

# 三江源地区草地生态系统服务价值评估

陈春阳<sup>1,2</sup>, 陶泽兴<sup>1,2,3</sup>, 王焕炯<sup>1,2</sup>, 戴君虎<sup>1</sup>

(1. 中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101; 2. 中国科学院研究生院, 北京 100049;

3. 北京大学城市与环境学院, 北京 100871)

**摘 要:**三江源地区的草地生态系统对于维持区域生态平衡和保障社会经济可持续发展具有重要意义。本文基于千年生态系统评估(Millennium Ecosystem Assessment, MA)的生态系统服务分类体系,采用多种方法对三江源草地生态系统的9项服务价值逐项进行了评估,得出2000年三江源草地生态系统服务价值为562.60亿元,其中价值最高的两种服务类型依次为气候调节和食物生产,分别达259.09亿元和111.68亿元,贡献率分别为46.05%、19.85%。按照草地类型划分,高寒草甸和高寒草原服务价值分别为490.95亿元、64.68亿元,占总服务价值的87.42%和11.52%。虽然沼泽单位面积服务价值最高,为4230.77元/hm<sup>2</sup>,但在草地生态系统面积中所占比例较低,总价值相对很低。本文关于三江源草地生态系统的评估结果可以为制定区域生态保护和生态补偿政策提供科学支撑。

**关 键 词:**生态系统服务;草地;价值评估;三江源地区

## 1 引言

生态系统服务包括生态系统产品(例如食物)和服务(例如废弃物吸收),是指人类直接或间接地从生态系统功能中获得的收益<sup>[1]</sup>。伴随着经济的快速增长,人类对生态系统服务的需求开始渐渐超过生态系统的供给能力,对于生态系统的结构功能都产生了巨大的影响。因此近年来,生态系统服务价值评估也越来越受到国内外学者的关注。

天然草地作为陆地上面积最大的生态系统类型,提供着巨大的生态系统服务,它不仅为人类供给许多具有市场价值的产品,如肉类、奶类和毛皮制品等,也有很多间接地价值诸如维持大气成分、保存基因库、调节天气过程、保持土壤等<sup>[2]</sup>。中国关于草地生态系统服务价值的评估主要集中在宏观尺度。例如,谢高地等<sup>[3]</sup>基于Costanza等<sup>[1]</sup>提出的评价模型的基础上,制定了中国生态系统服务价值当量因子表,并对中国自然草地生态系统服务价值进

行了研究与评估。赵同谦等依据前人关于物质质量和价值量的评价方法评估了中国草地的生态系统服务的价值<sup>[4]</sup>。在区域尺度,谢高地对青藏高原高寒草地生态系统服务价值进行了评估<sup>[5]</sup>;叶茂等对新疆不同类型的草地生态系统服务价值进行了评估<sup>[6]</sup>。但对于本文的研究区——三江源地区的生态系统服务价值评估并不多见。三江源地区作为长江、黄河、澜沧江三条大河的发源地,是世界高海拔地区生物多样性特点最显著的地区。然而近年来,三江源荒漠化和草地退化问题日益突出,长期的滥垦乱伐使大面积的草地和近一半的森林遭到严重破坏。对于三江源地区生态保护必要且刻不容缓。

因此,本文参考前人的成果,选择合理的评估方法对三江源地区的草地生态系统的9种服务价值进行了评估,以期能够增强人类对于三江源地区草地生态系统服务的重视,同时为三江源地区的生态补偿奠定核算基础,为制定区域生态保护政策提供科技支撑。

收稿日期:2012-01; 修订日期:2012-05.

