

洪泽湖大堤生态防护林生物多样性研究

周之栋¹, 张 锐¹, 芦治国¹, 徐 铭², 华建峰¹, 陈昌仁²

(1. 江苏省中国科学院植物研究所, 江苏 南京 210014; 2. 江苏省洪泽湖水利工程管理处, 江苏 淮安 223100)

摘要:研究选取洪泽湖大堤不同地段的不同林分类型防护林为研究对象,调查了林分植物群落多样性和林下土壤微生物多样性,为指导洪泽湖大堤林分更新改造和经营管理提供理论依据。

关键词:洪泽湖大堤;生态防护林;林分;植物多样性;土壤微生物

中图分类号:S727.22 **文献标识码:**B **文章编号:**1007-7839(2021)07-0044-08

Study on biodiversity of ecological shelter forest of Hongze Lake embankment

ZHOU Zhidong¹, ZHANG Rui¹, LU Zhiguo¹, XU Ming²,
HUA Jianfeng¹, CHEN Changren²

(1. Institute of Botany, Jiangsu Province and Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210014, China;

2. Jiangsu Hongze Lake Water Conservancy Engineering Management Office, Huai'an 223100, China)

Abstract: Selecting different types of shelter forest in different sections of Hongze Lake embankment as the research object, the diversity of plant community and soil microbial diversity under the forest stand was investigated, which could provide theoretical basis for the guidance of the regeneration and management of Hongze Lake embankment.

Key words: Hongze Lake embankment; ecological shelter forest; forest stand; plant diversity; soil microorganism

洪泽湖位于江苏省西部淮河下游,淮安、宿迁两市境内,为中国第四大淡水湖。淮河为上游入湖主要河道。洪泽湖大堤兴建历史悠久,是淮安、扬州和里下河地区防御淮河洪水的主要屏障,保护着苏北里下河地区 200 万 hm^2 农田和 2 000 多万人民生命财产安全^[1]。洪泽湖大堤位于洪泽湖东岸,北起淮阴区码头镇,南迄洪泽区蒋坝镇,全长 67.25 km^[2]。洪泽湖大堤防浪林台于 1986 年大堤加固时设立,并种植柳树防浪林以发挥防风消浪作用;之后对防浪林进行林分更新改造,种植意大利杨、栎树、香椿、水杉、杜仲等树种。如今,防浪林经过多年生长,林分树种老化、组成单一、林相杂乱、

病虫害严重,其防浪护坡的生态功能受到严重影响。大堤防护林亟待进行升级改造和功能提升。本研究开展林分内植物多样性和林下土壤微生物多样性调查,旨在为大堤防护林功能提升关键技术的研发和应用提供科学依据。

1 研究地点

洪泽湖地理位置在 $33^{\circ}06'N \sim 33^{\circ}40'N$, $118^{\circ}10'E \sim 118^{\circ}52'E$ 之间。洪泽湖地属暖温带黄淮海平原区与北亚热带长江中、下游区的过渡带。受季风气候的影响,洪泽湖降水量较为丰沛,年均降水量 913.3 mm,年平均气温 14.9°C 。研究选取

收稿日期:2021-05-24

基金项目:江苏省水利科技项目(2019030)

作者简介:周之栋(1990—),男,博士,主要从事森林生物多样性研究工作,E-mail:1289597338@qq.com。

通信作者:陈昌仁(1976—),男,高级工程师,博士,主要从事水土保持、水利工程等工作,E-mail:njmoyu@126.com。

了洪泽湖大堤3处位置(分别为38K+900、44K、55K+300地段)的防浪林、堤顶防护林、戕台防护林作为调查样地(图1)。选取的调查样地为不同林分组成的防护林,以此比较不同林分结构下的植物多样性。其中,防浪林台调查的样方大小为20 m×20 m,堤顶为20 m×10 m,戕台防护林为20 m×20 m。调查主要针对林分内木本植物,这是基于木本植物发挥了主要防浪护坡的生态功能。

