



长株潭城市群生态绿心地区主要植被类型的群落特征

邓梦达 游健荣 李家湘* 李 雄 杨 静 邓创发 刘 昂 刘文剑
丁 聪 谢 勇 周国辉 喻勋林

中南林业科技大学林学院, 长沙 410004

摘 要 长株潭城市群生态绿心地区地处南方红壤丘陵区中心地带, 植被区划上属中亚热带常绿阔叶林北部植被亚地带。该区植被以次生林为主, 植被类型复杂多样, 在南方红壤丘陵区现状植被中具有典型代表性, 可为区域植被演替动态和植被恢复研究提供良好的平台。该研究采用统一、规范的方法设置了50个样方, 对区内主要植被类型的物种组成、数量特征、生境信息等进行调查。计算乔木层、灌木层和草本层物种重要值, 运用《中国植被志》编研规范进行植被类型划分和命名, 描述群落物种组成和特征, 并提供10个植被型、22个群系、33个群丛共50个样方的原始数据, 包括森林样方43个, 灌丛样方5个, 草地样方1个, 沼泽样方1个。

关键词 植被分类; 物种组成; 植被恢复; 南方红壤丘陵区; 长株潭城市群生态绿心地区

邓梦达, 游健荣, 李家湘, 李雄, 杨静, 邓创发, 刘昂, 刘文剑, 丁聪, 谢勇, 周国辉, 喻勋林 (2020). 长株潭城市群生态绿心地区主要植被类型的群落特征. 植物生态学报, 44, 1296–1304. DOI: 10.17521/cjpe.2020.0308

Community characteristics of main vegetation types in the ecological “green-core” area of Changzhutan urban cluster

DENG Meng-Da, YOU Jian-Rong, LI Jia-Xiang*, LI Xiong, YANG Jing, DENG Chuang-Fa, LIU Ang, LIU Wen-Jian, DING Cong, XIE Yong, ZHOU Guo-Hui, and YU Xun-Lin

College of Forestry, Central South University of Forestry and Technology, Changsha 410004, China

Abstract

The ecological “green-core” area of Changzhutan urban cluster is located in the center of red soil hilly region of Southern China, and the northern vegetation sub-zone of mid-subtropical evergreen broad-leaved forests. In this area, the vegetation is dominated by secondary forests, and the vegetation types are diverse. It is representative of the current vegetation in red soil hilly region of South China, and hence can provide a good platform for the research of regional vegetation succession dynamics and vegetation restoration. We set up 50 plots with a unified and standardized method, and then the species composition, quantitative characteristics, and habitat information of the main vegetation types in the area were investigated. The importance values of species in the tree layer, shrub layer and herb layer were calculated, and the vegetation type of each community were identified and named according to the compilation and research standard of *Vegetography of China*. The community species composition and characteristics were described, and the original data of 50 plots divided into 10 vegetation formations, 22 alliances and 33 associations were provided, including 43 forest plots, 5 shrub plots, 1 grassland plot and 1 swamp plot.

Key words vegetation classification; species composition; vegetation restoration; red soil hilly region of Southern China; ecological green-core area of Changzhutan urban cluster

Deng MD, You JR, Li JX, Li X, Yang J, Deng CF, Liu A, Liu WJ, Ding C, Xie Y, Zhou GH, Yu XL (2020). Community characteristics of main vegetation types in the ecological “green-core” area of Changzhutan urban cluster. *Chinese Journal of Plant Ecology*, 44, 1296–1304. DOI: 10.17521/cjpe.2020.0308

收稿日期Received: 2020-09-10 接受日期Accepted: 2020-11-11

基金项目: 中国科学院战略性先导科技专项(XDA19050400)和湖南省林业科技计划项目(XLK201828)。Supported by the Special Project of Strategic Leading Science and Technology of Chinese Academy of Sciences (XDA19050400), and the Forestry Science and Technology Plan Project of Hunan Province (XLK201828).

* 通信作者Corresponding author (csfuljx@163.com)

长株潭城市群生态绿心地区(简称长株潭绿心区)地处南方红壤丘陵区的中部地带,植被区划上属中亚热带常绿阔叶林北部植被亚地带,区内自然条件优越,生境复杂,有河流、溪流、洲滩、池塘、水库、农田、草丛、灌丛、森林等,生态系统类型复杂多样,拥有丘陵区各类植被类型和绝大部分植物种类,其植被(植物群落)类型的环境指示性和类型多样性在我国南方红壤丘陵区具有典型代表性,可为区域植被演替动态和植被恢复研究提供良好的平台。因交通便利、经济较发达,20世纪80年代以前樵采和垦殖频繁,自然植被以灌丛和灌草丛为主;改革开放以来,随着农村生活习惯的改变,尤其是1998年实施的天然林保护工程,植被得到了有效恢复,针阔叶混交林、落叶阔叶林和常绿阔叶林等次生林逐渐成为植被的主体(李家湘等, 2020)。但关于长株潭绿心区生态系统功能价值评估的文献仅有杨丽丽等(2018)几篇,且多缺乏实地调查数据,对植被类型和群落结构方面的研究极为有限。因此,采用统一的方法对长株潭绿心区植物群落进行全面而系统的定量研究,对该地区植物群落演替机制和植被恢复路径等方面具有重要意义。本研究基于50个代表性的植被样方进行详细调查,描述主要植被类型的群落特征,以期资源环境监测、生物多样性保护和资源可持续经营管理等方面提供依据和基础资料。

1 材料和方法

1.1 研究区概况

长株潭绿心区位于湖南省长沙、株洲和湘潭三市的交汇地带(图1),面积约为522.87 km²。地理坐标112.89°–113.30° E, 27.72°–28.10° N, 海拔15–290 m, 属低山丘陵地貌。地带性土壤主要为红壤。大陆性亚热带季风湿润气候,雨水集中、光热资源丰富。利用气象数据(Fick & Hijmans, 2017; 徐新良和张亚庆, 2017)插值计算得出,年平均气温17.09 °C, 1月平均气温5.26 °C, 7月平均气温29.01 °C, 年降水量1 348.86 mm, ≥0 °C积温6 242.91 °C, ≥10 °C积温5 701.55 °C, 无霜期约345天。

