

# 城市郊区外来杂草生态位特点及 对生物多样性影响研究

胡天印<sup>1,2</sup>, 黄 华<sup>3</sup>, 郭水良<sup>1,3\*</sup>, 方 芳<sup>3</sup>

(1. 上海师范大学 生命与环境科学学院, 上海 200234; 2. 金华职业技术学院, 浙江 金华 321007; 3. 浙江师范大学 化学与生命科学学院, 浙江 金华 321004)

**摘 要:** 采用样方法调查金华市郊春夏季节非农田生境的外来杂草和主要“土著性”杂草的种类和分布, 分析外来杂草和其他主要杂草的生态位关系, 定量分析了外来杂草对城市郊区植物多样性的影响。结果表明: (1) 50个样地中共出现 21 种外来杂草, 其中以野塘蒿、一年蓬、北美车前的生态位宽度最大, 分别达到 0.781 9、0.691 5、0.523 7; (2) 大致可将 50 种杂草分成 3 大类, 其中 21 种外来杂草根据其对环境资源利用的差异又可分为 4 组; (3) 人为干扰因素和土壤水分条件是影响外来杂草分布、危害的主要因素; (4) 样地聚类群 VI、I、III、II 的外来杂草丰富度递增, 并与物种丰富度成正比, 说明外来杂草在一定程度上丰富了局部环境的物种多样性; (5) 外来杂草重要值与物种丰富度呈线性显著负相关, 表明金华市郊外来杂草的入侵对生物多样性有不利的影响; (6) 外来杂草重要值较外来杂草丰富度更为适合衡量外来杂草对生物多样性的影响。

**关键词:** 外来杂草; 生态位; 最小生成树; 生物多样性

**中图分类号:** Q948.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3142(2007)06-0873-09

## Niche characteristic of exotic weeds in suburb and the impacts on biodiversity

HU Tian-Yin<sup>1,2</sup>, HUANG Hua<sup>3</sup>, GUO Shui-Liang<sup>1,3\*</sup>, FANG Fang<sup>3</sup>

(1. College of Life and Environmental Sciences, Shanghai Normal University, Shanghai 200234, China; 2. Jinhua College of Profession & Technology, Jinhua 321007, China; 3. College of Chemistry and Life Science, Zhejiang Normal University, Jinhua 321004, China)

**Abstract:** A survey of species and distribution of exotic weeds was conducted with quadrat plot method in non-filed habitats in late spring and early summer in Jinhua suburb. The ecological similarity of exotic weeds and native companion weeds was analyzed, and the quantitative influence of exotic weeds on biological diversity was studied. The results showed: (1) *Conyza bonarinesis*, *Erigeron annuus*, and *Plantago virginica* had wider niche breadths, with 0.781 9, 0.691 5 and 0.523 7 respectively spring and early summer in suburb. (2) Based on the niche overlaps, 50 weeds in suburb could be divided into three groups, and the 21 exotic weeds could be divided into four groups according to their differences in deploying environmental resources. (3) The Detrended Canonical Correspondence Analysis (DCCA) revealed that the human disturbance intensity and soil humidity were the most important factors affecting the occurrence and distribution of exotic weeds. (4) Positively correlation existed between species richness and exotic weed species richness in sites group VI, I, III, II. This phenomenon showed that the exotic weeds enriched the biodiversity in a certain extent at the present time in local habitats. (5) The correlation between important value(x) of exotic weeds and species richness(y) showed significant negative correlation ( $y = -14.36x + 27.48$ ,  $R = 0.928$ ,  $P < 0.05$ ). With the increase of the important value of exotic weeds, Shannon-Wiener index(H) and evenness index(E) declined, while Audair

收稿日期: 2006-09-28 修回日期: 2006-12-29

基金项目: 浙江省自然科学基金(Y505018, Y506007); 浙江省归国留学人员科研启动基金[Supported by Nature Science Foundation of Zhejiang Province(Y505018, Y506007); Zhejiang Provincial Scientific Research Foundation for the Returned Overseas Chinese Scholars]

作者简介: 胡天印(1962-), 男, 浙江永康人, 副教授, 主要从事植物生态学研究。

\* 通讯作者(Author for correspondence, E-mail: guoshuiliang@163.com)

and Goff index(D)increased. The results showed that invasion of exotic weeds had a harmful influence on biological diversity. (6)Important value of exotic weeds was a suitable criterion for evaluating the effect of exotic weeds on biodiversity than species richness of exotic weeds.

**Key words:** exotic weeds; niche; minimal spanning tree; biodiversity

不同生境外来杂草的分布情况存在差异,应用生态位理论可以反映植物在群落中的地位和生态环境因子联系上的相似性(王刚等,1984)。目前生态位理论和方法在植物学方面主要应用于森林、沙区、农田等植物群落的研究,郭水良等(1997)首次把生态位理论和方法应用于非农田生境的杂草生态学相似性和种间竞争研究,为合理使用除草剂提供指导。把生态位宽度和生态位重叠值等理论和方法应用到外来杂草的定量研究中,并以排序、图论聚类分析等几何形式直观反映杂草的种间生态学特征,不同杂草对生态条件的要求差异以及杂草分布与环境因素的关系(郭水良等,1999;吴海荣等,2003),是掌握当地外来杂草分布规律,监测并防治外来杂草的有效途径之一。我国从20世纪90年代中期起开展各省市地区的外来杂草调查工作,研究主要集中在区系组成、传入途径、影响因素、主要危害、防治以及综合利用(陈明林等,2003;郭水良等,1995;李杨汉,1998;刘全儒等,2002;强胜等,2000;单家林,2003;张淑梅等,1997);国内外学者对外来杂草如紫茎泽兰、水葫芦、豚草、肿柄菊等影响生物多样性的途径和机制等个案研究较多(Carlton等,1993;Tripathi等,1981;王四海等,2004)。但关于某个地区外来杂草与主要本地杂草间竞争关系的数量描述,外来杂草分布与生境的关系以及定量判断外来杂草对当地生物多样性影响程度等方面的研究较少,吴海荣等(2003)较早地开展了外来杂草对生物多样性影响的定量调查。

本文通过大量的样方调查,排序(Ordination)、最小生成树法(Minimum Spanning Tree)、聚类(Cluster Analysis)等数量方法的运用,阐明金华市郊外来杂草与主要伴生植物的生态位关系;通过计算不同生境样地的生物多样性指标,通过定量计算来评估外来杂草对目前金华市草本植被生物多样性的影响程度,为制定相应防治对策和措施提供决策依据。

