

doi:10.16779/j.cnki.1003-5508.2016.04.002

老河沟自然保护区中山地段几种林分的 乔木特征及碳储存

李德文¹, 盛晓琼²

(1. 四川省林业调查规划院, 四川 成都 610081;

2. 旺苍县林业和园林局, 四川 旺苍 622800)

摘要:为了解川西北中山地段不同森林的林分结构和碳储存与分配特征,本研究以位于平武县老河沟自然保护区中山地段的日本落叶松林、黄柏林、华山松林、野核桃林和混交林为对象,对其林分结构、乔木碳储存及分配进行了研究。结果表明:几种森林的物种组成和林分结构存在极大差异。林分的碳储量介于 $96.88 \pm 2.20 \text{ MgC hm}^{-2}$ 和 $282.61 \pm 7.94 \text{ MgC hm}^{-2}$ 之间,林木中的碳主要储存在地上部分;林分及各部分的碳储量具有极大的差异。仅就碳储量现状而言,野核桃林最优,混交林次之。

关键词:森林群落特征;林分结构;碳储存与分配;中山地段;老河沟

中图分类号:S718 文献标识码:A 文章编号:1003-5508(2016)04-0008-06

Arbor Characteristics and Carbon Stock of Some Stands in Laohegou Nature Reserve in Pinwu County

LI De-wen¹ SHENG Xiao-qiong²

(1. Sichuan Forest Inventory and Plan Institute, Chengdu 610081, China;

2. Wangchang Forestry and garden Administration Bureau, Wangchang 628200, China)

Abstract: In order to explore the forest composition and structure, tree carbon stock and allocation, researches were conducted on *Larix kaempferi* plantation, *Phellodendron amurense* plantation, *Pinus armandii* plantation, and natural second forests dominated by *Juglans cathayensis*, and *Quercus variabilis* and *Fagus* spp., which were located in the middle mountain of Laohegou Nature Reserve within the Pingwu County, northwestern Sichuan. The results showed that the composition and structure varied largely in different forests. The carbon stock of 5 kinds of forests varied from $96.88 \pm 2.20 \text{ MgC per hectare}$ to $282.61 \pm 7.94 \text{ MgC per hectare}$, the most of the carbon was stocked in the aboveground part of forests. The carbon stock in the different tissues in different forests or plantations varied significantly. For the in situ carbon stock in the middle mountain of Laohegou Nature Reserve, the first was the natural forest dominated by *Juglans cathayensis*, and the second was the mixed forest dominated by *Quercus variabilis* and *Fagus* spp.

Key words: Forest characteristics, Forest structure, Carbon stock and allocation, Middle mountain, Laohegou Nature Reserve

前言

人为活动导致全球碳失衡已致使过去 100 多年

全球空气温度的持续上升,对全球生态系统、社会福祉和人类安全造成极大的威胁^[1]。如何应对全球气候变化已成为科学家、各国政要关注的焦点。森林是陆地森林碳汇的主体,在减缓全球变化的过程

收稿日期:2016-04-06

基金项目:四川省教育厅项目资助(11ZA290)

作者简介:李德文(1975-),男,重庆长寿人,硕士,高级工程师,从事林业调查规划设计工作。

中具有举足轻重的作用。在过去的几十年间,不同尺度的森林植被的碳功能也陆续得以评估:四川^[2]、我国^[3]乃至北半球^[4]的森林都表现为明显的碳汇。不同尺度森林土壤的碳储存^[5]、不同树种中的碳含量^[6]、森林生态系统的碳储量及潜力^[7]也得以量化。这些研究表明:森林生态系统的碳功能具有明显的区域^[5,8]、森林类型^[7]、树种差异^[6,8]和尺度效应^[3-5]。已有许多学者的研究表明,在生态系统尺度上,土壤有机碳的储量变化不大^[9],植被(特别是乔木层的树木)对生态系统碳储存具有决定作用^[7,10]。因此,全面地理解和预测森林生态系统在全球变化的作用需要对各种森林生态系统的碳功能(特别是乔木层的碳功能)进行有效评估。

