

核桃种植的生态效益评价——以云南省大姚县为例

聂弯¹, 于法稳^{2*}, 和月月³ (1. 中国社会科学院研究生院, 北京 102488; 2. 中国社会科学院农村发展研究所, 北京 100732; 3. 西南林业大学经济管理学院, 云南昆明 650224)

摘要 核桃是发展山区经济的重要树种, 也是一种能改善生态环境的优良树种。在界定核桃种植生态效益的概念及分析其内涵的基础上, 运用文献查阅法以及专家咨询法, 构建了核桃种植生态效益计量指标体系, 采用等效替代法、市场价值法以及机会成本法等方法, 对云南省大姚县核桃种植的生态效益进行了计量与分析, 结果表明, 2014年云南省大姚县核桃种植的生态效益为64.15亿元, 是其经济效益的9倍多, 其中涵养水源效益9.60亿元、固土保肥效益37.65亿元、固碳释氧效益7.45亿元、净化环境质量效益1.83亿元、调节区域气候效益2.46亿元、生物多样性保护效益5.16亿元。

关键词 大姚县; 核桃种植; 生态效益

中图分类号 S7-9 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2016)29-0156-05

Evaluation of Ecological Benefit of Walnut Planting—A Case of Dayao County of Yunnan Province

NIE Wan¹, YU Fa-wen^{2*}, HE Yue-yue³ (1. Graduate School of Chinese Academy of Social Sciences, Beijing 102488; 2. Rural Development Institute, Chinese Academy of Social Sciences, Beijing 100732; 3. College of Economics and Management, Southwest Forestry University, Kunming, Yunnan 650224)

Abstract Walnut is an important tree in developing the economy in remote areas and is also a good tree species to improve the ecological environment. Based on the definition of walnut planting ecological benefits, by using the method of literature review and expert consultation as well as the equivalent substitution method, market value method and opportunity cost method and other methods, this paper established the measurement index system of walnut planting ecological benefits and analyzed the walnut ecological benefit of Dayao County of Yunnan Province. The results showed that the ecological benefits of walnut planting in Dayao County is 6.415 billion yuan in the year of 2014, 9 times more than the economic benefit. The water conservation benefit for protecting fertilizer is 960 million yuan, solid soil benefit is 3.765 billion yuan, carbon sequestration and oxygen release benefit is 745 million yuan, purifying environment benefit is 183 million yuan, regulating regional climate benefit is 246 million yuan and biodiversity conservation benefit is 246 million yuan.

Key words Dayao County; Walnut planting; Ecological benefits

目前国内外学者对核桃的研究主要集中在自然科学、产业和经济效益三方面^[1], 鲜有的对核桃种植生态效益的研究也只进行了定性描述, 缺少定量分析^[2]。赵敏等^[3]提出核桃生态效益不容忽视; 谢伟东等^[4]对核桃林下植被多样性进行了研究; 周泽胜^[5]介绍, 1株50年生, 树高15m、冠厚10m、冠幅30m²的核桃树1年的生态效益价值量达19万美元, 但是他并没有说明数据来源以及计算过程。笔者力图弥补实证研究的不足, 通过实地调研、定量分析和定性分析相结合, 以云南省大姚县为例计量分析核桃种植的生态效益。

1 核桃种植生态效益指标体系构建与计量方法

1.1 指标体系构建 生态效益是生态环境建设和保护的成果, 表现为涵养水源、防风固沙、净化空气等功能^[6]。经过与专家学者多次的交流、探讨, 在借鉴国内外众多学者研究的基础上, 最终确定核桃种植的生态效益计量指标体系包含涵养水源效益、固土保肥效益、固碳释氧效益、净化环境质量效益、调节区域气候效益以及生物多样性保护效益6个大类以及10个计量指标(图1)。

1.1.1 涵养水源效益(B_1)。涵养水源就是保持土壤中的水分不流失、不破坏生态环境。核桃树巨大的树冠具有较强的水源涵养功能^[7]。该研究中定义的核桃种植涵养水源的生态效益主要包括蓄水效益(B_{11})和防洪效益(B_{12})。

