

石家庄市公园绿地植物多样性分析

缴丽莉¹, 孟永红¹, 付丽华² (1. 石家庄市动物园管理处, 河北石家庄 050020; 2. 石家庄市园林局, 河北石家庄 050000)

摘要 通过全面踏查的方法, 对石家庄市公园绿地内植物物种丰富度、多样性进行了比较分析。石家庄市公园绿地植物物种较丰富, 共 109 科 191 属 389 种, 其中, 蔷薇科、豆科、菊科、木犀科为优势科, 梅属、槐属、蔷薇属、女贞属为优势属。乔木层优势种主要有银杏、国槐、绦柳、油松等; 灌木层优势种主要有大叶黄杨、碧桃、紫叶李、榉棠等; 草本层优势种主要有早熟禾、丹麦草、白三叶。植物构成以乡土植物为主体, 引进种较丰富。公园绿地植物物种多样性总体较高, 其丰富度以乔木植物最高, 其次是灌木植物, 草本植物最低。

关键词 石家庄; 公园; 绿地; 物种多样性
中图分类号 S688 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2018)28-0104-04

Analysis on Plant Diversity of Park in Shijiazhuang City
JIAO Li-li¹, MENG Yong-hong¹, FU Li-hua² (1. Shijiazhuang Zoo Management Office, Shijiazhuang, Hebei 050020; 2. Shijiazhuang City Park and Forestry Bureau, Shijiazhuang, Hebei 050000)

Abstract Through complete investigation, indices of species richness and diversity of park green space in Shijiazhuang City were analyzed. The results showed that there were 389 plants species, which belonged to 191 genera and 109 families in Shijiazhuang parks; the dominant families consisted of Rosaceae, Leguminosae, Compositae, and the dominant genera were *Prunus*, *Sophora*, *Rosa*, *Ligustrum*. Dominant species in the arbor layer were *Ginkgo biloba*, *Pinus tabulaeformis*, *Salix matsudana* cv., *Sophora japonica*, etc. Dominant species in the shrub layer were *Euonymus japonicus*, *Prunus persica* f. *duplex*, *Prunus cerasifera* Ehrh. cv. *Atropurea*, *Kerria japonica*, etc. Dominant species in herb layer mainly were *Poa annu*, *Liriope graminifolia*, *Trifolium repens*. The native plants were main body, the introduced species were rich. The plants in the park had high diversity, species richness of the arbor got the highest in park greenbelts, shrub secondly, followed by the herb.

Key words Shijiazhuang City; Park; Greenbelt; Plant diversity

生态城市建设需要建立完善的生物多样性保护和利用机制, 并将生物多样性作为城市规划与建设的重要内容与指标^[1-8]。公园绿地建设能够实现生物多样性的建设与保护^[9], 同时, 公园绿地是城市绿化美化、改善生态环境的重要载体, 是城市生物多样性最为丰富之所在。目前已对部分城市^[1,9-15]公园绿地植物多样性开展了调查分析, 探索了城市生物多样性保护与建设策略。笔者借鉴植物群落研究方法^[16-26], 对石家庄市公园绿地植物多样性以及最佳乔灌木配置方式进行探讨, 以期对生态城市营建提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 调查时间与地点 2014 年 6—9 月, 对石家庄市区内公园绿地进行了系统的植物资源调查统计。选取有代表性的 10 座公园绿地(表 1), 对其植物多样性进行分析研究。

1.2 调查方法 按照乔木、灌木、草本分层进行植被调查, 分别测量和统计数据。记录项目主要包括: 乔木层记录种类、树高、胸径、冠幅、生长状况、所属层次等; 灌木层记录种类、高度、数量、盖度、宽度、密度等; 草本层记录种类、高度、数量、盖度^[12]。其中竹类记入乔木植物, 藤本植物记入灌木植物, 水生植物记入草本植物中。

