

灵丘县土地利用变化对生态系统服务价值的影响

徐忆楠¹ 李志军² 王东¹ 陈源泉^{1*}

(1. 中国农业大学 农学院,北京 100193;

2. 山西省灵丘县有机农业办公室,大同 034400)

摘要 为评价灵丘县土地利用变化对区域生态系统服务价值的影响,采用当量因子法分析2010—2016年该县土地利用及其生态价值的时空变化。结果表明:1)灵丘县土地利用变化幅度较小,总面积不变的情况下,建设用地增加163.91 hm²,增加最多;草地减少137.92 hm²,减少量最大;2)灵丘县生态系统服务价值达30亿元以上,7年间生态价值总体有稍微下降趋势,共减少667.02万元,水域生态价值减少幅度最大,减少384.24万元;3)耕地、建设用地和其他用地与生态系统服务价值呈负相关,水域、林地、园地、草地及未利用地呈正相关。总体上,灵丘县土地利用未对生态环境造成明显破坏,但也不能忽视在经济发展过程中人类的生活方式对环境造成的影响,应该进一步控制建设用地面积增长,保护生态用地,积极探索基于生态保护的生态资产运营模式和机制,实现社会-经济-生态效益可持续发展。

关键词 生态系统服务; 土地利用变化; 乡村振兴; 脱贫

中图分类号 X826

文章编号 1007-4333(2019)06-0175-09

文献标志码 A

Impact of land use change on ecosystem service value in Lingqiu County

XU Yinan¹, LI Zhijun², WANG Dong¹, CHEN Yuanquan^{1*}

(1. College of Agronomy and Biotechnology, China Agricultural University, Beijing 100193, China;

2. Office of Organic Agriculture, Lingqiu County of Shanxi Province, Datong 034400, China)

Abstract To evaluate the effect of land use changes on the value of ecosystem services (ESV) in Lingqiu County, Shanxi Province, this study analyzed the temporal and spatial changes of land use and ESV from 2010 to 2016 using the method of evaluating the value equivalent factor in unit area. The results showed that: 1) Land use change in Lingqiu County was small. The area of construction land and grassland changed a lot compared with other land use forms, which increased by 163.91 hm² and decreased by 137.92 hm², respectively. 2) The total ESV of Lingqiu County was more than 3 billion yuan at present, though it declined slightly over the past 7 years, which was reduced by 6.67 million yuan and mainly caused by the reducing of water ecological value; 3) ESV was positively related to waters, forest, garden plot, grassland, unutilized land and negatively related to crop land, construction land and other land. In general, land use in Lingqiu County did not cause significant damage to the ecological environment. However, the environmental impact could not be ignored because of the human activities. In conclusion, it is necessary to further optimize the growth of construction land, protect ecological land and actively explore the ecological asset operation models and mechanisms based on the ecological protection, and finally achieve the society-economy-ecology's sustainable development.

Keywords ecosystem service value; land use change; rural revitalization; poverty alleviation

收稿日期: 2018-07-02

基金项目: 中央高校基本科研业务费专项基金项目(2018TC039)

第一作者: 徐忆楠, 硕士研究生, E-mail: xuyinan@cau.edu.cn

通讯作者: 陈源泉, 副教授, 主要从事农业生态和宏观农业研究, E-mail: chenylq@cau.edu.cn

土地利用是人与自然交叉最密切的环节,土地利用/覆被变化(LUCC)过程对维持生态系统服务功能起着决定性作用^[1]。生态系统服务是指通过生态系统的结构、过程和功能直接或间接得到的生命支持产品和服务^[2],是人类从生态系统获得的各种惠益,主要分为供给服务、调节服务、文化服务和支持服务四类^[3-5]。但随着城市化进程加深,水资源污染,森林草地等生态用地减少以及生物多样性下降等会引起生态系统服务价值降低,使整个生态系统功能遭到破坏^[6-8],直接影响到人类福祉。习近平关于“绿水青山就是金山银山”的理论更是阐明了经济与生态的辩证统一关系,体现了可持续发展观,经济发展与生态保护二者不可分割,构成有机整体^[9]。十三五规划中明确提出“坚持绿色发展,着力改善生态环境”、“对生态特别重要和脆弱的实行生态保护扶贫”。据统计,我国95%的贫困人口和大多数贫困地区分布在生态环境脆弱区、敏感区和重点保护地区^[10]。所以,贫困地区整体上是国家和地区的生态安全屏障,但同时消除贫困又是一个亟待解决的问题。因此,探究贫困区土地利用变化下生态系统服务价值的变化,不仅可以在一定程度上量化人类活动对生态环境造成的影响,对于协调社会经济发展与生态文明的关系以及生态环境与脱贫减贫的内在机理具有重要指导意义。

近年来我国关注土地利用变化对生态系统服务价值的影响越来越多,研究发现,森林、湿地和水体面积的消减是生态系统服务价值损失的主要原因,同时,建设用地面积与生态系统服务价值呈负相关,因此要限定人为开发强度和规模,保护林地、水域等重要生态用地^[11-14]。灵丘县作为国家扶贫开发工作重点县和“燕山-太行山”集中连片扶贫开发重点县,拥有丰富的生态资源,在脱贫攻坚和乡村振兴的战略背景下,如何将“绿水青山”变成“金山银山”成了至关重要的问题。因此,本研究基于灵丘县2010—2016年土地利用变化数据,采用当量因子法研究土地利用变化对生态系统服务价值的影响,以期对灵丘县在推进社会经济发展中处理好生态与经济的关系提供基础依据。