1.2 样地调查

调查时间为2019年7月,在长株潭绿心区选取具有代表性的植被类型进行调查。设置样方50个(样

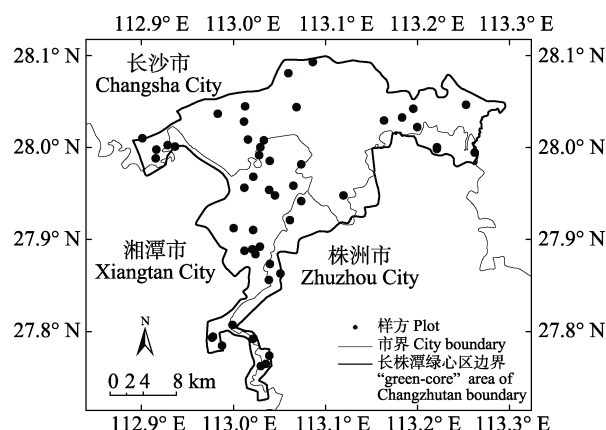


图1 长株潭城市群绿心区地理位置及样方分布图。

Fig. 1 Geographical location and plot distribution of "green-core" area of Changzhutan urban cluster.

方分布见图1),其中包括43个森林样方、5个灌丛样方、1个草地样方和1个沼泽样方。森林样方20 m × 30 m, 包含6个10 m × 10 m乔木层样格,样方四点和中心各设置5个5 m × 5 m灌木层样格和5个1 m × 1 m草本层小样方。竹林和灌丛样方10 m × 10 m,样方四点和中心各设置5个1 m × 1 m草本层小样方。草地样方和沼泽样方均为1 m × 1 m。所有样方设置时保留10 m以上的缓冲带,植被层片盖度的阈值为20%,不足20%则只记录物种。记录每个样方的坐标、海拔、地形地貌、人类活动类型及强度、林分起源等;乔木层(层高≥3 m)测记胸径≥3 cm植株的树种、胸径、树高和生长状态;灌木层(层高0.5–3 m)测记所有种,记录种类、基径、高度和盖度;草本层(层高<0.5 m)测记所有种,记录种类、平均高度、盖度和株数;层间植物统计为所在群落层的物种。样方基本信息见表1,详细样方数据见附录。

1.3 数据分析

按中国植被分类系统高级分类单位划分方案(郭柯等, 2020)划分高级植被单位,采用《中国植被志》的植被分类方法与命名规范(王国宏等, 2020)对植物群系和群丛进行划分与命名,以重要值作为划分建群种和优势种的依据。重要值计算公式如下:

乔木层重要值(%) = (相对多度+相对频度+相对胸高断面面积)/3 × 100

灌木层重要值(%) = (相对高度+相对频度+相对盖度)/3 × 100

草本层重要值(%) = (相对高度+相对频度+相对盖度)/3 × 100

表1 长株潭城市群绿心区样方基本信息
Table 1 Basic information of plots of “green-core” area of Changzhutan urban cluster

样方编号 Plot number	纬度 Latitude (° N)	经度 Longitude (° E)	海拔 Altitude (m)	群系 Alliance
P1	28.01	112.90	64	马尾松林 <i>Pinus massoniana</i> Evergreen Needleleaf Forest Alliance
P2	27.76	113.03	87	马尾松林 <i>Pinus massoniana</i> Evergreen Needleleaf Forest Alliance
P3	28.00	112.91	58	马尾松林 <i>Pinus massoniana</i> Evergreen Needleleaf Forest Alliance
P4	28.09	113.08	90	马尾松林 <i>Pinus massoniana</i> Evergreen Needleleaf Forest Alliance
P5	27.77	113.04	84	马尾松林 <i>Pinus massoniana</i> Evergreen Needleleaf Forest Alliance
P6	28.00	113.22	138	杉木林 <i>Cunninghamia lanceolata</i> Evergreen Needleleaf Forest Alliance
P7	28.03	113.16	113	杉木林 <i>Cunninghamia lanceolata</i> Evergreen Needleleaf Forest Alliance
P8	27.89	113.01	94	杉木林 <i>Cunninghamia lanceolata</i> Evergreen Needleleaf Forest Alliance
P9	27.86	113.05	78	杉木林 <i>Cunninghamia lanceolata</i> Evergreen Needleleaf Forest Alliance
P10	28.01	113.03	61	湿地松林 <i>Pinus elliotii</i> Evergreen Needleleaf Forest Alliance
P11	28.04	113.19	102	湿地松林 <i>Pinus elliotii</i> Evergreen Needleleaf Forest Alliance
P12	27.79	113.02	81	马尾松+樟树混交林 <i>Pinus massoniana</i> + <i>Cinnamomum camphora</i> Mixed Needleleaf and Broadleaf Forest Alliance
P13	27.85	113.04	64	杉木+樟树混交林 <i>Cunninghamia lanceolata</i> + <i>Cinnamomum camphora</i> Mixed Needleleaf and Broadleaf Forest Alliance
P14	27.99	113.03	69	枫香树林 <i>Liquidambar formosana</i> Deciduous Broadleaf Forest Alliance
P15	27.95	113.04	46	枫香树林 <i>Liquidambar formosana</i> Deciduous Broadleaf Forest Alliance
P16	27.95	113.12	74	白栎林 <i>Quercus fabri</i> Deciduous Broadleaf Forest Alliance
P17	27.99	112.91	58	白栎林 <i>Quercus fabri</i> Deciduous Broadleaf Forest Alliance
P18	28.08	113.06	108	南酸枣+白花泡桐林 <i>Choerospondias axillaris</i> + <i>Paulownia fortunei</i> Deciduous Broadleaf Forest Alliance
P19	27.98	113.07	95	栓皮栎林 <i>Quercus variabilis</i> Deciduous Broadleaf Forest Alliance
P20	27.92	113.06	102	台湾泡桐林 <i>Paulownia kawakamii</i> Deciduous Broadleaf Forest Alliance
P21	28.01	113.01	74	樟+枫香树混交林 <i>Cinnamomum camphora</i> + <i>Liquidambar formosana</i> Mixed Evergreen and Deciduous Broadleaf Forest Alliance
P22	28.03	112.98	90	樟+枫香树混交林 <i>Cinnamomum camphora</i> + <i>Liquidambar formosana</i> Mixed Evergreen and Deciduous Broadleaf Forest Alliance
P23	27.96	113.06	75	苦槠林 <i>Castanopsis sclerophylla</i> Evergreen Broadleaf Forest Alliance
P24	27.98	113.04	55	苦槠林 <i>Castanopsis sclerophylla</i> Evergreen Broadleaf Forest Alliance
P25	28.03	113.18	67	苦槠林 <i>Castanopsis sclerophylla</i> Evergreen Broadleaf Forest Alliance
P26	27.78	112.99	80	青冈林 <i>Cyclobalanopsis glauca</i> Evergreen Broadleaf Forest Alliance
P27	27.88	113.02	44	青冈林 <i>Cyclobalanopsis glauca</i> Evergreen Broadleaf Forest Alliance
P28	28.02	113.20	84	石栎林 <i>Lithocarpus glaber</i> Evergreen Broadleaf Forest Alliance
P29	28.04	113.07	122	石栎林 <i>Lithocarpus glaber</i> Evergreen Broadleaf Forest Alliance
P30	27.99	113.26	82	米槠林 <i>Castanopsis carlesii</i> Evergreen Broadleaf Forest Alliance
P31	27.79	112.97	108	樟树林 <i>Cinnamomum camphora</i> Evergreen Broadleaf Forest Alliance
P32	27.95	113.01	81	樟树林 <i>Cinnamomum camphora</i> Evergreen Broadleaf Forest Alliance
P33	27.97	113.02	67	樟树林 <i>Cinnamomum camphora</i> Evergreen Broadleaf Forest Alliance
P34	28.00	112.93	67	樟树林 <i>Cinnamomum camphora</i> Evergreen Broadleaf Forest Alliance
P35	28.03	113.01	86	樟树林 <i>Cinnamomum camphora</i> Evergreen Broadleaf Forest Alliance
P36	28.00	113.22	96	樟树林 <i>Cinnamomum camphora</i> Evergreen Broadleaf Forest Alliance
P37	28.00	112.93	63	樟树林 <i>Cinnamomum camphora</i> Evergreen Broadleaf Forest Alliance
P38	28.04	113.01	112	樟树林 <i>Cinnamomum camphora</i> Evergreen Broadleaf Forest Alliance
P39	28.00	113.03	94	樟树林 <i>Cinnamomum camphora</i> Evergreen Broadleaf Forest Alliance
P40	27.89	113.02	54	毛竹林 <i>Phyllostachys edulis</i> Bamboo Forest Alliance
P41	27.87	113.04	67	毛竹林 <i>Phyllostachys edulis</i> Bamboo Forest Alliance
P42	27.89	113.03	31	毛竹林 <i>Phyllostachys edulis</i> Bamboo Forest Alliance

