文章编号:1000-5641(2012)06-0013-08

上海市环城绿带建成初期林下自然草本植物多样性格局及其成因

蔡北溟[1], 陈晓双[1], 达良俊[1,2], 王 瑞[1]

(1. 华东师范大学 环境科学系,上海 200062;
2. 华东师范大学 上海市城市化生态过程与生态恢复重点实验室,上海 200062)

摘要: 以上海市环城绿带林下自然草本植物为研究对象,采用群落学的调查方法,调查草本植物群落 277 个. 结果如下:共记录自然草本植物 33 科 73 属 88 种;划分了 49 个群落类型,以一年生草本植物为优势种的群落较多. 说明在环城绿带的建成初期,光照条件较好,林下自然草本植物多样性高,群落类型丰富;同时作为人工林受到的人为干扰较大,更利于高适应性的一年生草本植物生长.

关键词: 城市人工林; 群落分类; 物种多样性; 群落多样性

中图分类号: Q948 **文献标识码**: A **DOI**: 10.3969/j.issn.1000-5641.2012.06.002

Study on the diversity pattern of natural herb under the forest of Shanghai Green Belt during its early building-up period

CAI Bei-ming[1], CHEN Xiao-shuang[1], DA Liang-jun[1,2], WANG Rui[1]

(1. *Department of Environmental Science, East China Normal University, Shanghai* 200062, *China*;
2. *Shanghai Key Laboratory of Urbanization Ecological Restoration, East China Normal University, Shanghai* 200062, *China*)

Abstract: An investigation of the natural herb under forest of Shanghai Green Belt was made, where 277 community plots were surveyed. The results show that the flora of the natural herb recorded in the study area includes 88 species, 73 genera and 33 families, which were divided into 49 community types, with the annual plant as their dominant species. This suggested that there was a high diversity of community types under the forest of Shanghai Green Belt during its early building-up period owing to the condition of good sunlight. Moreover, it was better for the highly adaptable annual plants to grow there because of the high frequency of human disturbances.

Key words: urban plantation; syntaxonomy; diversity of species; community diversity

收稿日期:2012-03

基金项目:国家自然科学基金(44101880);上海郊区森林生态系统定位研究[沪农科攻字(2009)第 9-6 号];上海市绿化和市容管理科学技术攻关项目(F091005)

第一作者:蔡北溟,男,硕士研究生,研究方向为城市生态学. E-mail:caibeiming@yahoo.com.cn.

通信作者:达良俊,男,教授,研究方向为城市生态学和植被生态学. E-mail:ljda@des.ecnu.edu.cn.

0 引 言

城市森林可以改善城市环境,维持和保护城市生物多样性[1],在调节生态平衡、改善环境质量和美化城市景观等方面具有不可替代的作用[2,3].林下自然草本植物作为城市森林生态系统的重要组成部分,可以改善林下表层土壤肥力,减少林地水土流失,促进群落演替,并且在维持生物多样性方面发挥着重要作用[4,5].

上海市环城绿带是上海城市森林生态系统的重要组成部分,在国内外环城绿带建设中形成影响,具有典型意义[6].上海市环城绿带的建设于 1995 年开始,到目前为止经历了 100 m 绿带一期、100 m 绿带二期、400 m 绿带和生态专项等 4 个建设阶段.目前大部分林分郁闭度尚不高,林下形成有丰富的草本层[7],为城市杂草生态学提供了良好的研究场所.

本文以上海市环城绿带林下自然草本植物为对象,通过分析阐明其种类组成、群落类型及季节变化规律,探究城市人工林下自然草本植物多样性格局及其成因,为进一步补充完善上海城市植被生态学研究以及植物多样性长期动态监测提供初始的基础资料,并为城市森林建设和管理提供理论依据.

1 研究区概况

上海市位于北纬 30°41′—31°53′,东经 120°51′—122°12′,属于亚热带北缘季风气候类型,年平均气温 17.8 ℃,年平均降雨量 1 457 mm.境内除西南部零散山丘为残积弱富铝化母质所发育的黄棕壤外,平原地区均为江海河湖不同沉积母质所发育的水稻土、灰潮土和滨海盐土;地下水位较高,一般为 60～80 cm[6,19].

