

余嘉琦,李 钢,赵 华,等. 江苏省沛县土地利用变化及其生态服务价值研究[J]. 江苏农业科学,2015,43(6):371-376.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2015.06.120

江苏省沛县土地利用变化及其生态服务价值研究

余嘉琦¹,李 钢^{1,2},赵 华¹,徐嘉兴¹

(1. 中国矿业大学环境与测绘学院,江苏徐州 221116; 2. 江苏省徐州市国土资源局,江苏徐州 221116)

摘要:土地利用变化是区域生态系统演变最主要的驱动力之一,对生态平衡有巨大影响。江苏省沛县多年的煤炭开采与土地复垦使得其土地结构发生较大改变,对生态环境也产生了较大影响。基于 1988—2014 年多时相 TM/ETM 影像解译数据,借助遥感与 GIS 方法,分析沛县矿区近 26 年的土地利用变化,并结合矿区实际情况,修正了相应的生态服务价值当量表,计算该区域生态服务价值及其变化趋势。研究结果表明:(1) 26 年内沛县的土地利用类型由单一化逐渐变为多样化、均衡化,到了 2014 年各土地利用类型变化平稳,未利用土地得到合理的开发利用。(2) 1988—2000 年沛县土地生态服务价值呈减少趋势,主要是因为耕地面积过多,水域、湿地面积较少,而水体对生态服务价值的贡献更大;2000—2014 年生态服务价值从 25.371 亿元增长到 59.963 亿元,主要是水体和湿地的增长值较大。(3) 2000—2014 年沛县土地的生态服务价值呈递增的趋势,大多数采煤塌陷地复垦为鱼塘、水塘,水域面积大幅度增加,而水体的单位面积生态服务价值量较大,因此水体面积的轻微变化就会对生态服务价值产生较大影响。另外,土地的合理利用对生态服务价值的增加也有重要作用。

关键词:生态服务价值;土地利用变化;敏感度;江苏沛县;水体;耕地

中图分类号: F323.21 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2015)06-0371-05

随着资源、环境与生态经济学等学科的交叉融合,许多学者对生态价值进行了深入研究,进而制定出合理的发展计划。Costanza 等较早对全球生态系统服务与自然资本价值估算进行研究,推动了关于生态系统服务的广泛研究^[1]。在 Costanza 等的基础上,我国学者根据不同的生态系统和研究区的特点,通过修正和改进等方法,制定出一系列评价方法。如崔丽娟等对鄱阳湖湿地生态能值进行研究,定量分析了鄱阳湖湿地生态系统内的物流和能流^[2];谢高地等^[3]和欧阳志云等^[4]分别根据青藏高原、陆地、草原等不同生态系统的具体环境,制定合适的价值系数,进行生态评价。

生态服务价值是指人类直接或间接从生态系统得到的利益,主要包括向经济社会系统输入有用物质和能量,接受和转化来自经济社会系统的废弃物,以及直接向人类社会成员提供服务(如空气、水等资源)。合理利用生态系统的服务功能,既能得到最大化的利益,同时又能合理调节生态的平衡,对地区的经济社会发展尤为重要。沛县是华东地区重要的煤炭及能源基地,矿产资源丰富,经过多年的开采导致地表塌陷、积水,土地资源、植被覆盖等受到不同程度的破坏,生态环境严重恶化。近年来,徐州市开展大规模的塌陷地复垦治理工程,大力改善矿区环境,取得了显著效果,塌陷区域大多复垦为耕地、人工湿地等水域,水域面积有所增加,生态服务功能有所提高。本研究借助遥感与 GIS 方法,分析沛县矿区近 26 年的土地利用变化,并修正了相应的生态服务价值当量表,计算该区域生态服务价值及其变化趋势,旨在为矿区土地

复垦和生态环境保护提供科学参考。

1 研究区概况

沛县(图 1)位于江苏省徐州市西北,苏鲁两省接合部,116°41′~117°09′E,34°28′~34°59′N,全境南北长约 60 km,东西宽约 30 km,辖 15 个镇,320 个行政村,121 个社区,总面积 1 576 km²。沛县全境为冲积平原,西南高,东北低,海拔 31.5~41 m。境内有 9 条骨干河流,属淮河流域泗水水系中的南四湖水系。沛县属温暖带半湿润季风气候,年平均日照 2 307.9 h,年平均气温 13.8℃,一般年平均降水量 766 mm。沛县境内煤炭资源丰富,煤田面积为 160 km²,已探明储量 23.7 亿 t,年产优质煤源在 1 000 万 t 以上,是中国沿海地区主要的煤炭基地之一。

