

中国百种杰出学术期刊
中国精品科技期刊
中国科协优秀期刊
中国科学院优秀科技期刊
新中国 60 年有影响力的期刊
国家期刊奖

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

Acta Ecologica Sinica

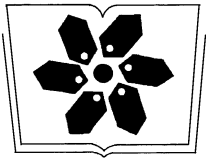
(Shengtai Xuebao)

第 31 卷 第 5 期
Vol.31 No.5
2011



中国生态学学会
中国科学院生态环境研究中心
科学出版社

主办
出版



中国科学院科学出版基金资助出版

生态学报

(SHENGTAI XUEBAO)

第 31 卷 第 5 期 2011 年 3 月 (半月刊)

目 次

盐胁迫下 3 种滨海盐生植物的根系生长和分布·····	弋良朋,王祖伟 (1195)
蕙兰病株根部内生细菌种群变化·····	杨 娜,杨 波 (1203)
森林不同土壤层全氮空间变异特征·····	张振明,余新晓,王友生,等 (1213)
基于生态位模型的秦岭山系林麝生境预测·····	罗 翀,徐卫华,周志翔,等 (1221)
黑河胜山自然保护区红松和红皮云杉生长释放判定及解释·····	王晓春,赵玉芳 (1230)
两种大型真菌菌丝体对重金属的耐受和富集特性·····	李维焕,于兰兰,程显好,等 (1240)
2005—2009 年浙江省不同土地类型上空对流层 NO ₂ 变化特征 ·····	程苗苗,江 洪,陈 健,等 (1249)
关帝山天然次生针叶林林隙径高比 ·····	符利勇,唐守正,刘应安 (1260)
鄱阳湖湿地水位变化的景观响应·····	谢冬明,郑 鹏,邓红兵,等 (1269)
模拟氮沉降对华西雨屏区撑绿杂交竹凋落物分解的影响·····	涂利华,戴洪忠,胡庭兴,等 (1277)
喷施芳香植物源营养液对梨树生长、果实品质及病害的影响 ·····	耿 健,崔楠楠,张 杰,等 (1285)
不同覆膜方式对旱砂田土壤水热效应及西瓜生长的影响 ·····	马忠明,杜少平,薛 亮 (1295)
干旱胁迫对玉米苗期叶片光合作用和保护酶的影响 ·····	张仁和,郑友军,马国胜,等 (1303)
不同供水条件下冬小麦叶与非叶绿色器官光合日变化特征 ·····	张永平,张英华,王志敏 (1312)
水分亏缺下紫花苜蓿和高粱根系水力学导度与水分利用效率的关系 ···	李文娆,李小利,张岁岐,等 (1323)
美洲森林群落 Beta 多样性的纬度梯度性 ·····	陈圣宾,欧阳志云,郑 华,等 (1334)
水体泥沙对菖蒲和石菖蒲生长发育的影响·····	李 强,朱启红,丁武泉,等 (1341)
蚯蚓在植物修复芫污染土壤中的作用·····	潘声旺,魏世强,袁 馨,等 (1349)
石榴园西花蓟马种群动态及其与气象因素的关系·····	刘 凌,陈 斌,李正跃,等 (1356)
黄山短尾猴食土行为·····	尹华宝,韩德民,谢继峰,等 (1364)
扎龙湿地昆虫群落结构及动态·····	马 玲,顾 伟,丁新华,等 (1371)
浙江双栉蝠蛾发生与土壤关系的层次递进判别分析·····	杜瑞卿,陈顺立,张征田,等 (1378)
低温导致中华蜜蜂后翅翅脉的新变异 ·····	周冰峰,朱翔杰,李 月 (1387)
双壳纲贝类 18S rRNA 基因序列变异及系统发生 ·····	孟学平,申 欣,程汉良,等 (1393)
基于物理模型实验的光倒刺鲃生态行为学研究 ·····	李卫明,陈求稳,黄应平 (1404)
中国铁路机车牵引能耗的生态足迹变化 ·····	何吉成 (1412)
城市承载力空间差异分析方法——以常州市为例·····	王 丹,陈 爽,高 群,等 (1419)
水资源短缺的社会适应能力理论及实证——以黑河流域为例 ·····	程怀文,李玉文,徐中民 (1430)
寄主植物叶片物理性状对潜叶昆虫的影响·····	戴小华,朱朝东,徐家生,等 (1440)
专论与综述	
C ₄ 作物 FACE (free-air CO ₂ enrichment) 研究进展 ·····	王云霞,杨连新,Remy Manderscheid,等 (1450)
研究简报	
石灰石粉施用剂量对重庆酸雨区受害马尾松林细根生长的影响·····	李志勇,王彦辉,于澎涛,等 (1460)
女贞和珊瑚树叶片表面特征的 AFM 观察 ·····	石 辉,王会霞,李秧秧,刘 肖 (1471)

浙江双栉蝠蛾发生与土壤关系的层次递进判别分析

杜瑞卿¹, 陈顺立^{2,*}, 张征田¹, 罗群荣³, 林春穆²

(1. 河南南阳师范学院生命科学与技术学院, 南阳 473061; 2. 福建农林大学林学院, 福州 353002;
3. 邵武市森林病虫害防治检疫站, 邵武 354000)

摘要:为了揭示浙江双栉蝠蛾发生与土壤化学指标、土壤深度的关系,在福建省邵武市拿口镇三丰村选取春笋被浙江栉蝠蛾重度危害和轻度危害各2个样地进行调查,土壤由表及里依次分成3个层次,对每个层次测定pH值、全N含量等7个指标,采用判别分析法分别对每一层及不同层次的组合进行分析。结果表明:

(1)各层独立分析,第1层单个指标中具有显著性的是有机质(X_7),判别最有效的组合是全N含量(X_2)和速效K(X_6);第2层中单个指标都不具有显著性,判别最有效的组合仍为全N含量(X_2)和速效K(X_6);第3层单个指标中具有显著性的是有机质(X_7),判别最有效的组合是速效K(X_6)和有机质(X_7)。

(2)依据第1层判别函数能够完全正确判别分组第2层和第3层,第2层判别函数能够完全正确判别分组第3层,但第2层判别函数不能够完全正确判别分组第1层,第3层判别函数不能够完全正确判别分组第1层和第2层,判别函数具有随土壤层递进而正确判别的递进性,而不具有逆土壤层进行正确判别的逆向性。