1 研究区概况

灵丘县(113°53′~114°33′E,39°31′~39°38′N)隶属山西省大同市,地处黄土高原东北部,气候类型为温带大陆性气候,春季昼夜温差大,雨少多风,夏季雨量集中,秋季短暂凉爽,冬季漫长寒冷干旱。全县年平均气温7.0℃,极端最高气温37.3℃,极端最低气温零下30.7℃,无霜期平均150d,降水主要集中在6—9月份,年平均降水量为432.4mm,地貌特点为“九分山水一分田”,土石山区高达85.8%,海拔在613~2215m,位于国家北方农牧交错生态脆弱区。全县面积2732km²,自然资源丰富,有唐河、赵北河、三楼河、下关河和山河五系长流河,是华北平原的水源供给地之一;金属、非金属矿藏40多种;林地面积106600hm²,森林覆盖率达39%,耕地面积39200hm²。全县辖3镇9乡254个行政村,总人口24.0万,1991年底,贫困人口15.9万,被评为国家扶贫开发工作重点县和“燕山-太行山”集中连片扶贫开发重点县。近年来,灵丘县实施生态经济转型,2016年第三产业中的生态成分增长到32.51%,第一产业和第三产业比重不断增大,一产所占比重从2010年8.57%上升到2016年23.23%,三产从33.34%上升到58.65%;农林牧渔比重发生变化,农业比重从43.96%下降到36.13%,牧业比重从47.91%上升到57.24%。同时,该县凭借实施产业扶贫、生态扶贫、教育扶贫等措施将贫困发生率从83.7%(1991年底)下降到12.2%(2016年底)。

2 数据与方法

2.1 数据来源

采用的社会经济数据来自《中国农村统计年鉴2017》^[15]以及灵丘县统计局编制的《脱贫攻坚统计资料汇编》^①和《灵丘统计提要》^②;土地利用数据来自灵丘县国土资源局从2007年全国第二次土地调查开展的土地利用变更统计的调查数据,按照国家土地利用分类标准和灵丘县地质地貌特征,将灵丘县土地利用类型分为耕地、园地、林地、草地、水域、建设用地、其他用地(农用地中的交通用地和

① 《脱贫攻坚统计资料汇编》,灵丘县统计局,2017-06。

② 《灵丘统计提要》,灵丘县统计局,2017-06。

其他用地)和未利用地 8 个一级地类;林分蓄积量及草地生物量数据分别来自灵丘县林业局和畜牧局。

2.2 研究方法

2.2.1 灵丘县土地利用变化分析

土地利用动态是衡量土地利用变化的重要指标,用来表达研究区一定时间内某种土地利用类型的数量变化情况,直接反映了土地利用类型变化的幅度和速度^[16]。其表达式为:

$$K = \frac{U_b - U_a}{U_a} \times 1/T \times 100\% \quad (1)$$

式中: K 为研究时段内某一土地利用类型的动态度; U_a 、 U_b 分别为研究区初期和研究区末期的土地利用类型数量, T 为研究时段,以年为单位。本研究中确定研究时段为 2010—2016 年。

2.2.2 生态系统服务价值估算

1) 灵丘县农田生态系统单位面积食物生产功能价值确定。谢高地等^[17-18]在 Vemuri 等^[3]的研究基础上分别于 2003 和 2007 年对 200 位国内具有生态学背景的专家进行问卷调查,总结归纳出我国不同土地利用类型单位面积生态系统服务价值当量因子表。相较于传统生态经济学方法计算生态服务价值,当量因子法涉及参数较少,计算过程简单,更适合县域以上尺度定量分析生态价值。因此,本研究以 2007 年“中国生态系统单位面积生态服务价值当量表”为基础,根据灵丘县当地经济发展状况,对单位面积农田每年自然粮食产量的经济价值进行修正^[19]。具体公式如下:

$$E_a = 1/7 \times Y \times P \quad (2)$$

式中: E_a 为灵丘县单位面积农田生态系统服务价值,元/hm²; Y 为灵丘县 2010—2016 年粮食平均产量,kg/(hm²·年); P 为山西省 2016 年粮食平均价格,元/kg; $1/7$ 为考虑到在没有人力投入的情况下,现有生态系统服务价值是单位面积农田提供的食物生产经济价值的 $1/7$ ^[17-18]。

2) 灵丘县单位面积生态系统服务价值当量因子表修正。生态服务功能和价值构成的地域性差异、尺度转换的误差以及加总过程中的不确定性,必然导致评估结果的不准确,使生态系统服务价值评估的实际应用价值不大。因此,要提高计算的精度,使计算结果更加符合研究区域的实际情况就必须对某些参数进行修正^[20]。

