

江苏沿江生态防护林树种评价体系的建立与树种的初步筛选

李亚, 姚淦, 曾虹, 李维林

[江苏省·中国科学院植物研究所(南京中山植物园), 江苏南京 210014]

摘要: 采用层次分析法(AHP), 以生长适应性、生态防护能力、景观价值和经济价值为Ⅲ级指标, 以耐水湿性、抗污染性、生长速率、树冠特征、枝条特征和根系特征以及叶、花、果、树干和树形的观赏价值及材用、药用、食用和工业价值为Ⅱ级指标, 确定各评价指标的权重值和赋值, 建立了江苏沿江生态防护林树种综合评价体系。将江苏沿江生态防护林划分为水源涵养和水土保持林、景观防护林、污染隔离林和农林复合防护林 4种类型, 以耐水湿性、抗污染性、抗风性、水土保持能力、景观价值、经济价值和生长速率为评价指标, 并设置各指标的权重值, 建立了江苏沿江生态防护林树种分类评价体系。利用综合评价体系对 223个树种进行评价, 分别筛选出适用于江苏沿江生态防护林建设的综合得分前 20位的落叶乔木、常绿乔木和灌木种类, 其中, 落叶乔木包括中山杉(*Taxodium distichum* ‘Zhongshansha’)、池杉(*T. ascendens* Brongn)、落羽杉 [*T. distichum* (L) Rich], 墨西哥落羽杉(*T. mucronatum* Tenore)和水杉(*Metasequoia glyptostroboides* Hu et Cheng)等, 常绿乔木包括樟树 [*Cinnamomum camphora* (L) Presl], 北美红杉 [*Sequoia sempervirens* (Lamb) Lindl], 浙江樟 (*C. chekiangensis* Nakai)和青冈 [*Cyclobalanopsis glauca* (Thunb) Oerst]等, 灌木种类包括杞柳 (*Salix suchavensis* Cheng)、木芙蓉 (*Hibiscus mutabilis* L)、夹竹桃 (*Nerium oleander* L)和梔子 (*Gardenia jasminoides* Ellis)等。分类评价结果显示, 在 223个树种中有许多树种都可在 4种类型的防护林中通用, 这些通用树种包括中山杉、水杉、落羽杉、池杉、墨西哥落羽杉、樟树、杞柳、木芙蓉和梔子等; 另外, 从生活型角度, 针对不同的防护林类型筛选出了一些适宜的树种。研究结果显示, 该评价体系在江苏沿江生态防护林建设中具有一定的实用价值。

关键词: 生态防护林; 评价体系; 树种; 筛选

中图分类号: S727.2 03; X171.4 文献标志码: A 文章编号: 1674-7895(2010)03-0073-06

Establishment of evaluation system and primary selection of tree species in ecological riparian shelter forest along Yangtze River in Jiangsu Province LI Y a YAO Gan ZENG Hong LIW erlin (Institute of Botany Jiangsu Province and the Chinese Academy of Sciences Nanjing 210014, China), *J. Plant Resour. & Environ* 2010 19(3): 73-78

Abstract Using growth adaptability, ecological protection ability, landscape value and economic value as gradeⅢ indexes, using water tolerance, pollution-resistance, growth rate, features of canopy, branch, twig and root system, ornamentals of leaf, flower, fruit, trunk and shape, values of wood, medicine, food and industry as gradeⅡ indexes, and determining the weight value and valuation of every index, the comprehensive evaluation system of tree species in ecological riparian shelter forest along Yangtze River in Jiangsu Province was established by analytic hierarchy process (AHP). The ecological riparian shelter forest was divided into four types including water protection and soilwater conservation forest, landscape shelter forest, pollution isolated forest and agro-forestry shelter forest. Using water-tolerance, pollution-resistance, wind-resistance, water-soil conservation ability, landscape value, economic value and growth rate as indexes, and determining the weight value of every index, the classification evaluation system was also established. The 223 tree species were evaluated by the comprehensive evaluation system, and the total score top 20 tree species of deciduous trees, evergreen trees and shrubs which were

收稿日期: 2010-01-25

基金项目: 江苏省农业三项工程资助项目 [sc(2006)129]

