

## 金沙江干热河谷地区植物资源利用潜力评价

奚蓉<sup>1</sup>, 刘胜祥<sup>2\*</sup>

(1. 生态环境部华南环境科学研究所, 广东广州 510655; 2. 华中师范大学生命科学院, 湖北武汉 430079)

**摘要** 依据干热河谷地区植物资源的自身特点, 采用层次分析法(AHP)对该地区 30 种典型资源植物种类的开发利用潜力进行评价。结果表明, 此次评价的 30 种典型植物综合评价价值在 1.983 4~4.261 4, 其中评价价值在 3.5 以上的有 9 种, 它们在利用价值、生物学特性、资源潜力等方面均具有较高的评价价值, 可进行大力开发和利用; 评价价值在 2.5~3.5 的有 13 种, 可根据实际需要适度进行开发利用; 评价价值在 2.5 以下的 8 种野生植物利用潜力偏低, 可暂不予以引种培育及开发利用。

**关键词** 金沙江; 干热河谷; 植物资源; 利用潜力评价

中图分类号 Q948 文献标识码 A

文章编号 0517-6611(2019)24-0094-03

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2019.24.028



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

### Evaluation of Plant Resource Utilization Potential in the Dry-hot Valley of Jinsha River

XI Rong<sup>1</sup>, LIU Sheng-xiang<sup>2\*</sup> (1. South China Institute of Environmental Sciences, MEE., Guangzhou, Guangdong 510655; 2. College of Life Sciences, Central China Normal University, Wuhan, Hubei 430079)

**Abstract** According to the characteristics of plant resources in the dry-hot valley region, the analytic hierarchy process (AHP) was used to evaluate the development and utilization potential of 30 typical resource plant species in the region. The results showed that the comprehensive evaluation values of 30 typical plants in this evaluation ranged from 1.983 4 to 4.261 4. Among them, there were 9 kinds of evaluation values above 3.5, and they had high evaluation values in terms of utilization value, biological characteristics, resource potential, etc., and could be vigorously developed and utilized; There were 13 kinds of evaluation values ranging from 2.5 to 3.5, which could be developed and utilized according to actual needs. The utilization potentials of 8 wild plants with an evaluation value below 2.5 were low, and may not be introduced, cultivated and exploited.

**Key words** Jinsha River; Dry-hot valley; Plant resources; Utilization potential evaluation

植物资源指在一定时间、空间、人文背景和经济技术条件下, 对人类直接或间接有用的植物的总和<sup>[1]</sup>。植物资源包括野生植物资源和人工种植的植物资源; 野生植物资源指在自然界中在一定时空格局下, 能对人类生产、生活及自然界产生直接或间接影响的所有野生植物的总和<sup>[2]</sup>。

干热河谷在我国主要见于西南地区金沙江、元江、怒江等流域的中高山峡谷下部的河谷区, 受其特殊的地理位置和峡谷地貌影响, 与周边地区相比, 区域气候长期干热, 热量丰富, 降雨量低, 其植物区系、植被的组成与亚热带地带性区域均有明显差异<sup>[3]</sup>。区域植被的原生类型(河谷季雨林或稀树旱生林)已不存在, 代之是较稳定的次生性的半稀树草原植被(semi-savanna)或称半萨王纳植被<sup>[4]</sup>, 有着独特的群落外观和植物区系组成, 是我国西南大河河谷热区特殊的一类植被, 也是世界植被中萨王纳植被(即热带草原植被)的河谷残存者, 是一类珍稀濒危的植被类型<sup>[5]</sup>。组成干热河谷植物群落的植物种类多为干热河谷区域的优势种, 而在我国其他地区少见。

目前对于金沙江干热河谷地区植物资源的研究主要集中在植物区系、资源植物类型、特有植物、具体植物开发利用的试验研究等方面, 较早的如陈玉德等<sup>[6]</sup>对干热河谷比较典型的几种自然植物滇刺枣(*Ziziphus mauritiana*)、木豆(*Cajanus cajan*)和余甘子(*Phyllanthus emblica*)的开发利用进行试验研究。欧晓昆<sup>[7-8]</sup>对金沙江干热河谷植物区系、植被以及资源植物的研究较为全面, 同时周元<sup>[9]</sup>在随后对这一研究方

