空心莲子草对南京春季杂草群落组成和物种多样性的影响

林金成 强 胜*

(南京农业大学杂草研究室, 南京 210095)

摘 要 空心莲子草(*Alternanthera philoxeroides*)是目前我国危害最为严重的外来植物之一。利用样方法调查了南京市春季有空心莲子草分布的不同生境下杂草的种类和分布情况,用主成分分析及聚类分析法进行数据处理分析,目的是研究空心莲子草对杂草群落组成和物种多样性的影响。结果表明,南京市春季有空心莲子草分布的样点杂草有 36 科 142 种,其中禾本科、菊科、蓼科最多,影响空心莲子草及伴生杂草分布、发生的主要因素是土壤水分条件和人为干扰强度。依据这两个因素的不同,可将样点划分为 4 个聚类群,比较了各聚类群物种多样性指数,结果显示,各聚类群里随着空心莲子草重要值的升高, Simpson 优势度指数也逐步上升,表明空心莲子草的优势度得到加强, Shannon-Weiner 指数和 Pielou 均匀度指数均逐渐下降,说明了群落的物种多样性持续降低,原来的优势种危害加大,空心莲子草的入侵影响群落结构,使物种多样性降低。

关键词 空心莲子草 杂草分布 主成分分析 聚类分析 物种多样性

INFLUENCE OF *ALTERNANTHERA PHILOXEROIDES* ON THE SPECIES COMPOSITION AND DIVERSITY OF WEED COMMUNITY IN SPRING IN NANJING

LIN Jin-Cheng and QIANG Sheng*

(Weed Research Laboratory, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China)

Abstract Background and Aims The growing frequency and impact of biological invasions worldwide threaten biodiversity, ecosystem functioning, resource availability, national economies, and human health. *Alternanthera philoxeroides* is one of the most harmful invasive species and has caused great economic and ecological losses. This species has caused great harm to agriculture, fisheries, as well as to landscapes and native biodiversity, and, at times, has completely overrun and dominated an entire terrestrial ecosystem. It also can form dense tangled mats that float on the water surface of ponds or lakes and shade indigenous aquatic vegetation from sunlight, and thus replace native species. Previous studies have shown that *A. philoxeroides* can reduce the biodiversity of plants on paddy field ridges, but there have been no other studies on the effects of *A. philoxeroides* on biodiversity in other habitats. In this study, we conducted a survey of the species and their distributions in different weedy habitats that were invaded by *A. philoxeroides* in Nanjing during the spring and early summer season in order to interpret the relationship between its occurrence and the environments and elucidate the impact of its invasion on plant diversity.

Methods The abundance, coverage and frequency of each weed population were quantified using the square intercept method in 27 plots. The importance value of each weed was calculated as the sum of the relative abundance, relative coverage and relative frequency. We recorded 142 weed species that belonged to thirty-six families. The data were analysed using principal component analysis (PCA) in SPSS. Thirty-eight out of 142 weed species that had more than 20% frequency occurred in 27 samples were used in the analysis.

Key Results The results showed that the most important factors affecting the occurrence and distribution of weed species were the levels of human disturbance and the soil humidity. According to these two factors, all samples were divided into four groups. Group I included samples collected from experimental fields, and the dominant weed species were *Capsella burss-pastoris*, *Veronica persica* and *Stellaria media*. Group II included samples located in rape farmland which have high soil humidity, and the dominant weed species were *Galium aparine* var. *tenerum*, *Conyza bonariensis*, and *Roegneria kamoji*. Group III included samples located in pub-

lic parks or under trees, and the dominant weed species were *Vicia sativa*, *Beckmannia syzigachne*, and *Geranium carolinianum*. The last group was mainly composed of samples distributed on wastelands and waysides which were non-managed or non-irrigated farmland, and the dominant weed species were *Erigeron annuus*, and *Veronica arvensis*. The change in the density of Alligator weed and other weeds in the different habitats were analysed. The results showed that the importance value of Alligator weed was high when the soil humidity was relatively high and the intensity of human disturbance was not too great, indicating that Alligator weed has a strong ability to adapt to different habitats. There were different dominants in the different plant communities, which means human disturbance and soil humidity had a key effect on the communities that were composed of a mixture of Alligator and other weeds. When species diversity indices of each group were compared, it was found that although species richness and Simpson's index increased slightly from group I to group IV, but the Shannon-Wiener index and the Pielou evenness index decreased with an increase in the average importance value of Alligator weed.

Conclusions These results indicated that the species composition of the weed community had changed, and the species diversity gradually decreased with increasing dominance of the invasive Alligator weed. These results clearly showed that the invasion of Alligator weed had a negative affect on biodiversity.