2 研究方法

2.1 数据来源及预处理

本研究收集了 1988 年、2000 年、2005 年、2010 年和 2014 年共 5 期 TM/ETM+ 遥感影像,同时结合相应年份的沛县统计年鉴和各矿区的复垦资料进行综合分析评价。利用遥感处理软件 ERDAS 9.2 和 ENVI 4.8,对各期影像分别进行辐射校正、几何校正、图像增强和裁剪等预处理后,进行影像分类。根据对各波段的组合试验,最后选用 345 波段组合进行分类,其影像包括最全的地类信息。通过多种分类方法的比较,最大似然法具有清晰的参数解释能力、易于与先验知识融合和算法简单、易于实施等优点,且分类精度较高,故本研究分类方法选择最大释然法。根据沛县的土地利用状况,以耕地为主,属于农田生态系统,地类分为:耕地(水田和旱地)、林地、建筑用地(工矿用地和居民住宅)、裸地、道路、河流湖泊和内陆滩涂。1988—2000 年沛县的林地数量稀少,因此分类不包

收稿日期:2014-10-28

项目基金:国家自然科学基金(编号:41401610)

作者简介:余嘉琦(1992—),女,江西宜春人,硕士研究生,主要从事遥感影像分类与生态方面的研究。E-mail:546459645@qq.com。



图1 研究区地理位置图

括林地。最后各期影像的分类结果的 Kappa 系数均在 0.859 6 ~ 0.924 3 之间,总分类精度均在 88% 以上。土地利用类型分布图如图 2 至图 6 所示。