向也进行了进一步的补充。从 20 世纪 90 年代后期以来, 对干热河谷地区植物资源的开发利用多侧重于对某类或某种资源植物的用途、经济与生态价值、引种评价、应用等方面进行的研究<sup>[10-14]</sup>。综合以往学者的研究, 可以发现目前对于干热河谷尤其是金沙江干热河谷地区, 植物资源利用潜力评价方面的研究鲜见报道。该研究在基于对金沙江乌东德水电站库区植物资源多年调查的基础上, 选取 30 种金沙江干热河谷地区典型植物种类, 采用层次分析法对其利用潜力进行评价与研究, 在尽可能量化金沙江干热河谷地区植物资源综合价值的前提下, 为区域植物资源保护与进一步开发利用提供科学依据。

### 1 资料与方法

**1.1 研究区概述** 金沙江流域(包括通天河、沱沱河)位于我国青藏高原、云贵高原和四川盆地的西部边缘, 地理位置是 90°23'~104°37'E, 24°28'~35°46'N, 跨越青海、西藏、四川、云南、贵州 5 省区, 流域面积约 50 万 km<sup>2</sup>。乌东德水电站是金沙江下游河段 4 个水电梯级的最上游梯级, 电站库区涉及云南、四川 2 省 4 个市(州)、10 个县(区), 均属于典型干热河谷地区。

通过 2005—2014 年对乌东德水电站库区所涉及金沙江流域植物资源开展的多次实地调查, 结合对历年积累的植物区系资料的系统整理, 该区域陆生维管束植物共有 132 科 495 属 786 种, 其中蕨类植物 10 科 11 属 16 种, 裸子植物 6 科 10 属 12 种, 被子植物共 116 科 474 属 758 种(双子叶植物 102 科 389 属 621 种, 单子叶植物 14 科 85 属 137 种)<sup>[15]</sup>; 自然区系成分(不包括栽培种)111 科 380 属 602 种。据研究, 乌东德水电站库区可开发利用的植物资源共计 132 科 489

**作者简介** 奚蓉(1986—), 女, 江西赣州人, 工程师, 硕士, 从事生态环境影响评价、环境政策研究。\* 通信作者, 教授, 从事生态环境影响评价、植物资源学研究。

**收稿日期** 2019-08-29

属 764 种,其中野生资源植物共计 111 科 368 属 571 种,分别占该区域陆生维管束植物总数的 84.09%、74.34%、72.65%,可见该区域绝大部分植物都具有开发利用的潜力。

**1.2 研究方法** 该研究拟采用层次分析法对金沙江干热河谷地区植物资源利用潜力进行评价。层次分析法(analytic hierarchy process, AHP)是美国运筹学家匹茨堡大学教授 Saaty 于 20 世纪 70 年代初提出的一种层次权重决策分析方法,可为多目标、多准则或无结构特性的复杂决策问题提供简便的决策途径;该方法将与决策有关的元素分解成目标、准则、方案等层次,在此基础上进行定性和定量分析<sup>[16]</sup>。层次分析法目前已被国内多数学者应用于野生观赏植物资源、药用植物资源、食用植物资源及生物质资源利用价值的评价,较之早期的经验判断法、灰色关联度法和定量评价法等,其评价结果更为客观和可信。

该研究在对金沙江乌东德水电站库区植物资源多年调查研究的基础上,应用层次分析法,通过构建评价指标体系、确定指标权重并建立各项指标的评分标准,对其中 30 种典型、地带性植物资源的利用价值及潜力进行综合分析和评价。

## 2 结果与分析

**2.1 指标体系构建** 该研究在参照前人相关研究的基础上<sup>[17-19]</sup>,根据金沙江干热河谷地区植物资源的特点,综合采用理论分析法和专家咨询法确定评价指标体系(表 1)。该指标体系共分 4 个层次,由上至下依次为目标层、约束层、标准层和最底层。目标层 A 即金沙江干热河谷地区植物资源利用潜力评价,约束层 B 下设利用价值、生物学特性、资源潜力 3 个一级指标;标准层 C 中,每个一级指标下设 3 个二级指标,其中利用价值下设二级指标为经济价值、生态价值、社会价值,生物学特性下设二级指标为生境要求、分布范围、繁殖难易程度,资源潜力下设二级指标为利用程度、资源数量、再生能力,一共 9 个评价指标。