1.3 多样性指标测度方法 用 Excel 数据表对调查数据进行分类汇总与处理。公园绿地群落生物多样性测度指标采用 Margalef 丰富度指数(R)^[20]、Shannon-Winner 多样性指数(H)^[21]和 Pielou 均匀度指数(J)^[22]。

Margalef 丰富度指数:
$$R = (S - 1) / \ln N \quad (1)$$

基金项目 河北省建设厅项目(2013—153)。
作者简介 缴丽莉(1978—), 女, 河北廊坊人, 高级工程师, 从事园林植物造景及景观生态研究。
收稿日期 2018-06-05

Shannon-Winner 多样性指数:
$$H = -\sum P_i (\ln P_i), P_i = n_i / N \quad (2)$$

Pielou 均匀度指数:
$$J = [-\sum P_i (\ln P_i)] / \ln S \quad (3)$$

式中, S 为物种数目, N 为所有物种的个体数之和, n_i 为第 i 个种个体数。

2 结果与分析

2.1 植物种类构成分析 调查结果显示(表 2), 公园绿地群落中植物 109 科 389 种, 其中种类较多的科有蔷薇科(Rosaceae)(12 属 46 种), 豆科(Leguminosae)(15 属 26 种), 菊科(Compositae)(17 属 23 种), 木犀科(Oleaceae)(5 属 14 种), 禾本科(Gramineae)(12 属 12 种)。

乔木层种类最多, 出现 56 科 68 属 136 种; 阔叶落叶树种占绝对优势, 比例高达 86.76%, 针叶常绿树种 4 科 18 种, 常见品种有油松(*Pinus tabulaeformis*)、白皮松(*Pinus bungeana*)、雪松(*Cedrus deodara*)、云杉(*Picea asperata*)、圆柏(*Sabina chinensis*)、龙柏(*Sabina chinensis* cv.)、侧柏(*Platycladus orientalis*)、水杉(*Metasequoia glyptostroboides*)等。乔木层优势树种为国槐(*Sophora japonica*)、银杏(*Ginkgo biloba*)、悬铃木(*Platanus orientalis*)、油松、白皮松、绦柳(*Salix matsudana* cv.)、白蜡树(*Fraxinus chinensis*)、金枝国槐(*Sophora japonica* L. cv. ‘Golden Stem’)等, 优势科为豆科、银杏科(Ginkgoaceae)、悬铃木科(Platanaceae)、松科(Pinaceae)、杨柳科(Salicaceae)、木犀科等。

灌木层中共出现 42 科 88 属 121 种, 种类较多的是蔷薇科(8 属 35 种)、豆科(8 属 11 种)、木犀科(3 属 8 种)、忍冬科(Caprifoliaceae)(5 属 7 种)。优势灌木有大叶黄杨(*Euonymus japonicus*)、碧桃(*Prunus persica* f. *duplex*)、紫叶李(*Prunus cerasifera* Ehrh. cv. *Atropurea*)、榉棠(*Kerria japonica*)、

丁香(*Syræa oblata*)、紫薇(*Lagerstroemia indica*)、金叶女贞(*Ligustrum × vicaryi*)、紫叶小檗(*Berberis thunbergii* f.*atropurpurea*)等,灌木层中应用数量最多的是大叶黄杨,其次是金叶女贞和紫叶小檗。

草本植物层中共出现 43 科 62 属 122 种,但是应用数量最多的是禾本科,其次是百合科(*Liliaceae*)、豆科,优势草本早熟禾(*Poa annu*)、丹麦草(*Liriope graminifolia*)、白三叶(*Trrifolium repens*)等园林绿化常用的草种。另外,生长能力较强的野生草本如狗尾草(*Setaira viridis*)、马唐(*Digitaria sanguinalis*)、紫花地丁(*Viola yedoensis*)等在公园绿地中常见。