作者简介: 李亚(1969-), 男, 安徽阜阳人, 博士, 副研究员, 主要从事植物资源与保护生物学研究。

suitable for construction of the ecological riparian shelter forest along Yangtze River in Jiangsu Province were selected respectively. In which, deciduous trees include *Taxodium distichum* ‘Zhongshansha’, *T. ascendens* Brongn, *T. distichum* (L.) Rich, *T. mucronatum* Tenore and *Metasequoia glyptostroboides* Hu et Cheng etc; evergreen trees include *Cinnamomum camphora* (L.) Presl, *Sequoia sempervirens* (Lamb.) Lindl, *C. chekiangensis* Nakai and *Cyclobalanopsis glauca* (Thunb.) Oerst, etc; shrubs include *Salix suchowensis* Cheng, *Hibiscus mutabilis* L., *Nerium oleander* L. and *Gardenia jasminoides* Ellis, etc. The classification evaluation result shows that many tree species in 223 tree species are common in all four types of shelter forest and the common tree species include *T. distichum* ‘Zhongshansha’, *M. glyptostroboides*, *T. distichum*, *T. ascendens*, *T. mucronatum*, *C. camphora*, *S. suchowensis*, *H. mutabilis* and *G. jasminoides*, etc. Otherwise, from life-form angle, some suitable tree species are selected to construct different types of shelter forest. It is suggested that this evaluation system has a certain practical value in construction of ecological riparian shelter forest along Yangtze River in Jiangsu Province.

Key words ecological riparian shelter forest evaluation system; tree species selection

长江自古以来就是水上运输的黄金通道,也是南北地理的自然分割带,其在苏皖交界处的尚港进入江苏,北岸至启东市的圆陀角,全长近 460 km;南岸至太仓市浏河口东和上海市交界处进入上海境内,全长近 400 km。长江两岸防洪江堤和港堤的总长度超过 1 100 km,此外还有超过 300 km 的江中洲堤。长江江苏段两岸是人口的主要聚居带,涵盖了 8 个省辖市的 20 多个市县。改革开放以来,沿江经济迅猛发展,已经形成了密集型的沿江经济带,成为机械、石化、冶金、能源及物流等产业的集聚地。长江江苏段还是江苏省沿江地区居民生活用水的重要水源地及国家南水北调东线工程的源头区之一。此外,在长江江苏段内还建有长江口北支湿地保护区、长江豚类湿地自然保护区及长江夹江湿地保护区等重要的生态功能区。因而,保护长江资源、实现长江流域社会经济的可持续发展,是沿江开发的重要前提。作为确保长江及沿岸生态安全的基本任务之一,沿江生态防护林带建设近年来受到越来越多的重视,如南京的“绿色沿江”工程和扬州的“大江风光带”工程等。由于江苏沿江生境类型多样,功能要求各异,在生态和经济相协调、防护与景观相结合的原则下,筛选出适宜的防护林建设模式和树种是一项重要而基础的工作。

江苏省·中国科学院植物研究所在 20 世纪 70 年代就对华东地区的主要树种进行了抗大气污染方面的系统研究^[1],开创了我国大气污染相关方向研究的先河,此后相关方向的研究成为此领域的研究热点之一,但一般只注重树种的抗污染、耐水湿或防火等其中的某一个方面,缺乏对某一树种的综合性评价。谭家得等^[2]以同一种植物在清洁区与污染区不

同的生长形态观参数和生理生态指标参数作为基本依据,将树种对大气污染的抗性划分为强、中和弱 3 个等级,并根据珠三角地区部分城市绿化树木的适用范围确定了不同绿地系统的树种配置方案;而更多的研究则集中于树种对氯、氟、二氧化硫^[3-5]、重金属^[6]和烟尘^[7]等大气污染物的耐受性和吸滞能力等方面。此外,有关树种耐水湿性方面的研究也较多^[8]。彭镇华等^[9]通过对安徽省淮河流域前一年遭受特大水灾的 8 个县市树木生长情况的调查和分析,将树种分别归入极耐水湿、较耐水湿、微耐水湿和不耐水湿 4 个等级;何正安等^[10]通过水淹实验对当地常见城镇绿化树种的耐水淹性状进行了研究,并筛选出了耐水性较强的乔木(20 种)、灌木(18 种)和藤本(3 种);罗祺等^[11]以游离脯氨酸和丙二醛含量变化为依据,对长江中下游常见的 10 种绿化树种的耐涝性进行了比较,为选择河堤生态型护岸绿化树种提供了重要的依据;国外对树种耐水湿性的评判分级主要依据 Philipson 等^[12]的三级分类办法,即:强耐受性、中等耐受性、无耐受性。

