

文章编号:1001-7380(2016)01-0001-04

连云港市杨树纯林生态服务功能价值评估

宋俊山¹,王 圳²,丛日杰²,程建敏³

(1. 连云港市宁海木材检查站,江苏 连云港 222100;2. 连云港市林业技术指导站,江苏 连云港 222100;
3. 连云港市水文局,江苏 连云港市 222100)

摘要:在参照国内外森林生态服务功能研究资料的基础上,以中华人民共和国林业行业标准《森林生态系统服务功能评估规范》(LY/T1721-2008)为依据,结合连云港市森林资源清查的现状资料,分析评估了连云港地区杨树纯林在涵养水源、保持水土、养分积累、固碳释氧和空气净化等方面的生态价值。结果表明,1 hm²杨树纯林年均生态效益达137 513.11元,全市99.2 km²杨树纯林的生态效益达到136.41亿元/a,远超其收获木材的价值。营造杨树林对改善本地区生态环境具有极其重要的作用。

关键词:杨树纯林;生态服务功能;固碳;释氧;价值评估;连云港

中图分类号:S792.11;S718.55⁺7 **文献标志码:**A **doi:**10.3969/j.issn.1001-7380.2016.01.001

Value assessment of poplar forest ecological function in Lianyungang City

SONG Jun-shan¹, WANG Zhen², CONG Ri-jie², CHENG Jian-min³

(1. Ninghai Wood Inspection Station, Lianyungang 222100, China; 2. Lianyungang Forestry Station,
Lianyungang 222100, China; 3. Lianyungang Hydrographic Office, Lianyungang 222100, China)

Abstract: In reference to domestic and foreign research materials, on the basis of forest ecosystem service functions in the forestry industry standard of the People's Republic of China "Specifications for assessment of forest Ecosystem" (LY/T1721-2008), combining with the present situation of the forest resources inventory data, we assessed the ecological value of the poplar forest in Lianyungang in water conservation, soil and nutrient accumulation, carbon fixation and oxygen release and air purification. The results showed that the ecological value of poplar forest could be up to 137 513.11 Yuan RMB/(a · hm²). The ecological benefit of the 99.2 km² poplar forest in the city could achieve 13.641 billion Yuan RMB/a, far more than the value of his harvest lumber, so we concluded that it was very important to plant the poplar forest for improving the region ecological environment.

Key words: Poplar forest; Ecological function; Carbon fixation; Oxygen release; Value assessment; Lianyungang

森林具有涵养水源、固土保肥、固碳制氧、保护生物多样性、净化环境、防风固沙等生态效益,构成了陆地生态的主体,同时肩负着向人类提供丰富的林产品,以及维护与改善人类赖以生存的生态环境的重要任务^[1]。在江苏北部地区,经过30 a以上的发展,大面积分布的速生丰产林杨树及其配套加工产业已成为该地区重要的经济增长点。当前由于板材价格下降,加上杨树飞絮问题造成广大群众对杨树造林的积极性下降,部分地区对杨树采取“一

刀切”的办法:彻底砍伐后栽植其他树种。本文通过对连云港地区杨树纯林的生态服务功能及其价值进行初步评估,旨在评价杨树纯林在苏北地区存在的独特价值,使人们客观对待杨树存在的合理性,为本地区绿化造林事业建设、管理及下一步发展提供参考。

1 研究区概况

连云港市地处江苏省东北部,国土面积约

收稿日期:2016-01-28;修回日期:2016-02-17

作者简介:宋俊山(1966-),男,江苏东海人,林业高级工程师,大学本科毕业,现从事森林工程研究、森林资源建设与保护等工作。E-mail:468156976@qq.com。

7 615 km²。地貌基本分为中部平原区、西部岗岭区和东部沿海区 3 大部分。黄棕壤和棕壤是构成连云港地区的主要土壤类型。由于位于暖温带南部,年平均气温为 14 ℃,年平均降水量为 920 mm,四季分明,冬季寒冷干燥,夏季高温多雨,气候属于暖温带与亚热带过渡区域。暖温带与亚热带过渡的气候和地形地貌的起伏多变,促使本地区发育出一个以温带落叶阔叶林为主又有少量的亚热带常绿阔叶林分布的森林结构体系。