表 1 石家庄市不同公园类型的特征

Table 1 The different feature of the park in Shijiazhuang City

代码 Code	公园 Park	面积 Area hm ²	平均郁闭度 Average canopy density//%	乔木平均盖度 Average cov- erage of tree//%	公园特征 Feature
A	植物园	187.68	62.31	66.72	三环外,植物物种丰富,景观季相变化突出
B	长安公园	14.68	54.32	58.96	二环内,处于市中心地带,基本形成以高大乔木为主的植物群落
C	裕西公园	27.20	59.99	64.35	二环与三环之间,基本形成以高大乔木为主的植物群落
D	中山公园	12.00	68.92	73.46	二环与三环之间,植物物种丰富,绿地已经近自然式群落,稳定性好
E	东环公园	19.97	51.37	58.92	二环与三环之间,以现代园林建园理念为主,注重草花种植
F	世纪公园	25.31	49.87	53.21	二环内,结合东、西方园林特点,园中水面宽大,重视植物景观效果
G	秀水公园	67.78	65.76	70.65	三环外,植物物种丰富,注重水生植物景观效果
H	柏林公园	8.84	60.12	66.31	二环与三环之间,注重景观视觉效果,品种单一
I	水上公园	38.00	54.68	60.54	二环内,结合东、西方园林特点,植物群落较稳定
J	华北军区烈士陵园	20.25	72.43	80.01	二环内,处于市中心地带,基本形成以高大乔木为主的植物群落

表 2 石家庄市公园绿地植物种类构成统计

Table 2 The statistics of plant species composition in Shijiazhuang park

公园代码 Park code	科 Families	属 Genera	种 Species	乔木 Tree//种	灌木 Shrub//种	草本 Herb//种	藤本 Liana//种	合计 Total//种
A	98	181	381	136	115	122	8	381
B	55	92	117	56	37	23	1	117
C	28	58	84	52	29	1	2	84
D	28	59	86	48	31	5	2	86
E	38	64	82	38	23	18	3	82
F	30	52	76	43	24	7	2	76
G	61	97	132	68	37	17	10	132
H	23	32	37	23	12	1	1	37
I	39	61	105	65	37	1	2	105

2.2 植物物种来源统计 从植物物种来源分析,石家庄市公园绿地植物种类以乡土植物为主体,引进种相对丰富(表 3)。

表 3 石家庄市公园绿地植物来源统计

Table 3 The statistics of plant origin in Shijiazhuang park

公园代码 Park code	本地物种 Native species		国内引进种 Domestic species		国外引进种 Imported species		合计 Total
	种数 Number	比例 Proportion %	种数 Number	比例 Proportion %	种数 Number	比例 Proportion %	
A	209	54.86	124	32.55	48	12.60	381
B	68	58.12	35	29.91	14	11.97	117
C	58	69.05	19	22.62	7	8.33	84
D	51	59.30	25	29.07	10	11.63	86
E	49	59.76	21	25.61	12	14.63	82
F	43	56.58	19	25.00	14	18.42	76
G	83	62.88	31	23.48	18	13.64	132
H	22	59.46	8	21.62	7	18.92	37
I	79	75.24	19	18.10	7	6.67	105
J	51	64.56	16	20.25	12	15.19	79

植物园具有保存植物资源功能,因此其植物物种丰富(381 种),乡土植物虽然种类较多(209 种),但是所占比例最小,仅 54.86%,国内引进物种丰富(124 种),所占比例达 32.55%;水上公园乡土植物物种比例最高(79 种),达

75.24%,这与水上公园建园时间长、植物群落相对稳定有很大关系;世纪公园的国外植物引种(14种)所占比例最高,达18.42%,因其属于东西方园林结合型,兼有中国江南园林特点,注重植物的景观营造,外来引进植物比例高。

虽然公园内本地物种占优势,但是本地物种中大部分为野生草本植物,园林在景观营造过程中引入大量外来物种,

忽视了乡土植物在景观营建方面的应用,在园林精细化管护要求下,野生草本植物被当作杂草锄去。在调查过程中,发现公园绿地中常见的外来入侵性杂草(表4)。在今后绿化建设的植物引种过程中,需要加强对外来入侵物种的控制,避免经济损失。