## 1 研究区域与方法

### 1.1 自然概况

浙江省金华市位于119°01'~120°47' E,28°32'

~29°41' N,属于亚热带山地季风气候。年均降雨量1400 mm,年均气温16.3~17.6℃。土壤以中亚热带低丘红壤为主,pH5.5~6.0。金华市地处长三角沿海经济发达地区和内陆腹地的结合部,既是浙江省乃至华东地区的交通枢纽,又是人文荟萃、景色秀丽的旅游胜地,随着对外经济与文化的交流不断扩大和深入,外来杂草入侵的机会日趋增多。

### 1.2 调查与数据处理方法

采用样方法,2004年5月14日~6月1日根据调查生境人为干扰程度的变化梯度在金华市郊非农田环境中设立50个样地,样地内环境相对一致,随机取5个2 m×2 m的样方。调查的生境主要包括公路铁路边、居民住宅及工厂四周、开发区抛荒地、大学校园、农田周围、山坡、不同翻耕年限的地段等。

统计样方中杂草的种类、盖度、多度和频度,分别计算每个样地中杂草的相对盖度(RC)、相对多度(RA)和相对频度(RF),得到各杂草的重要值( $IV = RC + RA + RF$ ),选取样点中出现的所有外来杂草和主要土著性杂草共50种的重要值组成矩阵。

调查时以五级制记录样地的林冠层郁闭度(CD)、土层厚度(SD)、土壤水分(SW)、土壤松散程度(SL)、人群出没频率(CF)、土壤翻耕频率(PF)等6个指标。土壤水分测定采用北京强盛分析仪器厂出品的TSCII型土壤水分测定仪。环境因子及杂草多度的分级标准见表1。

## 2 结果与分析

### 2.1 金华市春夏季外来杂草的种类组成

50个样地中共发现35科82属99种杂草,其中有外来杂草11科18属21种(表2),其科、属、种数分别占50个样地杂草总数的31.43%、21.95%、21.21%。21种外来杂草中以菊科植物为主,占42.86%,其次大戟科和伞形科植物各占9.52%。在21种外来杂草中有76.19%来自于美洲,其中42.86%来自于北美,约20%来自于欧洲,其余来自亚洲。

### 2.2 金华市郊外来杂草和主要本地杂草的生态位宽度

应用Basic程序根据Levins(1968)提出的生态位宽度指数公式计算杂草生态位宽度(B),金华市

表 1 环境因子及杂草多度的分级标准  
Table 1 Grade standard of environmental variables and abundance of weeds

项目 Items	赋值 Value						
	0.1	0.5	1	2	3	4	5
杂草多度 Abundance of weeds	偶见	很少	少	较少	较多	多	非常多
林冠层郁闭度 Canopy density (%)	—	—	0	1~20	21~40	41~60	61~80
土层厚度 Soil layer depth (cm)	—	—	<2	2~6	6~10	10~14	14-18
土壤水分 Soil water (%)	—	—	<6	6~12	12~18	18~24	24~30
土壤松散程度 Loose grade of soil layer	—	—	非常坚实	坚实	较坚实	松散	极松散
人群出没频率 Crowd frequency	—	—	无	偶尔	较频繁	频繁	非常频繁
土壤翻耕频率 Plow frequency	—	—	无	偶尔	较频繁	频繁	非常频繁

表 2 金华市郊春夏季外来杂草名录  
Table 2 Exotic weeds of Jinhua in late spring and early summer

编号 No.	物种 Species	科名 Family	原产地 Origin
1	斑地锦 <i>Euphorbia maculata</i>	大戟科 Euphorbiaceae	北美
2	北美车前 <i>Plantago virginica</i>	车前科 Plantaginaceae	北美
3	北美独行菜 <i>Lepidium virginicum</i>	十字花科 Cruciferae	北美
4	波斯婆婆纳 <i>Veronica persica</i>	玄参科 Scrophulariaceae	西亚, 欧洲
5	加拿大一枝黄花 <i>Solidago canadensis</i>	菊科 Compositae	北美
6	空心莲子草 <i>Alternanthera phioxeroides</i>	苋科 Amaranthaceae	南美
7	苦苣菜 <i>Sonchus oleraceus</i>	菊科 Compositae	欧洲
8	裸柱菊 <i>Soliva anthemifolia</i>	菊科 Compositae	南美
9	美洲商陆 <i>Phytolacca americana</i>	商陆科 Phytolaccaceae	北美
10	三叶鬼针草 <i>Bidens pilosa</i>	菊科 Compositae	热带美洲
11	铜锤草 <i>Oxalis corymbosa</i>	酢浆草科 Oxalidaceae	南美
12	土荆芥 <i>Chenopodium ambrosioides</i>	藜科 Chenopodiaceae	热带美洲
13	细叶芹 <i>Apium leptophyllum</i>	伞形科 Umbelliferae	北美
14	小飞蓬 <i>Conyza canadensis</i>	菊科 Compositae	北美
15	续断菊 <i>Sonchus asper</i>	菊科 Compositae	欧洲
16	野胡萝卜 <i>Daucus carota</i>	伞形科 Umbelliferae	欧洲
17	野老鹳草 <i>Geranium carolinianum</i>	牻牛儿苗科 Geraniaceae	美洲
18	野塘蒿 <i>Conyza bonarinis</i>	菊科 Compositae	欧洲
19	一年蓬 <i>Erigeron annuus</i>	菊科 Compositae	北美
20	泽漆 <i>Euphorbia heliophila</i>	大戟科 Euphorbiaceae	热带美洲
21	钻形紫菀 <i>Aster subulatus</i>	菊科 Compositae	北美

参照李振宇等(2002), 吴海荣等(2003)文献。

郊 21 种外来杂草(编号 1-21)和 29 种主要本地杂草(编号 22-50)的生态位宽度见表 3。生态位计测表明, 非农田环境外来杂草中生态位比较宽的是野塘

蒿(0.781 9)、一年蓬(0.691 5)、北美车前(0.523 7)等, 说明它们的生态幅比较宽, 对环境资源利用的多样性比较高。野塘蒿和一年蓬的生态位宽度最大, 是我国目前分布极为普遍、危害较大的重要外来杂草。北美车前也有较宽的生态位宽度, 广布于田埂路边、住宅四周、抛荒地、公路两侧等生境, 是一种对干扰生境具有较强空间占有能力, 种群生长速度迅速的人侵植物(郭水良等, 2003)。29 种主要本地杂草中, 鹅观草(0.541 9)、酢浆草(0.535 2)和狗牙根(0.518 8)的生态位宽度最大, 说明这三种本地杂草和野塘蒿、一年蓬、北美车前等三种外来杂草在本地区具有强的生态适应能力。

