

基于土地利用的云南省县域生态系统服务价值时空演变

罗仁娟¹, 陈新², 张林波³, 杨旺舟² (1. 云南师范大学地理学部, 云南昆明 650500; 2. 云南师范大学经济与管理学院, 云南昆明 650500; 3. 山东大学人文社科青岛研究院, 山东青岛 266237)

摘要 基于生态系统服务价值评估体系, 选取 2005、2010、2015 和 2018 年 4 期遥感影像获取的土地利用/覆盖数据, 研究云南省 129 个县(市、区)生态系统服务价值的空间格局及时空演变特征。结果表明, 云南省土地利用类型中森林、草地及旱地占有所有土地利用类型的绝大部分; 研究期整体结构变化较小, 建设用地及水域呈持续增加态势。云南省生态系统服务价值持续缓慢上升。单位面积生态服务价值时间上呈微弱增长态势, 空间上呈现西高东低、中西部地区偏低的特征。人均生态服务价值时间上呈微弱下降态势, 空间上呈现西高东低、南北中部地区偏低的特征。

关键词 土地利用; 生态系统服务价值; 空间格局; 云南省

中图分类号 F301.2 文献标识码 A

文章编号 0517-6611(2022)24-0045-04

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2022.24.012



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

Spatial-temporal Evolution of Ecosystem Service Value of Counties in Yunnan Province Based on Land Utilization

LUO Ren-juan¹, CHEN Xin², ZHANG Lin-bo³ et al (1. Faculty of Geography, Yunnan Normal University, Kunming, Yunnan 650500; 2. School of Economics and Management, Yunnan Normal University, Kunming, Yunnan 650500; 3. Qingdao Institute of Humanities and Social Sciences, Shandong University, Qingdao, Shandong 266237)

Abstract Based on the evaluation system of the ecosystem service value, land utilization and cover data attained by remote sensing images in four phases of 2005, 2010, 2015 and 2018 was selected to study the spatial patterns and spatio-temporal evolution characteristics of the ecosystem service value of 129 counties (cities, districts) in Yunnan Province. The result showed that forest, grassland and dry land account for the vast majority of all land use types in Yunnan Province. The overall structural change in the research period was relatively slight, and construction land and water area showed a trend of continuous increase. The ecosystem service value of Yunnan Province continued to rise slowly. The ecosystem service value per unit area showed a slight increase temporally, and was spatially high in the east and low in the west, relatively low in central and western regions. The ecosystem service value per capita showed a slight downward trend temporally, and was spatially higher in the east and lower in the west and lower in the north and south central regions.

Key words Land utilization; Ecosystem service value; Spatial pattern; Yunnan Province

生态系统服务是人类直接或间接从生态系统中所得到的各种惠益^[1]。形成维持人类生存发展的环境以满足生存、健康、福祉等需求^[2-3]。土地利用/覆盖变化(land use and land cover change, LUCC)是人类活动作用于生态系统的重要方式^[4]。1997年, Costanza等^[1]利用LUCC和生态系统服务当量, 计算了全球生态系统服务价值。同年Daily^[5]系统地介绍了生态系统服务功能的概念、研究简史、服务价值评估等。我国学者谢高地等^[6-7]根据Costanza等^[1]的方法构建了符合我国国情的生态系统服务价值当量表, 获得学术界的广泛认可, 国内众多学者根据此当量表开展研究。

云南省位于我国西南边疆地区, 总面积 38.31 万 km², 下辖 8 个地级市和 8 个自治州, 129 个县(市)。有北热带、南亚热带、暖温带和高原气候区等温度带气候类型, 多山地, 地形纵横起伏、海拔落差大。在全国生态区划中主要属于“南部湿润生态大区”中的“云贵高原生态地区”, 滇西北部分属于“青藏高原生态大区”中的“横断山区生态地区”^[8], 境内陆生生态系统几乎包括地球上所有的生态系统类型, 丰富的生态资源对云南省社会经济发展起着重要的支撑作用^[9]。基于土地利用的云南省县域生态系统服务价值时空演变研究, 对云南省践行生态文明思想、助力“两山”理论、推动生态产品价值实现具有一定的实践意义和价值。