Key words *Alternanthera philoxeroides*, Weed distribution, Principal component analysis, Cluster analysis, Species diversity

生物入侵是导致生物多样性丧失的一个最重要的因素之一(Wilcove *et al.*, 1998; Enserink, 1999)。外来植物对生境及土著种造成的巨大影响在国内外有许多研究报道(Rhymer & Simberloff, 1996; Meekins & McCarthy, 1999; Lonsdale, 1999; Pimentel *et al.*, 2000; Callaway & Aschehoug, 2000; 强胜和曹学章, 2001; 向言词等, 2002; 谢宗强等, 2003; 徐海根等, 2004)。外来入侵物种对生物多样性的影响主要表现在通过压迫和排斥本地物种导致生态系统的物种组成和结构发生改变, 最终导致生态系统和生态环境破坏。如有些外来植物可分泌对其它植物有抑制作用的化感物质等来排斥其它物种; 有的含有有毒物质, 对人或牲畜造成危害。外来入侵物种本身形成优势种群, 使本地物种的生存受到影响并最终导致本地物种灭绝, 使物种单一化, 破坏物种多样性。外来入侵种的影响有时是对整个生态系统的, 如当一种植物入侵后, 不仅对本地的其它植物构成威胁, 还会对以本地植物为食物的鸟以及昆虫, 甚至微生物等产生影响。

空心莲子草(*Alternanthera philoxeroides*)原产南美洲的巴西、乌拉圭、阿根廷等国(Madhusoodanan & Kumar, 1993)。20 世纪 30 年代末日本侵华时引入我国上海郊区作为马饲料予以栽培, 1958 年始作为猪、牛饲料进行大面积推广, 后传播到华东、华中、华南和西南等广大地区, 沦为恶性杂草。研究表明它营养繁殖能力强(林金成和强胜, 2004); 同时具有很高的生态位宽度(吴海荣等, 2004), 而这通常被认为是成功的外来入侵种的一个重要特性(Hertling & Lubke, 2000)。1985 年以来空心莲子草已经成为我

国杂草防治中的重点目标之一, 名列 2003 年国家环保总局公布的“中国第一批外来入侵物种名单”。在野外调查中经常可以发现空心莲子草不管是在河(水)岸边还是在荒地等各种生境里都能成片地生长, 所覆盖之处除了能看到些许直立较高大的菊科和蓼科植物外, 很少能看到与空心莲子草处于相近生态位的矮小、匍匐草本植物。但目前有关空心莲子草对生物多样性影响的定量调查研究较少, 有研究表明其可使稻田田埂物种数明显减少(余柳青等, 1999; 徐海根等, 2004)。但是空心莲子草对泛生境的植物多样性的影响报道较少, 对其加以研究, 将为全面、正确评估该草入侵导致的环境影响, 以及为外来入侵杂草的安全性评价和为采取有效控制措施提供理论依据。因此, 本研究的主要目的是通过研究空心莲子草在不同发生生境的群落组成和结构, 揭示该草对不同生境的植物物种多样性的影响。

1 调查研究方法

1.1 野外调查

调查工作在南京市及栖霞、江宁、江浦郊区范围内进行。主要调查不同生境下有空心莲子草分布的样地的杂草种类和分布情况。调查生境包括: 公园、水边、路边、农田(包括旱地、撂荒地、菜地、果园等)、田埂和荒野等。春季调查时间为 2003 年 4 月 26 日到 5 月 28 日, 为期一个月。共调查样点 27 个。

1.2 数据处理及统计分析

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、盖度和各种杂草的株数, 并记载各个

样地的光照条件、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/样方内所有杂草株数

杂草重要值 = 相对多度 + 相对盖度 + 相对频度
选取发生频率 > 20% 的 42 种杂草的重要值作为分析指标,27 个样点作为分析单位,构成两个原始数据矩阵。应用 SPSS11.0 统计软件,对原始数据进行主成分分析(PCA)和聚类分析(徐克学,1999),并对分析结果进行生态学意义上的解释,比较不同聚类群物种丰富度。确定南京市不同生境对空心莲子草分布的影响及空心莲子草对物种多样性的影响。

Simpson 优势度指数 $D = \sum P_i^2$, $P_i = N_i/N$, N_i 为样方中第 i 物种的个体数, N 为样方总个体数 (Simpson, 1949)

Shannon-Wiener 指数 $H' = - \sum P_i \cdot \ln P_i$ (Peet, 1974)