上海市环城绿带是上海市最大的跨世纪生态工程,沿着外环线道路(A20)外侧布置,全长 98 km,规划总面积 6 028 hm^2.工程共涉及浦东、南汇(现已并入浦东区)、徐汇、闵行、长宁、嘉定、普陀和宝山等 8 个区;至 2010 年底,环城绿带建成面积约 3 164 hm^2;剩余的大约 3 000 hm^2,正作为新一轮环城绿带建设工程在全力推进实施中[8,9].

2 研究方法

2.1 群落调查

于 2009 年春季(4～6 月)、秋季(9～11 月),选取典型、均质的林分为样地.共设置样方 277 个:春季 146 个,其中乔木样方 127 个,灌木样方 19 个;秋季 131 个,乔木样方 113 个,灌木样方 18 个.乔木林样方调查面积为 10 m×10 m,灌丛为 5 m×5 m.调查并记录各样方中林下草本层植物的种名、高度及多盖度.

2.2 数据分析

以物种的最大高度与盖度的乘积表征优势度,采用优势度分析法确定群落的优势种[10].应用 PC-ORD 5.0 软件,采用 Sorense(Bray-Curtis)距离系数和组平均法(Group averaging),以物种在 277 个样方内的相对优势度值进行聚类分析,划分群落类型[11].

3 结 果

3.1 草本植物物种多样性特征

春秋两季 277 个样方的调查共记录草本植物 34 科 88 属 119 种,除 31 种园艺栽培起源

种外,在上海及周边地区自然分布的有 33 科 73 属 88 种(后续的分析均以这 88 种为对象).88 种自然草本植物中,多年生草本为 36 种;一年生草本 52 种,其中冬季一年生 24 种,夏季一年生 28 种(见附表).

群落水平上,物种数 1—5 和 6—10 样方的出现频度最高,随样方内物种数增加出现频率呈递减趋势,含 11 种以上样方的出现频度在春秋季节间差异不明显,而 1—5 种和 6—10 种样方出现频率在季节上存在逆转现象,前者春季小于秋季,而后者春季大于秋季(见图 1).

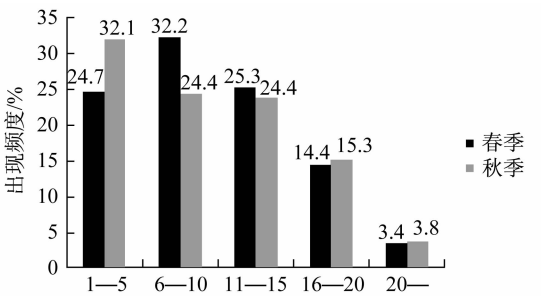

图 1　春秋两季草本植物群落物种丰富度

Fig. 1　Species richness of the communities in spring and autumn

3.2　草本植物群落的多样性

春季 146 个样方在 40%的相似度水平上,可划分出 30 个群落类型;秋季 131 个样方在 50%的相似度水平上,划分出 29 个群落类型,分别以优势种对每个群落类型命名(见表 1).

表 1　春秋两季群落类型

Tab. 1　Community types in spring and autumn

群落名称	优势种生活型	春季					
		出现频次	出现频率/%	平均盖度/%	群落丰富度	优势种数量	群落高度/cm
诸葛菜群落	W	13	8.9	39.8	11	3.7	40
猪殃殃群落	W	12	8.2	32.6	10.25	5	40
黄鹌菜群落	W	8	5.5	41.9	13.1	4	50
早熟禾群落	W	8	5.5	38.8	6.9	2.8	30
喜旱莲子草群落	P	6	4.1	7.2	6.2	3.5	23
蛇莓群落	P	3	2.1	81.7	14	4	20
乌蔹莓群落	P	5	3.4	7.0	5.4	1	20
龙葵群落	S	3	2.1	22.0	6	2	20
春一年蓬群落	P	14	9.6	39.0	12	8.5	50
猪殃殃+春一年蓬等多优群落	W+P	11	7.5	65.5	17	9.5	74
加拿大一枝黄花群落	P	10	6.8	45.6	10.5	4.8	66
棒头草群落	W	8	5.5	12.1	6.9	3.5	29
泽漆+早熟禾群落	W	4	2.7	21.3	8.8	3.8	25
野老鹳草群落	W	3	2.1	12.0	6.7	3	40
狗尾草+龙葵+小飞蓬等多优群落	S	–	–	–	–	–	–
一年蓬群落	S	–	–	–	–	–	–
牛膝+龙葵群落	P+S	–	–	–	–	–	–
鸡矢藤群落	P	–	–	–	–	–	–