1 资料与方法

1.1 数据来源 该研究样本为云南省 129 个县(市、区), 研究期为 2005、2010、2015 和 2018 年 4 个时段。土地利用类型数据来自中国科学院资源环境科学数据中心(<http://www.resdc.cn>), 分辨率为 30 m × 30 m, 解译精度达 90% 以上。数据将土地利用类型划分为一级分类(耕地、林地、草地、水域、建设用地和未利用地 6 种类型)和二级分类(旱地、水田、有林地、灌木林等 25 种类型), 该研究根据谢高地等^[10]生态系统分类体系, 将土地利用数据重分类为旱地、水田、森林、草地、湿地、荒漠、裸地、水域、冰川、建设用地 10 类生态系统类型。其他社会经济数据来自《云南统计年鉴》《全国农产品成本收益统计资料汇编》及《中国农产品价格调查年鉴》。

1.2 研究方法 参考谢高地等^[10]制订的中国陆地生态系统服务价值当量因子表。生态系统服务 1 个基础当量因子的经济价值量相当于研究区本年度平均粮食单产市场价值的 1/7^[11]。考虑各年份间农作物价格波动对总价值量的影响, 选取与土地利用数据相对应的 2005、2010、2015 和 2018 年 4 个时期云南省水稻、小麦和玉米 3 种主要粮食作物的产量、价格、播种面积作为基础数据进行基础当量因子价值核算。公式如下:

$$E_n = 1/7 \sum_{i=1}^m \frac{o_i p_i q_i}{M} \quad (m=1, 2, 3)$$

式中, E_n 为云南省农田生态系统提供食物生产能力的经济价

基金项目 国家自然科学基金项目(41661117)。

作者简介 罗仁娟(1979—), 女, 云南昆明人, 在读博士, 从事边疆经济地理研究。

收稿日期 2022-03-17

值(元/hm²);*i*为作物类别;*o_i*为第*i*种粮食作物面积(hm²);*p_i*为第*i*种粮食作物单产(kg/hm²);*q_i*为第*i*种粮食作物的平均价格(元/kg);*M*为3种粮食作物总面积。详见表1。

表1 云南省主要粮食作物产量、价格、农作物统计

Table 1 Statistics of output, price and crops of main grain crops in Yunnan Province

年份 Year	产量 Output//kg/hm ²			价格 Price//元/kg			播种面积 Sowing area//hm ²		
	稻谷 Rice	小麦 Wheat	玉米 Corn	稻谷 Rice	小麦 Wheat	玉米 Corn	稻谷 Rice	小麦 Wheat	玉米 Corn
2005	8 080.50	2 712.00	4 959.00	1.83	1.47	1.35	1 049 270	532 330	118 260
2010	8 766.45	1 513.50	5 853.45	2.81	2.12	2.16	1 021 000	428 900	1 417 800
2015	8 598.90	3 084.75	6 303.00	3.13	2.40	2.29	696 600	379 400	1 701 400
2018	9 117.15	3 228.75	6 888.90	3.17	2.40	2.19	849 600	339 200	1 785 200

表1的统计数据根据核算公式计算出研究区不同土地利用类型1个基础当量因子的经济价值约为2 400.07元/hm²。结合谢高地等^[10]制定的单位面积生态系统服务价值当量

表,得到云南省单位面积生态系统服务功能价值(表2),其中建设用地生态系统服务价值量为0,即无价值量。

表2 云南省单位面积生态系统服务价值

Table 2 Ecosystem service value per unit area in Yunnan Province

元/(hm²·a)

一级分类 First level classification	二级分类 Secondary classification	旱地 Dry land	水田 Paddy field	森林 Forest	草地 Grassland	湿地 Wetland	荒漠 Desert	裸地 Bare land	水域 Waters	冰川 Glacier
供给服务 Supply services	食物生产	2 040	3 264	600	552	1 224	24	0	1 920	0
	原料生产	960	216	1 392	816	1 200	72	0	552	0
	水资源供给	48	-6 432	720	456	6 216	48	0	19 897	5 184
调节服务 Regulatory services	气体调节	1 608	2 664	4 584	2 904	4 560	264	48	1 848	432
	气候调节	864	1 368	13 704	7 656	8 640	240	0	5 496	1 296
	净化环境	240	408	3 864	2 520	8 640	744	240	13 320	384
支持服务 Support services	水文调节	648	6 528	8 976	5 616	58 154	504	72	245 383	17 112
	土壤保持	2 472	24	5 568	3 528	5 544	312	48	2 232	0
	维持养分循环	288	456	432	264	432	24	0	168	0
文化服务 Cultural services	生物多样性	312	504	5 088	2 400	18 889	288	48	6 120	24
	美学景观	144	216	2 232	1 416	11 352	120	24	4 536	216
总计 Total		9 624	9 216	47 160	28 128	124 851	2 640	480	301 472	24 648

