

人工林赤腹松鼠危害的空间分布格局*

李冬琴¹ 徐雨¹ 冉江洪^{1**} 汤开成²

(¹四川大学生命科学学院 成都 610064)

(²四川省洪雅县林场 眉山 620364)

摘要 2009年8月和12月,采用样方调查法,对四川省洪雅县柳杉(*Cryptomeria fortunei*)和杉木(*Cunninghamia lanceolata*)人工混交林的赤腹松鼠(*Callosciurus erythraeus*)危害进行了调查和分析.共调查了142个10 m × 10 m的样方,采用坐标记录法,记录样方内每株林木的坐标值、树种、胸径、冠幅、株下草本盖度、树冠交叠度、是否邻近林窗及其它非生物生境因子(小路、公路、溪水、悬崖)、受害(2 mo以内,以痕迹开始发黑区分)程度共9个参数,共收集3 560株林木数据.分别采用方差均值法和最近邻体法对受害株在研究区和样方尺度上的空间格局进行分析,并在样方尺度上探究植株受害程度与生境因子的关系.结果显示,在研究区尺度上赤腹松鼠危害呈聚集分布,在样方尺度上则以随机分布为主.植株受害程度与其株下草本盖度呈正相关($P = 0.007$),与树冠交叠度也呈现出正相关($P = 0.029$),而与其它因子没有显著性的相关性($P > 0.05$).因此认为赤腹松鼠对人工林林木的危害在研究区尺度上是与其生活环境需求相关的,如食物资源、隐蔽条件等;在对林木株的危害选择上则是随机的,但林木株受害的程度与其株下的草本盖度和树冠的交叠度呈现出显著的正相关关系.图2 表5 参30

关键词 赤腹松鼠; 人工林; 危害; 空间格局

CLC Q959.8370.8 : S764.5

Spatial Distribution Pattern of the Damaged Trees by Red-bellied Squirrels in Planted Forest*

LI Dongqin¹, XU Yu¹, RAN Jianghong^{1**} & TANG Kaicheng²

(¹College of Life Sciences, Sichuan University, Chengdu 610064, China)

(²Forestry Centre of Hongya County, Meishan, 620364, Sichuan, China)

Abstract The damage on *Cryptomeria fortunei* and *Cunninghamia lanceolata* planted forest by red-bellied squirrels (*Callosciurus erythraeus*) in Hongya County, Sichuan, China, was investigated in August and December 2009. 142 quadrats of 10 m × 10 m were selected and 3 560 trees were measured. The coordinate recording method was adopted to record the damage level (the damage happened within 2 months), together with its coordinate, tree species, DBH (Diameter at breast height), canopy diameter, percentage of grass cover, percentage of canopies overlapped, whether it was near to forest gap and abiotic habitat factors (whether it was near to road, stream and cliff, etc.). The variance-average method and the nearest neighbor analysis (NNA) were used to analyze the spatial distribution patterns of the damage at the study-site scale and the quadrat scale, respectively, and optimal scaling model was especially used to analyze the relationship between the damage levels and the related habitat factors. The results showed that the spatial distribution pattern of the damage was aggregated at the study-site scale, while mainly random at the quadrat scale. The damage level was positively correlated with the percentage of grass cover ($P = 0.007$) and the percentage of canopies overlapped ($P = 0.029$), while not significantly correlated with the other factors ($P > 0.05$). The results suggested that the damage by red-bellied squirrels at the study-site scale was correlated with their living needs in the environment, such as food resources and shelters, etc. The damage at the quadrat scale, however, showed a random distribution pattern, but the damage level was positively correlated with the percentage of grass cover and the percentage of canopies overlapped. Fig 2, Tab 5, Ref 30

Keywords red-bellied squirrels; planted forest; damage; spatial distribution pattern

CLC Q959.8370.8 : S764.5

森林鼠害是由啮齿类动物引发的森林灾害.近年来随着人们对森林资源不合理的开发及森林环境破坏日趋严重,森林鼠害发生面积及危害程度逐年增加^[1-2],对国家经济造成

了巨大损失.怎样有效预防和控制森林鼠害已成为学术界关注的一个重要课题.

