

中国云南元阳哈尼梯田种植的稻作品种多样性

徐福荣^{1,2}, 汤翠凤², 余腾琼², 戴陆园^{2,*}, 张红生^{1,*}

(1. 南京农业大学作物遗传与种质创新国家重点实验室, 南京 210095; 2. 云南省农业科学院生物技术与种质资源研究所, 昆明 650223)

摘要: 稻作是我国第一大粮食作物, 近年来, 选育品种的大面积单一化种植, 导致种植的稻作品种遗传基础狭窄, 多样性下降, 已经受到关注。然而在一些少数民族地区, 如元阳哈尼梯田, 当地民族的传统文习俗已经保护了当地的水稻资源, 高度的多样性依然存在。采用半问卷式和农村参与式评价方法(PRA), 在村寨和农户两个水平, 调查分析中国云南省元阳哈尼梯田种植的稻作品种多样性, 尤其是当前仍在种植的传统品种的多样性, 为稻作传统品种多样性农家就地保护提供典型范例。结果表明, 在调查的30个村寨750户中, 共种植135个具不同名称的水稻品种(组合), 包括100个传统品种, 12个杂交稻组合和23个现代育成品种; 种植传统品种的面积占总稻作面积的56.2%; 平均每个村寨种植9.7个品种, 最多的达19个, 最少仅4个; 每个村寨至少种植2个传统品种和1个现代品种; 种植最多的是传统品种“老粳糯”, 有12个不同村寨种植; 大多数传统品种仅有1—2个不同村寨种植。有11个村寨(占的30个村寨36.7%)的所有农户均种植传统品种。在农户级水平上, 有611户(占81.5%)种植传统品种; 有391户(占52.1%)同时种植传统品种和现代品种, 其种植传统品种与现代品种的面积比例平均为1/2; 仅种植传统品种的有220户(占29.3%)。平均每户种植2.2个品种(组合), 最多的农户种植5个品种, 包括3个传统品种, 1个现代常规品种, 1个杂交稻组合。传统品种的丰富度, 村寨平均为5.9, 最高达12, 而农户平均为1.541; 传统品种的均匀度, 村寨平均为0.670, 农户平均为0.192; 不同村寨种植传统品种的差异度平均值为0.702。其中太阳老寨、新寨村、欧乐、多沙和上马点等5个村寨传统品种的丰富度与均匀度均较高, 在稻作传统品种农家保护中扮演着重要角色。在村寨和农户水平, 传统品种丰富度与均匀度的相关性均呈极显著正相关($r=0.627^{***}$, 0.925^{***}); 村寨传统品种丰富度与农户数呈极显著正相关($r=0.473^{**}$); 村寨农户年人均纯收入分别与村寨传统品种丰富度和农户数呈极显著和显著负相关($r=-0.570^{**}$, -0.370^{*})。在如此小的耕地面积(142.29 hm²)上, 当前生产上仍种植着如此丰富的稻作传统品种, 实属少见。高度异质的生态环境和民族文化习俗是哈尼梯田传统稻作品种多样性种植的重要因素, 建议将元阳哈尼梯田作为稻作传统品种多样性农家就地保护区。

关键词: 元阳哈尼梯田; 稻作传统品种; 多样性; 相关分析; 农家保护区

Diversity of paddy rice varieties from Yuanyang Hani's terraced fields in Yunnan, China

XU Furong^{1,2}, TANG Cuifeng², YU Tengqiong², DAI Luyuan^{2,*}, ZHANG Hongsheng^{1,*}

1 State Key Laboratory of Crop Genetics and Germplasm Enhancement, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China

2 Institute of Biotechnology and Germplasm resources, Yunnan Academy of Agricultural Sciences, Kunming 650223, China

Abstract: Rice is the largest staple food crop in China. In recent years, the adoption of improved varieties on a large-scale led to a narrowing of the rice genetic base and a decreased diversity of traditional rice varieties growing in farmers' fields, such change has been widely paid on. Some areas of high rice diversity due continue to exist, in particular in areas of minority ethnic groups where cultural tourism has protected these remaining rice resources. Yuanyang Hani's terraced fields is one such area where traditional rice varieties continue to be managed by the local population. In the present study, the diversity of paddy rice varieties, in particular traditional varieties, grown in Yuanyang Hani's terraced fields at both the

基金项目: 科技部重大基础性研究专项资助项目(2006FY110700); 云南省科技创新强省计划资助项目(2007C0219Z); 云南省人才引资助项目(2008PY049)

收稿日期: 2009-08-13; **修订日期:** 2010-03-17

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: luyuandai@yahoo.com.cn; hszhang@njau.edu.cn

household and village levels was investigated through participatory rural appraisal (PRA), questionnaires and semi-structured interview for data collection in order to illustrate an example for the diversity of rice landrace of in-situ conservation. A total of 135 rice varieties with different names including 12 hybrid crosses, 23 modern bred varieties and 100 landraces were found to be cultivated by the representative 750 households distributed over 30 villages in Yuanyang. The proportion of area grown to landraces (traditional varieties) was up to 56.2% of the total area of rice cultivation for these households. The average number of varieties per village was 9.7, ranging from 4 to 19 varieties per village. Each village grew at least two traditional varieties and one modern bred variety. The most frequent growing landrace was “Lao Jing nuo”, cultivated by 12 different villages. For the other landraces, a landrace was often grown by only one or two different villages. In 11 villages of the total 30 villages surveyed (36.7%), all households planted at least one traditional variety. At the household level, 611 of the 750 households investigated (81.5%) grew traditional varieties. 391 households grew both landraces and modern bred varieties accounted for 52.1% of total 750 households, the proportion of the area grown to landrace versus modern bred varieties was occupying 1/2 for only the households that grew both landraces and modern varieties, while only 220 households growing traditional varieties accounted for 29.3%. The average number of varieties grown per household was 2.2 with a maximum 5 varieties, including one hybrid, one improved inbred variety and three landraces. The richness and evenness of landrace were 5.9 and 0.670, respectively at village level, Richness and evenness at the household level was 1.541 and 0.192, respectively. The average divergence of landrace was 0.702 at village level. The richness and evenness of landrace were highest in five villages: Taiyanglaozhai, Xinzhacun, Oule, Duosha and Shangmadian. This indicates that the five villages have played greater roles in on-farm conservation of rice traditional varieties. Significantly positive correlation between richness and evenness of landraces were showed, with $r = 0.627^{***}$ at village level and $r = 0.925^{***}$ at household level. There was also significantly positive correlation $r = 0.473^{**}$ between richness of landraces at village level and number of households. However, at the village level, there were significant negative correlations with $r = -0.570^{**}$ and $r = -0.370^*$ between either landrace richness at village level or the number of households, and annual net income per person, respectively. Yuanyang is a rare area in China where so many landraces are still under cultivation within such a small area of 142.29 hm². High heterogeneity of ecological environments and diversity of local traditional customs might be key factors that have affected the diversity of traditional rice varieties grown in Yuanyang Hani's terraced fields. It is suggested that Yuanyang Hani's terraced fields should be protected, and serve as a basis of on-farm conservation region for diversity of traditional rice varieties.

