

# 云南省华宁县 3 种柑橘幼园昆虫多样性研究

卢志兴,李巧\*,张威

(西南林业大学 林学院,云南 昆明 650224)

**摘要:**于 2010 年 8 月—2011 年 4 月使用陷阱法调查了云南省华宁县盘溪镇荒地改造型柑橘园(Ⅰ)、农田改造型柑橘园(Ⅱ)和传统型柑橘园(Ⅲ)的昆虫群落多样性。样地Ⅰ中采集标本 212 号,在样地Ⅱ中采集标本 313 号,在样地Ⅲ中采集标本 431 号。鞘翅目(Coleoptera)、双翅目(Diptera)、膜翅目(Hymenoptera)蚁科(Formicidae)为优势类群,占 59.5%。3 种类型柑橘幼园中蚂蚁常见种及蚂蚁物种组成有差异;样地Ⅲ的昆虫多度及物种丰富度  $S$  值最高,样地Ⅰ昆虫多度最低,样地Ⅱ昆虫物种丰富度  $S$  值最低;3 种类型柑橘幼园昆虫群落结构不相似;3 种类型橘园蚂蚁指示物种也不同。研究表明,前期土地利用方式的差异以及周边生境影响了柑橘幼园内昆虫群落物种组成、多样性、群落结构及指示物种。

**关键词:**柑橘园;昆虫群落;多样性;指示物种

**中图分类号:**S763.302

**文献标志码:**A

**文章编号:**1001-7461(2013)04-0127-05

## Diversity of Insects in *Citrus* Orchards in Huaning County, Yunnan Province

LU Zhi-xing, LI Qiao\*, ZHANG Wei

(College of Forestry, Southwest Forestry University, Kunming, Yunnan 650224, China)

**Abstract:** To reveal the effects of different land use types in early stage on insects community diversity in the *Citrus* orchard, an investigation of insect community diversity in 3 plots (the *Citrus* orchard remade from wasteland I, the *Citrus* orchard remade from farmland II and the traditional *Citrus* orchard III), was carried out by pitfall trapping in Panxi Township, Huaning County, Yunnan Province of China. There were 212 insect individuals collected from the plot I, 313 insect individuals collected from the plot II and 431 insect individuals collected from the plot III. The dominant groups were Coleoptera, Diptera and Formicidae (Hymenoptera), which accounted for 59.5%. There were differences in common species and composition of ants in the three types *Citrus* orchards. The plot with the highest insect abundance and species richness was plot III, the plot I had the lowest insect abundance, and the plot II has the lowest species richness. There were lower similarity of insect community in the three types *Citrus* orchards. The indicator species of ants were different in the three types *Citrus* orchards. The results showed that the insect composition, diversity, community and indicator species in *Citrus* orchards were affected by the land use types in early stage and the habitats surrounding the *Citrus* orchard.

**Key words:** *Citrus* orchard; insect community; diversity; indicator species

柑橘(*Citrus reticulata*)也称柑桔,是指芸香科(Rutaceae)柑橘属(*Citrus*)的任何一种植物或果实<sup>[1]</sup>,作为世界第一大果树品种,柑橘在全球百果中

的种植面积和产量均居首位,主要分布在南、北纬 40°之间自然条件适宜的热带、亚热带地区的 93 个国家。我国是柑橘的重要原产地之一,柑橘资源丰

收稿日期:2012-11-20 修回日期:2013-01-06

基金项目:云南省森林灾害预警与控制重点实验室科研开放基金项目(ZK10B101);云南省重点学科森林保护学(XKZ200905)。

作者简介:卢志兴,男,硕士,研究方向:昆虫生态学。E-mail: endeavou@163.com

\* 通信作者:李巧,女,博士,教授,研究方向:昆虫多样性。E-mail: lqfcb@126.com

富,优良品种繁多,有 4 000 a 多的栽培历史,主要集中在 20°~33°N 之间,海拔 700~1 000 m 以下,在浙江、湖南、云南、西藏等 20 个省(区),近 1 000 个县(区)都有种植,栽培类型多样,有沿海稻田栽培类型、三角洲围田栽培类型、沿海丘陵栽培类型、滨湖地区栽培类型、高山峡谷栽培类型和干热河谷栽培类型等。柑橘生产对果农脱贫致富,促进农村经济发展起着重大的作用<sup>[2]</sup>。