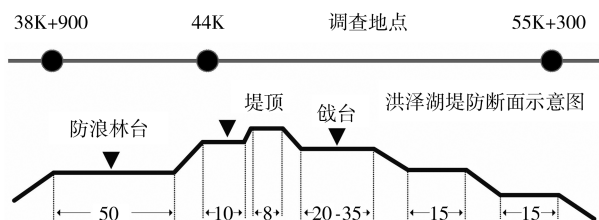


图1 调查地点和洪泽湖大堤断面示意图(单位:m)

2 研究方法

按照设计好的调查样方大小,对林分树种组成、数量和树高数据进行记录,并计算Shannon-Wiener多样性指数、Pielou均匀度指数、Simpson多样性指数、Margalef丰富度指数以及Gleason指数。多样性指数用以表征生物多样性,其含义包括2个方面:种数、各种个体之间的分配的均匀性;各个种个体之间分配越均匀,多样性指数也就越大。杨树为大堤早期造林主要树种,目前面临林分结构单一,树种老化,林相杂乱,病虫害严重等问题。因此,选取杨树林、水杉林和无林杂草地,采取林下土壤进行微生物群落结构的测序分析,以期了解土壤质量状况。采用Illumina高通量测序平台对土壤微生物群落结构组成进行测定。土壤微生物16S(总的微生物)、AOA(氨氧化古菌)、AOB(氨氧化细菌)、NirS(反硝化细菌)、NirK(反硝化细菌)基因丰度采用实时荧光定量PCR技术依照各自特异性引物进行基因丰度的绝对定量。采用“Weighted UniFrac Distance”距离系数进行土壤微生物群落结构组成差异分析。数据统计分析用R语言进行(vegan、ggplot2)。具体多样性指数计算依据如下^[3]:

$$\text{Shannon-Wiener 指数: } H = -\sum (P_i) (\ln P_i) \quad (1)$$

式中: H 为多样性指数, P_i 为*i*种树数量在所有树数量中所占比例。

$$\text{Pielou 均匀度指数: } E = \frac{H}{\ln S} \quad (2)$$

式中: E 为Pielou均匀度指数, S 为群落中总物种数。

$$\text{Simpson 多样性指数: } D = 1 - \sum P_i^2 \quad (3)$$

式中, D 为Simpson多样性指数。

$$\text{Margalef 丰富度指数 } R_1: R_1 = \frac{S-1}{\ln N} \quad (4)$$

式中, S 为树种数, N 为所有树种的个体总数。

$$\text{Gleason 指数: } R_2 = \frac{S'}{\ln A} \quad (5)$$

式中, R_2 为Gleason指数, A 为样方面积, m^2 , S' 为面积 A 内的树种数。

3 结果与分析

3.1 不同林分类型防护林植物多样性调查

大堤调查地点树种隶属于2个纲(木兰纲、松纲),17个目(卫矛目、葫芦目、川续断目、杜鹃花目、豆目、壳斗目、丝瓣花目、唇形目、樟目、木兰目、金虎尾目、山龙眼目、蔷薇目、无患子目、茄目、葡萄目、柏目),28个科(卫矛科、葫芦科、忍冬科、山茶科、豆科、胡桃科、杜仲科、紫葳科、唇形科、木樨科、樟科、木兰科、大戟科、杨柳科、悬铃木科、大麻科、桑科、鼠李科、蔷薇科、榆科、苦木科、楝科、漆树科、无患子科、芸香科、茄科、葡萄科、柏科),40个属(未具体列出),46个种(表1~3)。林分郁闭度在0.8~0.9之间,林冠层以接近完全郁闭,属于中龄林或近熟林状态。