Key Words: Hani's terraced fields in Yuanyang; paddy-rice landrace varieties; diversity; correlation analysis; on-farm conservation

20 世纪后半叶,世界各国花费了相当大的努力,将宝贵的作物遗传资源进行收集、保存于种质库,实现了异地保存,形成了世界范围的遗传资源基因库。但异地保存方式不能保持作物遗传资源动态的进化过程,也难以保留农民对本土栽培作物进化起作用的管理和选择知识^[1-2];同时,由于作物遗传资源远离其原产地使用者,很难达到“取之于民,用之于民”的目的^[3]。

近年来,作物遗传资源的农家就地保护在世界许多地方受到重视^[4-5]。农家就地保护就是使当地作物传统品种种植保存于传统的农田生态系统中,且作物传统品种种植仍然是当地农民生计战略和产品系统的重要组成要素,整个过程是通过农民的农事活动和管理得以实现,被保护的作物遗传资源在农业生态系统中随着环境的变化而适应和进化,使其多样性不断得以更新和丰富^[6-9]。因此,农家保护下的作物遗传资源不仅可为当前的研究和育种提供材料,而且也可为将来提供适应气候和环境变化了的材料^[9]。

中国云南元阳哈尼梯田,被不少学者称之为“真正的大地雕塑,世界山地农业生产的最高典范”^[10-11]。2000 年国际权威杂志《Science》将哈尼梯田景观用作封面,2001 年被列为“世界遗产预备清单”^[12]。不少学

者对哈尼梯田的景观、人文和生态等方面进行了较多研究^[10,13-17]。然而,对元阳哈尼梯田的主产——稻谷的研究缺乏,对元阳哈尼梯田正在种植的稻作品种多样性尚未见到报道。本研究旨在对元阳哈尼梯田种植的稻作品种,尤其对当今仍在种植的传统品种,即农家就地保护的稻作遗传资源,通过采用丰富度(Richness)、均匀度(Evenness)和差异度(Divergence)为多样性度量指标^[18-19],分别在村寨和农户两个水平,对元阳哈尼梯田种植的稻作传统品种的多样性及其农家保护现状进行分析,为探索稻作遗传资源持续有效的保护与利用提供依据。同时,相应的研究结果既可以直接服务于仍在种植这些遗传资源地区的生产;也可为从生态学角度研究作物遗传资源多样性提供难得的素材。

1 研究地区和方法

1.1 调查地的地理位置与基本情况

元阳哈尼梯田位于云南省南部的元阳县,所处的地形和气候条件复杂多样,形成“一山分四季,隔里不同天”,又称“十里不同天地,一山大千世界”的气候状态^[20-21]。哈尼梯田一坡可达3000余层,坡度在15—75°之间,是中外任何梯田都无法媲美的^[22]。分布海拔144—2000 m,具有独特的垂直特征,海拔高程变化是稻作品种垂直分布特征的主要驱动力^[23]。即使相同海拔,由于地形差异,如向阳面、背阳面以及风向等不同,导致温度与降雨量的差异,对品种的要求也不尽相同。因此,哈尼梯田大多数稻作品种的适应面积往往不超过几百公顷,有不少品种只在几公顷甚至不到1hm²的面积内种植,哈尼梯田特异的地理和多样的气候类型,孕育了水稻品种的多样化^[23]。以哈尼族和万亩梯田为主体的自然人文景观,成为了元阳县的一大特色。

调查的30个村寨(即自然村,既不完全等同于行政村与村小组)分布于元阳县除了无梯田的南沙镇外的14个乡镇,其中马街乡和胜村乡各调查了3个村寨,其余每个乡(镇)均调查2个村寨,被调查村寨遍布于整个元阳县哈尼梯田的核心区(指为申报世界遗产的指定区域),约占核心区村寨数的15%。30个村寨所在地海拔位于1380—1934 m之间,相差554 m,村寨平均海拔1637.0 m;经度位于E102°31.428'—E103°07.704',相差36.276',纬度位于N22°54.936'—N23°14.340',相差40.596',是种植稻作品种多样性最丰富的地区。30个村寨中有哈尼族村寨22个、彝族村寨3个、汉族村寨2个、瑶族村寨1个、汉族与彝族杂居村寨和哈尼族与彝族杂居村寨各1个。调查村寨共有农户3942户,梯田总面积742.63 hm²;本研究调查了其中的750户,调查户的梯田面积142.29 hm²,平均每户的梯田面积0.19 hm²,人均梯田面积0.0355 hm²;调查村寨的平均农户数为131户,最多的村寨385户,最少的34户。调查的30个村寨人均年纯收入(来自各村小组上报数据与调查结果相结合)仅为975元。调查的30个村寨的基本信息见表1。

1.2 调查方法

2006—2007年期间,根据每个自然村寨的农户数,每村随机选择15%—50%的农户进行调查,即每村随机选择15—45户进行调查,平均每村寨调查25户。采用由云南省农科院、元阳县农技中心、乡(镇)农技站等专业技术人员,村干部(村委会干部、村民小组组长),当地农民(村农科员、有经验的年长农民和热心农业科技的农民以及被调查户户主)共同参与的半问卷式调查,以及参与式农村评价方法(participatory rural appraisal, PRA)^[24]。调查内容包括各农户种植的稻作品种名称、各品种种植面积、种植历史以及人均纯收入等。采用GARMIN(GPSmap 76C)记录调查村寨所在地的经纬度、海拔等。

1.3 多样性单元(品种名称)

品种名称方面存在“同名异种”和“异名同种”现象的问题的是本研究早就十分注意的问题,因为它是本研究多样性数据分析的核心问题。为此,调查中,采用当地人认识该品种和该品种区别于其他品种的知识,来对每一个品种进行判别,这一判别由当地的农技人员和具丰富经验的村寨农民等共同参与完成,以解决同一个村寨中可能存在的“同名异种”和“异名同种”问题。但是,由于不同村寨间不仅存在自然生态差异,而且还存在影响农民干预种植品种的文化习俗差异,经过长期的自然和人工选择,存在村寨间“异名同种”的现象可能性不太大;而对村寨间可能存在的“同名异种”现象,在目前的分析水平上难以解决,则予以接受,待今后通过表型及分子水平予以校正,这样的分析结果可能会使多样性水平有所降低。所以,本研究采用的多样

