

福建省水土保持经济树种的选择与评价

徐晓迪,李旭清,罗梅秀,刘 丹,陈世品

(福建农林大学 林学院,福建 福州 350002)

[关键词] 水土流失;水土保持树种;经济效益;综合评价法;福建

[摘 要] 在前人对水土保持树种研究的基础上,采用综合评价法与专家评分评价法相结合的方式,从适生性、经济性和水土保持能力 3 个方面对福建省 56 个水土保持树种进行的综合评价和排序结果表明,在这 56 个水土保持经济树种中,有 9 个 A 级(非常优秀)、15 个 B 级(优秀)、32 个 C 级(良好)。同时,在分级基础上对评估结果进行了分析和讨论。

[中图分类号] S157;S725.1 [文献标识码] A [文章编号] 1000-0941(2017)08-0025-05

我国是世界上水土流失最严重的国家之一。水土流失对生态环境、生产生活和经济发展都造成极大的危害^[1]。水土保持工作者及研究人员在长期的水土保持生物技术研究意识到,生物治理水土流失成败的关键在于所选择的植物品种,不同种的植物有着不同的适生性^[2]。因此,合理科学地治理水土流失对人类的发展至关重要。在利用植被恢复措施进行水土流失治理时,选用具有经济效益的树种可以使土地的经济效益和水土保持效益发挥到最大限度。

本研究立足于水土流失严重的福建地区,利用综合评价法来评价福建省 56 个水土保持经济树种,旨在选择出适生能力强、水土保持能力好又能带来经济效益的水土保持树种。

1 研究地概况

福建省地处我国东南沿海,介于北纬 23°33'~28°20'、东经 115°50'~120°40'之间,受季风、环流和地形的影响,气候类型为暖湿的亚热带海洋性季风气候,良好的水热条件为植物的生长提供了有力的保障。

福建素有“八山一水一分田”之称,山地丘陵面积占总土地面积的 80%以上,地形较陡、土层薄,以红壤为主,抗侵蚀能力较低^[3],加上地处亚热带气候区,夏季多暴雨,因此降雨侵蚀较为明显。根据 2013 年 11 月底发布的福建省第一次全国水利普查资料,2011 年底全省水土流失总面积为 1.22 万 km²,占全省土地总面积的 9.95%^[4]。

福建气候分布呈现较大的地域性差异,大部分地区年平均气温在 17~21℃,温度的空间分布呈现出由

东南向西北递减的趋势。全省降水充沛,各地常年降水量平均在 1 100~2 000 mm,呈现出西多东少的局面,即由沿海向内陆逐渐递增。全省各地年均日照时数在 1 700~2 300 h 之间,由沿海至内陆、由低纬度向高纬度地区逐渐减少。

因此,在树种的选择上,不仅要考虑福建整体的地形地貌、气候环境,还要考虑福建各地区气候的地域差异。

2 研究材料及方法

2.1 参选树种

通过文献检索和野外调查,对福建优良经济树种进行分析,根据树种对于气候、土壤、光照等方面的要求和生长习性,从果木类、油料类、药用类、芳香油料类、饮料类、调料类、工业原料类、竹类等经济价值较高的树种中选出具有代表性的 56 个水土保持树种,即:余甘子(*Phyllanthus emblica*)、油茶(*Camellia oleifera*)、锥栗(*Castanea henryi*)、山毛豆(*Tephrosia candida*)、杨梅(*Myrica rubra*)、黑荆树(*Acacia mearnsii*)、板栗(*Castanea mollissima*)、番石榴(*Psidium guajava*)、香榧(*Torreya grandis*)、喜树(*Camptotheca acuminata*)、邓恩桉(*Eucalyptus dunnii*)、柿树(*Diospyros kaki*)、黄山松(*Pinus taiwanensis*)、沉香(*Aquilaria sinensis*)、毛竹(*Phyllostachys heterocycla*)、黄栀子(*Gardenia jasminoides*)、三尖杉(*Cephalotaxus fortunei*)、龙眼(*Dimocarpus longan*)、白榄(*Canarium album*)、毛果枳椇(*Hovenia trichocarpa*)、肉桂(*Cinnamomum cassia*)、油桐(*Vernicia fordii*)、黄皮(*Clausena lansium*)、杧果(*Mangifera indica*)、桃(*Amygdalus persica*)、油柰(*Prunus salicina*)、杜仲(*Eucommia ulmoides*)、芦柑(*Citrus reticulata*)、绿竹