Pielou 均匀度指数 $J = H' / \ln S$, S 为样方中的物种总数(马克平和刘玉明,1994)。

2 结果与分析

2.1 南京市有空心莲子草分布的样点杂草种类组成

春季调查的 27 个样点中总共发现有 142 种杂草,分属 36 科。其中分布较多的有禾本科 24 种、菊科 24 种、蓼科 9 种、豆科 9 种、十字花科 8 种、玄参科 7 种等。

2.2 杂草发生的主成分分析

表 1 列出了 42 种杂草的前两个主成分的负荷量。从第一主成分特征向量比较来看,呈最大正相关的 3 种杂草是一年蓬(*Erigeron annuus*)、直立婆婆纳(*Veronica arvensis*)和黄鹌菜(*Youngia japonica*),这些杂草常发生于旷野荒地,属非农田杂草类型。呈最大负相关的 3 种杂草是芥菜(*Capsella bursapastoris*)、宝盖草(*Lamium amplexicaule*)和打碗花(*Calystegia hederacea*),为典型的农田杂草。这暗示第一主成分所代表的生态学意义是因人类活动程度差异导致的不同生境类型。第二主成分中呈最大正相关的 3 种杂草为看麦娘(*Alopecurus aequalis*)、草(*Humulus scandens*)和野老鹳草(*Geranium carolinianum*),它们均为喜湿性杂草。呈最大负相关的 3 种是猪殃殃(*Galium aparine* var. *tenerum*)、宝盖草和酢浆草(*Oxalis corniculata*),这些杂草喜旱或多不耐湿因而

得出,第二主成分轴所代表的生态学意义是土壤含水量(Qiang, 2005)。因此,影响南京市春季空心莲子草入侵样地的杂草分布、危害的主要因素,是土壤水分条件和人为干扰强度和方式。

由 R 型分析得到的杂草二维排序散点图(图 1)看,可以大致分成 3 个聚类群,聚类群 I 和聚类群 II 分别包含 9 和 10 种杂草,绝大多数为典型的夏熟作物田杂草,基本上为冬春型,看麦娘、草(*Beckmannia syzigachne*)、猪殃殃、日本看麦娘(*Alopecurus japonicus*)和大巢菜(*Vicia sativa*)为恶性杂草,不过,所不同的是聚类群 I 中的杂草具有一定的喜湿或耐湿性,而聚类群 II 则多为喜旱或耐旱类型杂草(Qiang, 2005)。这些杂草通常多分布在旱地农田如小麦、油菜田和菜地中,人工干扰相对频繁,经受耕作措施的巨大选择压力,所以,一年生或二年生占绝大多数,多年生杂草仅有打碗花(*Calystegia hederacea*)和酢浆草(*Oxalis corniculata*)两种,占 10.53%(Qiang, 2002, 2005)。聚类群 III 包含 23 种杂草,多为路边、荒地或旷野的杂草种类,典型农田杂草较少,多年生比例较高,有 8 种,占 34.78%,除了冬春型杂草外,有较多的夏秋型杂草如香附子(*Cyperus rotundus*)、车前(*Plantago asiatica*)、草、马唐(*Digitaria sanguinalis*)、狗牙根(*Cynodon dactylon*)、空心莲子草、豚草(*Ambrosia artemisiifolia*)、野塘蒿(*Conyza bonariensis*)、艾蒿(*Artemisia argyi*)和小飞蓬(*Conyza canadensis*)等。许多为空心莲子草的伴生杂草。像草以及菊科的豚草、野塘蒿、苦苣菜(*Sonchus oleraceus*)、续断菊(*Sonchus asper*)、一年蓬和小飞蓬等多为无人管理的荒地、郊区路边的先锋植物。

2.3 不同生境对空心莲子草种群密度的影响

在所调查的 27 个样点里,空心莲子草的重要值介于 1.01 ~ 2.41 之间,有 22 个样点的空心莲子草重要值小于 1.4,仅有两个样点的重要值大于 2.0。与秋季调查结果相比发现,春季样点物种丰富度普遍较高,而空心莲子草的重要值相对较低,许多冬春型杂草如波斯婆婆纳(*Veronica persica*)、早熟禾(*Poa annua*)和芥菜等重要值比空心莲子草明显要高,这与该草是夏秋发生型杂草,春季正处于萌发生长时期有关(林金成等,2005)。

27 个样点的 Q 分析结果表明(图 2),不同生境下的样点可分为 4 个聚类群,波斯婆婆纳、野塘蒿和一年蓬等在 4 个聚类群均有分布。聚类群 I 包括的样点均分布在实验地中或实验地旁,实验季节管理严格,但其它时期管理粗放,比较而言土壤都比较干

