

复杂的农业景观系统中植物物种多样性的评价方法  
——PLEC 农业生物多样性指导小组 (PLEC- BAG) 对  
资料搜集与分析的指南

Daniel J. Zarin<sup>1\*</sup>, 郭辉军<sup>2\*\*</sup>, Lewis Enu- Kwesi<sup>3\*\*\*</sup>,

(1 新罕布什尔大学自然资源系, 美国达拉谟 03824; 2 中国科学院西双版纳热带植物园, 云南 勐腊 666303; 3 加纳大学植物系, 加纳)

摘要: 农业生物多样性已成为国际关注的热点领域之一。本文根据郭辉军等中国专家提出的农业生物多样性评价 (Agrobiodiversity Assessment, ABA) 方法为基础, 提出了景观水平农业生物多样性评价相关术语、基本用词的定义 (表 1), 一系列用于搜集 PLEC 植物物种多样性核心资料的基本原理 (表 2) 与实用指南 (表 3、4), 以及资料分析与报告指南 (图 1~ 4), 以指导全球环境基金/联合国环境署/联合国大学 PLEC 项目计划 20 多个国家的研究。图表可于实地调查时用于搜集及分析核心资料; 这些资料最终将会包括于 PLEC 物种多样性数据库。正文则提供辅助的咨询解释。

研究组人员在搜集核心资料前必须首先熟悉示范点一般情况; 搜集核心资料必须依据地块类型分层取样 (stratified sampling) (表 1, 2)。样方调查强调在物种丰富的土地类型取样、重复样区 (sample areas)、固定样地内搜集资料, 以及在恰当的时间间隔后重新测量此样地以观察在农业生物多样性中很重要的时间变化 (表 2)。实用指南则强调挑选样区的准则、样区的重复数目、样地大小、应记录的资料种类、以及取样频率 (表 4)。分析上的指导则包括计算样区间物种结构相似度的简易运算方法 (图 2) 以及物种- 面积曲线 (species- area curves) 和丰富度与多样性曲线 (abundance- diversity curves) 的绘制与运用 (图 3、4)。

关键词: 农业生物多样性; 评价指南, 农地景观

中图分类号: Q 948      文献标识码: A      文章编号: 0253- 2700 (2000) 增刊 XII- 0018- 09

Methods for the Assessment of Plant Species Diversity in  
Complex Agricultural Landscapes: Guidelines for Data  
Collection and Analysis from the PLEC Biodiversity  
Advisory Group (PLEC- BAG)

Daniel J. Zarin<sup>1\*</sup>, GUO Hui- Jun<sup>2\*\*</sup>, Lewis Enu- Kwesi<sup>3\*\*\*</sup>,

(1 Department of Natural Resource, University of New Hampshire, Durham, NH 03824 USA;

2 Xishuangbanna Tropical Botanical Garden, Chinese Academy of Science, Yunnan Mengla, 666303, China;

3 Botany Department, University of Ghana, Legon, GHANA)

**Abstracts:** This paper provides definitions of essential agro- biodiversity terminology (Table 1), a set of fundamental principles (Table 2) and practical guidelines (Table 3 and 4) for the collection of core PLEC plant species diversity data, and instructions for analysis and reporting of that data (Figure 1- 4). The tables and figures may be used in the field as a ‘recipe’ for collection and analysis of that core data, which will ultimately be included in a PLEC biodiversity database. The text provides supplementary information and explanations.

\* 召集人及亚马逊研究组代表, Convenor and Amazonian Cluster Representative

\*\* 中国研究组代表, China Cluster Representative

\*\*\* 西非研究组代表, West African Cluster Representative

本文翻译: 陈小如 (Sara Chen), 刀志灵 (DAO Zhi- Ling)

Cluster personal must acquire significant familiarity with the demonstration site prior to the collection of the core data, which require stratification of sampling based on Field Types Tables 1 and 2) . Methods for acquiring that familiarity are discussed by Brookfield, Stocking and Brookfield (1999) , and analysis of biodiversity data collected during the familiarization process ( e. g. along transects) will be discussed in a separate manuscript from the BAG members; those data do not constitute core data as defined here.

In addition to stratification, the fundamental principles emphasize prioritizing sampling toward Field Types with high species richness, replication of sample areas, and collection of data critical temporal component of agro- biodiversity (Table 2). The practical guidelines emphasize criteria for sample area selection, numbers of replicates, plot size, kinds of data to record, and sampling frequency (Table 4). The instructions for analysis include simple metrics for calculating the similarity in species composition among sample areas (Figure 2) , and the development and uses of species- area and abundance- diversity curves (Figures 3 and 4 respectively).