表 1 金沙江干热河谷地区植物资源利用潜力评价指标

Table 1 Evaluation indicators of plant resource utilization potential in the dry-hot valley of Jinsha River

A 目标层 A target layer	B 约束层 B constraint layer	C 标准层 C standard layer	D 最底层 D bottom layer
金沙江干热河谷地区植物资源利用潜力 Plant resource utilization potential in the dry-hot valley of Jinsha River	B <sub>1</sub> 利用价值	C <sub>1</sub> 经济价值 C <sub>2</sub> 生态价值 C <sub>3</sub> 社会价值	金沙江干热河谷地区植物资源
	B <sub>2</sub> 生物学特性	C <sub>4</sub> 生境要求 C <sub>5</sub> 分布范围 C <sub>6</sub> 繁殖难易程度	
	B <sub>3</sub> 资源潜力	C <sub>7</sub> 利用程度 C <sub>8</sub> 资源数量 C <sub>9</sub> 再生能力	

**2.2 指标权重的确定** 该研究采用 AHP 标度法<sup>[18]</sup>确定各层次指标的指标权重。AHP 标度法为 1~9 比率标度法,对层次模型的 B 约束层和 C 标准层指标构造两两比较判断矩阵(正互反矩阵)。邀请 5 位植物资源领域相关专家学者依

据个人主观经验综合分析各项评价指标,对各指标之间进行两两对比之后,按 9 分位比率排定各评价指标的相对优劣顺序,依次构造出评价指标的判断矩阵,并对判断矩阵进行一致性检验。通常认为评价模型中度量判断矩阵一致性的指标 CR 计算结果小于 0.1 时,判断矩阵具有满意的一致性。

模型判断矩阵通过一致性检验后,最终确定不同评价指标的权重。在计算出 C 层各个评价指标相对于所属 B 层的加权值后,再与该 B 层的权值进行加权综合,即可得 C 层相对于目标层 A 层的总排序权值,即综合权重,可用于金沙江干热河谷地区植物资源利用潜力的评价,计算结果如表 2 所示。

表 2 各级指标权重

Table 2 The index weight of each level

评价指标 Evaluation index	指标权重 Index weight	综合权重 Comprehensive weight
B <sub>1</sub> 利用价值 B <sub>1</sub> utilization value	0.52	
C <sub>1</sub> 经济价值	0.67	0.348 4
C <sub>2</sub> 生态价值	0.27	0.140 4
C <sub>3</sub> 社会价值	0.06	0.031 2
B <sub>2</sub> 生物学特性 B <sub>2</sub> biological characteristics	0.21	
C <sub>4</sub> 生境要求	0.41	0.086 1
C <sub>5</sub> 分布范围	0.41	0.086 1
C <sub>6</sub> 繁殖难易程度	0.18	0.037 8
B <sub>3</sub> 资源潜力 B <sub>3</sub> resource potential	0.27	
C <sub>7</sub> 利用程度	0.14	0.037 8
C <sub>8</sub> 资源数量	0.43	0.116 1
C <sub>9</sub> 再生能力	0.43	0.116 1

**2.3 指标评分标准的确定** 指标评分标准采用 5 分制,在综合考虑金沙江干热河谷植物资源的开发利用目标、相关研究成果以及植物资源领域专家意见,得出 C 层各指标的具体评分标准(表 3)。

**2.4 植物资源利用潜力综合评价** 邀请 5 位植物资源学相关领域的专家按照表 3 的指标评分标准,对待评价的 30 种金沙江干热河谷资源植物进行打分,得出每种植物 C 层指标的评价结果;将该结果乘以各评价指标的综合权重系数,即得出每种资源植物利用潜力的综合评价结果(表 4)。其评价价值在 1~5,评价价值越高,说明该种植物资源开发利用的潜力价值越大。