位于“世界第三极”——青藏高原东缘的四川省森林植被是我国第二大林区——西南林区的主体,多样的生境孕育着多样的森林生态系统,历来是生态学家和林业家研究的重点和热点。四川省尺度上森林植被碳储存动态^[2,11]及其区域差异^[12]已得到有效评估;生态系统尺度的森林碳储存研究主要集中于亚高山^[7],低山地段也有涉及^[13,14],而对中山的森林少有涉及。四川省人工林省级尺度的碳储存也得到评估^[11]、样地尺度的人工林碳评估更多关注于森林土壤有机碳的储存^[5,15]。现有研究尚不足以全面理解和预测四川森林植被在全球变化中的减缓作用。因此,本研究在少有关关注的川西北中山山地、选取位于岷山系摩天岭山脉东部老河沟自然保护区(下文简称老河沟)原林场时期采伐后形成的次生林和几种常见人工林为研究对象,对其森林植被碳储存进行评估,以期对四川省应对全球变化、实现区域碳排放和碳汇林业管理等方面提供基础数据和科学依据。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

研究地设在四川省平武县境内的老河沟,位于东经 104°32'42" ~ 104°45'25" 北纬 32°36'22" ~ 32°25'52" 之间,总面积约 110 km²,海拔 1 250 m ~ 3 504 m。老河沟属北亚热带山地湿润季风气候,冬季干燥寒冷,盛夏湿润凉爽,7 月平均温度最高(23.37℃),1 月温度最低(平均 2.77℃),7 月气温最高(平均 25℃),年均温 13.7℃ 左右。保护区地

势西北高、东南低,海拔 1 250 m ~ 3 504 m。

老河沟地处岷山系大熊猫(*Ailuropoda melanoleuca*)栖息地腹心地带,东面、西面与北面分别与唐家河(四川省青川县)、王朗(四川省平武县)和白水江(甘肃省文县)等国家级大熊猫保护区相邻。海拔 1 800 m 以下低中山河谷,原有植被破坏后,常天然更新形成野核桃(*Juglans cathayensis*)林为主的低山次生落叶阔叶林、海拔较高的地段常形成水青冈(*Fagus longipetiolata*)、椴树(*Tilia miqueliana*)、桦木(*Betula* spp.)、槭树(*Acer* spp.)等落叶阔叶混交林;地势较平坦地段则在采伐后人工种植形成华山松(*Pinus armandi*)、日本落叶松(*Larix kaempferi*)、黄柏(*Phellodendron amurense*)等人工林。海拔 1 800 m ~ 2 600 m 地段的原生植被被采伐后常形成大量的桦木等次生落叶阔叶林。2 600 m ~ 3 200 m 的亚高山地区,尚有部分以岷江冷杉(*Abies faxoniana*)、麦吊云杉(*Picea brachytyla*)为优势种的暗针叶林。3 200 m 以上为以禾本科(Gramineae)、菊科(Compositae)、毛茛科(Ranunculaceae)、蔷薇科(Rosaceae)植物为主亚高山草甸和流石滩植被。

1.2 样地布设与调查

在广泛踏查的基础上,于 2014 年 4 月选择人工更新形成的日本落叶松、黄柏、华山松人工林为研究对象,以天然更新的野核桃林和以栓皮栎(*Quercus variabilis*)、水青冈为主要优势种的落叶阔叶混交林(下文简称混交林)为对照。选择坡向、坡度和坡位基本一致的区域,每个群落各设置各 3 个样地(20 m × 20 m)对乔木层树种(胸径, DBH ≥ 5 cm)进行调查(调查指标包括树种、DBH、树高、冠幅等)、每个样地内按对角线设置 3 个 2 m × 2 m 样方对下层木本植物进行调查(调查指标包括植物种类、盖度、高度等)。

1.3 数据分析

乔木层各树种的重要值 = (相对多度 + 相对频度 + 相对显著度) / 3^[16]。森林植被碳储量为森林生物量乘以含碳量确定^[2]。各树种生物量采用唐宵^[17]的方法估算、各器官含碳率采用唐宵等^[6]和黄从德等^[2]的方法计算。本文计算的森林植被碳储量是指乔木层碳储量,不包括灌木层、草本层以及枯落物层碳储量。样地各树种碳储量的累加即为林分碳贮量。利用 SPSS 20.0 软件(SPSS Inc., Chicago IL, USA)对数据样地间碳储量差异进行显著性