运用当量因子法计算生态系统服务价值,主要

考虑研究区域内各地类面积对生态价值的影响,但往往忽略研究时段内由于自然和经济因素造成各地类在质量上发生的改变。生物生产力不仅是生态系统自身功能的体现,同时还具有为人类提供各种有形和无形服务的特征,一个生态系统调节气候、控制土壤侵蚀、涵养水源、制造氧气和保护土壤的能力与其生物生产力有着直接的关系^[21]。植物通过光合作用所产生的干物质中固定的太阳能是陆地生态系统中一切生命成分及其功能的基础。自然植被的净第一性生产力反映了植物群落在自然环境条件下的生产能力^[22]。因此,本研究依照李晓赛等^[21]的修正方法在原有当量因子表的基础上,利用研究时段内灵丘县净初级生产力(NPP)因子进行系数修正。公式如下:

$$Q_i = NPP_i / NPP_{\text{mean}} \quad (i = 1, 2, \dots, 7) \quad (3)$$

式中: Q_i 为修正系数, NPP_i 为第 i 类植被的净初级生产力值, NPP_{mean} 为所有类型植被净初级生产力的平均值。

鉴于灵丘县当地植被生长情况,本研究涉及森林植被生产力和草地植被生产力计算。森林植被生产力计算参照方精云等^[23]和赵敏等^[24]提出的材积源生物量法;草地植被生产力参照张美玲等^[25]使用的实测干物质重量经系数转换得到,结果详见表 1。

基于以上系数修正结果计算灵丘县生态系统服务价值当量因子,公式如下:

$$VC_{ij} = E_a \times f_{ij} \times Q_i \quad (i = 1, 2, \dots, 6; j = 1, 2, \dots, 9) \quad (4)$$

式中: VC_{ij} 为生态系统服务价值系数, i 为土地利用类型, j 为生态系统服务功能; f_{ij} 为中国生态系统服务价值当量因子; E_a 和 Q_i 同上述。

3) 灵丘县生态系统服务价值估算。本研究基于以下原则确定灵丘县生态系统服务价值当量因子:耕地对应农田;园地取森林和草地当量之和的 $1/2$ ^[26];林地对应森林;草地对应草地;水域对应河流/湖泊;未利用地对应荒漠;根据 Costanza 等^[3]和谢高地等^[16]的研究方法,本研究对建设用地和其他用地的生态服务价值不进行估算。生态系统服务价值的计算公式^[16]如下:

$$ESV = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n A_i \times VC_{ij} \quad (i = 1, 2, \dots, 6; j = 1, 2, \dots, 9) \quad (5)$$

式中:ESV 为生态系统服务价值,元; A_i 为各地类面积, hm²; VC_{ij} 同上所述。

表 1 灵丘县生态系统服务价值修正系数表
Table 1 Correction factor of Lingqiu ecosystem service values

一级类型 First classification	二级类型 Second classification	净初级生产力(NPP)/ (t/(hm ² ·年)) Net primary productivity	修正系数(Q _i)/ (元/(hm ² ·年)) Functional adjustment coefficient
森林	油松	6.14	0.59
	落叶松	13.36	1.29
	白桦	8.85	0.85
	栎类	8.85	0.85
	柏木类	1.86	0.18
	杨树	20.62	1.99
	平均值	9.95	0.96
草地	牧草地及其他草地	12.96	1.25
	平均值	10.38	

2.2.3 敏感性及相关性计算

当量因子法估算生态系统服务价值中最重要的2个因素分别是地类面积和生态价值系数,不同地类的生态价值系数有着较大差别。因此,需要对各地类生态价值进行敏感性和相关性分析。

1) 敏感性分析。

$$CS = \frac{(ESV_b - ESV_a)/ESV_a}{(VC_{bi} - VC_{ai})/VC_{ai}} \quad (i = 1, 2, \dots, 6) \quad (6)$$

式中:CS为敏感度;ESV,VC分别为生态服务价值和价值系数;a和b分别代表最初的和调整后的价值;i为某种土地利用类型。CS的含义是指VC变动1%引起ESV的变化情况,如果CS>1,说明ESV对VC是富有弹性的,其结果准确度差,可信度低;如果CS<1,则说明ESV对VC是缺乏弹性的,结果可信。敏感度越大,说明生态价值系数的准确性对生态系统服务价值评估越重要^[27]。

2) 相关性分析。运用spss软件进行生态系统服务价值-地类面积相关性分析。当相关系数r为正值时两者呈正相关,反之为负相关,r=1为完全正相关,r=-1为完全负相关,当|r|越接近1时,两者关系越密切,当r=0时,说明两者之间无直接关系,即不具有相关关系。通常|r|>0.8时,认为这2个变量有强线性相关关系^[28]。

3 结果与分析

3.1 灵丘县土地利用变化分析

灵丘县国土面积27.32万hm²,2016年不同土地利用类型中,草地所占比例最大,占国土面积51.42%;其次是林地,占国土面积16.04%;园地所占比例最小,仅为0.38%。2010—2016年各土地利用类型面积大小排序基本不变,从大到小依次为草地>林地>耕地>未利用地>建设用地>其他用地>水域>园地(表2)。

从土地利用类型变化来看,2010—2016年灵丘县土地利用变化幅度较小(表2)。但由于城市化进程加大,7年间建设用地面积增加163.91hm²,增幅最大,主要表现在武灵镇建制镇、村庄和采矿用地面积增长。耕地面积和其他用地面积增加149.03和53.06hm²,其中耕地面积增加主要表现在旱地面积增长,而水田和水浇地面积基本保持不变。其余各地类面积均减少,按照动态度大小排序依次为园地>水域>林地>草地>未利用地(表2),分别减少71.98、106.40、47.64、137.92和2.06hm²。

