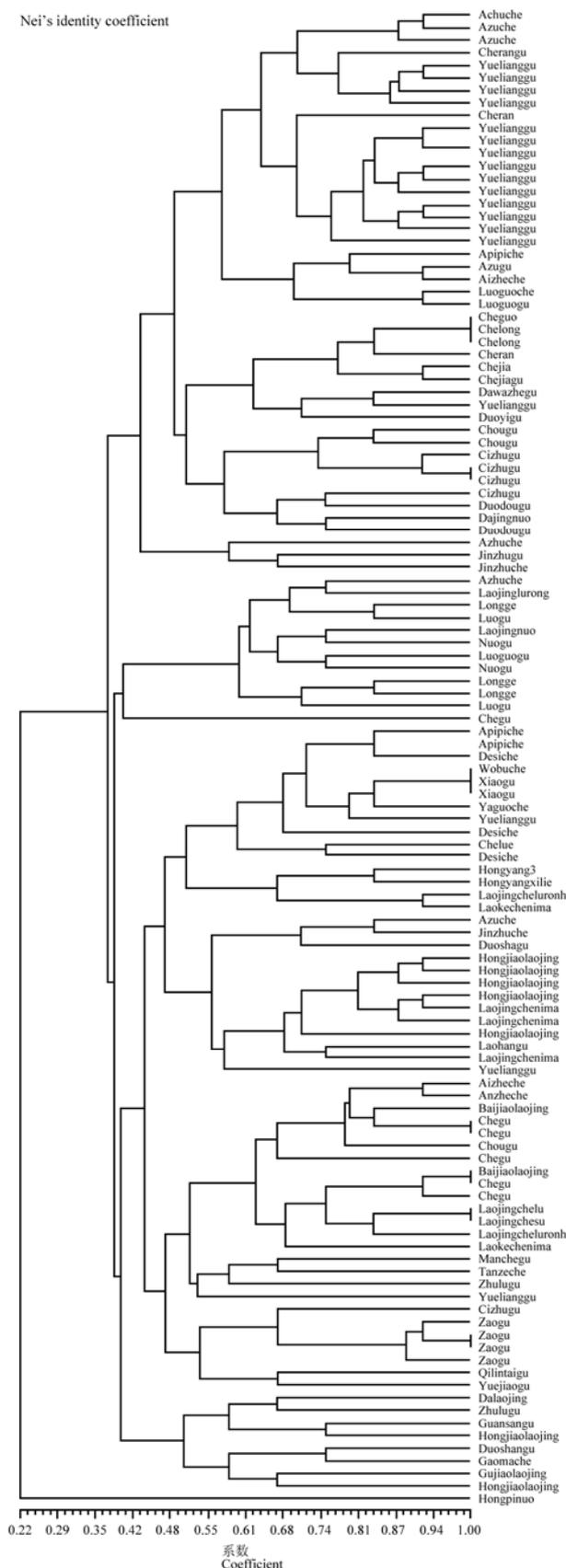


图1 供试水稻样品的系统聚类树状图
Figure 1 The dendrogram of 119 tested rice samples

2 讨论

2.1 元阳水稻品种的遗传多样性

综合所筛选的 12 对 SSR 引物对元阳哈尼梯田 119 份水稻样品分析的遗传多样性各参数, 我们发现这些样品在不同的等位点上的多态性不同, 供试 12 个位点中, RM219 位点多态性最高, 杂合程度最高; RM16 位点多态性最低, 杂合程度最低。表明各 SSR 等位点对元阳稻种遗传多样性的贡献是不均衡的。

聚类分析(cluster analysis)显示元阳哈尼梯田主栽地方品种月亮谷、白脚老粳和红脚老粳具有丰富的遗传多样性, 这与高东等(2009a)对元阳白脚老粳水稻地方品种内遗传异质性丰富的报道一致; 同时, 这些地方品种的遗传多样性高于引进的改良品种(如红阳系列)。聚类分析也显示了元阳哈尼梯田稻谷品种存在大量的“同名异种”和“异名同种”的现象, 提示我们在稻种资源的收集和保护中详细了解材料背景 and 进行遗传鉴定是非常必要的。