性分析评价单元即为具有不同名称的品种,具有相同名称的均统称为相同单元。

表 1 30 个被调查村寨的基本情况
Table 1 General information of the 30 villages investigated

乡(镇) Town	村寨 Village	农户总数 Total households	调查农户数 Households sampled	每户稻作面积 ¹⁾ Growing area per household /hm ² ^①	传统品种 面积比例 ²⁾ Growing landraces/%	人均年收入 ³⁾ Net income /yuan	稻作品种数 Total rice varieties
大坪 Daping	马岭大寨	70	16	0.19	48.5	1180	9
	太阳老寨	87	16	0.18	64.5	980	10
俄扎 Ezha	俄扎下寨	141	20	0.18	54.4	1100	6
	阿冬村	190	32	0.18	57.7	1150	6
逢春岭 Fengchunling	新寨村	326	36	0.17	27.8	860	13
	唐家寨村	34	16	0.15	20.9	986	8
嘎娘 Ganiang	水井湾	60	20	0.21	57.9	980	15
	苦笋寨	100	24	0.11	20.2	765	16
黄草岭 Huangcaoling	安冬村	68	20	0.20	34.3	1147	4
	聋天村	161	30	0.18	57.4	1168	6
黄茅岭 Huangmaoling	大山新寨	161	30	0.08	51.8	956	11
	卢子山村	81	24	0.18	68.1	962	6
马街 Majie	祥云寨	96	30	0.22	43.1	1293	7
	登云新寨	46	12	0.16	83.0	1340	6
	三合寨	43	10	0.19	89.3	1433	4
牛角寨 Niujiiaozhai	欧乐	178	39	0.19	75.1	1013	15
	英鸟新寨	70	20	0.22	57.6	1152	14
攀枝花 Panzihua	阿党寨	123	29	0.33	63.9	581	13
	多沙	292	36	0.27	28.4	450	18
沙拉托 Shalatuo	牛保新寨	126	31	0.21	31.7	1095	11
	坡头	385	42	0.19	38.9	1050	6
上新城 Shangxincheng	箭竹林	276	39	0.25	69.7	876	15
	下新城	185	20	0.27	32.9	500	19
胜村 Shengcun	猴子寨	80	20	0.14	98.3	880	8
	上马点	106	20	0.23	97.1	901	10
	黄草岭寨	170	31	0.17	96.5	860	7
小新街 Xiaoxinjie	安心村	70	24	0.24	18.2	1020	9
	瑶人老寨	57	20	0.20	28.7	820	9
新街 Xinjie	三家寨	85	26	0.12	95.9	863	6
	大渔塘村	75	17	0.09	74.2	899	5
平均值 Mean		131	25	0.19	56.2	975	9.7

①平均每个农户的稻作种植面积;②平均每个农户的传统品种种植面积占稻作总面积的比例;③平均人均年纯收入/元

1.4 多样性评价指标

采用丰富度、均匀度和差异度为度量指标,分别在村寨和农户两个水平,分析不同村寨和农户就地保护的稻作遗传资源(即上文提到的评价单元,本文指传统品种)的多样性。丰富度指现有不同基因型或等位基因的总和(这里指不同的传统品种单元,均匀度和差异度同),村寨丰富度与农户丰富度分别表示该村寨与农户种植的传统品种数。均匀度即指基因型或等位基因频率的均匀度。村寨均匀度计算公式为: $E_v = 1 - \sum_{i=1}^s P_i^2$ ($i=1,2,\dots,s$)。其中 E_v 表示村寨均匀度, P_i 为某个传统品种种植面积占该村寨传统品种种植总面积的百分比, s 为种植的传统品种数;农户均匀度计算公式为: $E_h = 1 - \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^s P_{ij}^2$ ($i=1,2,\dots,s; j=1,2,\dots,n$)。其中 E_h 表示农户均匀度, n 为调查的农户数, P_{ij} 为某个传统品种种植面积占该农户传统品种种植总面积的百分比, s 为种植的传统品种数。差异度指村寨内不同农户之间的差异程度,即在同一村寨内随机选取两户农户,他们种植不同品种的(潜在)可能性。计算公式为: $D = (E_v - E_h) / E_v$ 。其中 D 表示差异度。

1.5 数据统计分析

试验数据的处理、作图、相关性分析、显著性检验和方差分析采用 SPSS^[25] 和 DPS^[26] 统计软件完成。

2 结果

2.1 稻作品种多样性

在调查的 30 个村寨 750 个农户中,共种植有 135 个具不同名称的品种(组合),其中 100 个传统品种,35 个现代品种(杂交稻组合和常规育成品种统称为现代品种),分别是 12 个杂交稻组合与 23 个常规育成品种。每个村寨平均种植稻作品种为 9.7 个,最多的是上新城乡的下新城村,达 19 个品种,其次是攀枝花乡的多沙村,为 18 个,这两个村寨的农户数均较多,分别为 185 户和 292 户;但人均年纯收入却较低,分别为 500 元和 450 元。最少的是黄草岭乡的安东村和马街乡的三合寨,仅种植 4 个品种,这两个村寨农户数均较少,分别为 68 和 43 户,但是被调查户均种植有传统品种。总之,30 个被调查的村寨中,每个村寨至少种植 2 个传统品种和 1 个现代品种。

在调查的 30 个村寨中,共有 11 个村寨被调查的所有农户均种植传统品种,占总调查村寨的 36.7%;这 11 个村寨包含 8 个哈尼族村寨,2 个彝族村寨和 1 个瑶族村寨,既无汉族村寨,也无杂居村寨。有 3 个村寨种植传统品种农户数比例低于 50%,分别是逢春岭的新寨(18.75%),嘎娘乡的苦笋寨(25.0%)和小新街乡的安心村(37.5%),这 3 个村寨所在地海拔较低,分别为 1488、1570 m 和 1566 m,传统品种种植面积较小,分别为 27.8%、20.2% 和 18.2%;因其梯田均位于村寨下方,且处于向阳面,热量充足,适宜栽种杂交稻。其余 16 个村寨种植传统品种的农户在 56.4%—96.7% 之间。总之,调查的 30 个村寨种植传统品种的面积占稻作总面积的 56.2% (表 1)。

被调查到的品种(组合)中,种植最多的是杂交稻组合“Ⅱ优 501”,有 23 个村寨种植,“Ⅱ优 6078”和“Ⅱ优 838”分别有 10 个和 8 个村寨种植。种植最多的常规育成品种是“红阳 2 号”,有 5 个村寨种植,“合系 41 号”和“红阳 3 号”各有 3 个村寨种植。种植最多的传统品种是“老粳糯”,共有 12 个不同村寨种植,其次是“月亮谷”有 8 个不同村寨种植,“冷水谷”有 7 个不同村寨种植;“红脚老粳”、“红壳糯”和“冷水糯”等 3 个品种各有 6 个不同村寨种植;“高山早谷”、“黄壳糯”和“团颗糯”等 3 个品种各有 5 个不同村寨种植;“大老粳”、“建水谷”和“瑶人谷”等 3 个品种有 4 个不同村寨种植,“大粒香”、“红糯谷”、“花谷”、“泡竹谷”、“少毛谷”和“细老粳”等 6 个品种有 3 个不同村寨种植;“干谷”、“高山早谷”、“红谷”、“建水白谷”、“库妮红牛”、“绿叶谷”、“麻线谷”、“鸟取努”、“红糯谷”和“小黄谷”等 82 个传统品种仅有 1—2 个不同村寨种植。总之,在如此小的耕地面积(142.29 hm²)上,目前生产上仍种植着如此丰富的稻作传统品种,实属少见。