生物种群的空间分布格局是指该种群在特定时间内的空间分布状况,它揭示了种群某一时刻行为习性和诸多环境因子的迭加效应,以及种群选择生境的内禀特性和空间结构异质性程度^[3].对生物种群的空间格局研究有助于理解该种群特性、种群间的相互关系以及种群与环境因子的相互作用过程,从而实现对某区域受害情况及防治效果的评估^[4].

收稿日期: 2010-09-14 接受日期: 2010-11-04

*国家科技部“973”项目(No. 2007CB109106)资助 Supported by the State Key Basic R & D Program of China (“973” Program, No. 2007CB109106)

**通讯作者 Corresponding author (E-mail: rjhong-01@163.com)

赤腹松鼠 (*Callosciurus erythraeus*) 又名红腹松鼠, 广泛分布于东洋界, 属啮齿类松鼠科丽松鼠属 (*Callosciurus*) 动物。赤腹松鼠危害林木在我国四川省内 (主要发生在洪雅、屏山、芦山等县) 十分严重, 是四川省主要的森林鼠害之一^[5]。国内学者曾对赤腹松鼠开展过一系列研究, 内容涉及个体生物学、生理学^[6-7]、种群数量和危害机理研究等^[8-11]多个方面。我们从两个空间尺度 (研究区和样方) 来研究人工林赤腹松鼠危害的空间分布情况, 旨在了解赤腹松鼠危害发生的空间分布格局及赤腹松鼠危害发生与其环境因子的关系。

1 研究地区概况

本研究于2009年8月和12月在四川省洪雅县洪雅林场盘角嘴工区 (东经103°13'~103°17', 北纬29°80'~29°86') 的人工林区开展。研究区面积约94 km², 海拔950~1 060 m, 属亚热带湿润型气候, 年均降水量1 900 mm, 年均相对湿度80%。研究区的人工树种以柳杉 (*Cryptomeria fortunei*) 和杉木 (*Cunninghamia lanceolata*) 为主, 兼有少量的水杉 (*Metasequoia glyptostroboides*)。

2 研究方法

2.1 样地设置

在研究区内布设8条样线, 且林区内所有地形都尽量涉及。在每条样线上选做多个10 m × 10 m样方, 任意两样方间距均大于100 m。

2.2 调查方法

在样方内, 选取其一角作为原点, 相邻两边作为X轴和Y轴, 并用卷尺测出植株距X和Y轴的距离值, 同时记录植株的树种, 胸径 (树干离地表1.3 m处的直径, 断面畸形时, 测取最大值和最小值的平均值), 冠幅 (测取树冠直径最大值和最小值的平均值 d , 再用 $\pi d^2/4$ 计算得到), 株下草本盖度, 树冠交叠度 (与周围树株树冠交叉部分占该树株树冠体积的百分比), 受害程度 (据观察, 赤腹松鼠啃食的痕迹较为光滑, 与其它啮齿类啃食痕迹区分, 且该痕迹2 mo后出现发黑现象, 以此为标准记录2 mo内的危害), 观察是否邻近林窗以及其它非生物生境因子等 (小路、公路、溪水、悬崖)。8月和12月份分别收集了91和51个样方, 共计3 560株林木的数据。

2.3 受害等级划分

调查时, 记录样方中林木每个危害痕迹 (2 mo内) 的长度和宽度, 并采用赋值法经统计后划分其受害等级。每个受害痕迹的等级值=宽度等级值×长度等级值。宽度等级: 将林木周长设为100%, 平均分成5等分, 依次赋值1~5; 长度等级: 0~0.5 m赋值为1, 0.6~1.0 m赋值为2, 1.1~1.5 m赋值为3, 1.6~2 m赋值为4, 2 m以上赋值为5。每株林木受害等级值=该林木所有受害痕迹等级值之和。按此方法计算后, 林木受害等级值为1~26。根据受害等级值频次分布, 受害等级值大于14的样本数量较少, 于是将其合并。依受害等级值将林木受害程度平均分为8级, 受害等级值在1~2, 将其受害程度划入1级; 3~4为2级, 5~6为3级, 7~8的为4级, 9~10的为5级, 11~12的为6级, 13~14的为7级, >14的为8级。完全没有受害的林木受害程度为0级。