国内学者先后对柑橘园的昆虫群落组成结构及特征进行了研究。李鑫和刘绍友<sup>[3]</sup>将柑橘树冠置于 8 个分区的立体空间考察各区之间昆虫群落的亲疏关系,通过聚类分析,将树冠昆虫群落划分为 3 个亚层,即阳性群落亚层、中性群落亚层和阴性群落亚层;郭依泉<sup>[4]</sup>等比较了柑橘树冠不同部位群落的组成、数量、优势度、多样性、均匀度和群落内个体总数的差异,揭示了柑橘主要害虫及天敌在树冠内的分布及树冠各部位昆虫群落的差异,从而把橘园的昆虫群落分为外上中层及内下层 2 个亚群落。随着柑橘产业的迅速发展,越来越多的土地被开发种植柑橘,这种前期土地利用方式的差异及其周边生境对橘园昆虫群落的研究还未见报道。

近年来,橘园害虫防治一直是依靠化学农药,一旦停止农药使用,橘树就难以正常生长,形成了橘园对农药的过度依赖,使橘园生态系统内物种之间的制约平衡作用大大减弱,天敌功能降低,加快了害虫的演替变化。对橘园实行生态多样性栽培,橘园害虫得到有效的抑制<sup>[5]</sup>。昆虫群落多样性是生物多样性的的重要组成部分,在生物防治、植物传粉和维护生态平衡中起着重要作用,生态效益明显<sup>[6]</sup>,保护橘园的生物多样性具有重要意义。通过增加柑橘园的生物多样性,尤其是有益生物(天敌昆虫)的多样性,实

现橘园生态系统对虫害的自然控制,尽量减少柑橘生产中的农药施用量,从而实现柑橘的优产和稳产,将成为柑橘生产中病虫害控制的趋势。本文通过调查不同土地改造成橘园后的昆虫群落多样性,揭示前期土地利用类型对橘园昆虫群落多样性的影响,探讨橘园改造对昆虫多样性维持的意义。

## 1 材料与方法

### 1.1 研究地概况

华宁县地处滇中湖盆区的南缘,海拔 1 110 m~1 600 m,年平均温度 19.4~20.3 ℃,年日照时数 2 167.9 h,年降水量 680~980 mm,有雨季(6—10 月)和旱季(11—翌年 5 月)之分。在旱季,气温较低,空气干燥,便于人工控制水量,有利于柑橘花芽分化、开花和提高着果率。雨季气温高,雨量足,其热量始终保持在植物生长的有利范围内,此时正值柑橘果实膨大期,有充足的水分供给,可促使果实膨大而增产<sup>[7]</sup>。华宁县自 20 世纪 70 年代末开始引进柑橘新品种,从试验、示范到大面积推广种植,已形成了规模。

研究地位于云南省华宁县盘溪镇的柑橘园,根据橘园改造前土地利用类型设置调查样地(表 1)。分别选取 3 个地方不相邻的代表性柑橘园,在每个柑橘园内设置大小为 100 m×100 m 的调查样地。栽培柑橘品种是特早熟温州蜜柑——宫本。橘园内树高 1~2 m 左右,柑橘树每株行距为 2 m×2 m。柑橘花期为 3—4 月,果期为 4—9 月,8—10 月为采收期,园内定期清除杂草,适时修剪。柑橘园内常用化学农药为康福多、丙锈宁、氯氰菊酯等,通常在发现病虫害后进行药剂防治。3 个橘园的管理措施、强度、施药频率基本协调一致。

表 1 样地概况

Table 1 Information of sample plots

| 橘园(样地)类型 | 编号  | 地点   | 海拔/m  | 树龄/a | 周边生境                    |
|----------|-----|------|-------|------|-------------------------|
| 荒地改造型橘园  | I   | 大石洞村 | 1 180 | 4    | 河边荒滩改造后的连片橘园            |
| 农田改造型橘园  | II  | 方那村  | 1 142 | 3    | 周边大部分为耕作农田,主要种植蔬菜、水稻等作物 |
| 传统型橘园    | III | 小团山  | 1 161 | 5    | 混有部分果树,如龙眼、柿树、石榴等       |