### 2.3 外来杂草和主要本地杂草的生态学相似关系

应用 Basic 程序, 据王刚等(1984)的生态位重叠值计算公式, 用群落梯度差异代替生态距离间隔作为加权因子, 计算外来杂草生态重叠值(谢小伟等, 2003)(表 4), 并以此建立最小生成树(图 1)。

最小生成树侧重反映出哪些杂草在生境因子联系上最为相近。在最小生成树上位置相邻, 生态位重叠值又高的杂草, 对生境要求较接近, 之间的竞争也较激烈。图 1 中, 酢浆草(24)和瘦风轮(41)、野塘蒿(18)和一年蓬(19)、美洲商陆(9)和紫苏(50)、续断菊(15)和白茅(36)、车前(23)和黄鹌菜(29)的生态重叠值均在 0.6 以上, 表明它们对生态条件要求有很大的相似性。在实际样地调查中也是如此, 例如酢浆草和瘦风轮多分布在人为干扰较轻的稀疏乔木层下的潮湿草地等; 野塘蒿和一年蓬均多见于公路、湖边、村舍附近的空旷荒地或草地等; 美洲商陆和紫苏在路边、水泥厂附近的干燥生境分布较多; 续断菊和白茅多分布于路边向阳地段; 车前和黄鹌菜多见于校园、村郊等林下或较为潮湿的草地。

根据杂草的生态位重叠值, 结合其实际分布, 当生态位重叠值大于 0.43 时, 大致可划分为两大类(图 1)。

表3 金华市50种主要杂草的生态位宽度  
Table 3 Niche width of 50 main weeds in Jinhua

编号 No.	种类 Species	生态位宽度 B	编号 No.	种类 Species	生态位宽度 B	编号 No.	种类 Species	生态位宽度 B
1	斑地锦 <i>Euphorbia maculata</i>	0.082 6	18	野塘蒿 <i>Conyza bonarinisis</i>	0.781 9	35	马唐 <i>Digitaria sanguinalis</i>	0.288 0
2	北美车前 <i>Plantago virginica</i>	0.523 7	19	一年蓬 <i>Erigeron annuus</i>	0.691 5	36	白茅 <i>Imperata cylindrica</i>	0.308 1
3	北美独行菜 <i>Lepidium virginicum</i>	0.115 9	20	泽漆 <i>Euphorbia heliocopia</i>	0.085 1	37	牛膝 <i>Achyranthes bidentata</i>	0.096 3
4	波斯婆婆纳 <i>Veronica persica</i>	0.313 6	21	钻形紫菀 <i>Aster sublatus</i>	0.373 6	38	窃衣 <i>Torilis scabra</i>	0.490 0
5	加拿大一枝黄花 <i>Solidago canadensis</i>	0.060 6	22	稗草 <i>Echinochloa crusgalli</i>	0.236 4	39	柔枝莠竹 <i>Microstegium vimineum</i>	0.240 5
6	空心莲子草 <i>Alternanthera phioxeroides</i>	0.396 5	23	车前 <i>Plantago asiatica</i>	0.453 3	40	蛇含 <i>Potentilla sundaica</i>	0.165 3
7	苦苣菜 <i>Sonchus oleraceus</i>	0.385 3	24	酢浆草 <i>Oxalis corniculata</i>	0.535 2	41	瘦风轮 <i>Clinopodium gracile</i>	0.389 2
8	裸柱菊 <i>Soliva anthemifolia</i>	0.208 1	25	鹅观草 <i>Roegneria kamoji</i>	0.541 9	42	鼠麴草 <i>Gnaphlium affine</i>	0.208 3
9	美洲商陆 <i>Phytolacca americana</i>	0.201 4	26	附地菜 <i>Trigonotis peduncularis</i>	0.181 0	43	水蓼 <i>Polygonum hydropiper</i>	0.244 6
10	三叶鬼针草 <i>Bidens pilosa</i>	0.036 0	27	狗牙根 <i>Cynodon dactylon</i>	0.518 8	44	扬子毛茛 <i>Ranunculussieboldii</i>	0.263 5
11	铜锤草 <i>Oxalis corymbosa</i>	0.104 6	28	光风轮 <i>Clinopodium confine</i>	0.129 9	45	野艾蒿 <i>Artemisia lavandulaefolia</i>	0.169 1
12	土荆芥 <i>Chenopodium ambrosioides</i>	0.101 8	29	黄鹌菜 <i>Youngia japonica</i>	0.475 3	46	野燕麦 <i>Avena fatua</i>	0.117 0
13	细叶芹 <i>Apium leptophyllum</i>	0.484 1	30	鸡眼草 <i>Kummerowia striata</i>	0.239 5	47	益母草 <i>Leonurus heterophyllum</i>	0.131 2
14	小飞蓬 <i>Conyza canadensis</i>	0.100 4	31	假俭草 <i>Eremochloa ophuroides</i>	0.044 4	48	早熟禾 <i>Poa annua</i>	0.458 3
15	续断菊 <i>Sonchus asper</i>	0.309 9	32	藜 <i>Chenopodium album</i>	0.198 4	49	猪殃殃 <i>Galium aparine</i> var. <i>tenerum</i>	0.197 9
16	野胡萝卜 <i>Daucus carota</i>	0.211 3	33	龙葵 <i>Solanum nigrum</i>	0.414 6	50	紫苏 <i>Perilla frutescens</i>	0.325 5
17	野老鹳草 <i>Geranium carolinianum</i>	0.404 8	34	葎草 <i>Humulus scandens</i>	0.269 7			

表4 金华市21种外来杂草的生态位重叠值  
Table 4 Niche overlaps of 21 exotic weed species in Jinhua