表 4 石家庄市公园绿地植物入侵种统计
Table 4 The statistics of invasive species of plant in Shijiazhuang park

科 Family	中文名 Chinese name	拉丁名 Latin name	原产地 Origin	生活型 Life form
菊科 Compositae	鬼针草	<i>Bidens pilosa</i>	热带美洲	1年生直立草本
菊科 Compositae	一年蓬	<i>Erigeron annuus</i>	北美洲	1年生直立草本
苋科 Amaranthaceae	凹头苋	<i>Amaranthus lividus</i>	热带美洲	1年生直立草本
旋花科 Convolvulaceae	圆叶牵牛	<i>Pharbitis purpurea</i>	热带美洲	1年生缠绕草本
旋花科 Convolvulaceae	裂叶牵牛	<i>Pharbitis nil</i>	热带美洲	1年生缠绕草本
旋花科 Convolvulaceae	日本菟丝子	<i>Cuscuta japonica</i>	日本	1年生寄生草本

2.3 植物物种多样性特征

2.3.1 物种丰富度。各公园绿地植物群落类型中,物种丰富度(Margalef指数)大小依次为乔木植物、灌木植物、草本植物(图1),植物园除外。

2.3.2 物种多样性指数。石家庄市公园绿地乔木、灌木和草本的Shannon-Winner多样性指数较高,且乔木植物Shannon-Winner多样性指数>灌木植物Shannon-Winner多样性指数>草本植物Shannon-Winner多样性指数(图2),植物园例外。公园绿地在景观营造过程中,往往优先考虑乔木,确定景观基调,特别在二环以内(市内)公园中,强调乔木的景观效果,因此,乔木植物种植品种超过灌木植物和草本植物。乔木层的物种多样性指数最高,表明乔木层组成最复杂,生态功能最明显,灌木层物种多样性指数次之,草本层物种多样性指数最小,生态功能的发挥受到限制。

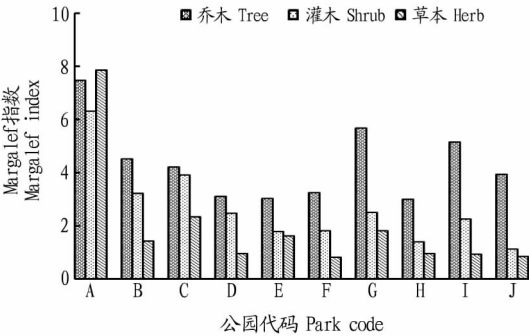


图 1 石家庄市公园绿地植物丰富度

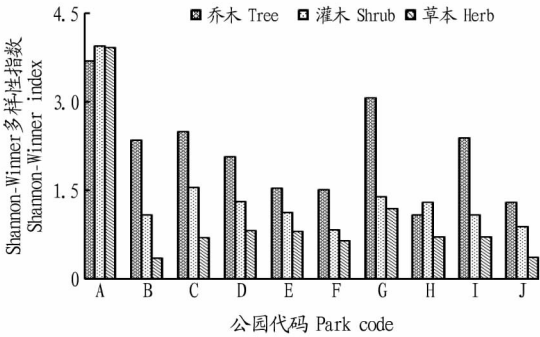


图 2 石家庄市公园绿地植物 Shannon-Winner 多样性指数

Fig.1 Margalef index of different parks in Shijiazhuang City
乔木层中植物园植物丰富度最高,其次是秀水公园;灌木层、草本层中植物丰富度最高的是植物园,其次是裕西公园。