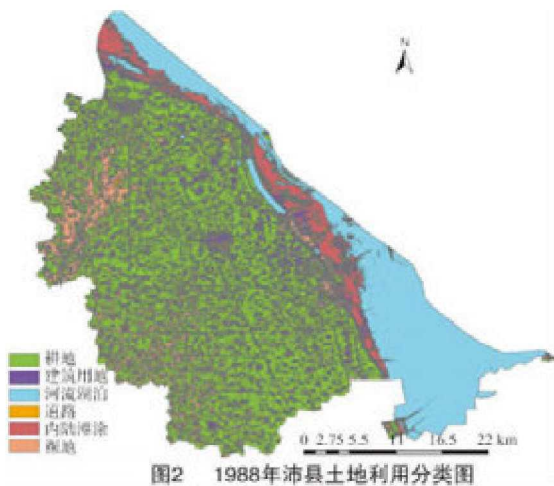


图2 1988年沛县土地利用分类图

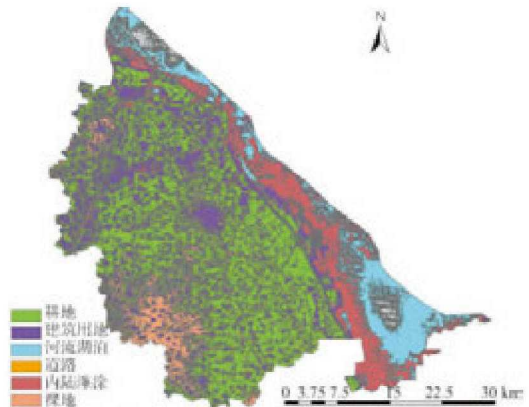


图4 2005年沛县土地利用分类图

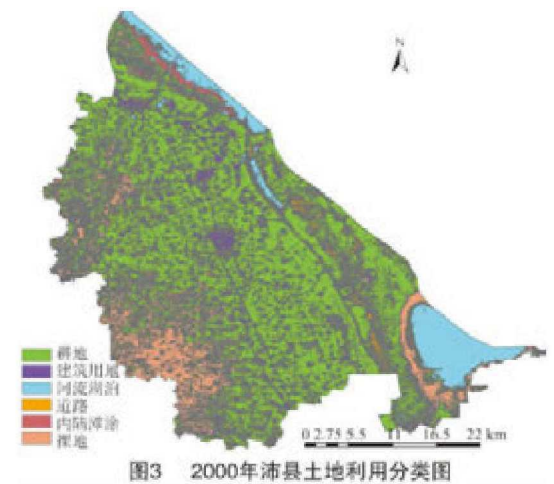


图3 2000年沛县土地利用分类图

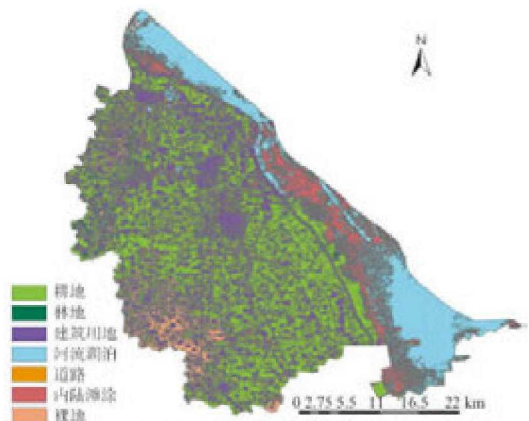


图5 2010年沛县土地利用分类图

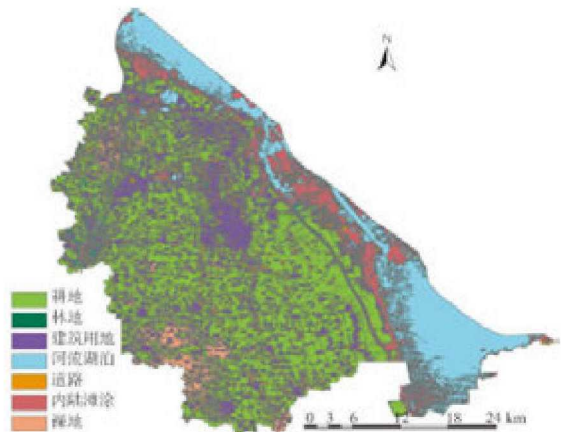


图6 2014年沛县土地利用分类图

2.2 生态系统服务价值研究方法

对于生态服务价值的研究, Costanza 等关于全球生态系统服务与自然资本价值估算的研究工作^[1], 有力地推动和促进了关于生态系统服务的深入、系统和广泛研究, 由于地域的特殊性和复杂性, 对具体的地区或更小范围, Costanza 等的评估体系并不能完全适用。因此, 大量学者在此基础上因地制宜地对评估体系进行了修正, 如谢高地等借助 Costanza 等的研究成果, 进一步对中国的森林和陆地生态系统进行评估^[3-5]。

沛县属于农田生态系统,同时煤炭资源开采与矿区土地复垦的同步进行,具有明显的区域特殊性和复杂性,本研究结合沛县矿区实际情况,在中国陆地生态系统当量表的基础上进行适当修改,得出沛县生态服务价值当量表,通过修正生态服务价值当量因子,计算研究区各土地利用类型生态服务价值单价和总价值。

2.2.1 单位面积生态服务当量因子的修正 根据研究区的地理环境,耕地农田为主体,林地面积较少,因此对于生态服务价值当量因子的修正是以农田为基准的地区修订。以中国陆地生态系统单位面积生态服务价值当量为基准,首先假定当量的比例保持不变,利用研究区的农田平均粮食产量与全国的农田平均粮食产量的比值进行修订,可反映区域与全国平均状态总体生态服务价值的差异^[6-7]。修订表达式为:

$$\mu = q/q_0;$$

$$E_i = \mu \times E_{0i}.$$

式中: μ 为研究区生态服务当量的修订系数; q 为研究区单位面积粮食产量; q_0 为全国单位面积粮食产量; E_i 为修订后第*i*类土地利用类型生态服务当量; E_{0i} 为第*i*类土地利用类型在中国陆地生态系统单位面积生态服务当量。

由于林地与耕地面积差较大,且在2005年之后才新增林地,而道路对气候调节、水源涵养等生态服务的影响较小,因此在此次研究中,仅对耕地与林地的生态服务当量做了修正,而其他地类生态服务价值当量仍使用中国陆地生态系统价值当量。最后选择计算生态价值的土地类型为耕地、林地、水体、建筑用地、湿地和未利用地(裸地)。并根据 Costanza 等对于全球系统生态服务类型的划分^[1],本研究选取气体调节、气候调节、水源涵养等9种生态服务类型(表1)。