(3)对第1层与第2层的组合、第2层与第3层的组合的判别分析,发现单个指标的显著性有所变化,但判别组合的指标没有变化,再次说明了土壤理化性状是由表及里的影响特性。

(4)与方差分析和多重比较的结果相比较,判别分析不仅能反映单个指标在分组中的显著性,而且反映出指标组合的重要性,表明单个指标的显著性不能构成对分组区别的决定性。在层次递进分析过程中,可以清晰地表明各指标在各层以及层次组合中的作用,反映出了层与层间的关系。

由此可以得出:土壤的理化性状是由表及里地影响,与浙江双栉蝠蛾发生危害程度关系密切的是全N含量(X_2)和速效K(X_6),即全N含量(X_2)的增加和速效K(X_6)的减少会使危害程度加重,其次为全P含量(X_3),全P含量的增加可使危害程度加重。判别分析法较方差分析和多重比较更全面深刻地反映了浙江双栉蝠蛾发生与土壤的关系。

关键词:毛竹;土壤化学性质;浙江双栉蝠蛾;判别分析

Analysis of layer progressive discriminant relations between the occurrence of *Biplectilus zhejiangensis* and soil

DU Ruiqing¹, CHEN Shunli^{2,*}, ZHANG Zhengtian¹, LUO Qunrong³, LIN Chunmu²

1 School of Life Science and Technology, Nanyang Normal College, Nanyang 473061, China

2 College of Forestry, Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou 350002, China

3 Forestry Disease and Pest Control and Quarantine Station of Shaowu City of Fujian Province, Shaowu 354000, China

Abstract: In order to explore relationships between the occurrence of *Biplectilus zhejiangensis* moth in the bamboo shoot and soil chemical characteristics and depth. Two plots of bamboo forest damaged by the moth were selected to perform this study in 2007 in Shaowu, Fujian. Soil beneath the damaged bamboo shoots were divided into 3 depth levels (0—20cm, 20—40cm and 40—60cm) in each 60 cm × 60 cm plot, and were labeled as Layer 1, 2 and 3 from the surface. Soil samplings from each level were composited to test for pH, total N content and seven other soil parameters. Discriminant analysis technique was used to analyze each layer, 1,2-layer combination, 2,3-layer combination and 1,2,3-layer composition. The

基金项目:福建省科技厅重大科技资助项目(2007N0078)

收稿日期:2010-09-10; 修订日期:2011-01-24

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: cslfjau@126.com

results indicated that:

(1) Layer 1 had significant organic matter with the most effective combination discriminant of the total nitrogen content and instant potassium; Layer 2 was not significant in single index, but the most effective combination discriminant were still total nitrogen content and instant potassium. Layer 3 had significant single parameter of organic matter, the most effective combination discriminant were instant potassium and organic matter. Levels of importance on the target groups were not identical. The individual indicator was significant in the portfolio which had great impact on the group, but not completely decisive. Combination indicator played a more important role than the individual indicator.

(2) Layer 1 discriminant function can be used to correctly classify Layer 2 and Layer 3. Layer 2 discriminant function can be used to correctly classify Layer 3, but not to Layer 1. Layer 3 can not be used to correctly classify Layer 1 and Layer 2. Discriminant function had forward classifying to the lower layer with a certain degree of accuracy, but hadn't reverse classifying to the upper layer. From the surface to bottom layer, the damage level increased with the total nitrogen content and decreased with instant potassium content.

(3) Discriminant analysis of 1, 2-layer combination and 2, 3-layer combination showed that Significance in single indicator changed, but the combination of the index didn't. The most effective indicators of 1, 2-layer combination were still total nitrogen content and instant potassium. 2, 3-layer combination had the same indicator in single layer which were still total N content and instant potassium, which illustrates again that the physical and chemical properties of soil affect the damage level from surface to bottom layer.

(4) Compared with the results of variance analysis and multiple comparisons, discriminant analysis reflects not only the single indicator statistically significant in a group, but also the importance of index portfolio. This result indicates that significance of single indicator could not differentiate decisively between groups. Therefore, we conclude that the physical and chemical properties of soil could affect the occurrence of *B. zhejiangensis* from surface to bottom layer, and the damage level increases with the increase of total nitrogen and the decrease of instant potassium. Using discriminant analysis method to identify the relations between the occurrence of *B. zhejiangensis* and soil was superior to variance analysis and multiple comparisons.

Key Words: Bamboo; soil chemical properties; *Biplectilus zhejiangensis* Wang; discriminant analysis

浙江双栳蝠蛾属于鳞翅目(Lepidoptera)、蝙蝠蛾科(Hepialidae)、双栳蝠蛾属(*Biplectilus*)。浙江双栳蝠蛾(*Biplectilus zhejiangensis* Wang)是福建省毛竹笋的一种新害虫,近几年来在该省闽西北毛竹产区危害十分严重,对该省的竹业产业带来严重影响。该虫是王林瑶等2001年发现的新种,模式标本产地为浙江吉安,幼虫取食刚竹的竹笋及根系^[1]。2005年以来课题组对该虫在福建的生物学特性、空间格局、发生与环境关系及综合防治技术进行了系统研究^[2-3],吴智才研究表明,该虫的发生程度与竹林土壤的腐殖质层厚度关系密切,腐殖质层厚的林地发生严重^[3],土壤是影响浙江双栳蝠蛾发生的重要因子。为了探明原因,对浙江双栳蝠蛾不同发生危害程度的竹林土壤进行理化性质测定与分析,为发生区毛竹林地土壤管理、合理施肥提供科学决策,为开展综合防治奠定基础。

苏延宾等^[4]已对浙江双栳蝠蛾发生与土壤的关系进行了研究和报道,但是存在以下不足:(1)通过方差分析,阐明每一个指标在2组(危害程度重度和轻度)上的差异性,以此说明每一指标与危害程度的关系,显然不足。因为有显著差异,可以说明与危害程度关系密切,但不显著,也不能排除与危害程度关系密切,因为危害程度是由多个指标共同作用的结果,不能用单一指标的分析方法来确定,忽视了指标间的关联性。(2)土壤是分3个层来测定指标的,但在分析时,忽视了每层的独立性和层与层的关联性。(3)同一指标在不同的土壤层,可能所起的作用是不同的;同一组指标在不同的土壤层,相互关联的影响作用也不同,应该逐层递进分析。基于此,本文提出层次递进判别分析法。