表 1 (续) Table 1 (Continued)

样方编号 Plot number	纬度 Latitude (° N)	经度 Longitude (° E)	海拔 Altitude (m)	群系 Alliance
P43	27.91	113.02	45	毛竹林 <i>Phyllostachys edulis</i> Bamboo Forest Alliance
P44	27.95	113.04	84	白栎+毛叶木姜子灌丛 <i>Quercus fabri</i> + <i>Litsea mollis</i> Deciduous Broadleaf Shrubland Alliance
P45	27.81	113.00	49	盐肤木灌丛 <i>Rhus chinensis</i> Deciduous Broadleaf Shrubland Alliance
P46	28.00	113.24	91	油茶灌丛 <i>Camellia oleifera</i> Evergreen Broadleaf Shrubland Alliance
P47	27.76	113.03	70	油茶灌丛 <i>Camellia oleifera</i> Evergreen Broadleaf Shrubland Alliance
P48	28.04	113.25	58	油茶灌丛 <i>Camellia oleifera</i> Evergreen Broadleaf Shrubland Alliance
P49	27.94	113.07	55	蕨草丛 <i>Pteridium aquilinum</i> var. <i>latiusculum</i> Shrubby Grassland Alliance
P50	27.91	113.00	40	香蒲沼泽 <i>Typha orientalis</i> Herb and Moss Swamp Alliance

2 结果分析

将50个样方划分为10个植被型、22个群系、33个群丛。群系和群丛的特征分别描述如下。

2.1 常绿针叶林(Evergreen Needleleaf Forest)

2.1.1 马尾松林(*Pinus massoniana* Evergreen Needleleaf Forest Alliance)

此群系调查了5个样方,分为3个群丛:马尾松常绿针叶林(*Pinus massoniana* Evergreen Needleleaf Forest Association)、马尾松-淡竹叶 常绿针叶林(*Pinus massoniana* - *Lophatherum gracile* Evergreen Needleleaf Forest)、马尾松-栲木-阔鳞鳞毛蕨 常绿针叶林(*Pinus massoniana* - *Gardenia jasminoides* - *Dryopteris championii* Evergreen Needleleaf Forest)。分布海拔为58–90 m,马尾松平均胸径8.8–20.4 cm,平均树高6.7–11.4 m,乔木层物种丰富度7–16,主要伴生树种为樟(*Cinnamomum camphora*)、杨桐(*Adinandra millettii*)、青冈(*Cyclobalanopsis glauca*)、四川山矾(*Symplocos setchuensis*)等。

马尾松 常绿针叶林(样方P1、P2)海拔64–87 m,坡度6°–30°,坡向西和东,样方P2起源于人工林。乔木层高度范围3.0–16.0 m,主要伴生树种为青冈、樟、杉木(*Cunninghamia lanceolata*)等;灌木稀疏,有槲木(*Loropetalum chinense*)、栲木、盐肤木(*Rhus chinensis*)等,更新有青冈、樟、杉木等幼树;草本稀疏,有芒(*Miscanthus sinensis*)、阔鳞鳞毛蕨、狗脊(*Woodwardia japonica*)等;层间植物有菝葜(*Smilax china*)。马尾松-淡竹叶 常绿针叶林(样方P3)海拔58 m,坡度6°–15°,坡向西南,起源于人工林。乔木层高度范围5.0–13.8 m,主要伴生树种为槲木、樟等;灌木稀疏但均为槲木;草本层高度范围0.01–0.30 m,盖度50.2%,物种丰富度6,主要物种为淡竹叶、狗