**Key words:** Agrobiodiversity; Assessment; Guideline; PLEC- BAG

1 引言

全球环境基金 (GEF) / 联合国环境署 (UNEP) / 联合国大学 (UNU) PLEC 项目计划农业生物多样性评价专家指导小组 (PLEC- BAG) 是由搜集和分析农业生物多样性资料的研究组人员所组成的委员会。由 PLEC 管理小组设立于 1998 年 6 月, PLEC- BAG 的宗旨在于确保 PLEC 项目计划各国项目组的农业生物多样性资料的搜集、分析与整理符合国际科学标准。符合此标准对于我们研究结果的被肯定和接受及它们在 PLEC 网络内外能更广泛的应用, 显得非常重要。PLEC- BAG 的主要目的之一是使每个研究组都能最有效率的达到此标准。

PLEC- BAG 详细的责任包括: 1) 推荐 (建议) 适用于各个研究组在搜集及分析农业生物多样性资料时的指南; 2) 推荐及规划一个数据库系统以便于整理农业生物多样性资料; 3) 在需要时分别提供各研究组在农业生物多样性上的辅助建议。本文是 1999 年 1 月由中国研究组主持的第一次 PLEC- BAG 会议的成果。

有数个研究组已经进行了不少的资料搜集与分析。这份报告的目的是要为未来的研究提供指南, 而本指南也必然要建立在 PLEC 中已经发展的各种实地研究方法 (如 Brookfield and Stocking, 1999, Brookfield 等, 1999; Guo 等, 1996; Zarin, 1995)。我们所提出的指南难免会偏重应用到在 BAG 中有代表成员的亚马逊、中国及西非研究组的各种研究经验。

表 1 列出经 PLEC- BAG 认同的农业生物多样性术语的解释。对于物种多样性核心资料的搜集有最直接关系的用词包括土地利用阶段 (Land- use stage)、土地田野类型 (Field type), 样区 (sample area)、样方 (sample plot)、镶嵌样地或亚样地 (nested plot/subplot), 单一物种的数量 (species abundance), 物种丰富度 (species richness) 及取样频率 (sampling frequency)。另外在这些资料的分析上最有关联的用词包括均匀度 (evenness), 物种多样性 (species diversity, sensu stricto 按精确的意义), 以及相似度指数 (Sorenson' Similarity Index)。

2 基本原则

我们规划了一系列用于搜集核心 PLEC 植物物种多样性资料的基本原则 (表 2)。“核心”资料是指用于 PLEC 生物多样性数据库的资料。在分析土地田野类型 (Field type) 及搜集核心资料之前, 对示范点应有一定的熟悉。熟悉研究社区的方法, 包括访问农民、集会以及有经验农民协助的剖面调查 (transect surveys), 在 Brookfield 等 (1999) 的论述中有讨论。熟悉过程中搜集到的植物物种多样性资料非常宝贵, 并在应用中有许多变化; 虽然如此, 这些资料并不构成所谓核心资料的定义。搜集核心资料时所应遵循的基本原则强调:

2.1 在每个示范点, 挑选搜集资料的样区 (sample area) 时必须依照土地田野类型 (Field type) 来层次化 (stratified)。表 3 列出属于七个容易识别的土地利用阶段 (Land- use stage) 的土地田

野类型 (Field types) 例子。

2.2 挑选取样的土地类型时应优先选择包含最多物种种类 (即最高物种丰富度 species richness) 的土地田野类型 (Field types)。调查人员应该特别注意边缘及其它过渡性区域; 这些区域经常包含很高的物种丰富度, 但它们因不能很很容易地被区分, 所以在取样计划中一般被忽略。