作者在前人研究的基础上,结合广泛的调研和实验,初步建立了江苏沿江生态防护林树种筛选的评价体系,并筛选出适宜的防护林树种,以期江苏沿江生态防护林建设提供相关参考资料。

1 评价体系的建立和树种筛选范围

根据对沿江生态防护林功能的要求,结合景观和经济建设的需要,将防护林划分为水源涵养和水土保持林、景观防护林、污染隔离林和农林复合防护林 4

种不同类型。其中,水源涵养和水土保持林主要用于江岸的水土保持以及湿地和水源地等重要生态功能区的水源涵养和生态防护,因此,这类防护林要求树种具有发达的根系和一定的耐水湿性,湿地和自然保护区内的防护林还要求树种的乡土化和多样化;景观防护林主要用于城镇人口聚居地、沿江旅游风光带和风景名胜区的景观绿化和保护,除隔离和防护功能外,还要求树种具备一定的观赏性和隔音降噪等功能;污染隔离林主要用于化工企业、矿山等工矿企业与长江、城镇人口聚居地之间的生态隔离,除有抗(耐)污的特殊要求外,在观赏性和隔音降噪等方面也有一定的要求;农林复合防护林主要分布在沿江的生态农业园区等,除生态防护功能外,还要兼顾林木和农作物间的相互作用,满足农作物对光的需求,注重落叶、小冠幅和经济树种的应用。

根据上述不同类型生态防护林的要求,采用层次分析法(analytic hierarchy process AHP)^[13]确定江苏沿江生态防护林树种筛选的指标。总体分 2 个层次, Ñ 级指标主要包括生长适应性、生态防护能力、景观价值和经济价值;每个 Ñ 级指标又分成若干 ò 级指

标,其中,生长适应性包括耐水湿性、抗污染性和生长速率 3 个 ò 级指标,生态防护能力包括树冠特征、枝条特征和根系特征 3 个 ò 级指标,景观价值包括叶、花、果、树干和树形的观赏价值 5 个 ò 级指标;经济价值包括材用、药用、食用和工业价值 4 个 ò 级指标。根据综合评价的需要,分别确定各评价指标的权重并进行分级和赋值,各级指标的权重值及赋值标准见表 1。根据表 1 的评价指标及分级赋值标准对 4 种生态防护林类型的耐水湿性、抗污染性、抗风性、水土保持能力、景观价值、经济价值和生长速率等分类指标的权重进行评估,结果见表 2。

根据各指标形成的权重矩阵 $[x_j]$ 和分值矩阵 $[y_j]$ 得到所有树种的总分值 $[a_j]$, 计算公式为: $[a_j] = [x_{ij}] \times [y_{ij}]$ 。式中: $[x_{ij}]$ 为权重矩阵,在综合评价时 $i = 1$,在分类评价时 $i = 1, 2, 3, 4$,即 4 种防护林类型; $j = 1, 2, 3, \dots, 15$ 即 15 个指标的权重。 $[y_j]$ 为数据矩阵, $i = 1, 2, 3, \dots, 223$ 即树种编号; $j = 1, 2, 3, \dots, 15$ 即 15 个评价指标。 $[a_j]$ 为分值矩阵,在综合评价时 $i = 1$,在分类评价时 $i = 1, 2, 3, 4$ 即 4 种防护林类型; $j = 1, 2, 3, \dots, 223$ 即树种编号。

表 1 江苏沿江生态防护林树种的综合评价指标及其权重值和赋值标准
Table 1 Comprehensive evaluation indexes of tree species in ecological riparian shelter forest along Yangtze River in Jiangsu Province and their weight value and valuating standard

