南京市秋季外来杂草定量调查研究

吴海荣 强 胜*

(南京农业大学杂草研究室, 南京 210095)

摘要: 利用样方法调查了南京市不同生境下外来杂草的种类和分布情况,并用主成分分析法处理了数据。结果表明,南京市秋季外来杂草有11科19属21种,以菊科最多,多数来自美洲。主成分分析结果表明,影响本市外来杂草分布、危害的主要因素是人为干扰强度和土壤水分条件。依据这两个因素的不同,样点可划分为4个聚类群。聚类群I包括的样点均分布于旱地农田,外来杂草以反枝苋(*Amaranthus retroflexus*)、波斯婆婆纳(*Veronica persica*)和喜旱莲子草(*Alternanthera philoxeroides*)为优势种;聚类群II的样点都是路边荒地等无人管理的或曾经是裸地的生境,以一年蓬(*Erigeron annuus*)、野塘蒿(*Conyza bonariensis*)和小白酒草(*Conyza canadensis*)为优势外来杂草;聚类群III包含的样点以公园、景区为主,外来杂草种类最多,以豚草(*Ambrosia artemisiifolia*)、北美车前(*Plantago virginica*)、喜旱莲子草、钻形紫菀(*Aster subulatus*)、一年蓬、野塘蒿和小白酒草等为优势种;聚类群IV的样点多是水边水田等土壤含水量较高的区域,优势外来杂草包括喜旱莲子草、钻形紫菀和南苜蓿(*Medicago hispida*)。文章分析了各聚类群物种丰富度的差异,表明外来杂草的入侵对生物多样性有不利影响,最后对如何加强管理外来杂草提出几点意见。

关键词: 外来杂草, 分布, 主成分分析, 生物多样性

中图分类号: S451.244 S688.4 文献标识码: A 文章编号: 1005-0094(2003)05-0432-07

Quantitative survey on exotic weeds in autumn in Nanjing

WU Hai-Rong QIANG Sheng*

Weed Research Laboratory, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095

Abstract: A survey of species and distribution of exotic weeds was conducted with the square plot method in different habitats in Nanjing. The collected data were analyzed with principal component analysis (PCA). Twenty-one exotic weed species belonging to 19 genera and 11 families were recorded in autumn in the region, and of them originated from America. Composite comprised the most species among all families. The results of principal component analysis showed that the most important factors affecting the occurrence and distribution of exotic weed species were the levels of human disturbance and soil humidity. According to these two factors, all samples were divided into four groups. The dominant exotic weed species in each group were regarded according to the importance value of the species. Group I included samples collected from dry land, and its dominant exotic weed species were *Amaranthus retroflexus*, *Veronica persica* and *Alternanthera philoxeroides*. Group II included samples located in wastelands and right-of-ways which were non-managed or non-irrigated farmland. The dominant exotic weed species mainly belonged to composites, such as *Erigeron annuus*, *Conyza bonariensis* and *Conyza canadensis*. Group III included samples located in public parks where the number of exotic weed species was abundant. The dominant species were *Ambrosia artemisiifolia*, *Plantago virginica*, *Alternanthera philoxeroides*, *Aster subulatus*, *Erigeron annuus*, *Conyza bonariensis*, and *Conyza canadensis*. The last group was mainly composed of samples distributed on the waterside and in paddy fields. The dominant exotic weeds were *Alternanthera philoxeroides*, *Aster subulatus* and *Medicago hispida*. The analysis of the difference of species richness among groups showed that invasion of exotic weeds had a harmful influence on biological di-

基金项目: 国家自然科学基金(30170619)和国家十五攻关项目(2001BA611B-06-1-5)

收稿日期: 2002-11-13; 接受日期: 2003-06-12

作者简介: 吴海荣, 女, 1978年出生, 硕士研究生, 主要研究方向为外来植物杂草化安全性评价技术。

* 通讯作者 Author for correspondence. E-mail: wrl@njau.edu.cn

versity. Some suggestions for management of exotic weeds are proposed.