3.2 灵丘县生态系统服务价值总量及其变化分析

运用式(4)修正后计算得到的灵丘县生态系统服务价值当量因子表(表3),结合各地类面积(表2)计算得出2010—2016年灵丘县生态系统服务价值(图1)。结果表明,总体上,灵丘县生态系统服务总

表 2 灵丘县 2010—2016 年土地利用变化

Table 2 Land use of change from 2010 to 2016 in Lingqiu County

hm²

年份 Year	耕地 Cropland	园地 Garden land	林地 Forest	草地 Grassland	水域 Waters	建设用地 Construction land	其他用地 Other land	未利用地 Unutilized land
2010	39 068.31	1 098.56	43 870.82	140 590.14	3 930.00	7 814.73	6 332.32	30 461.61
2011	39 044.06	1 098.48	43 864.77	140 588.74	3 931.67	7 848.04	6 329.85	30 460.88
2012	39 043.85	1 098.49	43 864.80	140 588.79	3 931.82	7 847.94	6 330.01	30 460.79
2013	39 066.53	1 053.61	43 859.52	140 559.42	3 916.61	7 913.28	6 336.64	30 460.88
2014	39 039.09	1 053.61	43 859.43	140 552.14	3 916.45	7 952.27	6 332.63	30 460.87
2015	39 069.81	1 026.77	43 840.63	140 542.13	3 914.86	7 966.67	6 345.05	30 460.56
2016	39 217.34	1 026.58	43 823.18	140 452.22	3 823.60	7 978.64	6 385.38	30 459.55
K/%	0.05	-0.94	-0.02	-0.01	-0.39	0.30	0.12	0.00

注：K 为土地利用动态度，见式(1)。

Note: K is the degree of land use Change, see formula (1).

表 3 灵丘县生态系统服务价值当量因子表

Table 3 Equivalent factors of ecosystem service values of Lingqiu County

元/(hm²·年)

一级类型 First classification	二级类型 Second classification	耕地 Cropland	园地 Garden land	林地 Forest	草地 Grassland	水域 Waters	未利用地 Unutilized land	总计 Total
供给服务	食物生产	796.29	302.59	251.89	427.52	422.03	15.93	2216.24
	原材料生产	310.55	1329.80	2274.63	357.92	278.70	31.85	4583.46
调节服务	气体调节	573.33	2 317.20	3 297.45	1 491.33	406.11	47.78	8 133.19
	气候调节	772.40	2 241.55	3 106.63	1 550.99	1 640.35	103.52	9 415.43
	水文调节	613.14	2 233.59	3 121.89	1 511.22	14 946.32	55.74	22 481.90
	废物处理	1 106.84	1 210.36	1 312.87	1 312.37	11 824.88	207.03	16 974.36
支持服务	保持土壤	1 170.54	2 492.38	3 068.46	2 227.06	326.48	135.37	9 420.29
	维持生物多样性	812.21	2 540.16	3 442.48	1 859.20	2 731.27	318.52	11 703.83
文化服务	提供美学景观	135.37	1 174.52	1 587.66	864.97	3 535.52	191.11	7 489.16

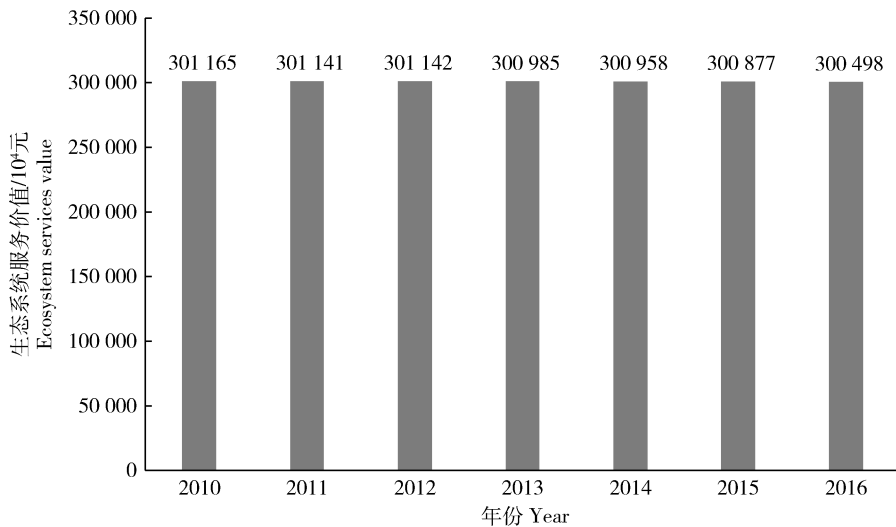


图 1 灵丘县 2010—2016 年生态系统服务价值

Fig. 1 Ecosystem service values of Lingqiu County from 2010 to 2016

价值维持在30亿元以上。从近年来变化来看,全县的生态系统服务价值有略微减少趋势,由30.12亿下降到30.05亿元,降低了667.02万元,价值变化率为-0.22%。从土地利用变化对生态系统服务价值的影响来看,耕地面积增加导致农田生态系统服务价值略有升高,增加93.75万元,变化率为0.38%。除此之外,各地类生态系统服务价值均减少,其中水域生态价值减少最多,共减少384.24万元,占总减少量的50.51%,其次为草地,减少160.02万元,占总减少量的21.03%。尽管水域面积减少量不及草地,但单位面积生态系统服务价值系数较大,导致其生态价值减少量最多。