脊等,有少量苦槠(*Castanopsis sclerophylla*)幼苗;层间植物有菝葜和鸡矢藤(*Paederia scandens*)。马尾松-栲木-阔鳞鳞毛蕨 常绿针叶林(样方P4、P5)海拔84–90 m,坡度6°–45°,坡向西北和西,经过封育后下层结构较为丰富。乔木层高度范围3.0–11.0 m,主要伴生树种为杨桐、槲木、四川山矾、石栎(*Lithocarpus glaber*)等;灌木层高度范围0.3–2.6 m,盖度25.4%–39.8%,物种丰富度10–12,主要物种为栲木、大青(*Clerodendrum cyrtophyllum*)、赤楠(*Syzygium buxifolium*)、篌竹(*Phyllostachys nidularia*)等,更新有苦槠、杉木、石栎等幼树;草本层高度范围0.15–0.50 m,盖度21.6%–54.0%,物种丰富度4–5,主要物种为阔鳞鳞毛蕨、狗脊、淡竹叶等,有少量苦槠幼苗;层间植物有菝葜和鸡矢藤。

2.1.2 杉木林(*Cunninghamia lanceolata* Evergreen Needleleaf Forest Alliance)

此群系调查了4个样方,划分为2个群丛:杉木常绿针叶林(*Cunninghamia lanceolata* Evergreen Needleleaf Forest Association)、杉木-狗脊 常绿针叶林(*Cunninghamia lanceolata* - *Woodwardia japonica* Evergreen Needleleaf Forest)。分布海拔为78–138 m,杉木平均胸径7.9–16.5 cm,平均树高7.4–16.4 m,乔木层物种丰富度3–13,主要伴生树种为杨桐、樟、马尾松、石栎、枫香树(*Liquidambar formosana*)等。

杉木 常绿针叶林(样方P6、P7)海拔113–138 m,坡度16°–30°,坡向西北和西南,样方P6乔木下层主要为杨桐,样方P7为人工林起源。乔木层高度范围4.0–11.0 m,主要伴生树种为石栎、樟、杨桐、四川山矾、枫香树等;灌木稀疏,有栲木、杨桐、大青等;草本稀疏,有淡竹叶、芒萁(*Dicranopteris pedata*)等,更新有石栎等幼苗;层间植物有菝葜。杉木-狗脊 常绿针叶林(样方P8、P9)海拔78–94 m,坡度

31°–45°, 坡向北。乔木层高度范围3.0–19.0 m, 主要伴生树种为马尾松、樟、格药枰(*Eurya muricata*)、枫香树等; 灌木稀疏, 有长叶冻绿(*Rhamnus crenata*)、毛叶木姜子(*Litsea mollis*)、油茶(*Camellia oleifera*)等, 更新有石栎、青冈幼树; 草本层高度范围0.50–0.90 m, 盖度87.0%–93.0%, 物种丰富度1–2, 物种为狗脊和芒萁; 层间植物有土茯苓(*Smilax glabra*)。

2.1.3 湿地松林(*Pinus elliotii* Evergreen Needleleaf Forest Alliance)

此群系调查了2个样方, 分为2个群丛: 湿地松-欏木+大青 常绿针叶林(*Pinus elliotii* - *Loropetalum chinense* + *Clerodendrum cyrtophyllum* Evergreen Needleleaf Forest)、湿地松-欏木-金星蕨 常绿针叶林(*Pinus elliotii* - *Loropetalum chinense* - *Parathelypteris glanduligera* Evergreen Needleleaf Forest)。分布海拔为61–102 m, 湿地松平均胸径13.1–17.0 cm, 平均树高10.8–11.2 m, 乔木层物种丰富度6–11, 主要伴生树种为樟、枫香树等。

湿地松-欏木+大青 常绿针叶林(样方P10)海拔102 m, 坡度31°–45°, 坡向北。乔木层高度范围4.0–20.0 m, 主要伴生树种为樟、枫香树、油茶、杨桐等; 灌木层高度范围0.5–3.0 m, 盖度48.4%, 物种丰富度7, 有欏木、大青、杨桐等, 更新有榆树(*Ulmus pumila*); 草本稀疏, 有芒萁和狗脊, 更新有樟树幼苗。湿地松-欏木-金星蕨 常绿针叶林(样方P11)海拔61 m, 坡度16°–30°, 坡向北。乔木层高度范围3.0–14.0 m, 主要伴生树种为油茶、樟、枫香树等; 灌木层高度范围1.0–2.0 m, 盖度40.0%, 物种丰富度7, 主要有欏木、山黄麻(*Trema tomentosa*)、大青等, 更新有枫香树幼树; 草本层高度范围0.2–0.7 m, 盖度62.0%, 物种丰富度3, 主要有金星蕨、芒萁等。

2.2 针叶与阔叶混交林(Mixed Needleleaf and Broadleaf Forest)

2.2.1 马尾松+樟树混交林(*Pinus massoniana* + *Cinnamomum camphora* Mixed Needleleaf and Broadleaf Forest Alliance)

此群系调查了1个样方(样方P12), 为群丛: 马尾松+樟 针叶与阔叶混交林(*Pinus massoniana* + *Cinnamomum camphora* Mixed Needleleaf and Broadleaf Forest Association)。分布海拔为81 m, 坡度6°–15°, 坡向西南, 起源于人工林。马尾松平均胸

径13.0 cm, 平均树高11.8 m, 樟平均胸径12.5 cm, 平均树高12.0 m。乔木层高度范围3.0–16.0 m, 物种丰富度12, 主要伴生树种为石栎、枫香树、苦槠等; 灌木和草本稀疏, 更新有较多石栎和樟。

2.2.2 杉木+樟树混交林(*Cunninghamia lanceolata* + *Cinnamomum camphora* Mixed Needleleaf and Broadleaf Forest Alliance)

此群系调查了1个样方(样方P13), 为群丛: 杉木+樟 针叶与阔叶混交林(*Cunninghamia lanceolata* + *Cinnamomum camphora* Mixed Needleleaf and Broadleaf Forest Association)。分布海拔为64 m, 坡度16°–30°, 坡向北, 由杉木林演替而来。杉木平均胸径11.5 cm, 平均树高10.6 m, 樟平均胸径15.6 cm, 平均树高13.9 m。乔木层高度范围3.0–18.0 m, 物种丰富度6, 主要伴生树种为油茶、白花泡桐(*Paulownia fortunei*)等; 灌木稀疏, 主要为油茶, 更新有樟和杉木; 草本稀疏, 主要为狗脊等蕨类植物。