基金项目:国家科技支撑计划项目(2009BAC61B05);国家重大科学研究计划项目(2012CB955304);国家自然科学基金项目(41171043)。

作者简介:陈春阳(1988-),女,湖北襄阳人,硕士研究生,主要从事全球变化研究。E-mail: chency.10s@igsrr.ac.cn

通讯作者:戴君虎(1968-),男,陕西蓝田人,副研究员,主要从事物候学、植物地理学和气候变化影响研究。

E-mail: daijh@igsrr.ac.cn

2 数据与方法

2.1 研究区概况

三江源地区位于青海省南部,是世界上海拔最高、面积最大的高原湿地生态系统,是世界上高海拔生物多样性最集中的区域,是全球气候变化的敏感区,也是中国重要的水源地,有着独特的地理环境和生态地位<sup>[7]</sup>。三江源地区湖泊众多,地表径流从东南向西北递减,境内高山广布冰川。区内气候属青藏高原气候系统,为典型的高原大陆性气候,表现为冷热两季交替、干湿两季分明、年温差小、日湿差大、日照时间长、辐射强烈、无四季明显区分的气候特征。这一区域植被多为高寒草甸、高寒草原、高寒灌丛、高寒荒漠草原、以及干旱荒漠、典型草原等类型为主,其次是沼泽、森林等植被。草地在三江源地区所有土地类型中占近70%。根据联合国千年生态系统评估(Millennium Ecosystem Assessment, MA)的分类标准<sup>[8]</sup>,参照青海省2000年1:10万土地利用数据集<sup>①</sup>,青藏高原1:100万植被图<sup>②</sup>将三江源草地类别划分为高寒草甸、高寒草原、温性草原、高寒荒漠和沼泽5类。其中高寒草甸和高寒草原比例较大,分别占草地总面积的72.2%和26.4%(图1)。

2.2 数据来源

本研究的使用的青藏高原1:100万植被图来源于中国科学院植被图编辑委员会2001年编辑出版的1:100万中国植被图<sup>②</sup>。在价值评估中所用的草地生态系统的指标和以及社会经济数据主要来源于前人文献、专著中植被生态、自然地理调查数据及统计年鉴中的社会经济数据。其中,载畜量通过鲜草单产 $Y$ 、牧草利用率 $R_s$ 、及一个羊单位的鲜草日食量 $E_s$ 算出;草地地上部分净初级生产力值以干草产量替代。就鲜草单产和 $NPP$ 数据而言,各种类型草地相差较大。因此,本文分为高寒荒漠、温性草原、高寒草原、高寒草甸和沼泽等几类分别处理。具体各项

数据来源见表1。

2.3 研究方法

对三江源草地生态系统服务分类参考MA的分类体系,分为支持服务、供给服务、调节服务和文化服务<sup>[8]</sup>。本文对三江源草地生态系统服务的评估内容包括食物生产、净化空气、气候调节、水分调节、控制侵蚀、废物处理、授粉、生物控制、旅游9项,其中食物生产属于供给服务,旅游属于文化服务,其他属于调节服务。支持服务是其他所有的生态系统服务的基础,其价值已通过其他三类服务得以体现,因此不作重复评估。各类服务具体评估方法如下。

2.3.1 供给服务价值评估

三江源地区的草地生态系统的供给服务主要体现在食物生产方面。草地生态系统通过光合作用合成有机物,为畜牧业发展提供基础生产资料。畜牧业主要为人类提供牲畜产品,因此食物生产可以通过直接的畜牧业产品来反映其经济价值。食物生产价值的评估根据“以草定畜”的原则,利用理论载畜量乘以目前市场牲畜价格<sup>[12]</sup>,计算公式为:

$$V_s = Q_s \times P_s = \frac{\sum A_i \times Y_i \times R_s}{E_s \times 365} \times P_s \quad (1)$$