2.4 分析方法

2.4.1 空间分布型指数法 (研究区尺度) 首先计算方差 (S^2)、均值 ($\bar{X}$)、方差均值比 ($S^2/\bar{X}$) 及其 t 值^[12], 然后运用生态学中简单易行的扩散系数 (C)、丛生指标 (I)、Cassie指标 (C_A) 和聚块指数 ($m^*/\bar{X}$) 这几个常用的聚集度指数^[13-15]进行受害株研究区尺度上的空间格局分析, 计算公式^[16-17]如下:

$$\frac{S^2}{\bar{X}} = \frac{\sum_{i=1}^N (X_i - \sum_{i=1}^N X_i / N)^2 / (N-1)}{\sum_{i=1}^N X_i / N}; t = (S^2 / \bar{X} - 1) / \sqrt{2/(N-1)}$$

在上述式中, N 为样方数, X_i 为第 i 个样方内的个体数, 用 t -检验判断空间分布类型; 查 t 分布表得 $t_{\alpha, v}$, 如果 $t_{\alpha, v} > t$, 则认为被测种群符合Poisson分布, 如果 $t_{\alpha, v} < t$, 则认为被测种群偏离Poisson分布, 而趋于集群分布。通过 t 检验, 如果种群分布为聚集分布, 则进行聚集度指标测定。其相关计算公式^[16-17]如下:

$$C = \frac{S^2}{\bar{X}}; K = \frac{\bar{X}}{S^2 - \bar{X}}; I = C - 1; C_A = 1/K; m^*/\bar{X} = 1 + 1/K$$

扩散系数 C 是检验种群是否偏离随机型的一个系数; K 为负二项分布参数, 用以补充 C 值的判断, K 值越小, 聚集度越大, 如 K 趋于 ∞ (一般在8以上), 则逼近Poisson分布; 丛生指数 I 是由David和Moore于1954年提出; C_A 即 $1/K$, K 为负二项分布参数, 是用来判断分布状态的指标; 聚块性指标 $m^*/\bar{X}$ 为平均拥挤度 m^* 与平均密度 $\bar{X}$ 的比率, $\bar{X}$ 为平均数, K 为负二项分布值^[17]。上述分布型指数的判定界限值如表1所示。

表1 研究区尺度各分布型指数判定界限值表

Table 1 Boundary values of spatial distribution pattern indices at study-site scale

空间分布型 Spatial distribution pattern	扩散系数 数 C	丛生指数 数 I	Cassie 指数 C_A	聚块指数 数 $m^*/\bar{X}$
均匀分布 Uniform distribution	< 1	< 0	< 0	< 1
随机分布 Random distribution	= 1	= 0	= 0	= 1
聚集分布 Aggregated distribution	> 1	> 0	> 0	> 1

2.4.2 最近邻体法 (Nearest neighbor analysis) (样方尺度)

最近邻体法是通过测量随机选取的个体与其最近的个体之间的距离, 根据个体偏离随机性的方向和程度来记述动植物的分布格局以及推断个体或集体间的竞争性质。该方法适用于比较固定、容易标记的动植物分布格局研究^[3], 目前, 在危害林木的害虫研究应用较多。本次研究采用经过边缘校正后的最近邻体法公式^[18], 用标准正态分布进行检验:

$$C = \frac{S^2}{\bar{X}}; K = \frac{\bar{X}}{S^2 - \bar{X}}; I = C - 1; C_A = 1/K; m^*/\bar{X} = 1 + 1/K$$