2.3 在每个决定调查的土地类型中, 应于多个样区内划定样地进行调查。表 4 包括在 7 个土地利用阶段的土地类型中样区最低限度重复数量。

2.4 资料搜集应限于一定面积的样地。表 4 包括适当的样地面积及采用镶嵌的亚样地作为下层植物取样的指南。

2.5 样地必须在适当的时间间隔后再次测量。表 4 也包括了样地调查频率的指南。

表 1 PLEC- BAG 小组对 ABA (农业生物多样性) 评价方法术语的定义

Table 1 Definitions of agro- biodiversity terminology recognized by the PLEC Biodiversity Advisory Group (BAG)			
术语 Term	定义 Definition	举例 Example	来源 Source
土地利用阶段 Land- Use Stage	以植被结构和要求一定的植物多样性取样策略为基础, 并区别于其他分类方式的普通土地利用分类单元	庭园	本文
土地类型(地块类型) Field Type	由农民和研究人员所确定的与适当的土地利用规模相符的特殊土地利用分类	中国云南的铁刀木 <i>Cassia siamea</i> 单一种植的薪柴林	Brookfield, Stocking and Brookfield(1999)
取样区 Sample area	可被选作资料收集的包括一个土地类型的地区	被选中的铁刀木薪柴林	Avery and Burkhart (1983)
样地 Sample plot	在取样区中直接进行资料收集的部分	森林样地以 20× 20 m 进行取样	Avery and Burkhart (1983)
镶嵌样地/ 亚样地 Nested plot/ sub- plot	在大样地中的小样地	草本样地通常在大样地中以 1 × 1m 的样地取样	Avery and Burkhart (1983)
样方监测频率 Sampling Frequency	一个样方监测的次数	在加纳每年进行柚子种植园样地监测	Avery and Burkhart (1983)
物种多度 Species abundance	某一物种在样地中的个体数量	在巴西的庭园中, <i>Eutape oleracea</i> 这个种在样地中有 112 株	Gove <i>et al.</i> (1996)
物种丰富度 Species richness	在样地中或较大的分析单元内物种种类的数目	在巴西的庭园调查中, 所有的样地统计共有 90 个物种种类	Gove <i>et al.</i> (1996)
均匀度 Evenness	物种多度在样地内或分析单元内的均匀性	高的均匀度是物种个体在样地中均匀的分布	Gove <i>et al.</i> (1996)
物种多样性 Species diversity (sensu stricto)	在样地内或较大的分析单元内所统计的描述物种丰富度和均匀度的任何特性的数量	如 Shannon- Wiener 指数(index)	Gove <i>et al.</i> (1996)
相似性指数 Sorenson' s Similarity Index( S <sub>s</sub> )	$s_s = 2T_{c_{kj}} / (T_1 + T_j)$ $T_1 = 1$ 样方种类数量 $T_j = j$ 样方种类数量 $T_{c_{kj}} = 1$ 样方和 j 样方共有的种类数量	巴西 PLEC 示范点的 2 个庭园相似性指数为 41%	Jongman <i>et al.</i> (1995)

表 2 核心 PLEC 植物物种多样性资料收集的基本原则

Table 2 Fundamental principles for the collection and analysis of core PLEC plant species diversity data	
1	选取资料收集的样区必须在农民和研究者证实的土地类型上层次化
2	应优先选取物种丰富度高的地块作为取样的样区
3	在每个选定的土地类型中, 必须做多个样方调查 (如重复样方)
4	资料收集样地必须固定标记, 并进行观测
5	为了获得和分析农业生物多样性时间变化, 样地必须在适合的时间间隔内重复观测

3 土地利用阶段以及土地类型

以植被结构为基础，土地利用阶段为性质分明的不同类型，采用不同的取样策略。目前 PLEC- BAG 总共识别 7 个土地利用阶段：一年生作物、混农林、休闲耕地、果园、天然森林、庭园和边缘地。我们更进一步的将休闲耕地地区分为以草本、灌木和树木为主的三个亚类。表 3 提供了亚马逊、中国和西非的土地利用阶段范例。可能有些其它的土地利用阶段没有包括于表 3 中，特别是在 PLEC- BAG 中没有代表成员的研究组地区；在需要时这些将会被加入表中。我们也承认土地利用阶段并非像表中所列的阶段那样清晰。一些土地利用阶段间重叠，特别是在休闲耕地、混农林、果园以及自然林之间。我们不认为这些重叠会对土地利用阶段在区别物种多样性资料搜集策略上的实用价值有重要的影响。并且我们强调，将边缘地作为一个个别类型的目的在于促进对它们作单独的取样。

以生态学的术语来说，一个土地利用阶段类似于一个演替阶段。我们选择了这个术语来反映我们在各研究组地区所观察到的土地利用动态变化机制：某些阶段可于短期内在非常主动或有时较被动的管理下变成其它的阶段。在中国云南省，我们见到了有百年历史的水稻梯田，在对市场、土地使用权和政府政策改变的反应下被转成庭园。在西非的加纳，一些传统和工业种植的转变及舍弃造成了在管理地形上土地利用阶段频繁的改变。在巴西的 Amapa，我们在几乎每个土地利用阶段间都记录了非常快速的转变。

在 PLEC 示范点定义出不同的土地田野类型必然是个反复的过程。调查人员应该预期土地田野类型的数目，会随着对农作系统及地形逐渐熟悉而增加；新的土地田野类型会被加入，而其它的会被划分。在少数的情况下，一个土地利用阶段或许只包含一种土地类型；有些（但并非所有的）庭园即为此现象的例子，尤其是当庭园生产集中于一种主要商品作物（例如在亚马逊示范点 Amapa 的 acai fruit）。