2.3 落叶阔叶林(Deciduous Broadleaf Forest)

2.3.1 枫香树林(*Liquidambar formosana* Deciduous Broadleaf Forest Alliance)

此群系调查了2个样方, 分为2个群丛: 枫香树-欏木+梔子 落叶阔叶林(*Liquidambar formosana* - *Loropetalum chinense* + *Gardenia jasminoides* Deciduous Broadleaf Forest)、枫香树-阔鳞鳞毛蕨 落叶阔叶林(*Liquidambar formosana* - *Dryopteris championii* Deciduous Broadleaf Forest)。分布海拔为46–69 m, 枫香树平均胸径8.7–13.7 cm, 平均树高9.3–11.8 m, 乔木层物种丰富度11–16, 主要伴生树种为白栎、樟、黄檀(*Dalbergia hupeana*)、四川山矾、杨桐等。

枫香树-欏木+梔子 落叶阔叶林(样方P14)海拔69 m, 坡度3°–5°, 坡向东, 以落叶树种为优势。乔木层高度范围3.0–16.0 m, 主要伴生树种为白栎(*Quercus fabri*)、黄檀、四川山矾、樟等; 灌木层高度范围0.9–2.5 m, 盖度37.0%, 物种丰富度11, 主要物种为欏木、梔子、白栎等, 更新有野桐(*Mallotus tenuifolius*)、樟和黄檀幼树; 草本几无。枫香树-阔鳞鳞毛蕨 落叶阔叶林(样方P15)海拔46 m, 坡度16°–30°, 坡向西, 林内有较多死亡马尾松。乔木层高度范围4.0–12.0 m, 主要伴生树种为白栎、樟、栓皮栎(*Quercus variabilis*)、杨桐等; 灌木稀疏, 有梔子、油茶、大青等, 更新有白栎等幼树; 草本层高度范围0.20–0.50 m, 盖度48.0%, 物种丰富度2, 主

要为阔鳞鳞毛蕨。

2.3.2 白栎林(*Quercus fabri* Deciduous Broadleaf Forest Alliance)

此群系调查了2个样方(样方P16、P17), 均为群丛: 白栎 落叶阔叶林(*Quercus fabri* Deciduous Broadleaf Forest Association)。分布海拔为58–74 m, 坡度16°–30°, 坡向西南和东南, 样方P16由马尾松群落演替而来, 样方P17起源于人工林。白栎平均胸径8.6–9.1 cm, 平均树高8.3–8.5 m。乔木层高度范围3.0–16.0 m, 物种丰富度12–13, 主要伴生树种为楝叶吴茱萸(*Tetradium glabrifolium*)、青冈、野柿(*Diospyros kaki* var. *silvestris*)、化香树(*Platycarya strobilacea*)等; 灌木稀疏, 有豆腐柴(*Premna microphylla*)、欖木等, 更新有白栎幼树; 草本稀疏, 有韩信草(*Scutellaria indica*)、穹隆薹草(*Carex gibba*)等, 更新有黄檀、欖木、梔子等幼苗。

2.3.3 南酸枣+白花泡桐林(*Choerospondias axillaris* + *Paulownia fortunei* Deciduous Broadleaf Forest Alliance)

此群系调查了1个样方(样方P18), 为群丛: 南酸枣+白花泡桐-梔子+小叶女贞 落叶阔叶林(*Choerospondias axillaris* + *Paulownia fortunei* - *Gardenia jasminoides* + *Ligustrum quihoui* Deciduous Broadleaf Forest)。分布海拔为108 m, 坡度6°–15°, 坡向北, 起源于杉木人工林。南酸枣平均胸径8.5 cm, 平均树高9.2 m, 白花泡桐平均胸径17.1 cm, 平均树高11.2 m。乔木层高度范围4.0–15.0 m, 物种丰富度16, 主要伴生树种为樟、杉木、枫香树、盐肤木、山槐(*Albizia kalkora*)等; 灌木层高度范围1.0–3.0 m, 盖度32.4%, 物种丰富度15, 主要物种为梔子、小叶女贞、大青、欖木等, 更新有白栎、白檀(*Symplocos paniculata*)、黄檀等幼苗; 草本稀疏, 有狗脊和阔鳞鳞毛蕨。

2.3.4 栓皮栎林(*Quercus variabilis* Deciduous Broadleaf Forest Alliance)

此群系调查了1个样方(样方P19), 为群丛: 栓皮栎-欖木+山黄麻 落叶阔叶林(*Quercus variabilis* - *Loropetalum chinense* + *Trema tomentosa* Deciduous Broadleaf Forest)。分布海拔为95 m, 坡度6°–15°, 坡向西。栓皮栎平均胸径7.1 cm, 平均树高6.7 m。乔木层高度范围3.0–9.0 m, 物种丰富度17, 主要伴生

树种为青冈、欖木、南烛(*Vaccinium bracteatum*)、毛叶木姜子等; 灌木层高度范围0.8–2.0 m, 盖度42.0%, 物种丰富度9, 主要物种为欖木、白栎、山黄麻、盐肤木等, 更新有青冈、栓皮栎等幼树; 草本几无。

2.3.5 台湾泡桐林(*Paulownia kawakamii* Deciduous Broadleaf Forest Alliance)

此群系调查了1个样方(样方P20), 为群丛: 台湾泡桐-芒 落叶阔叶林(*Paulownia kawakamii* - *Miscanthus sinensis* Deciduous Broadleaf Forest)。分布海拔为102 m, 台湾泡桐平均胸径11.8 cm, 平均树高9.3 m。乔木层高度范围4.0–13.0 m, 物种丰富度7, 主要伴生树种为樟、冬青(*Ilex chinensis*)、柏木(*Cupressus funebris*)等; 灌木稀疏, 有山麻杆(*Alchornea davidii*)、冬青等; 草本层高度1.50 m, 盖度95.0%, 均为芒。

2.4 常绿与落叶阔叶混交林(Mixed Evergreen and Deciduous Broadleaf Forest)

2.4.1 樟+枫香树混交林(*Cinnamomum camphora* + *Liquidambar formosana* Mixed Evergreen and Deciduous Broadleaf Forest Alliance)