### 1.2 调查方法

于 2010 年 8 月、10 月和 2011 年 4 月进行 3 次昆虫群落抽样调查。主要采用陷阱法进行调查,在调查期间不进行任何农药喷施。在每个样地内沿着柑橘种植带设置 2 条样带,每条样带 10 个陷阱(陷阱为直径 6 cm 的塑料杯);以 50%乙二醇作为陷阱溶液,每个陷阱倒入 50 mL 溶液,间距 10 m,上方放置防雨石板,诱集 7 d 后收集<sup>[8]</sup>。标本置于 75%酒精保存,带回实验室分类鉴定<sup>[9-11]</sup>,不能鉴定到种

的,以形态种对待<sup>[12-13]</sup>。

### 1.3 分析方法

1.3.1 抽样充分性判断 在形态种水平进行数据统计分析。利用 EstimateS(Version 8.2.0)软件<sup>[14]</sup>计算各样地昆虫群落多样性指数。通过 Excel 进行物种累积曲线的绘制,根据曲线的特征,结合物种丰富度 S 值(物种数实测值)与 ACE 估计值的比例来进行抽样充分性判断<sup>[8, 15-16]</sup>。

1.3.2 物种组成及多度 将各样地中膜翅目蚁科

进行物种(具体物种)和多度分析,其余类群进行物种(以科级水平形态种进行统计)和多度分析。

1.3.3 多样性比较 利用 EstimateS(Version8.2.0)软件<sup>[14]</sup>完成各样地昆虫的多度(个体数)、物种丰富度  $S$  及  $ACE$  估计值的计算。利用 SPSS 16.0 对不同样地的昆虫多度、物种丰富度  $S$  值及  $ACE$  估计值进行方差分析。

1.3.4 群落相似性分析 运用 R 语言的 Vegan 软件包进行主坐标分析,比较各样地昆虫群落的相似性<sup>[17]</sup>。

1.3.5 指示物种分析 利用 R 语言统计软件中的 Labdsv 软件包计算各物种的  $IndVal$  值,其计算公式是: $IndVal_{ij} = A_{ij} \times B_{ij}$ <sup>[17-18]</sup>。参考相关研究以  $IndVal$  值 $\geq 0.7$  作为标准确定指示物种<sup>[19-21]</sup>。

2 结果与分析

2.1 抽样充分性判断

物种累积曲线(图 1)可知,曲线急剧上升后有趋于平缓的趋势。荒地改造型橘园(I)、农田改造型橘园(II)和传统型橘园(III)物种丰富度  $S$  值与  $ACE$  估计值的比例分别为 54.8%、61.4%和 75.6%,即荒地改造型橘园和农田改造型橘园抽样效果不理想。

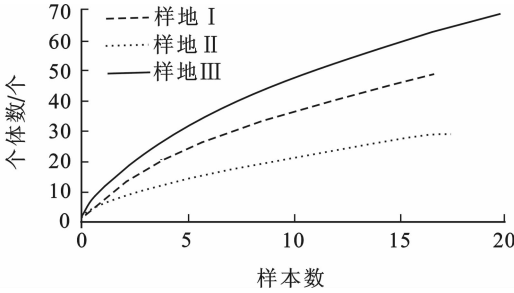


图 1 基于样本数的物种累积曲线  
Fig.1 Species accumulation curve based on number of samples

2.2 物种组成及多度

共采集昆虫标本 956 号,主要包括弹尾目(Collembola)、双尾目(Diplura)、直翅目(Orthoptera)、革翅目(Dermaptera)、同翅目(Homoptera)、半翅目(Hemiptera)、啮虫目(Corrodentia)、缨翅目(Thysanoptera)、鞘翅目(Coleoptera)、脉翅目(Neuroptera)、双翅目(Diptera)、膜翅目(Hymenoptera)。在样地 I 中采集标本 212 号,在样地 II 中采集标本 313 号,在样地 III 中采集标本 431 号。鞘翅目、双翅目、膜翅目蚁科(Formicidae)为优势类群,共有标本 569 号,鞘翅目包括 7 科 19 种、双翅目包括 5 科 12 种,膜翅目蚁科 28 种,膜翅目蚁科常见种分析列表 2。