我们可以将土地利用阶段和土地类型之间的关系类似于生态群落及其所包含的小生境之间的关系。现代的生态理论将小生境构想为一个有 n 度的空间（Whittaker, 1975），由许多生物的和非生物的因子以及它们的相互作用所构成；基于 Brookfield and Stocking（1999），Brookfield 等（1999）所讨论土地类型的多因子，我们认为将土地田野类型和小生境相比是恰当的。土地利用阶段、土地田野类型和管理多样性之间的关系在 Brookfield 等（1999）等人的论述中有更深入的描述。

表 3 PLEC- BAG 小组目前所确定的土地利用阶段类型  
Table 3 Land- use stages currently identified by the PLEC Biodiversity Advisory Group (BAG)

土地利用阶段	举例		
	亚马逊 Amazonia	中国 China	西非 West Africa
一年种植 (Annual Cropping)	甘蔗	水稻田	单一种植玉米、粟米、木薯
农林混作 (Agroforests)	香蕉和玉米间作	橡胶、西番莲和旱稻间作	传统小农场一年生农作物与树木混作
休闲地 (Fallows)	草地	近年丢弃的牧场	Chromolaena spp. Sekesua 地区
	灌木林	早期休闲农地	百花岭丢弃 8 年的甘蔗地 Accra 平原地区
	树林	Calycophyllum spruceanum 林地	由于砍伐薪柴，较少被丢弃的小农场混农林
果园 (Orchards)	香蕉种植园	麻栋薪柴林	油棕和椰子种植园
天然森林 (Native Forests)	Varzea 森林	自然保护森林	神山森林
庭园 (House Gardens)	以 Euterpe oleracea 为主的庭园	变化无穷、特有植物丰富	在村子和小城镇房前屋后很普遍
边缘地 (Edges)	香蕉——一年生作物的交界	集体林和甘蔗地的交界	没有调查研究

4 资料搜集

表4 PLEC- BAG 小组对核心 PLEC 研究物种多样性资料收集指南 (中国项目组修改)

Table 4 Data collection guidelines for core PLEC species diversity data recommended by PLEC- BAG (Modified by China cluster)

土地利用阶段	一年种植	混农林	休闲地 Fallows			单一种植园	天然森林	庭园	边缘地
			草地	灌木林	树林				
样地选择	随机或有意	有意	随机或有意	随机或有意	随机或有意	随机或有意	随机	有意	有意
最少抽样数量	每个土地田野类型 1 个	每个土地田野类型 1 个	每个土地田野类型 1 个	每个土地田野类型 1 个	每个土地田野类型 1 个	每个土地田野类型 1 个	每个土地田野类型 1 个	每个土地田野类型 1 个	每个土地田野类型 1 个
样地大小	1 × 1m/ 5 × 5m	5 × 5m/ 20 × 20m( 或依边界), 并在样地内取 1 × 1m 的小样地	20 × 20m ( 依边界) 的框架内取 1 × 1m 的小样地	20 × 20m ( 或依边界), 并取 1 × 1m 的小样地	20 × 20m ( 或依边界), 并取 1 × 1m 的小样地	20 × 20m ( 或依边界), 并取 1 × 1m 的小样地	20 × 20m, 并取 1 × 1m 的小样地	整个取样, 并取 1 × 1m 的小样地*	1 × 1m, 并根据情况加大
至少应收集的资料	存在度、多度和用途	存在度、多度和用途	存在度、多度和用途	存在度、多度和用途	存在度、多度和用途	存在度、多度和用途	存在度、多度和用途	存在度、多度和用途	存在度、多度和用途
监测频率	第一年各季节, 以后两年各一次	第一年各季节, 以后两年各一次	第一年各季节, 第三年重复一次	第一年各季节, 第三年重复一次	第一年各季节, 第三年重复一次	第一年各季节, 第三年重复一次	第一年各季节, 第三年重复一次	第一年各季节, 以后两年各一次	第一年各季节, 以后两年各一次

注\* : 当 1 × 1m 的小样地内有绝对优势种时, 对于绝对优势种, 尤其是杂草, 可以用的 10 × 10 cm 网格进行个体数量的计数, 然后乘以 10。

表4 列出了我们对下面几点的建议: 1. 样区的挑选, 2. 样地数目及需要的最少抽样数量, 3. 恰当的样地大小, 4. 物种丰富度、多度和用途资料的记录, 5. 取样频率。