表 1 42 种杂草的前两个主成分的负荷量
Table 1 Loading of the first two principle components of 42 weed species

杂草种类		主成分 1	主成分 2	杂草种类		主成分 1	主成分 2	杂草种类		主成分 1	主成分 2
WS		PC1	PC2	WS		PC1	PC2	WS		PC1	PC2
1	空心莲子草 <i>Alternanthera philoxeroides</i>	0.455	-0.216	15	藜 <i>Polygonum aviculare</i>	-0.109	-0.158	29	狗牙根 <i>Cynodon dactylon</i>	0.360	-0.197
2	宝盖草 <i>Lamium amplexicaule</i>	-0.633	-0.366	16	羊蹄 <i>Rumex japonicus</i>	0.075	0.170	30	白顶早熟禾 <i>Poa acroleuca</i>	0.252	0.102
3	芥菜 <i>Capsella bursa - pastoris</i>	-0.808	0.117	17	艾蒿 <i>Artemisia argyi</i>	0.317	0.153	31	窃衣 <i>Torilis scabra</i>	0.014	0.243
4	猪殃殃 <i>Galium aparine</i> var. <i>tenerum</i>	-0.247	-0.509	18	泥胡菜 <i>Hemistepta lyrata</i>	-0.324	0.536	32	刺儿菜 <i>Cephalanoplos segetum</i>	0.147	-0.104
5	波斯婆婆纳 <i>Veronica persica</i>	-0.248	-0.113	19	看麦娘 <i>Alopecurus aequalis</i>	-0.421	0.655	33	香附子 <i>Cyperus rotundus</i>	0.364	-0.332
6	续断菊 <i>Sonchus asper</i>	-0.002	0.178	20	野老鹳草 <i>Geranium carolinianum</i>	0.056	0.683	34	草 <i>Beckmannia syzigachne</i>	-0.087	0.726
7	苦苣菜 <i>Sonchus oleraceus</i>	0.559	-0.204	21	婆婆纳 <i>Veronica didyma</i>	-0.201	-0.324	35	小飞蓬 <i>Conyza canadensis</i>	0.244	0.424
8	大巢菜 <i>Vicia sativa</i>	0.004	0.517	22	酢浆草 <i>Oxalis corniculata</i>	0.031	-0.426	36	日本看麦娘 <i>Alopecurus japonicus</i>	-0.470	0.302
9	繁缕 <i>Stellaria media</i>	-0.270	0.304	23	鹅观草 <i>Roegneria kamoji</i>	0.268	0.286	37	马唐 <i>Digitaria sanguinalis</i>	0.458	0.028
10	泽漆 <i>Euphorbia helioscopia</i>	-0.454	0.041	24	粘毛卷耳 <i>Cerastium glomeratum</i>	0.341	0.274	38	打碗花 <i>Calystegia hederacea</i>	-0.572	-0.050
11	藜 <i>Chenopodium album</i>	-0.501	0.255	25	一年蓬 <i>Erigeron annuus</i>	0.665	0.070	39	茴茴蒜 <i>Ranunculus chinensis</i>	0.266	0.471
12	早熟禾 <i>Poa annua</i>	-0.257	0.017	26	直立婆婆纳 <i>Veronica arvensis</i>	0.686	0.046	40	酸模叶蓼 <i>Polygonum lapathifolium</i>	0.129	0.072
13	草 <i>Humulus scandens</i>	0.106	0.044	27	黄鹌菜 <i>Youngia japonica</i>	0.575	0.152	41	车前 <i>Plantago asiatica</i>	0.302	-0.055
14	野塘蒿 <i>Conyza bonariensis</i>	0.494	0.565	28	南苜蓿 <i>Medicago hispida</i>	-0.287	0.258	42	豚草 <i>Ambrosia artemisiifolia</i>	0.067	0.105

WS : Weed species PC : Principal component

燥 ,主要是旱生型杂草如波斯婆婆纳和芥菜 ,其重要值都比空心莲子草高。这说明了只要田间疏于管理 ,空心莲子草就可以侵入旱地 ,但生长受到一定的影响。聚类群 II 的样点均分布在油菜地或蔬菜地旁 ,主要杂草有猪殃殃、鹅观草(*Roegneria kamoji*)、波斯婆婆纳和野塘蒿等 ,空心莲子草的重要值明显比其它伴生杂草高(表 2)。聚类群 III 均分布公园草坪以及一些树林下 ,前者管理水平高 ,后者光照不足均影响到空心莲子草的分布及优势度 ,这些样点空心莲子草的重要值相对较低 ,主要的伴生杂草有大巢菜、草和野老鹳草等。聚类群 IV 的样点均分布在路边或撂荒地 ,土壤含水量适中 ,主要杂草有一年蓬、直立婆婆纳等 ,空心莲子草的重要值相对其它聚类群高(表 2)。综上可知土壤含水量和人为干扰是影响空心莲子草种群密度的主要因素。