由表 4 可知,此次评价的 30 种金沙江干热河谷典型植物综合评价价值在 1.983 4~4.261 4,其中评价价值在 3.5 以上的有余甘子(*Phyllanthus emblica*)、龙须草(*Eulaliopsis binata*)、麻疯树(*Jatropha curcas*)、木豆(*Cajanus cajan*)、云南松(*Pinus yunnanensis*)、滇刺枣(*Ziziphus mauritiana*)、清香木(*Pistacia weinmannifolia*)、滇黄芩(*Scutellaria amoena*)、霸王鞭(*Euphorbia royleana*) 9 种野生植物,它们在利用价值、生物学特性、资源潜力等方面均具有较高的评价价值,是周边地区可优先考虑引种培育应用的乡土野生植物种类,可进行大力开发和利用;评价价值在 2.5~3.5 的有车桑子(*Dodonaea viscosa*)、扭黄茅(*Heteropogon contortus*)、酸角(*Tamarindus indica*)、旱冬瓜

(*Alnus nepalensis*)等13种,可根据实际需要适度进行开发利用;评价值在2.5以下的8种野生植物利用潜力偏低,可暂不

表3 C层指标评分标准

Table 3 Score standard of the C layer index

指标 Index	5分	4分	3分	2分	1分
C <sub>1</sub> 经济价值 C <sub>1</sub> economic value	用途极多样,经济价值极高	用途多样,经济价值高	有一定用途,经济价值一般	用途少,经济价值低	基本无用途,经济价值极低
C <sub>2</sub> 生态价值 C <sub>2</sub> ecological value	极高	高	一般	低	极低
C <sub>3</sub> 社会价值 C <sub>3</sub> social value	具有丰富的民族、宗教、文化等社会价值	具有较为丰富的民族、宗教、文化等社会价值	具有一定的民族、宗教、文化等社会价值	社会价值低	基本无社会价值
C <sub>4</sub> 生境要求 C <sub>4</sub> habitat requirements	对生境无要求,生态幅度极宽	对生境要求不严,生态幅度宽	对生境有一定要求,生态幅度较宽	对生境要求较为严格,生态幅度较窄	对生境要求严格,生态幅度极窄
C <sub>5</sub> 分布范围 C <sub>5</sub> distribution range	极广	广	一般	较窄	窄
C <sub>6</sub> 繁殖难易程度 C <sub>6</sub> reproductive difficulty	极易繁殖	易繁殖	较难繁殖	难繁殖	极难繁殖
C <sub>7</sub> 利用程度 C <sub>7</sub> utilization degree	尚未被利用	较少被利用	已被利用	较多被利用	广泛被利用
C <sub>8</sub> 资源数量 C <sub>8</sub> number of resources	丰富	较多	一般	较少	稀有
C <sub>9</sub> 再生能力 C <sub>9</sub> regeneration capacity	极强,生长迅速	强,生长较为迅速	一般,生长速度一般	弱,生长较为缓慢	极弱,生长十分缓慢

表4 金沙江干热河谷植物资源利用潜力综合评价结果

Table 4 Comprehensive evaluation results of plant resource utilization potential in the dry-hot valley of Jinsha River