2.2 农户种植稻作品种的多样性

被调查的 750 个农户中,平均每户种植 2.2 个品种(组合),不存在不种植稻作的农户。其中,611 户种植有传统品种,占被调查农户总数的 81.5%;220 户只种植传统品种,占被调查农户的 29.3%;391 户同时种植传统品种和现代品种,占 52.1%,其种植传统品种与现代品种的面积比例平均为 1/2;139 户只种植现代品种,占 18.5%。然而,在全部种植传统品种的 220 户农户中,平均每户稻作面积为 0.162 hm²;全部种植现代品种的 139 户农户,平均每户稻作面积为 0.177 hm²;391 户同时种植传统品种和现代品种的农户,平均每户稻作面积为 0.212 hm²。差异显著性比较表明,同时种植传统品种和现代品种的农户户均稻作面积,均显著高于只种植传统品种或只种植现代品种的农户户均稻作面积,且均达极显著水平。然而,只种植现代品种的农户户均稻作面积高于只种植传统品种的农户户均稻作面积,但未达显著水平。

被调查的 750 个农户中,种植品种数最多的共种植 5 个不同的品种(包括 1 个杂交稻组合,1 个常规育成品种,3 个传统品种),仅有 1 户。种植 4 个不同品种的有 26 户,其中 25 户同时种植传统品种与现代品种,1 户只种植现代品种,不存在只种植传统品种的农户,其百分比分别为 96.2%、3.8% 和 0。种植 3 个不同品种的农户有 198 户,其中 175 户同时种植传统品种和现代品种,18 户全部种植传统品种,5 户全部种植现代品种,它们的百分比分别为 88.4%、9.1% 和 2.5%。种植 2 个不同品种的农户有 407 户,其中 190 户同时种植

传统品种和现代品种,160 户全部种植传统品种,57 户全部种植现代品种,它们的百分比分别为 46.7%、39.3% 和 14.0%。种植 1 个品种的农户有 118 户,其中 76 户全部种植现代品种,占 64.4%;42 户全部种植传统品种,占 35.6%。

种植 5 个不同品种的农户,稻作面积达 0.767 hm^2 ,人口达 11 个。种植 4 个不同品种的农户,平均每户稻作面积为 0.268 hm^2 ,平均每户人口为 5.8 个;种植 3 个不同品种的农户,平均每户稻作面积为 0.240 hm^2 ,平均每户人口为 5.7 个;种植 2 个不同品种的农户,平均每户稻作面积为 0.180 hm^2 ,平均每户人口为 5.1 个;种植 1 个品种的农户,平均每户稻作面积为 0.130 hm^2 ,平均每户人口为 5.2 个。显然,户均稻作面积越大的农户,种植的品种数越多,即 0.767 hm^2 (5 个品种) $> 0.268 \text{ hm}^2$ (4 个品种) $> 0.240 \text{ hm}^2$ (3 个品种) $> 0.180 \text{ hm}^2$ (2 个品种) $> 0.130 \text{ hm}^2$ (1 个品种);同时,随着户均人口数量的增加,种植的品种数量亦呈增加趋势,即 11 (5 个品种) > 5.8 (4 个品种) > 5.7 (3 个品种) > 5.1 (2 个品种) > 5.2 (1 个品种)。差异显著性比较表明,除种植 3 个与 4 个不同品种的户均稻作面积未达显著,其余均呈极显著水平;另外,种植 2 个与 3 个不同品种的户均人口数量达极显著,种植 1 个与 3 个不同品种的户均人口数量呈显著水平外,其余未达显著差异。相关分析则表明,农户种植稻作品种的数量与农户的人口数和农户的稻作面积均呈极显著正相关关系。

2.3 传统品种的多样性

2.3.1 丰富度

在村寨水平,每个村寨种植传统品种的平均丰富度是 5.9(表 2)。其中,攀枝花乡多沙村的丰富度最高,达 12,品种分别是糯谷(罗锅何略)、何略、冷水谷、糯米(红牛名药蒙)、大沙谷、糯谷(长枝)、长毛糯、罗农红牛、大山谷、老粳糯、糯谷(细长)、红糯谷;其次是牛角寨乡的欧乐村,为 11,品种分别是称科、瑶人谷、毛车(月亮谷)、瑶人车、克妮红略、曼车、建水谷、车民、库妮糯、库妮红牛、车丝(哈尼语)。丰富度最小的是逢春岭乡的唐家寨和黄草岭乡的安东村,仅为 2,前者有 34 户,品种为冷水糯和旱红谷;后者的农户数为 60 户,品种为红脚老粳和黄壳糯。总之,丰富度越高的村寨在保护传统品种中起的作用越大。

在调查的 611 户种植传统品种的农户中,农户的平均丰富度为 1.541(也就是平均每户种植 1.541 个传统品种),平均每户种植传统品种的面积为 0.11 hm^2 。种植传统品种的丰富度最多为 3,共有 24 户,占 3.9%,大多种植 1 个糯稻和 2 个粘稻品种;丰富度为 2 的有 309 户,占 50.6%,大多数农户种植糯稻和粘稻品种各 1 个;丰富度为 1 的有 278 户,占 45.5%。由表 2 可知,30 个村寨农户平均的丰富度变幅为 1.000—2.042,丰富度最高是黄茅岭的卢子山村,为 2.042,且该村每户均种植传统品种;丰富度最小是逢春岭乡的唐家寨村和嘎娘乡的苦笋寨,为 1.000。总之,种植 3 个传统品种的农户全部是哈尼族,且梯田的块数较多,有的农户甚至达到 160 块,这与梯田不同的生境以及哈尼族擅长稻作的选留种密切相关。丰富度高的农户在保护传统品种中起的作用更大。

2.3.2 均匀度

在村寨水平,种植传统品种的统一度变幅为 0.353—0.886,平均为 0.670(表 2),最高为攀枝花乡的多沙村,为 0.886,也是传统品种丰富度最高的一个村,最小出现在胜村乡的黄草岭村,是调查村寨中海拔最高,为 1,934 m。总之,丰富度相同的村寨中,均匀度高的村寨在保护传统品种中起的作用更大。

在农户水平,各村寨农户的平均均匀度变幅为 0—0.403,平均为 0.192;有 2 个村寨农户种植传统品种的统一度为 0,分别是逢春岭乡的唐家寨村和嘎娘乡的苦笋寨,也是丰富度最小的 2 个村寨;农户均匀度最高为黄茅岭乡的卢子山村,达 0.403,亦是农户平均丰富度最高的村寨。总之,丰富度相同的农户中,均匀度高的农户在保护传统品种中起的作用更大。

2.3.3 差异度

在 30 个村寨中,种植传统品种的差异度变幅为 35.3%—100%,平均为 70.2%(表 2),说明在种植传统品种的农户中,随机选取两户农户,他们种植不同品种的(潜在)可能性为 70.2%。差异度最高的 2 个村是逢春岭乡的唐家寨村和嘎娘乡的苦笋寨,差异度均为 100%,每个农户均只种植 1 个不同的传统品种,均匀度为