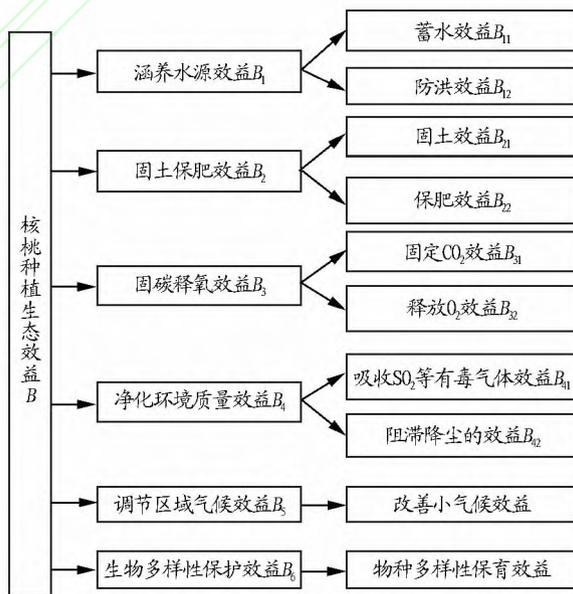


图1 核桃种植生态效益指标体系

Fig.1 The system of ecological benefits of walnuts planting

1.1.2 固土保肥效益(B_2)。核桃树固土保肥效益主要是指网状分布的核桃根系减少了土壤的崩塌, 核桃林中核桃树和凋落物层的存在, 缓解了水滴对表土的冲击和对地表径流的侵蚀作用, 进而减少了土壤侵蚀和土壤肥力损失。该研究中定义的核桃固土保肥效益为同无核桃种植的林地相比的减少土地资源损失的固土效益(B_{21})与保护土壤肥力效益(B_{22})。

基金项目 中国社会科学院资助项目(JD2014YB15)。
作者简介 聂弯(1991-), 女, 江西樟树人, 博士研究生, 研究方向: 生态经济。*通讯作者, 研究员, 博士生导师, 从事生态经济领域的研究。
收稿日期 2016-08-24

1.1.3 固碳释氧效益(B_3)。核桃树通过光合作用吸收并固定空气中的 CO_2 , 并通过掉落的枝叶转化为有机质, 将部分 CO_2 存贮在种植核桃树的林地土壤当中^[8]。该研究中定义的核桃种植的固碳释氧效益(B_3)为核桃每年固定 CO_2 中 C 的效益(B_{31})和释放 O_2 效益(B_{32})。

1.1.4 净化环境质量效益(B_4)。核桃树通过同化作用和异化作用使环境中的污染物数量减少、浓度下降、毒性减轻直至消失。研究表明, 林区空气中的 SO_2 比空旷地少 15% ~ 50%, 核桃冬季无叶时能降尘 26.0%, 春季展叶后可降尘 44.7%^[9]。该研究中定义的净化环境质量效益(B_4)为吸收 SO_2 等有毒气体效益(B_{41})和阻滞降尘的效益(B_{42})。由于数据获取困难, 该研究只计量吸收 SO_2 的效益, 其他有毒气体暂不考虑。

1.1.5 调节区域气候效益(B_5)。核桃树体高、树冠大、枝叶繁茂, 具有调节区域小气候(光照、温度、湿度、空气等因子)的功能, 使种植区的气候温润。该研究按照单位面积的森林调节气候效益计量核桃种植区调节区域气候效益^[10]。

1.1.6 生物多样性保护效益(B_6)。生物多样性保护是指为多样性物种提供生存与繁衍的场所, 从而起到保护生物多样性的功能^[11]。该研究采用定量化的客观评估方法(Shannon - Wiener 指数)计量生物多样性保护效益。

1.2 生态效益计量方法

1.2.1 涵养水源效益。核桃种植涵养水源效益采用影子工程法计量。蓄水效益(B_{11})采用区域平均水价作为衡量标准, 即以研究区域当年的农业水利价格为参数进行计算; 防洪效益(B_{12})以水库工程的蓄水成本作为衡量标准。由于核桃林的涵养水源与水库的蓄水本质类似, 所以蓄水价格根据研究区域修建水库花费来计算, 计算公式为:

$$B_{11} = 10\ 000(R - E) \times A \times K_1 \quad (\text{I})$$

$$B_{12} = (D_1 - D_0) \times A \times K_2 \quad (\text{II})$$

式(I)(II)中, B_{11} 为核桃种植蓄水效益(元); B_{12} 为核桃种植防洪效益(元); R 表示核桃种植区年均降水量(mm/a); E 表示核桃种植区年蒸散量(mm/a); K_1 为农业水利均价(元/m^3); D_1 表示阔叶林的防洪能力(m^3/hm^2); D_0 表示裸地的防洪能力(m^3/hm^2); K_2 为单位蓄水费用(元/m^3); A 表示核桃种植面积(hm^2)。