2.2 元阳水稻品种遗传多样性的成因

首先, 丰富的民族文化是该地区稻种资源丰富的动力之一。全县世居七大民族, 包括哈尼、彝、傣、苗、瑶、壮和汉族, 其中以哈尼族比例较大。各民族沿袭着各自祖先的文化、信仰和稻作习惯, 并且在民族融合中不断趋于多元化, 丰富、多样的民族文化推动元阳的稻种资源不断丰富和多样化(高东等, 2009a)。哈尼族精通稻种遗传多样性的年度间布局, 例如, 种子交换和品种轮换被元阳哈尼族普遍采用(高东等, 2011)。在频繁的稻种交换过程中, 难免造成“同名异种”和“异名同种”的现象, 加之, 哈尼族有同名种子混合使用的习惯, 更加丰富了其遗传多样性(高东等, 2011)。

其次, 哈尼族粗放的水稻品种的选育方法是该地区稻种资源丰富的成因之一。哈尼族对水稻种子采取粒选和穗选(王清华, 1999)。这种粗放的选、留种方式无法严格保证水稻种子的遗传一致性。

最后, 哈尼人丰富的梯田稻作系统管理土著知识和技能(Shimpei, 2007), 也是该地区稻种资源丰富的成因之一。但近年来, 由于现代品种的冲击, 例如红阳系列品种的引进, 导致大量地方品种被弃用。种植高耗肥的现代品种, 不但污染了元阳梯田水稻生态系统, 而且使大量地方品种流失, 是对元阳梯田水稻生态系统中稻谷品种遗传多样性的最大威胁。在许多的水稻梯田区域,

传统的农业做法被迫改变。例如, 菲律宾科迪勒拉山的水稻梯田, 在 1995 年被联合国教科文组织登记为世界遗产。此后, 许多农民放弃了与农业有关的工作, 取而代之的是旅游的相关工作, 导致大量梯田崩塌(Shimpei, 2007)。所以, 如何在社会进步和开展旅游的过程中有效保护好梯田景观及其承载的稻种和文化多样化是摆在我们面前的一个难题。

3 材料与方法

3.1 材料

本研究所用水稻材料共计 119 份, 是 2005 年在元阳县新街镇箐口村的一面坡上采集的, 基本可代表同一小生境中采集的样品。共采集了 120 份水稻地方品种(表 2), 其中包括相同名称的、不同名称的以及名称谐音相同的各类材料。实验中只用了 119

表 2 供试水稻品种

Table 2 The information of the rice researched.