(ANOVA, $P < 0.05$)分析。

2 结果与分析

2.1 林分特征

本研究涉及到3种常见的人工林和两种天然更新的落叶阔叶林(其特征见表1)。黄柏和日本落叶松人工林中,基本只有人工栽植的目标植物,林下层中也仅有少量喜阴悬钩子(*Rubus mesogaeus*)侵入,前者的草本层基本以莎草为主,后面林下因凋落物积累较多而少有草本出现。华山松人工林,尽管同为人工林,但因栽植时间相对较久,华山松基本进入成过熟阶段,乔木层中有亮叶桦(*Betula luminifera*)、水青冈、漆树(*Toxicodendron vernicifluum*)、山胡椒等伴生(表2);林下木本植物种类繁多,常见的有榉木

(*Aralia chinensis*)、野樱桃(*Cerasus tomentosa*)、山胡椒(*Lindera glauca*)、棣棠花(*Kerria japonica*)和异叶榕(*Ficus heteromorpha*),偶见木姜子(*Litsea pungens*)、灯台(*Bothrocaryum controversum*)、水青冈、糙花箭竹(*Fargesia scabrida*)呈块状零星分布其中。落叶阔叶混交林则以多种落叶阔叶树为主,栓皮栎、水青冈相对占优势(表2),其他常见的乔木植物还有鸡爪槭(*Acer palmatum*)、木姜子、灯台、华西枫杨(*Pterocarya insignis*)、色木槭(*Acer mono*)、红桦(*Betula albo-sinensis*)等;林下木本植物以糙花箭竹为主,华西茶藨子(*Ribes maximowiczii*)亦常见,有槭树、水青冈、野樱桃等乔木树种的幼树,居于糙花箭竹之上,因糙花箭竹的强烈遮荫,林下乔木幼苗更新较少。

表1 林分特征

林分类型	地理坐标	海拔(m)	乔木层					下层木		
			林分高度(m)	平均胸径(cm)	密度(株·hm ⁻²)	郁闭度	龄组	优势植物	平均高(m)	盖度(%)
黄柏林	N-32°31'09" E-104°41'42"	1827	12.4	15.8	467	0.5	中龄	喜阴悬钩子	1.4	<5
日本落叶松林	N-32°31'09" E-104°41'33"	1857	17.1	19.8	911	0.9	中龄	喜阴悬钩子	1.5	<5
华山松林	N-32°29'36" E-104°43'21"	1427	16.2	25.6	550	0.5	过熟	榉木、野樱桃、山胡椒	3	65
野核桃林	N-32°31'02" E-104°41'55"	1818	10.5	20.3	333	0.7	成熟	糙花箭竹、山梅花	2.5	25
栓皮栎-水青冈林(混交林)	N-32°30'52" E-104°42'15"	1738	15.9	51.2	375	0.7	成熟	糙花箭竹、槭树、水青冈	2.5	85

表2 华山松林和混交林乔木层各树种的重要值

华山松林		混交林			
物种	重要值	物种	重要值	物种	重要值
华山松	45.56	栓皮栎	20.38	鸡爪槭	5.78
野核桃	21.92	水青冈	10.84	黑壳楠	5.57
亮叶桦	9.27	台湾水青冈	10.31	亮叶桦	4.57
山胡椒	8.13	椴树	8.84	野樱桃	4.14
水青冈	6.35	华西枫杨	7.89	糙皮桦	3.43
漆树	5.77	灯台	5.92	漆树	3.38
糙皮桦	3.00	红桦	5.87	木姜子	3.07

2.2 林分结构

本研究涉及的老河沟的5种林分中,除了黄柏林(多达10 m~13 m之间,达73.81%)外,其余林分的乔木高度基本都在16 m以上(图1)。日本落叶松林、华山松林、野核桃林和混交林高度超过16 m的乔木百分比依次为80.49%、58.93%、41.46%和66.67%;尽管野核桃林中,超过16 m的树木株数未超过50%,但占据林分优势的树木主要为高大

