

浙江安吉金钱松群落特征研究

谢春平^{1,2,①}, 南程慧^{1,2}, 伊贤贵², 吴显坤^{1,2}, 刘大伟¹

(1. 南京森林警察学院刑事科学技术学院, 江苏 南京 210023; 2. 南京林业大学生物与环境学院, 江苏 南京 210037)

摘要: 采用群落生态学研究方法, 在浙江安吉金钱松 [*Pseudolarix amabilis* (J. Nelson) Rehd.] 典型分布区设置 10 个样地, 对群落的物种组成、种子植物区系特征和垂直结构, 乔木层和灌木层主要种类的重要值以及群落相似性进行了分析。结果表明: 该群落共有种子植物 43 科 65 属 84 种, 其中, 含单种属的科较多; 乔木层中水竹 (*Phyllostachys heteroclada* Oliv.)、金钱松和毛竹 [*Phyllostachys edulis* (Carr.) J. Houz.] 株数较多, 分别占乔木层植物总株数的 32.2%、27.1% 和 23.0%, 而灌木层种类的分布却较分散。频度分析结果表明: 该群落低频度级种类的比例大于高频度级种类, 且频度级达到 E 级 (频度为 81%~100%) 的木本植物只有金钱松 1 种。该群落属的分布区类型有 12 个, 以温带成分为主, 且温带成分与热带成分的比值 (T/R) 为 2.9。该群落垂直结构明显, 可分成乔木层、灌木层和草本层 3 个层次, 且层间植物较少, 乔木层和灌木层还可进一步分成 3 个亚层。该群落乔木层中金钱松、水竹和毛竹的重要值较高, 分别为 38.76%、18.14% 和 12.86%; 而灌木层中山榿 (*Lindera reflexa* Hemsl.)、水竹、茶 [*Camellia sinensis* (Linn.) Kuntze] 和山胡椒 [*Lindera glauca* (Sieb. et Zucc.) Blume] 的重要值较高, 分别为 11.44%、11.42%、10.82% 和 10.17%。UPGMA 聚类分析和非度量多维尺度分析 (NMDS) 结果表明: 供试 10 个样地的金钱松群落可分成 3 个类群, 分别命名为金钱松+檫木+毛竹-山榿+山胡椒+水竹-三脉紫菀群丛 (Assoc. *Pseudolarix amabilis*+*Sassafras tzumu*+*Phyllostachys edulis*-*Lindera reflexa*+*Lindera glauca*+*Phyllostachys heteroclada*-*Aster ageratoides*)、金钱松-水竹群-早熟禾群丛 (Assoc. *Pseudolarix amabilis*-*Phyllostachys heteroclada*-*Poa annua*) 和毛竹+金钱松-蛇莓群丛 (Assoc. *Phyllostachys edulis*+*Pseudolarix amabilis*-*Duchesnea indica*)。研究结果显示: 浙江安吉金钱松群落物种组成分散, 优势科属不明显, 温带性质较强, 并且, 金钱松在群落中的优势地位可能被竹类植物取代。建议从生物学特性、群落种间竞争及环境因子 (尤其是人为干扰) 等方面考虑制定金钱松的保护措施。

关键词: 金钱松; 群落特征; 物种组成; 区系特征; 重要值; 相似性

中图分类号: S718.54 文献标志码: A 文章编号: 1674-7895(2018)01-0091-09

DOI: 10.3969/j.issn.1674-7895.2018.01.11

Study on community characteristics of *Pseudolarix amabilis* in Anji County of Zhejiang Province

XIE Chunping^{1,2,①}, NAN Chenghui^{1,2}, YI Xiangui², WU Xiankun^{1,2}, LIU Dawei¹ (1. Faculty of Criminal Science and Technology, Nanjing Forest Police College, Nanjing 210023, China; 2. College of Biology and the Environment, Nanjing Forestry University, Nanjing 210037, China), *J. Plant Resour. & Environ.*, 2018, 27(1): 91-99

Abstract: By using research methods of community ecology, ten plots were set in typical distribution area of *Pseudolarix amabilis* (J. Nelson) Rehd. in Anji County of Zhejiang Province, and species composition, spermatophyte floristic characteristics and vertical structure of the community, important value of main species in arbor and shrub layers, and community similarity were analyzed. The results show that there are 84 species of spermatophytes in 65 genera belonging to 43 families, in which, the families containing monotypic genus are more. Individual numbers of *Phyllostachys heteroclada* Oliv., *P. amabilis*, and *Phyllostachys edulis* (Carr.) J. Houz. in arbor layer are more, which account for 32.2%,

收稿日期: 2017-07-13

基金项目: 中央高校基本科研业务经费项目 (LGYB201709); “十三五”江苏省重点建设学科项目 (2016—2020)

作者简介: 谢春平 (1980—), 男, 海南儋州人, 博士, 副教授, 主要从事植物生态学方面的研究。

①通信作者 E-mail: ascendens@qq.com

27.1%, and 23.0% of total individual number of species in arbor layer, respectively, but distribution of species in shrub layer is relatively dispersed. The frequency analysis result shows that percentage of low frequency grade species in this community is greater than that of high frequency grade species, and frequency grade of woody plant reaching E level (frequency of 81%–100%) is only one species of *P. amabilis*. There are 12 genus distribution types in this community, in which, temperate element is main, and the ratio of temperate element to tropical element (T/R) is 2.9. The vertical structure of this community is clear, and can be divided into three layers of arbor, shrub, and herb layers, and there are few interlayer plants; arbor and shrub layers can be further divided into three sub-layers. The important values of *P. amabilis*, *P. heteroclada*, and *P. edulis* in arbor layer of this community are relatively high, which are 38.76%, 18.14%, and 12.86%, respectively, while those of *Lindera reflexa* Hemsl., *P. heteroclada*, *Camellia sinensis* (Linn.) Kuntze, and *Lindera glauca* (Sieb. et Zucc.) Blume in shrub layer are relatively high, which are 11.44%, 11.42%, 10.82%, and 10.17%, respectively. The results of UPGMA cluster analysis and non-metric multi-dimensional scaling analysis (NMDS) show that *P. amabilis* community of ten plots tested can be divided into three groups, which are named as Assoc. *Pseudolarix amabilis*+*Sassafras tzumu*+*Phyllostachys edulis*–*Lindera reflexa*+*Lindera glauca*+*Phyllostachys heteroclada*–*Aster ageratoides*, Assoc. *Pseudolarix amabilis*–*Phyllostachys heteroclada*–*Poa annua*, and Assoc. *Phyllostachys edulis*+*Pseudolarix amabilis*–*Duchesnea indica*, respectively. It is suggested that species composition of *P. amabilis* community in Anji County of Zhejiang Province is dispersed, its dominant family and genus are not obvious, and its temperate nature is relatively strong; furthermore, the dominant position of *P. amabilis* in the community may be replaced by bamboo species. Conservation measures of *P. amabilis* should be considered to formulate based on biological characteristics, interspecific competition of community, and environmental factors (especially human disturbance), etc.