式中, CE 为Clark-Evans指数, N 为样地内个体总数, A 为样地面积 (m^2), P 为样地周长 (m), r_i 为第 i 个个体与其最近邻体间的距离 (m)。

实际 CE 指数值偏离1的显著性用标准正态分布作检验^[19-20], 其计算式为:

$$u = (r_d - r_e) / \sigma; \sigma = 0.26136 / \sqrt{\rho N} = 0.26136 / \sqrt{N^2 / A}$$

其中, σ 为标准差, $\rho = N/A$, 为样地内个体密度。

当 u 显著且为正值时, 调查对象为均匀分布; 当 u 显著且为负值时, 则为聚集分布; 当 u 不显著, 则为随机分布 ($u = 1.96$

和2.58分别代表在5%和1%水平上的显著性)。

使用上述两种方法, 分别从研究区及样方两个尺度算出危害的空间分布类型。8月和12月虽在同一区域调查, 但并未重复取样, 且赤腹松鼠危害情况在这段时期内较为接近^[1], 因此, 本次将两月数据合并用于大小尺度的空间格局分析。样方尺度分析中, 只选取受害株数 ≥ 4 的样方(样方内受害株数太少不宜分析其空间分布), 然后依靠卡方检验确定哪种空间分布型为主。

2.4.3 受害程度与生境因子关系 在样方尺度上, 使用最优尺度分析法分析植株危害程度与树种、胸径、冠幅、株下草本盖度、树冠交叠度、林窗、非生物因素(是否紧靠公路、小路、溪水、悬崖)等生境因子的关系。由于研究区内人工林下物种单一, 加之当地潮湿、日照较少的气候特征, 调查时间范围内林木生境因子变化较小, 所以本研究将两月的林木数据合并分析。最优尺度分析法是多元回归法的一种, 其核心目的在于低维度空间表述两个或多个变量之间的关系; 该方法可通过定义变量类型(连续型、尺度型和名义型)综合处理各种类型的变量^[21]。本文借助SPSS11.0软件统计程序。

3 结果与分析

3.1 受害株在研究区尺度上的空间分布格局

将2次调查共收集的142个样方的受害株数通过方差均值比率法进行分析, 统计的各空间分布型指数发现, $C > 1$, $C_A > 0$, $I > 0$, $K > 0$, $m^*/\bar{X} > 1$ (表2), 且 $P < 0.01$, 因此受害林木呈显著聚集分布。

表2 受害株在研究区尺度上的空间分布型及聚集度指标测定结果 ($N = 142$)

Table 2 Spatial distribution pattern of the damaged trees at study-site scale and the aggregated indices ($N = 142$)

均值 m	方差 V	方差均值比 V/m	t	负二项分布 值 K	扩散系数 C	Cassie指数 C_A	丛生指数 I	聚块指数 $m^*/\bar{X}$	分布类型 Distribution pattern
9.57	31.92	3.33	19.59	4.11	3.33	0.24	2.33	1.24	聚集分布** Aggregated distribution **

**表示 t 检验结果在 $P = 0.01$ 的水平上差异显著 ($t > t_{141,0.01} = 2.576$)

** means the t -test result showing significant difference at the 0.01 level ($t > t_{141,0.01} = 2.576$)

3.2 受害株在样方尺度上的空间格局

在调查所得的142个样方中, 受害植株数 ≥ 4 (样方内受害株数太少不宜分析其空间分布)的样方共计129个; 其中受害严重(受害程度 ≥ 6 级)株数 ≥ 4 的样方有62个。分别对受害和受害严重样方内的植株进行最近邻体法分析, 分析表明, 2种样方的危害皆以随机分布为主(表3、表4)。

3.3 最优尺度分析

在调查到的3 560株林木中, 受害的有1 708株, 占总植株的48.0%。在调查株中有些林木株已经严重受损, 主要是受自然灾害或者松鼠危害使树木上部折断或者枯死。因此, 仅