1 材料与方法

1.1 样地概况

样地位于福建省邵武市拿口镇三丰村海拔 700—900 m 的笋竹两用毛竹林。所选择的竹林样地坡度一般为 30°—40°, 竹林结构以 I—III 度竹为主, 约占 80% 以上。选取春笋被浙江双栉蝠蛾重度危害的样地 2 块(春笋被害率达 50% 以上), 即第 1、2 号样地; 轻度危害的样地 2 块(春笋被害率 10% 以下), 即第 3、4 号样地(表 1)。

表 1 调查样地概况

Table 1 General situations of sampling sites

样地 Sites	危害程度 Damage degree	土质类型 Soil type	立竹度 /(株/hm ²) Bamboo density	坡位 Slope position	坡向 Slope direction	竹林结构 Forest structure	管理措施 Management measures
1	重度	黑壤土	1500	下坡	东南	I—III 度竹	锄草施肥
2	重度	黑壤土	1800	上坡	东北	II—IV 度竹	无
3	轻度	黄红壤	1800	中坡	西南	I—III 度竹	锄草施肥
4	轻度	黄红壤	1950	中上坡	西南	I—III 度竹	无

1.2 研究方法

1.2.1 取土方法

2007 年 4 月 13—18 日在所选取的 4 块样地, 每块样地按五点取样法选取 5 个位置, 每个位置面积 60 cm × 60 cm, 分 3 层取土。即将土壤剖面划分为 3 层: I 层为剖面中 0—20 cm(腐殖质层), II 层 20—40 cm, III 层 40—60 cm。所取样品晾干后用四分法混合同一土壤厚度范围的各个位置土样, 得到 12 个土样。

1.2.2 测定方法

根据中华人民共和国林业行业标准-森林土壤分析方法, 测定土样的 pH 值、全 N、全 P、全 K、速效 P、速效 K、有机质等土壤的物理化学性质^[5]。pH 值测定用混合指示剂比色法; 全 N 含量采用扩散吸收法测定; 有机质含量采用重铬酸钾法-外加热法测定; 全 P 含量(按 P₂O₅ 计)采用高氯酸-硫酸酸溶-钼锑抗比色法测定; 全 K 采用碱熔\火焰光度法; 速效 P 含量采用碳酸氢钠法测定; 速效 K 含量采用 1 mol/L 乙酸铵浸提-火焰光度法测定^[6-8]。

1.2.3 层次递进判别分析法

(1) 分别对每一土壤层进行判别分析, 计算每个指标(变量)在不同组中(本研究依据不同危害程度, 分为重度组和轻度组 2 组别)的平均数的差异值, 即 *F* 值和相应概率。依据最小概率, 通过筛选的办法, 找出最显著的判别函数^[9]。

(2) 用第 1 层的判别函数, 对第 2、第 3 层进行判别, 从而确定该函数的适应性及相应指标在各层分组中的重要性。同样可以用第 2 层的判别函数, 对第 3 层进行判别, 从而确定该函数的适应性及相应指标在各层分组中的重要性。

(3) 将第 1 层与第 2 层组合, 第 2 层与第 3 层组合, 然后分别进行判别分析, 求出最佳判别函数和相应的指标。

(4) 第 1 层、第 2 层和第 3 层组合成一组进行判别分析, 求出最佳判别函数和相应的指标。

1.2.4 危害程度分级标准:

根据该虫危害特点将危害程度分为轻、中、重度三级^[4]。轻度危害: 笋被害率在 10% 以下; 中度危害: 笋被害率在 10%—30% 以下; 重度危害: 笋被害率在 30% 以上; 每块样地调查 100 根笋计。

2 结果与分析

2.1 竹林中土壤 I 层(腐殖质层)化学性质与害虫发生关系

竹林中土壤腐殖质层主要理化性质测定结果见表 2。从表 2 可以看出, 浙江双栉蝠蛾危害严重的第 1、2

号样地与危害轻的第 3、4 号样地,在 pH 值、全 N、全 P、速效 K、有机质的含量有明显差异。第 1、2 号样地土壤腐殖质层的 pH 值、速效 K 的含量小于第 3、4 号样地;而全 N、全 P 和有机质的含量均大于第 3、4 号样地。

表 2 竹林 I 层土壤的化学性质

Table 2 Chemical properties of soil in first layer of each bamboo forest site

样地号 Plot	害虫危害程度 Harm extent	pH X_1	全 N 含量 Total N content X_2 /(g/kg)	全 P 含量 Total P content X_3 /(g/kg)	全 K 含量 Total K content X_4 /(g/kg)	速效 P Available P X_5 /(mg/kg)	速效 K available K X_6 /(g/kg)	有机质 Organic matter X_7 /(mg/kg)
1	重度	4.5	2.23	0.12	12.31	1.95	247.87	53.18
2	重度	4.42	2.70	0.12	22.15	12.42	312.07	54.07
3	轻度	5.20	1.81	0.07	19.69	1.21	391.68	50.15
4	轻度	4.61	2.01	0.11	17.23	0.74	422.50	51.16

判别分析结果,每个指标(变量)在不同组中的平均数的差异性,即 F 值和相应概率见表 3。

从表 3 可以看出,有机质(X_7)在 2 组间的差异最大,具有显著性($P=0.048<0.05$),但经过筛选法知道,最佳判别函数变量组合是全 N 含量(X_2)和速效 K(X_6),而不包括有机质(X_7)。可见单纯依据方差分析的显著性对于判别分组时存在误差。全 N 含量(X_2)和速效 K(X_6)判别函数组如下:

$$\begin{cases} F_1 = 3439.135X_2 - 24.421X_6 - 820.853 \\ F_2 = -7544.299X_2 + 54.377X_6 - 3864.033 \end{cases} \quad (1)$$

对判别函数检验,具有显著性($P=0.011<0.05$),对土壤第 1 层的判别分组正确率为 100%。

F_1 、 F_2 分别代表第 1 组和第 2 组,在观察值分组的时候,将每一个观察值代入 2 个判别函数,以函数的大小作比较,函数值最大值,表明该观察值属于该组。

2.2 竹林中土壤 II 层(20—40 cm)化学性质与害虫发生关系

竹林中土壤 I 层化学性质测定结果见表 4,从表 4 可以看出,浙江双栉蝠蛾危害严重第 1、2 号样地与危害轻的第 3、4 号样地,在 pH 值、全 N、全 P、速效 K、有机质的含量有明显差异。第 1、2 号样地的 pH 值和速效 K 含量小于第 3、4 号样地,而全 N、全 P 和有机质的含量明显大于第 3、4 号样地。