表1 江苏省沛县矿区生态系统单位面积生态服务价值当量

服务类型	生态服务价值当量					
	林地	耕地	湿地	水体	未利用地	居民点及工矿用地
气体调节	0.54	0.74	1.80	0	0	-1.50
气候调节	0.54	1.31	17.10	0.46	0	-2.67
水源涵养	0.54	0.88	15.50	20.38	0.03	-1.80
土壤形成与保护	1.32	2.15	1.71	0.01	0.02	-1.46
废物处理	0.89	2.42	18.18	18.18	0.01	-6.56
生物多样性保护	0.74	1.05	2.50	2.49	0.34	-0.71
食物生产	0.20	1.47	0.30	0.10	0.01	-1.00
原材料	0.03	0.15	0.07	0	0	-0.30
娱乐文化	0.03	0.01	5.55	4.34	0.01	1.00

2.2.2 不同土地利用类型单位面积生态服务价值的计算 利用修正的当量因子表,计算不同地类单位面积生态服务价值,计算公式如下:

$$V_i = \sum_{j=1}^n C \times P_{ij};$$

$$C = T_p/T_n.$$

式中: V_i 为第*i*种地类的单位面积生态服务价值; P_{ij} 为第*i*类地类第*j*种生态服务类型的价值当量; C 为单位农田系统提供食物生产服务功能的经济价值; T_p 为研究区某一年的粮食单价; T_n 为研究区当年粮食作物播种面积。因为矿区生态系统类型主要是农田生态系统,矿区土地利用类型主要是耕地,

所以单位面积农田生态系统食物生产的价值量无需按计算的1/7计算^[6]。本研究根据每年的沛县粮食报价进行计算得沛县矿区单位面积生态服务功能经济价值。并且2005年以前沛县林地稀少,因此设其林地的生态服务价值为0。

研究区的生态服务价值采用 Costanza 的 ESV 公式和沛县单位面积生态赋值进行计算:

$$ESV = \sum A_i \times VC_i.$$

式中: ESV 为生态系统服务总价值; A_i 为研究区第*i*种地类面积; VC_i 为研究区第*i*种地类单位面积生态系统服务价值。

3 结果与分析

3.1 土地利用变化与分析

在本研究中,通过计算单一土地动态度和土地利用变化转移矩阵来研究区域土地利用结构变化。其中,单一土地利用动态度是表达某研究区一定时间范围内某种土地利用类型的数量变化情况,表达式为:

$$K = (U_b - U_a) / U_a \times 1/T \times 100\%.$$

式中: K 为研究区内某一土地利用类型动态度; U_a 、 U_b 为分别为研究区初、末期某种土地利用类型的面积; T 为研究时段。当*T*为年份时, K 值表示该研究区某种土地利用类型的年变化率;当*T*为1时, K 值表示研究区某种土地利用类型的变化率。利用分类后的遥感影像得到地类面积(图7),计算得沛县的土地利用年变化率(表2)。

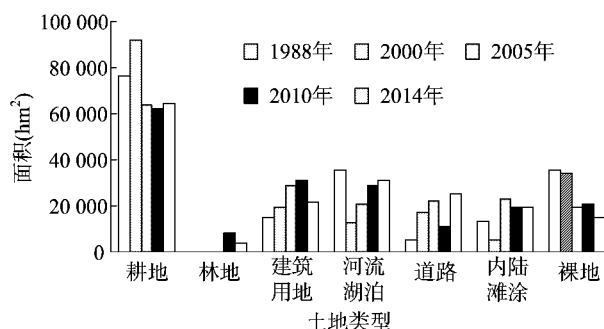


图7 1988—2014土地利用变化

表2 1988—2014年沛县矿区土地利用年变化率

土地类型	土地利用年变化率(%)			
	1988—2000年	2000—2005年	2005—2010年	2010—2014年
耕地	17.69	-6.16	-0.42	0.97
林地	—	—	—	-13.56
建筑用地	27.04	10.08	1.15	-7.50
河流湖泊	-5.31	11.82	7.75	2.10
道路	17.10	6.39	-10.05	32.33
内陆滩涂	-5.00	65.36	-3.42	0.60
裸地	-0.36	8.67	0.99	-6.48

土地利用转移矩阵主要是研究2个研究时间段内土地利用类型间的转变情况,以此分析研究区域内土地利用结构变化。土地转移矩阵可以清晰反映2个时期土地利用类型的转移去向比率和转移来源比率。