Key words: *Pseudolarix amabilis* (J. Nelson) Rehd.; community characteristics; species composition; floristic characteristics; important value; similarity

群落结构特征是物种与物种以及物种与环境长期适应的结果。群落的物种组成、垂直结构和物种重要值等数量特征是群落生态学研究的基础,对于了解群落现状和演替趋势具有重要作用,并为制定群落保护对策提供参考依据^[1]。由于珍稀濒危植物对生境要求独特及自身适应能力差等原因,其所在群落的结构往往存在一定特殊性^[2-3],因此,通过对珍稀濒危植物所在群落的物种组成、垂直结构、物种重要值和区系特征等进行分析,有助于了解群落的组成和更新动态^[4],并可据此提出科学合理的保护策略。

金钱松 [*Pseudolarix amabilis* (J. Nelson) Rehd.] 属国家Ⅱ级重点保护野生植物,为中国特有树种,主要分布在江苏南部(宜兴)、浙江、安徽南部、福建北部、江西、湖南以及湖北利川市至万县的交界地区,散生于海拔 1 500 m 以下的针叶林和阔叶林中^[5]。金钱松树干通直,木材结构优良,秋季易形成黄灿灿的金秋景观,因此,该树种不仅是优良的造林树种,而且是世界五大庭园观赏树种之一^[6]。据《浙江植物志》^[7]记载,金钱松在野外多呈零星散生状态,但作者在浙江省安吉县山川乡九亩村附近却发现数公顷成片的金钱松群落,形成时间为 70~100 a,并且,该

群落中的金钱松为人们进行大面积采伐后由金钱松残存植株繁衍而来的后代。目前,该群落中的金钱松不但面临着刚竹 (*Phyllostachys* spp.) 及其他伴生树种的竞争威胁,而且受到严重的人为干扰(如种茶、放牧和砍伐等)。

鉴于此,作者采用群落生态学研究方法,在浙江安吉金钱松分布的典型地段设置 10 个样地,对金钱松群落的物种组成、种子植物区系特征和垂直结构,以及乔木层和灌木层主要种类的重要值等数量特征进行了分析;基于欧氏距离,采用非加权组平均法 (UPGMA) 对各样地的金钱松群落进行聚类分析,并对各样地的金钱松群落进行非度量多维尺度分析 (NMDS),以期探讨干扰生境下金钱松群落的结构特征和演替趋势,明确金钱松种群发展的限制因子,为制定浙江安吉地区金钱松种群的保护策略提供参考依据。

1 研究地概况和研究方法

1.1 研究地概况

研究地位于浙江省安吉县山川乡九亩村附近,毗

邻天目山国家级自然保护区。该区域具有中亚热带向北亚热带过渡的气候特征,并受海洋暖湿气流和季风的影响,四季分明,冬无严寒、夏无酷暑;年平均气温 8.8℃~14.8℃,最冷月平均气温 2.6℃~3.4℃,最热月平均气温 19.9℃~28.1℃;年降水量 1 390~1 870 mm,年太阳辐射总量 4 460~3 270 MJ·m⁻²,无霜期在 200 d 以上。土壤类型以红壤、黄壤和黄棕土为主。随着海拔和地形变化,该区域拥有复杂多样的小气候和小生境,为各类生物的生存和繁衍提供了丰富的场所,使该区域成为华东地区中国特有植物分布中心之一。

表 1 浙江安吉金钱松群落样地的基本情况

Table 1 Basic status of plots of *Pseudolarix amabilis* (J. Nelson) Rehd. community in Anji County of Zhejiang Province

样地编号 No. of plot	纬度 Latitude	经度 Longitude	海拔/m Elevation	坡度/(°) Slope	坡向 Aspect	坡位 Slope position	人为干扰强度 Human disturbance degree
1	N30°25'17"	E119°38'03"	841	35	东南向 Southeast	中上部 Mid-upper	中 Moderate
2	N30°25'08"	E119°38'17"	858	30	东南向 Southeast	中上部 Mid-upper	弱 Weak
3	N30°25'09"	E119°38'09"	811	25	东南向 Southeast	中上部 Mid-upper	强 Strong
4	N30°25'06"	E119°38'10"	788	15	东北向 Northeast	中上部 Mid-upper	中 Moderate
5	N30°25'01"	E119°38'10"	790	15	东南向 Southeast	中上部 Mid-upper	强 Strong
6	N30°25'01"	E119°38'09"	788	20	东南向 Southeast	中上部 Mid-upper	强 Strong
7	N30°25'00"	E119°38'07"	803	20	东南向 Southeast	中上部 Mid-upper	中 Moderate
8	N30°24'54"	E119°38'13"	767	14	东北向 Northeast	中上部 Mid-upper	弱 Weak
9	N30°24'51"	E119°38'15"	761	30	东北向 Northeast	中部 Middle	中 Moderate
10	N30°24'49"	E119°38'16"	770	17	东北向 Northeast	中部 Middle	强 Strong