表 4 竹林 II 层土壤的化学性质

Table 4 Chemical properties of soil in second layer of each bamboo forest site

样地号 Plot	害虫危害程度 Harm extent	pH X_1	全 N 含量 total N content X_2 /(g/kg)	全 P 含量 total P content X_3 /(g/kg)	全 K 含量 total K content X_4 /(g/kg)	速效 P available P X_5 /(mg/kg)	速效 K available K X_6 /(g/kg)	有机质 Organic matter X_7 /(mg/kg)
1	重度	4.59	1.74	0.12	11.69	1.58	204.21	37.68
2	重度	4.50	1.96	0.12	23.38	12.53	288.96	37.71
3	轻度	5.33	1.13	0.06	19.08	5.42	304.37	27.24
4	轻度	4.67	1.33	0.11	17.23	1.58	368.57	36.37

判别分析结果,每个指标(变量)在不同组中的平均数的差异性,即 F 值和相应概率见表 5。

从表 5 可以看出,每个指标(变量)在不同组中的平均数的差异都不显著,依据概率大小,最好的是全 N 含量(X_2),其次是速效 K(X_6)。经过筛选法知道,最佳判别函数变量组合是全 N 含量(X_2)和速效 K(X_6),判别函数组如下:

$$\begin{cases} F_1 = 6585.821X_2 - 18.256X_6 - 3841.764 \\ F_2 = 1658.05X_2 - 4.499X_6 - 263.501 \end{cases} \quad (2)$$

对判别函数检验,具有显著性 ($P = 0.022 < 0.05$),对土壤第2层的判别分组正确率为100%。可见依据单个指标方差分析的显著性对于判别分组时不够灵敏和准确。

依据公式(1),对第2层4个样地进行判别分组,结果4个样地全部正确判别分组。依据公式(2),对第1层4个样地进行判别分组,结果第1、第2、第3样地全部正确判别分组,第4个样地被误判为第1组,正确率为75%。

2.3 竹林中土壤Ⅲ层(40—60cm)化学性质与害虫发生关系

竹林中土壤Ⅲ层化学性质测定结果见表6,从表6可以看出,浙江双栉蝠蛾危害严重的第1、2样地与危害轻的第3、4样地,在pH值、全N、全P、速效K、有机质的含量有明显差异。第1、2号样地的pH值和速效K含量小于第3、4号样地,而全N、全P和有机质的含量却大于第3、4号样地。

表6 竹林Ⅲ层土壤的化学性质

Table 6 Chemical properties of soil in third layer of each bamboo forest site

样地号 Plot	害虫危害程度 Harm extent	pH X_1	全N含量 total N content X_2 /(g/kg)	全P含量 total P content X_3 /(g/kg)	全K含量 total K content X_4 /(g/kg)	速效P available P X_5 /(mg/kg)	速效K available K X_6 /(g/kg)	有机质 Organic matter X_7 /(mg/kg)
1	重度	4.60	1.41	0.11	17.23	2.26	134.88	28.61
2	重度	4.56	1.89	0.13	24.61	9.53	198.94	29.41
3	轻度	5.30	1.06	0.06	17.23	1.05	204.21	22.96
4	轻度	4.64	1.00	0.10	17.23	0.53	288.96	24.27

判别分析结果,每个指标(变量)在不同组中的平均数的差异性,即F值和相应概率见表7。

从表7可以看出,有机质(X_7)在2组间的差异最大,具有显著性($P = 0.020 < 0.05$),其它各指标(变量)在不同组中的平均数的差异都不显著,概率最小的是全N含量(X_2)($P = 0.124$)。经过筛选法知道,最佳判别函数变量组合是有机质(X_7)和速效K(X_6),而不包括全N含量(X_2)。同样看见单纯依据各组均值的显著性对于判别分组时存在误差。有机质(X_7)和速效K(X_6)判别函数组如下:

$$\begin{cases} F_1 = -66.421X_6 + 4623.845X_7 - 61526.38 \\ F_2 = -50.053X_6 + 3487.346X_7 - 35006.41 \end{cases} \quad (3)$$

对判别函数检验,具有显著性($P = 0.027 < 0.05$),对土壤第3层的判别分组正确率为100%。依据公式(1),对第3层4个样地进行判别分组,结果4个样地全部正确判别分组。依据公式(2),对第3层4个样地进行判别分组,结果4个样地全部正确判别分组。依据公式(3),对第1层4个样地进行判别分组,结果第1和第2样地全部正确判别分组,第3和第4个样地被误判为第1组,正确率为50%。依据公式(3),对第2层4个样地进行判别分组,结果第1、第2、第3样地全部正确判别分组,第4个样地被误判为第1组,正确率为75%。

表5 各组平均数相等性检验

Table 5 Tests of equality of group means

	F	df ₁	df ₂	Sig.
X_1	1.866	1	2	0.305
X_2	17.394	1	2	0.053
X_3	1.960	1	2	0.296
X_4	0.011	1	2	0.926
X_5	0.375	1	2	0.602
X_6	2.859	1	2	0.233
X_7	1.665	1	2	0.326

表7 各组平均数相等性检验

Table 7 Tests of equality of group means

	F	df ₁	df ₂	Sig.
X_1	1.392	1	2	0.359
X_2	6.571	1	2	0.124
X_3	3.200	1	2	0.216
X_4	1.000	1	2	0.423
X_5	1.962	1	2	0.296
X_6	2.250	1	2	0.272
X_7	49.414	1	2	0.020

2.4 竹林中土壤 I 层(腐殖质层)和 II 层整体化学性质与害虫发生关系

对竹林中土壤 I 层(腐殖质层)和 II 层整体进行判别分析,每个指标(变量)在不同组中的平均数的差异性,即 F 值和相应概率见表 8。

从表 8 可以看出,全 P 含量(X_3)和速效 K(X_6)在 2 组间的差异最大,具有显著性($P < 0.05$),其它各指标(变量)在不同组中的平均数的差异都不显著,概率最小的是 pH 值(X_1)($P = 0.052$)。经过筛选法知道,最佳判别函数变量组合是全 N 含量(X_2)和速效 K(X_6),判别函数组如下:

$$\begin{cases} F_1 = 5.767X_2 + 0.069X_6 - 16.023 \\ F_2 = -23.438X_2 + 0.324X_6 - 42.554 \end{cases} \quad (4)$$