式中: $V_s$ 为食物生产价值; $Q_s$ 为草地蓄载量; $P_s$ 为当前市场牲畜价格,以平均1个羊单位的价值表

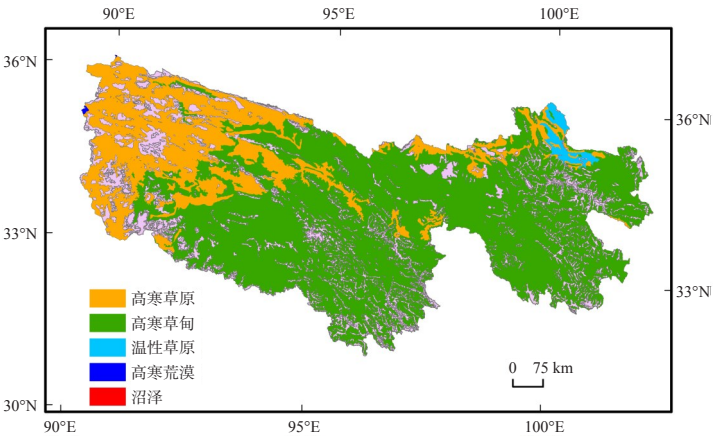


图1 三江源地区2000年草地类型分布图  
Fig.1 Spatial distribution of grassland types of the Sanjiangyuan Region in 2000

①中国西部环境与生态科学数据中心. <http://westdc.westgis.ac.cn/data/a66443d9-8fdc-4723-8808-ded258dc0a8b>.  
②中国科学院植被图编辑委员会. 科学出版社, 地球系统科学数据共享网. <http://qz.geodata.cn:8070/Portal/ViewDocument?dataId=120>.

表 1 三江源草地生态系统服务价值评估数据来源  
Tab.1 The data sources of ecosystem services valuation of the  
grassland in the Sanjiangyuan Region

指标	含义	草地类型	数值	来源
自然生态系统数据				
$R_s$	牧草利用率		50%	[9]
$E_s$	1个羊单位的鲜草日食量		4kg/d	
$Y$	鲜草单产	高寒荒漠	255kg/hm <sup>2</sup>	
$NPP$	地上部分净初级生产力， 以干草产量表示	温性草原	1627 kg/hm <sup>2</sup>	[6]
		高寒草原	767kg/hm <sup>2</sup>	
		高寒草甸	2915kg/hm <sup>2</sup>	
		沼泽	6645kg/hm <sup>2</sup>	
		高寒荒漠	128 kg/hm <sup>2</sup>	
		温性草原	831 kg/hm <sup>2</sup>	
		高寒草原	301 kg/hm <sup>2</sup>	
		高寒草甸	1342 kg/hm <sup>2</sup>	[10]
		沼泽	2170 kg/hm <sup>2</sup>	
$M$	地下和地上净初级生产力之比		2.31	[4]
$S$	每 kg 干草叶 1 年吸收 SO <sub>2</sub> 的量		10 <sup>-3</sup> kg	[11]
$d$	牧草生长期		100 d	[12]
$\lambda$	为牲畜排泄物归还草地的比率		30%	[13]
$w_N$	一个羊单位粪便中 N 含量		6.2kg	[4]
$w_{P_2O_5}$	一个羊单位粪便中 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 含量		2.8kg	[13]
社会经济系统数据				
$p_s$	1 个羊单位的平均市场价		500 元/羊	[12]
$p_{so_2}$	SO <sub>2</sub> 的消减成本		500 元/t	[14]
$p_{so_2}$	CO <sub>2</sub> 的削减成本		168.85 元/t	[15]
$p_w$	化肥平均价格		2549 元/t	[4]
$T$	三江源区旅游调查资料		—	[16]

注:由于选用指标及数据均来源于 2000 年前后,故统一将价格调为 2000 年不变价,以便比较。

示;  $A_i$  为  $i$  种类型草地可利用面积;  $Y_i$  为该类型草地鲜草单产量;  $R_s$  为牧草利用率;  $E_s$  为 1 个羊单位的鲜草日食量。

2.3.2 调节服务价值评估

(1) 空气质量调节

草地生态系统从大气中吸收化学物质,因而可以对空气质量产生多方面的影响。草地生态系统通过吸收 SO<sub>2</sub> 对空气质量进行调节,避免了人类为治理 SO<sub>2</sub> 的污染而进行额外支付。对这部分的生态经济效益的评估通过如下来计算<sup>[9]</sup>。

$$V_r = NPP \times S \times d \times P_{so_2}$$
 (2)