的野核桃。

本研究涉及的老河沟的几种林分中(图2),日本落叶松林的胸径主要分布于24 cm~30 cm之间(达56.1%),胸径太大或太小的树木均较少。黄柏林的胸径主要在10 cm~16 cm之间(83.33%),华山松林的胸径主要在16 cm~28 cm之间(69.64%);野核桃林和混交林中的树木以大径级为主,胸径在30 cm以上的分别为达77.75%和57.78%。总体表现为人工林生长相对均一,而天然更新的林分则差异较大。

在所涉及的几种林分中,共调查到枯立木37株,日本落叶松林中最多(26株),黄柏林中10株,野核桃林中1株。这些枯立木的树高与胸径及其分布基本与几种林分平均值相当(图3和图4)。在华山松林中,尽管没有发现枯立木,但长势衰退的极多,加之病害严重,在未来几年中可能会出现大量的

枯立木。混交林中,只发现 1 株水青冈长势较弱,没有发现枯立木,表明树木均处于健康状态。

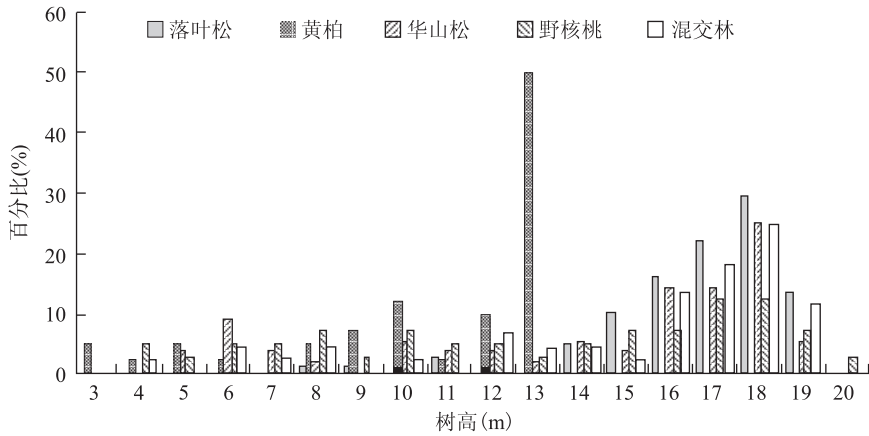


图 1 老河沟几种林分乔木层的树高分布图

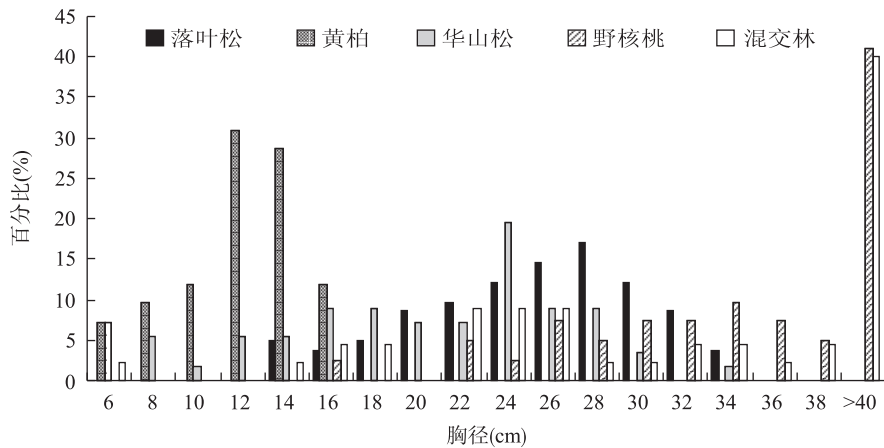


图 2 老河沟几种林分乔木层的胸径分布图

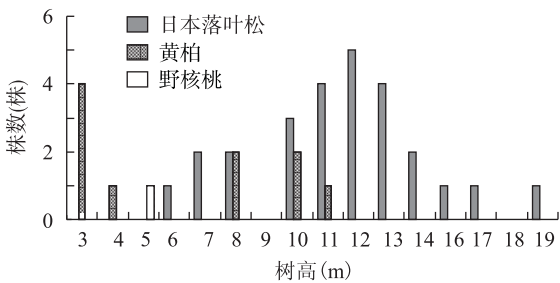


图 3 老河沟几种林分枯立木的树高分布图

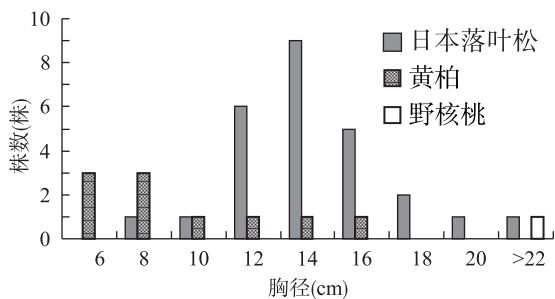


图 4 老河沟几种林分枯立木的胸径分布图

2.3 森林植被碳储量

本研究中,老河沟森林植被碳储量及其分配表

现出极显著的林分差异(图 5, $P < 0.01$)。总体表现为野核桃林($282.61 \pm 7.94 \text{ MgC} \cdot \text{hm}^{-2}$) > 混交林($207.67 \pm 3.18 \text{ MgC} \cdot \text{hm}^{-2}$) > 华山松林($139.70 \pm 4.46 \text{ MgC} \cdot \text{hm}^{-2}$) > 日本落叶松林($118.18 \pm 5.18 \text{ MgC} \cdot \text{hm}^{-2}$) > 黄柏林($96.88 \pm 2.20 \text{ MgC} \cdot \text{hm}^{-2}$); 主干碳储存表现为野核桃林($159.53 \pm 1.69 \text{ MgC} \cdot \text{hm}^{-2}$) > 混交林($120.63 \pm 2.72 \text{ MgC} \cdot \text{hm}^{-2}$) > 华山松林($79.05 \pm 2.44 \text{ MgC} \cdot \text{hm}^{-2}$) > 黄柏林($56.21 \pm 0.98 \text{ MgC} \cdot \text{hm}^{-2}$) > 日本落叶松林($39.59 \pm 1.74 \text{ MgC} \cdot \text{hm}^{-2}$); 根系碳储存表现为野核桃林($44.71 \pm 0.47 \text{ MgC} \cdot \text{hm}^{-2}$) > 混交林($34.52 \pm 1.11 \text{ MgC} \cdot \text{hm}^{-2}$) > 日本落叶松林($29.54 \pm 1.30 \text{ MgC} \cdot \text{hm}^{-2}$) > 华山松林($23.64 \pm 0.50 \text{ MgC} \cdot \text{hm}^{-2}$) > 黄柏林($16.12 \pm 0.21 \text{ MgC} \cdot \text{hm}^{-2}$); 且各林分间的这些碳储量均有极显著差异($P < 0.01$)。其他各部位碳储量最大的均为野核桃林,极显著大于其他各林分($P < 0.01$)。日本落叶松林主干和树皮的碳储量最小,前者极显著小于其他林分($P < 0.01$),后者小于黄柏林、极显著($P < 0.01$)小于其他 3 种林分。黄

柏林枝条和叶片的碳储量均为最小,除叶片碳储量显著($P < 0.05$)小于华山松林外,其余极显著小于其他林分($P < 0.01$)。

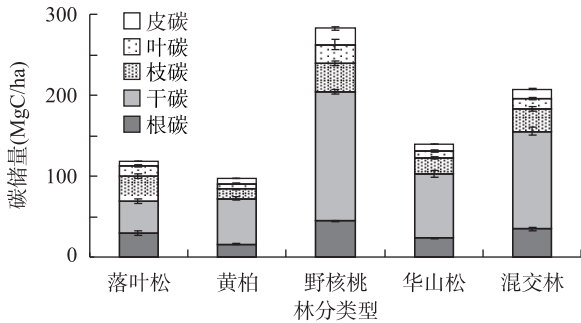


图5 老河沟几种林分乔木层树木碳储量及其分配
注:图中数据为平均值±标准误

3 结论与讨论

本研究中,所涉及的几种林分,密度均相对较大。日本落叶松林为人工栽植、其间没有经过疏伐,枯立木多为生长过程中的自疏,因而总体密度偏大;黄柏林的密度偏大,是因为树木总体不大,但一定数量的枯立木表明已有一定的竞争、自疏现象开始出现;随着时间的推移,日本落叶松和黄柏的密度将会持续下降。华山松林密度较高是因为华山松已进入成过熟时期、加之病害严重,对林冠的控制减弱、形成一些较小的林窗,给下层木提供了生长的空间和机会^[18];因而乔木层中有一定数量较小的树木,导致密度较大。混交林的密度偏大的原因是天然更新、生长竞争导致的空间生态位分化,进而形成复层林。