品种名	户主	品种名	户主	品种名	户主
Varieties	Household	Varieties	Household	Varieties	Household
阿楚车	孔会生	大瓦遮谷	李明龙	罗谷	马欧沙
Achuche	Kong Huisheng	Dawazhegu	Li Minglong	Luogu	Ma Ousha
阿煮车	卢新发	得丝车	卢国卜	罗谷	李正华
Azhuche	Lu Xinfa	Desiche	Lu Guobu	Luogu	Li Zhenghua
阿煮车	卢文林	得丝车	龙正新	罗果车	张文贵
Azhuche	Lu Wenlin	Desiche	Long Zhengxin	Luoguoche	Zhang Wengui
啊丕丕车	卢文华	得丝车	李卫成	锣锅谷	李建谷
Apipiche	Lu wenhua	Desiche	Li Weicheng	Luoguoqu	Li Jiangu
啊丕丕车	陈志光	多斗谷	张永和	锣锅谷	卢家和
Apipiche	Chen Zhiguang	Duodougu	Zhang Yonghe	Luoguoqu	Lu Jiahe
啊丕丕车	李正名	多斗谷	张永和	曼车谷	卢有明
Apipiche	Li Zhengming	Duodougu	Zhang Yonghe	Manchegu	Lu Youming
啊祖车	陈志学	多沙谷	卢学文	糯谷	李正兴
Azuche	Chen Zhixue	Duoshagu	Lu Xuewen	Nuogu	Li Zhengxing
啊祖车	李福生	多沙谷	卢正华	糯谷	杨正陆
Azuche	Li Fusheng	Duoshagu	Lu Zhenghua	Nuogu	Yang Zhenglu
啊祖车	李文荣	多依谷	卢有明	麒麟台谷	李正学
Azuche	Li Wenrong	Duoyigu	Lu Youming	Qilintaigu	Li Zhengxue
啊祖谷	卢学名	高马车	李志华	炭则车	杨富亮
Azugu	Lu Xueming	Gaomache	Li Zhihua	Tanzeche	Yang Fuliang
爱者车	张文贵	古脚老粳	孔会和	我卜车	李文和
Aizheche	Zhang Wengui	Gujiaolaojing	Kong Huihe	Wobuche	Li Wenhe
爱者车	张金羊	关山谷	杨兴文	小谷	张春华
Aizheche	Zhang Jinyang	Guansangu	Yang Xingwen	Xiaogu	Zhang Chunhua
按者车	卢建忠	红脚老粳	普四红	小谷	张爱明
Anzheche	Lu Jianzhong	Hongjiaolaojing	Pu Sihong	Xiaogu	Zhang Aiming
白脚老粳	杨正陆	红脚老粳	张斌	丫国车	卢松
Baijiaolaojing	Yang Zhenglu	Hongjiaolaojing	Zhang Bin	Yaguoche	Lu Song
白脚老粳	杨正宁	红脚老粳	懂洪	月亮谷	张正名
Baijiaolaojing	Yang Zhengning	Hongjiaolaojing	Dong Hong	Yuelianggu	Zhang Zhengming
车谷	李亮洪	红脚老粳	杨美英	月亮谷	李文英
Chegu	Li Lianghong	Hongjiaolaojing	Yang Meiyong	Yuelianggu	Li Wenying
车谷	苏院武	红脚老粳	普和祥	月亮谷	李小和
Chegu	Su Yuanwu	Hongjiaolaojing	Pu Hexiang	Yuelianggu	Li Xiaohe
车谷	懂理保	红脚老粳	普家福	月亮谷	李万和
Chegu	Dong Libao	Hongjiaolaojing	Pu Jiafu	Yuelianggu	Li Wanghe