0。差异度最小为马街乡的三合寨村,仅为 35.3%,该村寨的农户数为 43 户,丰富度为 3,农户的均匀度为 1.7,人均年纯收入最高,达 1433 元人民币(表 1)。显然,在村寨丰富度与均匀度高的前提下,村寨差异度越高,在保护传统品种中起的作用就越大。因此,大坪乡的太阳老寨、峰春岭乡的新寨村、牛角寨乡的欧乐、攀枝花乡的多沙和胜村乡的上马点等 5 个村寨种植着丰富的传统品种(表 2),应重点对其进行调查研究,并进行有效保护。

表 2 村寨与农户水平传统品种的多样性分析

Table 2 Diversity analysis of landrace varieties at the village and the household level

村寨 Village	村寨的丰富度 Richness in village	村寨的均匀度 Evenness in village	农户的丰富度 Richness in household	农户的均匀度 Evenness in household (Simpson)	差异度/% Divergence (between/ total)	种植传统品种 海拔高差/m Elevation difference for landrace
马岭大寨 Malingdazhai	6	0.830	1.800	0.292	64.8	139
太阳老寨 Taiyanglaozhai	8	0.849	1.750	0.266	68.7	141
俄扎下寨 Ezhaxiazhai	5	0.796	1.600	0.224	71.9	97
阿冬村 Adongcun	5	0.767	1.600	0.217	71.7	243
新寨村 Xinzhaicun	9	0.752	1.571	0.199	73.6	354
唐家寨村 Tangjiazhaicun	2	0.444	1.000	0.000	100.0	372
水井湾 Shuijingwan	6	0.638	1.333	0.098	84.7	206
苦笋寨 Kusunzhai	4	0.722	1.000	0.000	100.0	213
安冬村 Andongcun	2	0.478	1.600	0.267	44.1	322
聋天村 Longtiancun	5	0.685	1.767	0.277	59.5	299
大山新寨 Dashanxinzhai	8	0.838	1.483	0.172	79.5	238
卢子山村 Luzishancun	4	0.739	2.042	0.403	45.4	173
祥云寨 Xiangyunzhai	4	0.739	1.483	0.180	75.7	263
登云新寨 Dengyunxinzhai	4	0.703	1.636	0.238	66.1	175
三合寨 Sanhezhai	3	0.394	1.700	0.255	35.3	207
欧乐 Oule	11	0.811	1.741	0.263	67.6	336
英鸟新寨 Yingniaoxinzhai	7	0.776	1.800	0.293	62.3	224
阿党寨 Adangzhai	5	0.729	1.786	0.293	59.8	312
多沙 Duosha	12	0.886	1.286	0.114	87.1	354
牛保新寨 Niubaixinzhai	8	0.660	1.286	0.117	82.2	254
坡头 Potou	4	0.508	1.429	0.188	63.0	248
箭竹林 Jianzhulin	8	0.817	1.591	0.185	77.3	496
下新城 Xiaxincheng	9	0.841	1.417	0.147	82.6	580
猴子寨 Houzizhai	7	0.414	1.650	0.190	54.1	234
上马点 Shangmadian	9	0.759	1.900	0.235	69.1	203
黄草岭寨 Huangcaolingzhai	5	0.353	1.806	0.220	37.6	118
安心村 Anxincun	4	0.485	1.111	0.043	91.2	179
瑶人老寨 Yaorenlaozhai	5	0.614	1.188	0.045	92.7	122
三家寨 Sanjiazhai	5	0.608	1.731	0.282	53.7	56
大渔塘村 Dayutangcun	4	0.478	1.133	0.066	86.1	171
平均 Mean	5.9	0.670	1.541	0.192	70.2	244.3

2.4 多样性指标及与其它因素间的相关性

从表 3 可知,在村寨水平,丰富度与均匀度和农户数呈极显著正相关($r = 0.627^{***}$, 0.473^{**}),与稻作种植面积呈显著正相关($r = 0.375^*$),而与人均年纯收入则呈极显著负相关($r = -0.570^{**}$)。村寨均匀度与村寨差异度、村寨稻作总面积、村寨农户数、村寨人均年纯收入、村寨海拔高度和村寨种植传统品种的海拔相差

等 6 个指标均未表现相关关系。差异度与村寨稻作总面积、村寨农户数、村寨人均年纯收入、村寨海拔高度和村寨种植传统品种的海拔相差等 5 个指标均未表现相关关系。村寨稻作种植总面积与农户数和种植传统品种的海拔高差均呈显著正相关($r=0.416^*$, 0.384^*), 与村寨人均年纯收入和村寨海拔高度未表现相关。村寨农户数与村寨人均年纯收入则呈显著负相关($r=-0.370^*$), 而与村寨海拔高度和村寨种植传统品种的海拔相差未表现相关关系。而在 611 户种植传统品种的农户中, 农户丰富度与农户均匀度呈极显著正相关($r=0.925^{***}$), 农户的稻作种植面积分别与农户丰富度和农户均匀度呈极显著正相关($r=0.194^{***}$, 0.144^{***})。

表 3 村寨的多样性指标与其它因素的相关分析

Table 3 Correlation about diversity index and other factors from the villages and households respectively

相关系数 r	x_2	x_3	x_5	x_6	x_7	x_8	x_9	x_{10}	x_{11}
x_1	0.925 ^{***}	0.194 ^{***}							
x_2		0.144 ^{***}							
x_4			0.627 ^{***}	0.181	0.375 [*]	0.473 ^{**}	-0.570 ^{**}	0.130	0.177
x_5				0.280	0.282	0.281	-0.226	-0.218	0.102
x_6					0.103	0.043	-0.341	-0.088	0.328
x_7						0.416 [*]	-0.350	-0.207	0.384 [*]
x_8							-0.370 [*]	-0.080	0.292
x_9								-0.208	-0.293
x_{10}									-0.248

村寨水平, $N=30$; 农户水平, $N=611$; * $P < 0.05$; ** $P < 0.01$; *** $P < 0.001$; x_1 : 农户丰富度; x_2 : 农户均匀度; x_3 : 农户稻作种植面积; x_4 : 村寨丰富度; x_5 : 村寨均匀度; x_6 : 村寨差异度; x_7 : 村寨稻作总面积; x_8 : 村寨农户数; x_9 : 村寨人均年纯收入; x_{10} : 村寨海拔高度; x_{11} : 种植传统品种的海拔相差

线性回归分析表明, 30 个村寨农户平均的丰富度与均匀度呈线性正相关(图 1), 30 个村寨的丰富度与均匀度呈线性正相关(图 2), 也就是不论村寨还是农户水平, 随着均匀度的增加, 丰富度将线性增加。然而, 村寨的丰富度与村寨人均年纯收入呈线性负相关(图 3), 村寨的人均年纯收入与村寨农户数呈线性负相关(图 4), 也就是说随村寨农户的人均年纯收入的增加, 村寨丰富度降低; 还有, 随村寨农户数的增加, 农户的人均年纯收入呈降低趋势。