沛县的土地利用方式在26年里发生了很大变化。1988年土地利用类型较为单一,以耕地为主,占到总面积的

41.97%，河流湖泊和裸地分别占 19.67%、19.85%，而建筑用地多被压占，面积只占总面积的 8.11%，2000 年耕地面积继续扩大，占总面积的 50.87%，河流湖泊和内陆滩涂面积大幅减少，分别占 7.15% 和 2.95%。建筑用地面积增长到 10.75%。2000—2005 年间内陆滩涂的年增加率达 65.36%，河流湖泊为 11.82%，主要是因为对矿区的大量开采，地表沉降耕地面积减少，沉降低洼处易形成水塘和滩涂，因此河流湖泊和内陆滩涂面积增加。2005—2014 年间原有地类面积的变化幅度不大，耕地面积区域稳定，且随着复垦力度的加大，

林地面积逐渐扩大，2010 年林地面积达 8 266 hm²，并且裸地等未利用土地得到较好的开发利用，2014 年土地类型多样化且均衡化，裸地面积最小，建筑用地面积略有减少，年增加率为 -7.49%。

研究期内，1988—2014 年沛县总土地利用类型增幅最大的是道路，其次林地数量增多，耕地、河流湖泊和内陆滩涂的变化幅度不大，裸地的开发利用率增大。从表 3 看出，大部分裸地主要转变为耕地、建设用地和道路，使得沛县土地的生态价值大幅度增加。

表 3 1988—2014 年沛县土地利用转移矩阵

土地类型	转移率(%)						
	耕地	林地	建筑用地	河流湖泊	道路	内陆滩涂	裸地
耕地	26.887	0.462	2.941	0.380	4.715	1.245	5.336
林地	—	—	—	—	—	—	—
建筑用地	1.230	0.285	3.060	0.250	1.943	1.174	0.175
河流湖泊	0.263	0.037	0.176	14.715	0.225	4.246	0.007
道路	0.632	0.097	0.900	0.062	0.784	0.320	0.247
内陆滩涂	0.821	0.231	0.689	1.562	1.092	2.916	0.055
裸地	5.957	0.979	4.198	0.139	5.225	0.796	2.546

3.2 生态系统服务价值分析

通过对沛县土地的生态服务价值的计算(表 4、表 5)发现，26 年间沛县土地总的生态服务价值从 36.621 亿元增长到 59.963 亿元，增长率为 63.74%，1988—2000 年生态服务价值减少到 25.371 亿元，增长率为 -30.72%，2000—2014 年的增长率为 136.34%。

1988—2000 年沛县建筑用地、水域等占用面积增加，水体和滩涂面积大量减少，耕地面积扩大，同时煤矿的开采使得一些建筑用地和道路受到损毁，导致生态服务价值大量减少，主要受水体和内陆滩涂的影响，增长率分别为 -43.72% 和 -52.25%。因为水体和湿地的生态价值大，面积的轻微变动就会引起生态服务总价值的较大变化。同时说明仅过度追求

耕地面积的增长，即单一化的土地类型和地类面积比例失衡，对生态服务价值将产生负向影响。

2000—2014 年沛县矿区开采范围扩大，塌陷地的面积急剧增加，耕地损毁面积也增加，2000—2005 年耕地减少了 30.81%。同时由于政府加大对采煤塌陷区的复垦力度，主要将塌陷区复垦为鱼塘、农业用地等，因此水体和湿地的面积增加，导致生态服务价值也急剧增加，2000—2014 年水体和湿地的生态服务价值增值率分别为 156.76% 和 405.26%。而裸地等未利用土地也得到合理的开发利用，主要转为耕地、林地、道路和建筑用地。尽管 2000—2014 年期间耕地面积减少较多，但是其他地类面积均衡化，水体面积增多，土地得到合理利用，因此生态服务价值逐年递增。

表 4 1988—2014 年沛县各土地类型单位面积生态服务价值

土地类型	生态服务价值 [元/(hm ² ·年)]				
	1988 年	2000 年	2005 年	2010 年	2014 年
耕地	12 258.145	14 607.282	17 764.507	17 941.639	20 369.060
林地	—	—	—	8 512.585	9 664.299
建筑用地	-18 062.100	-21 523.500	-26 175.600	-26 436.600	-30 013.350
水体	55 342.274	65 948.004	80 202.038	81 001.742	91 960.904
湿地	75 511.619	89 982.579	109 431.458	110 522.612	125 475.812
未利用地	505.739	602.658	732.917	740.225	840.374