式中:  $V_r$  为草地生态系统的空气质量调节价值;  $NPP$  为地上部分的净初级生产力,以各类草地生态

系统类型干草产量测定数据作为地上部分净生产力;  $S$  为草地单位重量单位时间吸收 SO<sub>2</sub> 的量;  $d$  为牧草生长期长度;  $P_{so_2}$  为 SO<sub>2</sub> 的治理成本,以每削减 1 t SO<sub>2</sub> 的成本表示。

(2) 气候调节

草地生态系统既对局地的气候产生影响,同时也对全球的气候产生影响。本文主要通过计算草地吸收 CO<sub>2</sub> 的价值来衡量其调节气候的价值。其价值主要通过以下公式进行计算:

$$V_c = Q \times P_{co_2} = (1 + M) \times NPP \times R \times P_{co_2}$$
 (3)

式中:  $V_c$  为草地生态系统的气候调节价值;  $Q$  为草地生态系统固定 CO<sub>2</sub> 的总量;  $P_{co_2}$  为 CO<sub>2</sub> 的削减成本;  $M$  为地下地上净初级生产力比值;  $NPP$  为地上部分的净初级生产力;  $R$  为形成单位干物质吸收 CO<sub>2</sub> 的量,据植物光合作用公式估算,牧草每形成 1 g 干物质,吸收 1.62g CO<sub>2</sub>,因此  $R = 1.62$ ;  $P_{co_2}$  为 CO<sub>2</sub> 的削减成本。

(3) 水分调节

天然草地具有截流降水的功能,能够调控径流。通常对于水分调节服务的物质量评价采用降水贮存量法,即通过替代工程法,用水库的蓄水成本来代替草地生态系统水分调节服务的价值。这种评估的方式虽然在国际上被大多数学者认可并广泛使用,但在应用于三江源草地生态

系统服务水分调节价值的评估时存在问题:①草地虽然具有较高的保水能力,但所截留的水量并不能被直接利用,人们缺乏有效的手段去收集并使用这部分水资源。②这种评估方法实际上违背了“支付意愿”的原则,因为人们不会倾向于为这种无法获利的水资源进行支付。

本文在三江源地区评估草地生态系统水分调节服务时,考虑到径流季节和规模、洪水和蓄水层的补给都会受到土地覆被变化的强烈影响,例如草地向农田的转变会改变生态系统的储水潜力。根据 Costanza 等的研究,草原被开垦为农田后,径流量会显著增加,土壤中可利用水分减少,从而使植被的净初级生产力降低,导致载畜量降低约 10%,



直接使畜牧业的产值降低 10%<sup>[1]</sup>。因此,草地生态系统水分的价值可用理论载畜量市场价值的 10% 来估算。

#### (4) 控制侵蚀

相较于裸地,草地可以固持土壤,提高土壤抗冲击能力,对控制土壤侵蚀、减少水土流失、维护生态环境有重要作用。根据 Costanza 等的研究结果,在草地植被破坏的情景下,致使 10 cm 深的土壤流失,直接会导致降低 50% 的产草量<sup>[1]</sup>,因此草地生态系统控制侵蚀价值可用理论载畜量市场价值的 50% 替代。

#### (5) 废物处理

草地生态系统通过自然风化和微生物分解等方式降解生物的排泄物,将养分归还环境,减少人类为增加土壤肥力而人为施肥的成本。有机物分解归还养分总量的计算公式如下:

$$V_w = G \times P_w = \lambda \cdot \sum_{i=1}^2 W \cdot w_i \times P_w \quad (4)$$

式中:  $V_w$  为草原生态系统的废弃物降解及养分归还的服务价值;  $G$  为有机物分解归还的养分总量;  $\lambda$  为牲畜排泄物归还草地的比率;  $i$  为营养物类型 (N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>);  $W$  为牲畜数量;  $w_i$  为牲畜个体粪便中所含营养物质量;  $P_w$  为化肥平均价格。