1.2.2 固土保肥效益。

1.2.2.1 固土效益。按照劳动成本法, 采用挖取 1 t 泥沙的费用来计算核桃种植减少泥沙淤积灾害的固土效益(B_{21}), 计算公式为:

$$B_{21} = (X_2 - X_1) \times A \times K_3 \quad (\text{III})$$

式(III)中, B_{21} 表示核桃种植固土效益(元); X_2 表示非核桃种植区土壤侵蚀模数 [$\text{t}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$]; X_1 表示核桃种植区土壤侵蚀模数 [$\text{t}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$]; K_3 表示从河道或湖泊中挖取 1 t 泥沙的平均费用(元/t); A 表示核桃挂果面积(hm^2)。

1.2.2.2 保肥效益。采用替代市场法, 将核桃种植区域内侵蚀土壤中的有机质和主要营养元素 N、P、K 物质质量折合成有机肥、尿素、磷酸二氢钾的量, 按照肥料市场价格来计算核

桃种植的保肥价值, 计算公式为:

$$B_{22} = \text{有机质含量} \times C_1 \times 5.00\% + \text{N 含量} \times C_2 \times 46.67\% + \text{P 含量} \times C_3 \times 22.79\% + \text{K 含量} \times C_3 \times 28.68\%$$

(IV)

式(IV)中, B_{22} 表示核桃种植保肥效益(元); C_1 表示有机肥价格(元/t); C_2 表示尿素价格(元/t); C_3 表示磷酸二氢钾价格(元/t); 5.00% 表示有机肥中含有机质的量; 46.67% 表示尿素中 N 的含量; 22.79% 和 28.68% 分别表示磷酸二氢钾中 P 和 K 的含量。

其中, 有机质含量 = 挂果面积 \times 土层厚度 \times 表层土有机质含量 \times 表层土有机质容重;

N 含量 = 挂果面积 \times 土层厚度 \times 表层土 N 含量 \times 表层土 N 容重;

P 含量 = 挂果面积 \times 土层厚度 \times 表层土 P 含量 \times 表层土 P 容重;

K 含量 = 挂果面积 \times 土层厚度 \times 表层土 K 含量 \times 表层土 K 容重。

1.2.3 固碳释氧效益。

1.2.3.1 固碳效益。植物每生产 162 g 干物质可以吸收固定 264 g CO_2 , 同时释放 193 g O_2 , 也就是每生产 1 g 干物质需要 1.63 g CO_2 , 同时释放 1.19 g O_2 , 可以计算出核桃固定 C 和释放 O_2 的效益物质量, 再采用工业制造 C 的市场替代法计算出核桃固定 C 的效益价值量, 计算公式为:

$$B_{31} = 1.63ARB \times Z_1 \quad (\text{V})$$

式(V)中, B_{31} 表示核桃种植固定 C 效益(元); A 表示种植面积(hm^2); R 表示 CO_2 中 C 的含量, 为 27.27%; B 表示林分净生产能力, 是一个经验值, 为 12.81 $\text{t}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$; Z_1 表示工业制造 C 的成本(元/t)。

1.2.3.2 释氧效益。释放 O_2 效益计算公式为:

$$B_{32} = 1.19AB \times Z_2 \quad (\text{VI})$$

式(VI)中, B_{32} 表示核桃种植释放 O_2 效益(元); Z_2 表示工业制造 O_2 的成本(元/t); A 、 B 与式(V)中的说明相同。

1.2.4 净化环境质量效益。

1.2.4.1 吸收 SO_2 效益。净化环境效益的计量方法主要是面积—吸收能力法, 这种方法便于解释和测度^[12], 计算公式为:

$$B_{41} = Q_1A \times H_1 \quad (\text{VII})$$

式(VII)中, B_{41} 表示核桃种植吸收 SO_2 效益(元); Q_1 表示单位面积核桃林吸收 SO_2 的量 [$\text{kg}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$]; A 表示种植面积(hm^2); H_1 表示每消减 1 kg SO_2 的投资成本(元/kg)。