Ñ 级指标及权重值 Index and weight value on grade Ñ	ò 级指标及权重值 Index and weight value on grade ò	赋值标准及分值 Valuating standard and score
生长适应性 Growth adaptability(0.4)	耐水湿性 Water tolerance(0.15)	耐水湿 Water tolerance(3), 一般 Middle(2), 不耐水湿 Water sensitivity(1)
	抗污染性 Pollution resistance(0.15)	抗污染 Pollution resistance(3), 一般 Middle(2), 不抗污染 Pollution sensitivity(1)
	生长速率 Growth rate(0.1)	快 Rapid(3), 一般 Middle(2), 慢 Slow(1)
生态防护能力 Ecological protection ability(0.4)	树冠特征 Canopy feature(0.15)	大而紧抱 Big and hug(3), 一般 Middle(2), 舒展 Extended(1)
	枝条特征 Branch twig feature(0.05)	柔韧且粗壮 Flexible and strong(3), 一般 Middle(2), 易折 Fragility(1)
	根系特征 Root system feature(0.2)	深根且发达 Deep-root and developed(3), 一般 Middle(2), 浅根且不发达 Shallow-root and undeveloped(1)
景观价值 Landscape value(0.1)	叶观赏性 Leaf ornament(0.03)	高 High(3), 一般 Middle(2), 差 Low(1)
	花观赏性 Flower ornament(0.01)	高 High(3), 一般 Middle(2), 差 Low(1)
	果观赏性 Fruit ornamental(0.01)	高 High(3), 一般 Middle(2), 差 Low(1)
	树干观赏性 Trunk ornament(0.02)	高 High(3), 一般 Middle(2), 差 Low(1)
	树形观赏性 Shape ornament(0.03)	高 High(3), 一般 Middle(2), 差 Low(1)
经济价值 Economic value(0.1)	材用价值 Wood value(0.04)	高 High(3), 一般 Middle(2), 差 Low(1)
	药用价值 Medicine value(0.02)	高 High(3), 一般 Middle(2), 差 Low(1)
	食用价值 Food value(0.02)	高 High(3), 一般 Middle(2), 差 Low(1)
	工业价值 Industry value(0.02)	高 High(3), 一般 Middle(2), 差 Low(1)

表 2 江苏沿江生态防护林分类评价指标的权重值

Table 2 Weight value of classification evaluation indexes of ecological riparian shelter forest along Yangtze River in Jiangsu Province

防护林类型 Shelter forest type	不同指标的权重值 Weight value of different indexes						
	耐水湿性 Water tolerance	抗污染性 Pollution-resistance	抗风性 Wind-resistance	水土保持能力 Water soil conservation ability	景观价值 Landscape value	经济价值 Economic value	生长速率 Growth rate
水源涵养和水土保持林 Water protection and soil water conservation forest	0.25	0.05	0.2	0.3	0.1	0.05	0.05
景观防护林 Landscape shelter forest	0.15	0.1	0.2	0.2	0.15	0.1	0.1
污染隔离林 Pollution isolated forest	0.05	0.3	0.2	0.15	0.15	0.05	0.1
农林复合防护林 Agro-forestry shelter forest	0.1	0.15	0.15	0.15	0.1	0.2	0.15

根据不同树种在江苏沿江地区的生态适应性,结合生态防护林不同树种搭配的需要及已有的调查研究结果^[1-3,9-11,14],初步筛选出 223 个树种供分析筛选,其中大部分分值依据文献确定,缺乏相关数据的部分树种根据不同防护林对树种的具体要求、采用专家打分的方式予以补充,最后对所有数据进行统一的标准化处理。

2 结果和分析

2.1 江苏沿江生态防护林树种的综合评价结果

根据表 1 设置的 2 个层次各指标的权重值对筛

选出的 223 个树木进行了综合评价,为了便于在实际应用过程中按照落叶乔木、常绿乔木和灌木进行适宜配置,对不同树种的综合得分分别进行排序,位居前 20 位的落叶乔木、常绿乔木和灌木树种见表 3。