1.3 数据分析

对每个样地内出现的裸子植物和被子植物分别按照郑万钧系统和哈钦松系统进行归类,将现场不能确定种名的植物样株带回实验室,查阅《浙江植物志》明确其种名。根据乔木层和灌木层各植物种类的株数,以植物的多度累计百分比为纵坐标、种数为横坐标绘制种-多度分布曲线^[8]。按照 Raunkiaer 频度定律^[9-11]对各样地内木本植物的频度进行分级,其中,A 级频度为 1%~20%,B 级频度为 21%~40%,C 级频度为 41%~60%,D 级频度为 61%~80%,E 级频度为 81%~100%。

根据吴征镒^[12]的方法对群落内种子植物属的分布区类型进行划分,计算各分布区类型的比例^[13],并计算温带成分与热带成分的比值(T/R),据此分析该群落植物区系的过渡性(T/R 值大于 1,表示以温带成分为主; T/R 值小于 1,表示以热带成分为主)^[14]。根据各种类在群落中的高度及其生物学特性,对群落的垂直结构进行分析,其中,乔木层和灌木层的层高

1.2 研究方法

在金钱松分布的典型地段设置 10 个面积 20 m×20 m 的样地,各样地的基本情况见表 1。将每个样地分成 4 个面积 10 m×10 m 的样方,对每个样方内的乔木进行每木检测,详细记录乔木的种类、胸径、冠幅和生长状况等信息;在每个样方的四角及中心各设置 1 个面积 5 m×5 m 的灌木样方和面积 1 m×1 m 的草本样方,详细记录灌木样方内灌木的种类、盖度、基径和株数等信息,并记录草本样方内草本的种类、盖度和高度等信息。同时,对每个样地的人为干扰情况进行详细记录。

分界线为 3 m^[15]。根据公式“重要值=(相对多度+相对频度+相对优势度)/3”^[16]计算乔木层和灌木层各种类的重要值,其中,乔木层和灌木层各种类的优势度分别以胸径和基径为计算标准。

使用 PAST 3.15 软件,以 10 个样地乔木层和灌木层种类的重要值为变量组成 10×54 的原始数据矩阵,基于欧氏距离、采用非加权组平均法(UPGMA)对各样地进行聚类分析,并结合每个样地的实际情况对金钱松群落进行非度量多维尺度分析(NMDS)^[17],最后,参考王伯荪^[18]的方法对不同类型金钱松群落进行命名。

2 结果和分析

2.1 群落物种组成分析

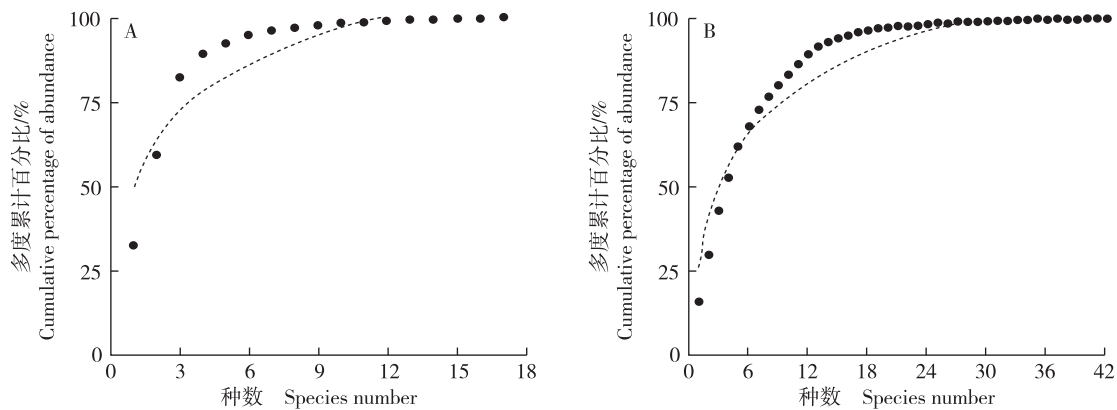
2.1.1 科、属、种组成分析 调查结果显示:浙江安吉金钱松群落共有种子植物 43 科 65 属 84 种。其中,裸子植物有 2 科 4 属 4 种,包括松科(Pinaceae)的金钱

松和马尾松 (*Pinus massoniana* Lamb.) 以及杉科 (Taxodiaceae) 的杉木 [*Cunninghamia lanceolata* (Lamb.) Hook.] 和柳杉 (*Cryptomeria fortunei* Hooibr. ex Otto et Dietr.); 被子植物有 41 科 61 属 80 种, 其中, 蔷薇科 (Rosaceae) 和禾本科 (Poaceae) 种类较多 (分别有 6 和 11 种), 山莓 (*Rubus corchorifolius* Linn. f.)、蓬蘽 (*R. hirsutus* Thunb.)、野蔷薇 (*Rosa multiflora* Thunb.) 和早熟禾 (*Poa annua* Linn.) 较为常见。

群落内仅含 1 属 1 种的科较多, 共有 24 科, 分别占该群落植物总科数、总属数和总种数的 55.8%、36.9% 和 28.6%; 其中, 世界广布型科菊科 (Asteraceae) 和莎草科 (Cyperaceae) 分别只有三脉紫菀 (*Aster ageratoides* Turcz.) 和薹草 (*Carex* sp.) 各 1 种, 亚热带优势科壳斗科 (Fagaceae) 只有麻栎 (*Quercus acutissima* Carr.) 1 种。群落内含 2 种的科有 13 科, 包括 21 属 26 种, 属种比例接近 1:1; 并且, 松科和杉科植物较为常见, 其余科植物多随机出现在 1~3 个样地内。群落内含 3~5 种的科仅有 4 科, 包

含 10 属 16 种, 分别占该群落植物总科数、总属数和总种数的 9.3%、15.4% 和 19.0%; 其中, 山榿 (*Lindera reflexa* Hemsl.)、山胡椒 [*L. glauca* (Sieb. et Zucc.) Blume] 和荚蒾 (*Viburnum dilatatum* Thunb.) 的株数和出现频率均较大。另外, 样地内还有少量的蕨类植物, 如金毛狗蕨 [*Cibotium barometz* (Linn.) J. Sm.] 和阔鳞鳞毛蕨 [*Dryopteris championii* (Benth.) C. Chr. ex Ching] 等。