选择生长正常的2 293株林木进行危害与环境因子的相关分析。通过最优尺度模型, 将植株受害程度(0~8级)与树种、胸径、冠幅、株下草本盖度、树冠交叠度、林窗、非生物因素(是否紧靠公路、小路、溪水、悬崖)等生境因子建立关系(表5), 植株受害程度从0级到8级对应的样本量分别是687、762、287、112、71、47、40、184和103株。结果发现植株受害程度仅与草本盖度和树冠交叠度相关。根据相关系数(图1, 2), 植株树冠交叠度高, 株下草本盖度较高, 则赤腹松鼠危害程度越高。

4 讨论

在研究区尺度上, 受害植株以聚集分布为主, 说明赤腹松鼠的危害区域在大尺度上具有选择性。对于小型哺乳动物而言, 分布范围主要依赖于环境所能为其提供食物和隐蔽条件等基本生存要素的存在情况^[22-28]。所以, 在食物资源丰富、方便躲避天敌的地方危害较严重, 这说明赤腹松鼠在研究区尺度上对林木的危害与其栖息、活动地的选择相关。

在样方尺度上, 受害株和受害严重株都以随机分布为主, 说明赤腹松鼠危害在小尺度上并没有较大的选择性, 对林木多是随机地进行啃食剥皮危害。最优尺度分析表明植株受害程度仅与树冠交叠度和植株下的草本盖度呈正相关, 而其他因子对危害的发生影响较小, 说明在小尺度上赤腹松鼠对人工林的危害与林木所处的环境因子相关性不强。松鼠活动的安全性常与树冠交叠度和株下草本盖度相关联。赤腹松鼠在树上营巢, 于林冠层和地面活动, 其选择树冠交叠度和

草本盖度高的植株活动, 也是确保其在觅食期间不易被天敌发现或者被发现时便于逃亡。

之前有报道赤腹松鼠较喜欢啃食柳杉中幼林^[7, 11, 29], 国外对北美灰松鼠的报道中也提及到该动物倾向于啃食树干直径和树龄较小、韧皮部生长速度较快的树株, 并且对树种也具有一定的选择性^[30]。但本次研究结果中, 并未发现赤腹松鼠危害的发生与树种和胸径具有统计学意义, 这可能是由于调查区域内的林龄都是中龄, 其胸径差异不大, 且树种也比较单一, 主要为柳杉和杉木两种, 所以没有表现出明显的危害差异。

表3 受害株在样方尺度上的各空间分布类型比例 ($N = 129$)

Table 3 Percentage of each spatial distribution pattern of the damaged trees at quadrat scale ($N = 129$)

空间分布型 Spatial distribution pattern	聚集分布 Aggregated distribution	均匀分布 Uniform distribution	随机分布 Random distribution
样方数 (N) Quadrat number	3	48	78
$P/\%$	2.33	37.21	60.47***

$\chi^2 = 66.279$, $d_f = 2$, $P < 0.001$

表4 受害严重株在样方尺度上的各空间分布类型比例 ($N = 62$)

Table 4 Percentage of each spatial distribution pattern of the severe damaged trees at quadrat scale ($N = 62$)

空间分布型 Spatial distribution pattern	聚集分布 Aggregated distribution	均匀分布 Uniform distribution	随机分布 Random distribution
样方数 (N) Quadrat number	8	7	47
$P/\%$	12.90	11.29	75.81***

$\chi^2 = 50.355$, $d_f = 2$, $P < 0.001$

表5 影响赤腹松鼠啃皮危害的相关因子 ($N = 2293$)
Table 5 Correlative factors of the bark-chewing damage by red-bellied squirrels ($N = 2293$)