(*Dendrocalamopsis oldhami*)、桑树(*Morus alba*)、黄甜竹(*Acidosasa longiligula*)、枇杷(*Eriobotrya japonica*)、银杏(*Ginkgo biloba*)、漆树(*Toxicodendron vernicifluum*)、橄榄(*Canarium album*)、花椒(*Zanthoxylum bungeanum*)、樟树(*Cinnamomum camphora*)、厚朴(*Magnolia officinalis*)、桂花(*Osmanthus fragrans*)、香椿(*Toona sinensis*)、茶(*Camellia sinensis*)、梨(*Pyrus calleryana*)、椰子(*Cocos nucifera*)、八角(*Illicium verum*)、李(*Prunus salicina*)、哺鸡竹(*Phyllostachys iridescens*)、早竹(*Phyllostachys praecox*)、棕榈(*Trachycarpus fortunei*)、南酸枣(*Choerospondias axillaris*)、荔枝(*Litchi chinensis*)、脐橙(*Citrus junos*)、乌桕(*Sapium sebiferum*)、金橘(*Fortunella margarita*)、山苍子(*Litsea cubeba*)、雷竹(*Phyllostachys praecox*)、柚(*Citrus maxima*)。

2.2 综合评价体系层次结构设计

本研究针对福州地区的区域特点及本地区大量优良水土保持经济树种的生物学特性及生理生态特性,构建合适的递阶层次结构体系,结合专家评分评价法,对树种在适生性、经济性、水土保持能力 3 个方面进行赋分,通过综合评价体系得出最终得分并排序,从而选择出较为优良的树种。

计算步骤:①建立递阶层次结构评价体系。目标层(A)为水土保持经济树种的综合评价。目标层下建立 3 个准则层,分别是适生性(B_1)、经济性(B_2)和水土保持能力(B_3),这 3 个判断准则是相互独立、互不包含且不受彼此影响和制约的。根据这 3 个准则层建立要素层(C),要素层为最基础层次,在要素层打分,得出各参选树种在要素层的各指标得分(R_{ij})。②构造判断矩阵。同一层次内 n 个指标相对重要性的判断由若干位专家完成,采用九分位(1~9)的比例标度,即在判断矩阵中,甲指标相对于乙指标极重要,那么甲行乙列的数值为 9,相应地乙行甲列的数值为 1/9。③计算权重,进行一致性检验。将判断矩阵的各行向量进行几何平均,然后归一化,得到权重向量;计算矩阵的最大特征根,计算一致性指标,对判断矩阵的一致性进行检验,如果不满足一致性,则需要调整判断矩阵,使其具有满意的一致性;计算要素层各指标相对于其对应的准则层的最终权重(W_{ij})。④计算各参选树种在准则层(B)的评价值(N_i),公式为 $N_i = \sum_{j=1}^m W_{ij} R_{ij}$,其中: R_{ij} 为第 i 项准则层中第 j 项指标的评分值, m 为第 i 项准则层中的评价指标数。⑤同理,推算出各树种在目标层(A)的综合评价价值(N),公式为 $N = \sum_{i=1}^3 N_i W_i$,其中 W_i 为第 i 项准则层相对于目标层的最终权重。⑥根据综合评价价值对参选树种进行排序^[5-6]。

3 研究过程

3.1 树种评价模型

为了尽可能地使评价结果科学、准确和可靠,就要从各个因子中选择合适的指标建立一个合理的、客观的指标体系^[7]。根据此次研究的评价目标,建立了水土保持经济树种评价模型,见表 1。