对大堤38K+900地段林分的植物群落组成进行调查,调查结果见表1。防浪林台侧优势树种为意大利杨,树高在30.0~35.0 m之间,但数量不多;林下分布着较多次生树种,包括栎树、桑、野蔷薇等(树高0.2~1.6 m, $P_i=0.97$)。堤顶林分类型显示为多树种组成的混交林特征,优势树种为南酸枣、樟、侧柏、榉树和玉兰(树高6.0~12.0 m);林下分布次生紫丁香、栎树、构树等(树高0.3~2.9 m, $P_i=0.92$)。背水侧戕台以水杉和刺槐为主,其中水杉为林内优势树种(树高12.0~13.0 m);林下次生树种主要为扶芳藤、栎树、野蔷薇、竹叶花椒、枸杞、意大利杨等(树高0.3~5.0 m, $P_i=0.98$)。

44K地段防浪林台林分优势树种为意大利杨(树高30.0~35.0 m)、枫杨和中山杉,三者 P_i 数值合计为0.15(枫杨小苗数量较多);林下次生树种主要为栎树、朴树、枫杨、绞股蓝等(树高0.5~7.5 m, $P_i=0.85$)(表2)。堤顶林分主要树种为榉树、构树、桑、侧柏、栎树和凌霄等(树高1.2~5.0 m),该林分植被高度整体偏低。戕台侧防护林优势树种

表 1 大堤 38K+900 地段植物群落结构组成

地点	树种	拉丁名	数量	树高/m	P_i
防浪林台	意大利杨	<i>Populus euramericana</i>	6	30.0 ~ 35.0	0.03
	栾树	<i>Koelreuteria paniculata</i>	65	0.3 ~ 0.4	0.36
	桑	<i>Morus alba</i>	38	0.10 ~ 0.2	0.21
	野蔷薇	<i>Rosamultiflora</i>	25	1.2 ~ 1.6	0.14
	樟	<i>Cinnamomum camphora</i>	18	1.0 ~ 1.5	0.10
	扶芳藤	<i>Euonymusfortunei</i>	15	0.2 ~ 0.3	0.08
堤顶	南酸枣	<i>Choerospondias axillaris</i>	8	11.0 ~ 12.0	0.02
	樟	<i>Cinnamomum camphora</i>	15	6.0 ~ 6.5	0.03
	侧柏	<i>Platycladus orientalis</i>	5	7.0 ~ 7.6	0.01
	榉树	<i>Zelkova serrata</i>	5	6.0 ~ 6.4	0.01
	玉兰	<i>Magnoliadenudata</i>	3	8.0 ~ 8.5	0.01
	紫丁香	<i>Syringa oblata var. alba</i>	1	2.5 ~ 2.9	0.00
	栾树	<i>Koelreuteria paniculata</i>	268	0.5 ~ 0.7	0.59
	构树	<i>Broussonetia papyrifera</i>	74	0.3 ~ 0.4	0.16
	女贞	<i>Ligustrum lucidum</i>	31	0.5 ~ 0.6	0.07
	忍冬	<i>Lonicera japonica</i>	15	0.4 ~ 0.6	0.03
	桑	<i>Morus alba</i>	11	0.8 ~ 0.9	0.02
钱台	水杉	<i>Metasequoia glyptostroboides</i>	6	12.0 ~ 13.0	0.01
	刺槐	<i>Robinia pseudoacacia</i>	7	4.5 ~ 5.0	0.01
	扶芳藤	<i>Euonymusfortunei</i>	1	5.0	0.00
	栾树	<i>Koelreuteria paniculata</i>	574	0.5 ~ 1.5	0.60
	野蔷薇	<i>Rosamultiflora</i>	90	0.5 ~ 1.0	0.09
	竹叶花椒	<i>Zanthoxylum armatum</i>	84	0.5 ~ 0.8	0.09
	枸杞	<i>Lycium chinense</i>	82	0.3 ~ 0.7	0.09
	意大利杨	<i>Populus euramericana</i>	44	0.5 ~ 1.2	0.05
	楝	<i>Melia azedarach</i>	23	1.0 ~ 1.3	0.02
	构树	<i>Broussonetia papyrifera</i>	22	1.5 ~ 1.8	0.02