编号 No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1	0.010 4	0.139 9	0.007 6	0.071 3	0.011 5	0.075 6	0.008 1	0.000 8	0.008 6
2	0.010 4	1	0.033 3	0.107 7	0.077 7	0.243 7	0.132 2	0.070 6	0.052	0.012 1
3	0.139 9	0.033 3	1	0.009 2	0.087 2	0.034 9	0.243 2	0.125	0.113 2	0.003
4	0.007 6	0.107 7	0.009 2	1	0.000 7	0.081 5	0.159 2	0.555	0.145 3	0.049 3
5	0.071 3	0.077 7	0.087 2	0.000 7	1	0.078 4	0.245 2	0.000 7	0.003 9	0.001 3
6	0.011 5	0.243 7	0.034 9	0.081 5	0.078 4	1	0.083 3	0.045 5	0.202 9	0.008 1
7	0.075 6	0.132 2	0.243 2	0.159 2	0.245 2	0.083 3	1	0.122 5	0.117 9	0.001 3
8	0.008 1	0.070 6	0.125	0.555	0.000 7	0.045 5	0.122 5	1	0.164 6	0.005 2
9	0.000 8	0.052	0.113 2	0.145 3	0.003 9	0.202 9	0.117 9	0.164 6	1	0.02
10	0.008 6	0.012 1	0.003	0.049 3	0.001 3	0.008 1	0.001 3	0.005 2	0.02	1
11	0.063 5	0.019	0.003	0.036 4	0.001 3	0.016 9	0.093 1	0.027 4	0.025 8	0.008
12	0.001 8	0.028 7	0.175 9	0.009 7	0.132 6	0.118 1	0.113	0.051 1	0.326	0.001 8
13	0.024 8	0.356 9	0.028 5	0.152 5	0.131 8	0.299 2	0.164 3	0.093 8	0.093 9	0.000 4
14	0.022 2	0.071 5	0.002 9	0.075 4	0.001 3	0.016 4	0.072 2	0.042 4	0.022 4	0.002 4
15	0.014 2	0.151 9	0.029 8	0.524 4	0.078 5	0.146 7	0.163 9	0.434 6	0.095 2	0.029 3
16	0.040 2	0.159 7	0.128	0.122 1	0.183 6	0.182 4	0.190 5	0.119 5	0.336 9	0.060 6
17	0.003 4	0.152 1	0.154 8	0.205 5	0.124 3	0.108 1	0.471 9	0.130 9	0.156 7	0.064 2
18	0.015	0.529	0.072 2	0.133 8	0.054 6	0.402 5	0.16	0.120 9	0.202 7	0.019 8
19	0.010 9	0.534 6	0.052 6	0.11	0.071 6	0.343 1	0.12	0.100 3	0.140 7	0.018 7
20	0.001 3	0.096 8	0.115 2	0.038 7	0.001 1	0.012 2	0.194 9	0.101 2	0.029 8	0.051 8
21	0.070 8	0.087 9	0.218 8	0.159 5	0.293 3	0.100 7	0.345 9	0.193 5	0.192 1	0.032 7

续表 4

编号 No.	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
1	0.063 5	0.001 8	0.024 8	0.022 2	0.014 2	0.040 2	0.003 4	0.015	0.010 9	0.001 3	0.070 8
2	0.019	0.028 7	0.356 9	0.071 5	0.151 9	0.159 7	0.152 1	0.529	0.534 6	0.096 8	0.087 9
3	0.003	0.175 9	0.028 5	0.002 9	0.029 8	0.128	0.154 8	0.072 2	0.052 6	0.115 2	0.218 8
4	0.036 4	0.009 7	0.152 5	0.075 4	0.524 4	0.122 1	0.205 5	0.133 8	0.11	0.038 7	0.159 5
5	0.001 3	0.132 6	0.131 8	0.001 3	0.078 5	0.183 6	0.124 3	0.054 6	0.071 6	0.001 1	0.293 3
6	0.016 9	0.118 1	0.299 2	0.016 4	0.146 7	0.182 4	0.108 1	0.402 5	0.343 1	0.012 2	0.100 7
7	0.093 1	0.113	0.164 3	0.072 2	0.163 9	0.190 5	0.471 9	0.16	0.12	0.194 9	0.345 9
8	0.027 4	0.051 1	0.093 8	0.042 4	0.434 6	0.119 5	0.130 9	0.120 9	0.100 3	0.101 2	0.193 5
9	0.025 8	0.326	0.093 9	0.022 4	0.095 2	0.336 9	0.156 7	0.202 7	0.140 7	0.029 8	0.192 1
10	0.008	0.001 8	0.000 4	0.002 4	0.029 3	0.060 6	0.064 2	0.019 8	0.018 7	0.051 8	0.032 7
11	1	0.001 8	0.042 1	0.152 7	0.059 4	0.007 4	0.061	0.027 4	0.019 6	0.015 7	0.012 4
12	0.001 8	1	0.051 3	0.001 8	0.098 9	0.222 9	0.199	0.123 7	0.090 2	0.001 1	0.342 1
13	0.042 1	0.051 3	1	0.094 7	0.214 9	0.277	0.175 3	0.414 7	0.352 9	0.036 3	0.149 5
14	0.152 7	0.001 8	0.094 7	1	0.051 8	0.007 4	0.068	0.092 1	0.061	0.020 3	0.015 9
15	0.059 4	0.098 9	0.214 9	0.051 8	1	0.29	0.259 2	0.199 2	0.167 6	0.01	0.271 8
16	0.007 4	0.222 9	0.277	0.007 4	0.29	1	0.236 8	0.249	0.201 6	0.078 1	0.317 8
17	0.061	0.199	0.175 3	0.068	0.259 2	0.236 8	1	0.210 9	0.154 6	0.269 5	0.324 9
18	0.027 4	0.123 7	0.414 7	0.092 1	0.199 2	0.249	0.210 9	1	0.68 4	0.118 9	0.144 7
19	0.019 6	0.090 2	0.352 9	0.061	0.167 6	0.201 6	0.154 6	0.684	1	0.147 9	0.118 1
20	0.015 7	0.001 1	0.036 3	0.020 3	0.01	0.078 1	0.269 5	0.118 9	0.147 9	1	0.017 1
21	0.012 4	0.342 1	0.149 5	0.015 9	0.271 8	0.317 8	0.324 9	0.144 7	0.118 1	0.017 1	1

注：1~21 号所代表的杂草种类见表 1 Note: Species 1~21 is listed in Table 1.