Key words : exotic weeds , distribution , principal component analysis , biodiversity

外来杂草在外来植物中最具入侵性 ,是指原产国外 ,能在我国的人工环境中自然延续其种群的植物(强胜 ,曹学章 ,2000)。全世界每年花费巨额资金用于农业外来杂草清除和除草剂的施用(桑卫国 ,2002)。外来杂草对生物多样性保护构成威胁 ,并有可能改变生态系统的结构和功能(Lonsdale ,1999) ,它在全世界范围内已经造成了巨大的生态和经济灾难。对外来杂草在我国发生危害状况的调查研究工作还处于起步阶段(郭水良 ,李扬汉 ,1995 ;强胜 ,曹学章 ,2000 ;李博等 ,2001 ;刘全儒等 ,2002 ;潘怀剑 ,田家怡 ,2001 ;杜卫兵等 ,2002 ;吴世捷 ,高力行 ,2002) ,本文将报道对南京地区外来杂草发生状况的调查研究结果。

南京地处长江下游 ,位于 31°14′ ~ 32°37′ N , 118°22′ ~ 119°14′ E ,属于北亚热带季风气候区 ,四季分明 ,平均气温 16℃ ,平均降雨量 1106 mm ,无霜期 237 天(《南京年鉴》编辑部 ,2002)。南京作为六朝古都 ,是中国著名的历史文化名城 ,每年有大批海内外宾客来此地观光旅游。南京又是南北交通枢纽 ,随着国际及国内的交流日益增多 ,外来杂草入侵的机会也日趋增多 ,特别应重视的是其中一些有毒或恶性杂草的侵入与蔓延。鉴于此 ,对南京地区外来杂草的种类、数量、分布和危害情况进行系统的调查 ,有助于评估南京地区外来杂草的危害程度 ,并预测其潜在的危险 ,以便及早制订防范对策 ,采取相应措施控制其蔓延。同时确定需要长期监测的物种 ,以保护南京地区的农林业生产安全和生物多样性 ,确保生态和经济建设的可持续发展。此外 ,该研究对建立外来植物杂草化风险性评价方法和技术体系提供前期的研究基础 ,对建立我国外来杂草数据库 ,以及丰富我国对外来杂草发生状况的认识均具有重要意义。

1 调查研究范围及方法

1.1 调查研究范围

调查工作在南京市及其郊区范围内进行。主要调查不同生境外来杂草的种类和分布情况。调查

的生境包括 :水边、码头、江滩、路边(包括铁路边、高速公路边、马路边、巷路边和土路边等)、紫金山(包括山顶、山坡、山南和山北等)、农田(包括旱地、水田、撂荒地、菜地和果园等)、公园、风景区和荒地等的杂草分布情况 ,共调查了 54 个样点。调查时间为 2001 年 10 月 5 日 ~ 11 月 5 日。

调查期间 ,南京市的日平均温度为 17.86℃ ,最高气温 26℃ ,最低气温 9.6℃ ,降雨日数 7 天 ,日平均降雨量为 1.37 mm ,平均日照时数为 3.05 h ,平均相对湿度为 77.17%。

1.2 调查及数据处理方法

调查采用样方法 ,每个样点选取有代表性的 3 个样方 ,每个样方大小为 1 m × 1 m。调查样方中所有杂草的种类、数量、盖度 ,并记载各个样点的光照条件、土壤水分条件和土壤类型等环境因素(内蒙古大学生物系 ,1986)。

每种杂草的相对多度 = 每种杂草株数 / 样方内所有杂草总株数

杂草特征值 = 相对多度 + 盖度 + 相对频度

选取外来杂草的特征值作为分析指标 ,54 个样点作为分析单位 ,构成两个原始数据矩阵。应用 SPSS10.0 统计软件对原始数据进行主成分分析 (PCA)(徐克学 ,1999) ,并对分析结果进行生态学意义上的解释 ,确定南京市外来杂草的分布特点 ,并探讨外来杂草数量特征和环境因素的关系。比较不同聚类群物种丰富度 ,揭示不同生境外来杂草对物种多样性的影响。

2 结果与分析

2.1 南京市秋季外来杂草种类组成

54 个样点中共发现有 156 种杂草 ,其中外来杂草有 11 科 19 属 21 种(表 1)。在 54 个样点中 ,外来杂草出现的频率达到 98.15% ,其中 56.5% 来自于美洲 ,28.6% 来自于欧洲 ,其余来自亚洲。并且在本市发生量较大的外来杂草大多数来自于美洲 ,如豚草(*Ambrosia artemisiifolia*)、野塘蒿(*Conyza bonariensis*)、喜旱莲子草(*Alternanthera philoxeroides*)、