续表 1

群落名称	秋季					
	出现频次	出现频率/%	平均盖度/%	群落丰富度	优势种数量	群落高度/cm
牛膝群落	P	–	–	–	–	–
马唐+喜旱莲子草群落	S+P	–	–	–	–	–
马唐群落	S	–	–	–	–	–
狗尾草群落	S	–	–	–	–	–
铁苋菜群落	S	–	–	–	–	–
爵床群落	S	–	–	–	–	–
诸葛菜群落	12	9.2	39.4	9.3	3.7	10
猪殃殃群落	3	2.3	7.3	3	2	10
黄鹌菜群落	2	1.5	7.5	5	2.5	40
早熟禾群落	2	1.5	16.5	7.5	1	20
喜旱莲子草群落	1	0.8	75.0	3	1	20
蛇莓群落	3	2.3	70.0	14.7	3.7	10
乌蔹莓群落	17	13.0	29.0	8.4	2.1	58
龙葵群落	8	6.1	29.0	8.9	2.1	56
春一年蓬群落	–	–	–	–	–	–
猪殃殃+春一年蓬等多优群落	–	–	–	–	–	–
加拿大一枝黄花群落	–	–	–	–	–	–
棒头草群落	–	–	–	–	–	–
泽漆+早熟禾群落	–	–	–	–	–	–
野老鹳草群落	–	–	–	–	–	–
狗尾草+龙葵+小飞蓬等多优群落	16	12.2	51.6	14.4	7.3	55
一年蓬群落	11	8.4	37.8	10	1.5	30
牛膝+龙葵群落	9	6.9	43.8	12.4	9.5	46
鸡矢藤群落	7	5.3	15.0	6.4	3	57
牛膝群落	5	3.8	25.0	10.6	3.4	50
马唐+喜旱莲子草群落	4	3.1	40.0	14.8	7.5	50
马唐群落	4	3.1	57.5	7	3.3	28
狗尾草群落	3	2.3	10.0	8	6	25
铁苋菜群落	3	2.3	36.7	5	2.7	33
爵床群落	3	2.3	41.7	8.3	1.3	23

注:P 为多年生,S 为夏季一年生,W 为冬季一年生.

两季都出现的群落类型有 8 种,主要是优势种为冬季一年生及多年生的群落:前者有诸葛菜群落、猪殃殃群落、黄鹌菜群落和早熟禾群落 4 种类型,除诸葛菜群落外,其他 3 种都以春季分布为主;后者有喜旱莲子草群落、乌蔹莓群落和蛇莓群落 3 种,喜旱莲子草以春季为主,乌蔹莓以秋季为主,蛇莓季节性差异不明显. 夏季一年生只有龙葵群落,其主要分布出现在秋季. 仅在春季出现的群落类型有春一年蓬群落、猪殃殃+春一年蓬等多优群落、加拿大一枝黄花群落、棒头草群落、泽漆+早熟禾群落和野老鹳草群落 6 种,为多年生与冬季一年生草本;仅在秋季出现的有狗尾草+龙葵+小飞蓬多优群落、一年蓬群落、牛膝+龙葵群落、牛膝群落、马唐+喜旱莲子草群落、马唐群落、狗尾草群落、铁苋菜群落和爵床群落 10 种;除部分多年生外,其余均为夏季一年生草本. 出现频次为 1～2 的群落类型未列入表 1:春季有黄鹌菜+葎草群落、萝藦+猪殃殃群落、猪殃殃+葎草群落、商陆群落、直立婆婆纳群落、宝盖草群落、剪刀股群落、活血丹群落、狗牙根群落、求米草群落、小旋花群落、荠菜群落、刺果

毛茛群落、藜群落和繁缕群落;秋季有葎草群落、破铜钱群落、诸葛菜 + 龙葵群落、千金子群落、马兰群落、牛筋草群落、艾蒿群落、地锦群落、醴肠群落、刺果毛茛群落和繁缕群落. 共有 24 个,其中两季共有的为 2 个,仅出现在春季的有 13 个,秋季的有 9 个,与上述常见群落具有相似的趋势.