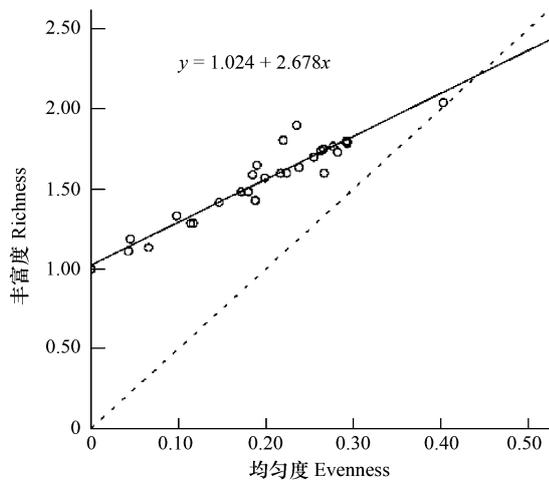


图 1 农户丰富度与均匀度的线性相关关系

Fig. 1 Line relationship between farm evenness and farm richness

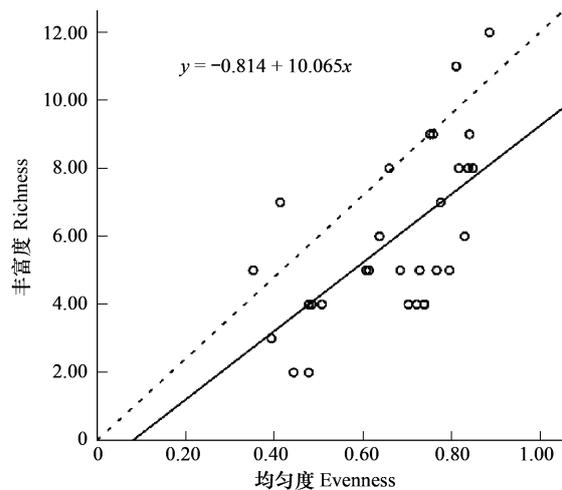


图 2 村寨丰富度与均匀度的线性相关关系

Fig. 2 Line relationship between evenness and richness for village

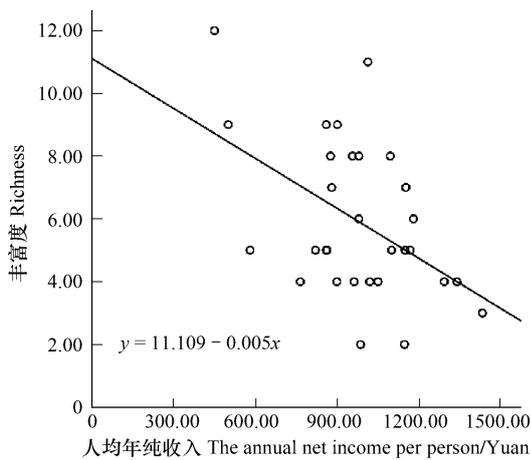


图3 村寨丰富度与村寨人均年纯收入的线性相关关系

Fig.3 Relationship between richness and annual net income for village

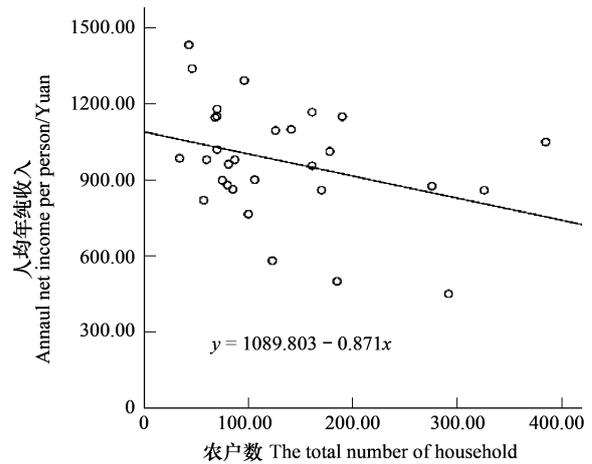


图4 村寨人均年纯收入与村寨农户数的线性相关关系

Fig.4 Line relationship between total number of household and annual net income per person for village

3 讨论

3.1 元阳哈尼梯田在稻作传统品种多样性农家保护中的地位

人类迫使生态系统简化已经是个突出的问题^[27]。自绿色革命以来,农作物品种遗传改良的巨大成功和少数高产品种的大面积集约化生产,造成了严重的农作物品种“基因流失”,极大地降低了农作物的遗传多样性^[28-29]。由此而带来的一系列问题,如病虫害的猖獗及其流行周期的缩短。另外化肥、农药的高强度施用,农业生态环境变劣和基因资源的匮乏等,严重地威胁着农业的可持续发展和世界的粮食安全保障^[9,30]。然而由于元阳哈尼梯田独特的立体农业气候^[31],以及当地民族对稻米的需求,孕育了元阳哈尼梯田稻作(特别是传统品种)的不可替代性。还因为梯田稻作的产量是山地旱作的2倍以上,哈尼人才在特定的环境条件下形成了特有的哈尼梯田稻作文化^[32]。这与当地哈尼族的一切活动都是围绕着梯田稻作展开,及其丰富的稻作传统文化所分不开。比如选留种,即当地哈尼族家家户户均进行田间选种,用于第2年种植,祖辈相传,形成了一套独特的选留种方法与标准。其二是换种,这在当地是个铁的规矩,自家选留的种子通常3年换1次,最多种植4a。其三是红米,哈尼族喜食红米饭,认为红米饭经吃耐饿,还胀饭(意为同样体积的米,经煮熟后体积增加较大),在调查到的100个传统品种中,红米品种有59个(占传统品种的59%)。其四是糯米,糯米是当地民族逢年过节的必需品,例如,节日的特征是家家户户舂糯米粑粑;已嫁姑娘回娘家拜年,她们必须背着用鲜芭蕉叶包好的糯米粑粑;祭祀祖先和神灵,供品中必须有糯米粑粑^[33]等;在调查的传统品种中有糯稻26个(26%),基本上每户每年都要种植200—333.3 m²田块的糯稻。总之,元阳哈尼梯田不仅创造了农耕史上的奇迹,还种植着类型极为丰富的稻作传统品种,是当前稻作传统品种多样性农家就地保护中的典型范例,也是一个世界少有的活的稻种资源基因库。

3.2 保护与利用元阳哈尼梯田稻作传统品种的现实意义

现代的大多数改良育成品种通常种植3—5a即被淘汰,这已是个普遍现象,在元阳哈尼梯田亦如此。然而,当前在元阳哈尼梯田仍种植着丰富的稻作传统品种,有的传统品种种植上百年未出现退化现象,并被长期持续种植。其原因,一方面与当地民族注重选留种,且3—4a必换种分不开;另一方面与当地生态环境多样、气候多变,为了不饿肚子,当地民族长期保留着种植多个品种保证稳产的习惯有关。本研究调查的750个农户中,有391户同时种植传统品种和现代品种,占52.1%;仅种植2个以上传统品种的有178户,占23.7%,仅种植2个以上现代品种的有63户,占8.4%。说明传统品种与现代品种同时种植是当地老百姓的最佳选择。正如朱有勇等^[34]通过传统品种与现代品种的混种来控制稻瘟病,既增加产量,同时又可以保护当地的传