表 1 南京市秋季外来杂草名录
Table 1 Exotic weeds in Nanjing in autumn

科名 Family	物种 Species	原产地* Origin
菊科 Compositae	豚草 <i>Ambrosia artemisiifolia</i>	北美 North America
菊科 Compositae	钻形紫菀 <i>Aster subulatus</i>	北美 North America
菊科 Compositae	野塘蒿 <i>Conyza bonariensis</i>	南美 South America
菊科 Compositae	小白酒草 <i>Conyza canadensis</i>	北美 North America
菊科 Compositae	一年蓬 <i>Erigeron annuus</i>	北美 North America
菊科 Compositae	苦苣菜 <i>Sonchus oleraceus</i>	欧洲 Europe
菊科 Compositae	续断菊 <i>Sonchus asper</i>	欧洲 Europe
苋科 Amaranthaceae	喜旱莲子草 <i>Alternanthera philoxeroides</i>	巴西 Brazil
苋科 Amaranthaceae	反枝苋 <i>Amaranthus retroflexus</i>	热带非洲 Tropical Africa
十字花科 Cruciferae	北美独行菜 <i>Lepidium virginicum</i>	北美 North America
十字花科 Cruciferae	臭芥 <i>Coronopus didymus</i>	欧洲 Europe
豆科 Leguminosae	南苜蓿 <i>Medicago hispida</i>	伊朗、印度 Iran and India
豆科 Leguminosae	白车轴草 <i>Trifolium repens</i>	欧洲 Europe
禾本科 Gramineae	毛花雀稗 <i>Paspalum dilatatum</i>	南美 South America
旋花科 Convolvulaceae	裂叶牵牛 <i>Pharbitis nil</i>	热带美洲 Tropical America
旋花科 Convolvulaceae	圆叶牵牛 <i>Pharbitis purpurea</i>	热带美洲 Tropical America
玄参科 Scrophulariaceae	波斯婆婆纳 <i>Veronica persica</i>	欧洲和亚洲西部 Europe and western Asia
商陆科 Phytolaccaceae	美洲商陆 <i>Phytolacca americana</i>	北美 North America
车前科 Plantaginaceae	北美车前 <i>Plantago virginica</i>	北美 North America
酢浆草科 Oxalidaceae	铜锤草 <i>Oxalis corymbosa</i>	热带美洲 Tropical America
藜科 Chenopodiaceae	土荆芥 <i>Chenopodium ambrosioides</i>	热带美洲 Tropical America

* 参照《中国外来杂草名录》(强胜著,内部资料)
Refer to Exotic Weed Items in China (Qiang Sheng , unpublished data)

小白酒草(*Conyza canadensis*)和一年蓬(*Erigeron annuus*) ,这些种类的生态适应范围相当广泛 ,说明美洲的杂草较能适应中国的生境 ,美洲来源的植物成为中国的外来杂草的可能性最大(强胜 ,曹学章 , 2000)。菊科外来杂草种类最多 ,占 33. 3% 。从杂草的生活型来看 ,一、二年生杂草有 17 种 ,占 80. 95% ,可见南京地区秋季外来杂草以一、二年生杂草为主。从传入途径来看 ,有 8 种是通过人工引种传入的 ,占 38. 1% ,其中恶性杂草喜旱莲子草就是通过人工引种传入的 ,通过交通工具、国际旅行和粮食携带等方式偶尔带入的有 11 种 ,占 52. 4% ,如豚草、野塘蒿和小白酒草等 ;只有 2 种是通过自然扩散传入的。由此可见 ,外来杂草的传入与人类活动密切相关。

2. 2 主成分分析结果

主成分的得分值是通过坐标转换得到的 ,是由各指标的线形组合构成 ,它的大小和正负在评价中不可一概而论 ,只在具体评价中才有具体意义。负号表明它对主成分的影响是负相关关系(陈永强等 2001)。表 2 列出了 21 种外来杂草的前两个主

表 2 21 种外来杂草在前两个主成分上的负荷量
Table 2 Weightings for 21 exotic weed species along the first two axes generated from Principal Component Analysis