Fig.2 Shannon-Winner index of different parks in Shijiazhuang City

乔木层中应用数量居前3位的是悬铃木、国槐、绦柳,这3种树的特点:悬铃木夏季树冠大,树荫浓,树皮光滑,冬季可作为景观点;国槐耐性强,冠大荫浓,是石家庄的市树,栽植数量多;柳树早春发芽展叶早,在水池边栽植,柳枝婀娜多姿,倒影成景,同时配以碧桃、紫叶李等花灌木,形成桃红柳绿的景观,同时,也是公园绿地乔木层的基调树种和骨干树种。

各公园之间,植物园的物种多样性指数最高,柏林公园最低。由于植物园具有研究、保护物种的功能,且人为干扰破坏相对较少,因此,其物种多样性指数较高;市内公园绿地属于全天开放式休闲娱乐场所,加上市内公园绿地精细化管理,其受到人为干扰较多,物种多样性指数较低,其中草本植物多样性指数最低。

在上层灌木层中,碧桃类、紫叶李、金叶榆、丁香等不但适应性强,而且具有观花(或观果)、观叶的双重效果。下层灌木中大叶黄杨、金叶女贞、紫叶小檗居多,3种相互配置,作为绿篱或者模纹花坛使用。另外春花灌木连翘、迎春应用范围也相当广泛。

2.3.3 物种均匀度指数。石家庄市公园绿地植物物种均匀度基本呈乔木均匀度>灌木均匀度>草本均匀度特点(图3),植物园例外。城市公园绿地里乔木、灌木基本是人工栽培的,在景观配置过程中,乔木品种变化丰富,突出乔木在景观中的背景(基调)特点,物种配置相对均匀,且园林景观中强调乔木的主体作用,因而,乔木均匀度高于灌木和草本;由于

草本植物以冷季型草坪草——早熟禾、白三叶、丹麦草应用较多,其次是鸢尾、马蔺、菊类等宿根草花或自播草花。由于石家庄市公园绿地精细化管理,野生植物特别是野生草本植物在管护过程中被当作杂草锄掉,因此,草本植物的丰富度最低。

草本植物在园林绿地中应用的品种有限(冷季型草坪草、丹麦草、鸢尾类等),其在数量上占有优势,但是品种相对单一。在精细化管护过程中,野生草本大部分被锄去。

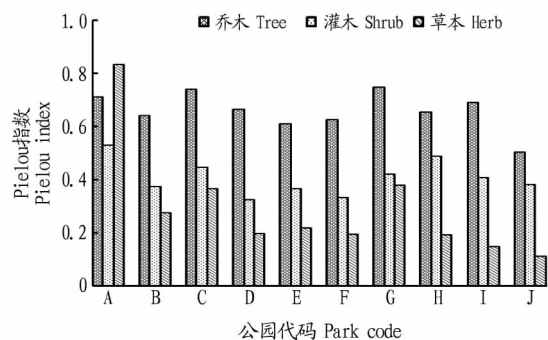


图3 石家庄市公园绿地植物均匀度

Fig.3 Pielou index of different parks in Shijiazhuang City

植物园除了为市民提供休闲娱乐场所外,还承担对大众的科普教育和物种保护功能,因此,园区植物配置在满足景观要求的同时,还要保证植物物种多样,形成稳定的植物群落,进而为生物物种多样性奠定基础,因此,其草本植物的均匀度、丰富度和多样性指数均高于乔木和灌木。

3 结论与建议

3.1 结论

(1)石家庄市公园绿地植物物种较为丰富,共109科191属389种。其中裸子植物4科7属18种,单子叶植物8科23属34种,双子叶植物97科161属337种;总计乔木136种,灌木121种,草本126种,藤本10种,其中公园绿地的栽培植物247种,野生植物142种。

(2)石家庄市公园绿地植物种类构成以乡土植物为主体,本地种217种,占总数55.78%,国内引进种124种,占总数33.88%,国外引进种48种,占总数12.34%,发现6种入侵物种。植物园具有植物种质资源保存功能,因此园内引进种较多,且国内引种植物数量相对较多;另外,二环以内公园绿地植物物种引进种占据比例较大,对本地植物物种应用相对较少,重视程度较低。