编号 No.	植物名称 Plant name	常见性状 Common traits	综合评价值 Comprehensive evaluation value
1	余甘子 <i>Phyllanthus emblica</i>	小乔木	4.261 4
2	龙须草 <i>Eulaliopsis binata</i>	多年生簇生草本	4.146 4
3	麻疯树 <i>Jatropha cufcas</i>	常绿灌木或小乔木	4.138 6
4	木豆 <i>Cajanus cajan</i>	常绿灌木	4.022 5
5	云南松 <i>Pinus yunnanensis</i>	常绿乔木	3.984 7
6	滇刺枣 <i>Ziziphus mauritiana</i>	落叶灌木	3.960 5
7	清香木 <i>Pistacia weinmannifolia</i>	常绿灌木或小乔木	3.783 1
8	滇黄芩 <i>Scutellaria amoena</i>	多年生草本	3.654 5
9	霸王鞭 <i>Euphorbia royleana</i>	丛生肉质灌木	3.514 2
10	车桑子 <i>Dodonaea viscosa</i>	灌木	3.480 2
11	扭黄茅 <i>Heteropogon contortus</i>	多年生丛生草本	3.480 2
12	酸角 <i>Tamarindus indica</i>	常绿乔木	3.437 9
13	木棉 <i>Bombax malabaricum</i>	落叶乔木	3.420 4
14	滇青冈 <i>Cyclobalanopsis glaucoides</i>	常绿乔木	3.231 9
15	旱冬瓜 <i>Alnus nepalensis</i>	落叶乔木	3.160 9
16	窄叶野香香 <i>Elsholtzia cypriani</i> var. <i>angustifolia</i>	一年生草本	3.152 2
17	戟叶酸模 <i>Rumex hastatus</i>	灌木	3.069 8
18	锥连栎 <i>Quercus franchetii</i>	常绿乔木	3.049 8
19	黄葛 <i>Ficus virens</i> var. <i>sublan-ceolata</i>	常绿乔木	2.688 8
20	假杜鹃 <i>Barleria cristata</i>	小灌木	2.595 8
21	臭灵丹 <i>Laggera pterodonta</i>	多年生草本	2.579 5
22	两面刺 <i>Cirsium chlorolepis</i>	多年生草本	2.525 4
23	红椿 <i>Toona ciliata</i>	落叶乔木	2.472 2
24	灰叶 <i>Tephrosia purpurea</i>	灌木状草本	2.260 9
25	光叶槐仁 <i>Terminalia franchetii</i> var. <i>glabra</i>	落叶乔木	2.167 1
26	华西小石积 <i>Osteomeles schwerinae</i>	落叶或半常绿灌木	2.107 0
27	黄花白苕 <i>Bletilla ochracea</i>	多年生草本	2.099 3
28	西南杭子梢 <i>Campylotropis delavayi</i>	落叶小灌木	2.020 9
29	栎菊木 <i>Nouelia insignis</i>	落叶灌木或小乔木	2.013 2
30	元谋尾稃草 <i>Urochloa yuanmaoensis</i>	一年生草本	1.983 4

### 3 讨论与结论

受干热河谷独特的地貌、气候、生态环境及复杂历史原因的影响,金沙江干热河谷地区的植被类型及植物区系均与地带性区域均有着显著的差异。该区域植物资源具有资源植物种类多、利用途径多样、地域性强、特有现象多、储量小以及民族性强等特点。该研究依据金沙江干热河谷地区植物资源的自身特点,结合以往学者对于植物资源开发利用评价方法的研究成果,通过构建利用价值、生物学特性、资源潜力3个子系统9个评价指标的评价模型,对金沙江干热河谷地区的植物资源开发利用潜力进行了系统评价,评价结果基本与实际相符,具有一定的客观性与可参考性。

受实际调查深度、掌握资料数据程度、评价者的主观经验所限,该研究对于金沙江干热河谷地区植物资源利用潜力的评价体系尚有不足之处,仍有待于进一步完善。

### 参考文献

- [1] 杨利民.植物资源学[M].北京:中国农业出版社,2008:1-2.
- [2] 刘胜祥.植物资源学[M].武汉:武汉出版社,1994:1-2.
- [3] 金振洲,欧晓昆,区普定,等.金沙江干热河谷种子植物区系特征的初探[J].云南植物研究,1994,16(1):1-16.
- [4] 金振洲,欧晓昆,周跃.云南元谋干热河谷植被概况[J].植物生态学与地植物学学报,1987,11(4):308-317.
- [5] 金振洲,欧晓昆.滇川干热河谷植被布朗布朗喀群落分类单位的植物群落学分类[J].云南植物研究,1998,20(3):279-294.
- [6] 陈玉德,张志钧,惠雅雯,等.对云南干热河谷的植物资源及开发利用研究[J].林业科学研究,1990,3(6):638-641.
- [7] 欧晓昆.金沙江干热河谷的资源植物及开发途径初探[J].云南大学学报(自然科学版),1994,16(3):262-265,270.
- [8] 欧晓昆.金沙江干热河谷的资源植物及其生态特征[J].植物资源与环境,1994,3(1):42-46.
- [9] 周元.云南干热河谷地区种子植物资源与开发利用初探[J].中国野生植物资源,2001,20(6):16-18.
- [10] 龙会英,张德.金沙江干热河谷区作物资源现状及综合开发利用的建议[J].热带农业科学,2000(3):35-38.
- [11] 何璐,袁理春,段曰汤,等.云南干热河谷能源植物的开发利用[J].中国热带农业,2008(1):33-35.
- [12] 冯光恒,张映翠,杨艳鲜,等.元谋干热河谷优势草灌资源[J].国土与自然资源研究,2005(1):92-94.
- [13] 吕玉兰,钟声,黄家雄,等.云南干热河谷区野生豆科草种资源调查[J].云南农业大学学报,2010,25(1):10-16.