4.1 样地的挑选

在一个土地田野类型中可依据研究组的目的进行随意或有目的的挑选样地, 重要的是必须认识到采用随意或有目的的样区挑选对调查结果的理解有重要的影响。在一个土地田野类型中随意挑选样区可在绘制社区详细的土地利用地图后进行; 这份地图需以土地类型为制图单位。随意样区选择则适用于当研究组希望搜集的资料能代表一个土地类型中产量最高或物种最多样的范例。有目的的取样通常可通过农民访问及选择性的实地考察由农民指认为不寻常的样区来选取。有目的的样本不代表整个社区的平均水平, 但可以代表不寻常或特殊类型。

在一个 PLEC 示范点内, 随意挑选样区会适用于某些土地类型。而有目的的偏重挑选样区则适合于其它的土地类型。我们建议在本地自然森林中的土地类型进行随意挑选样区, 而在混农林、庭园及边缘土地利用阶段中的土地类型进行有目的的类型样区挑选。当有些休闲耕地土地类型处于高度管理下, 我们建议使用典型取样, 否则可以随意在休闲耕地土地类型取样。

4.2 样区最小数目

样区的重复与在同一个样区中样地的重复是截然不同的; 后者曾被 Hurlnert (1984) 形容为“假重复”(“pseudo- replication”), 是不能用来代替样区重复的。我们建议在属于一年生作物、混农林地、休闲耕地及树作物林土地利用阶段内的土地类型中至少选择 3 个重复的样区, 当地自然森林的土地类型至少 5 个重复样区, 庭园和边缘的土地类型至少 10 个重复样区。这些只是最低限度的指南, 以 PLEC- BAG 成员的经验为基础而设定, 来反映通常足够代表一个土地类型中的变化所需的样区重复数目。下文中讨论的物种- 面积曲线可用于估计足够的重复。

#### 4.3 样地大小

PLEC- BAG 选定了 3 个固定样地面积来作为搜集核心 PLEC 物种多样性资料的标准框架:  $1 \times 1\text{m}$ ,  $5 \times 5\text{m}$  及  $20 \times 20\text{m}$ 。 $1 \times 1\text{m}$  的框架可用于取样一年生作物阶段中的土地田野类型, 或是当成混农林、休闲耕地、果园、天然森林和庭园阶段中土地田野类型里草本层的镶嵌小样地。有时,  $5 \times 5\text{m}$  的框架可以代替或与  $1 \times 1\text{m}$  的框架同时并用;  $5 \times 5\text{m}$  的框架也足够当成取样一些混农林阶段中的土地田野类型的基本单位。 $20 \times 20\text{m}$  的框架适用于株行距较大的混农林土地田野类型, 及作为休闲耕地、果园及天然森林土地类型取样的基本框架。在草本及灌木为主的休闲耕地亚阶段中, 我们建议建立  $20 \times 20\text{m}$  的框架, 纵使只使用镶嵌的  $1 \times 1\text{m}$  和  $5 \times 5\text{m}$  的样地取样。划定  $20 \times 20\text{m}$  框架的 4 个角落, 再于其中以  $1 \times 1\text{m}$  和  $5 \times 5\text{m}$  的样地取样, 建立在同一个样地中有代表性的重复测量基础, 即使它们经过一段时间后转变为另一个亚阶段。

当用  $1 \times 1\text{m}$  的框架作为镶嵌的小样地, 我们通常建议在一个样地内划出多个小样地; 它们应不规则地分布于大的框架中。下面所提到的物种- 面积曲线 (species- area curve) 对所需的镶嵌小样地数目较实用。中国研究组曾在天然森林和果园等土地利用阶段中的各种土地类型中于每个  $20 \times 20\text{m}$  的样地内采用五个  $1 \times 1\text{m}$  的镶嵌小样地。于 Amapa 示范点, 亚马逊研究组曾以  $5 \times 5\text{m}$  的镶嵌小样地来测量天然森林的下层 (更新层)。

庭园和边缘地的取样上较特殊, 无法用标准的框架大小。因为大多数的庭园在空间上的变化很大, PLEC- BAG 建议将整个庭园范围作为样地。在这情况下, 也应该测量庭园所占的面积大小。镶嵌  $1 \times 1\text{m}$  和  $5 \times 5\text{m}$  的小样地可用于庭园内来取样草本及其它下层植物。边缘地通常为长条形; 我们建议以  $1\text{m}^2$  的增量取样, 而增量的形状及数目则须由边缘地的形状和大小来调整。

#### 4.4 资料的记录

我们强调两种基本的物种多样性资料: 是否存在, 及所存在的数量。记录是否存在只需简单地列出在样地中所观察到的物种。记录所存在的数量则需更进一步列出每个物种的数目。我们也建议收集所调查物种的用途资料。我们提议至少将每一个物种的用途归类为一般综合的类型, 例如食用、建材、手工艺、药材、商品及其它类型; 这个分类方式是依据以前所发表的民族植物学文献 (例如 Pinedo- Vasquez 等, 1990; Prance 等, 1987)。一个物种可在数个适合的类别内设定“使用价值”。在一些情况下, 区分所知的“潜在”用途及在一个样区内农民所陈述实际上的“预期”用途也许是很重要的。