(3)石家庄市公园绿地植物物种丰富度、多样性指数和均匀度以乔木植物最高,其次是灌木植物,草本植物最低。由于乔木植物是园林中的骨干树种,具有重要的生态功能、丰富的季相变化,在景观效果表达上起到主导作用,灌木具有丰富景观色彩,能突出节点景观特色,为了达到整齐的景观效果,配置得相对均匀。草本植物作为绿地景观底色,常大面积铺种单一品种,以早熟禾、丹麦草、白三叶应用较多。

近年虽然人们已意识到草本植物品种单一、景观单调的问题,开始在草坪中点缀鸢尾、马蔺、菊类等宿根草花或自播草花,一定程度上降低了维护成本,丰富了景观底色,但草本植物应用仍是最薄弱的环节。

3.2 建议 城市公园绿地生物多样性建设必须以园林美学、城市生态学为基础,根据公园自身特点,在保护自然环境的前提下进行。

(1)丰富植物品种。首先,增加乡土植物运用比例,引进

有观赏价值的野生植物品种,丰富植物物种,营造地域特色景观;充分利用乡土植物耐性强、生长健壮等特点,呈现健康、饱满的园林植物长势,同时降低养护成本。其次,适量引进外来植物,为园林景观增加异域风情和新奇亮点,使园林景观上档次、上水平。第三,慢生树与快生树相结合,使其既能快速成景,又能保证长期的观赏效果。

(2)构建稳定的植物生态群落。建立并完善城市公园绿地生物多样性评估体系,构建乔、灌、草比例合理^[23]的复层群落结构,更好地发挥城市绿地的生态效益。在生态园林建设与完善过程中,要加大灌木和草本植物的品种数,重视林下地被与草坪建设相结合,尤其是增加耐阴灌木和地被植物的品种,丰富林下景观植物品种,形成相对稳定的植物群落,逐渐向生态园林过渡。

通过实践研究得出以下几种群落形式的配置比较适合石家庄地区应用。乔木-灌木-草本型:油松、紫叶李、玉兰-棣棠、连翘-紫花地丁、掌叶委陵菜、活血丹;桧柏或白皮松-碧桃、迎春-紫花地丁或丹麦草、旋复花;国槐、油松-金叶榆、月季-鸢尾、萱草、蛇莓或者冷季型草坪;银杏、柳树-碧桃、海棠、胡枝子-垂盆草、景天类等。乔木-灌木型:白皮松,金枝国槐、山桃-石榴、紫薇;白蜡、千头椿-金银木或天目琼花;合欢、栾树-丁香、紫叶矮樱、花木兰;香花槐、柿子树-棣棠、金叶榆等。乔木-草本(地被植物)型:侧柏、龙柏-狼尾草、石竹;金枝国槐-扶芳藤、砂地柏等。

(3)植物配置融入我国历史文化元素,体现园林主题。园林植物被赋予我国历史文化内涵,使每一种植物都有不同的寓意。特定的园林环境中运用恰当的植物更能令人心领神会,情景相得益彰。例如,烈士陵园的雪松、翠柏;学校里的桃李满园;水畔的桃红柳绿;池塘中的荷花、睡莲等。

(4)增加绿化种植形式。充分利用有限的园林空间,通过多种种植形式有效提升园林植物品种数量、公园绿地率和植物景观。可通过在屋顶、建筑墙面、花架、棚架、廊、柱等设施上的绿化,有效增加视觉绿量,改善局部空间生态环境,营造出不一样的植物景观。