表 1 水土保持经济树种评价模型

目标层(A)	准则层(B)	要素层(C)
水土保持经济树种综合评价(A)	适生性(B_1)	温度要求(C_1)
		光照要求(C_2)
		水分要求(C_3)
		土壤肥力要求(C_4)
		抗风能力(C_5)
		生长周期(C_6)
	经济性(B_2)	经济总量(C_7)
		经济效益(C_8)
		种植管护成本(C_9)
	水土保持能力(B_3)	树冠截雨能力(C_{10})
		根系固土能力(C_{11})
		涵养水源能力(C_{12})

第一层(A)为目标层,构建优化的模型评价体系,即水土保持经济树种的综合评价。第二层(B)为准则层,选适生性、经济性和水土保持能力 3 个方面作为评价体系指标。第三层(C)是要素层,即评价因子,由定性指标组成,一共 12 个,这 12 个定性指标通过查阅文献资料利用专家评分评价法进行赋分^[8-9]。

3.2 评价因子赋分标准的确定

由于评价因子全部为定性要素,为了便于客观直接地比较,所以根据文献资料对树种在评价因子方面的描述进行了印象赋分,使定性的评价转变为定量的评价。

每一个评价因子分成 4 个标度,赋分 1、2、3、4 分。

3.3 计算水土保持经济树种综合评价价值

通过查阅文献资料和专家评价评分,对每一种植物的评价因子(C 层次)进行打分,然后通过综合评价评分体系计算其在适生性、经济性和水土保持能力 3 个方面的得分(B 层次),最终推算出每个树种的总分,即水土保持经济树种的综合评价得分(A 层次)。