注:调查样方内数量 ≤ 10 且树高 ≤ 1 m的树种未列出; P_i 代表该树种株数占林分内树木总株数百分比;下同。

为杜仲、茶、香椿、意大利杨(树高 10.0 ~ 25.0 m, $P_i=0.42$);林下次生树种主要为杜仲、茶、香椿、栾树、野蔷薇、朴树、楝、臭椿、枫杨等。

大堤 55K+300 地段防浪林台林分优势树种为朴树、构树和桑(树高 30.0 ~ 35.0 m, $P_i=0.31$),同

时分布有少量豆梨、楝、黑榆和旱柳(树高 5.0 ~ 12.0 m)(表 3)。堤顶林分优势种为杞柳、三球悬铃木、栾树、楝、朴树(树高 3.0 ~ 10.0 m, $P_i=0.55$),次生栾树小苗贡献了较多 P_i 值,整体林分树高偏低。钱台侧防护林优势树种为水杉、楝和意大

表 2 大堤 44K 地段植物群落结构组成

地点	树种	拉丁名	数量	树高/m	P_i
防浪林台	意大利杨	<i>Populus euramericana</i>	11	30.0 ~ 35.0	0.01
	枫杨	<i>Pterocarya stenoptera</i>	10(110)	20.0 ~ 25.0	0.13
	中山杉	<i>Taxodium ‘Zhongshanshan’</i>	12	5.0 ~ 6.0	0.01
	栾树	<i>Koelreuteria paniculata</i>	4(157)	6.5 ~ 7.5	0.18
	朴树	<i>Celtis sinensis</i>	5(115)	2.5 ~ 3.0	0.13
	乌桕	<i>Triadica sebifera</i>	1	7.0	0.00
	绞股蓝	<i>Gynostemma pentaphyllum</i>	300	0.6 ~ 1.0	0.33
	野蔷薇	<i>Rosamultiflora</i>	73	0.5 ~ 1.0	0.08
	构树	<i>Broussonetia papyrifera</i>	45	1.0 ~ 1.5	0.05
	柘树	<i>Maclura tricuspidata</i>	32	0.7 ~ 1.3	0.03
	桑	<i>Morus alba</i>	20	0.5 ~ 1.0	0.02
	紫穗槐	<i>Amorpha fruticosa</i>	15	1.0 ~ 1.3	0.02
堤顶	榉树	<i>Zelkova serrata</i>	7	2.5 ~ 3.0	0.02
	构树	<i>Broussonetia papyrifera</i>	2(87)	4.5 ~ 5.0	0.25
	桑	<i>Morus alba</i>	1(10)	4.0	0.03
	侧柏	<i>Platycladus orientalis</i>	2	4.5	0.01
	栾树	<i>Koelreuteria paniculata</i>	2(62)	2.5	0.18
	凌霄	<i>Campsis grandiflora</i>	185	1.2 ~ 1.5	0.51
钱台	杜仲	<i>Eucommia ulmoides</i>	31(314)	20.0 ~ 25.0	0.20
	茶	<i>Camelliasinensis</i>	37(52)	10.0 ~ 15.0	0.05
	香椿	<i>Toona sinensis</i>	25(254)	15.0 ~ 17.0	0.16
	意大利杨	<i>Populus euramericana</i>	16	20.0 ~ 25.0	0.01
	水杉	<i>Metasequoia glyptostroboides</i>	4	15.0 ~ 17.0	0.00
	栾树	<i>Koelreuteria paniculata</i>	259	0.5 ~ 1.2	0.15
	野蔷薇	<i>Rosamultiflora</i>	217	0.5 ~ 1.0	0.12
	朴树	<i>Celtis sinensis</i>	194	0.5 ~ 0.8	0.11
	楝	<i>Melia azedarach</i>	111	0.8 ~ 1.5	0.06
	臭椿	<i>Ailanthusaltissima</i>	99	1.2 ~ 2.0	0.06
	枫杨	<i>Pterocarya stenoptera</i>	62	0.5 ~ 0.8	0.04
	构树	<i>Broussonetia papyrifera</i>	30	1.0 ~ 1.5	0.02
	刺槐	<i>Robinia pseudoacacia</i>	19	1.5 ~ 2.0	0.01
	桑	<i>Morus alba</i>	15	0.5 ~ 1.5	0.01