全市森林覆盖面积为 1 952.27 hm²,林木覆盖率 28.92%,其中有林地面积 1 571.90 hm²,国家规定特别灌木林地 110.06 hm²,四旁树折算面积 264.31 hm²,活立木蓄积量 950 万 m³。从森林结构和主要树种来看,纯林面积 1 329 hm²,混交林 242.9 hm²。其中杨树纯林 992 hm²,占 63.11%,柳树占 5.5%,悬铃木占 4.3%,大叶女贞占 2.68%,紫薇占 1.98%,黑松占 1.95%,栎类占 1.86%,赤松占 0.79%,板栗占 0.73%,梨占 0.52%,其他树种占总量的 16.58%。

2 研究方法

2.1 数据来源

本论文所使用的资料数据来源于 2009 年林业二类资源清查和 2010 年、2015 年森林资源持续清查的资料;生态功能等数据来源于连云港市林业技术指导站、连云港市水文局水土保持监测站、连云港市气象台、连云港市环境监测站及相关森林生态站实测数据及参考相关文献资料。

2.2 研究方法

2.1.1 涵养水源 水在自然界起着循环作用,是整个地球圈生态系统能量流、物质流的重要载体。大量研究表明,河流含沙量与流域内森林覆盖率成明显的正相关关系,森林覆盖率越高,河流含沙量越低;反之,覆盖率越低,含沙量越高^[1]。涵养水源是森林的重要生态功能,通过林冠对天然降雨进行截留,死地被物层对地表径流进行吸收,林地土壤的渗水、蓄水作用,使得森林能够在汛期调节洪峰、枯水期缓慢释流,同时通过植物作用显著改善净化水质^[1-2]。涵养水源功能的价值主要依据以下公式:

$$(1) \text{调节水量: } U_{\text{调}} = 10C_{\text{库}}A(P-E-C)$$

$$(2) \text{净化水质: } U_{\text{水质}} = 10KA(P-E-C)$$

式中, $U_{\text{调}}$ 为森林调节水量价值,单位元/a; $U_{\text{水质}}$ 为森林净化水质价值,单位元/a; $C_{\text{库}}$ 为水库建

设单位库容投资,单位元/m³; P 为林外降水量,单位 mm/a; E 为林分蒸散量,单位 mm/a; C 为地表径流量,单位 mm/a; K 为水的净化费用,单位元/t; A 为林分面积,单位 hm²^[2]。

2.1.2 保育土壤 森林通过活地被物和凋落物层层截留降水,使水滴对表土的冲击和地表径流的侵蚀显著降低^[3];同时植物根系纵横交错,构成了密集、复杂的网络体系,使表土、心土、母质连成一体,防治土壤崩塌泻溜,减少土壤肥力损失^[1,3]。森林固土能力可用无林地与有林地的土壤侵蚀差异来表示^[2]。森林维持土壤养分表现为森林在减少土壤侵蚀量的过程中减少了养分的流失,主要考虑 N, P, K 这 3 种养分元素以及有机质^[4,5]。土壤保育价值即为上述 2 项之和,其计算公式为

$$(1) \text{固土: } U_{\text{固土}} = AC_{\pm}(X_2 - X_1)/\rho$$

$$(2) \text{保肥: } U_{\text{肥}} = A(X_2 - X_1)(NC_1/R_1 + PC_1/R_2 + KC_2/R_3 + MC_3)$$