4　城市人工林下草本植物群落多样性格局成因

郁闭度高的林下通常光照条件差,草本层植物多样性低,群落类型单一. 而上海环城绿带林下草本植物物种丰富,多样性高,共出现自然草本植物 88 种;群落类型多样,春季出现 30 种,秋季出现 29 种,共 49 个群落类型,远高于大金山岛和佘山[12-16]等地区. 究其原因如下:一是自然草本植物表现出在季节上的此消彼长,即不同物种对资源的利用在时间上的分化[17-19]. 这主要是由于一年生草本植物有冬季一年生和夏季一年生两种生活型,在春季和秋季分别占据优势,存在着时间尺度上的生态位分异[20,21];而春秋两季不同群落类型的出现,成为较高草本植物群落多样性形成的重要原因. 其次,由于种植年限较短,上海市环城绿带林分郁闭度尚处于较低水平,湿润的土壤与充足的阳光辐射使草本层中的喜阳先锋草本植物较早侵入并迅速发育,随着郁闭度的提高,草本层中一些较耐阴的植物会侵入到林下,其他地区人工林下草本植物的研究也有相似的结果[22-24]. 再次,人工林受到频繁的高强度人为干扰,林下生境处于不稳定状态,相对限制了适应稳定生境的多年生草本植物的分布,为可塑性、适应性更强的一年生草本植物提供了机会. 在出现频率高的 25 个群落类型中有 18 个以一年生草本植物为优势种,出现频率低的 24 个群落类型中有高达 16 个也以一年生为优势种,这种一年生群落占优的趋势与上海中心城区的研究结果[25]有相似性.

城市自然草本植物是城市生物多样性的重要组成部分,在城市森林构建及城市绿化中,应当充分利用城市自然草本植物提升城市生物多样性和景观效果. 据此,本文提出以下两点建议:首先城市自然草本植物作为演替的先锋物种,可适应城市高频率、高强度的干扰;加之其生活史短,世代循环快,可为土壤提供天然改良剂,同时为鸟类、昆虫等动物提供食物及庇护场所[26]. 因此,在人工林的建设管理中,尽量给自然草本植物提供生存生长的空间,减少高强度的人为管理,甚至没有必要进行人为除草,充分发挥其对城市生物多样性的支撑功能. 其次,城市自然草本植物生态可塑性强,对特殊城市环境具有一定的耐受性. 因此,在城市特殊生境绿化中,可开发城市自然草本植物的应用价值,筛选适生性强、景观效果好的乡土草本植物,作为城市生境条件恶劣区域植被恢复与重建的先锋物种,增加城市绿化物种资源,丰富绿化景观[27].

作为城市植被的三大组分之一[28],城市自然草本植物能对城市化过程做出快速反应. 因此,今后也极有必要对其进行长期跟踪检测研究,进一步分析阐明城市自然草本植物多样性变化规律及其在人为干扰环境下的适应策略.

致谢:在论文的写作过程中,郭雪艳提出了许多宝贵意见和建议,在此表示感谢!