2.1.2 种-多度累计分布特征 从浙江安吉金钱松群落乔木层的种-多度分布曲线 (图 1-A) 来看, 该群落乔木层植物共有 17 种 708 株, 植物的多度累计分布符合对数函数曲线 $y = 20.507 \ln x + 49.970$ ($R^2 = 0.816$); 其中, 株数排名前 5 位的种类依次为水竹 (*Phyllostachys heteroclada* Oliv.)、金钱松、毛竹 [*P. edulis* (Carr.) J. Houz.]、早园竹 (*P. propinqua* McClure) 和杉木, 分别有 228、192、163、50 和 20 株, 各占乔木层植物总株数的 32.2%、27.1%、23.0%、7.1% 和 2.8%, 共占乔木层植物总株数的 92.2%。



●: 观测值 Observation value; ----: 拟合曲线 Fitted curve.

图 1 浙江安吉金钱松群落乔木层 (A) 和灌木层 (B) 的种-多度分布曲线
Fig. 1 Species-abundance distribution curve in arbor (A) and shrub (B) layers of *Pseudolarix amabilis* (J. Nelson) Rehd. community in Anji County of Zhejiang Province

从浙江安吉金钱松群落灌木层的种-多度分布曲线 (图 1-B) 来看, 该群落灌木层植物共有 42 种 2 620 株, 植物的多度累计分布符合对数函数曲线 $y = 21.985 \ln x + 26.505$ ($R^2 = 0.911$); 其中, 占灌木层植物总株数 10% 以上的种类有山榿、水竹和茶 [*Camellia sinensis* (Linn.) O. Ktze.], 分别有 410、362 和 346 株, 各占灌木层植物总株数的 15.6%、13.8% 和 13.2%; 占灌木层植物总株数 5%~10% 的种类有山胡椒、山

莓、蓬蘽和油茶 (*Camellia oleifera* Abel), 分别有 259、245、152 和 133 株, 各占灌木层植物总株数的 9.9%、9.4%、5.8% 和 5.1%。整体来看, 占灌木层植物总株数 5% 以上的种类共有 7 种 1 907 株, 共占灌木层植物总株数的 72.8%。此外, 占灌木层植物总株数 1%~5% 的种类有 9 种 585 株, 共占灌木层植物总株数的 22.3%; 占灌木层植物总株数 1% 以下的种类有 26 种 128 株, 共占灌木层植物总株数的 4.9%。另

外,乔木层和灌木层中刚竹属 (*Phyllostachys* Sieb. et Zucc.) 种类的株数均较多,在群落中占有一定的优势。

2.1.3 频度分析 统计结果表明:浙江安吉金钱松群落中木本植物频度级为 A、B、C、D 和 E 级的种数分别占群落中木本植物总种数的 58.0%、18.0%、14.0%、8.0% 和 2.0%,各频度级种数的比例从大到小依次为 A 级、B 级、C 级、D 级、E 级,说明群落中低频度级种类的比例大于高频度级种类。该群落中,频度级为 E 级的木本植物只有金钱松 1 种,为优势种;频度级为 D 级的木本植物有水竹、野蔷薇、山胡椒和山莓,均为灌木层的主要种类。

2.2 群落种子植物区系特征分析

浙江安吉金钱松群落种子植物属的区系组成分析结果(表 2)表明:该群落种子植物属的分布区类型共有 12 个。其中,世界分布型属包括早熟禾属(*Poa* Linn.) 和藁草属(*Carex* Linn.) 等 9 属;具有热带性质的属有 14 属,占该群落植物总属数(世界分布型属除外,下同)的 25.0%;具有温带性质的属有 40 属,占该群落植物总属数的 71.4%;中国特有分布型属有 2 属,即杉木属(*Cunninghamia* R. Br.) 和金钱松属(*Pseudolarix* Gord.), 占该群落植物总属数的比例较

低,仅 3.6%。在热带成分中,热带亚洲和热带美洲间断分布型属和热带亚洲(印度-马来西亚)分布型属占该群落植物总属数的比例最高,均为 7.1%,包括桉木属(*Eurya* Thunb.)、安息香属(*Styrax* Linn.) 和山茶属(*Camellia* Linn.) 等。在温带成分中,北温带分布型属占该群落植物总属数的比例最高,为 37.5%,包括槭属(*Acer* Linn.)、松属(*Pinus* Linn.)、蔷薇属(*Rosa* Linn.) 和胡颓子属(*Elaeagnus* Linn.) 等;东亚和北美洲间断分布型属和东亚分布型属占该群落植物总属数的比例较高,均为 10.7%,包括木兰属(*Magnolia* Linn.)、紫藤属(*Wisteria* Nutt.)、山胡椒属(*Lindera* Thunb.)、刚竹属、小米空木属(*Stephanandra* Sieb. et Zucc.) 和柳杉属(*Cryptomeria* D. Don) 等。上述结果说明浙江安吉金钱松群落植物区系具有一定的特殊性和古老性。

计算结果表明:浙江安吉金钱松群落温带成分与热带成分的比值(*T/R*)为 2.9,说明该群落植物区系以温带成分为主,具有较强的温带性质。

2.3 群落垂直结构分析

从垂直结构来看,浙江安吉金钱松群落可分成乔木层、灌木层和草本层 3 个层次,并且,乔木层和灌木层均可进一步分成 3 个亚层。

乔木层第 1 亚层高度在 30.0(含 30.0) m 以上,最高达 40.0 m,共有 41 株植株,其中 87.8% 的植株为金钱松,零星分布有麻栎和檫木 [*Sassafras tzumu* (Hemsl.) Hemsl.]。第 2 亚层高度为 15.0(含 15.0)~30.0 m,共有 101 株植株,仍以金钱松为主,占该亚层植物总株数的 83.2%;麻栎和檫木亦有一定数量,并出现杉木和柳杉。第 3 亚层高度为 3.0(含 3.0)~15.0 m,共有 566 株植株,其中水竹株数最多(228 株),占该亚层植物总株数的 40.3%;毛竹株数也较多(163 株),占该亚层植物总株数的 28.8%;金钱松有 74 株,占该亚层植物总株数的 13.1%;此外,还零星分布有茶茱萸 (*Viburnum setigerum* Hance)、野桐 (*Mallotus japonicus* var. *floccosus* S. M. Hwang) 和油茶等小乔木种类。