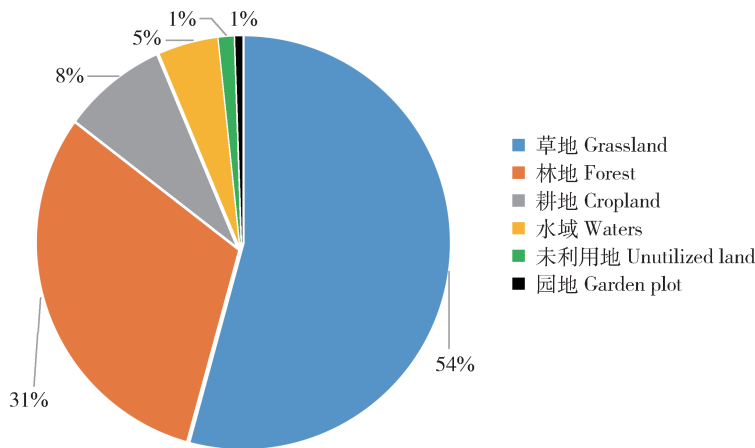


图2 灵丘县各地类生态系统服务价值构成

Fig. 2 The constitution of all land use types of ESV of Lingqiu County

3.3.2 单项生态系统服务价值构成

比较9类单项服务价值(图3),保持土壤和维持生物多样性为灵丘县生态价值贡献较大,分别占17%和16%;其次为水文调节、气候调节、气体调节、废物处理和提供美学景观,分别占14%、13%、13%、11%和7%;原材料生产和食物生产贡献较小,仅分别占6%和3%。支持服务中的两类单项生态系统服务功能的林地、草地等生态系数较高,且灵丘县土地利用面积中林地和草地面积占比较大,因此保持土壤和维持生物多样性的服务价值较高;食物生产的生态系数最低,是造成其生态价值低的主要原因。

3.4 敏感性及相关性分析

运用式(6)和spss软件计算2010—2016年灵丘县生态价值敏感性指数和相关性指数(表4)。

由表4可知,各土地利用类型敏感性指数均 <1 ,

3.3 灵丘县生态系统服务价值构成变化

3.3.1 各地类生态系统服务价值构成

2010—2016年各地类生态系统服务价值构成基本保持不变,2016年各地类生态价值如图2所示。其中,草地生态系统服务价值占比最大,高达16.3亿元,占总服务价值的54%,其次是林地,其价值占31%;耕地的生态服务价值占8%,水域、园地和未利用地相对占比较小。草地和林地生态价值是灵丘县生态价值的主体部分,占比超过80%,未利用地生态价值最小。究其原因灵丘县草地和林地面积较大,且近年来因人类活动导致气候变化,政府注重草地和林地的质量问题,采取一系列措施提高植物净初级生产力,增大草地和林地土壤保持与气候调节等功能。

缺乏弹性,结果可信。草地和林地的敏感性指数较大,表明2种土地利用类型的生态价值系数的准确性对灵丘县生态系统服务价值评估较为重要。从相关性系数来看,耕地、建设用地和其他用地与生态系统服务价值呈负相关,对生态价值增高起抑制作用,园地、林地、草地、水域和未利用地与生态系统服务价值呈正相关,对灵丘县生态价值增高起促进作用。

4 结论与讨论

通过对灵丘县2010—2016年土地利用动态变化分析、生态系统服务价值估算以及土地利用对生态系统服务价值变化的影响研究结果可知:

灵丘县整体土地利用变化幅度较小,县域生态系统服务价值基本保持在30亿元以上,表明生态环境未遭受严重破坏,生态价值可开发潜力较大。总

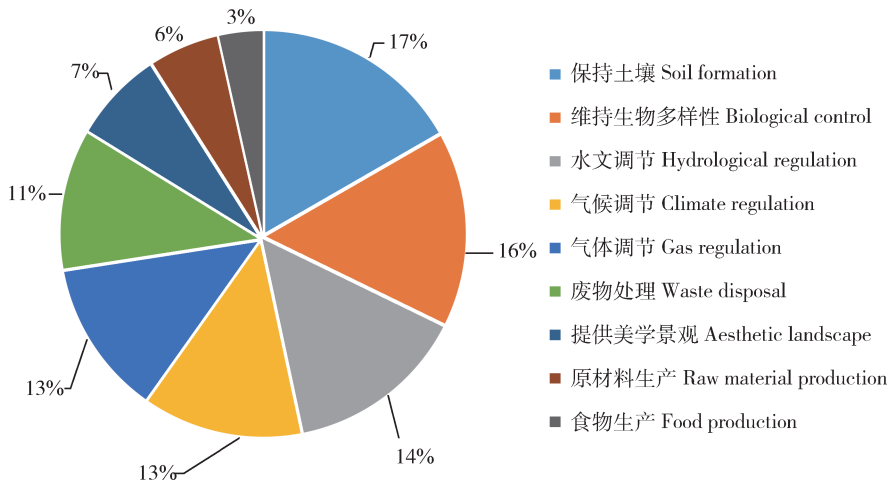


图 3 灵丘县单项生态系统服务价值构成

Fig. 3 Constitution of single ecosystem service values of Lingqiu County

表 4 2010—2016 年灵丘县敏感性指数及相关性系数

Table 4 Sensibility index and correlation coefficient of Lingqiu County from 2010 to 2016