对判别函数检验,具有极显著性($P = 0.001$),对土壤第 1 层和第 2 层组合整体的判别分组正确率为 100%。依据公式(4),对第 3 层 4 个样地进行判别分组,结果第 1、第 2 和第 4 样地全部正确判别分组,第 3 个样地被误判为第 1 组,正确率为 75%。

2.5 竹林中土壤 II 层和 III 层整体化学性质与害虫发生关系

对竹林中土壤 II 层(腐殖质层)和 III 层整体进行判别分析,每个指标(变量)在不同组中的平均数的差异性,即 F 值和相应概率见表 9。

从表 9 可以看出,全 N 含量(X_2)、全 P 含量(X_3)在 2 组间的差异最大,具有显著性($P < 0.05$),其它各指标(变量)在不同组中的平均数的差异都不显著,概率最小的是 pH 值(X_1)($P = 0.070$)。经过筛选法知道,最佳判别函数变量组合是全 N 含量(X_2)和速效 K(X_6),判别函数组如下:

$$\begin{cases} F_1 = 83.737X_2 - 0.155X_6 - 57.920 \\ F_2 = 28.308X_2 - 0.001X_6 - 16.575 \end{cases} \quad (5)$$

对判别函数检验,具有极显著性($P = 0.001$),对土壤第 2 层和第 3 层组合整体的判别分组正确率为 100%。依据公式(5),对第 1 层 4 个样地进行判别分组,结果第 1、第 2 和第 3 样地全部正确判别分组,第 4 个样地被误判为第 1 组,正确率为 75%。

2.6 竹林中土壤 I 层、II 层和 III 层整体化学性质与害虫发生关系

对竹林中土壤 I 层、II 层和 III 层整体行判别分析,每个指标(变量)在不同组中的平均数的差异性,即 F 值和相应概率见表 10。

从表 10 可以看出,pH 值(X_1)、全 N 含量(X_2)、全 P 含量(X_3)和速效 K(X_6)在 2 组间的差异最大,具有显著性($P < 0.05$),其它各指标(变量)在不同组中的平均数的差异都不显著。经过筛选法知道,有 2 组最佳判别函数,1 组是由是全 N 含量(X_2)、全 P 含量(X_3)和速效 K(X_6)变量组合,判别函数组如下:

表 8 各组平均数相等性检验

	F	df_1	df_2	Sig.
X_1	5.850	1	6	0.052
X_2	4.080	1	6	0.090
X_3	6.108	1	6	0.048
X_4	0.084	1	6	0.781
X_5	2.224	1	6	0.186
X_6	9.886	1	6	0.020
X_7	0.361	1	6	0.570

表 9 各组平均数相等性检验

	F	df_1	df_2	Sig.
X_1	4.840	1	6	0.070
X_2	19.124	1	6	0.005
X_3	7.418	1	6	0.034
X_4	0.258	1	6	0.630
X_5	2.193	1	6	0.189
X_6	3.353	1	6	0.117
X_7	2.061	1	6	0.201

表 10 各组平均数相等性检验

	F	df_1	df_2	Sig.
X_1	8.635	1	10	0.015
X_2	5.760	1	10	0.037
X_3	11.667	1	10	0.007
X_4	0.068	1	10	0.800
X_5	4.607	1	10	0.057
X_6	5.514	1	10	0.041
X_7	0.472	1	10	0.508

$$\begin{cases} F_1 = 26.666X_2 + 491.453X_3 - 0.149X_6 - 39.459 \\ F_2 = -2.185X_2 + 183.088X_3 + 0.052X_6 - 15.526 \end{cases} \quad (6)$$

对判别函数检验,具有极显著性($P=0.001$),正确判别率为 100%。

另 1 组是由 pH 值(X_1)、全 N 含量(X_2)、全 P 含量(X_3)、全 K 含量(X_4)、速效 P (X_5)、速效 K(X_6)和有机质(X_7)组成,判别函数组如下:

$$\begin{cases} F_1 = 1254.066X_1 - 737.38X_2 + 23149.897X_3 - 3.223X_4 + 55.054X_5 - 4.022X_6 + 44.193X_7 - 4072.345 \\ F_2 = 1162.489X_1 - 566.9X_2 + 19978.641X_3 - 2.1X_4 + 39.33X_5 - 2.756X_6 + 32.724X_7 - 3477.192 \end{cases} \quad (7)$$

对判别函数检验,具有极显著性($P=0.001$),正确判别率为 100%。

从变量最少最优的原则出发,显然公式(6)最好。

3 结论与讨论

通过以上对各层以及不同层次间的组合进行判别分析,可以得出以下基本结论:

(1)各层独立分析,对 4 个样地不同危害程度的分组,第 1 层单个指标中具有显著性的是有机质(X_7),但判别最有效的组合是全 N 含量(X_2)和速效 K(X_6),不含有机质(X_7)。第 2 层中单个指标都不具有显著性,但依据概率大小,最好的是全 N 含量(X_2)和速效 K(X_6),判别最有效的组合仍为全 N 含量(X_2)和速效 K(X_6)。第 3 层单个指标中具有显著性的是有机质(X_7),判别最有效的组合是速效 K(X_6)和有机质(X_7)。可见各层对分组有重要性的指标不完全相同,单个指标的显著性在整个指标组合分组时有重要影响作用,但不是完全决定性作用,指标的组合作用显著大于单个指标作用。

(2)依据第 1 层判别函数能够完全正确判别分组第 2 层和第 3 层,第 2 层判别函数能够完全正确判别分组第 3 层,但第 2 层判别函数不能够完全正确判别分组第 1 层,第 3 层判别函数不能够完全正确判别分组第 1 层和第 2 层,可见判别函数具有随土壤层递进而正确判别的递进性,而不具有逆土壤层进行正确判别的逆向性,这就说明第 1 层土壤层的理化性状,特别是全 N 含量(X_2)和速效 K(X_6),对第 2 层和第 3 层有显著的影响控制作用,第 2 层对第 3 层有显著的影响控制作用,土壤的理化性状具有由表及里的影响特性,其中与害虫危害程度关系密切的指标是全 N 含量(X_2)和速效 K(X_6),即全 N 含量(X_2)的增加和速效 K(X_6)的减少会使危害程度加重。