第一类：由野塘蒿(18)、狗牙根(27)、空心莲子草(6)、菵草(34)、一年蓬(19)、北美车前(2)、酢浆草(24)、瘦风轮(41)、细叶芹(13)、鹅观草(25)、车前(23)、黄鹤菜(29)等组成。这类杂草的主要特点是

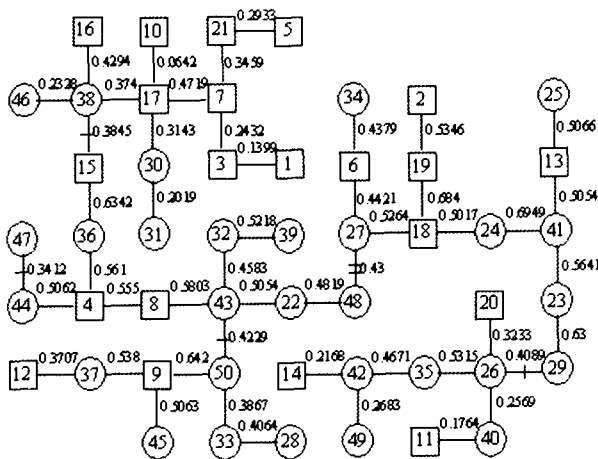


图 1 基于生态位重叠值的 50 种杂草种间生态关系的最小生成树

Fig. 1 Minimal spanning tree of 50 weed species based on their niche overlaps

数字 1~50 含义同表 2 中杂草编号；“□”内 1~21 号为外来杂草；“○”内 22~50 号为本地杂草。下同。

分布广泛,发生量大,主要分布于人为干扰严重的生境。与主要杂草野塘蒿的竞争激烈程度,按生态位

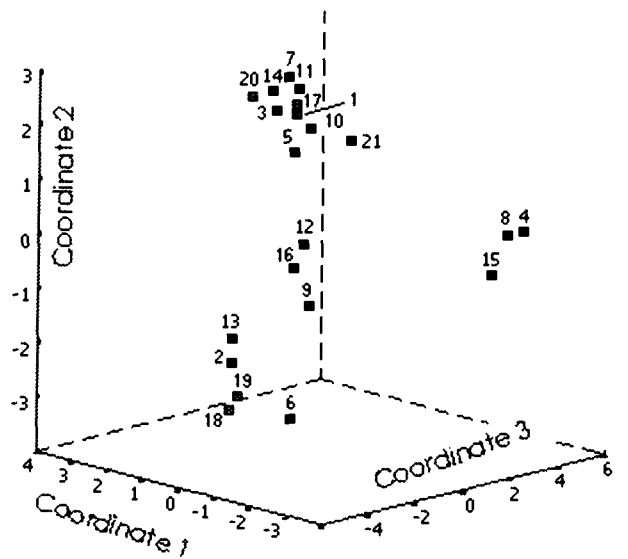


图 2 基于生态位重叠值的 21 种外来杂草生态关系 PAA 排序图

Fig. 2 PAA ordination of 21 exotic weed species based on niche overlaps

重叠值的大小分别是一年蓬(0.684)、北美车前(0.529)、狗牙根(0.5264)、酢浆草(0.5017)、瘦风轮(0.4706)、鹅观草(0.4378)、细叶芹(0.4147)、车前(0.4049)、空心莲子草(0.4025)、黄鹤菜(0.3896)、菵草(0.2439)等。第二类：由早熟禾

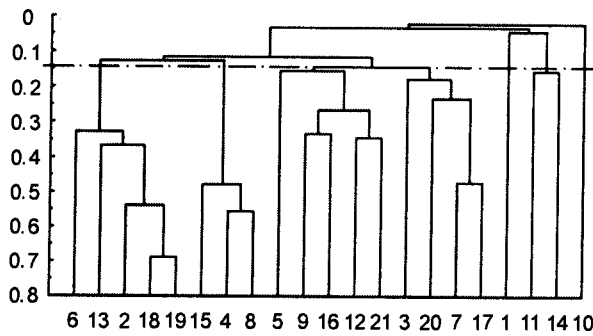


图3 基于生态位重叠值的21种外来杂草的聚类图

Fig. 3 Cluster analysis diagram of 21 exotic weed species based on niche overlaps

(48)、稗草(22)、水蓼(43)、藜(32)、柔枝莠竹(39)、裸柱菊(8)、波斯婆婆纳(4)、扬子毛茛(44)、白茅(36)、续断菊(15)等组成。主要分布在农田附近、疏林缓坡、路边荒地等,与主要杂草早熟禾的竞争激烈程度,按生态位重叠值的大小分别是稗草(0.4819)、水蓼(0.4173)、裸柱菊(0.3691)、续断菊(0.3115)、波斯婆婆纳(0.3076)、柔枝莠竹(0.2690)、白茅(0.2527)、藜(0.2265)、扬子毛茛(0.2213)等。

上述两类以外的杂草基本位于最小生成树的边缘,这说明它们对生境的要求相对比较特殊。外来杂草斑地锦(1)、北美独行菜(3)、苦苣菜(7)、钻形紫菀(21)、加拿大一枝黄花(5)、野老鹳草(17)和三叶鬼针草(10)间最小生成树相连,但之间生态重叠值较小,这些外来杂草的生境要求虽然各不相同,但是在耐贫瘠土壤及对干扰严重的环境适应性强等特点,使外来杂草在生境选择上存在一定的相似性,而与其他本地杂草在生境的要求上有较大的差异。

为进一步直观地揭示21种外来杂草对环境资源利用的差异,应用主坐标排序法(PAA)对21种外来杂草的种间生态位重叠值相似矩阵进行三维投影(图2),同时应用组平均法(UPGMA)聚类策略作出聚类树状图(图3)。主坐标排序图和聚类树状图均以生态重叠值相似矩阵为基础,因此两者都能有效地对植物进行生态学意义上的分类。根据21种外来杂草在排序、聚类图中的位置,结合其生态分布的特点,可将21种外来杂草分成如下4组:

第1组包括北美车前(2)、空心莲子草(6)、细叶芹(13)、野塘蒿(18)、一年蓬(19)等5种,因其种子传播及无性繁殖方式的伴人特性,多分布于行人出

没较多的田埂路边、村舍周围等;第2组包括波斯婆婆纳(4)、裸柱菊(8)、续断菊(15)等3种,主要分布在公路铁路附近、疏林缓坡、抛荒地等生境。这两组植物的分类结果与图1分析得到的结果一致。