土地利用类型 Land use types	敏感性指数 Sensitivity index		敏感性指数变化值 Change of values of sensitivity index	相关性系数 Correlation coefficient
	2010 年	2016 年		
耕地	0.081 6	0.082 1	0.000 5	-0.890 **
园地	0.005 8	0.005 4	-0.000 4	0.855 *
林地	0.312 7	0.313 0	0.000 4	0.965 **
草地	0.541 6	0.542 3	0.000 7	0.997 **
水域	0.047 1	0.045 9	-0.001 2	0.955 **
未利用地	0.011 2	0.011 2	0.000 0	0.906 **
建设用地	0	0	0	-0.843 *
其他用地	0	0	0	-0.955 **

注：“*”表示在 $P < 0.05$ 水平上差异显著；“**”表示在 $P < 0.01$ 水平上差异显著。

Note: * indicates significant difference at $P < 0.05$; ** indicates significant difference at $P < 0.01$.

体上,近年来灵丘县的生态得到很好的保护,在精准脱贫与乡村振兴的战略背景下,灵丘县如何发挥其生态优势,探索一条生态与经济共赢的县域生态脱贫道路具有重要意义。

从土地利用变化上看出,近年来建设用地和耕地面积的小幅度增加虽然在一定程度上占用了生态用地,但根据前人研究表明,建设用地和耕地与地区贫困程度呈负相关,未利用地与贫困程度呈正相关,建设用地和耕地在合理范围内增长对减贫起促进作用^[29-30],可知土地利用现状基本符合灵丘县整体可持续发展用地规划。但由于人类活动对生态环境影响较大,耕地和建设用地与生态价值呈负相关,应适

当控制建设用地增长,在保证基本农田不减少的情况下,保护生态用地尤为重要,走生态-经济可持续发展之路助力精准扶贫。

进入新时代以来,生态文明建设已进入提供更多优质生态产品以满足人民日益增长的优美生态环境需要的攻坚期,也到了有条件有能力解决突出生态环境问题的窗口期,绿水青山既是自然财富、生态财富,又是社会财富、经济财富,坚持良好生态环境是最普惠的民生福祉^[31]。

灵丘县作为华北平原的水源供给地之一,也是重要的生态屏障。近年来,县域内实施全域有机农业建设,探索了一条有机产业扶贫特色道路,实现了

“资源变资产、资产变股金、农民变股民”^[32]。5月23日,2018中国扶贫国际论坛在北京举行,《山西省灵丘村级有机农业扶贫模式》作为典型案例在“中外减贫案例库及在线分享平台”上展示。目前,国内外关于生态脆弱区环境与经济的研究表明生态环境和贫困具有较高耦合性,多数贫困地区优化产业结构,利用生态资源大力发展生态农业、生态工业和生态旅游,促进经济发展,带动农民脱贫增收。同时,贫困地区更应注重在利用生态资源的过程中加强环保扶贫制度创新,强化政策驱动引导,创新环保扶贫体制机制,深化生态环境保护与扶贫减贫联动,避免出现“生态脆弱区-贫困-生态环境破坏-深度贫困”等问题^[33]。未来,灵丘县应继续保持重视生态的思想,以有机农业为主,并结合生态旅游产业发展,进行有效的土地用途管制,划定生态经济发展区,合理规划生态空间,积极探索基于生态保护的生态资产运营模式和机制,实现社会-经济-生态效益可持续发展。