注: 括号()内数字表示该树种作为非优势种的株数(即植株较低矮), 下同。

表 3 大堤 55K+300 地段植物群落结构组成

地点	树种	拉丁名	数量	树高/m	P_i
防浪林台	朴树	<i>Celtis sinensis</i>	11(233)	15.0~20.0	0.22
	构树	<i>Broussonetia papyrifera</i>	7(82)	10.0~11.0	0.08
	桑	<i>Morus alba</i>	6	9.0~10.0	0.01
	豆梨	<i>Pyrus calleryana</i>	2	5.0	0.00
	楝	<i>Melia azedarach</i>	2(14)	12.0	0.01
	黑榆	<i>Ulmus davidiana</i>	1	12.0	0.00
	旱柳	<i>Salix matsudana</i>	1	10.0	0.00
	海州常山	<i>Clerodendrum trichotomum</i>	232	0.5~1.0	0.21
	扶芳藤	<i>Euonymusfortunei</i>	146	0.3~0.4	0.13
	忍冬	<i>Lonicera japonica</i>	134	0.5~0.7	0.12
	野蔷薇	<i>Rosamultiflora</i>	86	0.5~0.6	0.08
	柘树	<i>Maclura tricuspidata</i>	54	0.5~0.7	0.05
	栾树	<i>Koelreuteria paniculata</i>	30	0.3~0.4	0.03
	榆树	<i>Ulmus pumila</i>	26	0.4~0.5	0.02
堤顶	杞柳	<i>Salix integra</i>	10	4.0~5.0	0.03
	三球悬铃木	<i>Platanus orientalis</i>	1	10.0	0.00
	栾树	<i>Koelreuteria paniculata</i>	5(132)	6.0~6.5	0.46
	楝	<i>Melia azedarach</i>	5	6.0~6.5	0.02
	朴树	<i>Celtis sinensis</i>	2(10)	3.0	0.04
	扶芳藤	<i>Euonymusfortunei</i>	60	0.6~0.8	0.20
	野蔷薇	<i>Rosamultiflora</i>	30	1.0~1.5	0.10
	构树	<i>Broussonetia papyrifera</i>	17	0.8~1.0	0.06
钱台	水杉	<i>Metasequoia glyptostroboides</i>	6	20.0~25.0	0.01
	楝	<i>Melia azedarach</i>	5	10.0~12.0	0.01
	朴树	<i>Celtis sinensis</i>	20(41)	2.0~3.0	0.09
	意大利杨	<i>Populus euramericana</i>	5	12.0~13.0	0.01
	海州常山	<i>Clerodendrum trichotomum</i>	202	0.5~1.0	0.31
	栾树	<i>Koelreuteria paniculata</i>	133	0.4~0.6	0.20
	扶芳藤	<i>Euonymusfortunei</i>	126	0.3~0.4	0.19
	忍冬	<i>Lonicera japonica</i>	53	0.6~0.7	0.08
	臭椿	<i>Ailanthusaltissima</i>	27	1.2~1.5	0.04
	枸杞	<i>Lycium chinense</i>	16	0.6~0.8	0.02
	柘树	<i>Maclura tricuspidata</i>	12	0.5~0.7	0.02

利杨(树高 10.0 ~ 25.0 m),此外,分布有较多树高在 2.0 ~ 3.0 m 之间的朴树(20 棵);林下次生树种主要包括海州常山、栎树、扶芳藤、忍冬(树高 0.3 ~ 1.5 m, $P_i=0.86$)。