2.4 空心莲子草对物种多样性的影响

将空心莲子草重要值划分为 8 个梯度 :1.00 ~ 1.10、1.11 ~ 1.20、1.21 ~ 1.30、1.31 ~ 1.40、1.41 ~ 1.50、1.51 ~ 1.60、1.61 ~ 1.70 和 1.71 ~ 1.80 ,求得各梯度空心莲子草平均重要值及样方平均物种丰富

度 ,并对二者进行曲线模拟。结果显示二阶多项式模型 $y = ax^2 + bx + c$ 能较好地拟合调查结果 ,二者变化规律符合 $y = - 77.898x^2 + 189.76x - 86.561$ ($R^2 = 0.9623^*$)。由图 3 可知 ,当空心莲子草重要值较低(1 ~ 1.2)时 ,样方物种丰富度有所增加 ,但重要值大于 1.2 后 ,样方物种丰富度就开始下降 ,重要值越大 ,物种丰富度下降幅度越大。二者之间具有显著相关性。说明在不同的生境中 ,空心莲子草大量滋生显著降低物种生物多样性。

比较 4 个聚类群的多样性指数(表 3) ,聚类群 II 的物种丰富度差异显著 ,湿润的环境是空心莲子草最适宜的环境条件 ,该聚类群重要值最高 ,优势特别明显 ,Simpson 优势度指数是测度群落的优势集中性的(柏立新等 2003) ,聚类群 II 的 Simpson 优势度指数最高 ,进一步说明空心莲子草作为优势种的优势明显 ,这直接降低了该聚类群物种丰富度指数 ,物种多样性下降 ,从 Shannon-Wiener 指数来看 ,4 个聚类群的物种多样性有下降趋势 ,说明人为的干扰程度在一定程度上限制优势杂草(空心莲子草)的发生危害 ,有利于其它杂草的发生 ,从而提高样点杂草发

图 1 42 种杂草的二维排序散点图

Fig. 1 Two-dimensional ordination scatter plots of 42 weed species

表 2 4 个样地聚类群的空心莲子草及主要杂草的重要值

Table 2 Importance value of alligator weed and other main species in four groups

聚类群 Group	样地数 No. of plots	主要伴生杂草 Main companion weed species	各主要伴生杂草重要值 Importance value of main companion species	空心莲子草重要值 Importance value of alligator weed
I	5	芥菜 <i>Capsella bursa-pastoris</i>	5.84	5.36
		波斯婆婆纳 <i>Veronica persica</i>	6.48	
		繁缕 <i>Stellaria media</i>	3.83	
II	12	鹅观草 <i>Roegneria kamoji</i>	9.95	17.00
		猪殃殃 <i>Galium aparine</i>	10.13	
		野塘蒿 <i>Conyza bonariensis</i>	7.05	
		波斯婆婆纳 <i>Veronica persica</i>	9.76	
III	7	大巢菜 <i>Vicia sativa</i>	4.60	8.44
		野塘蒿 <i>Conyza bonariensis</i>	8.17	
		野老鹳草 <i>Geranium carolinianum</i>	7.26	
		草 <i>Beckmannia syzigachne</i>	6.57	
IV	3	一年蓬 <i>Erigeron annuus</i>	3.43	4.77
		直立婆婆纳 <i>Veronica arvensis</i>	3.21	
		波斯婆婆纳 <i>Veronica persica</i>	3.35	

生的种类数量。Pielou 均匀度指数反映了群落中杂草分布的均匀程度,聚类群间没有显著差异,总体趋势为随着人为干扰程度的降低,群落的均匀度略有下降,这从另一个侧面说明杂草群落中优势种的地位有所加强,各杂草种群在样点的分布越来越不均匀。

3 讨论

外来物种到达一个新地点是人类活动的直接或间接结果,其入侵生境通常是人类干扰比较强的地方(Binggeli , 1996)。影响外来植物入侵危害的因素有很多方面(Marcel & David ,1996 ;Maillet &

图 2 27 个样点的二维排序散点图
Fig.2 Two-dimensional ordination scatter plots of 27 samples

表 3 不同聚类群杂草群落物种多样性比较
Table 3 Comparing the species diversity of weed communities in different groups

