

doi:10.16779/j.cnki.1003-5508.2017.05.014

# 基于主成分分析法的蜀柏毒蛾灾害发生 影响因子筛选研究

贾玉珍<sup>1</sup>, 张鑫<sup>2</sup>, 周建华<sup>1</sup>

(1. 四川省林业科学研究院, 四川 成都 610081; 2. 中江县林业局, 四川 中江 618100)

**摘要:**以中江县蜀柏毒蛾发生区为研究对象,探讨主成分分析方法在筛选影响因子中的作用。选取影响蜀柏毒蛾危害的12个生态因子,通过主成分筛选和优化,划分蜀柏毒蛾危害区域,并采用GIS进行直观展示。研究得到3个主成分,分别代表立地因子、环境关系因子和林分因子,贡献量分别为35.274%、20.544%、14.897%,累计贡献率为70.715%,基本保留了12个生态因子的绝大部分信息。按主成分综合得分值大小,采用自然断点分类法将中江县蜀柏毒蛾危害划分为常发区、偶发区和安全区,与历年发生趋势一致。并用ArcGIS软件以继光乡为例进行了展示。结果表明,主成分分析可以优化蜀柏毒蛾危害综合评价指标,GIS可直观显示危害程度。古店乡、继光乡、回龙乡等以蜀柏毒蛾常发区为主的乡镇,应重点监测。

**关键词:**主成分分析;蜀柏毒蛾;影响因子

中图分类号:S763.3 文献标识码:A 文章编号:1003-5508(2017)05-0058-05

## A Study of Principal Component Analysis in Comprehensive Indicator Screening for *Parocneria Orienta* Hazard

JIA Yu-zhen<sup>1</sup> ZHANG Xin<sup>2</sup> ZHOU Jian-hua<sup>1</sup>

(1. Sichuan Academy of Forestry, Chengdu 610081, Sichuan, China;

2. Forestry Bureau of Zhongjiang County, Zhongjiang 618100, China)

**Abstract:** The aim of this paper is to investigate the application of principal component analysis in impact factors of *Parocneria orientata* hazard in Zhongjiang County. A principal component analysis was performed by the data of 12 factors associating with the prediction of *P. Orienta* hazard. The degree of *P. Orienta* hazard in different regions was obtained and intuitively presented by GIS. The eigenvalues of 3 principal components were 35.274%、20.544%、14.897%, respectively. The accumulative contribution rate of the 3 major factors to total variation accounted for 70.715%, maintaining most of information of 12 characters. According to the comprehensive value of principal component, GIS Natural Breakpoint Method was used to divide the degree of *P. Orienta* hazard into frequently occurring region, occasionally occurring region and safe area. Results showed that principal component analysis could optimize the comprehensive indicators for the evaluation of *P. Orienta* hazard, and comprehensive score of Principal Component could quantify and intuitively show the degree of *P. Orienta* hazard in different regions.

**Key words:** Principal component analysis(PCA), *Parocneria orientata*, Impact factor

蜀柏毒蛾(*Parocneria orientata* (Chao, 1978))是四川省柏木林区非常严重的一种森林虫害,有效控

收稿日期:2017-07-21

基金项目:2017年基本科研业务费项目“基于ArcGIS县级蜀柏毒蛾灾害监测预警系统研发”(JB2017-09)。

作者简介:贾玉珍(1975-),女,吉林省抚松县人,副研究员,主要从事森林保护工作。

制蜀柏毒蛾发生与危害是各县乃至四川省森林防治长期以来努力的目标。蜀柏毒蛾种群是森林生态系统组成的一部分,其发生发展动态受到众多因素的影响严重,如蜀柏毒蛾生物学特性<sup>[1]</sup>、气候因素<sup>[2]</sup>、生态因子<sup>[3]</sup>等多方面,其中蜀柏毒蛾本身的生物学特性、气候等因素难以人为改变,但是人们可以通过调整群落结构、生物多样性、立地类型等生态因子。如果能确定影响蜀柏毒蛾危害的关键生态因子,将能更有针对性、更高效的控制蜀柏毒蛾的灾害。

生态因素包含很多因子,各因子对蜀柏毒蛾灾害的影响并不是孤立的存在,每个因子的影响程度也不相同,多因子之间还存在相关性,如何有效筛选影响蜀柏毒蛾灾害主要因子是分析问题的关键。本研究以四川省中江县柏木生态系统为研究对象,通过主成分分析法优化筛选蜀柏毒蛾危害的综合评价指标,客观描述柏木林蜀柏毒蛾危害分布特征,为制订科学预防蜀柏毒蛾危害策略提供技术依据。