植物多样性分析结果显示,不同林分类型防护林植物多样性表现出较大差异。44K 戗台(杜仲、茶、香椿、意大利杨为优势树种)和 55K + 300 防浪林台(优势树种为朴树、构树和桑)林分具有较大的 ShannonWiener、Pielou、Simpson 和 Gleason 多样性。而 38K + 900 堤顶(优势树种为南酸枣、樟、侧柏、榉树和玉兰)、38K + 900 戗台(优势树种为水杉)和 44K 堤顶(优势树种榉树、构树、桑、侧柏、栎树和凌霄)植物多样性较低。大堤防护林林内较为低矮的次生树种数量占了树种总数量的绝大部分比例, P_i 值在 0.85 ~ 0.98 之间,这影响了植物多样性的计算。

($P < 0.05$)。分析土壤微生物多样性(Chao1、Simpson、Shannon – Wiener),包括总的微生物(16S)和氮循环相关功能微生物(AOA、AOB、NirS、NirK)丰度,结果发现杨树林林下土壤具有较低土壤微生物丰度和多样性(表 5)。

4 结论与讨论

洪泽湖大堤防护林林分结构为混交林,林下次生幼树较多且矮小,尚未形成层次结构复杂的林分结构。林分内除树高较高的优势乔木树种,以及为数不多中间层植被之外,其余多为株高在 1 m 甚至不足 1 m 的次生自然更新幼树(P_i 值在 0.85 ~ 0.98 之间),说明大堤林分层次结构较为简单,成层现象尚不明显,林分结构多样性较低。由于林分郁闭度较高,缺少林窗,透过致密的林冠层进入林内的光

表 4 大堤防护林植物多样性分析

地点	Shannon – Wiener 指数	Pielou 均匀度指数	Simpson 多样性指数	Margalef 丰富度指数	Gleason 指数
38K + 900					
防浪林台	1.87	0.75	0.79	2.11	2.00
堤顶	1.52	0.56	0.62	2.29	2.83
戗台	1.47	0.56	0.61	1.89	2.34
44K					
防浪林台	1.97	0.75	0.82	1.91	2.34
堤顶	1.26	0.61	0.65	1.19	1.34
戗台	2.25	0.79	0.87	2.14	2.84
55K + 300					
防浪林台	2.14	0.76	0.85	2.29	2.84
堤顶	1.76	0.67	0.73	2.28	2.34
戗台	1.94	0.66	0.81	2.77	3.17

3.2 不同林分类型林下土壤微生物群落结构分析

测定土壤微生物多样性用以表征不同林分类型防护林土壤质量和肥力状况。基于“Weighted UniFrac Distance”距离的聚类分析表明,杨树林与水杉林和杂草地土壤微生物群落结构存在显著不同(图 2);与水杉林和杂草地比,杨树林土壤 Proteobacteria 和 Acidobacteria 相对丰度显著降低,而 Actinobacteria 和 Chloroflexi 相对丰度显著提高

照、水分和温度等生存条件都会受到限制,影响林分林下植被层的形成^[4-5]。此外,林下幼树多为初始栽植植被(即林内优势种)的种子更新形成,繁殖体的萌发率和存活率决定了自然更新的幼树形成及生长。而人工林很难通过自然演替,演替为层次分明的林分^[6]。从洪泽湖大堤防护林消浪防风的功能定位看,林分结构的更新抚育改造还有较大提升空间。