其它资料的收集, 包括各个物种的大小、产量及其它较详细的民族植物学用途, 可以在搜集存在 (现状)、数目 (多度) 及用途资料时同时进行。关于物种收成和产量的详细资料通常是很重要的。树木物种的高度和直径也值得收集。我们鼓励研究组人员最大限度的搜集物种多样性资料时同时进行其它相关的调查, 以充分提高实地研究的效率。现在 PLEC- BAG 正在开发物种多样性资料库的软件 (数据库软件); 在此期间, 研究组人员或许应将资料输入一个 spreadsheet 软体程式集 (软件程序), 例如 Excel, Microsoft Access 以便于研究组内资料的储存及传播。

#### 4.5 样地调查频率

复杂农地景观中植物物种多样性变化有时是表现在时间上而不是空间上的变化。观察农业生物多样性的时间成份需要在同一块样地上经过恰当的时间间隔后进行重复取样。我们建议至少在第一年作季节性的调查, 接着则每年重新取样一次, 以观察季节间及每年间的变化。研究人员应咨询农民以观察植物物种多样性的变化的再次取样时间表。

### 5 资料的分析

上面设计资料搜集方法可进行很多种有意义的统计分析。在这里我们着重于研究人员以最基本的专业知识和计算能力都能在每个示范点进行分析。以下几个部分讨论: 1. 物种丰富度; 2. 在一个土地田野类型中及不同的土地田野类型间相似度的分析; 3. 物种- 面积曲线; 4. 多度

- 多样性曲线。这些是 PLEC 物种多样性的分析重点，并用相似的报告格式汇总（图 1~ 4）。PLEC 物种多样性分析并未包括一些生态学家传统上使用的“物种多样性”指标（例如 shannon-winer, Simpson's），这些指标将在 BAG 成员准备发表的其它报告中讨论。

5.1 物种丰富度及用途

从以下 4 个层次进行物种丰富度计算较为恰当：1. 每个样地内；2. 每个土地田野类型内；3. 每个土地利用阶段中；4. 每个示范点内。一个样地内的物种丰富度简单的就是记录下存在物种的数目。在一个土地田野类型内，物种丰富度是所有重复样地中存在物种的统计数目。在一个土地利用阶段中，物种丰富度是属于这个土地利用阶段所有的土地田野类型里存在物种的总数。而于整个示范点中，物种丰富度就只是所有土地利用阶段的物种总计；在大部分的情况下这将会很难估计，因为研究组很难全面地对所有土地利用阶段的所有土地田野类型进行抽样调查。

对每一个层次的分析，物种用途指标可以简单地解释为“有用”物种的百分比。图 1 是一个土地田野类型内物种丰富度及用途统计的范例。

(1) 试验示范点\_\_\_\_\_

(2) 土地田野类型\_\_\_\_\_

(3) 土地利用阶段\_\_\_\_\_

(4) 土地田野类型种类丰富度\_\_\_\_\_

(4a) 土地田野类型用途指标<sup>1</sup>\_\_\_\_\_

(4b) “有用”种类数量<sup>2</sup>: 食物\_\_\_\_\_ 建筑\_\_\_\_\_ 工艺品\_\_\_\_\_

药物\_\_\_\_\_ 商品\_\_\_\_\_ 其他\_\_\_\_\_

(5) 样区数量 (和位置)<sup>3</sup>: \_\_\_\_\_

(6) 样区种类丰富度: \_\_\_\_\_

(6a) 样区用途指标<sup>1</sup>: \_\_\_\_\_

(6b) 有用种类<sup>2</sup>: 食物\_\_\_\_\_ 建筑\_\_\_\_\_ 工艺品\_\_\_\_\_

药物\_\_\_\_\_ 商品\_\_\_\_\_ 其他\_\_\_\_\_

(7) 样地数量\_\_\_\_\_

(8) 样地大小\_\_\_\_\_ (米)