表 5 1988—2014 年沛县生态系统服务总价值

土地利用类型	1988 年		2000 年		2005 年		2010 年		2014 年	
	ESV (亿元)	比例 (%)	ESV (亿元)	比例 (%)	ESV (亿元)	比例 (%)	ESV (亿元)	比例 (%)	ESV (亿元)	比例 (%)
耕地	9.313	25.43	13.452	53.02	11.319	25.00	11.190	23.35	13.198	22.01
林地	—	—	—	—	—	—	0.703	1.47	0.366	0.61
建筑用地	-2.652	-7.24	-4.187	-16.50	-7.657	-16.91	-8.177	-17.07	-6.501	-10.84
水体	19.706	53.81	11.09	43.71	16.514	36.47	23.14	48.30	28.475	47.49
湿地	10.072	27.50	4.809	18.95	24.959	55.12	20.902	43.63	24.298	40.52
未利用地	0.182	0.50	0.207	0.82	0.143	0.32	0.151	0.32	0.127	0.21
合计	36.621	100	25.371	100	45.278	100	47.909	100	59.963	100

根据沛县生态系统单项服务功能价值变化(图8),水源涵养和废物处理在生态系统中的价值贡献最大,其次为气候调节和娱乐文化。1988—2000年耕地过多,河流湖泊面积较少,耕地所提供的土壤形成与保护和废物处理等主要生态服务功能价值当量较小,故生态服务价值减少。而2000—2014年采煤塌陷区大多复垦为水塘或者发展渔业,水域面积大量增加,因此生态服务价值呈递增的趋势。

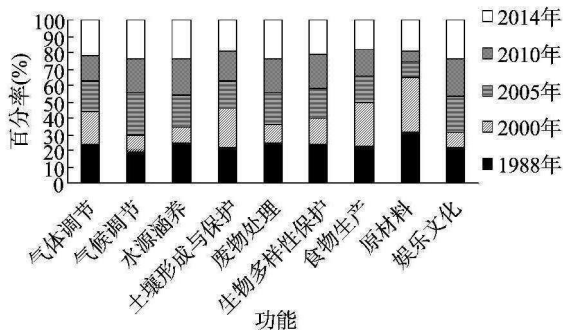


图8 沛县生态系统单项服务功能价值变化

3.3 敏感度分析

生态服务价值敏感度指研究区总生态服务价值对土地类型的生态服务功能价值系数的依赖程度,通过计算得出的CS指数分析研究区的生态服务价值。通常将各土地类型的生态服务价值系数上下调整50%,若计算得到的CS>1,则说明研究区的生态服务价值对生态服务功能是富有弹性的;若CS<1,则缺乏弹性。其值越大说明生态服务功能价值系数的准确性越关键。CS的计算公式为:

$$CS = \left| \frac{(ESV_j - ESV_i) / ESV_i}{(VC_{kj} - VC_{ki}) / VC_{ki}} \right|$$

式中: ESV_i 、 ESV_j 为生态价值系数调整前和调整后的生态服务价值; VC_{ki} 、 VC_{kj} 为调整前后生态服务价值系数。

通过计算得出沛县生态服务价值敏感度(表6),总体上沛县CS值均小于1,水体和湿地的敏感度较大,2000年耕地面积较多使得敏感度指数有点摆幅,未利用地的CS值最低,说明该地类发生了些微变化,对沛县的整体服务价值影响较弱。同时,也说明本研究结果是可信的。

表6 沛县生态系统服务价值敏感度(CS)

年份	敏感度					
	耕地(VC+50%)	林地(VC+50%)	建筑用地(VC+50%)	水体(VC+50%)	湿地(VC+50%)	未利用地(VC+50%)
1988	0.254	—	0.072	0.538	0.275	0.005
2000	0.590	—	0.183	0.374	0.211	0.009
2005	0.250	—	0.169	0.365	0.551	0.003
2010	0.234	0.015	0.171	0.483	0.436	0.003
2014	0.220	0.006	0.108	0.475	0.405	0.002