由表 3 可见,在落叶乔木树种中,以落羽杉属(*Taxodium* Rich)树种表现最为突出,其中,中山杉(*T. distichum* ‘Zhongshansha’)、池杉(*T. ascendens* Brongn)、落羽杉 [*T. distichum* (L) Rich] 和墨西哥落羽杉(*T. mucronatum* Tenore)的综合得分排在前四位,紧随其后的为水杉(*Metasequoia glyptostroboides* Hu et Cheng)。主要是由于这些树种都具有较强的耐水湿性、较好的水土保持能力以及一定的观赏和材用价

表 3 江苏沿江生态防护林树种综合评价得分前 20 位的落叶乔木、常绿乔木和灌木种类名录

Table 3 Name list of deciduous tree, evergreen tree and shrub with top 20 of comprehensive evaluation score in tree species of ecological riparian shelter forest along Yangtze River in Jiangsu Province

排序 Ranking	落叶乔木 Deciduous tree	常绿乔木 Evergreen tree	灌木 Shrub
1	中山杉 <i>Taxodium distichum</i> ‘Zhongshansha’	樟树 <i>Cinnamomum camphora</i>	杞柳 <i>Salix suchowensis</i>
2	池杉 <i>Taxodium ascendens</i>	北美红杉 <i>Sequoia sempervirens</i>	木芙蓉 <i>Hibiscus mutabilis</i>
3	落羽杉 <i>Taxodium distichum</i>	浙江樟 <i>Cinnamomum chekiangensis</i>	夹竹桃 <i>Nerium oleander</i>
4	墨西哥落羽杉 <i>Taxodium mucronatum</i>	青冈 <i>Cyclobalanopsis glauca</i>	栀子 <i>Gardenia jasminoides</i>
5	水杉 <i>Metasequoia glyptostroboides</i>	青栲 <i>Cyclobalanopsis mysinaefolia</i>	石榴 <i>Punica granatum</i>
6	榔榆 <i>Ulmus parvifolia</i>	木荷 <i>Schima superba</i>	杜鹃 <i>Rhododendron sinense</i>
7	红果榆 <i>Ulmus szechuanica</i>	千头柏 <i>Platykladus orientalis</i> ‘Sieboldii’	多花胡枝子 <i>Lespedeza floribunda</i>
8	乌桕 <i>Sapium sebiferum</i>	罗汉松 <i>Podocarpus macrophyllus</i>	美丽胡枝子 <i>Lespedeza formosa</i>
9	榆树 <i>Ulmus pumila</i>	苦槠 <i>Castanopsis sclerophylla</i>	大叶胡枝子 <i>Lespedeza davidii</i>
10	梓树 <i>Catalpa ovata</i>	红楠 <i>Machilus thunbergii</i>	冬青卫矛 <i>Euonymus japonicus</i>
11	垂柳 <i>Salix babylonica</i>	铁冬青 <i>Ilex rotunda</i>	火棘 <i>Pyracantha fortuneana</i>
12	杂交柳 <i>Salix hybrida</i>	女贞 <i>Ligustrum lucidum</i>	紫穗槐 <i>Amorpha fruticosa</i>
13	桑树 <i>Morus alba</i>	大叶冬青 <i>Ilex latifolia</i>	黄杨 <i>Buxus sinica</i>
14	白杜 <i>Euonymus maackii</i>	柯 <i>Lithocarpus glaber</i>	月季 <i>Rosa chinensis</i>
15	无患子 <i>Sapindus mukorossi</i>	白楠 <i>Phoebe naurantha</i>	无花果 <i>Ficus carica</i>
16	美国白蜡树 <i>Fraxinus americana</i>	紫楠 <i>Phoebe sheareri</i>	木槿 <i>Hibiscus syriacus</i>
17	白蜡树 <i>Fraxinus chinensis</i>	湿地松 <i>Pinus elliottii</i>	红花檵木 <i>Loropetalum chinense</i> var. <i>rubrum</i>
18	喜树 <i>Camptotheca acuminata</i>	马尾松 <i>Pinus massoniana</i>	朱槿 <i>Hibiscus rosa-sinensis</i>
19	臭椿 <i>Ailanthus altissima</i>	冬青 <i>Ilex chinensis</i>	山茶 <i>Camellia japonica</i>
20	沼生栎 <i>Quercus palustris</i>	日本珊瑚树 <i>Viburnum awabuki</i>	多花木蓝 <i>Indigofera amblyantha</i>