4 结果与分析

4.1 水土保持经济树种评价结果

根据已经建立的水土保持经济树种评价模型和上述的评价指标、计算方法,计算出的结果见表 2。

4.2 综合评价结果分析

根据表 2 综合评价的得分将 56 个水土保持经济树种分为三个等级:A 级(非常优秀)——综合评价得

分>3.17的树种;B级(优秀)——综合评价得分3.17~2.89的树种;C级(良好)——综合评价得分<2.89的

表2 56个水土保持经济树种综合评价和各要素评价得分及排序

树种名称	适生性		经济性		水土保持能力		综合评价		树种名称	适生性		经济性		水土保持能力		综合评价	
	得分	排序	得分	排序	得分	排序	得分	排序		得分	排序	得分	排序	得分	排序	得分	排序
油茶	2.7	22	4.0	1	4.0	1	3.48	1	邓恩桉	2.0	48	2.7	27	4.0	1	2.81	29
毛竹	3.3	9	3.3	6	3.7	14	3.42	2	黄皮	2.0	48	3.0	16	3.7	14	2.81	29
锥栗	3.5	1	4.0	1	2.7	32	3.41	3	山苍子	3.5	1	2.0	49	2.7	32	2.81	29
余甘子	2.5	33	4.0	1	4.0	1	3.40	4	杠果	3.0	13	3.0	16	2.3	48	2.79	32
油桐	3.3	9	2.7	27	4.0	1	3.33	5	桑树	1.9	52	2.7	27	4.0	1	2.77	33
山毛豆	3.2	11	2.7	27	4.0	1	3.29	6	油茶	2.4	34	2.7	27	3.3	20	2.76	34
杨梅	2.7	22	3.3	6	4.0	1	3.27	7	杜仲	2.4	34	2.7	27	3.3	20	2.76	34
茶	3.5	1	3.3	6	2.7	32	3.20	8	番石榴	2.0	48	2.7	27	3.7	14	2.72	36
梨	3.5	1	2.7	27	3.3	20	3.20	8	黄甜竹	2.7	22	2.7	27	2.7	32	2.70	37
板栗	2.9	17	2.7	27	4.0	1	3.17	10	枇杷	2.7	22	2.7	27	2.7	32	2.70	37
樟树	3.5	1	2.0	49	3.7	14	3.11	11	哺鸡竹	2.7	22	2.7	27	2.7	32	2.70	37
柿树	2.7	22	2.7	27	4.0	1	3.09	12	香榧	2.0	48	3.3	6	3.0	28	2.69	40
喜树	2.8	20	3.5	4	3.0	28	3.07	13	银杏	2.7	22	2.0	49	3.3	20	2.67	41
花椒	3.0	13	2.0	49	4.0	1	3.00	14	漆树	2.7	22	2.0	49	3.3	20	2.67	41
南酸枣	3.5	1	3.3	6	2.0	51	2.99	15	橄榄	2.4	34	3.0	16	2.7	32	2.67	41
黑荆树	2.2	42	3.0	16	4.0	1	2.98	16	龙眼	2.2	42	2.8	23	3.0	28	2.62	44
黄山松	2.2	42	3.0	16	4.0	1	2.98	16	厚朴	2.1	46	2.0	49	3.7	14	2.55	45
桃	3.4	7	2.7	27	2.7	32	2.98	16	香椿	2.4	34	2.0	49	3.3	20	2.55	45
芦柑	2.9	17	3.3	6	2.7	32	2.96	19	椰子	2.6	32	3.0	16	2.0	51	2.54	47
三尖杉	2.8	20	2.8	23	3.3	20	2.95	20	八角	2.2	42	3.5	4	2.0	51	2.53	48
黄栀子	2.4	34	3.3	6	3.3	20	2.94	21	李	2.7	22	2.7	27	2.0	51	2.49	49
白榄	3.0	13	3.0	16	2.7	32	2.91	22	早竹	2.1	46	2.7	27	2.7	32	2.46	50
棕榈	3.2	11	2.7	27	2.7	32	2.90	23	荔枝	2.4	34	2.3	48	2.7	32	2.46	50
毛果枳椇	3.4	7	2.8	23	2.3	48	2.89	24	脐橙	2.4	34	2.7	27	2.0	51	2.37	52
肉桂	2.4	34	2.7	27	3.7	14	2.88	25	乌柏	1.9	52	1.3	56	4.0	1	2.35	53
绿竹	2.7	22	3.3	6	2.7	32	2.88	25	金橘	1.3	56	3.3	6	2.7	32	2.32	54
柚	2.9	17	2.7	27	3.0	28	2.87	27	沉香	1.9	52	2.8	23	2.3	48	2.29	55
桂花	3.0	13	2.7	27	2.7	32	2.82	28	雷竹	1.6	55	3.3	6	2.0	51	2.23	56

为了使计算结果更加直观,按照综合评价结果的分级,将A、B和C三个级别树种的各项得分分别制作成柱状图进行评价分析。

4.2.1 A级树种

在A级里面,一共有9个树种。这9个树种在准则层3个方面的表现在此次研究的所有树种中较为突出,综合评价得分排名靠前。A级树种的柱状图见图1。

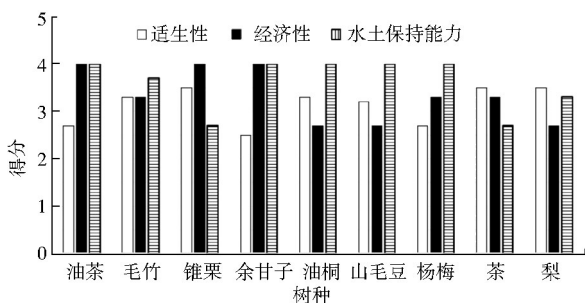


图1 A级水土保持经济树种各项得分

综合评价第一的树种是油茶,其经济性和水保能力均得到了最高分。

在适生性方面,该级别树种得分都不低于2.5,锥栗、茶和梨的适生性得分最高。锥栗可耐极端低温 -15°C ,但要求光照充足,每日日照时数常在6h以下的地方,不能满足锥栗生长发育需求。锥栗对土壤种类和肥力要求不高,但以pH值为5.5~6.5的偏酸性土壤最为适宜。茶耐阴,喜漫射光,对环境适应性强,品种丰富。梨的适生性很强,对土壤条件要求不严苛,不论山地、丘陵、沙荒地、盐碱地还是红黄壤都能生长结果,加强管理就可获得高产、稳产^[10]。