参考文献

- [1] 唐强,闫红伟,赵彦博,等.西安镇道路绿地植物多样性分析[J].西北林学院学报,2012,27(2):226-229.
- [2] 贺善安,夏冰,钱俊秋.植物园与城市生物多样性保护和利用[J].植物资源与环境,1999,8(4):47-51.
- [3] 吴人韦.城市生物多样性策略[J].城市规划汇刊,1999(1):18-20,46.
- [4] 陈波,包志毅.城市公园和郊区公园生物多样性评估的指标[J].生物多样性,2003,11(2):169-176.
- [5] 王秉洛.城市绿地系统生物多样性保护的特点和任务[J].中国园林,1998(1):4-7.
- [6] 吴人韦.培育生物多样性——城市绿地系统规划专题研究之一[J].中国园林,1998,14(4):4-6.
- [7] 王献溥,崔国发.城市绿化中的生物多样性保护问题[J].北京林业大学学报,2000,22(4):135-136.
- [8] 汪殿霞,叶正,陈飞鹏,等.中山市城市绿地系统的生物多样性特色及新的发展思路[J].城市环境与城市生态,2002,15(6):31-33.
- [9] 韩轶,李吉跃,高润宏,等.包头市城市绿地现状评价[J].北京林业大学学报,2005,27(1):64-69.
- [10] 郑瑞文,刘艳红.北京市公园绿地植物多样性研究[J].科学技术与工程,2006,6(15):2309-2315.

2.4 不同混交方式下各树种生长状况 由表 4 可知,在立地条件及经营措施基本一致的情况下,采用适宜的混交方式,不仅能有效地促进杉木生长,其混交树种旱冬瓜、泡桐也表现出

了速生性。旱冬瓜平均树高、地径分别为 5.10 m、9.70 cm,泡桐平均树高为 4.00~7.10 m,地径为 8.50~13.20 cm。

表 4 不同混交方式下各树种生长量
Table 4 Growth of different tree species under different mixed modes

树种 Tree species	块状 Block		带状 Ribbon		不规则 Irregularity		纯林 Pure forest	
	树高 Tree height m	地径 Ground diameter cm	树高 Tree height m	地径 Ground diameter cm	树高 Tree height m	地径 Ground diameter cm	树高 Tree height m	地径 Ground diameter cm
杉木 <i>C.lanceolata</i>	2.67	5.20	1.88	3.80	2.52	4.80	2.08	3.80
旱冬瓜 <i>A.nepalensis</i>	5.10	9.70	—	—	—	—	—	—
泡桐 <i>P.Sieb.</i>	4.40	10.30	4.00	8.50	7.10	13.20	—	—

3 结论与讨论

混交林相较于纯林,不仅能充分发挥林地的生产潜力和森林的效益,而且对虫害的抵抗能力强,受自然灾害影响小,可以多方面满足人们对林木的需要^[5-6]。杉木是我国南方地区主要的树种之一,具有主干通直、材质优良、用途广泛^[7]的特点。已有研究表明,杉阔混交林能提高林分抗逆性、提高生态功能,且杉阔混交林抗逆性较好,性状指标优良,林木自然整枝相对较快,没有病虫害发生^[8]。泡桐则是我国主要速生用材林树种之一,适应性强,病虫害少,木材用途广。王青天等^[9]通过对杉木泡桐纯林和混交林进行研究表明,混交林的生长状况优于纯林。混交林造林方法多样,不同混交林造林方法有不同的影响^[10]。该研究对块状、带状、不规则混交造林方法进行比较,发现块状和不规则混交林的树高、地径生长量等明显优于对照纯林,而带状混交林无明显区别。这说明以旱冬瓜、泡桐作为与杉木混交的树种,采用适宜的混交方式,能有效地促进杉木生长,且表现较好的共生性。这与王青天等^[9]在杉木泡桐混交造林效果研究中得出的结论相近。

基于不同混交方式各参试树种的生长状况,旱冬瓜、泡

桐可作为杉木的混交树种,块状和不规则混交 2 种方式是文山州杉木用材林培育适宜采用的混交方式。在理论上很多人都对混交林的优越性进行了肯定,但通过实践验证其优越性的在文山州内还不多见,人工混交林的综合效益等问题还有待于今后进一步论证。