参考文献 References

- [1] Liu Y G, Zeng X X, Xu L, Tian D L, Zeng G M, Hu X J, Tang Y F. Impacts of land-use change on ecosystem service value in Changsha, China[J]. *Central South University of Technology*, 2011, 18(2): 420-428
- [2] Daily G C. The value of nature and the nature of value[J]. *Science*, 2000, 289(5478): 395-396
- [3] Vemuri A W, Costanza R. The role of human, social, built, and natural capital in explaining life satisfaction at the country level: Toward a national well-being index (NWD)[J]. *Ecological Economics*, 2006, 58(1): 119-133
- [4] Hughes J B, Daily G C, Ehrlich P R. Population diversity: Its extent and extinction[J]. *Science*, 1997, 278 (5338): 689-692
- [5] Millennium Ecosystem Assessment. *Ecosystems and Human Well-being: A Framework for Assessment* [M]. Washington: Island Press, 2003
- [6] Van Jaarsveld A S, Biggs R, Scholes R J, Bohensky E, Reyers B, Lynam T, Musvoto C, Fabricius C. Measuring conditions and trends in ecosystem services at multiple scales: The Southern African Millennium Ecosystem Assessment (SAfMA) experience [J]. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 2005, 360(1454): 425-441
- [7] Montserrat V, Corina B, Petr P, Melanie J, Piero G, Stephan G, Wolfgang N, Sergej O, Alain R, David R, Philip E H. DAISIE partners. How well do we understand the impacts of alien species on ecosystem services a pan-european, cross-taxa assessment[J]. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 2010, 8(3): 135-144
- [8] Cullen-Unsworth L C, Nordlund L M, Paddock J, Baker S, McKenzie L J, Unsworth R K. Seagrass meadows globally as a coupled social-ecological system: Implications for human well-being[J]. *Marine Pollution Bulletin*, 2014, 83(2): 387-397
- [9] 王金南, 苏洁琼, 万军. “绿水青山就是金山银山”的理论内涵及其实现机制创新[J]. *环境保护*, 2017, 45(11): 13-17
- Wang J N, Su J Q, Wan J. An analysis of the theory of “Lucid waters and lush mountains are invaluable assets” and its innovation development mechanism[J]. *Environmental Protection*, 2017, 45(11): 13-17 (in Chinese)
- [10] 张丽荣, 王夏晖, 侯一蕾, 李翠华. 我国生物多样性保护与减贫协同发展模式探索[J]. *生物多样性*, 2015, 23(2): 271-277
- Zhang L R, Wang X H, Hou Y L, Li C H. Synergies between biodiversity conservation and poverty reduction in China[J]. *Biodiversity Science*, 2015, 23(2): 271-277 (in Chinese)
- [11] Mitchell M G, Suarez-Castro A F, Martinez-Harms M, Maron M, McAlpine C, Gaston K J, Johansen K, Rhodes J R. Reframing landscape fragmentation’s effects on ecosystem services[J]. *Trends in Ecology & Evolution*, 2015, 4(30): 189-198
- [12] Estoque R C, Murayama Y. Examining the potential impact of land use/cover changes on the ecosystem services of Baguio City, the Philippines: A scenario-based analysis[J]. *Applied Geography*, 2012, 35(1/2): 316-326
- [13] 黄云凤, 崔胜辉, 石龙宇. 半城市化地区生态系统服务对土地利用/覆被变化的响应: 以厦门市集美区为例[J]. *地理科学进展*, 2012(5): 551-560
- Huang Y F, Cui S H, Shi L Y. Response of ecosystem services to land use/cover change in semi-urban areas: A case study of Jimei District, Xiamen City[J]. *Progress in Geography*, 2012 (5): 551-560 (in Chinese)
- [14] 李屹峰, 罗跃初, 刘纲, 欧阳志云, 郑华. 土地利用变化对生态系统服务功能的影响: 以密云水库流域为例[J]. *生态学报*, 2013 (3): 726-736
- Li Y F, Luo Y C, Liu G, Ouyang Z Y, Zheng H. Effects of land use change on ecosystem services: A case study in Miyun reservoir watershed[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2013 (3): 726-736 (in Chinese)
- [15] 中国农村统计年鉴. 2017 中国农村统计年鉴[M]. 北京: 中国统计出版社, 2017
- China Rural Statistical Yearbook. *2017 China Rural Statistical Yearbook* [M]. Beijing: China Statistical Press, 2017 (in Chinese)
- [16] 李锋, 叶亚平, 宋博文, 王如松. 城市生态用地的空间结构及其生态系统服务动态演变: 以常州市为例[J]. *生态学报*, 2011 (19): 5623-5631
- Li F, Ye Y P, Song B W, Wang R S. Spatial structure of urban ecological land and its dynamic development of ecosystem services: A case study in Changzhou City, China[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2011(19): 5623-5631 (in Chinese)
- [17] 谢高地, 鲁春霞, 冷允法, 郑度, 李双成. 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
- Xie G D, Lu C X, Leng Y F, Zheng D, Li S C. Evaluation of the ecological assets of the Qinghai-Tibet Plateau[J]. *Journal of Natural Resources*, 2003, 18(2): 189-196 (in Chinese)