在经济性方面,该级别树种中油茶、锥栗和余甘子的得分最高。油茶是我国南方的主要经济林木,经济收益期达40~50年。油茶用途广泛,通过综合利用还可以大大提高油茶经济效益。锥栗坚果营养丰富,木材坚硬,是优良的建筑用材,福建建瓯市锥栗面积和产量居全国之首。余甘子一般在定植后4年可以达到盛果期,且余甘子的盛果期非常长,预计可达100~500年。改造野生林为余甘子果园是一种投资少、见效快、收益高的举措^[10]。

在水土保持能力方面,该级别树种的表现都十分优秀。油茶属直根系植物,主根发达,成年时主根能深入土层 2~3 m 深,且萌芽力强,抽发的新梢结实粗壮,是很好的固土护坡植物。杨梅是深根、速生且有根瘤的树种。余甘子极耐贫瘠,根系发达,主根粗而长,有的可以超过 10 m,甚至直穿岩层缝隙,蓄水固土功能很强,在福建南部为重要的水土保持树种^[10]。

4.2.2 B 级树种

在 B 级里面,一共有 15 个树种。B 级树种的柱状图详见图 2。

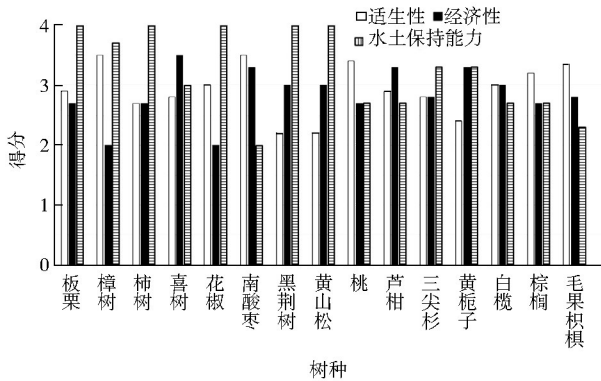


图 2 B 级水土保持经济树种各项得分

该级别综合评价第一的树种是板栗,其水土保持

能力十分出色,适生性与经济性也取得高分。

在适生性方面,该级别得分最高的树种是樟树和南酸枣。樟树适生性广,喜温暖潮湿的气候,适宜在土层深厚的微酸性土壤中生长。南酸枣喜光,略耐阴,萌芽力强,生长迅速^[10]。

在经济性方面,该级别喜树的得分最高。喜树是一种多用途的经济树种,集药用、材用、观赏和绿化于一体,在适宜的生境条件下生长迅速,年高生长量可达 1.5 m。

在水土保持能力方面,该级别树种中板栗、柿树、花椒、黑荆树和黄山松都取得了高分。板栗为深根性树种,主侧根发达。柿树耐旱耐水湿,主根系发达。花椒耐瘠薄,喜生于肥厚沙壤土,须根多且侧根发达。黑荆树是深根、速生且有根瘤的树种。黄山松为深根性树种,主根粗长,侧根发达,是重要的水土保持树种。这些树种都具有较强的护坡固崖、护埂固坎能力。