#### (6) 授粉价值

生态系统的变化可以影响授粉媒的分布、多度和效力。植物不仅需要动物传粉,而且有些植物还需要动物帮助传播和扩散种子,有些种类甚至必须有一些动物的活动才能完成种子的扩散。动物在为植物传粉传种的同时,也取得了自身生长繁殖所需要的食物和营养。对于草地生态系统,授粉价值的评估很难找到直接的数据,因此,本文对于草地生态系统授粉服务的价值评估借鉴了文献[17]的研究结果。1994 年草地生态系统授粉的价值为每年 25 美元/hm<sup>2</sup>,折合人民币 162.5 元<sup>[1]</sup>。在假设 3.5% 的贴现率的基础上,得出 2000 年的价值为每年 199.75 元/hm<sup>2</sup>。

#### (7) 生物控制价值

草地生态系统中各种草本植物通过食物链和食物网与其他生物和环境构成一个整体。草地生态系统中存在着作物和牲畜害虫及疾病的发生,如果食物网上的某个环节发生障阻,草地生态系统则

可以通过网络结构,由其他部分得到调节,起着自我调节的作用。这部分价值的评估和授粉服务价值评估同样缺少具体的数据,无法直接反映人们愿意支付的价格,但是对于这部分服务价值的评估也是不可缺少的。参考文献[17]的结果,1994 年草地生态系统生物控制的价值为每年 23 元/hm<sup>2</sup>,折合人民币 149.5 元。在假设 3.5% 的贴现率的基础上,计算出 2000 年的单位面积价值为 183.77 元/hm<sup>2</sup>。

### 2.3.3 文化服务价值评估

由于文化服务中其他部分如科学研究、教育文化等服务价值目前已有的评估方法不确定性很大,所以这类服务中只考虑了评估方法较为成熟的旅游价值。在本文中,旅游价值的计算利用旅行成本法。旅行成本法认为距离越远的区域,游客数量越少,旅游率越低,实际是通过建立保护区游客旅游成本与旅游率的数学模型,进而导出保护区的游憩价格需求函数,求出消费者剩余,再加上保护区在预期市场上表现出来的价值,其和作为保护区游憩价值<sup>[18]</sup>,具体计算方法见文献[8]。最后,对不同草地类型的旅游价值按面积权重进行分配。

## 3 结果与分析

### 3.1 三江源地区不同草地类型单位面积生态系统服务价值

按照上述方法,计算出三江源地区不同草地类型单位面积生态系统服务价值(表 2)。结果显示,因为沼泽的净初级生产力最高,故沼泽提供各项生态系统服务的单位面积价值均大于或等于其他草地类型,因此其汇总的单位面积价值也最高,达 4253.79 元/hm<sup>2</sup>;其次为高寒草甸、温性草原、高寒草原,分别达 2431.69 元/hm<sup>2</sup>、1601.03 元/hm<sup>2</sup>、877.00 元/hm<sup>2</sup>;最低的为高寒荒漠,仅 575.23 元/hm<sup>2</sup>。不同差别主要源于其气候调节和食物生产的能力不同。

### 3.2 三江源地区草地生态系统服务总价值

根据各草地类型的面积及其单位面积服务价值,得出三江源地区各草地类型生态系统服务价值(表 3)。结果表明,三江源地区 2000 年草地生态系统服务总价值为 562.60 亿元。不同草地类型按照总价值大小排列,依次为高寒草甸、高寒草原、温性草原、高寒荒漠、沼泽,其中价值最高的高寒草甸占总价值的 87.42%,达 490.95 亿元,远高于其他草地

表 2 三江源地区 2000 年不同草地类型单位面积生态系统服务价值

Tab.2 The value of ecosystem services per unit area of different grassland types in the Sanjiangyuan Region in 2000