续表 2

Continued Table 2

品种名	户主	品种名	户主	品种名	户主
Varieties	Household	Varieties	Household	Varieties	Household
车谷	李正明	红脚老粳	普家富	月亮谷	卢正学
Chegu	Li Zhengming	Hongjiaolaojing	Pu Jiafu	Yuelianggu	Lu Zhengxue
车谷	王正芳	红皮糯	李树华	月亮谷	普世光
Chegu	Wang Zhengfang	Hongpinuo	Li Shuhua	Yuelianggu	Pu Shiguang
车谷	杨正明	红阳 3 号	孔文祥	月亮谷	罗正才
Chegu	Yang Zhengming	Hongyang3	Kong Wenxiang	Yuelianggu	Luo Zhengcai
车国	李建林	红阳系列	孔会富	月亮谷	罗庭福
Cheguo	Li Jianlin	Hongyangxilie	Kong Huifu	Yuelianggu	Luo Tingfu
车甲	张庆贵	金竹谷	卢文林	月亮谷	张明福
Chejia	Zhang Qinggui	Jinzhugu	Lu Wenlin	Yuelianggu	Zhang Mingfu
车甲谷	李克明	近煮车	杨文新	月亮谷	张百昌
Chejiagu	Li Keming	Jinzhuche	Yang Wenxin	Yuelianggu	Zhang Baichang
车龙	张惠芬	近煮车	李志华	月亮谷	李正福
Chelong	Zhang Huifen	Jinzhuche	Li Zihua	Yuelianggu	Li Zhengfu
车龙	张者龙	老憨谷	李忠发	月亮谷	李高祥
Chelong	Zhang Zhelong	Laohangu	Li Zhongfa	Yuelianggu	Li Gaoxing
车略	卢保应	老粳车鲁	李正兴	月亮谷	普和祥
Chelue	Lu Baoying	Laojingchelu	Li Zhengxing	Yuelianggu	Pu Hexiang
车然	卢有康	老粳车鲁荣	孔强	月亮谷	钱正芳
Cheran	Lu Youkang	Laojingchelurong	Kong Qiang	Yuelianggu	Qian Zhengfang
车然	李文新	老粳车鲁荣	李晓明	月亮谷	许正有
Cheran	Li Wenxin	Laojingchelurong	Li Xiaoming	Yuelianggu	Xu Zhengyou
车然谷	卢家有	老粳车尼嘛	马正亮	月亮谷	杨正明
Cherangu	Lu Jiayou	Laojingchenima	Ma Zhengliang	Yuelianggu	Yang Zhengming
臭谷	李自发	老粳车尼嘛	马立荣	月亮谷	何小四
Chougu	Li Zifa	Laojingchenima	Ma Lirong	Yuelianggu	Li Xiaosi
臭谷	李正新	老粳车尼嘛	罗秀华	月亮谷	杨正学
Chougu	Li Zhengxin	Laojingchenima	Luo Xiuhua	Yuelianggu	Yang Zhengxue
臭谷	李文华	老粳车苏	罗正才	越角谷	何绍进
Chougu	Li Wenhua	Laojingchesu	Luo Zhengcai	Yuejiaogu	He Shaojin
刺竹谷	卢正祥	老粳鲁荣	李绍忠	早谷	张龙
Cizhugu	Lu Zhengxiang	Laojinglurong	Li Shaozhong	Zaogu	Zhang Long
刺竹谷	卢正光	老粳糯	李亮洪	早谷	普瑞祥
Cizhugu	Lu Zhengguang	Laojingnuo	Li Lianghong	Zaogu	Pu Ruixiang
刺竹谷	卢正荣	老克车尼嘛	李成英	早谷	张永福
Cizhugu	Lu Zhengrong	Laokechenima	Li Chengying	Zaogu	Zhang Yongfu
刺竹谷	卢学光	老克车尼嘛	孔发发	早谷	杨正清
Cizhugu	Lu Xueguang	Laokechenima	Kong Fafa	Zaogu	Yang Zhengqing
刺竹谷	卢绍忠	龙格	龙正新	主鲁谷	李云光
Cizhugu	Lu Shaozhong	Longge	Long Zhengxin	Zhulugu	Li Yunguang
大粳糯	钱正芳	龙格	卢光兴	祖鲁谷	李忠发
Dajingnuo	Qian Zhengfang	Longge	Lu Guangxing	Zhulugu	Li Zhongfa
大老粳	李文学	龙格	李文华	车国	卢文忠
Dalaojing	Li Wenxue	Longge	Li Wenhua	Cheguo	Lu Wenzhong

份, 是由于在发芽的过程中, 其中最后 1 份发芽失败, 表中用灰色显示。

3.2 DNA 抽提及 PCR 检测

每份材料取 10 株, CTAB 法混合抽提全基因组 DNA (Song et al., 2003)。每条染色体筛选 1 对多态性高的 SSR 引物, 共计 12 对 (RM220, RM208, RM16, RM335, RM289, RM253, RM234, RM210, RM219, RM228, RM206 和 RM235)用于评估供试材料的遗传多样性。在 Mastercyder Gradient PCR 仪 (Eppendorf 5333 型)上进行 PCR 反应, 反应程序为: 94℃ 预变性 2 min, 94℃ 40 s, 55℃ 30 s, 72℃ 40 s, 36 个循环, 72℃ 延伸 10 min。反应体系包含 1× Buffer, 0.2 mmol/L dNTP (每一成分均为 0.2 mmol/L), 1 μmol SSR 引物, 50 ng 模板 DNA 及 1 U Taq 酶 (TaKaRa InC.), 共计 20 μL。6%的聚丙烯酰胺变性胶分离 PCR 产物, 凝胶规格为 195 mm×120 mm×1 mm (长×宽×厚)。上样前, 加等体积上样缓冲液, 震荡与 PCR 产物混匀, 95℃ 下变性 5 min。电泳后剥胶、染色、显影(高东等, 2009a)。