变量 Variable	相关系数 Beta	标准误差 SE	自由度 d_f	F	P
树种 Tree species	0.053	0.032	1	2.673	0.103
胸径DBH (d/cm)	-0.085	0.067	1	1.625	0.203
冠幅 Canopy diameter (A/m^2)	-0.089	0.055	1	2.684	0.102
株下草本盖度 ($P\%$) Percentage of grass cover	0.152	0.056	1	7.321	0.007**
树冠交叠度 ($P\%$) Percentage of canopies overlapped	0.119	0.054	1	4.808	0.029*
林窗 Forest gap	0.001	0.033	1	0.000	0.983
非生物生境因子 Abiotic habitat factors	0.043	0.041	1	1.073	0.301

* $P < 0.05$; ** $P < 0.01$

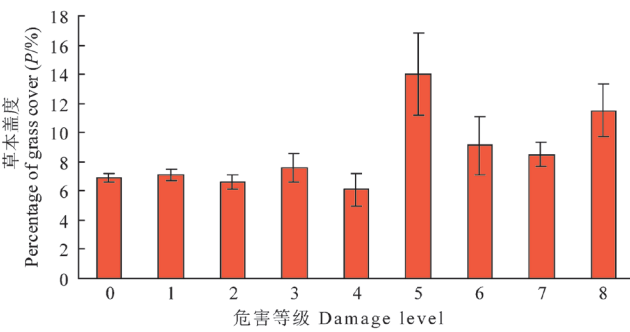


图1 树株不同危害程度的草本盖度 ($\bar{x} \pm s$)

Fig. 1 Percentages of grass cover at different damage levels ($\bar{x} \pm s$)

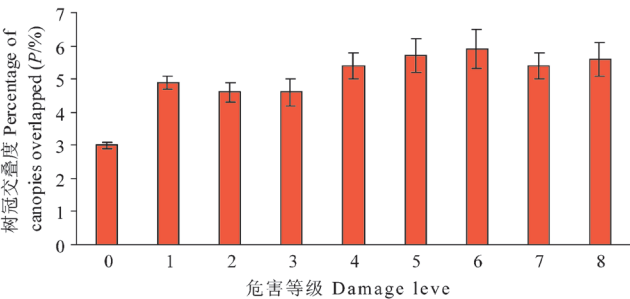


图2 树株不同危害程度的树冠交叠度 ($\bar{x} \pm s$)

Fig. 2 Percentages of canopies overlapped at different damage levels ($\bar{x} \pm s$)

总之,从赤腹松鼠危害发生的空间分布格局上看,赤腹松鼠危害的发生与其生存环境相关,即与其生活、繁殖所需要的环境条件相关;但具体对每株林木而言,危害的发生是随机的,即每株林木都有受害的可能,但具有高的树冠重叠度和高的地面草本盖度的林木受到危害的程度会越重。

基于本研究结果,在赤腹松鼠的危害防治上,可以结合不同空间尺度来进行人工林管理。在大尺度上破坏松鼠栖息的环境,定期清理林内的杂木、死木、灌木等,树株不要栽植太密集,减少林内郁闭度。针对单棵树株,则应定期修剪树枝,清理树株下的杂草,在食物匮乏的冬春季节,在树株树干上涂防啃剂。此外,还应减少人类非必要活动的干扰,避免生境破碎化,减少边缘地带的出现。