生态系统服务类型		单位面积价值/(元/hm <sup>2</sup> )				
一级分类	二级分类	高寒荒漠	温性草原	高寒草原	高寒草甸	沼泽
供给服务	食物生产	43.75	277.99	131.38	499.12	1141.03
	净化空气	6.37	40.88	14.99	67.11	108.97
	气候调节	115.12	724.96	262.89	1171.89	1923.08
调节服务	水分调节	4.37	27.25	13.10	49.90	114.10
	控制侵蚀	21.49	139.00	65.62	249.56	564.10
	废物处理	0.61	3.82	1.89	6.97	15.38
	授粉	199.75	199.75	199.75	199.756	199.75
文化价值	生物控制	183.77	183.77	183.77	183.77	183.77
	旅游	3.61	3.61	3.61	3.61	3.61
合计		575.23	1601.03	877.00	2431.69	4253.79

表 3 三江源地区 2000 年草地生态系统服务价值

Tab.3 The total value of ecosystem services of the grassland in the Sanjiangyuan Region in 2000

服务类型		价值/亿元					总价值	比重/%
一级分类	二级分类	高寒荒漠	温性草原	高寒草原	高寒草甸	沼泽	/亿元	
供给服务	食物生产	5.7×10 <sup>-3</sup>	1.02	9.73	100.92	8.9×10 <sup>-5</sup>	111.68	19.85
	净化空气	8.3×10 <sup>-4</sup>	0.15	1.11	13.57	8.5×10 <sup>-6</sup>	14.84	2.64
	气候调节	1.5×10 <sup>-2</sup>	2.66	19.47	236.95	1.5×10 <sup>-4</sup>	259.09	46.05
	水分调节	5.7×10 <sup>-4</sup>	0.10	0.97	10.09	8.9×10 <sup>-6</sup>	11.17	1.99
调节服务	控制侵蚀	2.8×10 <sup>-3</sup>	0.51	4.86	50.46	4.4×10 <sup>-5</sup>	55.84	9.93
	废物处理	8.0×10 <sup>-5</sup>	0.014	0.14	1.41	1.2×10 <sup>-6</sup>	1.56	0.28
	授粉	2.6×10 <sup>-2</sup>	0.73	14.79	40.39	1.6×10 <sup>-5</sup>	55.94	9.94
	生物控制	2.4×10 <sup>-2</sup>	0.67	13.61	37.16	1.4×10 <sup>-5</sup>	51.47	9.15
文化价值	旅游	4.7×10 <sup>-4</sup>	0.013	0.27	0.73	2.8×10 <sup>-7</sup>	1.01	0.18
总价值/亿元		0.075	5.85	64.68	490.95	3.3×10 <sup>-4</sup>	562.60	100
比重/%		0.013	1.04	11.52	87.42	5.9×10 <sup>-5</sup>	100	

类型。各项服务价值占总价值的比例由大到小依次为气候调节 46.14%、食物生产 14.89%、授粉 9.96%、控制侵蚀 9.94%、生物控制 9.17%、净化空气 2.64%、水分调节 1.99%、废物处理 0.28%、旅游 0.18%。由此可见,三江源草地生态系统对于吸收温室气体,调节气候具有重要作用。同时,三江源地区草地的食物生产价值也较高,为区域畜牧业为主的产业结构提供了物质基础和保障。

4 讨论

各类研究对三江源地区草地生态系统服务总价值估结果较多,本文的估算结果约为 562.60 亿元,与其他相关结果有一定差异。从单位面积服务

价值来看,谢高地等<sup>[19]</sup>对青藏高原高寒草地的研究结果显示沼泽、高寒草甸、温性草原、高寒草原、高寒荒漠的单位面积服务价值分别为 2760.61 元/hm<sup>2</sup>、5158.14 元/hm<sup>2</sup>、4585.36 元/hm<sup>2</sup>、960.89 元/hm<sup>2</sup>、1029.75 元/hm<sup>2</sup>,与本文相比数量级一致,但个别价值存在差异,且不同草地类型的单位面积价值排序也不同。原因有两点:①价值评估方法不同,谢高地等<sup>[7]</sup>采用的是当量因子法,将 Costanza 等<sup>[2]</sup>提出的各生态系统类型的单位价值根据当年粮食市场价格转换为草地生态系统当年的基准单价,最后通过生物量订正得到各类草地生态系统服务单位价值。而本文主要参考中国草地生态系统相关参数及研究区的社会经济数据,采用直接市场法、替代成本法等方法对三江源地区草地生态系统服务价