(9) 样地调查时间\_\_\_\_\_ (10) 样地资料包括<sup>4</sup>\_\_\_\_\_

(11) 样地种类丰富度\_\_\_\_\_

(11a) 样地用途指标<sup>1</sup>\_\_\_\_\_

(11b) 有用种类<sup>2</sup>: 食物\_\_\_\_\_ 建筑\_\_\_\_\_ 工艺品\_\_\_\_\_

药物\_\_\_\_\_ 商品\_\_\_\_\_ 其他\_\_\_\_\_

(12) 镶嵌的亚样方数量和大小: \_\_\_\_\_

(13) 亚样地资料包括<sup>4</sup>: \_\_\_\_\_

(14) 亚样地物种丰富度: \_\_\_\_\_

(14a) 亚样地用途指数<sup>1</sup>: \_\_\_\_\_

(14b) 有用物种<sup>2</sup>: 食物\_\_\_\_\_ 建筑\_\_\_\_\_ 工艺品\_\_\_\_\_

药物\_\_\_\_\_ 商品\_\_\_\_\_ 其他\_\_\_\_\_

<sup>1</sup> (4a), (6a), (11a), 和 (14a) 指有用植物种数占总种数的百分比 (见 5.1)

<sup>2</sup> (4b), (6b), (11b) 和 (14b) 指在每个分类名单中被确定的有用个体的种类数量 (见 4.4)

<sup>3</sup> (5) 的位置资料必需由各小组保留，但不一定写进报告。

<sup>4</sup> (10) 和 (13) 指在样方或亚样方中所调查统计的植物类型 (如胸径大于 1cm 作为树木，或草本植物等。

图 1 PLEC- BAG 物种丰富度和用途样方报告格式

(此格式适用于各种样地调查，各土地利用类型的样地可以综合到此报告内)

$T_i$  与  $T_j$  = 取样单位 i 与 j 各自包含的和种数目;  $T_{c_{ij}}$  = 取样单位 i 与 j 都有包含的物种数目

Fig. 1 PLEC- BAG species richness and utility sample reporting form

(A separate form should be used for each sample area surveyed. Forms for sample areas representing the same Field Type should be submitted together.)

5.2 相似程度的分析

在生态文献中用到很多个“相似度指数”。我们选择了 Sorenson's 指数作为分析土地田野类型和土地利用阶段之中及之间物种多样性相似度指标。我们建议以 3 个不同的方式来使用 Sorenson's 相似度指数。

- (1) 比较在同一个样地中不同时间收集的物种结构资料;
- (2) 比较在同一个土地田野类型内重复样区间的物种结构;
- (3) 比较在同一个土地利用阶段中的土地田野类型间的物种结构。

Sorenson's 相似度指标 (S<sub>s</sub>) 公式如下:

$$S_s = 2T_{c\&j} / (T_i + T_j)$$

公式计算的结果应乘以 100 并以百分比相似度价值来报告。在同一个土地类型中进行分析时, 应作所有的成对比较, 形成一个相似度矩阵及一个平均相似度价值 (加减标准误差) (图 2)。在不同的土地类型间比较时, 计算指标前应预先统计在每个土地类型内所有重复取样的物种存在资料。

(1) Macapa 示范点 5 个家庭庭园植物共有物种数

样区 sample area	1	2	3	4	5
1	37	22	23	19	3
2		3831	23	2	
3			33	21	3
4				31	3
5					4

(2) Macapa 示范点 5 个家庭庭园植物相似性系数

样区 sample area	1	2	3	4	5
1	/	59%	66%	56%	15%
2		/	87%	65%	9%
3			/	66%	16%
4				/	17%
5					/

平均值±标准误差 = 46±9%

- 矩阵 (1) 举例说明两两样地之间的共有种数
- 矩阵 (2) 举例说明两两样地之间基于矩阵 (1) 数据计算所得的相似性系数。相似性系数的平均值和标准误差同时也计算得到。

图2 一个土地类型内样地之间物种相似度分析图例

Fig. 2 Example analysis of species similarity among sample areas within a Single Field Type

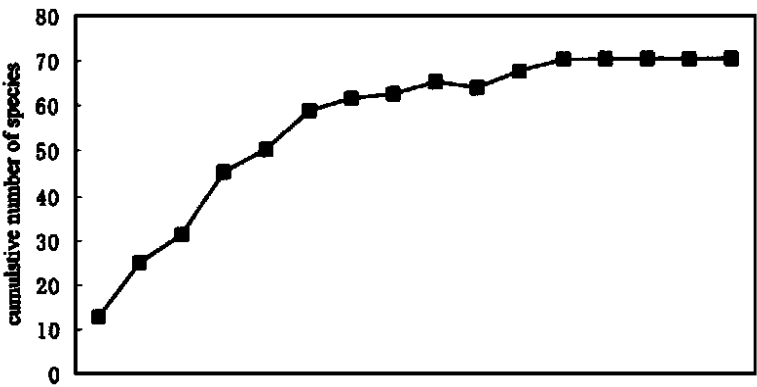


图3 物种- 面积曲线例图

Fig 3 An example species-area curve

5.3 物种- 面积曲线

当将每个重复样地的资料累积增加到一个土地田野类型物种丰富度的总数时, 可绘制出一个土地田野类型的物种- 面积曲线 (图 3)。物种- 面积曲线可以用于两个目的: 1. 决定一个土地类型内的样区重复是否足够, 2. 比较不同土地类型的物种- 面积关系, 如果它们是以相同的样地大小取样。当样地重复数目已足够代表一个土地类型内的变化, 物种- 面积曲线会逐渐趋