2 结果与分析

2.1 土地利用变化分析 对土地利用数据进行统计,得到云南省各土地利用类型面积并进行百分比统计。从表3可以看出,2005—2018年云南省土地利用结构以森林为主,其次是草地、旱地,这3种用地类型占云南省总面积的93%,而荒

漠、冰川、湿地、裸地、水域5种用地类型合计仅占总面积的1%。变化幅度较大的是建设用地、水域和草地,建设用地增加了1 164.83 km²,水域增加了899.16 km²,草地减少了746.14 km²。荒漠在2015年消失。

表3 2005—2018年云南省土地利用面积百分比和面积变化统计

Table 3 Statistics of percentage of land use area and area change in Yunnan Province from 2005 to 2018

土地利用类型 Land use type	土地利用面积占比 Percentage of land use area//%				土地利用增减面积 Increase and decrease area of land use//km ²
	2005年	2010年	2015年	2018年	
森林 Forest	57.42	57.50	57.38	57.34	-325.74
草地 Grassland	22.63	22.61	22.46	22.44	-746.14
旱地 Dry land	13.62	13.56	13.50	13.46	-611.54
水田 Paddy field	4.29	4.26	4.21	4.19	-376.20
建筑用地 Building land	0.87	0.90	1.10	1.17	1 164.83
水域 Waters	0.69	0.69	0.86	0.92	899.16
裸地 Bare land	0.39	0.39	0.39	0.39	-12.04
湿地 Wetland	0.05	0.05	0.06	0.05	7.93
冰川 Glacier	0.04	0.04	0.04	0.04	-0.11
荒漠 Desert	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.13

2.2 生态系统服务价值核算及变化 以云南省 129 个县(市、区)为研究单元,基于 4 个时期研究区土地利用数据的 10 类生态系统,去除无价值量的建设用地,将表 2 所示的 9 类生态系统服务价值匹配到各县(市、区),核算出云南省各

县域的生态系统服务价值,限于篇幅,该研究仅展示云南省 16 个地州(市)的核算结果,各地州(市)生态系统服务价值及变化见表 4。

表 4 云南省各地州研究期生态系统服务价值及变化

Table 4 Ecosystem service value and change in various prefectures of Yunnan Province during the study period

地点 Site	生态系统服务价值 Ecosystem service value//亿元				生态系统 服务价值占 比 Proportion of ecosystem service value//%	生态系统服务价值变化 Ecosystem service value change//%			
	2005 年	2010 年	2015 年	2018 年		2005— 2010 年	2010— 2015 年	2015— 2018 年	2005— 2018 年
德宏州 Dehong Prefecture	313	412	421	423	2.73	31.63	2.18	0.48	35.14
昭通市 Zhaotong City	602	603	603	605	4.20	0.17	0.00	0.33	0.50
西双版纳州 Xishuangbanna Prefecture	626	626	625	626	4.35	0.00	-0.16	0.16	0.00
保山市 Baoshan City	683	683	694	693	4.79	-0.00	1.61	-0.14	1.46
曲靖市 Qujing City	719	721	744	744	5.09	0.28	3.19	0.00	3.48
大理州 Dali Prefecture	776	777	777	778	5.41	0.13	0.00	0.13	0.26
昆明市 Kunming City	793	795	796	795	5.53	0.25	0.13	-0.13	0.25
临沧市 Lincang City	795	794	819	821	5.62	-0.13	3.15	0.24	3.27
丽江市 Lijiang City	841	841	858	858	5.91	0.00	2.02	0.00	2.02
普洱市 Pu'er City	1 015	916	918	919	6.55	-9.75	0.22	0.11	-9.46
怒江州 Nujiang Prefecture	910	910	918	921	6.37	0.00	0.88	0.33	1.21
迪庆州 Diqing Prefecture	1 051	1 052	1 059	1 060	7.34	0.10	0.67	0.09	0.86
红河州 Honghe Prefecture	1 098	1 100	1 109	1 108	7.68	0.18	0.82	-0.09	0.91
玉溪市 Yuxi City	1 122	1 124	1 125	1 138	7.84	0.18	0.09	1.16	1.43
文山州 Wenshan Prefecture	1 186	1 187	1 192	1 199	8.29	0.08	0.42	0.59	1.10
楚雄州 Chuxiong Prefecture	1 738	1 739	1 790	1 806	12.30	0.06	2.93	0.89	3.91
合计 Total	14 268	14 280	14 448	14 494	100	0.08	1.18	0.32	1.58