第3类包括加拿大一枝黄花(5)、美洲商陆(9)、野胡萝卜(16)、土荆芥(12)、钻形紫菀(21)等5种,分布于人为干扰较大的抛荒地等,且这些植物多为植株个体较大的旱生杂草;第4类包括北美独行菜(3)、苦苣菜(7)、野老鹳草(17)、泽漆(20)等4种以及斑地锦(1)、铜锤草(11)、三叶鬼针草(10)、小飞蓬(14)等5种,这些杂草的共同特点是分布的范围不广,生态位较窄(表3),在对环境资源的利用程度上与前3类杂草有较大差异,但各自的生境选择具有一定程度的相似性,这些种类与最小生成树(图1)边缘植物种类是一致的。

#### 2.4 外来杂草和主要本地杂草的分布与环境关系的除趋势典范对应分析

除趋势典范对应分析采用国际通用生态软件CANOCO3.12计算,应用CANODRAW3.0作出50种杂草分布与环境因子关系的二维排序图(图4)。计算前,对6个样地的环境指标采用最大值标

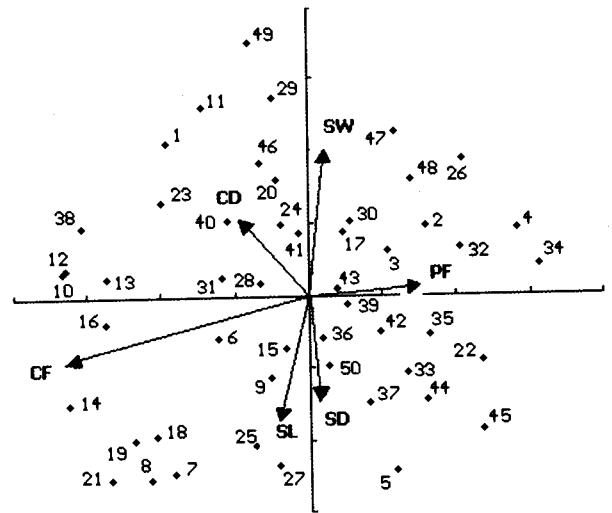


图4 50种杂草与环境关系的DCCA排序图  
Fig. 4 DCCA two-dimensional ordination diagram of the relationships of 50 weed species with environmental factors

准化处理。排序图中,前二个轴的特征值分别为0.723,0.624,环境因子轴与种类排序轴之间的相关系数,分别为0.893,0.784,这说明排序能够较好地反映种类与环境间的关系(Ter Braak,1986)。

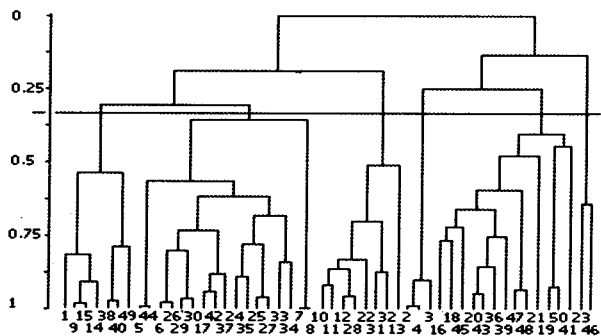


图 5 基于欧氏距离的 50 个样地 Ward's 聚类图  
Fig. 5 Cluster dendrogram of 50 sites based on Euclidean distance coefficients using Ward's method

图 4 中,与第一排序轴(水平轴)相关系数最大的是人群出没频率,为-0.8069,人群出没频率对杂草分布的影响主要体现在对杂草生境的干扰以及人

为传播种子等方面;与第二排序轴(垂直轴)相关系数最大的是土壤水分(SW),为 0.7193。土壤松散程度(SL)与第二轴也有较大的相关性,为负相关,表明郁闭度对杂草的分布也有较大的影响。从与第一轴和第二轴的相关系数大小分析,人群出没频率与土壤水分是影响金华市郊外来杂草以及其他主要杂草分布最为重要的环境因子。

图 4 从整体上反映了 50 种杂草与人群出没频率、土壤状况及郁闭度等环境因子之间的关系。排序图的第三象限分布了较多的外来杂草,如小飞蓬(14)、钻形紫菀(21)、野塘蒿(18)、一年蓬(19)、裸柱菊(8)、苦苣菜(7)、美洲商陆(9)、续断菊(15)、空心莲子草(6)、野胡萝卜(16)等,这些外来杂草的排序点位置反映了其适应人为干扰和干旱等生境的特点。沿着第二轴(垂直)向上方向分布的泽漆(20)、益母草

表 5 各样地聚类群的生境特征及其主要外来杂草的重要值

Table 5 The habitats of six groups and the important values of main exotic weeds

聚类群 Group	主要外来杂草重要值 Important values of main exotic weed species							生境特征 Characters of the habitats
	野塘蒿	一年蓬	北美车前	加拿大一枝黄花	空心莲子草	美洲商陆	裸柱菊	
I	0.066	0.075	0.184	0	0.007	0.004	0.012	校园、村舍周围等
II	0.047	0.065	0.063	0.001	0.025	0.006	0.005	缓坡、路边荒地等
III	0.069	0.091	0.052	0	0.008	0.006	0.023	村舍、校园的乔木、稀疏灌木等林下等
IV	0.039	0.099	0.081	0.172	0.074	0.013	0	铁路和公路国道线两侧的撂荒地和农田村舍等
V	0.065	0.102	0.018	0	0.101	0.021	0.007	公路边的稀疏灌木林下等
VI	0.038	0.036	0.003	0	0	0.043	0.041	废弃不久的建筑工地等

(47)、野燕麦(46)、铜锤草(11)、黄鹤菜(29)、猪殃殃(49)等表现出适应潮湿土壤的趋势。

### 2.5 外来杂草对生物多样性的影响

基于 50 种杂草在 50 个样地的重要值,运用 PC-ord 4.0 软件,对 50 个样地进行聚类分析。采用 Ward's 聚合策略,可以分成 6 个聚类群,也基本反映了实际样地的差异(图 5)。6 个样地聚类群的主要生境特征见表 5,从外来杂草的重要值看,聚类群 I 至 VI 分别是北美车前一一年蓬一野塘蒿群丛、一年蓬一北美车前群丛、一年蓬一野塘蒿一北美车前群丛、加拿大一枝黄花一一年蓬一北美车前一空心莲子草群丛、一年蓬一空心莲子草一野塘蒿群丛和美洲商陆一裸柱菊一野塘蒿群丛。应用 Basic 程序,计算得到各样地的物种多样性指数,并按照样地聚类群分析外来杂草对生物多样性的影响(表 6)。