致谢 感谢洪雅县林业局的大力支持和协助;感谢柴璐艳、李月蛟等参与野外数据收集工作。

References

- 1 Tang MC (唐蒙昌), Cao GC (曹广成), Zhao TB (赵天飙). 内蒙古主要森林鼠害分布及危害程度的研究. *Inner Mongolia For Sci & Technol* (内蒙古林业科技), 2003, **3**: 40~43
- 2 Wang WH (王庆海), Wu YQ (吴有庆), Xing MX (邢铭香), Fu S (付爽), Li ZG (李志刚). 黑龙江省东部山区森林鼠害发生环境因子的研究. *防护林科技. Prot For Sci & Technol* (防护林科技), 2005, **3**: 65~66
- 3 Huan BH (黄保宏), Liu AJ (刘安军). Nearest neighbor analysis on the distribution of *Didesmococcus koreanus* in plum orchard. *J Anhui Tech Teachers Coll* (安徽技术师范学院学报), 2004, **18** (6): 45~47
- 4 Yang HX (杨洪晓), Zhang JT (张金屯), Wu B (吴波), Li XS (李晓松), Zhang YY (张友炎). Point pattern analysis of *Artemisia ordosica* population in the Mu Us Sandy Land. *J Plant Ecol* (植物生态学报), 2006, **30** (4): 563~570
- 5 Ran JH (冉江洪), Liu SY (刘少英). Investigation on rodent pests of artificial forest in Sichuan Province. *Sichuan J Zool* (四川动物), 1999, **18** (1): 33~34
- 6 Li SS (李树深), Wang YX (王应祥). A new subspecies in *Callosciurus erythraeus* (Rodentia, Sciuridae). *Zool Res* (动物学研究), 1981, **2** (1): 71~78
- 7 Xu HF (徐宏发), Sheng HL (盛和林). A preliminary study on energy metabolism and nutrition requirement of red-bellied tree squirrel (*Callosciurus erythraeus*). *Acta Theriol Sin* (兽类学报), 1992, **12** (2): 126~131
- 8 Cai HX (蔡红霞). Population ecology of *Callosciurus erythraeus* and its damage to artificial forests at Hongya Forestry Farm: [Degree Dissertation]. Chengdu, China: Sichuan University (成都: 四川大学), 2002. 1~28
- 9 Xu W (徐玮), Ran JH (冉江洪), Zhang JP (张家平), Yuan YF (袁亚夫), Liu SY (刘少英), Zeng ZY (曾宗永). A new method for estimating population size of *Callosciurus erythraeus*. *Chin J Appl Environ Biol* (应用与环境生物学报), 2005, **11** (3): 342~345
- 10 Dong L (董岚), Ji M (纪岷), Xu W (徐玮), Jiang YZ (蒋永智), Sun GZ (孙国忠), Ran JH (冉江洪). Relation of damage and reproduction of red-bellied squirrels in plantation. *Sichuan J Zool* (四川动物), 2009, **28** (2): 197~201
- 11 Yin SJ (尹三军), Wen ZX (温知新), Ran JH (冉江洪), Tang KC (汤开成). Damage of *Callosciurus erythraeus* in planted forests. *Sichuan J Zool* (四川动物), 2010, **29** (3): 376~381
- 12 Wanng BS (王伯荪), Yu SX (余世孝), Peng SL (彭少麟). 植物群落学实验手册. Guangzhou, China: Guangdong High Education Press (广州: 广东高等教育出版社), 1996. 100~102
- 13 Wang BS (王伯荪), Li MG (李鸣光), Peng SL (彭少麟). 植物种群学. Guangzhou, China: Guangdong High Education Press (广州: 广东高等教育出版社), 1995. 92~105
- 14 Zhang F (张峰), Shangguan TL (上官铁梁). Population patterns of dominant species in *Elaeagnus mollis* communities, Shanxi. *Acta Phytoecol Sin* (植物生态学报), 2000, **24** (5): 590~594
- 15 Liang SC (梁士楚). A preliminary study on the structure and dynamics of *Pubescent hornbeam* population in karst mountain of Guiyang. *Acta*