(3)对第 1 层与第 2 层的组合、第 2 层与第 3 层的组合的判别分析,发现单个指标的显著性有所变化,但判别组合的指标没有变化,第 1 层与第 2 层组合整体的判别最有效的指标组合仍是全 N 含量(X_2)和速效 K(X_6),第 2 层与第 3 层组合整体的判别最有效的指标组合仍是第 2 层单层的判别最有效的指标组合,即仍是全 N 含量(X_2)和速效 K(X_6),再次说明了土壤化学性状是由表及里的影响特性。3 层组成的整体判别分析,单个指标的显著性有较大的变化,pH 值(X_1)、全 N 含量(X_2)、全 P 含量(X_3)、全 K 含量(X_4)、速效 P (X_5)、速效 K(X_6)和有机质(X_7)7 个指标都对判别分组有影响作用,但重要的是 N 含量(X_2)、全 P 含量(X_3)和速效 K(X_6)。

(4)与苏延宾等^[4]用方差分析和多重比较的结果相比较,可以看出判别分析,不仅能反映单个指标在分组中的显著性,而且反映出指标组合的重要性,表明单个指标的显著性不能构成对分组区别的决定性。在层次递进分析过程中,可以清晰地表明各指标在各层以及层次组合中的作用,反映出了层与层间的关系,更全面深刻地反映了浙江双带蝠蛾发生危害与土壤的关系。

总之,土壤理化性状与土壤植被植物的生长分布关系密切^[10-11],进而与病虫害的发生关系密切。本研究表明,土壤的化学性状是由表及里地影响,与浙江双带蝠蛾发生危害程度关系密切的是全 N 含量(X_2)和速效 K(X_6),即全 N 含量(X_2)的增加和速效 K(X_6)的减少会使危害程度加重,其次为全 P 含量(X_3),全 P 含量的增加可使危害程度加重。苏延宾等^[4]分析表明 pH 值、全 P、全 N、速效 K 含量在分组上存在显著差异,其它指标不存在显著差异,与本研究基本一致。

浙江双带蝠蛾从冬笋生长期开始危害,幼虫长时间都在土壤中活动、取食为害,春笋生长期钻进竹笋中取

食,受到惊扰又会返回土壤中,并且在土壤中化蛹。通过对两种不同危害程度毛竹林 4 块样地的 3 层土壤的化学性质的分析,可以看出:黑壤土要比黄红壤土有利于浙江双栉蝠蛾的发生危害。一则是黑壤土竹林腐殖质层厚,养分充足,竹笋生长好;二是土壤腐殖质主要分为胡敏酸与富里酸两大组,胡敏酸能吸收大量的水分^[12],是土壤固相的一个重要的组成部分,它与土壤矿质部分共同作为林木及土壤生物的营养来源^[13-15],特别是土壤腐殖质厚、有一定碎石分布的土壤,虫口密度特别大,可能与这种类型的土壤通透性好,利于该幼虫生长。从研究结果看浙江双栉蝠蛾幼虫更喜欢栖息于较酸性的土壤。毛竹林土壤中速效 K 含量年变化规律与土壤中有效 P 大致相似^[16]。毛竹林速效 K 在 4—5 月份有显著下降,这与毛竹从土壤中吸收 K 素有密切的关系^[17-19]。全 N、有机质对于同一土样具有正相关性,全 N、有机质含量高的该虫的危害更严重,这是因为全 N、有机质含量高的土壤腐殖质丰富,有利于该虫的生长发育。因此,在浙江双栉蝠蛾发生区,在竹林中增施 N 肥会导致危害加重,科学施用 N 肥是综合控制该虫成灾的重要技术措施。

References:

- [1] Wang L Y, Zheng J J, Chen J Y. A new species of *Bipectilus* from China (Lepidoptera: Hepialidae). *Acta Entomologica Sinica*, 2001, 44 (3): 348-349.
- [2] Huang J C. Preliminary study on spatial distribution pattern of *Bipectilus zhejiangensis* larva. *Journal of Fujian Forestry Science and Technology*, 2006, 33 (4): 138-141.
- [3] Wu Z C. Relations between the occurs of *Bipectilus zhejiangensis* and environment. *Entomological Journal of East China*, 2007, 16 (2): 92-95.
- [4] Su Y B, Luo Q R, Chen S L, Ye X Y, Wu Z C. Relations between the occurrence of *Bipectilus zhejiangensis* Wang and soil characters. *Entomological Journal of East China*, 2008, 17 (1): 55-58.
- [5] Yin Z R. The nutrition etcetera of bamboo shoots. *Food Science*, 1987, (1): 30-30.
- [6] Xiang S Q, Zhang G Z. *Agrology*. Beijing: China Forestry Publishing House, 1981: 106-111.
- [7] Institute of Soil Science. Chinese Academy of Sciences Soil Analysis. Shanghai: Shanghai Science and Technology Press, 1980: 85-89.
- [8] Beijing Forestry University. *Agrology (on)*. Beijing: China Forestry Publishing House, 1982: 102-106.
- [9] Gao H X. Application of multivariate statistic analysis. Beijing: The Publishing House of Beijing University, 2005: 352-360.
- [10] Ou Z Y, Su Z Y, Ye Y C, Zhu J Y, Liu S S. Ground vegetation as indicators of topsoil chemical properties in Dongguan, South China. *Acta Ecologica Sinica*, 2009, 29 (2): 984-992.
- [11] He Q, Cui B S, Zhao X S, Fu H L, Liao X L. Relationships between salt marsh vegetation distribution/diversity and soil chemical factors in the Yellow River Estuary, China. *Acta Ecologica Sinica*, 2009, 29 (2): 676-687.
- [12] Bai H J, Deng W, Zhang Y X. Spatial distribution of soil organic matter and nitrogen in soil of circular-zonary vegetation areas in Wulanpao Wetland, Inner Mongolia. *Journal of Lake Science*, 2002, 14 (2): 145-151.
- [13] Liang S J, Pan P, Sun Z H, Wang Q C. Influence of slope on the growth of *Fraxinus mandshurica* Rup. and *Juglans manshurica* Maxim. Plantations. *Journal of Northeast Forestry University*, 2005, 33 (3): 18-19.
- [14] Wang H J, Li X W, Shi X Z, Yu D S. Distribution of soil nutrient under different land use and relationship between soil nutrient and soil granule composition. *Journal of Soil Water Conservation*, 2003, 17 (2): 44-46, 50.
- [15] Li Z Y. Study on effect of Soil on diameter eye-high growth of *Phyllostachys pubescens*. *Journal of Bamboo Research*, 1993, 12 (3): 29-36.
- [16] Xu Q F, Jiang P K, Dong D Y. A study on dynamic changes of soil nutrients under *Phyllostachys pubescens* forest. *Journal of Bamboo Research*, 2000, 19 (4): 46-49, 71.
- [17] Zheng Y S, Hong W, Chen L G, Qiu E F. Study on correlation between soil Fertility and bamboo growth and leaves nutrient. *Scientia Silvae Sinicae*, 1998, 34 (Special issue 1): 65-68.
- [18] Wu J S, Hu M Y, Cai T F, Yu G J. The relationship between soil environment and the growth of *Phyllostachys pubescens*. *Journal of Bamboo Research*, 2006, 25 (2): 3-6.
- [19] Huang J C. Soil factors affecting the resistance of *Castanea henryi* against *Dryocosmus kuriphilus*. *Forest Pest and Disease*, 2005, 24 (5): 9-12.