式中, $U_{\text{固土}}$ 为森林年固土价值,单位元/a; X_1 为林地土壤侵蚀模数,单位 t/(hm²·a); X_2 为无林地土壤侵蚀模数,单位 t/(hm²·a); ρ 为林地土壤容重,单位 t/m³; C_{\pm} 为挖取和运输单位体积土方所需费用,为 12.6 元/m³; $U_{\text{肥}}$ 为森林年保肥价值,单位元/a; N 为森林土壤平均含氮量(%); P 为森林土壤平均含磷量(%); K 为森林土壤平均含钾量(%); M 为森林土壤有机质平均含量(%); R_1 为磷酸氢二铵含氮量(%); R_2 为磷酸氢二铵含磷量(%); R_3 为氯化钾含钾量(%); C_1 为磷酸氢二铵价格,单位元/t; C_2 为氯化钾价格,单位元/t; C_3 为有机质价格,单位元/t^[2]。

2.1.3 固碳释氧 森林固碳释氧功能是通过森林植被、土壤动物和微生物等实现的,占主要组成的是植物的光合作用:叶绿体在可见光的照射下,将二氧化碳和水转化为储存着能量的有机物,并释放出氧气^[2,4]。植物的固碳释氧功能维持着整个地球生物圈的正常运作,缓解当前的温室气体效应^[6]。根据光合作用方程式,生态系统每积累 1 kg 的干物质,可以固定 1.63 kg CO₂,释放 1.19 kg O₂。故计算公式为:

$$(1) \text{固碳: } U_{\text{碳}} = AC_{\text{碳}}(1.63R_{\text{碳}}B_{\text{年}} + F_{\text{土壤碳}})$$

$$(2) \text{释氧: } U_{\text{氧}} = 1.19C_{\text{氧}}AB_{\text{年}}$$

$U_{\text{碳}}$ 为林分年固碳价值,单位元/a; $U_{\text{氧}}$ 为林分年释氧价值,单位元/a; $C_{\text{碳}}$ 为固碳价格,单位元/t; $C_{\text{氧}}$ 为氧气价格,单位元/t; $R_{\text{碳}}$ 为 CO₂ 中碳的含量,为

27.27%; $F_{\text{土壤碳}}$ 为单位面积林分土壤固碳量, 单位 $\text{t}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$ [2]。

2.1.4 积累营养物质 森林通过凋落物的归还、死地被层的分解以及植物根系等因素吸收大气、土壤和降水中的营养物质并储存积累起来, 主要营养元素包括 N、P、K 等, 显著降低流域下游面源污染及水体富营养化 [7]。计算公式为

$$U_{\text{营养}} = AB_{\text{年}}(N_{\text{营养}}C_1/R_1 + P_{\text{营养}}C_1/R_2 + K_{\text{营养}}C_2/R_3)$$

其中, $U_{\text{营养}}$ 为林分营养物质积累价值, 单位元/a; $N_{\text{营养}}$ 为林木含氮量(%); $P_{\text{营养}}$ 为林木含磷量(%); $K_{\text{营养}}$ 为林木含钾量(%); $B_{\text{年}}$ 为林分净生产力, 单位 $\text{t}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$ [2]。

2.1.5 净化大气环境 森林能够有效促进林地及周边地区的热量和水分状况变化, 通过蒸腾作用能够调节局部小气候, 增加空气湿度和降雨量 [8,9]。植物在固碳释氧过程中产生负离子和多种生物活性物质, 起到杀菌灭毒的功效 [10]。植物能够吸收大气污染物(粉尘、重金属、 SO_2 、氟化物、氮氧化物等)并通过自身固持阻隔分解。同时林带能够很好地降低噪音, 减少对人类社会的损害。主要有以下公式进行计算:

(1) 释放负离子: $U_{\text{负离子}} = 5.256 \times 10^{15} \times AHK_{\text{负离子}}(Q_{\text{负离子}} - 600)/L$

(2) 吸收污染物: $U_{\text{二氧化硫}} = K_{\text{二氧化硫}}Q_{\text{二氧化硫}}A$; $U_{\text{氟}} = K_{\text{氟化物}}Q_{\text{氟化物}}A$; $U_{\text{氮氧化物}} = K_{\text{氮氧化物}}Q_{\text{氮氧化物}}A$; $U_{\text{重金属}} = K_{\text{重金属}}Q_{\text{重金属}}A$ 。