从表 4 可以看出,云南省研究期内生态系统服务价值呈现缓慢增长态势,2005—2018 年增长比例最大的为德宏州,其次为楚雄州、曲靖市;呈负增长的为普洱市。生态系统服务价值总量最低的为德宏州,最高的为楚雄州,这主要与州市所辖面积大小相关。

2.3 生态系统服务价值空间格局演变特征 为更客观地刻画云南省各县(市、区)生态系统服务价值的变化,该研究从生态系统服务价值单位面积和人口 2 个变量进行空间格局

演变研究,并利用 ArcGIS 软件可视化表达。

2.3.1 单位面积生态系统服务价值空间格局。 云南省单位面积生态系统服务价值核算结果显示,研究期内单位面积价值量最高为玉溪澄江市(7.84 万元/hm²),最低为曲靖市罗平县(2.58 万元/hm²)。采用 ArcGIS 软件分类的几何间断法将云南省生态系统服务价值分为 5 个等级:高(>5.31 万元/hm²)、偏高(>4.07~5.31 万元/hm²)、中(>3.47~4.07 万元/hm²)、偏低(>3.18~3.47 万元/hm²)、低(≤3.18 万元/hm²)。

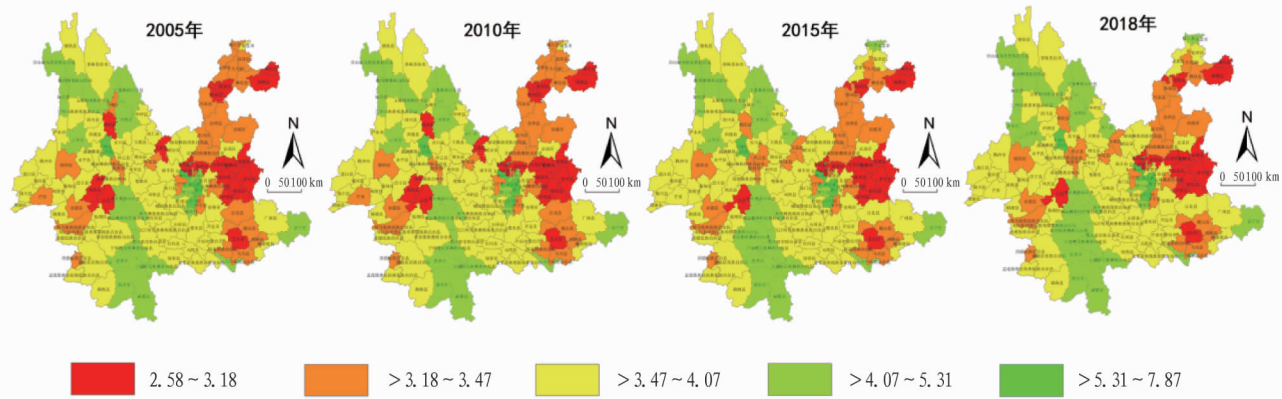


图 1 云南省单位面积生态系统服务价值空间演变(单位:万元/hm²)

Fig.1 Spatial evolution of ecosystem service value per unit area in Yunnan Province

从图 1 可以看出,研究期内云南省单位面积生态系统服务价值呈现出西高东低、中西部地区偏低的总体特征。单位

面积价值量高的地区集中在云南省西北地区和西南地区,西北地区为怒江州、迪庆州及丽江市所属大部分县区;西南地

区为西双版纳、普洱市的部分县区,中部的昆明市西山区、呈贡区、玉溪市的澄江市、江川区等。价值量低的县域主要集中在中西部地区的昆明市、曲靖市的大部分县区,东北地区的昭通市的大部分地区及红河州的部分地区,零散分布于临沧州和大理市的少部分县区。各年间生态系统服务价值变化不大,呈微弱增长态势,如临沧州的凤庆县、昭通市的永善县和鲁甸县单位面积价值量在 2010—2015 年由低转为中;大理州弥渡县、楚雄州的元谋县单位面积价值量在 2010—2015 年由低转为偏低。