## 1 研究区域概况和研究方法

### 1.1 研究区概况

中江县位于四川盆地西北部,介于东经 104°26'15"~105°11'15",北纬 30°31'00"~31°17'30"之间,林地总面积为 60 275.65 hm<sup>2</sup>,其中柏木林面积为 51 574.15 hm<sup>2</sup>,占总林分的 85.9%。中江县柏木林面积比重大,加上林分组成单一,群落结构简单,人类干扰严重,是四川省蜀柏毒蛾危害的常发县。

### 1.2 数据来源

调查数据:结合中江县林业有害生物普查和中江县森林资源调查,在中江县范围内设置了柏木标准地小班 32 个,采用灯诱调查;设置有效踏查小班 28 个,采用线路调查方法。分别记录各小班蜀柏毒蛾危害情况,同时记录小班单株虫口密度、郁闭度、平均树高、平均胸径、群落结构等因子。

基础地理数据和资源数据:包括道路、居民地、行政区划、小班分布等要素的资源矢量数据以及 1:1 万地形图的数字等高线和遥感图。

### 1.3 研究方法

(1)空间数据叠加提取:通过基础地理数据和资源数据叠加分析,提取各小班坡度、坡向、海拔、坡位等数据,计算小班质心点与道路、水系、居民点的距离(最近距离值)<sup>[4]</sup>。

(2)数据分析方法:数据的量化计算中因变量 Y 为危害程度,自变量 X 项中包括坡度(X1)、坡向

(X2)、海拔(X3)、坡位(X4)、林分郁闭度(X5)、平均树高(X6)、平均胸径(X7)、道路距离(X8)、水系距离(X9)、居民点距离(X10)、小班面积(X11)、群落结构(X12)。各质量指标均经数量化转换后输入,转换以各因子对蜀柏毒蛾发生程度的影响为依据,各指标转换方式如下<sup>[5]</sup>:

蜀柏毒蛾危害程度(Y):根据调查虫口密度并结合历年发生情况及森林生态系统条件,以小班为单位划分常发区、偶发区、安全区 3 种类型。坡度(X1):0~5°为平坡、6°~15°为缓坡、16°~25°为斜坡、>26°为陡坡,分别以 1、2、3、4 表示。坡向(X2):阳坡、半阳坡、半阴坡、阴坡分别用 1、2、3、4 表示。海拔(X3):300 m~400 m、401 m~500 m、501 m~600 m、601 m~700 m、>700 m 分别以 1、2、3、4、5 表示。坡位(X4):坡下、坡中、坡上分别用 1、2、3 表示。林分郁闭度(X5):0~0.3、0.3~0.5、0.5~0.7、0.7~0.8、0.8~1,分别以 1、2、3、4、5。公路距离(X8):0~100 m、101 m~200 m、201 m~300 m、301 m~400 m、>400 m 分别以 1、2、3、4、5 表示。居民点距离(X10)和水系距离(X9)划分标准同“公路距离”标准。小班面积(X11):0~1 hm<sup>2</sup>、1 hm<sup>2</sup>~2 hm<sup>2</sup>、2 hm<sup>2</sup>~3 hm<sup>2</sup>、>3 hm<sup>2</sup> 分别以 1、2、3、4 表示。群落结构(X12):分为简单、中等、完整分别以 1、2、3 表示。

### (3)统计学分析:

主成分分析:使用 SPSS19.0 分析,构建 60 个柏木小班蜀柏毒蛾危害相关因子原始数据矩阵,进行数据标准化处理,以消除量纲不同的影响;对数据进行 KMO 检验和 Bartlett 球形度检验,进行主成分分析,根据累计贡献率确定主成分个数;计算特征向量矩阵;计算主成分得分矩阵;最后利用主成分函数计算各柏木小班的综合得分。

蜀柏毒蛾危害可视化:利用 GIS 软件将中江县蜀柏毒蛾危害主成分综合得分与中江县森林资源数据结合,将柏木小班划分出为 3 个等级并可视化,用不同的色阶直观展示出来。

## 2 结果与分析

### 2.1 主成分分析

KMO 值与 Bartlett 球形度检验:KMO 值为 0.728, Bartlett 球形度检验 P<0.01,表明各变量间存在较强的相关性,数据适合做主成分分析。