(3) 降低噪音: $U_{\text{噪音}} = K_{\text{噪音}}A_{\text{噪音}}$

(4) 滞尘: $U_{\text{滞尘}} = K_{\text{滞尘}}Q_{\text{滞尘}}A$

其中, $U_{\text{负离子}}$ 为林分年提供负离子价值, 单位元/a; $K_{\text{负离子}}$ 为负离子生产费用, 单位元/个; $Q_{\text{负离子}}$ 为林分负离子浓度, 单位个/ cm^3 ; L 为负离子寿命, 单位 min; H 为林分高度, 单位 m; $U_{\text{二氧化硫}}$ 为林分年吸收二氧化硫价值, 单位元/a; $K_{\text{二氧化硫}}$ 为二氧化硫治理费用, 单位元/kg; $Q_{\text{二氧化硫}}$ 为单位面积林分吸收 SO_2 量, 单位 $\text{kg}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$; $U_{\text{氟}}$ 为林分年吸收氟化物价值, 单位元/a; $K_{\text{氟化物}}$ 为氟化物治理费用, 单位元/kg; $Q_{\text{氟化物}}$ 为单位面积林分吸收氟化物量, 单位 $\text{kg}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$; $U_{\text{氮氧化物}}$ 为林分年吸收氮氧化物价值, 单位元/a; $K_{\text{氮氧化物}}$ 为氮氧化物治理费用, 单位元/kg; $Q_{\text{氮氧化物}}$ 为单位面积林分吸收氮氧化物量, 单位 $\text{kg}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$; $U_{\text{粉尘}}$ 为林分年滞留价值, 单位元/a, $K_{\text{粉尘}}$ 为粉尘治理费用, 单位元/kg; $Q_{\text{粉尘}}$ 为单位面积

林分吸收粉尘量, 单位 $\text{kg}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$; $U_{\text{噪音}}$ 为林分年降低噪音价值, 单位元/a; $K_{\text{噪音}}$ 为降低噪音费用, 单位元/km; $A_{\text{噪音}}$ 为森林面积折合为隔音墙的公里数, 单位 km [2]。

2.1.6 森林防护 森林防护价值主要考虑防护农业生产价值。农田防护林的主要功效体现为控制风沙危害, 增加作物产量。连云港市地处黄淮海平原的沿海地区, 气候条件相对恶劣, 海煞、干热风对农作物产量影响极大, 本地区营造沿海防护林和农田防护林组成的综合防护体系能够显著提高农作物产量 [1]。计算公式为

$$U_{\text{防护}} = AQ_{\text{防护}}C_{\text{防护}}$$

其中, $U_{\text{防护}}$ 为森林防护价值, 单位元/kg; $Q_{\text{防护}}$ 为由于农田防护林等森林存在增加的单位面积农作物产量 $\text{kg}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$, $C_{\text{防护}}$ 农作物价格, 单位元/kg [2]。

3 结果与分析

由于立地条件、杨树品种、栽植管护水平等差异, 相同地区的杨树生长量也有一定的差异, 为方便计算, 本项目选取本地区 1 hm^2 杨树纯林为计算单元, 选取 5~10 年生杨树平均年生长量、单位面积生物量、树高、冠幅、覆盖度、土壤理化性质等多年林业生产、调查总结的数据, 计算其年均产生的生态效益。

3.1 涵养水源价值

连云港历年平均降水量 920 mm, 杨树纯林年平均蒸散量为 675 mm, 本地区年地表径流量为 310 mm, 杨树纯林内年地表径流为 200 mm。根据《中国水利年鉴》单位水库库容造价为 6.110 7 元/t, 水的净化费用采用连云港居民用水平均值 2.95 元/t 计算, 1 hm^2 杨树纯林调节水量的价值为 2 749.82 元/a, 净化水质的价值为 1 327.5 元/a。调节水量与净化水质之和即为 1 hm^2 杨树纯林年涵养水源产生的价值, 为 4 077.32 元/a。