除黄柏林外,所有林分(无论人工栽植还是天然更新)基本都能达到当地林分的高度。说明这些树木能适应老河沟的生境。在老河沟的几种人工林长势较均匀,长势太弱的将在成长的过程中被自疏淘汰;加之树种相对单一、种源基本一致,现存林分并未表现出明显的生长分异。华山松林因为华山松大多处于成过熟阶段,其他树木侵入并达到林冠层,因而胸径差异较大。野核桃林和混交林均为天然更新,林分中的树木都是对本地最适应的树种,因而生长较快,且多以大树为主,这对森林的碳储存及其有利,同时多样的树木共存,可为动物提供多样的食物,也有利于生物多样性的保育。

本研究中,涉及的几种林分,其乔木的碳储存表现出明显的林分差异,这与鲜骏仁等^[7]在川西亚高山的研究结果、黄从德等^[2]对四川和重庆森林植被

碳储存的评估结果一致。老河沟森林植被的碳储量大小介于鲜骏仁等^[7]川西亚高山研究的5种森林之间(白桦 *Betula platyphylla* 林、红桦-岷江冷杉混交林、岷江冷杉林、紫果云杉 *Picea purpurea* 林和方枝柏 *Sabina saltuaria* 林),略高于四川和重庆地区的森林植被平均碳储量^[2]。这也说明,对四川省森林植被的碳储量评估需要对不同类型的生态系统进行详细调查才能更精确地评估四川森林生态系统的碳储存现状及其潜力。

仅就森林植被的碳储存来而言,老河沟的野核桃林优于其他林分,混交林次之,黄柏林最差。显而易见的是,森林具有多种效益。因而就不同的经营目的而言,不同类型的森林都有其重要价值。老河沟是我国第一个社会公益型保护区,需要通过多种森林的保育和研究以搜索其不同的价值,以利于在将来的森林生态系统管理中,充分利用不同森林以发挥其相应的作用。比如,尽管黄柏林的碳储存量小于日本落叶松林,但前者具有药用价值,且林下草本远远多于后者。野核桃林的碳储存量大于混交林,但混交林的群落结构更完整,植物多样性更高,这必然导致其在生物多样性保育中的作用远远大于野核桃林。华山松林的现有碳储量虽大于日本落叶松林和黄柏林,但其长势将促使经营者必须清理其中的染病植株。

尽管本研究对老河沟中山地区不同林分的森林植被碳储量进行了评估,但研究对象仅限于乔木,而森林生态系统中具有碳吸存能力的部分还包括林下活植被(灌木层、草本层和地被物层)、死亡的凋落物和粗木质残体、以及森林土壤。因此,对特定森林生态系统碳储存的精确评估还必须包括更多、更详细的研究,特别是我国面临严峻的温室气体排放形势下。对森林生态系统碳功能与其他效益之间的研究也亟待展开,对森林多效益的全面理解才能让森林的所有者和经营者尽早作出正确的管理对策,以达到管理部门、环保组织、社会大众和专家学者的共同折中期望。

参考文献:

- [1] IPCC. Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [M]. Geneva: IPCC, 2014.
- [2] 黄从德,张健,杨万勤,等. 四川省及重庆地区森林植被碳储量动态 [J]. 生态学报, 2008, 28(3): 966~75.
- [3] Fang J, Chen A, Peng C, et al. Changes in forest biomass carbon