3.3 数据处理

参照 Marker (DL2000), 采用基因型统计条带法, 纯合条带记为“AA”、“BB”和“CC”等, 杂合条带记为“AB”、“AC”和“BC”等。每位点检测到的等位基因数(Na, Observed number of alleles)、有效等位基因数(Ne, Effective number of alleles, Kimura and Crow, 1964)、期望纯合度(Exp_Hom, expected homozygosity, Levene, 1949)、期望杂合度(Exp_Het, expected heterozygosity, Levene, 1949)、Shannon 指数 (I, Shannon's information index, Lewontin 1972)等参数用于供试材料的遗传多样性估计。以上参数用 POPGENE(Yeh et al., 1999)进行分析, 按照标准遗传距离和遗传相似系数计算两份材料间的遗传差异。采用非加权平均数 (UPGMA), 依据遗传相似系数应进行聚类分析, 运行 NTSYS 程序(Rohlf, 1997)软件, 绘制供试材料的系统进化树。

作者贡献

高东是本研究的实验设计和实验研究的执行人; 高东、李锐及杨木青完成数据分析, 论文初稿的写作; 何霞红参与实验设计, 试验结果分析; 高东是论文的构思者及负责人, 指导实验设计, 数据分析, 论文写作与修改。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 (2011CB100400)资助。

参考文献

- Chang T.T., 1976, The origin, evolution, cultivation, dissemination, and diversification of Asian and African rices, *Euphytica*, 25(1): 425-441
- 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): 668-673 (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): 668-673)
- Gao D., He X.H., and Zhu Y.Y., 2011, Changes of rice landrace diversity and rules of seed exchange in Yuanyang, *Zhiwu Yichuanziyuan Xuebao (Journal of Plant Genetic Resources)*, 12(2): 311-313 (高东, 何霞红, 朱有勇, 2011, 元阳水稻地方品种多样性变化及换种规律研究, *植物遗传资源学报*, 12(2): 311-313)
- Gao D., Mao R.Z., Zhu Y.Y., 2010, Comparative analysis of intra-variety 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-variety 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)
- Rohlf F.J., ed., 1997, NTSYS: numerical taxonomy and multi-variate analysis system, version 2.02a, Exeter Software Press, New York, USA, pp.33
- Shimpei A., 2007, Agricultural technologies of terraced rice cultivation in the Ailao mountains, Yunnan, China, *Asian and African Area Studies*, 6(2): 173-196
- Song Z.P., Xu X., Wang B., Chen J.K., Lu B.R., 2003, Genetic diversity in the northernmost *Oryza rufipogon* populations estimated by SSR markers, *Theor. Appl. Genet.*, 107(8): 1492-1499
- Wang Q.H., ed., 1999, On the culture of the terraced field, Yunnan University Press, Kunming, China, pp.17 (王清华, 编著, 1999, 梯田文化论, 云南大学出版社, 中国, 昆明, pp.17)
- Xu F.R., Tang C.F., Yu T.Q., Dai L.Y., Zhang H.S., 2010a, Diversity of paddy rice varieties from Yuanyang Hani's terraced fields in Yunnan, China, *Shengtai Xuebao (Acta Ecologica Sinica)*, 30(12): 3346-3357 (徐福荣, 汤翠凤, 余腾琼, 戴陆园, 张红生, 2010a, 中国云南元阳哈尼梯田种植的稻作品种多样性, *生态学报*, 30(12):

3346-3357)

- Xu F.R., Zhang E.L., Dong C., Dai L.Y., Zhang H.S., 2010b, 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, 2010b, 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)
- 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 Press, Edmonton, Canada, pp.1-28
- Zeng Y.W., Zhang H.L., Wang L.X., Pu XY, Du J., Yang S.M., and Liu J.F., 2010, Genotypic variation in element concentrations in brown rice from Yunnan landraces in China, Environ. Geochem. Health, 32(3): 165-177



5thPublisher是一个致力于科学与文化传播的中文出版平台

在5thPublisher上发表论文, 任何人都可以免费在线取阅您的论文

- ※同行评审, 论文接受严格的高质量的评审
- ※在线发表, 论文一经接受, 即刻在线发表
- ※开放取阅, 任何人都可免费取阅无限使用
- ※快捷搜索, 涵盖谷歌学术搜索与知名数据库
- ※论文版权, 作者拥有版权读者自动授权使用

在线投稿: <http://5th.sophiapublisher.com>