- [18] 谢高地, 甄霖, 鲁春霞, 肖玉, 陈操. 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
Xie G D, Zhen L, Lu C X, Xiao Y, Chen C. A Method of ecosystem service value based on expert knowledge [J]. *Journal of Natural Resources*, 2008, 23 (5): 911-919 (in Chinese)
- [19] 魏慧, 赵文武, 张骁, 王新志. 基于土地利用变化的区域生态系统服务价值评价: 以山东省德州市为例[J]. 生态学报, 2017, 37(11): 3830-3839
Wei H, Zhao W W, Zhang X, Wang X Z. Regional ecosystem service value evaluation based on land use changes: A case study in Dezhou Shandong Province, China[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2017, 37(11): 3830-3839 (in Chinese)
- [20] 李双成, 郑度, 张德镒. 环境与生态系统资本价值评估的区域范式[J]. 地理科学, 2002, 22(3): 270-275
Li S C, Zheng D, Zhang Y L. Regional evaluating paradigm for ecological services of environment and ecosystems[J]. *Scientia Geographica Sinica*, 2002, 22(3): 270-275 (in Chinese)
- [21] 李晓赛, 朱永明, 赵丽, 田京京, 李静. 基于价值系数动态调整的青龙县生态系统服务价值变化研究[J]. 中国生态农业学报, 2015, 23(3): 373-381
Li X S, Zhu Y M, Zhao L, Tian J J, Li J. Ecosystem services value change in Qinglong County from dynamically adjusted value coefficients [J]. *Chinese Journal of Eco-Agriculture*, 2015, 23(3): 373-381 (in Chinese)
- [22] 周广胜, 张新时. 全球气候变化的中国自然植被的净第一性生产力研究[J]. 植物生态学报, 1996, 20(1): 11-19
Zhou G S, Zhang X S. Study on npp of natural vegetation in China under global climate change [J]. *Acta Phytocologica Sinica*, 1996, 20(1): 11-19 (in Chinese)
- [23] 方精云, 柯金虎, 唐志尧, 陈安平. 生物生产力的“4P”概念: 估算及其相互关系[J]. 植物生态学报, 2001, 25(4): 414-419
Fang J Y, Ke J H, Tang Z Y, Chen A P. Implications and estimations of four terrestrial productivity parameters [J]. *Acta Phytocologica Sinica*, 2001, 25(4): 414-419 (in Chinese)
- [24] 赵敏, 周广胜. 中国森林生态系统的植物碳储量及其影响因子分析[J]. 地理科学, 2004, 24(1): 50-54
Zhao M, Zhou G S. Carbon storage of forest vegetation and its relationship with climatic factors [J]. *Scientia Geographica Sinica*, 2004, 24(1): 50-54 (in Chinese)
- [25] 张美玲, 蒋文兰, 陈全功, 柳小妮. 基于 CSCS 改进 CASA 模型的中国草地净初级生产力模拟[J]. 中国沙漠, 2014, 34(4): 1150-1160
Zhang M L, Jiang W L, Chen Q G, Liu X N. Estimation of grassland net primary production in China with improved CASA model based on the CSCS [J]. *Journal of Desert Research*, 2014, 34(4): 1150-1160 (in Chinese)
- [26] 徐立. 土地利用变化对长沙市生态系统服务价值的影响研究[D]. 长沙: 湖南大学, 2009
Xu L. Effects of land use change on ecosystem services value in Changsha City, China [D]. Changsha: Hunan University, 2009 (in Chinese)
- [27] 孙慧兰, 李卫红, 陈亚鹏, 徐长春. 新疆伊犁河流域生态服务价值对土地利用变化的响应[J]. 生态学报, 2010, 30(4): 887-894
Sun H L, Li W H, Chen Y P, Xu C C. Response of ecological services value to land use change in the Ili River Basin, Xinjiang, China [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2010, 30(4): 887-894 (in Chinese)
- [28] 石雪洁, 郝晋珉, 管青春, 李牧, 王楠, 车澳. 河北省曲周县景观格局演变及生态服务价值响应研究[J]. 中国农业大学学报, 2017, 22(10): 147-158
Shi X J, Hao J M, Guan Q C, Li M, Wang N, Che A. Response of ecosystem service values to the landscape patterns change in Quzhou County, Hebei Province [J]. *Journal of China Agricultural University*, 2017, 22(10): 147-158 (in Chinese)
- [29] 黄莹, 韦燕飞, 李莹, 童新华. 贫困与土地利用变化时空耦合关系分析: 以田阳县为例[J]. 安徽农业科学, 2017, 45(27): 203-207, 258
Huang Y, Wei Y F, Li Y, Tong X H. Analysis of time-space-coupling relationship between poverty and land use change: A case study of Tianyang County [J]. *Journal of Anhui Agricultural Sciences*, 2017, 45 (27): 203-207, 258 (in Chinese)
- [30] 谢盛瀚, 韦燕飞, 韩振锋, 童新华. 田阳县贫困村空间分异及其对土地利用程度的响应[J]. 湖南农业科学, 2017(9): 53-58
Xie S H, Wei Y F, Han Z F, Tong X H. Spatial differentiation of poverty villages and its response to land use in Tianyang [J]. *Hunan Agricultural Sciences*, 2017 (9): 53-58 (in Chinese)
- [31] 中共中央国务院关于全面加强生态环境保护, 坚决打好污染防治攻坚战的意见[EB/OL]. (2018-06-16). http://www.cssn.cn/jjx/jjx_gdxw/201806/t20180629_4490888.shtml
The CPC Central Committee and the State Council's opinions on comprehensively strengthening ecological environment protection and resolutely fighting pollution prevention and control [EB/OL]. (2018-06-16). http://www.cssn.cn/jjx/jjx_gdxw/201806/t20180629_4490888.shtml
- [32] 熊善高, 万军, 余向勇, 邓斌, 郑巍伟. 国家重点生态功能区环境保护与扶贫协同推进路径探讨: 以国家级贫困县秭归县为例[J]. 环境与可持续发展, 2016, 41(03): 9-12
Xiong S G, Wan J, Yu X Y, Deng B, Zheng W W. Research on the Route of advancing environmental protection and poverty alleviation cooperatively in the national key ecological function areas: A case study of Zigui, the national poverty county [J]. *Environment and Sustainable Development*, 2016, 41(3): 9-12 (in Chinese)
- [33] 张强. 山西省灵丘县村级有机农业扶贫实践[EB/OL]. (2018-05-25). http://f.china.com.cn/2018-05/25/content_51521935.htm
Zhang Q. Village-level Organic Agriculture Poverty Alleviation Practice in Lingqiu County, Shanxi Province [EB/OL]. (2018-05-25). http://f.China.com.cn/2018-05/25/content_51521935.htm