外来杂草 Exotic weed species	主成分 1 PC1	主成分 2 PC2
1 喜旱莲子草 <i>Alternanthera philoxeroides</i>	-0. 022	-0. 342
2 一年蓬 <i>Erigeron annuus</i>	0. 492	0. 324
3 小白酒草 <i>Conyza canadensis</i>	0. 718	0. 415
4 野塘蒿 <i>Conyza bonariensis</i>	0. 724	0. 406
5 反枝苋 <i>Amaranthus retroflexus</i>	-0. 295	0. 511
6 北美车前 <i>Plantago virginica</i>	-0. 056	-0. 180
7 土荆芥 <i>Chenopodium ambrosioides</i>	0. 276	0. 133
8 续断菊 <i>Sonchus asper</i>	-0. 531	0. 184
9 苦苣菜 <i>Sonchus oleraceus</i>	-0. 503	0. 548
10 波斯婆婆纳 <i>Veronica persica</i>	-0. 489	0. 447
11 圆叶牵牛 <i>Pharbitis purpurea</i>	0. 367	0. 197
12 钻形紫菀 <i>Aster subulatus</i>	0. 185	-0. 233
13 臭芥 <i>Coronopus didymus</i>	-0. 323	0. 619
14 豚草 <i>Ambrosia artemisiifolia</i>	0. 172	-0. 031
15 毛花雀稗 <i>Paspalum dilatatum</i>	-0. 110	-0. 332
16 裂叶牵牛 <i>Pharbitis nil</i>	0. 172	-0. 076
17 美洲商陆 <i>Phytolacca americana</i>	0. 011	-0. 093
18 铜锤草 <i>Oxalis corymbosa</i>	0. 086	0. 021
19 北美独行菜 <i>Lepidium virginicum</i>	0. 106	0. 037
20 南苜蓿 <i>Medicago hispida</i>	-0. 250	-0. 283
21 白车轴草 <i>Trifolium repens</i>	-0. 098	-0. 150

主成分 PC : Principal component

成分的负荷量。从第一主成分特征向量绝对值的比较来看 ,权重较大的外来杂草依次为野塘蒿 > 小白酒草 > 续断菊 > 苦苣菜 > 一年蓬 > 波斯婆婆纳。其中呈较大正相关的外来杂草有野塘蒿、小白酒草、一年蓬 ,这些杂草耐旱耐贫瘠 ,多在无人管理的荒地、路边和田埂上生长 ;呈较大负相关的是续断菊、苦苣菜、波斯婆婆纳 ,这类杂草多在人工环境如菜地和农田中分布。从以上分析可以得出 ,第一主分轴所代表的生态学意义是人为干扰因素。因而 ,人为干扰强度是影响外来杂草发生分布的首要因素。第二主成分中呈较大正相关的外来杂草是臭芥、苦苣菜、反枝苋等旱生杂草 ;呈最大负相关的是喜旱莲子草 ,这种恶性外来杂草在潮湿的土壤中生长旺盛。由此得出第二主分轴所代表的生态学意义是土壤水分含量。因此 ,影响南京市外来杂草分布和危害的主要因素是人为干扰强度和土壤水分条件。

由 R 型分析结果做出外来杂草的二维排序散点图(图 1)。杂草分布具有 4 个聚类群 ,聚类群 I 包含的杂草有反枝苋、续断菊、苦苣菜、波斯婆婆纳、臭芥。这几种外来杂草多分布在旱地农田如棉花、大豆田和菜地中 ,人工干扰多 ,土壤水分含量偏小。

聚类群 II 包含的杂草有野塘蒿、小白酒草、一年蓬 ,这类杂草的共同特性是种子量大 ,果实上具有特殊冠毛 ,能随风飞扬远距离传播 ,往往成为荒地、郊区路边的先锋杂草(朱晶晶 ,强胜 ,2001)。野塘蒿、小白酒草是伴生杂草。聚类群 III 包含的杂草有豚草、裂叶牵牛、美洲商陆、铜锤草和北美独行菜 ,这些杂草多分布在公园、景区。聚类群 IV 包含的杂草有喜旱莲子草、钻形紫菀、南苜蓿、白车轴草、毛花雀稗和北美车前等 ,这类杂草的共同特点是能在土壤水分含量高的地方生长(朱晶晶 ,强胜 ,2001)。