值, 这些指标在综合评价时都给予了较高的权重, 而且这些树种也是实际应用较多的树种。除垂柳 (*Salix babylonica* L) 和杂交柳 (*S. hybrida*) 外, 其余树种大都为华东地区常见的、具有较高的应用价值但实际应用并不多的乡土树种, 如榔榆 (*Ulmus parvifolia* Jacq)、红果榆 (*U. szechuanica* Fang)、榆树 (*U. pumila* L)、乌桕 [*Sapium sebiferum* (L) Roxb.] 和梓树 (*Catalpa ovata* G. Don) 等, 可以考虑用于生态防护林的建设。

常绿乔木树种在整个综合评价中排名偏后, 主要是由于这些树种生长速度较慢、耐水湿性不强以及部分树种根系不是很发达。其中, 樟树 [*Cinnamomum camphora* (L) Presl]、女贞 (*Ligustrum lucidum* Ait) 和日本珊瑚树 (*Viburnum awabuki* K. Koch) 等部分树种在目前园林绿地建设中使用较多, 马尾松 (*Pinus massoniana* Lamb) 则是主要的材用树种, 其余树种目前应用较少, 但大都具有较高的观赏价值和一定的防护林应用价值。

筛选出的灌木种类大都具有发达的根系和较好的水土保持能力, 木芙蓉 (*Hibiscus mutabilis* L)、石榴 (*Punica granatum* L)、夹竹桃 (*Nerium oleander* L) 和栀子 (*Gardenia jasminoides* Ellis) 等种类还具有较高的观赏价值, 因此, 在综合评价中都有比较好的表现, 但大部分灌木种类的经济价值不高, 在防护林建设中应用较少。

2.2 江苏沿江生态防护林树种分类评价结果

根据不同类型防护林设定的各指标的权重值 (表 2) 对 223 个树种进行了分类评价, 结果显示, 排名前 20 位的树种中有 10 种在 4 个防护林类型中通用, 只是排名位次有异。这些通用树种包括中山杉、水杉、落羽杉、池杉、墨西哥落羽杉、樟树、孝顺竹 [*Bambusa multiplex* (Lour) Raeusch. ex Schult et Schult f.] 杞柳 (*Salix suchowensis* Cheng)、木芙蓉和栀子。

按照生活型排序, 落叶乔木树种、常绿乔木树种和灌木排名前 20 位的树种中分别有 10、16 和 15 种在 4 个防护林类型中通用, 仅有少数种类只在某一个或某几个类型中出现。其中, 通用的落叶乔木树种包括中山杉、池杉、落羽杉、墨西哥落羽杉、水杉、梓树、榔榆、红果榆、臭椿 [*Ailanthus altissima* (Mill) Swingle] 和乌桕; 通用的常绿乔木树种包括北美红杉 [*Sequoia sempervirens* (Lamb) Lindl.] 罗汉松 [*Podocarpus macrophyllus* (Thunb) D. Don.] 千头柏 (*Platycladus orientalis* 'Sieboldii')、冬青 (*Ilex chinensis*

Sim s)、大叶冬青 (*I. latifolia* Thunb.)、铁冬青 (*I. rotunda* Thunb)、木荷 (*Schinus superba* Gardn et Champ)、白楠 [*Phoebe neurantha* (Hemsl) Gamble]、红楠 (*Machilus thunbergii* Sieb et Zucc)、苦槠 [*Castanopsis sclerophylla* (Lindl) Schott]、青冈 [*Cyclobalanopsis glauca* (Thunb) Oerst] 青栲 [*C. myrsinaefolia* (Blume) Oerst]、柯 [*Lithocarpus glaber* (Thunb) Nakai]、樟树、浙江樟 (*Cinnamomum chekiangensis* Nakai) 和女贞; 通用灌木种类有栀子、月季 (*Rosa chinensis* Jacq)、无花果 (*Ficus carica* L)、杞柳、木芙蓉、木槿 (*Hibiscus syriacus* L)、石榴、大叶胡枝子 (*Lespedeza davidii* Franch.)、美丽胡枝子 [*L. formosa* (Vog) Koehne]、多花胡枝子 (*L. floribunda* Bunge)、夹竹桃、杜鹃 (*Rhododendron simsii* Planch)、冬青卫矛 (*Euonymus japonicus* Thunb)、火棘 [*Pyracantha fortuneana* (Maxim) Li] 和山茶 (*Camellia japonica* L)。