2.3.2 人均生态系统服务价值空间格局。云南省人均生态

系统服务价值核算结果两极化极为严重,研究期内人均生态系统服务价值量最高的为迪庆州德钦县(49.00 万元/人),其次为迪庆州维西县(44.00 万元/人)、迪庆州香格里拉市(29.00 万元/人),其余县区的人均生态系统服务价值量都在 13.00 万元/人以下;价值量较低的 3 个县区分别为昆明市五华区(0.12 万元/人)、盘龙区(0.17 万元/人)和官渡区(0.41 万元/人)。采用 ArcGIS 软件分类的几何间断法将云南省生态系统服务价值分为 5 个等级:高(>12.60 万元/人)、偏高(>4.30 万~12.60 万元/人)、中(>2.42 万~4.30 万元/人)、偏低(>2.00 万~2.42 万元/人)、低(≤ 2.00 万元/人)。

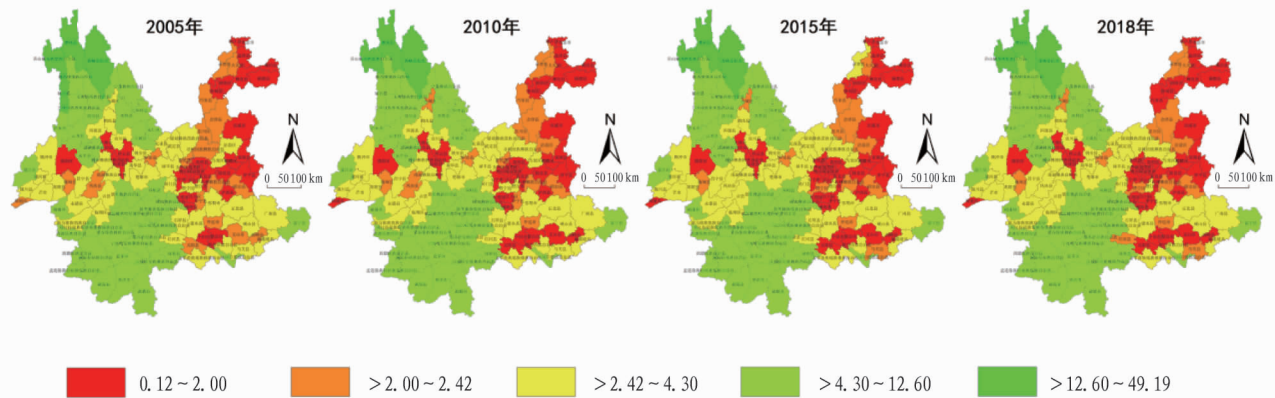


图 2 云南省人均生态系统服务价值空间演变(单位:万元/人)

Fig.2 Spatial evolution of per capita ecosystem service value in Yunnan Province

由图 2 可知,研究期云南省人均生态系统服务价值呈现出西高东低、南北中部地区偏低的总体特征。单位价值量高的地区集中在云南省西北地区的迪庆州和怒江州;价值量低的地区主要集中在中西部地区的昆明市、曲靖市的大部分县区,东北地区的昭通市、东南部地区的红河州、文山州的部分地区,零散分布于大理市、保山市的少部分县区。各年间生态系统服务价值变化不大,呈微弱降低态势,主要是人口增长超过单位面积价值量增长速率导致。

结合图 1 和图 2 可知,部分地区在以单位面积为变量时,属于价值量高的地区,而以人均均为变量时,属于价值量低的地区,如云南省中部的昆明市西山区、呈贡区、玉溪市的澄江市、江川区,这是由于西山区、官渡区、五华区、盘龙区、呈贡区拥有滇池水域,澄江市、江川区拥有抚仙湖水域,水域的生态服务价值当量极高,所以相关区域的单位面积价值量就高,而这些地区人口集聚度高、人口密度大导致以人均均为变量时价值量低。部分地区以单位面积为变量时,属于价值量中等的地区,而以人均均为变量时,属于价值量极高的地区,如怒江州贡山独龙族怒族自治县、迪庆州德钦县和香格里拉市,此现象的原因是该地区人口集聚度低、人口密度小所导致。

3 结论与讨论

该研究对云南省 2005、2010、2015、2018 年 4 期的土地利用数据进行分析,在此基础上对云南省生态系统服务价值进行核算和分析。结果表明,云南省土地利用类型中森林、草地及旱地占有土地利用类型的绝大部分;研究期整体结构