指数 Indices	聚类群 Groups			
	I	II	III	IV
物种丰富度 Species richness	27.8 ^{ab}	22.6 ^b	24.6 ^{ab}	33.7 ^a
Simpson 优势度指数 Simpson's index	0.15 ^a	0.32 ^a	0.29 ^a	0.31 ^a
Shannon-Wiener 指数 Shannon-Wiener index	2.45 ^a	1.88 ^a	1.96 ^a	1.94 ^a
Pielou 均匀度指数 Pielou evenness index	0.74 ^a	0.60 ^a	0.61 ^a	0.55 ^a

a, b 表示在 5% 水平下的差异 a , b indicate the significant difference at 5% probability level in each row

图 3 空心莲子草的发生数量对物种丰富度的影响
Fig.3 The effect of alligator weed on species richness

Lopez-Garcia 2000 ;徐汝梅和叶万辉 ,2004) ,归纳起来主要可分为外部因素和内部因素。前者是指环境中的光、温度、水分、土壤营养、空气和金属元素以及

新栖息地群落生物多样性、全球变化等 ,后者包括外来植物本身的生物学特性、与土著种的相互作用及生物间相互作用的改变等(徐汝梅和叶万辉 2004)。环境的选择压力对不同生境的物种组成和群落的空间结构变化起着关键作用。空心莲子草作为一种恶性外来杂草 ,具有典型外来物种的对环境的适应性强和具有顽强的生命力 ,从而入侵能力强(陈灵芝和马克平 2001 ,林金成和强胜 ,2004)。研究表明营养和水分不是空心莲子草生长的限制因子(Sainty *et al.* ,1998) ;空心莲子草可以在流动水体中处于 30% 的海水盐度下生长 ,也能在 NaCl 浓度为 400 mol · m⁻³ 的水体中生长较长时间 ;对光的适应范围比较广 ,既可以在强光下也可以在非常荫蔽的生境生长 ;对低温胁迫不很敏感 ,尤其是水生型。同时 ,空心莲子草的形态可塑性较强 ,茎叶形态表现出对不同生

境的适应(陶勇和江明喜,2004)。空心莲子草也比较抗干扰(李博等,2001)。总之,上述生物学特性都足以说明其为极具入侵性的外来植物。

通过对春季南京有空心莲子草生长的各种生境的杂草群落的组成和生物多样性的研究,结果表明人为干扰类型和程度以及土壤含水量是决定杂草群落组成的两个重要因素。据此将调查的不同样点分成4个聚类群,并列出了各个聚类群中空心莲子草的主要伴生杂草,以期能对空心莲子草与其它物种的互作提供第一手资料。在农田耕作选择压下,不利于其营养繁殖器官的发生和进一步的繁衍,相反,其更易入侵人为干扰的路边或半自然的荒地和旷野生境,因为没有土壤的翻耕,而有利于其匍匐茎和根状茎的生长。此外,空心莲草原为水生或湿生植物,故在中国仍趋向于喜湿,土壤湿度较大的生境更易受其入侵,但是,它可以入侵并分布到较干旱的土壤生境。

空心莲子草的许多重要伴生种如波斯婆婆纳、直立婆婆纳、婆婆纳、泽漆(*Euphorbia helioscopia*)、野老鹳草、野塘蒿、小飞蓬、豚草、一年蓬等也都是外来入侵种,它们在时间和空间上与空心莲子草构成生态位互补,其中的菊科杂草一般都是直立草本,与空心莲子草的匍匐生长形成了不同的空间生态位差;而波斯婆婆纳等前5种为冬春型杂草与空心莲子草等夏秋型杂草构成了时间生态位差(林金成等,2005)。由此,可见南京市春季环境正受到空心莲子草等多种外来入侵植物的严重危害,改变了生境里的杂草种类、组成,甚至优势种,导致杂草群落结构的完全改变。

环境的选择压力可以通过空心莲子草间接地影响到生境里的物种种类和群落的空间结构。空心莲子草耐旱的同时也喜湿,但大部分其它植物并不同时具备这个特点。在南京春季杂草发生的普查中共发现有杂草42科200种,群落的空间结构也比较均匀(吴海荣等,2004),而空心莲子草发生的生境只有36科142种,由于空心莲子草经常成片发生故群落结构较单一。因此从某种意义上来说,环境选择压力加速了空心莲子草确立其优势种地位的进程,对生境物种组成和空间结构的影响也是长远的。

对各聚类群的物种多样性指数的比较可以发现,随着人为干扰程度的降低,空心莲子草的重要值上升,虽然物种丰富度略有提高,Simpson优势度指数也随之上升,表明空心莲子草的优势得到逐步巩固,但是空心莲子草重要值和物种丰富度的曲线拟