- storage in China between 1949 and 1998 [J]. *Science*, 2001, 292 (5525): 2320 ~ 2.
- [4] Pan Y, Birdsey R A, Fang J, et al. A large and persistent carbon sink in the world's forests [J]. *Science*, 2011, 333 (6045): 988 ~ 93.
- [5] 黄从德,张健,杨万勤,等. 川西低山丘陵区主要人工林土壤有机碳密度研究 [J]. *浙江林业科技*, 2009, 29(3): 5 ~ 8.
- [6] 唐宵,黄从德,张健,等. 四川主要针叶树种含碳率测定分析 [J]. *四川林业科技*, 2007, 28(2): 20 ~ 3.
- [7] 鲜骏仁,张远彬,王开运,等. 川西亚高山 5 种森林生态系统的碳格局 [J]. *植物生态学报*, 2009, 33(2): 283 ~ 90.
- [8] 李斌,方晰,田大伦,等. 湖南省现有森林植被主要树种的碳含量 [J]. *中南林业科技大学学报*, 2015, 1(015).
- [9] Song X, Kimberley MO, Zhou G, et al. Soil carbon dynamics in successional and plantation forests in subtropical China [J]. *Journal of Soils and Sediments*, 2016, 1 ~ 7.
- [10] Chen LC, Liang MJ, Wang SL. Carbon stock density in planted versus natural *Pinus massoniana* forests in sub-tropical China [J]. *Annals of Forest Science*, 2016, 1 ~ 12.
- [11] 黄从德,张健,杨万勤,等. 四川森林植被碳储量的时空变化 [J]. *应用生态学报*, 2007, 18(12): 2687 ~ 92.
- [12] 黄从德,张健,杨万勤,等. 四川省森林植被碳储量的空间分异特征 [J]. *生态学报*, 2009, 29(9): 5115 ~ 21.
- [13] 张国庆,黄从德,郭恒,等. 不同密度马尾松人工林生态系统碳储量空间分布格局 [J]. *浙江林业科技*, 2007, 27(6): 10 ~ 4.
- [14] 黄从德,张健,邓玉林,等. 退耕还林地在植被恢复初期碳储量及分配格局研究 [J]. *水土保持学报*, 2008, 4): 130 ~ 3.
- [15] 黄从德,张国庆,唐宵,等. 四川省马尾松人工林土壤有机碳密度研究 [J]. *水土保持研究*, 2009, 16(2): 46 ~ 9.
- [16] 金屯. 数量生态学 [M]. 北京: 科学出版社, 2004.
- [17] 唐宵. 四川森林植被碳储量估算及其空间分布特征 [D]; 雅安: 四川农业大学硕士学位论文, 2007.
- [18] 鲜骏仁,胡庭兴,王开运,等. 川西亚高山针叶林林窗特征的研究 [J]. *生态学杂志*, 2004, 23(3): 6 ~ 10.

(上接第 120 页)

达到绿化效果快、花期延长、观赏期延伸等目的。从而在一定程度上满足人们对林下和道路下层地被更高的欣赏需求。组合形式有大百合、大理百合、竹根七、丫蕊花、川贝母、多花黄精、轮叶黄精、滇黄精、万寿竹、扭柄花和黄花油点草等。根据不同的生长环境和对绿化效果的要求来选择不同的植物,做到因地制宜,因种制宜的要求。

3 总结

眉山市拥有丰富的百合科野生花卉资源,将其引种到城市园林中进行应用,能够极大丰富眉山市的园林地被植物种类,形成具有地方特色、乡土气息浓厚的景观特色。根据应用环境和所运用植物的生物学特性,并严格按照色彩、高差和线条等园林要素

进行野生百合科植物的配置,使目前眉山市园林绿地景观中地被植物单一的状况得到改善,真正做到当季有花可赏、四季常绿的园林地被景观效果。

参考文献:

- [1] 赵九洲,郭绍霞. 野生花卉在我国北方园林中的应用研究 [J]. *南京林业大学学报:人文社会科学版*, 2004, (1): 80 ~ 84.
- [2] 关文灵,李枝林,黄建新. 野生花卉大百合的引种栽培 [J]. *北方园艺*, 2003(4): 33.
- [3] 北京林业大学园林学院花卉教研室. 花卉学 [M]. 北京: 中国林业出版社, 2009.
- [4] 吴征镒. 中国种子植物属的分布区类型 [J]. *云南植物研究*, 1991(IV): 1 ~ 139.
- [5] 董燕,韩见宇,孙超. 百合属的引种栽培一生长发育规律研究 [J]. *种子*, 加 07(12): 90 ~ 92.
- [6] 秦贺兰. 野花组合在城市园林绿化中的应用现状及展望 [J]. *园林科技*, 2012, (1): 5 ~ 8.