3.2 保育土壤价值

连云港市整个地势自西北向东南倾斜, 西部丘陵岗地、河流、湖泊等地存在一定程度的水土流失。根据连云港市水土保持监测站数据, 本地区无林地土壤侵蚀模数为 205 $\text{t}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$, 杨树纯林土壤侵蚀模数为 165 $\text{t}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$, 土壤容重为 1.5 t/m^3 , 有机质含量较高为 8%。根据《中华人民共和国水利部水利建筑工程预算定额》挖取和运输单位面积土方

所需要的费用是 12.6 元, 1 hm²杨树纯林固土的价值为 336 元/a。根据近年来统计的化肥价格表, 磷酸氢二铵价格为 2 400 元/t, 氯化钾为 2 200 元/t, 有机质为 320 元/t。计算得出, 1 hm²杨树纯林保肥的价值为 106 610 元/a。固土与保肥之和即为 1 hm²杨树纯林年保育土壤产生的价值, 为 106 946 元/a。

3.3 固碳释氧价值

固碳释氧是伴随植物生长进行的, 通常计算中以树木总生物量来计算, 根据省森林资源监测中心开展的杨树生物量测定和本地区林业生产经验, 本地区杨树纯林的年平均林分净生产力为 11.25 t/hm², 土壤固碳量相对较低可忽略不计。采用瑞典的碳税率 (1 200 元/t) 和卫生部关于氧气价格 (1 000 元/t) 对 1 hm²杨树纯林固定的 CO₂ 量和释放的 O₂ 价值进行计算。固定 CO₂ 价值为 6 000.76 元/a, 释放 O₂ 价值为 13 387.5 元/a。故 1 hm²杨树纯林固碳释氧的价值, 为 19 388.26 元/a。

3.4 积累营养物质价值

根据本地区杨树木材化验结果, 含氮量为 0.72%, 含磷量为 0.09%, 含钾量较低为 0.28%, 林分净生产力为 11.25 t/hm²。计算得出 1 hm²杨树纯林营养积累价值为 1 689.08 元/a。

3.5 净化大气环境价值

由于本地区杨树纯林大都位于城镇郊区等人为活动相对较少区域, 道路绿化中杨树占比近年来已显著下降, 此项价值不具备典型代表性, 故降低噪音价值暂不纳入计算。净化大气环境的价值主要为提供负离子、吸收 SO₂ 和滞尘。不同植被产生的负离子数量有着显著差异, 而阔叶乔木林的负离子产量最高。采用美国 ALP 环境空气负离子浓度检测仪对本地区杨树纯林进行持续检测, 数据显示林分内负离子含量呈动态变化: 就全年来看, 夏秋季最高可达 7 500 个/cm³, 春冬季较低 730 个/cm³; 就全天来看, 15:00 至 20:00 负离子含量最高, 8:00 至 12:00 含量较低。全年平均林分负离子含量为 2 000 个/cm³, 单位含量的负离子生产费用为 5.811 85 元, 计算得出 1 hm²杨树纯林释放负离子价值为 77.07 元/a。

根据本地区环境监测数据, 本地空气污染物主要为 SO₂ 和粉尘, 氟化物、氮氧化物、重金属等含量较低, 暂不纳入计算。采用中华人民共和国国家发展和改革委员会等四部委 2003 年第 31 号令《排污

费征收标准及计算方法》, SO₂ 排污收费标准为 1.20 元/kg, 粉尘排污费收费标准为 0.15 元/kg^[5]。根据《中国生物多样性国情研究报告》阔叶林对 SO₂ 吸收能力值为 88.65 kg/(hm² · a)^[11], 计算得出 1 hm²杨树纯林吸收 SO₂ 价值为 106.38 元/a。根据水土保持监测站监测杨树纯林滞尘能力为 600 kg/(hm² · a), 计算得出 1 hm²杨树纯林滞尘价值为 90 元/a。