此群系调查了2个样方, 分为2个群丛: 樟+枫香树 常绿与落叶阔叶混交林(*Cinnamomum camphora* + *Liquidambar formosana* Mixed Evergreen and Deciduous Broadleaf Forest Association)、樟+枫香树-梔子 常绿与落叶阔叶混交林(*Cinnamomum camphora* + *Liquidambar formosana* - *Gardenia jasminoides* Mixed Evergreen and Deciduous Broadleaf Forest)。分布海拔为74–90 m, 樟平均胸径13.6–16.9 cm, 平均树高10.1–12.4 m, 枫香树平均胸径14.7–17.7 cm, 平均树高9.9–11.9 m, 乔木层物种丰富度10–12, 主要伴生树种为马尾松、毛竹(*Phyllostachys edulis*)、石栎、四川山矾、苦槠等。

樟+枫香树 常绿与落叶阔叶混交林(样方P21)海拔74 m, 坡度16°–30°, 坡向南, 有毛竹侵入。乔木层高度范围4.0–15.0 m, 主要伴生树种为毛竹、四川山矾、苦槠等; 灌木稀疏, 有大青、梔子、欖木等, 更新有枫香树等幼树; 草本稀疏, 有阔鳞鳞毛蕨等; 层间植物有鸡矢藤和菝葜。樟+枫香树-梔子 常绿与落叶阔叶混交林(样方P22)海拔90 m, 坡度6°–15°, 由马尾松林演替而来。乔木层高度范围

3.3–15.0 m, 主要伴生树种为马尾松、石栎、苦槠等; 灌木层高度范围0.6–2.5 m, 盖度45.0%, 物种丰富度8, 有栀子、山茶(*Camellia japonica*)、枸骨(*Ilex cornuta*)等, 更新有石栎、冬青等幼树; 草本几无。

2.5 常绿阔叶林(Evergreen Broadleaf Forest)

2.5.1 苦槠林(*Castanopsis sclerophylla* Evergreen Broadleaf Forest Alliance)

此群系调查了3个样方(样方P23–P25), 均为群丛: 苦槠 常绿阔叶林(*Castanopsis sclerophylla* Evergreen Broadleaf Forest Association)。分布海拔为55–75 m, 坡度6°–15°, 坡向东北、西和东南, 样方P23乔木下层以杨桐为主。苦槠平均胸径8.4–15.3 cm, 平均树高8.6–13.8 m。乔木层高度范围3.0–18.0 m, 物种丰富度11–17, 主要伴生树种为杨桐、枫香树、青冈、石栎、欒木等; 灌木几无或稀疏, 有栀子、杨桐、赤楠等, 更新有青冈等幼树; 草本几无或稀疏, 有阔鳞鳞毛蕨、芒萁、铁芒萁(*Dicranopteris linearis*)等, 更新有苦槠、石栎、青冈等幼苗; 层间植物有香花鸡血藤(*Callerya dielsiana*)、菝葜。

2.5.2 青冈林(*Cyclobalanopsis glauca* Evergreen Broadleaf Forest Alliance)

此群系调查了2个样方, 分为2个群丛: 青冈-油茶 常绿阔叶林(*Cyclobalanopsis glauca* - *Camellia oleifera* Evergreen Broadleaf Forest)、青冈-格药枰+大青-芒萁 常绿阔叶林(*Cyclobalanopsis glauca* - *Eurya muricata* + *Clerodendrum cyrtophyllum* - *Dicranopteris pedata* Evergreen Broadleaf Forest)。分布海拔为44–80 m, 青冈平均胸径3.7–6.1 cm, 平均树高5.3–5.6 m, 乔木层物种丰富度14–23, 主要伴生树种为石栎、四川山矾、日本杜英(*Elaeocarpus japonicus*)、马尾松、冬青等。

青冈-油茶 常绿阔叶林(样方P26)海拔80 m, 坡度6°–15°, 坡向东, 为裸地演替的青冈次生林。乔木层高度范围3.0–10.0 m, 主要伴生树种为冬青、四川山矾、日本杜英、樟等; 灌木层高度范围0.5–3.0 m, 盖度44.2%, 物种丰富度19, 有油茶、算盘子(*Glochidion puberum*)、毛叶木姜子等, 更新有冬青、青冈等幼树; 草本稀疏, 有狗脊、阔鳞鳞毛蕨等, 更新有小蜡(*Ligustrum sinense*)、盐肤木等幼苗; 层间植物有菝葜。青冈-格药枰+大青-芒萁 常绿阔叶林(样方P27)海拔44 m, 坡度16°–30°, 坡向东。乔木层高度范围3.0–12.0 m, 主要伴生树种为石栎、马尾松、白

栎、小叶栎(*Quercus chenii*)等; 灌木层高度范围1.5–2.5 m, 盖度31.0%, 物种丰富度12, 主要物种为格药枰、栀子、大青等, 更新有较多青冈幼树; 草本层高度范围0.25–0.40 m, 盖度80.0%, 均为芒萁。

2.5.3 石栎林(*Lithocarpus glaber* Evergreen Broadleaf Forest Alliance)

此群系调查了2个样方(样方P28–P29), 均为群丛: 石栎 常绿阔叶林(*Lithocarpus glaber* Evergreen Broadleaf Forest Association)。分布海拔为84–122 m, 坡度6°–30°, 坡向东南和西。石栎平均胸径6.1–8.2 cm, 平均树高8.2–8.3 m。乔木层高度范围4.0–12.0 m, 物种丰富度6–12, 主要伴生树种为苦槠、枫香树、杨桐、白栎、樟等; 灌木稀疏, 有栀子、大青、欒木等, 更新有石栎幼树; 草本稀疏, 有淡竹叶、狗脊等, 更新有石栎幼苗。

2.5.4 米槠林(*Castanopsis carlesii* Evergreen Broadleaf Forest Alliance)

此群系调查了1个样方(样方P30), 为群丛: 米槠常绿阔叶林(*Castanopsis carlesii* Evergreen Broadleaf Forest Association)。分布海拔为82 m, 坡度16°–30°, 坡向北。米槠平均胸径16.2 cm, 平均树高14.2 m。乔木层高度范围4.0–20.0 m, 物种丰富度7, 主要伴生树种为苦槠、日本杜英、马尾松等; 灌木稀疏, 有栀子、赤楠等, 更新有米槠、苦槠等幼树; 草本稀疏, 有狗脊等, 更新有米槠幼苗; 层间植物有菝葜。