由分析样点的二维排序散点图(图 2) ,即 Q 型分析结果可知 ,样点也可以分为 4 个聚类群 ,一年蓬、野塘蒿和喜旱莲子草在 4 个聚类群均有分布。聚类群 I 包括的样点均分布于旱地农田。外来杂草有反枝苋、续断菊、苦苣菜、波斯婆婆纳、臭芥、一年蓬、野塘蒿和喜旱莲子草 ,以反枝苋、续断菊、波斯婆婆纳和喜旱莲子草为优势种(表 3) ,其中反枝苋、续断菊、苦苣菜和波斯婆婆纳的重要值与其他聚类群相比达到了极显著差异($P < 0.01$)(表 3)。聚类群 II 的样点都是路边荒地等无人管理的的地方 ,这些地方都曾以裸地的形式出现。菊科外来杂草一年蓬、

图 1 21 种外来杂草的二维排序散点图
Fig. 1 Two-dimensional ordination scatter plot of 21 exotic weed species
注 :数字含义同表 2 The numbers are same as those in Table 2

图 2 54 个样点的二维排序散点图
Fig. 2 Two-dimensional ordination scatter plot of 54 samples

野塘蒿和小白酒草凭借种子量大、传播能力强的优势,成为该聚类群的优势外来杂草(表 3),且它们在该聚类群中的重要值与在其他聚类群相比达到了极显著差异($P < 0.01$)(表 3)。该样地还包括有喜旱莲子草、圆叶牵牛和反枝苋等外来杂草。聚类群 III 包含的样点以公园、景区为主,外来杂草种类最多,以豚草、北美车前、喜旱莲子草、钻形紫菀、一年蓬、野塘蒿和小白酒草等为优势种(表 3)。还有具有杂草性的铜锤草作为观赏植物在许多公园景区均有种植,毛花雀稗多分布在草坪中,美洲商陆多分布于山地如紫金山、红山等。其中没有出现与其他聚类群有显著差异的外来杂草(表 3),因为公园景区人为活动频繁,导致伴人外来杂草分布广泛。聚类群 IV 的样点多是水边水田等土壤含水量较高的地方,优势外来杂草包括喜旱莲子草、钻形紫菀和南苜蓿(表 3),且喜旱莲子草重要值与其他 3 个聚类群相比都要大,达极显著水平($P < 0.01$)(表 3),钻形紫菀达到了显著水平($P < 0.05$)(表 3),表明水分含量高的生境中适宜其发生。

2.3 外来杂草对生物多样性的影响

表 4 为南京市四种生境聚类群的物种多样性指数。比较得出,在路边荒地外来杂草种类多,而在土壤水分含量低的地方外来杂草主要为喜旱莲子草,且喜旱莲子草猖獗的地方物种丰富度很低。公园景区管理水平高,杂草丰富度小,但外来杂草丰富度高。从聚类群 I、II、III 可以看出,物种丰富度随外来杂草丰富度和重要值的增加而降低。不过聚类群 IV 的情况比较特殊,虽然聚类群 IV 的外来杂草的重要值与聚类群 I 差异较小,但是物种丰富度比后者显著小些,这可能是外来杂草种类的不同,对物种多样性影响的程度不同所致。聚类群 IV 中主要优势种为喜旱莲子草,其匍匐茎对其他植物定居生长非常不利,因而对物种多样性影响的程度要显著大于直立茎的野塘蒿、小白酒草、一年蓬和反枝苋等。经方差分析表明各聚类群间外来杂草丰富度存在显著差异($P < 0.05$)(表 4)。

3 讨论

根据土壤含水量和人为干扰因素的不同,将南京市不同生境分成四个聚类群,并重点列出各个聚

表3 南京市秋季外来杂草群落中主要外来杂草的数量特征
Table 3 Quantitative characteristics of major exotic weed species in exotic weed communities in Nanjing in autumn