表 2 各样地蚂蚁常见种  
Table 2 Common species of ants in different sites

| 科                    | 种                                       | 多度百分率/% |         |        |
|----------------------|---|---------|---------|--------|
|                      |   | I       | II      | III    |
| 猛蚁亚科(Ponerinae)      | 黄足厚结猛蚁( <i>Pachycondyla luteipes</i> )  | 13.79   | <10.00  | 无      |
| 切叶蚁亚科(Myrmicinae)    | 宽结小家蚁( <i>Monomorium latinode</i> )     | 无       | 无       | 11.30  |
|                      | 沃尔什氏铺道蚁( <i>Tetramorium walshi</i> )    | 13.79   | <10.00- | 无      |
|                      | 皮氏大头蚁( <i>Pheidole pيلي</i> )           | 13.79   | 41.03   | <10.00 |
|                      | 伊大头蚁( <i>Pheidole yeensis</i> )         | 无       | 34.62   | <10.00 |
|                      | 裸心结蚁( <i>Cardiocondyla nuda</i> )       | <10.00  | 14.74   | <10.00 |
| 臭蚁亚科(Dolichoderinae) | 黑头酸臭蚁( <i>Tapinoma melanocephalum</i> ) | <10.00  | 无       | 38.26  |
| 蚁亚科(Formicinae)      | 缅甸立毛蚁( <i>Paratrechina birmana</i> )    | 22.99   | 无       | <10.00 |

前期土地利用方式的不同导致 3 种类型橘园的蚂蚁常见种在物种组成上有差异。荒地改造型橘园中为黄足厚结猛蚁、沃尔什铺道蚁、皮氏大头蚁和缅甸立毛蚁 4 种,各常见种比例较接近;农田改造型橘园中为皮氏大头蚁、伊大头蚁和裸心结蚁 3 种,以前两者占优势;传统型橘园中为宽结小家蚁和黑头酸臭蚁 2 种,以后者占优。

2.3 多样性比较

传统型橘园昆虫群落多度显著高于荒地改造型橘园和农田改造型橘园,昆虫多度排序为 III>II>I;传统型橘园和荒地改造型橘园昆虫物种丰富度  $S$  值显著高于农田改造型橘园;从  $ACE$  估计值来看,3 种类型橘园昆虫物种多样性无显著差异。传

统型橘园昆虫个体数量和物种丰富度均要高于其余 2 种类型橘园;农田改造型橘园的昆虫多度高于荒地改造型橘园,但物种丰富度  $S$  值低于荒地改造型橘园(表 3)。

表 3 不同样地昆虫多样性比较

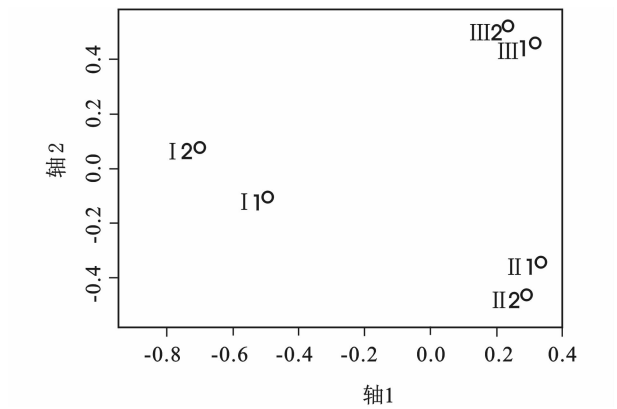
Table 3 Comparison of diversity of insects in different sites  
(Mean $\pm$ SE)

| 橘园类型(样地) | 多度               | 物种丰富度 $S$ 值      | $ACE$            |
|----------|------------------|------------------|------------------|
| I        | 2.02 $\pm$ 0.03c | 1.53 $\pm$ 0.03a | 1.79 $\pm$ 0.11a |
| II       | 2.19 $\pm$ 0.03b | 1.32 $\pm$ 0.01b | 1.80 $\pm$ 0.25a |
| III      | 2.33 $\pm$ 0.01a | 1.67 $\pm$ 0.05a | 1.88 $\pm$ 0.14a |

