

植物群落对昆虫群落及种群生态效应的数学分析

高宝嘉

(河北林学院, 保定, 071000)

张执中/李镇宇

(北京林业大学, 100083)

5718:521.1

摘要 为探讨植物群落与昆虫群落及种群之间的生态关系, 本文运用典范相关、双重筛选逐步回归、判别分析等数学方法, 以植物群落9个参数为自变量, 以昆虫群落14个参数及松毛虫种群密度为因变量, 对森林植物群落结构变化对昆虫群落及赤松毛虫种群所产生的生态效应进行了定量分析。结果表明: 森林植物群落以其垂直结构的复杂程度对捕食昆虫类群多样性产生较大影响, 植物群落物种组成的复杂程度则对寄生昆虫多样性产生明显的影响, 而且二者皆对整个昆虫群落的多样性和稳定性有显著影响。用植物群落结构参数对赤松毛虫种群的发生类别进行判别, 经检验与实际情况完全相符。

关键词: 生态效应, 植物群落, 昆虫群落, 多样性, 种群。

近年来, 许多生态学家着眼于动、植物相互关系的研究, 从生理生态学的角度探索了植物本身的变化以及人为活动、经营水平、管理对策等对昆虫及其它动物种群或群落发生发展的影响^[1-6]。这些研究为群落生态学的发展起到了积极的促进作用。作者曾就封山育林所造成的植物和昆虫群落结构和组成的变化做过研究^[7]。结果表明, 封山育林作为一种生态营林措施, 可以深刻地改变植物群落结构和组成的变化, 进而可以影响昆虫群落和种群的变化, 能有效地抑制松毛虫的发生发展^[8]。本文试图从数学上进一步分析植物群落的各种变化对昆虫群落的影响, 以定量地探讨森林植物群落结构变化和组成的复杂程度与昆虫群落及种群变化之间的生态关系。这对于揭示资源植物的存在方式对昆虫种群平衡及群落稳定性的影响, 探讨群落的稳定性机制是有理论意义的, 对于完善营林措施、指导森林害虫的综合管理又是有现实意义的。

1 研究方法

1.1 试验地概况

调查试验地设在河北省抚宁县的4种不同封山类型的油松天然次生林中, 由于封山年限不同或封山与否, 其植物群落构成、林相、油松的生长状况等均具有不同程度的差异。各类型的基本情况参见参考文献[7, 8]。

1.2 调查方法与数据来源

在4种不同封山类型的林分中, 共选择24块标准地, 采用系统抽样和随机调查的方法, 在1987—1988年对植物和昆虫进行多次调查。

植物群落调查采用系统抽样方法, 对植物群落在不同林分内的变化情况, 调查测算了以下9个参数:

本文于1991年9月24日收到, 修改稿于1992年4月10日收到。

- | | |
|----------------------|----------------------|
| x_1 林分垂直结构多样性指数; | x_2 林下植物垂直结构多样性指数; |
| x_3 林分植物科种多样性指数; | x_4 林分植物种类多样性指数; |
| x_5 乔灌木种类多样性指数; | x_6 林分植物种数; |
| x_7 林分植物科数; | x_8 林分叶层多样性指数; |
| x_9 林分盖度加权叶层多样性指数。 | |

调查方法、各参数的意义和调查数据见参考文献[7]。

昆虫群落调查及赤松毛虫种群数量调查, 采用随机采集和系统抽样相结合的方法, 共调查测算以下14个参数*:

- | | |
|--------------------|--------------------|
| y_1 蜘蛛类群多样性指数; | y_2 寄生昆虫类群多样性指数; |
| y_3 捕食昆虫类群多样性指数; | y_4 植食昆虫类群多样性指数; |
| y_5 整个昆虫群落多样性指数; | y_6 昆虫群落的相对稳定性值; |
| y_7 蜘蛛类群种数; | y_8 蜘蛛类群数量; |
| y_9 寄生昆虫种数; | y_{10} 寄生昆虫数量; |
| y_{11} 捕食昆虫种数; | y_{12} 捕食昆虫数量; |
| y_{13} 植食昆虫种数; | y_{14} 植食昆虫数量; |

具体调查方法、各参数的意义和基本数据参见参考文献[8]。

1.3 数学方法

对植物和昆虫群落各参数, 应用典范相关和双重筛选逐步回归分析方法进行分析; 植物群落结构变化对赤松毛虫种群数量变动影响的分析, 采用判别分析方法进行^[9]。全部计算过程在计算机上完成。