(下转第99页)

密的地区,农村生活所造成的污染排放负荷最为严重,同时随着城镇化水平提高和人们消费追求的提升,城镇生活污染排放负荷权重变大。畜禽养殖业污染管控取得实效,随着上游入湖区域对畜禽养殖污染管控力度不断加大,其污染排放负荷

水平较 10 年前明显降低<sup>[13]</sup>。农业种植结构中,“江南鱼米之乡”的特征明显,水田的污染排放负荷占比较大,对总氮排放贡献较高;花木种植作为武进特色农业值得推广,其种植面积虽大于水田,但各项污染指标负荷均处于最低水平。

农业种植 畜禽养殖 水产养殖 农村生活

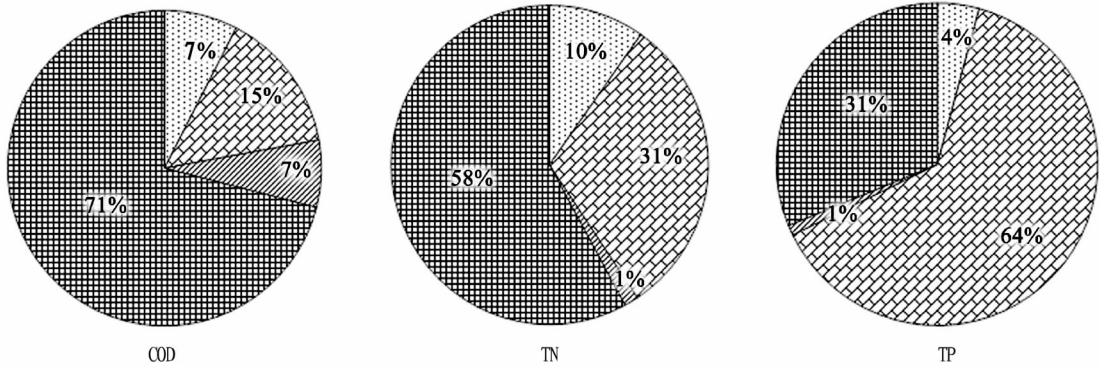


图 1 武进区不同类型农业非点源污染排放负荷占比

Fig.1 Load percentage of various agricultural non-point source pollution in Wujin District

### 3.2 对策建议

(1) 重点针对农村生活污染为农村非点源污染精准施策,加快城镇居民相对集中居住区的污水收集管网建设,增加城镇污水处理能力。在村民分散居住区,积极开展生活污水沼气净化、生态湿地等分散式处理工程技术研究,推广成套成熟技术。

(2) 持续规范畜禽养殖,继续清退禁养区内分散养殖户,引导规模化养殖场迁迁入宜养区。不断加大畜禽污染防治力度,现有各类畜禽养殖场固废实施必须规范化处置,实现污染物排放浓度和总量双达标。积极推广种养结合循环利用技术,建立以种植业为基础、养殖业为中心、污染减量转化为纽带的生态养殖业,运用生态系统工程方法,因地制宜发展经济与生态良性循环的可持续发展养殖模式。

(3) 农业种植方面,推广品种结构优化技术,大力推广花木种植的区域特色种植产业。推广集成型化肥增效技术,延缓氮肥转化和损失,提高作物对氮肥的吸收利用,提倡绿肥种植、精准测算、科学施肥,施肥时间与植物生长供肥高峰衔接,最大限度减少肥料用量,提高化肥利用效率。