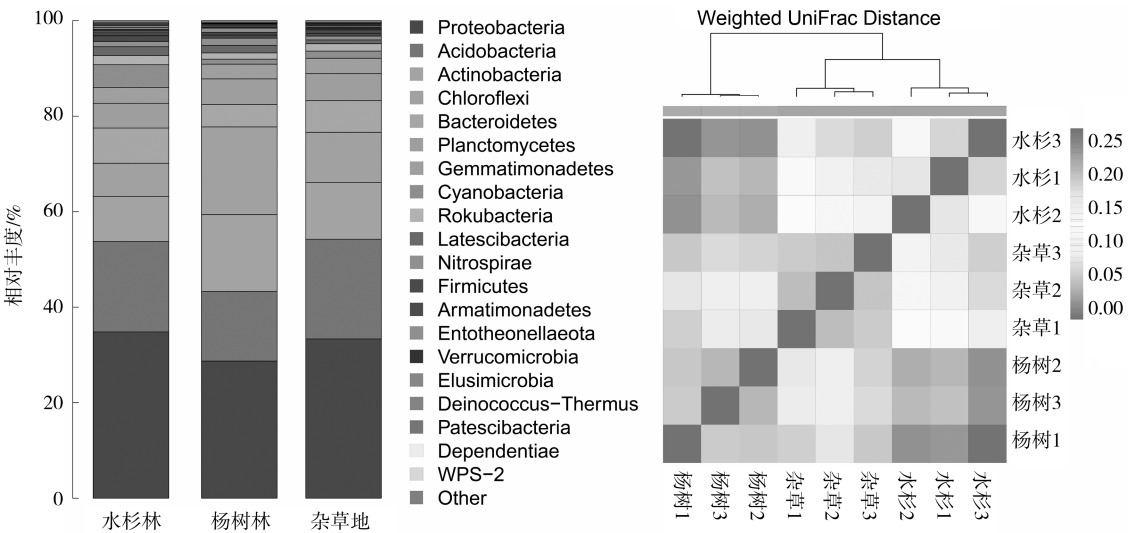


图 2 不同林分林下土壤微生物群落结构组成分析

表 5 不同林分类型生态防护林林下土壤微生物多样性

林下土壤微生物指标	杂草地	杨树林	水杉林
16S(基因绝对丰度)	4055156 ± 435992 a	2952105 ± 766496 a	3689979 ± 692591 a
Chao1(丰富度指数)	5232 ± 194 b	4817 ± 107 a	5181 ± 117 b
Simpson	0.9965 ± 0.0003 a	0.9959 ± 0.0003 a	0.9965 ± 0.0003 a
Shannon – Wiener	9.9143 ± 0.1150 b	9.6789 ± 0.0971 a	9.9674 ± 0.0885 b
AOA	857 ± 58 a	1776 ± 377 b	891 ± 242 a
AOB	29 ± 2 c	4 ± 2 a	18 ± 6 b
NirS	1.63 ± 0.44 a	1.34 ± 0.38 a	0.94 ± 0.12 a
NirK	172 ± 36 b	78 ± 20 a	171 ± 10 b

注:16S—土壤微生物总的丰度;AOA—氨氧化古菌丰度;AOB—氨氧化细菌丰度;NirS、NirK—反硝化细菌丰度。a,b 不同字母代表 0.05 显著性水平差异。

不同林分类型植物多样性差异显著,林分尺度多样性指数偏低。洪泽湖大堤不同地段分布着不同优势树种组成的林分类型,表现出斑块混交体现出的植被组成多样性。不同林分类型植物多样性差异显著,但整体水平偏低。导致多样性不同的原因较为复杂,尤其是作为受人为意图干扰严重的人工林,排除不同树种的生长习性和环境适应能力的差异,最初营林设计(如树种选择)也影响着成林后的人工林植物多样性。构建系统结构稳定的湖滨防风消浪和水土保持防护林,对于抵抗各种严苛自然环境条件,发挥防护林特殊功能,具有重要生态意义。生物多样性与生态系统稳定性和功能的关

系存在不确定性,是否植物多样性越高则意味着林分结构越稳定,还无法下结论^[7]。然而,植物多样性对维持防护林生态系统健康,促进林分生长以及提升景观效应具有重要意义。