2.5.5 樟树林(*Cinnamomum camphora* Evergreen Broadleaf Forest Alliance)

此群系调查了9个样方, 划分为4个群丛: 樟 常绿阔叶林(*Cinnamomum camphora* Evergreen Broadleaf Forest Association)、樟-欒木 常绿阔叶林(*Cinnamomum camphora* - *Loropetalum chinense* Evergreen Broadleaf Forest)、樟-篌竹 常绿阔叶林(*Cinnamomum camphora* - *Phyllostachys nidularia* Evergreen Broadleaf Forest)、樟-赤楠-淡竹叶 常绿阔叶林(*Cinnamomum camphora* - *Syzygium buxifolium* - *Lophatherum gracile* Evergreen Broadleaf Forest)。分布海拔为63–112 m, 樟平均胸径6.1–21.4 cm, 平均树高8.3–11.9 m, 乔木层物种丰富度5–15, 主要伴生树种为毛竹、冬青、白花泡桐、杉木、青冈、桤木石楠(*Photinia davidsoniae*)等。

樟 常绿阔叶林(样方P31–P35)海拔67–108 m, 坡度3°–30°, 坡向西南至西北, 受到人类活动影响

林下植被稀疏。乔木层高度范围3.0–15.0 m, 主要伴生树种为毛竹、白花泡桐、冬青、油茶、杉木等; 灌木稀疏, 有油茶、榿木、大青等, 更新有樟、青冈等幼树; 草本几无; 层间植物有香花鸡血藤、菝葜和肖菝葜(*Heterosmilax japonica*)。樟-榿木 常绿阔叶林(样方P36、P37)海拔63–96 m, 坡度6°–30°, 坡向西南和东, 样方P36由杉木林演替而来, 样方P37乔木下层主要为冬青。乔木层高度范围3.0–14.0 m, 主要伴生树种为杉木、青冈、白栎、冬青等; 灌木层高度范围1.0–3.0 m, 盖度37.0%–81.0%, 物种丰富度8–9, 主要物种为榿木、长叶冻绿等, 更新有杉木、青冈等幼树; 草本稀疏, 有芒萁、狗脊等; 层间植物有菝葜。樟-篾竹 常绿阔叶林(样方P38)海拔112 m, 坡度6°–15°, 坡向南。乔木层高度范围4.0–18.0 m, 主要伴生树种为苦槠、栎木石楠、石栎、小叶栎、枫香树等; 灌木层高度范围1.0–2.0 m, 盖度53.0%, 物种丰富度7, 主要物种为篾竹、杨桐、赤楠、梔子等, 更新有苦槠等幼树; 草本稀疏, 有狗脊和阔鳞鳞毛蕨。樟-赤楠-淡竹叶 常绿阔叶林(样方P39)海拔94 m, 坡度31°–45°, 坡向南。乔木层高度范围3.5–13.5 m, 主要伴生树种为马尾松、青冈等; 灌木层高度范围0.8–3.0 m, 盖度52.0%, 物种丰富度9, 主要物种为赤楠、梔子、榿木等, 更新有苦槠和少量白檀、青冈幼树; 草本层高度范围0.10–0.80 m, 盖度34.0%, 物种丰富度3, 有淡竹叶和芒萁, 更新有赤楠幼苗。

2.6 竹林(Bamboo Forest)

2.6.1 毛竹林(*Phyllostachys edulis* Bamboo Forest Alliance)

此群系调查了4个样方(样方P40–P43), 均为群丛: 毛竹 竹林(*Phyllostachys edulis* Bamboo Forest Association)。分布海拔为31–54 m, 坡度3°–5°, 坡向东南, 样方P40起源于人工林。毛竹平均胸径6.3–8.5 cm, 平均高度10.0–11.4 m。乔木层高度范围5.0–13.0 m, 物种丰富度2–3, 主要伴生树种为樟、杨桐、杉木等。灌木稀疏, 有油茶、杨桐、四川山矾等, 更新有青冈、杉木等幼树。草本稀疏, 有狗脊、淡竹叶、阔鳞鳞毛蕨等; 层间植物有菝葜。

2.7 落叶阔叶灌丛(Deciduous Broadleaf Shrubland)

2.7.1 白栎+毛叶木姜子灌丛(*Quercus fabri* + *Litsea mollis* Deciduous Broadleaf Shrubland Alliance)

此群系调查了1个样方(样方P44), 为群丛: 白

栎+毛叶木姜子 落叶阔叶灌丛(*Quercus fabri* + *Litsea mollis* Deciduous Broadleaf Shrubland Association)。分布海拔为84 m, 坡度6°–15°, 坡向南。白栎平均高度2.3 m, 平均基径2.3 cm, 毛叶木姜子平均高度3.0 m, 平均基径3.0 cm。灌木层高度范围1.5–3.0 m, 盖度60.0%, 物种丰富度7, 主要物种为白栎、毛叶木姜子、篾竹等, 更新有楝叶吴萸、黄檀幼树。草本几无。

2.7.2 盐肤木灌丛(*Rhus chinensis* Deciduous Broadleaf Shrubland Alliance)

此群系调查了1个样方(样方P45), 为群丛: 盐肤木-铁芒萁 落叶阔叶灌丛 (*Rhus chinensis* - *Dicranopteris linearis* Deciduous Broadleaf Shrubland)。分布海拔为49 m, 坡度16°–30°, 坡向北。盐肤木平均高度为1.2 m, 平均基径1.1 cm。灌木层高度范围0.5–3.0 m, 盖度81.0%, 物种丰富度9, 主要物种为盐肤木、野山楂(*Crataegus cuneata*)等, 更新有楝叶吴萸、山皂荚(*Gleditsia japonica*)等幼树。草本层高度范围0.30–2.00 m, 盖度87.0%, 物种为铁芒萁和芒。

2.8 常绿阔叶灌丛(Evergreen Broadleaf Shrubland)

2.8.1 油茶灌丛(*Camellia oleifera* Evergreen Broadleaf Shrubland Alliance)