灌木层第 1 亚层高度为 2.0(含 2.0)~3.0 m,主要种类有山胡椒、杉木和水竹,并伴有少量的鹅耳枥 (*Carpinus turczaninowii* Hance)、茶条槭 (*Acer ginnala* Maxim.) 和青榨槭 (*A. davidii* Franch.) 等种类。第 2 亚层高度为 1.0(含 1.0)~2.0 m,主要种类除上述植物外,还有茶、油茶、小米空木 [*Stephanandra incisa*

表 2 浙江安吉金钱松群落种子植物属的分布区类型分析
Table 2 Analysis on genus distribution type of spermatophytes in *Pseudolarix amabilis* (J. Nelson) Rehd. community in Anji County of Zhejiang Province

分布区类型 Distribution type	属 Genus	
	数量 Number	比例/% ¹⁾ Percentage ¹⁾
世界分布 Cosmopolitan	9	—
泛热带分布 Pantropic	3	5.4
热带亚洲和热带美洲间断分布 Trop. Asia & Trop. Amer. disjuncted	4	7.1
旧世界热带分布 Old World Trop.	3	5.4
热带亚洲(印度-马来西亚)分布 Trop. Asia (Indo-Malesia)	4	7.1
北温带分布 N. Temp.	21	37.5
东亚和北美洲间断分布 E. Asia & N. Amer. disjuncted	6	10.7
旧世界温带分布 Old World Temp.	4	7.1
温带亚洲分布 Temp. Asia	2	3.6
地中海区、西亚至中亚分布 Mediterranea, W. Asia to C. Asia	1	1.8
东亚分布 E. Asia	6	10.7
中国特有分布 Endemic to China	2	3.6
合计 Total	65	100.0

¹⁾ 不包括世界分布型 Excluded Cosmopolitan.

(Thunb.) Zabel]、山榿和山莓等种类,并伴有少量的华蔓茶藨子(*Ribes fasciculatum* var. *chinense* Maxim.)、卫矛[*Euonymus alatus* (Thunb.) Sieb.]和白檀[*Symplocos paniculata* (Thunb.) Miq.]等种类。第3亚层高度低于1.0 m,蔷薇科植物较多,如野蔷薇、高粱泡(*Rubus lambertianus* Ser.)、寒莓(*R. buergeri* Miq.)、蓬蘽和太平莓(*R. pacificus* Hance)等种类,并伴有少量的细齿叶柃(*Eurya nitida* Korth.)和胡颓子(*Elaeagnus pungens* Thunb.)等种类。值得注意的是,该群落的灌木层中仅有1株金钱松幼苗,说明金钱松在该群落下层更新困难。

草本层植物高度多在0.5(含0.5) m以下,偶有虎杖(*Reynoutria japonica* Houtt.)植株达到1.0 m,常

见植物种类有三脉紫菀、刻叶紫堇[*Corydalis incisa* (Thunb.) Pers.]、金爪儿(*Lysimachia grammica* Hance)、蔓草、早熟禾、早开堇菜(*Viola prionantha* Bunge)和蛇莓[*Duchesnea indica* (Andr.) Focke]等。

该群落的层间植物较少,仅零星分布有紫藤[*Wisteria sinensis* (Sims) Sweet]、清风藤(*Sabia japonica* Maxim.)、忍冬(*Lonicera japonica* Thunb.)、鹰爪枫(*Holboellia coriacea* Diels)和常春藤[*Hedera nepalensis* var. *sinensis* (Tobl.) Rehd.]等种类。

2.4 乔木层和灌木层主要种类的重要值分析

浙江安吉金钱松群落乔木层和灌木层主要种类(重要值在1%以上)的相对多度、相对频度、相对优势度和重要值见表3。由表3可见:乔木层中11种植

表3 浙江安吉金钱松群落乔木层和灌木层中主要种类(重要值在1%以上)的相对多度、相对频度、相对优势度和重要值
Table 3 Relative abundance, relative frequency, relative dominance, and important value of main species (important value above 1%) in arbor and shrub layers of *Pseudolarix amabilis* (J. Nelson) Rehd. community in Anji County of Zhejiang Province