1.2.4.2 阻滞降尘效益。同样采用面积—吸收能力法来计算, 计算公式为:

$$B_{42} = Q_2A \times H_2 \quad (\text{VIII})$$

式(VIII)中, B_{42} 表示核桃种植阻滞降尘效益价值量(元); Q_2 表示单位面积阔叶林滞尘的量 (t/hm^2); A 表示种植面积(hm^2); H_2 表示阻滞降尘的成本(元/t)。

1.2.5 调节区域气候效益。借鉴谢高地等^[13]的研究成果, 核桃种植调节区域气候效益的计算公式为:

$$B_5 = MA \quad (\text{IX})$$

式(IX)中, B_5 表示核桃种植调节区域气候效益(元); M 表示我国陆地生态系统中森林单位面积气候调节值(元/hm²); A 表示种植面积(hm²)。

1.2.6 生物多样性保护效益。采用 Shannon - Wiener 指数计算核桃种植生物多样性保护效益物质质量, 计算公式为:

$$H' = - \sum (n_i/N) \ln(n_i/N)$$

表1 物种保育 Shannon - Wiener 指数分级价值

Table 1 Shannon-Wiener index classification value in species conservation

等级 Grade	Shannon - Wiener 指数 Shannon - Wiener index	单价 Price per unit 元/(hm ² · a)
1	指数 ≥ 6	50 000
2	5 ≤ 指数 < 6	40 000
3	4 ≤ 指数 < 5	30 000
4	3 ≤ 指数 < 4	20 000
5	2 ≤ 指数 < 3	10 000
6	1 ≤ 指数 < 2	5 000
7	指数 < 1	3 000

注: 数据来源于国家林业评估标准《森林生态服务功能评估规范》(LY/T1721-2008)。

Note: Data are from national forest assessment standard Specification for Assessment of Forest Ecosystem Services (LY/T1721-2008).

核桃种植生物多样性保护效益计量公式为:

$$B_6 = AV \quad (\text{X})$$

式(X)中, B_6 表示核桃种植生物多样性保护效益(元); A 表示种植面积(hm²); V 表示核桃所处林分的价值[元/(hm² · a)]。

2 研究区概况及数据来源

2.1 研究区概况 大姚县位于云南省楚雄彝族自治州西北部, 地理坐标为 100° 53' 18" ~ 101° 40' 30" E、25° 32' 43" ~ 26° 23' 36" N, 面积 41.46 万 hm², 总人口 28 万人, 森林覆盖率 78%, 林业用地面积 32.29 万 hm², 占全县面积的 77.50%, 相对湿度 65%, 年均气温 15 °C, 年均降雨量 800 余 mm, 年日照时数 2 400 余 h, 境内土壤主要有燥红土、红壤、黄棕壤、棕壤、暗棕壤, 是核桃种植的理想之地。大姚县全县 12 个乡镇(金碧镇、龙街乡、赵家店乡、新街乡、昙华乡、桂花乡、湾碧乡、铁锁乡、三台乡、三岔河乡、六苴镇、石羊镇)均有核桃栽培。截至 2014 年底, 全县约种植核桃 10 万 hm², 产量 1.86 万 t, 产值 6.6 亿元, 农民人均种植核桃收入 2 800 元。

2.2 数据来源 向大姚县统计局、林业局、农业局、环保局、气象局等部门收集该县历年有关核桃种植生态效益的统计数据, 如核桃种植区年均降水量、核桃种植区年均蒸散量、种植面积、非核桃种植区土壤侵蚀模数、核桃种植区土壤侵蚀模数、核桃种植区表层土有机质含量、核桃种植区表层土有机质容量、核桃种植区土层厚度、核桃种植区表层土 N 含量、核桃种植区表层土 N 容量、核桃种植区表层土 P 含量、核桃种植区表层土 P 容量、核桃种植区表层土 K 含量、核桃种植区表层土 K 容量等, 并通过座谈会、实地访谈等方式, 对该县核桃种植生态效益存量及其变化做详细的了解。