通过对 12 个自变量进行主成分分析,各主成分

的初始特征值、贡献率及累计贡献率具体值见表 1。 3 个主成分累计贡献率可达到 70.715%，故选择前一般认为累计贡献率以大于 70% 为宜，表 1 显示前 3 个主成分，相关矩阵的特征向量见表 2。

表 1 解释的总方差

成份 Component	Total Variance Explained								
	初始特征值 Initial Eigenvalues			提取平方和载入 Extraction Sums of Squared Loadings			旋转平方和载入 Rotation Sums of Squared Loadings		
	合计 total	方差(%) % of Variance	累积(%) Cumulative(%)	合计 total	方差(%) % of Variance	累积(%) Cumulative(%)	合计 total	方差(%) % of Variance	累积(%) Cumulative(%)
1	4.843	40.361	40.361	4.843	40.361	40.361	4.233	35.274	35.274
2	2.137	17.806	58.167	2.137	17.806	58.167	2.465	20.544	55.818
3	1.266	12.549	70.715	1.266	12.549	68.715	1.548	14.897	70.715
4	0.91	6.586	77.301						
5	0.802	5.685	82.986						
6	0.525	4.373	87.358						
7	0.473	3.943	91.301						
8	0.393	3.276	94.577						
9	0.212	1.764	96.34						
10	0.198	1.647	97.987						
11	0.128	1.069	99.056						
12	0.113	0.944	100						

从表 1、表 2 可以看出，按特征值  $r > 1$  的方式能提取 3 个主成分，它们能解释总方差的 70.715%，基本上保留了原来指标的信息。旋转后 3 个主成分的贡献量分别为 35.274%、20.544%、14.897%。

表 2 成份矩阵

因子 Factor	成份 Component		
	1	2	3
坡度 X1	.621	-.154	.100
坡向 X2	.871	-.009	.148
海拔 X3	.823	-.271	-.138
坡位 X4	.810	.333	.102
郁闭度 X5	.437	.092	.695
平均树高 X6	.472	-.517	.312
平均胸径 X7	.751	-.326	-.121
道路距离 X8	.344	.716	.244
水系距离 X9	.295	.697	-.394
居民点距离 X10	.470	.676	-.110
小班面积 X11	.615	-.274	-.613
群落结构 X12	.763	-.125	-.079

第 1 主成分对坡向、海拔、坡位有绝对值较大负荷系数，充分反映出林分的立地情况，可以归为立地因子。海拔、坡向的不同可影响森林内的温、湿度情况，坡向直接影响到小生境的温度与湿度，以及树种分布，所以也间接影响蜀柏毒蛾危害。一般阳坡蜀柏毒蛾发生高于阴坡，西坡高于东坡，特别是虫源地和害虫初发期比较明显，这与阳坡阳光充足、气温高、蜀柏毒蛾发育快等原因有关。海拔对蜀柏毒蛾分布与发生也有较大影响。中江县蜀柏毒蛾一般发

生在海拔 500 m 以下的地区，该区域为柏木林分布零散，一般生长差、多为田间地头的条形林带、群落结构简单，人畜活动频繁，干扰强度大，多容易形成蜀柏毒蛾虫源地。坡位靠下的区域，尤其是带状林地或者疏林地，能削弱坡向的影响，另外坡位靠上的小班，小生境更复杂，人为干扰较小，生物多样性更丰富，可在一定程度上抑制蜀柏毒蛾发生<sup>[6,7]</sup>。

第 2 主成分对道路、水系距离、居民点距离有绝对值较大负荷系数，这些因素直接反映柏木与周围地理因子之间相关性，因此归为空间关联因子。蜀柏毒蛾有很强趋光性，居民点灯光对蜀柏毒蛾有很强的引诱作用，道路提供了车灯和较容易的飞行通道等原因，因此蜀柏毒蛾虫源地最初多发生在离居民点近、周围有道路和水系的小班，然后向四周扩散<sup>[8]</sup>。

第 3 主成分对郁闭度、小班面积有绝对值较大负荷系数。该主成分反映了蜀柏毒蛾发生和柏木林分因子之间的关系，归为林分因子。蜀柏毒蛾多发生在一些四旁、零星分布的柏木林带上，此类小班面积小，斑块分布零散，郁闭度小。而郁闭度大、面积大片分布的柏木林，生态系统相对稳定，因此不容易发生蜀柏毒蛾的危害。