4 结论

本研究利用沛县1988—2014年5幅遥感影像,运用遥感和GIS软件进行数据处理,并结合沛县各年的统计年鉴和资料,对沛县的土地利用状况进行分析,得出符合沛县当地状况的生态当量计算生态服务价值。通过研究所得数据结果,可以得出以下几点结论:(1)1988—2000年早期矿藏的开发属于初级阶段,耕地数量过多,河流湖泊和湿地被过于压占,且土地类型单一失衡,因此生态服务价值有所减少,说明仅靠某一种地类对生态价值的贡献不能产生过多效益,耕地为主的地类状况过于单一,生态服务价值的提高取决于土地类型的多样化和均衡化。(2)2000—2014年采矿面积扩大,使得土地沉陷范围扩大,耕地、建筑用地等受到破坏,但是复垦工作同时进行,将采煤塌陷地改建为鱼塘、农业用地和林地等,使得水域面积增加,而水体和湿地的单位面积生态服务价值量较大,因此生态服务价值逐年递增,同时也说明水域对生态价值的贡献较大。另外,沛县的土地类型逐渐多样化,通过土地的复垦和充分利用,合理利用荒地等未利用地,提高土地利用均衡度,也对沛县的生态服务价值提供产生了重要影响。(3)土地的合理利用和规划对生态环境的影响较大,对于荒地的开发不能盲目,合理对塌陷地改建对沛县的经济发展的促进作用。

本研究对沛县1988—2014上半年的土地利用状况和生态服务价值进行分析,遥感影像的分类误差对最后的评价结

果会产生一定影响。另外,本研究未对沛县各个镇的情况进行具体分析,并且是在没有考虑人为干扰的情况下进行的研究,对于沛县土地类型进一步的规划和利用还需深入探讨,这些问题和因素将会在接下来的工作中继续进行。

参考文献:

- [1] Costanza R, d'Arge R, de Groot R, et al. the value of the world's ecosystem service and natural capital [J]. Nature, 1977, 386: 160 - 253.
- [2] 崔丽娟, 赵欣胜. 鄱阳湖湿地生态能值分析研究 [J]. 生态学报, 2004, 24(7): 1480 - 1485.
- [3] 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.
- [4] 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 [J]. 生态学报, 1999, 19(5): 19 - 25.
- [5] 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 [J]. 生态学报, 2004, 24(6): 1101 - 1110.
- [6] 刘文荣, 麦方代, 王岁权, 等. 煤矿环境影响后评价生态损益量化分析技术方法 [J]. 煤炭工程, 2014, 46(5): 27 - 29, 32.
- [7] 岳耀杰, 闫维娜. 区域生态退耕对生态系统服务价值的影响 [J]. 干旱区资源与环境, 2014, 28(2): 60 - 67.
- [8] 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.
- [9] 李保杰, 顾和和. 基于RS和GIS的矿区土地利用变化对生态服务价值损益影响研究 [J]. 水土保持研究, 2010, 17(5): 123 - 128.

王莹,李琳琳,张晓月,等. 辽宁省苹果花期冻害时空分布规律及其风险区划[J]. 江苏农业科学,2015,43(6):376-379.
doi: 10. 15889/j. issn. 1002-1302. 2015. 06. 121

辽宁省苹果花期冻害时空分布规律及其风险区划

王莹¹, 李琳琳¹, 张晓月¹, 张琪¹, 马林², 王若男², 李晶¹

(1. 辽宁省气象科学研究所, 辽宁沈阳 110166; 2. 辽宁省气象装备保障中心, 辽宁沈阳 110166)

摘要: 根据辽宁省 1981—2014 年常规气象资料和苹果树生育期观测数据, 提出苹果花期冻害致灾指标, 分析了辽宁省苹果花期冻害时空分布规律, 根据苹果花期冻害风险指数研究辽宁省苹果花期冻害风险区划。分析结果: (1) 20 世纪 90 年代以前, 苹果花期冻害发生总次数有增加趋势, 增幅为 13.74 站次/年; 20 世纪 90 年代以后则呈减少趋势; 各等级冻害发生站次基本上呈相同变化趋势。(2) 各等级苹果花期冻害发生频率最高的地区是抚顺; 重冻害发生频率总体上存在由西向东递增的分布规律; 轻冻害发生频率在辽宁东北大部、北部和西北局部地区较高, 而沿海一带则较低。(3) 辽宁省苹果花期冻害风险分布规律为沿海低、内陆高; 南部低、北部高; 西部低、东部高。