种类 Species	相对多度/% Relative abundance	相对频度/% Relative frequency	相对优势度/% Relative dominance	重要值/% Important value
乔木层 Arbor layer				
金钱松 <i>Pseudolarix amabilis</i>	27.13	22.22	66.93	38.76
水竹 <i>Phyllostachys heteroclada</i>	32.39	15.56	6.48	18.14
毛竹 <i>Phyllostachys edulis</i>	23.15	4.44	10.99	12.86
杉木 <i>Cunninghamia lanceolata</i>	2.84	15.56	5.87	8.09
檫木 <i>Sassafras tzumu</i>	1.85	11.11	5.19	6.05
早园竹 <i>Phyllostachys propinqua</i>	7.10	2.22	0.07	3.13
厚朴 <i>Magnolia officinalis</i>	0.71	4.44	1.08	2.08
槲栎 <i>Padus buergeriana</i>	0.43	4.44	0.27	1.71
麻栎 <i>Quercus acutissima</i>	0.71	2.22	2.05	1.66
茶茱萸 <i>Viburnum setigerum</i>	1.85	2.22	0.17	1.41
油茶 <i>Camellia oleifera</i>	0.71	2.22	0.07	1.00
灌木层 Shrub layer				
山榿 <i>Lindera reflexa</i>	11.61	9.18	13.52	11.44
水竹 <i>Phyllostachys heteroclada</i>	11.46	6.76	16.03	11.42
茶 <i>Camellia sinensis</i>	11.32	9.66	11.48	10.82
山胡椒 <i>Lindera glauca</i>	9.84	7.73	12.95	10.17
山莓 <i>Rubus corchorifolius</i>	10.50	3.86	7.08	7.15
油茶 <i>Camellia oleifera</i>	4.96	6.28	6.31	5.85
杉木 <i>Cunninghamia lanceolata</i>	3.25	3.86	6.45	4.52
蓬蘽 <i>Rubus hirsutus</i>	6.07	3.38	3.08	4.18
茱萸 <i>Viburnum dilatatum</i>	3.62	6.76	1.93	4.10
野蔷薇 <i>Rosa multiflora</i>	2.59	5.80	2.27	3.55
华空木 <i>Stephanandra chinensis</i>	4.22	2.90	2.36	3.16
寒莓 <i>Rubus buergeri</i>	5.33	1.45	1.79	2.85
野桐 <i>Mallotus japonicus</i> var. <i>floccosus</i>	1.70	3.38	2.64	2.58
高粱泡 <i>Rubus lambertianus</i>	2.44	2.42	1.81	2.22
金银木 <i>Lonicera maackii</i>	1.26	2.42	0.79	1.49
白檀 <i>Symplocos paniculata</i>	1.26	1.45	1.57	1.43
太平莓 <i>Rubus pacificus</i>	2.37	1.45	0.40	1.41
豺皮樟 <i>Litsea rotundifolia</i> var. <i>oblongifolia</i>	0.44	2.42	0.68	1.18

物的重要值在 1% 以上, 其中, 金钱松的重要值最高 (38.76%), 其相对优势度 (66.93%) 远高于其他种类, 其相对多度 (27.13%) 也较高, 排名第 2 位; 水竹和毛竹的重要值较高, 分别为 18.14% 和 12.86%, 且其相对多度也较高, 分别为 32.39% 和 23.15%; 杉木和檫木的重要值也较高, 分别为 8.09% 和 6.05%, 且其相对频度也较高, 分别为 15.56% 和 11.11%; 早园竹的重要值 (3.13%) 较低, 其余植物的重要值均在 3% 以下。

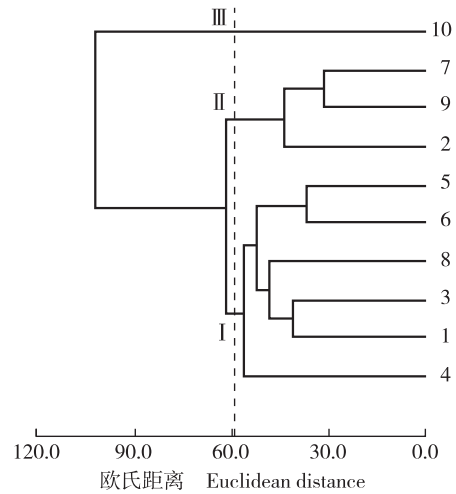
灌木层中 18 种植物的重要值在 1% 以上, 其中, 山榿、水竹、茶和山胡椒的重要值较高, 分别为 11.44%、11.42%、10.82% 和 10.17%, 山莓、油茶、杉木、蓬蘽、荚蒾、野蔷薇和华空木 (*Stephanandra chinensis* Hance) 的重要值分别为 7.15%、5.85%、4.52%、4.18%、4.10%、3.55% 和 3.16%, 这 11 种植物构成了该群落灌木层植物的主体。

2.5 群落相似性分析

基于欧氏距离、采用非加权组平均法 (UPGMA) 对浙江安吉 10 个样地的金钱松群落进行聚类分析, 结果见图 2; 并对各样地金钱松群落进行非度量多维尺度分析 (NMDS), 结果见图 3。结果表明: 在欧氏距离 58.65 处, 供试 10 个样地的金钱松群落被分成 3 个类群, 其中, 类群 I 包括样地 1、3、4、5、6 和 8, 类群 II 包括样地 2、7 和 9, 类群 III 仅有样地 10。

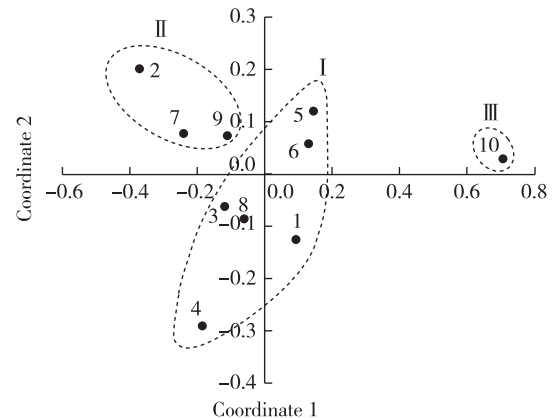
在类群 I 各样地群落的乔木层中, 金钱松有较大优势, 其在各样地群落中的重要值总体在 50% 以上, 并且, 乔木层中的檫木和毛竹也占有一定比例, 而灌木层中山榿、山胡椒和水竹等种类的优势较为明显, 故该类型群落可命名为金钱松+檫木+毛竹-山榿+山胡椒+水竹-三脉紫菀群丛 (*Assoc. Pseudolarix amabilis+Sassafras tzumu+Phyllostachys edulis-Lindera reflexa+Lindera glauca+Phyllostachys heteroclada-Aster ageratoides*)。虽然该类型群落林下植物的组成变化较大, 样地排序较为分散, 但结合实际情况和上述聚类结果, 仍认为可将这些样地群落划分为同一类型。

在类群 II 各样地群落的乔木层中, 金钱松也有较大优势, 其中, 样地 2 群落的乔木层仅金钱松 1 种, 而样地 7 和 9 群落的乔木层中金钱松的重要值也较高 (分别为 82.92% 和 75.56%), 而在这 3 个样地群落的灌木层中水竹均有较大优势, 故该类型群落可命名为金钱松-水竹-早熟禾群丛 (*Assoc. Pseudolarix amabilis-Phyllostachys heteroclada-Poa annua*)。



1-10: 样地编号 No. of plot.