4.2.3 C 级树种

C 级树种在此次研究中的综合评价值相对较低,但是仍有几个树种的水土保持能力较为优良。在这个级别里面,一共有 32 个树种。C 级树种的柱状图详见图 3。

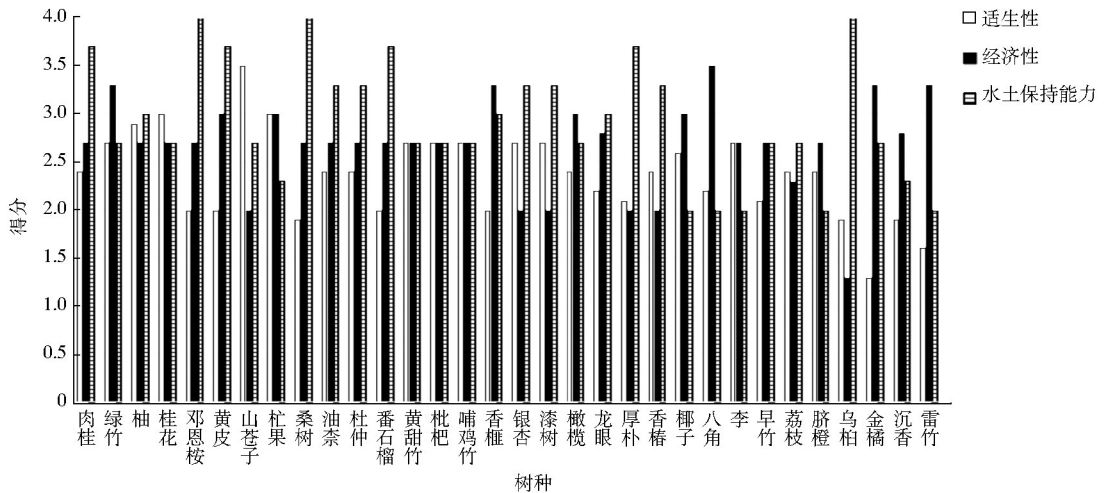


图 3 C 级水土保持经济树种各项得分

该级别综合评价第一的树种是肉桂和绿竹。肉桂的水土保持能力得分比较领先,但适生性得分较落后;绿竹的经济性得分较高,但是其适生性和水土保持能力都只得了 2.7 分。排名最后的树种是雷竹,其适生性和水土保持能力均较弱。

在适生性方面,该级别树种的得分普遍较低。适生性最好的树种是山苍子,最差的是金橘(1.3 分),这也是此次研究中适生性得分的最低水平。金橘性喜阳光充足、温暖湿润的气候,不耐寒,稍耐阴,耐旱,要求

排水良好的肥沃、疏松的微酸性砂质壤土,养护时要放置在阳光充足的地方,若光照不足,往往会造成枝叶徒长,开花结果较少^[10]。

在经济性方面,八角的得分最高,得分最低的树种为乌桕(1.3 分),这也是此次研究中经济性得分的最低水平。乌桕害虫种类比较多,有 200 余种,管理成本高,经济效益一般。

在水土保持能力方面,邓恩桉、桑树和乌桕的得分都达到了此次研究树种的最高水平,得分最低的树种

为椰子、八角、李、脐橙和雷竹,这些树种的根系较浅,护坡固土的能力较弱。

5 结论与讨论

本次研究的结果基本与以往研究的结果相符。综合评价排序靠前的几个树种在众多文献资料里被多次提及并作为优良水土保持经济树种进行推荐^[11-14]。本次研究的56个树种,从适生性、经济性和水土保持能力方面对其打分排名,综合得分最高的前三个树种为油茶、毛竹和锥栗,它们适生范围广,具有良好的经济价值和水土保持能力,在水土保持经济树种的选择上可以被优先考虑。而综合排名得分最低的三个树种为金橘、沉香和雷竹。金橘对生境要求比较严苛,水土保持能力也较弱,但其经济性处于中等水平。沉香在各方面的得分均较低,对生长环境的要求较高,但近年来我国沉香呈供不应求的局面,可积极发展栽培生产。雷竹适生性和水土保持能力较差,但具备良好的经济价值。因此,在树种的选择上还要结合实际立地条件和各地对于树种更侧重的要求。综合打分表只提供参考,并不代表排名靠后的树种就不具备选择价值。