关键词: 苹果; 花期冻害; 时空分布; 风险区划

中图分类号: S425 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2015)06-0376-04

辽宁省是农业大省, 苹果种植面积为 25.33 万 hm^2 , 占全国苹果栽种面积的 11.42%; 产量为 2.50×10^9 kg, 占全国苹果总产量的 6.33%^[1]。辽宁苹果种植主要集中在辽南和辽西地区, 2 个区域的苹果种植面积占辽宁省苹果种植总面积的 84.53%, 产量占辽宁省苹果总产量的 87.96%。受大陆性季风气候和复杂地貌影响, 辽宁省是气象灾害频发省之一, 干旱、洪涝、低温冷害、冰雹、霜冻等自然灾害严重制约着辽宁苹果产业的发展。低温、霜冻天气在苹果树开花或子房形成时期到来, 会给当年的产量造成严重损失, 花期冻害是危害苹果产量和品质的主要气象灾害^[2]。

果树花期冻害, 是指果树在开花坐果期、幼果膨大期, 由于土壤表面、果树表面以及近地面空气层的温度降低, 引起果树遭受冻害或者死亡现象^[3]。对于苹果花期冻害, 国外学者通过试验得到当地苹果花期冻害受灾指标, 并以此为基础研究致灾机理和全球气候变化对苹果花期冻害的影响^[4-5]。国内的学者致力于研究苹果花期冻害受灾指标及受灾情况, 汪彦彦研究表明, 陕西省苹果花芽受害的临界低温是 $-4\text{ }^\circ\text{C}$ 左右, 开花期低于 $-2\text{ }^\circ\text{C}$ 受害, 幼嫩子房在 $-1\text{ }^\circ\text{C}$ 的霜冻时死

亡^[3]。苹果花期冻害受到地域性影响, 受灾指标需进行本地化论证才具有实际意义。相关学者则根据苹果花期冻害指标或指数, 对苹果花期冻害进行风险区划^[6]及预报研究^[7]。对辽宁省苹果花期冻害, 相关学者多倾向于研究受灾后的补救措施^[8], 而对其发生规律分析却鲜见报道。因此, 在气候变暖的背景下^[9], 根据辽宁省气候特点, 提出苹果花期冻害致灾指标, 以此为基础研究其发生规律及分布情况显得尤为重要。

本研究以苹果生育期观测资料为基础, 通过确定苹果花期冻害致灾指标, 基于 ArcGIS 方法研究辽宁省苹果花期冻害的发生规律。构建了辽宁省苹果花期冻害的致灾风险指数, 并应用该指数对辽宁省苹果花期冻害进行风险区划, 旨在为辽宁省苹果栽种的合理布局 and 农业防灾减灾提供科学依据。

1 材料与方 法

1.1 材 料

常规气象资料为辽宁省气象局提供的辽宁省 54 个气象台站 1981—2014 年逐日气温观测数据; 苹果物候观测资料来自辽宁省各农业气象观测站的实测生育期资料, 时限为有观测记录开始至 2014 年。

基础地理信息资料为国家基础地理信息中心(NGCC)提供, 包括地形数据、数字高程数据和地名数据, 比例尺为 1:250 000。

收稿日期: 2014-02-03

基金项目: 辽宁省农业攻关及成果产业化(编号: 2014210003)。

作者简介: 王莹(1987—), 女, 辽宁盖州人, 硕士, 助理工程师, 主要从事气候资源区划和农业气象灾害研究。E-mail: wangymg19870312@163.com。

[10] 彭越, 宋戈. 基于土地利用变化的生态系统服务价值研究[J]. 水土保持研究, 2013, 20(6): 304-325.

[11] 赵军, 杨凯. 生态系统服务价值评估研究进展[J]. 生态学报, 2007, 27(1): 346-356.

[12] 魏媛, 吴长勇, 徐筑燕. 贵阳市土地利用变化对生态系统服务价值的影响[J]. 贵州农业科学, 2015, 35(2): 185-188, 192.

[13] 徐丽芬, 许学工. 基于土地利用的生态服务价值当量修订方法[J]. 地理研究, 2012, 31(10): 1775-1784.

[14] 许卉, 刘庆, 陆兆华. 沾化县土地利用变化与生态服务价值

响应[J]. 测绘科学, 2014, 39(2): 64-68.

[15] 谭敏, 褚克坚. 基于 LUC 的生态服务价值动态分析及预测[J]. 水土保持研究, 2014, 21(2): 297-301.

[16] 彭文甫, 周介铭, 杨存建, 等. 基于土地利用变化的四川省生态系统服务价值研究[J]. 长江流域资源与环境, 2014, 23(7): 1011-1020.

[17] 喻建华, 高中贵, 张露, 等. 昆山市生态系统服务价值变化研究[J]. 长江流域资源与环境, 2005, 14(2): 213-217.