变化较小,建设用地及水域呈持续增加态势。云南省 2005—2018 年生态系统服务价值持续缓慢增长。单位面积生态系统服务价值时间上呈微弱增长态势,空间上呈现西高东低、中西部地区偏低的特征。人均生态系统服务价值时间上呈微弱下降态势,空间上呈现西高东低、南北中部地区偏低的特征。

土地利用变化是生态系统服务价值结构变化的直接原因。其中水域面积增大,是研究区生态系统服务价值整体增大的主要原因。旱地和水田的土地利用类型转化为建设用地是生态系统服务价值降低的主要原因,政府应该严格控制建设用地的扩张,加强土地集约利用。

该研究采用直观易用的当量因子法对云南省生态系统服务价值进行估算时,固定当量因子的价值,加强了生态系统服务价值时间序列上的可比性。目前研究仍具有一定局限性,如罗平县生态系统服务的单位面积和人均价值量均很低,与客观情况不相符,罗平县旱地种植油菜花引领的旅游系列产品,其文化服务的价值被远远低估,在后续研究中需要考虑一些特殊情况。建设用地的生态系统服务价值也是下一步研究的重点。

参考文献

- [1] COSTANZA R, D'ARCE R, DE GROOT R, et al. The value of the world's ecosystem services and natural capital[J]. Nature, 1997, 387(6630): 253-260.
- [2] ALEXANDER H. Nature's services; Societal dependence on natural ecosystems[J]. Corporate environmental strategy, 1999, 6(2): 219.

更好地适应土壤干旱^[10];另一方面,更高的叶脉密度可以提高叶片蒸腾作用,保证叶片处于适宜的温度并提高光合速率,进而更好地应对高温环境^[11]。比叶面积反映了叶片对光的截获能力和强光下的自我保护能力^[12-13],非附生榕树较大的比叶面积,是为适应沟谷荫蔽环境、截获更多光能而产生的适应性特征;半附生榕树的比叶面积较小,则有助于其在强光下进行自我保护。此外,非附生榕树拥有更厚的叶片,由于叶片厚度与叶片寿命长短、投入多少、抗干扰能力相关^[12],因此非附生榕树的叶片寿命更长,抗干扰能力更强。

Hao 等^[14]研究表明,半附生榕树为适应旱生环境,具有较小的相对电导率、较小的叶膨大损失点以及更早的气孔关闭时间。通常情况下,植物的叶片含水量、气孔密度、气孔大小在旱生环境下也会发生适应性改变,但就该研究的结果而言,2 种生活型榕树对环境的适应,与以上叶功能性状的关联较小。叶片含水量反映了植物对水分利用情况与植物生存状况,非附生榕树与半附生榕树叶片含水量的差异不显著,说明两者对水分利用情况类似,可能与西双版纳地区雨水充沛有关。小而密的气孔具有较高的灵活性,因此有利于植物保持体内水分及保证有效的呼吸作用,是植物适应旱生环境的表现^[10],然而该研究中半附生榕树适应干旱环境的主要对策是增大比叶面积,其气孔大小和气孔密度与非附生榕树相比更小。

参考文献

[1] DIAZ S, CABIDO M, CASANOVES F. Plant functional traits and environ-

mental filters at a regional scale[J]. Journal of vegetation science, 1998, 9 (1): 113-122.

[2] REICH P B, WRIGHT I J, CAVENDER-BARES J, et al. The evolution of plant functional variation: Traits, spectra, and strategies[J]. International journal of plant sciences, 2003, 164(S3): S143-S164.

[3] 刘晓娟, 马克平. 植物功能性状研究进展[J]. 中国科学: 生命科学, 2015, 45(4): 325-339.

[4] VENDRAMINI F, DÍAZ S, GURVICH D E, et al. Leaf traits as indicators of resource-use strategy in floras with succulent species[J]. New phytologist, 2002, 154(1): 147-157.

[5] 刘金环, 曾德慧, LEE D K. 科尔沁沙地东南部地区主要植物叶片性状及其相互关系[J]. 生态学杂志, 2006, 25(8): 921-925.

[6] SHANAHAN M, SO S, GOMPTON S G, et al. Fig-eating by vertebrate frugivores: A global review[J]. Biological reviews, 2001, 76(4): 529-572.

[7] HARRISON R D. Figs and the diversity of tropical rainforests[J]. BioScience, 2005, 55(12): 1053-1064.