2.3 数据计算 生态效益货币化常用的方法有等效替代法、机会成本法、意愿支付法以及能值分析法(Energy Analysis)。考虑到数据的可获得性, 该研究采用等效替代法计算大姚县核桃种植生态效益, 等效替代法就是用生产等量生态效益的工程费用替代计算核桃种植产生的生态效益。具体是, 首先确定核桃种植在涵养水源、固土保肥、固碳释氧等生态功能方面物质的大小, 然后假设种植区生态系统受到破坏, 生态功能受到损害, 使得种植区的生态功能丧失, 改由其他方法如建造水库、人工挖沙、施肥、工业制碳、制氧等生产同样物品所花的费用来等效替代种植区生态效益的大小。

3 评价结果及分析

3.1 涵养水源效益

3.1.1 核桃种植蓄水效益。大姚县 2014 年年均降水量为 708.60 mm, 没有针对核桃种植蒸散量进行测量, 该研究采用云南省 2000—2009 年森林蒸发量均值(421.22 mm)来代替。根据大姚县水利局提供的资料, 该县农业水利均价 0.055 元/m³, 蓄水均价 31.79 元/m³, 2014 年核桃种植面积为 103 170.80 hm²。调研中科技人员反映, 未到盛果期的核桃树树冠小、根系不发达, 不能产生强大的生态功能, 该研究取大姚县挂果的核桃种植面积 32 500 hm², 计量大姚县核桃种植产生的涵养水源生态效益, 代入公式得:

$$B_{11} = 10\,000(R - E) \times A \times K_1 = 10\,000 \times (0.7086 - 0.4212) \times 32\,500 \times 0.055 = 513.73 \text{ 万元。}$$

3.1.2 核桃种植防洪效益。根据《中国生物多样性国情研究报告》的研究结果显示, 我国阔叶林及林下植被的防洪能力均值为 1 773.7 m³/hm², 裸地的防洪能力均值为 850.0 m³/hm²。结合该县管理局提供的统计资料, 计算出大姚县核桃种植的防洪效益:

$$B_{12} = (D_1 - D_0) \times A \times K_2 = (1\,773.7 - 850.0) \times 32\,500 \times 31.79 = 95\,434.37 \text{ 万元。}$$

涵养水源效益 B_1 = 蓄水效益 B_{11} + 防洪效益 B_{12} = 513.73 万元 + 95 434.37 万元 = 95 948.10 万元。

3.2 固土保肥效益

3.2.1 固土效益。采用王珠娜^[14]测定的三峡库区秭归县板栗、柑橘、茶叶等 10 种退耕还林地的土壤侵蚀模数均值 207.95 t/(km² · a) 作为大姚县核桃种植林地的土壤侵蚀模数, 取西安中煤航测遥感局张光超等^[15]研究的秦岭自然保护区群所属的县域侵蚀模数 1 500.00 t/(km² · a) 作为大姚县裸地土壤侵蚀模数。大姚县没有统计从河道或湖泊中挖取 1 t 泥沙的费用, 采用云南省的平均价格 3.5 元, 挂果的核桃种植面积仍取 32 500 hm²。大姚县核桃种植的固土效益为:

$$B_{21} = (X_2 - X_1) \times A \times K_3 = (1\,500.00 - 207.95) \times 32\,500 \times 3.5 = 14\,697.06 \text{ 万元。}$$

3.2.2 保肥效益。根据《大姚土壤》的研究结果, 该县境内表土层一般为 8.0 ~ 15.0 cm, 该研究取其均值 11.5 cm; 大姚县内, 所有类型土壤表层土有机质、N、P、K 含量均值分别为 45、2.14、21 mg/g。没有对该县核桃种植区域的土壤容重进行测量, 此值取全国均值 1.33 t/m³。根据大姚县兆丰农资

经营部反映的情况,该县市场销售的有机肥、尿素、磷酸二氢钾的价格分别为 22 500、2 000、3 200 元/t,代入公式得:

$$B_{22} = \text{有机质含量} \times C_1 \times 5.00\% + \text{N 含量} \times C_2 \times 46.67\% + \text{P 含量} \times C_3 \times 22.79\% + \text{K 含量} \times C_3 \times 28.68\% = 2\,236\,893.75 \times 22\,500 \times 5.00\% + 99\,417.5 \times 2\,000 \times 46.67\% + 69\,592.25 \times 3\,200 \times 22.79\% + 1\,043\,883.75 \times 3\,200 \times 28.68\% = 251\,650.55 \text{ 万} + 9\,279.63 \text{ 万} + 5\,075.22 \text{ 万} + 95\,803.48 \text{ 万} = 361\,808.88 \text{ 万元}。$$