外来杂草 Exotic weed species	聚类群 I Cluster 1		聚类群 II Cluster 2		聚类群 III Cluster 3		聚类群 IV Cluster 4	
	频度	重要值	频度	重要值	频度	重要值	频度	重要值
	Frequency	Importance value	Frequency	Importance value	Frequency	Importance value	Frequency	Importance value
喜旱莲子草 <i>Alternanthera philoxeroides</i>	0.333	0.408 ^B	0.455	0.336 ^B	0.346	0.377 ^B	1.000	1.779 ^A
一年蓬 <i>Erigeron annuus</i>	0.444	0.241 ^B	0.909	0.854 ^A	0.615	0.537 ^{AB}	0.125	0.044 ^B
小白酒草 <i>Conyza canadensis</i>	0.000	0.000 ^B	1.000	1.359 ^A	0.385	0.202 ^B	0.125	0.043 ^B
野塘蒿 <i>Conyza bonariensis</i>	0.333	0.273 ^B	1.000	1.380 ^A	0.538	0.533 ^B	0.375	0.230 ^B
反枝苋 <i>Amaranthus retroflexus</i>	0.444	0.443 ^A	0.182	0.130 ^{AB}	0.077	0.0413 ^B	0.000	0.000 ^B
北美车前 <i>Plantago virginica</i>	0.000	0.000 ^a	0.000	0.000 ^a	0.154	0.080 ^a	0.125	0.044 ^a
土荆芥 <i>Chenopodium ambrosioides</i>	0.000	0.000 ^a	0.091	0.081 ^a	0.000	0.000 ^a	0.000	0.000 ^a
续断菊 <i>Sonchus asper</i>	0.556	0.419 ^A	0.000	0.000 ^B	0.077	0.028 ^B	0.000	0.000 ^B
苦苣菜 <i>Sonchus oleraceus</i>	0.444	0.279 ^A	0.091	0.035 ^B	0.038	0.013 ^B	0.000	0.000 ^B
波斯婆婆纳 <i>Veronica persica</i>	0.556	0.548 ^A	0.182	0.065 ^B	0.038	0.014 ^B	0.000	0.000 ^B
圆叶牵牛 <i>Pharbitis purpurea</i>	0.000	0.000 ^a	0.182	0.136 ^a	0.115	0.044 ^a	0.000	0.000 ^a
钻形紫菀 <i>Aster subulatus</i>	0.000	0.000 ^b	0.182	0.208 ^{ab}	0.192	0.164 ^{ab}	0.500	0.444 ^a
臭芥 <i>Coronopus didymus</i>	0.111	0.129 ^a	0.182	0.067 ^a	0.038	0.013 ^a	0.000	0.000 ^a
豚草 <i>Ambrosia artemisiifolia</i>	0.000	0.000 ^a	0.091	0.069 ^a	0.192	0.200 ^a	0.000	0.000 ^a
毛花雀稗 <i>Paspalum dilatatum</i>	0.000	0.000 ^a	0.000	0.000 ^a	0.115	0.042 ^a	0.125	0.093 ^a
裂叶牵牛 <i>Pharbitis nil</i>	0.000	0.000 ^a	0.000	0.000 ^a	0.038	0.014 ^a	0.000	0.000 ^a
美洲商陆 <i>Phytolacca americana</i>	0.000	0.000 ^a	0.000	0.000 ^a	0.077	0.027 ^a	0.000	0.000 ^a
铜锤草 <i>Oxalis corymbosa</i>	0.000	0.000 ^a	0.000	0.000 ^a	0.038	0.015 ^a	0.000	0.000 ^a
北美独行菜 <i>Lepidium virginicum</i>	0.000	0.000 ^a	0.000	0.000 ^a	0.038	0.014 ^a	0.000	0.000 ^a
南苜蓿 <i>Medicago hispida</i>	0.222	0.186 ^b	0.000	0.000 ^b	0.000	0.000 ^b	0.250	0.599 ^a
白车轴草 <i>Trifolium repens</i>	0.000	0.000 ^a	0.000	0.000 ^a	0.038	0.018 ^a	0.000	0.000 ^a

注 a,b 表示在 5% 水平的差异 ;A,B 表示在 1% 水平的差异
Note : a and b indicate the significant difference at 5% probability level ; A and B indicate the significant difference at 1% probability level.