图 2 基于欧氏距离的浙江安吉 10 个样地金钱松群落的 UPGMA 聚类分析
Fig. 2 UPGMA cluster analysis on *Pseudolarix amabilis* (J. Nelson) Rehd. community of ten plots in Anji County of Zhejiang Province based on Euclidean distance



1-10: 样地编号 No. of plot.

图 3 浙江安吉 10 个样地金钱松群落的非度量多维尺度分析 (NMDS)
Fig. 3 Non-metric multi-dimensional scaling analysis (NMDS) on *Pseudolarix amabilis* (J. Nelson) Rehd. community of ten plots in Anji County of Zhejiang Province

聚类分析结果表明样地 10 群落与其余 9 个样地群落的欧氏距离较远, NMDS 分析结果也显示该样地群落为独立类群。该样地群落乔木层有金钱松和毛竹 2 种, 且林下无灌木, 并且, 毛竹 (81.33%) 的重要值远大于金钱松 (18.67%), 故该类型群落可命名为毛竹+金钱松-蛇莓群丛 (*Assoc. Phyllostachys edulis+Pseudolarix amabilis-Duchesnea indica*)。

3 讨论和结论

3.1 自身生物学特性对金钱松的影响

调查结果显示:浙江省安吉县的金钱松分布在海拔550~1 000 m区域,而毗邻的天目山国家级自然保护区内的金钱松最高可分布在海拔1 500 m左右^[19]。金钱松为喜光、喜温凉和湿润的树种,但不耐高温,因此,供试金钱松群落多数分散在东南坡。金钱松在生长前期具有一定的耐阴特性,但在生长后期需光性增强^[20],因此,在灌丛郁闭度高的林下很难发现其幼树和幼苗。金钱松种子具翅,可依靠风进行传播,在调查群落周边的田地里发现很多已经萌发的金钱松种子,但并未发现其幼树和幼苗;并且,这些已萌发种子的胚根出现腐烂情况,这可能是由于受阳光直射后胚根细胞脱水所致。金钱松为菌根性树种,在自然条件下缺少外生菌根菌,可导致其植株生长不良,甚至不生长^[21]。金钱松特殊的生物学特性在一定程度上制约了其在浙江安吉金钱松群落中的发展。

3.2 种间竞争对金钱松的影响

Raunkiaer 频度定律认为 B、C 和 D 频度级种数的比例逐渐增高,说明群落中种的分布不均匀,暗示群落中的优势种存在被演替的可能性^[22]。本研究结果显示:金钱松在群落中的优势地位可能被其他植物取代。从群落物种组成来看,对金钱松影响最大的是竹类植物,尤其是毛竹和水竹,已经与金钱松形成明显的竞争格局;在部分样地,金钱松甚至被竹类植物包围。有研究表明:毛竹入侵不同森林类型后,致使森林群落的植物多样性发生质的变化,群落组成和结构简化,物种多样性下降^[23-24]。在竹类植物侵扰下,群落中植物种群的分布格局也会发生变化,从而影响植物的生长^[25]。调查发现,样地内(尤其是与竹类植物共生的群落中)出现一定数量的金钱松枯立木,这可能是由于竹类植物的无性繁殖方式对有限的资源具有较强的竞争力优势^[26]。结合种-多度累计分布特征,预测刚竹属植物对该群落发展影响较大,因此,如何控制竹类植物生长是制定金钱松保护策略时应关注的问题之一。

3.3 外部环境因子对金钱松的影响

在供试样地内,对金钱松影响较大的环境因子包括自然条件、农业种植、森林采伐和放牧。自然条件下,成年金钱松的株高在20 m以上,最高达40 m,形

成木秀于林或木秀于竹海的景象;因此,在大风和暴雪等极端气象条件下,很多金钱松出现断顶现象。据不完全统计,样地内约有10%的金钱松断顶。本研究中,部分金钱松群落由废弃茶园形成,群落中存有较多茶树,在茶叶行情好的年份,时常有村民上山采茶,林下植被被严重踩踏;部分村民在金钱松群落周边开荒种茶,为了让茶树获得更多光照,人们对遮挡茶园的金钱松进行长期环剥,导致金钱松死亡;零星的森林采伐及盗伐情况亦时有发生。虽然没有直接证据证明该区域的放牧(山羊)活动对金钱松幼树和幼苗的更新造成影响,但有研究表明山羊喜食马桑(*Coriaria nepalensis* Wall.)和杉木^[27],因此,金钱松的幼树和幼苗有被动物啃食的可能。

3.4 对群落中濒危植物的保护措施

调查发现,浙江安吉金钱松群落内存在一定数量的国家二级重点保护野生植物——厚朴(*Magnolia officinalis* Rehd. et Wils.),建议在该区域内建立相应的保护区或保护点,为厚朴创造良好的生存环境。对濒危植物进行保护是一项复杂的系统工程,既要考虑保护对象的生物学和生态学特性,也要充分考虑保护工作开展的可行性。就该金钱松群落而言,周边村民的采茶、放牧、种植毛竹和砍伐薪柴等活动均会对珍稀濒危植物生长造成影响,因此,在加强珍稀濒危物种保护宣传工作的同时,应建立生态补偿机制,让村民自愿退出对山地资源的竞争。

3.5 结论

调查结果显示:浙江安吉金钱松群落内共有种子植物43科65属84种,物种组成分散,优势科属不明显,且寡属种比例较高;该群落以中亚热带至北亚热带常见种为主,呈现一定的过渡性特征。乔木层中水竹、金钱松和毛竹的株数较多,为优势种,而灌木层种类的分布则相对分散。该金钱松群落植物区系具有较强的温带性质,温带成分与热带成分的比值(T/R)为2.9。该群落垂直结构简单、清晰,其中,乔木层第1和第2亚层的金钱松株数均最多,乔木层第3亚层的水竹株数最多,毛竹和金钱松株数也较多;灌木层以山胡椒、杉木和水竹为主,仅有1株金钱松幼苗;草本层以一年生草本植物种类为主;层间植物种类较少,且出现频率较低。金钱松在乔木层占有绝对优势,其次为毛竹和水竹;灌木层中山榿、水竹、茶和山胡椒的优势较为明显,但整体而言,灌木层种类的重要值分布较分散。UPGMA 聚类分析和非度量多维