于水平。物种- 面积曲线斜率及曲折点的不同可以反映土地类型间总物种丰富度和土地类型内物种丰富度分布的不同。

5.4 物种多度- 多样性曲线

物种多度- 多样性曲线可以用图形表现出样地及土地类型中物种均匀性和物种丰富度之间的关系。绘制一个物种多度- 多样性曲线需要几个程序，包括：

- (1) 依每个物种的数量将它们排序；
- (2) 计算每个物种的相对数量价值；
- (3) 标绘相对数量值 (y- 座标) 及排序 (x- 座标) (图 4)。

曲线斜率和形状的不同反映物种丰富度、物种分布 (均匀度) 及它们之间关系的不同。

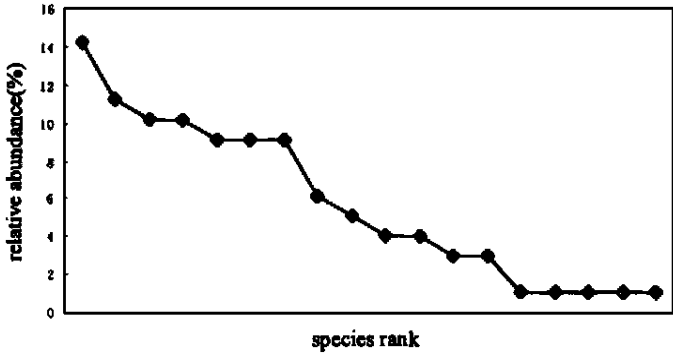


图4 物种多度- 多样性曲线例图

Fig 4 An example species- area curve

物种排序	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	总计
丰富度	16	13	12	12	10	10	10	7	6	5	5	3	3	1	1	1	1	1	117
相对丰富度	14%	11%	10%	10%	9%	9%	9%	6%	5%	4%	4%	3%	3%	1%	1%	1%	1%	1%	100%

( 基于云南示范点一个 20× 20m 的自然森林样地调查数据而得)

致谢：感谢Harold Brookfield, Mark Ducey and Christine Padoch 对初稿建设性的的意见。

[ 参 考 文 献]

郭辉军, 陈爱国, 刀志灵等, 1998. 农业生物多样性评价: 定义、实践和分析. 见: 农业生物多样性评价与保护 [M]. 昆明: 云南科技出版社,

Avery T E, Burkhat H E, 1983. Forest Measurements [M]. New York: McGraw- Hill Book Company.

Brookfield, H, Stocking M, 1999. Agrodiversity: definition, description and design [J]. *Global Environmental Change*, **9**: 77~ 80

Brookfield H, Stocking M, Brookfield M, 1999. Guidelines on agrodiversity assessment in demonstration site areas [J]. *PLEC News and Views*, **13**: 17~ 31

Gove J H, Patil G P, Taillie C, 1996. Diversity measurement and comparison with examples. In Szaro R C, Johnston D W ( eds ), *Biodiversity in Managed Landscapes* [M]. New York: Oxford University Press, 157~ 179

GuoHuijun, Dao Zhiling, Brookfield H, 1996. Agrodiversity and biodiversity on the ground and among the people: methodology from Yunnan [J], *PLEC News and Views*, **6**: 14~ 22

Hurtbert S H, 1984. Pseudoreplication and the design of ecological field experiment [J]. *Ecological Monographs*. **54**: 187~ 211

Jongman R H G, Ter Braak C J F, Van Tongeren O F R, 1995. Data Analysis in Community and Landscape Ecology [M]. New York: Cambridge University Press.

Pinedo- Vasquez M, Zarin D, Jipp P, 1990. Use- values of tree species in a communal forest in northeast Peru [J]. *Conservation Biology*, **4**: 405~ 416

Prance G, Balee W, Boom B, Cameiro R, 1987. Quantitative ethnobotany and the case for conservation in Amazonia [J]. *Conservation Biology*, **1**: 296~ 310

Whittaker R H, 1975. Communities and Ecosystems (2<sup>nd</sup> ed.) [M]. New York: MacMillan Publishing Co.

Zarin, D J, 1995. Diversity measurement methods for the PLEC Clusters [J], *PLEC News and Views*, **4**: 11~ 21