统农家品种,效果很好相一致。另外,林菁菁等^[35]研究认为,在元阳哈尼梯田海拔 1400—1700 m 区域栽培的稻作品种多样性丰富,其稻瘟病菌群体遗传多样性和生理小种组成亦丰富。由于品种多样性有利于寄主品种与病原菌协同进化,优势小种难以形成,有效控制病害流行。另外,严火其等^[36]从哲学的角度,认为元阳哈尼梯田是一种完全自然状态的稻作生产,是一种可持续的。此外,当地哈尼族虽然不在同一田块种植不同品种,而是种植于不同的田块,由于每块梯田的面积较小,形成在很小区域种植多个不同品种的模式;还由于梯田的海拔高差较大,田块间通风透光好,病虫害难以流行,所以是个可持续的稻作生产。因此,建议相关科学家以及国家环保部和农业部等相关部门给予重视,以元阳哈尼族梯田为核心,包括其邻近的绿春、红河等县的哈尼族梯田(因为该地亦保存着丰富的稻种资源)作为稻种传统品种农家保护的自然保护区进行建设,予以立项,使元阳哈尼梯田的稻作生产方式,及其与稻作传统品种相关的传统知识得以保护和继续发展;使稻作传统品种在农民和自然选择的作用下保持不断的进化与变异,继续丰富遗传多样性;使其成为人类当前和未来稻作研究与育种的重要基因源泉。

3.3 稻作传统品种多样性保护与社会经济发展关系

本研究表明村寨和农户水平的稻作传统品种丰富度与均匀度均呈极显著正相关,这与 Jarvis 等^[19]研究的结果相一致。通常村寨稻作种植面积越大,村寨丰富度就越高;村寨农户数量越大,丰富度也越高;农户传统品种的种植面积越大,农户丰富度也就越高。然而,村寨丰富度与村寨农户人均年纯收入呈极显著负相关,说明传统品种的丰富度与当地农户的收入密切相关,表现为传统品种越是丰富的村寨,农户便呈贫穷趋势;同时,村寨农户人均年纯收入与村寨农户数呈显著负相关,可能是因为村寨农户数越多,每户占有的土地资源相对就少,农户就越贫穷。这与在中国大部分生物多样性丰富的地区,基本上都是贫困的地区^[37]相一致。这是个备受关注的普遍现象,如何实现多样性的既有效的保护,又促进当地社会经济发展,达到有效保护与开发利用的和谐统一是科学家面临的重要课题。针对元阳哈尼梯田,一方面应争取各级政府的支持,结合当前新农村建设,可首先以大坪乡的太阳老寨、峰春岭乡的新寨村、牛角寨乡的欧乐、攀枝花乡的多沙和胜村乡的上马点等 5 个稻作传统品种多样性丰富的村寨为重点,将其作为农业稻作传统品种就地自然保护区建设;另一方面,发挥自身主观能动性,把当地旅游产业和世界农业文化遗产的申报相结合,积极发展以稻作为核心的有机农业产业。

致谢:国际生物多样性中心 PhD Jarvis 给予本研究很多指导;云南省农业科学院阿新祥、张敦宇、董超,元阳县农业技术推广站苏正亮、甘妮和 14 个乡(镇)农技站广大干部职工、调查村寨的村委会干部、30 个村寨的村小组组长、农科员以及广大农民等参加了本项调查,特此致谢。

References:

- [1] Bellon M, Pham J L, Jackson M T. The in situ approach//Maxted N, Ford-Lloyd B V, Hawkes J G eds. In Plant Genetic Conservation. London: Chapman and Hall, 1997: 261-289.
- [2] Fowler C, Hodgkin T. Plant genetic resources for food and agriculture: assessing global availability. Annual Review of Environment and Resources, 2004, 29: 143-179.
- [3] Lu B R, Zhu Y Y, Wang Y Y. The current status and perspectives of on-farm conservation of crop genetic diversity. Biodiversity Science, 2002, 10(4): 409-415.
- [4] Brush S. In situ conservation of landraces in centers of crop diversity. Crop Science, 1995, 35: 346-354.
- [5] Bretting P K, Duvick D N. Dynamic conservation of plant genetic resources. Advances Agronomy, 1997, 61: 1-51.
- [6] Harlan J R. Crops and Man. Madison, WI: American Society of Agronomy and Crop Science Society of America, 1975.
- [7] Brush S. Farmers' Bounty: Locating Crop Diversity in the Contemporary World. New Haven, CT: Yale University Press, 2004.
- [8] Teshome A, Brown A H D, Hodgkin T. Diversity in landraces of cereal and legume crops. Plant Breed Rev, 2001, 21: 221-261.
- [9] Qualset C O, Damania A B, Zanatta A C A, Brush S B. Locally based crop plant conservation//maxtd N, Ford-Lloyd B V, J G Hawkes eds. Plant Genetic Conservation-The in Situ Approach. London, New York, Tokyo, Melbourne, Madras: Chapman and Hall, 1997: 160-175.
- [10] Jiao Y M, Hu W Y, Su S H, Fan T, Yang Y J. Spatial pattern and farming radius of Hani's settlements in Ailao Mountains using GIS. Resources