表4 4个样地聚类群的多样性指数
Table 4 Species diversity indexes of the four groups

聚类群 Group	样地数 No. of plots	主要外来杂草 Main exotic weed species	外来杂草丰富度 Species richness of exotic weeds	外来杂草重要值 Importance value of exotic weeds	物种丰富度 Species richness	
					均值 <i>M</i>	方差 <i>SD</i>
I	9	波斯婆婆纳(<i>Veronica persica</i>) 反枝苋(<i>Amaranthus retroflexus</i>) 续断菊(<i>Sonchus asper</i>) 喜旱莲子草(<i>Alternanthera philoxeroides</i>)	9	26.34	19.67 ^a	6.32
II	11	野塘蒿(<i>Conyza bonariensis</i>) 小白酒草(<i>Conyza canadensis</i>) 一年蓬(<i>Erigeron annuus</i>)	12	51.92	16.27 ^b	5.39
III	26	一年蓬(<i>Erigeron annuus</i>)、野塘蒿(<i>Conyza bonariensis</i>) 喜旱莲子草(<i>Alternanthera philoxeroides</i>) 豚草(<i>Ambrosia artemisiifolia</i>)	19	61.78	15.08 ^b	5.06
IV	8	喜旱莲子草(<i>Alternanthera philoxeroides</i>) 钻形紫菀(<i>Aster subulatus</i>) 南苜蓿(<i>Medicago hispida</i>)	8	26.22	14.25 ^c	6.84

注 a,b,c 表示在 5% 水平的差异。 Note : a , b and c indicate the significant difference at 5% probability level.

类群中的外来杂草优势种 ,以期为外来杂草治理提供指导。首先 ,人为干扰水平是决定外来杂草分布、种类和数量的首要因素。聚类群Ⅲ中外来杂草种类最丰富 ,因为公园和景区是游人往来最频繁之处。国家和地区间的贸易和旅游等活动是外来杂草传播扩散的主要途径(陈灵芝 ,马克平 ,2001)。借助于人类的生产和生活活动传播要比杂草凭自身所具有的传播能力拓展生存空间更为有效(强胜 ,曹学章 ,2000)。北美车前可能就是由旅游者的行李粘附带入的(郭水良 ,1995)。在聚类群Ⅱ中 ,外来杂草发生量最大 ,优势种为一年蓬、野塘蒿和小白酒草等 ,这些多分布在路边裸露的荒地 ,说明裸地是外来杂

草定居的主要生境。因此减少地表裸露是降低外来杂草发生和危害的途径之一。很多外来杂草如豚草、一年蓬和小白酒草,均沿交通沿线发生分布(Auld & Martin, 1975)。其次,土壤水分条件直接影响外来杂草种类分布,因为外来杂草种类有喜湿性的如喜旱莲子草和喜旱性的如波斯婆婆纳。聚类群IV中的样点多是取自湿润生境,喜旱莲子草是优势外来杂草,多分布在湿度大的生境,其周围几乎见不到其他杂草生长(李宏科,李萌, 2000)。

根据以上调查和分析的结果,建议采取如下防控措施(1)谨慎引种并加强对引进的外来植物种的管理,建立引种法规,严格执行引种程序;加强植物检疫,特别注意菊科植物和来自美洲的植物,防止外来有害植物入侵(强胜,曹学章, 2001)。因为外来杂草的传入与人类的生产和生活活动密切相关,不少是经人类有意或无意引入的,且不少外来杂草都来自美洲(2)对因工程施工造成的暂时裸地或建筑用地,适时建植草坪、进行植树造林和园艺绿化,对公路、铁路路基边缘地带应及时绿化,提倡采用本土植物。这样既可以美化景观,又可以阻止外来杂草的入侵;对已经受外来杂草入侵的生境可采用生态替代措施(3)我国很多省市的外来杂草分布情况还未见报道,以后应加强对我国境内现有外来杂草的种类、分布、危害的调查,研究其生物学特性和入侵机理,为其防除提供科学依据(4)建立以生物防治技术为主,辅之以化学、机械和人工方法的外来有害植物综合防治体系。调查中发现,在南京东郊的豚草植株上有大量豚草条纹叶甲(*Zygogramma suturalis*),使许多豚草全株仅留有光杆,无法开花结果。此外,还有引起卷叶和蛀食豚草茎秆的豚草卷蛾(*Epiblema strenuana*),导致豚草中部以上倒伏和枯死,种群数量明显下降。因此,采用生物防治方法控制外来杂草效果较明显,以后应加强生物防治技术的研究。

参考文献

Editorial committee of Nanjing Yearbook (《南京年鉴》编辑部). 2002. *Nanjing Yearbook* (南京年鉴), 13 - 14. (in Chinese)

Auld B. A. and Martin P. M. 1975. The autoecology of *Eupatorium adenophorum* Spreng. in Australia. *Weed Research*, 15: 27 - 31.