值进行评估,所用资料符合研究区的实际情况。②评估的服务类型不尽相同。谢高地等<sup>[19]</sup>选取气体调节、气候调节、干扰调节、水调节和供应、侵蚀控制、土壤形成、营养循环、废物处理、授粉、生物控制、栖息地、食物生产、原材料、基因资源、娱乐文化共15项,而本文只选取了其中9项服务进行评估,因此有4种草地类型的单位面积价值低于谢高地等<sup>[19]</sup>的评估结果。从生态系统服务总价值来看,刘敏超等<sup>[20]</sup>研究了三江源地区生态系统土壤保持、涵养水源、固定CO<sub>2</sub>和释放O<sub>2</sub>4项生态系统服务价值,总价值合590.49~1016.9亿元。根据草地占三江源地区的面积比例,本文估算的总价值562.6亿元与之相符。

生态系统服务价值是确定生态补偿标准的重要参考依据<sup>[21]</sup>。在生态补偿实践中,本文认为应分析各类生态系统服务的价值流向,例如食物生产的价值绝大部分都流向了当地居民,在生态补偿政策时可不予考虑(但实施退牧还草工程时,应考虑当地居民因此损失的食物生产价值);气候调节服务价值往往流向区域尺度甚至全国尺度的利益相关者,所以国家应根据当地居民为维持气候调节服务而损失的机会成本给予补偿。因此,对生态系统服务价值进行流向分析,为生态补偿政策的制定和实施提供了思路。这也是以后要重点研究的部分。

“基于土地利用数据集的三江源地区生态系统服务价值变化研究”一文<sup>[22]</sup>评估了1985、1996、2000、2008年三江源地区生态系统服务价值,在选择评估的服务类型时从全区出发,重点考虑了对于整个三江源地区发挥重要作用的生态系统服务类型,在评估方法的选择上也尽量平衡各种土地利用类型间的差异。此外,在研究三江源地区生态系统服务问题时,草地无疑是最重要的一种生态系统类型。因此,本文综合考虑三江源地区的地理环境、产业特点等因素,采用了较为合适的草地生态系统评估方法,对三江源地区草地生态系统服务价值进行了评估,力求使评估结果更为细致、精确。但由于未考虑教育科研、生物多样性等服务价值,因此评估结果可能低于实际价值,其评价指标和评价方法还有待进一步的探讨。在今后的研究中,可重点考虑人类活动,主要是放牧活动对三江源草地生态系统及其服务价值的影响,为进一步制定科学的生态系统管理方法提供依据。