附表 样方调查记录的植物名录

科别	物种	生活型	出现频次(频率/%) 春季/秋季
桑科 Moraceae	葎草 *Humulus scandens*	S	13(9.9)/25(17.1)
蓼科 polygonaceae	无辣蓼 *Polygonum pubescens Blume*	S	0(0)/9(6.9)
	杠板归 *Polygonum perfoliatum*	S	0(0)/9(6.2)
	齿果酸模 *Rumex dentatus*	P	4(2.7)/0(0)
商陆科 Phytolaccaceae	美洲商陆 *Phytolacca americana*	P	1(0.7)/0(0)
马齿苋科 Portulacaceae	马齿苋 *Portulaca oleracea*	S	0(0)/6(4.6)
石竹科 Caryophyllaceae	繁缕 *Stellaria media*	W	69(47.3)/17(13.0)
	牛繁缕 *Stellaria aquatica*	W	28(19.2)/5(3.8)
	簇生卷耳 *Cerastium glomeratum*	W	32(21.9)/0(0)
藜科 Chenopodiaceae	灰绿藜 *Chenopodium glaucum*	S	0(0)/7(5.3)
	藜 *Chenopodium a1bum*	S	30(20.5)/15(11.5)
苋科 Amaranthaceae	牛膝 *Achyranthes bidentata*	P	23(15.8)/47(35.9)
	喜旱莲子草 *Alternanthera philoxeroides*	P	51(34.9)/48(36.6)
毛茛科 Ranunculaceae	天葵 *Semiaquilegia adoxoides*	P	0(0)/1(0.8)
	刺果毛茛 *Ranumculus muricatus*	W	37(25.3)/6(4.6)
十字花科 Cruciferae	臭荠 *Coronopus didymus*	W	9(6.2)/4(3.1)
	荠 *Capsella bursa-postoris*	W	15(10.3)/4(3.1)
	蔊菜 *Rorippa indica*	W	15(10.3)/3(2.3)
	诸葛菜 *Orychophragmus viloaceus*	W	25(17.1)/28(21.4)
	碎米荠 *Cardamine hirsuia*	W	1(0.7)/0(0)
景天科 Crassulaceae	爪瓣景天 *Sedum onychopetalum*	P	3(2.1)/0(0)
	珠芽景天 *Sedum bulbiferu*	P	2(1.4)/0(0)
蔷薇科 Rosaceae	灰白毛莓 *Rubus tephrodes*	P	0(0)/1(0.8)
	蛇莓 *Duchesnea indica*	P	22(15.1)/29(22.1)
豆科 Leguminosae	野豌豆 *Vicia sativa*	W	16(11.0)/1(0.8)
牻牛儿科 Geraniaceae	野老鹳草 *Geranium carolinianum*	W	19(13.0)/1(0.8)
大戟科 Euphorbiaceae	地锦 *Euphorbia humifusa*	S	0(0)/6(4.6)
	斑地锦 *Euphorbia maculata*	S	0(0)/1(0.8)
	泽漆 *Euphorbia helioscopia*	W	42(28.8)/20(15.3)
	铁苋菜 *Acalypha australis*	S	11(7.5)/32(24.4)
葡萄科 Vitaceae	乌蔹莓 *Cayratia japonica*	P	58(39.7)/73(55.7)
堇菜科 Violaceae	紫花地丁 *Viola philippica*	P	0(0)/1(0.8)
葫芦科 Cucurbitaceae	马交儿 *Zehneria indica*	S	0(0)/1(0.8)
伞形科 Umbelliferae	破铜钱 *Hydrocotyle sibthorpioides*	P	1(0.7)/12(9.2)
萝藦科 Asclepiadaceae	萝藦 *Metaplexis japonica*	P	12(8.2)/13(9.9)
茜草科 Rubiaceae	鸡矢藤 *Paederia scandens*	P	26(17.8)/45(34.4)
	猪殃殃 *Galium aparine*	W	69(47.3)/62(47.3)
旋花科 Convolvulaceae	马蹄金 *Dichondra repens*	P	2(1.4)/8(6.1)
	小旋花 *Calystegia hederacea*	P	21(14.4)/7(5.3)
	圆叶牵牛 *Pharbitis purpurea*	S	0(0)/1(0.8)
	牵牛 *Pharbitis nil*	S	0(0)/3(2.3)
紫草科 Boraginaceae	附地菜 *Trigonotis peduncularis*	W	9(6.2)/4(3.1)
唇形科 Labiatae	活血丹 *Glechoma longituba*	P	1(0.7)/13(9.9)
	香薷 *Elsholtzia ciliata*	P	2(1.4)/0(0)
	宝盖草 *Lamium amplexicaule*	W	30(20.5)/0(0)
茄科 Solanaceae	龙葵 *Solanum nigrum*	S	49(33.6)/74(56.5)
	白英 *Solanum lyratum*	P	0(0)/1(0.8)
玄参科 Scrophulariaceae	北水苦荬 *Veronica anagallis-aquatica*	P	1(0.7)/0(0)