[8] 肖春芬, 彭艳琼, 杨大荣. 植物园在物种迁地保护中的作用: 以西双版纳热带植物园榕树和榕小蜂的保护为例[J]. 中国园林, 2010, 26(5): 83-86.

[9] The R Development Core Team. R: A language and environment for statistical computing[R]. 2013.

[10] 李芳兰, 包维楷. 植物叶片形态解剖结构对环境变化的响应与适应[J]. 植物学通报, 2005, 22(S1): 118-127.

[11] LI L, ZENG H, GUO D L. Leaf venation functional traits and their ecological significance[J]. Chinese journal of plant ecology, 2013, 37(7): 691-698.

[12] CORNELISSEN J H C, LAVOREL S, GARNIER E, et al. A handbook of protocols for standardised and easy measurement of plant functional traits worldwide[J]. Australian journal of botany, 2003, 51(4): 335-380.

[13] 张林, 罗天祥, 邓坤枚, 等. 云南松比叶面积和叶干物质含量随冠层高度的垂直变化规律[J]. 北京林业大学学报, 2008, 30(1): 40-44.

[14] HAO G Y, SACK L, WANG A Y, et al. Differentiation of leaf water flux and drought tolerance traits in hemiepiphytic and non-hemiepiphytic *Ficus* tree species[J]. Functional ecology, 2010, 24(4): 731-740.

(上接第 37 页)

[21] 王平, 郭小俊, 谢成俊, 等. 兰州市山旱区马铃薯品种比较与筛选试验[J]. 中国马铃薯, 2018, 32(4): 205-212.

[22] 文高登. 庄浪县高寒阴湿区马铃薯品种比试验初报[J]. 甘肃农业科技, 2016(4): 21-24.

[23] 何增国, 赵玉兰, 黄少学. 7 个马铃薯品种在古浪县高海拔山区旱地品种比试验初报[J]. 甘肃农业科技, 2015(1): 43-44.

[24] 陈花桃. 12 个马铃薯品种(系)在临洮县山旱区品种比试验初报[J]. 甘

肃农业科技, 2013(5): 30-31.

[25] 郝炜清, 关兴华, 肖继坪, 等. 半干旱地区马铃薯品种比较试验[J]. 中国马铃薯, 2012, 26(2): 70-75.

[26] 董旭生, 牛俊义, 高玉红, 等. 半干旱区马铃薯品种性状比较试验[J]. 中国马铃薯, 2015, 29(3): 129-132.

[27] 金黎平. 二倍体马铃薯加工品质及重要农艺性状的遗传分析[D]. 北京: 中国农业科学院, 2006.

[28] 吴承金, 宋威武, 陈火云, 等. 彩色马铃薯新品种(系)品种比试验[J]. 湖北农业科学, 2019, 58(10): 13-17, 21.

(上接第 48 页)

[3] 涂小松, 龙花楼. 2000—2010 年鄱阳湖地区生态系统服务价值空间格局及其动态演化[J]. 资源科学, 2015, 37(12): 2451-2460.

[4] SANTOS-MARTÍN F, ZORRILLA-MIRAS P, PALOMO I, et al. Protecting nature is necessary but not sufficient for conserving ecosystem services: A comprehensive assessment along a gradient of land-use intensity in Spain[J]. Ecosystem services, 2019, 35: 43-51.

[5] DAILY G C. Nature's services: Societal dependence on natural ecosystems[M]. Washington DC: Island Press, 1997: 49-70.

[6] 谢高地, 鲁春霞, 冷允法, 等. 青藏高原生态资产的价值评估[J]. 自然资

源学报, 2003, 18(2): 189-196.

[7] 谢高地, 甄霖, 鲁春霞, 等. 一个基于专家知识的生态系统服务价值化方法[J]. 自然资源学报, 2008, 23(5): 911-919.

[8] 谢高地, 张昌顺, 张林波, 等. 保持县域边界完整性的中国生态区划方案[J]. 自然资源学报, 2012, 27(1): 154-162.

[9] 白杨, 李晖, 王晓媛, 等. 云南省生态资产与生态系统生产总值核算体系研究[J]. 自然资源学报, 2017, 32(7): 1100-1112.

[10] 谢高地, 张彩霞, 张昌顺, 等. 中国生态系统服务的价值[J]. 资源科学, 2015, 37(9): 1740-1746.

[11] 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[J]. 山地学报, 2003, 21(1): 50-55.