注:多度、物种数和  $ACE$  估计值进行对数转换,不同字母表示不同月份间差异显著( $p<0.05$ )。

### 2.4 群落相似性分析

荒地改造型橘园,农田改造型橘园和传统型橘园昆虫数据进行主坐标分析表明其昆虫群落结构不相似。3 种类型橘园同一样地的样带接近,各样地彼此分开成为 3 类,即不同土地利用模式下柑橘园内昆虫群落结构存在差异(图 2)。



注:图中数字 1、2 分别代表样带 1、2;图中坐标轴表示欧氏距离。

图 2 各样地昆虫群落主坐标分析

Fig. 2 Principal coordinate analysis (PCoA) for insect community in different sites

### 2.5 指示物种分析

蚂蚁指示物种不同也反映出 3 种类型橘园中蚂蚁群落的差异。利用 R 语言对 3 种类型橘园蚂蚁进行指示值分析(表 4)表明,荒地改造型橘园中指示物种为猛蚁亚科的黄足厚结猛蚁,农田改造型橘园中指示物种为切叶蚁亚科的伊大头蚁,传统型橘园中的指示物种为臭蚁亚科的黑头酸臭蚁。

表 4 各样地指示值分析

Table 4 Indicator value analysis in different sites

| 橘园类型(样地) | 物种     | IndVal  | p     |
|----------|--------|---------|-------|
| I        | 黄足厚结猛蚁 | 0.923 1 | 0.001 |
| II       | 伊大头蚁   | 0.964 3 | 0.001 |
| III      | 黑头酸臭蚁  | 0.880 0 | 0.001 |

注:仅列出具有统计学差异的指示物种。

## 3 结论与讨论

土地利用方式及周边环境对柑橘园昆虫群落产生了影响。柑橘园与周边环境组成了容纳昆虫的库,包括大量的柑橘害虫,同时也为大量的益虫提供了栖息场所,柑橘园内的昆虫群落对柑橘的品质和产量具有较大影响<sup>[22]</sup>。国内学者对不同管护模式下柑橘园内的节肢动物群落开展了研究,得出生态管理或有机管理模式有助于提高和恢复柑橘园内的节肢动物群落多样性,增加捕食性和寄生性类群的比例,降低植食性害虫的比例<sup>[23]</sup>,有助于实现柑橘园害虫的生态控制<sup>[24]</sup>,还报道了释放天敌昆虫对柑橘园内昆虫群落多样性的保护作用<sup>[25]</sup>。

本研究在同等管理模式强度下,揭示前期土地利用方式及周边环境的差异对橘园内的节肢动物群落产生的影响。土地利用的方式差异,对昆虫类群产生不同程度的干扰,影响昆虫群落多样性及群落结构的稳定。3 种类型橘园的昆虫群落相似性不同,土地利用方式及周边环境的差异,导致橘园内的昆虫群落组成结构发生变化。不同类型橘园生境及其周边栖境差异导致园内地表蚂蚁常见种组成差异。荒地改造型橘园中常见种蚂蚁组成比例相差不大,常见种可能为未改造前的原有种类,农田改造型橘园中以皮氏大头蚁和伊大头蚁占优势,传统型橘园中则以黑头酸臭蚁占优势,这 3 种蚂蚁种群数量庞大,具有较强的抗干扰和恢复能力,可认为是同等干扰条件下,前期土地利用方式限制了蚂蚁类群的竞争与发展,荒地改造型橘园无优势类群,而农田改造型橘园中的大头蚁属竞争能力相对要弱于传统型橘园中的酸臭蚁属,进行稳定柑橘生产的传统型橘园更加有利于形成优势蚂蚁类群。在蚂蚁群落组成方面,长期从事高强度农业生产的农田改造型橘园,昆虫一直受到的干扰较大,其物种丰富度反而最低,而传统型柑橘园进行柑橘生产时间较长,相对有利于昆虫生存,其物种数和个体数量均最高。蚂蚁指示物种分析中,不同类型橘园中作为指示物种的 3 种蚂蚁所能适应的环境范围较广,生态位较宽<sup>[14]</sup>,荒地改造型橘园为以捕食性为主的黄足厚结猛蚁,个体大数量较少;农田改造型橘园为伊大头蚁,该蚂蚁主要在土壤中筑巢,常地表觅食,种群数量庞大易恢复;而传统型橘园为黑头酸臭蚁,该蚂蚁种群数量庞大,喜欢在树上活动觅食,蚂蚁指示物种的不同,也说明了 3 种类型柑橘园的小环境存在差异。