参考文献

[1] 俞新妥.福建主要造林树种的培育技术[M].福州:福建农林大学出版社,1992.
[2] 王青天,林武艺,谢文雷,等.杉木、木荷混交林生长效果研究[J].绿色科技,2010(7):72-74.
[3] 洪建农.杉木与七种阔叶树混交造林效果的初步研究[J].福建林业科技,2008,35(1):120-124.
[4] 林思祖,黄世国,洪伟.杉阔混交林杉木与其混交树种间竞争研究[J].林业科学,2004,40(2):160-164.
[5] 张良实.云南混交林营造技术研究[J].林业调查规划,2004,29(S1):35-38.
[6] 吕树英.关于营造混交林的几个基本观点[J].云南林业科技,2001(1):26-28.
[7] 林钟洪.杉树阔叶树混交效果分析[J].绿色科技,2016(11):40-42.
[8] 严平勇.杉木与阔叶树混交造林试验[J].安徽农学通报,2013(8):96-99.
[9] 王青天.杉木泡桐混交造林效果研究[J].河北林业科技,2009(5):10-11.
[10] 宋丽华,陈佰玲.浅析造林方法与混交林造林技术[J].中国新技术新产品,2011(4):367.

(上接第 107 页)

[11] 栗燕,王鹏飞,杨秋生,等.郑州市公园绿地木本植物多样性研究[C]//第十届中国科协年会第 14 分会场:风景园林与城市生态学术讨论会论文集.北京:《中国园林》杂志社,2008:46-50.
[12] 李哲,李春友,张劲松,等.南山森林公园植物群落物种多样性[J].西北林学院学报,2013,28(3):67-73.
[13] 杨学军,林源祥,胡文辉,等.上海城市园林植物群落的物种丰富度调查[J].中国园林,2000,16(3):67-69.
[14] 李玉杰,郭素娟.北京市城区公园植物多样性及近自然群落的应用[J].林业科技开发,2009,23(2):33-36.
[15] 朱纯,潘永华,冯毅敏,等.澳门公园植物多样性调查研究[J].中国园林,2009(3):83-86.
[16] 杨爱军,樊金拴,王玉珏,等.秦岭观音山自然保护区大熊猫栖息地植物群落多样性研究[J].西北林学院学报,2011,26(1):47-51.
[17] 刘金虎,王得祥,王宇超,等.秦岭西水河天然针叶林物种多样性的垂直格局[J].西北林学院学报,2011,26(3):6-11.
[18] 徐远杰,陈亚宁,李卫红,等.伊犁河谷山地植物群落物种多样性分布

格局及环境解释[J].植物生态学报,2010,34(10):1142-1154.
[19] 陈东莉,郭晋平,杜宁宁.间伐强度对华北落叶松林下生物多样性的影响[J].东北林业大学学报,2011,39(4):37-38,118.
[20] MARGALEF R.Information theory in ecology[J].General systematics, 1958,3:36-71.
[21] SHANNON C E.A mathematical theory of communication[J].Bell system technical journal,1948,27(3):379-423.
[22] PIELOU E C.The measurement of diversity in different types of biological collections[J].Journal of theoretical biology,1966,13:131-144.
[23] 梁尧钦,何学凯,叶頔,等.北京市建成区植物多样性及空间格局的初步分析[J].科学技术与工程,2006,6(13):1777-1784.
[24] 缴丽莉,路斌,翟士勇,等.石家庄市彩叶树种资源和物候观赏特征研究[J].西北林学院学报,2015,30(4):283-288.
[25] 缴丽莉,贺磊,路斌,等.石家庄动物园植物多样性研究[J].河北林果研究,2016,31(1):83-87.
[26] 缴丽莉,翟士勇.七叶树与马褂木抗寒性比较分析[J].安徽农业科学,2013,41(25):10323-10324,10348.