除上述通用树种外, 用于水源涵养和水土保持林排名前 20 位的树种还有夹竹桃、冬青卫矛、浙江樟、沼生栎 (*Quercus palustris* Muench)、圆锥绣球 (*Hydrangea paniculata* Sieb)、榔榆、红果榆、乌桕、榆树和北美红杉等。根据生活型排名, 落叶乔木有榆树、垂柳、杂交柳、桑树 (*Morus alba* L)、白杜 (*Euonymus maackii* Rupr)、无患子 (*Sapindus mukorossi* Gaertn)、美国白蜡树 (*Fraxinus americana* L)、白蜡树 (*F. chinensis* Roxb)、喜树 (*Camptotheca acuminata* Deene) 和沼生栎等; 常绿乔木有紫楠 [*Phoebe shearerii* (Hemsl) Gamble] 湿地松 (*Pinus elliottii* Engelm.)、马尾松和日本珊瑚树等; 灌木有紫穗槐 (*Amorpha fruticosa* L)、红花檵木 (*Loropetalum chinense* var *rubrum* Yieh) 和多花木蓝 (*Indigofera amblyantha* Craib) 等。由于水源涵养和水土保持是沿江生态防护林的主要功能, 在权重的设置上与综合评价类似, 因此推荐树种也非常类似。在实际配置过程中, 应注重落叶乔木和灌木的合理配置, 尤其要注重灌木层的营建, 常绿植物可以搭配使用。

污染隔离林排名前 20 位的树种除了一些通用树种外, 还包括夹竹桃、臭椿、石榴、黄杨 [*Buxus sinica* (Rehd et Wils) Cheng] 色木槭 (*Acer mono Maxim.*)、悬铃木 [*Platanus acerifolia* (Ait) Willd.] 榔榆、红果榆、火棘和杜鹃等种类。按照生活型排序, 落叶乔木还有臭椿、色木槭、悬铃木、银杏 (*Ginkgo biloba* L)、星

毛栎 (*Quercus stellata* W angenh)、栲叶槭 (*Acer negundo* L)、美国梧桐 (*Platanus occidentalis* L)、无患子、榆树、美国白蜡树和白蜡树等;常绿乔木还有紫楠、棕榈 [*Trachycarpus fortunei* (Hook) H. W endl]、广玉兰 (*Magnolia grandiflora* L) 和日本珊瑚树等;黄杨、蚊母树 (*Distylium racemosum* Sieb et Zucc)、红花檵木、海桐 [*Pittosporum tobira* (Thunb) A it] 和小叶女贞 (*Ligustrum quihoui* Carr) 等灌木种类也可以在同类防护林中配置使用。

除了一些通用树种外,景观防护林排名前 20 位的树种还包括夹竹桃、杞柳、北美红杉、杜鹃、榔榆、红果榆、石榴、垂柳、杂交柳、无患子和乌桕等。按照生活型排序,落叶乔木树种还有美国梧桐、法国梧桐 (*Platanus orientalis* L) 和琴叶栎 (*Quercus lyrata* Walt) 等;常绿乔木主要有马尾松、龙柏 (*Sabina chinensis* 'Kaizuka')、深山含笑 (*Michelia maudiae* Dunn) 和紫楠等;灌木种类还有小叶黄杨 (*Buxus sinica* var *parvifolia* M. Cheng)、红花檵木、红花油茶 (*Camellia sasanifolia* Ch i) 和紫穗槐等。

农林复合防护林排名前 20 位的树种除一些通用树种外,还有杜鹃、石榴、喜树、北美红杉、火棘、水竹、臭椿、月季、檫树 [*Sassafras tzumu* (H em sl) H em sl] 和栲叶槭等。根据生活型排序,落叶乔木还有喜树、臭椿、檫树、栲叶槭、垂柳、杂交柳、银杏、榉树 [*Zelkova serrata* (Thunb) Makino]、色木槭、梅树 (*Amelanchier alnifolia* Sieb) 和榆树等;常绿乔木主要有杉木、马尾松、棕榈和龙柏等;红花油茶、黄杨、蜡梅 [*Chimonanthus praecox* (L) Link] 和紫穗槐等灌木也可在林下栽植。