续附表

科别	物种	生活型	出现频次(频率/%) 春季/秋季
	阿拉伯婆婆纳 *Veronica persica*	W	41(28.1)/28(21.4)
	蚊母草 *Veronica peregrina*	W	31(21.2)/0(0)
	直立婆婆纳 *Veronica arvensis*	W	3(2.1)/0(0)
	通泉草 *Mazus pumilus*	S	6(4.1)/0(0)
爵床科 Acanthaceae	爵床 *Rostellularia procumbens*	S	0(0)/10(7.6)
车前科 Plantaginaceae	平车前 *Plantago depressa*	P	1(0.7)/0(0)
	车前 *Plantago asiatica*	P	8(5.5)/9(6.9)
菊科 Compositae	加拿大一枝黄花 *Solidago canadensis*	P	62(42.5)/50(38.2)
	马兰 *Kalimeris indica*	P	4(2.7)/28(21.4)
	钻形紫菀 *Aster subulatus*	S	0(0)/2(1.5)
	春一年蓬 *Erigeron philadelphicus*	P	97(66.4)/0(0)
	一年蓬 *Erigeron annuus*	S	0(0)/68(51.9)
	小飞蓬 *Conyza canadensis*	S	0(0)/16(12.2)
	女菀 *Turczaninowia fastigiata*	P	0(0)/3(2.3)
	醴肠 *Eclipta prostrata*	S	0(0)/6(4.6)
	艾蒿 *Artemisia argyi*	P	18(12.3)/16(12.2)
	小蓟 *Cirsium setosum*	P	14(9.6)/7(5.3)
	泥胡菜 *Hemistepta lyrata*	S	0(0)/1(0.8)
	蒲公英 *Taraxacum mongolicum*	P	10(6.8)/21(16.0)
	剪刀股 *Ixeris japonica*	P	5(3.4)/10(7.6)
	抱茎苦荬菜 *Ixeris sonchifolia*	W	2(1.4)/0(0)
	苦荬菜 *Sonchus uliginosus*	P	0(0)/16(12.2)
	苦苣菜 *Sonchus oleraceus*	W	23(15.8)/2(1.5)
	黄鹌菜 *Youngia japonica*	W	71(48.6)/36(27.5)
鸭跖草科 Commelinaceae	鸭跖草 *Commelina communis*	S	9(6.2)/5(3.8)
禾本科 Gramineae	鹅观草 *Roegneria tsukushiense*	P	0(0)/2(1.4)
	千金子 *Leptochloa chinensis*	S	0(0)/17(13.0)
	牛筋草 *Eleusine indica*	S	0(0)/26(19.8)
	狗牙根 *Cynodon dactylon*	P	6(4.1)/ 27(20.6)
	棒头草 *Polypogon fugax*	W	40(27.4)/0(0)
	早熟禾 *Poa annua*	W	87(59.6)/13(9.9)
	野燕麦 *Avena fatua*	W	5(3.4)/0(0)
	求米草 *Oplismenus undulatifolius*	S	2(1.4)/10(7.6)
	无芒稗 *Echinochloa crusgalli var. mitis*	S	0(0)/2(1.4)
	马唐 *Digitaria sanguinalis*	S	0(0)/38(29.0)
	狗尾草 *Setaria viridis*	S	2(1.4)/46(35.1)
	荩草 *Arthraxon hispidus*	S	3(2.1)/7(5.3)
天南星科 Araceae	半夏 *Pinellia ternata*	P	9(6.2)/1(0.7)
凤尾蕨科 Pteridaceae	井栏边草 *Pteris multifida*	P	3(2.1)/5(3.8)
忍冬科 Caprifoliaceae	接骨草 *Sambucus chinensis*	P	1(0.7)/1(0.8)

注:生活型中 P 为多年生,W 为冬季一年生,S 为夏季一年

[参　考　文　献]

[1] 王娟,达良俊,李艳艳,等. 城市化进程中上海植被的多样性、空间格局和动态响应(Ⅴ):管护放弃后城市水杉林林下植被自然演替格局的研究[J]. 华东师范大学学报:自然科学版,2009(6):12-22.

[2] 达良俊,杨珏,霍晓丽. 城市化进程中上海植被的多样性、空间格局和动态响应(Ⅶ):上海浦东近自然森林十年间的动态变化及模式优化[J]. 华东师范大学学报:自然科学版,2011(4):15-23.

[3] 李文华. 充分发挥城市森林的生态服务功能[M]// 国家林业局宣传办公室. 中国城市森林建设理论与实践. 北京:中国农业出版社,2009:33-45.