尺度分析(NMDS)结果表明:供试 10 个样地的金钱松群落被分成 3 个类群,分别命名为金钱松+檫木+毛竹-山榿+山胡椒+水竹-三脉紫菀群丛、金钱松-水竹-早熟禾群丛和毛竹+金钱松-蛇莓群丛。

综上所述,金钱松在浙江安吉金钱松群落中的优势地位最明显,但其更新存在一定困难,并且,其在群落中的优势地位可能被竹类植物取代,因此,应从生物学特性、群落种间竞争及环境因子(尤其是人为干扰)等方面考虑制定金钱松的保护措施。

致谢:浙江省安吉县递铺镇森林派出所胡一波副所长为野外调查提供了帮助,南京森林警察学院刑事科学技术学院 2014 级本科生李勇和覃世伦参加了野外调查及数据整理,在此一并表示感谢!

参考文献:

- [1] 谭一波,申文辉,郑威,等.广西容县红锥天然林物种组成与群落结构特征[J].中南林业科技大学学报,2015,35(5):98-102.
- [2] KATSAVOU I, GANATSAS P. Ecology and conservation status of *Taxus baccata* population in NE Chalkidiki, northern Greece[J]. Dendrobiology, 2012, 68(2): 55-62.
- [3] KOZLOWSKI G, FREY D, FAZAN L, et al. The Tertiary relict tree *Zelkova abelicea* (Ulmaceae): distribution, population structure and conservation status on Crete[J]. Oryx, 2014, 48(1): 80-87.
- [4] PAUL A, BHATTACHARJEE S, CHOUDHURY B I, et al. Population structure and regeneration status of *Cyathea gigantea* (Wallich ex Hook. f.) Holttum, a tree fern in Arunachal Pradesh, India[J]. Journal of Forest and Environmental Science, 2015, 31(3): 164-176.
- [5] 中国树木志编辑委员会.中国树木志:第一卷[M].北京:中国林业出版社,1983:253-255.
- [6] 崔青云,王小德.金钱松研究进展与展望[J].北方园艺,2010(20):202-205.
- [7] 浙江植物志编辑委员会.浙江植物志:第一卷[M].杭州:浙江科学技术出版社,1993:351-352.
- [8] 王琦,李因刚,柳新红,等.湖北恩施桫欏林群落组成与结构[J].林业科学研究,2013,26(1):21-28.
- [9] 王云泉,田磊,仲磊,等.东白山自然保护区木荷-马尾松群落结构及物种多样性分析[J].浙江大学学报(理学版),2015,42(1):38-46.
- [10] 马磊,吴林芳,叶华谷,等.广州增城迳背乐昌含笑林群落特征研究[J].热带亚热带植物学报,2012,20(2):169-176.
- [11] 苏乐怡,赵万义,张记军,等.湖南八面山银杉群落特征及其残遗性和保守性分析[J].植物资源与环境学报,2016,25(4):76-86.
- [12] 吴征镒.中国种子植物属的分布区类型[J].云南植物研究,1991,13(增刊IV):1-139.
- [13] 吴文文,袁穗波,刘帅成,等.湖南崑山丹霞地貌区维管植物区系特征分析及对比[J].植物资源与环境学报,2010,19(4):84-91.
- [14] 冯建孟,徐成东.植物区系过渡性及其生物地理意义[J].生态学杂志,2009,28(1):108-112.
- [15] 郝建锋,李艳,王德艺,等.雅安市谢家山两种密度柳杉人工林群落结构和物种多样性研究[J].生态环境学报,2015,24(2):217-223.
- [16] 练璐瑜,陈灿,黄忠良,等.鼎湖山南亚热带常绿阔叶林不同成熟度群落特征的比较[J].生物多样性,2015,23(2):174-182.
- [17] 李大东,董廷发,陈坚,等.四川米仓山自然保护区台湾水青冈群落学特征及多样性研究[J].西北植物学报,2016,36(1):174-182.
- [18] 王伯荪.植物群落学[M].北京:高等教育出版社,1987:233-235.
- [19] 王晨晖,潘夏莉,毛忠,等.浙江天目山金钱松群落特征及其物种多样性研究[J].中国园艺文摘,2017(3):53-59.
- [20] 中国树木志编委会.中国主要树种造林技术[M].北京:中国林业出版社,1981:227-230.
- [21] 王斐,璐淑明.松科树种菌根的研究进展[J].贵州农业科学,2010,38(10):92-96.
- [22] 谢春平.城市近郊构树群落组成与结构分析——以南京仙林地区为例[J].四川农业大学学报,2015,33(4):357-363.
- [23] 白尚斌,周国模,王懿祥,等.天目山保护区森林群落植物多样性对毛竹入侵的响应及动态变化[J].生物多样性,2013,21(3):288-295.
- [24] 欧阳明,杨清培,陈昕,等.毛竹扩张对次生常绿阔叶林物种组成、结构与多样性的影响[J].生物多样性,2016,24(6):649-657.
- [25] 黄茹,齐代华,陶建平,等.竹类入侵干扰对桫欏种群空间分布格局的影响[J].四川师范大学学报(自然科学版),2009,32(1):106-111.
- [26] CUSHMAN J H, GAFFNEY K A. Community-level consequences of invasion: impacts of exotic clonal plants on riparian vegetation[J]. Biological Invasions, 2010, 12(8): 2765-2776.
- [27] 万里强,李向林,苏加楷,等.三峡地区灌丛草地放牧山羊日粮组成及其喜食性[J].草地学报,2000,8(3):186-192.

(责任编辑:佟金凤)