合表明,虽然在空心莲子草重要值较低的时候物种丰富度有细微上升,不过随空心莲子草大量发生,极显著地降低了物种丰富度。Shannon-Wiener指数和Pielou均匀度指数均表现为下降,表明随着空心莲子草危害的加重,群落的物种多样性下降了,危害严重的优势种地位得到进一步加强。灭绝和入侵进程被广泛接受为决定群落组成和结构的主要因素。繁殖压力和资源释放通过低强度的干扰有利于新物种进入群落,这就是入侵进程;反之,竞争、极端的干扰、慢性的环境压力有选择性地排斥或限制了竞争力弱的物种,这就是灭绝进程。若由于高的繁殖压力或低的资源竞争压力导致的高入侵率,即空心莲子草入侵的初期,物种多样性和群落可入侵性将都很高且正相关,因此有一个升高的趋势。相反地,当竞争驱使的灭绝进程起支配作用时,即空心莲子草开始形成大面积单优群落时,将导致资源互补或空间受到限制,因此物种多样性和群落可入侵性的关系将如经典理论所言呈负相关,物种丰富度随空心莲子草的大量发生开始下降(Rebecca & Robert, 2003)。由此可见空心莲子草可以通过形成单一优势种群群落,从而显著地降低生境的物种多样性;另外研究表明空心莲子草在蔓延的同时,地下茎也释放出化感物质影响周围杂草生长(苏丽和朱金松,2003);它的滋生改变了群落的组成并进而改变了植物群落的空间结构。总之,鉴于空心莲子草自身有利于入侵的生物学特性及对生境物种多样性的不利影响,目前应严禁传播并加大防除力度。上述研究表明,由于草坪地组该草危害低,通过广植草坪、美化和绿化荒地,对土地和水面加以有效利用,可以有效遏制该草的入侵危害,是值得重视的。

参 考 文 献

- Bai LX (柏立新), Zhang LW (张龙娃), Chen XB (陈小波), Feng HJ (冯汉金) (2003). Composition and diversity of the weed community in transgenic BT cotton (four bollguard strains) fields. *Acta Phytocologica Sinica* (植物生态学报), 27, 610 - 616. (in Chinese with English abstract)
- Binggeli P (1996). A taxonomic, biogeographical and ecological overview of invasive woody plants. *Journal of Vegetation Science*, 7, 121 - 124.
- Biology Department of 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)
- Callaway RW, Aschehoug ET (2000). Invasive plants versus their new and old neighbors: a mechanism for exotic invasion. *Science*, 290, 521 - 523.
- Chen LZ (陈灵芝), Ma KP (马克平) (2001). *Biodiversity: Theory and Practice* (生物多样性科学: 原理与实践). Shanghai Sci-