参考文献:

- [1] 王林瑶, 郑建佳, 陈建寅. 中国栉蝠蛾属一新种(鳞翅目: 蝙蝠蛾科). *昆虫学报*, 2001, 44 (3): 348-349.
- [2] 黄金聪. 浙江栉蝠蛾幼虫空间格局的研究. *福建林业科技*, 2006, 33 (4): 138-141.
- [3] 吴智才. 浙江双栉蝠蛾幼虫发生与环境的关系. *华东昆虫学报*, 2007, 16 (2): 92-95.

- [4] 苏延宾, 罗群荣, 陈顺立, 叶小瑜, 吴智才. 浙江双栉蝠蛾发生与土壤的关系. 华东昆虫学报, 2008, 17(1): 55-58.
- [5] 尹卓容. 竹笋的营养及其他. 食品科学, 1987, (1): 30-30.
- [6] 向师庆, 张国治. 土壤学. 北京: 中国林业出版社, 1981: 106-111.
- [7] 中国科学院南京土壤研究所. 土壤理化分析. 上海: 上海科学技术出版社, 1980: 85-89.
- [8] 北京林业大学. 土壤学(上册). 北京: 中国林业出版社, 1982: 102-106.
- [9] 高惠璇. 应用多元统计分析. 北京: 北京大学出版社, 2005: 352-360.
- [10] 欧芷阳, 苏志尧, 叶永昌, 朱剑云, 刘颂颂. 东莞地表植被对表层土壤化学特性的指示作用. 生态学报, 2009, 29(2): 984-992.
- [11] 贺强, 崔保山, 赵欣胜, 付华龄, 廖晓琳. 黄河河口盐沼植被分布、多样性与土壤化学因子的相关关系. 生态学报, 2009, 29(2): 676-687.
- [12] 白军红, 邓伟, 张玉霞. 内蒙古乌兰泡湿地环带状植被区土壤有机质及全氮空间分异规律. 湖泊科学, 2002, 14(2): 145-151.
- [13] 梁淑娟, 潘攀, 孙志虎, 王庆成. 坡位对水曲柳及胡桃楸生长的影响. 东北林业大学学报, 2005, 33(3): 18-19.
- [14] 王洪杰, 李宪文, 史学正, 于东升. 不同土地利用方式下土壤养分的分布及其与土壤颗粒组成关系. 水土保持学报, 2003, 17(2): 44-46, 50.
- [15] 黎祖尧. 土壤对毛竹眉径生长影响的研究. 竹子研究汇刊, 1993, 12(3): 29-36.
- [16] 徐秋芳, 姜培坤, 董敦义. 毛竹林地土壤养分动态研究. 竹子研究汇刊, 2000, 19(4): 46-49, 71.
- [17] 郑郁善, 洪伟, 陈礼光, 邱尔发. 竹林生长及竹叶养分和土壤肥力相关研究. 林业科学, 1998, 34(专刊1): 65-68.
- [18] 吴家森, 胡睦荫, 蔡庭付, 余国军. 毛竹生长与土壤环境. 竹子研究汇刊, 2006, 25(2): 3-6.
- [19] 黄金聪. 影响锥栗对栗瘿蜂抗性表达的土壤因子研究. 中国森林病虫, 2005, 24(5): 9-12.

CONTENTS

Root system characters in growth and distribution among three littoral halophytes YI Liangpeng, WANG Zuwei (1195)

Population dynamics of endophytic bacteria isolated from the roots of infected *Cymbidium faberi* YANG Na, YANG Bo (1203)

Spatial variability of forest soil total nitrogen of different soil layers ZHANG Zhenming, YU Xinxiao, WANG Yousheng, et al (1213)

Habitat prediction for forest musk deer (*Moschus berezovskii*) in Qinling mountain range based on niche model LUO Chong, XU Weihua, ZHOU Zhixiang, et al (1221)

Growth release determination and interpretation of Korean pine and Koyama spruce in Shengshan National Nature Reserve, Heilongjiang Province, China WANG Xiaochun, ZHAO Yufang (1230)

Growth tolerance and accumulation characteristics of the mycelia of two macrofungi species to heavy metals LI Weihuan, YU Lanlan, CHENG Xianhao, et al (1240)

Characters of the OMI NO₂ column densities over different ecosystems in Zhejiang Province during 2005—2009 CHENG Miaomiao, JIANG Hong, CHEN Jian, et al (1249)

The forest gap diameter height ratio in a secondary coniferous forest of Guan Di Mountain FU Liyong, TANG Shouzheng, LIU Yingan (1260)

Landscape responses to changes in water levels at Poyang Lake wetlands XIE Dongming, ZHENG Peng, DENG Hongbing, et al (1269)

Effect of simulated nitrogen deposition on litter decomposition in a *Bambusa pervariabilis* × *Dendrocala mopsi* plantation, Rainy Area of West China TU Lihua, DAI Hongzhong, HU Tingxing, et al (1277)

Effect of aromatic plant-derived nutrient solution on the growth, fruit quality and disease prevention of pear trees GENG Jian, CUI Nannan, ZHANG Jie, et al (1285)

Influences of different plastic film mulches on temperature and moisture of soil and growth of watermelon in gravel-mulched land MA Zhongming, DU Shaoping, XUE Liang (1295)

Effects of drought stress on photosynthetic traits and protective enzyme activity in maize seedling ZHANG Renhe, ZHENG Youjun, MA Guosheng, et al (1303)

Photosynthetic diurnal variation characteristics of leaf and non-leaf organs in winter wheat under different irrigation regimes ZHANG Yongping, ZHANG Yinghua, WANG Zhimin (1312)