- Phytoecol et Grebot Sin* (植物生态学与地植物学学报), 1992, **16** (2): 108~117
- 16 Zhang WY (张炜银), Li MG (李鸣光), Liang SC(梁士楚), Wang BS (王伯荪), Zan QJ (詹启杰), Wang YJ (王勇军). Study on distribution pattern of *Mikania micrantha* populations. *Guihaia* (广西植物), 2003, **23** (4): 303~306
 - 17 Wang M (王敏). Study on an invasive plant species redroot pigweed (*Amaranthus retroflexus*) in Taiyuan: [Degree Dissertation]. Taiyuan, China: Shanxi University (太原: 山西大学), 2008. 11~16
 - 18 Wang BY (王本洋), Yu SX (余世孝). Multi-scale analysis of population distribution patterns. *Acta Phytoecol Sin* (植物生态学报), 2005, **29** (2): 235~241
 - 19 Clark PJ, Evans FC. Distance to nearest neighbour as a measure of spatial relationships in populations. *Ecology*, 1954, **35**: 445~453
 - 20 Kint V, Lust N, Ferris R, Olsthoorn AFM. Quantification of forest stand structure applied to Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) forests. In: Mason B ed. Silviculture and Biodiversity of Scots Pine Forests in Europe. Proceeding of the Final Meeting of a Concerted Action, June 1999, Valsain, Spain, 2000, **1**: 147~164
 - 21 Lu WD (卢纹岱). Statistic Analysis of SPSS for Windows. 3th ed. Beijing, China: Publishing House of Electronics Industry (北京: 电子工业出版社), 2006. 359~363
 - 22 Adler GH. Habitat selection and species interactions: An experimental analysis with small mammal population. *Oikos*, 1985, **45**: 380~390
 - 23 Ferreira SM, Van Aarde RJ. Changes in community characteristics of small mammals in rehabilitating coastal dune forests in northern KwaZulu/ Natal. *Afr J Ecol*, 1996, **34**: 113~130
 - 24 Tews J, Brose U, Grimm V, Tielbörger K, Wichmann MC, Schwager M, Jeltsch F. Animal species diversity driven by habitat heterogeneity/ diversity: The importance of keystone structures. *J Biogeog*, 2004, **31**: 79~92
 - 25 Morris DW. Optimally foraging deer mice in prairie mosaics: A test of habitat theory and absence of landscape effects. *Oikos*, 1997, **80**: 31~42
 - 26 Batzli GO, Lesieutre C. Community organization of arvicoline rodents in northern Alaska. *Oikos*, 1995, **72**: 88~98
 - 27 Ecke F, LÊ gren O, SÊ rin D. Population dynamics of small mammals in relation to forest age and structural habitat factors in northern Sweden. *J Appl Ecol*, 2002, **39**: 781~792
 - 28 Men XY (门兴元), Guo XG (郭宪国), Dong WG (董文鸽), Qian TJ (钱体军). Population dynamics of *Dremomys pernyi* and *Callosciurus erythraeus* in the protective and non-protective pine forests at different ages. *Zool Res* (动物学研究), 2006, **27** (1): 29~33
 - 29 Guo BZ (郭宝章). 台湾松鼠之生物学特性及其危害与控制. 农委会林业特刊, 1990 (33): 3~4
 - 30 Anna LS, Julian E. Damage caused by the American grey squirrel (*Sciurus carolinensis*) to agricultural crops, poplar plantations and semi-natural woodland in Piedmont, Italy. *Forestry*, 2007, **80** (1): 89~98



昆虫学基础与常见种类识别

嵇保中 等 编著 科学出版社出版 (2011年4月) ISBN 978-7-03-030086-7/Q·2630 ¥75.00 16开本 平装

内容简介

本书介绍昆虫学基础知识与常见种类识别特征。全书共18章, 第1~13章系统介绍昆虫外部形态、生殖方式与性别决定, 胚胎、胚后发育与行为, 分类学基础知识与常见类群, 标本的采集与制作。第14~18章介绍半翅目、鞘翅目、鳞翅目、膜翅目、直翅目等常见昆虫666种。本书采用了新的分类系统, 对所涉及的内容注重知识体系的系统性、知识点和资料收集的完整性。全书附特征图200余幅, 原色彩图74版, 力争做到图文并茂, 易学易记。

本书可供相关专业师生、专业技术人员以及昆虫业余爱好者阅读参考。

欢迎邮购各类图书 欢迎致电索要书目

联系人: 科学出版社科学销售中心 周文宇 电话: 010-64031535 E-mail: zhouwenyu@mail.sciencep.com

网上订购: <http://shop.sciencepress.cn>

科学出版中心生物分社 电话: 010-64012501 网址: www.lifescience.com.cn E-mail: lifescience@mail.sciencep.com