固土保肥效益 $B_2 = \text{固土效益 } B_{21} + \text{保肥效益 } B_{22} = 14\,697.06 \text{ 万元} + 361\,808.88 \text{ 万元} = 376\,505.94 \text{ 万元}。$

3.3 固碳释氧效益

3.3.1 固定 C 效益。按照林分净生产能力计算,大姚县核桃种植区固定 C 效益为:

$$B_{31} = 1.63ARB \times Z_1 = 1.63 \times 103\,170.80 \times 27.27\% \times 12.81 \times 260.17 = 15\,283.96 \text{ 万元}。$$

3.3.2 释放 O₂ 效益。大姚县核桃种植区释放 O₂ 效益为:

$$B_{32} = 1.19AB \times Z_2 = 1.19 \times 103\,170.80 \times 12.81 \times 376.47 = 59\,208.40 \text{ 万元}。$$

固碳释氧效益 $B_3 = \text{固定 C 效益 } B_{31} + \text{释放 O}_2 \text{ 效益 } B_{32} = 15\,283.96 \text{ 万元} + 59\,208.40 \text{ 万元} = 74\,492.36 \text{ 万元}。$

3.4 净化环境质量效益

3.4.1 吸收 SO₂ 等有毒气体效益。《中国生物多样性国情研究报告》中的标准是阔叶林吸收 SO₂ 的平均能力为 88.65 kg/hm²,大姚县核桃种植区吸收 SO₂ 的效益为:

$$B_{41} = Q_1A \times H_1 = 88.65 \times 103\,170.80 \times 0.60 = 548.77 \text{ 万元}。$$

3.4.2 阻滞降尘效益。《中国生物多样性国情研究报告》研究认为,阔叶林的滞尘能力为 10.11 t/hm²,大姚县核桃种植区阻滞降尘效益为:

$$B_{42} = Q_2A \times H_2 = 10.11 \times 103\,170.80 \times 170 = 17\,731.97 \text{ 万元}。$$

净化环境质量效益 $B_4 = \text{吸收 SO}_2 \text{ 效益 } B_{41} + \text{阻滞降尘效益 } B_{42} = 548.77 \text{ 万元} + 17\,731.97 \text{ 万元} = 18\,280.74 \text{ 万元}。$

3.5 调节区域气候效益 谢高地等^[13]认为我国陆地生态系统中森林单位面积气候调节值为 2 389.10 元/hm²,大姚县核桃种植调节区域气候效益为:

$$B_5 = MA = 2\,389.10 \times 103\,170.80 = 24\,648.54 \text{ 万元}。$$

3.6 生物多样性保护效益 根据全国林分类型的 Shannon - Wiener 指数等级及其分布,核桃林下植被多样性均处在 6 级,可以认为大姚县核桃种植的 Shannon - Wiener 指数也处在 6 级。2014 年大姚县的核桃种植面积为 103 170.80 hm²,生物多样性保护效益为:

$$B_6 = AV = 103\,170.80 \times 5\,000 = 51\,585.40 \text{ 万元}。$$

云南省大姚县核桃种植的生态效益计量结果见表 2。

4 结论与讨论

该研究对核桃种植生态效益及其计量理论和方法进行了分析与探讨,构建了一套适合核桃生态效益分析与计量的模型,在此基础上,对云南省大姚县核桃种植的生态效益进

行了实证研究,最后得出如下结论。

表 2 云南省大姚县核桃种植生态效益计量结果

Table 2 Results of evaluation of ecological benefit of walnut planting in Dayao County, Yunnan Province 万元