### 参考文献

[1] 张淑荣,陈利顶,傅伯杰.农业区非点源污染敏感性评价的一种方法[J].水土保持学报,2001,15(2):56-59.  
 [2] 陈丽娜,吴俊锋,凌虹,等.武宜运河水系氮磷污染来源解析及控制对策[J].中国水运,2015,15(12):152-154.  
 [3] 赵婷婷,李秋艳,陆丽巧,等.漕桥河小流域平原河网地区水环境污染分

析[C]//全国农村清洁能源与低碳技术学术研讨会论文集.北京:中国农业工程学会,2011:474-479.  
 [4] QUAN W M, YAN L J. Effects of agricultural non-point source pollution on eutrophication of water body and its control measure [J]. Acta ecologica sinica, 2002, 22(3): 291-299.  
 [5] YOUNG R A, ONSTAD C A, BOSCH D D, et al. AGNPS: A nonpoint source pollution model for evaluating agricultural watersheds [J]. Journal of soil and water conservation, 1989, 44(2): 168-173.  
 [6] BOERS P C M. Nutrient emissions from agriculture in the Netherlands, causes and remedies [J]. Water science and technology, 1996, 33(4/5): 183-189.  
 [7] 中华人民共和国环境保护部. 第一次全国污染源普查公报 [EB/OL]. (2010-02-11) [2014-09-20]. [http://www.stats.gov.cn/tjsi/tjgb/qtjgb/qgqtjgb/201002/t20100211\\_30641.html](http://www.stats.gov.cn/tjsi/tjgb/qtjgb/qgqtjgb/201002/t20100211_30641.html).  
 [8] 李翠梅,张绍广,姚文平,等.太湖流域苏州片区农业面源污染负荷研究[J].水土保持研究,2016,23(3):354-359.  
 [9] 唐肖阳,唐德善,鲁佳慧,等.汉江流域农业面源污染的源解析[J].农业环境科学学报,2018,37(10):2242-2251.  
 [10] 黄国如,姚锡良,胡海英.农业非点源污染负荷核算方法研究[J].水电能源科学,2011,29(11):28-32.  
 [11] 吕川,刘德敏,刘特.辽河源头区流域农业非点源污染负荷估算[J].水资源与水工程学报,2013,24(6):185-191.  
 [12] 段华平,刘德进,杨国红,等.基于清单分析的农业面源污染源强计算方法[J].环境科学与管理,2009,34(12):58-61.  
 [13] 刘庄,李维新,张毅敏,等.太湖流域非点源污染负荷估算[J].生态与农村环境学报,2010,26(S1):45-48.  
 [14] 高波,颜晓元,姜小三,等.太湖地区农业源污染核算研究进展[J].湖泊科学,2014,26(6):822-828.  
 [15] 杭小帅,彭兆弟,庄巍,等.太湖流域农业非点源污染负荷特征分析[C]//2015年中国环境科学学会学术年会论文集.北京:中国环境科学学会,2015:5024-5031.  
 [16] 彭兆弟,李胜生,刘庄,等.太湖流域跨界区农业面源污染特征[J].生态与农村环境学报,2016,32(3):458-465.

(上接第 96 页)

[14] 张来宾.车桑子和三种大戟科药用植物的化学成分及生物活性研究[D].上海:复旦大学,2012:5-10.  
 [15] 奚蓉.金沙江乌东德水电站评价区陆生植物资源现状与潜力评价研究[D].武汉:华中师范大学,2011:13-26.  
 [16] 萨蒂 T L.层次分析法:在资源分配、管理和冲突分析中的应用[M].许

树柏,译.北京:煤炭工业出版社,1988:10-21.  
 [17] 杜广明,沈向群,杨智明,等.基于 AHP 的辉河国家级自然保护区野生植物资源观赏价值评价[J].北方园艺,2011(6):94-99.  
 [18] 朱纯,代色平.广东野生观赏植物资源开发利用的综合评价[J].广东园林,2008,30(4):9-13.  
 [19] 张佳平,丁彦芬.中国野生观赏植物资源调查、评价及园林应用研究进展[J].中国野生植物资源,2012,31(6):18-23,31.