[4] 奇凯,张春雨,侯继华,等. 赤峰市沙地油松林草本植物多样性及种间关联动态[J]. 生态学报, 2010(18): 5106-

5112.
[5] 范玉龙,胡楠,丁圣彦,等. 伏牛山自然保护区森林生态系统草本植物功能群的分类[J]. 生态学报,2008,28:3092-3099.
[6] 张凯旋,车生泉,马少初,等. 城市化进程中上海植被的多样性、空间格局、动态响应(Ⅵ):上海外环林带群落多样性与结构特征[J]. 华东师范大学学报:自然科学版,2011(4):1-15.
[7] 沈沉沉,尹俊光,张净,等. 宁波市镇海区生态公益林生态系统服务价值评估[J]. 华东师范大学学报:自然科学版,2012(4):120-130.
[8] 张凯旋. 上海环城绿带群落生态学与生态效益及景观美学评价研究[D]. 上海:华东师范大学,2010.
[9] 王瑞. 上海市环城林带人工植被更新格局与恢复潜力研究[D]. 上海:华东师范大学,2010.
[10] 达良俊,杨永川,宋永昌,浙江天童国家森林公园常绿阔叶林主要组成种的种群结构及更新类型[J]. 植物生态学报,2004,28(3):376-384.
[11] 张金纯. 数量生态学[M]. 北京:科学出版社,2003.
[12] 达良俊,杨永川,陈燕萍. 上海大金山岛的自然植物群落多样性[J]. 中国城市林业,2004,2(3):22-25.
[13] 方和俊,达良俊,王晨曦. 上海又一天然次生林保护区—佘山[J]. 中国城市林业,2006,4(1):53-56.
[14] 杨永川,达良俊,秦祥堃. 上海大金山岛种子植物区系的研究[J]. 武汉植物研究,2002,20(6):433-437.
[15] 杨永川,达良俊,陈克霞. 上海之肾-江湾生物多样性调查[J]. 中国城市林业,2003,1(2):13-16.
[16] 王晨曦,王娟,李艳艳,等. 城市化进程中的上海植被:多样性、空间格局、动态响应(Ⅰ):上海佘山地区残存自然植被种子植物区系及其 50 年的动态变化特征[J]. 华东师范大学学报:自然科学版,2008(4):31-39.
[17] 马宗仁,阳承胜,常向前,等. 高尔夫球场草坪-杂草群落中主要杂草种类年消长动态及时间生态位[J]. 生态学报,2004,24:2230-2237.
[18] 赵利,胡冠芳,王利民,等. 兰州地区胡麻田杂草消长动态及群落生态位研究[J]. 草业科学,2010,19:18-24.
[19] 马丽荣,蔺海明, 陈玉梁,等. 兰州引黄灌区玉米田杂草群落及生态位研究[J]. 草业科学,2007,16:111-117.
[20] 郝占庆,赵士洞,陶大立. 长白山北坡阔叶红松林草本植物物种多样性及其季节动态[J]. 生物多样性,1994,2(3):125-132.
[21] 李步杭,张健,姚晓林,等. 长白山阔叶红松林草本植物多样性季节动态及空间分布格局[J]. 应用生态学报,2008,19(3):467-473.
[22] 高艳鹏,赵廷宁,骆汉. 晋西黄土丘陵沟壑区人工林下草本植物生物多样性研究[J]. 水土保持通报,2011,31(1):103-108.
[23] 毛志宏,朱教君,刘足根. 等. 间伐对落叶松人工林内草本植物多样性及其组成的影响[J]. 生态学杂志,2006,25(10):1201-1207.
[24] 钟宇,张健,杨万勤,等. 巨桉人工林草本层优势种的种间关系及生态种组的划分[J]. 草业学报,2010,19(3):56-62.
[25] 田志慧,陈克霞,达良俊,等. 城市化进程中的上海植被:多样性、空间格局、动态响应(Ⅲ):高度城市化影响下上海中心城区杂草区系特征[J]. 华东师范大学学报:自然科学版,2008(4):49-57.
[26] 张桂娟,张金龙,李淑贤,等. 承德县人工油松林林下草本植物种间关系研究[J]. 中国农学通报,2009,25(7):109-113.
[27] 田志慧,蔡北溟,达良俊. 城市化进程中的上海植被:多样性、空间格局、动态响应(Ⅷ):上海乡土陆生草本植物分布特征及其在城市绿化中的应用前景[J]. 华东师范大学学报:自然科学版, 2011(4):24-34.
[28] OHSAWA M, DA L J, OTUKA T. Urban vegetation——Its structure and dynamics[C]//OBARA H. Integrated Studies in Urban Ecosystems as the Basis of Urban Planning. Tokyo:Ministry of ECS,1988.