3.6 森林防护价值

本地区位于黄淮海平原, 根据南京林业大学 (1995 年) 在江苏省徐州市研究结果表明, 农田防护林对小麦的增产率为 6.6%~18.9%, 在昆山研究表明, 防护林对晚稻平均增产 14%^[1]。结合本地区多年农业生产经验, 由于防护林存在使每公顷小麦和稻谷产量增加 1 845 kg, 计算得出杨树纯林作为农田防护林森林防护价值为 5 139 元/a。

由于在本地区杨树多作为用材林, 生物多样性保护、森林游憩等功能由于具有复杂性和不确定性等特点, 目前尚无可行的评价方法, 故暂不纳入计算。本地区杨树纯林可量化的生态价值即为涵养水源+保育土壤+固碳释氧+积累营养物质+净化大气环境+森林防护。综合计算得出 1 hm²杨树纯林的生态价值约为 137 513.11 元/a, 全市 99.2 km²杨树纯林的生态效益达到 136.41 亿元/a。

4 结 论

在以往的森林价值评估中, 往往以产出木材的直接经济价值作为衡量标准, 而忽略森林作为一个整体生态系统发挥的生态效益, 包括在碳循环过程、养分循环过程、森林水文过程、森林能量过程、森林生物过程中多方面的效益。以杨树纯林为例, 一旦建群种杨树被砍伐后, 该生态系统形成的高效稳定的能量流、物质流、生物流立刻被切断, 森林的生态效益近乎消失, 直接后果就是林地发生水土流失, 太阳辐射的能量浪费, 无法固碳释氧、调节气候、涵养水源, 农作物失去防护屏障后易受干热风、台风等不良气候影响减产降低品质, 树叶不能过滤空气释放活性杀菌物质, 改善环境的能力变差, 鸟类、昆虫、土壤动植物、微生物失去庇护场所导致生物多样性降低, 形成绿树成荫的景象破坏, 其价值不是仅仅以产出的木材能够衡量的。

(下转第 14 页)

- [7] 任毅华,侯 磊.渭北农林复合系统土壤水分垂直分布特征[J].北京农业,2015(9):237-238.
- [8] 肖 娜,胡少伟.农林复合经营对土壤质量的影响[J].中国农业信息,2014(18):21-26.
- [9] SINGH Y P, SINGH G, SHARMA D K. Bioamelioration of alkali soils through agroforestry systems in central Indo-Gangetic plains of India[J]. Journal of Forestry Research, 2014, 25(4): 887-896.
- [10] ODHIAMBO H O, ONG C K, DEANS J D, et al. Roots, soil water and crop yield: tree crop interactions in a semi-arid agroforestry system in Kenya[J]. Plant and Soil, 2001(235): 221-233.
- [11] KAUR B, GUPTA S R, SINGH G. Soil carbon, microbial activity and nitrogen availability in agroforestry system on moderately alkaline soils in northern India[J]. Applied Soil Ecology, 2000, 15(3): 283-294.
- [12] SHARROW S H, ISMAIL S. Carbon and nitrogen storage in agroforests, tree plantations, and pastures in Western Oregon, USA[J]. Agroforestry Systems, 2004, 60(2): 123-130.
- [13] FANG S, XU X, YU X et al. Poplar in wetland agroforestry: A case study of ecological benefit, site productivity, and economics[J]. Wetland Ecology and Management, 2005, 13(1): 93-104.
- [14] 富丰珍,徐陈扬,李广德.我国杨树林农复合经营现状及存在的问题[J].西北林学院学报,2010,25(2):221-224.
- [15] 陈卫平,朱清科,薛智德,等.农林复合系统规划设计的研究进展[J].西北林学院学报,2008,23(4):127-131.
- [16] 李海玲,王万江,方升佐.不同杨农复合经营模式对土壤活性炭组分及其分布特征的影响[J].金陵科技学院学报,2013,22(2):79-84.
- [17] 刘学玉,吕豪豪,石 岩,等.生物质炭对土壤养分淋溶的影响及潜在机理研究进展[J].应用生态学报,2015,26(1):304-310.
- [18] 李海玲,陈乐蓓,方升佐.不同杨农复合经营模式土壤有机碳和全氮含量垂直分布及储量研究[J].南京林业大学学报(自然科学版),2010,34(2):125-129.
- [19] 范士超,张海林,黄光辉,等.不同间伐模式下杨农复合系统土壤养分垂直分布特征[J].华北农学报,2010,25(增刊):236-241.
- [20] 刘 洋,胡开波,刘 凯,等.农林复合系统结构设计探讨[J].林业经济,2010(10):79-84.
- [21] NAIR P K R. Tree integration on farmlands for sustained productivity of small holdings[J]. Environmentally Sound Agriculture, 1983:335-350.
- [22] 平晓燕,王铁梅,卢欣石.农林复合系统固碳潜力研究进展[J].植物生态学报,2013,37(1):80-92.
- [23] 蒋 婧,宋明华.植物与土壤微生物在调控生态系统养分循环中的作用[J].植物生态学报,2010,34(8):979-988.
- [24] LIVESLEY S J, GREGORY P J, BURESH R J. Competition in tree row agroforestry systems: Distribution, dynamics and uptake of soil inorganic N[J]. Plant and soil, 2002, 247: 177-187.
- [25] 魏 勇,张焕朝,张金龙.杨树根际土壤磷的分布特征及有效性[J].南京林业大学学报(自然科学版),2003,27(8):20-24.
- [26] 曹小玉,李际平,闫文德.不同龄组杉木林土壤有机碳与氮磷钾分布特征及耦合关系[J].土壤通报,2014(5):1137-1143.
- [27] 渠开跃,代力民,冯慧敏,等.辽东山区不同林型土壤有机质和NPK分布特征[J].土壤通报,2009(3):558-562.