2 结果与分析

2.1 植物群落对昆虫群落的影响

对植物群落各参数与昆虫群落各参数进行典范相关分析, 以0.5%的显著水平检验, 得出两组典型变量方程:

$$P_1 = 3.4192x_1 + 0.7466x_2 + 2.0337x_3 - 0.2296x_4 - 0.2364x_5 \\ + 0.1408x_7 + 1.0312x_8 + 2.6683x_9$$

$$I_1 = 1.7083y_1 + 0.7325y_2 + 1.4681y_3 + 1.5021y_6 - 0.7960y_8$$

$$\text{相关系数 } r = 0.9661$$

$$P_2 = 1.8239x_1 + 0.7130x_2 + 2.2048x_3 + 0.1140x_4 + 0.4682x_5 + 1.2409x_6$$

$$I_2 = 0.1685y_1 + 1.6606y_2 + 1.0892y_3 + 1.2689y_5 - 0.8637y_6$$

$$\text{相关系数 } r = 0.9352$$

典型变量方程中 P 代表植物综合因子, I 代表昆虫综合因子, 它们分别揭示了植物与昆虫群落内各因子的综合变化情况, 并且说明了二者之间的关系。两组典型变量方程表明, 植物综合因子与昆虫综合因子之间相关极紧密。对方程的进一步分析可以看出, 在第1植物综合因子中起主要作用的是 x_1 , x_9 两个因素, 另外还有 x_3 , x_8 , 说明了第1植物综合因子主要代表了林分垂直结构和层次性的复杂程度; 在第1昆虫综合因子中起主要作用的是 y_1 , y_3 和 y_5 3个因素, 说明第1昆虫综合因子主要代表的是捕食昆虫类群及整个昆虫群落组成

* 文中将蜘蛛也列入昆虫群落内。

的复杂程度。在第2组典型变量方程中则可以得到如下信息,在第2植物综合因子中起主要作用的是 x_3 ,其次是 x_1 和 x_6 ,说明其主要代表了植物群落科组成的复杂程度;在第2昆虫综合因子中起主要作用的是 y_2 ,另外还有 y_3 、 y_5 两个因素,主要代表的是昆虫群落中寄生性天敌类群组成的复杂程度。由此可以认为,植物群落垂直结构的复杂程度对捕食昆虫(包括蜘蛛)种类组成的复杂程度影响显著。这与捕食天敌(主要是蜘蛛、螳螂、胡蜂、蚂蚁、草蛉、瓢虫)主要活动于植物立体空间有关。而植物群落科组成的变化对寄生昆虫种类组成有较大影响,这也与寄生昆虫多栖息于较复杂的生态环境的特性是相一致的。另外,植物群落垂直结构多样性及组成的复杂程度还对整个昆虫群落的多样性有极显著的影响,简单相关分析也表明,二者在0.1%的显著水平呈正相关,后者方差的69.9%是前者的变化引起的。

在以上典范分析的基础上,取能代表昆虫群落结构及组成复杂程度的 y_1 — y_5 几个因子为因变量,9个植物因子为自变量,以 $F_{2,9}=3$, $F_{1,9}=3$ 为筛选临界值,对两组参数进行双重筛选逐步回归分析,得出一组最优回归方程(见表1)。对方程及偏相关系数的分析表明,对 y_1 、 y_6 影响较大的是 x_6 和 x_1 ,对 y_3 影响较大的是 x_6 和 x_3 ,对 y_5 影响较大的是 x_6 和 x_2 ,说明对捕食天敌类群及整个昆虫群落多样性有显著影响的主要是植物群落的层次复杂性与垂直结构复杂程度的变化。对 y_2 影响较大的则是 x_3 和 x_7 ,这两个因子都是表征植物群落科组成的复杂程度的,它们主要对寄生昆虫类群多样性产生影响。这些结果与典范相关的结果是完全一致的。另外,对 y_4 产生影响的主要是 x_2 ,很明显,在油松纯林内,构成群落复杂程度

表1 植物群落与昆虫群落各参数之间的回归分析

Table 1 The double selection stepwise regression between the parameters of plant community and insect community

最优回归方程 Optimal regression equation	偏相关系数 Partial correlation coefficients
$y_1 = 1.91570 + 0.79971x_1 + 3.58197x_6$	0.778, 0.329, 0.880
$y_6 = -0.27300 + 0.51971x_1 + 0.18226x_6$	0.888, 0.656, 0.178
$y_2 = 1.12054 + 0.69190x_7 + 1.3579x_3$	0.868, 0.324, 0.786
$y_3 = -0.11913 + 0.56853x_3 - 0.30681x_1 + 2.14209x_6$	0.924, 0.722, -0.821, 0.768
$y_4 = 0.16823 + 0.77334x_2$	0.768, 0.798
$y_5 = 1.86123 + 4.43778x_2 + 0.50979x_6$	0.838, 0.787, 0.425

的主要是林下植物,因而林下植物的垂直结构及组成的变化便深刻地影响着植食昆虫的种类和数量。

2.2 植物群落对赤松毛虫种群的影响

典范相关和双重筛选逐步回归分析的结果,表明了植物群落以 x_1 、 x_2 、 x_3 、 x_4 、 x_5 、 x_6 等几个因子对昆虫群落产生显著影响,而且也说明了这几个参数集中体现了植物群落垂直结构及组成的复杂程度。而植物群落对昆虫群落的重要生态效应之一,就是直接影响到群落内优势种群数量的变化。本文用上述6个植物群落的典型参数对赤松毛虫的发生类别进行判别,以期说明这个问题。赤松毛虫的发生类别分为严重、不严重两类。