由于福建省南北的自然条件、土壤条件和气候条件等差异比较大,因此本次研究中所选出的较好的水土保持树种不一定都能适合,有的只能适应南亚热带,如余甘子、龙眼、荔枝、白榄、杧果、八角,有些树种的主产区或优良品种只分布在福建的一些区域,如锥栗(南平、建瓯)、芦柑(漳州)、枇杷(莆田)、余甘子(福建南部如莆田、惠安、南安、安溪、晋江)、荔枝(福建闽南和东南沿海)、白榄(闽清、闽侯、莆田、仙游、闽南)、黑荆树(福建南部)。有些树种为福建重点引进和栽培的优良品种,如油茶中的衡东大桃为优良品种,古田油茶为福建名、特、优水果。基于此,在实际树种选择的过程中还要因地制宜,根据地理位置、立地条件、周围环境等影响因子,结合实地调查确定。

本次研究在赋分的过程中,受主观因素的影响,赋分会有一定的误差,从而影响结果和分析。本次研究更加注重树种的适生性,同时兼顾水土保持能力和经济性,所以权重的分配在很大程度上影响着综合评价的得分。另外,本次研究的要素层只设置了12个指标,在以后的研究中可以设置更多的指标,这样综合评价的结果会更加多元化、层次化,最终结果的指向性也会更加明显。

本研究仅仅针对福建省56个常见的水土保持经济树种进行了研究,在实际中,还有相当多的草本植物可以起到水土保持效果和产生经济效益。在以后的研

究过程中可以把其他的一些植物类型列举进来进行研究,使得结果更具有实践意义。

此次评价过程的经济性得分是由丰产性、速生性、经济效益和种植管护成本四者得分计算来的,有的经济果树的管护成本较高,所以在经济性方面的得分较低,而有的树木在现实中存在着除这四个指标外对其经济性影响更大的指标。因此,综合评价得分的排序只是一个大体的概括,一般的参考意义更多一些,尤其是最后得分相同的树种。在实际的造林生产活动中,还是要遵循适地适树的原则并且结合造林的目的进行选种。

[参考文献]

- [1] 田卫堂,胡维银,李军,等.我国水土流失现状和防治对策分析[J].水土保持研究,2008,15(4):204-209.
- [2] 福建省水土保持学会技术咨询委员会.福建省水土保持植物选择与适生性评价[M].福州:福建科学技术出版社,2013:11.
- [3] 王维明,林敬兰,陈文祥,等.福建省山地水土流失现状及其防治对策[J].中国水土保持,2005(7):28-29.
- [4] 何钦,孔令军.福建省水土流失治理情况调查[J].调研世界,2014(4):34-37.
- [5] 李荣钧.模糊多准则决策理论与应用[M].北京:科学出版社,2002:45-56.
- [6] 林齐宁.决策分析[M].北京:北京邮电大学出版社,2003:2.
- [7] 康秀琴,李海防.基于层次分析法的桂林市“两江四湖”景区植物景观评价[J].中南林业科技大学学报,2016,36(3):129-133.
- [8] 姜启源,谢金星,叶俊.数学模型[M].北京:高等教育出版社,2003:8.
- [9] 谷源盛.运筹学[M].重庆:重庆大学出版社,2005:1.
- [10] 胡晓芳,谭晓风,刘惠民.中国主要经济树种栽培与利用[M].北京:中国林业出版社,2016:1.
- [11] 吴本杰.福建省水土保持药用植物发展前景初探[J].水土保持科技情报,1998(2):37-40.
- [12] 陈德泼.大田县主要造林树种水土保持分析与研究[J].林业勘察设计,2014(2):90-95.
- [13] 林上杰.不同坡位火力楠人工林水源涵养能力的比较[J].亚热带农业研究,2013,9(2):82-87.
- [14] 方万泉.南方水土保持林引种选择[J].水土保持研究,2002,9(2):159-160.

[作者简介] 徐晓迪(1994—),女,江苏泰州市人,硕士研究生,从事林学研究;通信作者陈世品(1968—),男,福建南平市人,副教授,博士,从事森林培育研究。

[收稿日期] 2017-01-15

(责任编辑 徐素霞)