Department of Biology, Inner Mongolia University (内蒙古大学生物系). 1986. *Experiment of Plant Ecology* (植物生态学

实验). Higher Education Press, Beijing, 83 - 87. (in Chinese)

Chen L-Z(陈灵芝) and Ma K-P(马克平). 2001. *Biodiversity: Theory and Practice* (生物多样性科学: 原理与实践). Shanghai Science and Technology Press, Shanghai, 169 - 189. (in Chinese)

Chen Y-Q(陈永强), Lu J(吕军) and Liu Y-L(柳云龙). 2001. Study on evaluation index system of red soil degradation. *Journal of Soil and Water Conservation* (水土保持学报), 15(2): 72 - 76. (in Chinese)

Du W-B(杜卫兵), Ye Y-Z(叶永忠), Zhang X-Y(张秀艳) and Yuan Z-L(袁志良). 2002. Study on the foreign harmful plant in Henan. *Henan Science* (河南科学), 12(1): 52 - 55. (in Chinese)

Guo S-L(郭水良) and Li Y-H(李扬汉). 1995. Study on the exotic weeds in South-east of China. *Weed Science* (杂草科学), 2: 4 - 8. (in Chinese)

Guo S-L(郭水良). 1995. Study on the origination, spread and bioecological characteristics of exotic weeds. *Guihaia* (广西植物), 1(1): 89 - 95. (in Chinese)

Li B(李博), Xu B-S(徐炳声) and Chen J-K(陈家宽). 2001. Perspectives on general trends of plant invasions with special reference to alien weed flora of Shanghai. *Biodiversity Science* (生物多样性), 9(4): 446 - 457. (in Chinese)

Li H-K(李宏科) and Li M(李萌). 2000. *Alternanthera philoxeroides* (Mart.) Griseb. prevention and cure. *World Agriculture* (世界农业), 2: 250. (in Chinese)

Liu Q-R(刘全儒), Yu M(于明) and Zhou Y-L(周云龙). 2002. A preliminary study on the invasive plants in Beijing. *Journal of Beijing Normal University* (Natural science) [北京师范大学学报(自然科学版)], 38(3): 399 - 404. (in Chinese)

Lonsdale W. M. 1999. Global patterns of plant invasion and the concept of invisibility. *Ecology*, 80(5): 15 - 22.

Pan H-J(潘怀剑) and Tian J-Y(田家怡). 2001. Study on the foreign harmful plant in Shandong. *Plant Quarantine* (植物检疫), 4: 245 - 246. (in Chinese)

Qiang S(强胜) and Cao X-Z(曹学章). 2000. Survey and analysis of exotic weeds in China. *Journal of Plant Resources and Environment* (植物资源与环境学报), 9(4): 34 - 38. (in Chinese)

Qiang S(强胜) and Cao X-Z(曹学章). 2001. Harmfulness of exotic weeds in China and for their management. *Biodiversity Science* (生物多样性), 9(2): 188 - 195. (in Chinese)

Sang W-G(桑卫国). 2002. Primary analysis of invasive characteristics of alien weeds in China. *Review of China Agricultural Science and Technology* (中国农业科技导报), 4(5): 59 - 61. (in Chinese)

Wu S-J(吴世捷) and Gao L-X(高力行). 2002. The bad biodiversity: alien plant species in Hong Kong. *Biodiversity Science* (生物多样性), 10(1): 109 - 118. (in Chinese)

Xu K-X(徐克学). 1999. *Biomathematics*. Science Press, Beijing, 51 - 70. (in Chinese)

Zhu J-J(朱晶晶) and Qiang S(强胜). 2001. Studies on the clusters and control of summer weed in turf in Nanjing. *Journal of Nanjing Agricultural University* (南京农业大学学报), 24(4): 14 - 18. (in Chinese)

(责任编辑:孙大川)