## 参考文献:

- [1] Costanza R, d'Arge R, de Groot R, et al. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*, 1997, 387: 253-260.
- [2] 胡自治. 草原的生态系统服务 I: 生态系统服务概述. *草原与草坪*, 2004, 107(4): 3-6.
- [3] 谢高地, 张懿铨, 鲁春霞, 等. 中国自然草地生态系统服务价值. *自然资源学报*, 2001, 16(1): 47-53.
- [4] 赵同谦, 欧阳志云, 贾良清, 等. 中国草地生态系统服务功能间接价值评价. *生态学报*, 2004, 24(6): 1101-1110.
- [5] 谢高地, 鲁春霞, 冷允法, 等. 青藏高原生态资产的价值评估. *自然资源学报*, 2003, 18(2): 189-196.
- [6] 叶茂, 徐海量, 王小平, 等. 新疆草地生态系统服务功能与价值初步评价. *草业学报*, 2006, 15(5): 122-128.
- [7] 孙发平, 曾贤刚. 中国三江源区生态价值及补偿机制研究. 北京: 中国环境科学出版社, 2008: 103-110.
- [8] Millennium Ecosystem Assessment. 生态系统与人类福祉: 评估框架. 张永民, 译. 北京: 中国环境科学出版社, 2007: 213-214.
- [9] 汪诗平. 青海省“三江源”地区植被退化原因及其保护策略. *草业学报*, 2003, 12(6): 1-9.
- [10] 中华人民共和国农业部畜牧兽医司, 全国畜牧兽医总站. 中国草地资源. 北京: 中国科学技术出版社, 1996: 359-360.
- [11] 马新辉, 孙根年, 任志远. 西安市植被净化大气物质量的测定及其价值评价. *干旱区资源与环境*, 2002, 16(4): 83-86.
- [12] 王静, 尉元明, 孙旭映. 过牧对草地生态系统服务价值的影响: 以甘肃省玛曲县为例. *自然资源学报*, 2006, 21(1): 109-117.
- [13] 蒋丽红. 加强牧区家畜粪便管理. 提高草地生产力, 内蒙古草业, 1997, 7(Z1): 49-50.
- [14] 欧阳志云, 王效科, 苗鸿. 中国陆地生态系统服务功能及其生态经济价值的初步研究. *生态学报*, 1999, 19(5): 607-613.
- [15] Frankhauser S, Pearce D W. The social costs of greenhouse gas emissions: An expected value approach. *The Energy Journal*, 1994, 15(2): 157-184.
- [16] 青海省统计局, 国家统计局青海调查总队. 青海统计年鉴2001. 北京: 中国统计出版社, 2001.
- [17] Pimentel D, Wilson C, McCullum C, et al. Economic and environmental benefits of Biodiversity. *BioScience*, 1997, 47(11): 747-757.
- [18] 周慧滨, 左旦平. 旅行成本法在我国应用中存在的几个问题. *自然资源学报*, 2006, 21(3): 489-499.
- [19] 谢高地, 鲁春霞, 肖玉, 等. 青藏高原高寒草地生态系统服务价值评估. *山地学报*, 2003, 21(1): 50-55.

[20] 刘敏超, 李迪强, 温琰茂, 等. 三江源地区生态系统生态功能分析及其价值评估. 环境科学学报, 2005, 25(9): 1280-1286.

[21] 中国 21 世纪议程管理中心. 生态补偿原理与应用. 北京: 社会科学文献出版社, 2009: 156.

[22] 陈春阳, 戴君虎, 王焕炯, 等. 基于土地利用数据集的三江源地区生态系统服务价值变化. 地理科学进展, 2012, 31(7): 970-977.

Ecosystem Service Assessment of Grasslands in the Sanjiangyuan Region

CHEN Chunyang<sup>1,2</sup>, TAO Zexing<sup>1,2,3</sup>, WANG Huanjiong<sup>1,2</sup>, DAI Junhu<sup>1</sup>

- (1. Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, CAS, Beijing 100101, China;
2. Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China;
3. College of Urban and Environmental Sciences, Peking University, Beijing 100871, China)

**Abstract:** Grassland ecosystem in the Sanjiangyuan Region (Three-River Headwater Region) plays an important role in maintaining ecological balance and guaranteeing sustainable development of social-economic system. By using multiple methods, we assessed the value of nine types of ecosystem services in the Sanjiangyuan region based on the ecosystem services classification system of MA. The results showed that the total value of grassland ecosystem in the Sanjiangyuan Region was 56.26 billion RMB yuan in 2000. The top two values of ecosystem services were climate regulation and food production, which were 11.17 billion RMB yuan and 2.59 billion RMB yuan, with the contribution rate of 46.05% and 19.85% respectively. With respect to different grassland types, alpine meadow and alpine grassland have the values of 49.10 billion RMB yuan and 6.47 billion RMB yuan, contributing 87.42% and 11.52% to the whole value. Swamp has the highest value of 4230.77 RMB yuan per hm<sup>2</sup>, but its area is small, thus a relatively low value in total. The results of this study provide the scientific support for policy making in ecosystem protection and the practice of ecological compensation.

**Key words:** ecosystem services; grassland; value assessment; the Sanjiangyuan Region

本文引用格式:

陈春阳, 陶泽兴, 王焕炯, 等. 三江源地区草地生态系统服务价值评估. 地理科学进展, 2012, 31(7): 978-984.