- entific and Technical Publishers, Shanghai, 176 – 177. (in Chinese)
- Enserink M(1999). Biological invaders sweep in. *Science*, 285, 1834 – 1836.
- Hertling UM, Lubke RA(2000). Assessing the potential for biological invasion—the case of *Ammophila arenaria* in South Africa. *South African Journal of Science*, 96, 520 – 527.
- Li B(李博), Xu BS(徐炳声), Chen JK(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, 446 – 457. (in Chinese with English abstract)
- Lin JC(林金成), Qiang S(强胜)(2004). Study on the vegetative propagation character of *Alternanthera philoxeroides*. *Acta Agriculturae Shanghai* (上海农业学报), 20(4), 96 – 101. (in Chinese with English abstract)
- Lin JC(林金成), Qiang S(强胜), Wu HR(吴海荣)(2005). Effect of *Alternanthera philoxeroides*, an invasive exotic weed, on plant biodiversity. *Rural Eco-Environment* (农村生态环境), 21(2), 28 – 32. (in Chinese with English abstract)
- Lonsdale WM(1999). Global patterns of plant invasion and the concept of invisibility. *Ecology*, 80, 15 – 22.
- Ma KP(马克平), Liu YM(刘玉明)(1994). Measurement of biotic community diversity. I. α diversity (Part 2). *Chinese Biodiversity* (生物多样性), 2, 231 – 239. (in Chinese)
- Madhusoodanan PV, Kumar KGA(1993). *Alternanthera philoxeroides* (Mart.) Griseb. — ‘alligator weed’ — a fast spreading weed in Kerala, south India. *Journal of Economic and Taxonomic Botany*, 17, 651 – 654.
- Maillet J, Lopez-Garcia C(2000). What criteria are relevant for predicting the invasive capacity of a new agricultural weed? The case of invasive American species in France. *Weed Research*, 40, 11 – 26.
- Marcel R, David MR(1996). What attributes make some plant species more invasive? *Ecology*, 77, 1655 – 1661.
- Meekins JF, McCarthy BC(1999). Competitive ability of *Alliaria petiolata* (Garlic Mustard, Brassicaceae), an invasive, non-indigenous forest herb. *International Journal of Plant Sciences*, 160, 743 – 752.
- Peet RK(1974). The measurement of species diversity. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 5, 285 – 307.
- Pimentel D, Lach L, Zuniga R, Morrison D(2000). Environmental and economic costs of nonindigenous species in the United States. *BioScience*, 50, 53 – 65.
- Qiang S(强胜), Cao XZ(曹学章)(2001). Harmfulness of exotic weeds in China and for their management. *Biodiversity Science* (生物多样性), 9, 188 – 195. (in Chinese with English abstract)
- Qiang S(2002). Weed diversity of arable land in China. *Journal of Korean Weed Science*, 22, 187 – 198.
- Qiang S(2005). Multivariate analysis, description, and ecological interpretation of weed vegetation in the summer crop fields of Anhui Province, China. *Journal of Integrative Plant Biology*, 47, 1193 – 1210.
- Rebecca LB, Robert KP(2003). Diversity and invisibility of Southern Appalachian plant communities. *Ecology*, 84, 32 – 39.
- Rhymer JM, Simberloff D(1996). Extinction by hybridization and introgression. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 27, 83 – 109.
- Sainty G, McCorkelle G, Julien MH(1998). Control and spread of alligator weed *Alternanthera philoxeroides*, in Australia: lessons for other regions. *Wetlands Ecology Management*, 5, 195 – 201.
- Simpson EH(1949). Measurement of diversity. *Nature*, 163, 688.
- Su L(苏丽), Zhu JS(朱金松)(2003). Effects of water extract of *Alternanthera philoxeroides* root on the rate of seed germination of several weed. *Weed Science* (杂草科学), 4, 7 – 9. (in Chinese)
- Tao Y(陶勇), Jiang MX(江明喜)(2004). Study on anatomical structure adaptation of stem of *Alternanthera philoxeroides* (Mart.) Griseb to various water condition. *Journal of Wuhan Botanical Research* (武汉植物学研究), 22, 65 – 71. (in Chinese with English abstract)
- Wilcove DS, Rothstein D, Dubow J, Phillips A, Losos E(1998). Quantifying threats to imperiled species in the United States. *BioScience*, 48, 607 – 615.
- Wu HR(吴海荣), Qiang S(强胜), Lin JC(林金成)(2004). Quantitative survey on spring exotic weeds and the niche characteristics of dominant species in Nanjing. *Acta Botanica Boreo-Occidentalia Sinica* (西北植物学报), 24, 2061 – 2068. (in Chinese with English abstract)
- Xiang YC(向言词), Peng SL(彭少麟), Zhou HC(周厚诚), Cai XA(蔡锡安)(2002). The impacts of non-native species on biodiversity and its control. *Guihaia* (广西植物), 22, 425 – 432. (in Chinese with English abstract)
- Xie ZQ(谢宗强), Chen ZG(陈志刚), Fan DY(樊大勇), Xiong GM(熊高明)(2003). Global consequences and control strategies of biological invasion. *Chinese Journal of Applied Ecology* (应用生态学报), 14, 1795 – 1798. (in Chinese with English abstract)
- Xu HG(徐海根), Wang JM(王健民), Qiang S(强胜), Wang CY(王长永)(2004). *Study of Key Issues Under the Convention on Biological Diversity: Alien Species Invasion, Biosafety, Genetic Resources* (《生物多样性公约》热点研究:外来物种入侵·生物安全·遗传资源). Science Press, Beijing, 1 – 128. (in Chinese)
- Xu KX(徐克学)(1999). *Biomathematics* (生物数学). Science Press, Beijing, 51 – 70. (in Chinese)
- Xu RM(徐汝梅), Ye WH(叶万辉)(2004). *Bioinvasion: Theory and Practice* (生物入侵:原理与实践). Science Press, Beijing, 79 – 90. (in Chinese)
- Yu LQ(余柳青), Lu YL(陆永良), Nemoto M(根本正之), Shimizu N(清水矩宏), Wang MY(王鸣遥), Xu Q(徐青)(1999). Biological diversity of plants on ridge of paddy. *Chinese Journal of Rice Science* (中国水稻科学), 13, 254 – 256. (in Chinese with English abstract)