与水杉林和无林杂草地相比,杨树林林下土壤微生物多样性较低。对杨树林下土壤微生物多样性进行调查,从而了解土壤质量状况,对指导今后大堤林分更新改造和抚育管理具有重要意义。土壤微生物是参与养分的生物地球化学循环的核心,对土壤中物质循环起重要调节作用,是植物生长养分的一个重要来源,进而参与调控林分植物的生长和多样性^[8]。从微生物群落结构、多样性指数以及

功能微生物丰度的比较结果看,杨树林与水杉林和杂草地土壤微生物群落组成都存在显著不同。杨树林土壤微生物丰富度和丰度都更低,说明土壤肥力质量下降,这是长期单一树种经营导致的地力衰退的表现^[9]。与杉科针叶树种水杉相比,阔叶树种杨树在维持土壤地力方面表现出的不足,也许今后可以从凋落物化学成分组成和植物根系分泌物的影响等机理层面进行阐释。此研究反映出目前大堤树种更新改造的必要性。

对洪泽湖大堤防护林经营管理的建议:

(1)实施林分更新改造,提升大堤防护林生态功能和景观效应。

结合以往大堤造林经验,在大堤迎水面和背水面无立木林地和疏林地上,通过科学规划设计,建设植物种类多样、结构层次丰富、林分密度合理、生态功能突出,同时兼顾景观效应的大堤生态防护林。对于大堤已有防护林中树种老化、组成单一以及林相杂乱的林分,配合抚育间伐和林下除草等营林措施,在林下空地补植耐荫乔灌木树种或四季花卉,逐步改造成层次布局合理、物种丰富的复层混交林,从而更好发挥大堤防护林防风消浪的生态功能,同时提升林分景观效应。

(2)加强林分抚育管理,促进林木生长,提高植物多样性。

抚育间伐是人工林管理中行之有效的经营措施,对维持林分生产力和健康具有积极作用。由于大堤防护林特殊的生态意义,对林木砍伐的严格限制,以往对抚育间伐的营林手段重视还不足。林分的抚育间伐可以降低林分郁闭度,增加林内透光

性,使得主林层和次林层林木都能直接接受阳光,促进林下植被生长,有利于形成复层异龄林。同时,配合人工除草措施,可使得林下木本植被多样性提高,从而更好发挥防浪林的生态功能。造林是植被建设的开始,只有科学地经营人工林,才能使林地生产力实现可持续发展,并逐步增强森林生态功能。

参考文献:

- [1] 吴明祥. 洪泽湖大堤防浪林防护林种植与研究[J]. 科学技术创新, 2018(29):137-138.
- [2] 刘红升, 许倩, 张学昌, 等. 洪泽湖大堤省管段水土资源开发利用的实践与建议[J]. 经营与管理, 2018(12):147-150.
- [3] 赵中华, 惠刚盈. 林分结构多样性研究进展[J]. 林业科学, 2020, 56(9):143-152.
- [4] 杨育林. 疏伐对低效柏木人工林生态支持功能的影响[D]. 成都:四川农业大学, 2015.
- [5] 崔宁洁, 张丹桔, 刘洋, 等. 马尾松人工林不同大小林窗植物多样性及其季节动态[J]. 植物生态学报, 2014, 38(5): 477-490.
- [6] 刘世杰, 彭建, 莫劲雁, 等. 麦吊云杉林分密度对林下物种多样性及其自然更新能力的影响[J]. 四川林业科技, 2020, 41(5):19-25.
- [7] 温远光. 连栽桉树人工林植物多样性与生态系统功能关系的长期实验研究[D]. 成都:四川大学, 2006.
- [8] 宋贤冲, 王会利, 秦文弟, 等. 退化人工林不同恢复类型对土壤微生物群落功能多样性的影响[J]. 应用生态学报, 2019, 30(3):841-848.
- [9] 王延平. 连作杨树人工林地力衰退研究:酚酸的累积及其化感效应[D]. 济南:山东农业大学, 2010.