## 2.2 综合评价

经计算，最后确定的因子载荷矩阵见表 3，该矩阵与标准化后的原始数据结合用于计算各小班 Z1、Z2、Z3 主成分得分值。

表 3 成份得分系数矩阵

Tab. 3 Component Score Coefficient Matrix

因子 Factor	成份 Component		
	1	2	3
坡度 X1	.140	-.014	.022
坡向 X2	.150	.030	.152
海拔 X3	.223	-.041	-.074
坡位 X4	.075	.186	.132
郁闭度 X5	-.013	-.063	.583
平均树高 X6	.158	-.216	.184
平均胸径 X7	.197	-.059	-.008
道路距离 X8	-.103	.289	.259
水系距离 X9	-.037	.389	-.234
居民点距离 X10	-.030	.363	-.057
小班面积 X11	.245	.031	-.479
群落结构 X12	.178	.009	-.025

Z1、Z2、Z3 主成分函数计算公式为:

$$Z1 = 0.14X1 + 0.15X2 + 0.223X3 + 0.075X4 - 0.013X5 + 0.0158X6 + 0.197X7 - 0.103X8 - 0.037X9 - 0.03X10 + 0.245X11 + 0.178X12$$

$$Z2 = 0.014X1 + 0.03X2 - 0.041X3 + 0.186X4 - 0.063X5 - 0.216X6 - 0.059X7 + 0.289X8 + 0.389X9 + 0.363X10 + 0.031X11 + 0.00912$$

$$Z3 = 0.022X1 + 0.152X2 - 0.074X3 + 0.132X4 + 0.583X5 + 0.184X6 - 0.008X7 + 0.259X8 - 0.234X9 - 0.057X10 - 0.479X11 - 0.025X12$$

通过以上 3 个主成分公式计算后,按公式  $Z = 0.4036Z1 + 0.178Z2 + 0.105Z3$  最终确定中江县各柏木林小班的主成分综合指标评价得分 Z 值,作为评价中江县蜀柏毒蛾危害程度的客观依据。经统计,中江县柏木林小版主成分综合指标评价得分 Z 值范围为 1.14 至 2.78。

### 2.3 蜀柏毒蛾危害的估算结果分布

用 GIS 软件,选用自然断点分类法 (Natural Breaks) 对全县柏木林分布区域综合指标评价得分划分为 3 类,自然断点分类法分类原则是减少同一级中的差异,增加级间差异,使分出的各类方差和最小。分别用黑、灰、白等不同的色阶表示 (图 1)。黑色代表蜀柏毒蛾常发区域,面积为 10 335.44  $\text{hm}^2$ ,评价得分值范围 1.14 ~ 1.71;灰色代表蜀柏毒蛾偶发区域,面积为 23 207.83  $\text{hm}^2$ ,评价得分值范围为 1.71 ~ 1.96;白色代表蜀柏毒蛾安全区域,面积为 17 954.54  $\text{hm}^2$ ,评价得分值范围为 1.96 ~ 2.78。由

于县域范围较大,本文中以继光乡为例,对蜀柏毒蛾危害综合评分并进行展示。



图 1 蜀柏毒蛾危害综合评分示意图(以继光镇为例)

Fig. 1 The comprehensive score of *P. Orienta* hazard

## 3 讨论

本研究对中江县县域范围内影响蜀柏毒蛾危害的相关因子数据进行了主成分分析,提取了 3 个主成分,综合反映了立地因子、林分因子、空间关联因子等方面的信息。研究表明,任何生态因子对蜀柏毒蛾危害的作用并不是孤立的,而是在相互作用的综合状态下发生的,3 个主成分累计贡献率 70.71%,说明获得的主成分基本保留了原来 12 个因子数据信息,有较好的代表性。通过主成分分析实现了将数据科学简化的目的,进一步优化了蜀柏毒蛾危害综合评价指标。

根据 3 个主成分数值及各自贡献率大小,通过进一步计算综合主成分得分,以综合得分值大小反映蜀柏毒蛾危害程度,实现了对蜀柏毒蛾危害程度的量化。最后用 ArcGIS10 按自然断点分类法对蜀柏毒蛾危害综合得分值进行分类,全县分为常发区、偶发区和安全区 3 类,实现了对蜀柏毒蛾危害差异的科学分类。通过历年监测数据统计,蜀柏毒蛾危害常发区区划与历年发生趋势一致,古店乡、继光镇、回龙镇等乡镇,蜀柏毒蛾常发区面积比例较高,

蜀柏毒蛾爆发机率也较大。

本研究通过主成分分析与 ArcGIS10 结合,对江安县蜀柏毒蛾危害程度进行了量化和分类,并直观的显示出来。在今后研究中应将 GIS 强大的空间分析功能和数据挖掘有效结合,研究蜀柏毒蛾不同尺度空间发展规律,及时预测预报其扩散和蔓延区域,为各级林业部门提供高效、准确的监测系统。

#### 参考文献:

- [1] 邹智勇,李锋.蜀柏毒蛾的生物学特性与防治技术研究进展[J].四川林业科技,2015,36(2):122~126.  
[2] 王闫利.蜀柏毒蛾在我国的潜在地理分布及主导气候因子阈

值[J].江西农业学报,2015,(2):107~110.