(上接第4页)

通过《森林生态服务评估功能规范》较客观地计算,连云港杨树纯林森林生态服务功能价值达到136.41亿元/a。需要说明的是本研究仅仅计算的是杨树林产生的生态价值中的一部分,部分生态价值由于目前技术手段等方面问题难以衡量,且已有的计算由于受数据资料的详实程度等因素制约,还有待进一步深入完善。杨树作为本地区的人工建群树种,发展以来,取得了巨大的经济效益和社会效益,其生态效益也是举足轻重的。在今后的林业生产中,应客观看待杨树的作用,可栽植不易造成污染的杨树雄株,营造复合高效混交林,更好地满足地区林业生态建设的需要。

参考文献:

- [1] 张金池.水土保持及防护林学[M].北京:中国林业出版社,1996:65-76,175-198.
- [2] 国家林业局.森林生态系统服务功能评估规范[S]//中华人民共和国

林业行业标准 LY/T1721-2008.

- [3] 吴玉环,高 谦,程国栋.生物土壤结皮的生态功能[J].生态杂志,2002,21(4):41-45.
- [4] 余新晓,秦永胜,陈丽华,等.北京山地森林生态系统服务功能及其价值初步研究[J].生态学报,2002,22(5):783-786.
- [5] 冯玉青,陈月琴,陶隽超.苏州森林生态服务功能价值评估[J].华东森林经理,2009,23(1):37-43.
- [6] 许纪泉,钟全林.武夷山自然保护区森林生态系统服务功能价值评估[J].林业资源管理,2007,6(3):2649-2655.
- [7] 魏 媛,张金池,喻理飞.退化喀斯特植被恢复过程中土壤微生物生物量碳的变化[J].南京林业大学学报(自然科学版),2008,32(5):71-75.
- [8] 高 琼,李月辉,肖笃宁,等.沈阳市域森林生态系统服务功能价值评估[J].东北林业大学学报,2008,36(2):69-72.
- [9] 李菲菲,饶良懿,鲁绍伟,等.华北平原杨树人工林蒸散发估算研究[J].灌溉排水学报,2013,32(1):135-138.
- [10] 蒋文伟.不同类型森林绿地空气负离子生态效应[J].中国城市林业,2008,6(4):49-57.
- [11] 《中国生物多样性价值核算研究》编写组.中国生物多样性国情研究报告[M].北京:中国环境科学出版社,1998.