本研究 3 个样地膜翅目蚁科抽样效果较好,双翅目和鞘翅目次之,与李志强<sup>[24]</sup>等人在广东省梅州市的研究结果相似。柑橘园内节肢动物类群本身多样性较高,节肢动物有 32 至 150 种不等<sup>[23-25]</sup>,想要实现充分抽样,需要耗费大量的人力和物力,抽样力度不够,应该增加陷阱数目或调查次数,同时应结合网扫法等调查方法,从而提高抽样效果。本研究在进行群落多样性比较中运用了常用的指数,能够较清晰地显示出 3 个样地果园昆虫多样性的差异,反映了同一类生境因前期土地利用方式及周边环境的差异影响了昆虫群落。

传统型橘园树龄较大,树势强,植物群落趋向稳定,大部分昆虫类群已经适应微环境,并形成了复杂的食物网关系,昆虫群落的多样性高,园内生态系统较稳定,有益昆虫和害虫的种类和数量也多,而另 2 个果园的树龄较小,植物群落还不稳定,昆虫群落多

样性较低,有益昆虫和害虫的种类和数量也偏少。目前在华宁县,柑橘生产已经由山地区转到农田区,大片农田被改造为橘园,可能存在柑橘害虫大规模爆发的潜在危险,虽然可使用化学药剂进行防控,但是费时费力,增加生产成本,降低了柑橘品质与安全性。建立稳定高效的生态型橘园环境,利用柑橘园内不同昆虫类群的生态链,改善橘园生态环境,注重橘园的生物多样保护,辅助化学防控手段,找到优产与生态稳定的平衡点,确保柑橘果品优质安全,保证橘园生态系的可持续发展,才能实现经济效益和环境保护双赢的目标。

参考文献:

[1] 中国科学院昆明植物研究所. 云南植物志(第六卷)[M]. 北京: 科学出版社,1995:782-796.

[2] 叶荫民. 柑桔品种改良的世纪回顾与展望[J]. 中国南方果树, 2000,29(3):15-17.

[3] 李鑫,刘绍友. 柑桔树冠昆虫群落立体结构分析[J]. 西北农业大学学报,1991,19(2):8-15  
LI X,LIU S Y. An analysis of community stereoscopic structure on *Citrus canopy*[J]. Acta. Univ. Agric. Boreali-Occidentalis,1991,19(2):8-15. (in Chinese)

[4] 郭依泉,朱文炳,赵志模. 桔园昆虫群落空间结构研究[J]. 西南农业大学学报,1988,10(2):144-149.  
GUO Y Q,ZHU W B,ZHAO Z M. Studies on the spatial pattern of *Citrus* insect community [J]. Journal of Southwest Agricultural University,1988,10(2):144-149. (in Chinese)

[5] 王天喜,伍明祥,王心猛,等. 桔园生态系统生物多样性对害虫的抑制研究[J]. 植物医生,2005,19(1):28-29.

[6] 黄小清. 海南蜻蜓目昆虫多样性研究[D]. 海南 儋州,华南热带农业大学,硕士. 2007.

[7] 董德祥,朱学斌,祝华,等. 华宁发展早熟柑橘的优势及对策[J]. 中国果业信息,2009(8):21-23.

[8] 李巧,陈又清,徐正会. 蚂蚁群落研究方法[J]. 生态学杂志, 2009,28(9):1862-1870.  
LI Q,CHEN Y Q,XU Z H. Research methods on ant community [J]. Chinese Journal of Ecology,2009,28(9):1862-1870. (in Chinese)

[9] 南开大学,中山大学,北京大学. 昆虫学[M]. 北京:高等教育出版社,1980.

[10] 徐正会. 西双版纳自然保护区蚁科昆虫多样性研究[M]. 昆明:云南科学技术出版社,2002.