表 6 中,样地聚类群 VI、I、III、II 的外来杂草丰富度递增,并与物种丰富度成正比,说明目前金华市

的外来杂草在一定程度上丰富了当地的生物多样性;从聚类群 I 至 V 来看,随着样地中外来杂草重要值的增加,样地中物种丰富度呈显著线性下降趋势( $y = -14.36x + 27.48$ ),相关系数 R 为-0.928( $P < 0.05$ )。除样地聚类群 IV 和 VI,样地 Shannon-Wiener 多样性指数和 Pielou 均匀度指数随着外来杂草重要值的增加而降低,Audair 和 Goff 优势度指数增加,说明外来杂草重要值的持续增加将会对生物多样性产生重大的危害。因此,外来杂草重要值较外来杂草丰富度更为适合衡量外来杂草对生物多样性的影响。

六个样地聚类群之间由外来杂草造成物种丰富度的差异并不显著( $P > 0.05$ )(表 6),从 Shannon-Wiener 多样性指数来看,聚类群 II 的多样性指数最高,为 2.836,聚类群 VI 的多样性指数最低,为 2.379,其余各聚类群在 2.6 到 2.7,多样性指数相对较高;各聚类群的 Audair 和 Goff 优势度指数在

0.3左右,而Pielou均匀度指数均在0.86以上,且与其他样地聚类群的差异不显著,以上说明金华市郊的外来杂草对生态环境的危害尚处于潜伏期,需要引起足够的警惕和重视,加强监测和防治。

样地聚类群IV的外来杂草丰富度最大(10.333 3±1.154 7),Shannon-Wiener多样性指数(H)较低(H=2.664±0.161),与物种丰富度最高的样地聚类群II(H=2.836±0.236)差异达极显著

水平( $P<0.01$ ),其原因是该样地聚类群中外来杂草加拿大一枝黄花占绝对优势,其高大的植株,强大的地下茎无性繁殖和种子繁殖的R-对策对其他的植物定居生长非常不利,对该地区的物种多样性造成了严重的危害。样地聚类群VI的外来杂草丰富度和重要值虽然小,但是物种丰富度和多样性指数不高,Audair和Goff优势度指数最大,Pielou均匀度指数最低,原因是样地数仅2个,而且废弃工地的

表6 六个样地聚类群的物种多样性指数  
Table 6 Species diversity indexes of six groups

聚类群 Group	样地数 Plots	外来杂草平均 重要值 AIV	外来杂草平均 丰富度 ASRE	平均物种丰富度 ASR	Shannon-Wiener 多样性指数	Audair和Goff 优势度指数	Pielou 均匀度指数
I	7	0.470±0.095b	8.286±2.138ab	20.143±4.375a	2.638±0.274AB	0.307±0.046ab	0.883±0.040a
II	17	0.360±0.137abc	9±2.525ab	23.059±5.006a	2.836±0.236A	0.270±0.042b	0.910±0.038a
III	8	0.374±0.140bc	8.75±2.493ab	22.25±4.234a	2.720±0.206AB	0.288±0.036ab	0.9±0.030a
IV	3	0.614±0.045a	10.333±1.155a	19±2a	2.664±0.161B	0.297±0.034ab	0.906±0.026a
V	13	0.396±0.131abc	7.923±2.216b	21.154±3.436a	2.691±0.191AB	0.304±0.042ab	0.885±0.034a
VI	2	0.260±0.067ac	5.5±0.707ab	16±2.828a	2.379±0.050AB	0.356±0.006a	0.862±0.037a

注: a, b, c表示在5%水平上的差异; A, B表示在1%水平上的差异。AIV=Average importance value of exotic weeds; ASRE=Average species richness of exotic weeds; ASR=Average species richness.

表7 金华市外来杂草群落多样性指数的相关分析  
Table 7 Analysis on correlation among diversity indexes of exotic weed community in Jinhua

项目 Items	外来杂草平均物种 平均丰富度 ASRE	物种丰富度 ASR	Shannon-Wiener 多样性指数	Audair和Goff 优势度指数
平均物种丰富度 ASR	0.589*			
Shannon-Wiener多样性指数	0.585*	0.893*		
Audair和Goff优势度指数	-0.559*	-0.716*	-0.941*	
Pielou均匀度指数	0.240	0.227	0.631*	-0.810*

\*表示达到0.01水平上的相关。\* significant difference at the 0.01 level.

生境上杂草的种类和数量较少,主要以美洲商陆等少数几种外来杂草为主。

### 3 讨论

斑地锦(0.082 6)、加拿大一枝黄花(0.060 6)、三叶鬼针草(0.036 0)等外来杂草在金华市郊的生态位宽度较小,说明这些外来种在本地区的分布较少,分布区域较为狭窄,其生态位宽度较窄的原因可能有两种,一是该外来种在本地还没有足够的时间扩散,二是本身的生态生理特点限制了其对环境的拓展。

加拿大一枝黄花是20世纪30年代从北美传入

我国的,依靠多年生地下茎极强的无性繁殖能力和种子传播、萌发特性,80年代起在我国华东地区迅速逸生扩散,目前已经被列入中国重要外来有害植物名录(李振宇等,2002)。在秋季常形成单优势种群落,严重影响农林生产及荒地植被的自然恢复过程(郭水良等,1995)。浙江宁波等地自1996年发现有零星加拿大一枝黄花分布以后,短短几年时间扩散蔓延至3万余亩的土地上,造成入侵地植物多样性衰退、橘林减产绝收等严重后果。加拿大一枝黄花在金华的生态位宽度为0.060 6,与本文中的其他多数杂草相比,生态位宽度较小,说明加拿大一枝黄花的分布环境较单一,主要分布在铁路及国道线公路附近的开阔干燥生境,但由于这类生境在迅速工业化地区非常普遍,加上加拿大一枝黄花具极强的繁殖能力和危害性,因此,该种的潜在危害极大,应对其进行及时的监测、防治和管理。

将生态位重叠值以及种类分布与环境间关系的典范对应分析相结合,一方面可反映出杂草在生态适应上的相似关系,同时也能够了解是哪类环境因素影响了这种生态相似关系。如人为干扰程度和生境土壤的干湿程度可能是野塘蒿与一年蓬,续断菊和白茅,美洲商陆和紫苏等杂草相互伴生的主要因素;而酢浆草和瘦风轮、车前和黄鹌菜等土著性杂草伴生在一起的原因除以上两点之外,可能还与杂草