类别 Types	分类 Categories	生态效益 Ecological benefits
涵养水源效益 B_1	蓄水效益 B_{11}	513.73
Water conservation benefit	防洪效益 B_{12}	95 434.37
小计 Subtotal	B_1	95 948.10
固土保肥效益 B_2	固土效益 B_{21}	14 697.06
Solid soil benefit	保肥效益 B_{22}	361 808.88
小计 Subtotal	B_2	376 505.94
固碳释氧效益 B_3 Carbon sequestration and oxygen release benefits	固碳效益 B_{31}	15 283.96
	释氧效益 B_{32}	59 208.40
小计 Subtotal	B_3	74 492.36
净化环境质量效益 B_4	吸收 SO ₂ 效益 B_{41}	548.77
Purifying environment benefit	阻滞降尘效益 B_{42}	17 731.97
小计 Subtotal	B_4	18 280.74
调节区域气候效益 B_5	调节区域气候效益 B_5	24 648.54
Regulating regional climate benefit	生物多样性保护效益 B_6	51 585.40
Biodiversity conservation benefit		
总计 Total	B	641 461.08

(1) 运用等效替代等计量方法,对云南省大姚县核桃种植的生态效益进行科学分析与计量,得出云南省大姚县核桃种植的生态效益约为 64.15 亿元,是其经济效益的 9 倍有余。此研究结果可以作为云南省指导核桃种植事业可持续发展的一个重要指标。

(2) 各项生态效益从大到小依次为 B_2 、 B_1 、 B_3 、 B_6 、 B_5 、 B_4 。固土保肥效益最大,这个结果符合当下国家进一步加强林业生态工程建设力度,将核桃纳入天然林保护、退耕还林、防护林建设、造林补贴等重点工程主要造林树种的国情。从计量结果来看,涵养水源效益也显示了相当大的效益,约为 9.60 亿元,这与林木的主要生态功能之一涵养水源相符。固碳释氧效益排在第 3 位,与经济林的经济效益相符。经济林的另一个重要作用就是保护生物多样性及其生存环境,该类别的生态效益排第 4 位,约为 5.16 亿元,还是非常显著的。调节区域气候效益以及净化环境质量效益都较低,这从侧面反映出云南省偏远山区的环境质量本身较高。

(3) 就单个效益而言,核桃种植固土保肥效益最大,约为 37.65 亿元,涵养水源效益次之,约为 9.60 亿元。大姚县核桃种植区多为 45° 以上的陡坡,而核桃强大的固土保肥效益对于防治当地水土流失具有重要的意义。此外,有研究将净化水质也纳入涵养水源效益进行计量,通过咨询专家认为,云南省大姚县核桃种植区域水质已经符合居民饮用水标准,且当地居民确实直接饮用当地的地下水,因此没有将净化水质纳入涵养水源效益计量当中。在其他几个单项中,生物多样性保护效益值得一提,这个数据的计量结果排第 4 位,说明核桃种植为当地珍稀物种提供了优质的栖息地,这和防治水土流失是分不开的。

该研究尝试性地计量了云南省大姚县核桃种植产生的

生态效益,继而分析了计量结果的一些数值及相应的生态效益特点,需要指出的是,这些计量结果并不是唯一的。该研究在计量过程中使用了较多的替代变量,并且回避了一些无法收集到数据的计量指标,但这是符合生态效益计量原则的,即必须保证数据的可计量、可获得性原则,最终计量结果的大小是相对的,核桃种植的生态效益必然是个极大的数值,在计量过程中考虑到了社会的可接受性、人为因素等。该研究构建的核桃种植生态效益计量指标体系能够反映出核桃种植生态效益的特性,可以为基层技术人员评估核桃种植的生态效益提供参考标准。

参考文献

[1] 王忠诚. 湖南省国家级公益林生态效益监测与评价研究[D]. 长沙:中南林业科技大学, 2013.
 [2] 王昌海. 秦岭自然保护区生物多样性保护的成本效益研究[D]. 北京:北京林业大学, 2011.
 [3] 赵敏,孔令泉. 对当前核桃产业发展的几点看法[J]. 西北园艺(果树专刊), 2010(2):5-6.
 [4] 谢伟东,谢素平,蒋桂雄,等. 退耕还林模式核桃林下植被多样性及生