3 讨 论

由于立地条件和生态防护功能需要不完全一致,因而,不同类型防护林对树种的要求有一定的差别。将江苏沿江生态防护林划分为水源涵养和水土保持林、污染隔离林、景观防护林和农林复合防护林 4 种类型便于明确研究和实施目标,但江苏沿江地区的实际情况可能远比这种简单的分类复杂,在实际实施过程中需要根据现状进一步明确防护林建设的具体目标、要求和适宜应用树种的种类和范围。

建立在 AHP 模型和 4 种类型生态防护林基础上的综合评价和树种筛选体系,通过权重的差异化分

配,对 223 个树种进行了初步的评价和筛选,结果也初步验证了这一综合评价和筛选体系的实用价值,为江苏沿江生态防护体系建设尤其是适宜树种的筛选提供了有价值的评价和筛选方法,并初步筛选出一批适应在不同生态防护林建设中应用的树种,可以作为江苏沿江防护林树种选择的参考。当然,由于供筛选的树种有限,加之筛选指标缺乏具体而充分的实验和观察数据加以验证,使得这些结果的差异性还不是非常明显,仍需要在补充数据的基础上加以完善。此外,防护林生态防护功能的发挥除与树种本身有直接关系外,还与林带组成结构、宽度、土壤和地形地貌等因素有显著关系,在生态防护林建设过程中应因地制宜、合理配置。

参考文献:

- [1] 江苏省植物研究所. 城市绿化与环境保护 [M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1977.
- [2] 谭家得, 薛克娜, 王志云, 等. 抗污染树种等级划分及其应用 [J]. 中国城市林业, 2005, 3(6): 40-45.
- [3] 鲁敏, 程正渭, 李英杰. 绿化树种对大气氯、氟污染物的吸滞能力 [J]. 山东建筑工程学院学报, 2005, 20(3): 39-40, 79.
- [4] 蒋高明. 树皮 pH 值的变化及其对大气酸性气体污染的指示作用 [J]. 植物资源与环境, 1996, 5(2): 28-33.
- [5] 周兴文. 沈阳市区大气 SO₂ 污染程度的叶绿素含量监测分析 [J]. 植物资源与环境, 1997, 6(3): 63-64.
- [6] 鲁敏, 李成. 绿化树种对大气重金属污染物吸收净化能力的研究 [J]. 山东林业科技, 2006(3): 31-32.
- [7] 张秀梅, 李景平. 城市污染环境中适生树种滞尘能力研究 [J]. 环境科学动态, 2001(2): 27-30.
- [8] 顾镇清, 张智奇, 周音, 等. 树种耐水湿筛选研究综述 [J]. 上海农业学报, 2004, 20(4): 66-69.
- [9] 彭镇华, 康忠铭, 於安, 等. 安徽淮河流域耐水湿树种的聚类分析及布局研究 [J]. 安徽农业大学学报, 1994, 21(2): 101-108.
- [10] 何正安, 陈卫东, 高志军, 等. 常见城镇绿化树种耐水淹性状调查研究 [J]. 湖南林业科技, 1997, 24(2): 70-72.
- [11] 罗祺, 张纪林, 郝日明, 等. 水淹胁迫下 10 个树种某些生理指标的变化及其耐水淹能力的比较 [J]. 植物资源与环境学报, 2007, 16(2): 39-73.
- [12] Philipson J J, Coutt's M P. The tolerance of tree roots to waterlogging 0. Oxygen transport in woody roots of sitka spruce and lodgepole pine [J]. The New Phytologist, 1980, 85: 489-494.
- [13] 许树柏. 层次分析法原理 [M]. 天津: 天津大学出版社, 1988.
- [14] 江苏省建设厅, 江苏省中国科学院植物研究所. 江苏省城市园林绿化适生植物 [M]. 上海: 上海科学技术出版社, 2005.