间的生活史、根系互补性等有关。

运用排序图、图论聚类等方法能直观地说明杂草间的生态学关系,反映杂草对周围环境的适应能力及种内和种间的竞争关系。在应用最小生成树、主坐标三维排序图、聚类树状图和杂草种类与环境关系的除趋势典范对应分析表达杂草种类间的生态学关系时,每种方法有各自的侧重点,也有一定的联系和共同点。21种外来杂草的主坐标排序和聚类分析的结果与最小生成树显示划分的结果一致;处于最小生成树边缘的杂草种类对生境的要求相对于其它杂草比较特殊,这些种类表现在主坐标三维排序图中为排序位置相对独立的一类,在除趋势典范对应分析的排序图中,则大多分布在离中心较远的外围,反映了这些杂草所处的环境较为极端。

### 参考文献:

- Carlton J T, Geller J B. 1993. Ecological roulette-The global transport of nonindigenous marine organisms[J]. *Science*, **261**: 78-82
- Chen ML, Zhang XP, Su DS. 2003. A preliminary study on the invasive weeds in Anhui[J]. *J Bio*, **20**(6): 24-27
- Guo SL(郭水良), Huang H(黄华). 2003. On intensive distributive pattern of *Plantago virginica* populations(外来杂草北美车前种群分布格局的统计分析)[J]. *Bull Bot Res*(植物研究), **23**(4): 464-471
- Guo SL(郭水良), Fang F(方芳). 2003. Physiological adaptation of the invasive plant *Solidago canadensis* to environments(入侵植物加拿大一枝黄花对环境的生理适应性研究)[J]. *Acta Phytoecol Sin*(植物生态学报), **27**(1): 47-52
- Guo SL(郭水良), Li YH(李扬汉). 1995. Study on the exotic weeds in South-east of China(我国东南地区外来杂草研究初报)[J]. *Weed Sci*(杂草科学), (2): 4-8
- Guo SL(郭水良), Li YH(李扬汉). 1997. Niche analysis of weeds in non-filed habitats in early spring in Nanjing(南京地区非农田早春杂草生态位研究)[J]. *Weed Sci*(杂草科学), (4): 2-5
- Guo SL(郭水良), Li YH(李扬汉). 1999. Studies on ecological relationships of weeds in early-rice fields and their graphical expression in Jinhua area of Zhejiang Province(金华地区早稻田杂草种间生态关系及其图形表示)[J]. *J Nanjing Agric Univ*(南京农业大学学报), **22**(1): 16-21
- Guo SL(郭水良). 1995. Origination, spreading and biological and ecological characteristics of exotic weeds(外域杂草的产生、传播及生物与生态学特性的分析)[J]. *Guihaia*(广西植物), **15**(1): 89-95
- Levine J M. 2000. Species diversity and biological invasions: relating local process to community pattern[J]. *Science*, **288**: 852-854
- Levins R. 1968. Evolution in Changing Environment; Some Theoretical Explorations[M]. Princeton, Princeton University Press
- Li YH. 1998. Flora of weeds in China[M]. Beijing, China Agricultural Press
- Li ZY, Xie Y. 2002. Invasive alien species in china[M]. Beijing, China Forestry Publishing: 43-45
- Liu QR(刘全儒), Yu M(于明), Zhou YL(周云龙). 2002. A preliminary study on the invasive plants in Beijing(北京地区外来入侵植物的初步研究)[J]. *J Beijing Normal Univ(Nat sci)*(北京师范大学学报(自然科学版)), **8**(3): 399-404
- Qiang S(强胜), Cao XZ(曹学章). 2000. Survey and analysis of exotic weeds in China(中国异域杂草的考察与分析)[J]. *J Plant Res Environ*(植物资源与环境学报), **9**(4): 34-38
- Qiang S(强胜), Cao XZ(曹学章). 2001. Harmfulness of exotic weeds in China and for their management(外来杂草在我国的危害性及其管理对策)[J]. *Biodiv Sci*(生物多样性), **9**(2): 188-195
- Shan JL(单家林). 2003. Preliminary studies on exotic plant communities in Hainan(海南岛外来植物群落初探)[J]. *Chin J Trop Agric*(热带农业科学), **23**(3): 1-4
- Ter Braak C J F. 1986. Canonical correspondence analysis; a new eigenvector technique for multivariate direct gradient analysis[J]. *Eco*, **67**: 1 167-1 179
- Tripathi R S, Singh R S, Rai J P N. 1981. Allcopathic potential of *Eupatorium adenophorum*; A dominant ruderal weed of Meghalaya India[J]. *Proc Natl Sci Acad Part B Biol Sci*, **47**(3): 458-465
- Wang G(王刚), Zhao SL(赵松岭), Zhang PY(张鹏云), et al. 1984. On the definition of niche and the improved formula for measuring niche overlap(关于生态位定义的探讨及生态位重叠计测公式改进的研究)[J]. *Acta Ecol Sin*(生态学报), **4**(2): 119-127
- Wang SH(王四海), Sun WB(孙卫邦), Cheng X(成晓). 2004. Attributes of plant proliferation, geographic spread and the natural communities invaded by the naturalized alien plant species *Tithonia diversifolia* in Yunnan, China(逃逸外来植物肿柄菊在云南的生长繁殖特性、地理分布现状及群落特征)[J]. *Acta Ecol Sin*(生态学报), **24**(3): 444-449
- Wu HR(吴海荣), Qiang S(强胜). 2003. Quantitative survey on exotic weeds in autumn in Nanjing(南京市秋季外来杂草定量调查研究)[J]. *Biodiv Sci*(生物多样性), **11**(5): 432-438
- Xiang YC(向言词), Peng SL(彭少麟), Zhou HC(周厚诚), et al. 2002. Impacts of non-native species on biodiversity and its control(外来种对生物多样性的影响及其控制)[J]. *Guihaia*(广西植物), **22**(5): 425-432
- Xien XW(谢小伟), Guo SL(郭水良). 2003. Niche of bryophytes on the floor in Jinhua suburb, Zhejiang Province(浙江金华市郊地面苔藓植物生态位研究)[J]. *Guihaia*(广西植物), **23**(2): 112-120
- Zhang SM(张淑梅), Han QZ(韩全忠). 1997. Preliminary study on the foreign plants in Dalian(大连地区外来植物的初步研究)[J]. *J Liaoning Nor Univ(Nat Sci)*(辽宁师范大学学报(自然科学版)), **20**(4): 323-330