物量调查[J]. 贵州农业科学, 2010, 38(5):177-179.
 [5] 周泽胜. 核桃林的生态价值[J]. 经济林研究, 2001(3):33.
 [6] 袁晓龙,王秀茹,郭小辉,等. 邢台市核桃林水土保持效益分析[J]. 水土保持通报, 2015, 35(2):307-312.
 [7] 刘丹,张颖. 云南省森林涵养水源核算模型探讨[J]. 环境与可持续发展, 2012(2):40-45.
 [8] 谭本旺,崔鸿侠,潘磊,等. 秭归县退耕还林固碳释氧效益分析[J]. 湖北林业科技, 2014, 43(3):6-8.
 [9] ALEXANDER A M A. method for valuing global ecosystem services[J]. Ecological economic, 1998, 27:161-170.
 [10] 李清,安春梅,姜铁城. 浅析森林生态资产的价值评价[J]. 商业经济, 2011(19):89-90.
 [11] 李景文,李俊清. 欧亚大陆水青冈种群遗传多样性对比分析[J]. 北京林业大学学报, 2005, 27(5):1-9.
 [12] 任志远,李晶. 陕南秦巴山区植被生态功能的价值测评[J]. 地理学报, 2003, 58(4):503-511.
 [13] 谢高地,鲁春霞,成升魁,等. 中国的生态空间占用研究[J]. 资源科学, 2001, 23(6):20-23.
 [14] 王珠娜. 三峡库区秭归县退耕还林工程生态效益计量评价研究[D]. 儋州:华南热带农业大学, 2007.
 [15] 张光超,邱少鹏,高会军,等. 遥感技术在小流域水土流失快速调查中的应用:以老高川地区为例[J]. 国土资源遥感, 2001(2):9-12.

(上接第155页)

2.3 生根培养 方差分析结果表明,IBA浓度对生根指数影响显著,NAA浓度对生根指数影响不显著,因素主次顺序依次为IBA浓度、NAA浓度。对IBA浓度进行Duncan检验

分析,确定最优水平为2.0 mg/L,其生根指数最高达702.77, NAA浓度对生根指数的影响较小,从节约成本考虑,可选择0.1 mg/L。因此,东北扁核木最适宜的生根培养基为1/2 MS + 2.0 mg/L IBA + 0.1 mg/L NAA(表3)。

表3 生根培养完全随机试验设计与结果

Table 3 Design and results of completely randomized experiment in rooting culture

试验号 Treatment No.	IBA浓度 Concentration of IBA mg/L	NAA浓度 Concentration of NAA mg/L	生根率 Rooting rate %	平均根数 Average root number//条	平均根长 Averageroot length//cm	生根指数 Rooting index
1	1.0	0.1	78	4.9	0.55	210.21
2	1.0	0.2	84	5.1	0.68	291.31
3	1.0	0.3	81	5.0	0.70	283.50
4	2.0	0.1	90	6.0	0.87	469.80
5	2.0	0.2	95	6.1	0.99	573.71
6	2.0	0.3	97	6.3	1.15	702.77
7	3.0	0.1	80	4.9	0.76	297.92
8	3.0	0.2	85	5.2	0.80	353.60
9	3.0	0.3	84	5.0	0.72	302.40

3 结论

该研究采用MS或1/2MS为基本培养基,添加不同浓度的6-BA、IBA、NAA和GA₃,探讨不同培养基对东北扁核木芽诱导、增殖和生根的影响。结果表明,东北扁核木最适宜的初代、继代和生根培养基分别为MS+0.5 mg/L 6-BA+0.2 mg/L IBA、MS+1.0 mg/L 6-BA+0.1 mg/L IBA和1/2 MS+2.0 mg/L IBA+0.1 mg/L NAA。

参考文献

[1] 黄祥童. 东北扁核木[J]. 特种经济动植物, 1998, 1(1):47.

[2] 代玉红,崔凯峰,赵莹,等. 有待开发的长白山野生观赏植物:东北扁核木[J]. 中国花卉盆景, 2008(8):20-21.
 [3] 崔凯峰,梁永君,于长宝,等. 东北扁核木的开发利用与栽培技术[J]. 中国野生植物资源, 2004, 23(6):63-65.
 [4] 严仲铠,李万林. 中国长白山药用植物彩色图志[M]. 北京:人民卫生出版社, 1997:227.
 [5] 付强,孙晓梅,李雪飞. 东北扁核木育苗方法[J]. 辽宁林业科技, 2001(6):35.
 [6] 敬艳红. 东北扁核木育苗技术[J]. 农业科技通讯, 2010(7):247-248.
 [7] 沈健,赵志鹏,赵辛. 东北扁核木苗木繁殖技术[J]. 中国林副特产, 2016(2):65-66.