用部分调查数据建立的判别函数为:

$$Z = -2.8587x_1 + 8.3884x_2 + 0.1126x_3 - 3.8450x_4 - 4.0466x_5 + 2.0919x_6$$

判别规则为:

$$Z^{(2)} > Z^* > Z^{(1)} \quad Z^* = -0.2347$$

将实测数据代入判别函数, 若 $Z_i > Z^*$ 则归为(2)类, 即松毛虫发生类别为不严重, 反之则归为(1)类, 松毛虫发生类别为严重。

将未参加拟合判别函数的6组样本资料代入判别函数, 按判别规则进行判别, 以验证判别函数的优劣, 结果如表2。

检验结果表明判别结果与实际情况完全相符。这说明了判别式中所选几个因子的确代表

表2 赤松毛虫发生类别判别检验

Table 2 The examination of the discrimination to the occurrence classification of pine lappet caterpillar (*Dendrolimus spectabilis*)

林地编号 NO. of stand	1	6	7	9	15	17
林分类型 Type of stand	I	I	II	II	IV	IV
松毛虫发生实际情况 The actual situation	严重 Serious	严重 Serious	不严重 Light	不严重 Light	不严重 Light	不严重 Light
Z_i	-2.0882	-4.7738	6.2262	0.3437	1.9463	6.1432
判别类别 Discrimination classification	(1)	(1)	(2)	(2)	(2)	(2)
I 未封山幼林 Unclosed young forest						
II 未封山成林 Unclosed standard forest						
III 封山幼林 Closed young forest						
IV 封山成林 Closed standard forest						

了植物群落结构的变化程度, 而且从一定意义上揭示了植物群落的结构功能, 说明了植物群落结构的复杂程度对赤松毛虫种群数量的变动是有稳定的生态效应的, 即植物群落垂直结构与种类组成复杂程度高时, 松毛虫种群数量低, 发生不严重; 反之, 则种群数量高, 严重发生。

3 结语

用3种数学分析方法所得出的结果是基本一致的, 表明植物群落结构及组成的变化可以对昆虫群落及种群产生深刻的生态效应。随着植物群落垂直结构及科种组成复杂程度的增加, 捕食昆虫类群、寄生昆虫类群及整个昆虫群落的多样性增加, 群落的稳定性增强, 并进而可以抑制群落中优势种群数量的发生发展。

参 考 文 献

- [1] Frances C J. Relationships between temperate forest bird communities and vegetation structure. *Ecology*, 1982, 63(1):159—171
- [2] Lawton J H. Host-plant influence on insect diversity: the effect of space and the time. In Mound L A, Waloff N, ed. *Diversity of insect faunas*. N.Y., 1978, 105—123
- [3] MacArthur R. Environmental factors affecting bird species diversity. *Amer. Natur.*, 1964, 98:387—397
- [4] Southwood T R E. The relationships of plant and insect diversity in succession. *Biol. Jour. of the Linn. Soc.*, 1979, 12:327—348
- [5] Murdoch W W et al. Diversity and pattern in plants and insects. *Ecology*, 1972, 53: 819—829
- [6] Recher H F. Bird species diversity and habitat diversity in Australia and North America. *Amer. Natur.*, 1969, 103:75—80
- [7] 高宝嘉等. 封山育林对植物群落结构及多样性的影响. *北京林业大学学报*, 1992, 14(2):46—53
- [8] 高宝嘉, 张执中等. 封山育林对昆虫群落结构及多样性稳定性影响的研究. *生态学报*, 1992, 12(1):1—7
- [9] 唐守正. 多元统计分析方法. 北京: 中国林业出版社, 1989, 90—287

MATHEMATICAL DEMONSTRATION FOR THE ECOLOGICAL EFFECTS OF PLANT COMMUNITY ON COMMUNITY AND POPULATION OF INSECT

Gao Bao-Jia

(Hebei College of Forestry, Baoding, 071000)

Zhang Zhi-Zhong Li Zhen-Yu

(Beijing Forestry University, 100083)

To understand ecologically the relationship between plant community and the community and population of insect in a forest, the ecological effects that a change in the structure of plant community may have on insect community and the population of *Dendrolimus spectabilis* Butter have been quantitatively analysed, based on the mathematical methods such as canonical analysis, double screening for stepwise regression, etc, in which 9 parameters for plant community were taken as independent variables, and 14 parameters for insect community and the population density of *Dendrolimus spectabilis* Butter were taken as dependent variables. The results show that the plant community of forest with a greater complexity of its vertical structure can have more effects on the diversity of predatory insect group, that the plant community with a greater complexity of its family/species composition can have more significant effects on the diversity of parasitic insect group, and that both the above factors can bring about a significant influence on the diversity and stability of the whole insect community. The tests, based on the fisher dismination method for disminating the type of the pine lappet caterpillar population occurred with the parameters for the structure of plant community, produced the results which are consistent completely with the actual situation.

Key words, ecological effect, plant community, insect community, diversity.