[11] 中国科学院动物研究所. 云南森林昆虫[M]. 昆明. 云南科学技术出版社,1987.

[12] BURGER J C,REDAK R A,ALLEN E B,*et al.* Restoring arthropod communities in coastal sage scrub [J]. Conservation biology,2003,17(2):460-467.

[13] 李巧. 西双版纳自然保护区 9 种植被亚型象甲科多样性比较[J]. 生物多样性,2006,14(1):73-78.  
LI Q. Diversity comparisons of Curculionidae between 9 subtypes of vegetation in Xishuangbanna Nature Reserve [J]. Biodiversity Science,2006,14(1):73-78. (in Chinese)

[14] COLWELL R K,Estimate S. Statistical estimation of species

richness and shared species from samples. Version 8. 2. [EB/OL]. [2009-09-20]. <http://purl.oclc.org/estimates>, 2009.

[15] CHEN Y Q,LI Q,CHEN Y L,*et al.* A comparison of pitfall traps with different liquids for studying ground-dwelling ants (Hymenoptera:Formicidae)[J]. Myrmecological News,2010,14:13-19.

[16] 陈又清,李巧,王莹,等. 普洱市亚热带季风常绿阔叶林区蟾类昆虫多样性[J]. 西北林学院学报,2010,25(3):137-142.  
CHEN Y Q,LI Q,WANG Y,*et al.* Diversity of true bugs in subtropical monsoon evergreen broadleaved forest in Pu'er City, Yunnan [J]. Journal of Northwest Forestry University, 2010,25(3):137-142. (in Chinese)

[17] DEVELOPMENT R,CORE T R. A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria[EB/OL]. ISBN 3-900051-07-0. URL <http://www.R-project.org>. 2009.

[18] ROBERTS D W. Labdsv: Ordination and Multivariate Analysis for Ecology. R package version 1. 3 -1. 4[EB/OL]. [2009-11-5]. <http://ecology.msu.montana.edu/labdsv/R>. 2007.

[19] ANDERSEN A N,LUDWIG J A,LOWE L M,*et al.* Grasshopper biodiversity and bioindicators in Australian tropical savannas: responses to disturbance in Kakadu National Park [J]. Austral Ecology,2001,26(3):213-222.

[20] NAKAMURA A,CATTERALL C,HOUSE A,*et al.* The use of ants and other soil and litter arthropods as bio-indicators of the impacts of rainforest clearing and subsequent land use[J]. Journal of Insect Conservation,2007,11(2):177-186.

[21] MCGEOCH M A,VANRENSBURG B J,BOTES A. The verification and application of bioindicators:a case study of dung beetles in a savanna ecosystem[J]. Journal of Applied Ecology,2002,34(9):661-672.

[22] 王川. 中国柑橘生产与消费现状分析[J]. 农业展望,2006,(1):8-12.

[23] 吴全聪,郑仕华,叶旺发. 生态护理对山地桔园节肢动物群落结构及多样性的影响[J]. 生态学杂志,2010,29(8):1559-1565.  
WU Q C,ZHENG S H,YE W F. Effects of ecological nursing arthropod community structure and biodiversity in orange orchards in mountain area of Zhejiang Province, China[J]. Chinese Journal of Ecology,2010,29(8):1559-1565. (in Chinese)

[24] 李志强,梁广文,岑伊静,等. 有机管理对柑橘园节肢动物群落多样性恢复的作用[J]. 生态学杂志,2009,28(8):1515-1519.  
LI Z Q,LIANG G W,CEN Y J,*et al.* Roles of organic management in restoration of arthropod community diversity in *Citrus* orchard[J]. Chinese Journal of Ecology,2009,28(8):1515-1519. (in Chinese)

[25] 李洁,张艳璇,洪晓月,等. 释放胡瓜钝绥螨的柑桔生防园与化防园节肢动物群落结构及其动态研究[J]. 南京农业大学学报,2004,27(4):45-50.  
JI J,ZHANG Y X,HONG X Y,*et al.* Community structure and dynamics of arthropods in the biocontrol orchard released by *Amblyseius cucumeris* (Oudemans) and the chemical control orchard in *Citrus ecosystem*[J]. Journal of Nanjing Agricultural University,2004,27(4):45-50. (in Chinese)