- [3] 刘良才,周建华.中江县蜀柏毒蛾灾害的可持续治理探讨[J].四川林业科技,2008,29(6):52~53.  
[4] 武红智,陈改英.基于 GIS 的马尾松毛虫灾害空间扩散规律分析[J].遥感学报,2004,8(5):475~480.  
[5] 周国娜.基于 GIS 的森林病虫害生态地理因素分析与区划[D].河北农业大学,2003.  
[6] 陈蓉.蜀柏毒蛾发生规律及综合防治技术[J].四川林业科技,2008,29(5):81~82.  
[7] 文亮.蜀柏毒蛾危害对柏木林健康影响评价[D].四川农业大学,2007.  
[8] 谯金保.对蜀柏毒蛾防治的措施及对策[J].四川林业科技,2010,31(1):107~110.

(上接第 43 页)

### 3 结论

适应性研究发现,浙江种源的铁皮石斛材料无论是分蘖、开花等适应能力均优于其他地区的种源。特别是浙江 2 号在引种地生长 1 a 后,测量其多糖含量高达 60% 以上,是四川成都及峨眉山地区石斛产业优先考虑发展的优良种源。

来自同一地区的铁皮石斛种源,野生品种的适应能力确实强于栽培种。野生种源是极其珍贵的自然资源,具有强的适应性和抗逆性,是铁皮石斛品种选育工作中需要充分利用的植物资源。

野生资源甚至仿野生资源一直都是石斛消费人群所追求的。本研究发现,其实无论是野生资源还是仿野生资源,其中的有效成分多糖,其含量虽然超过《药典》标准,但还是明显低于其他栽培种。目前,我国石斛已实现了大面积的栽培,只要人工种植中按照产业标准来栽培,保证其品质纯正,其产品都是安全可靠的,均可以保证其原有的品质和保健治病功效。目前我国野生石斛资源处于濒危状态,数量非常稀少,保护野生石斛的宝贵基因是每个公民应尽义务,石斛消费人群也应该转变思想,从科学的角度理性消费。

#### 参考文献:

- [1] 李钦.铁皮石斛颗粒增强免疫功能作用研究[J].中药药理与临床,2008,24(1):53.  
[2] 张红玉.铁皮石斛多糖对 S180 肉瘤小鼠免疫功能的影响[J].浙江中医杂志,2009,44(5):380~381.  
[3] 吴昊妹.铁皮石斛降血糖作用及其机制的研究[J].中国中药杂志,2004,29(2):160~163.  
[4] 何铁光.铁皮石斛原球茎多糖 DCPPa-1 的理化性质及抗肿瘤活性[J].天然产物研究与开发,2007,19(4):578~583.  
[5] 管惠娟.铁皮石斛化学成分的研究[J].中草药,2009,40(12):1873~1876.  
[6] 屠国昌.铁皮石斛的化学成分、药理作用和临床应用[J].海峡药学,2010,22(2):70~71.  
[7] 鲍素华.铁皮石斛多糖体外抗氧化活性的研究[D].合肥工业大学,2009:1~27.  
[8] 张红玉,戴关海.铁皮石斛多糖对 S-(180)肉瘤小鼠免疫功能的影响[J].浙江中医杂志,2009,44(5):380~381.  
[9] 李钦,陈爱君.铁皮石斛颗粒增强免疫功能作用研究[J].中药药理与临床,2008,24(1):53.  
[10] 陈心启,吉占和.中国兰花全书[M].中国林业出版社,1998,:153~170.  
[11] 吉占和.中国石斛属的初步研究[J].植物分类学报,1980,18(4):427~449.  
[12] 李江陵,肖小河.四川石斛属药用植物资源调查[J].四川中草药研究,1994,36:15~17.  
[13] 何涛.四川石斛野生资源及其保护研究[J].应用与环境生物学报,2008,14(5):710~715.