- Science, 2006, 28(3): 66-72.
- [11] Wang H W. Sculpture of mother earth-Hani terraced field in Honghe. *China Place Name*, 2006, 12: 10-26.
- [12] Chen X H, Wang L H, He L L. An analysis of factors affecting grain yield in Hani terrace. *Journal of Jiangxi Agricultural University*, 2007, 6(2): 67-69.
- [13] Zhang M. Esthetics powder about the sight of Hani' settlements. *Journal of Guizhou University (Art Edition)*, 2005, 19(1): 1-6.
- [14] Zeng L. How to make Hani' terrace field become world heritage-Visit Chenjun State Political Consultative member. *China Ethnic Groups*, 2006, 4: 12-13.
- [15] Zhen G Z. Hani' terrace field-Marvellous spectale under the sun. *China Surveying and Mapping*, 2006, 4: 54-57.
- [16] He Z Q, Ma X Q. Hani' culture-Paradigm of harmonious concomitance for human and nature. *China Ethnic Groups*, 2007, 11: 39-41.
- [17] Jiao Y M, Yang L P. The fractal characteristics of Hani terrace in Ailao mountain. *Acta Ecologica Sinica*, 2007, 27(11): 4583-4589.
- [18] Frankel O H., Brown A H D, Burdon J J. *The Conservation of Plant Biodiversity*. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 1995.
- [19] Jarvis D I, Brown A H D, Cuong P H, Collado-Panduro L, Latournerie-Moreno L, Gyawali S, Tanto T, Sawadogo M, Mar I, Sadiki M, Thi-Ngoc Hue N, Arias-Reyes L, Balma D, Bajracharya J, Castillo F, Rijal D, Belqadi L, Rana R, Saidi S, Ouedraogo J, Zangre R, Rhrif K, Chavez JL, Schoen D, Sthapit B, Santis PD, Fadda C, Hodgkin T. A global perspective of the richness and evenness of traditional crop-variety diversity maintained by farming communities. *Proceedings of the national Academy of Sciences USA (PNAS)*, 2008, 14: 5326-5331.
- [20] Jiao Y M, Yang Y J, Hu W Y, Su S H. Analysis of the landscape pattern and aesthetic characteristics of the Hani terraced fields. *Geographical Research*, 2006, 25(4): 624-632.
- [21] Hu W Y, Jiao Y M, Fan T. Research on information Tupu of land use spatial pattern and its change in Hani terraced fields. *Scientia Geographica Sinica*, 2008, 28(3): 419-424.
- [22] Shi J C. The Hani terraced-field at Honghe-typical Chinese wetland. *Journal of Yunnan Nationalities University*, 2004, 21(5): 77-81.
- [23] Yao M, Cui B S. The vertical characteristics of ecosystem of Hani's terrace paddyfield in Yunnan, China. *Acta Ecologica Sinica*, 2006, 26(7): 2115-2124.
- [24] Christinck A, Brocke K M, Kahirsagar K G, Weltzien E, Bramel-Cox P J. Participatory methods for collecting germplasm: Experiences with farmers in Rajasthan, India. *Plant Genetic Resources Newsletter*, 2000, 121: 1-9.
- [25] Lu W D. *SPSS for Windows Data Analysis*. Beijing: Publishing House of Electronics Industry, 2000.
- [26] Tang Q Y, Feng M G. *Practical Statistics and DPS Data Processing System*. Beijing: China Agricultural Press, 1997.
- [27] Tilman D, Reich P B, Knops J M H. Biodiversity and ecosystem stability in a decade-long grassland experiment. *Nature*, 2006, 441: 629-632.
- [28] Nevo E. Genetic resources of wild emmer, *Triticum dicoccoides*, for wheat improvement; news and views//Li Z S, Xin Z Y eds. *Proceedings of the 8th International Wheat Genetic Symposium*. Beijing: China Agricultural Science and Technology Press, 1995, 79-87.
- [29] Singh R K. Genetic resource and the role of international collaboration in rice breeding. *Genome*, 1999, 42: 635-641.
- [30] Lu L S. Agriculture and agricultural scientific technology in 21th century. *Science & Technology Review*, 1996, 12: 3-8.
- [31] Yanyang County Chronicles Compilation Committee. *Yanyang County Chronicles*. Guiyang: Guizhou National Press, 1990, 94-127.
- [32] Jiao Y M, Xiao D N, Cheng G D. Study on the coordinating development of ethnic culture and natural environment in subtropic mountain areas—A case of cultural landscape of Hani terrace in Ynyang county. *Journal of Mountain Science*, 2002, 20(3): 266-271.
- [33] Huang S W, He Z Q. The typical rice-growing farmers' sacrifice offering-taking sacrifice-offering of Hani terraced fields as an example. *Journal of Honghe University*, 2007, 5(1): 1-4.
- [34] Zhu Y Y, Chen H R, Fan J H, Wang Y Y, Li Y, Chen J B, Fan J X, Yang S S, Hu L P, Leungk H, Mewk T W, Teng P S, Wang Z H, Mundtk C C. Genetic diversity and disease control in rice. *Nature*, 2000, 406: 718-722.
- [35] Lin J J, Li J B, Liu L, Li X, Li H F, He X H, Zhu S S, Li C Y, Zhu Y Y. Genetic diversity of *Magnaporthe grisea* of Hani terrace from Yanyang county in Yunnan. *Acta Phytopathologica Sinica*, 2009, 39(1): 43-51.
- [36] Yan H Q, Li Q. Study on Naturalist Hani' S Rice Cultivation and its Sustainable Development. *Agricultural History of China*, 2008, 3: 33-44.
- [37] Ren X D, Huang M J. Study on relation to poverty and biodiversity and countermeasure of elimination poverty. *Rural Economy*, 2007, 12: 96-98.

参考文献:

- [3] 卢宝荣, 朱有勇, 王云月. 农作物遗传多样性农家保护的现状及前景. *生物多样性*, 2002, 10(4): 409-415.
- [10] 角媛梅, 胡文英, 速少华, 范韬, 杨有洁. 哀牢山区哈尼聚落空间格局与耕作半径研究. *资源科学*, 2006, 28(3): 66-72.
- [11] 王洪伟. 大地母亲的雕塑——红河哈尼梯田. *中国地名*, 2006, 12: 10-26.
- [12] 陈晓慧, 王李鸿, 何兰兰. 哈尼梯田粮食产量影响因素分析. *江西农业大学学报(社会科学版)*, 2007, 6(2): 67-69.
- [13] 张敏. 哈尼族聚落景观的美学思考. *贵州大学学报(艺术版)*, 2005, 19(1): 1-6.

- [14] 增林. 让哈尼梯田荣登世界遗产—访全国政协委员陈军. 中国民族, 2006, 4: 12-13.
- [15] 甄国祚. 哈尼梯田——天下奇观. 中国测绘, 2006, 4: 54-57.
- [16] 何作庆, 马小倩. 哈尼文化——人类与自然完美结合的范例. 中国民族, 2007, 11: 39-41.
- [17] 角媛梅, 杨丽萍. 哀牢山区哈尼梯田的分形特征. 生态学报, 2007, 27(11): 4583-4589.
- [20] 角媛梅, 杨有洁, 胡文英, 速少华. 哈尼梯田景观空间格局与美学特征分析. 地理研究, 2006, 25(4): 624-632.
- [21] 胡文英, 角媛梅, 范弢. 哈尼梯田土地利用空间格局及其变化的信息图谱研究. 地理科学, 2008, 28(3): 419-424.
- [22] 史军超. 中国湿地经典——红河哈尼梯田. 云南民族大学学报(哲学社会科学版), 2004, 21(5): 77-81.
- [23] 姚敏, 崔保山. 哈尼梯田湿地生态系统的垂直特. 生态学报, 2006, 26(7): 2115-2124.
- [25] 卢纹岱. SPSS for Window 统计分析. 北京: 北京电子工业出版社, 2000.
- [26] 唐启义, 冯明光. 实用统计分析及其计算机处理平台. 北京: 中国农业出版社, 1997.
- [30] 卢良恕. 21 世纪的农业和农业科学技术. 科技导报, 1996, 12: 3-8.
- [31] 元阳县志编辑委员会. 元阳县志. 贵阳: 贵州民族出版社, 1990: 94-127.
- [32] 角媛梅, 肖笃宁, 程国栋. 亚热带山地民族文化与自然环境和谐发展实证研究——以云南省元阳县哈尼族梯田文化景观为例. 山地学报, 2002, 20(3): 266-271.
- [33] 黄绍文, 何作庆. 稻作民族的典型农耕祭祀——以哈尼族梯田祭祀为例. 红河学院学报, 2007, 5(1): 1-4.
- [35] 林菁菁, 李进斌, 刘林, 李夏, 李会芬, 何霞红, 朱书生, 李成云, 朱有勇. 云南元阳哈尼梯田稻瘟病菌遗传多样性分析. 植物病理学报, 2009, 39(1): 43-51.
- [36] 严火其, 李琦. 自然主义的哈尼稻作及其可持续发展. 中国农史, 2008, 3: 33-44.
- [37] 任晓东, 黄明杰. 贫困和生物多样性的关系及扶贫对策研究. 农村经济, 2007, 12: 96-98.