此群系调查了3个样方, 划分为2个群丛: 油茶-金毛耳草 常绿阔叶灌丛(*Camellia oleifera* - *Hedyotis chrysotricha* Evergreen Broadleaf Shrubland)、油茶-芒萁 常绿阔叶灌丛(*Camellia oleifera* - *Dicranopteris pedata* Evergreen Broadleaf Shrubland)。分布海拔为58–91 m。灌木层盖度70.0%–97.0%, 油茶平均高度2.3–2.5 m, 平均基径3.8–10.0 cm, 物种丰富度1–6, 主要物种为油茶、榿木等。

油茶-金毛耳草 常绿阔叶灌丛(样方P46)海拔91 m, 坡度3°–5°, 坡向西北, 为人工林起源。灌木层高度2.5 m, 盖度70.0%, 均为油茶, 草本层高度范围0.03–0.50 m, 盖度59.0%, 物种丰富度10, 主要有金毛耳草、狗脊、白头婆(*Eupatorium japonicum*)等, 更新有山莓(*Rubus corchorifolius*)、构树(*Broussonetia papyrifera*)、盐肤木幼苗。油茶-芒萁常绿阔叶灌丛(样方P47、P48)海拔58–70 m, 坡度3°–5°, 坡向西和东北, 样方P47封育近20年, 样方P28起源于油茶人工林。灌木层高度范围0.8–3.5 m, 盖度76.0%–97.0%, 物种丰富度5–6, 主要物种为油茶、榿木等; 草本层高度范围0.30–0.70 m, 盖度

84.0%–94.8%，物种丰富度2–5，主要为芒萁，更新有栀子、檵木等幼苗。

2.9 灌草丛(Shrubby Grassland)

2.9.1 蕨草丛(*Pteridium aquilinum* var. *latiusculum* Shrubby Grassland Alliance)

此群系调查了1个样方(样方P49)，为群丛：蕨灌草丛(*Pteridium aquilinum* var. *latiusculum* Shrubby Grassland Association)。分布海拔为55 m，坡度6°–15°，坡向西北，为道路旁裸地恢复植被。蕨平均高度0.56 m，草本层高度范围0.15–0.70 m，盖度64.2%，物种丰富度12，伴生草本有三脉紫菀(*Aster ageratoides*)、芒萁，伴生灌木为山莓、苎麻(*Boehmeria nivea*)、盐肤木、大青。

2.10 草本沼泽与苔藓沼泽(Herb and Moss Swamp)

2.10.1 香蒲沼泽(*Typha orientalis* Herb and Moss Swamp Alliance)

此群系调查了1个样方(样方P50)，为群丛：香蒲草本沼泽与苔藓沼泽(*Typha orientalis* Herb and Moss Swamp Association)。分布海拔为40 m，香蒲平均高度1.58 m，草本层高度范围0.1–1.6 m，盖度62.8%，物种丰富度3，伴生有喜旱莲子草(*Alternanthera philoxeroides*)和翅茎灯心草(*Juncus alatus*)。

致谢 感谢中南林业科技大学蔡嘉华、龚俊伟、胡凡、黄志强、康文君、兰俊宇、刘颖、苗华阳、王开新、王坡、吴俊涛、张锦凯、张意灵、刘文倩、武元帅等在野外样方调查工作中的辛勤付出和给予的帮助。

参考文献

- Fick SE, Hijmans RJ (2017). WorldClim 2: new 1-km spatial resolution climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology*, 37, 4302–4315.
- Guo K, Fang JY, Wang GH, Tang ZY, Xie ZQ, Shen ZH,

Wang RQ, Qiang S, Liang CZ, Da LJ, Yu D (2020). A revised scheme of vegetation classification system of China. *Chinese Journal of Plant Ecology*, 44, 111–127. [郭柯, 方精云, 王国宏, 唐志尧, 谢宗强, 沈泽昊, 王仁卿, 强胜, 梁存柱, 达良俊, 于丹 (2020). 中国植被分类系统修订方案. 植物生态学报, 44, 111–127.]

Li JX, You JR, Xu YF, Yu XL, Deng MD, Wu L, Qi CJ (2020). Vegetation research in Hunan Province: vegetation types, composition, and distribution pattern. *Scientia Sinica Vitae*, 50. DOI: 10.1360/SSV-2019-0274. [李家湘, 游健荣, 徐永福, 喻勋林, 邓梦达, 吴磊, 祁承经 (2020). 湖南植被研究: 植被类型、组成和分布格局. 中国科学: 生命科学, 50. DOI: 10.1360/SSV-2019-0274.]

Wang GH, Fang JY, Guo K, Xie ZQ, Tang ZY, Shen ZH, Wang RQ, Wang XP, Wang DL, Qiang S, Yu D, Peng SL, Da LJ, Liu Q, Liang CZ (2020). Contents and protocols for the classification and description of Vegetation Formations, Alliances and Associations of vegetation of China. *Chinese Journal of Plant Ecology*, 44, 128–178. [王国宏, 方精云, 郭柯, 谢宗强, 唐志尧, 沈泽昊, 王仁卿, 王襄平, 王德利, 强胜, 于丹, 彭少麟, 达良俊, 刘庆, 梁存柱 (2020). 《中国植被志》编研内容与规范. 植物生态学报, 44, 128–178.]

Xu XL, Zhang YQ (2017). *China Meteorological Background Data Set*. Resources and Environment Science and Data Center, Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, Chinese Academy of Sciences. [2020-09-10]. <http://www.resdc.cn/doi/doi.aspx?DOIid=39>. DOI: 10.12078/2017121301. [徐新良, 张亚庆 (2017). 中国气象背景数据集. 中国科学院地理科学与资源研究所资源环境科学与数据中心. [2020-09-10]. <http://www.resdc.cn/doi/doi.aspx?DOIid=39>. DOI: 10.12078/2017121301.]

Yang LL, Wen SZ, Xing YJ (2018). Study on soil erosion in ecological “green-core” area of Changzhutan urban cluster. *Journal of Central South University of Forestry & Technology*, 38(1), 81–87. [杨丽丽, 文仕知, 邢元军 (2018). 长株潭城市群生态绿心区域土壤侵蚀研究. 中南林业科技大学学报, 38(1), 81–87.]

责任编辑: 郭柯 责任编辑: 李敏

附录 长株潭城市群生态绿心地区主要植被类型样方数据

Supplement Plot data of main vegetation types in the ecological “green-core” area of Changzhutan urban cluster
<https://www.plant-ecology.com/fileup/1005-264X/PDF/cjpe.2020.0308-D1.xlsx>