The root system hydraulic conductivity and water use efficiency of alfalfa and sorghum under water deficit LI Wenrao, LI Xiaoli, ZHANG Suiqi, et al (1323)

Latitudinal gradient in beta diversity of forest communities in America CHEN Shengbin, OUYANG Zhiyun, ZHENG Hua, et al (1334)

Influence of silts on growth and development of *Acorus calamus* and *Acorus tatarinowii* in turbid water LI Qiang, ZHU Qihong, DING Wuquan, et al (1341)

Roles of earthworm in phytoremediation of pyrene contaminated soil PAN Shengwang, WEI Shiqiang, YUAN Xin, et al (1349)

Population dynamics of *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae) along with analysis on the meteorological factors influencing the population in pomegranate orchards LIU Ling, CHEN Bin, LI Zhengyue, et al (1356)

Geophagy of *Macaca Thibetana* at Mt. Huangshan, China YIN Huabao, HAN Demin, XIE Jifeng, et al (1364)

The structure and dynamic of insect community in Zhalong Wetland MA Ling, GU Wei, DING Xinhua, et al (1371)

Analysis of layer progressive discriminant relations between the occurrence of *Bipectilus zhejiangensis* and soil DU Ruiqing, CHEN Shunli, ZHANG Zhengtian, et al (1378)

New mutations in hind wing vein of *Apis cerana cerana* (Hymenoptera: Apidae) induced by lower developmental temperature ZHOU Bingfeng, ZHU Xiangjie, LI Yue (1387)

18S rRNA gene variation and phylogenetic analysis among 6 orders of Bivalvia class MENG Xueping, SHEN Xin, CHENG Hanliang, et al (1393)

Laboratory study on ethology of *Spinibarbus hollandi* LI Weiming, CHEN Qiuwen, HUANG Yingping (1404)

Dynamic change in ecological footprint of energy consumption for traction of locomotives in China HE Jicheng (1412)

Approach to spatial differences analysis of urban carrying capacity: a case study of Changzhou City WANG Dan, CHEN Shuang, GAO Qun, et al (1419)

Social adaptive capacity for water resource scarcity in human systems and case study on its measuring CHENG Huaiwen, LI Yuwen, XU Zhongmin (1430)

Effects of physical leaf features of host plants on leaf-mining insects DAI Xiaohua, ZHU Chaodong, XU Jiasheng, et al (1440)

Review and Monograph

Progresses of free-air CO₂ enrichment (FACE) researches on C₄ crops: a review WANG Yunxia, YANG Lianxin, Remy Manderscheid, et al (1450)

Scientific Note

Influence of limestone powder doses on fine root growth of seriously damaged forests of *Pinus massoniana* in the acid rain region of Chongqing, China LI Zhiyong, WANG Yanhui, YU Pengtao, et al (1460)

Leaf surface microstructure of *Ligustrum lucidum* and *Viburnum odoratissimum* observed by Atomic force microscopy (AFM) SHI Hui, WANG Huixia, LI Yangyang, LIU Xiao (1471)

2009 年度生物学科总被引频次和影响因子前 10 名期刊*

(源于 2010 年版 CSTPCD 数据库)

排序 Order	期刊 Journal	总被引频次 Total citation	排序 Order	期刊 Journal	影响因子 Impact factor
1	生态学报	11764	1	生态学报	1.812
2	应用生态学报	9430	2	植物生态学报	1.771
3	植物生态学报	4384	3	应用生态学报	1.733
4	西北植物学报	4177	4	生物多样性	1.553
5	生态学杂志	4048	5	生态学杂志	1.396
6	植物生理学通讯	3362	6	西北植物学报	0.986
7	JOURNAL OF INTEGRATIVE PLANT BIOLOGY	3327	7	兽类学报	0.894
8	MOLECULAR PLANT	1788	8	CELL RESEARCH	0.873
9	水生生物学报	1773	9	植物学报	0.841
10	遗传学报	1667	10	植物研究	0.809

★《生态学报》2009 年在核心版的 1964 种科技期刊排序中总被引频次 11764 次,全国排名第 1;影响因子 1.812,全国排名第 14;第 1—9 届连续 9 年入围中国百种杰出学术期刊;中国精品科技期刊

编辑部主任:孔红梅

执行编辑:刘天星 段 靖

生态学报
(SHENGTAI XUEBAO)
(半月刊 1981 年 3 月创刊)
第 31 卷 第 5 期 (2011 年 3 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA
(Semimonthly, Started in 1981)
Vol. 31 No. 5 2011

编 辑 《生态学报》编辑部
地址:北京海淀区双清路 18 号
邮政编码:100085
电话:(010)62941099
www.ecologica.cn
shengtaixuebao@rcees.ac.cn

主 编 冯宗炜
主 管 中国科学技术协会
主 办 中国生态学会
中国科学院生态环境研究中心
地址:北京海淀区双清路 18 号
邮政编码:100085

出 版 科 学 出 版 社
地址:北京东黄城根北街 16 号
邮政编码:100717

印 刷 北京北林印刷厂
发 行 科 学 出 版 社
地址:东黄城根北街 16 号
邮政编码:100717
电话:(010)64034563
E-mail:journal@cspg.net

订 购 全国各地邮局
国外发行 中国国际图书贸易总公司
地址:北京 399 信箱
邮政编码:100044

广告经营 京海工商广字第 8013 号
许 可 证

Edited by Editorial board of
ACTA ECOLOGICA SINICA
Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China
Tel:(010)62941099
www.ecologica.cn
Shengtaixuebao@rcees.ac.cn

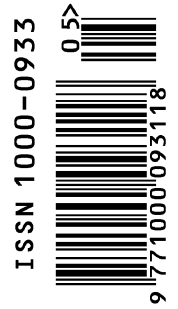
Editor-in-chief FENG Zong-Wei
Supervised by China Association for Science and Technology
Sponsored by Ecological Society of China
Research Center for Eco-environmental Sciences, CAS
Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China

Published by Science Press
Add:16 Donghuangchenggen North Street,
Beijing 100717, China

Printed by Beijing Bei Lin Printing House,
Beijing 100083, China

Distributed by Science Press
Add:16 Donghuangchenggen North
Street, Beijing 100717, China
Tel:(010)64034563
E-mail:journal@cspg.net

Domestic All Local Post Offices in China
Foreign China International Book Trading
Corporation
Add:P. O. Box 399 Beijing 100044, China



ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

国内外公开发行

国内邮发代号 82-7

国外发行代号 M670

定价 70.00 元